



**HAL**  
open science

## Du chantier à l'architecture

Peter Bachtold, Jean-Paul Matz

► **To cite this version:**

Peter Bachtold, Jean-Paul Matz. Du chantier à l'architecture. [Rapport de recherche] 555/88, Ministère de l'équipement, du logement, de l'aménagement du territoire et des transports / Bureau de la recherche architecturale (BRA); Ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur; École spéciale d'architecture / Unité de recherche appliquée (UDRA). 1988. hal-01904973

**HAL Id: hal-01904973**

**<https://hal.science/hal-01904973>**

Submitted on 25 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

555

Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports

Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme - Sous-Direction de l'Enseignement de l'Architecture et de la Recherche

Bureau de la Recherche Architecturale

Monsieur Claude GENZLING, Chargé du suivi administratif

## DU CHANTIER A L'ARCHITECTURE

Contrat N° 87.0145.00.223.75.01 du 6 novembre 1987

*Responsable Scientifique : Peter BACHTOLD*

*Jean-Paul MATZ*

*UDRA - ESA*

JUILLET 1988

Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports  
Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme - Sous-Direction de l'Enseignement de l'Architecture et de la Recherche  
Bureau de la Recherche Architecturale  
Monsieur Claude GENZLING, Chargé du suivi administratif

## DU CHANTIER A L'ARCHITECTURE

Contrat N° 87.0145.00.223.75.01 du 6 novembre 1987

*Responsable Scientifique : Peter BACHTOLD*  
*Jean-Paul MATZ*  
*UDRA – ESA*

JUILLET 1988

«Le présent document constitue le rapport final d'une recherche remise au Bureau de la Recherche Architecturale en exécution du programme général de recherche mené par le Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports avec le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur. Les jugements et opinions émis par les responsables de la recherche n'engagent que leurs auteurs».

Ont contribué à la réalisation du présent rapport :

*Malahat GILANI*  
*Suzanne MAYELE*  
*Catherine ROBIN*

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION .....	1
<b>LE PROCÉDÉ DU COULAGE DU BÉTON SUR CHANTIER</b>	
<b><u>CHAPITRE I</u></b>	
<b><u>«POLITIQUE» MATÉRIEL ET «POLITIQUE» MAIN D'OEUVRE DANS L'ENTREPRISE</u></b> .....	23
1 . TYPE DE MATÉRIEL : QUELLE EST L'ÉCHELLE DU CHOIX : LE CHANTIER OU L'ENTREPRISE ? .....	24
2 . «POLITIQUE» MATÉRIEL ET «POLITIQUE» MAIN D'OEUVRE .....	24
3 . LE CHOIX : BANCHE OU TUNNEL ? .....	25
4 . L'ORGANISATION DE CHANTIER : VERS UN REFUGE DANS LA SOUS-TRAITANCE .....	26
<b><u>CHAPITRE II</u></b>	
<b><u>DÉCOMPOSITION DU PRIX DE VENTE HORS TAXE DE LA CONSTRUCTION EN COÛTS</u></b> .....	27
1 . ORIENTATION DU TRAVAIL .....	28
– Choix de la structure de décomposition du prix de la construction .....	28
– Modes de calcul des différents paramètres .....	28
– Les étapes successives de l'approche .....	28
2 . LA DÉCOMPOSITION DU PRIX DE VENTE DE LA CONSTRUCTION .....	29
<b><u>CHAPITRE III</u></b>	
<b><u>LA MARGE DE L'ENTREPRISE GÉNÉRALE</u></b> .....	33
1 . MARGE(S) DE L'ENTREPRISE .....	34
2 . L'AMÉLIORATION DES MARGES AU NIVEAU DE LA GESTION D'ENTREPRISE .....	35
3 . L'AMÉLIORATION DES MARGES AU NIVEAU DU CHANTIER LUI-MEME .....	35

4 . QUI PORTE LA MARGE DE L'ENTREPRISE ? .....	36
--	----

#### CHAPITRE IV

##### LES FRAIS DE CHANTIER

1 . CONSTAT SUR LES TENDANCES GÉNÉRALES .....	38
– La part de la main d'œuvre indirecte .....	39
2 . LES FRAIS DE MATÉRIEL .....	40
3 . LA DÉCOMPOSITION DES FRAIS «MATÉRIEL DE COFFRAGE» ET «MATÉRIEL DE SÉCURITÉ» ET «MATÉRIEL DE LEVAGE» .....	42
– La sécurité du chantier .....	42
– Le coût total du matériel de levage .....	42
– Le coût des matériels de coffrage et de sécurité .....	42
– Le matériel de coffrage .....	44
– Le coût journalier du m <sup>2</sup> de coffrage et sa décomposition .....	47
– Les matériels de sécurité .....	51
4 . L'AMORTISSEMENT DU MATÉRIEL .....	53

#### CHAPITRE V

##### ANALYSE DES DÉBOURSÉS SECS

1 . APPROCHE PAR POSTES ÉCONOMIQUES .....	56
– Décomposition des déboursés secs .....	56
– La stabilité des différents coûts d'un chantier à l'autre .....	56
– Le déboursé sec du second œuvre .....	57
– Le gros œuvre : un rôle prépondérant malgré une valeur relative moyenne ...	59
2 . DÉBOURSÉ SEC «PRODUCTION PROPRE» DU GROS-OEUVRE DE L'ENTREPRISE	60
– L'importance de la main d'œuvre .....	60
– Le béton armé .....	61
3 . LES ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS (COMPLÉMENT DE GROS-OEUVRE) .....	65

#### CHAPITRE VI

##### PRODUCTIVITÉ PHYSIQUE DU TRAVAIL ET CONCEPTION ARCHITECTURALE

1 . COMPARAISON DES RATIOS DE CHANTIER .....	67
– Une productivité généralement médiocre .....	67

– Une conception peu adéquate .....	68
– Un matériel nécessairement peu sophistiqué .....	69
– L'exemple significatif des planchers .....	69
– Les banches .....	73
<b>2 . LES ROTATIONS JOURNALIERES .....</b>	<b>74</b>
– Quantité jour et productivité .....	74
– Les résultats des rotations journalières .....	76
<b>3 . ORGANISATION ET RENDEMENT DES ROTATIONS JOURNALIERES .....</b>	<b>78</b>
– Le cycle voiles .....	78
– Le cycle plancher .....	108
– L'harmonisation des cycles voiles et planchers .....	113

## LES MAÇONNERIES EN PETITS ÉLÉMENTS

### MAÇONNERIE

<u>LES PARAMETRES DE LA FORMATION DES PRIX</u> .....	122
● LES DIFFICULTÉS DE L'APPROCHE DES PRIX .....	122
o La diversité des profils d'entreprise .....	122
o La diversité des matériaux employés et la diversité des marchés .....	125
o La diversité des types d'ouvrages .....	125
● LA DÉMARCHE ADOPTÉE .....	126
● LE DÉBOURSÉ SEC .....	127
o Le prix unitaire des matériaux .....	127
o Le prix de la main d'œuvre .....	128
● FRAIS ET MARGE .....	130
<u>LES FACTEURS DE LA PRODUCTIVITÉ</u> .....	132
● LA DÉTERMINATION DE LA PRODUCTIVITÉ .....	132
● TACHE DE POSE ET TACHES ANNEXES – ORGANISATION DE CHANTIER ET ORGANISATION DU TRAVAIL .....	133
o L'organisation du chantier .....	133
o La qualification de la main d'œuvre et l'organisation du travail .....	133
o La division du travail .....	134

● L'INCIDENCE DU POIDS ET DU FORMAT DES ÉLÉMENTS DE MAÇONNERIE	135
o Les possibilités de substitution .....	135
o Poids et manuportabilité .....	135
o Format et organisation du travail .....	136
o Pour débloquer la situation, de nouveau matériaux .....	137
<hr/>	
<b><u>LES TROIS ASPECTS DU RAPPORT CONCEPTION/ ORGANISATION DU TRAVAIL</u></b>	139
o Les ouvrages .....	139
o L'implantation .....	140
o La cohérence entre les ouvrages .....	146
<b><u>LE PARPAING</u></b>	
<b><u>LA COMPÉTITIVITÉ ÉCONOMIQUE</u></b>	149
● LE PRIX ET SA DÉCOMPOSITION .....	149
● LE MATÉRIAU LE MOINS CHER .....	152
<b><u>LA MEILLEURE PRODUCTIVITÉ</u></b>	157
● LES RATIOS .....	157
● L'EXPLICATION : « LES QUALITÉS » DU MATÉRIAU ... ..	157
● COUT MAIN D'OEUVRE ET PRODUCTIVITÉ .....	158
<b><u>L'INFLUENCE DE LA CONCEPTION</u></b>	161
● FAVORISER LA QUALITÉ D'EXÉCUTION .....	161
● CRÉER LES CONDITIONS DE CHANTIER FAVORABLES .....	162
o L'approvisionnement des postes de travail .....	162
o Le matériel de sécurité .....	162
● EXPLOITER LA SIMPLICITÉ DES PRINCIPES DE MISE EN OEUVRE .....	164
● LES PRINCIPAUX DÉFAUTS DE MISE EN OEUVRE .....	165
o Les rives de plancher .....	165
o Les problèmes de calpinage vertical .....	166
o Les problèmes de calpinage horizontal .....	167
o Les ouvertures et les points particuliers .....	168
● IDENTIFIER LES OUVRAGES CRITIQUES .....	172



<u>LA BRIQUE APPARENTE</u>	
<u>LA COMPETIVITÉ ÉCONOMIQUE</u>	173
● LE PRIX .....	174
● LA DÉCOMPOSITION DU PRIX .....	176
<u>LA PRODUCTIVITÉ</u>	179
● LES GESTES DE LA MISE EN OEUVRE .....	179
● ORGANISATION DU TRAVAIL ET PRODUCTIVITÉ .....	180
<u>CONCEPTION ET PRODUCTIVITÉ</u>	182
● LE CONSTAT SUR CHANTIER .....	182
● POUR UNE CONCEPTION FAVORABLE .....	186

## LES STRUCTURES LÉGÈRES EN BOIS : M.O.B.

<u>LES STRUCTURES LÉGÈRES EN BOIS : LA MAISON A OSSATURE BOIS</u>	
<u>LES PROCÉDÉS ET LEUR COMPETIVITÉ</u>	187
● UN DÉVELOPPEMENT DIFFICILE .....	187
o Une technique marginale .....	187
o La « Filière bois » : un contexte peu propice .....	188
o Les entreprises et les marchés .....	190
o Les techniques .....	195
● LE PRIX DE CONSTRUCTION .....	197
o Difficultés de l'observation des prix .....	197
o Le prix de construction d'une M.O.B. ....	197
o La part bois .....	210
o Incidence de choix constructifs et spaciaux sur le prix .....	213
o La clé économique : la maîtrise du second œuvre - l'exemple des M.O.B. artisanales	215
● LE PRIX DE L'OSSATURE BOIS ET SA DÉCOMPOSITION .....	220
o Le prix de l'ossature bois .....	220
o La décomposition du prix de l'ossature bois .....	221

● LE PRIX DES PANNEAUX .....	224
o Le panneau ouvert .....	224
o Les autres panneaux .....	232
<u>LA PRODUCTIVITÉ</u> .....	235
● LA PRODUCTIVITÉ GLOBALE DE LA M.O.B. ....	235
o Les heures de montage sur chantier d'une M.O.B. ....	235
o Les conditions de base à une bonne productivité et leurs limites. ....	240
● LA PRODUCTIVITÉ DE LA PARTIE OSSATURE BOIS .....	242
o La décomposition des heures de travail de l'ossature bois .....	242
o Les panneaux manuyportables .....	246
o Les panneaux de grande dimension .....	247
o Les fermettes .....	249
o Les planchers sur fermettes à entrain porteur .....	250
o Les planchers sur solives .....	250
o Les planchers pré-assemblés .....	251
o Les modules tridimensionnels .....	251
<u>CONCEPTION ET PRODUCTIVITÉ</u> .....	253
● LE CHOIX DU PROCÉDÉ .....	253
o Les critères .....	253
o Le panneau ouvert manuyportable .....	254
o Le panneau fermé manuyportable .....	255
o Les composants de grande dimension .....	256
● LE CHOIX DU PARTI .....	257
o Le choix de la volumétrie .....	257
o Le choix du principe de structure .....	257
o Le choix du dimensionnement .....	258
● POUR UNE CONCEPTION FAVORABLE .....	260
o Favoriser la mise en œuvre .....	260
o Favoriser la préparation du chantier .....	261

INTRODUCTION

## AVANT PROPOS

La présente étude **DU CHANTIER A L'ARCHITECTURE** marque une étape dans les travaux de recherche que nous menons pour le compte de la Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme depuis 1982. Lancés dans le cadre de l'appel de proposition pour un **COURS DE CONSTRUCTION**, ces travaux ont toujours été orientés sur les problèmes liés à la relation entre technique et architecture, tout en les abordant sous des angles différents.

Parti du constat de la multiplication des techniques de construction appliquées au bâtiment, allant de pair avec la difficulté croissante des architectes-concepteurs et autres acteurs de les maîtriser, l'essentiel de l'effort de notre équipe a été porté sur la récolte, l'analyse et la structuration de l'ensemble des informations disponibles sur les produits et procédés de construction.

A l'issue de plusieurs années de travail, le service d'information et de documentation de **BATIDOC** a pu être mis en œuvre. Ayant reçu, aujourd'hui la caution et le soutien de l'ensemble des instances de tutelle en matière de formation et d'information dans le bâtiment, ce service est offert à 400 établissements touchant ainsi une population scolarisée avec un potentiel d'environ 180.000 élèves, apprentis et étudiants.

Mais au-delà du traitement de l'information existante, et intéressés plus particulièrement à l'application de ces produits et procédés dans le bâtiment, nous étions amenés de créer de l'information. De nombreux reportages de fabrication, de mise en œuvre et d'applications architecturales ont ainsi été réalisés.

Au fil de ces années de recherche, nous avons pu rendre compte de l'avancement de nos travaux, en publiant régulièrement des rapports, en commençant en avril 1983 et avril 1985 avec deux rapports concernant **L'ÉLABORATION D'UN MANUEL DE CONSTRUCTION**, suivis en novembre 1986 du rapport **EXPRESSION ARCHITECTURALE ET CONTRAINTES CONSTRUCTIVES**, et en juillet 1987 du rapport **LE PROJET ARCHITECTURAL DEVANT LES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION ET L'ÉCONOMIE DE LA CONCEPTION**.

La présente étude **DU CHANTIER A L'ARCHITECTURE** s'inscrit dans le prolongement de l'ensemble de ces recherches, mais marque une étape dans la mesure qu'il veut être plus qu'un simple document de travail : il apporte, en effet, un ensemble de considérations qui sont une contribution au débat actuel sur le devenir des architectes, et sur leur repositionnement professionnel.

Le métier d'architecte au-delà d'un titre à protéger, et d'une corporation à défendre, doit être reconsidéré aujourd'hui dans sa dimension productive. Comme toute autre profession, l'architecte est, et peut de manière plus affirmée être un acteur économique, dont la place et la reconnaissance sociale sont fonction de sa contribution réelle dans le processus de construction. En tant que concepteur, mais aussi en tant que maître d'œuvre, il occupe, en effet, le créneau décisif dans la chaîne de l'économie de la construction, pourvu qu'il soit capable et compétent pour le démontrer dans son travail quotidien, et dans sa complémentarité en amont, par rapport au maître d'ouvrage, à la gestion et à la programmation du cadre bâti, et en aval, par rapport à l'entreprise, au chantier et à la réalisation de l'ouvrage.

A ce titre, nous sommes persuadés depuis bien des années que le rapport entre architecte et ingénieur ne fait plus partie des enjeux essentiels qui se jouent dans la construction. Les relations entre l'ensemble

des acteurs, la dimension de la gestion de la filière, et la question des choix stratégiques nous semblent bien plus décisives.

C'est dans cet esprit que nous avons mise en œuvre une formation de troisième cycle, le DESS «Gestion et Stratégie Industrielle de la Construction et de l'Aménagement Urbain», qui est organisé conjointement par l'UER de gestion de l'Université de Paris I-Sorbonne, l'ENPC et l'ESA. Destinée à des professionnels expérimentés, cette formation est suivie non seulement par des architectes et ingénieurs, mais pour une bonne part aussi par des économistes, juristes et gestionnaires. La confrontation des expériences des techniciens avec celles des gestionnaires (venant souvent de domaines économiques, extérieurs au bâtiment) peut être à l'origine d'une nouvelle approche de la construction.

La présente étude **DU CHANTIER A L'ARCHITECTURE**, inspirée par une telle démarche, resitue les aspects économiques et techniques de la construction, dans le contexte plus large des enjeux stratégiques qui se jouent entre les principaux acteurs.

Ces enjeux sont de plus en plus dominés et biaisés par la suprématie financière des entreprises, devant laquelle certains parmi les autres acteurs, et notamment les architectes, adoptent une attitude souvent purement défensive.

Le manque d'initiative de leur part pour adapter leur démarche professionnelle au contexte économique actuel, et à l'évolution des marchés de la construction, entraîne une sous-évaluation de fait de la place de la conception à l'intérieur du processus de construction dans son ensemble. Les entreprises, à leur tour, s'illusionnent peut être un peu trop rapidement à pouvoir s'y substituer de manière socialement valable, en sous-estimant le poids économique, culturel et historique de la conception, et dans sa foulée, de la gestion et de la programmation du cadre bâti.

Le rapport entre conception et réalisation est la clé de voûte de l'ensemble de la filière de construction. Dans le cadre d'une recherche menée pour le compte de la Direction de la Construction, consacrée à la question de **LA MAITRISE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE DU PROCESSUS CONCEPTION/RÉALISATION DU PROJET ARCHITECTURAL**, nous étions amenés de montrer les mécanismes des choix technologiques, et leur impact sur la conception du bâtiment, en partant de l'analyse de nombreux chantiers.

Menée en parallèle avec les travaux développés pour le compte de la Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme, la rédaction du rapport final de cette recherche coïncide avec la publication de la présente étude.

Il va de soi que les deux types de recherche se sont trouvés enrichis mutuellement tout en gardant leur spécificité liée à leurs objectifs respectifs, pour l'une la construction, pour l'autre l'architecture.

## STRUCTURATION DE L'ETUDE

La recherche porte sur trois procédés de construction :

- o LE COULAGE DU BÉTON SUR CHANTIER,
- o LES PETITS ÉLÉMENTS DE MAÇONNERIE,
- o LES STRUCTURES LÉGÈRES EN BOIS.

Le choix des solutions architecturales est analysé en fonction de la mise en œuvre et des points critiques de l'organisation du chantier.

### LE COULAGE DU BÉTON SUR CHANTIER

#### Le procédé dominant

Le coulage du béton sur chantier joue en France, pour l'ensemble des procédés de construction, le rôle de référence, le rôle de procédé phare.

Ce rôle prépondérant s'explique par la logique technologique qui lui est inhérente, et qui est caractérisée par une interdépendance particulièrement forte entre l'entreprise générale et les autres corps d'état, par l'importance de l'outil (le coffrage, ...) dans l'organisation du chantier comme dans ses performances. Le rapport entre les principaux acteurs de la construction - maître d'ouvrage, concepteur et entreprise - a une importance beaucoup plus forte et directe. Ce n'est donc pas par hasard que ce procédé ait connu son réel développement dans la foulée de la politique technique que les pouvoirs publics ont mis en œuvre, en concertation avec les grandes entreprises de construction durant la période des grands programmes de la construction neuve (logement, différents équipements collectifs). L'objectif de cette politique technique a été le regroupement de la commande permettant la construction de modèles répétitifs, correspondant à une solution type de l'interface entre conception et réalisation.

Ce cadre n'étant pas suffisamment figé pour favoriser un réel développement de la préfabrication lourde en béton armé, il a surtout permis le développement des procédés de coulage du béton sur chantier. L'ensemble des enquêtes officielles menées sur les techniques de construction et leur évolution depuis le début des années 1970 montrent que le coulage du béton in situ est le procédé dominant, sur la plupart des marchés sauf pour la maison individuelle où les maçonneries en parpaings sont les plus utilisées.

Ce succès est largement lié à son outil, les coffrages qui sont tout de suite opérationnels, qui s'adaptent facilement à l'évolution technique, et qui représentent un investissement fractionnable, accessible à la plupart des entreprises.

#### Une médiocre rentabilité économique et une faible cohérence entre conception et réalisation

Mais cette capacité d'adaptation à l'évolution technique dictée par les changements qui ont eu lieu au niveau des marchés de la construction, avec la généralisation des opérations de petite taille, et de forte diversité architecturale, n'a pas permis une amélioration de la productivité, ni même le maintien des rendements connus lors de la période des grands ensembles et des autres opérations importantes de construction.

Dans ce contexte, il n'est pas étonnant que les chantiers du béton coulé in situ que nous avons enquêtés ne soient pas des chantiers exemplaires. Pourtant, ceux-ci nous ont été indiqués par les Directeurs de chantiers des grandes entreprises eux-mêmes qui avaient ainsi toute latitude pour nous orienter

là où les opérations se déroulaient au mieux, vu le nombre important de chantiers qu'elles font simultanément en région parisienne.

Tout laisse donc penser que ces chantiers, dont nous avons suivi de très près le déroulement, reflètent grandement les problèmes essentiels que posent les opérations aujourd'hui :

- o une médiocre rentabilité économique, en apparence tout au moins, pour les entreprises ;
- o un décalage très fort entre conception et contraintes technico-économiques de chantier, c'est-à-dire une très faible maîtrise du processus conception/réalisation du projet.

Derrière cette inadéquation entre contraintes constructives et expression architecturale, se pose le problème beaucoup plus vaste de l'absence d'une cohérence forte de l'ensemble de la filière où chacun des acteurs évolue sans qu'il se dégage de stratégie clairement définie. Le premier constat que l'on peut faire porte sur la notion d'échelle et de temps de retour d'un « effort » (économique, technique, etc ...) tels que les différents acteurs sont amenés à les concevoir dans leur pratique.

L'échelle n'est pas celle d'un processus technologique (au sens large, c'est-à-dire avec tout ce que cela implique dans sa dimension technique et économique, mais aussi sociale, politique, ...).

L'unité de raisonnement est l'opération.

L'activité est centrée autour de l'addition de ces opportunités, c'est-à-dire : une opération plus une opération. En clair : une affaire, un montage financier, un chantier, etc ..., chaque opération étant une entité très indépendante des autres.

Les notions d'objectifs et de temps de retour qui en découlent relèvent de « l'immédiat ». L'objectif des efforts engagés est limité aux caractéristiques spécifiques à chaque opération prise individuellement. La finalité est l'opération en soi. Le temps de retour qui accompagne cet objectif est le court terme : la durée de l'opération.

Les efforts restent morcelés et ponctuels, ce qui leur donne, au-delà du problème de l'opération, une portée et une retombée concrète réduites (l'Expérience) et un caractère difficilement généralisable et peu répétitif. Mais surtout, cela leur confère un rôle peu dynamisant et peu fédérateur à l'échelle du processus technologique.

#### La maîtrise économique et technique du processus de conception/réalisation

Ce cadre général, brièvement résumé permet de mieux resituer la question de la maîtrise économique et technique du processus conception/réalisation du projet d'architecture, de son enjeu et de ses limites, dans le cas du béton coulé in situ.

Au-delà des constats sur l'évidence de l'inadéquation conception/réalisation se pose le problème de la médiocre rentabilité apparente que nous avons relevées sur les chantiers du béton coulé in situ. La question de la faible performance économique soulève, à son tour le problème de la formation du prix de la construction.

La logique technologique et ses performances se situent donc dans un contexte où la pression des aspects gestionnaires et financiers est très forte. Les attitudes des grandes entreprises y occupent une place capitale, parce qu'elles ont acquis un rôle et un poids qui conditionnent fortement l'orientation de l'ensemble de la filière.

Derrière la question de la maîtrise économique et technique se pose celle de créer les possibilités d'une plus forte synergie des différents acteurs parmi lesquels le poids (l'obstacle) que constitue l'entreprise

ne peut être ignoré. L'intérêt qu'elle peut y trouver (et qu'elle en attend) doit être clairement compris.

Ce vaste champ de réflexion est abordé dans notre recherche, surtout sous l'angle des préoccupations de l'entreprise, et de la manière dont celles-ci se répercutent sur les problèmes économiques et techniques de la construction dans leur ensemble.

Parallèlement, la possibilité de pouvoir greffer les centres d'intérêts et les problèmes de l'entreprise (en tant qu'agent économique prédominant dans la formation du prix) aux différents niveaux concernés par notre étude permet de créer les conditions d'un nouveau type de dialogue et garantissent les possibilités d'évolution de l'approche conception/réalisation en fonction de celle des différents paramètres économiques de la production.

Ces remarques expliquent l'orientation qu'a pris notre travail sur le béton coulé in situ et la structuration de l'analyse autour de plusieurs niveaux d'interrogations.

#### Politique matériel et politique de main d'œuvre

A chaque opération, ou presque, l'entreprise de gros-œuvre Béton Armé rencontre le problème du choix de la technique et du matériel de mise en œuvre. Mais surtout, elle se trouve confrontée aux conséquences de ses choix précédents.

Quels moyens et quelle organisation adopter en fonction du matériel existant pour réaliser le projet ?

Directement associée à cette question, se trouve posée celle de la main d'œuvre.

Politique matériel et politique main d'œuvre devraient donc théoriquement aller de pair dans la conduite globale de l'entreprise. Or, dans les faits, il n'y a pas de véritable politique de main d'œuvre alors que, contrairement, le bâtiment est un secteur à forte concentration d'effectifs.

La question de fond reste bien, ici l'attrait, le poids, le rôle de l'enjeu économique et social que représentera dans l'avenir le bâtiment dans l'économie nationale. Question dont la réponse est aujourd'hui essentiellement dans le camp des acteurs : créer une nouvelle attractivité de la filière.

L'enjeu technique et surtout économique d'une opération se joue au niveau de l'organisation et de la gestion de chantier. La multitude des tâches élémentaires à effectuer et leur interdépendance/délais rend complexe l'évaluation des coûts réels prévisionnels du chantier. Dans le contexte actuel, le degré de complexité technique de la structure porteuse (souvent dû à un manque de maîtrise architecturale) et/ou le manque de qualité du dossier maître d'ouvrage, maître(s) d'œuvre viennent amplifier ces difficultés. Ainsi, faute de pouvoir contrôler précisément la formation de tous ses coûts, l'entreprise se déleste des contraintes et des différents paramètres par la sous-traitance qui si elle ne lui garantit pas le coût le plus bas, lui assure au moins la certitude d'un prix et d'un délai final précis et une possibilité de recours.

#### La marge dans la décomposition du prix de la construction

Ce constat initial étant fait, notre travail étudie la décomposition du prix de la construction, en partant de l'analyse de la marge. Prise en tant que résultat, la marge est un «indicateur» économique des performances globales d'un processus de production complexe. Observée en tant que finalité de l'activité de l'entreprise, elle conduit à s'interroger de façon précise sur cette activité elle-même, la nature et les formes de la réalisation de cette marge, au niveau de l'opération, mais surtout aussi au niveau de l'entreprise.



Une mauvaise marge affichée au niveau de l'opération ne correspond pas, le plus souvent, à un mauvais résultat au niveau de l'entreprise. La première relève plus d'une logique technique, la seconde d'une logique financière, voire économique.

En effet, en matière de comptabilité d'entreprise, au moins quatre postes importants peuvent permettre d'améliorer la marge affichée sur le chantier : les frais généraux, la facturation du matériel de chantier, le prix horaire de la main-d'œuvre, et la gestion de la trésorerie.

L'analyse de la décomposition du prix permet de faire une série de constats que l'on peut penser généraux. Le premier constat, c'est tout d'abord le caractère assez constant (en valeur relative) des différents paramètres d'un chantier à l'autre. Le deuxième constat est le morcellement des coûts d'une construction qui n'est finalement que l'addition de coûts moyennement importants.

Le déboursé sec du gros-œuvre représente environ un tiers du prix de vente et le déboursé sec du second-œuvre un peu plus. Les frais de chantiers et les frais généraux se partagent, à parts égales, un faible dernier tiers du prix de vente, ce qui amène à soulever le problème de la marge de l'entreprise, qui dans le décompte de l'opération apparaît souvent comme faible, voire même nulle ou négative !

#### Le gros-œuvre joue le rôle moteur

A partir de cette décomposition générale sont ensuite étudiés en détails les différents postes, à commencer par les frais de chantiers, et notamment les frais matériel (centrale à béton, grue, coffrages, petit matériel) et les frais de la main d'œuvre indirecte (grutier, etc). L'analyse des frais de coffrage (et du matériel de sécurité) nous amène au cœur même des problèmes qui touchent à l'organisation de la construction, et à la rotation journalière pour réaliser la structure en béton armé.

L'analyse détaillée des déboursés secs — tout en confirmant le constat du caractère assez constant des différents paramètres, et le morcellement des coûts d'une construction — permet de mettre en évidence le rôle prépondérant du gros-œuvre, malgré sa valeur relative moyennement élevée par rapport à l'ensemble des coûts.

Outre les gains significatifs qu'il est envisageable de faire, tant au niveau rendement de plan, qu'au niveau matériel de chantier, il est évident qu'une baisse des coûts de construction passe par une amélioration et une meilleure efficacité de l'enchaînement entre les corps d'état, sur la base de l'optimisation de la rotation journalière et d'une meilleure préparation de la mise en œuvre des éléments du second-œuvre.

La réalisation de tels gains au niveau de la main d'œuvre du second-œuvre est une démarche beaucoup plus intéressante par rapport à la qualité et au prix du produit final que la pratique habituelle de la baisse ou « redéfinition » des prestations.

Le dernier chapitre, destiné plus particulièrement aux architectes-concepteurs, présente les projets des sept opérations de logements étudiés. Pour chaque opération sont analysées la structures porteuse en béton armé, la rotation journalière, et les causes de retard dans l'avancement du chantier. De nombreux dessins expliquent ces résultats de l'étude.

## LA MAÇONNERIE ET LES PROCÉDÉS A BASE DE PETITS ÉLÉMENTS

### Diversité des marchés - diversité des profils d'entreprise

La maçonnerie et les procédés à base de petits éléments se trouvent dans toutes opérations de construction, ou presque. La maçonnerie est caractérisée par la diversité de ses marchés, et par conséquent aussi par la diversité des profils d'entreprises qui assurent leur mise en œuvre.

Les entreprises artisanales sont surtout présente sur les petits marchés de maçonnerie : petits travaux intérieurs ou extérieurs, entretien et les chantiers de maisons individuelles en diffus, au maximum de quelques maisons en groupé.

Les P.M.E. leur sont concurrentielles, surtout sur les chantiers qui demandent des moyens matériels plus importants ou une technicité précise. Les marchés plus importants (individuel groupé, collectif, bâtiment industriel, etc) s'adressent essentiellement aux P.M.E.

Les entreprises artisanales et les P.M.E. de maçonnerie ont comme activité unique la maçonnerie avec les petits travaux complémentaires de béton armé (chaînages, linteaux, appuis, ...) et le plus souvent les planchers en béton qui les accompagnent. Seules quelques unes sont plus polyvalentes et font également de la charpente-couverture, des cloisonnements, etc.

Le caractère le plus souvent artisanal des entreprises de maçonnerie avec les modes de négociations et d'estimation qui leurs sont spécifiques explique que les études de prix ne sont pas aussi systématiques que dans les entreprises importantes où les problèmes de gestion et de compétitivité économique se posent de façon plus directe.

En effet, l'essentiel de la gestion de l'entreprise artisanale concerne l'organisation du temps de travail : assurer la productivité et le plein emploi de la main-d'œuvre, tout d'abord au niveau de l'organisation de chantier puis dans l'enchaînement d'un chantier à l'autre, en choisissant les chantiers les plus adaptés et les plus rentables pour l'entreprise. Les autres aspects de la gestion de l'entreprise (financière, etc ...) doivent bien sûr être assurés, mais ils sont moins décisifs pour leur compétitivité.

A côté de ces entreprises artisanales et P.M.E., il y a des entreprises dont l'activité principale n'est pas la maçonnerie et dont les coûts de production et les prix se posent de façon différente. Il s'agit :

- des entreprises de béton armé et, parmi elles, des grandes entreprises comme BOUYGUES, S.A.E., DUMEZ, ... ;
- de constructeurs de maisons individuelles, de taille très différente : Maisons BRUNO PETIT (parmi les leaders nationaux), de petits et moyens constructeurs régionaux.

Les entreprises de béton armé, et notamment les grandes entreprises, constituent un cas particulier en maçonnerie. En effet, leur activité et leur savoir-faire reposent sur le béton armé (coulé in situ et/ou préfabriqué) et non sur la maçonnerie. La maçonnerie est marginale dans leur activité, et le plus souvent, elles ne l'exécutent pas elles-mêmes. Le choix d'exécuter ces travaux au lieu de les laisser à une entreprise de maçonnerie (sous-traitance, lots séparés) est un choix d'organisation de chantier : les travaux de maçonnerie ont parfois des répercussions sur l'organisation d'un chantier et, par là, sur la marge réalisée sur l'opération par l'entreprise de béton armé.

Les grands marchés de maisons individuelles, telles les opérations importantes de l'individuel groupé, sont avant tout réservés aux constructeurs nationaux ou régionaux. Certains ont leurs propres équipes de maçonnerie. C'est le cas par exemple de MAISONS BRUNO PETIT, un des grands

de la maison individuelle. Des moyens et des petits constructeurs régionaux ont également leurs propres maçons. Pour ces constructeurs, il s'agit d'une part de maîtriser leur coût de production, d'autre part la qualité et les délais de construction.

D'autres comme Maisons BOUYGUES, par exemple, parmi les plus grands, et beaucoup de constructeurs régionaux, sous-traitent les travaux, mais au prix les plus bas en général. Le cas, alarmant selon certains, de la sous-traitance traitée par les grandes entreprises et la plupart des constructeurs de maisons individuelles, montre bien que ces pratiques de pression forte sur le prix sont un réel problème. Les conditions (garanties, délais, paiements, etc) qui accompagnent ces attitudes aggravent les choses et n'offrent aucune contre-partie aux rabais consentis.

La vitesse à laquelle les entreprises de maçonnerie et notamment les «parpailleurs» (les P.M.E. qui travaillent sur les opérations importantes pour les grandes entreprises ou des grands constructeurs de maisons individuelles : G.M.F., KAUFFMANN & BROAD, ...) se créent puis disparaissent en région parisienne illustre cette situation. Les grandes entreprises, elles-mêmes, s'inquiètent de ce phénomène qu'elles contribuent à perpétuer.

#### Une autonomie relative des équipes de maçons

La logique technologique inhérente aux procédés de construction à base de petits éléments est caractérisée par une autonomie relative des équipes qui les mettent en œuvre.

Cette caractéristique a deux conséquences. Sur le plan de la qualification de la main d'œuvre, la plus grande autonomie des équipes de maçonnerie que celle des équipes de coulage implique une main d'œuvre capable de s'auto-organiser et de gérer son temps, ses approvisionnements et la qualité de son travail. On peut moins facilement lui substituer des OS ou des manœuvres comme c'est le cas pour le béton.

Sur le plan organisationnel, le rapport entre les différentes entreprises de gros-œuvre et de second-œuvre est caractérisé par un plus grand équilibre potentiel que dans le cas du coulage. Leurs rapports contractuels se trouvent ainsi valorisés.

#### La maîtrise des aspects technique et économique par les concepteurs

La maîtrise du rapport conception/réalisation de leurs projets est la condition sine qua non pour améliorer le rapport qualité/prix de la construction et pour développer une expression architecturale plus riche et mieux appropriée à la spécificité des matériaux utilisés pour la maçonnerie.

Le présent travail s'appuie sur l'observation de la formation des prix des maçonneries en parpaing, et en brique apparente.

Sur le plan national, le parpaing est la technique dominante et la référence économique. Les maçonneries en parpaing sont les moins chères. Elles concurrencent fortement les autres petits éléments de maçonnerie. Ce constat général peut néanmoins être modifié et parfois même renversé par des particularités régionales ; c'est ainsi que dans certaines régions la brique creuse ordinaire est tout à fait compétitive par rapport aux blocs en béton.

#### Déboursé sec, productivité et conception

A partir de la reconstitution d'un déboursé sec «théorique» (coût main d'œuvre + coût matériau) affranchi des facteurs perturbateurs des prix (écarts de prix unitaire de matériau d'une région à l'autre, fluctuation des prix horaires de main d'œuvre), les différences de productivité sont expliquées et l'incidence de la conception est démontrée. En effet, la conception se répercute de façon nette sur le temps de mise en œuvre. L'incidence sur le prix est directe, car la décomposition des prix des ouvrages en maçonnerie la part de la main d'œuvre est primordiale dans la plupart des cas.

En plus de l'optimisation dimensionnelle et quantitative de l'emploi des matériaux, la conception a une influence directe sur le prix par la complexité des travaux qu'elle engendre, de même que par les possibilités d'enchaînement et d'organisation du travail qu'elle permet.

Au-delà de la préoccupation directement liées au dimensionnement et au « calepinage » de l'ouvrage, les concepteurs sont ainsi confrontés à des problèmes organisationnels liés à la mise en œuvre des matériaux et indirectement à la gestion générale du chantier.

De nombreux cas de figure qui illustrent ces aspects essentiels dans le rapport conception/réalisation sont présentés à l'aide de séquences successives d'images caractéristiques.

Les problèmes de l'amélioration de la construction et de l'enrichissement de l'expression architecturale sont ainsi resitués dans le contexte des enjeux économiques, qui se jouent entre les différents acteurs de la construction.

### Frais et marge et investissement

Les frais de chantier et les frais d'entreprise sont analysés à partir du déboursé sec « théorique ». Directement liée à cette question, celle de la marge de l'entreprise est posée.

Frais et marge sont deux domaines délicats à aborder en ce qui concerne les P.M.E. et les artisans. Dans la mesure où les prix du marché fixent une enveloppe économique maximale à l'entreprise dont la grande part est absorbée par le déboursé sec, la part frais et marge peut difficilement être agrandie sans arriver préalablement à des gains sur le déboursé sec, essentiellement sur la productivité. La part frais et marge est ce qui reste à la fin du chantier ; elle est souvent peu importante et fréquemment imprévisible, ce qui pèse sur la gestion de l'entreprise et ses possibilités d'investissement.

Le regroupement « frais et marge » que nous avons opéré permet d'éviter les découpages arbitraires tout en laissant la possibilité de constater cas par cas les variations qui existent et leurs causes. Ceci permet notamment d'aborder un point décisif et qui fait souvent la différence entre artisan et P.M.E. : le matériel de chantier.

D'une façon générale, il y a peu de matériel sur les chantiers de maçonnerie traditionnelle. Il s'agit essentiellement de petit outillage (pelles, pioches, truelles, marteaux, auges, etc), de bois de coffrage, de quelques échafaudages rustiques et d'une petite bétonnière.

Le coût de ce matériel itinérant d'un chantier à l'autre est posé au niveau de l'entreprise et non calculé de façon précise chantier par chantier. L'amortissement ne peut pas être calculé en fonction de chaque chantier. Ce qui est sûr, par contre, c'est que tout matériel supplémentaire (moyen de levage, pompe à béton, ...) acheté ou loué, nécessaire pour un cas précis sortant des cas communs se répercute directement sur le prix au niveau du chantier et non plus d'une moyenne entre des chantiers. Ce matériel doit donc offrir une contrepartie immédiate équivalente pour assurer une compétitivité économique.

La conjugaison de ces facteurs explique les réticences, voire un certain immobilisme au niveau du matériel et permet de mieux comprendre les obstacles que rencontrent beaucoup de matériaux nouveaux.

S'ajoute à ces raisons de blocage à l'innovation du procédé qui sont internes à l'entreprise, des raisons générales. Les prix de vente sont souvent très près des prix de revient et les marges (apparentes tout au moins) des fabricants et négociants, mais aussi des entreprises, sont dans leur ensemble très réduites et incompressibles, même s'il y a de nettes différences entre certaines sociétés. Ceci limite le dynamisme et le volontarisme pour innover.

## Matériaux nouveaux et marketing

Le développement de matériaux nouveaux est une possibilité pour débloquer cette situation. Encore faut-il qu'une approche de marketing permette de bien cibler une telle offre qui devrait, en même temps, stimuler l'évolution et la revalorisation sociale et économique des savoir-faire professionnels propres aux métiers de la maçonnerie.

Mais une telle démarche ne pourrait aboutir que si parallèlement maître d'ouvrage et concepteur contribuaient à la mise en valeur de ces matériaux nouveaux par une expression architecturale adéquate.

## LE PARPAING

### Un matériau bon marché

Le parpaing est le matériau le moins cher des matériaux de construction du gros-œuvre et cet atout économique est le premier point qui explique sa compétitivité. Les blocs de coupe et les blocs tableau fabriqués en même temps que les blocs courants sont au même prix. Seuls les blocs de chaînage (blocs d'angle, linteau) sont plus chers.

Cette attractivité économique est renforcée grâce à l'existence d'un grand nombre de fabricants, souvent en concurrence très directe et largement réparti sur l'ensemble du territoire, ce qui réduit les coûts de transport.

Matériau à faible prix unitaire, le parpaing N.F. est également moins sensible que les autres matériaux à l'incidence des chutes de chantier sur le prix.

### Un matériau facile à mettre en œuvre

Le deuxième atout du parpaing est la productivité de mise en œuvre qu'il permet d'atteindre. Le parpaing présente indéniablement des avantages à la mise en œuvre. C'est un matériau rustique qui « ne craint rien », ou presque. Il est à la limite de la manportabilité (20 kg environ) et le nombre au m<sup>2</sup> est réduit (10/m<sup>2</sup> environ). Il a une souplesse d'adaptation dimensionnelle qui lui permet de pallier l'absence de calepinage quasi-généralisée chez les concepteurs en France.

Ces qualités du matériau conduisent en réalité à de nombreuses malfaçons, et l'absence de calepinage va souvent de pair avec une mise en œuvre bâclée ; les « contre-performances » sont banalisées et acceptées. Pour atteindre, des bonnes productivités tout en respectant une mise en œuvre soignée, la maîtrise du processus de conception/réalisation et une bonne organisation du travail sur chantier sont indispensables.

Sur la plupart des chantiers enquêtés d'importants gisements de qualité et de productivité existent. Le présent travail commente et illustre les mesures à prendre pour créer les conditions de chantiers favorables.

## LA BRIQUE APPARENTE

### Un savoir-faire particulier

La brique apparente est un matériau qui se démarque nettement des autres matériaux traditionnels de gros-œuvre (parpaing, briques creuses) : si la maçonnerie de brique creuse ou de parpaing est avant tout un travail de force, la maçonnerie de brique apparente, historiquement tout au moins, est en

premier lieu un travail de finesse. Pourtant vu la banalité fréquente dans les constructions en brique apparente contemporaines, on peut se demander jusqu'où cette caractéristique faisant appel à un savoir-faire très particulier est exploitée.

L'étude de la compétitivité économique de ces maçonneries permet d'apporter quelques réponses à cette question. Loin de réduire le problème à son seul aspect économique, elle permet d'interpeller directement les concepteurs et les fabricants sur leurs propres pratiques.

L'utilisation de la brique apparente en façade est le cas le plus révélateur et le plus riche d'enseignements pour poser la compétitivité économique.

En effet, les murs de façade sont assez proches des autres murs (murs intérieurs, murs extérieurs, ...) en ce qui concerne les parties courantes. Mais les problèmes relatifs aux parties spécifiques (ouvertures, rives de planchers, raccordement aux structures, ...) et à l'organisation du chantier sont bien plus complexes et influent beaucoup sur les prix.

#### Le rôle essentiel de la conception

Les résultats des enquêtes que nous avons menés sur des chantiers de la région parisienne permettent de dresser une série de constats et d'en comprendre leurs causes essentielles.

Parmi ces constats, le premier est le prix «pénalisant» du mur en brique comparé à la solution la plus fréquente : blocs de béton creux 20x20x50 enduits. A lui seul, le prix des matériaux est déjà équivalent au prix de vente du m<sup>2</sup> de parpaings posés, non enduits. Ce constat, qui n'est pas nouveau, constitue le point de départ de notre étude.

Le second constat qui s'impose ensuite est le poids du coût de la main d'œuvre dans ce prix et qui s'accompagne de la particularité du profil de celle-ci et de la fixation de son prix ; problèmes alourdis par la raréfaction du métier de briqueteur et les faibles perspectives d'améliorer actuellement ce prix au niveau des techniques de mise en œuvre comme à celui des matériaux.

Le troisième constat porte sur la façon généralement paradoxale dont les concepteurs renforcent encore ces deux tendances qui pénalisent la brique apparente. Leurs préoccupations se trouvent souvent en décalage par rapport à cette réalité économique et ses exigences. Or, les constats précédents mettent en évidence le rôle essentiel que doit remplir la conception sur qui repose avant tout les possibilités d'une meilleure compétitivité, notamment par un contexte favorable à l'échelon du chantier.

## LES STRUCTURES LÉGERES EN BOIS

### Un développement difficile

Les structures légères en bois, et notamment les MOB (Maisons à Ossature Bois) n'ont pas connu en France le développement espéré par leurs protagonistes au début des années 80.

Ces techniques, très développées dans les pays scandinaves (Suède, Finlande, ...) et en Amérique du Nord, où elles sont les techniques dominantes dans le logement individuel et les petits bâtiments, n'ont jamais trouvé en France le contexte et les motivations favorables à leur développement (12.500 à 15.000 MOB en 1984).

Comment se fait-il que la MOB n'a pas connu de réel développement en France ?

### Une «filière bois» hypothétique

Les raisons essentielles ne se trouvent pas au niveau des performances de la MOB, ni même au niveau de son image de marque et de l'argumentaire de vente développé par les professionnels.

Les causes sont avant tout structurelles au niveau de la «Filière bois», contexte sur lequel s'est plaquée une démarche volontariste et souvent techniciste de professionnels motivés qui a été soutenue par les Pouvoirs Publics et qui s'est également caractérisée à son début par l'absence totale d'une démarche marketing.

L'activité bois dans la Construction regroupe 60.000 entreprises dont 1.200 supérieures à 20 salariés, et réalise un chiffre d'affaires hors taxes de 42 milliards de francs (1984).

### La MOB - une activité marginale

Avec 6 % du chiffre d'affaires de l'activité bois dans la construction, la MOB se situe loin derrière les menuiseries (40 %), les charpentes (30 %), les parquets et lambris (14 %).

La taille réduite de la plupart des entreprises de MOB est un réel problème pour développer les marchés qui se situent essentiellement dans le domaine du logement individuel et des petits bâtiments, agricoles notamment, ou des petits équipements : hôtels, etc. Ces entreprises ne sont en effet pas aptes à assurer les phases marketing, études-conception, puis le pilotage du chantier et la coordination des travaux.

### La diversité des profils d'entreprise

La fabrication des MOB est assurée par trois catégories d'entreprises : les artisans, les industriels-fabricants de composants MOB, et les constructeurs de MOB. Ces derniers proviennent principalement de deux domaines d'activités : les professionnels du bâtiment (pavillonneurs), les professionnels du bois.

Les entreprises artisanales sont essentiellement des charpentiers : elles représentaient en 1982 27 % du secteur, pour une production semble-t-il assez faible, limitée au secteur de l'habitat diffus.

Les industriels fabricants de composants MOB issus le plus souvent de PMI anciennes du travail du bois (commerce du bois, scieries, menuiseries et surtout fermettes), sont plutôt de grosses entreprises artisanales rationalisées, dans la mesure où elles mettent en place des chaînes de fabrication, réalisent de petites séries et accroissent la division technique du travail. Elles fabriquent rarement plus de 500 maisons/an.

Les pavillonneurs, avaient pour la plupart développé la fabrication des fermettes. Le passage à la MOB, par la fabrication de composants est lié à la volonté de baisser les coûts en diminuant la part du chantier : d'effectuer un transfert des tâches du chantier à l'atelier.

Les constructeurs issus des professionnels du bois, participent d'une logique quelque peu différente puisque c'est la maîtrise d'un savoir-faire bois qui a déterminé leur développement. Ils avaient comme objectif la valorisation de produits qu'ils fabriquaient déjà et la recherche de nouveaux débouchés. Aussi les techniques qu'ils utilisent laissent une part importante au chantier où travaille une main-d'œuvre souvent qualifiée.

### La diversité des procédés

La diversité des procédés de construction en ossature bois qui existent dans le monde est extrême.

L'explication en est que le choix de tel ou tel procédé n'est pas un choix technique en soi, mais dépend de l'organisation sociale de la production.

En France, la technique la plus utilisée en ossature bois légère est le panneau, fabriqué en atelier et posé sur le chantier, dans 95 % des constructions en bois en 1980. Il s'agit généralement de panneaux ouverts, c'est-à-dire dont au moins un des parements est mis en place sur le chantier une fois que les panneaux sont assemblés entre eux. La dimension des panneaux est limitée par la manuportabilité : 1,20 m couramment, voir 1,50 m à 1,80 m pour la largeur, sur une hauteur d'étage.

Aux États-Unis et au Canada, la technique dominante est le « pré-cut » : les structures sont réalisées directement sur le chantier par le charpentier à partir des débits et panneaux standardisés du négoce. Le « pré-cut » permet une très grande souplesse pour la conception architecturale.

En opposition à la « filière bois » française, largement éclatée, la filière américaine et canadienne apparaît singulièrement courte et asymétrique : d'un côté des industries lourdes de haute technicité et à forte productivité, de l'autre un artisanat très spécialisé par technique et par corps d'état. On constate également une très grande unité des principes de construction : unité dans la qualité et les sections des bois, unité dans le processus du montage ainsi que dans la conception des assemblages.

### La maîtrise économique et technique du processus conception/réalisation du projet d'architecture

Dans le cas de la MOB, cette maîtrise doit se baser sur un savoir-faire et une organisation de la fabrication et du chantier spécifiques qui ont peu de traits communs avec les procédés traditionnels. La MOB nécessite une parfaite maîtrise des différentes étapes de la fabrication, du déroulement du chantier et de l'enchaînement des différents corps d'état envers qui les exigences de délais, de prestations et, souvent, de qualité sont bien plus fortes qu'en traditionnel.

La fabrication des MOB appelle un accroissement du rôle des bureaux d'étude et des méthodes, ce qui constitue une certaine rupture pour de nombreuses entreprises. Il semble exister une résistance au renforcement du rôle de l'ingénierie, de la part notamment des chefs d'entreprises qui tiennent à conserver la maîtrise de l'organisation de la fabrication et craignent la concurrence des ingénieurs.

### La formation des prix

Le présent travail s'appuie sur l'observation de la formation des prix des deux types de MOB : la MOB sur catalogue, et la MOB artisanale.

L'observation du prix puis de la compétitivité économique des structures en ossature bois est plus difficile que pour la maison traditionnelle en maçonnerie – la référence étant le parpaing – dont on peut



beaucoup plus simplement décomposer le prix en ses différents paramètres économiques. Le caractère marginal de cette technique et la diversité des profils d'entreprise qui l'accompagne se traduisent par l'absence de prix moyen servant de référence et par l'absence de concurrence interne à la technique ossature bois.

Les exemples de maisons sur catalogue montrent clairement que les résultats économiques se jouent grandement au niveau du chantier et que les facteurs favorables à une bonne productivité sur chantier doivent être prédominants dans les choix constructifs. En effet s'il y a peu de perspective de gagner encore des heures de travail dans le cas de ces modèles, par contre il y a des risques élevés de perte des heures par rapport à cette référence (notamment aussi dans le second-œuvre), si les conditions au niveau de la conception et du chantier ne sont pas optimales. Les gains économiques au niveau des matériaux paraissent très limités compte tenu de l'optimisation de leur emploi déjà importante dans ce type de maison et des possibilités très réduites d'en baisser le prix unitaire.

#### La productivité - un atout possible

L'analyse de la productivité, et des heures de montage sur chantier d'une MOB montre que grâce à sa rapidité de montage, la MOB permet des délais de construction extrêmement courts, notamment la mise hors-d'eau - hors d'air (hors vol) qui peut être obtenue en 1 à 3 jours.

Il y a cependant des différences importantes dans le nombre d'heures de travail nécessaires :

- entre des MOB dont la conception est optimisée et qui atteignent les meilleures productivités (de l'ordre de 250 heures pour une MOB sur catalogue de 4 pièces) et des MOB plus artisanales qui nécessitent environ 300 heures de plus dans les cas étudiés, d'une part,
- entre les MOB R + 0 qui permettent d'obtenir les productivités les plus performantes, et les MOB R + I qui demandent au minimum une centaine d'heures en plus environ.

Sur la plupart des chantiers de MOB, la productivité est moins bonne que cette productivité-étalon, souvent de beaucoup. Les deux raisons essentielles sont :

- la conception qui, sur les plans spacial et technique, ne crée généralement pas les conditions, mêmes minimales, d'une bonne productivité ;
- la coordination du travail sur le chantier, entre les entreprises assurant les différents corps d'état d'une part et dans le travail d'une même entreprise (interventions en discontinuité, temps morts, etc) d'autre part – les constructeurs de MOB sur catalogue ont d'ailleurs eux-mêmes des difficultés à ce niveau, d'où l'importance économique que prend chez eux la gestion de la main d'œuvre de pose (intégrée à la société le plus souvent).

Le panneau-étalon pour mesurer la productivité est le panneau de 120 cm de large qui est le meilleur compromis par rapport aux différents facteurs qui ont une incidence sur la production : manutention, préhension, poids, assemblage, calage, réglage ...

Deux facteurs physiques ont une importance sur la productivité : la dimension du panneau, la hauteur où se situe l'aire de travail par rapport au sol.

Les panneaux d'angle (panneaux spéciaux, ou poteaux d'angle), les panneaux avec intégration – électrique le plus souvent – ont une moins bonne productivité. Le nombre des types de panneaux différents doit être limité au maximum. La simplicité et la banalisation du système d'assemblage des panneaux et du système de raccordement à la dalle permettent d'obtenir une bonne productivité.

Pour les panneaux de grande dimension (de l'ordre de 2,50 ml à 6 ml) manutentionnés à la grue, la productivité totale que nous avons relevée est moins bonne qu'en panneau de petite dimension et manuable.

Les fermettes ont une productivité de pose très différente selon leur dimension et leur nature (entrait non porteur ou entrait porteur). S'ajoutent à cela la pente de la toiture et sa complexité (croupe, pénétration, etc) d'une part, et la hauteur où elles doivent être posées, d'autre part.

La productivité des planchers sur fermette à entrait porteur est difficile à évaluer puisque le temps d'exécution de la structure du plancher est compris dans les heures de charpente.

La productivité des planchers sur solive est plus facile à mesurer.

Les bonnes productivités que nous avons observées varient entre 0,60 h/m<sup>2</sup> et 0,80 h/m<sup>2</sup> de plancher pour des portées de l'ordre de 3 m à 3,50 m.

#### Les choix au niveau de la conception

L'observation de la formation des prix et l'analyse de la productivité permettent de préciser ces choix qui se posent au niveau de la conception.

Le choix du procédé est fondamental pour arriver à un bon résultat qualitatif et économique. La diversité des techniques ne facilite pas ce choix.

Quelques critères simples permettent de déterminer au niveau de la programmation et de la conception la ou les techniques les mieux adaptées et les limites de son emploi. La taille de l'opération apparaît comme le critère décisif. C'est ainsi que le panneau ouvert s'impose dans les opérations en groupé, surtout lorsqu'il s'agit d'opérations de plus de dix logements.

Le panneau fermé manuable peut s'envisager sur les petits chantiers surtout, où il est bien adapté aux possibilités de délai rapide de construction avec des garanties de qualité.

Les composants de grande dimension apparaissent surtout intéressants pour des chantiers importants qui permettent des séries suffisantes et où les délais de construction sont extrêmement courts. Compte tenu des délais déjà rapides obtenus en panneaux manuales, il concerne peu la plupart des opérations de logements mais plutôt des opérations où l'incidence du délai sur l'exploitation est élevée, comme l'hôtellerie, les bureaux, etc.

Le choix de la volumétrie est fonction du terrain. Sur le plan strictement économique, les MOB les plus intéressantes pour obtenir les prix les plus bas possibles de la partie ossature bois sont les MOB R + 0. La géométrie plus simple de l'enveloppe est le rectangle. Les décrochements de façade, les angles biais, etc, sont à éviter.

La troisième étape de la conception est le calepinage, le dimensionnement de la MOB sur la base de sa décomposition en panneaux pour les murs et s'il existe, en coordination avec le plancher.

L'unité de base est le panneau de 120 cm qui est le panneau qui permet la meilleure productivité et le meilleur prix. Il correspond également à la trame des composants de second-œuvre comme les plaques de plâtre du doublage et à celle du cloisonnement en composants plaques de plâtre + âme en nid d'abeille cartonné.

Dans le cas de plancher bois, la coordination est également sans problème avec l'entraxe des fermettes

(60 cm en général) ou avec celui des solives : 30 cm à 40 cm en général, un autre entraxe courant est 45 cm. Ces entraxes correspondent bien également avec la trame du panneautage du plancher en panneaux de particules : 60 cm ou 90 cm x 240 cm généralement.

### Conception et mise en œuvre

Au-delà de ces trois points se pose le problème d'une conception favorable à l'optimisation de la mise en œuvre.

La notion de quantité/jour et son prolongement par la notion de colis/jour sont des pistes intéressantes à développer pour favoriser une évolution ouverte du projet et fournir une base commune de langage aux différents acteurs.

Le panneau banalisé de 120 cm permet de définir facilement cette correspondance quantité/nombre de jours.

A titre d'exemple, une bonne productivité de 1h/panneau, avec une équipe de deux personnes (équipe courante en MOB) correspond à 16 panneaux/journée de 8 h.

Si on tient compte d'une demi-journée de déchargement et de préparation du chantier (examen et réception de la dalle, installation du matériel, implantation, etc), en deux jours l'équipe a posé 24 panneaux, en trois jours 40 panneaux, etc. La taille de la MOB doit correspondre assez près à ces quantités.

L'élaboration du plan doit correspondre à la possibilité d'un bon planning d'exécution respectant ces quantités/jour (ou 1/2 journée), surtout sur les petits chantiers où il y a une seule équipe polyvalente.

Le traitement des cas particuliers doit s'appuyer sur les créneaux de temps en plus ou en moins qui existent dans ce planning.

L'ensemble de ces points liés à la conception sont illustrés à l'aide de nombreuses illustrations et images.

## EN GUISE DE CONCLUSION

### La logique technologique dominante

Le résultat marquant de la présente étude est de mettre en évidence une certaine logique technologique qui est inhérente aux trois procédés de construction analysés.

La logique technologique du **BETON COULÉ SUR CHANTIER** est caractérisée, en France, par l'enchaînement entre politique technique, pouvoirs publics et grandes entreprises, technologie dominante de gros-œuvre et sous-traitance des corps d'état «secondaires».

Les problèmes de ce procédé dans le contexte actuel de la France sont liés, en amont de l'entreprise générale, par une faible maîtrise du processus de conception/réalisation du projet, et, en aval, par une intégration insuffisante entre gros-œuvre et travaux de second-œuvre.

Autant la grande entreprise — comme partenaire direct et privilégié des pouvoirs publics — a été le moteur de la construction (et des performances atteintes) durant la période des grands chantiers, il n'est pas du tout évident que sa puissance et, sa suprématie financière, acquise sur la base de ce passé, soient aujourd'hui encore un avantage pour les marchés courant du bâtiment.

Il nous semble plutôt que la valorisation des métiers de la conception, et un réel partenariat de l'ensemble des corps d'état du gros - et du second - œuvre soient une meilleure garantie pour aboutir à une plus grande cohérence de la filière, une amélioration de la productivité, un abaissement des coûts et un enrichissement de la qualité architecturale.

Les performances atteintes dans des pays, tels les USA ou les Pays-Bas, où le coulage du béton sur chantier n'est pas du tout le procédé dominant (cf cas DIVOSTA) incitent à une réflexion dans ce sens.

### La stratégie des acteurs et la structuration du marché

Pour pouvoir cerner de manière plus précise la question des choix technologiques, il faut analyser la stratégie des acteurs sur les différents marchés de la construction.

Dans le contexte actuel de la France, il est possible de stratifier les niveaux d'intervention qui correspondent à des créneaux de marché différents, pour désigner dans chaque cas celui des acteurs qui est le mieux situé pour assurer le rôle de leader-ship.

En résumant un ensemble d'études que nous avons entreprises dans ce domaine, il est possible de structurer les marchés de la construction neuve autour de trois créneaux structurels :

- le produit-bâtiment,
- l'opération prototype, et
- l'aménagement urbain.

### La stratégie de produit-bâtiment

Par rapport au premier créneau, on entend souvent parler de stratégie de produit qui est surtout développée par les grandes entreprises. On entend par stratégie de produit une offre globale qui inclut autour d'un bâtiment livré «clés en main» un ensemble de prestations de service pour l'exploitation et la gestion. Pour l'entreprise une telle stratégie d'offre inclut une étude de marché, une étude de faisabilité, avec la recherche du terrain et le montage financier. Le produit est le plus souvent un bâtiment type, telles les unités hôtelières «formule 1» du groupe ACCOR proposé par DUMEZ, ou encore des résidences temporaires TEMPOLOGIS du constructeur SAFILAF. Sur le plan juridique il s'agit d'une approche de type «ensemblier», mais qui n'est pas — comme de nombreux professionnels semblent le croire — exclusivement réservée aux seules entreprises.

Dans le cadre de la stratégie de produit, l'interface entre conception et réalisation est figé autour du bâtiment type. Les relations professionnelles, à ce niveau, sont donc comparables à celles qui prévalaient durant la période des politiques des modèles, avec la différence essentielle toutefois que le financement est presque exclusivement privé.

### Le project managment

Au niveau de l'opération prototype, aucune approche de type stratégique est développée actuellement en France. Dans les pays anglo-saxons, par contre, et plus particulièrement en Angleterre, où les pouvoirs publics n'ont jamais privilégié les entreprises autant qu'en France, d'autres métiers se sont imposés sur les marchés du bâtiment, telles les grandes agences qui réunissent indistinctement architectes et ingénieurs, et surtout les quantity surveyors, les économistes du bâtiment, qui sont devenus les partenaires privilégiés de nombreux clients commanditaires de toutes sortes de bâtiments, souvent de taille importante.

Riches de leur expérience, non seulement en Angleterre, mais sur beaucoup de grandes opérations «oversea», les quantity surveyors ont élargi leur champ d'intervention et ont su développer une activité autour du project managment. Sur la toile de fond de son métier de base, l'économie du bâtiment, le project managment a la responsabilité d'organiser et de gérer l'opération du début, de la recherche du terrain, jusqu'à la fin, à la cession du bâtiment fini au client, en passant par le montage financier, le marketing, le design et la construction. L'objectif du project managment n'est pas biaisé par la défense des intérêts du métier d'un des principaux acteurs de la construction, sinon celui du project manager lui-même, mais dont la mission consiste à optimiser l'opération par le biais de la gestion de l'ensemble de la filière.

Les chances d'une valorisation équilibrée des métiers semblent donc mieux assurées dans le cadre du project managment que dans celui de la stratégie de l'offre, ce qui ne signifie pas que cette dernière démarche ne puisse pas démontrer sa supériorité sur le plan du rapport qualité-prix par rapport aux marchés qui lui sont favorables, à savoir les marchés des produits de bâtiments types. Mais ces marchés semblent relativement limités. La démarche du project managment, par contre, peut facilement être généralisée, moins dans le sens de la présence obligatoire d'un project manager en personne dans toute opération de construction, que du point de vue de ces principes mêmes, de l'organisation des relations entre les acteurs.

### La stratégie urbaine

Si le project manager trouve son champ d'activité privilégié dans les grandes opérations privées, où une bonne rentabilité des investissements peut être atteintes par le biais d'une gestion rigoureuse des affaires, l'esprit-même d'une telle gestion est applicable aussi à des opérations d'aménagement urbain.

Nous allons même plus loin, — en nous plaçant sur ce troisième créneau du marché, qui se trouve à cheval entre secteur public et privé — en soutenant que le développement d'une STRATEGIE URBAINE se trouve valorisé par la gestion de la filière construction dans son ensemble.

Une telle valorisation sociale de la filière de construction, résultant d'un effort professionnel collectif, permettrait de repréciser le rôle des pouvoirs publics dans ce domaine. Au lieu de s'illusionner dans un volontarisme et technicisme qui n'a plus sa raison d'être dans la situation économique actuelle, leur rôle devrait être confiné, en amont de l'activité économique, au domaine juridique, pour faciliter l'abolition des barrières corporatistes, et en aval, au domaine de la politique urbaine, pour optimiser la gestion spatiale, à commencer par la gestion foncière, qui — quand elle est laissée dans les mains des privés — tend à revêtir un caractère de court terme.

Entre l'organisation des professions en amont, et la gestion des sols en aval, l'immobilier peut être géré dans l'esprit du project et building management ce qui n'exclut pas des financements publics, là où ils sont socialement nécessaires.

La stratégie urbaine ne constitue pas uniquement le cadre politique et économique aux opérations d'aménagement urbain — dernier des trois créneaux structurels des marchés de la construction —, mais structure aussi les autres marchés à travers l'action conjuguée entre politique financière et gestion de la filière construction. La stratégie urbaine peut ainsi être le vecteur essentiel des marchés de la construction dans leur ensemble.

#### Logique technologique et stratégie des acteurs

Stratégie de produit ou project management — selon l'adoption d'une de ces deux approches du marché du bâtiment, le jeu des acteurs s'articule de manière différente sur la logique technologique inhérente aux divers procédés de construction.

Quelle est cette logique dans le cas de la maçonnerie et des structures légères en bois ?

A l'opposé de la filière béton, en France, dont la logique technologique est liée à l'enchaînement entre politique technique, pouvoirs publics et grandes entreprises, technologie dominante de gros-œuvre et corps d'état «secondaires», la **MAÇONNERIE** correspond à une logique technologique qui est caractérisée par une certaine autonomie des équipes qui les mettent en œuvre. Cette autonomie implique un ensemble de phénomènes qui se complètent réciproquement:

- main d'œuvre relativement plus qualifiée ;
- relations professionnelles potentiellement plus équilibrées entre les divers corps d'état du gros-œuvre et du second-œuvre ;
- compétitivité sur une diversité de marché, à commencer par de nombreux types d'opérations de petite taille, notamment dans la maison individuelle ;
- et, par conséquent, diversité de profils d'entreprise qui assurent leur mise en œuvre, à commencer par les artisans et les P.M.E.

Les **STRUCTURES LÉGERES EN BOIS** et les **MOB**, en France, suivent une logique technologique qui est basée sur le panneau-étalon. Ce panneau bois est l'élément de référence pour la fabrication en atelier et la mise en œuvre sur chantier, et sert également comme module à la conception, pour le calepinage du projet.

Comparé au parpaing, l'élément étalon pour la maçonnerie, le panneau bois est un composant à forte valeur ajoutée, de grande dimension, et permet une mise en œuvre rapide et précise, sans moyens de levage (importants).

Ces trois caractéristiques impliquent une parfaite maîtrise du processus de conception, fabrication et mise en œuvre, que seule une ingénierie spécialisée peut assurer convenablement.

Les marchés des structures légères en bois sont surtout la maison individuelle et les petits bâtiments, mais une démarche de marketing devrait permettre de détecter les créneaux privilégiés, et qui ne sont probablement pas le bas de gamme.

#### Quelle stratégie pour quelle technologie ?

A priori, aussi bien la stratégie de produit-bâtiment que le project management sont compatibles avec chacune des logiques technologiques inhérentes à l'un des trois procédés de construction.

En effet, que ce soient les grandes entreprises de béton armé avec leur gamme de produits sur catalogue, les constructeurs nationaux avec leurs «maisons de maçon», ou encore les pavillonneurs de MOB, la stratégie de produit existe pour l'ensemble de ces procédés. Mais les marchés potentiels pour cette démarche restent relativement limités, à part la maison individuelle, ... qui se trouve en régression depuis plusieurs années.

Dès le moment, par contre, qu'on part de la situation du marché spécifique à un contexte donné (régional, national ou international), et qu'une démarche marketing permet de cibler les créneaux potentiels, les choix stratégiques doivent être précisés.

Les grandes entreprises, constructeurs nationaux ou pavillonneurs – qui jouent le plus souvent le rôle moteur dans la stratégie de produits sont ainsi amenées à assouplir leur démarche en offrant un choix de produits beaucoup plus diversifié à leurs clients. L'abandon d'investissements lourds (nécessaires par exemple dans le cas des systèmes constructifs), le passage de procédés relativement contraignants à des procédés plus souples (le cas des MAISONS BRUNO PETIT qui passent des panneaux préfabriqués au parpaing), le remplacement de la gestion d'une main d'œuvre intégrée à l'entreprise à la sous-traitance sont autant de phénomènes qui se sont multipliés ces dernières années et qui témoignent de cette volonté d'adaptation à l'évolution des marchés du bâtiment.

Mais il ne s'agit là que de solutions partielles, souvent d'ordre technique, et qui maintiennent entre les acteurs le statut-quo. Même les tentatives de partenariat pratiquées par certaines entreprises les plus avancées sont plus un subterfuge aux méfaits de la sous-traitance, qu'une réelle modification des relations professionnelles.

Malgré une conjoncture économique générale qui est favorable à une évolution profonde des structures professionnelles, et qui exige le repositionnement des acteurs par rapport aux différents créneaux de marché du bâtiment, très peu de groupes professionnels semblent aujourd'hui être en mesure de développer de nouvelles stratégies autour d'une réarticulation des activités basée sur une maîtrise technique et économique du processus de conception/réalisation, et sur des choix technologiques appropriés.

La présente étude DU CHANTIER A L'ARCHITECTURE invite à une réflexion dans ce sens.

## LE PROCÉDÉ DU COULAGE DU BÉTON SUR CHANTIER



Les entreprises qui nous ont permis de constituer ce document et de mener à bien notre travail en nous donnant accès à des documents strictement internes font partie du peloton de tête du B T P français :

BOUYGUES

S.A.E.

DUMEZ

G.T.M.

S.G.E.

et quelques autres . . . . .

A leur demande, l'information que nous avons recueillie reste anonyme, pour des questions bien compréhensibles, et n'est pas communiquée telle quelle.

**CHAPITRE I**

---

**«POLITIQUE» MATÉRIEL  
ET  
«POLITIQUE» MAIN D'OEUVRE  
DANS L'ENTREPRISE**

## 1. – TYPE DE MATÉRIEL : QUELLE EST L'ÉCHELLE DU CHOIX : LE CHANTIER OU L'ENTREPRISE ?

A chaque opération, ou presque, l'entreprise de gros-œuvre Béton Armé rencontre le problème du choix de la technique et du matériel de mise en œuvre. Mais surtout, se trouve confrontée aux conséquences de ses choix précédents. En effet, ce choix est déjà pré-orienté en fonction de son matériel et de son savoir-faire (expérience, main d'œuvre, mais surtout gestion et organisation de chantier).

«Quels moyens et quelle organisation adopter en fonction du matériel existant pour réaliser le projet ?».

Bien sûr, l'échelle et la portée de ces contraintes sont ensuite très variables selon la taille de l'opération et, surtout, de l'entreprise (parc matériel, capacité d'investissement, possibilités de réemploi, ...) et de son activité.

Mais, au niveau d'une P.M.E. comme d'une grande entreprise, la question «Matériel de chantier» est une des questions fondamentales dans l'activité et le développement de la société. Directement associée à cette question, se trouve posée celle de la main d'œuvre.

## 2. – «POLITIQUE» MATÉRIEL ET «POLITIQUE» MAIN D'OEUVRE

Politique matériel et politique main d'œuvre devraient donc théoriquement aller de pair dans la conduite globale de l'entreprise. Or, dans les faits, il n'est pas de véritable politique main d'œuvre dans le contexte actuel alors que, contrairement, le secteur Bâtiment est un secteur à forte concentration d'effectifs. Pour minimiser ce poids de la main d'œuvre qui pèse lourdement sur les coûts d'entreprises et donc sur les coûts de construction, la «politique» main d'œuvre des entreprises est surtout centrée sur la «gestion» salariale proprement dite.

La question de fond reste bien ici l'attrait, le poids, le rôle et l'enjeu économique et social que représentera dans l'avenir le B.T.P. dans l'économie nationale. Question dont la réponse est aujourd'hui essentiellement dans le camp des acteurs : créer une nouvelle attractivité de la filière.

En ce qui concerne les entreprises, y aura-t-il dans l'avenir une véritable politique «main d'œuvre» dans les entreprises, comme il semble se dessiner la possibilité d'une politique «matériel» dans le prolongement et l'élargissement de l'attitude gestionnaire actuelle renforcée des grands groupes ? Quelles formes et quel poids prendra-t-elle ?

Leur taille et le processus de concentration des entreprises semblent être les éléments incitateurs de ces politiques.

En effet, la concentration des entreprises entraîne l'accroissement significatif du parc matériel et donc la nécessité d'une rigueur de gestion pour en minimiser les coûts. Une entreprise comme BOUYGUES par exemple (chiffre d'affaires Bâtiment : 13 milliards en 1985) possédait il y a quelques années un parc de 30 000 m<sup>2</sup> de coffrage soit un capital fixe que l'on peut estimer à 40 millions de francs environ auxquels il faudrait rajouter tout le reste du matériel lourd :

- une grue : 0,5 million de francs ;
- une centrale à béton : 0,15 millions de francs.

Il se pose donc rapidement la nécessité d'une unification du matériel afin d'en limiter les sous-emplois : polyvalence d'un chantier à l'autre, d'une filiale à l'autre, ... ainsi que les coûts et délais de montage, démontage, adaptation, rodage des équipes, entretien par exemple, en ce qui concerne le coffrage.

Pourquoi, dans ce sens, les entreprises elles-mêmes ne formulent-elles pas leur propre demande de matériel plus adapté à leurs pratiques auprès des fabricants, ... dont elles sont pourtant les seuls clients ?

### 3. — LE CHOIX : BANCHE OU TUNNEL ?

On peut schématiquement regrouper le matériel de coffrage en deux familles :

- o la banche, associée à des tables ou des coffrages-bois démontables (contreplaqué plus poutrelles) ou à des prédalles pour la réalisation des planchers dans une deuxième phase ;
- o le tunnel, qui permet de réaliser en même temps voiles et planchers.

Des deux, la banche reste le matériel dominant de l'activité en métropole. Le tunnel, mis au point dans les années 1960/1970, et qui permet d'atteindre les productivités les plus élevées, est maintenant beaucoup moins employé voire marginal.

Les avantages de la banche sont multiples : polyvalence, souplesse d'adaptation, tant à la structure porteuse qu'à l'organisation et aux aléas du chantier, temps de rodage faible des équipes, etc ... pour un investissement qui reste le moins cher et très fractionnable.

Le tunnel pour sa part amène des possibilités de performances élevées, tant au gros-œuvre qu'à l'enchaînement des corps d'Etat mais avec en contrepartie un investissement plus lourd - un temps de rodage plus long - une plus grande rigidité d'adaptation à la structure et à l'organisation où il laisse peu de place aux aléas et aux manques de préparation. Il est unanimement reconnu comme des plus adéquats, voire le plus performant pour les grandes opérations (à partir de 300 logements).

Dans ce mouvement d'unification du matériel que connaissent les grandes entreprises, le choix du coffrage semble être dicté par les caractéristiques propres à chacune.

Face à la complexité (diversité architecturale) des chantiers qui sont de plus de taille réduite (moyenne : 30 à 50 logements) et à l'incertitude de l'évolution de la construction, le choix d'unification du matériel se résume à deux attitudes :

- o adaptation souple et à faible coût aux chantiers et aux marges d'imprécision de l'étude.
- o ou au contraire viser un accroissement de productivité important où le fer de lance est une politique main d'œuvre combinée avec l'utilisation d'un matériel performant mais dont il faut pouvoir gérer les contraintes. Aucune entreprise ne s'est réellement orientée dans ce sens. Pourtant, les facteurs de complexité d'opération que nous avons énumérés ci-dessus ne peuvent expliquer à eux seuls cette attitude.

Bien sûr, il y a dans la réalité une plage de variantes plus importante entre ces deux attitudes. Ainsi, si la plupart des grandes entreprises a plutôt opté pour la première et même si elles utilisent toutes le même matériel (la banche), on ne peut pas pour autant les assimiler à la même forme.

#### 4. — L'ORGANISATION DE CHANTIER : VERS UN REFUGE DANS LA SOUS-TRAITANCE

Il est clair que la plaque tournante technique et surtout économique d'une opération se trouve au niveau de l'organisation et de la gestion de chantier.

C'est à ce niveau en effet que se joue grandement l'équilibre de l'opération, équilibre qui est fortement conditionné, non seulement par les grandes orientations propres à chaque entreprise, mais aussi par les détails particuliers à chaque affaire, c'est-à-dire au niveau de(s) l'entreprise(s) mais également des différents acteurs.

Lors de la négociation de l'affaire, l'entreprise s'engage essentiellement sur un prix et un délai : fruits d'un compromis le plus souvent étranger aux choix technologiques les plus favorables au chantier. Pour cela, le commercial dispose d'une fourchette de prix et de délais grandement déterminée par l'expérience accumulée sur les affaires précédentes. Une fois le marché enlevé, l'étude détaillée de l'organisation et des moyens nécessaires pour réaliser le chantier en fonction des prix et des délais est engagée en général par un service méthode plus ou moins lié en amont avec le commercial et en aval avec les conducteurs de travaux, chefs de chantiers, ...

Lors de ces deux premières étapes, se pose alors le problème de la précision et de la validité de l'information utilisée par rapport à la réalité exacte des chantiers, et surtout de la possibilité de transposition et de projection d'un chantier sur l'autre. L'appréciation du contexte particulier et des problèmes exacts de chantier est souvent plus ou moins biaisée selon le cloisonnement : commercial - étude - chantier, au sein de l'entreprise. De plus, elle est souvent rendue délicate par le manque de précision et d'information technique contenues dans le dossier du maître d'ouvrage et de(s) maître(s) d'œuvre.

Dans le déboursé sec du poste béton, le coût main d'œuvre directe représente au moins 60 % voire plus et le coût matériaux 40 %. Le chantier est donc avant tout une affaire d'organisation et de gestion du temps de travail.

Car si les coûts matériaux peuvent être cernés précisément, les temps de travail eux-mêmes sont souvent très délicats à apprécier et tout glissement de productivité a des répercussions économiques importantes. Par ailleurs, la multitude des tâches élémentaires et leurs interdépendance avec les délais rendent très complexe l'évaluation des coûts réels prévisionnels du chantier. Le degré de complexité technique de la structure porteuse et/ou le manque de qualité du dossier maître d'ouvrage, maître(s) d'œuvre viennent amplifier ces difficultés.

Ainsi, faute de pouvoir maîtriser précisément la formation de tous ses coûts, l'entreprise se déleste des contraintes et des différents paramètres par la sous-traitance qui, si elle ne lui garantit pas le coût le plus bas, lui assure au moins la certitude d'un prix et d'un délai final précis et une possibilité de recours. La gestion du temps de travail s'allège ainsi au moyen d'une gestion, bien plus simple et surtout plus claire de contrats de sous-traitance. Les efforts ainsi libérés s'investissent essentiellement dans la gestion de la rotation de l'outil coffrage permettant de mieux coller aux difficultés rencontrées et de compenser les imprécisions ou erreurs de l'étude prévisionnelle.

La partie gros œuvre béton organisée autour de la rotation journalière adaptée au mieux au rapport délai/prix dicte la logique et le rythme aux autres intervenants. Tout ce qui peut perturber son fonctionnement et sa régularité optimum est généralement sous-traité (préfa, maçonneries, ferrailage en place, ...). Mais la séquence « coulage » tend alors à devenir une logique en soi dissociée des autres séquences. Et, même si concrètement cette attitude permet de mieux connaître et établir l'évaluation précise du coût de construction, poste par poste, on peut se demander si ce morcellement des efforts au détriment d'une approche globale du temps de travail sur l'ensemble du chantier est réellement un éléments dynamisant pour une maîtrise et une réduction des coûts de construction, vu l'inter-dépendance dominante des différentes séquences.

CHAPITRE II

DÉCOMPOSITION DU PRIX DE VENTE HORS TAXE  
DE LA CONSTRUCTION  
EN COUTS

## 1. — ORIENTATION DU TRAVAIL

### CHOIX DE LA STRUCTURE DE DÉCOMPOSITION DU PRIX DE LA CONSTRUCTION

Dans les chantiers enquêtés, l'entreprise de gros-œuvre intervient à chaque fois en tant qu'entreprise générale, ce qui a facilité la compréhension des phénomènes (centralisation des informations, des pôles de décision, ...). Cela a également guidé le mode de décomposition du prix de vente qui est abordé à travers la gestion globale du chantier assurée par l'entreprise générale. Cette approche permet de respecter de façon cohérente la richesse et la complexité de la formation des prix.

Nous avons structuré notre approche du prix de la construction autour d'une décomposition de ce prix portant sur trois points qui sont :

- 1) Les frais de chantier
- 2) Les déboursés secs
- 3) Les frais de structure d'entreprise et la marge dégagée sur le chantier par les entreprises

### MODES DE CALCUL DES DIFFÉRENTS PARAMETRES

Si le principe de la décomposition des prix est le même, quelle que soit l'entreprise, il y a par contre de nettes différences entre elles dans les modes de calculs de gestion, l'imputation des frais et coûts «indirects», etc.

Les différences essentielles que nous avons constatées résident surtout dans l'imputation des frais (et produits) financiers et des prestations internes (études, commercial, redevances aux différents services, etc) qui sont le plus souvent répartis entre les frais de chantier et les frais généraux.

Il existe également des nuances dans l'affectation des frais de matériels parmi lesquels certaines entreprises distinguent les «consommables» (coffrage, sécurité et accessoires, ...) et les comptabilisent dans le déboursé sec avec les matériaux et la main d'œuvre (auxquels ils sont étroitement liés).

Enfin, certains écarts, notamment dans les prix unitaires du matériel ou de la main d'œuvre révèlent des différences dans leur mode de calcul, notamment de la nature et de la valeur des coefficients qui leur sont affectés (usure, entretien ; charges d'entreprise et charges sociales ; qualification moyenne, heures supplémentaires, ...).

### LES ÉTAPES SUCCESSIVES DE L'APPROCHE

Le point de départ de l'étude du rapport technologie/coût passe par l'analyse de la marge qui en résulte et de sa formation. Prise en tant que résultat, elle est un «indicateur» économique des performances globales d'un processus de production complexe.

A partir de là, observée en tant que finalité de l'activité de l'entreprise, elle conduit à s'interroger de façon précise sur cette activité elle-même : la nature et les formes de la réalisation de cette marge à travers les différents stades du processus.

Le chantier, support de la réalisation de la marge, s'inscrit dans ce cadre beaucoup plus large qui prédétermine déjà le caractère de certains facteurs et leur importance. L'étude de la marge conduit à aborder la question des moyens matériels de production par lesquels elle est créée, et qui se pose bien au-delà du chantier lui-même puisque la marge est le but pour lequel l'entreprise définit ses objectifs et ses moyens, élabore sa stratégie, oriente sa gestion et opère ses choix.

Ensuite, à un niveau plus large, complémentirement à la question des moyens matériels de production, ces aspects concernent également l'évolution de l'ensemble de la filière.

Ils interpellent les autres acteurs sur la façon dont ils doivent se situer sans la nier dans cette évolution des orientations de l'entreprise pour réaliser sa marge.

## 2. — LA DÉCOMPOSITION DU PRIX DE VENTE DE LA CONSTRUCTION

Les résultats du tableau 1 permettent de faire une série de constats que l'on peut penser généraux dans la mesure où les chantiers enquêtés couvrent une gamme variée de situations et de contextes.

Même si en eux-mêmes ces constats ne sont pas forcément une découverte, le travail d'enquête préalable que nous avons mené apporte l'avantage de pouvoir les quantifier et les hiérarchiser donc une compréhension et une explication plus fines de leurs causes et de leurs conséquences. Ils constituent la base de notre analyse.

Il est également possible de les mettre directement en rapport avec les objets architecturaux réalisés et leur contexte. Ceci permet de voir plus finement le lien qui peut exister entre coûts et formes architecturales, choix techniques, ...

- 1) Ce qui ressort de ce tableau c'est tout d'abord le caractère assez constant ( en valeur relative ) des différents paramètres d'un chantier à l'autre, même si il existe çà et là des écarts dont les causes essentielles sont expliquées au fur et à mesure de notre étude.
- 2) Il faut remarquer ensuite le morcellement des coûts d'une construction qui n'est finalement que l'addition de coûts moyennement importants sans qu'il se dégage de poste essentiel dominant.

Remarque :

**LE DÉBOURSÉ SEC DU GROS OEUVRE REPRÉSENTE ENVIRON UN TIERS DU PRIX DE VENTE H.T. (30 % à 37 %) ET LE DÉBOURSÉ SEC DU SECOND OEUVRE 37 % à 46 % MAXIMUM ENVIRON.**

Les FRAIS DE CHANTIER se situent aux alentours de 13 % du prix de vente H.T. de la construction.

Ce sont eux qui enregistrent les variations les plus importantes. Les raisons essentielles de ces variations sont la nature et la localisation du terrain ( exigüité, environnement urbain, ... ). Le site peut donc avoir un impact sensible sur le prix de la construction. A cela s'ajoute l'influence de la taille de l'opération, les petits chantiers demandant un minimum de frais ( matériel, encadrement ) qui devient proportionnellement plus important, voire problématique.

Dans les coûts de l'entreprise générale, le second œuvre est donc le poste le plus important des trois, mais il est également celui qui a la moins forte cohérence puisqu'il est en fait fortement morcelé.

Il convient cependant de relativiser ce terme de déboursé sec second œuvre ( qui correspond en fait à celui de l'entreprise générale et pas à un déboursé sec réel des différents corps d'état de second œuvre ) : il s'agit des prix de vente des marchés de sous-traitance dont nous ne donnons pas ici la décomposition, faute d'informations complémentaires précises. Ces prix sont ensuite légèrement majorés pour déterminer le prix de vente client afin de tenir compte des frais de chantier que l'entreprise générale a engagé pour le sous-traitant ( locaux, moyens de levage, études éventuellement ).

Le déboursé sec réel du second œuvre est donc inférieur au déboursé sec pour l'entreprise générale que nous donnons ici.

Au total, LE PRIX DE REVIENT DU CHANTIER se situe donc aux alentours de 85 % à 90 % du prix de vente, ce qui amène à soulever le problème de la marge des entreprises, LES FRAIS GÉNÉRAUX, etc, s'élevant bien souvent en effet pour leur part à environ 14 %. On peut donc se demander quelle est la marge réelle des entreprises et parallèlement quelles sont les explications de ce phénomène.



- 3) Les variations ( en valeur réelle ) constatées entre les prix de vente de la construction des opérations enquêtées amènent à faire un troisième constat ( très net sur des chantiers comparables ) : les variations du prix de la construction sont directement liées, d'une part à celle des frais de chantier, et, d'autre part à celle du déboursé sec de gros œuvre; le déboursé sec de second œuvre apparaissant assez fluctuant, bien que ponctuellement il vienne accentuer ces variations.

Ceci souligne tout d'abord l'importance de l'entreprise de gros œuvre dans la maîtrise du prix de la construction. Ensuite, du gros œuvre lui même qui apparaît comme le facteur-clé qui conditionne fortement le prix de la construction, ceci renforçant son rôle déjà essentiel, à la fois par son poids et son homogénéité économiques, et par son potentiel technologique qui en fait la technique dominante de chantier créant et dictant les conditions et le rythme de travail au reste du chantier.

Les fluctuations du second œuvre s'expliquent par la plus grande « souplesse » de ce poste pour réajuster le prix. Il est en effet plus facile de jouer sur la qualité des matériaux de second œuvre et sur les prestations que sur le gros œuvre qui demande, lui, de reprendre plus fortement le projet avec ce que cela entraîne comme répercussions économiques et sur les délais. La structure du bâtiment est ce qui est figé le plus rapidement dans l'élaboration du projet et n'est remise en cause qu'en dernier recours.

Les frais de structure et marge, pour leur part, renforcent ces variations mais, apparaissent surtout comme comprimées sur les chantiers les moins chers ( correspondant à priori à des « pertes » au niveau des entreprises ) et plus près d'un minimum acceptable lorsque les prix s'élèvent.

- 4) Le quatrième constat que l'on peut faire porte sur la faible part de la production directe propre à l'entreprise de gros œuvre et donc parallèlement le poids important de la sous-traitance. L'entreprise de gros œuvre ne réalise en effet que environ 1/3 du prix de vente H.T. avec la partie de déboursé sec de gros œuvre, voire moins, à laquelle il faut rajouter environ 13 % de frais de chantier, soit ensemble moins de la moitié du prix de vente H.T. total.

La part de la sous-traitance atteint donc celle de l'entreprise générale quand elle ne la dépasse pas. Ce poids de la sous-traitance s'accroît encore dans la mesure où bien souvent une partie des tâches de gros œuvre ( par exemple le ferrailage ) ou des frais de chantier ( transport, montage, entretien, ... ) sont également sous-traités.

On peut s'interroger sur l'incidence de cette sous-traitance sur le coût de construction qui, si elle permet certes d'arriver peut-être plus facilement à une certitude du respect des coûts, n'est peut-être pas un facteur favorisant une réelle possibilité de baisse des coûts en soi, au niveau du processus de construction lui même.

Par ailleurs, à quel niveau doit alors être calculée la marge de l'entreprise: au niveau de sa production propre ou de la gestion générale ( organisationnelle et aussi financière ) du chantier dont elle a la charge ?

L'entreprise générale joue donc un double rôle, à la fois en tant qu'acteur économique direct ( production du gros œuvre ) et indirect ( « prestataire de services - intermédiaire » ) dont les logiques ne sont pas forcément parallèles. De là à conclure que le second tend à prendre le pas sur le premier comme l'envisagent certains spécialistes, rien n'est moins sûr pour l'instant.

Ces quatre constats amènent alors à s'interroger :

- d'une part sur la marge réelle de l'entreprise : les marges de chantiers semblent réduites ... voire parfois inexistantes. Ceci soulève donc le problème des comportements et « stratégies » des entreprises et parallèlement de leur fonctionnement interne par rapport à leurs politiques ;

— d'autre part sur les moyens et les possibilités d'arriver à une maîtrise et une baisse sensible des coûts de construction.

TABLEAU No 1 RECAPITULATIF DE LA DÉCOMPOSITION  
DES PRIX DE VENTE H.T. DE LA CONSTRUCTION

	N° 1 Paris Balard St-Charles	N° 2 Puteaux	N° 3 Courbevoie	N° 4 Port Marly	N° 5 Pantin	N° 6 Paris Marcadet
	175 logements + Parking sous- sol + Commerces	74 logements + Parking sous- sol (2è phase partielle : 129 logem. sur 359 logem.)	69 logements + Parking (1ère Phase d'une opéra- tion de 190 logements)	165 logements + Parking sous-sol	142 logements + Parking sous-sol	22 studios
<b>FRAIS DE CHANTIER</b>	<u>14,7 %</u>	<u>13,9 %</u>	<u>16 %</u>	<u>12,9 %</u>		<u>23,9 %</u>
<b>DÉBOURSE SEC</b>						
o GROS-OEUVRE						
Product. (main d'œuvre propre (matériaux	17,6 % <u>15,3 %</u>	15,4 % <u>13,3 %</u>	14,4 % <u>12,5 %</u>	15,1 % <u>12,6 %</u>		12,9 % <u>7,5 %</u>
TOTAL	<u>32,9 %</u>	<u>28,7 %</u>	<u>26,9 %</u>	<u>27,7 %</u>		<u>20,4 %</u>
Sous-traitance gros œuvre	4,4 %	1,4 %	4,9 %	7,5 %		2,7 %
<b>TOTAL DÉBOURSE SEC GROS-OEUVRE</b>	<u>37,3 %</u>	<u>30,1 %</u>	<u>31,8 %</u>	<u>35,2 %</u>		<u>23,1 %</u>
o SECOND OEUVRE						
Total Débourse sec SECOND-OEUVRE	<u>37,1 %</u>	<u>45,1 %</u>	<u>37,3 %</u>	<u>45,7 %</u>	<u>39,3 %</u>	<u>38,7 %</u>
<b>TOTAL DÉBOURSE SEC GROS OEUVRE + SECOND OEUVRE</b>	<u>74,4 %</u>	<u>75,2 %</u>	<u>69,1 %</u>	<u>80,9 %</u>		<u>61,8 %</u>
<b>PRIX DE REVIENT DU CHANTIER</b>	<u>89,1 %</u>	<u>89,1 %</u>	<u>85,1 %</u>	<u>93,8 %</u>		<u>85,7 %</u>
<b>FRAIS DE STRUCTURE</b>						
o Frais généraux	13 %	6,55%	10,36%	n.c.		10,0 %
o Frais d'études	<u>1,1 %</u>	<u>4,35%</u>	<u>3,8 %</u>	<u>n.c.</u>		<u>n.c.</u>
<b>TOTAL FRAIS DE STRUCTURE</b>	<u>14,1 % *</u>	<u>10,9 %</u>	<u>14,16%</u>	<u>6,2 %</u>		<u>14,3 % *</u>
<b>MARGE DU CHANTIER</b>	- 3,2 % *	0 %	0,74 %	n.c. **		n.c. **
<b>PRIX DE VENTE H.T. DE LA CONSTRUCTION</b>	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Prix de vente H.T./m2 sh Date de valeur	4 054 F/m2 nov. 1984	3 488 F/m2 mai 1984 (1)	4 944 F/m2 avril 1985 (2)	3 269 F/m2 octobre 1984	3 328 F/m2 octobre 1984	6 215 F/m2 août 1984

\* Hors marge induite par les produits financiers

\*\* non communiquée donc comprise avec les frais de structure

(1) Estimation sur la base de 74/129ème

(2) P.V. H.T./m2 de l'opération totale (prévision) 3 860 F/m2 valeur : Décembre 1984.

CHAPITRE III

LA MARGE DE L'ENTREPRISE GÉNÉRALE

## 1. — MARGE(S) DE L'ENTREPRISE

Le problème de la marge de l'entreprise peut paraître éloigné de ceux des coûts de construction proprement dits et notamment de la productivité de la main d'œuvre et du bon rendement global du chantier et encore plus des problèmes des concepteurs et de leurs pratiques professionnelles.

Il est cependant nécessaire de s'interroger sur celle-ci dans la mesure où, tout d'abord, elle est la finalité même de l'activité de l'entreprise.

Soulever le problème de la marge et de la possibilité pour l'entreprise de l'améliorer dans le contexte actuel, c'est en fait poser la question du coût réel par rapport aux coûts apparents des différents paramètres eux-mêmes (matériel, main d'œuvre, sous-traitance, ...). C'est aussi s'interroger sur la façon dont les entreprises sont amenées à composer avec ces paramètres pour rentabiliser au mieux leurs activités, et sur les incidences que cela peut avoir sur l'ensemble de la filière. Le dénominateur commun des rapports avec l'entreprise est finalement la marge elle-même.

Enfin, la marge des entreprises, même s'il ne s'agit que de la marge chantier affichée, est bien souvent un bon baromètre pour refléter en partie l'adéquation entre conception architecturale et contexte technico-économique d'une opération, à condition bien sûr de la mettre en parallèle avec le prix de vente ... et le dynamisme du commercial.

\* \* \*

Nous avons constaté sur les chantiers enquêtés que le prix de revient chantier se situe aux alentours du 90 % du prix de vente H.T. de la construction, ses variations étant portées par l'addition de celles des frais de chantier et des déboursés secs.

Il représente donc une part très importante du prix de vente ce qui amène à s'interroger sur la marge réelle et les frais de structure des entreprises (frais généraux, frais d'étude, frais financiers,...) :

- \* Les frais d'étude semblent en apparence assez variables, mais le sont certainement moins dans la réalité, tout dépendant de la manière dont ils sont comptabilisés dans l'entreprise. Il s'agit d'ailleurs d'un poste plus difficilement mesurable que des quantités de matériel, de matériaux ou d'heures de travail.

Ils seraient de l'ordre de 1,1 % du prix de vente H.T. au minimum et jusqu'à 4 %.

- \* Les frais généraux (agence, siège, etc.) pour leur part représentent au moins 10 % des prix de vente H.T.
- \* Il reste donc des marges chantier apparentes très faibles, voire nulles ! ... et même parfois négatives (chantier n° 1 et chantier n° 4 certainement).

Mais, quoiqu'il en soit, il est évident qu'une partie de la marge de l'entreprise est aussi absorbée par les frais généraux, et à partir de là difficile à rechercher, en tout cas au niveau de notre étude.

Il convient donc pour nous, dans la mesure du possible, de distinguer entre marge chantier et marge d'entreprise, c'est-à-dire entre ce qui relève de la gestion et de l'organisation d'un chantier d'une part, de celle d'une entreprise proprement dite (gestion matériel, personnel, financière...) d'autre part.

La première relève plus d'une logique technique, la seconde d'une logique financière, voire éventuellement économique ; ces deux dernières pouvant aller parfois à l'encontre d'une logique technique spécifique, propre à un chantier.

De cette double logique (logique technique / logique financière) et de leurs interactions, dépend en partie la marge totale de l'entreprise.

## 2. — L'AMÉLIORATION DES MARGES AU NIVEAU DE LA GESTION D'ENTREPRISE

En matière de comptabilité d'entreprise, en plus des frais généraux, trois autres postes importants peuvent permettre d'améliorer la marge affichée sur le chantier :

- \* Le matériel :

Location interne alignée légèrement en-dessous des prix les plus bas du marché de location, facturation d'un matériel déjà amorti, etc ... et d'une façon plus générale : tous les services internes.

- \* La main d'œuvre :

Le prix horaire brut de la main d'œuvre est majoré de nombreux coefficients (charges patronales, congés payés, absentéisme, intempéries, certaines assurances, ainsi que des quotas d'heures supplémentaires ...). Mais sont-ils toujours ajustés à la réalité du chantier ?

Par ailleurs, le prix horaire de la main d'œuvre consommée sur le chantier est un prix moyen fixé par l'entreprise dès le départ ; le chantier, lui, devant gérer l'enveloppe du prix main d'œuvre qui lui est allouée. Les contraintes sont donc fixées au niveau de l'entreprise en fonction de sa gestion globale.

- \* La gestion de trésorerie :

et notamment les produits financiers obtenus en plaçant sur le marché financier (banques) les versements clients à utilisation différée (avances de démarrage, marchés sous-traitants, etc ...).

Bien sûr, les gains par ces différents postes sont eux-mêmes limités dans la mesure où ils atteignent vite une valeur maximum : taux d'usure du matériel trop important, marge sur revente fonction de l'offre et de la demande ... et du commercial, marge possible sur main d'œuvre faible en pourcentage (mais cependant sur une grande quantité), fruits financiers fonction du taux du marché, ...

Il n'en reste pas moins vrai que vue la valeur souvent très basse des marges chantier, ils peuvent certainement facilement contribuer à doubler ou tripler celle-ci (Sur un chantier, par exemple, les fruits financiers atteignent plus de 4 % du prix de vente H.T.).

## 3. — L'AMÉLIORATION DES MARGES AU NIVEAU DU CHANTIER LUI-MEME

Il y a tout d'abord toutes les opportunités qui permettent de dépenser moins que prévu à l'étude, notamment au niveau du coût d'installation. Par exemple, le prix de location matériel (barques, coffrages, etc) comprend une partie de démontage, transport, remise en état ... Or, si ce matériel est revendu ou recédé directement par le chantier à un autre qui en assurera le démontage, ... le prix réel devient automatiquement inférieur au prix prévu.

De même, à l'étude de préparation du chantier, les bons choix matériels, organisation, sous-traitants et les possibilités de négociations pour peser sur les prix, peuvent permettre de dégager un excédent économique, souvent bien utile pour compenser les aléas et «impasses» faites sur les chantiers.

Les gains les plus significatifs sont dus à la bonne organisation du chantier qui se traduit alors par des gains importants d'heures de travail .

S'il est assez facile d'arriver à quantifier et planifier des quantités de matériaux, voire de matériel, il est par contre beaucoup plus délicat d'apprécier la productivité réelle qu'aura le chantier et d'en maîtriser tous les paramètres.

La productivité main d'œuvre est donc le poste-clé et le plus important qui peut faire basculer la marge d'un chantier. De plus, tout gain sur la main d'œuvre est en fait de la marge brute pour l'entreprise.

#### 4. — QUI PORTE LA MARGE DE L'ENTREPRISE ?

Pour répondre à cette question, il est nécessaire d'aborder le problème sous deux angles complémentaires :

- \* Quelle est la part propre à l'entreprise dans le prix de l'opération ?
- \* Comment se fait le passage du coût de déboursé sec au prix de vente, et notamment au niveau des travaux sous-traités.

Sur les chantiers enquêtés, la part entreprise générale représente moins de 30 % du prix de vente H.T. pour ce qui est du déboursé sec auquel il faut rajouter environ 13 % de coût de frais de chantier, soit un total d'environ 43 % du prix de vente. La part frais de structure + marge ne représente alors plus 10 % du prix de l'opération, mais 20 à 25 % de la part activité de l'entreprise, ce qui est nettement différent, même si l'on déduit une rémunération du type « pilotage de chantier » et « coût supplémentaire d'assurance ». La proportion de la marge de l'entreprise est elle-même automatiquement au moins doublée.

Le passage du déboursé sec au prix de vente client donne les coefficients suivants sur le chantier n° 4 (ces chiffres reflétant une pratique apparemment courante) :

TABLEAU N° 2

	GROS OEUVRE ENTREPRISE	Ss.T GROS OEUVRE	Ss. T SECOND OEUVRE	ENSEMBLE Ss. T	ENSEMBLE G.O. + S.O.
Coeffic. multipl. du D.S.	x 1,62	x 1,070	x 1,040	x 1,044	x 1,24

Cette majoration des prix du marché de sous-traitance laisse penser que l'entreprise générale prélève une « marge ».

Peut-on en déduire qu'il y a une double exploitation du sous-traitant par l'entreprise générale ... ou un double avantage à sous-traiter si l'on est entreprise générale ?

Ce double caractère de la sous-traitance serait :

- 1.) L'entreprise générale absorbe en fait une partie de la valeur ajoutée créée par le sous-traitant, essentiellement par deux moyens : en prélevant une marge et en répercutant une partie de ses frais sur le sous-traitant (ou en lui faisant payer plus cher que son coût le service rendu, ce qui est finalement un rapport « normal » dans une économie de marché bien que l'entreprise générale dispose en fait plus d'une rente de circonstance puisque de toutes façons le sous-traitant ne peut pas amener ses propres moyens matériels de chantier.
- 2.) Elle réalise en même temps des fruits financiers sur le montant du marché du sous-traitant c'est-à-dire en fait s'approprie les fruits de sa propre gestion de trésorerie.

S'agit-il d'une tendance générale, commune aux grandes entreprises ? Il est délicat de généraliser à partir de tendances ponctuelles mesurées sur quelques chantiers. Mais ce double caractère économique de la sous-traitance reste une tendance possible, une tentation, voire une nécessité envisageable, parfois utilisée, à défaut d'être une réalité courante sur les chantiers comme s'en défendent les grandes entreprises.

CHAPITRE IV

LES FRAIS DE CHANTIER



## 1. — CONSTAT SUR LES TENDANCES GÉNÉRALES

Le TABLEAU 1 de la décomposition du prix de vente H.T. de la construction a permis d'observer une certaine stabilité (en valeur relative) des différents paramètres d'un cas à l'autre révélant l'existence d'un point d'équilibre dans la structure du prix dont l'élasticité de déformation apparaît assez réduite.

Sur quoi cet équilibre repose-t-il en ce qui concerne les frais du chantier et quels sont les facteurs qui ont tendance à accroître les frais de chantier et à «perturber» cet équilibre ?

Le TABLEAU 3 de décomposition des frais de chantier permet de constater plusieurs choses importantes :

- \* tout d'abord, les frais d'installation et de repli apparaissent comme mineurs ;
- \* par contre, la prédominance des frais d'exploitation apparaît très clairement et parmi eux trois postes se dégagent : les frais de matériel, ainsi que les frais de main d'œuvre indirecte (les deux étant étroitement liés) et enfin les frais d'encadrement ;
- \* ensuite, les variations des frais de chantier (en valeur réelle) sont dues à celles des frais d'exploitation et essentiellement des frais de la main d'œuvre indirecte, des frais d'encadrement : quelle que soit la taille et la complexité du chantier, les mêmes moyens humains sont pratiquement nécessaires et sont difficilement (physiquement) fractionnables.

Nous avons constaté sur tous les chantiers que :

- o Le poste matériel est le poste largement dominant des frais de chantier et cela avec une grande régularité d'un cas à l'autre : 40,5 à 51,0 % des frais de chantier et environ 6 % du prix de vente H.T., l'écart du chantier n° 1 s'expliquant certainement pour les raisons données au précédent chapitre (rapport gros œuvre/second œuvre) ;
- o Les frais de main d'œuvre indirecte sont déjà beaucoup plus fluctuants : 11,5 % à 17,8 % des frais de chantier et 1,6 % à 2,5 % du prix de vente H.T. Mais cette variation doit être mise en rapport, d'une part avec le matériel lourd qu'elle fait fonctionner (centrale, grue ...) et qui varie d'un chantier à l'autre, et d'autre part avec les variations du personnel affecté à la sécurité : sur certains chantiers, l'effort de la main d'œuvre directe à la sécurité qui n'est pas assuré par la main d'œuvre indirecte type «mousse sécurité» (nom de l'ouvrier - le plus souvent un manœuvre - affecté aux travaux de sécurité : pose des garde-corps de chantier, etc ...) minimise sans doute la valeur que prend la main d'œuvre indirecte ;
- o Les frais d'encadrement (conducteur de travaux, chef de chantier, ...) quant à eux sont extrêmement élastiques, mais malgré les écarts en valeur relative, leurs valeurs réelles ne sont pas toujours si éloignées.

Ces sauts s'expliquent par le fait que le même encadrement est nécessaire, quelle que soit la variation de la taille du chantier (jusqu'à une certaine importance ou complexité bien sûr) et donc des frais plus élevés si on se trouve en-dessous du seuil de saturation de l'encadrement, déterminé par la taille et/ou la complexité du chantier et qui constitue la référence de calcul optimum pour la rentabilité de ce poste.

- o Les frais de fonctionnement, pour leur part, sont les moins importants et se situent entre 5 et 13 % des frais de chantier et 0,7 % à 1,8 % du prix de vente ; ce dernier chiffre étant gonflé de 0,7 % par des frais de transport, ce qui le ramènerait à une valeur plus proche de 1 %.

Ces frais de fonctionnement couvrent en fait une série de dépenses annexes nécessaires au fonctionnement général (administratif et technique) du chantier, mais qui sont souvent comptabilisées différemment, parfois avec peu de détails communs et sur la base de prorata ; ceci ne facilite donc pas une identification précise et commune à chaque chantier.

TABLEAU N° 3 RÉCAPITULATIF DE LA DÉCOMPOSITION  
DES FRAIS DE CHANTIER EN % DU PRIX DE VENTE H.T.

	N° 1 Saint-Charles	N° 2 Puteaux	N° 3 Courbevoie	N° 4 Port Marly	N° 6 Marcadet
	175 logements	74 logements	69 logements	165 logements	22 studios
	+ parking sous-sol + commerces	+ parking sous-sol (2è partie 2è ph., 129 log. d'une opéra. de 350 log.)	+ parking sous-sol (1è phase d'une opéra. de 190 log.)	+ parking sous-sol	

TOTAL FRAIS D'INS- TALLATION ET REPLI	2,3% PV HT	0,7% PV HT	1,4% PV HT	1,7% PV HT	4 % PV HT
--	------------	------------	------------	------------	-----------

Frais d'exploitation					
o Matériel	7,5 %	6,4 %	6,5 %	5,6 %	5,4 %
o Main d'œuvre indirecte	2,1 % 4,2%	1,6 % 5 %	2,5 % 6,6%	2,3 % 4,6%	3,6 % 8,1%
o Encadrement	2,1 %	3,4 %	4,1 %	2,3 %	4,5 %
o Fonctionnement	0,7 %	1,8 %	1,5 %	1,0 %	6,4 % (1)
TOTAL FRAIS D'EXPLOITATION	12,4 % PV HT	13,2 % PV HT	14,6 % PV HT	11,2 % PV HT	19,9 % PV HT

TOTAL FRAIS DE CHANTIER	14,7 % PV HT	13,9 % PV HT	16,0 % PV HT	12,9 % PV HT	23,9 % PV HT
----------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

(1) Il s'agit ici de prorata dont la décomposition ne nous a pas été communiquée et qui comprend une partie de matériel et de main d'œuvre indirecte. Il est donc largement surévalué.

#### LA PART DE LA MAIN D'OEUVRE INDIRECTE

Aux heures de main d'œuvre indirecte nécessaires à l'exploitation et qui ont un poids sensible au niveau du prix de la construction (1,6 % à 2,5 %), il faut rajouter les heures de main d'œuvre indirecte nécessaires à l'installation et au repli et qui, sur le chantier n° 4, représentent 0,5 % du prix de vente H.T.

L'affectation de ces heures sur le chantier n° 4 permet de voir là où sont les plus fortes consommations. Bien qu'il n'ait pas été possible de les chiffrer sur les autres chantiers, les informations ponctuelles dont nous disposons et les recoupements que l'on peut faire confirment ces constats.

Parmi ces heures de main d'œuvre indirecte, la part la plus importante (40 à 75 %) est absorbée par la grue. Le coût de ces heures représente à lui seul environ 1 % du prix de vente H.T. et 8 % des frais de chantier.

## 2. — LES FRAIS DE MATÉRIEL

La décomposition des frais de matériel donne avec plus de détails la part des principaux matériels de chantier nécessaires à l'exploitation :

- o Le matériel de coffrage,
  - o le matériel de sécurité
- avec environ 2 à 3 % du prix de vente H.T.,
- o et les moyens de levage (grue + voie) avec 1 à 1,7 % du prix de vente H.T.,
- soit au total environ 4 % du prix de vente H.T.

Si l'on compare ces 4 % avec les marges chantiers affichées, on comprend l'importance que peut apporter une bonne gestion « matériel » et des gains potentiels en découlant. Il faut également observer que le petit matériel et similaires est loin d'être négligeable. Il est estimé sur la base du prorata, pour la plupart, pour simplifier la gestion de l'entreprise.

Il est intéressant de remarquer le caractère assez constant du matériel de levage, mais très variable des matériels de coffrage, selon les procédés et/ou l'architecture, et du matériel de sécurité.

TABLEAU N° 4 RÉCAPITULATIF DE LA DÉCOMPOSITION  
DES FRAIS DE MATÉRIEL  
(en % du prix de vente H.T.)

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
	175 logements + parking sous-sol + commerces	74 logements + parking sous-sol (2è partie 2è ph., 129 log. d'une opération de 350 log.)	69 logements + parking sous-sol (1è phase d'une opération de 190 log.)	165 logements + parking sous-sol

(1)

	Banche + cof- frage bois	Banche + pré- dalle préfa.	Banche + pré- dalle foraine	Tunnel
o Grue	1,0 %	1,7 %	1,5 %	1,4 %
o Centrale à béton	—	—	1,0 %	0,6 %
o Bennes à béton	0,1 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %
o Ateliers préfa. foraine	< 0,0 %	—	0,1 % compris banc prédalle	0,0 % compris banc prédalle
<b>COFFRAGE :</b>				
o Voiles	0,7 %	1,1 %	1,1 %	0,2 %
o Planchers	0,5 %	0,9 % (accessoires pose préd.)	0,5 % (accessoires pose préd.)	—
o Tunnel	—	—	—	1,3 %
o Accessoires coffrages	compris	compris	compris	0,6 %
<b>TOTAL COFFRAGES</b>	<b>1,2 %</b>	<b>2,0 %</b>	<b>1,6 %</b>	<b>2,1 %</b>
o Sécurité	0,7 %	0,9 %	1,0 %	0,4 %
o Petit matériel et outillage	0,4 %	0,4 %	0,9 %	0,6 %
o Baraques de chantier	0,3 %	0,6 %	—	0,3 %
o Autres	3,9 %	0,6 %	0,3 %	0,3 %
o Entretien	0,0 %	0,2 %	0,1 %	0,2 %
<b>TOTAL</b>	<b>7,6 % P.V H.T</b>	<b>6,4 % P.V H.T</b>	<b>6,5 % P.V H.T</b>	<b>5,6 % P.V H.T</b>

(1) Solution abandonnée ensuite.

### 3. — LA DECOMPOSITION DES FRAIS «MATÉRIEL DE COFFRAGE» ET «MATÉRIEL DE SÉCURITÉ» ET «MATÉRIEL DE LEVAGE»

Il est nécessaire de traiter en parallèle le coffrage et la sécurité dans la mesure où ils sont pratiquement indissociables au niveau du chantier :

- o d'une part, parce que le matériel de sécurité est avant tout utilisé (dans sa quasi-totalité) pour le coffrage-coulage de la structure et fait donc partie des coûts induits par le processus de production et la technique utilisée ;
- o et d'autre part, parce que le matériel de coffrage intègre lui-même une partie du matériel de sécurité.

#### LA SÉCURITÉ DU CHANTIER

Son coût est influencé par les techniques de coulage (banches, tunnel...) et également les modes d'exécution des façades (banché, parpaings ...) ainsi que par la «politique» sécurité adoptée par les entreprises sur les chantiers ; celles-ci semblent privilégier la recherche d'une sécurité importante et simplifiée (ceinturage le plus complet possible du bâtiment, etc).

Il faut cependant bien observer la part finalement minime de la sécurité elle-même dans les frais de matériel, même s'il est vrai que souvent elle est partiellement intégrée aux outils eux-mêmes (banches, tunnels, grues, etc). Mise en rapport avec la part également faible dans la main d'œuvre indirecte, il faut s'interroger sur les raisons de ces faibles parts, comparées aux taux d'accidents directement concernés. Il faut également se demander dans quelle mesure les actions et recherches pour la sécurité posent réellement le problème de son prix, et pourquoi il n'existe que peu de matériels réellement performants.

#### LE COUT TOTAL DU MATÉRIEL DE LEVAGE

Les dépenses induites par la grue et son fonctionnement (tout compris) font au total, sur le chantier n° 4 environ 23% (presque un-quart) des frais de chantier, ce qui représente 3% dans le prix de vente H.T. total.

Même s'ils sont utilisés pour d'autres tâches, les moyens de levage sont immédiatement à mettre en rapport avec les coûts de la partie béton et sont en quelque sorte des coûts induits par le coffrage lui-même. En effet, s'il est possible d'imaginer l'utilisation d'autres modes de levage pour les autres tâches et même le coulage (pompage, etc), la manutention du matériel de coffrage et accessoires et de sa sécurité ne peut actuellement se passer de grue (poids, encombrement, etc).

#### LE COUT DES MATÉRIELS DE COFFRAGE ET DE SÉCURITÉ

Comment les variations du coût matériel de coffrage et du matériel de sécurité sont-elles liées aux procédés (banche + tunnel, etc) d'une part, et à l'architecture d'autre part ?

Ramenée au coût du coffrage seul, la part du coût «matériel de sécurité» est à la fois importante et très fluctuante : + 20 %, + 50 %, + 80 % du coût de coffrage doivent en effet lui être rajoutés pour réunir les conditions de sécurité «nécessaires».

En resituant ces variations à leur valeur réelle dans les prix de m<sup>2</sup> habitable, on observe certaines différences de prix. Si elles peuvent s'expliquer par des différences entre les procédés de coffrage eux-mêmes elle proviennent avant tout d'une conception plus ou moins favorable : celle-ci a une incidence non seulement sur les quantités de matériel mais aussi, surtout, sur le rythme d'avancement du gros œuvre, notamment du plancher.

Les différences deviennent très nettes lorsqu'on rajoute le prix de la sécurité au prix du coffrage comme le montre le TABLEAU N° 5.

TABLEAU N° 5

	CHANTIER N° 1	CHANTIER N° 2	CHANTIER N° 3 (*)	CHANTIER N° 4
MATÉRIELS	BANCHE + COFFRAGE BOIS	BANCHE + PRÉ-DALLE PRÉFA.	BANCHE + PRÉ-DALLE FORAINE	TUNNEL
* Coffrage	48,64 F	69,76 F	79,10 F	68,65 F
* Sécurité	28,38 F	31,39 F	49,44 F	13,76 F
Total Matériel	77,02 F/m2 habitable	101,15 F/m2 habitable	128,54 F/m2 habitable	72,41 F/m2 habitable
Prix du m2 habitable	4 054 F	3 488 F	4 944 F	3 269 F
Valeur	Mars 1984	Mars 1984	Avril 1985	Octobre 1984

(\*) Données d'études (solution ensuite abandonnée)

Ces variations sont-elles à mettre directement en rapport avec la technique de coffrage : il est difficile ici de répondre à cette question. Les coûts de coffrage seul et ses variations permettent dans un premier temps de relativiser ces valeurs en fonction du taux d'emploi du matériel.

Une remarque préalable doit être faite pour le chantier n° 4 en ce qui concerne le rapport : conception/moyen/délai, puisque la quantité de matériel de coffrage et de matériel de sécurité a dû être pratiquement doublée pour tenir les délais ; le prix indiqué ne correspondant en fait qu'à la moitié du prix réel.

Ces prix comprennent la totalité du matériel de coffrage et de sécurité pour la totalité des ouvrages (infra, superstructure, ...).

Ce coût global doit être relativisé en fonction d'une part des délais qui peuvent impliquer éventuellement des surcoûts de matériel et d'autre part de la productivité du travail pour voir dans quelle mesure des «surcoûts» de matériels peuvent être compensés par des gains de productivité, donc de coût de main d'œuvre.

En effet, le coût global du coffrage (comme celui des différents coûts du matériel) est théoriquement le même dans le coût total au m2 de gros œuvre fini (voiles, dalles, ...) quelles que soient les quantités et les délais : pour un m2 d'ouvrage, il faut un m2 de coffrage.

Le coût global du coffrage se décompose en fait en :

$$(\text{coût moyen global/jour/m}^2 \text{ de coffrage}) \times (\text{quantités de coffrages}) \times (\text{nombre de jours})$$

Le premier est plus directement lié au coût du matériel lui-même, les deux derniers à la productivité et aux moyens nécessaires à mettre en œuvre pour respecter les délais. Si, dans l'absolu, le produit «quantité x nombre de jours» peut paraître constant et correspondre exactement aux quantités à réaliser, en réalité le doublement du matériel ne correspond pas forcément à une diminution de moitié des délais : problème du taux d'emploi, limites physiques des moyens et des hommes, etc.

Il est également limité par les problèmes de rentabilité de l'entreprise.

## LE MATÉRIEL DE COFFRAGE

Les coûts du matériel de coffrage sont très variables, comme le montre plus en détail le TABLEAU N° 6 . Ce tableau permet de faire trois constats sur ces variations :

- Les différences les plus nettes sont au niveau de la valeur du coût du matériel de coffrage dans le prix de construction. Elles sont dues avant tout à la conception.
- La différence de coût unitaire du matériel est importante entre coffrage mur et coffrage plancher.
- Des différences de prix unitaire d'un même type de matériel existent apparemment entre les entreprises.

L'incidence de ces deux derniers constats sur le prix de construction est amplifiée généralement par la conception.

Quant aux différences qui peuvent exister entre les différents procédés, il est délicat de conclure vu le peu de cas étudiés et leurs particularités, excepté entre le tunnel et les autres.

L'explication des différences importantes du coût du coffrage dans le prix de construction est la conception : l'adéquation conception/réalisation se traduit par un rythme d'exécution et un taux d'emploi du matériel plus ou moins favorable à un faible coût du matériel dans ce prix. Or, c'est la durée moyenne d'utilisation par logement (c'est-à-dire fixée par le rythme et l'organisation du cycle plancher essentiellement) qui détermine pour l'essentiel le coût du coffrage dans le prix de construction et non le coût unitaire du matériel lui-même qui intervient de façon secondaire – comparativement – même s'il existe des différences nettes entre entreprises et parfois entre matériels.

Les différences de rendement de l'emploi du matériel permettent ainsi d'expliquer ces variations constatées dans le TABLEAU N° 6 . En effet le chantier n° 1 a un taux d'emploi du matériel de coffrage du plancher environ 3 à 4 fois supérieur à celui des chantiers n° 2 et 3 : 120 m<sup>2</sup>/jour en moyenne avec 230 m<sup>2</sup> de matériel (52 %) pour le chantier n° 1 contre 60 m<sup>2</sup>/jour en moyenne avec 420 m<sup>2</sup> de matériel (14 %) pour le chantier n° 2 , et 60 m<sup>2</sup>/jour avec plus de 300 m<sup>2</sup> de matériel – estimation – pour le chantier n° 3. Ce sous-emploi important est fortement dû à la durée de chaque rotation-journalière sur le chantier n° 1, 4 à 7 jours sur le chantier n° 2, et 3 à 4 jours sur le chantier n° 3. On retrouve ce problème sur le chantier n° 4 où la rotation n'est faite sur deux jours et où le coût du coffrage a donc doublé par rapport à l'étude (chiffres indiqués entre parenthèses), ces délais restant inchangés : une des erreurs de l'étude commerciale a été, semble-t-il, de déterminer la quantité/jour et les moyens/jours sans tenir compte de la diversité des trames (ce qui est possible en banches mais pas en tunnel) alors que la répétitivité minimale imposait le double, ce que les conditions du chantier ne permettaient pas en rotations journalières (effectifs trop nombreux, occupation de la grue trop grande, etc).

D'autres facteurs s'ajoutent à la conception pour accroître le coût du coffrage dans le prix de construction, notamment le sous-emploi dû aux congés payés (arrêt du chantier au mois d'août par exemple) et les intempéries, les pannes, etc.

Le coût journalier du coffrage n'est pas influencé par ces facteurs perturbateurs de la formation des prix et permet quelques constats plus précis sur le coût du coffrage.

Une distinction peut être faite entre les techniques banches + . . . d'une part et le tunnel d'autre part.

Dans les techniques banches + . . . , les différences de coût sont importantes entre coffrage mur et coffrage plancher.

TABLEAU N° 6

## COÛTS TOTAUX ET COÛTS JOURNALIERS DU COFFRAGE

	N° 1 (1)		N° 2		N° 3		N° 4 (6)	
	Murs banchés	Planch. coffrage bois	Murs banchés	Planch. préfa.	Murs banchés	Planch. Prédalle foraine	Coffrage tunnel + banche + prédalle foraine	
	Coût moyen mur + plancher		Coût moyen mur + plancher		Coût moyen mur + plancher		Coût moyen mur + plancher	
COUT TOTAL DU MATÉRIEL DE COFFRAGE	173.136 F	75.922 F	208.374 F	162.000 F	288.767 F (2)	146.289 F	—	—
	249.058 F		370.374 F		435.056 F (2)		843.645 F (1.687.290 F)	
QUANTITÉ DU COFFRAGE	183 m <sup>2</sup>	230 m <sup>2</sup>	198 m <sup>2</sup>	420 m <sup>2</sup>	230 m <sup>2</sup>	300 m <sup>2</sup> (e)	—	—
	413 m <sup>2</sup>		618 m <sup>2</sup>		530 m <sup>2</sup> (e)		515 m <sup>2</sup> (1 030 m <sup>2</sup> )	
COUT/M2 DE COFFRAGE	946 F	330 F	1 054 F	386 F	1 255 F (2)	487 F (e)	—	—
	603 F		599 F		820 F (2) (e)		1 638 F	
DURÉE DE LOCATION	6,5 mois (195 jours)	6,5 mois (195 jours)	12,5 mois (375 jours)	12,5 mois (375 jours)	9 mois (270 jours)	9 mois (270 jours)	11 mois 330 jours	
COUT/M2 DE COFFRAGE / JOUR DE LOCATION	4,85 F	1,70 F	2,81 F	1,03 F	4,65 F (2)	1,80 F	—	—
	(3) 3,09 F		(3) 1,60 F		(3) 3,03 F (2)		(3) 4,96 F	
COUT DU MATÉRIEL DE COFFRAGE/JOUR DE LOCATION	888 F	389 F	656 F	432 F	1 070 F (2)	542 F	—	—
	1 277 F		988 F		1 612 F (2)		2 556 F (5 112 F)	
M2 RÉALISÉ EN MOYENNE/JOUR DE TRAVAIL	173 m <sup>2</sup>	117 m <sup>2</sup>	168 m <sup>2</sup>	61,4 m <sup>2</sup>	137 m <sup>2</sup>	60,4 m <sup>2</sup>	—	—
	290 m <sup>2</sup>		229,4 m <sup>2</sup>		197,4 m <sup>2</sup>		256 m <sup>2</sup>	
COUT/M2 RÉALISÉ EN MOYENNE/JOUR DE TRAVAIL (4)	5,13 F	3,32 F	3,30 F	7,04 F	7,81 F (2)	8,97 F	—	—
	4,40 F		4,31 F		8,17 F (2)		9,98 F (19,96 F)	
COUT/M2 RÉALISÉ	10,82 F	8,43 F (e)	10,17 F	19,56 F	13,13 F (e) (2)	13,30 F (e)	—	—
	9,96 F (e)		12,87 F		13,18 F (2) (e)		17,20 F (34,40 F)	
NOMBRE DE LOGEMENTS	83		74		69		165	
COUT DU MATÉRIEL DE COFFRAGE/ LOGEMENTS (5)	2 085 F	915 F	2 815 F	2 190 F	4 185 F (2)	2 120 F	—	—
	3 000 F		5 005 F		6 305 F (2)		5 113 F (10 226 F)	

(e) Estimation

(1) Le chantier n° 1 a été étudié par rapport à un seul des deux bâtiments sur lequel nous disposons des informations les plus détaillées

(2) Estimation. Il s'agit de banches neuves achetées plus les coffrages complémentaires et les accessoires (achetés). Ce prix est calculé sur la durée ... du chantier et non la durée de vie des banches. Il est donc sous-évalué, de 2 à 3 fois si les banches sont réutilisées ou revendues.

(3) Estimation, à partir des quantités totales de coffrage mur + plancher confondus.

(4) Calculé d'après les performances moyennes des rotations journalières.

(5) Calculé en divisant le prix du matériel de coffrage par le nombre de logements.

(6) Les valeurs ( ) correspondent aux coûts réels des chantiers qui sont le double de ceux de l'étude.



En effet, le coffrage bois du plancher du chantier n° 1 semble de loin le moins cher des coffrages, avec 1,70 F/m<sup>2</sup> (soit environ trois fois moins cher que le coût du coffrage voile du même chantier).

Le coffrage des prédalles pour sa part paraît déjà être plus cher. En effet, les prix indiqués dans le TABLEAU N° 6 sont équivalents à ceux du coffrage bois. Mais ils concernent le matériel du chantier (étayage, banc de prédalle, etc) mais pas la prédalle elle-même dont le prix est à ajouter, la prédalle préfabriquée étant tendanciellement la plus chère — en prix fourniture bien sûr, pas forcément en prix de revient du plancher lui-même.

Dans le cas du tunnel, il s'agit d'un coût journalier moyen du m<sup>2</sup> de coffrage mur + plancher. Ce coût est fortement influencé par le rapport mur/dalle. Pour les autres procédés, ce coût journalier est compris dans une fourchette de 1,60 F/m<sup>2</sup> à 3,09 F/m<sup>2</sup>.

Avec environ 5 F/m<sup>2</sup> sur le chantier n° 4, pas favorable, le tunnel ne semble pas fortement pénalisé mais apparaît quand même le plus cher.

Ce coût moyen du tunnel se rapproche de celui de la banche : 4,85 F/m<sup>2</sup> (chantier n° 1), 4,65 F/m<sup>2</sup> (chantier n° 3), 2,81 F/m<sup>2</sup> (chantier n° 2). Ces différences de coût au niveau de la banche s'expliquent surtout par les différences de facturation interne des entreprises et le prix des accessoires qui varie selon les chantiers. Les différences de prix de la banche selon le fabricant ont une incidence plus réduite — comparativement. La sophistication de la banche et du tunnel explique le coût du matériel.

Comparé au coût du plancher, le prix de ces matériels, et notamment le tunnel, est nettement plus élevé.

L'incidence de la conception sur le rapport mur/dalle se traduit donc directement sur le coût du coffrage. L'optimisation de la structure verticale est essentielle pour abaisser le coût du coffrage, notamment pour le tunnel.

Bien sûr, il convient aussi de relativiser tous ces coûts par rapport aux productivités qu'elles permettent, et par rapport à la complexité technique et constructive des bâtiments eux-mêmes (coffrages spéciaux ...).

On peut remarquer d'ailleurs que pour le chantier n° 1, cet écart entre :

- o 1,70 F pour le m<sup>2</sup> dalle, avec du matériel le plus banal et courant sur chantier (matériel polyvalent, assemblé ici pour faire un coffrage) et technologiquement pauvre,
- o et 4,85 F pour le m<sup>2</sup> voile avec un matériel beaucoup plus élaboré et spécialisé,

est équivalent en heures de travail au coût de 0,04 h/m<sup>2</sup> (à 87 F/h), soit finalement très peu en soi vu l'élasticité des productivités de chantier.

Ainsi l'avantage d'un matériel plus cher mais plus performant est évident. D'ailleurs, cette constatation est beaucoup plus significative encore au niveau du coût total du gros œuvre fini, vus les problèmes de ragréage notamment. Le serait-elle donc beaucoup moins au niveau de l'investissement initial de l'entreprise ?

On retrouve là le décalage entre logique de chantier et logique d'entreprise : entre la possibilité d'atteindre une meilleure productivité grâce à un matériel plus sophistiqué, et le choix délibéré de l'entreprise de mener une politique de non investissement.

## LE COUT JOURNALIER DU M2 DE COFFRAGE ET SA DÉCOMPOSITION

- \* Il s'agit ici d'un coût journalier moyen pour le chantier et non d'un coût réel du m2 de coffrage pour 1 m2 d'ouvrage, même si le plus souvent le coffrage est réemployé tous les jours. La sous-utilisation due à l'emploi irrégulier du matériel sur le chantier (surtout du matériel spécial dont l'utilisation est souvent ponctuelle) renchérit en réalité le coût que nous avons évalué du m2 de coffrage dans le coût du m2 d'ouvrage réalisé.

De même, les délais d'utilisation (et donc de location, etc) ne sont quelquefois pas les mêmes selon les matériels. Il s'agit donc d'un coût moyen. Celui-ci reflète cependant bien la réalité du coût du coffrage et constitue le point de départ pour aborder ce problème.

- \* L'unité de jour est le jour calendaire (365 j/an). C'est l'unité utilisée par les entreprises pour facturer la location du matériel au chantier. La sous-utilisation due au nombre réel de jours de travail renchérit donc ce coût, mais ce nombre est trop aléatoire (jours fériés, intempéries ... variables selon les périodes où se situent les chantiers étudiés) et il ne peut donc pas servir de base à notre calcul. L'entreprise, pour sa part, tient compte dans son prix de location des périodes de non location, de l'entretien, etc .

En réalité, pour le chantier, les coûts réels sont plus élevés et fonction du taux réel d'emploi. En effet si on tient compte de la durée de la semaine de travail, le coût du coffrage par jour de travail devient alors 140 % (7/%) du coût que nous donnons ici. A cela, il faut encore ajouter l'incidence de tous les autres jours non travaillés. Au total, le coût du m2 de coffrage par jour de travail effectif, et encore plus par jour d'emploi réel, peut devenir important.

Quant à la sous-utilisation due au non emploi du matériel entre deux chantiers, elle est déjà incluse dans le prix de location facturé au chantier.

- \* Le calcul du coût journalier et de sa décomposition a été possible grâce à l'information très détaillée que nous avons obtenue sur les prix unitaires de location, les prix d'achats, les quantités, etc. et les prix totaux de chacun des matériels et accessoires. Ceci a permis d'arriver à ces chiffres très précis et de les vérifier par croisements d'informations.

Pour chaque type de matériel spécifique à un procédé (banche, tunnel, coffrage, bois, prédalle), nous avons opéré des regroupements de ces différents postes permettant de rendre comparables ces différents coûts journaliers en les ramenant au m2 de l'outil régulier de coffrage, c'est-à-dire au m2 de coffrage standard pour les coffrages outils banches et tunnel.

- \* Pour les banches, le m2 de coffrage standard que nous avons pris en compte est celui des banches standards et de hauteur standard (h 2,50 m environ), ce qui permet de le transposer facilement au m2 de mur de logement (m2 les plus courants avec une hauteur sous plafond de 2,50 m environ). Le m2 de coffrage standard ne comprend donc pas les réhausses, sous-hausses, etc.
- \* Pour le tunnel, le m2 de coffrage standard comprend la surface du tunnel proprement dit et les «banches tunnel» (banches spéciales complémentaires pour la réalisation des murs perpendiculaires à la structure coulée avec le tunnel), c'est-à-dire la surface de l'outil de coffrage tunnel complet.
- \* Pour les coffrages bois du plancher, nous avons pris comme base la surface totale de bois de coffrage (contre-plaqué + tôles bernier complémentaire) puisque le même bois de coffrage a été utilisé pendant toute la durée du chantier.
- \* Pour les prédalles, nous avons ramené ces coûts au nombre de m2 de planchers réalisés.

TABLEAU N° 7  
 DÉCOMPOSITION DU COUT JOURNALIER DU M2 DE COFFRAGE

BANCHES nota : ces coûts sont ramenés au m2 de coffrage standard et de hauteur standard.				TUNNEL nota : ces coûts sont ramenés à la surface de l'outil tunnel complet (tunnel + banche tunnel)	
	N° 1 (1)	N° 2	N° 4 (2)		N° 4
Banches louées (hauteur standard) (3)	2,50 F/m2/j (100 %)	1,70 F/m2/j (100 %)	2,33 F/m2/j (100 %)	Tunnel seul (4)	2,33 F/m2/j (89 %)
Banches achetées Coffrages spéciaux (5)	—	0,39 F/m2/j (+23 %)	—	Banches tunnel (4)	2,33 F/m2/j (11 %)
TOTAL COFFRAGE	2,50 F/m2/j (100 %)	2,09 F/m2/j (123 %)	2,33 F/m2/j (100 %)	Total tunnel complet	2,33 F/m2/j (100 %)
Accessoires (Y C <sup>is</sup> réhaussés) (7)	0,98 F/m2/j (+39,2 %)	0,60 F/m2/j (+35,6 %)	non précisé compris dens. tunnel)	Accessoires (8)	1,58 F/m2/j (+68 %)
Remise en état	0,39 F/m2/j (+15,4%)(9)	n.p.	n.p.	Remise en état	n.p. (10 %)
Montage	0,65 F/m2/j (+26 %)	0,08 F/m2/j (+4,8 %)	n.p.	M.O.I. montage démontage	0,40 F/m2/j (+16 %)
Démontage	0,33 F/m2/j (+13 %)	0,04 F/m2/j (+2,4 %)	n.p.	Assistance fabricant	0,10 F/m2/j (+4 %)
Total montage et démontage	0,98 F/m2/j (+39,1 %) (12)	0,12 F/m2/j (+7,2 %) (13)	0,16 F/m2/j (+6,2 %)	Total montage et démontage *	0,50 F/m2/j (+21 %)
Adaptation	comprise dans accessoires et dans la main d'œuvre directe			Changement de largeur (14) *	0,19 F/m2/j (+8 %)
COUT JOURNALIER TOTAL par m2 de coffrage standard	4,85 F/m2/j (194 %)	2,81 F/m2/j (166 %)		Carrosserie (15) *	0,20 F/m2/j (+9 %)
Transport	compris dans mont.-dém.	n.p.	0,16 F/m2/j (+6,2 %)	COUT JOURNA- LIER TOTAL par m2 coffrage Std.	4,80 F/m2/j (206 %)
Durée d'utilisation du matériel sur le chantier (compris montage et démontage)	6,5 mois	12,5 mois	7 mois (estimation)	Transport	0,17 F/m2/j (+7 %)
				Durée d'utilisation du matériel sur le chantier (compris mont. et dém.).	11 mois

\* Remarque : Au total, le coût montage et démontage + changement de largeur + carrosserie s'élève à 0,89 F/m2/j (18 % du coût total des frais de coffrage) auquel il faut rajouter 0,19 F/m2/j de coût dû à l'immobilisation du matériel pour effectuer ces opérations (calculé en prenant en compte les délais réels), soit un coût global pour ces opérations de 1,08 F/m2/j (22 % du coût total des frais de coffrage) : Il y a là des gisements de gains économiques grâce à une conception qui optimise l'emploi d'un matériel réutilisé et grâce à un matériel plus rapidement opérationnel.

### \* BANCHES

Le coût ramené au m<sup>2</sup> de banche, hauteur standard, semble ici le plus intéressant dans la mesure où, d'une part elle est le matériel de base, par ailleurs dominant en quantité, et d'autre part en rapport direct avec les hauteurs normales des logements ; et de plus la plus proche des quantités de m<sup>2</sup> murs à réaliser et donc la plus facile à quantifier et à comparer.

Les banches achetées et les coffrages spéciaux correspondent, soit à du matériel dont ne dispose pas l'entreprise (indisponible ou matériel sur mesure), soit parfois à des opportunités (vente entre chantier). L'achat par le chantier est donc ponctuel.

A ce coût du coffrage proprement dit, il faut ensuite rajouter celui des accessoires de coffrage les plus divers (réhausses, règles, abouts, cônes, clés ...) nécessaires à son utilisation et dont le poids est important, puisqu'il représente plus d'un tiers en plus du coût «banches standard» louées.

Le coût de la remise en état, quant à lui, bien que proportionnellement moins élevé, n'est pas négligeable, mais il est difficile de savoir s'il correspond à son coût réel, celui-ci étant facturé au forfait par le service matériel (cas le plus fréquent). Sa valeur est souvent contestée par les conducteurs de travaux.

Enfin, l'importance du montage - démontage apparaît de façon très contrastée et une première explication est peut être déjà dans la façon dont il est estimé (forfait ...).

Mais le poids du montage - démontage est aussi directement influencé par la durée du chantier qui fait varier le montant de la location alors que les frais de montage - démontage, eux, restent les mêmes.

On voit donc son importance, tant au niveau du coût que dans l'allongement des délais, sur des chantiers de petite taille, donc à délai d'exécution courts. Les évaluations du temps de travail nécessaire donnent des écarts de productivité qui ne semblent pas s'expliquer seulement par les différences de type de matériel, mais peut être aussi des travaux qu'ils regroupent (chargement, nettoyage).

### \* PLANCHERS

Les procédés de réalisation des planchers combinés avec des banches sont beaucoup plus diversifiés : coffrage, bois, prédalle-foraine, prédalle-préfa, ... Ceci montre qu'il n'y a pas, en ce qui concerne le plancher, de matériel qui se soit imposé globalement.

Il est donc difficile, au-delà de quelques constats généraux, de faire des comparaisons plus fines, aussi bien entre planchers/voile qu'entre ces différents procédés eux-mêmes. En effet, la structure même de ces coûts est très différente d'un cas à l'autre, l'extrême étant la prédalle, très particulière finalement, tant au niveau économique (matériel ...) qu'au niveau technique, organisationnel...

Au niveau du coût total «matériel de coffrage plancher», il semblerait que le m<sup>2</sup> de prédalle (foraine ou préfa ...) et hors déboursé sec de fabrication ou prix d'achat de la prédalle elle-même, revient au moins aussi cher que le m<sup>2</sup> de banche et en tout cas nettement plus que le coffrage bois qui apparaît ici comme de loin la solution la moins chère.

Au niveau technique et organisationnel, par contre, (et indirectement aussi économique), le choix de tel ou tel procédé peut trouver, selon les cas, sa pleine justification, tant par rapport au site qu'à sa souplesse d'adaptation à la diversité de l'architecture, comme nous le verrons au chapitre VII.

D'une manière générale, quels que soient les procédés, il faut remarquer le coût important du support (étais, poutrelles bois, métal, ...) nécessaire au maintien en place du coffrage proprement dit (bois, tôle, prédalle, ...) matériel pourtant très rudimentaire, mais en nombre important.

## \* LE TUNNEL

Le tunnel impose de façon évidente et directe ses conditions de rentabilité minimales/maximales, notamment au niveau de la rotation de l'outil (répétitivité) et dans le rendement de plan (mur/dalles ...).

Ses exigences fondamentales ont donc l'avantage d'être immédiatement précisées.

En soit, le coût au m<sup>2</sup> de coffrage n'est pas pénalisant, comparé aux autres matériels, mais l'investissement initial reste lourd, ce qui peut s'expliquer par la quantité de matériel nécessaire (difficilement fractionnable) et les taux de sous-emploi éventuels dans les rotations. Dans ce sens, plus les délais sont courts et plus le choix de la quantité adéquate est délicat et cher, seul un accroissement de productivité sur l'outil peut en compenser les effets. Mais elle se heurte souvent à la difficulté de pouvoir préparer soigneusement son organisation et le déroulement du chantier.

La décomposition des coûts du coffrage tunnel en ses principaux postes fait apparaître les mêmes tendances que celles constatées pour les banches, et notamment la part relative du coût du coffrage «standard» dans le coût total, comme le montrent les tableaux : le tunnel seul représente 42 % du coût total, le tunnel plus les banches tunnel 47 % du coût total.

Ce coût total ne prend en compte que ce qui peut être imputé au tunnel lui-même, sauf en ce qui concerne les accessoires et divers dont une partie (vraisemblablement très faible) serait à déduire puisqu'elle sert aux procédés complémentaires (banches, prédalles, ...).

L'importance des coûts accessoires est à mettre en rapport avec le degré de «sophistication de l'outil» coffrage tunnel, qui doit être accompagné d'accessoires à sa hauteur et en nombre suffisant, ce qui est ici un fait positif donc, en productivité comme en qualité que cela entraîne.

Les frais de montage et de démontage, changement de largeur sont comparables à ceux constatés pour la banche dans certains cas comme le montrent le TABLEAU 7

Ramené au niveau des délais, le montage-démontage prend sur le chantier étudié, environ 5 % du temps de location, ce qui est quand même long, voire pénalisant, car cette opération est plus complexe que pour la banche par exemple et peut donc être la source de problèmes et donc de retards.

D'ailleurs, dans la réalité, ce délai s'est allongé (problèmes d'adaptation) au total d'environ un mois pour le montage seul, soit une quinzaine de jours de retard déjà en début de chantier.

Il est certain que l'allongement des délais de montage-démontage est pénalisant. Mais ces travaux complexes devraient être effectués par une main d'œuvre spécialisée, et non pas par les hommes de chantier qui sont des hommes de béton. En effet, comme l'explique le conducteur de travaux, «le tunnel devrait arriver prêt à l'emploi sur le chantier ou, au minimum, l'être aussi vite que la banche».

En conclusion, on peut retenir le décalage important entre le coût du coffrage tunnel seul et le coût total (2,13 fois plus), décalage similaire à celui constaté précédemment pour la banche. Cet écart montre bien les possibilités de gains qu'il serait possible d'obtenir facilement au niveau de l'outil.

## LES MATÉRIELS DE SÉCURITÉ

En ce qui concerne le matériel de sécurité, les deux principaux postes qui apparaissent sont les passerelles de décoffrage et les consoles-pignons comme le montre la décomposition des coûts «matériels de sécurité» sur les différents chantiers, donnée dans le tableau.

On remarque sur ce tableau des variations de coût parfois importantes d'un chantier à l'autre, 1 000 à 3 500 F/logement environ, valeur 1984.

Le coût «matériels de sécurité» apparaît comme important comparé au coût du coffrage dont il est «l'accompagnement».

Le tunnel est le moins majoré par le coût de sécurité. Bien sûr, il faut relativiser ce constat par l'influence que peut avoir la quantité de coffrage nécessaire, les modes de calculs internes et de facturation de ce matériel par les entreprises, la décomposition de ces coûts et les choix d'entreprise concernant la sécurité ...

En cumulant le coût de coffrage et le coût de sécurité par logement, il ne semble, en effet, pas y avoir de différence de coût réel significative due aux différents procédés, le type de matériel de sécurité y correspondant étant le plus souvent le même pour des cas de figure similaires. Tout au plus, on peut penser qu'à matériel égal, le coffrage tunnel offre les conditions de sécurités possibles les plus élevées, de par ses propres caractéristiques (mécaniques, dimensionnelles, ...), sans «surcoût sécurité».

Le critère essentiel qui permet d'expliquer les écarts constatés est certainement le mode de réalisation des façades (béton armé banché ou préfa, remplissage parpaings ...).

En effet, la réalisation des façades autrement qu'en béton armé banché limite l'emploi des consoles-pignons (et donc leur nombre) aux seuls pignons (s'ils ne sont pas adossés à un mur déjà existant) c'est à dire généralement à une utilisation très ponctuelle, donc nécessitant peu de matériel. Le matériel nécessaire et dominant est alors la passerelle de décoffrage. C'est le cas du tunnel bien évidemment (chantier n° 4) et des chantiers banches avec façades préfa et parpaings (chantier n° 1).

Dans le cas des façades réalisées en béton armé banché, le matériel dominant est la console pignon, les passerelles de décoffrage restant marginales pour quelques cas particuliers d'ouvrages ou de rotation.

Le choix du mode de réalisation des façades découle du procédé de réalisation de la structure.

Ainsi, dans le cas du tunnel, la réalisation des façades doit bien évidemment être différée (au moins sur une façade) pour pouvoir décoffrer.

La solution prédalle au contraire prédisposerait plutôt à la réalisation des façades en béton armé, en même temps que la structure. Bien souvent pourtant, elle est réalisée en parpaings.

Le coffrage en bois des planchers, pour sa part, apparaît comme moins pré-déterminant, les deux solutions pouvant apparemment être envisagées. Il est cependant certain que le développement et l'amélioration de techniques encore marginales, bien que parfois existantes de longue date pour certaines : banches portefeuille, mur BY, etc, amèneraient à reconsidérer ces choix, tant du point de vue matériel de sécurité qu'organisation de chantier.

Le deuxième critère qui permet d'expliquer ou relativiser ces résultats est le choix des directions de chantiers concernant les quantités de matériel de sécurité nécessaires. La tendance générale semble aller ici à rechercher à ceinturer le bâtiment au maximum plutôt que de s'en tenir au minimum nécessaire pour la seule surface de rotation journalière.

Cette recherche s'explique tant par l'accroissement des conditions de sécurité que par la souplesse d'organisation du travail obtenue par le délestage de la contrainte «sécurité au coup par coup» (planning de grue, rattrapages des retards, ...).

Il est cependant parfois nécessaire de trouver un compromis lorsque la dimension du bâtiment est trop importante ou que les contraintes de site et d'environnement ne permettent pas une telle option.

### FRAIS DE COFFRAGE + FRAIS DE SÉCURITÉ

TABLEAU N° 8

	CHANTIER N° 1	CHANTIER N° 2	CHANTIER N° 3 (*)	CHANTIER N° 4
MATÉRIELS	BANCHE + COFFRAGE BOIS	BANCHE + PRÉ-DALLE PRÉFA.	BANCHE + PRÉ-DALLE FORAINE	TUNNEL
* Coffrage	48,64 F	69,76 F	79,10 F	68,65 F
* Sécurité	28,38 F	31,39 F	49,44 F	13,76 F
Total Matériel	77,02 F/m2 construit	101,15 F/m2 construit	128,54 F/m2 construit	72,41 F/m2 construit
Prix m2 construit	4 054 F	3 488 F	4 944 F	3 269 F
Valeur	Mars 1984	Mars 1984	Avril 1985	Octobre 1984

(\*) Données d'études (solution ensuite abandonnée)

	N° 1	N° 2	N° 4	N° 3
MATÉRIEL DE COFFRAGE STANDARD SEUL	voile 18 % plancher 6 % Total 24 %	23 % n.c. 23 %	34 %	n.p.
COUT TOTAL DU MATÉRIEL DE COFFRAGE	voile 35 % plancher 16 % Total 51 %	39 % 30 % 69 %	84 %	42 % 22 % 64 %
COUT TOTAL DU MATÉRIEL DE SÉCURITÉ	49 %	31 %	16 %	36 %
TOTAL MATÉRIEL DE COFFRAGE ET DE SÉCURITÉ	100 %	100 %	100 %	100 %
COUT COFFRAGE ET SÉCURITÉ / LOGEMENT	5 867 F/log.	7 295 F/log.	6 163 F/log	9 900 F/log

#### 4. — L'AMORTISSEMENT DU MATÉRIEL

Le problème de l'amortissement du matériel et de ses répercussions économiques sur le prix de la construction est directement lié aux possibilités de pleine utilisation offertes par la conception. Il se pose cependant très différemment selon les matériels.

Si on reprend le TABLEAU N° 4 des frais de matériel, on constate la diversité des matériels utilisés, tant par leur nature que par leur coût ou leur quantité. Pour notre étude, on peut globalement répertorier ici les matériels de chantier en deux grandes catégories bien distinctes :

o Les matériels «lourds» :

grues, coffrages, centrales ... et leurs accessoires ;

o Les matériels «légers» :

ponceuses, petits matériels et outillages (comme les pelles, pioches, truelles, ... , postes de soudage ... clés ... voire même bleus de travail, cirés, chaussures de sécurité).

Il ne s'agit ici que de matériel de production, les matériels tels que les baraquements, etc. qui sont plutôt du matériel «social» et non du matériel productif sont mis à part.

Les problèmes d'évaluation, de gestion et d'utilisation sont cependant très différents entre les deux pour l'entreprise comme pour leur incidence sur le prix de la construction. Le matériel lourd est à cet égard le matériel le plus important, tant au niveau de l'entreprise qu'à celui de l'organisation et la gestion de chantier.

Au niveau du matériel, il faut distinguer quatre formules qui correspondent chacune à des formes de coûts différentes et donc à des problèmes spécifiques pour le chantier :

- la location externe (sur le marché de la location),
- la location interne (à l'entreprise ou au groupe),
- l'achat,
- le matériel spécial (acheté ou fabriqué sur mesure pour un chantier).

Pour la première, le problème de l'amortissement ne se pose pas à l'entreprise, mais à la Société de location. Il est en fait seulement contenu dans le prix de location. L'entreprise, elle, n'est intéressée éventuellement qu'à la meilleure rentabilisation de son investissement «location». Il serait cependant intéressant de connaître les problèmes d'amortissement des sociétés de location et de leurs tendances d'évolution et de les comparer avec ceux des entreprises.

Pour les trois autres, l'amortissement concerne par contre directement l'entreprise, soit à sa propre échelle (location interne), soit à celle du chantier (achat, matériel spécial). Il y a donc là différence de modes et structures de gestion et de calcul puisque :

- dans le premier cas, le matériel s'amortit en fonction de sa durée de vie et sur plusieurs chantiers en étant géré par le service matériel de l'entreprise (ce qui veut dire aussi que les politiques matériels et leurs choix techniques échappent au chantier) ;
- dans le deuxième cas, par contre, le matériel doit s'amortir sur le chantier même, voire parfois sur quelques points particuliers seulement pour certains matériels spéciaux (problème de sa répétitivité d'emploi). Il est donc le plus souvent choisi par le chantier sur les plans techniques, économiques et organisationnels, puis commandé et géré par lui également.



Par ailleurs, s'il est en partie conditionné par la conception (points particuliers notamment), il l'est également par la politique générale de l'entreprise (choix du matériel qui sera loué et donc de ce qui devra être acheté, limites et incidences des choix techniques de matériel faits par l'entreprise qui impliquent du matériel complémentaire éventuellement : prédalles, préfa, etc).

Au niveau des grandes entreprises, le recours à l'une de ces quatre formules pour réunir le matériel dont elles ont besoin semble orienté par quelques principes généraux.

o La politique matériel léger :

En général, ce matériel est loué à l'extérieur (notamment le petit matériel mécanique) ou acheté (pelles, pioches, etc) par le chantier. Dans le dernier cas, il est difficile d'évaluer sa durée de vie, son remplacement, etc. Cependant, il représente un poids économique faible et calculé sur la base de prorata.

o La politique matériel lourd :

a) La location interne du matériel courant :

Il représente un coût (unitaire et global) important pour l'entreprise qui a donc intérêt à bien le gérer. De plus, sa qualité conditionne la productivité de l'entreprise qui préfère donc la garantir elle-même. Enfin, dans la mesure où il constitue une part du savoir technique de l'entreprise (notamment le coffrage) il est un élément important pour garantir son indépendance (économique, technique ...) vis-à-vis des fabricants, loueurs, etc et contrôler ses propres coûts.

On peut cependant s'interroger sur la situation peu dynamisante pour une évolution et innovation technologique, que l'utilisation d'un matériel peut entraîner.

On peut également se demander, vu le poids économique du matériel lourd, dans quelle mesure la gestion de son propre parc matériel dont les prix sont alignés sur ceux du marché, donc avec possibilité d'une marge de gestion supplémentaire, n'est pas en elle-même stimulante et aussi plus intéressante que les petits gains possibles sur la gestion de la multitude de matériel léger à faible coût unitaire et fort entretien, limités en général aux gains sur les proratas par rapport à la réalité.

b) L'achat du matériel d'accompagnement ou exceptionnel :

Certains matériels de ce type peuvent être achetés pour un seul chantier. Le problème de son amortissement devient alors crucial. Si ce matériel n'est pas trop particulier, il peut éventuellement être revendu à la fin du chantier.

c) L'achat sur commande ou fabrication du matériel spécifique.

L'amortissement du matériel interne à l'entreprise, tel qu'il apparaît dans les prix de location du matériel, soulève un certain nombre de questions, notamment sur les modes de calcul de ces prix. Le coût de la grue facturé au chantier, comme nous l'avons relevé précédemment, ainsi que les variations du coût du coffrage d'une entreprise à l'autre, montrent que les modes de gestion et ses critères peuvent être très variables.

Il est cependant peu probable que ce type de gestion ait une forte incidence sur le coût de location courant, expliquant les écarts relevés entre les chantiers.

Au niveau du chantier, les notions de matériel minimum, et celle de plein emploi journalier du matériel de production apparaissent comme fondamentales, tant d'un point de vue organisationnel que d'un point de vue économique.

CHAPITRE V

ANALYSE DES DÉBOURSEÉS SECS

## 1. -- APPROCHE PAR POSTES ÉCONOMIQUES

### DECOMPOSITION DES DÉBOURSES SECS

Dans les chantiers enquêtés, les entreprises soumissionnaires du marché que nous avons contactées, interviennent en tant qu'entreprises générales. Leurs déboursés secs comprennent donc, à la fois leurs déboursés secs de production propre et leurs coûts de sous-traitance. Ces derniers ne sont donc pas des déboursés secs en tant que tels, pris au sens de notre analyse, c'est-à-dire au niveau de ceux de l'entreprise sous-traitante elle-même.

Ces coûts sont cependant plus proches de la réalité, comparés aux prix marchés, dans la mesure où il est fait ici abstraction de la «marge entreprise générale» éventuelle.

Pris en tant que déboursés secs d'entreprise générale, l'ensemble de ces coûts permet de faire un certain nombre de constats :

- \* Une stabilité assez régulière des coûts, en valeur relative, d'un chantier à l'autre, un certain nombre d'écartés pouvant être expliqués en fonction de quelques particularités des opérations ;
- \* Le morcellement des coûts du second œuvre (mais avec des postes-clés qui se démarquent nettement des autres) ;
- \* et donc le rôle prépondérant du gros-œuvre, malgré sa valeur relative moyennement élevée par rapport à l'ensemble des coûts.

### LA STABILITÉ DES DIFFÉRENTS COÛTS D'UN CHANTIER A L'AUTRE

Le total du déboursé sec gros-œuvre et second-œuvre se situe dans une fourchette allant de 61,8 % du prix de vente H.T. (n° 6) à 80,9 % du prix de vente H.T. (n° 4), soit un écart de 19,0 % ce qui peut paraître important. Il faut cependant relativiser ces deux extrêmes.

La part réduite du déboursé sec global et notamment le déboursé sec du gros-œuvre du chantier n° 6 semble s'expliquer par les caractéristiques de cette opération telle que nous les avons présentées au chapitre II :

- petite opération (22 logements),
- terrain exigü et petit en plein Paris,
- construction de studios,
- pas d'infrastructure ,ni de parking (deux places seulement et à rez-de-chaussée).

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 6
Déboursé sec du gros-œuvre	37,3 % 50 %	30,1 % 40 %	31,8 % 46 %	35,2 % 44 %	23,1 % 37 %
Déboursé sec du second œuvre	37,1 % 50 %	45,1 % 60 %	37,3 % 54 %	45,7 % 56 %	38,7 % 63 %
Déboursé sec du gros œuvre et du second œuvre	74,4 % 100 %	75,2 % 100 %	69,1 % 100 %	80,9 % 100 %	61,8 % 100 %

(% sur prix de vente H.T.).

## LE DÉBOURSE SEC DU SECOND OEUVRE

Le coût du déboursé sec du second œuvre, quant à lui, varie aussi de façon importante (37,1 % à 45,7 % du prix de vente H.T.). Il semble se situer aux environs de 40 à 45 % du prix de vente H.T.

Ainsi, on peut se demander à quoi sont dus ces écarts entre chantiers. Correspondent-ils à des types de prestations très différentes, à des choix techniques particuliers, à l'incidence de la conception, à des choix d'entreprises, délais ... ? Deuxièmement, on peut s'interroger sur les raisons de la stabilité générale constatée sur des cas semblant pourtant architecturalement très différents et sur les possibilités réelles de baisse des coûts ?

Une approche plus détaillée de ces déboursés secs du second œuvre apporte quelques éléments de réponse à ces questions.

On peut remarquer sur le TABLEAU N° 9 la décomposition des déboursés secs du second œuvre que les postes les plus variables en % du déboursé sec sont :

- le chauffage qui semble assez différent d'un cas à l'autre ;
- et, plus ponctuellement, les revêtements de sol et murs + peinture, et l'isolation, cette dernière étant directement en rapport avec un choix d'expression architecturale, ce qui est très clair sur le chantier n° 2 (isolation par l'extérieur avec reliefs en façade ...).

Une fois ces variations par chantier relativisées, on peut établir une décomposition indicative des coûts du second œuvre. Il faut remarquer que globalement les trois grands postes du second œuvre que nous avons établis restent assez stables et se situent dans une marge très serrée :

- o Le coût des installations et équipements techniques avec 14 à 15 % du prix de vente HT en général, apparaît comme le plus important. Il faut cependant tenir compte des 2 à 3 % du prix de vente HT que représentent les ascenseurs. Le coût le plus élevé, mais aussi le plus variable, est pour la partie « énergie » : E.C.S., chauffage, électricité, courants faibles (5 à 9 % du prix de vente HT). Le chauffage qui est le moins stable de ce poste explique ces variations. La plomberie pour sa part représente à elle seule environ 5 % du prix de vente HT.
- o Le coût des finitions intérieures est également important avec 13 à 15 % du prix de vente HT et notamment les « traitements de surfaces » : revêtements de sol et murs, peinture (7 à 8 % du prix de vente HT), ainsi que les menuiseries intérieurs et placards (4 à 5 % du prix de vente HT).
- o Le coût des compléments d'enveloppe et de gros œuvre, quant à eux, représentent 12 à 13 % du prix de vente HT. Deux coûts importants se dégagent : les cloisons - doublage - plâtrerie (5 à 6 % du prix de vente HT) et les menuiseries extérieures (3 à 4 % du prix de vente HT).

Il s'agit donc là des principaux points sensibles du second œuvre à bien maîtriser économiquement dès la conception.

Mais une approche seulement par constats strictement économiques, poste par poste, reste à elle seule relativement limitée en gains potentiels. Car, en même temps que l'on observe une certaine stabilité des différents coûts de la valeur de leurs parts respectives, il est frappant de voir l'extrême morcellement du second œuvre. Ces 40 à 45 % du prix de vente H.T. se répartissent en effet couramment sur plus d'une vingtaine de « lots » réalisés par autant d'entreprises. Rares sont les « lots » atteignant 5 % du prix de vente H.T.

## RÉCAPITULATIF DES PRIX DU DÉBOURSE SEC SECOND OEUVRE EN F/M2

	N° 1 4 054 F NOV 84	%	N° 2 3 488 F MAI 84	%	N° 3 3 860 F DEC. 84	%	N° 4 3 269 F OCT. 84	%	N° 5 3 328 F OCT. 84	%	N° 6 6 215 F AOÛT 84	%
PRIX H.T./M2												
VALEUR	175		74		190		165		142		22 studios	
NBRE DE LOGEMENTS	74 m2		73,45 m2		71,84 m2		72,01 m2		70,37 m2		31,50 m2	
Surf. moyenne hab/log												
<b>* COMPLÉMENTS D'ENVELOPPE ET DE GROS OEUVRE</b>												
Toit étanchéité	85	5,7%	105	6,7%	93	5,3%	79	5,0%	43	3,3%	137	5,7%
Ouvertures extérieures												
- Menuiseries	219	14,8%	87	5,5%	120	6,8%	98	6,6%	140	10,7%	174	7,2%
- Fermetures extérieures	4	0,3%	24	1,6%	4	0,2%	29	2,0%	13	1,0%	50	2,1%
- Portes garages	4	0,3%	7	0,4%	73	4,2%	36	2,4%	-	-	-	-
- Autres	4	0,3%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Ouvertures Extérieures	231	15,6%	118	7,5%	197	11,3%	163	10,9%	153	11,7%	224	9,3%
Parois verticales												
- Doublage et isolation	-	-	223	14,2%	-	-	-	-	-	-	87	3,6%
- Cloisons	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137	5,7%
- Plâtrerie	-	-	132	8,4%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Parois Verticales	146	9,9%	355	22,6%	205	11,7%	176	11,8%	190	14,5%	224	9,3%
<b>TOTAL COMPLÉMENTS D'ENVELOPPES ET G. OEUVRE</b>	<b>462</b>	<b>31,2%</b>	<b>578</b>	<b>36,8%</b>	<b>495</b>	<b>28,3%</b>	<b>418</b>	<b>28,0%</b>	<b>386</b>	<b>29,5%</b>	<b>585</b>	<b>24,0%</b>
<b>* INSTALLATIONS ET ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES</b>												
- V.M.C.	223	15,1%	56	3,5%	Cis dans Chaff. 197	11,3%	39	2,6%	30	2,3%	124	5,2%
- Plomberie	-	-	178	11,3%	197	11,3%	196	13,1%	156	12,0%	298	12,4%
- E.C.S.	-	-	-	-	VMC 23	1,5%	23	1,5%	-	-	-	-
- Chauffage	182	12,3%	24	1,6%	108	6,2%	108	7,2%	196	15,0%	280	11,6%
- Électricité	-	-	150	9,5%	201	11,5%	137	9,2%	13	1,0%	324	13,4%
- Courants faibles	-	-	14	0,9%	-	-	13	0,9%	-	-	-	-
TOTAL	1 405	27,4%	422	26,8%	506	28,9%	516	34,6%	395	30,3%	1 026	42,6%
- Ascenseurs	65	4,4%	63	4,0%	73	4,2%	75	5,0%	103	7,9%	174	7,2%
<b>TOTAL INSTALLATIONS ET ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES</b>	<b>470</b>	<b>31,8%</b>	<b>485</b>	<b>30,8%</b>	<b>579</b>	<b>33,1%</b>	<b>591</b>	<b>39,6%</b>	<b>498</b>	<b>38,2%</b>	<b>1 200</b>	<b>49,9%</b>
<b>* FINITIONS INTÉRIEURES</b>												
- Menuiseries intérieures	118	7,9%	143	9,1%	189	10,8%	118	7,9%	150	11,5%	168	7,0%
- Placards	41	2,7%	42	2,7%	-	-	16	1,1%	47	3,6%	44	4,8%
- Serrurerie	178	12,1%	87	5,5%	266	15,2%	62	4,2%	86	6,6%	143	5,9%
- Revêt. sols et murs	130	8,8%	164	10,4%	208	11,9%	134	8,1%	140	10,7%	199	8,3%
- Peinture	81	5,5%	73	4,7%	12	0,7%	33	2,2%	-	-	75	3,1%
- Vitrierie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL FINITIONS INT.	548	37,0%	509	32,4%	675	38,6%	484	32,4%	423	32,3%	629	26,1%
<b>TOTAL DU DÉBOURSE SEC SECOND OEUVRE</b>	<b>1 480</b>	<b>100%</b>	<b>1 572</b>	<b>100%</b>	<b>1 749</b>	<b>100%</b>	<b>1 493</b>	<b>100%</b>	<b>1 307</b>	<b>100%</b>	<b>2 414</b>	<b>100%</b>
D.S.S.O/P.V. - H.T.	31,7%		45,1%		45,3%		45,7%		39,3%		38,7%	
P.V. - H.T./m2 SH	4 054 F		3 488 F		3 860 F		3 269 F		3 328 F		6 215 F	

## LE GROS OEUVRE : UN ROLE PRÉPONDÉRANT MALGRÉ UNE VALEUR RELATIVE MOYENNE

Tout d'abord, il faut rappeler que le déboursé sec gros œuvre béton de la production propre de l'entreprise générale représente moins de 30 % du prix de vente H.T. de la construction et qu'au total :

- Le déboursé sec du gros œuvre est inférieur à un tiers du prix de vente H.T. environ,
- et le déboursé sec du second œuvre est au maximum égal à 45 % du prix de vente H.T.

soit au total :

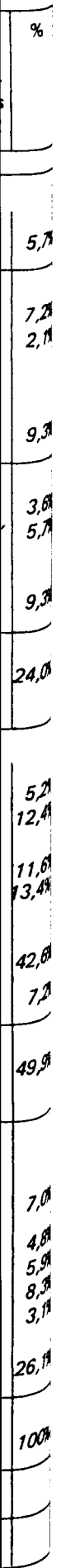
- déboursé sec gros œuvre + second œuvre < 2/3 du prix de vente H.T. de construction.

L'autre tiers étant composé des frais de chantier et des frais d'entreprise générale.

Ainsi, le second œuvre représente une part plus importante que le gros œuvre en déboursé sec, au maximum ce dernier lui est égal si l'on y rajoute la totalité des frais de chantier, ceci n'ayant cependant vraiment de sens qu'en terme d'analyse de coût d'entreprise.

Le coût du gros œuvre est donc relatif, bien qu'important et, outre le gains significatifs qu'il est envisageable de faire, tant au niveau rendement de plan qu'au niveau matériel de chantier, il est évident qu'une baisse des coûts de construction sensible passe par une amélioration et une meilleure efficacité de l'enchaînement entre les corps d'état, les gains au niveau du second œuvre semblant eux-mêmes limités également (sauf baisse ou « redéfinition » des prestations).

Ainsi, plus que d'une seule organisation : type séquentiel, etc ..., il apparaît au moins aussi évident qu'une conception et une réalisation d'un gros œuvre incorporant ou facilitant le travail du second œuvre est une des conditions premières qui permettrait d'ouvrir la voie vers une baisse des coûts de construction.



## 2. — DÉBOURSE SEC «PRODUCTION PROPRE» DU GROS OEUVRE DE L'ENTREPRISE

## L'IMPORTANCE DE LA MAIN D'OEUVRE

Comme nous l'avons vu précédemment, le coût du déboursé sec «production propre» de l'entreprise générale de gros œuvre représente (sauf chantier n° 1) moins de 30 % du prix de vente H.T.

La prédominance du rôle et du poids de la main d'œuvre directe apparaît clairement dans le tableau n° 19 des déboursés secs des productions propres relevées sur les chantiers :

TABLEAU N° 10

	N° 1	N° 2	N° 3 Bâtiment A seul	N° 4	N° 6
M.O.D.	17,6 %	15,4 %	14,4 %	15,1 %	12,9 %
dont M.O. ACIER	n.c.	1,5 %	n.c.	2,3 %	1,3 %
MATÉRIAUX	15,3 %	13,3 %	12,5 % *	12,6 %	7,5 %
TOTAL D.S.P.P.	32,9 %	28,7 %	26,9 %	27,7 %	20,4 %

En % du prix de vente H.T.

D.S.P.P. : déboursé sec production propre

n.c. : non communiqué, compris dans la m.o.d.

\* Consommables compris

Au total, d'un point de vue économique, le coût de la main d'œuvre directe est plus important que celui des matériaux qu'elle met en œuvre. Tout dépend cependant de la façon dont on affecte les heures de préparation acier pour l'analyse économique du processus de construction et de mise en œuvre sur chantier : coût main d'œuvre ou coût matériau «prêt à l'emploi» ? Les heures acier représentent en effet 1,3 à 2,3 % du prix de vente H.T., ce qui peut infléchir, voire inverser, cette tendance.

Quoiqu'il en soit, cette importance fondamentale de la main d'œuvre demeure et elle est encore accrue par les aspects techniques et organisationnels du travail sur chantier. De plus, si le poste matériaux peut être assez précisément cerné et respecté, en quantités comme en coûts, la main d'œuvre, pour sa part, est souvent beaucoup plus difficile à évaluer, notamment pour un certain nombre de tâches et d'ouvrages.

Ainsi, la main d'œuvre est la source des gains potentiels ou effectifs les plus importants pour l'entreprise. Elle peut également engendrer des pertes significatives et difficilement maîtrisables et que son poids économique (comparé notamment à la marge de l'entreprise) rend aggravantes pour la rentabilité du chantier.

Mais où vont les heures de travail ?

- Quels sont les postes fortement consommateurs de main d'œuvre ? et ceux sur qui on pourrait obtenir une baisse significative des coûts de gros-œuvre ?
- Quels sont ceux qui ont généralement tendance à s'aggraver ?

L'étude des bilans de la main d'œuvre — comme le montre le chapitre VI — apporte une première réponse à la seconde question. Il semble que les temps et délais du cycle béton (coffrage-coulage) sont généralement assez bien tenus, ce qui s'explique apparemment par la souplesse de «rattrapage» d'une rotation à l'autre que permettent les procédés (banches, coffrages bois, prédalle ...), à l'exception du tunnel cependant qui apparaît plus contraignant et rigide.

La «sous-productivité» observée dans les différentes rotations journalières, est bien souvent due à une conception peu propice à des rendements élevés et réguliers ; une certaine «élasticité» dans les journées de travail et les cadences est rendue possible par les performances très moyennes prévues.

Par contre, les autres postes sont plus délicats à prévoir, et surtout, à respecter.

La préfabrication foraine en tant que technique complémentaire au coffrage, qu'elle soit une solution imposée par la conception (points particuliers ...) ou un choix décidé par l'entreprise (prédalle, acrotère ...) entraîne parfois des problèmes et des retards surtout dus à la fabrication et que son lien au gros œuvre dans le déroulement du chantier vient amplifier considérablement.

Mais, surtout, les finitions et petits ouvrages divers sont les postes les plus délicats et souvent les plus inflationnistes — en partie peut-être parce qu'ils se situent en «bout de chaîne» du gros œuvre et qu'ils réalisent tant en qualité qu'en type d'ouvrage tout ce que le coffrage lui-même n'a pas pu faire.

Par ailleurs, l'enchaînement des tâches fait que de petits retards entraînent parfois au résultat final des heures perdues bien plus considérables.

Le «cycle béton» est donc souvent le poste le plus stable.

Ces remarques préalables qui seront développées par la suite sont primordiales pour aiguiller la lecture des heures par ouvrage. Elles permettent d'éclairer et de resituer maintenant de manière plus large la réponse à la première question : «Où vont les heures de travail ?».

## LE BÉTON ARMÉ

L'étude plus fine du rapport matériaux/main d'œuvre montre les contrastes importants qui existent dans l'affectation des heures de travail direct sur chantier et notamment la disproportion entre les quantités et coûts des matériaux et ceux des heures de travail, qui les mettent en œuvre.

On constate en effet que :

- 50 à 60% des heures environ mettent en œuvre de 75 % jusqu'à 80 à 90 % du coût matériaux. Ces coûts correspondent à la réalisation des travaux de béton armé ; et représentent ensemble les trois-quarts du déboursé sec production propre (D.S.P.P.).
- 2 % des heures environ mettent en œuvre 4 à 5 % du coût matériaux. Ces coûts correspondent à la pose des escaliers et gaines préfabriquées ; et représentent ensemble 3 % du D.S.P.P.

Au total donc environ 55 à 65 % des heures de production propre (PP) mettent en œuvre 85 à 95 % du coût des matériaux P.P. et réalisant la quasi-totalité du gros œuvre P.P., soit environ 22 % du prix de vente H.T. total de la construction.

Il reste ainsi 35 à 45 % des heures P.P. pour 5 à 15 % seulement du coût des matériaux P.P. et faisant à eux deux environ 6 % du prix de vente H.T. total. Ces heures se répartissent dans les postes suivants :



DÉCOMPOSITION DES COÛTS DES TRAVAUX DE BÉTON ARMÉ EN % DU DEBOURSE SEC  
DE PRODUCTION PROPRE DU GROS OEUVRE ET EN % DU PRIX DE VENTE HORS TAXE

TABLEAU N° 11

	N° 2		N° 4		N° 6	
	% D.S.P.P.	% P.V. H.T.	% D.S.P.P.	% P.V. H.T.	% D.S.P.P.	% P.V. H.T.
<b>CANALISATION &amp; ASSAINISSEMENT</b> (hors préparation acier)						
– main d'œuvre	0,3 %	0,09 %	Compris avec dallages		–	–
– matériaux	0,5 %	0,14 %			–	–
-----					-----	-----
Total :	0,8 %	0,23 %			–	–
<b>FONDACTIONS</b> (hors préparation acier)						
– main d'œuvre	2,8 %	0,80 %	2 % *	0,55 %	2,3 % *	0,47 %
– matériaux	2,6 %	0,75 %	1,2 %	0,33 %	1,0 % *	0,20 %
-----						
Total :	5,4 %	1,55 %	3,2 %	0,88 %	3,3 %	0,67 %
<b>DALLAGES</b> (hors préparation acier)						
– main d'œuvre	Compris avec fondations		1,5 %	0,42 %	(vide-sanitaire)	
– matériaux			1,9 %	0,53 %	4,8 %	0,98 %
-----					4,7 %	0,96 %
Total :			3,4 %	0,95 %	9,5 %	1,94 %
<b>TOTAL (I)</b> (hors préparation acier)						
– main d'œuvre	3,1 %	0,89 %	3,5 %	0,97 %	7,1 % *	1,45 %
– matériaux	3,2 %	0,92 %	3,1 %	0,86 %	5,7 %	1,16 %
-----						
Total :	6,3 %	1,81 %	6,6 %	1,83 %	12,8 %	2,61 %
<b>INFRASTRUCTURE</b>						
– main d'œuvre	8 %	2,30 %	7,6 % *	2,11 %	–	–
– matériaux	10,2 %	2,93 %	5,6 % *	1,55 %	–	–
-----					-----	-----
Total :	18,2 %	5,23 %	13,2 % *	3,66 %	–	–
<b>SUPERSTRUCTURE</b>						
– main d'œuvre	19,2 %	5,51 %	14,8 % *	4,10 %	19,2 % *	3,92 %
– matériaux	22,3 %	6,40 %	20,5 % *	5,68 %	16,8 % *	3,43 %
-----						
Total :	41,5 %	11,91 %	35,3 % *	9,78 %	36 % *	7,35 %
<b>TOTAL OSSATURE BÉTON (II)</b> (hors acier)						
– main d'œuvre	27,2 %	7,81 %	22,4 %	6,21 %	19,2 % *	3,92 %
– matériaux	32,5 %	9,33 %	26,1 %	7,23 %	16,8 % *	3,43 %
-----						
Total :	59,7 %	17,14 %	48,5 %	13,44 %	36 % *	7,35 %
<b>TOTAL BÉTON (I + II)</b>						
– main d'œuvre	30,3 %	8,70 %	25,9 %	7,18 %	26,3 %	5,37 %
– matériaux	35,7 %	10,25 %	29,2 %	8,09 %	22,5 %	4,59 %
-----						
Total :	66 %	18,95 %	55,1 %	15,27 %	48,8 %	9,96 %
<b>TOTAL ACIER (III)</b>						
– main d'œuvre	5,4 %	1,55 %	8,4 %	2,33 %	7,1 %	1,45 %
– matériaux	5,1 %	1,46 %	9,1 %	2,52 %	6,7 %	1,37 %
-----						
Total :	10,5 %	3,01 %	17,5 %	4,85 %	13,8 %	2,82 %
<b>TOTAL BÉTON ARMÉ (I + II + III)</b> (compris acier) (1)						
– main d'œuvre	30,3 %	8,70 %	25,9 %	7,18 %	26,3 %	5,35 %
– matériaux	46,3 %	13,26 %	46,7 %	12,94 %	36,3 %	7,41 %
-----						
Total :	76,5 %	21,96 %	72,6 %	20,12 %	62,6 %	12,76 %

\* Estimation, calculée par recouplement des documents de la comptabilité du chantier obtenus.

(1) La main d'œuvre acier est incluse dans le coût matériaux.

- maçonnerie ;
- ouvrages en terrasse ;
- finitions ;
- divers.

Le béton armé est donc le coût dominant au total comme en coût main d'œuvre et coût matériaux, mais avec une bonne productivité économique du travail. Un tiers à un-demi presque des heures de travail est dilué («perdu») dans une multitude de travaux complémentaires, notamment la finition dont la productivité est très médiocre et qui reviennent donc très chers.

Le meilleur rendement est obtenu avec les travaux de béton armé proprement dits (fondations, dalles, cycles des rotations des voiles et plancher ...) puisqu'ils nécessitent un peu plus de la moitié des heures de main d'œuvre (52 à 63 %) pour mettre en œuvre plus des trois-quarts du coût des matériaux (90 %), leur total faisant généralement les trois-quarts environ du déboursé sec du gros œuvre production propre.

Les décomptes des résultats par chantier donnent les résultats du TABLEAU N° 22 suivant ou 52 % à 63 % de la main d'œuvre sont nécessaires pour mettre en œuvre 74 à 90 % du coût matériaux.

Les coûts de main d'œuvre et de matériaux se répartissent ainsi :

TABLEAU N° 12		N° 2		N° 4		N° 6	
		% de la consommation totale - de m.o.d. - de mat.	Rapport dans le coût entre : - le coût m.o.d. - coût mat.	% de la consommation totale : - de m.o.d. - de mat.	Rapport dans le coût entre : - le coût m.o.d. - coût mat.	% de la consommation totale : - de m.o.d. - de mat.	Rapport dans le coût entre : - le coût m.o.d. - coût mat.
Travaux de béton armé hors coût de préparation armatures	m.o. mat	62,7 % 69,1 %	46 54	56,2 % 54,2 %	47 53	51,8 % 45,8 %	54 46
Coût préparation armatures*	m.o. mat	10,4 % 9,9 %		15,6 % 16,9 %		14,4 % 13,6 %	
<b>TOTAL</b> béton armé	m.o. mat	62,7 % 89,4 %	39 61	56,2 % 86,7 %	35 65	51,8 % 73,8 %	42 58
		% du DSPP		% du DSPP		% du DSPP	
Main d'œuvre/D.S.P.P.		30,3 %		25,9 %		26,3 %	
Matériau/D.S.P.P.		46,3 %		46,7 %		36,3 %	
Rapport m.o./ma. du chantier en %			48,3 51,7		46,1 53,9		50,8 49,2

\* Le coût main d'œuvre acier est inclus au coût du matériau lui-même.

On peut tout d'abord remarquer le caractère stable du rapport main d'œuvre/matériaux pour des chantiers comparables, surtout pour les travaux de béton armé et le total béton armé + acier, ce qui confirme que techniquement, en ce qui concerne les grandes entreprises en tout cas, il n'y a pas de différence sensible de productivité au niveau du béton. De même, la productivité est moins bonne sur les petits chantiers plus difficiles (n° 6). Ce constat général sera affiné lors de l'étude des rotations journalières et des types de techniques et de bâtiments.

On voit également le poids important des heures de préparation des armatures, travaux directement liés au béton.

La décomposition des travaux de béton en ses principaux postes, pour sa part, donne les résultats suivants :

- \* Le poste acier n'est pas négligeable dans les coûts du déboursé sec production propre de l'entreprise (10 à 17 %), bien qu'il représente dans le prix de vente H.T. que 2,5 à 5 %.

Comme nous l'avons vu précédemment dans le rapport main d'œuvre/matériau, le coût de l'acier lui-même, faible en coût unitaire (4 F/kg) est multiplié par deux une fois prêt à l'emploi.

Le recours à la sous-traitance de la préparation des armatures, voire de leur mise en place, s'explique-t-il par son intérêt économique ou/et par le délestage qu'il procure dans les contraintes d'organisation et de gestion de chantier? Il semble en tous cas y avoir un créneau de marché pour des entreprises spécialisées de ce type assurant sécurité, sérieux et qualité de leurs prestations.

- \* Les fondations, dallages, etc ..., pour leur partie béton, font environ 2 % du prix de vente H.T. et 6 à 13 % du déboursé sec de la production propre. Les variations et les gains potentiels que l'on peut enregistrer sont bien sûr fonction des conditions naturelles (terrain) et de l'environnement (reprises en sous-œuvre ...). Mais la qualité de l'exécution des terrassements et notamment des tranchées et des puits permettant de couler directement sans coffrage n'est pas sans incidence, d'où la nécessité de bien choisir l'entreprise qui les exécutera.

La productivité économique de ce poste, elle, paraît moins évidente puisqu'il s'agit de travaux nécessitant beaucoup de main d'œuvre (50 % et plus du coût).

Si la bonne exécution des fondations (précision, qualité ...) est fondamentale pour la suite du chantier (et aussi la responsabilité), celle-ci est cependant sous-traitée dès qu'il ne s'agit plus de travaux

simples (fondations spéciales ...) nécessitant un soin et surtout un matériel particulier : la technicité et l'amortissement du matériel dictent ce choix.

- \* La partie ossature béton (hors coût acier) représente une part importante du déboursé sec de la production propre (36 à 60 %). L'ossature béton armé a la productivité économique de la main d'œuvre la meilleure. En effet, la productivité économique de l'ossature béton (hors acier) est égale ou supérieure à celle de la partie béton totale (hors acier) comme le montrent les rapports main d'œuvre/matériau du TABLEAU N° 12. L'incidence du coût acier est d'améliorer la productivité économique des travaux de béton (acier compris), comme le montre le TABLEAU N° 12 et la partie ossature béton, qui est la plus grosse consommatrice d'acier, a donc la productivité économique la meilleure du chantier, supérieure à celle déjà bonne des travaux de béton armé en général.

Mais il faut remarquer que, bien qu'elle corresponde à l'essentiel en tant qu'avancement du gros œuvre du bâtiment, elle ne représente dans son coût qu'une part beaucoup plus relative, le reste étant absorbé par d'autres travaux et notamment les travaux complémentaires et les travaux de finition.

Le coût de la partie superstructure, à laquelle on peut appliquer la même remarque, est le coût dominant de l'ossature béton (35 à 40 % du déboursé sec de la production propre) avec une productivité économique de la main d'œuvre similaire.

### 3. — LES ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS (COMPLÉMENT DE GROS-OEUVRE)

Il s'agit des éléments standards de gros œuvre issus de l'industrie du béton, achetés et mis en œuvre par le chantier. Ces composants sont les escaliers et les conduits et gaines (ventilations, vide-ordure ...). Sur les chantiers où le cas se présente, nous avons également ajouté ici la fabrication et la pose des éléments spéciaux de gros-œuvre, préfabriqués sur le site pour des raisons techniques, organisationnelles, etc. (pièces de bow-windows, poteaux, ...).

Par contre, ne sont pas comptabilisés ici les prédalles (celles-ci sont comptées avec le cycle béton, auquel elles sont directement liées) et les acrotères préfa (ceux-ci sont regroupés avec les ouvrages en terrasse) mais ne peuvent pas toujours être distingués de ces travaux.

De plus, les acrotères sont ou achetés, ou préfabriqués forainement, ou coulés in situ et il ne semble pas y avoir un mode de réalisation qui se dégage des autres, contrairement aux escaliers, gaines, etc).

Au total, on constate un rapport main d'œuvre/matériau compris entre 20/80 et 30/70 environ, si on excepte les 40/60 environ du chantier n° 2 dont les résultats doivent être relativisés. Ces chiffres, bien supérieurs à la moyenne du chantier, incluent parfois, en plus de la pose, des travaux d'équipements (grilles ...) et de finition. Ils ne concernent cependant qu'une faible part des travaux et du coût du déboursé sec de la production propre.

Les composants standards de gros œuvre, auxquels correspondent en fait ces ratios ne pénalisent donc pas le chantier. Il ne faut cependant pas à partir de là généraliser ce constat à la préfabrication en général de n'importe quelle partie du bâtiment (murs, ...), au contraire, car les éléments en question ici correspondent à des ouvrages techniques spéciaux et « marginaux » par rapport au gros œuvre de structure et qui lui dicte la logique technique et organisationnelle du chantier.

D'ailleurs, plus qu'un intérêt économique apparemment très ponctuel et de faible importance, on peut penser que l'intérêt essentiel de ces composants standards est organisationnel dans la mesure où ils allègent les contraintes du cycle béton (escalier par exemple) ou d'autres travaux (gaines ...) tout en apportant plus de souplesse et de sécurité d'exécution et de qualité.

TABLEAU N° 13

ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS	N° 2		N° 4		N° 6	
Eléments spéciaux (fabrication + pose)						
— main d'œuvre	1,5 %	73				
— matériaux	0,6 %	27				
Escaliers (pose)						
— main d'œuvre	1,3 %	38	0,8 %	22	3,1 %	29
— matériaux	2,4 %	62	3,4 %	78	10,5 %	71
Conduites et gaines + équipements (pose)						
— main d'œuvre	0,6 %	25	0,6 %	24	estimation	
— matériaux	2,2 %	75	2,1 %	76	8,3 %	
TOTAL ÉLÉMENTS PRÉFA.						
— main d'œuvre	3,4 %	42	1,4 %	22		
— matériau	5,2 %	58	5,5 %	78		
— main d'œuvre D.S.P.P.	1,8 %		0,7 %			
— matériaux D.S.P.P.	2,5 %		2,5 %			

CHAPITRE VI

PRODUCTIVITÉ PHYSIQUE DU TRAVAIL  
ET CONCEPTION ARCHITECTURALE

## 1. — COMPARAISON DES RATIOS DE CHANTIER

### UNE PRODUCTIVITÉ GÉNÉRALEMENT MÉDIOCRE

Les résultats d'une recherche sur le coulage du béton in situ (1) que nous avons effectuée en 1982, nous permettent de dégager un cadre d'approche de la productivité sur chantier et de disposer de quelques points de repères indispensables. Par ses performances potentielles qui sont les plus élevées, le coffrage tunnel est la technologie de référence qui donne l'étalon de productivité pour observer les autres procédés de béton. Les informations communiquées à l'époque par la Société OUTINORD - leader mondial du coffrage - nous permirent de classer les productivités de chantier en trois grandes catégories pour le coffrage tunnel qui est celui qui permet d'atteindre les meilleures productivités.

« La référence de base pour indiquer les performances du coulage du béton in situ est la rotation journalière qui indique le rythme d'avancement du chantier par équipe de travail.

Les premières recherches engagées sur des chantiers en France et à l'étranger ont permis de distinguer trois types de performances :

- 1) Les performances médiocres sont dues à l'absence de toute répétition dans la rotation et à des modifications fréquentes de l'outil journalier. Le chantier est caractérisé par un suréquipement de coffrages et notamment de coffrages spéciaux pour résoudre les problèmes d'angles compliqués.

Les performances sont de l'ordre de 0,27 à 0,33 heure effective par m<sup>2</sup> coffré, auxquelles il faut ajouter 40 à 50 % dus aux aléas de chantier, aux coffrages non utilisés, au personnel improductif, pour arriver à 0,40 à 0,50 heure effective globale. Ces performances entraînent un surcoût de 2 %.

- 2) Les performances moyennes sont atteintes avec des cellules répétitives. Mais la suppression de certains éléments en cours de cycle et des modifications dans l'incorporation et dans les rénovations freine l'avancement des travaux.

Les performances sont de l'ordre de 0,15 à 0,18 heure effective ou de 0,22 à 0,27 heure globale par m<sup>2</sup> coffré. Ces performances permettent de rentrer dans les prix de référence.

- 3) Les bonnes performances demandent des séquences répétitives sans modification (ou de modification mineure) de l'outil journalier sans incorporation freinant le cycle de rotation. Les bonnes performances atteignent 0,08 à 0,10 heure effective ou 0,12 à 0,15 heure globale par m<sup>2</sup> coffré.

Une préparation minutieuse de toutes les tâches de chantier, y compris l'organisation des séquences des corps d'état secondaires permettent de réaliser de telles performances».

Si on s'en tient à ces ratios, les résultats de productivité relevés sur les chantiers enquêtés apparaissent médiocres à moyens dans le meilleur des cas, comme le montre le tableau suivant :

(1) Le coulage du béton in situ à l'aide de coffrages outils, Peter BACHTOLD, in « Pour l'élaboration d'un Manuel de Construction », M.U.L./S.R.A., avril 1983, contrat n° 81 01 570 00 223 75 01.

TABLEAU N° 14

		N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	
VOILE	Procédé Coffrage	Banche	Banche	Banche	Tunnel	Banche	Banche	Banche	
	h/m2 de voile (1)	0,37h/m2	0,38h/m2	0,32h/m2	0,33h/m2	0,33h/m2	0,37h/m2	0,26h/m2	
PLANCHER	PROCÉDÉ DE COFFRAGE	Poutrelle + Contre-plaqué	Poutrelle + Contre-plaqué	Poutrelle + Contre-plaqué		0,88h/m2	Poutrelle + prédalle foraine	Poutrelle + Contre-plaqué	Poutrelle + prédalle préfa.
	h/m2 de plancher (1)	0,55h/m2	0,66h/m2	0,72h/m2			0,71h/m2	0,56h/m2	
h/m2 sur la moyenne mur/ plancher		0,44h/m2	0,42h/m2	0,45h/m2	0,47h/m2	0,48h/m2	0,34h/m2		

(1) h/m2 d'ouvrage construit en étage courant : heure de coffrage + heures de coulage du béton (hors acier, etc ...). Pour les murs, le ratio h/m2 correspond à un seul côté du mur. Le temps nécessaire pour construire 1 m x 1 m de mur est donc le double (deux côtés).

En effet, ces ratios révèlent que la catégorie des bonnes performances n'est jamais atteinte et que tout au plus on s'approche des performances moyennes les plus basses !.

Seul le tunnel se démarque des autres procédés avec un ration sur la moyenne mur-plancher nettement meilleur, mais sans pour cela atteindre les valeurs très performantes qu'il permet de réaliser.

Le chantier n° 7, qui atteint les meilleures performances avec un matériel banche + prédalle met en évidence la médiocre productivité des autres chantiers.

On remarquera également les temps élevés au m2 plancher et c'est lui qui en fait établit la différence entre les procédés, surtout pour le tunnel.

Pour un même procédé, les écarts d'un chantier à l'autre montrent que ses performances potentielles ne sont pas exploitées au mieux.

Nos entretiens avec les conducteurs de travaux sur leur expérience d'autres chantiers récents laissent penser que ce phénomène de mauvaise productivité est général. Comment s'explique un tel constat ?

#### UNE CONCEPTION PEU ADEQUATE

Tout d'abord, il est clair que les raisons caractéristiques de ces types de performances telles que nous les avons présentées à l'époque se retrouvent sur les chantiers enquêtés et expliquent effectivement l'impossibilité de s'orienter vers de meilleures performances :

- o Mauvaise compatibilité dimensionnelle des ouvrages aux outils de coffrage (trame, longueur ...) et aux possibilités de cadences élevées ;
- o Pas de répétitivité des rotations, ni au niveau de l'outil, ni à celui des incorporations ;
- o Cas particuliers (angles, décrochements, etc) nécessitant des coffrages spéciaux et/ou une adaptation au coup par coup.

Bien sûr, ponctuellement, on peut voir sur un chantier (n° 7 et n° 4 notamment) tel ou tel point traité plus favorablement que sur les autres chantiers. Mais ces différences ça et là ne suffisent pas pour permettre d'arriver à un gain sensible car jamais, surtout, ces trois conditions premières ne sont réunies sur un même chantier, même pas sur un même cycle (seul le chantier n° 7 si on fait abstraction de quelques détails, échappe à ce constat).

Pourtant, l'élasticité des rotations journalières et les écarts que l'on peut constater en plus ou en moins par rapport à la moyenne du chantier montrent bien que peu de choses souvent suffisent pour faire varier les cadences et qu'une amélioration sensible de la productivité peut être obtenue à moindre effort, tant au niveau de la conception tout d'abord qu'à celui du chantier ensuite puisque ces possibilités d'optimisation sont ainsi augmentées. La catégorie des performances moyennes pourrait donc être facilement atteinte, soit environ - 30 % des heures de cycles actuelles.

La conception, en tant que maillon-clé préfigurant les résultats de chantier, joue donc actuellement un rôle de blocage incontournable tant en ce qui concerne les performances qu'indirectement au niveau d'améliorations et d'évolution des matériels de coffrage.

### UN MATÉRIEL NÉCESSAIREMENT PEU SOPHISTIQUE

Face à ces caractéristiques peu propices à de bons rendements et dans une conjoncture où le problème de l'investissement se pose de façon cruciale pour l'entreprise, le choix du matériel de coffrage s'oriente vers un matériel peu sophistiqué à moindre coût permettant de répondre au plus juste à la diversité de cas de figure des bâtiments.

Dans la mesure où la conception prédéfinit, quand elle ne les fige pas, les rendements possibles, la priorité de l'entreprise ne va pas vers une recherche d'amélioration de la productivité en elle-même au niveau de l'outil, mais beaucoup plus d'optimisation de ses «à-côtés» et de la gestion des interfaces, tant techniques et organisationnelles, que financières.

Si ce dernier point est en soi un phénomène positif et indispensable pour atteindre de bons résultats, on peut néanmoins remarquer que l'outil est dissocié dans cette recherche, alors qu'il devrait en être un des éléments moteurs.

### L'EXEMPLE SIGNIFICATIF DES PLANCHERS

Le coffrage du plancher est certainement ce qui illustre le mieux ces problèmes de la limitation de l'investissement et de la sophistication de l'outil par rapport aux possibilités de rendement. En effet, si pour les voiles la banche est le matériel quasi-unique qui s'est imposé, en ce qui concerne les planchers on constate la grande variété de solutions :

- \* Coffrage «rudimentaire» en contre-plaqué de petites dimensions (manuportables) soutenu par poutrelles et étais montés et démontés à chaque rotation. Il correspond à un investissement réduit et généralement consommé sur le chantier, pour ce qui est du coffrage, amorti sur plusieurs chantiers (location) pour les poutrelles et étais.
- \* Prédalle foraine où la capacité et la régularité de fabrication conditionnent largement le cycle de mise en œuvre et qui demande un investissement faible (mais plus sensible) pour le banc de prédalle. Tout le matériel (banc, poutrelles, étais) s'amortit sur plusieurs chantiers.
- \* Prédalle préfa qui, finalement, diffère le problème de l'investissement en l'incorporant (en partie) directement dans le coût «matériaux». Elle demande cependant du matériel complémentaire de mise en œuvre (poutrelles, étais ...), mis à part le cas des prédalles épaisses «sans étai» qui restent rares. Ce matériel est amorti sur plusieurs chantiers (location ...).
- \* Les tables coffrantes ont quasiment disparu.
- \* Le tunnel reste très marginal.



Ainsi, les coffrages outils ne sont plus utilisés pour la réalisation des planchers et ont laissé la place à des techniques beaucoup moins élaborées, accompagnés de médiocres performances. Comment s'explique ce retour en arrière :

- absence de dynamisme et d'intérêt au niveau de la filière ?
- manque d'adaptation des fabricants ?
- retombées de la diversité architecturale ?
- incidences de la crise économique sur les investissements ?
- politique d'entreprise ?

Au-delà de quelques constats généraux, il est difficile d'en expliquer précisément les raisons.

Pourtant, les mauvaises productivités au m<sup>2</sup> de plancher enregistrées font réfléchir, notamment sur les conséquences de ce choix de matériel puisqu'au m<sup>2</sup> de coffrage, les temps sont beaucoup plus élevés que pour les murs, voire le double !

Entre les trois techniques de coffrage plancher couramment utilisées aujourd'hui, et pour lesquelles poutrelles et étais sont donc pratiquement toujours nécessaires, la différence ne réside finalement que dans la peau de coffrage à laquelle, en principe, il faut rajouter :

- . les incorporations (électricité, plomberie),
- . le ferrailage,
- . la quantité de béton coulée en place.

Or, ces trois derniers n'influent que de façon très mineure sur les différences de productivité.

- \* Les incorporations sont comptabilisées à part des temps de mise en œuvre (sous-traité). Malgré l'allègement potentiel du temps d'implantation et de pose des attentes dans le cas de la prédalle, et notamment de la prédalle préfabriquée, il n'y a pas de différence importante entre prédalles et coffrage bois.
- \* Le ferrailage qui lui aussi n'est pas comptabilisé dans les temps de mise en œuvre, mais dans le poste «acier», représente en supplément de ces heures de cycle si on prend les ratios généralement retenus sur les chantiers :

TS	à 6 kg/m <sup>2</sup>	x	25 h/T (1)	=	0,15 h/m <sup>2</sup>
TOR	à 2 kg/m <sup>2</sup>	x	50 h/T (1)	=	0,10 h/m <sup>2</sup>
TOTAL FERRAILLAGE :					0,25 h/m <sup>2</sup>

(1) tout compris : déchargement, préparation et mise en place.

Les gains possibles entre prédalle et coffrage sont faibles dans la mesure où la prédalle ne comporte généralement que les armatures inférieures. Comparé aux temps élevés de mise en œuvre, le gain total est certainement très minime.

- \* Le bétonnage : Certes, les quantités de béton coulées en place varient obligatoirement d'un procédé à l'autre en fonction de l'épaisseur de la prédalle. Il faut cependant ici faire deux observations :

- Tout d'abord, le temps de bétonnage ne représente qu'environ un-tiers à un-quart du temps de mise en œuvre total du plancher.
- Ensuite, bien que les quantités influent sur le nombre de livraisons (1 mn à 5 mn selon les chantiers pour environ 600 l, soit environ 0,03 h/m<sup>3</sup> à 0,14 h/m<sup>3</sup>), le déversement du béton n'est pas l'essentiel du temps, celui-ci est surtout absorbé par les tâches d'égalisation, lissage, etc qui ne sont donc pas fonction de la quantité, mais de la surface réalisée.

Les écarts de productivité liés à la quantité de béton semblent donc peu significatifs (sauf dans le cas des prédalles épaisses sans étai et sans dalle de compression, bien sûr, mais qui restent marginales).

Le système de soutènement (poutrelles + étais) nécessaire dans les trois cas, sauf exception, est quantitativement toujours à peu près le même par m<sup>2</sup>. Il représente une part très importante du coût coffrage. Par ailleurs, il absorbe une grande partie du temps de travail : démontage, colisage, transport, montage, réglage de mise à niveau, ce qui se traduit dans les valeurs assez élevées et relativement identiques de la productivité au m<sup>2</sup> plancher sur les différents chantiers.

Pour obtenir un gain potentiel ou réel, la différence essentielle est donc apportée avant tout par la peau de coffrage (prédalle ou contre-plaqué manuportable). Or, au niveau de la productivité, l'avantage de la grande dimension de la prédalle par rapport au contre-plaqué manuportable ne semble pas entraîner de gain significatif !.

Par contre, le coût de la peau de coffrage varie beaucoup plus, le contre-plaqué s'avérant le moins cher et la prédalle apportant un coût de fabrication (main d'œuvre + matériel) non négligeable.

Dans le cas de la fabrication foraine on peut estimer le coût :

– main d'œuvre : 0,07 h/m <sup>2</sup> x 90 F. =	0,30 F/m <sup>2</sup>
(ratio du chantier n <sup>o</sup> 5. Sur le chantier n <sup>o</sup> 4 : 0,29 prévu et 0,54 réel et, pour une autre entreprise, en 1977 : 0,35, soit 4 à 5 fois plus).	
– matériel de préfa (Pré-étude du chantier n <sup>o</sup> 2)	0,42 F/m <sup>2</sup>
	-----
	6,72 F/m <sup>2</sup>

Ainsi, au niveau du cycle béton lui-même, la prédalle est pénalisée aussi bien économiquement par son coût matériau que productivement puisqu'elle est loin de faire la différence. Des trois, le coffrage contre-plaqué apparaît le plus efficace et le plus concurrentiel.

Si on élargit le champ d'observation en incluant le problème du ragréage et des finitions de gros œuvre, il est vrai que la prédalle peut apporter des avantages, en tout cas la prédalle préfa, dans la mesure où elle offre une sous-face finie acceptable, voire « prêt à enduire ». Reste cependant le traitement des joints et des cueillies qui est souvent le plus délicat et le plus long.

Dans la même entreprise, le temps de ragréage par logement est le même qu'il s'agisse de prédalle préfa, foraine ou de coffrage contre-plaqué manuportable :

- 1 maçon pour la reprise des gros défauts pendant le cycle,
- environ 42 h/logement en finition de gros-œuvre (ragréage, etc).

Ces chiffres comprennent voiles et planchers confondus, mais les quantités jours étant respectivement similaires sur ces chantiers, cela ne peut guère influencer le constat précédent.

A priori, il n'apparaît donc pas de différence notable entre les trois procédés, en ce qui concerne les finitions, à qualité d'exécution équivalente.

Toute prête ainsi à penser que la prédalle (préfa ou foraine) n'apporte rien de mieux au niveau du déboursé sec de la mise en œuvre, ni en coût matériau (au contraire), ni en coût main d'œuvre.

De là à conclure que la prédalle est une mauvaise solution est cependant trop hâtif. Car si économiquement elle ne présente pas d'avantage en ce qui concerne l'ouvrage lui-même, il n'en est pas toujours de même pour autant à l'échelon global du chantier.

Les critères justifiant son choix sont donc d'organisation et de gestion au niveau du chantier (planification, sous-traitance, souplesse de rotation au niveau du chantier et de rattrapages de cycle ...).

D'ailleurs, la prédalle foraine est la technique quasi-exclusive depuis longtemps à la S.A.E., largement en tête des groupes français avec BOUYGUES qui, elle, utilise surtout le coffrage contre-plaqué. On ne peut donc avoir un jugement aussi tranché et catégoriquement négatif sur la prédalle.

Ce qui est sûr, par contre, c'est que le choix de la technique et du matériel relève de l'entreprise et de sa politique.

A ce sujet, justifiant son choix d'un matériel plus cher, mais à haute productivité potentielle (le tunnel) le directeur d'un groupe important de Bâtiment nous déclarait de façon volontairement exagérée : « La prédalle est souvent le refuge des mauvaises organisations ... ou des architectures tarabiscotées. Il n'y a plus d'effet de série et d'organisation réellement efficace ».

Ces propos caricaturaux qu'il ne faut pas prendre au pied de la lettre soulèvent en effet la question des performances potentielles et des capacités d'évolution des techniques de coffrage. Et là, il est vrai qu'on entrevoit difficilement la possibilité d'atteindre des productivités élevées avec coffrages rudimentaires comme le contre-plaqué manuable ou avec la prédalle dont l'amélioration, par des procédés du type « COUNCO », ne semble pas évidente : le « COUNCO », mis au point conjointement par la S.A.E. et OUTINORD, bien que basé sur un principe simple et séduisant (former un tunnel n'ayant pas de contrainte d'adaptation dimensionnelle en associant une banche et une prédalle, posée sur la banche) a rencontré des problèmes au niveau de l'organisation de chantier (cycles, matériel, ...) et d'adaptation architecturale (décrochements, porte-à-faux, répétitivité, ...).

Seule, l'utilisation de coffrages outils plus élaborés permet d'arriver à de tels résultats. Les performances du tunnel, pourtant sur un chantier qui était loin d'être du sur-mesure, laissent entrevoir ces possibilités.

Mais les blocages principaux se situent à deux niveaux difficiles à toucher et à influencer :

- o les concepteurs d'un côté, peu sensibilisés à ces problèmes,
- o les grandes entreprises de l'autre dont les centres d'intérêts et les politiques actuelles ne semblent pas orientés vers de telles préoccupations. Faute d'avoir trop voulu, ou pas su, convaincre ?

## LES BANCHES

La réalisation des voiles se distingue de celle des planchers en ce qui concerne le matériel et également les ratios de productivité au m<sup>2</sup> coffré et il est évident que les deux sont liés.

Au niveau du matériel, sans se lancer dans une description et une étude poussées, il faut préciser qu'il convient mieux de parler de gamme de banches que d'un matériel unique. Les différences entre elles sont cependant mineures, surtout dimensionnellement.

Il n'y a pas eu d'évolution fondamentale de l'outil lui-même en ce qui concerne le travail. Les points essentiels en rapport sont surtout l'amélioration positive de la sécurité incorporée (stabilisation, etc).

Les autres efforts essentiels ont porté sur la rationalisation des «à côtés» complémentaires de la banche : montage-démontage, colisage, entretien.

L'évolution que l'on constate au niveau du matériel neuf est la généralisation des banches reliées en vis-à-vis par un portique de levage. Les deux banches face à face sont ainsi levées en une seule opération et restent écartées d'un 1,20 m environ pour permettre le travail des ouvriers puis sont refermées pour coffrer le mur. Leur intérêt est surtout au niveau de la sécurité (autostables) et de l'emploi de la grue (moins de coups de grues) car il n'apparaît pas de nette différence de productivité comparé à la banche traditionnelle. La banche CONTAINER est une banche de ce type.

## 2. — LES ROTATIONS JOURNALIERES

L'analyse des rotations journalières permet de comprendre les raisons des constats précédents et de voir de quelle façon la conception limite les possibilités d'une meilleure productivité, au niveau du rendement du plan d'une part (rapport m<sup>2</sup> mur/m<sup>2</sup> dalle notamment) et des cas particuliers d'autre part.

Les documents que nous avons analysés sont les plans de rotations journalières effectives sur le chantier et qui correspondent au plus près à la réalité du déroulement de la construction. Seuls quelques aléas quotidiens viennent parfois modifier légèrement la planification de ces rotations (intempéries, retards de livraison, incident technique, absentéismes).

S'ils peuvent poser des problèmes à l'entreprise, ils restent ponctuels et nous n'en avons pas tenu compte dans notre étude. Les rotations journalières étudiées concernent le déroulement normal du chantier. Nous avons sélectionné un étage (le plus souvent l'étage courant) ou bien une partie significative du bâtiment. Les performances obtenues sur ces parties de la construction sont représentatives du déroulement général de la construction de la superstructure des bâtiments de l'opération.

### QUANTITÉ JOUR ET PRODUCTIVITÉ

Avant d'aborder l'analyse des rotations journalières, quelques précisions permettent de mieux comprendre les éléments étudiés. La première précision à apporter concerne la façon dont l'entreprise détermine son organisation et les moyens qu'elle va mettre en œuvre.

En grande partie, les choix qui vont pré-déterminer le déroulement du chantier échappent à l'équipe qui va organiser puis gérer le déroulement du chantier.

Cette division des tâches entre le service commercial et l'encadrement de chantier est due en partie à la nature des rôles de chacun (prioritairement emporter un marché, puis assurer sa bonne rentabilisation et, garantir - améliorer - la marge). A cela, s'ajoutent les problèmes de la remontée de l'information, de l'expérience tirée des chantiers jusqu'au commercial (dont les critères d'analyse sont obligatoirement beaucoup moins concrets et plus généraux («statistiques»)). S'ajoute à cela la difficulté d'établir une «typologie» d'opération réellement opérationnelle, vue la diversité des cas, tant architecturale que du point de vue du montage de l'opération.

A son niveau, le service commercial détermine, au fur et à mesure de sa négociation avec le maître d'ouvrage (voire le maître d'œuvre) les grandes décisions qui vont figer très fortement le déroulement et l'organisation du chantier :

- o les délais,
- o un certain nombre de choix techniques (souvent, notamment, le procédé de construction des façades : parpaings, béton coulé, préfa, ...).

Dans certains cas, les options prises pour réduire les prix conduisent à choisir au niveau du commercial la technique exacte qui sera utilisée (mode d'accrochage des panneaux préfa sur le chantier n<sup>o</sup> 1 par exemple, solution prédalle sur le chantier n<sup>o</sup> 3 - solution abandonnée à l'exécution pour des problèmes d'installation, etc ...). Le plus souvent, ces choix sont irréversibles.

Les autres services (méthode, conduite du chantier) reprennent ces conditions négociées et organisent la production. Le processus complexe négociation/étude/organisation/gestion, est bien sûr présenté ici d'une façon très simplifiée.

En fonction des quantités totales à exécuter et des délais, les quantités/jour des rotations sont déterminées. Celles-ci ne sont donc pas à confondre avec la productivité du travail, même si elle leur est liée. La quantité/jour permet d'évaluer, d'une part l'effectif minimum nécessaire (en fonction de la productivité envisageable) et d'autre part les quantités minimales de matériel.

Par exemple, une quantité/jour de 20 ml de voile, soit 100 m<sup>2</sup>/j (20 ml x 2,50 mh x 2 côtés), en admettant une productivité de 0,40 h/m<sup>2</sup> demande une équipe de 5 hommes (100 x 0,40 h/m<sup>2</sup> = 40 h = 5 x 8 h). En réalité, ce simple calcul n'est pas le seul critère pour déterminer l'équipe : en effet, il y a en général un nombre optimal (autour de 7 ouvriers + 1 chef d'équipe) correspondant à un éventail de qualification complémentaire (boiseurs, maçons, manœuvres). La productivité n'est pas forcément proportionnelle au nombre d'hommes.

L'estimation des quantités de matériel dépend du nombre entier de banches nécessaires. Ainsi, pour 20 ml de voiles/j, avec des banches de dimensions courantes (0,65 m, 1,25 m, 2,50 m, de long) il faut 2 x 20 ml de banches, environ 100 m<sup>2</sup>, s'il s'agit de deux murs de 10 ml mais il faut 2 x 25 ml de banches (125 m<sup>2</sup>) dans le cas de 10 murs de 2 ml.

A ces quantités, encore très théoriques, surtout de matériel, puisqu'il s'agit d'une moyenne journalière, il faut ensuite tenir compte de la diversité des ouvrages à réaliser (c'est-à-dire de la répétitivité possible d'une rotation à l'autre).

Les quantités/jour réelles varient en effet par rapport à cette quantité/jour moyenne et les quantités de matériel nécessaires augmentent afin de pouvoir assurer les rotations. Par exemple, pour une rotation moyenne de 100 m<sup>2</sup>/j, la rotation la plus basse peut être de 60 m<sup>2</sup>/j et la plus haute de 150 m<sup>2</sup>/j. A cela s'ajoute le matériel spécifique pour la réalisation de cas particuliers (angles, cages d'escalier, etc ...) qui font encore augmenter la quantité de matériel nécessaire et qui sont aussi d'une moins bonne productivité.

La préparation du chantier consiste à égaliser le plus possible ces quantités/jour et leur enchaînement entre elles, et avec les autres travaux (plancher, maçonnerie, ...) - « lissage du planning-main d'œuvre et du planning-travaux, taux d'emploi du matériel, ... ».

Cette égalisation entre les lignes de compte dans le choix des techniques d'accompagnement (maçonnerie, préfabrication des éléments spéciaux : acrotères, bow-window, garde corps ...) et des solutions techniques (détails, ...) ; ainsi que de ce qui sera sous-traité, et à qui (le moins disant n'est pas forcément le plus intéressant, si ses délais sont incompatibles). Pour tout ce qui va perturber la régularité et la cadence des cycles, le recours à d'autres techniques, est envisagé notamment pour les façades, les noyaux (parties communes) et les murs intérieurs non porteurs.

Les facteurs économiques et techniques sont donc fortement conditionnés par la conception. Ceci est très clair lorsque se pose le problème de l'harmonisation des quantités/jour entre voiles et planchers, l'une des deux conditionnant l'autre.

Le choix des solutions techniques et des détails ne se pose pas d'un seul point de vue technique, mais aussi organisationnel, c'est là que l'incidence de la conception prend toute son importance, comme le montre l'étude des rotations journalières.

## LES RESULTATS DES ROTATIONS JOURNALIERES

Pour aborder l'étude de la productivité dans les rotations journalières nous avons calculé deux types de ratios mettant en évidence les grandes caractéristiques des rotations journalières moyennes.

- o Le premier type concerne la productivité moyenne sur la partie de bâtiment étudiée : h/m<sup>2</sup> de mur h/m<sup>2</sup> de plancher, h/m<sup>2</sup> réalisé (mur + dalle) et h. totales (mur + plancher)/m<sup>2</sup> plancher construit. Ce dernier ratio donne la quantité d'heures nécessaires pour construire 1 m<sup>2</sup> de plancher. Il est donc fortement influencé par la conception (rapport surface de mur réalisée/surface de dalle réalisée).
- o Le deuxième type de ratio fait ressortir le taux d'emplois du matériel de coffrage : surface de coffrage utilisée en moyenne/surface totale de coffrage nécessaire sur le chantier.
- o Entre ces deux types de ratios sont insérés les résultats chiffrés concernant les moyens qui sont mis en chantier : quantité m<sup>2</sup> mur-dalle/jour et effectif.

Pour fixer l'échelle de ce qui peut être atteint, nous donnons en parallèle les ratios d'un chantier très performant (DIVOSTA) réalisé aux U.S.A. avec du coffrage OUTINORD, spécialement adapté à l'opération. Celle-ci illustre les performances qui peuvent être atteintes grâce à une conception favorable accompagnée de conditions d'étude et de négociations basées sur une forte synergie des différents acteurs pour la réalisation de l'opération. Ces conditions sont très différentes de celles couramment rencontrées en France.

TABLEAU N° 15 TABLEAU RECAPITULATIF DES PRINCIPAUX RATIOS DES ROTATIONS JOURNALIERES

Chantier	N° 1		N° 2		N° 3		N° 4		N° 5		N° 6		N° 7		DIVOSTA		
	mur	dalle	mur	dalle	mur	dalle	mur	dalle	mur	dalle	mur	dalle	mur	dalle	mur	dalle	
	Total		Total		Total		Total		Total		Total		Total		Total		
Procédé	Banche	Bois	Banche	Prédalle Préfa	Banche	Bois	Tunnel	Banche	Prédalle foraine	Banche	Bois	Banche	Prédalle Préfa	Tunnel			
Productivité moyenne des rotations étudiées	H. m <sup>2</sup> réalisé		0,37 h	0,55 h	0,38 h	0,66 h	0,32 h	0,72 h	0,37 h		0,33 h	0,62 h	0,37 h	0,71 h	0,26 h	0,56 h	0,10 h
	h. m <sup>2</sup> de plancher construit		0,44 h		0,42 h		0,45 h				0,47 h		0,48 h		0,34 h		
	1,09 h		1,57 h*		1,45 h*		1,14 h		1,63 h*		1,41 h*		1,36 h*		0,32 h		
Rapport Surf. réal. Mur / Dalle	1,48		2,74 *		2,27 *		2,04		2,46 *		1,95 *		2,98 *		2,2		
Quantité (jour moyenne réalisée (m <sup>2</sup> j))	175m <sup>2</sup>	117m <sup>2</sup>	165m <sup>2</sup>	61m <sup>2</sup>	137m <sup>2</sup>	60m <sup>2</sup>	172m <sup>2</sup>	64m <sup>2</sup>	267m <sup>2</sup>	108m <sup>2</sup>	65m <sup>2</sup>	34m <sup>2</sup>	122m <sup>2</sup>	41m <sup>2</sup>	553m <sup>2</sup> (e)	250m <sup>2</sup>	
	290 m <sup>2</sup>		229 m <sup>2</sup>		197 m <sup>2</sup>		256 m <sup>2</sup>		375 m <sup>2</sup>		99 m <sup>2</sup>		163 m <sup>2</sup>		800 m <sup>2</sup>		
Effectif (personnes mod.)	8 p	8 p	8 p	4 p	5 1/2 p	5 1/2 p	12 p		11 p	11 p	3 p	3 p	4 p	3 p	8 p		
	16 p		12 p		11 p				22 p		6 p		7 p				
Taux d'emploi journalier du coffrage (1)	90 %	53 %	81 %	/	60 %	25 % (e)	32 %		62 % à 66 % (e)	/	95 %	68 % (e)	80 % (e)	/	100 % (e)		
	70 %		65 %		42 % (e)				(e) 62 % à 66 %		83 % (e)		80 % (e)				

(e) estimation

\* Facades colorées n'ont pas été prises en compte sur le chantier N° 6

(1) surface moyenne employée par rotation

surface totale nécessaire sur le chantier

Note : Ces productivités concernent les rotations journalières sur la partie des bâtiments en cours d'étape (c'est-à-dire le plus souvent). Elles sont parfois différentes de quelques centièmes d'heures de la productivité obtenue sur l'ensemble du chantier.

### \* L'INCIDENCE DE LA CONCEPTION

Productivité et quantité m<sup>2</sup> mur-dalle/jour ne sont pas directement liés ; cette deuxième étant très différente selon les chantiers.

La productivité calculée en h/m<sup>2</sup> réalisé (mur + dalle) est assez stable avec les différents chantiers : entre 0,42 h (n<sup>o</sup> 2) et 0,48 h (n<sup>o</sup> 6). Seuls les n<sup>o</sup> 4 et n<sup>o</sup> 7 se distinguent avec des performances nettement meilleures (0,37 h et 0,34 h).

Par contre, la productivité ramenée au m<sup>2</sup> de plancher construit varie de 1 à 1,5 (1,09 h (n<sup>o</sup> 1) à 1,63 h (n<sup>o</sup> 5)), et montre l'importance du rapport mur/dalle qui influe sur le nombre d'heures/m<sup>2</sup> de plancher construit, donc sur le prix final, beaucoup plus fortement que les différences de productivité.

Le chantier n<sup>o</sup> 7, qui enregistre les meilleures productivités, reste le plus performant des cas où la façade est réalisée en béton coulé in situ mais les gains de productivité ne se répercutent pas pleinement dans les heures totales au m<sup>2</sup> plancher construits. Entre les chantiers n<sup>o</sup> 2 et n<sup>o</sup> 3, le gain s'inverse même : le n<sup>o</sup> 3 (1,46 h/m<sup>2</sup> de plancher construit) a un meilleur rendement que le n<sup>o</sup> 2 (1,57 h/m<sup>2</sup> de plancher construit), avec pourtant une productivité moins bonne : 0,45 h contre 0,42 h/m<sup>2</sup> réalisé (mur + dalle).

Il faut également remarquer le sous-emploi souvent important du matériel qui s'explique à deux niveaux :

- o Les écarts de quantité/jour d'une rotation à la suivante imposant un équipement plus important que la moyenne nécessaire ;
- o Les coffrages spéciaux pour réaliser les ouvrages particuliers (angles, courbes, etc ...).

Ces deux points sont liés à la nature même des ouvrages (dimensionnement et répétitivité) et au problème des cas particuliers, en général non répétitifs qui constituent souvent un point critique dans l'organisation et l'enchaînement des rotations journalières et des cycles planchers/voiles ce qui a abouti alors à des écarts sensibles des quantités d'une rotation à l'autre.

En ce qui concerne les planchers coffrés en bois, ce phénomène est amplifié par la consommation de bois découpés pour s'adapter aux cas particuliers et donc peu réutilisable.

Sur le chantier n<sup>o</sup> 4, le taux très faible (32 %) s'explique par le nombre de trames différentes qui entraîne parfois la non-utilisation d'un jeu de tunnels pendant plusieurs cycles, l'emploi d'un coffrage-tunnel « tampon » qui ne sert qu'à coffrer le dernier voile de la rotation, et surtout, un étalement de la rotation sur deux journées qui divise par deux les quantités utilisées par jour.

### \* ÉLASTICITÉ ET « SOUS PRODUCTIVITÉ » DES ROTATIONS JOURNALIÈRES

Les écarts de quantité et de productivité d'une rotation à l'autre sur un même chantier montrent une grande élasticité dans la rotation journalière pour un effectif qui, lui, reste identique tout au long des rotations. La rotation journalière moyenne est très théorique sur certains chantiers.

On observe donc une « sous-utilisation » de la main d'œuvre. Les valeurs les plus basses et même la valeur moyenne sont souvent nettement inférieures à la valeur la plus performante obtenue sur une ou plusieurs rotations comme le montre les tableaux des rotations journalières par chantier. Il est évident que ces mauvais résultats ne sont pas dus à des variations d'un jour à l'autre des capacités du matériel et des hommes, mais que leur explication se trouve au niveau des ouvrages à exécuter, c'est-à-dire de la conception.

L'ensemble des résultats sont analysés à deux niveaux :

- o les facteurs influant sur l'organisation et le rendement de chaque rotation journalière de chaque cycle,
- o ceux qui conditionnent les possibilités d'harmoniser le cycle voile et le cycle plancher.



### 3. — ORGANISATION ET RENDEMENT DES ROTATIONS JOURNALIERES

#### LE CYCLE VOILES

Les principes de conception qui influencent la productivité sont :

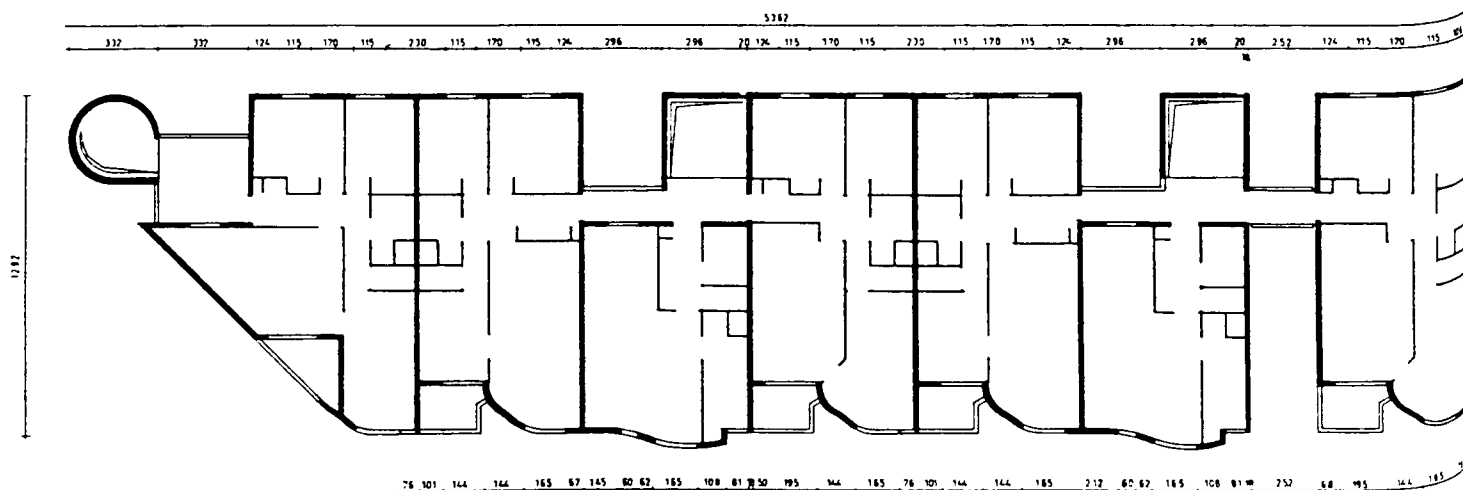
- l'implantation des voiles,
- leur longueur et leur nombre,
- leur forme.

#### \* CHANTIER N° 7 : BARBANEGRE

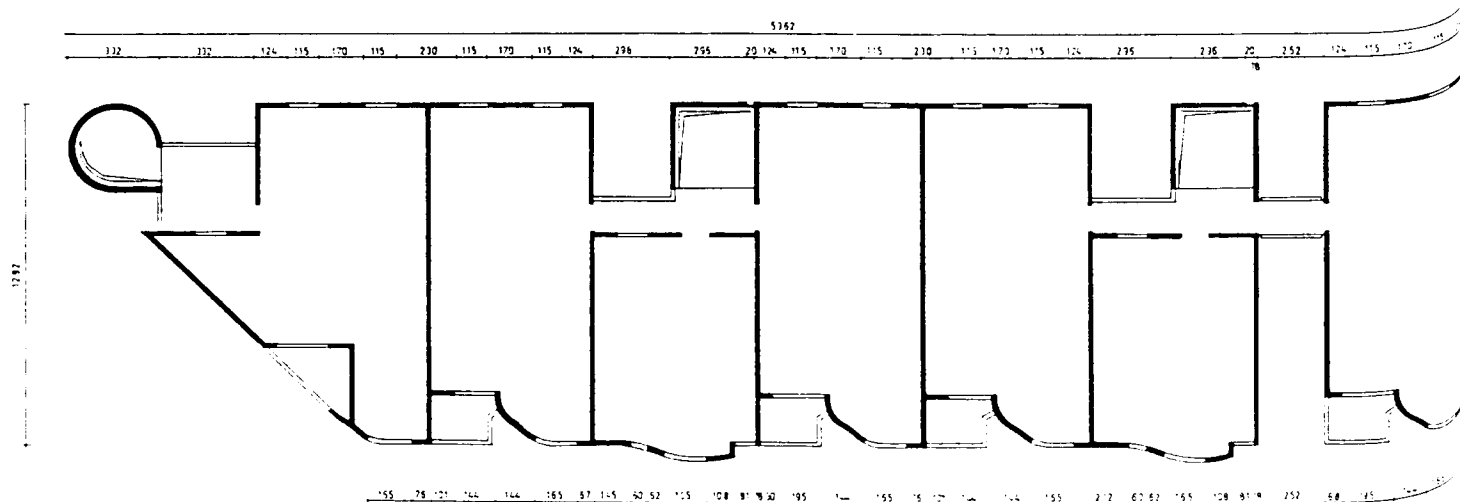
Les voiles droites et de grande longueur sont ceux qui permettent d'atteindre les meilleures productivités. Le chantier n° 7 est celui où cette simplicité de la structure porteuse se traduit le mieux dans la productivité.

Le ratio est de 0,21 h/m<sup>2</sup> de voile droit en moyenne avec des pointes semble-t-il à 0,16h/m<sup>2</sup>. Ceci contraste nettement avec les 0,32 à 0,38h/m<sup>2</sup> en moyenne des autres chantiers où la complexité de la structure se traduit par une moins bonne productivité en moyenne 1,5 à 1,8 fois plus élevée.

#### PLAN ETAGE COURANT



#### PLAN DU GROS OEUVRE



— MURS COULES EN PLACE

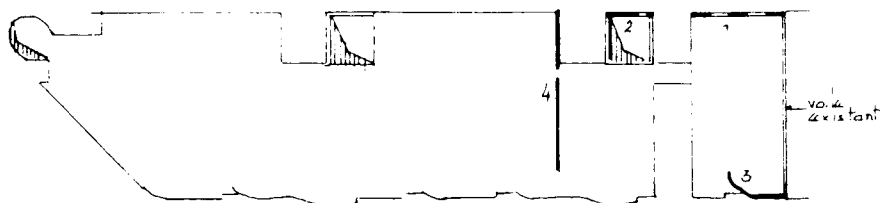
## PLANS DES ROTATIONS JOURNALIÈRES

VOILE			PLANCHER	
Effectif	mur à droit : 2 pièces Façade : 2 p 32 h		3 p.	24 h
JOUR N°	ml - m2	h/m2	m2	h/m2
1	25,0 ml 125,5 m2	0,25 h/m2		
2	29,4 ml 147 m2	0,22 h/m2	La décomposition	
3	24,7 ml 123,5 m2	0,26 h/m2	moyenne et le	
4	33,2 ml 166 m2	0,19 h/m2	chevauchement des des cycles	
5	23,7 ml 118,5 m2	0,27 h/m2	n'ont pas été mention- nés dans les documents	
6	17,85 ml 89,25 m2	0,36 h/m2 *	étudiés.	
7	29,40 ml 147 m2	0,22 h/m2		
8	23,00 ml 115 m2	0,28 h/m2		
9	13,2 ml 66 m2	0,40 h/m2 *		
10	gardes corps plus un voile + travaux annexes			
11	—	—		
12	—	—		
TOTAL	219,55 ml 1 097,8 m2	288 h	430 m2	240 h
Moyenne	24,4 ml 122 m2	(1) 0,26 h/m2	43 m2/j	0,56 h/m2

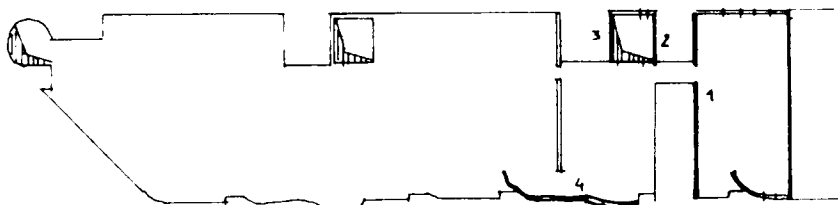
(1) Ce ratio est une moyenne murs droits et courbes confondus qui montre qu'une certaine complexité d'ouvrage laisse la possibilité de performances acceptables. Le ratio moyen murs droits (refend et façades est de 0,16 h/m2).

\* Ces jours comprennent un certain nombre de tâches annexes - travaux de sécurité notamment - qui font baisser la productivité.

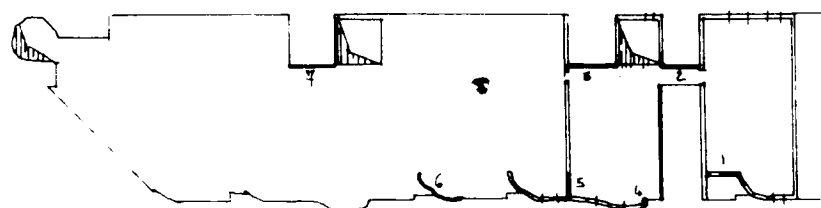
80  
JOUR N° 1



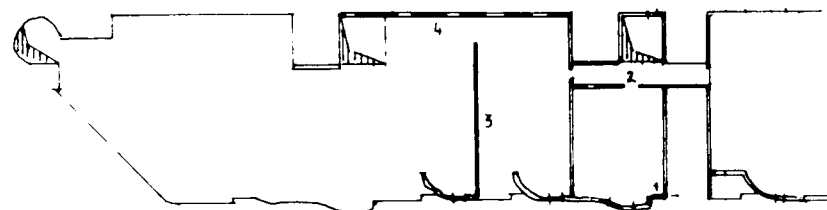
JOUR N° 2



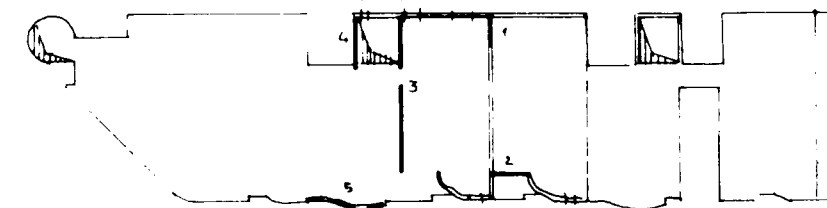
JOUR N° 3



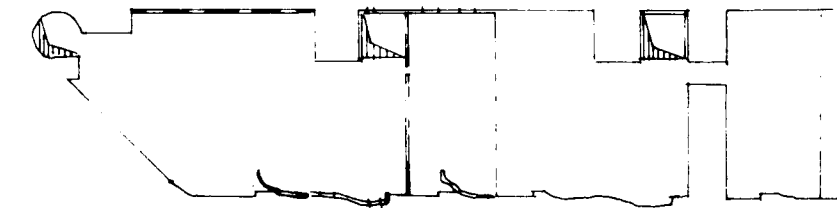
JOUR N° 4



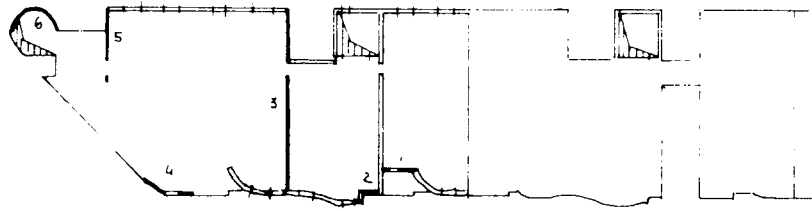
JOUR N° 5



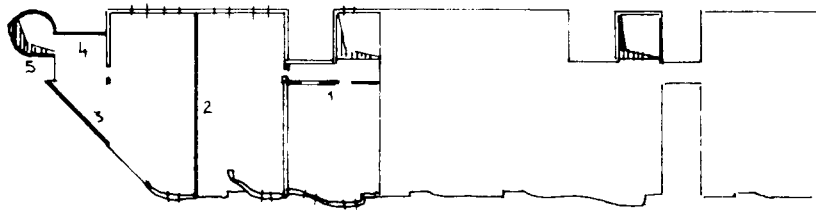
JOUR N° 6



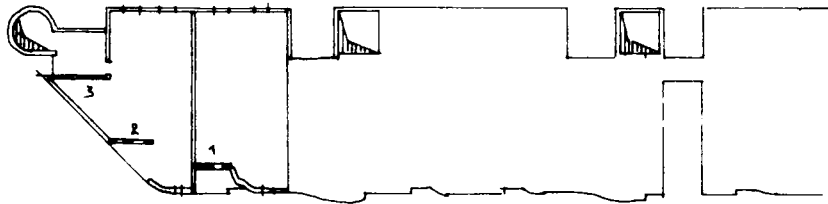
JOUR N° 7



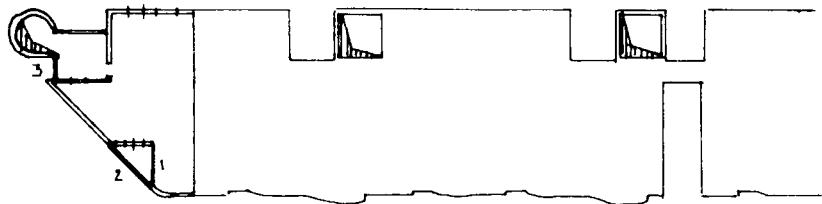
JOUR N° 8



JOUR N° 9



JOUR N° 10



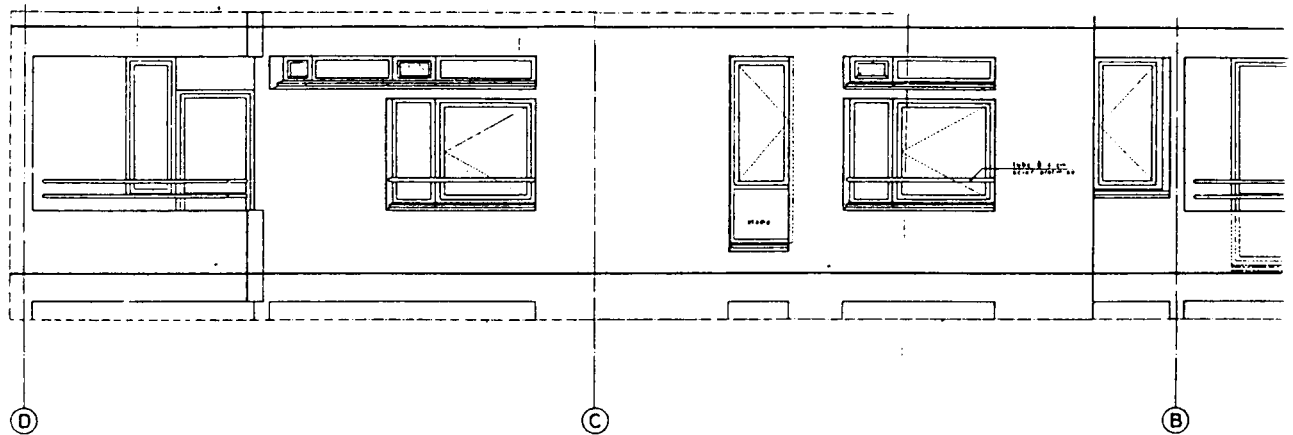
JOUR N° 11.....



Le chantier n° 7 donne un bon exemple de traitement des cas particuliers. Dans le plan de la structure les angles sont extrêmement réduits. Leur exécution ne perturbe guère le déroulement des rotations journalières. A l'opposé de la plupart des autres chantiers étudiés où la structure est compliquée et la façade plutôt linéaire, dans le chantier N°7 la structure est simple et la complexité de forme est concentrée sur une seule façade en voile courbe.

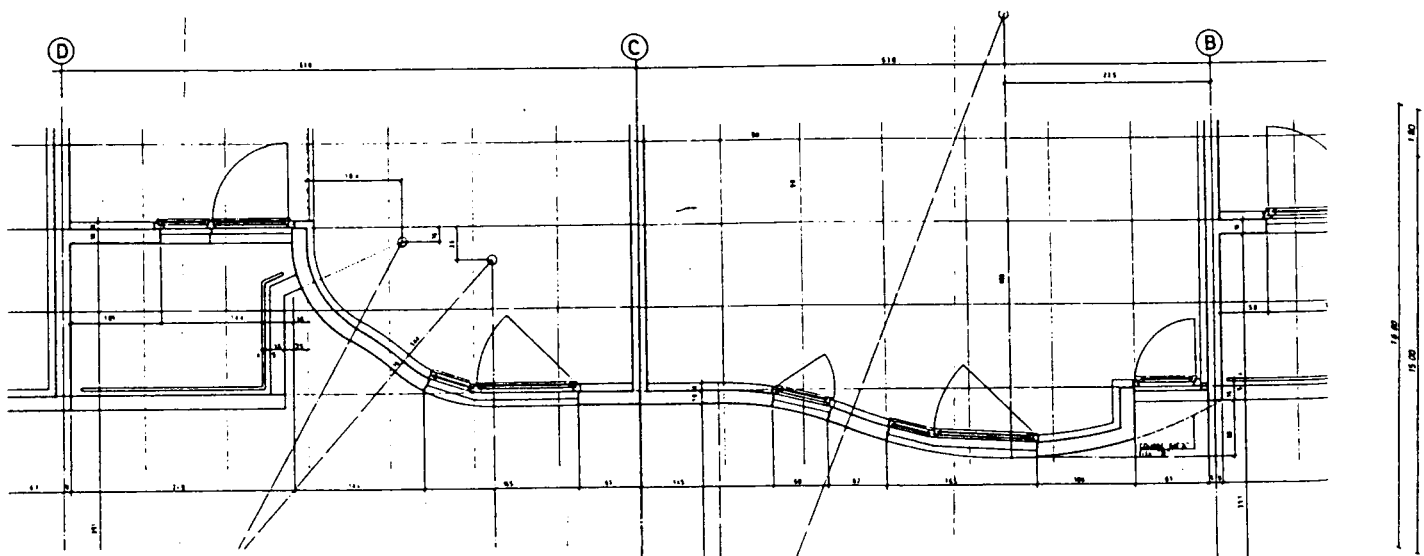
La forme courbe de la façade est décomposée en deux courbes, répétitives, le linéaire/jour est régulier. Il n'y a pas de modification d'implantation des incorporations (réservation, électricité, d'une rotation à l'autre).

### PLAN DE LA FAÇADE



élément répétitif n° 1

élément répétitif n° 2

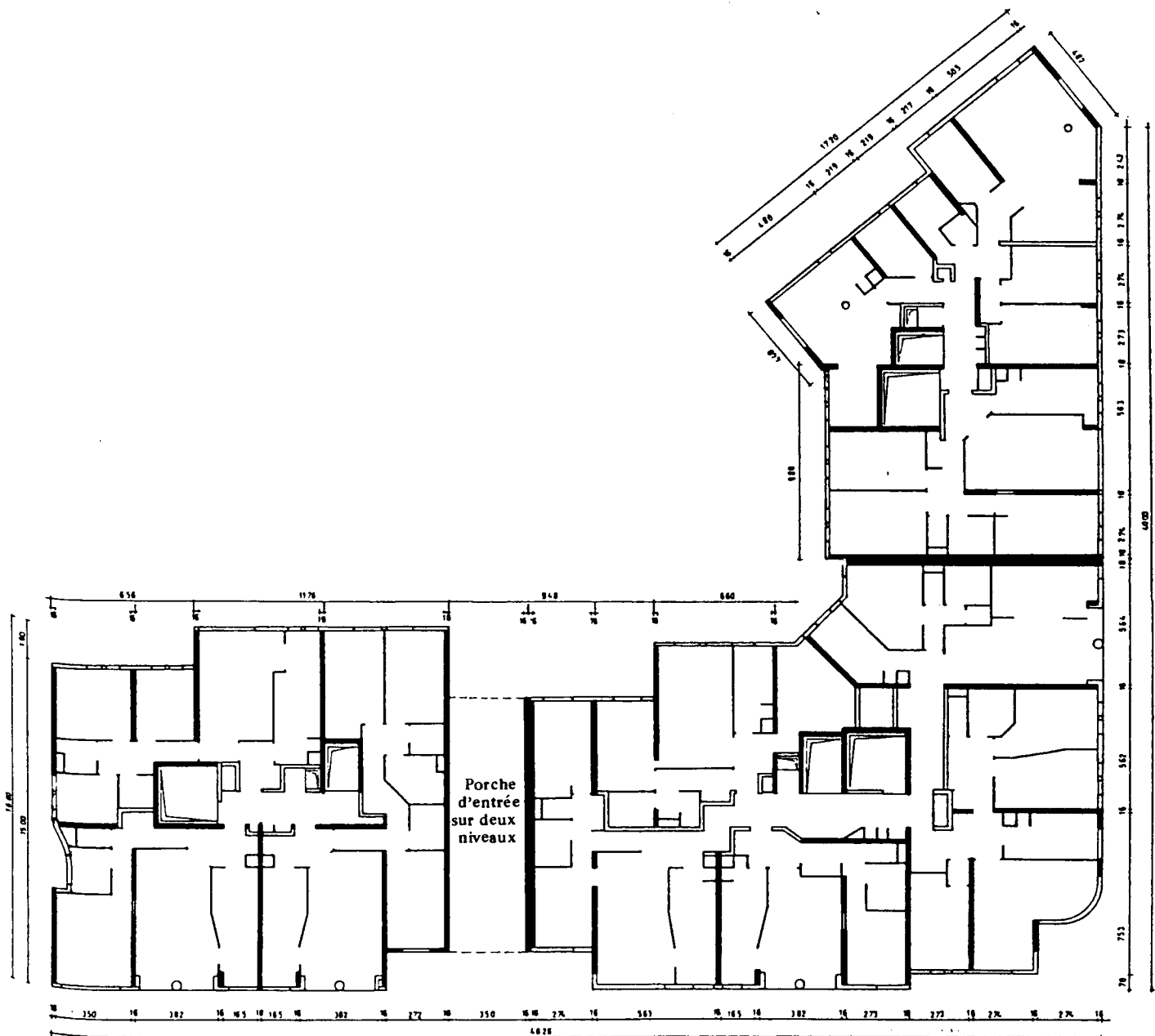


Le cycle voile est en fait décomposé en deux cycles : un cycle voiles droits, un cycle voiles courbes. Les deux cycles sont équilibrés (2 personnes chacun), répétitifs le plus souvent et réguliers d'une rotation à l'autre.

\* CHANTIER N° 1 : PARIS - SAINT CHARLES

La complexité de la structure (notamment des voiles comportant des décrochements en « baïonnette » ou les raccordements de murs trop nombreux) fait éclater le principe de l'avancement régulier du cycle voiles. Le chantier n° 1 illustre bien ce problème : la réalisation de l'angle du bâtiment et notamment de la cage d'escalier et de l'ascenseur s'étale sur quatre jours (jours 3 à 6).

PLAN DU 1er ÉTAGE



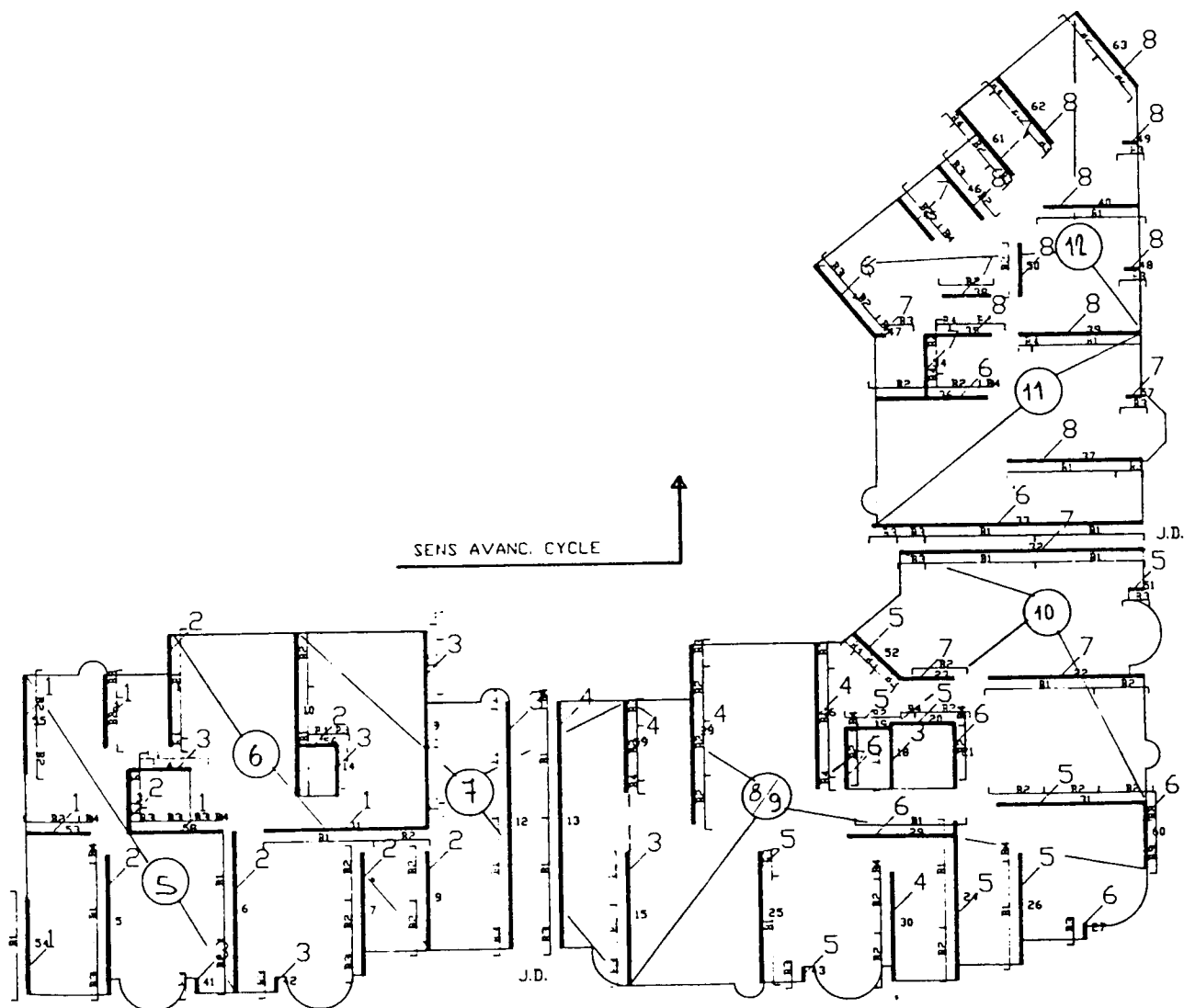
es-  
pta-

## PLAN DU GROS-OEUVRE



Sur ce chantier la productivité reste stable cependant grâce à deux facteurs : le nombre de voiles réalisés (jour n<sup>o</sup> 4)-c'est-à-dire d'une longueur qui reste suffisante - et/ou la concentration assez bonne du poste de travail (jours n<sup>o</sup> 5 et 6). L'incidence des murs de petite longueur et l'éclatement des postes de travail sont nets (jour n<sup>o</sup> 7).

### ROTATIONS JOURNALIERES



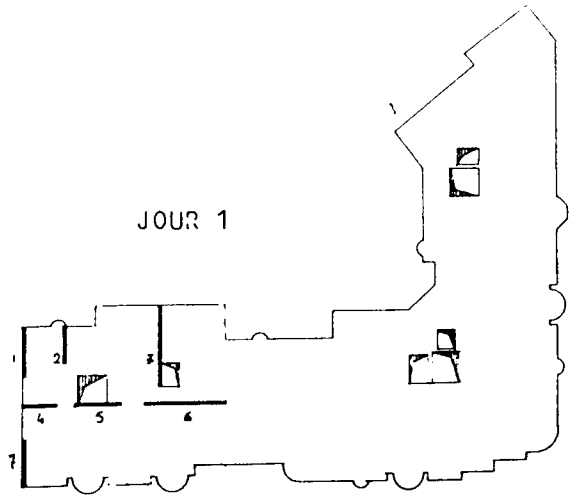


## PLANS DES ROTATIONS JOURNALIERES

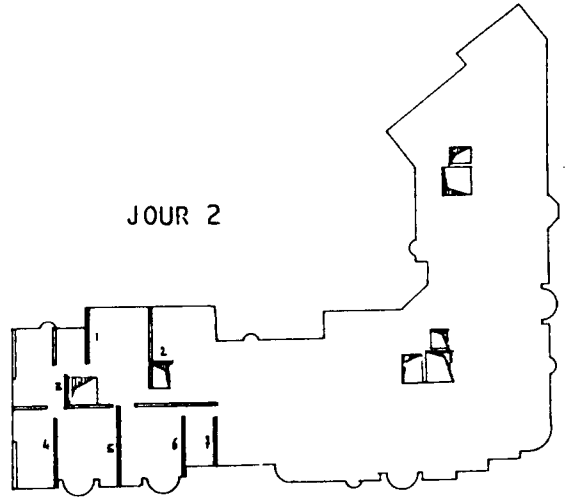
	VOILE		PLANCHER	
EFFECTIF	7 + 1 = 8 p = 64 h/m2		7 + 1 = 8 p = 64 h/j	
JOUR N°	ml/j m2/j	h/m2	m2/j	h/m2
1	34,22 ml 171,10 m2	0,37 h/m2	—	
2	33,57 ml 167,50 m2	0,38h/m2		
3	35,73 ml 178,70 m2	0,36 h/m2	—	
4	35,43 ml 177,20 m2	0,36 h/m2		
5	34,71 ml 173,60 m2	0,37 h/m2	110 m2	0,58 h/m2
6	35,63 ml 178,20 m2	0,36 h/m2	108 m2	0,59 h/m2
7	33,11 ml 165,60 m2	0,39 h/m2	117 m2	0,55 h/m2
8	34,39 ml 172,00 m2	0,37 h/m2		
9	—	—	230 m2	0,56 h/m2
10	—		134 m2	0,48 h/m2 (1)
11	—		99 m2	0,65 h/m2
12	—		140 m2	0,46 h/m2 (1)
TOTAL	276,80 ml 1 384 m2	512 h	938 m2	512 h
Moyenne	34,6 ml 173 m2	0,37 h/m2	117 m2/j	0,55 h/m2 (1)

(1) A partir de 0,48 h/m2 (134 m2/j) le cycle plancher se ferait en 7 jours au lieu de 8 jours soit 2 jours gagnés.

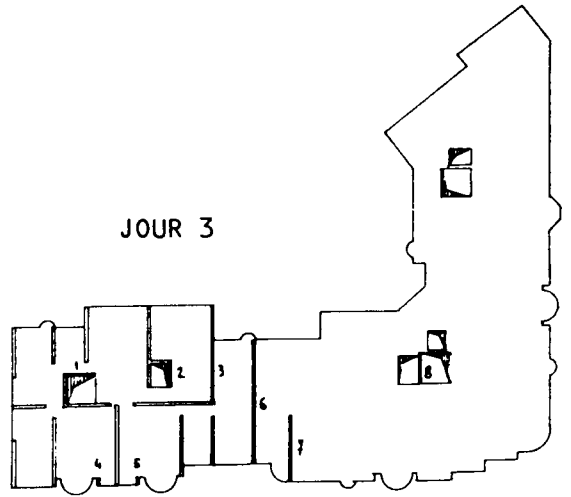
JOUR 1



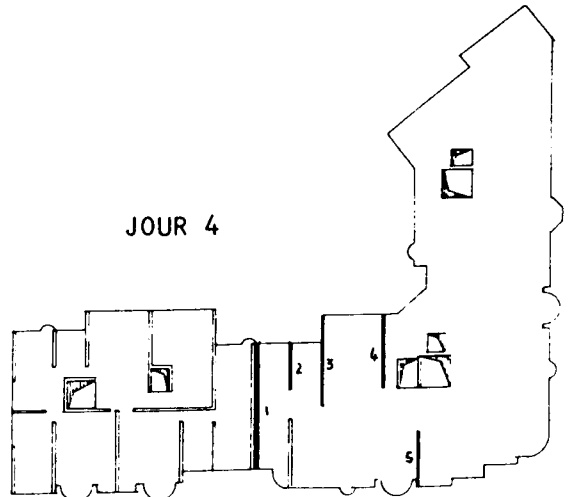
JOUR 2



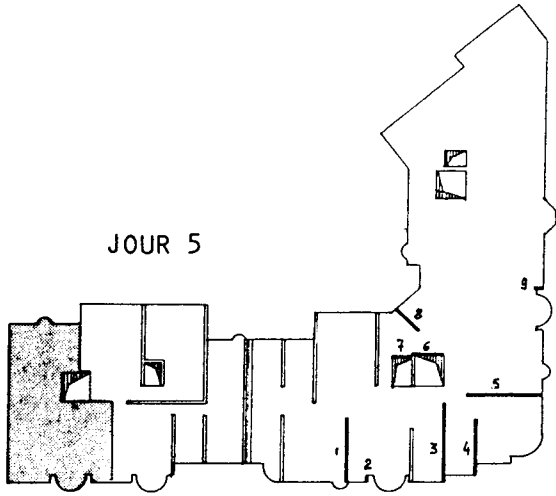
JOUR 3



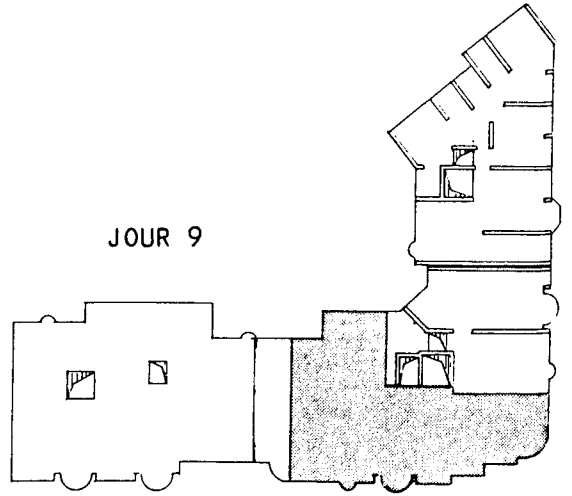
JOUR 4



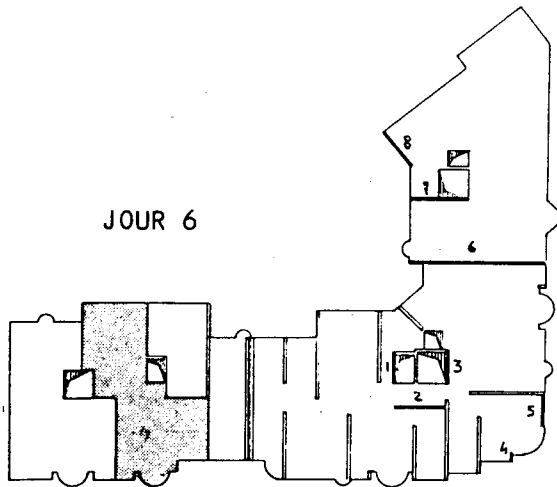
JOUR 5



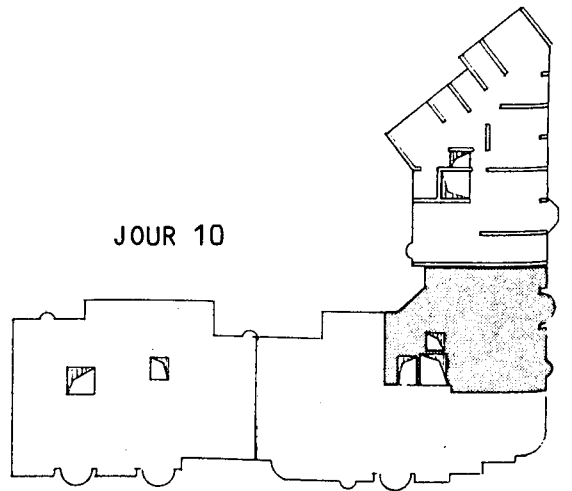
JOUR 9



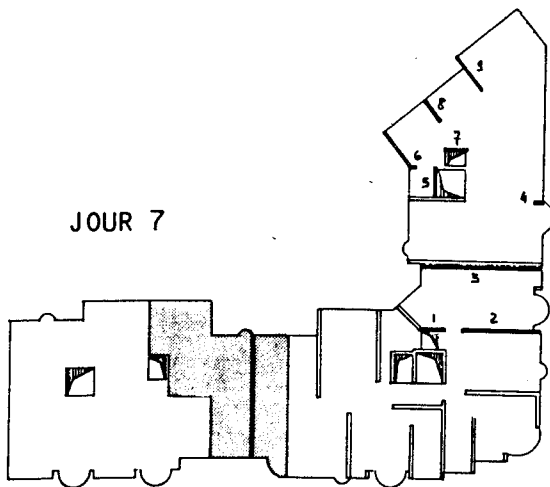
JOUR 6



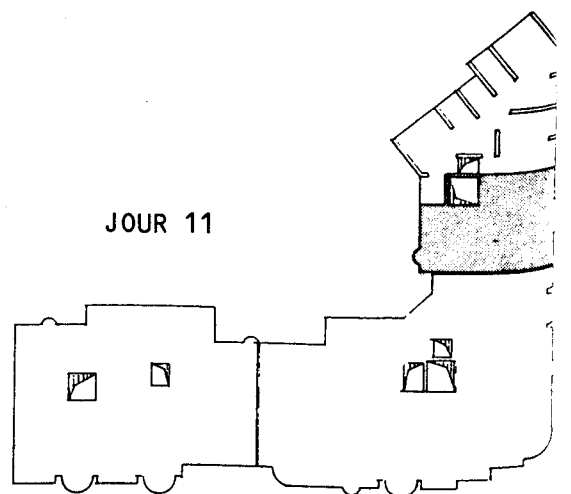
JOUR 10



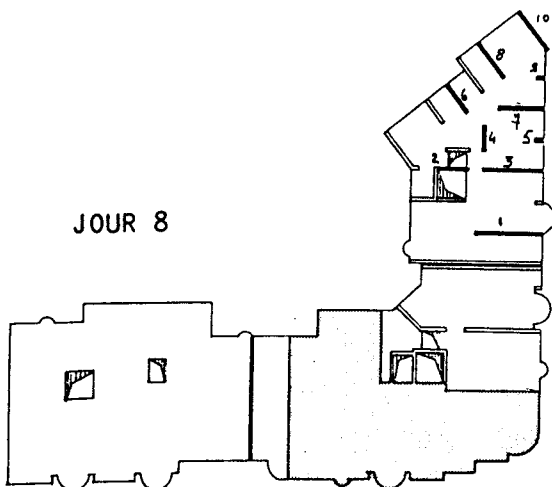
JOUR 7



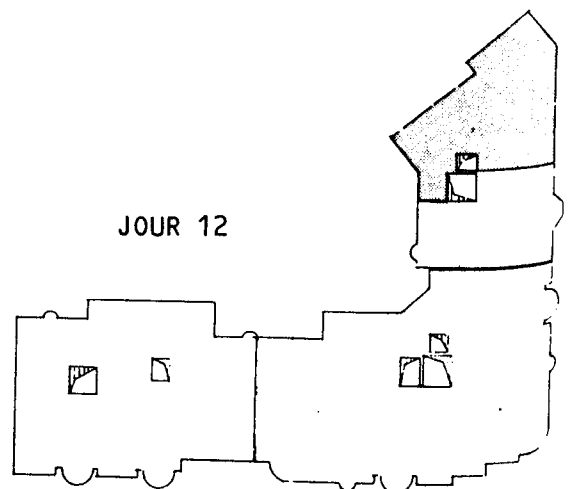
JOUR 11



JOUR 8



JOUR 12



### \* CHANTIER N° 2 : PUTEAUX

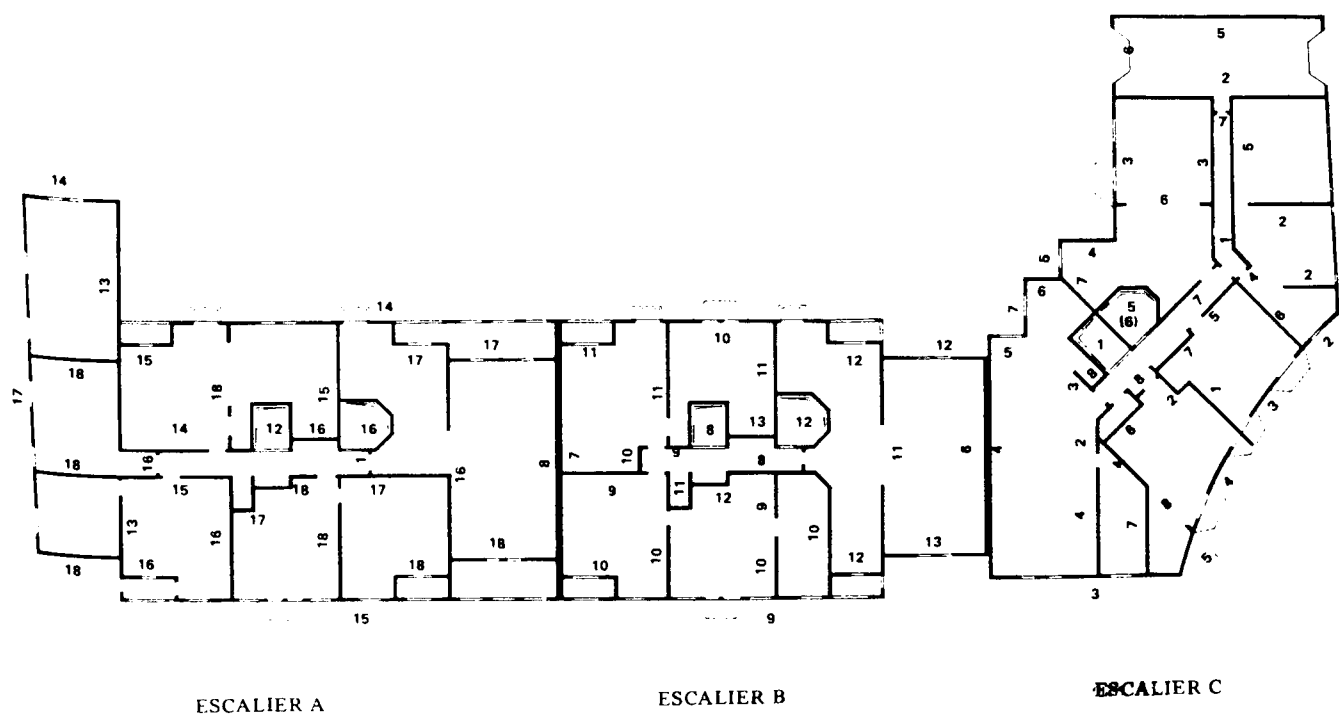
On retrouve ces caractéristiques, amplifiées, sur le chantier n° 2 qui possède une structure plus complexe et offre moins de possibilité d'uniformiser les rotations journalières.

Sur le chantier n° 2 si la conception du bâtiment le permettait, le maintien de la meilleure productivité obtenue (jour n° 17) sur les autres rotations permettrait de réaliser l'étage en 15 jours au lieu de 19 jours soit un gain de près d'un mois sur l'ensemble du gros œuvre de superstructure.

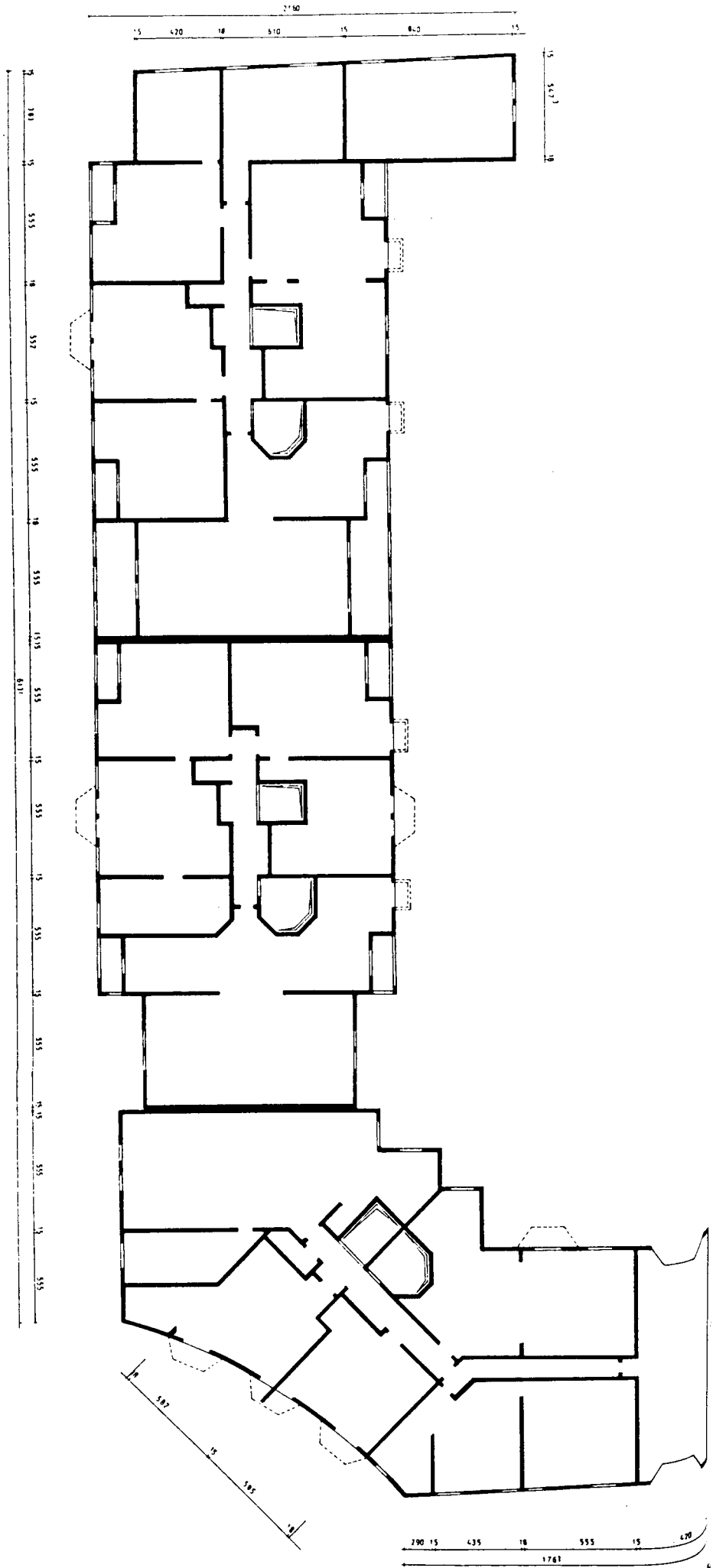
La plus grande partie de cette différence entre le délai réel et le délai potentiel qu'il aurait été facile d'obtenir s'explique par la difficulté d'exécution de certaines parties de la structure dont nous reproduisons ci-dessous la décomposition par rotation journalière. La productivité y est nettement moins bonne que sur les parties plus simples du bâtiment, notamment les jours 4, 6, 7, 8, 9, 12, 13.

L'éclatement des rotations journalières au fur et à mesure de l'avancement de l'exécution est nette, : les parties simples de la structure avancent assez régulièrement alors que la partie complexe autour de la cage d'escalier C nécessite 8 jours d'exécution. Les murs du milieu de la longueur du bâtiment commencent à être exécutés que cette partie n'est toujours pas finie.

### ROTATIONS JOURNALIERES



PLAN DU GROS OEUVRE

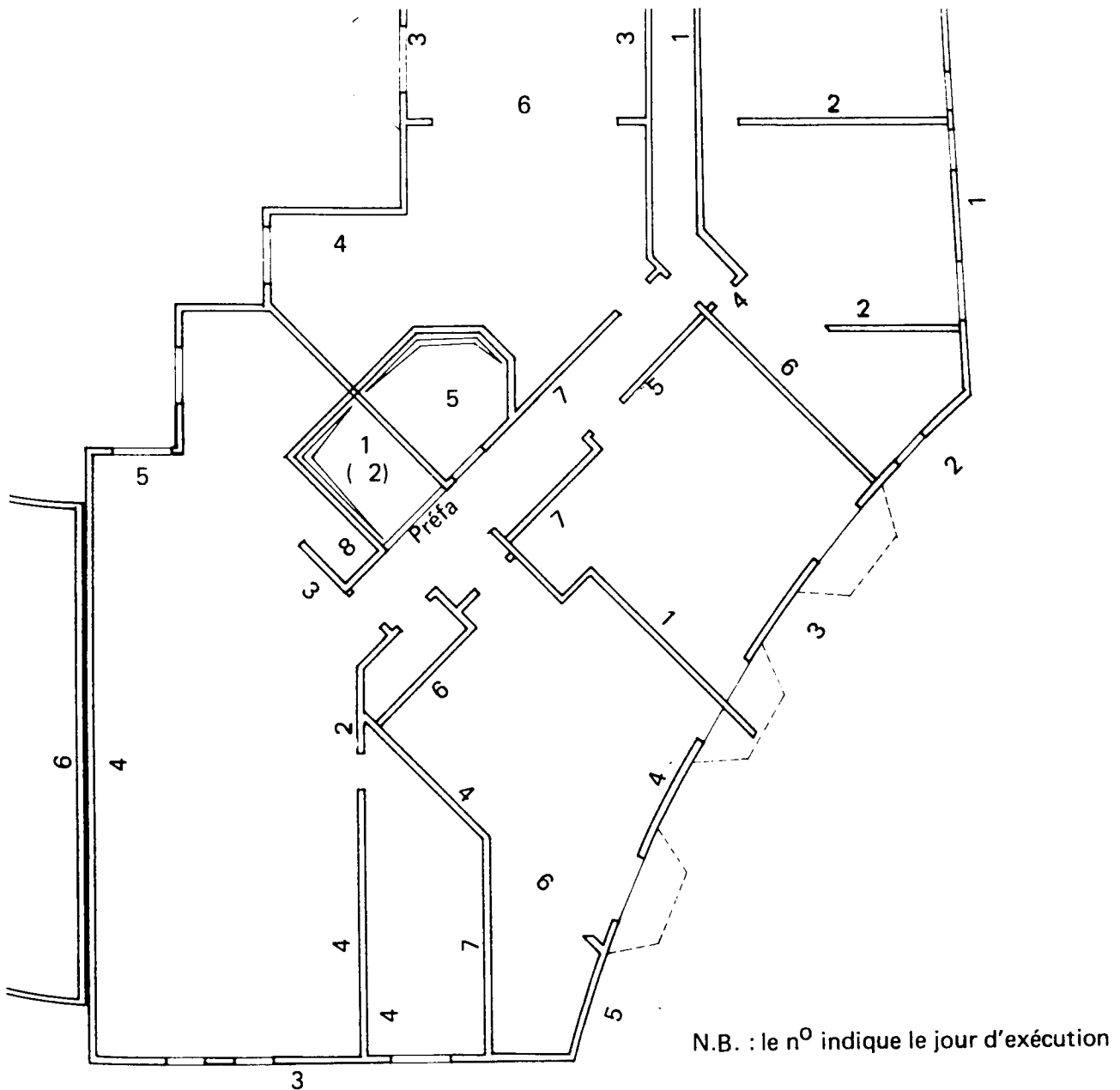


— MURS COULÉS EN PLACE

La réalisation des cas particuliers est le deuxième facteur qui influe sur la productivité. Le plus souvent, les cas particuliers viennent s'ajouter à des principes de conception peu favorables, ce qui se traduit par des pertes de productivité importantes.

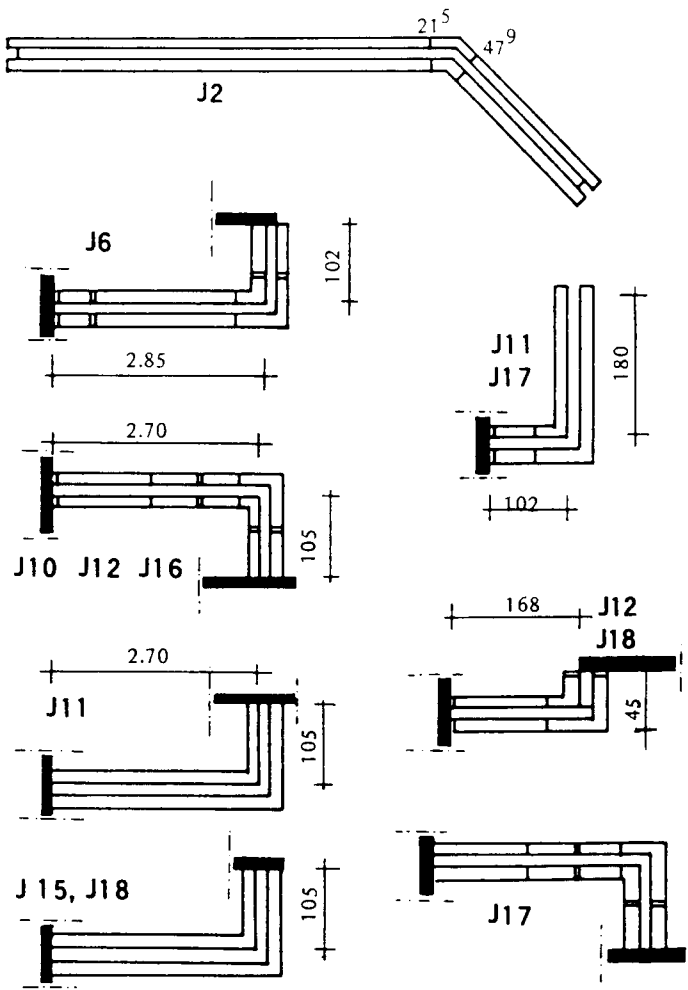
Le premier type de cas particulier qui fait baisser la productivité est le nombre d'angle, notamment d'angle biais. La multiplication des angles perturbe l'organisation des rotations journalières. Pour réaliser l'angle, on réalise d'abord un mur puis l'autre. L'absence de calepinage oblige souvent à réaliser un mur en deux fois, donc un jour de plus.

Le cas ci-dessous du chantier n° 2 illustre la difficulté apportée par la multiplication des angles.

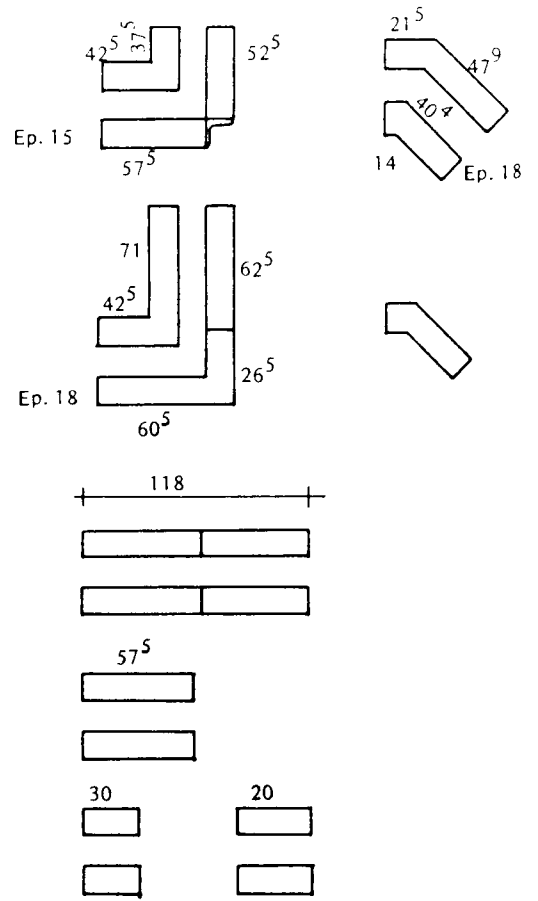


La multitude des cas particuliers dans cette partie demande une quantité de matériel spécial importante et largement sous-employée, ce matériel spécial servant en général une fois par rotation, c'est-à-dire une fois tous les 18 jours de travail (une fois par mois).

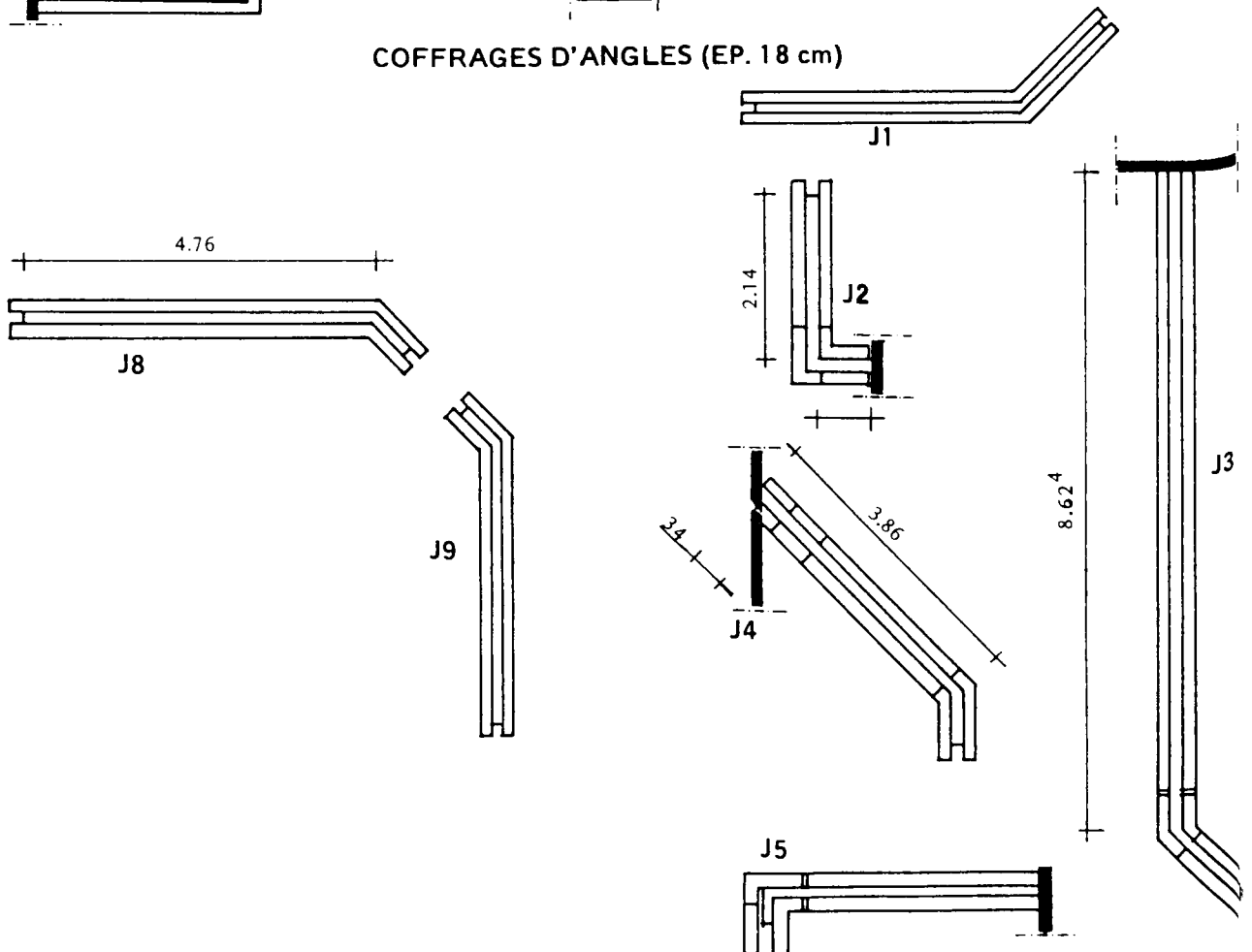
COFFRAGES D'ANGLES (EP. 15 cm)



COFFRAGES SPÉCIAUX



COFFRAGES D'ANGLES (EP. 18 cm)



PLAN

Effec

JOU  
N°

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

(2) Voi

15

(3) Pla

16

et à

(-

## PLANS DES ROTATIONS JOURNALIERES

Effectif	VOILE		PLANCHER	
	8 p = 64 h/j		4 p = 32 h/h	
JOUR N°	ml m2	h/m2	m2	h/m2
1	33,92 ml 169,60 m2	0,38 h/m2		
2	33,72 ml 168,60 m2	0,38 h/m2		
3	34,86 ml 174,50 m2	0,37 h/m2		
4	27,06 ml 135,30 m2	0,47 h/m2		
5	34,43 ml 172,15 m2	0,37 h/m2		
6	30,27 ml 151,35 m2	0,42 h/m2		
7	32,98 ml 164,90 m2	0,39 h/m2		
8	31,11 ml 155,55 m2	0,41 h/m2	<b>JOURS 8 à 14</b> 380 m2   224 h (moyenne 54 m2/j)   0,59 h/m2	
9	31,02 ml 155,10 m2	0,41 h/m2		
10	34,33 ml 171,65 m2	0,37 h/m2		
11	33,69 ml 168,45 m2	0,38 h/m2		
12	29,88 ml 149,40 m2	0,43 h/m2		

JOUR N°	ml m2	h/m2	m2	h/m2
13	29,52 ml 147,60 m2	0,43 h/m2		
14	34,59 ml 172,95 m2	0,37 h/m2		
15	39,21 ml 196,05 m2	0,33 h/m2	<b>JOURS 15 à 19</b> 305 m2   160 h (moyenne 61 m2/j)   0,52 h/j	
16	34,96 ml 174,80 m2	0,37 h/m2		
17	40,18 ml 200,9 m2	0,32 h/m2 (2)		
18	38,81 ml 194,05 m2	0,33 h/m2		
19	Nouveau cycle dito jour n° 1, etc ...			
20 à 25	—	—	<b>JOURS 20 à 25</b> 2 à 7 420 m2   192 h (moyenne 70 m2/j)   0,46 h/m2	
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—

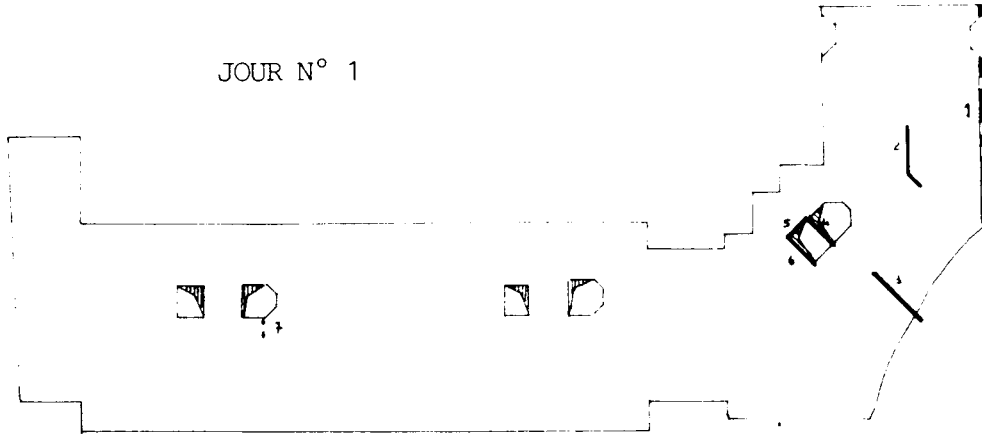
- (2) Voiles : à 40 ml/j (0,32 h/m2) le cycle se ferait en 15 j (- 3 jours)  
 (3) Plancher : à 70 m2/j (0,46 h/m2) le cycle se ferait en 16 j (- 2 jours)  
 et à 74 m2/j (0,43 h/m2) le cycle se ferait en 15 j (- 3 jours)

TOTAL	604,54 ml 3 023 m2	1 152 h	1 105 m2	576 h
Moyenne	33,59 ml 167,93 m2	0,38 h/m2	61,4 m2/j (1)	0,52 h/m2 (1)

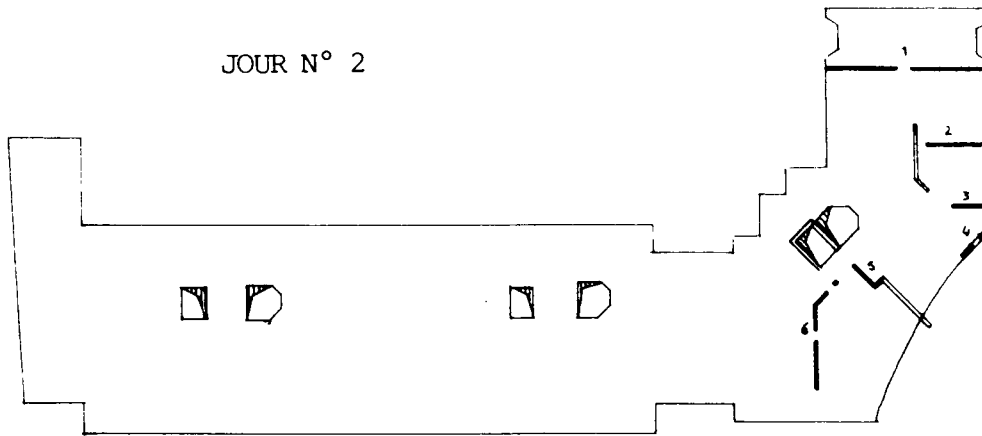
(1) Plancher : la comptabilité chantier donne 900 m2 et 0,66 h/m2



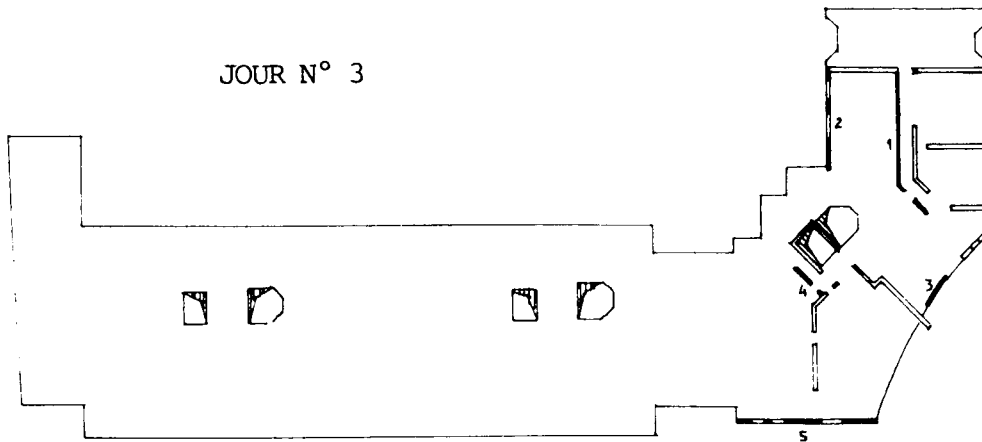
JOUR N° 1



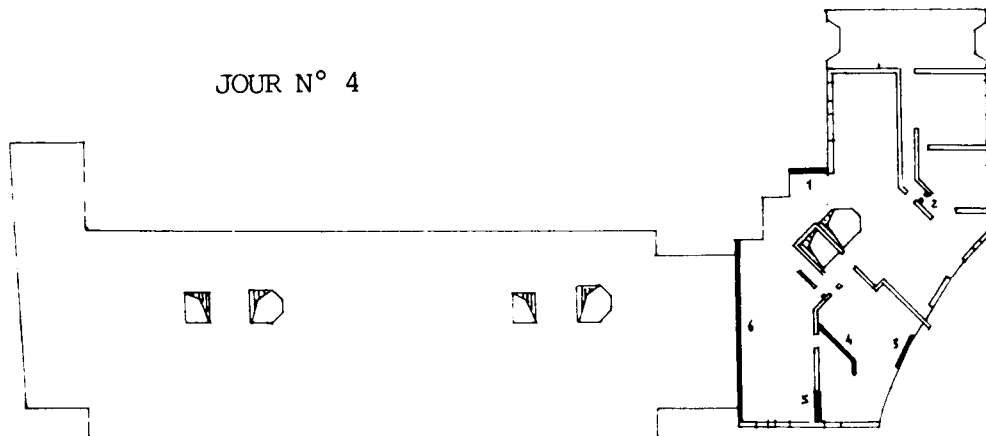
JOUR N° 2



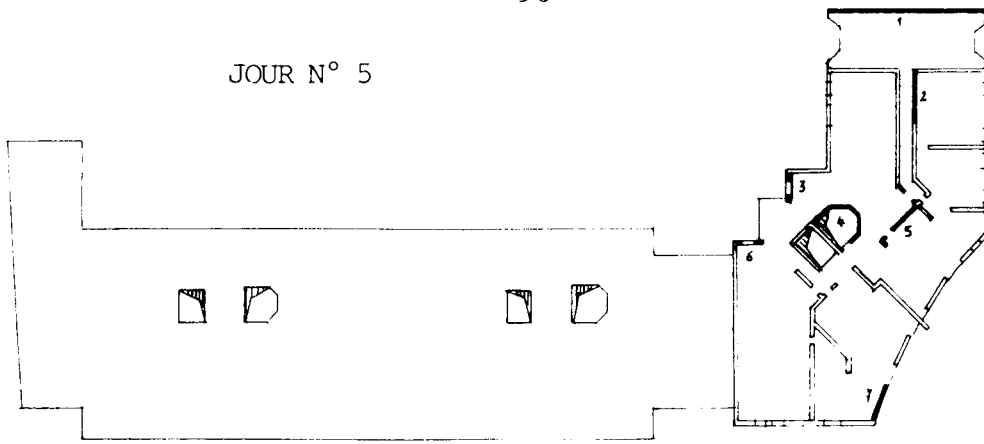
JOUR N° 3



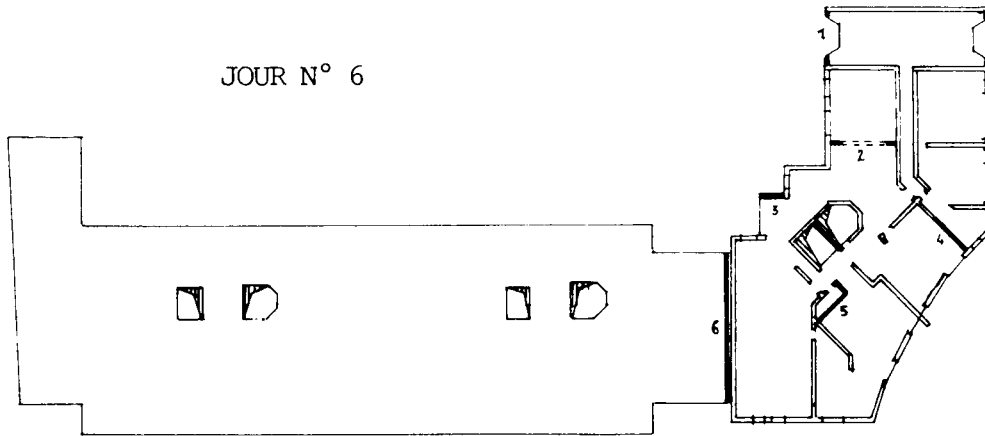
JOUR N° 4



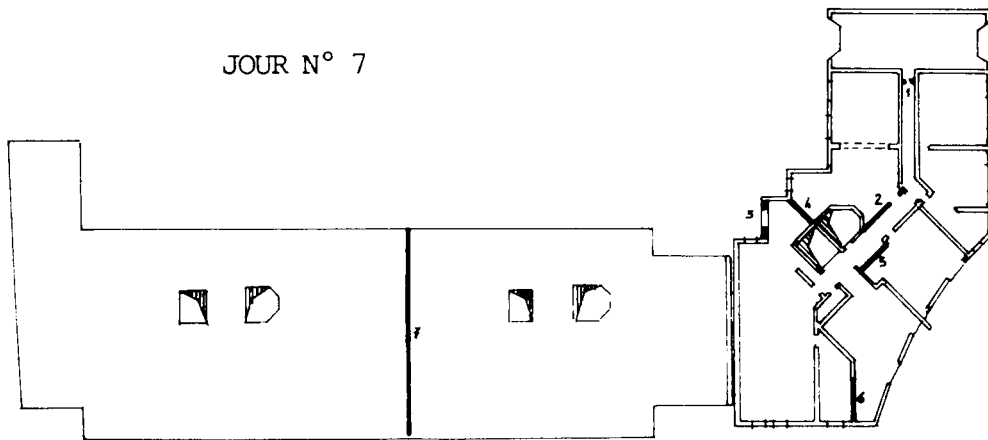
JOUR N° 5



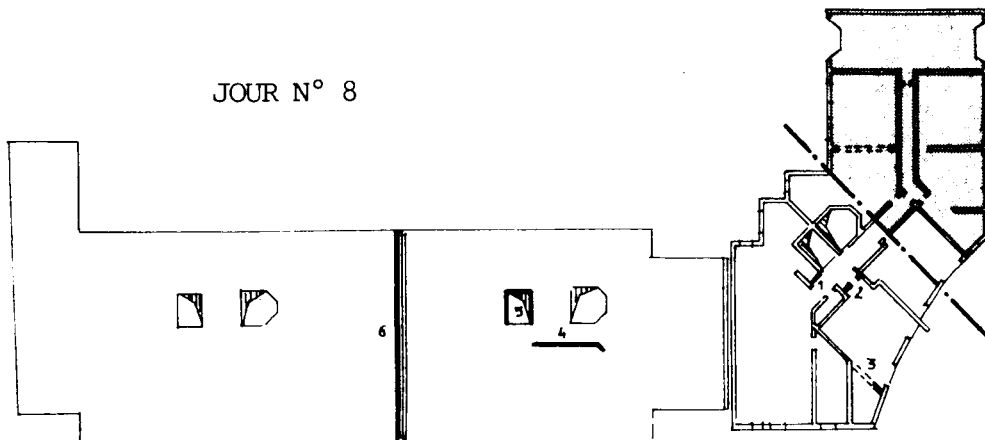
JOUR N° 6



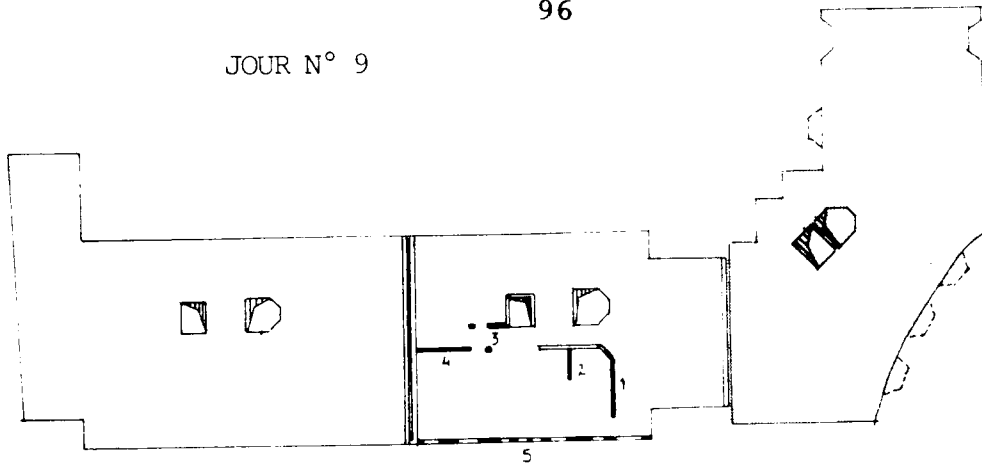
JOUR N° 7



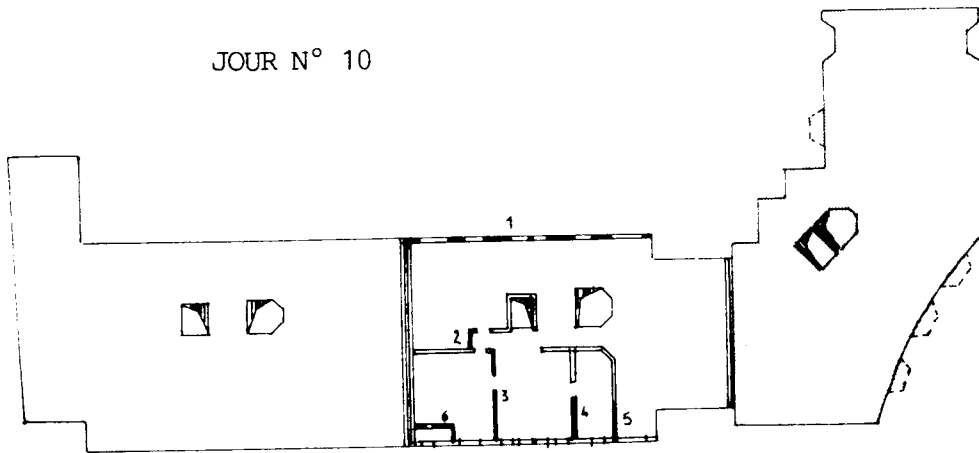
JOUR N° 8



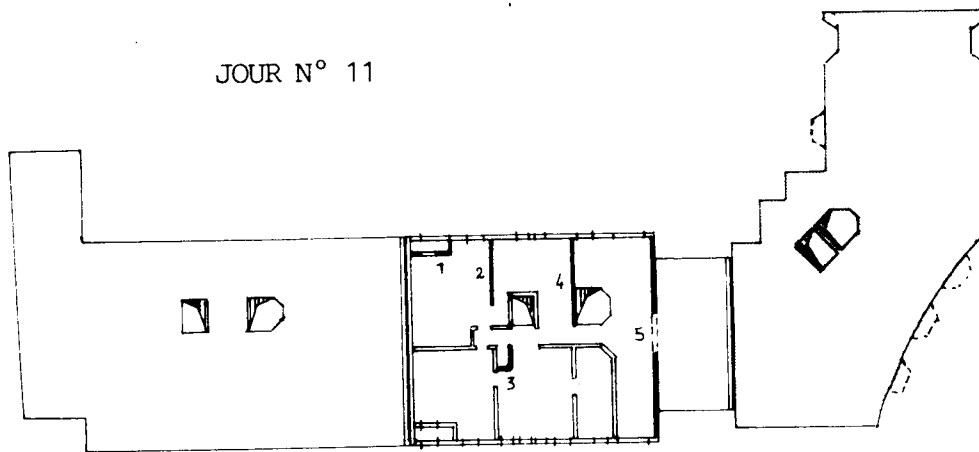
JOUR N° 9



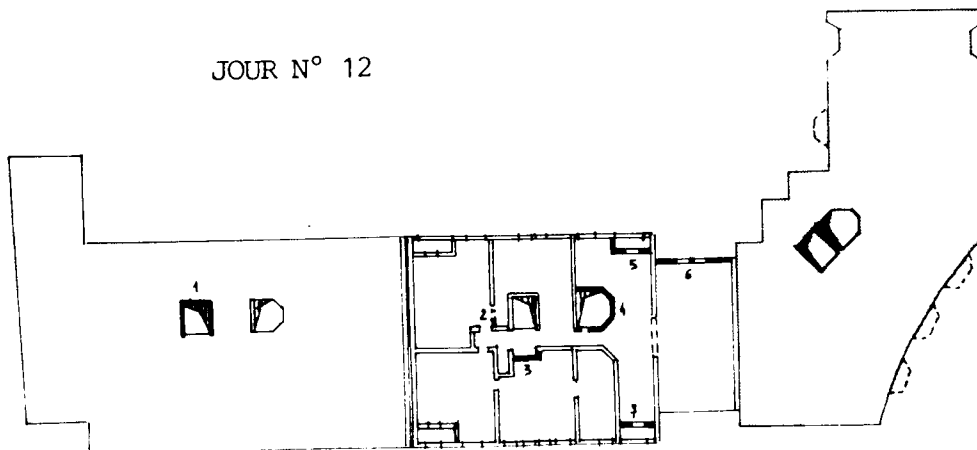
JOUR N° 10



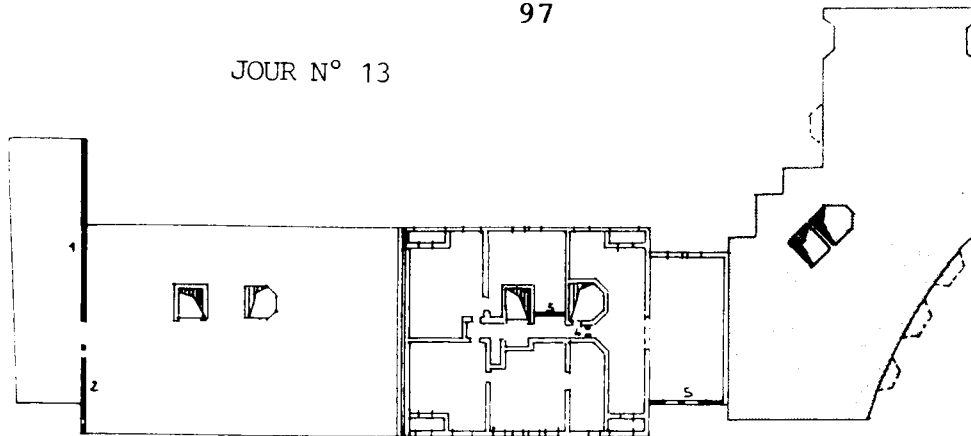
JOUR N° 11



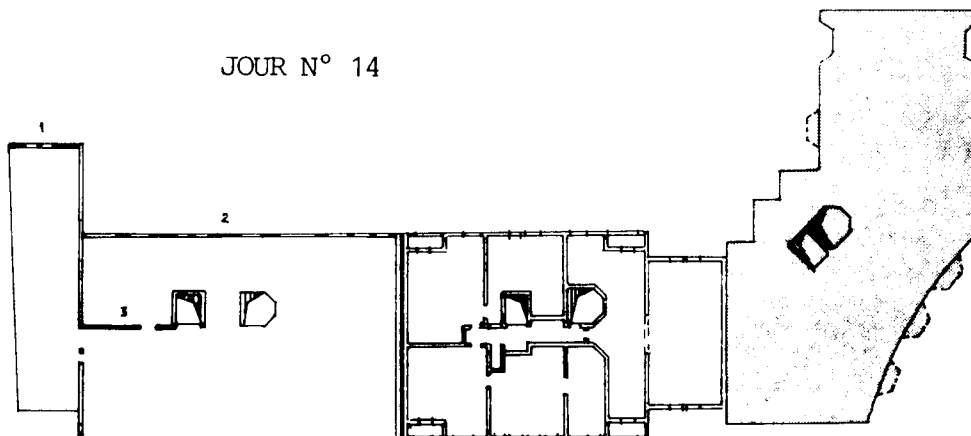
JOUR N° 12



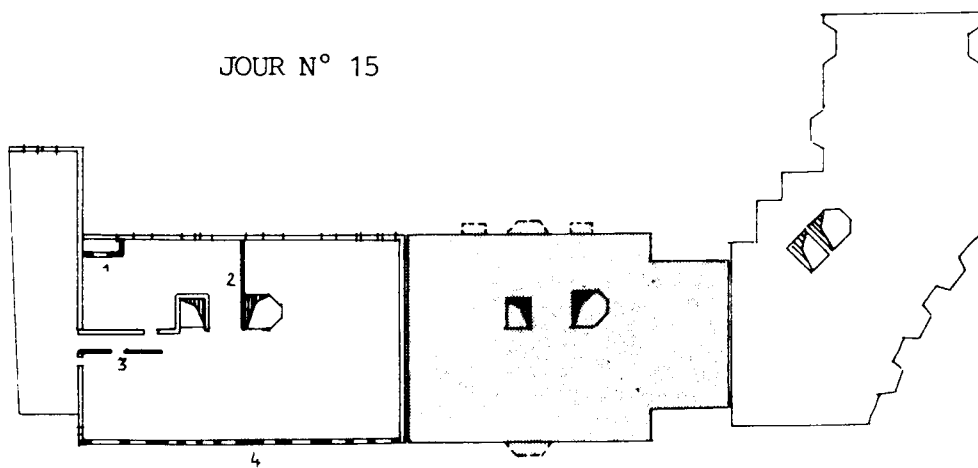
JOUR N° 13



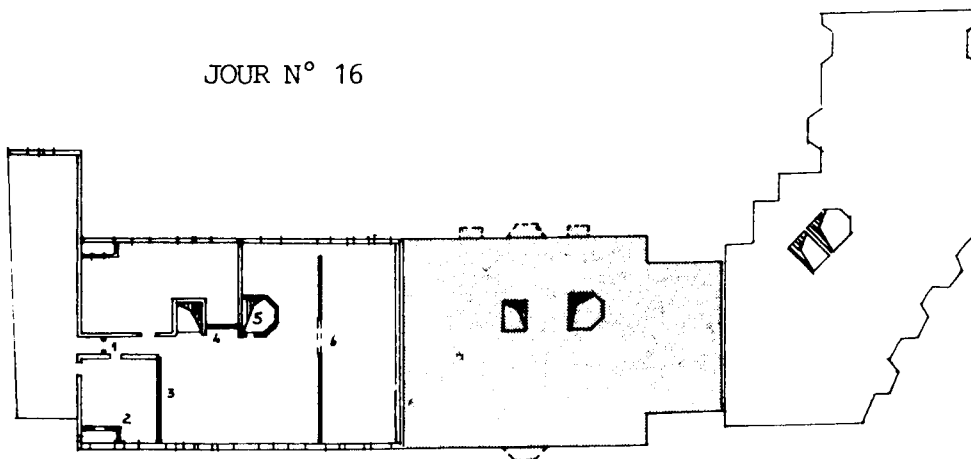
JOUR N° 14



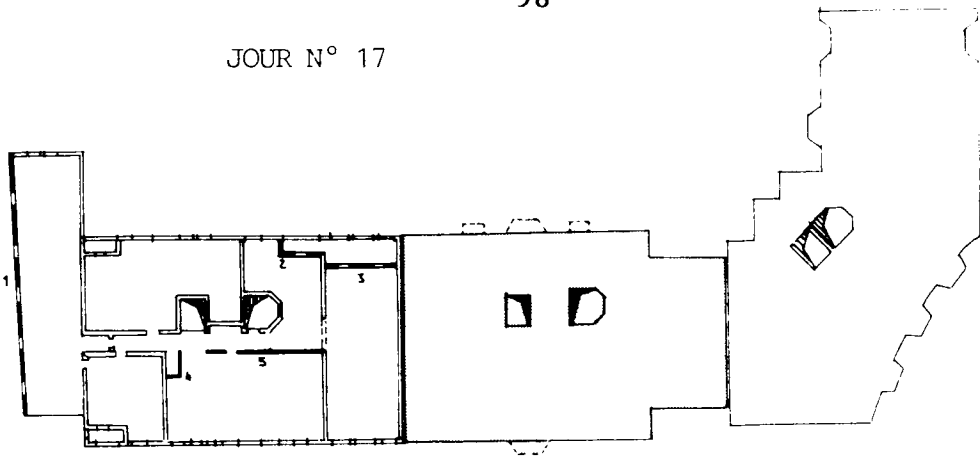
JOUR N° 15



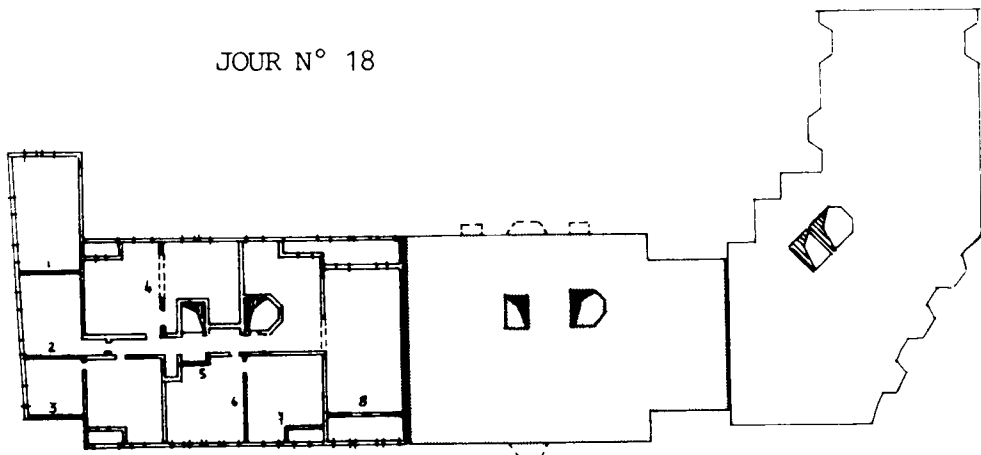
JOUR N° 16



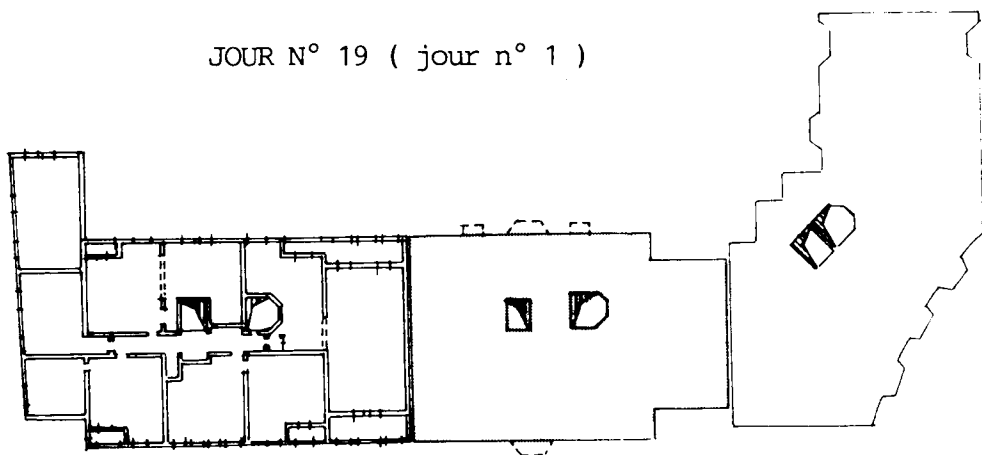
JOUR N° 17



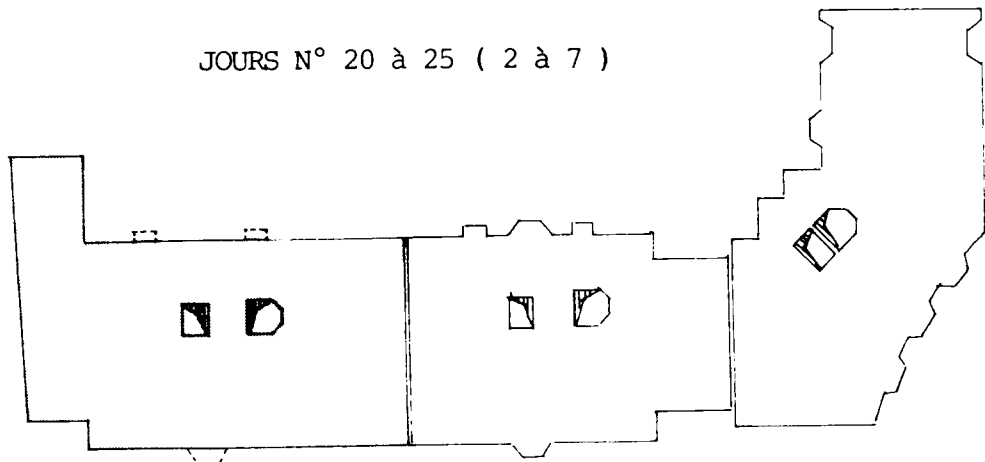
JOUR N° 18



JOUR N° 19 ( jour n° 1 )



JOURS N° 20 à 25 ( 2 à 7 )



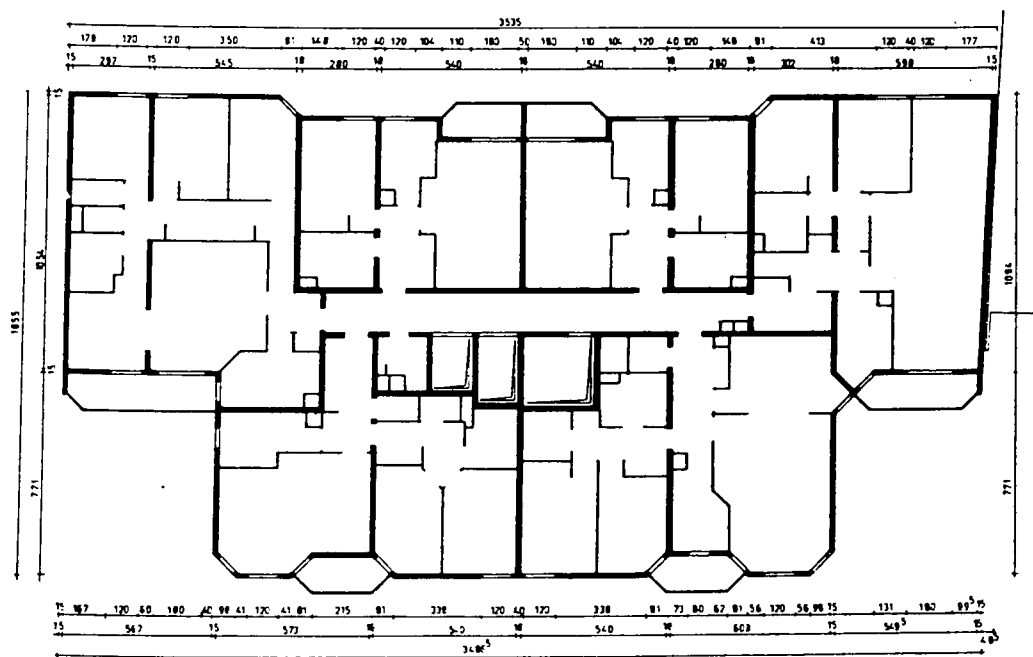
\* CHANTIER N° 3 : COURBEVOIE

Sur le chantier n° 3, la complexité de la structure est essentiellement dans le noyau-cage d'escalier ascenseurs - et dans les angles biais en façade. La moyenne est de 4 voiles/jours, ce qui est meilleur que sur les chantiers n° 1 et 2 et se traduit directement dans la productivité (0,32 h/m<sup>2</sup> en moyenne).

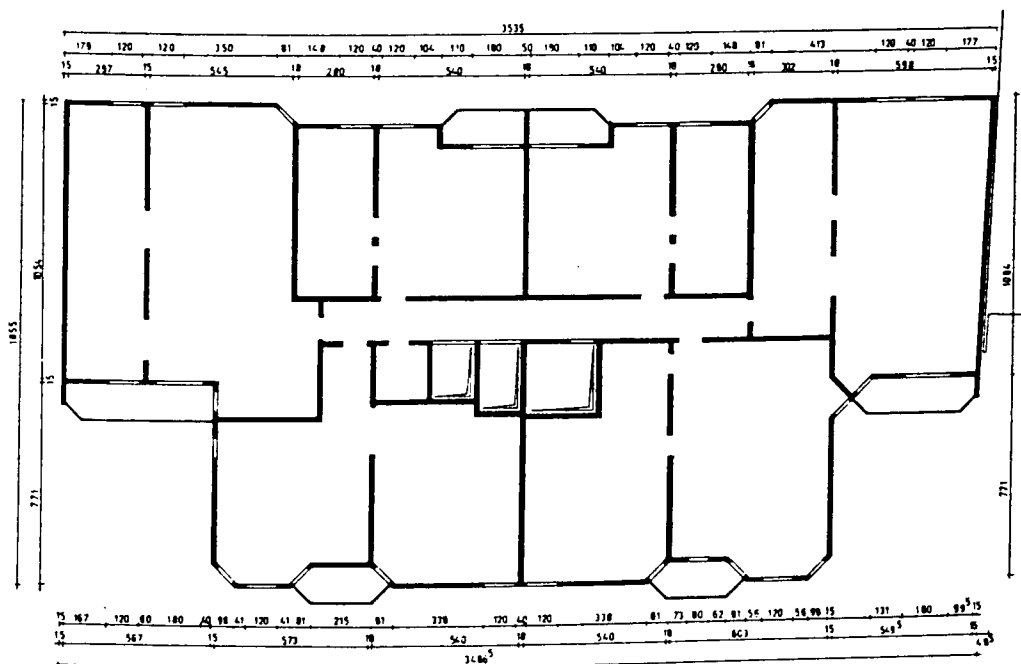
Les productivités les plus mauvaises sont le jour n° 3 (0,37 h/m<sup>2</sup>) où la perte de productivité est due surtout au petits voiles des noyaux auxquels s'ajoutent l'angle biais, le jour n° 6 (0,36 h/m<sup>2</sup>) où les postes de travail sont très éclatés et le jour n° 9 où on retrouve les petits voiles du noyau. Il faut aussi observer que ces trois jours correspondent également aux jours de coulage du plancher qui perturbent parfois le travail (occupation de la grue).

L'incidence des voiles longs sur la productivité se voit les jours n° 2, et 7 (0,30 h/m<sup>2</sup>) et le jour 8 (0,29 h/m<sup>2</sup>) qui ont les meilleures productivités. Le jour n° 8, il y a peu de voiles avec des réservations. Mais l'absence de répétitivité des incorporations empêche d'atteindre de très bonne productivités.

PLAN DE L'ETAGE COURANT



PLAN DU GROS OEUVRE

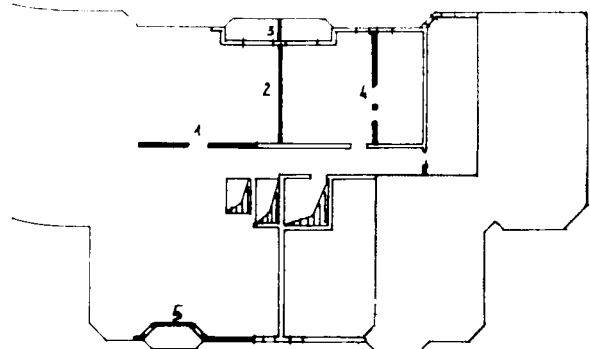


— MURS COULÉS EN PLACE

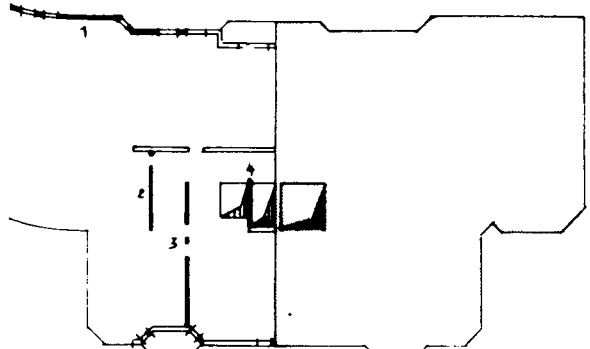
## PLANS DES ROTATIONS JOURNALIERES

	VOILE		PLANCHER	
EFFECTIF	5 1/2 p = 44 h		5 1/2 p = 44 h	
JOUR N°	ml m2	h/m2	m2	h/m2
1	27,92 ml 139,60 m2	0,32 h/m2	132,10 m2 (e)	posés
2	29,46 m 147,30 m2	0,30 h/m2	132,10 m2 et 141,70 m2	préparés posés (e)
3	24,12 ml 120,60 m2	0,37 h/m2	50 m2 env. et 181,30 m2	préparés coulés (e)
4	27,77 ml 138,85 m2	0,32 h/m2	92,5 m2 + 92,5 m2	préparés posés (e)
5	27,95 ml 139,75 m2	0,32 h/m2	92,5 m2 + 66,30 m2	préparés préparés
6	24,35 ml 121,75 m2	0,36 h/m2	185 m2 coulés	
7	29,17 ml 145,85 m2	0,30 h/m2	66,30 m2 + 72,7 m2	préparés posés
8	30,25 ml 151,25 m2	0,29 h/m2	72,7 m2 37,8 m2	préparés posés
9	25,76 ml 128,80 m2	0,34 h/m2	37,8 m2 et 176,8 m2	préparés coulés
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
TOTAL	246,76 ml 1 233,80 m2	396 h	543,10 m2	396 h
Moyenne	27,42 ml/j 137 m2/j	0,32 h/m2	60,35 m2/j	0,73 h/m2

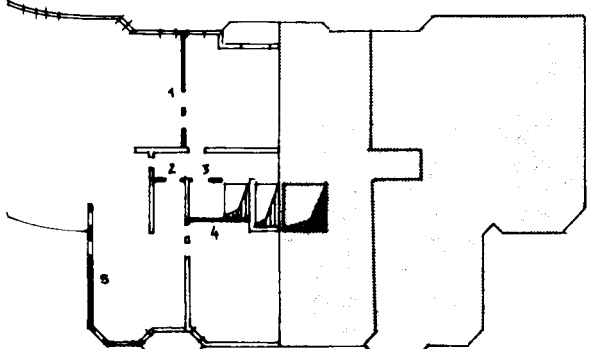
JOUR 1



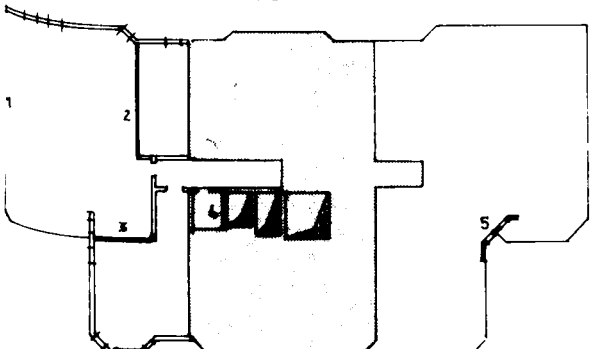
JOUR 2



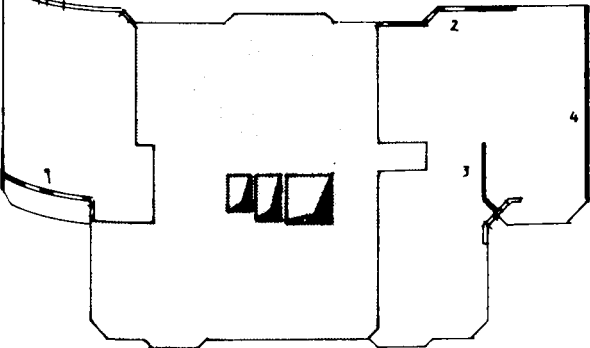
JOUR 3



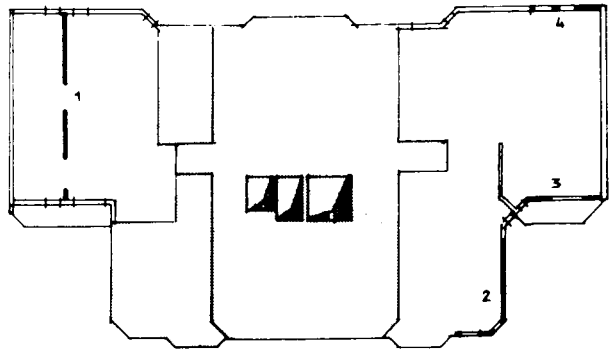
JOUR 4



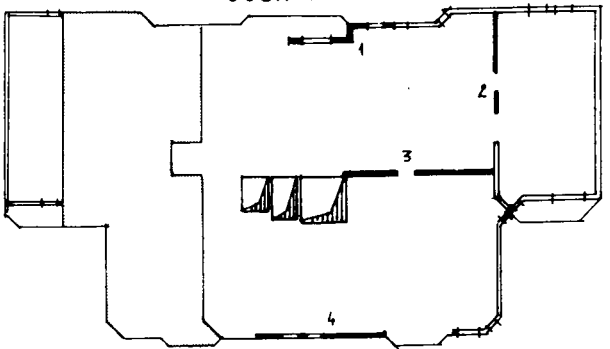
JOUR 5



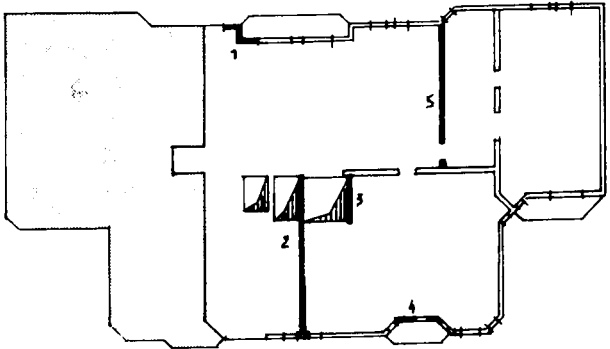
JOUR 6



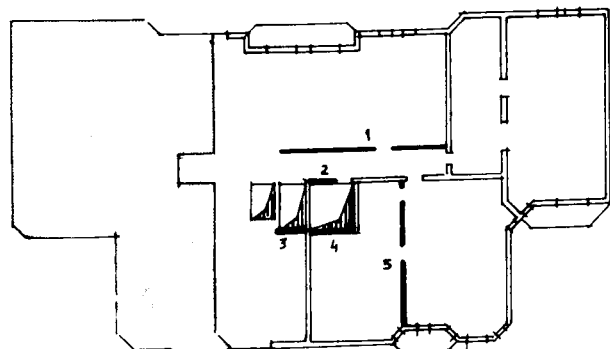
JOUR 7



JOUR 8



JOUR 9



• Note: Pour faciliter la lecture le jour n°1 correspond au 1<sup>er</sup> jour du cycle plancher



\* CHANTIER N° 5 : PANTIN

Il y a sur le chantier une grande irrégularité des performances : 0,27 h/m<sup>2</sup> (jour n° 7) à 0,48 h (jour n° 2).

L'explication est le nombre élevé de petits murs, l'éclatement des postes de travail.

L'absence de répétitivité d'une rotation à l'autre. Les jours où les meilleures productivités sont atteintes sont ceux où la structure réalisée est la plus simple et réduit donc ces trois facteurs.

On remarque également le nombre élevé de voiles réalisés par jour, de 10 jusqu'à 16 voiles/jour. Ceci est la conséquence d'une part de la quantité de petits voiles de la structure et d'autre part des délais qui ont demandé une quantité minimale de voile/jour.

Ces difficultés dues à la conception se sont accentuées au niveau des techniques de mise en œuvre : il y a en effet deux autres techniques de gros œuvre en accompagnement : la préfabrication foraine et le système COUNCO. Elles sont nécessaires pour arriver à tenir les cadences du cycle voile mais ont eu des faibles performances. Cette hétérogénéité technique nuit à la productivité et à la simplicité de l'organisation du chantier.

o Certains voiles sont préfabriqués au sol pour faciliter le déroulement des rotations :

- le jour n° 4 le voile préfa est posé pour réaliser le joint de dilatation avec le bâtiment existant.
- les jours 8 et 9, les murs préfa de fond de vide ordure, trop courts pour pouvoir être coulés sans banche spéciale, sont posés.
- le jour 9 le voile préfa en joint de dilatation entre bâtiments est posé.

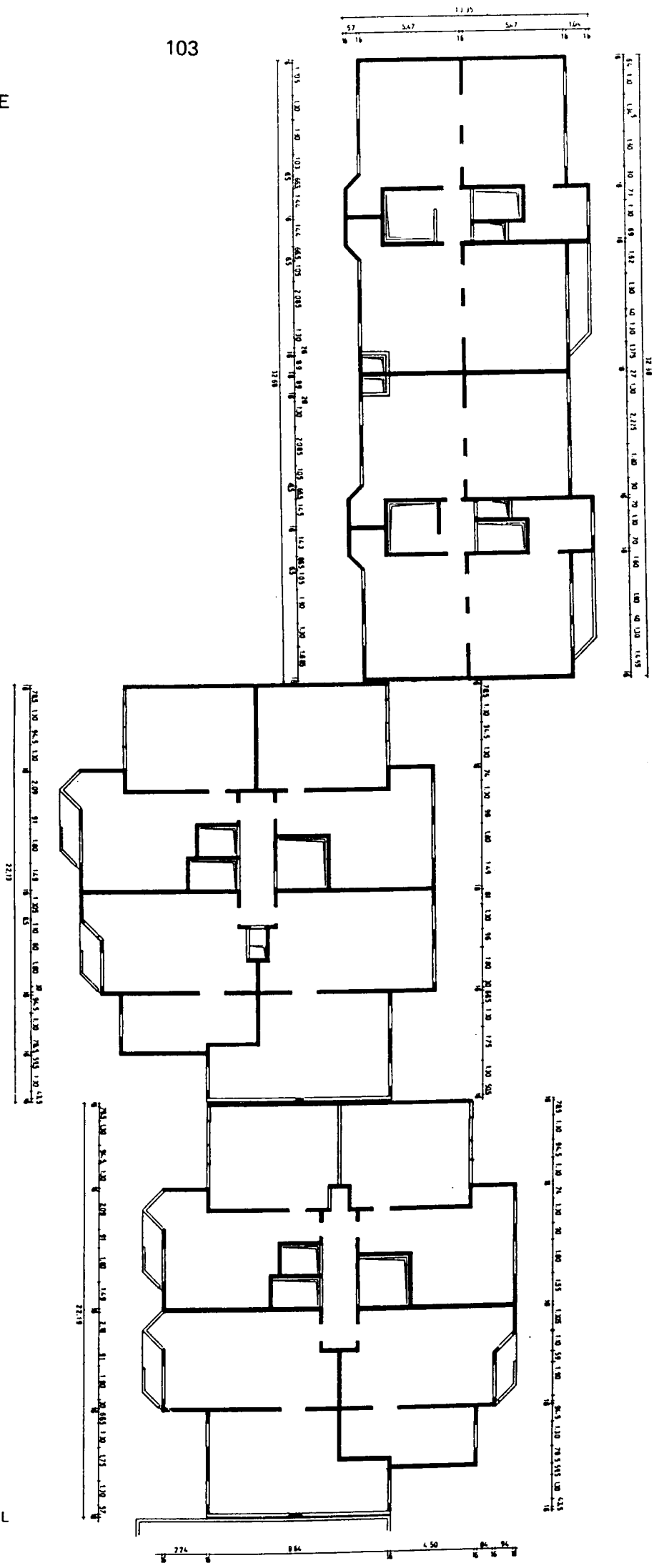
Quelques voiles sont coulés en même temps que les planchers (système «COUNCO», de la SAE - OUTINORD, où la prédalle est posée sur une banche spécialement adaptée qui est retirée ensuite par la façade) : JOUR 3 et 8.

La façade est ensuite montée en maçonnerie de remplissage.

Le système «COUNCO» qui faisait une des originalités de ce chantier n'a pu être utilisé systématiquement en raison de la trop grande diversité entre les rotations.

PLAN DU GROS OEUVRE

103



- MURS COULÉS EN PLACE
- == MURS PRÉFABRIQUÉS AU SOL
- FACADES EN PARPAING

## PLAN DES ROTATIONS JOURNALIERES

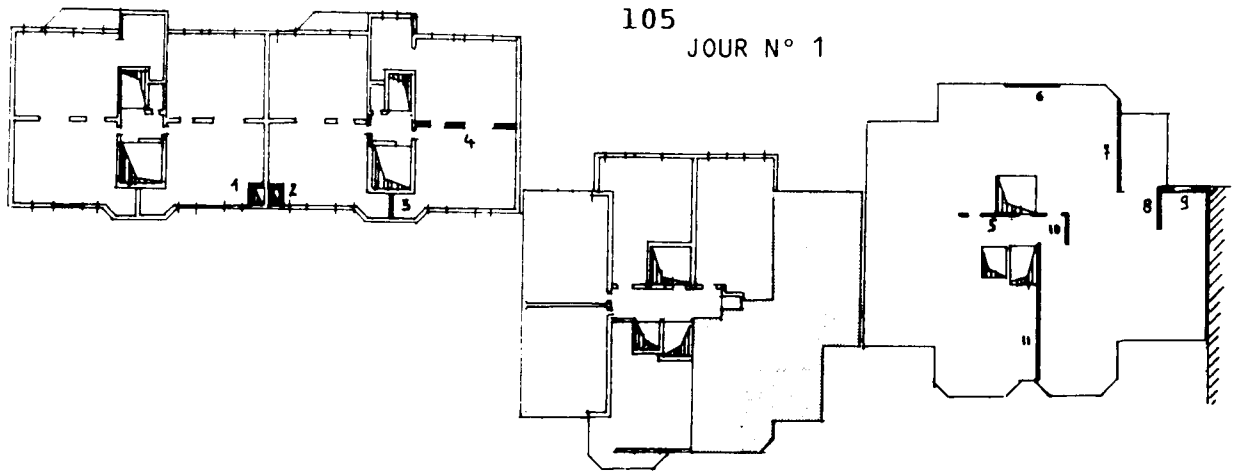
EFFECTIF	VOILE		PLANCHER	
	10 + 1 = 11 p	88 h/j	10 + 1 = 11 p*	88h/j
JOUR N°	ml m2	h/m2	m2	h/m2
1	42,40 ml 212,00 m2	0,42 h/m2	114 m2	0,77 h/m2
2	37,1 ml 185,50 m2	0,48 h/m2	82 m2	1,07 h/m2
3	57,0 ml 285,00 m2	0,31 h/m2	118 m2	0,75 h/m2
4	51,45 ml 257,25 m2	0,34 h/m2	89 m2	0,99 h/m2
5	41,4 ml 207 m2	0,43 h/m2	153 m2 <sub>(2)</sub>	0,58 h/m2
6	62,3 ml 311,5 m2	0,28 h/m2 (1)	98 m2	0,90 h/m2
7	64,5 ml 322,5 m2	0,27 h/m2 (1)	96 m2	0,92 h/m2
8	60,80 ml 304,0 m2	0,29 h/m2 (1)	118 m2	0,75 h/m2
9	63 ml 315 m2	0,28 h/m2 (1)	105 m2	0,84 h/m2
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
TOTAL	480 ml 2 400 m2	792 h	976 m2	792 h
Moyenne	53,3 ml/j 266,6 m2/j	0,33 h/m2	108 m2/j	0,81 h/m2*

\* Hors fabrication prédalle (1 p) = 0,07 h/m2

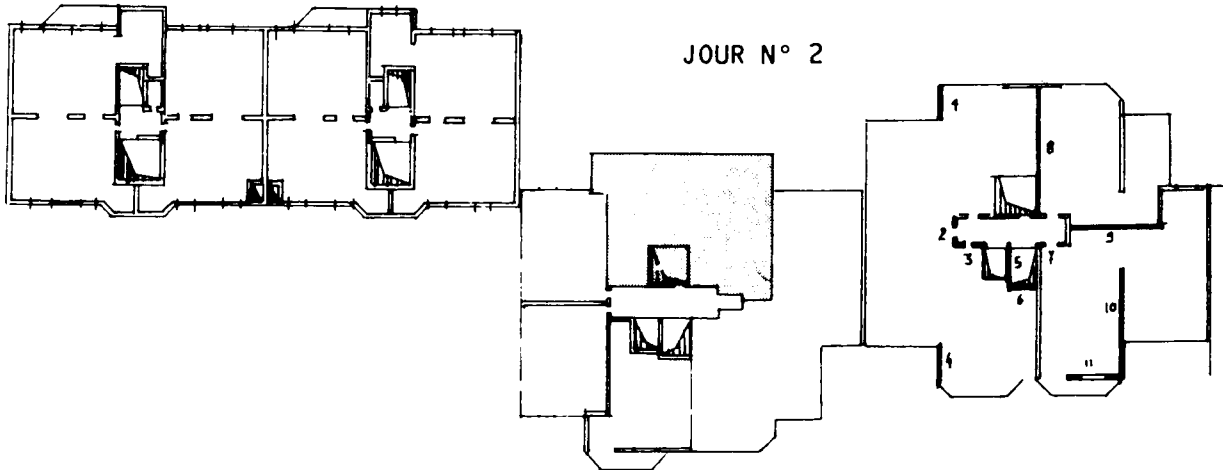
(1) Voiles : à partir de 60 ml / j (300 m2/j) soit 0,29 h/m2 le cycle se ferait en 8 j (– 1 j) et 7,4 j à 64,5 ml / j ( 0,27 h/m2 )

(2) Plancher : à 140 m2/j le cycle se ferait en 7 j (– 2 j), et 6,4 j à 153 m2/j (0,58 h/m2)

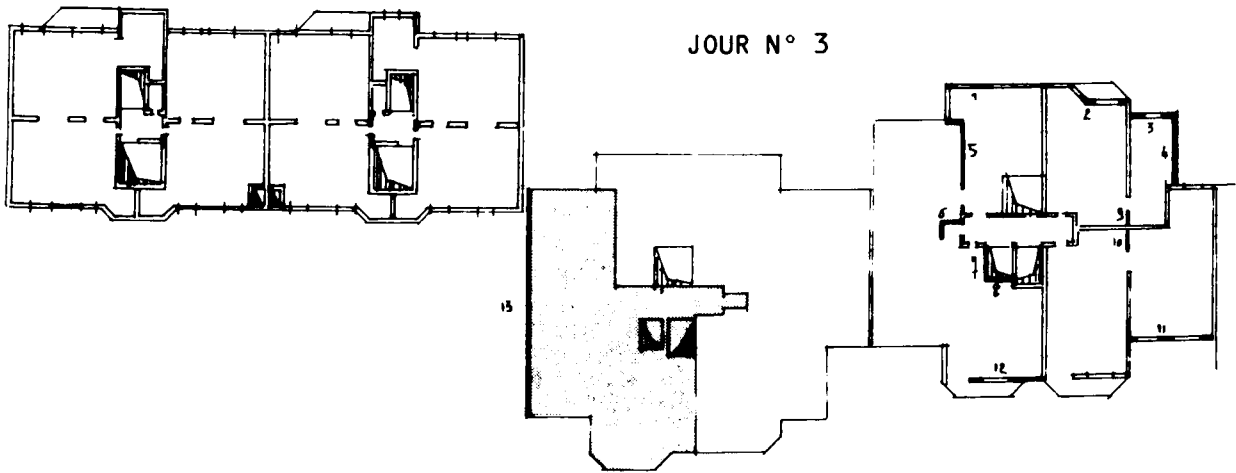
105  
JOUR N° 1



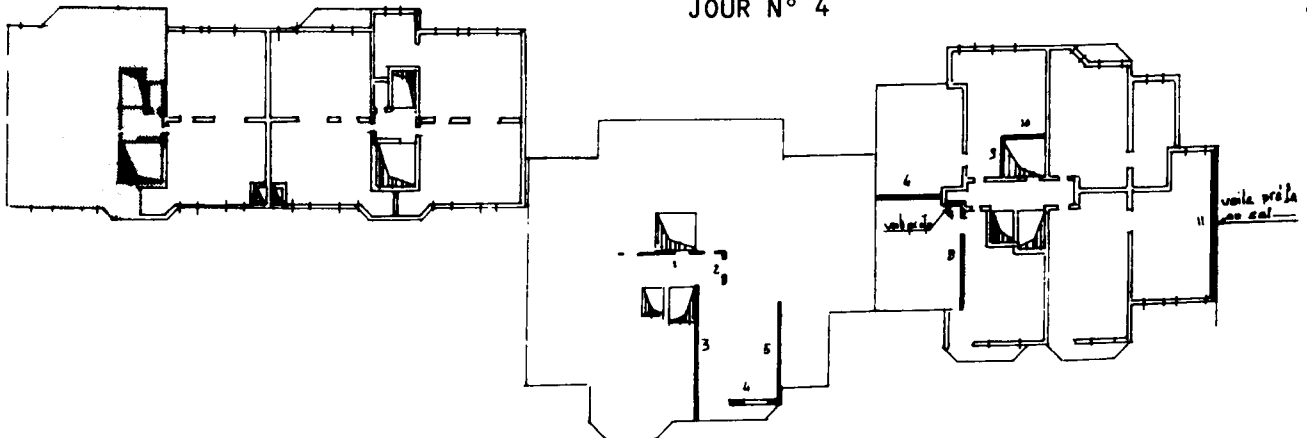
JOUR N° 2



JOUR N° 3

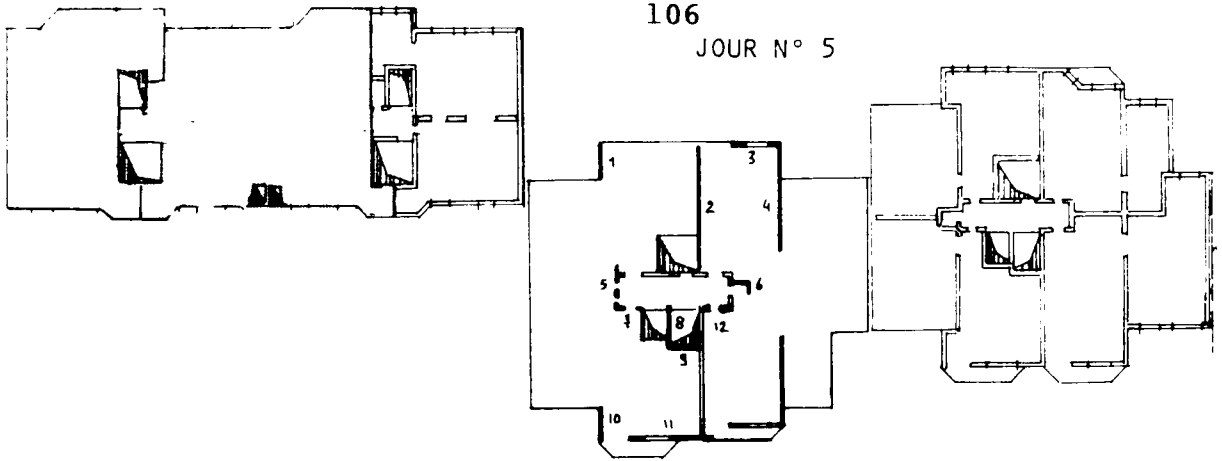


JOUR N° 4

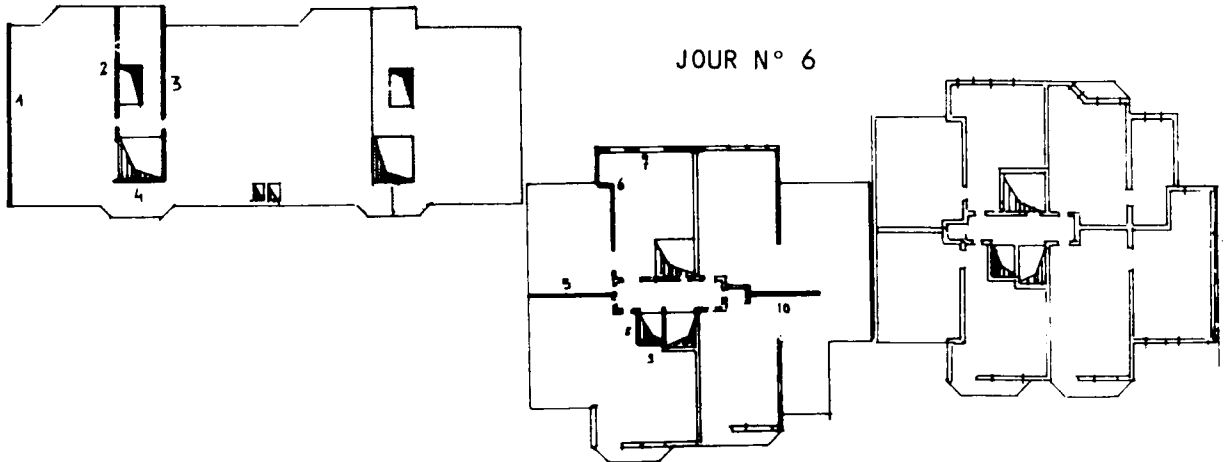


106

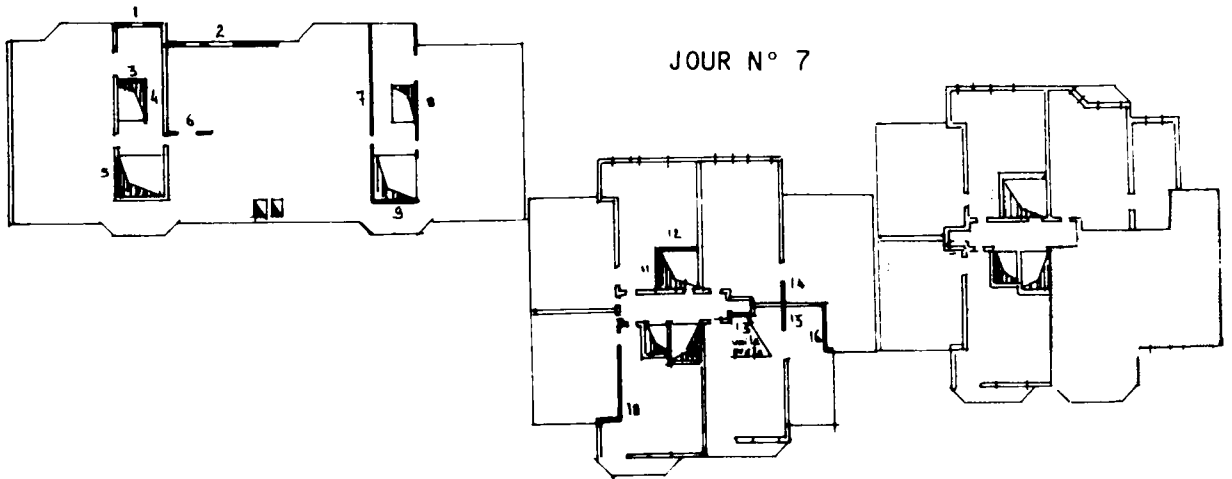
JOUR N° 5



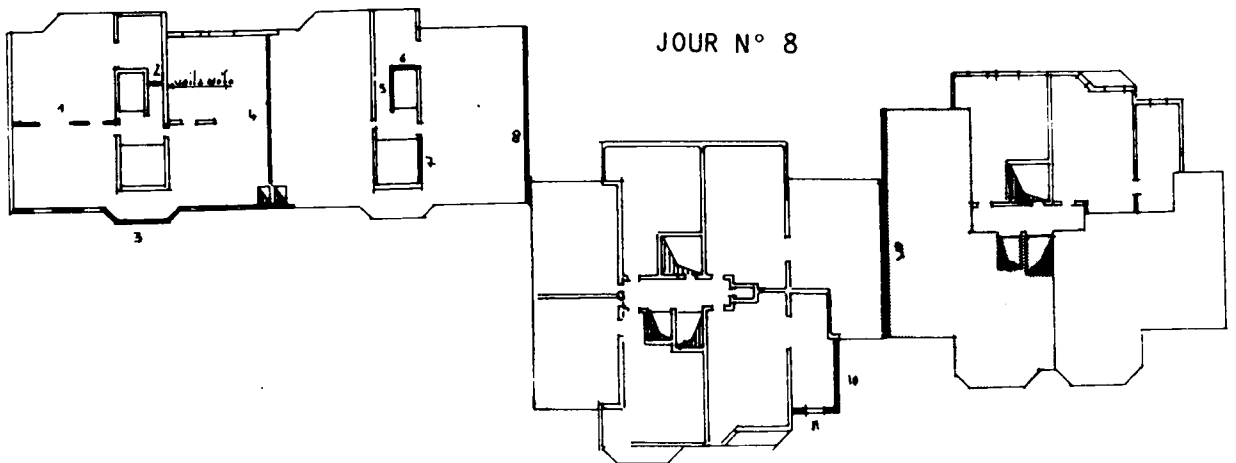
JOUR N° 6



JOUR N° 7

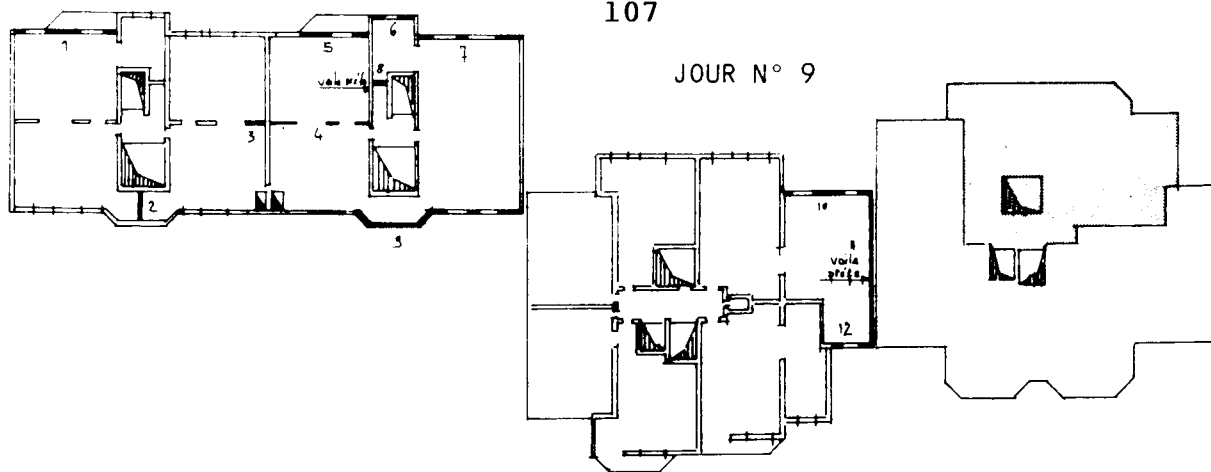


JOUR N° 8



107

JOUR N° 9



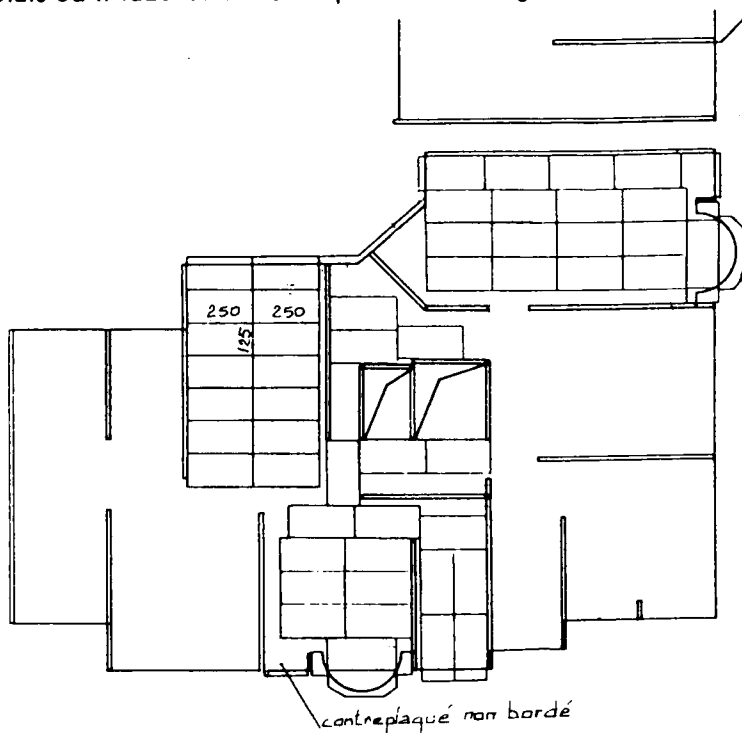
## LE CYCLE PLANCHER

Le cycle plancher montre de façon encore plus claire l'importance de la simplicité et de l'optimisation dimensionnelle de la structure - notamment de la compatibilité dimensionnelle avec le coffrage.

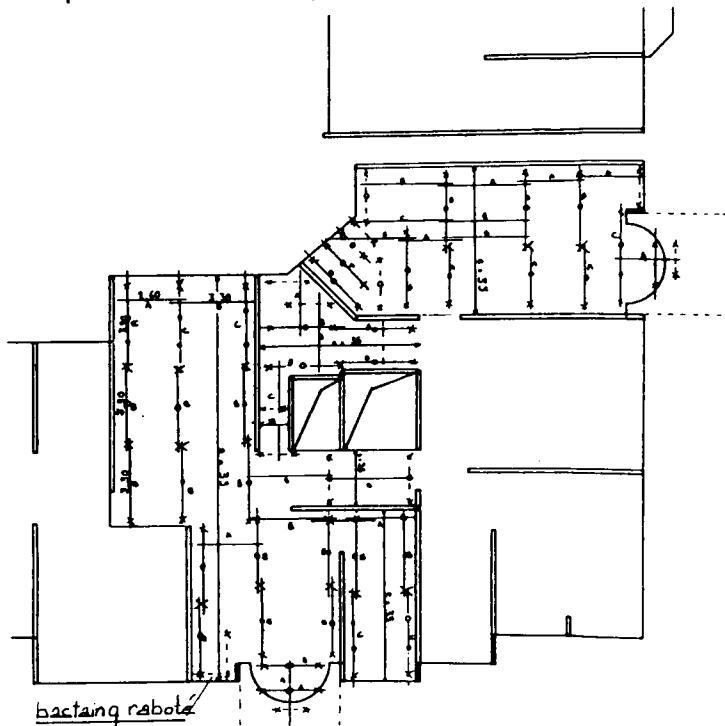
## \* CHANTIER N° 1 : PARIS - SAINT CHARLES

Pour le coffrage bois, les problèmes que posent la réalisation des points particuliers ainsi que l'adaptation à la trame (en tôle ou en contre plaqué découpé sur le chantier) se voient nettement sur le plan de coffrage de l'angle sur le chantier n° 1.

Les panneaux de contreplaqué bordés par un profil acier de protection font 2.50 m x 1.25 m. Mais la trame n'est pas multiple de ces dimensions et il faut rajouter des bandes de coffrages, d'où perte de temps, qui sont découpées dans du contreplaqué non bordé. Le problème s'aggrave avec les angles biais où il faut faire des coupes non rectangulaires.



L'optimisation de l'étagage diminue avec les petites portées et encore plus avec l'angle biais.



- x tripode
- o étau à fourche
- A poutrelle : 2,60 ml
- B 3,30 ml
- C 3,80 ml
- - - - - bastaing

bastaing rabote

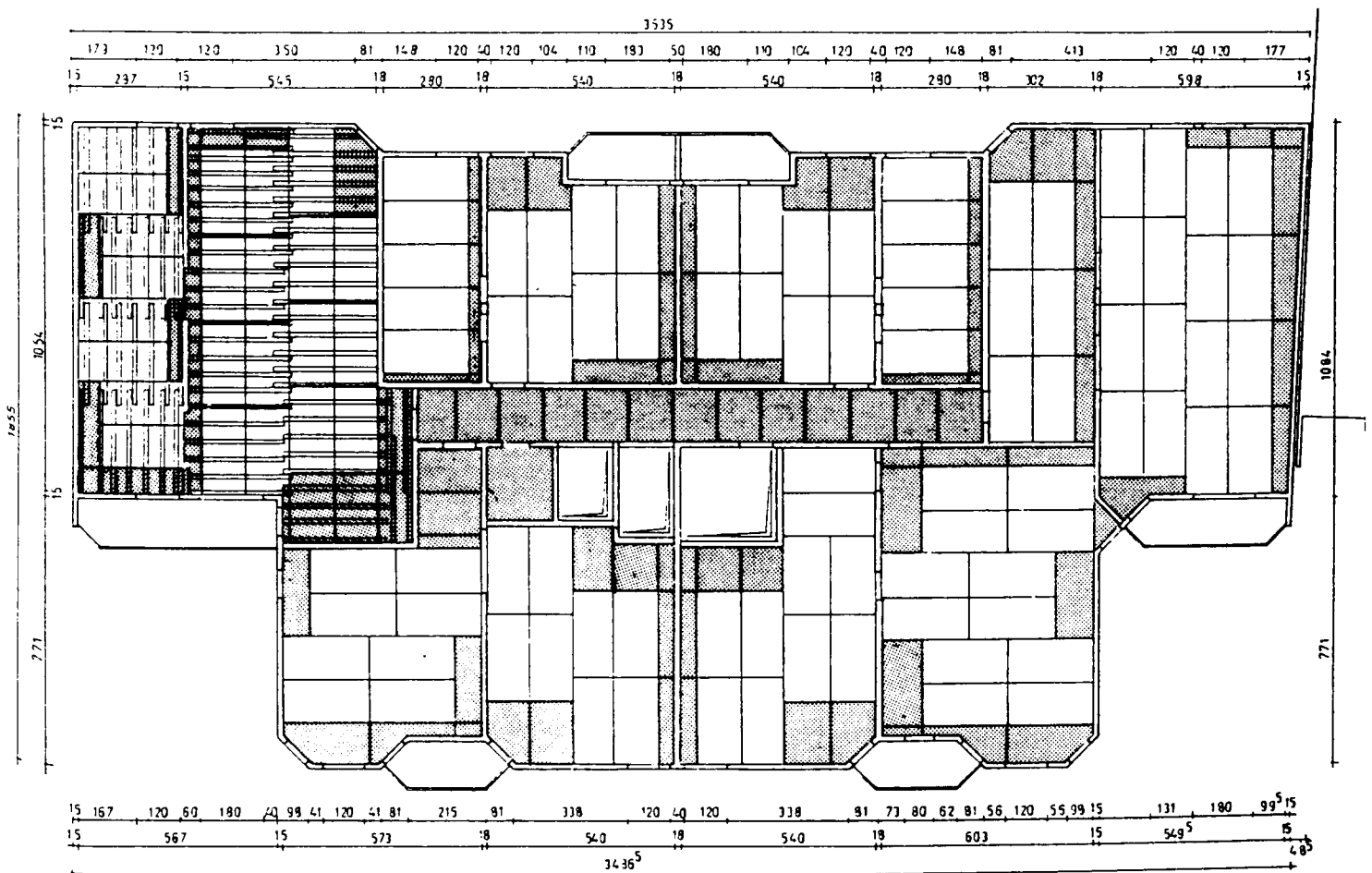
1255 1054 15 771 15

\* CHANTIER N° 3 : COURBEVOIE

Les problèmes de calepinage du plancher se retrouvent sur le chantier n° 3, notamment avec les décrochements de mur et les angles biais.

Nous avons reproduit sur une partie du plan ci-dessous l'implantation des poutrelles qui portent les panneaux de contreplaqué du coffrage. Les poutrelles utilisées ici font 3 ml. L'implantation des poutrelles est modifiée avec les décrochements de mur, les ouvertures sans linteau,...

Quant aux panneaux de contreplaqué, une grande partie d'entre eux n'est pas standard ce qui engendre une baisse de productivité. Les panneaux qui ne sont pas standards sont indiqués en gris sur le plan.



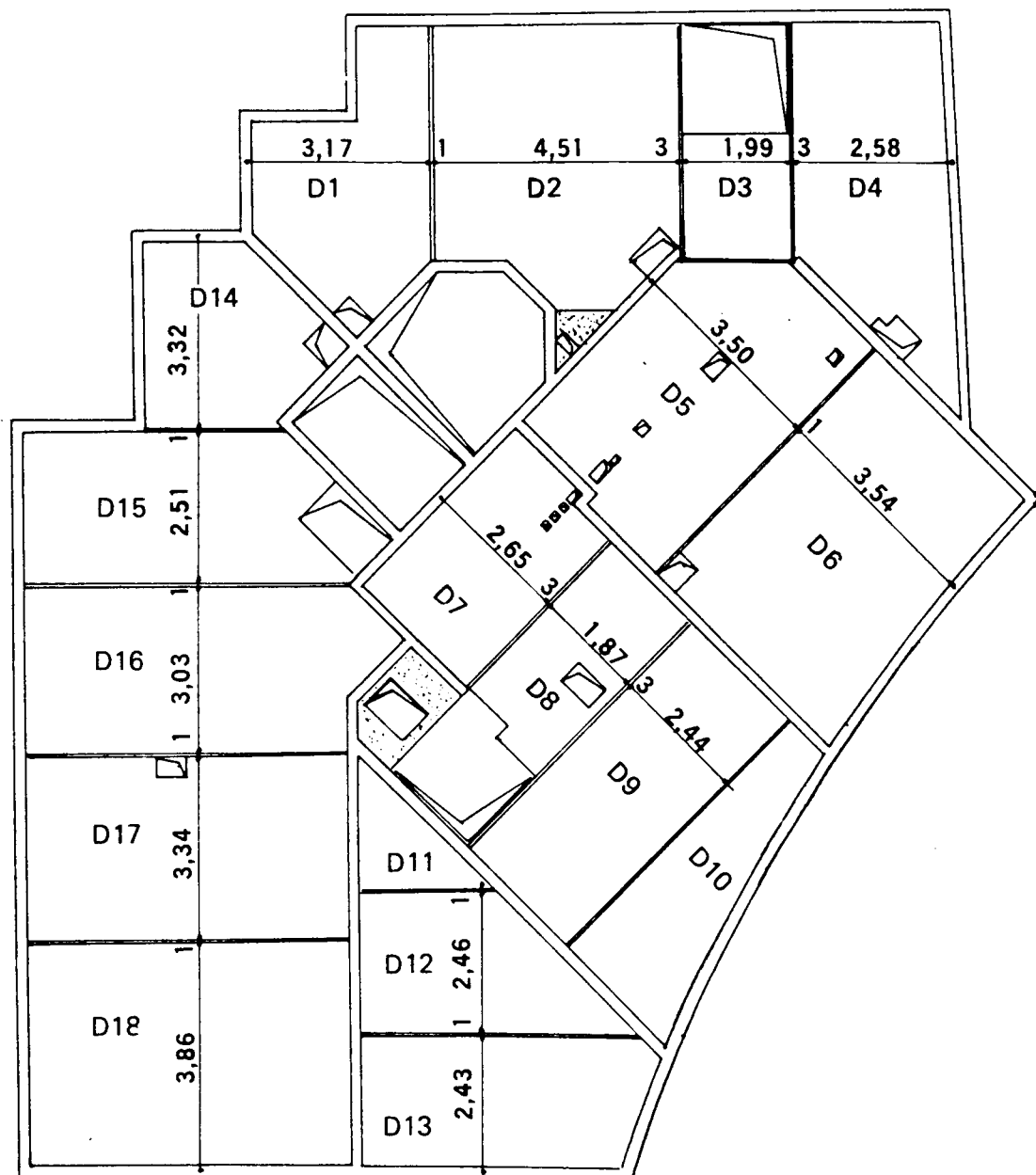


\* CHANTIER N° 2 : PUTEAUX

Avec les prédalles, la souplesse d'adaptation (découpes, petite dimension) ne favorise pas pour autant la productivité.

Le rapport mur/dalle de son côté limite les quantités jours qu'il est possible de réaliser (l'avancement des voiles conditionnant alors celui des planchers) ce qui se traduit par un effectif moins important de l'équipe et/ou une sous-productivité de certaines rotations.

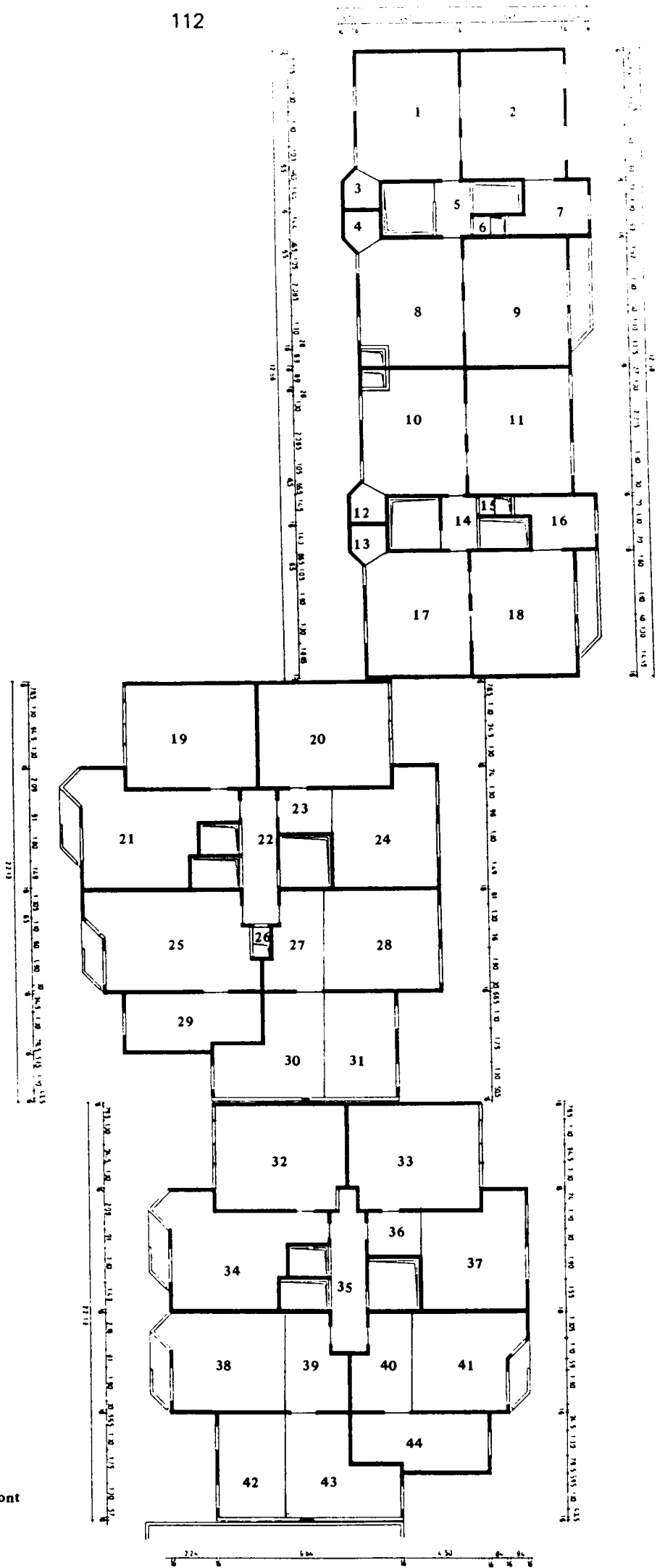
Le cas de cet angle notamment est particulièrement peu adapté à une solution prédalle préfabriquée : absence de répétitivité ( de largeur et de longueur ) donc de banalisation à la fabrication et à la pose, découpes nombreuses pour s'adapter à la forme du bâtiment ...



**\* CHANTIER N° 5 : PANTIN**

Dans le cas des prédalles foraines, c'est la capacité de production de l'aire préfa (120 m<sup>2</sup>/j) qui définit fréquemment l'avancement du cycle voiles (ce qui détermine préalablement les quantités/jours possibles. On remarque cependant qu'elle n'est pas toujours utilisée à plein rendement : forme des planchers inadaptée et peu répétitive, mauvaise implantation des voiles qui allonge le cycle voile et retarde le cycle plancher, etc, comme le montre le plan de prédalle.

PLAN DE PRÉDALLES



Nota: les balcons - porte à faux - sont coffrés en bois et coulés in situ.

## L'HARMONISATION DES CYCLES VOILES ET PLANCHERS

La quantité/jour qui peut être réalisée ainsi que l'amélioration de la productivité dépendent des possibilités d'harmoniser les cycles voiles et planchers. Il n'est cependant pas toujours possible d'éviter le sous-emploi, sur quelques rotations, du matériel et des hommes, ce qui fait alors baisser la productivité et la production journalière.

Le chevauchement des cycles, c'est à dire l'écart de jours qui sépare le cycle voiles du cycle plancher dans l'avancement des travaux permet d'atténuer les répercussions de l'irrégularité des rotations d'un cycle sur l'autre cycle. Mais la marge de manœuvre reste faible, surtout lorsque la durée du cycle sur un étage est courte (cas des bâtiments de faible longueur).

Pour permettre au chantier de profiter pleinement de ses capacités de production, c'est en fait le cycle plancher qui doit conditionner l'harmonisation des cycles et l'ajustement des moyens matériels et des effectifs. Plus la surface de plancher réalisée par jour est grande, plus les délais sont courts et, parallèlement, plus l'organisation est optimisée par rapport au plancher, plus l'amélioration de la productivité/m<sup>2</sup> de plancher est favorisée et permet d'être moins pénalisé par sa médiocre productivité actuelle.

Une amélioration des cadences des rotations journalières du cycle plancher apparaît donc comme le vecteur essentiel pour améliorer le coût du gros œuvre béton. C'est le plancher qui doit dicter l'avancement au reste du gros œuvre.

A partir des capacités maximales du cycle plancher, basées sur les quantités optimales de matériel de coffrage possible (quantitatives, économiques) et du plein emploi des moyens humains (équipe/type), il devient possible d'une part de dégager les facteurs de conception du plancher qui conditionnent ces performances maximales et d'autre part de préciser quel est le rapport mur/dalle et la complexité admissible qui permettent d'assurer ce plein rendement.

L'identification des cas qui viennent réduire la productivité et perturber l'organisation des cycle et leur enchaînement est le premier pas pour déterminer les contraintes élémentaires que doit respecter la conception pour permettre des cadences élevées du cycle plancher.

On peut fait remarquer que sur les chantiers analysés, le plus souvent c'est le cycle voiles qui détermine l'avancement général du chantier et qui donne le rythme du cycle plancher. La complexité de la structure qui demande d'étaler sur plusieurs jours la réalisation de cas difficiles influe en plus sur le chevauchement des cycles voiles et planchers.

Dans les cas les plus favorables le cycle plancher est décalé d'un jour ou deux de celui des voiles. Dans le cas du n° 1 il est de quatre jours afin de permettre la construction de l'angle (cage d'escalier...).

Au niveau de l'organisation du chantier, ceci conduit à déterminer des ouvrages « prioritaires » qui ne sont pas forcément les plus importants en quantité mais qui doivent être construits impérativement pour éviter de bloquer l'autre cycle. Plus les cas particuliers critiques pour l'enchaînement des cycles sont nombreux, plus les problèmes d'organisation sont accrus ainsi que les risques de bloquer un cycle par les retards de l'autre.

L'harmonisation des cycle voiles et plancher est fortement perturbée sur les petits chantiers où les cycles peuvent théoriquement durer 2 à 3 jours seulement vu les quantités mais s'étalent en fait sur 4 à 5 jours ou plus pour faciliter le travail (problèmes de place, de chevauchement des cycles, etc). La conception, et notamment la direction de la trame et le nombre de voiles, prédétermine sans exception le résultat de productivité et de qualité.

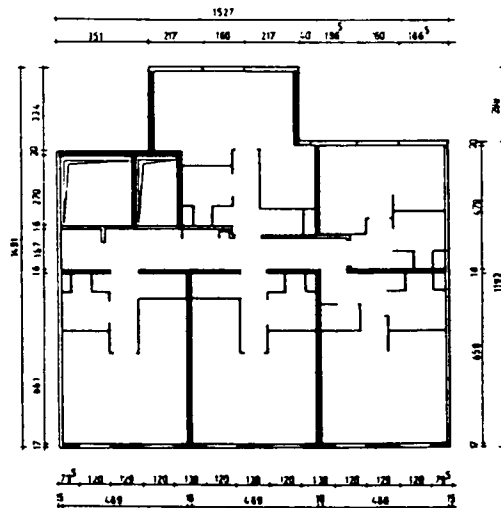
### \* CHANTIER N° 6 : MARCADET

Le cas du chantier n° 6 est typique. Il s'agit d'une petite parcelle entre deux immeubles anciens contre lesquels, pour des question de solidité et de forme, il n'est pas possible de couler des voiles en béton en limite séparative. Le choix souhaitable est une trame porteuse parallèle à la façade.

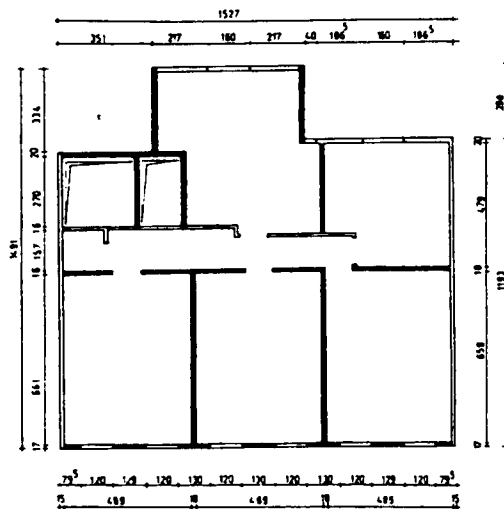
Sur le chantier n° 6, les murs séparatifs sont porteurs (épanelage en façade, etc) et doivent être exécutés en parpaing. Un troisième cycle est alors ajouté aux deux cycles béton ce qui a perturbé beaucoup le déroulement et la coordination du chantier.

Une structure ayant trois murs porteurs parallèles à la façade aurait permis une rotation en 3 jours, – au lieu de 5 jours – plus simple, plus équilibrée et plus répétitive.

### PLAN ÉTAGE COURANT



### PLAN DU GROS OEUVRE



■ MURS COULÉS EN PLACE

▬ MURS EN MAÇONNERIE DE PARPAING

## PLANS DES ROTATIONS JOURNALIERES

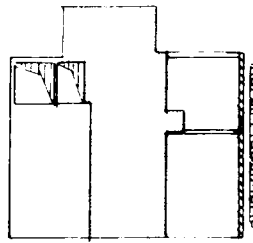
EFFECTIF	VOILE *		PLANCHER	
	3 p	24 h	3 p	24 h/j
JOUR N°	ml m2	h/m2	m2	h/m2
1	12,10 ml 60,5 m2	0,40 h/m2		
2	13,2 ml 65 m2	0,37 h/m2		
3	13,8 ml 69 m2	0,35 h/m2		
4	11,0 ml 55 m2	0,44 h/m2	40 m2	0,60 h/m2
5	15 ml 75 m2	0,32 h/m2	73 m2	0,66 h/m2
6	—	—		
7	—	—	55 m2	0,87 h/m2
8	—	—		
	—	—		
	—	—		
	—	—		
	—	—		
	—	—		
	—	—		
TOTAL	65,1 ml 325,5 m2	120 h	168 m2	120 h
Moyenne	13,02 ml 65,1 m2	0,37 h/m2	33,6 m2	0,71 h/m2

\* Hors maçonnerie

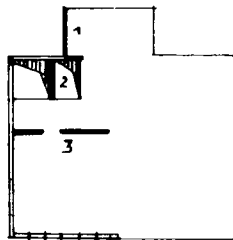
JOUR N° 1



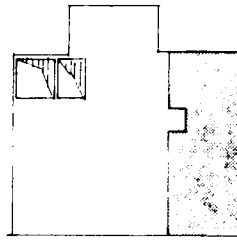
JOUR N° 6 ( N° 1 )



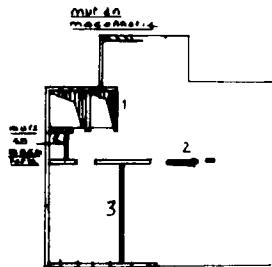
JOUR N° 2



JOURS N° 7&amp;8 (2&amp;3)

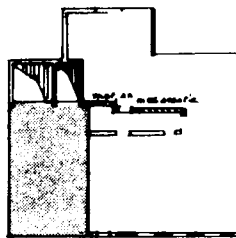


JOUR N° 3



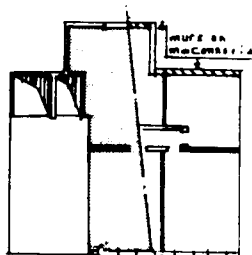
La coordination des 3 cycles de 5 jours (voiles - maçonnerie - plancher) semble délicate le jour 5 ( et 1) car l'emploi des hommes est double alors que le jour 2 ( 7 ) est sans maçonnerie. Mais ces documents n'ont pas pu être vérifiés avec le conducteur de travaux pour l'instant.

JOUR N° 4



La difficulté majeure de ce chantier est le cycle maçonnerie sur qui repose les conditions d'avancement régulier des autres cycles.

JOUR N° 5



#### CHANTIER N° 4 PORT-MARLY

Dans le cas du tunnel, les cycles voiles et plancher ne sont pas dissociables, ce qui limite les possibilités d'harmoniser les cadences selon les parties plus ou moins difficiles du bâtiment et exclut également toute possibilité de rattraper d'une rotation à l'autre. Sur le chantier n° 4, la diversité des trames (trois trames différentes pour un même bâtiment (cas étudié), et elles-mêmes différentes de celles du deuxième bâtiment de l'opération) impose un jeu de tunnels trop important (au total 800 m<sup>2</sup>) et une rotation qui s'effectue sur deux jours.

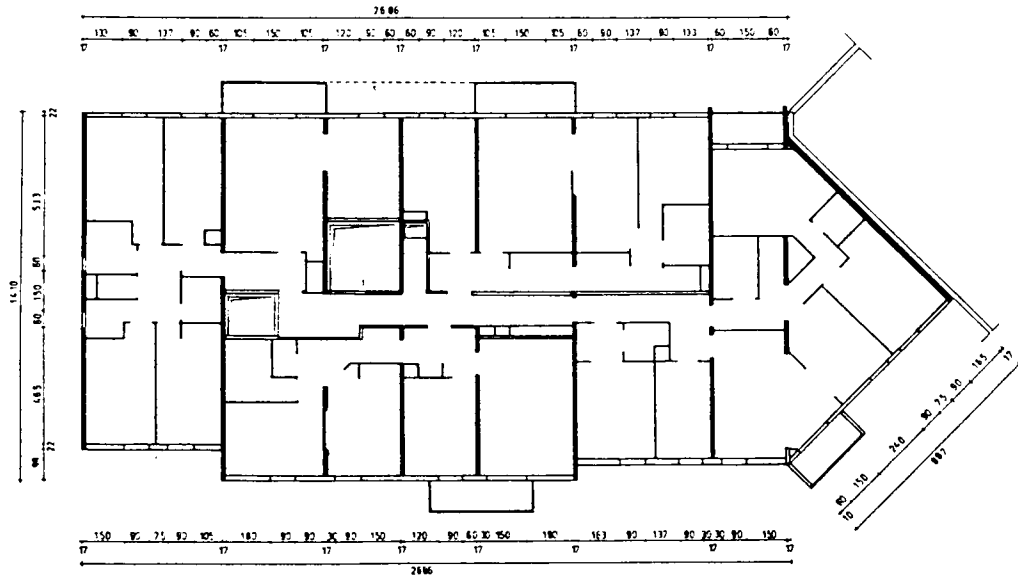
Cette solution de compromis, bien qu'elle entraîne un sur-effectif de l'équipe gros œuvre/surface de coffrage, est celle qui permettait la meilleure productivité.

A ce problème des nombres de trames s'ajoutent leur petite dimension (temps par m<sup>2</sup> de plancher construit élevé)-et son incidence sur les délais - et le cas de l'angle non adapté au tunnel qui perturbe le sens d'avancement des rotations et qui doit être réalisé avec un autre procédé (ici en prédalle).

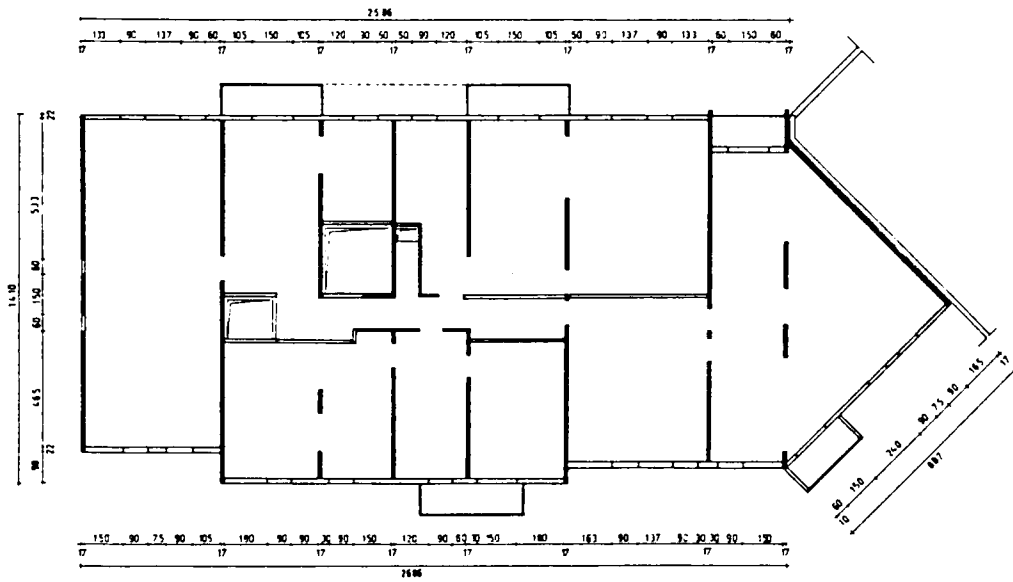
Toutes ces impossibilités de profiter pleinement de l'avantage du tunnel expliquent grandement les performances moyennes obtenues.



PLAN ÉTAGE COURANT

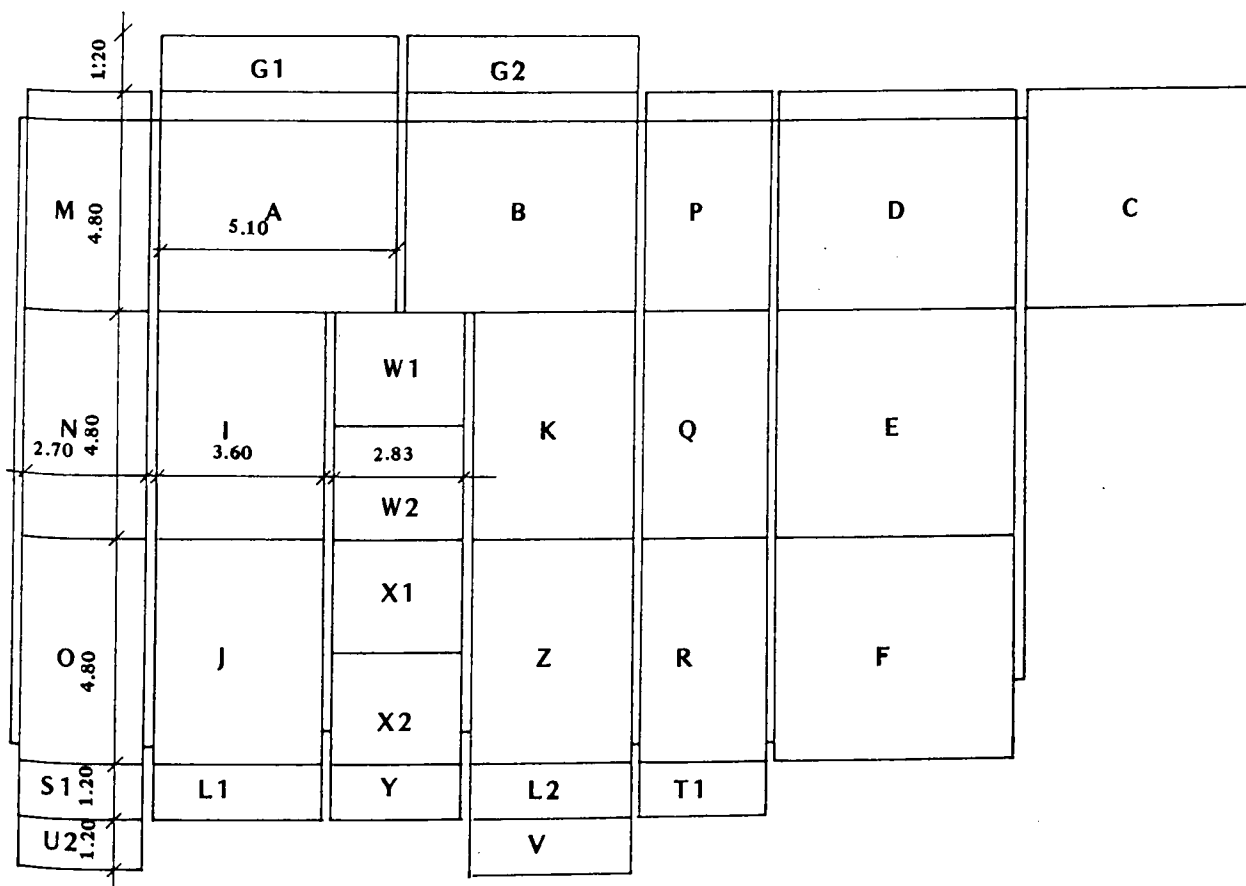


PLAN DU GROS OEUVRE



- MURS COULÉS EN PLACE
- MURS EN MAÇONNERIE DE PARPAING

## PLAN DE L'EQUIPEMENT TUNNEL



Surface horizontale : 360 m<sup>2</sup>

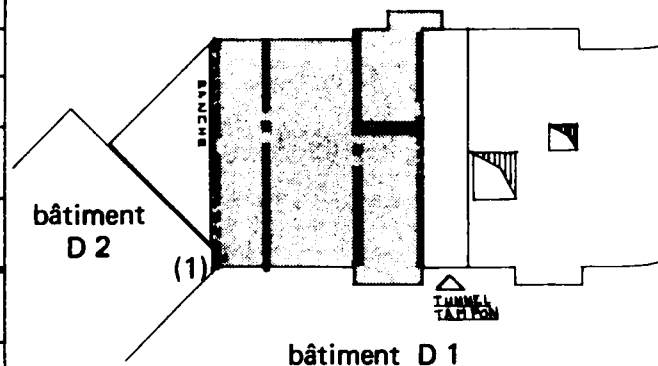
Surface verticale : 486 m<sup>2</sup>

Surface développée : 846 m<sup>2</sup>

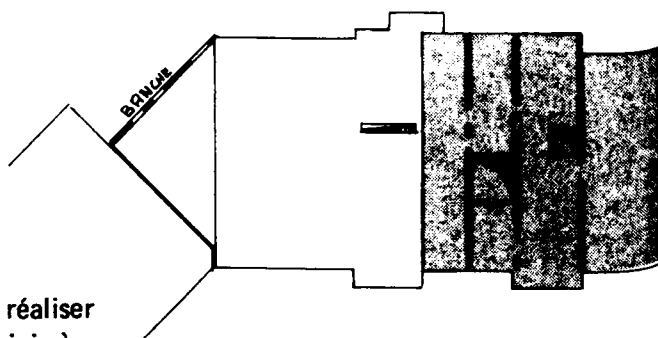
## PLANS DES ROTATIONS JOURNALIERES

Effectif	12 p = 96 h/j	
JOUR N°	VOILES	+ PLANCHER
	m <sup>2</sup>	h/m <sup>2</sup>
5 et 6	452 m <sup>2</sup>	0,42 h/m <sup>2</sup>
7 et 8	573 m <sup>2</sup>	0,34 h/m <sup>2</sup>
TOTAL	1 025 m <sup>2</sup>	384 h
Moyenne	256 m <sup>2</sup> /j	0,37 h/m <sup>2</sup>

JOURS 5 &amp; 6



JOURS 7 &amp; 8



Partie symétrique du bâtiment.

o JOURS 1 et 2 : dito jours 5 et 6

o JOURS 3 et 4 : dito jours 7 et 8

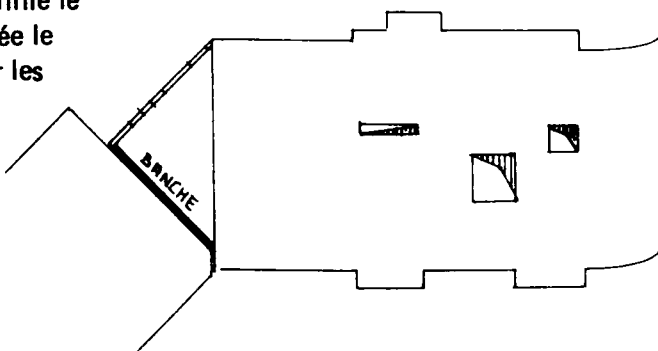
Remarque : (1)

L'encastrement biais des bâtiments D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> oblige à réaliser D<sub>1</sub> (partie étudiée) après D<sub>2</sub> pour pouvoir réaliser le biais à l'angle.

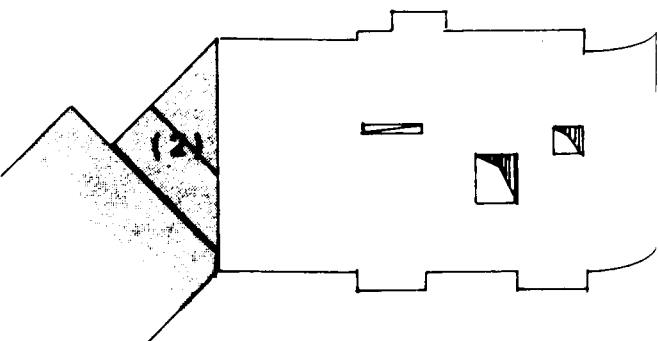
(2)

La réalisation de la partie triangulaire en prédalle est finie le jour 3 afin que la branche en pignon puisse être installée le jour 4 pour coffrer le côté du dernier tunnel et couler les voiles et plancher.

JOUR 2



JOUR 3



## BANCHES RELIÉES EN VIS A VIS



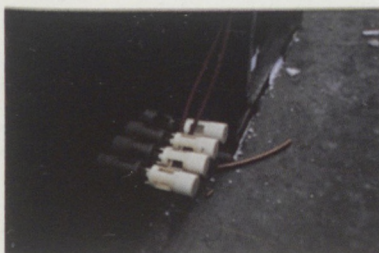
Décoffrage du voile en une seule fois



Pose des deux banches reliées en vis à vis



Cadre fixé par plots magnétiques-jaunes



Boîtiers électriques fixés au ferrailage



Boîtiers électriques fixés à la banche abîmée par la non répétitivité des trous



Resserrement des banches puis coulage

## BANCHES TRADITIONNELLES



Décoffrage du voile en deux temps



Stabilisation des banches par étais lestés



Fermeture du coffrage avant coulage

## PRÉDALLES



Bastings étayés soutenant les prédalles



Ferrailage et équipement de la dalle



Boîtier électrique intégré à la prédalle

## COFFRAGE EN PANNEAUX DE CONTREPLAQUÉ



Pose des panneaux sur les poutrelles



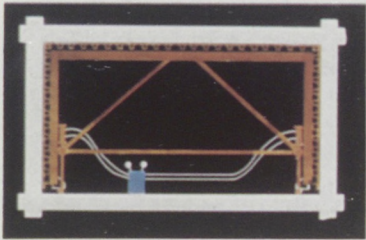
Équipement puis coulage de la dalle



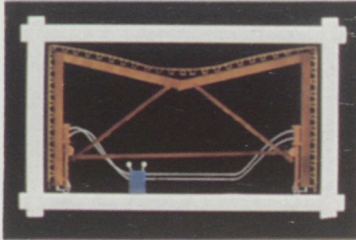
Fin du coulage, lissage à l'avancement

## COFFRAGE TUNNEL

### LE DÉCOFFRAGE



Tunnel mis en position de coffrage



Tunnel mis en position de décoffrage



Décoffrage du tunnel par la façade

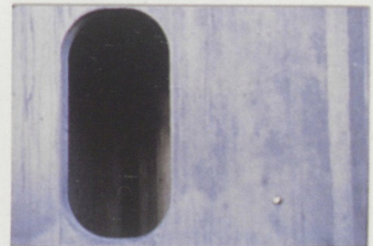
### L'ÉQUIPEMENT DU COFFRAGE



Pose d'un tunnel sur deux: équipement



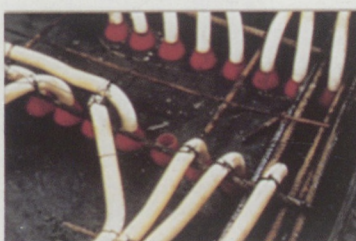
Cadre métallique de réservation



Vue de la fenêtre après décoffrage



Réservation d'une trémie d'escalier



Mise en place des réseaux électriques



Les arrivées prêtes après décoffrage



Fixation dans des trous faits en usine



Intégration de douilles en rives de dalle



Fixation rapide et précise après coulage

### LE COULAGE



Pose des derniers tunnels, la dalle prête



Coulage en commençant par les voiles



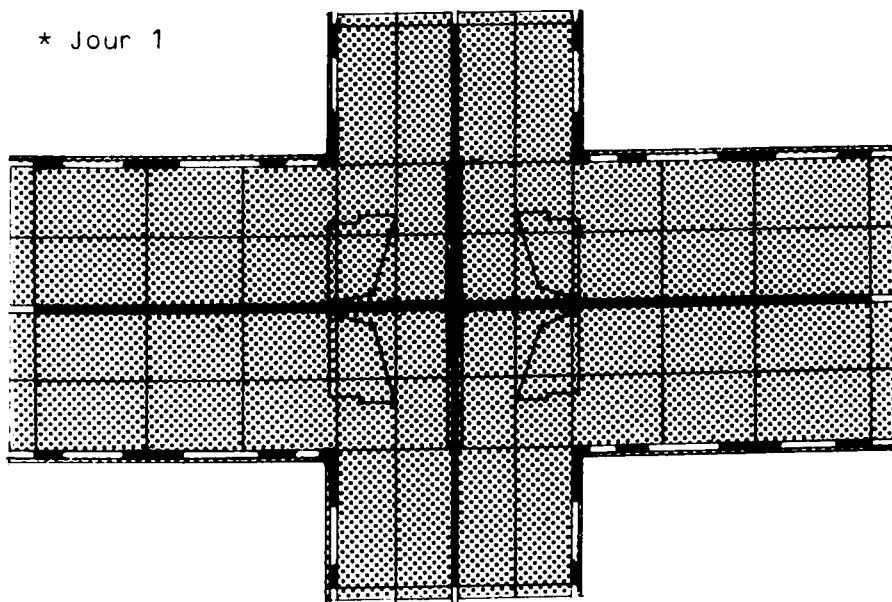
Lissage de la dalle à la règle vibrante

## \* CHANTIER DE REFERENCE : DIVOSTA

On peut mesurer l'écart de productivité entre les chantiers enquêtés et le chantier de DIVOSTA. Si on compare le chantier n° 4 et DIVOSTA qui ont la même surface de tunnel, on comprend l'importance du calepinage, de la répétitivité d'implantation des incorporations, etc., et de la qualification de la main d'œuvre. La différence de productivité est de 1 à 3, voire 1 à 4, entre ces deux chantiers.

Surface totale coffrage	Surface totale plancher	Surface coffrage/ jour	Surface plancher/ jour	Volume jour	Effectif et Horaires	h/m2
800 m2	250 m2	800 m2	250 m2	56 m3	8 p à 10 h/jour	0,10h/m2

\* Jour 1



LES MAÇONNERIES EN PETITS ÉLÉMENTS

## MAÇONNERIE

### LES PARAMETRES DE LA FORMATION DES PRIX

#### • LES DIFFICULTÉS DE L'APPROCHE DES PRIX

L'analyse des prix de maçonnerie est rendue difficile par les nettes variations qui existent :

- selon les entreprises qui assurent la mise en œuvre,
- selon les matériaux employés,
- selon les types d'ouvrages à exécuter.

Ces écarts rencontrés d'un cas à l'autre ne facilitent pas l'approche économique. Les nombreux facteurs perturbateurs (parfois aléatoires) qui déterminent ces variations doivent être préalablement identifiés et neutralisés.

#### o La diversité des profils d'entreprise

Ces variations de prix s'expliquent tout d'abord par la diversité des profils des entreprises qui assurent la mise en œuvre :

- artisanat et P.M.E. de maçonnerie,
- grandes entreprises,
- constructeurs de maisons individuelles.

Les entreprises artisanales et les P.M.E. de maçonnerie ont comme activité unique la maçonnerie avec les petits travaux complémentaires de béton armé (chainages, linteaux, appuis, ...) et le plus souvent les planchers en béton qui les accompagnent. Seules quelques unes sont plus polyvalentes et font également de la charpente-couverture, des cloisonnements, etc.

Généralement, les entreprises artisanales et les P.M.E. sont spécialisées dans un type de maçonnerie (parpaing et/ou brique creuse, brique apparente, pierre ...) et deviennent moins compétitives lorsqu'elles mettent en œuvre des matériaux qui ne relèvent pas de leur spécialité. Ceci s'explique par les différences de mise en œuvre et donc de savoir-faire propre à chaque matériau. Les entreprises polyvalentes pour plusieurs matériaux sont rares.

Le caractère le plus souvent artisanal des entreprises de maçonnerie avec les modes de négociations et d'estimation qui leurs sont spécifiques explique que les études de prix ne sont pas aussi systématiques que dans les entreprises importantes où les problèmes de gestion et de compétitivité économique se posent de façon plus directe.

En effet, l'essentiel de la gestion de l'entreprise artisanale concerne l'organisation du temps de travail : assurer la productivité et le plein emploi de la main-d'œuvre, tout d'abord au niveau de l'organisation de chantier puis dans l'enchaînement d'un chantier à l'autre, en choisissant les chantiers les plus adaptés et les plus rentables pour l'entreprise. Les autres aspects de la gestion de l'entreprise (financière, etc ...) doivent bien sûr être assurés, mais ils sont moins décisifs pour leur compétitivité.

Bien souvent, le prix est fixé sur la base des prix pratiqués sur les chantiers précédents. L'expérience de l'artisan joue un grand rôle à ce niveau comme, ensuite, dans l'organisation du chantier dont l'étude de préparation préalable est très réduite, mais qui conditionne étroitement le prix par la productivité globale qu'elle permet.



Ceci ne veut pas dire pour autant que les entreprises artisanales sont moins concurrentielles que les entreprises plus importantes puisqu'on constate que certaines pratiquent des prix qui sont parmi les plus bas. Mais ces pratiques entraînent des différences de prix d'une entreprise à l'autre et même d'un chantier à l'autre pour une même entreprise, sans qu'elles se justifient forcément par des coûts de production réellement différents. Ces phénomènes s'observent régulièrement à la remise des prix d'un appel d'offre ou en comparant des chantiers similaires, où les écarts de prix les plus nets se trouvent chez les entreprises artisanales et les petites entreprises.

A côté de ces entreprises artisanales et P.M.E., il y a des entreprises dont l'activité principale n'est pas la maçonnerie et dont les coûts de production et les prix se posent de façon différente. Il s'agit :

- des entreprises de béton armé et, parmi elles, des grandes entreprises comme BOUYGUES, S.A.E., DUMEZ, ... ;
- de constructeurs de maisons individuelles, de taille très différente : Maisons Bruno PETIT (parmi les leaders nationaux), de petits et moyens constructeurs régionaux.

Les entreprises de béton armé, et notamment les grandes entreprises, constituent un cas particulier en maçonnerie. En effet, leur activité et leur savoir-faire reposent sur le béton armé (coulé in situ et/ou préfabriqué) et non sur la maçonnerie. La maçonnerie est marginale dans leur activité, et le plus souvent, elles ne l'exécutent pas elles-mêmes. Elle concerne la maçonnerie courante de parpaing ou/et de brique creuse en façade, en mur intérieur et extérieur. Les prix qu'elles pratiquent sont parmi les plus bas, surtout chez les grandes entreprises.

La maçonnerie n'est qu'une technique d'accompagnement du béton. C'est l'activité autour du béton qui dicte les conditions organisationnelles et économiques.

Le choix d'exécuter ces travaux au lieu de les laisser à une entreprise de maçonnerie (sous-traitance, lots séparés) est un choix d'organisation de chantier : les travaux de maçonnerie ont parfois des répercussions sur l'organisation d'un chantier et, par là, sur la marge réalisée sur l'opération par l'entreprise de béton armé, ce qui peut la conduire à exécuter elle-même la maçonnerie pour assurer sa marge.

Ceci se pose lorsque la maçonnerie fait partie des «travaux critiques» dans l'organisation de chantier (ceux qui ont les tolérances de délais les plus serrées et dont dépendent l'avancement du chantier et donc la maîtrise des délais, la planification et les coûts). Il est primordial que ces travaux ne créent pas de problème, d'où l'intérêt pour l'entreprise de les exécuter elle-même au lieu de les déléguer à un tiers. La coordination et le respect des délais sont plus simples.

Dans certains cas, la maçonnerie présente un autre avantage : fournir à l'entreprise de béton armé un volant complémentaire de travail pour assurer le plein emploi de sa main-d'œuvre.

Par exemple, le choix d'exécuter elle-même la maçonnerie se pose à l'entreprise lorsqu'il y a une inter-dépendance forte entre maçonnerie et béton armé pour l'avancement du chantier : c'est le cas notamment des petites opérations «en dent creuse» où une partie des murs porteurs est parfois réalisée en maçonnerie, notamment les joints de dilatation au raccordement avec les bâtiments anciens existants.

De même, pour compenser les irrégularités de cadence des rotations journalières du béton, qui créent des sous-emplois de la main-d'œuvre les jours de faible production, l'entreprise peut choisir de faire exécuter ces jours-là des travaux de maçonnerie aux effectifs en surnombre pour la rotation.

Lorsque les travaux de maçonnerie sont moins décisifs pour l'avancement du chantier, souvent l'entreprise met néanmoins en concurrence une solution et un prix sur la base de sa propre main d'œuvre avec une solution sous-traitée. Cela est fréquent dans des grandes entreprises lorsque les quantités sont importantes.

Le premier intérêt est de disposer d'un crédit d'heures de travail de production propre plus élevé donc, en cas de gain sur le chantier par rapport aux objectifs, une marge plus élevée. Ce crédit d'heures en plus permet également aux conducteurs de travaux de compenser des pertes sur certains postes (béton, préfa, finition, main d'œuvre indirecte, ...) grâce à des gains de productivité et de prix de l'heure de main d'œuvre sur la maçonnerie.

Un crédit plus large laisse une plus grande souplesse de gestion. En revanche, les dérapages importants notamment de la maçonnerie ou les dérapages «en cascades» d'un poste sur l'autre (retards, malfaçons, etc) sont très graves car ils ne peuvent être répercutés sur d'autres entreprises. La maçonnerie en production propre n'est donc pas sans risque.

En fonction des crédits alloués, le prix réel de la main d'œuvre, l'estimation du temps de travail, l'évaluation des frais, sont déterminés puis gérés à l'échelon global du chantier. Les maçons sont, soit embauchés par le chantier, soit du personnel de l'entreprise. Le prix de la main d'œuvre de maçonnerie est basé sur le prix de la main d'œuvre béton. En général, il s'agit d'une main d'œuvre plus qualifiée et plus polyvalente que celle utilisée au coulage, donc plutôt haut de gamme dans l'entreprise, et chère.

Les équipes de maçonnerie sont souvent plus autonomes que celles du coulage, ce qui demande une main d'œuvre capable de s'auto-organiser et de gérer son temps, ses approvisionnements et la qualité de son travail. On peut moins facilement lui substituer des OS ou des manœuvres comme c'est le cas pour le béton.

Le mode de calcul des prix de la main d'œuvre est fait en fonction d'une entreprise de béton. Les frais sont également différents et ne sont pas, généralement, calculés pour la maçonnerie en particulier, mais au niveau général du chantier et éventuellement répartis au prorata.

Les prix ne correspondent donc pas toujours précisément aux coûts réels. Ceux-ci sont difficiles à chiffrer avec précision, même pour l'entreprise, en raison de la complexité et de l'interdépendance des coûts d'un chantier de béton. Enfin, le prix lui-même de la maçonnerie fait partie d'une stratégie de l'offre à la remise des prix : les prix ne reflètent pas forcément la réalité.

Un autre type d'entreprise dont l'activité principale n'est pas la maçonnerie a aussi une influence sur les prix : les constructeurs de maisons individuelles. Certains ont leurs propres équipes de maçonnerie. C'est le cas par exemple de Maisons Bruno PETIT, un des grands de la maison individuelle. Des moyens et des petits constructeurs régionaux ont également leurs propres maçons. Pour ces constructeurs, il s'agit d'une part de maîtriser leur coût de production, d'autre part la qualité et les délais de construction. Le prix des maçonneries est généralement donné au niveau global de la construction et non pas au m<sup>2</sup>. La compétitivité des prix du gros œuvre dépend à la fois des maçons, de la conception et de la répartition des frais et marge du constructeur sur l'opération : leur observation demande donc des précautions, notamment au niveau des coûts de production : le prix de l'heure, les frais et marge, ... D'autres, comme Maisons BOUYGUES, par exemple, parmi les plus grands, et beaucoup de constructeurs régionaux, sous-traitent les travaux, mais au prix les plus bas en général.

Les entreprises de béton armé et les constructeurs de maisons individuelles ont une influence sur les prix des entreprises de maçonnerie par la concurrence qu'ils leur créent et par les prix qu'ils fixent.

o La diversité des matériaux employés et la diversité des marchés

Le prix des matériaux varie selon les types de produit, variations auxquelles s'ajoutent les écarts dus au transport dont l'incidence est forte, surtout pour les produits à faible prix unitaire. S'ajoute à cela «l'effort» commercial sur les prix fait par les fabricants.

Sur le plan national, le parpaing est la technique dominante et la référence économique. Les maçonneries en parpaings sont les moins chères. Elles concurrencent fortement les autres petits éléments de maçonnerie. Ce constat général peut néanmoins être modifié et parfois même renversé par des particularités régionales, c'est ainsi que dans certaines régions la brique creuse ordinaire est tout à fait compétitive par rapport aux blocs en béton.

Dans toute opération de construction, ou presque, il y a de la maçonnerie. Les prix de la maçonnerie varient selon les opérations : les quantités, les conditions de chantier, le travail, le type d'entreprise auquel le marché s'adresse, et aussi les rapports de force à la négociation.

Dans le cas notamment des marchés de logements collectifs où la maçonnerie n'est qu'une technique d'accompagnement du béton, les travaux de maçonnerie sont soit sous-traités, soit exécutés par des maçons salariés par l'entreprise de béton armé.

Les entreprises artisanales sont surtout présentes sur les petits marchés de maçonnerie : petits travaux intérieurs ou extérieurs, entretien et les chantiers de maisons individuelles, en diffus, au maximum de quelques maisons en groupé. Elles ont un rapport assez direct avec le client final.

les P.M.E. leur sont concurrentielles, surtout sur les chantiers de maisons individuelles ou pour certains travaux d'entretien ou de réhabilitation qui demandent des moyens matériels plus importants ou une technicité précise. Les marchés plus importants (individuel groupé, collectif, bâtiment industriel, etc) s'adressent essentiellement aux P.M.E.

Les grands marchés de maisons individuelles, telles les opérations importantes de l'individuel groupé, sont avant tout réservés aux constructeurs nationaux ou régionaux, qui ensuite les sous-traitent éventuellement, mais en maîtrisant le prix.

Dans certains cas, il y a aussi une interdépendance entre marché et choix des matériaux. Certains matériaux de maçonnerie nécessitent des moyens de mise en œuvre auxquelles les opérations ne sont pas toujours adaptées. Le parpaing, la brique creuse et la brique apparente peuvent être compétitifs sur la plupart des marchés. Par contre, la pierre de taille ou en dalles minces, et les blocs de coffrages nécessitent des moyens matériels relativement importants et des quantités suffisantes pour être favorables à un prix compétitif. Ces conditions n'existent que pour des chantiers importants.

o La diversité des types d'ouvrages

La conception a ici une influence importante.

Mais les concepteurs disposent de peu d'éléments pour maîtriser le rapport conception/réalisation du projet. L'articulation entre technique, économie et expression architecturale est souvent très limitée. Sur le plan économique, les concepteurs négligent le plus souvent l'incidence importante de la conception sur le prix. Pour ne pas dépasser le prix maximum pour l'opération, deux pratiques sont courantes :

- L'appauvrissement du projet, mais les aspects essentiels (structure, organisation spatiale, etc) restent figés, même s'ils ne sont pas propices à un bon résultat économique.

— La pression sur les prix au moment de l'appel d'offre en jouant sur la forte concurrence et le contexte de crise : beaucoup d'entreprises sont poussées à traiter à des prix très bas.

Or de telles pratiques, qui agissent sur le montant du prix mais pas du tout sur les paramètres de sa formation, ne créent pas un contexte favorable et sont même dangereuses pour la maîtrise économique et qualitative des projets et de leur réalisation comme pour les entreprises.

Mais les maîtres d'œuvre ne sont pas les seuls responsables de cette situation : les autres acteurs eux aussi ont recours à ces pratiques. Le cas, alarmant selon certains, de la sous-traitance traitée par les grandes entreprises et la plupart des constructeurs de maisons individuelles, montre bien que ces pratiques de pression forte sur le prix sont un réel problème. Les conditions (garanties, délais, paiements, etc) qui accompagnent ces attitudes aggravent les choses et n'offrent aucune contre-partie aux rabais consentis.

La vitesse à laquelle les entreprises de maçonnerie et notamment les «parpailleurs» (les P.M.E. qui travaillent sur les opérations importantes pour les grandes entreprises ou des grands constructeurs de maisons individuelles : G.M.F., KAUFFMANN & BROAD, ...) se créent puis disparaissent en région parisienne illustre cette situation. Les grandes entreprises, elles-mêmes, s'inquiètent de ce phénomène qu'elles contribuent à perpétuer.

Ce contexte général favorise les variations de prix et, souvent, leur dérapage. La recherche des opportunités, coup par coup, prédomine chez les différents acteurs sans qu'il existe dans l'ensemble les conditions favorables à une maîtrise forte des coûts de production. Les opportunités sont plus créées par les dysfonctionnements du contexte que par un fonctionnement cohérent où la compétitivité réelle (des matériaux et des entreprises) est favorisée et joue son plein effet. Tant que les concepteurs ne maîtrisent pas les aspects économiques et techniques du rapport conception/réalisation de leurs projets, il est peu probable que quelque chose change.

Faute d'une telle maîtrise, la qualité et l'expression architecturale sont limitées.

#### ● LA DEMARCHE ADOPTÉE

Pour mettre en évidence les aspects techniques et économiques du rapport conception/réalisation et les possibilités de développer une expression architecturale plus riche et plus cohérente spécifique à tel ou tel matériau, notre travail s'appuie sur l'observation de la formation des prix des maçonneries et la mesure de leur compétitivité réelle. Ce travail a été fait à partir de l'observation des processus de mise en œuvre sur chantier pour les différents matériaux.

Dans un premier temps, un constat général sur les paramètres économiques, sur la productivité, leur contexte et leur rapport avec la conception, permet de donner le cadre du problème et de préciser les précautions qui ont été prises.

Ensuite, nous avons détaillé matériau par matériau l'approche économique car le problème du prix et de sa formation se pose de façon assez différente selon les types de petits éléments. Leurs particularités de mise en œuvre et donc la productivité qui y est liée sont différentes.

Un certain nombre de constats sur le prix des matériaux, la productivité et les opérations de mise en œuvre met en évidence les principes de la formation des prix pour ces différents produits et permet de dégager l'incidence de la conception sur ces tendances.

Sur la base de l'observation des processus de mise en œuvre sur chantier, l'approche est orientée par la décomposition des prix et la variation de ses paramètres.

Le déboursé sec (coût main d'œuvre + coût matériau) est le révélateur de la formation des prix. Il occupe une place dominante dans le prix. Nous avons reconstitué un déboursé sec «théorique» pour les différents matériaux qui permet de s'affranchir des facteurs perturbateurs des prix.

Il est établi à partir de bases fiables sur les prix des matériaux et la productivité.

Les différences de productivité ressituées dans leur contexte sont expliquées pour affiner le constat et préciser le rapport conception/productivité.

L'incidence de la conception se répercute de façon nette au niveau du temps de mise en œuvre nécessaire. L'incidence sur le prix est directe car dans la décomposition des ouvrages en maçonnerie, la part de la main d'œuvre est importante, voire primordiale pour la plupart et c'est sur elle que se joue grandement le résultat économique.

Ainsi, en plus de l'optimisation dimensionnelle et quantitative de l'emploi des matériaux, la conception a une influence directe sur le prix par la complexité des travaux qu'elle engendre ainsi que par les possibilités d'enchaînement et d'organisation du travail qu'elle permet.

Les frais de chantier et les frais d'entreprise sont abordés à partir du déboursé sec théorique pour comprendre les enjeux qu'ils représentent et de quelle manière l'emploi de tel ou tel matériau permet d'y répondre. Directement liée à cette question, celle de la marge de l'entreprise est posée.

#### ● LE DÉBOURSE SEC

La décomposition des prix montre que le déboursé sec est le poste économique le plus élevé du prix des ouvrages en maçonnerie pour la plupart des matériaux. Quatre paramètres déterminent le déboursé sec :

- Le prix unitaire des matériaux,
- les quantités de matériaux  
qui déterminent le coût matériaux,
- Le prix unitaire de l'heure de la main d'œuvre,
- La productivité  
qui détermine le coût main d'œuvre.

Prix unitaires et productivité doivent être préalablement ressitués à l'échelle du fabricant ou de l'entreprise de construction, et, au-delà, à celle du contexte général socio-professionnel et économique. Le cadre général de la variation des prix ainsi fixé permet ensuite de mesurer les répercussions de la conception sur les prix.

##### o Le prix unitaire des matériaux

Le coût des matériaux est un des paramètres importants dans la formation du prix des maçonneries. Pour la plupart des matériaux de maçonnerie, il y a entre eux de nettes différences de coût-matériaux/m<sup>2</sup> de mur construit. Généralement, elles ne sont pas compensées par des gains sur les autres postes économiques, gains qui reposent sur la productivité essentiellement.

La difficulté pour aborder le prix des matériaux est de disposer d'une référence ayant une fiabilité (et une objectivité) suffisante, face aux écarts de prix unitaire qui existent pour un même matériau de maçonnerie, d'une région à l'autre et même localement. En effet, on trouve parfois des écarts de 50 % et jusqu'à 100 %, sur le plan national, pour un même matériau. De nombreux paramètres influencent le prix unitaire.

Le prix unitaire du matériau compté dans le déboursé sec dépend du prix usine auquel s'ajoutent le prix du transport, le prix du négociant éventuel, de la livraison au chantier, etc. Parallèlement, la fixation de ces prix est influencée à chaque niveau par des paramètres assez aléatoires : conjoncturels, locaux, politique commerciale, quantités, négociations et rabais sur les prix, services qui accompagnent le matériau etc.

Le point de départ servant à observer le prix des matériaux est le prix-départ usine. Il constitue une référence économique plus stable qui n'est pas influencée par les principaux facteurs de variations des prix.

Le prix-usine permet de s'interroger sur la formation du prix des matériaux non seulement en aval (la distribution/commercialisation) pour déboucher sur la conception et le chantier, mais aussi en amont (le processus de fabrication) pour aborder la question des coûts de production et des stratégies des fabricants, notamment face au marché qui les sépare du marché final et qu'ils ne connaissent pas.

L'information sur les prix-usine a été obtenue directement auprès de fabricants importants et représentatifs sur leur marché.

#### o Le prix de la main d'œuvre

Le prix de la main d'œuvre est un autre facteur important dans la formation des prix des maçonneries. Pour les matériaux les moins chers (comme le parpaing, la brique) il est le facteur le plus important dans le prix.

Il n'y a pas un prix de la main d'œuvre mais des prix. Car il n'y a pas un profil unique de main d'œuvre en maçonnerie conduisant à un prix équivalent pour un travail donné. Les prix de la main d'œuvre sont encore plus fluctuants que les prix des matériaux. Sur les chantiers enquêtés le prix horaire de la main d'œuvre (salaire + charges sociales) varie de 1 à 3.

Ces variations doivent être interprétées en fonction des différents types d'entreprises.

Dans beaucoup de petites entreprises et dans les entreprises artisanales, les ouvriers sont souvent payés très près du SMIC (selon les renseignements obtenus), soit des prix de l'heure de main d'œuvre qui se situent entre 50 et 60 F/h. Les prix les plus élevés vont jusqu'à 100, voire 120 F/h, mais ils sont rares.

En ce qui concerne les P.M.E. et notamment les moyennes entreprises, le prix de l'heure varie entre 80 et 90 F/h en prix moyen, jusqu'au prix extrême de 170 F/h. de l'heure. En raison du nombre de salariés, il s'agit, pour les P.M.E., d'un prix moyen calculé sur l'ensemble des ouvriers. Le prix horaire réel de chaque ouvrier varie en réalité comme dans les entreprises artisanales de 50 à 120 F/h et plus, exceptionnellement. Lorsque la qualification moyenne des ouvriers de l'entreprise est élevée (en brique apparente notamment), le prix moyen s'élève près de ces valeurs les plus grandes.

Au niveau des grandes entreprises, il s'agit également d'un prix moyen, plus stable d'une entreprise à l'autre, mais plus élevé : autour de 95 à 100 F/h.

Les particularités de gestion, variables selon les entreprises, font que le prix apparent de la main d'œuvre ou son prix estimé est parfois bien différent de son prix réel.

En effet, au niveau de l'artisan, la part main d'œuvre est difficilement dissociable de la marge, l'artisan travaillant pour son propre compte et avec des frais d'entreprise pratiquement nuls.

En ce qui concerne la P.M.E., la question du salaire réel ou possible et le choix de la main d'œuvre en fonction du rapport coût/productivité se pose différemment, tant en terme de gestion qu'en besoin de polyvalence de la main d'œuvre.

Enfin, au niveau de la grande entreprise, l'estimation du coût horaire fait intervenir de multiples facteurs. Celui-ci correspond plus à un prix moyen sur la base d'une qualification moyenne de l'ensemble des ouvriers ; le plus souvent à l'échelle globale du chantier. Le prix horaire moyen estimé n'est pas exactement le coût horaire réel : équilibrage du rapport OHQ/OQ/OS/manœuvre sur l'ensemble des travaux avec des variations selon les postes et parfois selon les parties de l'ouvrage. Le prix moyen est une donnée de gestion d'entreprise.

Les enquêtes sur chantier montrent que les différences de prix de l'heure sont très liées à la productivité de la main d'œuvre. Pour aborder cette question des variations du prix de l'heure nous les avons mis en parallèle avec les écarts dans les temps unitaires.

En général, les temps unitaires varient eux aussi de 1 à 2 pour un même type de matériau, parfois plus. La main d'œuvre la plus productive est celle qui est payée la plus chère. La part de la main d'œuvre dans le prix n'est donc pas forcément aussi contrastée que son prix. Une main d'œuvre chère ne veut pas dire pour autant que le prix sera élevé, et une médiocre productivité avec une main d'œuvre moins chère ne permet guère un prix compétitif et une marge intéressante pour l'entreprise.

La répercussion d'une mauvaise productivité sur les prix de la maçonnerie se voit nettement dans les déboursés secs théoriques que nous avons établis pour les différents matériaux (voir par exemple la décomposition du prix des maçonneries en parpaing). Dans ces déboursés secs théoriques, afin de respecter ces différences de prix de l'heure et de productivité nous avons conservé des fourchettes de prix et de temps unitaire. L'incidence de la productivité sur le prix de la maçonnerie en ressort clairement : elle est l'explication essentielle de l'élévation ou à l'inverse de la baisse de la part de la main d'œuvre dans le prix. Le prix de l'heure pour sa part étant lié à la productivité, suit ces variations et réduit donc l'amplitude économique des écarts de productivité.

Les différences de prix de l'heure et de temps d'exécution reflètent deux points qui doivent être précisés pour l'approche de la productivité :

- Les différences de qualification ;
- La multitude des méthodes d'évaluation des temps et des prix influencées par les pratiques propres à chacun et par la difficulté d'évaluer précisément les temps nécessaires par m<sup>2</sup> et encore plus de décomposer ensuite le travail de pose en ses tâches élémentaires (approvisionnement, traçage, montage, joints, ...) et selon la diversité des ouvrages.

Face aux incertitudes, voire l'impossibilité de décomposer l'ouvrage dans le détail, la plupart des entreprises déterminent seulement une quantité/jour moyenne possible à réaliser.

Pour minimiser les risques de cette approximation, les entreprises ont fréquemment recours, soit à la sous-traitance pour les entreprises importantes ou non qualifiées pour ce travail, soit au tâcheronnage : l'ouvrier n'est plus payé à l'heure, mais au m<sup>2</sup>.

Ce tâcheronnage existe plus ou moins dans les faits, même lorsque l'ouvrier est salarié. Il permet ainsi (théoriquement) de réguler automatiquement le rapport salaire/qualification par la productivité qui lui est liée, sans qu'il existe pour autant une norme exacte de productivité : en fonction de la « qualification », la production journalière est variable, ce qui se traduit alors dans le salaire horaire réel ou théorique (allongement de la journée de travail au-delà des 8 heures journalières pour réaliser la quantité demandée).

L'absence d'une norme précise, étalon de mesure et élément de référence dans le rapport employeur/salarié, ne permet pas à l'ouvrier de défendre pleinement la valeur de son travail, phénomène accentué par la pression de la conjoncture et de la précarité de l'emploi. Cette absence ne permet pas non plus à l'entreprise de maîtriser au mieux ses coûts horaires de la main d'œuvre.

Le recours à la sous-traitance pour sa part relève de la même préoccupation de se délester de contraintes mal maîtrisées, souvent peu rentables et faibles en volume de marché. Elle permet ainsi de les transposer en termes contractuels beaucoup plus sûrs et simples à gérer. Pour des procédés spécifiques comme la brique apparente ou la pierre, la sous-traitance s'explique aussi dans une certaine mesure par la faible fréquence de ces travaux dans les chantiers qui ne justifie donc pas la présence d'une main d'œuvre spécialisée et chère dans l'entreprise de gros œuvre.

Tâcheronnage comme sous-traitance ne favorisent pas la possibilité d'une plus forte maîtrise des facteurs de coûts puisque leur connaissance et leur respect reposent toujours sur un tiers auquel en est «délégué» la responsabilité : l'ouvrier pour le tâcheronnage, l'entreprise de maçonnerie dans le cas de la sous-traitance et pour qui le problème est encore plus complexe puisqu'elle n'a généralement pas la décision et la responsabilité sur les conditions de chantier et les délais.

### • FRAIS ET MARGE

Frais et marge sont deux domaines délicats à aborder en ce qui concerne les P.M.E. et les artisans. Une première remarque doit être faite : dans la mesure où les prix du marché fixent une enveloppe économique maximale à l'entreprise dont la plupart est absorbée par le déboursé sec, la part frais et marge peut difficilement être agrandie sans arriver préalablement à des gains sur le déboursé sec, essentiellement sur la productivité. La part frais et marge est ce qui reste à la fin du chantier, elle est souvent peu importante et surtout fréquemment imprévisible, ce qui pèse sur la gestion de l'entreprise et ses possibilités d'investissement.

Les frais de chantier sont difficiles à analyser. Les frais d'installation-repli et les frais de fonctionnement paraissent négligeables sur les chantiers de maçonnerie traditionnelle. Les frais de personnel et de main d'œuvre indirecte (encadrement, approvisionnement, ...) et les frais de matériel sont deux postes économiques importants. Si ce constat est indiscutable quand on observe un chantier, par contre son évaluation économique et organisationnelle se heurte à l'impossibilité de quantifier précisément les différents paramètres.

Le poste main d'œuvre, tout d'abord, pose plusieurs difficultés. En premier lieu, l'absence d'une division du travail clairement établie ne permet pas de décomposer les temps de travail et de les répartir avec précision entre main d'œuvre directe et main d'œuvre indirecte. Il n'y a pas non plus de séquençage clairement établi sur les chantiers en maçonnerie entre le travail de mise en œuvre proprement dit et le travail de préparation et d'accompagnement qui permet d'assurer les conditions optimales de chantier (livraison, réception des matériaux, fabrication du mortier, etc, sécurité, échafaudage, ...). Il devient alors délicat, voire impossible de chiffrer un coût de main d'œuvre imputable aux seuls frais de chantier.

Ceci est poussé à l'extrême sur les petits chantiers où il y a peu d'effectifs. Mais même sur les chantiers de maçonnerie importants où on trouve des moyens matériels plus développés (moyens de levage, etc) et une division du travail plus nette (encadrement, main d'œuvre indirecte, main d'œuvre directe, mais pour certaines tâches seulement), celle-ci reste trop partielle pour établir une décomposition fine et permet seulement d'évaluer l'incidence des conditions de chantier sur la productivité et le prix.

Une autre difficulté provient du fait que souvent une partie de main d'œuvre indirecte et du matériel (transport, manutention, moyens de levage, etc) n'est pas totalement assurée par l'entreprise, mais par un tiers (négociant, entreprise générale, etc). Ces frais sont donc inclus dans le prix des matériaux, ou du marché.

Or, les cas de figure varient nettement d'un chantier à l'autre, ce qui perturbe l'étude (par exemple : livraison directe par le négociant au poste de travail sur le chantier ou à l'extrême approvisionnement par le maçon au dépôt du négociant) et les variations de temps consommés sur chantier ou comptabilisés comme tels s'en ressentent fortement.

Certains services (étude technique, calepinage, plan de pose, encadrement, assistance technique sur chantier) sont également effectués par le fabricant ou le négociant. C'est le cas notamment pour certains petits éléments spéciaux de maçonnerie, ou pour les planchers.

Les frais d'entreprise ne sont pas faciles à distinguer des frais de chantier et dans une moindre mesure du déboursé sec, excepté quelques frais fixes de structure d'entreprise.



Le cas extrême est l'artisan dont l'essentiel du travail est du travail productif, mais qui assure parallèlement les autres charges (étude, commercial, gestion, etc) le plus souvent en dehors de la journée de travail. Dans la mesure où sa gestion a un caractère global et simplifié et où il n'est pas utile de décomposer de façon très détaillée l'ensemble des frais (ce qui pourrait même s'avérer très aléatoire) nous ne disposons pas d'une information précise pouvant servir de point de départ à ce genre d'évaluation.

Difficiles à identifier et à quantifier, frais de chantier et frais d'entreprise sont donc tendanciellement «confondus» chez l'artisan. Quant à la marge, elle devient par là difficile à estimer à notre niveau vu l'aspect très personnalisé des frais selon l'entreprise (quantité et âge du matériel, ...). L'absence de distinction précise entre les notions de frais et de marge dans les renseignements obtenus (comme parfois aussi dans l'esprit de l'artisan) ne permet pas non plus de préciser par cet autre biais leur valeur respective et leur incidence.

Ces difficultés se retrouvent au niveau des P.M.E.

Le regroupement «frais et marge» que nous avons opéré permet ainsi d'éviter les découpages arbitraires tout en laissant la possibilité de constater cas par cas les variations qui existent et leurs causes, tant au niveau du prix qu'à celui de la marge, dans la mesure où le volume «frais et marge» est fixé d'un côté par le prix moyen donné par le marché et la conjoncture, et de l'autre par le déboursé sec qui reste assez incompressible. Ceci permet notamment d'aborder un point décisif et qui fait souvent la différence entre artisan et P.M.E. : le matériel de chantier.

D'une façon générale, il y a peu de matériel sur les chantiers de maçonnerie traditionnelle. Il s'agit essentiellement de petit outillage (pelles, pioches, truelles, marteaux, auges, etc), de bois de coffrage, de quelques échafaudages rustiques et d'une petite bétonnière.

Le coût de ce matériel itinérant d'un chantier à l'autre est posé au niveau de l'entreprise et non calculé de façon précise chantier par chantier. De plus, la durée de vie de ce matériel est assez variable. L'amortissement ne peut pas être calculé en fonction de chaque chantier. Ce qui est sûr, par contre, c'est que ce matériel correspond au minimum pour assurer les conditions d'exploitation de l'entreprise communes à l'ensemble de ses chantiers et que tout matériel supplémentaire (moyen de levage, pompe à béton, ...) acheté ou loué, nécessaire pour un cas précis sortant des cas communs se répercute directement sur le prix au niveau du chantier et non plus d'une moyenne entre des chantiers. Ce matériel doit donc offrir une contrepartie immédiate équivalente pour assurer une compétitivité économique.

Cette exigence économique directe a également des répercussions indirectes sur l'organisation de chantier. Le problème d'assurer la rotation et le plein emploi du matériel courant de l'entreprise ne se pose pas réellement puisque de toute façon ce matériel existe et qu'il ne peut être utilisé sur d'autres chantiers (rares sont les petites entreprises qui assurent simultanément plusieurs chantiers) et c'est le travail de mise en œuvre (et non l'outil) qui dicte l'organisation du travail et du chantier.

Il n'en n'est pas de même pour le matériel supplémentaire pour lequel l'achat ne présente généralement pas d'intérêt et dont la durée de location doit être la plus courte possible, ce qui accentue notamment les contraintes d'organisation et de gestion des aléas. Tendanciellement, l'outil prend alors une importance plus forte et plus contraignante, voire prédominante, situation à laquelle le savoir-faire de l'entreprise, surtout pour les artisans, ne lui permet pas forcément de s'adapter. A cela viennent se greffer les problèmes de mentalité, d'habitude, etc.

Ces aspects se retrouvent au niveau du matériel loué «indirectement», c'est-à-dire fourni par les fournisseurs des matériaux, le plus souvent pour servir à la livraison (béton prêt à l'emploi, camion équipé d'une grue pour la livraison des palettes, la pose des planchers, etc).

La conjugaison de ces facteurs explique les réticences, voire un certain immobilisme au niveau du matériel, et permet de mieux comprendre les obstacles que rencontrent beaucoup de matériaux nouveaux.

## LES FACTEURS DE LA PRODUCTIVITÉ

La productivité est l'élément central de la compétitivité des différents procédés de maçonnerie. Son enjeu va d'ailleurs bien au-delà du procédé lui-même car elle conditionne de façon directe la compétitivité des entreprises de maçonnerie, dans la mesure où leur taille réduite rend les effets d'une gestion efficace moins sensibles et moins déterminants sur la politique de l'entreprise que dans les grandes entreprises.

Les variations de productivité qu'on constate d'une entreprise à l'autre sur des chantiers de maçonnerie doivent préalablement être expliquées pour mieux comprendre ensuite les problèmes qui se posent pour chaque procédé. Ces observations concernent la maçonnerie traditionnelle de blocs de béton ou de brique creuse ordinaire, qui constitue le savoir-faire de base des entreprises. Sous bien des aspects, ces problèmes se retrouvent ensuite au niveau des autres procédés de maçonnerie (maçonnerie apparente, maçonnerie isolante, blocs de coffrage, ...). Ce constat permet de comprendre en quoi ces procédés se situent dans la continuité de ce savoir-faire traditionnel dominant qui constitue un point de passage obligatoire pour toute évolution technologique.

### • LA DÉTERMINATION DE LA PRODUCTIVITÉ

On retrouve ici le problème de différentes méthodes d'évaluation que nous avons évoqué. L'absence de distinction claire entre main d'œuvre directe (1) et main d'œuvre indirecte (2) conduit à calculer la productivité à partir des heures totales consommées sur chantier, quelle que soit leur affectation, ce qui est tout à fait logique en tant que donnée de gestion. Par contre, dès qu'une certaine forme de main d'œuvre indirecte existe (comme par exemple un manœuvre servant à l'approvisionnement, etc des postes de travail, ou un grutier, ...) la productivité est souvent calculée au niveau des équipes de mise en œuvre seulement, les heures de main d'œuvre indirecte n'étant alors plus prises en compte dans le ratio de productivité pour simplifier la planification du chantier. Entre ces deux cas, toutes les variantes peuvent exister, sans parler de la main d'œuvre occasionnelle sur le chantier venant ponctuellement effectuer des tâches de chantier et qui ne peut être comptée facilement dans la productivité.

Par analogie aux notions de main d'œuvre directe et main d'œuvre indirecte, nous avons utilisé pour notre étude les notions de tâche de pose et de tâches annexes qui sont beaucoup mieux adaptées pour observer les travaux de maçonnerie et leur productivité, notamment dans le cas des artisans et des petites entreprises.

Ces notions permettent d'interpréter les différences de productivité malgré les différences du mode d'évaluation. Les tâches de pose recouvrent les tâches de mise en œuvre proprement dites (joints, pose), les tâches annexes regroupant toutes les tâches d'accompagnement de la pose depuis les tâches relevant du chantier en général (approvisionnement, manutention, fabrication du mortier, etc ...) jusqu'à celles liées à la mise en œuvre (traçage, cordeau, etc., échafaudage, ...).

Pour affiner notre observation des chantiers, nous avons parallèlement distingué deux types de travaux ou d'ouvrage. Les travaux ou ouvrages de maçonnerie proprement dits et les travaux ou ouvrages annexes (béton armé, etc).

- 
- (1) La main d'œuvre directe est celle qui met «directement» le matériau en œuvre au poste de travail et dont le temps de travail peut donc être imputé totalement à un ouvrage précis.  
 (2) La main d'œuvre indirecte est celle qui n'exécute pas elle-même (pas directement) la mise en œuvre : grutier, bétonnier, manœuvre d'approvisionnement, etc ...).

Une dernière précision s'impose quant au ratio h/m<sup>2</sup>. La notion d'h/m<sup>2</sup> concerne le temps compté par rapport à la surface de travail. Contrairement au béton armé où les h/m<sup>2</sup> sont comptées par rapport à l'outil : 1 m x 1 m de mur = 2 m<sup>2</sup> à coffrer (1 m<sup>2</sup> par côté), en maçonnerie le m<sup>2</sup> est compté une seule fois (le côté où se monte le mur) : 1 m x 1 m de mur = 1 m<sup>2</sup>. On remarquera ainsi que les productivités obtenues en maçonnerie sont parfois supérieures à celles obtenues sur des chantiers de coulage in situ : la comparaison se calcule ainsi : 1 h/m<sup>2</sup> en maçonnerie = 1 h de travail pour un mur de 1 m x 1 m ; et en coulage 0,5 h/m<sup>2</sup> coffré x 2 côtés coffrés = 1 h de travail pour un mur de 1 m x 1 m.

● **TACHES DE POSE ET TACHES ANNEXES. ORGANISATION DE CHANTIER ET ORGANISATION DU TRAVAIL**

L'observation des chantiers enquêtés montre que beaucoup de facteurs ont une influence sur la productivité et avant tout ceux liés à l'organisation du chantier et du travail.

o **L'organisation du chantier**

La productivité est fonction non seulement de la mise en œuvre proprement dite mais également de toutes les tâches annexes qui y sont liées : fabrication du mortier, manutention, échafaudage, etc. et qui relèvent d'une bonne organisation du chantier. Parmi eux, l'allègement du travail de manutention est le premier facteur qui apporte des gains significatifs : approvisionnement direct sur la dalle du plancher ou au poste de travail par le camion de livraison, ou par grue (mobile ou sapine) sur les chantiers importants, etc.

Abstraction faite du travail de manutention pour approvisionner le poste de travail, c'est au niveau des tâches annexes liées à la pose que se joue en grande partie la productivité. En effet, si le temps nécessaire à la pose proprement dite est assez stable, par contre le temps absorbé par l'ensemble de ces tâches, lui peut varier beaucoup en proportion du temps de pose comme en temps réel. Ceci est dû avant tout à la configuration des ouvrages qui entraîne plus ou moins de tâches annexes.

o **La qualification de la main d'œuvre et l'organisation du travail**

La condition préalable à une bonne productivité est une main d'œuvre qualifiée qui compense largement son prix horaire par son rendement (0,40 h/m<sup>2</sup> à 170 F/h (prix extrême) = 1,13 h/m<sup>2</sup> à 60 F/h alors que les m<sup>2</sup>/h et donc la marge/h varient de 3 à 1 !) et par sa capacité à résoudre facilement les aléas de chantier. Mais le recours à une telle main d'œuvre demande d'assurer son plein emploi et notamment d'assurer les conditions de chantier les plus favorables à de bons rendements.

La productivité sur les chantiers renvoie à de multiples aspects : la motivation et la pression sociale, ou celle créée par les structures professionnelles et organisationnelles, la formation de la norme de travail et de sa mesure ... ainsi que son degré d'acceptation limite par les ouvriers, etc.

Ces conditions dictent l'orientation de la qualification de la main d'œuvre :

- «spécialisation», liée à la division du travail ;
- ou au contraire «polyvalence», qui paraît actuellement dominante car étant la plus adaptée aux conditions actuelles.

o La division du travail

Il est généralement admis que la division du travail est la condition pour améliorer la productivité. Dans le cas de la maçonnerie, où elle a apparemment fortement régressé, de très bonnes productivités existent sans qu'il y ait de division du travail, notamment au niveau des tâches de pose.

Lorsqu'elle existe, la division du travail reste assez sommaire sur les chantiers en maçonnerie : un manœuvre pour les tâches annexes et qui pose souvent aussi le mortier sur le mur et des maçons (deux en général) pour la pose. De l'avis de certains professionnels, cette division du travail entre manœuvre et maçon est moins fréquente aujourd'hui que dans les années 60/70.

Il est certain que le tâcheronnage, le chômage, et le «tum over» de la main d'œuvre qui ont nui à la constitution d'équipes rodées et stables, la déqualification que tous évoquent ont contribué à réduire la division du travail sur le chantier.

Indépendamment de ces aspects d'ordre général, un autre niveau d'explication qui nous intéresse directement se trouve dans le travail lui-même car l'organisation du travail ne se résume pas à une seule division du travail : on constate que de très bonnes productivités sont parfois atteintes sans division du travail.

L'explication en est simple : l'essentiel dans l'organisation du travail est de limiter les pertes de temps et de favoriser les rendements. Or, en maçonnerie, les voies sont multiples. En effet, en l'absence de la prédominance de l'outil (ou de la machine), de séquençage fort du travail et d'interdépendance avec d'autres corps d'état pendant la mise en œuvre, il n'y a pas de pression extérieure et impérative exercée sur le poste de travail lui imprimant un rythme en dictant une logique précise.

Le facteur humain, avec l'autonomie et la souplesse qu'il comporte, est celui qui domine. Il repose sur la qualification, les habitudes, les motivations de l'individu et le savoir-faire devient ainsi très personnalisé, ce qui fait d'ailleurs la souplesse de ce type de mise en œuvre.

Si, d'un point de vue organisationnel, la division du travail n'est pas la solution unique, d'un point de vue économique, elle permet de faire baisser le prix de l'heure moyen : à productivité moyenne égale, deux maçons + un manœuvre coûtent moins cher que trois maçons.

Mais, dans la mesure où le marché de l'emploi actuel tend à unifier vers le bas le prix de la main d'œuvre (abondance d'une main d'œuvre peu qualifiée, mise en concurrence de la main d'œuvre par le chômage), cet aspect est vraisemblablement moins important que dans les décennies précédentes, d'où un moindre intérêt de la division du travail.

On ne peut donc pas assimiler directement la productivité à la division du travail et mesurer par là le degré de compétitivité par le niveau de division du travail qui est atteint.

Par contre, l'observation de la division du travail en tant que forme d'organisation du travail c'est-à-dire en tant que reflet de la richesse des savoir-faire liés à un matériau permet de comprendre la double évolution («sociale»/économique), qui conditionne une technologie. Dans le cas de la maçonnerie ces savoir-faire ne sont engendrés actuellement que par des considérations économiques.

Le rôle moteur de valorisation sociale et économique «incarnée» dans le matériau et véhiculée par une architecture spécifique forte n'existe pas non plus et le matériau (via les fabricants et les concepteurs) ne joue pas un rôle d'appel permettant de débloquent la situation actuelle. Or, c'est sans doute là que des actions décisives parce qu'incitatives font le plus cruellement défaut. Promouvoir un matériau va bien au-delà d'une démarche commerciale.

A cela s'ajoutent l'héritage et l'évolution historiques qui accompagnent la disparition des savoir-faire spécifiques à un matériau comme le montrent la pierre, la brique apparente, ...

## ● L'INCIDENCE DU POIDS ET DU FORMAT DES ÉLÉMENTS DE MAÇONNERIE

Poids et format sont le fruit d'un héritage historique et technologique.

Pour certains matériaux, surtout la brique creuse, les dimensions varient d'un fabricant à l'autre et donc d'une région à l'autre, mais aussi sur une même région ! Un exemple : en région parisienne, on trouve selon les chantiers, des briques de 20 cm ; 22 cm ou 30 cm de hauteur et de 40 ; 50 ; 57 cm de long pour des épaisseurs de 20 ; 22,5 ; 32,5 ; 33 cm (liste non exhaustive) sans parler des accessoires adaptés nécessaires. Les différences éventuelles de performances (énergétiques, prix, productivité, ...) ne justifient pas une telle diversité.

### o Les possibilités de substitution

Cette diversité des produits soulève le problème des possibilités de substitution d'un matériau par un autre. Il se pose à deux niveaux : celui du projet, celui des savoir-faire.

Au niveau du projet, le choix du matériau se pose très en amont et incombe normalement au maître d'ouvrage (programme) et au concepteur (architecture).

Malheureusement le choix des matériaux est souvent fait en dernier ressort avec l'entreprise. C'est d'ailleurs là que l'artisanat trouve une valorisation, notamment envers les clients particuliers : un rôle de conseil.

Opérer un choix précis de matériau présuppose une information sur ces matériaux et leurs caractéristiques (coefficient G., calepinage, détails), demande la connaissance des conditions et des possibilités de sa fourniture, ainsi que de l'entreprise capable de le mettre en œuvre, etc. En cas de défaillance sur le produit (fabricant, négociant, entreprise, ...) la substitution est très limitée. Déterminer très en amont le profil de l'entreprise n'est pas non plus dans les pratiques habituelles, surtout pour ce genre d'opération (sauf chez un certain nombre de promoteurs).

On aborde ici le second niveau du problème : celui du savoir-faire. Le changement de matériau pour l'entreprise pose plusieurs problèmes. Tout d'abord, ceux de gérer son stock, ses volumes de commandes en réduisant les aléas (prix, délais de livraison, réemploi des inutilisés ...). Mais surtout, une entreprise ne sait vendre à son juste prix que ce qu'elle sait faire car elle en maîtrise mieux les différents paramètres, notamment d'organisation de chantier et de productivité. Or, le poids, les dimensions, les particularités de mise en œuvre modifient les gestes, les habitudes du maçon. Même si en elles-mêmes ces modifications sont mineures le plus souvent leur importance est amplifiée par la prédominance du travail humain dans les travaux de maçonnerie : le rapport homme/matériau se pose de façon directe.

### o Poids et manuportabilité

La limite objective est fixée par la manuportabilité, soit une largeur maximale de l'ordre de 1,20 m à 1,50 m et un poids admissible de 20 kg, voire 25 kg. Sauf pour les blocs en polystyrène, la question du format ne se pose pas, car il est limité par le poids. Mais sur quoi repose cette «norme sociale» admissible de 20/25 kg ? Quel profil physique et socio-professionnel suppose-t-elle ?

Sous bien des aspects, les travaux de maçonnerie restent des travaux de force : pour le parpaing creux de 20x20x50 pesant environ 20 kg, une productivité moyenne (1h/m<sup>2</sup>/personne) correspond à 1,5 tonne/jour. Une bonne productivité (0,50h/m<sup>2</sup>/personne) fait 3 tonnes/jour et on arrive à 5 tonnes, voire 6,5 tonnes/j (800 kg/heure) avec les productivités qui apparemment sont atteintes sur certains chantiers (0,33 à 0,25 h/m<sup>2</sup>/personne).

«Pour arriver à de tels résultats, il faut une main d'œuvre qualifiée, jeune et très motivée» précisent les responsables de ces entreprises.

Au-delà du défi physique et de la motivation économique qui animent le maçon, on peut s'interroger

sur la nature de la qualification des métiers de la maçonnerie et de la valorisation professionnelle qu'ils apportent ainsi que de l'évolution avec les contraintes de l'âge : on n'empile pas des parpaings à 50 ans comme à 20 ans !

Ensuite, on comprend l'importance prise par l'habitude d'un poids, d'un format (phénomène d'accoutumance) surtout lorsqu'on atteint une grande productivité, ou la productivité maximale d'une main d'œuvre donnée.

Bien qu'il soit impossible ici de mesurer la corrélation exacte entre le poids et la productivité, une comparaison entre quelques matériaux est intéressante. Comparée au parpaing de 20 kg, la brique creuse courante de même format ne pèse que 14 kg, soit environ les deux-tiers. Pourtant, la productivité est assez identique, tout au plus inférieure d'un dixième ou de deux dixièmes d'heure sur les productivités moyennes de l'ordre de 1 h/m<sup>2</sup>.

A l'extrême, si on observe la productivité des blocs de coffrage isolants en polystyrène les plus performants et qui sont de dimensions plus favorables que le parpaing (ISORAST, 25x25x150, AGLOPOLYS 30x25x60) et bien sûr d'un poids insignifiant (1,5 kg à 700 grs), la productivité ne chute pas de façon aussi spectaculaire que le poids : pour la pose (à sec) des éléments, on n'atteint que 0,40 h/m<sup>2</sup> environ en moyenne sur une maison avec des pointes de productivité ponctuelles en partie courante que l'on peut estimer entre 0,20 h à 0,30 h/m<sup>2</sup> (hors coulage ...).

Le rapport direct entre le poids et la productivité ne semble donc pas aussi étroit qu'on peut le penser et se pose avant tout en terme de qualification professionnelle : aspect dévalorisant de l'effort physique nécessaire, valorisation faible du savoir-faire.

#### o Format et organisation du travail

Dans la limite du poids maximal admissible (20 à 25 kg) des gisements de productivité beaucoup plus intéressants se situent au niveau du format qui a un lien direct avec l'organisation du travail puisqu'il influe sur le rapport tâche de pose/tâches annexes.

Le cas de la brique pleine ou perforée (6 x 10,5x22) pour un mur de 11 cm, avec 65 briques/m<sup>2</sup> et 1,50 h/m<sup>2</sup> à 2,00 h/m<sup>2</sup>, est significatif.

L'influence du nombre d'éléments par m<sup>2</sup> est évidente : moins il y a d'éléments, moins il y a de tâche de pose. La condition pour obtenir réellement gain de productivité est de ne pas accroître des tâches annexes (problème rencontré par les blocs de coffrage : étayage, calage, etc ...).

Le nombre d'éléments par m<sup>2</sup> doit en fait être abordé à deux niveaux différents : le nombre/m linéaire et le nombre/m hauteur.

Le nombre/ml n'a réellement une incidence que si l'allongement du format est significatif et sur des ouvrages de grande longueur. Il permet en fait de gagner sur le temps de pose par assise, le temps des tâches annexes restant identique pour un mur long ou un mur court.

Mais, jusqu'où ce gain est-il réel ? Car s'il y a moins d'élément à poser au ml le temps nécessaire à la mise en place correcte d'un élément plus encombrant risque fort d'être plus long et donc d'annuler le gain de productivité potentiel. Parallèlement, un des facteurs essentiels est le nombre de joints verticaux (et leur complexité de réalisation) : «beurrer» rapidement la tranche d'une brique creuse ordinaire à perforations horizontales demande un réel savoir-faire.

Le cas des briques à perforations verticales de petit format (19 cmh sur 25 cml) en Alsace permet de faire un constat intéressant : de l'avis des artisans enquêtés et d'un fabricant important, il n'y a pas de différence significative avec le parpaing.

Mais les productivités données restent très moyennes : 1 h/m<sup>2</sup> à 1,20 h/m<sup>2</sup>, en général, dans les deux cas. Toutefois, on peut remarquer que le nombre de 19 à 20 briques par m<sup>2</sup> (4/ml) c'est-à-dire deux fois plus que le parpaing, n'est pas directement pénalisant. L'exécution des joints qui reste assez simple contribue certainement beaucoup à ce résultat.

Le nombre/mh paraît intéressant dans la mesure où il réduit le nombre d'assises nécessaires, donc de gagner à la fois sur le temps de pose et sur les tâches annexes : pour une hauteur sous plafond de 2,50 m selon l'épaisseur du joint il faut 12 à 13 assises avec des éléments de 20 cm de haut et seulement 8 à 9 assises avec des éléments de 30 cm de haut. L'avantage est assez constant, quelle que soit la longueur et la complexité (décrochements, etc) des murs.

Pourtant, l'évolution des formats s'est faite essentiellement sur la longueur, surtout en ce qui concerne les produits courants : blocs de béton et brique creuse ordinaire. Mais il ne nous a pas été possible d'en obtenir l'explication. Celle-ci ne semble pas être liée à la technologie de fabrication.

Il est difficile de chiffrer le gain potentiel que peut engendrer une réduction du nombre d'assises.

Cependant, on constate que les entreprises qui atteignent des productivités élevées utilisent au maximum des éléments de hauteur supérieure aux 20 cm habituels afin de gagner au moins un rang d'assise.

D'une façon générale, il apparaît qu'aucun des acteurs concernés, fabricants, négociants, entreprises ne joue actuellement un rôle moteur dans cette évolution. Les fabricants face aux incertitudes liées à l'évolution de leurs marchés, et aux multiples aspects de la gestion, des coûts de production et de la commercialisation, sont peu ouverts à modifier le dimensionnement de leurs produits. Ceci ne fait que constituer un produit de plus dans une gamme déjà variée, et dont l'avenir commercial reste incertain, faute de connaître réellement les domaines de l'entreprise, de la prescription et de la conception.

La lenteur de l'évolution des formats et les timides tentatives qui ont été faites reflètent les coupures qui existent entre les différents acteurs où chacun optimise sa propre activité dans ce contexte sans appréhender globalement le marché. Les concepteurs peu soucieux de ces préoccupations de productivité pendant l'élaboration de leurs projets ne créent pas une situation incitatrice.

Quant aux négociants, plaque tournante entre fabricants et entreprises, ils ne constituent pas un relai pour formuler de nouveaux besoins. Les matériaux de gros œuvre ne sont pas le fer de lance de leur activité, loin s'en faut, vu leur faible rentabilité de négoce, mais seulement perçus comme un service obligatoire à rendre, un « produit d'appel ».

o Pour débloquer la situation, de nouveaux matériaux ?

Les matériaux de maçonnerie sont le point de croisement de nombreux blocages :

- Un accroissement global du marché pour redynamiser la filière n'est pas d'actualité, et c'est plutôt sur des créneaux nouveaux, marginaux ou insatisfaits, que peuvent se développer des marchés porteurs, mais plus réduits. Mais ces marchés restent à identifier.
- Les prix de vente sont souvent très près des prix de revient et les marges (apparentes tout au moins) des fabricants, des négociants, des entreprises, sont dans leur ensemble très réduites et incompréhensibles, même s'il y a de nettes différences entre certaines sociétés. Ceci limite le dynamisme et le volontarisme pour innover.
- Le gain obtenu par l'effort technologique et gestionnaire des années 70/80, notamment pour les produits demandant des matériels et des investissements importants (brique, béton cellulaire) atteint ses limites. Les possibilités d'abaisser les prix de revient des matériaux actuels de façon significative sont réduites. La compétitivité économique des matériaux se joue fortement au niveau de leur mise en œuvre.

- Les métiers de la maçonnerie n'ont pas évolué et sont largement dévalorisés et peu attractifs.
- De ce fait, l'élément central de la compétitivité des matériaux se trouve réduit à la productivité et non, plus largement, au savoir-faire qui l'accompagne. Les conditions d'une meilleure productivité ne sont pas garanties.
- L'absence de prise en compte par les concepteurs des conditions les plus élémentaires (calepinage, etc) pour stimuler l'organisation de chantiers compétitifs et appréhender la réalité technico-économique sont un handicap majeur pour toute évolution, elle laisse une place prédominante à l'«héritage culturel», avec une identité sociale et une image de marque du matériau faibles, et avec le maintien de la déqualification de la main d'œuvre.

Le développement de matériaux nouveaux est une possibilité pour débloquer cette situation. Encore faut-il qu'ils soient bien ciblés.

Au niveau des fabricants, les leçons des difficultés à promouvoir de nouveaux matériaux commencent à être tirées : «Il n'y aura pas de révolution, mais évolution des produits» expliquent les fabricants dans leur ensemble. Cette nuance terminologique traduit bien le contexte, mais aussi leurs réserves face à la difficulté d'aborder un marché au niveau de sa réalité économique et socio-professionnelle, aspects de plus en plus complexes et dont ils se sont coupés progressivement.

Il est certain qu'il n'y a pas de produit miracle et la mise en évidence de ces blocages actuels et de leur évolution historique est la toile de fond nécessaire pour poser le développement de nouveaux produits, pour identifier les décideurs et les promoteurs des matériaux, et pour préciser les apports à offrir aux différents acteurs de la construction.

Il est clair qu'il s'agit d'une démarche à long terme et qui présuppose une nouvelle attitude, notamment de la part des fabricants, et qui doit :

- stimuler l'évolution et la valorisation sociale et professionnelle autour du matériau,
- dégripper le blocage actuel au niveau de la conception - maîtrise d'ouvrage afin de déboucher sur des produits identifiant cette valorisation en tant que référence sociale et économique ; l'expression architecturale trouve par là une importance accrue.



## LES TROIS ASPECTS DU RAPPORT CONCEPTION/ ORGANISATION DU TRAVAIL

Sur la toile de fond du processus de mise en œuvre et du rapport travail de pose/tâches annexes comme facteur conditionnant la productivité et reflétant l'organisation du travail, le rapport entre la conception et l'organisation du travail se pose sous trois aspects complémentaires.

- Le premier concerne les ouvrages eux-mêmes (dimensionnement, etc) et les prédispositions à de bons rendements qu'ils entraînent.
- Le second élargit le champ d'observation à la disposition des ouvrages entre eux.
- Le troisième aspect pose le problème de la cohérence d'un ouvrage à l'autre et, par là, celui des détails et cas particuliers.

Ces trois aspects font partie des moyens indispensables pour analyser les contraintes liées à la réalisation du projet et les transcrire dans un code de bon emploi des matériaux adapté à la pratique des concepteurs.

### o Les ouvrages

Le calepinage horizontal et vertical à la conception est le premier point indispensable pour éviter les coupes de matériau, les cas délicats (angles, trumeaux, linteaux, appuis ... mal implantés ou mal dimensionnés, pointes de pignons ...), les rattrapages de niveau par des joints importants, des assises en béton armé ou des solutions encore plus proscrites comme des briques plâtrières ou des parpaings posés à plat ! ...

De même, les détails d'exécution, simples et précis, sont nécessaires. L'absence de prise en compte de ces deux points, au moment de la conception puis sur le chantier, est très fréquente et est la source d'erreurs et de pertes de temps qui expliquent les médiocres productivités.

Ensuite, il est évident que la simplicité des ouvrages, l'absence de cas ou de détail particulier et plus généralement tout ce qui permet de limiter le temps consacré aux tâches annexes, favorisent la productivité.

La dimension des ouvrages notamment joue un rôle : pour la plupart des tâches annexes, le même temps, pratiquement est nécessaire pour un mur de 1 m ou un de 10 m de long d'où des productivités différentes.

Ceci explique pourquoi les murs comportant des décrochements (refend ou façade) sont moins favorables à la productivité et surtout quand ils sont de petite longueur. A cela s'ajoutent le problème de la précision dimensionnelle de la dalle, qui peut demander des coupes ou au contraire des joints importants pour absorber les tolérances sur une courte longueur et la pose, qui nécessite également plus d'attention.

Si le cas d'un décrochement ponctuel en façade, quand il est bien conçu, n'entraîne que des perturbations mineures et supportables par contre les murs comportant des décrochements multiples ne sont pas favorables à la productivité.

La fréquence et la dimension des ouvertures pose les mêmes types de problèmes.

Le deuxième aspect du dimensionnement des ouvrages est la hauteur à partir du moment où le travail sur échafaudage commence. Pour un mur de hauteur courante, l'échafaudage est placé côté intérieur et est monté en hauteur une à deux fois le plus souvent afin de limiter les pertes de temps. L'organisation du travail doit alors être rigoureuse pour maintenir une bonne productivité (préparation du poste de travail, approvisionnement, va et vient, etc). Là encore, la longueur des ouvrages a une incidence sensible. De même, les problèmes s'accroissent lorsque la hauteur devient plus

importante. Dans certaines maçonneries apparentes, en briques apparentes notamment, l'échafaudage est le plus souvent monté à l'extérieur pour faciliter l'exécution : les problèmes sont alors accrus.

Les pointes de pignon réunissent à la fois les problèmes de la longueur (qui diminue au fur et à mesure qu'on s'élève) et de la hauteur (surtout lorsqu'il n'y a pas de plancher de combles pour recouper la hauteur) et aussi ceux de la forme particulière et de la précision dimensionnelle, etc. La productivité devient obligatoirement moins bonne.

#### o L'implantation

Après ces quelques remarques concernant les ouvrages eux-mêmes et leur prédisposition à de bons rendements, le second aspect qui conditionne étroitement l'organisation du travail est la disposition des ouvrages entre eux. L'éclatement ou le morcellement des postes de travail, qui s'accroît au fur et à mesure que la maçonnerie se monte (ouvertures, trumeaux, ...), ne favorisent pas la productivité. C'est la concentration des zones de travail (circulaire ou linéaire) qui facilite l'organisation du travail : un poste fixe, où l'ouvrier est plutôt « sédentaire » ; l'ouvrier peut se déplacer rapidement et simplement d'un poste à l'autre, etc.

Délibérément ou de fait, le bâtiment est généralement découpé ainsi en plusieurs zones où sont concentrés en points fixes les matériaux, voire du matériel, les plans, etc et l'équipe se déplace d'une zone à l'autre au fil de la journée. Ce type d'organisation est très fréquent dans les entreprises qui arrivent à des bonnes productivités.

L'implantation des ouvrages doit favoriser un découpage optimal du bâtiment en zones de travail, notamment dans le cas de bâtiments avec décrochements en façade, différences de niveaux, refends séparatifs, etc. Ceci prend toute son importance dès qu'on arrive à la hauteur des ouvertures, puis du travail sur échafaudage, les zones de travail tendant à devenir linéaires.

Parmi les nombreux facteurs favorables à une bonne correspondance entre implantation des ouvrages/organisation et enchaînement des zones de travail, deux aspects importants peuvent être favorisés par la conception : le premier est la disposition des palettes nécessaires pour exécuter l'ouvrage, le second est le regroupement des ouvrages et l'uniformisation des zones de travail. Ces deux aspects permettent des gains de temps sur les tâches annexes et aussi sur les tâches de pose.

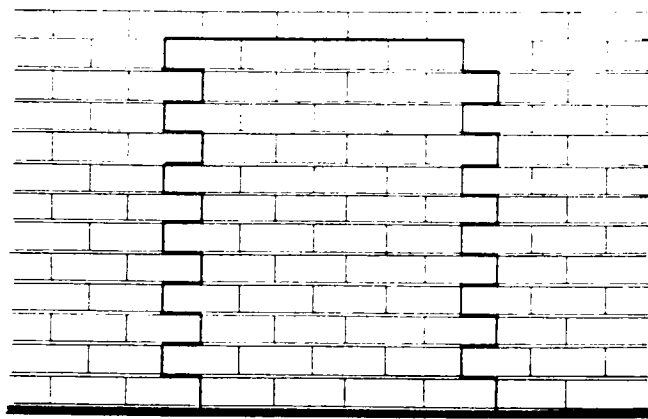
L'implantation des ouvrages et cas particuliers doit permettre le plus possible d'utiliser le nombre exact de produits contenus par palette. Cela simplifie les problèmes d'approvisionnement et réduit fortement le va et vient : Les produits en surabondance, ou au contraire manquant au poste de travail (notamment les accessoires) doivent en effet être déplacés, faire l'objet d'un approvisionnement spécial etc, ce qui perturbe l'organisation et l'enchaînement dans le travail. Par contre, si l'ouvrage correspond au nombre exact de produits d'une ou plusieurs palettes entières, les palettes sont stockées à la livraison aux postes de travail et les produits sont directement posés.

Si on prend le cas du parpaing à titre d'exemple, chez la plupart des fabricants une palette de parpaings creux de 20x20x50 ordinaires contient 60 blocs dont un sixième de blocs de coupe + tableau. Les blocs d'angle, les U de chaînage, les planelles sont livrés à part, par palette entière de chaque type. Une palette de parpaings ordinaires correspond donc à 6 m<sup>2</sup> de mur courant (hors chaînage) ou encore à environ 2 ml d'un mur courant de 12 assises si on n'utilise pas les blocs de coupe + tableau, et à 2,50 ml environ d'un mur courant si il comporte un tableau droit : le tableau d'un côté d'une ouverture de porte, le bout droit d'une extrémité de mur, etc (seuls, un ou deux blocs de coupe + tableau peuvent manquer). Dans le cas où il y a ouverture de 1,50 m de long x 1,40 m de haut, la palette permet de construire 4 ml, (avec l'allège de 80 cm et les deux tableaux de l'ouverture, sauf le linteau), seuls quelques blocs de coupe + tableau manquent pour les deux dernières assises du tableau mais peuvent être maçonnés en même temps que les blocs en U du linteau.

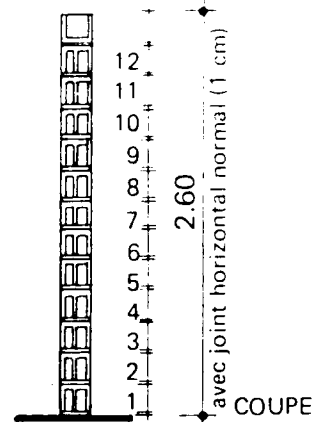
Ainsi, un mur de 3 ml va impliquer le sous emploi partiel des palettes nécessaires, surtout s'il s'agit d'un mur isolé.

MUR AVEUGLE : QUANTITÉ RÉALISÉE AVEC UNE PALETTE DE 60 PARPAINGS

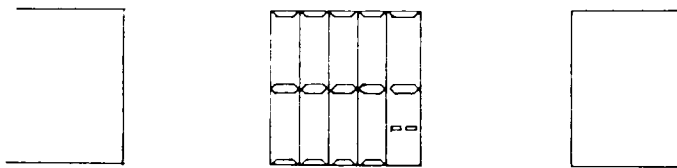
ÉLEVATION



2.00  
avec joint vertical normal (0,8 cm)

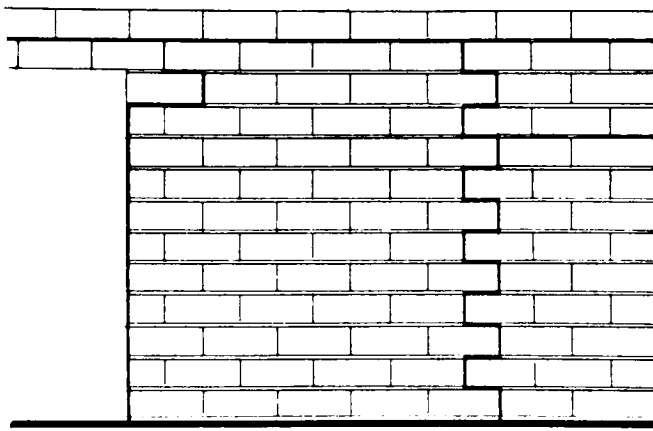


PLAN

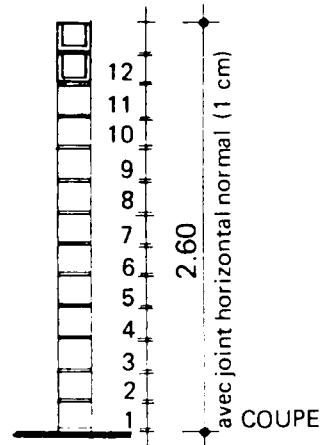


EN PARTIE COURANTE (sans utiliser les blocs de coupe + tableau)

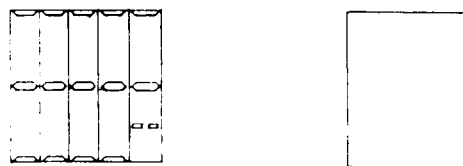
ÉLEVATION



2.50  
avec joint vertical normal (0,6 cm)

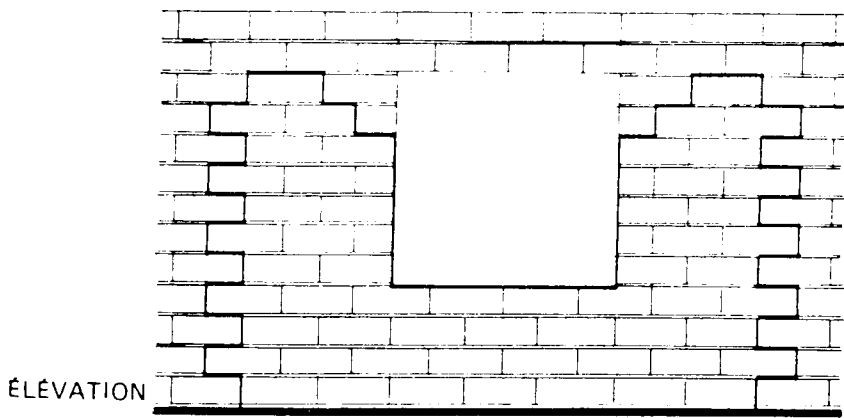


PLAN

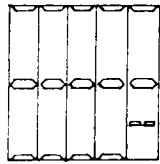
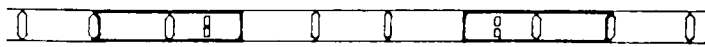


EN LIMITE DE PORTE (en utilisant les blocs de coupe + tableau)

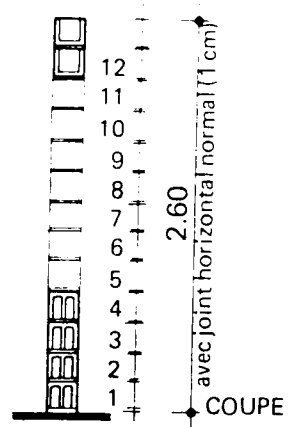
MUR AVEC BAIE DE FENETRE : QUANTITÉ RÉALISÉE AVEC UNE PALETTE DE 60 PARPAINGS



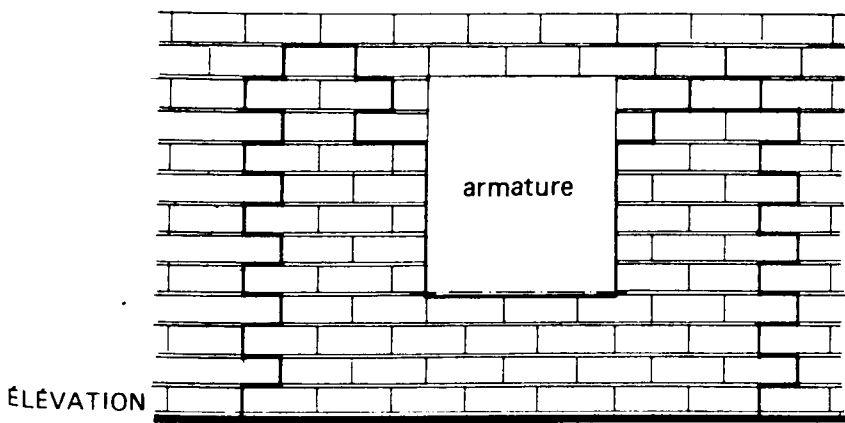
3.50  
avec joint vertical normal (0,6 cm)



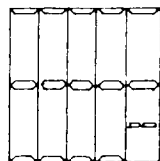
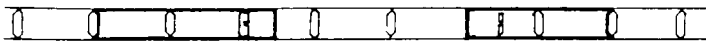
PLAN



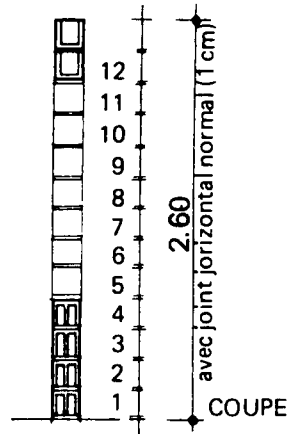
AVEC BAIE BRUTE DE 1,50 ml x 1,40 mh (l'implantation de la baie - en plan - peut être déplacée selon un module de 0,25 m)



3.50  
avec joint vertical normal (0,6 cm)

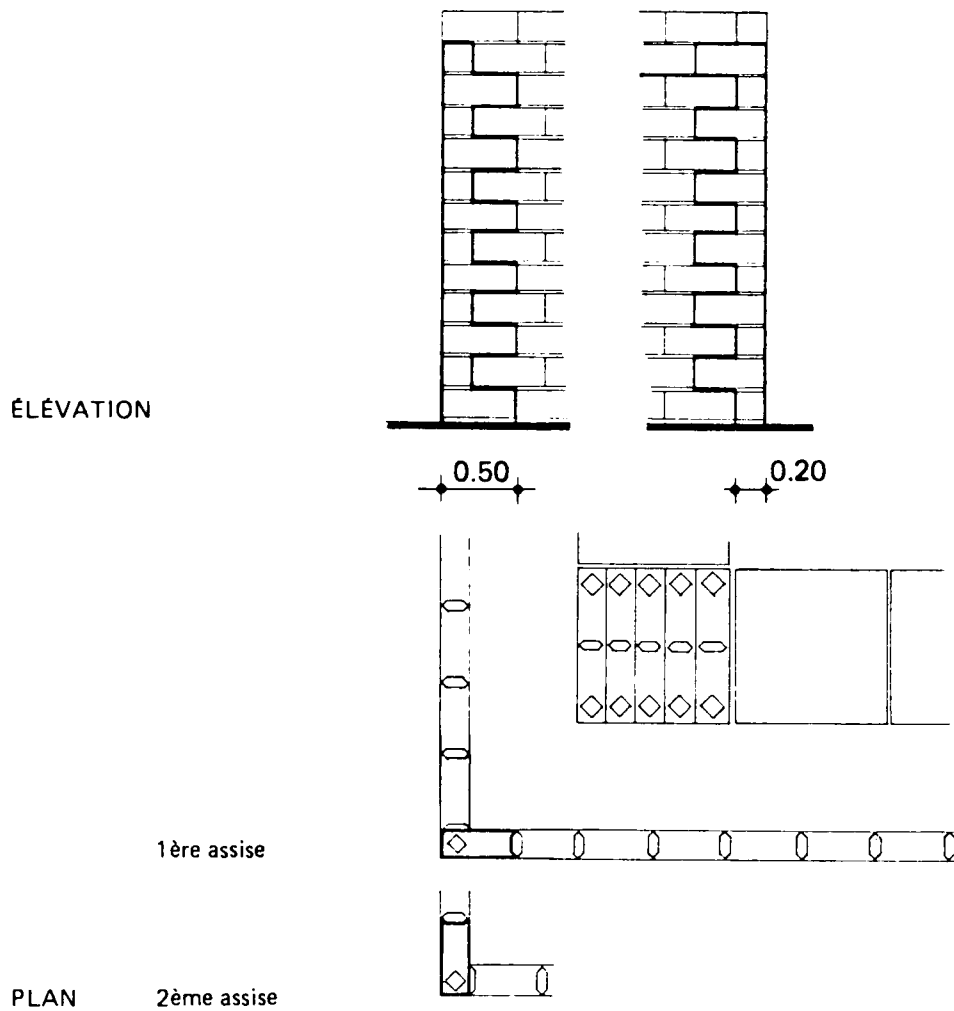


PLAN



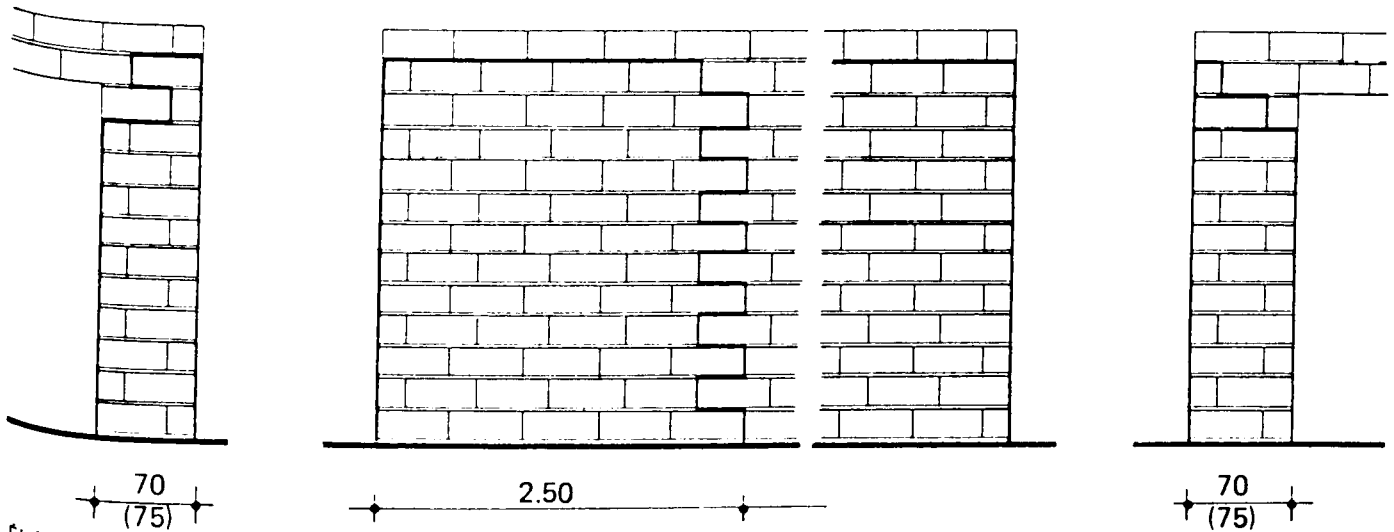
AVEC BAIE BRUTE DE 1,25 ml x 1,40 mh (l'implantation de la baie - en plan - peut être déplacée suivant un module de 0,25 :

## MUR D'ANGLE : QUANTITÉ RÉALISÉE AVEC UNE PALETTE DE PARPAINGS D'ANGLE

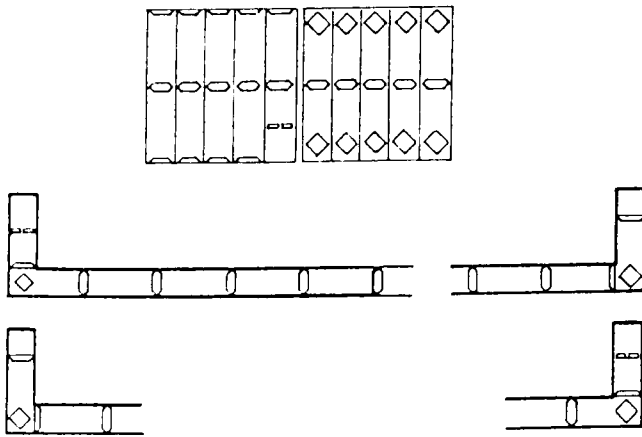


QUANTITÉ NÉCESSAIRE POUR UN ANGLE : moins d'une demie palette

EXEMPLES DE COMBINATOIRE :  
 MUR AVEUGLE EN ANGLE : QUANTITÉ RÉALISÉE AVEC UNE PALETTE DE 60 PARPAINGS + 1/2 PALETTE  
 DE PARPAINGS D'ANGLE

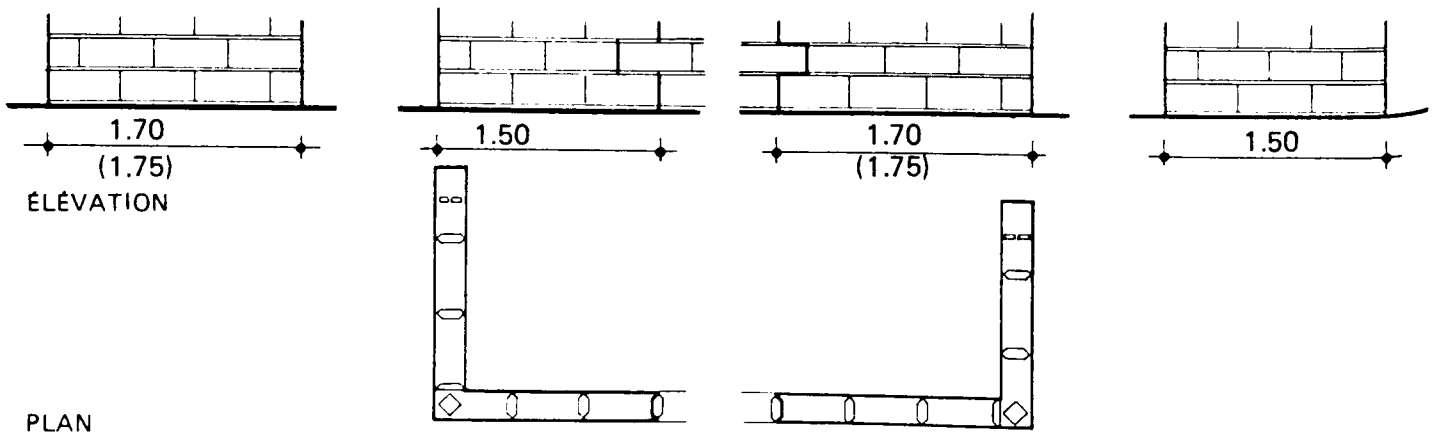
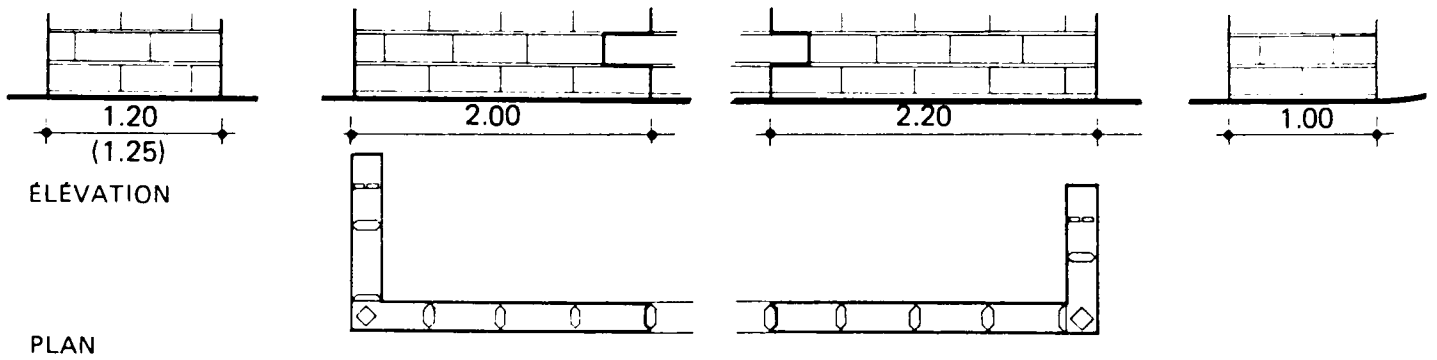


ÉLEVATION



PLAN

COTE MINIMALE DU RETOUR D'ANGLE



AUTRES COTES POSSIBLES DU RETOUR D'ANGLE

La conception et l'implantation des ouvrages en fonction du nombre de produits par palette est un principe très simple à appliquer qui favorise la productivité à la mise en œuvre : l'ouvrier n'a pratiquement qu'à se retourner pour prendre les produits puis les poser ; quelques pas plus loin, une autre palette permet de continuer le mur, etc. Au niveau des concepteurs, la principale précaution est de s'informer sur le nombre de produits par palette qui varie parfois selon la région ou le fabricant, surtout pour les produits en terre cuite. Pour le bloc creux, ce nombre est presque toujours de 60 par palette pour les parpaings creux 20x20x50, et de 70 pour les 15x20x50.

Un autre principe simple est le regroupement des ouvrages et l'uniformisation des zones de travail. Il s'agit là d'éviter les coupures dans l'enchaînement du travail dues au morcellement et l'éparpillement des postes de travail, et de favoriser au contraire leur regroupement dans des zones où le type de travail est homogène et permet de conserver un rythme régulier : les zones de travail où il faut exécuter une succession d'ouvrages différents (ouvertures, angles, décrochements, piliers, appareillages spéciaux, linteaux, etc), ne permettent pas d'atteindre une bonne productivité. Ce sont des cas de conception mal appropriée pourtant fréquents, notamment en maçonnerie apparente et en maçonnerie isolante. Cela explique que leur prix s'élève nettement, leur mise en œuvre étant plus délicate et la productivité moins bonne que pour le parpaing ou la brique creuse ordinaire, le dérapage des prix est amplifié. Parfois cela se répercute également sur la qualité.

#### o La cohérence entre les ouvrages

Cette notion de zone de travail a un troisième aspect concernant l'incidence de la conception sur l'organisation du travail : la cohérence d'un ouvrage a un autre et, dans son prolongement, des cas particuliers et des détails.

L'enchaînement d'un mur à l'autre, puis d'une zone à l'autre, doit être facile et permettre une bonne productivité.

Deux aspects qui touchent directement à l'organisation de chantier permettent de poser le problème de la cohérence entre les ouvrages. Tout d'abord le degré de complexité des ouvrages à exécuter et ensuite la souplesse dans l'enchaînement et la chronologie de leur exécution.

La conception en fonction des palettes prédispose à une bonne organisation et à la cohérence du travail. Mais cet aspect va bien au delà. Les gestes et la chronologie des opérations de mise en œuvre doivent être exploités en partie courante et les cas particuliers doivent le moins possible les perturber.

L'objectif est de favoriser la diversité des scénarios chronologiques possibles de l'exécution du bâtiment. La liberté d'organisation du chantier repose fortement sur la complexité des ouvrages et notamment sur la présence des cas particuliers et sur leurs solutions techniques.

On peut, en quelque sorte, établir une notion «d'ouvrage critique» pré-déterminant les possibilités d'organisation et concernant les ouvrages entiers ou les cas particuliers et les détails. Il est évident que la multiplication de ces ouvrages critiques limite la liberté et la souplesse d'organisation et doit donc être évitée.

Identifier les ouvrages critiques est relativement simple. Ce sont tout d'abord les murs complexes et les cas particuliers et ensuite, plus précisément, les ouvrages qui conditionnent la réalisation d'un autre : cette dépendance d'exécution réduit la liberté d'organisation et parfois aussi la souplesse de rattrapage du temps perdu. Parmi eux, en premier, pour la plupart des matériaux excepté la brique apparente dans certains cas, l'angle est un ouvrage critique.

Plus généralement, pour les grands chantiers surtout, l'ouvrage critique doit être recherché en fonction de la succession mur - plancher ou encore maçonnerie - autres procédés de gros œuvre (maçonnerie d'autres matériaux, béton banché, préfa, etc) et qui peut même être étendue aux autres travaux jusqu'au clos-couvert : charpente - couverture et menuiseries. L'aspect complémentaire à



l'identification des ouvrages critiques est de définir les ouvrages prioritaires pour l'avancement général des travaux (ossature porteuse, etc).

Sur un chantier simple, comme une maison individuelle, éviter les travaux de béton armé, les poteaux, les linteaux non alignés, la multiplication des angles permet d'éliminer bien des ouvrages critiques.

Cette notion d'ouvrage critique, qui existe de fait, ne doit pas être perçue par les concepteurs comme une contrainte supplémentaire. Au contraire, elle est une aide pour développer un langage architectural riche, cohérent et personnalisé. Elle permet de relier choix de parti architectural – détail constructif – point particulier – et expression architecturale. Elle permet de déceler les points privilégiés qui demandent un traitement spécifique et de structurer le vocabulaire architectural : localisation dans des parties bien définies du bâtiment (non prioritaires, etc), solution technique adaptée, etc. Parmi ces points privilégiés se trouvent les ouvertures (encadrements, allèges, linteaux, ...) les pointes de pignon, les chaînages pour lesquels peuvent être développés des accessoires spécifiques enrichissants, des solutions techniques particulières, éventuellement plus complexes que la partie courante (appareillage changement de couleur, etc) mais bien localisées et à faible incidence sur le déroulement général du travail et même parfois des solutions non maçonnées justifiées : menuiserie, etc.

L'identification des ouvrages prioritaires et des ouvrages critiques, et leur localisation adéquate ou leur résolution permet ainsi d'éviter la plupart des problèmes d'exécution et les médiocres productivités rencontrés sur bon nombre de chantier.

L'exécution des murs complexes (murs avec beaucoup d'ouvertures, de petits décrochements ...) des petits murs isolés, des piliers, etc, est parmi les cas fréquents qui perturbent l'enchaînement du travail : elle est plus longue et plus difficile, elle casse le rythme, etc. Lorsqu'elle peut se faire indépendamment de l'avancement du reste de la maçonnerie et que les quantités à réaliser laissent la possibilité de les construire pendant des temps de battement (temps mort, fin de journée, etc) l'organisation du travail est alors plus souple et plus facile. La surface unitaire de chacun doit être réduite pour pouvoir être exécutée pendant un temps de battement.

Si on ne peut pas les éviter, ces cas doivent donc être ponctuels et localisés de façon autonome dans le bâtiment et ne pas constituer des travaux prioritaires ou obligatoires pour réaliser le reste de la maçonnerie. Une des solutions les plus simples est de les dissocier des autres murs et du plancher supérieur éventuel en béton (mur isolé non porteur).

Les cas particuliers courants (angles, trumeaux, linteaux, chaînages) demandent plus d'attention et de temps (implantation, réglages, chercher les éléments spéciaux, ...) et il est clair que multiplier leur nombre par m<sup>2</sup> courant perturbe l'enchaînement du travail. De même, les formes géométriques non orthogonales (angles biais, cintres, murs courbes ...) avec tous les problèmes de découpe, ajustements, qu'ils demandent entraînent une médiocre productivité, sans parler de la qualité ... et de la pathologie ultérieure.

Dans tous les cas, l'emploi des éléments spéciaux est indispensable. Pour les murs en brique creuse, certains fabricants produisent des briques spéciales pour des angles non droits, 120° le plus souvent.

Enfin, tous les travaux relevant du béton armé doivent être limités et réalisables en même temps que les opérations de coulage importantes (plancher par exemple, ou chaînage, ...) à la fois pour des questions de fabrication ou de livraison et pour permettre de concentrer dans le temps les travaux de maçonnerie d'une part et les travaux de béton d'autre part. Les chantiers de maçonnerie ne sont pas en

effet des chantiers de coulage du béton et par ailleurs la productivité (voire la qualité) de ces travaux est médiocre. Le plus simple est donc d'éviter les poteaux, les encadrements, etc. en béton. L'emploi d'éléments préfabriqués légers en métal ou en bois doit être préféré aux solutions béton. Sur des chantiers importants des éléments préfabriqués en béton sont possible. Si ils sont préfabriqués sur le chantier, ils ne sont coulés qu'au moment d'autres gros travaux de béton et donc posés ensuite ce qui est une contrainte d'organisation supplémentaire.

Si, pour la plupart d'entre eux, les cas particuliers peuvent être exécutés sans accentuer les contraintes, les linteaux posent un problème spécifique : les éléments spéciaux doivent être posés et le béton armé coulé (et sec de préférence) pour pouvoir finir la maçonnerie.

L'idéal est que tous les linteaux soient posés et coulés dans une même séquence pour optimiser le travail et à la fin de la journée pour ne pas casser la journée et faciliter l'organisation ultérieure de la fin de la maçonnerie en partant d'un état d'avancement uniforme. L'alignement des linteaux à un même niveau (ou éventuellement à plus ou moins une hauteur d'assise) favorise ce type d'organisation.

Une autre solution, esthétiquement peu satisfaisante, consiste à faire correspondre le chaînage de couronnement au linteau ce qui implique de ne pas avoir de retombée s'il y a un plancher haut. Elle est quelquefois utilisée en sous-sol ou pour des bâtiments autres que le logement.

Pour conclure sur ces quelques principes, on doit souligner l'incidence positive de la répétitivité des détails, des cotes, etc., et de l'orientation du choix des détails relatifs aux éléments architecturaux ou techniques spécifiques en fonction des conditions d'organisation et d'enchaînement du travail.

Une approche de la conception du projet en tenant compte des conditions d'organisation qu'elle induit est ainsi un des facteurs permettant une maîtrise économique du prix du gros œuvre, notamment sur des chantiers importants (maisons individuelles groupées, petit collectif ...). A partir de là, le choix de l'entreprise adaptée aux possibilités offertes devient capital.

## LE PARPAING

### LA COMPÉTITIVITÉ ÉCONOMIQUE

A l'échelle nationale, les maçonneries en blocs de béton sont les moins chères. Ce n'est que dans le contexte particulier de quelques régions (par exemple : Alsace, Sud-Ouest, ...) que la brique creuse arrive à une compétitivité économique équivalente et parfois supérieure.

Les raisons en sont simples : le bloc de béton est à la fois le matériau le moins cher et celui qui permet la meilleure productivité que seule la brique creuse ordinaire peut égaler.

Pour étudier les maçonneries en blocs de béton courants, nous avons pris le bloc creux de 20x20x50 de granulats lourds (appelé « parpaing de 20x50 » sur les chantiers).

C'est en effet le matériau le plus intéressant pour cette étude puisque c'est le matériau habituellement utilisé en façade de maçonnerie. Or, l'utilisation en façade des matériaux de maçonnerie est à la fois le cas dominant dans le logement et celui qui réunit la plus grande complexité d'ouvrages (ouvertures, décrochements, cas particuliers, etc).

Le parpaing, matériau dominant en maçonnerie, est la référence économique et technique en façade, pour la maçonnerie comme pour les autres procédés (béton, bois, etc).

De plus, par son poids et son format, il est le matériau le plus révélateur des contraintes liées à la mise en œuvre et à la productivité de la maçonnerie.

#### ● LE PRIX ET SA DÉCOMPOSITION

Sur le plan national, le prix des maçonneries en blocs de béton est assez homogène si on se réfère aux renseignements que nous avons pu obtenir et qui concernent Paris et région parisienne, Alsace - Franche-Comté, Bourgogne, Provence Côte-d'Azur et le Sud-Ouest.

Ces informations sur les prix et leur décomposition ont été obtenues par des enquêtes sur chantiers ainsi que par d'autres contacts établis essentiellement auprès d'acteurs importants (fabricants, agents commerciaux, grandes entreprises, maîtres d'ouvrage, ...).

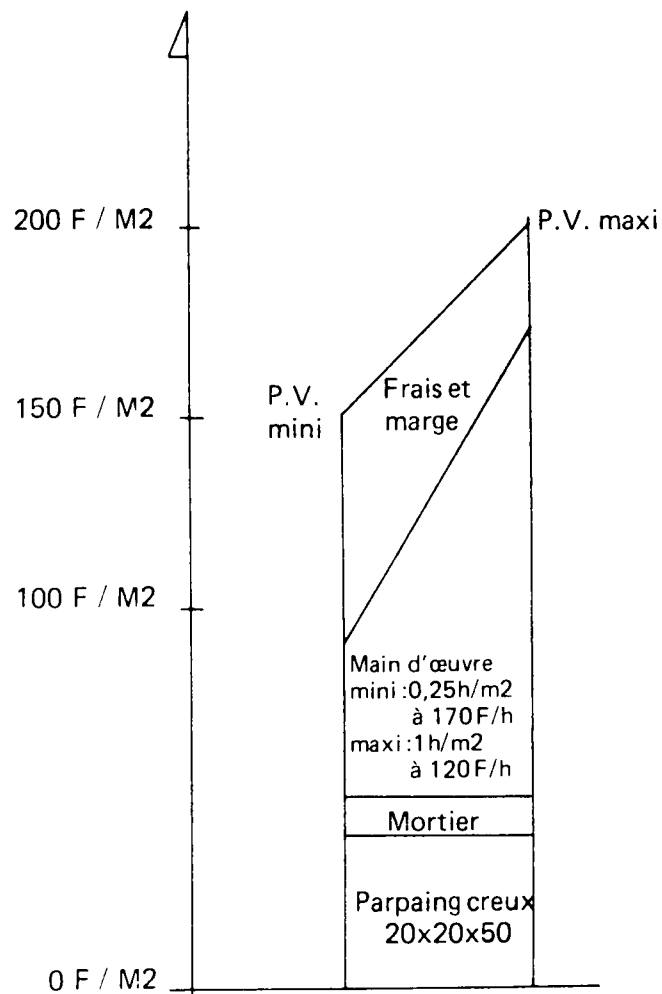
La fourchette de prix, identique quelle que soit la région, reste assez large : entre 140 F H.T. et 200 F H.T. environ le m<sup>2</sup> brut (hors enduit, etc) valeur 1986/début 1987. Les raisons de ces écarts sont :

- La diversité des profils des entreprises (artisanat, P.M.E., etc) par les différences de coût de mise en œuvre qui leur correspondent, dues avant tout à la main d'œuvre (prix de l'heure, productivité), et parfois, aux frais de chantier ; par les différences de frais généraux, de marge et aussi de fixation des prix (d'estimation, de négociation, etc) qui sont liées à l'activité de l'entreprise (artisan maçon, entreprise générale, etc) ... et à sa politique ;
- La diversité des marchés par les différences de quantité et de complexité qu'ils comportent, ... et aussi par la pression que le client (maître d'ouvrage, entreprise générale, etc) exerce sur le prix : les constructeurs de maisons individuelles et les grandes entreprises, par exemple, sous-traitent aux prix les plus bas ;
- La diversité des types d'ouvrage par les différences de productivité qui y correspondent.

La décomposition des prix faite à partir du déboursé sec et l'évaluation de la marge, révèle que la main d'œuvre est le facteur essentiel du prix, de la compétitivité et de la rentabilité.

Dans le déboursé sec, le rapport main-d'œuvre/matériau montre bien que les gains les plus significatifs ne peuvent être obtenus qu'au niveau de la main d'œuvre, même lorsqu'on arrive aux productivités maximales où l'importance du prix moyen de la main d'œuvre (division du travail, etc) devient essentielle pour «économiser» la main-d'œuvre qualifiée. (Pour l'instant, cet aspect est réduit car les productivités inférieures à 0,80 h sont apparemment assez rares : parallèlement, la main-d'œuvre est souvent «bon marché»).

### ÉVALUATION DE LA DÉCOMPOSITION DES PRIX DES MAÇONNERIES DE PARPAINGS CREUX (20x20x50)



Pour compléter ces observations sur le prix des maçonneries en parpaing, il est également intéressant de resituer ce prix dans le prix du m<sup>2</sup> de mur fini. Nous avons pour cela établi une fourchette de prix sur la base de prix pratiqués par les entreprises enquêtées afin de fixer des ordres de grandeur.

o Prix H.T./m<sup>2</sup> de mur

o Mur brut de gros-œuvre en blocs creux de béton 20x20x50	(43 %) 140 F. HT (35 %)	(51 %) 200 F. HT (43 %)
o Enduit extérieur :		
- monocouche écrasé	(24 %) 80 F	(21 %) 80 F
- chaux hydraulique naturelle, finition talochée	150 F (37,5 %)	150 F (33 %)
o Isolation + parement intérieur (9 + 1) = 0,40 (polystyrène + plaque de plâtre	(33 %) 110 F 110 F (27,5 %)	(28 %) 110 F 110 F (24 %)
<b>MUR FINI</b>	(100%) 330 F 400 F (100 %)	(100 %) 390 F 460 F (100 %)

Le gros-œuvre brut représente entre 1/3 et 1/2 du prix du mur fini de façade et n'est donc pas le seul gisement économique. L'enduit, et surtout l'isolation - lorsque l'enduit est peu cher - ont une incidence forte sur le prix de la façade et donc des répercussions indirectes sur la conception du gros-œuvre (dimensionnement, ouvertures) qui doivent accompagner (et orienter) les préoccupations liées à la maçonnerie.

### • LE MATÉRIAU LE MOINS CHER

En prix unitaire, comme en prix-fournitures/m<sup>2</sup>, le parpaing N.F. 20x20x50 est très bon marché. Son prix usine varie entre 3,30 F. H.T. et 4 F. H.T. pièce, soit 33 à 40 F./m<sup>2</sup>. Il est donc le matériau le moins cher des matériaux de construction du gros-œuvre et cet «atout» économique est le premier point qui explique sa compétitivité.

Exceptionnellement, on peut même le trouver moins cher : 3,20 F. H.T. en juillet 1987 chez quelques fabricants ; 2,60 F. H.T. en 1985, ceux-ci cherchant à l'époque à «casser» les prix pour s'imposer sur le marché.

Le prix des accessoires est plus élevé mais n'est pas pénalisant : seuls les blocs de chaînage vertical (blocs d'angle) et horizontal (U de chaînage) sont plus chers (prix unitaires de l'un ou de l'autre : 5,75 F. environ, soit + 75 %), car ils sont fabriqués en séries à part. Les blocs de coupe + blocs tableau fabriqués en même temps que les blocs courants (1 sur 6) sont au même prix que les blocs courants.

Cette attractivité économique est renforcée grâce à l'existence d'un grand nombre de fabricants, souvent en concurrence très directe et largement répartis sur l'ensemble du territoire, ce qui réduit les coûts de transport.

Matériau à faible prix unitaire, le parpaing N.F. est également moins sensible que les autres matériaux à l'incidence des chutes de chantier sur le prix. Le renchérissement du prix des maçonneries mal conçues est essentiellement dûes à l'allongement du temps de mise en œuvre, le prix des chutes dûes aux découpes non réutilisables étant minime.

Pourtant, ce faible prix ne dissuade pas les entreprises de rechercher encore moins cher. Des fabricants et des négociants nous ont fait remarquer que certaines peuvent passer une demi-journée et plus à prospecter pour trouver où le parpaing est quelques centimes moins cher (une maison courante représente entre 1 500 et 2 000 parpaings, soit quelques dizaines de francs d'économie !). Il ne s'agit bien sûr pas des entreprises les plus performantes.

De telles attitudes révèlent de réels problèmes de mentalité, mais aussi de rentabilité pour beaucoup d'entreprises à l'affût de toute opportunité plus favorable.

Cette course à l'économie a des conséquences plus graves : sur un certain nombre de chantiers, même sur des chantiers très importants de maisons individuelles, nous avons constaté que les blocs mis en œuvre n'étaient pas N.F. et étaient, apparemment, de médiocre qualité. L'explication : ces blocs sont moins chers que les blocs normalisés, le fabricant économisant sur la composition du bloc (qualité, dosage, poids) et sa forme (poids, alvéoles, épaisseurs des cloisons, ...). Selon un fabricant de la région parisienne que nous avons rencontré, ces blocs non normalisés sont un réel problème, tant pour la qualité des maçonneries (résistances, capillarité, ...) que pour les fabricants de blocs N.F., ces blocs non normalisés faisant baisser le prix du marché.

La présence de blocs non N.F. sur le marché n'est cependant pas due à la pression de la demande des entreprises, mais avant tout aux graves problèmes de rentabilité que connaissent la plupart des fabricants, sur un marché local très concurrentiel (surcapacité de production). C'est pour retrouver des marges suffisantes que des fabricants produisent des blocs non N.F. dont le coût «matière» est légèrement plus bas que pour le bloc N.F.

Le faible prix du parpaing aujourd'hui n'est pas le reflet du dynamisme et de la compétitivité de cette profession, mais au contraire la conséquence de la «crise» qu'elle traverse et qui donne aux prix un caractère «artificiel».

Cet aspect contradictoire d'une technique dominante et qui constitue la référence économique et technique en gros-œuvre accentue les problèmes de compétitivité des autres matériaux - la brique notamment - et rend le contexte de l'innovation plus difficile.

La décomposition du prix du parpaing montre qu'il est peu envisageable d'obtenir une baisse sensible des prix du parpaing pour oxygéner cette profession. Le parpaing est à son prix plancher. Matériau à faible prix unitaire et faible valeur ajoutée, son rayon de commercialisation est limité à un marché régional. Ce n'est que par une diversification de leur production que beaucoup de fabricants de parpaings pourront maintenir leur activité. Mais le faible développement des blocs légers et plus récemment des blocs isolants et des blocs apparents est là pour rappeler les difficultés et les conditions d'une telle évolution (voir encadré avec le tableau de décomposition du prix du parpaing).

Parallèlement, vue la faible marge unitaire, c'est sur la quantité que les producteurs arrivent à dégager une marge suffisante pour leur entreprise. Cette «course» à la quantité se fait au détriment de la qualité. Or, si cela est minime pour le cas du parpaing, c'est au contraire pénalisant pour des produits nouveaux. Mais assurer la qualité demande à la fois du matériel, du savoir-faire et une baisse des cadences dont beaucoup de fabricants ne peuvent bénéficier ou se le permettre.

La production des blocs de béton a les caractéristiques des prix de revient d'une production de masse (marge/quantité). Mais les fabricants n'ont pas l'assise et l'inertie économique, financière, commerciale, etc. des grands groupes industriels et seuls quelques fabricants reliés à des grandes structures diversifiées du B.T.P. peuvent financièrement envisager l'innovation pour sortir de là (SIPAV, ...). Quant aux autres ? Seul un effet d'entraînement et a priori sur des produits dont des «leaders» ont fait le test et favorisé le développement peut leur permettre d'évoluer plus facilement.

ESTIMATION DE LA DECOMPOSITION DU PRIX D'UN BLOC CREUX DE 20X20X50 EN BÉTON DE GRANULATS COURANTS

PRIX DE REVIENT		%
Matière (1)	1,74 à 1,57 F.	62 à 52 %
<u>Main-d'œuvre</u>	<u>0,20 à 0,15 F.</u>	<u>7 à 5 %</u>
DÉBOURSÉ SEC	1,94 à 1,72 F.	69 à 57 %
Matériel		
- Moule	0,17 à 0,08 F.	6 à 3 %
- Presse	0,07 à 0,03 F.	3 à 1 %
- Autre matériel	0,28 à 0,10 F.	10 à 3 %
<u>Total MATÉRIEL</u>	<u>0,52 à 0,21 F.</u>	<u>19 à 7 %</u>
SOUS-TOTAL	2,46 à 1,93 F.	88 à 64 %
PRIX DE VENTE	2,80 à 3,00 F.	100 %
RESTENT	0,34 à 1,07 F.	12 à 36 %
Pour :		
Énergie (2)	envir 0,10 F.	4 à 3 %
Frais de structure d'entreprise :		
- au moins une secrétaire (3)	0,07 à 0,05 F.	2 à 1 %
- Chef d'entreprise (ou de service) (4)	0,21 à 0,15 F.	7 à 5 %
SOUS-TOTAL	0,38 à 0,30 F.	14 à 10 %
RESTENT pour autres frais :	0(-0,04) à 0,77 F	0 à 26 %
- Frais courants de fonctionnement : (téléphone, eau, fournitures de bureau)		
- Impôts		
- Frais d'amortissement (terrain, bâtiment, matériels, etc) et frais financiers		
- et le bénéfice (5)		

(1) 10 % de pertes matière = 0,17 à 0,16 Frs, 6 à 5 % du prix de vente.

(2) Un autre chiffre cité par l'UNICEM : 145 thermies/T pour les produits en béton en général ce qui donnerait environ 3 thermies/bloc. Le chiffre calculé ici est basé sur un autre chiffre de l'UNICEM : 3 % du C.A.

(3) Le salaire étant au moins celui d'un ouvrier.

(4) Le salaire est compté 3 fois celui d'un ouvrier ce qui est peu (150 Frs/h charges comprises).

(5) 30.000 T/an à 3 Frs le bloc = 4,5 millions de C.A./an, 1 % de bénéfice = 45.000 Frs soit 0,03 Frs/bloc.



## NOTES DE CALCUL ET REMARQUES

(Valeur H.T. 1985)

(Sources : un fabricant de la région parisienne produisant 50 000 T/an et un autre fabricant produisant en 1987 : 100 000 T/an).

## MATIERE

- C.P.A. 55 : 445 F/T
- C.P.A. 45 : 395 F/T
- Sable : 47 F/T
- Granulats 3-8 : 57 F/T

\* Prix de revient de la tonne de mélange : 87 F/t (ciment + sable + granulats (3-8) + adjuvants)

\* Prix du mélange pour un bloc creux de 20x20x50 :

- de 20 kgs : 87 F/T ÷ 50 blocs/T = ..... 1,74 F à
- de 18 kgs : 87 F/T ÷ 55,5 blocs/T = ..... 1,57 F

## MATÉRIEL

## o MOULE

- Prix d'un moule : 30 000 à 40 000 F.
- Durée de vie : 40 000 à 60 000 opérations (exceptionnellement, dans certaines régions comme le Nord, où les granulats sont moins durs et usent moins le moule (car l'usure est essentiellement due aux granulats), le nombre d'emplois peut aller jusqu'à 80 000 à 100 000 opérations).
- Prix du moule pour une opération :
  - 40 000 F. pour 40 000 opérations = 1 F.
  - 30 000 F. pour 60 000 opérations = 0,50 F.

\* Prix du moule pour un bloc creux de 20x20x50 (un moule = 6 blocs par opérations) .....

0,17 F à 0,08 F

Le moule coûte donc plus cher que la presse dans le prix de revient.

## o PRESSE

- Prix d'une presse simple rangée : 800 000 F.
- Amortissement sur 10 ans (hors frais financiers, etc. hors entretien, réparation) 80 000 F/an

\* Utilisation en un poste/jour (6,5 h de production + 1,5 h d'entretien montage et démontage, etc) soit 24 000 secondes de production

- nombre d'opérations à 20 s : 1 200 opérations/jour (il existe des presses plus performantes)
- tonnage produit (réf. : bloc 20x20x50) : 140 T/jour, environ 25 000 à 30 000 t/an

- Prix de la presse pour un bloc creux de 20x20x50
  - à 25 000 T/an 0,06 à 0,07 F.
  - à 30 000 T/an à 0,05 F.

– Utilisation en deux postes (environ la moitié, soit : 1,60 à 1,30 F/T)

- \* Prix de la presse pour un bloc creux 20x20x50 ..... 0,04 à 0,03 F.

#### o AUTRES MATÉRIELS

(Centrale, ascenseur, descenseur, palettiseur, planches, chariots élévateurs, etc).

Comme ordre de grandeur, on nous a indiqué que le prix des autres matériels dans le prix de revient est entre 3 et 4 fois le prix de la presse, soit :

0,28 à 0,10 F.

- \* Prix des autres matériels pour un bloc creux 20x20x50

0,28 à 0,10 F.

#### MAIN D'OEUVRE

– Equipe de trois personnes :

- Etuvage : 1p 8 h/j
  - Palettisation + presse : 1p 8 h/j
  - Parc : 1 p 8 h/j
- \_\_\_\_\_ = 3 x 8 h/j = 24 h/j

(ou encore : 1/2 au parc + 1/2 outilleur)

– Productivité à 144 T/j :

- à la tonne 0,17 h/T
- pour un bloc 20x20x50 0,004 à 0,003 h/bloc

– Prix de la main-d'œuvre  
(charges comprises) 50 F./h

- \* Prix de la main-d'œuvre un bloc de 20x20x50 .....

0,20 à 0,15 F.

## LA MEILLEURE PRODUCTIVITE

### ● LES RATIOS

Le deuxième atout du parpaing est la productivité de mise en œuvre qu'il permet d'atteindre. On peut distinguer sommairement trois types de ratios.

Les ratios moyens, de l'ordre de 0,90 h/m<sup>2</sup> à 1,20 h/m<sup>2</sup> ; les bons ratios, de 0,50 h/m<sup>2</sup> à 0,90 h/m<sup>2</sup> ; les ratios exceptionnels : moins de 0,50 h/m<sup>2</sup> (0,25 h/m<sup>2</sup>, sur un chantier, est le maximum que nous ayons rencontré et 0,30 h/m<sup>2</sup> à 0,40 h/m<sup>2</sup> sur d'autres chantiers ont été constatés).

Cette classification demande deux remarques préalables à leur interprétation. Tout d'abord, les valeurs données ici sont approximatives, il s'agit par là de fixer des ordres de grandeur : la frontière entre chaque type de ratios n'est pas à interpréter comme un saut décisif de productivité. Ensuite, ce qui est comptabilisé dans la productivité (manutention, etc) variant selon les chantiers, ces trois types de ratios sont à utiliser en tant que données économiques permettant d'évaluer la part du coût de la main d'œuvre de mise en œuvre et ses conditions, mais ne reflètent pas directement le niveau de qualification du maçon.

La catégorie des ratios moyens pour le parpaing n'est atteinte avec les autres matériaux que dans les cas les plus favorables. Cette différence potentielle en faveur du parpaing est due à ses caractéristiques physiques.

### ● L'EXPLICATION : LES «QUALITÉS» DU MATÉRIAU ... ET SON REVERS

Le parpaing présente indéniablement des avantages à la mise en œuvre qui le prédisposent à permettre des productivités moyennes ou bonnes. C'est un matériau rustique qui ne «craint rien», ou presque. Il est à la limite de la manuportabilité (20 kg environ) et le nombre par m<sup>2</sup> est réduit (10/m<sup>2</sup> environ).

Son faible prix unitaire ne pénalise pas les chutes dues à la coupe ou à la casse, l'exécution des joints verticaux est facile (ses lèvres - ou oreilles - servent de coffrage du joint) : le parpaing demande peu de précaution et d'attention.

La gamme des éléments nécessaires est limitée : bloc courant, bloc de coupe + tableau (avec amorce de rupture et un côté sans lèvre pour donner une surface plane du tableau) bloc d'angle (avec réservation pour le potelet de chaînage vertical et un côté sans lèvre pour donner une surface plane à l'angle), planelle de plancher, U de linteau et de chaînage de couronnement.

L'interchangeabilité de ces éléments en partie courante (sauf les planelles et le U de chaînage) évite les pertes de temps même si elle n'est pas forcément conseillée : comme l'utilisation de blocs d'angle à la place d'un bloc courant par exemple. Et surtout, il a une souplesse d'adaptation dimensionnelle qui lui permet de pallier l'absence de calepinage quasi-généralisée chez les concepteurs. Les blocs se taillent assez facilement à dimension - même si la qualité de coupe est déplorable. Le plus souvent, si elle est bien faite, les chutes de la coupe sont réemployables.

Mais ces aspects ne doivent pas justifier l'absence d'intérêt du calepinage car la coupe pose en réalité de graves problèmes qualitatifs : les parpaings sont assez friables et les coupes autres qu'un demi-parpaing dans les parpaings de coupe (avec amorce de rupture au milieu) ne sont pas rectilignes. De plus, le bloc casse souvent ailleurs qu'à l'endroit désiré. Les irrégularités et l'imprécision sont compensées par des joints trop larges ou des recharges de mortier avant l'enduit.

Ces «qualités» du matériau conduisent en réalité à de nombreuses malfaçons, ce qui demande de faire cette mise en garde : le parpaing présente aussi des «qualités» pour ceux qui effectuent une mise en œuvre bâclée et pour les concepteurs qui justifient par là leur absence de préoccupation dimensionnelle et qualitative. Ces «qualités» du matériau, qui conduisent à ces «contre-performances» banalisées et acceptées, sont le revers des avantages du parpaing.

Dans la plupart des cas, ces contre-performances sont favorisées par les erreurs ou absences de conception. Les plus répandues sont les problèmes d'humidité et de fissure, ou décollement d'enduit qui s'accroissent généralement avec le vieillissement du bâtiment.

Par ailleurs, ces «qualités» du matériau ne sont intéressantes que pour se situer dans des productivités moyennes. Mais elles ne sont pas suffisantes pour atteindre les bonnes productivités et encore moins les productivités exceptionnelles. A ce niveau, les intérêts du matériau sont très relatifs et c'est le rapport conception/organisation du travail qui est décisif : sur ces chantiers, il n'y a pratiquement aucune adaptation dimensionnelle, les parpaings sont toujours posés entiers.

#### ● COUT MAIN D'OEUVRE ET PRODUCTIVITE

Les informations que nous avons obtenues sur chantiers ont permis d'établir deux graphiques qui montrent les répercussions de la productivité sur la formation des prix.

Pour respecter la variété des cas, nous avons tenu compte des différents prix horaires de la main d'œuvre rencontrés sur les chantiers et des productivités qui leur correspondent le plus souvent ; le prix de 170 F/h avec une productivité de 0,25 h/m<sup>2</sup> (réalisée certains jours sur un des chantiers observés) sont exceptionnels et donnent la mesure des possibilités extrêmes qui peuvent être atteintes.

Ces graphiques permettent d'observer les différents paramètres de la formation des prix : le déboursé sec (coût main d'œuvre + coût matériau), frais et marge.

Ils montrent notamment le rapport entre : productivité - prix de la main d'œuvre - frais et marge.

Ils mettent en évidence à quel point la productivité est l'élément clé pour la formation du prix comme pour les possibilités d'évolution économiques, technologiques et socio-professionnelles des métiers de la maçonnerie de blocs.

Un premier niveau d'observation est l'influence des variations du coût main-d'œuvre sur le prix des maçonneries, c'est-à-dire le couple : prix horaire de la main-d'œuvre/productivité. Nous avons pour cela établi un abaque de décomposition du déboursé sec en fonction de la productivité et du prix de la main d'œuvre qui permet de lire la valeur de ces variations et de les comparer entre elles.

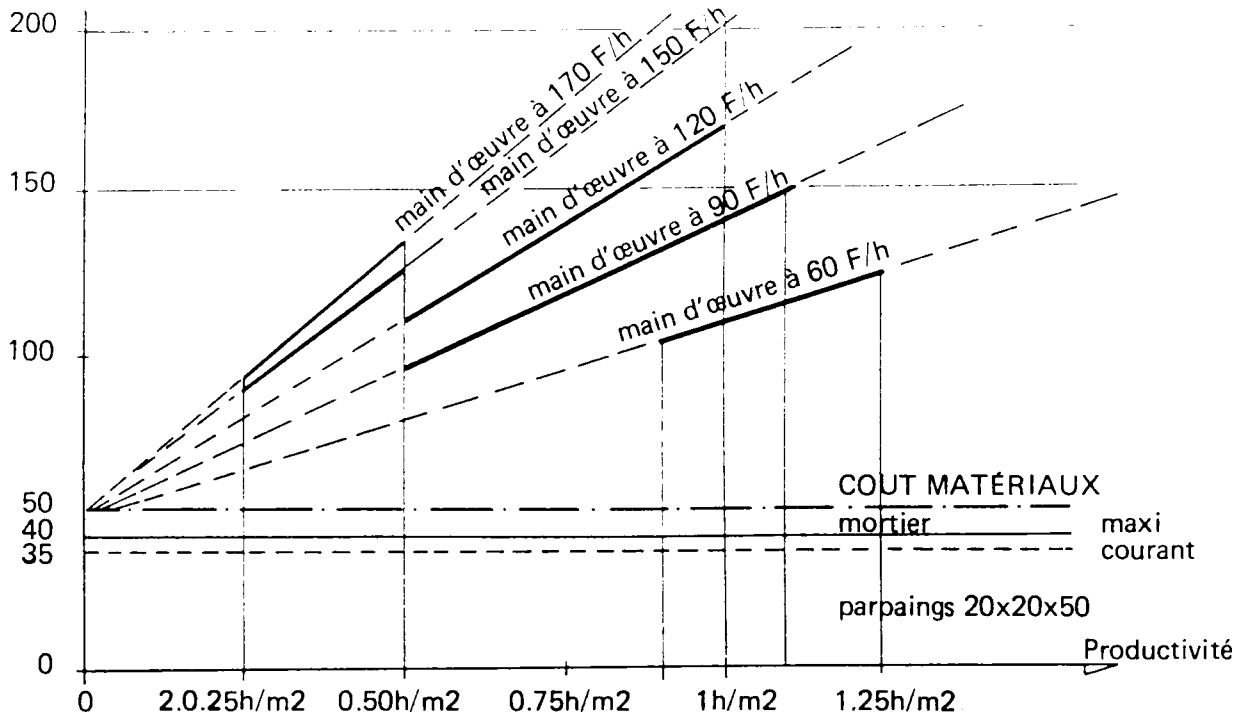
— Cet abaque permet de répondre à plusieurs questions comme :

- Le rapport entre main-d'œuvre et productivité et l'incidence réelle de la productivité sur le prix,
- L'importance d'une conception des bâtiments favorisant la productivité et la pénalisation économique des ouvrages complexes (façades notamment),
- Le problème du coût de la main-d'œuvre : les prix possibles, les sauts dans les gains économiques, leurs exigences et leurs contraintes,
- La compétitivité réelle ou potentielle des entreprises selon leur main-d'œuvre.

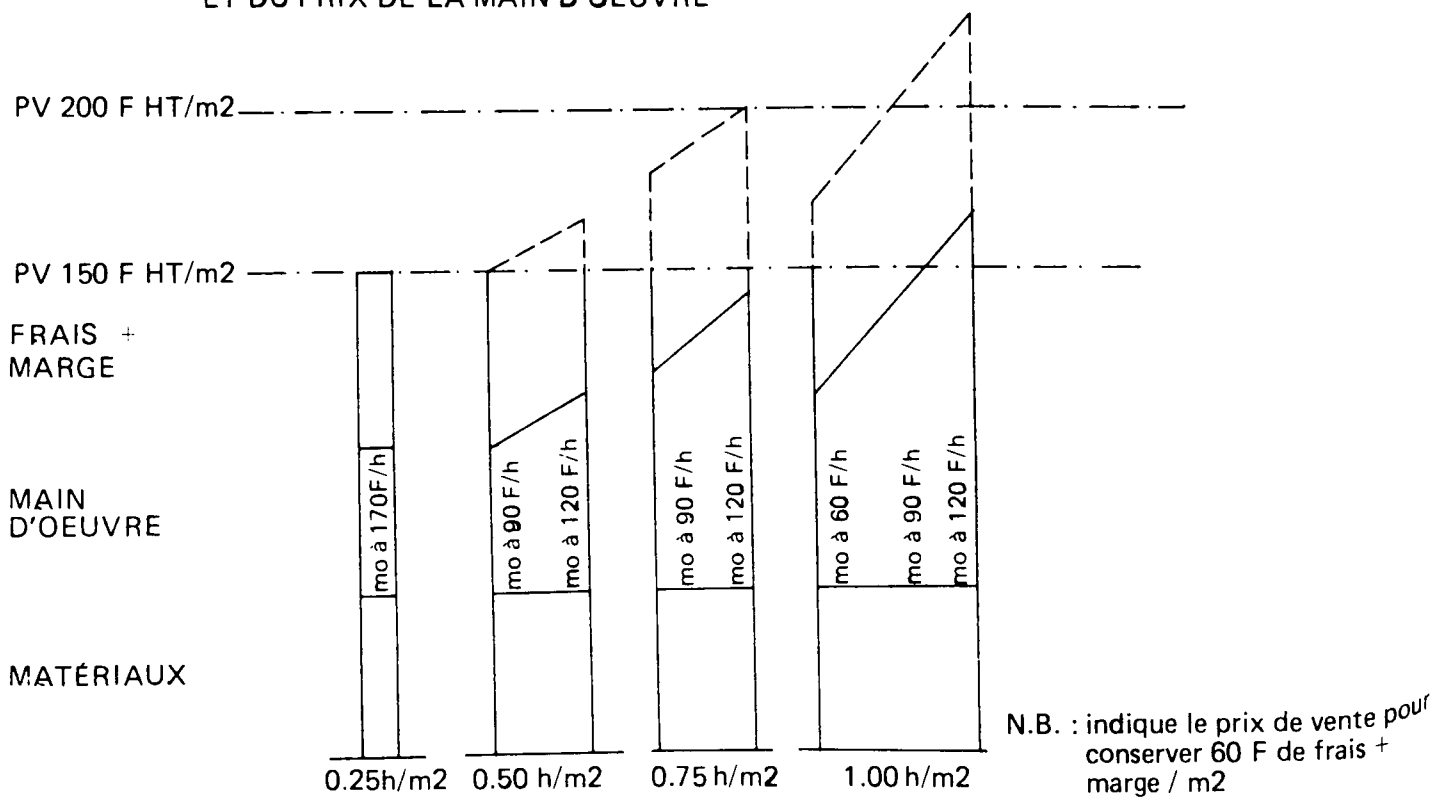
Mais ces problèmes de la main-d'œuvre et du prix des maçonneries sont à poser aussi avec celui des frais et marge de l'entreprise.

C'est le deuxième niveau d'observation, c'est-à-dire le couple : coût main-d'œuvre (prix et productivité)/frais et marge.

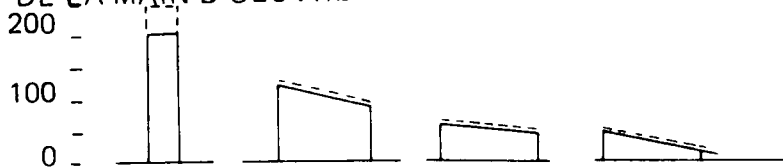
Ce niveau présente un double aspect : la valeur de ces paramètres dans le prix au m<sup>2</sup>, qui conditionne la compétitivité économique de ces maçonneries ; la valeur des frais et marge dégagés par heure de travail qui reflète plus précisément les problèmes de gestion et la rentabilité de l'entreprise.



- 1 - ABAQUE DE DÉCOMPOSITION DU DÉBOURSÉ SEC EN FONCTION DE LA PRODUCTIVITÉ ET DU PRIX DE LA MAIN D'OEUVRE



- 2 - 1 - DÉCOMPOSITION DES PRIX DE VENTE AU M2 EN FONCTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE LA MAIN D'OEUVRE



- 2 - 2 - FRAIS + MARGES / H DE TRAVAIL DÉGAGÉS POUR UN PRIX DE 150 FRHS HT / M2

La décomposition des prix de vente au m<sup>2</sup> donnée dans le second graphique a été établie en prenant différents ratios de productivité et des prix de la main-d'œuvre qui lui correspondent habituellement.

Elle montre que la productivité agit directement sur le prix de revient et que plus elle est mauvaise plus le prix de vente doit être élevé pour assurer une part frais + marge équivalente.

Or le prix de vente ne peut pas s'accroître trop sous peine de ne plus être compétitif. En conséquence d'une part, c'est la part frais + marge/m<sup>2</sup> qui se trouve réduite, et dans certains cas les frais de chantier ne sont pas couverts, d'autre part les possibilités de mieux payer une main-d'œuvre qualifiée en sont réduites également. La conception des ouvrages, qui est souvent la cause des productivités médiocres, contribue fortement à perpétuer la situation actuelle et ne crée pas les conditions favorables à une évolution économique, technologique et socio-professionnelle des métiers de la maçonnerie. Le développement d'une main-d'œuvre plus qualifiée et mieux motivée financièrement et l'accroissement des capacités d'évolution et d'investissement des entreprises, notamment de l'artisanat, et des petites entreprises se trouvent freinés.

Le second aspect, les frais + marge dégagés par heure de travail complète ce constat sur la productivité et sur la rentabilité et l'évolution potentielles qui reposent sur elle.

Nous avons calculé pour les différents cas la valeur des frais + marge dégagée par heure de travail.

L'influence de la productivité sur la marge de l'entreprise et éventuellement sur les frais supplémentaires qu'elle peut engager (matériel, main d'œuvre non directement productive, etc) apparaît clairement : plus la main d'œuvre est productive plus elle est chère certes, mais plus elle accroît aussi la part frais + marge qui est dégagée par heure de travail, donc une meilleure rentabilité et de plus grandes possibilités de développement pour l'entreprise.

La productivité et le prix horaire de la main d'œuvre sont les deux points essentiels pour l'entreprise. Plus la productivité baisse, plus la part frais et marge se réduit. Le prix horaire de la main-d'œuvre et la négociation des prix sont alors les seuls moyens (limités) d'obtenir une rentabilité minimale. Par contre, plus la productivité est bonne, plus les gains réels s'accroissent comme le montre la part frais + marge/h calculée pour les différents cas et un prix de 150 Frs : A priori les frais sont plutôt constants et c'est la marge qui s'accroît.

A titre indicatif nous avons calculé la part frais + marge/h de travail dégagée pour un prix de 200 Frs pour les cas ci-contre :

0,25 h/m <sup>2</sup> à 170 Frs/	0,50 h/m <sup>2</sup>		0,75 h/m <sup>2</sup>		1 h/m <sup>2</sup>		
	à 90 Frs/h	à 120 Frs/h	à 90 Frs/h	à 120 Frs/h	à 60 Frs/h	à 90 Frs/h	à 120 Frs/h
430 à	210 à	180 à	110 à	80 à	90 à	60 à	0 à
450 Frs/h	220 Frs/h	190 Frs/h	120 Frs/h	85 Frs/h	95 Frs/h	65 Frs/h	30 Frs/h

Ce tableau montre que si l'entreprise dispose d'une main d'œuvre productive (0,50h/m<sup>2</sup> par exemple) elle a de fortes possibilités d'améliorer sa part frais + marge/h dès que le prix s'élève au-dessus du prix plancher de 150 Frs (et si la conception respecte les conditions pour une bonne productivité). Par contre, même si les prix de vente de la maçonnerie sont élevés, une productivité médiocre (1h/m<sup>2</sup>), voire même moyenne, ne permet pas de dégager une part frais + marge/h réellement intéressante puisqu'elle reste largement en-dessous de celle obtenue pour une bonne productivité et un prix de 150 Frs/m<sup>2</sup>.

La conception des ouvrages en maçonnerie, rarement favorable à la productivité est un blocage pour atteindre ces marges potentielles nettement plus élevées que celles couramment obtenues par les entreprises sur leurs chantiers, et qui sont une condition essentielle pour un plus grand dynamisme de ces professions.

## L'INFLUENCE DE LA CONCEPTION

Deux facteurs ont une incidence directe sur ces ratios. Le premier est la taille de l'opération : sur les grands chantiers, la présence de matériel plus performant (levage, fabrication du mortier ...) et d'une organisation du travail plus serrée, en général par équipe (équipe/fondations, équipe/sous-sol, équipe/plancher, équipe/rez-de-chaussée, etc) sont des conditions plus favorables pour atteindre une bonne productivité que celles offertes par les chantiers en diffus dans la mesure où elles limitent les temps morts et augmentent la répétitivité du travail.

Le second facteur lui est indispensable, quelle que soit la taille de l'opération : une conception favorable.

- Les productivités moyennes correspondent en effet avant tout aux constructions conçues sans prendre en compte les règles les plus élémentaires (pas de dimensionnement adapté, pas de calepinage, complexité des ouvrages, etc).
- Les bonnes productivités sont atteintes facilement dès que ces règles sont respectées.
- Les productivités exceptionnelles, elles, demandent trois conditions : une conception favorable à une organisation du travail optimale, une main-d'œuvre adéquate (qualification/motivation) et une bonne organisation de chantier.

Les chantiers en groupé réunissent plus facilement de telles conditions.

Même si l'incidence économique directe sur le prix du logement est parfois relative, une conception favorable reste essentielle, tant pour dynamiser le contexte des chantiers et des entreprises que pour maîtriser la qualité, fréquemment médiocre, des constructions.

Le constat que nous sommes amenés à faire sur les chantiers enquêtés est édifiant à ce sujet et montre les gisements de productivité et de qualités qui existent. Ce n'est qu'une fois dépassé ce stade assez médiocre que des gains pourront progressivement être dégagés et, surtout, que le contexte pour une évolution socio-professionnelle porteuse existera de façon durable.

### ● FAVORISER LA QUALITÉ D'EXÉCUTION

La mauvaise qualité d'exécution des maçonneries fréquemment rencontrée sur les chantiers s'explique par l'absence de préoccupation dimensionnelle à la conception (calepinage, détail d'exécution), car la main-d'œuvre ne peut pallier ces carences de conception, même lorsqu'elle est très qualifiée en même temps .., sa productivité baisse. La main-d'œuvre qualifiée trouve par contre sa pleine expression quand elle dispose de documents adéquats pour préparer et encadrer son travail. Les plans de détails font à ce sujet cruellement défaut sur les chantiers. Pourtant c'est à ce niveau que se trouvent la plus grande partie des problèmes de mise en œuvre : calepinage, seuil, appuis, tableaux, linteaux, angles, etc ; de même en ce qui concerne les détails architecturaux. A ce niveau, la maîtrise d'œuvre ne joue souvent pas son rôle, au sens propre du terme qui la qualifie. Cette mauvaise qualité d'exécution est source de pathologie, notamment d'infiltrations et de fissures d'enduit. Ces pathologies très fréquentes peuvent facilement être évitées si les concepteurs observent les quelques règles élémentaires de conception citées précédemment. Pour cacher ces défauts de mise en œuvre, on les dissimule rapidement sous une première couche d'enduit, ce qui n'arrange souvent pas les choses si la maçonnerie est trop fraîche (tassements après mise en charge, etc des murs, accrochage moyen sur des blocs trop frais, ...) ou si le temps n'est pas compatible : sur plusieurs chantiers observés les enduits ont été faits par une température comprise entre - 5 et - 10° le jour !

## • CRÉER LES CONDITIONS DE CHANTIER FAVORABLES

Un autre aspect caractéristique des chantiers de maçonnerie est l'organisation particulière du travail. Elle est marquée par de nombreux « temps morts » (déchargements, manutention, échafaudages) ou peu productifs (ouvrages complexes, coffrages improvisés, etc). Elle est aggravée encore par l'absence de simplification du travail.

Une série d'enquêtes que nous avons effectuée sur des chantiers de la région parisienne en 1986 montre que la productivité du travail peut varier de 1 à 2 selon la conception et bien sûr aussi la qualification et la motivation de la main-d'œuvre. Une conception facilitant le chantier favorise la maîtrise économique et qualitative du gros-œuvre.

Le choix de l'artisan ou de l'entreprise est également fondamental et doit être adapté à la taille du chantier et à sa « complexité ».

Enfin le choix des matériaux et leur quantification (blocs spéciaux, etc ...) sont indispensables ainsi que la vérification de leur conformité (label NF) sur le chantier.

### o L'approvisionnement des postes de travail

Les matériaux de construction sont stockés sur le chantier. Les conditions élémentaires de stockage ne sont pas toujours respectées (absence de nivellement préalable de l'aire de stockage, matériaux entreposés en vrac et exposés aux chocs, etc), ce qui augmente d'autant les pertes de matériaux et de temps - et peut poser des problèmes de sécurité (renversement des palettes, etc).

Le mortier est généralement fabriqué sur place en fonction des besoins.

Sur les petits chantiers les matériaux sont transportés à la brouette jusqu'aux postes de travail et montés à la main sur les échafaudages. L'accès facile au chantier et une bonne organisation des livraisons en fonction de l'avancement du travail réduit fortement les manutentions, notamment dans les constructions à étage en faisant la livraison directement sur le plancher avant de monter les murs.

Sur les chantiers plus importants des chariots élévateurs simplifient l'approvisionnement des postes de travail et permettent un meilleur rendement.

Dans certains cas, l'organisation de l'approvisionnement est gênée par la construction des murs et demande de différer la construction d'un mur, ou d'une partie. Ceci se pose notamment pour les constructions avec difficultés d'accès (entre mitoyens, relief, etc). Ces aspects de l'approvisionnement du chantier ne doivent pas être oubliés par la conception.

### o Le matériel de sécurité

Les conditions de travail et la sécurité sont des problèmes réels sur bon nombre de chantiers.

Les échafaudages sont fréquemment improvisés et instables, surtout lorsque la disposition des ouvrages et leur dimensionnement ne permettent guère d'utiliser le matériel ordinaire avec simplicité.

Il existe des matériels légers, facilement démontables et qui améliorent la sécurité. Mais ils ne sont donc pas toujours utilisables sur le chantier. Par ailleurs, ce matériel n'est pas renouvelé suffisamment dans bon nombre d'entreprises et perd ainsi de son intérêt et de son efficacité (matériel « hors d'usage »).

Parmi les ouvrages qui ne favorisent pas ou ne permettent pas d'utiliser correctement le matériel il faut citer les petits murs (temps de montage - démontage de l'échafaudage disproportionné à l'ouvrage), les redans étroits (les porches par exemple), les petits travaux de béton armé (poteaux, poutres, etc), les ouvrages dont l'exécution est mal phasée avec les autres travaux (linteaux, chaînage, frontons, etc) et qui sont réalisés pendant des temps de battement (et non au fur et à mesure de l'avancement



par exemple) et pour lesquels le matériel n'est pas «disponible» au poste de travail. Une conception peu favorable à l'emploi optimal du matériel a des répercussions au niveau de la qualité (mauvaises conditions de travail), des délais (pertes de temps) voire du prix et sur la sécurité sur le chantier. Or, ces conséquences sur la sécurité peuvent être graves.

En effet, les échafaudages improvisés sont : des tréteaux d'échafaudages, ou carrément les bastaings de la «plateforme» de travail, en porte-à-faux dans le vide, calés ou réhaussés par des palettes, des parpaings et, parfois, des chutes cassées ! etc ... et bien sûr sans garde-corps. Souvent les échafaudages sont également surchargés et les charges mal réparties. On peut énumérer une longue liste des improvisations graves pour la sécurité constatées sur les chantiers enquêtés qui renforce l'intérêt d'une conception simplifiant le chantier et propice à une bonne organisation : les mesures de protection et de salubrité concernant la réalisation des bâtiments telles qu'elles sont définies dans le décret n° 65-48 du 8/1/65 ne sont pratiquement jamais respectées sur les chantiers de maçonnerie.

Pourtant, ces mesures semblent suffisamment claires et simples pour être respectées sur les chantiers de maçonnerie :

- Le chantier doit être bien tenu et convenablement éclairé. Les matériaux ne doivent être ni empilés, ni transportés, ni disposés d'une manière pouvant mettre les personnes en danger. Il est interdit de laisser à l'abandon des planches munies de pointes saillantes.
- Les lieux de travail ou de circulation et notamment les échafaudages doivent être constamment débarrassés de tous gravats et décombres. Des moyens d'accès sûrs aux emplacements de travail doivent être aménagés.
- Les échelles ne doivent pas être utilisées pour le transport de fardeaux de plus de 50 kilogrammes. Il est interdit de réparer les échelles au moyen d'éclipses ou de ligatures.
- Des échafaudages ou des plateformes de travail convenables, constitués par des matériaux de bonne qualité, doivent être prévus quand le travail ne peut être exécuté sans danger par une échelle ou un autre moyen.
- Ils doivent reposer sur des points d'appui résistants. Il est interdit de les surélever ou de les compléter par des moyens de fortune, de les superposer et de les disposer sur le plancher d'un autre échafaudage ou d'une autre plateforme.
- Les planchers des échafaudages doivent être stables, jointifs, et ne pas pouvoir basculer en (raison d'un porte-à-faux, par exemple) ni avoir une pente supérieure à 15 %. La largeur doit être suffisante pour assurer la sécurité du travail. Ils ne doivent pas être surchargés et les charges doivent être réparties aussi uniformément que possible.
- Le bord du plancher de l'échafaudage ne doit pas être éloigné de plus de 20 cm de la construction.
- Toutes les précautions doivent être prises pour empêcher les chutes des personnes et les chutes d'objets sur les personnes. Les mesures de protections imposent notamment pour les planchers des échafaudages ou des plateformes de travail, etc, quelle que soit la hauteur où ils sont situés, l'installation de garde-corps constitués de deux lisses, l'une à 0,45 mètre de haut, l'autre à 1,00 mètre de haut et de plinthes de 15 cm de haut minimum, solidement fixés.
- Pour les autres endroits où le personnel travaille ou circule à une hauteur de plus de 3 mètres en étant exposé à des risques de chute dans le vide, (plancher d'étage par exemple), des garde-corps de 0,90 mètre de haut et des plinthes de 15 cm de haut doivent être installées, à moins qu'il soit mis en place ou bien des auvents, éventails, planchers, etc capables d'arrêter une personne avant qu'elle ne soit tombée de plus de 3 mètres, ou bien des filets ou autres dispositifs ayant une élas-

ticité suffisante capables d'arrêter une personne avant qu'elle ne soit tombée de plus de 6 mètres en chute libre.

- Les ouvertures sur le vide doivent être équipées de garde-corps de 0,90 mètre de haut et de plinthes de 15 cm de haut.
- De même, les trémies, les galeries inclinées de plus de 45°, etc qui existent dans le plancher de la construction, des échafaudages, etc doivent être clôturées par un garde-corps de 0,90 mètre de haut et une plinthe de 15 cm de haut, ou être obturées par un plancher jointif solide (planches, etc).

Pourquoi ces mesures de sécurité, apparemment claires et simples, ne sont-elles pas appliquées sur beaucoup de chantier de maçonnerie et notamment les petits chantiers ?

Une partie du problème est posée au niveau des entreprises elles-mêmes (équipement, étude et organisation de chantier, ...) de la main-d'œuvre (qualification, habitudes, ...) souvent mal sensibilisées aux questions de sécurité et de prévention.

Mais la conception des bâtiments reste un handicap à l'amélioration des conditions de chantier et contribue largement à cette situation par ses répercussions sur l'organisation de chantier, les possibilités d'emploi du matériel de sécurité, etc.

Les garde-corps, par exemple, ne sont généralement pas mis en place dans le but de simplifier le va et vient, l'approvisionnement, le montage et le démontage du matériel, trop fréquents avec les petits ouvrages ou les ouvrages complexes comme ceux que nous avons énumérés précédemment.

Si le nombre réduit d'ouvriers facilite la communication entre eux pour localiser les points dangereux et assurer la coordination du travail, l'inattention, l'erreur sont toujours possibles. La multiplication de ces types d'ouvrage par la conception accroît les risques pour les ouvriers et en plus, fini par les accoutumer à prendre des risques inutiles (acrobaties, insouciance) ce qui incite au relâchement de l'attention et les conduit à prendre de mauvaises habitudes de travail. Elle ne crée alors pas des conditions d'organisation et de sécurité favorables à un bon chantier permettant d'exploiter la simplicité des principes de mise en œuvre pour arriver à un bon résultat qualitatif et économique.

#### ● EXPLOITER LA SIMPLICITÉ DES PRINCIPES DE MISE EN ŒUVRE

On peut rapidement énumérer les principes de la mise en œuvre. Ceux-ci sont d'une grande simplicité :

- Le soubassement est monté sur les semelles filantes de fondations en partant des angles,
- L'implantation des murs est matérialisée au trait bleu,
- L'horizontalité et l'alignement rectiligne de l'assise supérieure de la rangée sont donnés par un cordeau tendu aux extrémités,
- Les blocs sont posés sur un lit de mortier,
- Les joints sont croisés à chaque assise,
- Les angles sont renforcés par des chaînages en béton armé coulés dans des blocs spéciaux,
- Des réservations sont ménagées dans la maçonnerie pour le passage des réseaux et la ventilation des vides sanitaires,
- Des blocs spéciaux équipés de grilles permettent la réalisation propre et rapide des bouches de ventilation en façade.

Une fois la dalle du plancher coulée les murs sont montés de la même manière :

- Les blocs sont montés au cordeau avec soin,
- La verticalité est régulièrement vérifiée au fil à plomb,
- Les joints verticaux sont réalisés par bourrage de mortier,
- Les échafaudages sont montés et déplacés au fur et à mesure de l'élévation des murs ; le platelage est fait le plus souvent avec de solides bastaings.

- Le couronnement du mur est constitué par un chaînage coulé dans des blocs en U permettant une mise en œuvre simple et de conserver la continuité homogène du support d'enduit.
- Des taquets bois reliés aux armatures sont noyés dans le béton armé. Ils serviront à fixer la sablière.

La mise en œuvre fait appel à des gestes simples et demande peu de réflexion et de précaution. Le parpaing est le plus facile à mettre en œuvre des matériaux de construction (le joint vertical avec la brique creuse, l'autre matériau «simple», étant plus délicat). Les blocs sont montés avec un outillage traditionnel («ficelle», truelle, niveau, fil à plomb, marteau de maçon, etc). Le maçon pose un bloc à chaque extrémité du mur, ou de la partie de mur à exécuter. Il règle le niveau supérieur de l'assise à exécuter à la bonne cote de hauteur, puis il ajuste les aplombs et l'horizontabilité des blocs. Ensuite, il tend le cordeau entre les deux blocs afin de matérialiser le nu extérieur du mur. Il étale le lit de mortier à la truelle en quantité suffisante pour que l'épaisseur du joint fini fasse 1 cm environ.

Il pose ensuite les blocs l'un après l'autre entre les deux blocs de référence. Éventuellement il ajuste un bloc à la longueur nécessaire.

Chaque bloc est posé puis mis en place au marteau de maçon (ou «têtu») en tapant sur les parois longitudinales du bloc avec peu de force pour ne pas le faire éclater. L'excédent de mortier reflue dans les alvéoles du bloc et sur les côtés (balèvres de mortier). Le bloc réglé, les balèvres sont enlevées à la truelle et le maçon pose le bloc suivant. Les lèvres (ou oreilles) des parpaings sont posées touche à touche et servent de coffrage au joint vertical. Le joint vertical est rempli de mortier avec la truelle. Le remplissage doit être fait avant d'étaler le mortier du joint horizontal de l'assise suivante afin que les tassements éventuels du joint vertical soient regarnis.

Il ne faut pas monter une hauteur de mur importante en une seule fois pour éviter une charge excessive sur le mortier frais : le joint est alors trop comprimé et s'amincit, il y a des déformations du mur.

Cette simplicité de mise en œuvre explique la bonne productivité qui peut être atteinte avec le parpaing dans la mesure où la conception n'en perturbe pas la réalisation. Cette simplicité doit être exploitée par les concepteurs pour développer leur expression architecturale en maîtrisant les prix de leur projet.

## ● LES PRINCIPAUX DÉFAUTS DE MISE EN ŒUVRE

Les défauts fréquents de mise en œuvre sont :

- Des hétérogénéités de support d'enduit,
- L'utilisation de matériaux non conformes aux normes en vigueur,
- Les mises en œuvre improvisées ou non conformes aux prescriptions de mise en œuvre (blocs posés à l'envers, etc),
- L'absence d'armatures verticales dans les angles (oublis),
- La mise en œuvre de matériaux éventrés ou présentant des fissures qui s'aggraveront avec la mise en charge du mur, le séchage des matériaux ou la pression des serre-joints (le bloc se casse),
- Les percements pour implanter des serre-joints ailleurs que dans les plans de joints.

L'importance de la conception est accrue au niveau des points singuliers.

### o Les rives de plancher

L'homogénéité des supports d'enduits est impérative en façade.

- Les rives de plancher intermédiaire doivent être réalisées avec des planelles en béton servant de coffrage des abouts de dalle. La continuité du support d'enduit est ainsi préservée.

- Pourtant fréquents, les coffrages bois sont à proscrire : après décoffrage le chaînage en béton armé reste apparent et les nombreux percements dans les murs nécessaires au coffrage vont créer tous les deux des fissurations d'enduit.
- L'utilisation de planelles en brique est interdite car préjudiciable à une bonne tenue des enduits dans le temps ; et pourtant, cette solution reste courante !

#### o Les problèmes de calepinage vertical

Les problèmes de calepinage vertical sont fréquents.

Ils ne permettent pas toujours une mise en œuvre conforme à la réglementation et débouchent sur des ouvrages de mauvaise qualité, source de pathologie future.

Ils sont dus avant tout à des négligences à la conception et au manque de détails d'exécution qui ouvrent la porte à des improvisations sur chantier par une main d'œuvre pas toujours suffisamment qualifiée.

Un calepinage des hauteurs partant du nu brut du départ du mur (dalle de plancher, arase de soubassement, etc) simplifie fortement la mise en œuvre et garantit une bonne exécution.

#### – Les niveaux

Les niveaux doivent être implantés en fonction du calepinage de la maçonnerie et des dimensions des planchers. Les seuils sont des points critiques et doivent faire l'objet de détails précis. Ils sont généralement exécutés dans un deuxième temps avec les finitions de gros-œuvre.

Les niveaux de dalle sont souvent mal implantés (même avec le dallage sur terre-plein !) et ils sont suivis d'une exécution bâclée.

#### – Départ du mur sur dalle

La mise en œuvre la plus simple est de monter directement le mur sur la dalle coulée. Le maçon peut rattraper quelques cm sur une hauteur d'étage en jouant sur l'épaisseur des joints. Celle-ci doit cependant rester proche de l'épaisseur normale (1 cm environ). Le calepinage des hauteurs doit donc être calculé à partir du niveau brut de la dalle.

Des cotations non adaptées imposent des rattrapages plus ou moins simples et pas toujours conformes à la réglementation. Par exemple, il est nécessaire de réaliser un léger décaissé de la dalle à l'emplacement de la façade ce qui complexifie le coulage. La première assise maçonnée rattrape alors les niveaux en façade. Mais le raccord au refend ne peut être réalisé correctement ce qui se traduit souvent par la pose d'une rangée de parpaings sur chants ce qui est formellement interdit ! (mauvaise reprise des charges en pied de mur).

Une solution plus élégante consiste à couler une talonnette en pied de mur. Mais cette solution pose des problèmes pour réaliser la continuité du support d'enduit en façade et complexifie la mise en œuvre.

Une autre solution utilisée est de réaliser également un décaissé à l'emplacement des murs intérieurs, ce qui n'est généralement pas possible à cause du ferrailage du plancher et complexifie encore plus la réalisation de la dalle. Tous ces aspects compliquent trop la mise en œuvre et doivent être évités.

#### – Rattrapage des hauteurs en tête de mur

Les cotes de gros-œuvre sont souvent rattrapées en tête de mur en coulant une arase en béton armé.

La continuité du support d'enduit en façade est alors impossible. De plus elle tend à créer des sections de béton armé importantes propres à créer des dilatations trop fortes par rapport à la maçonnerie, même si le chaînage du plancher est coffré avec des planelles en béton.

#### — Cas de la marche intérieure

Les marches intérieures mal conçues (par exemple 15 cm) posent les deux problèmes à la fois en façade :

- arase béton de 15 cm,
- rattrapage des hauteurs par une rangée de parpaings posés sur chants !

(sans commentaire !)

#### — Les linteaux

Le calepinage des hauteurs sous linteaux est indispensable pour éviter les mauvaises mises en œuvre :

- décalage des niveaux d'assise au passage du linteau (hauteur trop grande),
- ou coulage d'un linteau en béton armé coffré en place (hauteur trop petite), les risques de fissures dues à des sections massives de béton armé reliées au chaînage et les problèmes de discontinuité du support d'enduit ne peuvent être évités.

#### o Les problèmes de calepinage horizontal

Les problèmes de calepinage horizontal, pourtant tout aussi simples à résoudre, sont également fréquents.

En partie courante lorsqu'il n'est plus possible de jouer sur la largeur des joints sans arriver à des dimensions trop grandes, les blocs sont plus ou moins bien ajustés à la dimension. Les blocs se «taille» mal, sauf les 1/2 blocs dans les blocs de coupe.

Les problèmes de croisement des joints sont également délicats et souvent deux joints verticaux superposés sont dans le même aplomb ou trop peu espacés, ce qui est interdit.

#### — Les angles

##### . L'angle biais

Dès que l'angle s'écarte trop de 90° les blocs ne peuvent plus être correctement harpés. Le biais est alors réalisé en béton armé. Souvent il reste apparent en façade.

Les angles biais ne sont donc pas favorables à la productivité et à la qualité.

##### . L'angle droit sortant

L'angle doit être réalisé avec des blocs spéciaux montés à directions croisées. Il est renforcé par un poteau d'angle en béton armé relié aux chaînages périphériques et coulé dans les blocs spéciaux.

Le retour minimal du mur est d'un bloc et demi pour obtenir un tableau net sans lèvre. Les retours plus petits imposent un dressage ultérieur du tableau et ne peuvent généralement pas être considérés comme porteurs.

Les cotes mal calepinées demandent d'exécuter des joints trop larges.

On remarque sur les chantiers que l'utilisation de blocs à bout droit (sans lèvre) n'est pas toujours respectée (oublis, nombre insuffisant, ...).

## APPROVISIONNEMENT — SÉCURITÉ



Mauvais stockage des matériaux au sol



Approvisionnement avec une brouette



Approvisionnement au chariot-élévateur



Stockage direct sur la dalle



Échafaudage improvisé et dangereux



Échafaudage neuf et stable

## LES GESTES DE LA MISE EN OEUVRE



Pose du bloc, mise à niveau au maillet



Enlèvement des balèvres de mortier



Réalisation du joint vertical au mortier

## LES OUVERTURES



Mise à l'aplomb du 1/2 bloc tableau



Coulage du linteau dans les blocs en U



Ouvertures avec précadres métalliques



Ouverture avec prélinteau



Ouvrage critique : encadrement en béton



Appui de fenêtre en brique

## LE CALEPINAGE DES MURS



Exemple de gros oeuvre bien calepiné



Mauvais calepinage vertical des murs  
- blocs du premier rang posés à plat -



Ouvrage critique: arase en béton coffré



Mauvais calepinage des ouvertures



Ouvrage critique: porche - mal calepiné



Ouvrage critique: angle biais - en béton

## LES CHAINAGES HORIZONTAUX



Planelles en béton en rive de plancher



Blocs en U en couronnement



Résultat d'une maçonnerie hétérogène



Cordeau en gabarit de pente

## LES POINTES DE PIGNON



Réalisation des pointes de pignon



Bon calepinage du pignon



Mauvais calepinage du mur de pignon



Lucarne mal conçue



Réservations des pannes mal exécutées

. L'angle rentrant

L'angle rentrant pose les mêmes problèmes et doit être résolu de la même façon. Les défauts de calepinage du mur se retrouvent au niveau du chaînage même si l'utilisation de précadres permet de limiter les problèmes de tableaux.

. Le cas du porche

Les cas des angles rentrant et sortant sont alors conjugués. L'absence de calepinage à la conception implique une mauvaise mise en œuvre.

. Raccordement refend-façade

Dans le cas des murs de façade il est préférable de laisser l'espace du doublage isolant entre la façade et le refend. Les murs sont raidis par des chaînages verticaux et ne sont reliés que par des armatures dans le plancher. Ceci permet de limiter les ponts thermiques mais les coupures phoniques et incendie sont cependant difficiles à traiter.

Dans les autres cas, les murs sont harpés.

Les blocs d'about doivent être à bords droits (blocs d'angle par exemple) afin d'obtenir une surface plane au raccord.

Il est préférable de couler un chaînage vertical de renfort en béton armé.

Le retour d'angle maçonné en une seule fois facilite un bon remplissage des joints. Sinon, des attentes doivent être ménagées tous les deux rangs pour réaliser le harpage.

Dans le cas du décrochement de façade, l'absence de calepinage complexifie la mise en œuvre, notamment au niveau du chaînage. On trouve assez souvent des blocs retournés pour servir de « chaînage » en les remplissant de mortier (ce qui est interdit !).

– Cas du joint de dilatation

Le décrochement en joint de dilatation ne pose pas de problème particulier.

Une bande de polystyrène est interposée entre les deux murs pour éviter l'obstruction du jeu de dilatation par des gravats.

o Les ouvertures et les points particuliers

Le traitement des ouvertures et points singuliers dans les ouvrages en maçonnerie doit être soigneusement étudié - et calepiné, afin d'éviter les erreurs de mise en œuvre. En effet tous ces détails sont couramment négligés et mal construits.

Pourtant l'exécution des détails et points singuliers est ce qui demande le plus de temps, donc coûte le plus cher et allonge les délais. Le manque de plans d'exécution accroît ce coût.

L'absence de calepinage oblige à exécuter les ouvrages difficiles en béton armé. Or les travaux de coffrage ont une mauvaise productivité sur les chantiers de maçonnerie. Le coût de l'ouvrage en est alourdi d'autant. De plus cette mixité est interdite en façade sans traitement adéquat bien étudié : rupture de joint, etc ... Quant à la qualité d'aspect elle est fonction du coffrage c'est-à-dire moyenne.

Les détails les plus délicats et qui demandent des études particulières sont les corniches (peu préconisées par les spécialistes de la pathologie) et les lucarnes.



Pour ces dernières, la maçonnerie est peu adéquate et leur mise en œuvre souvent déplorable et hétéroclite dans tous les sens du terme. Une solution charpente est généralement plus adaptée tant d'un point de vue pathologique que de mise en œuvre et enchaînement des corps d'état. Ce cas est pourtant rarement rencontré.

#### — Les appuis

Les appuis de fenêtres sont réalisés après les travaux de maçonnerie. Ils permettent des traitements architecturaux variés.

L'assise brute est éventuellement ferrillée pendant le montage du mur.

Les appuis sont souvent coffrés et coulés en place ou réalisés avec des appuis préfabriqués (béton, métal, etc).

Ils peuvent également être réalisés en brique.

#### — Les tableaux

Les tableaux sont montés avec soin à joints croisés.

L'aplomb est vérifié à chaque assise et le jeu éventuel est absorbé dans la largeur des joints. Sauf dans le cas des précadres, les blocs de tableau doivent avoir une extrémité droite (sans lèvre) pour obtenir une épaisseur constante d'enduit : blocs d'angles par exemple qui permet également de couler un chaînage vertical de tableau pour les grandes ouvertures.

#### — Les trumeaux

La largeur des trumeaux doit permettre un croisement correct des joints : ex. 1 blocs 1/2 mini (75 cm) avec des blocs 20x20x50. Les trumeaux trop étroits sont interdits. (Voir DTU 20.1). Les spécialistes de la pathologie, comme Mrs Logeais et Maurice conseillent que les trumeaux aient une largeur minimale de 2 blocs car il arrive, surtout avec des blocs non NF, qu'un bloc n'ait pas la résistance minimale nécessaire. Or un 1/2 bloc ne peut reprendre l'effort. Avec 2 blocs côte à côte, un des deux reprend toujours les efforts.

Sur les chantiers on observe souvent des largeurs trop faibles des trumeaux et aussi le mauvais ancrage de l'allège et des linteaux :

Les blocs de la dernière assise sont à l'aplomb du tableau. De même pour les linteaux, le joint du bloc où s'appuie le linteau est à l'aplomb de l'extrémité du linteau qui repose ainsi sur un bloc non encastré dans la maçonnerie et non sur un bloc bien ancré dans la maçonnerie comme il doit l'être.

#### — Les linteaux

##### . Mise en œuvre courante

Les linteaux sont calepinés en fonction des assises de la maçonnerie. Le repos au droit du tableau doit être correctement assuré. Le linteau en béton armé est coulé dans des blocs spéciaux en U soigneusement ajustés et étayés. Il restera étayé jusqu'à la résistance suffisante du béton.

##### . Le pré-linteau

L'avantage du pré-linteau est de permettre une mise en œuvre sans étayage pour les ouvertures courantes (portée possible sans étai : jusqu'à 1,45 m), d'où gain de temps. La solution la plus intéressante est le pré-linteau maçonné qui évite le travail de coffrage des côtés. Il demande cependant de réaliser l'assise des blocs sur lesquels il s'appuie moins haute que celle du reste du mur afin d'absorber son épais-

seur (5cm environ) pour conserver le niveau supérieur de l'arase de la rangée. On maçonne ensuite une à deux rangées de blocs pleins sur le pré-linteau. Mais parfois il n'y a pas la hauteur de deux assises à maçonner, en sous-sol notamment. De plus les blocs pleins nécessaires demandent un approvisionnement et un stockage supplémentaire pour, le plus souvent, de faibles quantités ce qui constitue une petite contrainte supplémentaire. Enfin, les blocs pleins sont lourds (34 kg pour un 20x20x50). Pour simplifier ces problèmes, une solution fréquente consiste à coffrer le linteau, généralement avec des blocs en U, ou parfois des planelles, qui sont plus légers et qui sont nécessaires de toute façon pour les chaînages. L'utilisation de blocs pleins, de blocs en U ou de planelles est obligatoire en façade afin d'assurer l'homogénéité du support d'enduit.

Il est malheureusement courant que le linteau soit coffré en bois ! L'utilisation du pré-linteau perd alors beaucoup d'intérêt. Cette solution ne doit pas être utilisée en façade (changement de support d'enduit, masse importante de béton armé, ... qui prédisposent aux fissures d'enduits, voire de la maçonnerie). Dans le cas de refends intérieurs des fissures aux raccords avec la maçonnerie peuvent apparaître. En cas d'exécution peu soignée, l'aspect esthétique brut (sous-sol par exemple) est mauvais.

#### – Les précadres métal

Le précadre permet de réaliser en même temps que la maçonnerie des ouvertures finies auxquels les composants de second œuvre sont directement assemblés : fenêtres, volets, doublages. Ils sont prêts à peindre.

Ils demandent des soins attentifs à la mise en œuvre : réglages, scellement, salissures, chocs. Les précadres de petite dimension ne nécessitent pas d'étais. La pose de précadre se fait ainsi :

- . Au coulage de la dalle, réservation de seuil pour scellement ultérieur du précadre.
- . Mise à l'aplomb des tableaux avec soin en montant la maçonnerie à mi-hauteur du mur, pose et réglage du précadre, scellement des pattes d'ancrage à l'avancement dans les joints horizontaux.
- . Pose de blocs en U pour le linteau en béton armé.

Il existe un grand nombre de précadres standards aux dimensions courantes complétés par des accessoires : garde-corps, grilles, ...

Les précadres permettent une pose rapide des menuiseries extérieures et des fermetures et peuvent ainsi réduire le délai de mise hors d'eau, hors d'air.

#### – Les corniches en béton armé

Les corniches en béton armé doivent faire l'objet d'une étude particulière et comporter notamment des joints de fractionnement.

Elles peuvent entraîner des désordres importants.

Les sections importantes de béton armé sont à proscrire.

La mise en place du coffrage et des passerelles de travail éventuelles peut entraîner la détérioration de la maçonnerie (trous de fixation, efforts, ...).

Ces règles ne sont pas respectées sur la quasi totalité des chantiers.

#### – Les points de pignon

Les pointes de pignon sont montées en escalier.

- . Un gabarit (cordeau ou fermette) donne le profil.
- . Le mur doit être contreventé au fur et à mesure.
- . Un calepinage préalable permet d'éviter les mauvaises mises en œuvre et les problèmes à l'exécution.
- . L'approvisionnement en blocs devient plus difficile surtout dans le cas où il n'y a pas de plancher haut en béton. Un échafaudage intermédiaire est parfois installé.
- . La fermette sert parfois de gabarit simple d'arase.

— Cas de pannes :

Les réservations dans la maçonnerie sont faites en polystyrène. Un mauvais calepinage entraîne souvent l'exécution des réservations en piochant la maçonnerie. Le coulage de l'arase se fait une fois la charpente posée dans le cas de pannes encadrées (après protection périphérique du bois) ce qui demande des sections de béton armé adaptées.

— Les lucarnes

- . La maçonnerie de bloc de béton est peu adaptée à leur réalisation.

Les cas suivants illustrent les différents problèmes rencontrés.

La solution la plus simple consiste à réaliser le fronton en béton armé :

- . soit coulé en place ce qui cause des difficultés de mise en œuvre ;
- . soit préfabriqué au sol ce qui pose des problèmes de levage.

Les joues sont habillées en bois ou dérivés.

Le changement de nature : maçonnerie - béton armé - bois doit être convenablement traité, ce qui n'est pas le cas généralement.

Il est préférable lorsqu'ils sont coulés en place de couler les poteaux dans des blocs d'angle et/ou d'implanter la lucarne avec un léger débord pour marquer un plan d'arrêt de l'enduit.

Une autre solution consiste à implanter la lucarne en béton armé en retrait de la façade.

Souvent, seul le portique est coulé en place et la pointe du fronton est exécutée en maçonnerie : Le résultat est mauvais.

Dans le cas de la lucarne à 3 pans de toiture, la réalisation du portique en béton armé est fréquente mais ne se justifie pas.

La solution la plus simple est de concevoir la lucarne en charpente bois ..... à condition de fournir des plans d'exécution qui évitent les improvisations du genre :

- . Joues en briques creuses hourdées au plâtre ;

Pour une solution maçonnée, seule la brique pleine ou perforée (apparente ou non) par son petit format est adaptée. Mais elle demande deux conditions :

- . une conception bien adaptée, notamment en ce qui concerne les risques de fissures au changement de matériau en façade et les raccordements d'enduit.

. une main d'œuvre spécialisée. Or les maçons qui montent le parpaing ne sont pas des briqueteurs et la faible quantité de brique ne justifie pas la venue d'un briqueteur sur le chantier et ajoute une contrainte supplémentaire dans l'organisation de chantier.

La solution bois apparaît la plus simple à tous points de vue.

#### ● IDENTIFIER LES OUVRAGES CRITIQUES

Ces principaux constats que nous venons d'énumérer doivent être évités grâce à une conception appropriée. Il faut souligner que tous les défauts rencontrés sur les chantiers dont nous avons suivi le déroulement sont dus à des négligences, et surtout que la banalité architecturale de ces opérations s'explique par des absence de connaissance, ou de préoccupation, du matériau.

La liste des ouvrages qui demandent une attention particulière est longue. Elle ne doit pas être interprétée comme restrictive de l'expression architecturale. Au contraire : Favoriser de bonnes conditions de chantier équivaut à favoriser la réalisation d'une bonne architecture.

Le premier pas est de cerner les ouvrages critiques qui demandent une réflexion et un traitement particuliers. La longue liste des ouvrages est, en fait, la liste des points privilégiés pour développer une expression architecturale plus riche.

La diversité des accessoires et des techniques d'accompagnement de la maçonnerie (béton armé, charpente, etc) peuvent apporter des solutions adaptées à tel ou tel cas permettant de valoriser à la fois architecture et chantier.

## LA BRIQUE APPARENTE

### LA COMPÉTITIVITÉ ÉCONOMIQUE

La brique apparente est un matériau qui se démarque nettement des autres matériaux traditionnels de gros œuvre (parpaing, briques creuses) : si la maçonnerie de brique creuse ou de parpaing est avant tout un travail de force, la maçonnerie de brique apparente, historiquement tout au moins, est en premier lieu un travail de finesse. Pourtant vu la banalité fréquente dans les constructions en brique apparente contemporaines, on peut se demander jusqu'où cette caractéristique faisant appel à un savoir-faire très particulier est exploitée.

L'étude de la compétitivité économique de ces maçonneries permet d'apporter quelques réponses à cette question. Loin de réduire le problème à son seul aspect économique, elle permet d'interpeler directement les concepteurs et les fabricants sur leurs propres pratiques.

L'utilisation de la brique apparente en façade est le cas le plus révélateur et le plus riche d'enseignements pour poser la compétitivité économique.

En effet, les murs de façade sont assez proches des autres murs (murs intérieurs, murs extérieurs, ...) en ce qui concerne les parties courantes. Mais les problèmes relatifs aux parties spécifiques (ouvertures, rives de planchers, raccordement aux structures, ...) et à l'organisation du chantier sont bien plus complexes et influent beaucoup sur les prix.

Pour étudier le prix des murs de façade en brique apparente, nous n'avons pris en compte que le prix du gros œuvre fini, c'est-à-dire hors isolation.

Il n'est en effet pas possible de raisonner en façade finie sans introduire de multiples facteurs qui viennent alourdir et complexifier l'étude et la mise en évidence des problèmes essentiels, vu la variété des solutions de composition des façades en briques (murs de structure, de remplissage mince, double mur, ...).

De toutes façons, au mieux, le prix de l'isolation est identique à celui des structures courantes (maçonneries de blocs, béton armé) et dans la plupart des cas il lui est supérieur (lame d'air ventilée, nature des matériaux, panneaux isolants autostables rigides, ...).

Les résultats des enquêtes que nous avons menés sur des chantiers de la région parisienne permettent de dresser une série de constats et d'en comprendre leurs causes essentielles.

Parmi ces constats, le premier est le prix «pénalisant» du mur en brique comparé à la solution la plus fréquente : blocs de béton creux 20x20x50 enduits. Ce constat, qui n'est pas nouveau, constitue le point de départ de notre étude.

Le second constat qui s'impose ensuite est le poids du coût de la main d'œuvre dans ce prix et qui s'accompagne de la particularité du profil de celle-ci et de la fixation de son prix ; problèmes alourdis par la raréfaction du métier de briqueteur et les faibles perspectives d'améliorer actuellement ce prix au niveau des techniques de mise en œuvre comme à celui des matériaux.

Le troisième constat porte sur la façon généralement paradoxale dont les concepteurs renforcent encore ces deux tendances qui pénalisent la brique apparente. Leurs préoccupations se trouvent souvent en décalage par rapport à cette réalité économique et ses exigences. Or, les constats précédents mettent en évidence le rôle essentiel que doit remplir la conception sur qui repose avant tout les possibilités d'une meilleure compétitivité, notamment par un contexte favorable à l'échelon du chantier.

• LE PRIX

Les sources d'information pour notre étude sont :

- d'une part, les séries de prix professionnelles destinées aux P.M.E. et artisans (Batiprix, l'Entrepreneur, ...). Elles sont établies sur la base de sondages auprès de quelques entreprises ;
- d'autre part, les études de prix des cinq entreprises dont nous avons suivi les chantiers.

Les prix constatés d'un m<sup>2</sup> de mur de façade en brique apparente, en partie courante, sont assez variables. Ils se situent dans une fourchette de :

- 350 à 450 F. HT/m<sup>2</sup> (valeur 1986) pour les murs de 11 cm d'épaisseur (briques pleines ou perforées type 6x11x22, appareillage panneresse) pour les prix relevés dans les séries de prix ; et 500 à 700 F HT/m<sup>2</sup> (valeur 1986) pour les prix pratiqués par les entreprises enquêtées ;
- 700 à 800 F HT/m<sup>2</sup> (valeur 1986) pour les murs de 22 cm d'épaisseur (appareillage de briques pleines ou perforées 6x11x22) selon les séries de prix ; les entreprises que nous avons contactées préférant utiliser la «maxi brique» (blocs perforés 6x20x20) pour réaliser des murs de 20 cm à un prix plus compétitif de 420 à 520 F. HT/m<sup>2</sup> (valeur 1986).

On trouve donc des écarts de prix importants, qu'il s'agisse de prix préconisés par les séries de prix comme de ceux pratiqués par les entreprises que nous avons rencontrées. Avant de commenter ces écarts et d'expliquer la formation du prix, il faut faire deux remarques préalables :

- tout d'abord, ces écarts reflètent grandement l'importance des conditions dans lesquelles se négocient les prix et donc l'influence des paramètres extérieurs à la formation du prix lui-même ;
- ils soulèvent également le problème de la représentativité face à la diversité des cas de chantiers et des profils d'entreprises, problèmes que posent fortement les séries de prix vu les écarts rencontrés, entre elles tout d'abord, et avec les cas étudiés ensuite.

L'étude de la mise en œuvre directement sur le chantier donne la possibilité de mettre en rapport les résultats observés avec les objets réalisés et leurs conditions d'exécution, ce qui permet de cerner les particularités fondamentales inhérentes à la brique.

Les prix donnés ci-dessus montrent que les ouvrages en briques sont des ouvrages chers. En effet, on obtient un «surcoût» de l'ordre d'au moins :

- + 56 % à + 120 % pour le mur de 11 cm,
- + 30 % à + 60 % pour le mur de 20 cm,

si on compare les prix pratiqués par les entreprises enquêtées avec le prix courant du mur de 20 cm d'épaisseur en blocs creux de béton (20x20x50 cm) enduits, qui constitue généralement la référence (solution la moins chère et la plus utilisée pour les murs de façade) et que nous avons évaluée ainsi :

- Mur de 20 cm en blocs creux 20x20x50	140 F. HT/m <sup>2</sup> à 170 F. HT/m <sup>2</sup>
- Enduit extérieur :	80 F. HT/m <sup>2</sup>
- monocouche écrasé	
- chaux hydraulique naturelle,	
finition talochée	<u>150 F. HT/m<sup>2</sup></u>
Prix HT du mur en blocs de béton creux enduits	220 F. HT/m <sup>2</sup> à 320 F. HT/m <sup>2</sup>

Nota : Ces prix correspondent à des prix couramment pratiqués. La différence essentielle est due à l'enduit. Nous avons pris le plus cher des deux prix pour notre calcul.

Le prix de la construction est généralement le critère décisif pour le maître d'ouvrage («passer» dans les prix) comme pour l'entreprise (assurer et améliorer sa marge). Or, même avec une incidence parfois relative sur le prix final, le «surcoût» de la brique n'est pas pour autant admissible facilement pour le maître d'ouvrage, comme pour l'entreprise, vu le resserrement des contraintes financières qui pèsent sur le montage des opérations et la rentabilisation des chantiers.

Bien sûr, ce «surcoût» à la construction peut être relativisé et prêter à commentaires si on prend en compte une échelle plus globale (vieillesse, entretien, durabilité, ...) ou plus subjective (aspect, teintes, possibilités d'expression architecturale, valeurs sociales, culturelles).

Quoiqu'il en soit, on ne peut que constater que la construction en briques dans son ensemble et notamment la construction en briques apparentes a fortement régressé et se retrouve surtout dans ses régions d'origine : le Nord, l'Est, le Sud-Ouest.

Cette régression s'est accompagnée d'une forte réduction du nombre de briqueteurs qualifiés pour sa mise en œuvre et la perte d'un certain savoir-faire sur chantier, du point de vue technique, mais aussi, dans une autre mesure, organisationnel, au point que certaines entreprises (en Ile de France notamment) font parfois appel à de la main d'œuvre spécialisée étrangère (Luxembourg, Belgique, Hollande) dont la compétitivité qualitative et surtout économique serait meilleure.

Mais ce problème de pertes au niveau de la main d'œuvre doit être observé comme la conséquence amplificatrice et non comme la cause du recul de la brique dans la construction.

Les possibilités d'utiliser la brique sans pénaliser excessivement le prix de la construction du bâtiment dépendent de plusieurs facteurs.

D'une part, des quantités à exécuter qui vont déterminer le volume de son «surcoût» et d'autre part du montant total du prix de construction du bâtiment qui vont permettre de relativiser ce «surcoût».

Ensuite, de la bonne conception de l'ensemble (rendement de plans, rationalisation, ...) grâce à laquelle il est possible de dégager des gains économiques pour pouvoir absorber ce «surcoût» sans pénaliser le prix total.

Enfin, il est indispensable de réduire au maximum ce surcoût lui-même par une conception appropriée des ouvrages en maçonnerie de brique afin de créer au départ une compétitivité économique la meilleure possible.

Au niveau du prix de la construction, ce «surcoût» paraît cependant supportable, notamment en logements collectifs, dans la mesure où il ne concerne que le gros œuvre de la façade, celui-ci ne représentant qu'un faible pourcentage dans le prix total du bâtiment fini, rendant la majoration plus relative.

Dans le cas de la maison individuelle par contre, la surface de façade est proportionnellement nettement plus importante et l'incidence est beaucoup plus forte.

L'étude de la formation du prix sur le chantier à travers le processus de mise en œuvre et la mise en évidence de ses contraintes dans le rapport conception/réalisation du projet permettent de dégager les recommandations pour une meilleure compétitivité économique.

Cette compétitivité repose sur la productivité du travail dont l'importance est accentuée par la part très élevée du coût de la main d'œuvre dans le prix, comme le montre la décomposition des prix que nous avons relevés pour notre étude.

L'étude du couple coût/productivité est le moyen indispensable pour cette mise en évidence.

## • LA DÉCOMPOSITION DU PRIX

Les variations des prix de vente ne sont pas propres à la brique. On retrouve ces problèmes dans les travaux de maçonnerie en général. Mais ils sont amplifiés dans le cas de la brique, dans la mesure où d'une part, elle est pénalisée par son prix élevé peu compétitif d'où nécessité d'une certaine limite à l'élévation des prix (sur la base d'un prix plancher que l'on peut estimer à 500 F HT/m<sup>2</sup>), et d'autre part, par sa marginalité parmi les techniques courantes de gros œuvre et la difficulté d'en maîtriser les paramètres économiques face à la diversité des ouvrages et des chantiers.

Les variations importantes du prix au m<sup>2</sup> sont dues au déboursé sec (coût main d'œuvre de mise en œuvre + coût matériaux) qui représente à peu près 70 % du prix de vente. Le passage du déboursé sec au prix de vente ne fait qu'amplifier les décalages, plus ou moins proportionnellement selon le profil de l'entreprise, le mode de calcul des frais de chantier, des frais généraux, et de la marge. S'ajoutent à cela les conditions de négociation et parfois une politique commerciale chez certaines entreprises qui cherchent à être compétitives sur certains travaux en se rattrapant sur d'autres.

On peut cependant s'interroger sur le fait que dans des séries de prix la part frais et marge soit toujours calculée proportionnellement au prix, quel que soit celui-ci.

La recherche de conserver une marge satisfaisante, indépendamment de la rentabilité réelle du travail (productivité) se heurte en réalité à la limite à l'élévation des prix pour rester compétitif, comme on le constate dans les prix pratiqués par les entreprises pour des ouvrages et des prestations équivalentes.

La décomposition du déboursé sec montre, d'une part des variations dans les prix unitaires des matériaux comme surtout de la main d'œuvre, d'autre part des différences sensibles dans les temps unitaires. Ces deux derniers expliquent avant tout les variations des prix de vente.

En ce qui concerne les matériaux, les prix restent dans une fourchette assez étroite de 140 à 180 F HT/m<sup>2</sup>, ce dernier incluant le prix des profilés de collecte des eaux d'infiltration (bavettes), des profilés de linteaux ainsi que celui du béton de liège (isolant) pour le raccordement aux voiles et dalles. Le prix courant des matériaux (briques + mortier) se situe donc autour de 150 F HT/m<sup>2</sup> avec des variations selon la nature et la qualité de la brique.

Si on prend un prix de vente raisonnable de 500 F HT/m<sup>2</sup> pour le mur de 11 cm simple, les matériaux représentent donc 30 % dont environ 27 % pour la brique et seulement 3 % pour le mortier de pose.

A lui seul, le prix des matériaux est déjà équivalent au prix de vente du m<sup>2</sup> de parpaings creux posés de 20 cm d'épaisseur, non enduits, ce qui constitue la première pénalisation fondamentale de la brique. La deuxième se situe au niveau de la main d'œuvre.

Pour aborder le coût main d'œuvre, il faut mettre en parallèle les écarts dans les temps unitaires et ceux dans les prix de l'heure.

Les prix de la main d'œuvre sont beaucoup plus fluctuants que le prix des matériaux puisque sur les chantiers enquêtés, le prix horaire de la main d'œuvre varie presque de 1 à 2 :

- 90 F minimum constaté dans les P.M.E. et les grandes entreprises (pour ces dernières, il ne s'agit que d'un prix d'étude puisqu'elles sous-traitent ensuite la mise en œuvre) ;
- 170 F maximum que nous avons estimé pour le cas d'une seule P.M.E. et pour les briqueteurs qualifiés intérimaires (nous avons calculé ce prix à partir du salaire brut (16 000 F) majoré de 80 % de charges).

Les raisons exactes de ces écarts du prix de l'heure de la main d'œuvre ne sont pas faciles à établir car tout dépend des ratios appliqués par l'entreprise pour passer du salaire brut au prix de l'heure.



Par contre, il est certain que ces différences sont très liées à la productivité de la main d'œuvre. Il suffit pour cela de regarder parallèlement les écarts dans les temps unitaires qui leur correspondent : la productivité varie elle aussi de 1 à 2.

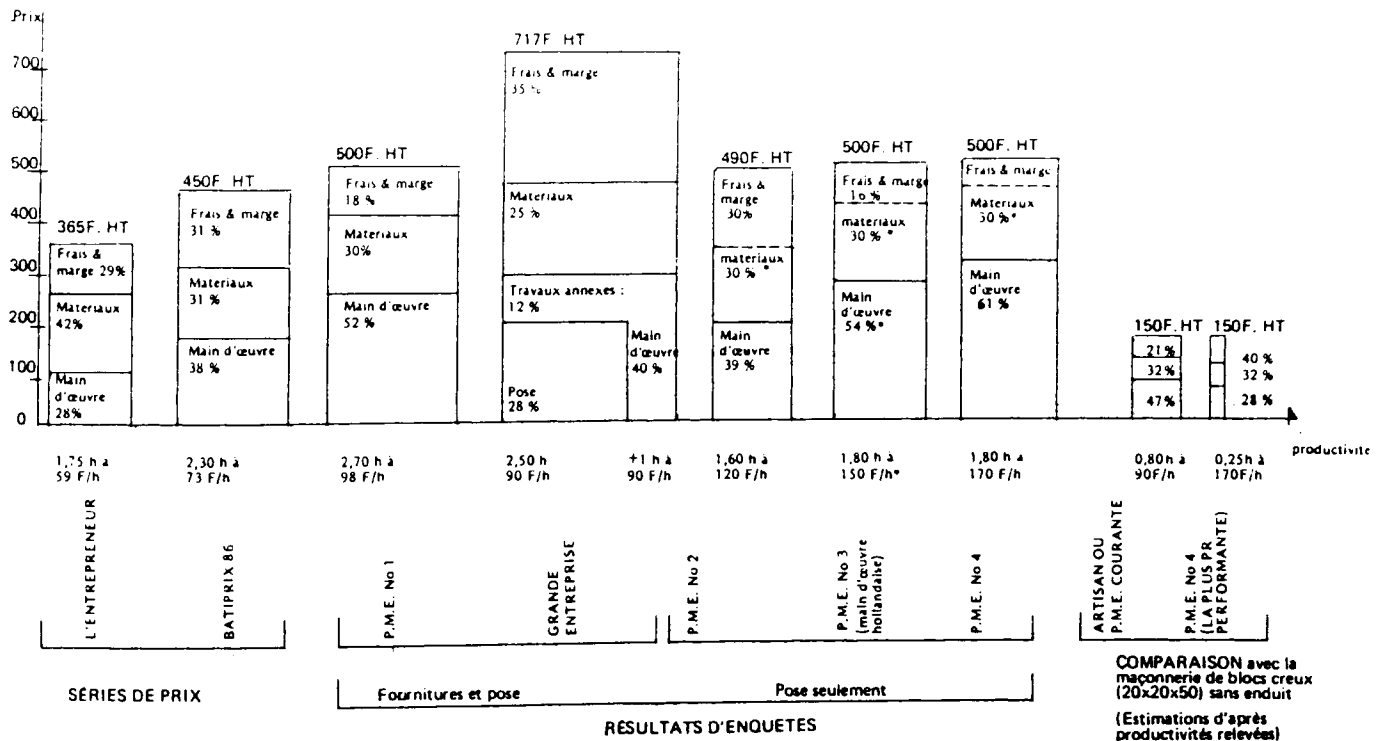
Ces différences de prix et de temps unitaires sont le reflet :

- des différences de qualification d'une part,
- de la multitude des méthodes d'évaluation de la productivité, des prix selon les entreprises et la difficulté d'évaluer précisément les temps unitaires et, encore plus, de décomposer ensuite le travail en ses tâches élémentaires (approvisionnement, traçage, montage, joints) et selon la diversité des ouvrages.

Ces phénomènes sont généraux à la maçonnerie, quel que soit le matériau, mais sont amplifiés dans le cas de la brique apparente à cause de ses particularités de mise en œuvre et de l'exigence d'une qualité finale de la maçonnerie. Ceci explique que le tâcheronnage - réel ou masqué - est très fréquent en maçonnerie apparente, puisqu'il permet de « pallier » à ces imprécisions et d'« auto-réguler » le prix de l'heure de façon très souple. Quoi qu'il en soit, tâcheronnage ou salariat, la main d'œuvre la plus productive étant celle qui est payée la plus chère, la part de la main d'œuvre dans le prix reste donc assez stable, et se situe autour de 40 à 50 %.

Il s'agit bien sûr d'une stabilité toute relative car cette part correspond à des ouvrages en m<sup>2</sup> courants et simples. L'explication de la productivité, permet de comprendre l'incidence de la complexité des ouvrages sur le prix.

DECOMPOSITION DES PRIX DE VENTE  
MUR DE 11 cm EN BRIQUES (Type 5,5 x 10,5 x 22) APPARENTES



\* Estimations

DECOMPOSITION DU PRIX HT DU M<sup>2</sup> DE MUR DE 11CM EN BRIQUES ORDINAIRES ET APPARENTES

	MAIN D'OEUVRE			MATÉRIAUX			DÉBOURSE SEC	PRIX DE VENTE	RAPPORT MO/MAT
	Temps unitaire 1	Prix horaire 2	Coût M.O 1 x 2 = 3	Quantité 4	Prix unitaire 5	Coût matériaux 4 x 5 = 6			
							3 x 6 = 7		3/6/7
BATIPRIX nov. 85 - Brique ordinaire	2,00 h/m <sup>2</sup>	73 F/h	146 F/m <sup>2</sup>	64 br. 20 litres	1,51 F/br 450 F/m <sup>3</sup>	brique 97 F mortier 9 F total 106 F/m <sup>2</sup>	252 F/m <sup>2</sup>	366 F/m <sup>2</sup>	58/42
Brique apparente	2,30 h/m <sup>2</sup>	73 F/h	169 F/m <sup>2</sup>	66 br. 35 litres	1,88 F/br 450 F/m <sup>3</sup>	brique 124 F mortier 16 F total 140 F/m <sup>2</sup>	309 F/m <sup>2</sup>	450 F/m <sup>2</sup>	55/45
L'ENTREPRENEUR nov. 86 - Brique ordinaire	1,55 h/m <sup>2</sup>	59 F/h	92 F/m <sup>2</sup>	n.d.	n.d.	120 F/m <sup>2</sup>	212 F/m <sup>2</sup>	305 F/m <sup>2</sup>	43/57
Brique apparente	1,75 h/m <sup>2</sup>	59 F/h	104 F/m <sup>2</sup>	n.d.	n.d.	154 F/m <sup>2</sup>	258 F/m <sup>2</sup>	365 F/m <sup>2</sup>	40/60
SÉRIE CAL LON juin 73 - Brique ordinaire	maçon 0,90 h/m <sup>2</sup> manœuvre 0,60 h/m <sup>2</sup> total 1,50 h/m <sup>2</sup>			64 br. 30 litres					
Brique apparente	maçon 1,50 h/m <sup>2</sup> manœuvre 0,75 h/m <sup>2</sup> total 2,25 h/m <sup>2</sup>			72 br. 20 litres					
ENTREPRISE DE B.A. A PARIS oct. 77 - Brique ordinaire	2,00 h/m <sup>2</sup>	33 F/h	66 F/m <sup>2</sup>	62 br. 30 litres	0,42 F/br 120 F/m <sup>3</sup>	brique 26 F mortier 4 F total 30 F/m <sup>2</sup>	96 F/m <sup>2</sup>		69/31
Brique apparente	2,00 h/m <sup>2</sup>	33 F/h	66 F/m <sup>2</sup>	62 br. 30 litres	0,84 F/br 120 F/m <sup>3</sup>	brique 52 F mortier 4 F total 56 F/m <sup>2</sup>	122 F/m <sup>2</sup>		54/46

## LA PRODUCTIVITÉ

Les ratios de productivité journalière relevés varient entre 1,60 h/m<sup>2</sup> et 3,50 h/m<sup>2</sup>. Ils sont à interpréter comme des moyennes journalières, toutes tâches de pose confondues. Les ratios obtenus sur chantier sont parfois évalués en m<sup>2</sup>/j. Nous les avons alors convertis en h/m<sup>2</sup> sur la base d'une journée de 8 heures qui correspond assez bien à la journée-type des chantiers étudiés, même si elle connaît une certaine élasticité.

Bien qu'approximatives, ces valeurs sont suffisantes pour servir de base à notre approche de la productivité et de ses variations. Les temps unitaires reflètent une médiocre productivité du travail comparé à la maçonnerie de blocs de béton, ou de briques creuses ou encore de béton armé.

L'organisation et les gestes de la mise en œuvre permettent de comprendre les facteurs essentiels de la productivité. C'est avant tout le petit format de la brique qui explique les temps unitaires élevés. Mais la cause dimensionnelle est amplifiée par la diversité des tâches de mise en œuvre, le soin et la précision qui doivent être apportés à leur exécution.

A la pose proprement dite des briques s'ajoutent le travail de préparation (traçage d'implantation au sol, calepinage vertical des assises sur une règle verticale), l'approvisionnement du poste de travail, le façonnage des joints - après la pose - le nettoyage, ... Ces travaux sont beaucoup plus longs que pour les autres maçonneries. L'importance de l'organisation du travail et du chantier (moyens, délais, ...) en est accrue.

L'apprentissage, puis l'automatisation des gestes de mise en œuvre et la connaissance des problèmes organisationnels et techniques par l'ouvrier pour arriver à un bon rendement sont plus difficiles pour le briqueteur que pour le poseur de parpaings par exemple et expliquent les mauvaises performances de productivité et de qualité des maçons non spécialisés dans la pose de la brique. Or, la main d'œuvre réellement qualifiée est rare !

### ● LES GESTES DE LA MISE EN ŒUVRE

La multitude des gestes et des opérations pénalise la productivité.

Pour un mur de 11 cm, il y a en effet 66 briques à poser par m<sup>2</sup> (comparativement, il ne faut que 10 parpaings). La légèreté de la brique ne compense pas la différence du nombre et toutes les sujétions liées à la pose sont amplifiées : à ce nombre s'ajoutent trois fois plus de rangées d'assises, c'est-à-dire trois fois plus de réglages, ... le linéaire de joint à traiter est également accru : il y a trois fois plus de joints horizontaux et deux fois plus de joints verticaux que dans le mur en parpaings ...

La pose se fait au cordeau comme dans tous les travaux de maçonnerie : celui-ci est tendu aux extrémités du mur et matérialise le niveau supérieur de l'assise à maçonner et sa rectitude. Il est cependant nécessaire de calepiner préalablement toutes les assises d'une hauteur d'étage sur des règles verticales, afin de permettre la régularité des joints et d'ajuster les écarts de maçonnerie, et la position des ouvertures, etc ... Les briques doivent être humidifiées avant la pose, mais sans être gorgées d'eau. Ceci évite l'absorption de l'eau de gâchage du mortier.

Le premier savoir-faire spécifique au briqueteur est la réalisation du joint, à la fois à la pose et à la finition. Son importance est fondamentale, tant au niveau de la qualité d'exécution et de la pathologie que, surtout, à celui de la productivité, dont il est la première condition.

L'absence de différence de productivité entre la «maxi brique» (type 6x20x20) et la brique «standard» (type 6x10,5x22) le montre bien et explique la similitude des prix entre le mur de 20 cm et celui de 11 cm, il y a similitude des gestes, des opérations et les mêmes joints.

L'allongement des temps de pose sur un chantier où étaient mis en œuvre les briques de 5 cm de haut et non de 6 cm a aussi montré l'importance du joint dans le temps de mise en œuvre.

L'exécution du joint demande un tour de main spécifique. Après avoir étalé un lit épais de mortier, le briqueteur pose la première brique en partant d'une extrémité (angle, tableau, ...) et ajuste l'épaisseur du joint. Les autres briques sont ensuite posées en avançant. Le joint vertical est réalisé en refluant le mortier : le briqueteur fait glisser la brique sur le lit de mortier, tout en appuyant dessus, ce qui chasse une partie du mortier entre la brique déjà posée et la nouvelle.

Il ajuste ensuite éventuellement la hauteur de pose en frappant la brique verticalement. Le remplissage des joints verticaux après coup ou le réglage en retirant sur la brique (le joint est décompressé et se décolle de la brique) sont interdits, mais fréquents, surtout dans les cas délicats (tableau, butée sur un mur, murs courbes, ...).

Après la pose de chaque brique, les balèvres (surplus de mortier) sont enlevées à la truelle.

Les briques sont examinées une à une avant d'être posées et celles présentant des défauts sont rejetées.

A la fin de la rangée, le briqueteur commence la rangée supérieure en vérifiant soigneusement le calepinage pour rattraper les écarts éventuels dans les joints; ou repart en angle par exemple pour ne pas surcharger les joints frais par le poids d'une trop grande hauteur. L'utilisation de mortier avec retardateur de prise (fréquente en raison de la faible consommation/h) la rend encore plus nécessaire nous a dit une entreprise.

Seuls les ouvriers qualifiés arrivent à exécuter tous ces gestes de pose très rapidement, sans hésitation, Ils travaillent «à l'œil» sans mesurer brique par brique. La précision des gestes leur permet une mise en place exacte de la brique, pratiquement sans réglage ultérieur, d'où des cadences élevées. De même, les balèvres sont très réduites, ce qui évite les salissures sur la brique et il n'y a guère besoin d'enlever les surplus de mortier.

L'ajustement de la dernière brique doit être soigné. La maçonnerie étant montée par pans de murs, les angles sont harpés en attente.

Les briques doivent être coupées avec soin au disque ou à la toupie de chantier. Les briques perforées sont le plus souvent tranchées à la truelle ce qui demande un tour de main pour obtenir un éclat net et une bonne précision. Une brique de bonne qualité est également indispensable. Pour obtenir une verticalité correcte des ouvertures ou des angles, une règle sert à donner l'aplomb et les briques sont posées en butée contre la règle.

Au fur et à mesure de l'avancement en général après le montage de 4 ou 5 rangs, les joints sont lissés au fer ou à la truelle à joint, puis le mur est lavé pour éliminer le mortier et brossé. La qualité du travail de briqueteur permet d'éviter les salissures extérieures et limite la finition de la maçonnerie une fois le mur monté.

Bien que la réalisation des joints à l'avancement soit le plus simple, et le plus rapide, ceux-ci sont parfois réalisés une fois la maçonnerie finie. Cette solution semble s'expliquer avant tout par la nécessité d'accélérer la réalisation du gros œuvre et faciliter la coordination des travaux. L'exécution du joint après coup se fait donc plutôt dans le cas des murs porteurs.

Le jointoiment après coup est également utilisé dans un but esthétique (joints lisses, grattés, colorés, ...) ou pour améliorer l'étanchéité des façades très exposées à l'eau.

## ● ORGANISATION DU TRAVAIL ET PRODUCTIVITÉ

Le savoir-faire «manuel» du briqueteur s'accompagne d'une bonne maîtrise des problèmes organisationnels.

Le premier point est l'organisation de la journée de travail pour éviter les pertes de temps en passant d'un ouvrage à l'autre (éclatement des postes de travail) ou d'un type d'ouvrage à un autre (mur courant, trumeau, linteau, ...) afin de profiter pleinement de l'effet de répétitivité et de réduire la part des temps consacrés aux tâches annexes (traçage, approvisionnement, finitions, ...).

Le deuxième point est la préparation et l'organisation du poste de travail lui-même, et l'enchaînement des différentes opérations (traçage, etc ...).

Les écarts de temps unitaire s'expliquent à la fois par les différences de productivité à la pose, et aussi par l'organisation des tâches annexes.

Les possibilités d'optimiser les temps consommés dans les tâches annexes jouent en effet un grand rôle dans la productivité. La série Callon dans son édition de juin 1973 donnait une productivité de 2,25 h/m<sup>2</sup> dont 1/3 (0,75 h/m<sup>2</sup>) de travail de manœuvre (approvisionnement, manutention, ...) et 2/3 (1,50 h/m<sup>2</sup>) de travail d'ouvrier spécialisé (traçage, pose, joints, ...), ce dernier effectuant lui-même les tâches annexes délicates.

Aujourd'hui, rares sont les chantiers où les équipes sont constituées de briqueteurs et de manœuvres. On rencontre plutôt une main d'œuvre « polyvalente » effectuant toutes les tâches.

Les meilleurs temps (1,60 h/m<sup>2</sup>, 1,80 h/m<sup>2</sup>) correspondent à des chantiers où les ouvriers ont un poste assez fixe et ne s'occupent pratiquement pas de l'approvisionnement, de la fabrication de mortier, de l'échafaudage, ... et peuvent se concentrer sur la mise en œuvre proprement dite. Une des pénalisations importantes qui subsistent concerne l'approvisionnement dû à l'implantation du poste de travail. Pour réaliser correctement la maçonnerie et notamment les joints, le poste de travail est situé du côté extérieur de la façade (côté brique apparente). Mais pour des questions de facilité et de sécurité (résistance, stabilité, encombrement de l'échafaudage) l'approvisionnement est fait sur le plancher, c'est-à-dire de l'autre côté du mur. Le va-et-vient pour l'approvisionnement est réduit, mais n'est pas supprimé, comme c'est le cas pour les murs montés de l'intérieur (parpaings par exemple), d'où des gains de productivité proportionnellement moins spectaculaires.

Dans les cas où le mur est rapporté sur une ossature existante (réhabilitation, isolation par l'extérieur), l'approvisionnement se fait en pied d'échafaudage et est monté par petites quantités, à la main, au treuil ou à la grue ; ceci est également fréquent pour les pointes de pignon.

L'organisation du travail dans son ensemble est fortement conditionnée par la forme et la structure du bâtiment donc par les possibilités offertes par la conception.

## CONCEPTION ET PRODUCTIVITÉ

### • LE CONSTAT SUR CHANTIER

Les différentes phases de la mise en œuvre de la brique en partie courante (mur plein) constituent une sorte de «logique» du processus de mise en œuvre dont la cohérence et la répétitivité déterminent les facteurs essentiels de la productivité.

Cette «logique» du travail s'adapte aux particularités des ouvrages jusqu'au moment où elle commence à se transformer. La réalisation des détails notamment finit par nier cette «logique», si leur conception n'est pas adaptée au savoir-faire du briquetier.

Le degré de la souplesse d'utilisation de la brique est à la fois potentiellement grand et concrètement réduit actuellement.

Les petites dimensions de la brique et sa grande diversité dans les modes d'appareillage, dans les solutions de réalisation des détails techniques laissent de grandes possibilités de conception. Mais la particularité de la mise en œuvre aujourd'hui, et notamment la perte de savoir-faire au niveau du chantier (avec ses répercussions sur la productivité et la qualité) comme au niveau de la conception réduisent fortement ce champ potentiel.

Il faut en effet constater un certain appauvrissement de l'expression architecturale par la brique, tant au niveau des formes que des appareillages et des détails.

Les causes essentielles de cet appauvrissement se situent à deux niveaux : le chantier, et la conception.

Au niveau du chantier, dont les conditions et les techniques ont changé et où la maçonnerie en briques est devenue une technique d'accompagnement, mais n'est plus la technique dominante de gros œuvre ou à part égale avec les autres sur le chantier. La quasi-disparition des murs de 22 cm et plus en témoigne. Les murs les plus fréquents sont les murs de 11 cm, c'est-à-dire l'épaisseur où les possibilités d'appareillage sont les plus réduites : la brique restant toujours présentée dans sa longueur les parties courantes se limitent donc à l'appareillage en panneresse ; les linteaux, porte-à-faux ... peuvent être traités en posant les briques verticales.

A celui de la conception, ensuite, qui est restée en porte-à-faux face à cette évolution dont elle ne maîtrise guère les paramètres et a perdu la connaissance et le souci du matériau. L'absence de calepinage sur les chantiers que nous avons suivis traduit ce décalage de la conception par rapport aux contraintes technico-économiques.

Elle explique également la faiblesse du travail des concepteurs sur les détails et l'inexistence d'une plus grande richesse architecturale. Dans la mesure où il y a absence de calepinage, c'est-à-dire du point de départ d'une réelle préoccupation dimensionnelle et constructive, comment peut-il en effet exister une meilleure expression architecturale à la fois riche et cohérente.

Sur les chantiers enquêtés, au mieux, l'architecte a déterminé avec l'entreprise des cotes de tolérance d'implantation des ouvertures. Le plus souvent, le dessin de la brique est inexistant ou réduit à sa plus simple expression : sur un chantier, les briques d'un mur courbe ont été dessinées en élévation comme celles des murs droits !

Le calepinage (horizontal et vertical) est pourtant la préoccupation première à avoir. C'est le point de départ préalable pour communiquer avec l'entreprise et guider le travail de briquetier.

La conception du calepinage est la transcription méthodologique et graphique la plus élémentaire de la «logique» du travail de mise en œuvre à travers laquelle peut être déduite la cohérence technique du projet et la justification des choix technico-économiques.

Il permet ainsi de montrer immédiatement, d'une part les «entorses» à cette «logique» et d'autre part le degré de fréquence et de répétitivité des cas particuliers.

C'est le mur plein qui donne les règles de base de cette «logique». Il correspond à «l'ouvrage standard idéal». Il est facilement étalonnable. Plus on s'écarte de ce «standard», plus on pénalise la productivité, donc le prix. Cette pénalisation est très vite atteinte dans le cas de la brique. Elle est proportionnelle à deux facteurs par lesquels on s'écarte du mur plein : dès que la longueur du mur se réduit et/ou dès qu'il y a présence d'ouverture, la productivité baisse.

Les cas les plus pénalisants que nous avons relevés par nos enquêtes sont :

- les pans de murs de petite longueur (retours, ...) ;
- les structures refends à petite travée (multiplication du nombre de raccords de la façade brique à la structure) qui sont généralement réalisés en béton armé ;
- les grandes ouvertures (> 1,20 m x 1,20 m) notamment dans leur longueur ou l'emploi de profilés métalliques minces sans étau pour les linteaux, n'est plus possible ;
- les petits trumeaux (< à 1,20 m) et les meneaux, de plus en plus pénalisants au fur et à mesure que leurs dimensions diminuent, le plus souhaitable étant des «trumeaux» longs (1,50 à 2,00 m minimum) ;
- les piliers, pilastres (à la «romaine») ... avec lesquels on peut tomber à 1/2 m<sup>2</sup>/j /personne !.

Les autres ouvrages dont la productivité est mauvaise sont les murs courbes. Les murs courbes sont plus difficiles à réaliser, puisque ceux-ci ne peuvent plus être montés au cordeau. La pose se fait alors avec un gabarit cintré fait sur mesure, les briques doivent être posées avec précision. La vérification de l'aplomb et de l'horizontalité est beaucoup plus longue que le mur plein.

On peut utiliser des briques radiales réalisées sur mesure, ce qui demande une série suffisante pour ne pas en pénaliser le prix. Sinon, le rayon de la courbe doit être adapté aux dimensions des briques ordinaires afin de limiter les coupes nécessaires aux adaptations. Un plan de calepinage est encore plus indispensable ainsi que les détails de raccordement aux angles, ... le rayon extérieur minimum de la courbe est proportionnel, à la fois à l'épaisseur des joints verticaux de l'intérieur et de l'extérieur du mur et aux dimensions de la brique. Il peut être calculé à partir de la formule :

$$\text{rayon extérieur} = \text{épaisseur du mur} \times \frac{\text{longueur de la brique} + \text{épais. joint vert. ext.}}{\text{épais. joint vert. ext.} - \text{épais. joint vert. int.}}$$

A titre d'exemple, si on prend les valeurs maximales et minimales du joint (2 cm et 0,8 cm), on obtient un rayon de 2,10 m pour une brique de 10,5 x 22 cm.

Avec la même brique, si on veut conserver des joints minces (plus près de ceux des murs droits) pour un joint extérieur de 1,3 cm le rayon est de 4,90 m.

Sur un chantier, le mur courbe, en briques non radiales, a été conçu avec un rayon de 1,60 m seulement, ce qui a entraîné des pertes de temps pour les découpes et un aspect du mur très différent du mur droit. Sur les courbes de petits rayons, la saillie des angles de chaque brique peut nuire à l'aspect du mur car ils cassent la rondeur de la courbe. Il faut alors utiliser des briques radiales.

Les variations de teintes ou de briques - autre aspect qui a une incidence sur la productivité - amplifient les problèmes de tri et d'approvisionnement. Les changements de teintes, ... doivent être faits par zones et correspondre à l'avancement du travail, c'est-à-dire par bandes horizontales, éventuellement verticales. L'idéal est que la surface de couleur à exécuter corresponde approximativement au volume d'une palette (ou multiple) en tenant compte du taux de chutes et de rebuts qui dépendent à la fois du calepinage et de la qualité de la brique.

## LES GESTES DE LA MISE EN OEUVRE



Joint refoulé en appuyant en poussant



Frappe pour mise à niveau de la brique



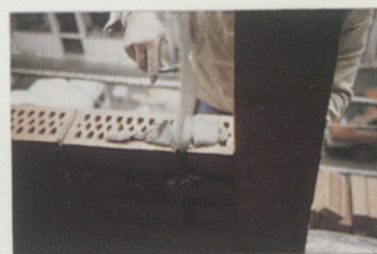
Enlèvement des balèvres de mortier



Coupe d'une demie brique à la truelle



Pose de la demie brique du tableau



Bourrage du joint à la truelle-déconseillé



Traçage vertical des assises



Lissage des joints à la truelle à joint



Réglage du cordeau tendu

## CONSTRUCTION D' UN MUR COURBE



Calepinage des assises du mur courbe



Pose du premier rang-ici sur une bavette



Réglage de la courbe avec un gabarit

## CONSTRUCTION D' UN BOW-WINDOW



Vue de l'échafaudage placé à l'extérieur



L'angle biais brut de gros oeuvre



La pointe avant habillage en plaquette



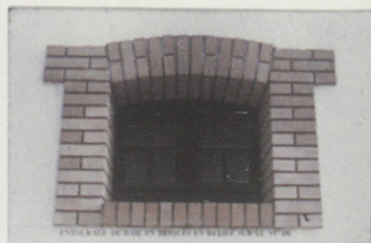
## EXEMPLES DE LINTEAUX CINTRÉS



Appareillage à sec sur un cintre en bois



L'appareillage vu de l'autre côté



Vue d'un entourage brique en relief



Mesure des dimensions à rattraper

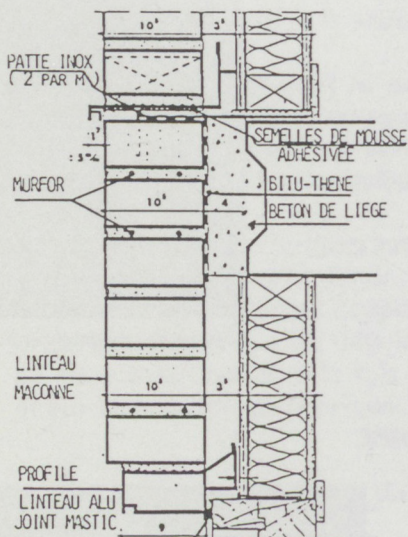


Traçage de la découpe sur la brique



Oeil de boeuf en brique et pierre taillée

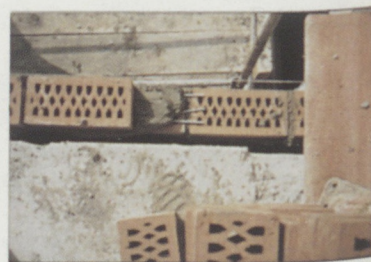
## RACCORDEMENT AU PLANCHER : MUR BY 85



Détail d'exécution  
Avis Technique  
16 / 83 - 103  
BOUYGUES



Maçonnage du « murfor » dans le joint



Détail du joint renforcé de l'assise



Pose du « bitu-thène » et des pattes inox, puis remplissage au mortier de liège-isolant



Lissage de l'arase, enlèvement de la protection de la semelle de mousse adhésive de la bavette, puis pose de la bavette

A ces aspects concernant les parties courantes et leur dimensionnement, s'ajoutent les problèmes des détails et notamment des angles non droits, des rives de plancher et des chaînages de couronnement de murs et de points de pignons, des linteaux.

Le détail architectural pose le problème de l'unification d'une expression et de sa répétitivité ainsi que celui de sa justification.

Sur les chantiers enquêtés, nous avons pu constater une grande absence à ce niveau. Une mauvaise adaptation du cas particulier avec le cas courant entraîne la complexification du travail et une médiocre qualité de la mise en œuvre.

La difficulté d'exécuter les angles biais est évidente. Elle se constate dans la mauvaise exécution de la partie non apparente. Il est souvent difficile d'obtenir un harpage correct dans l'encastrement des deux murs. Les découpes sont nombreuses pour respecter la géométrie de l'angle. L'absence de calepinage oblige parfois à respecter au mieux l'appareillage en façade et à sacrifier la bonne exécution de l'angle. Lorsqu'ils ne sont pas laissés tels quels les angles mal encastres sont renforcés avec des fers noyés dans les joints.

Les angles biais demandent également beaucoup de travail d'implantation et de précision. Les biais de petite longueur (bow-window, ...) accroissent ces difficultés.

Même pour les angles droits, la jonction à la structure se heurte à l'incompatibilité dimensionnelle (parpaings ...) ou technico-organisationnelle (béton armé). Des fers en attente sont maçonnés dans les joints et le raccord est coulé en béton. Les possibilités de réaliser des chaînages verticaux ne sont pas non plus toujours satisfaisantes, la brique étant « piochée » en plaquette pour obtenir une réservation verticale.

Les rives de plancher pénalisent également la productivité.

Dans le cas des murs épais porteurs de 22 cm, l'épaisseur de la brique (10,5 cm) posée normalement ne permet pas la réalisation d'un chaînage correct du plancher. Les briques pleines doivent être posées sur la tranche (5,5 ou 6 cm ...) horizontalement ou verticalement, ce qui rend la pose plus difficile et demande des briques de bonne qualité.

Sinon, la rive de plancher doit être coffrée puis habillée de plaquettes, mais l'implantation des serres-joints est problématique.

La taille des briques perforées ordinaires pour réduire leur épaisseur n'est guère recommandée car elle entraîne une faible productivité (pertes de temps pour la coupe des briques, plus grande difficulté de réglage, ...) et parfois aussi des problèmes de qualité (alignement, etc ...).

Les maxi-briques (blocs 6x20x20) sont taillés en L et posées verticales pour servir en même temps de coffrage de la rive de plancher.

Les points les plus délicats des rives de plancher sont :

- les angles où il est souvent préférable de couper les briques pour le raccordement d'angle ;
- les portes-à-faux avec retombée de mur qui augmentent les problèmes de coffrage et de finition.

Pour les murs porteurs, il est donc généralement préférable de calepiner la rive de plancher en fonction d'une pose verticale des briques, ce qui peut constituer le point de départ d'une recherche architecturale. Le type de briques (ordinaire ou maxi-brique) détermine le pas de ce calepinage (par exemple respectivement 10,5 et 6 cm + l'épaisseur du joint vertical).

Dans les cas des murs de remplissage, les problèmes d'adaptation dimensionnelle et de tolérance d'exé-

cution sont importants pour le raccordement aux structures, et le calepinage vertical et horizontal est essentiel.

Pour les murs minces, la réalisation des systèmes de collecte et de rejet des eaux d'infiltration sont délicats et ralentissent la cadence.

Le mur rideau BY utilise des profilés spéciaux (bavettes PVC ou alu) de grande longueur avec semelle résiliante qui permettent une pose plus rapide. Le raccordement du mur à la dalle et aux murs (coupure thermique, phonique et incendie) est assuré par coulage d'un béton de liège coffré en sous-face que le briqueteur doit réaliser avant de poser la bavette et continuer à monter le mur. Toutes ces opérations augmentent le temps de mise en œuvre d'environ une heure au m<sup>2</sup> de mur de façade, dans les cas de grandes trames.

Le départ des murs minces sur une dalle ou un corbeau est le plus simple. Dans les autres cas, le mur mince doit être fixé à la structure, le plus souvent avec des équerres boulonnées dans la dalle et des fers glissés horizontalement dans les briques perforées en pied de mur ou sur une cornière fixée par équerre.

Les pointes de pignons sont certainement l'ouvrage qui montre le mieux l'influence des tâches annexes sur la productivité et la déformation de la logique de mise en œuvre.

Sur un chantier de maison individuelle R + 2 avec façade en maxi-briques, la productivité en façade a été en moyenne de 4 à 5 m<sup>2</sup>/j/p/. Pour les pointes de pignon, elle est tombée entre 1 et 2 m<sup>2</sup>/j/p, soit deux à quatre fois moins. Le traçage, le réglage, la découpe, l'approvisionnement en briques, puis le coffrage et le coulage des arases absorbent encore plus de temps que la pose proprement dite. De plus, il est probable que la faible pente a accru cette tendance.

Le traitement des linteaux se caractérise par une grande variété des solutions - notamment pour les murs épais (20, 22 cm ...), les murs minces (11 cm) limitant les possibilités.

La solution la plus simple consiste à réaliser un linteau horizontalement et d'utiliser un profil spécial sur lequel est directement maçonné le reste du mur avec éventuellement un chaînage.

Dans le cas d'un mur mince, une armature du type « murfor » noyée dans le joint suffit. Ces profilés permettent de réaliser les linteaux sans étayage pour les petites ouvertures (environ 1,20 m). Au-delà, il est nécessaire d'étayer et la productivité chute fortement.

Pourtant, cette solution reste peu utilisée (mis à part le mur BY de Bouygues). Les linteaux sont le plus souvent réalisés sur une planche étayée éventuellement un cadre en bois, avec un chaînage en béton armé pour les murs épais. C'est en fait une solution traditionnelle de maçonnerie.

La réalisation des linteaux avec des briques posées verticalement est encore plus complexe. Dans le cas d'un mur BY de 11 cm, elle peut demander 1 h/ml, soit plus de 4 h/m<sup>2</sup> !. Les problèmes de mesure, de réglage, etc ... en sont la cause principale.

Les voussures, etc ... sont pratiquement incalculables ainsi que les motifs. De plus, la réalisation des arcs demande la fabrication de gabarits sur mesure.

D'une façon générale, les détails architecturaux demandent beaucoup de précision et d'attention, et ce n'est plus le geste de pose mais le réglage et les mesures qui dictent l'avancement du travail.

L'adresse du briqueteur est encore plus fondamentale, mais n'influe alors que sur une part relative dans le temps d'exécution, qui reste au total beaucoup plus important. L'allongement des temps unitaires pour la réalisation des détails ralentit l'avancement du gros œuvre. Leur morcellement dans la façade accentue souvent cette tendance en cassant les cadences.

Les appuis de fenêtres sont réalisés après la construction du mur, ou dans des moments de battement. Leur exécution est différente de la pose en partie courante : coffrage d'une arase en mortier réglée avec soin, vérification de la pente et traçage du calepinage, mise en place du mortier.

Le joint vertical est réalisé en enduisant le côté de la brique qui est ensuite pressée contre la précédente. Seuls certains appuis sont réalisés à l'avancement (appuis lourds encastrés).

La réalisation des corniches est longue et fait aussi appel à des gestes différents de ceux pour les parties courantes du mur. Ceci est moins pénalisant lorsqu'elles sont situées en couronnement de mur (dernière étape du gros œuvre, grande longueur, ...). Le temps unitaire varie selon la complexité architecturale. A titre d'exemple, dans un cas étudié, il a fallu environ 1,10 h/ml, la pose des briques (avec réglage, ...) représentant 0,90 h/ml environ et le reste concernant l'approvisionnement. Il s'agit d'une bonne productivité qui s'explique par la qualification de la main d'œuvre, la grande longueur (environ 10 à 25 ml, donc faible incidence des tâches annexes au ml) et les conditions de chantier. Mais, ramené au m<sup>2</sup>, le temps unitaire a pratiquement doublé (environ 3,20 h/m<sup>2</sup> contre 1,60 à 2 h/m<sup>2</sup> pour les murs de façade de ce chantier).

#### ● POUR UNE CONCEPTION PLUS FAVORABLE

Pris séparément, l'exécution des différents ouvrages en façade montre des écarts de productivité. La multiplication de ces ouvrages ralentit la productivité globale, donc les délais d'exécution. Cet allongement des délais n'est pas seulement proportionnel à la diversité des cas, mais aussi aux possibilités d'enchaînement d'un cas à l'autre.

La longueur des délais d'exécution est un handicap supplémentaire pour la brique. De plus, n'étant pas la technique dominante ou unique sur le chantier, elle pose le problème de la coordination et de l'avancement global du chantier. La possibilité d'unifier les délais d'exécution est limitée par le nombre d'ouvriers qu'il est possible d'engager simultanément sur le chantier, soit pour des problèmes physiques (encombrement des postes de travail, architecture compliquée, donc difficulté d'un avancement uniforme ...) ou économique (taille du chantier, de l'entreprise, moyens d'accompagnement nécessaires ...).

C'est donc sur l'harmonisation des cadences par le rapport entre la surface à exécuter et le reste des travaux (de gros œuvre, des conditions de l'enchaînement des corps d'états : clos, couvert, ...) que repose la maîtrise des délais. Le degré de complexité architecturale et la qualification des ouvriers sont alors importants.

Beaucoup plus clairement encore que pour les autres procédés de construction, la nécessité de prendre en compte dès le début de la conception les contraintes de rendement et de coordination du chantier apparaît comme essentielle pour arriver à une maîtrise économique forte du projet (ce qui demande aussi très rapidement de connaître l'entreprise qui fera la mise en œuvre, ses possibilités - matériel, qualification, ... - et sa productivité).

Les contraintes économiques se révèlent comme les critères essentiels des choix architecturaux. Cela ne signifie pas pour autant l'appauvrissement architectural de la façade.

Au contraire, il y a là le point de départ d'un enrichissement de l'expression architecturale, dans la mesure où les parties spécifiques de la construction : départs de murs, rives de plancher, ouvertures, couronnements, etc, restent des cas particuliers, tant techniques qu'économiques qui demandent de toute façon une conception et une réalisation différentes des parties courantes. Les particularités dimensionnelles (appareillages, accessoires, ...) et de mise en œuvre viennent guider cette recherche du détail dont l'absence s'explique aujourd'hui avant tout par la méconnaissance de leurs exigences et de leurs conséquences.

En effet, l'approche et la conception du détail architectural ne peuvent pas se contenter d'une simple préoccupation esthétique de la forme en soi. La mise en évidence des contraintes constructives est la condition préalable au développement de cette richesse actuellement mal maîtrisée.

LES STRUCTURES LÉGÈRES EN BOIS : M.O.B.

## LES STRUCTURES LÉGÈRES EN BOIS : LA MAISON A OSSATURE BOIS

### LES PROCÉDÉS ET LEUR COMPÉTITIVITÉ

- UN DÉVELOPPEMENT DIFFICILE

- o Une technique marginale

Les structures légères en bois, et notamment les MOB (Maisons à Ossature Bois) n'ont pas connu en France le développement espéré par leurs protagonistes au début des années 80.

Ces techniques, très développées dans les pays scandinaves (Suède, Finlande, ...) et en Amérique du Nord, où elles sont les techniques dominantes dans le logement individuel et les petits bâtiments, n'ont jamais trouvé en France le contexte et les motivations favorables à leur développement.

L'estimation du nombre de MOB construites en France fait partie des multiples controverses qui existent autour de ces techniques depuis les années 80.

En 1980, les estimations ont varié entre 5.000 et 11.000 MOB. Une telle divergence s'explique par l'absence de rubrique statistique spécifique à la MOB. La construction de chalets (voire d'abris de jardin) est souvent répertoriée avec les MOB. Par ailleurs, la diversité des fabricants dont certains ne font pas totalement la MOB, ou pas exclusivement de la MOB, perturbe aussi le recensement.

Depuis, il semble que la fourchette des évaluations, telles qu'elles sont publiées dans la presse professionnelle en tout cas, se resserre. La création en 1982 de l'association France Promobois Construction, chargée de promouvoir l'utilisation du bois - et de la MOB en priorité comme moteur d'un développement croissant du bois, n'y est peut-être pas étrangère.

En 1982, les évaluations varient entre 10.000 et 12.000 MOB et, pour 1984 entre 12.500 et 15.000 MOB. Comparé au nombre de logements construits annuellement, la part de marché de la MOB annoncée est de 5 % en 1982 et de près de 10 % en 86.

Si cette progression paraît nette en valeur relative, la perspective d'une place plus significative de la MOB sur le marché n'est située que vers la fin des années 90 par les professionnels de la MOB. Monsieur José Fontan, ingénieur au CSTB, donnait en 1985 la perspective de 25.000 à 35.000 MOB/an en France pour la fin des années 90.

Il est vrai que comparativement à l'étranger, même avec les pays européens voisins, le faible développement de ces techniques en France est important. Au début des années 80, la part de la MOB par rapport à la construction annuelle de maisons individuelles comparée à ce qu'elle est dans plusieurs pays industrialisés apparaît effectivement très faible alors qu'elle est le pays qui a la plus grande surface boisée de la CEE.

Ce constat a été un des éléments mis en avant pour montrer les possibilités de développement de la MOB en France.

Les chiffres fréquemment annoncés à l'époque sont les suivants :

Suède	96,5 %
Canada	95,0 %
Norvège	95,3 %
U.S.A.	90,0 %
Finlande	77,0 %
Grande-Bretagne	+ de 50 %
R.F.A.	env. 50 %
Japon	env. 50 %
France	7 %

Source : Argumentaire pour les maîtres d'ouvrage - Ets COQUART - 1986 -

On peut observer que des pays européens voisins ne sont pas mentionnés, ce qui tend à renforcer le constat de faible développement de la MOB en France et, par là, l'importance du marché potentiel national, sans en expliquer les conditions.

Comment se fait-il que la MOB n'a pas connu de réel développement en France ?

Les raisons essentielles ne se trouvent pas au niveau des performances de la MOB, ni même au niveau de son image de marque et de l'argumentaire de vente développé par les professionnels, même si sur ces différents points il y a eu un certain nombre d'erreurs commises.

Les causes sont avant tout structurelles au niveau de la « Filière bois », contexte sur lequel s'est plaquée une démarche volontariste et souvent techniciste de professionnels motivés qui a été soutenue par les Pouvoirs Publics et qui s'est également caractérisée à son début par l'absence totale d'une démarche marketing.

#### o La « Filière bois » : un contexte peu propice

Les conditions de développement de l'ossature bois ne sont guère réunies au niveau de la « filière bois ».

Sous ce terme est regroupé en effet une multitude d'entreprises, très différentes tant par la taille que par l'activité, les produits, la technologie et les marchés.

Il n'y a pas de cohérence entre les différents stades, depuis l'exploitation et la gestion forestière jusqu'aux produits finis :

- ni de manière interne (par le biais de la technologie par exemple),
- ni par le marché (par le biais des échanges entre les entreprises d'une part, ou par celui du marché final d'autre part),
- ni par l'existence d'entreprise dominante ou jouant un rôle pilote dans l'organisation et la gestion du processus vers le marché final.

Autre handicap, cette «filière» sans cohérence repose sur une grande majorité de petites entreprises dans le marché du Bâtiment :

«L'activité bois dans la Construction regroupe 60.000 entreprises dont 1.200 supérieures à 20 salariés et réalise un chiffre d'affaires hors taxes de 42 milliards de francs répartis comme suit :

Maisons à ossature bois	6 %
Menuiseries	40 %
Parquets et lambris	14 %
Charpentes	30 %
Divers	10 %

Source : Analyse de B. Hochart, 1984».

Cahiers Techniques du Bâtiment n° 90 - mai 1987

Par ailleurs, le négoce a une influence forte dans le domaine du bois. Or en règle générale, le négoce n'a jamais fait de marketing mais dispose là d'une rente de situation en tant que point de passage obligatoire des produits entre les entreprises, notamment vers les entreprises du bâtiment.

Le contact et la connaissance du marché final échappent aux transformateurs, notamment ceux qui sont très en amont comme les scieurs.

Une partie de l'activité a également une échelle régionale.

Ce contexte n'a pas favorisé une connaissance du matériau, et de ses performances et de ses applications possibles, ni une unification des produits, de base notamment : les sections des sciages comme les caractéristiques mécaniques et qualitatives varient d'une région à l'autre, voire d'une société à l'autre. Pour pallier ce problème une normalisation des sections de sapin français a été faite récemment. Mais il est difficile de prévoir jusqu'où elle sera effectivement appliquée.

Les produits utilisés pour la MOB représentent dans l'activité des entreprises situées en amont, notamment les scieurs, une part trop faible pour les inciter à adapter leur production de façon spécifique et à unifier leur offre sur le marché en bois de qualité, séchés, traités, de caractéristiques dimensionnelles et mécaniques plus standardisées, dont la MOB a besoin pour favoriser son développement.

Avec 6 % du chiffre d'affaires de l'activité bois dans la construction, la MOB se situe loin derrière les menuiseries (40 %), les charpentes (30 %), les parquets et lambris (14 %).

Il ne semble pas qu'un développement de la MOB arrive à lui seul à modifier cette faible attractivité de la MOB pour les entreprises en amont, sur le plan quantitatif tout au moins : d'après une enquête du CATED réalisée en 1982, le volume moyen de bois massif utilisé pour une construction à ossature bois est de 7 m<sup>3</sup>. L'impact sur l'activité de ces entreprises est donc relatif si on le compare aux 2,6 millions de m<sup>3</sup> de sciage consommés au total par les structures et charpentes en bois dont environ 350.000 m<sup>3</sup> utilisés pour les charpentes industrialisées et 100.000 m<sup>3</sup> utilisés pour le lamellé collé.

A cette faible attractivité s'est ajoutée l'absence de marketing au niveau des entreprises faisant de la construction en bois et qui ne l'ont pas positionné face aux techniques dominantes que sont devenues le béton coulé en place et la maçonnerie en parpaing.

Cette absence de marketing est le résultat de deux facteurs essentiels :



- les entreprises, de tradition rurale ou artisanale et aux structures sociales ne favorisant pas une telle démarche (entreprises familiales, mentalités, ...).
- le matériau très lié à la valorisation de savoir-faire spécifiques comme la charpente ou la menuiserie dont la transposition pour acquérir et faire évoluer un savoir-faire spécifique de gros-œuvre, sur le plan de la conception comme sur le plan de l'exécution, n'est guère possible, et donc encore moins de le vendre.

Jusqu'au milieu des années 70, les quelques professionnels qui font de l'ossature bois ne connaissent guère de problèmes face à une demande suffisante par rapport à leur capacité et qui n'exige pas des prix bas.

Le contexte de la «filiale bois» a donc été peu propice au développement de la MOB et le facteur le plus décisif qui a poussé à son développement est une dynamique extérieure à la «filiale» elle-même dont le moteur essentiel a été les HLM qui ont trouvé là à l'époque un double intérêt :

- au niveau des avantages apportés par les Pouvoirs Publics sur le plan national et, parfois, par les Régions, pour promouvoir la réalisation d'opérations en MOB,
- au niveau de certaines performances apportées par les MOB au niveau de la réduction des délais de construction essentiellement, et aussi de l'isolation thermique des logements.

Cependant, le contexte professionnel n'a guère eu les capacités de répondre à cette dynamique externe qui demandait parallèlement une plus forte maîtrise économique, organisationnelle et un abaissement des prix.

#### o Les entreprises et les marchés

La taille réduite des entreprises artisanales est un réel problème pour développer les marchés qui se situent essentiellement dans le domaine du logement individuel et des petits bâtiments, agricoles notamment, ou des petits équipements : hôtels, etc. Ces entreprises ne sont en effet pas aptes à assurer les phases marketing, études-conception, puis le pilotage du chantier et la coordination des travaux.

Sur les plans techniques et de l'organisation du chantier, la MOB demande un savoir-faire et une organisation de chantier spécifiques qui ont peu de traits communs avec les chantiers traditionnels : La MOB nécessite une parfaite maîtrise du déroulement du chantier et de l'enchaînement des différents corps d'état envers qui les exigences de délais, de prestations et, souvent, de qualité sont bien plus fortes qu'en traditionnel.

Ceci suppose donc de la part des maîtres d'ouvrages de pratiquer une dévolution des travaux spécifique, et donc une volonté et, surtout, un savoir-faire bien particulier à ce niveau, ce qui n'est pas dans les pratiques de beaucoup.

De l'avis de nombreux professionnels de l'ossature bois, la passation des marchés par lots séparés n'est pas souhaitable car la séparation des lots calquée sur celle d'une opération traditionnelle est souvent inadéquate, voire fantaisiste, par rapport à ce qu'elle doit être avec la MOB et introduit une rigidité contractuelle et opérationnelle qui nuit à la polyvalence des interventions nécessaires sur le chantier.

La solution souhaitable est :

- soit un corps d'état MOB et des corps d'état complémentaires,

- soit une coopération d'entreprises qui ont l'habitude de travailler ensemble qui assure la maîtrise technique et celle de la coordination.

Mais dans les deux cas, on se heurte à la difficulté qu'ont les petites entreprises à assurer la préparation et le déroulement des chantiers et à en gérer les aléas d'une part, à l'absence d'expérience des maîtres d'ouvrage à ce niveau ainsi qu'à leur réticence, bien souvent, à ne pas traiter par lot séparé, à choisir très en amont les entreprises et à ne pas procéder à une mise en concurrence directe par appel d'offres d'autre part.

La diversité des profils d'entreprises qui font de la MOB ne favorise pas la typification des pratiques des maîtres d'ouvrage et les seuls points communs entre ces entreprises de la MOB, (exceptés quelques unes dont certains leaders), sont au niveau de l'absence de possibilités de prendre en charge de manière forte la gestion globale du processus, qui leur fait même courir le risque de ne pas avoir le contrôle du processus, au profit des bureaux d'études et concepteurs spécialisés notamment.

Selon l'étude : «MOB – leurs conditions de développement» de Mr Bonetti, L. Maghieri (Service Sciences Humaines, CSTB janvier 1984), « le domaine de la fabrication des MOB comprend principalement 3 catégories d'entreprises :

- les artisans,
- les industriels,
- et les constructeurs.

Bien que ces catégories ne soient pas totalement homogènes, elles présentent des caractéristiques semblables.

Les entreprises artisanales sont essentiellement des entreprises charpentières, elles représentaient en 1982 27 % du secteur, pour une production semble-t-il assez faible, limitée au secteur de l'habitat diffus. La MOB leur apparaît comme un produit répondant à leur besoin de diversification d'activités compte-tenu du déclin provoqué notamment par la concurrence des fermettes industrialisées. C'est donc un «nouveau créneau».

Mais cette nouveauté toute relative (...) se heurte au mode d'organisation artisanal qui limite le dynamisme du développement des MOB au sein de ces entreprises.

En effet la MOB remet en cause la connaissance empirique des charpentiers par la nécessité de calculer très précisément les sections du bois, même si les techniques utilisées font appel à un technicité traditionnelle.

D'autre part, prendre en charge la construction d'une MOB implique de traiter un produit global et non plus seulement une partie. Cela soulève des problèmes techniques pour lesquels des compétences extérieures sont nécessaires.

Par ailleurs la MOB entraîne des modifications structurelles des entreprises, notamment par le surcroît de travail «non directement productif» ; par la nécessité d'établir un prix qui tienne compte du temps réellement passé, mais surtout par la transformation du positionnement de l'entreprise. Celle-ci doit aller au devant de la commande et développer une démarche de type commercial pour laquelle elle n'est pas préparée.

Les industriels fabricants de composants MOB (PME entre 50 et 100 personnes) sont essentiellement des PMI souvent issues d'entreprises anciennes (commerce du bois, scieries, menuiseries, fermettes) où la condition du travail du bois s'est transmise sur plusieurs générations.

Ils fabriquent rarement plus de 500 maisons/an et pour la plupart le qualificatif industriel paraît abusif, il s'agirait plus de grosses entreprises artisanales rationalisées, dans la mesure où elles mettent en place des chaînes de fabrication, réalisent de petites séries et accroissent la division technique du travail. Mais elles modifient rarement leur organisation interne.

Rares sont celles qui ont introduit la fabrication de composants MOB sans être passées par la production de fermettes. Celle-ci constitue une étape nécessaire permettant à l'industriel maîtrisant cette technique de s'aventurer dans un champ connexe, d'établir son domaine d'activité en fabriquant un produit à plus forte valeur ajoutée.

Toutefois la définition des produits proposés par l'entreprise est conditionnée par son passé, par son potentiel «matériel» et humain. Il s'agit de valoriser soit une haute technicité de la main-d'œuvre soit un important investissement en machine. Donc selon leurs stratégies, les entreprises mettront sur le marché des produits spéciaux répondant à des demandes particulières étudiées «au coup par coup», ou des produits relativement standards et banalisés adaptés à des opérations groupées offrant peu de diversité.

«Bien que certains constructeurs de MOB soient apparus dès la fin des années 60, c'est au début des années 80 que leur poids est devenu important sur le marché. Ils proviennent principalement de deux domaines d'activités : les professionnels du bâtiment et les professionnels du bois.

«Les professionnels du bâtiment, pavillonneurs, avaient pour la plupart développé la fabrication des fermettes. Le passage à la MOB, par la fabrication de composants est lié à la volonté de baisser les coûts en diminuant la part du chantier ; d'effectuer un transfert des tâches du chantier à l'atelier. Ceci permet par ailleurs d'employer une main-d'œuvre moins qualifiée et de se dégager des aléas du chantier.

La part de la fabrication est la plus importante pour ce type de constructeurs. Ils s'attachent à produire des composants, avec le plus de produits incorporés, de manière à limiter les interventions des corps d'état sur le chantier. C'est dans ce type d'entreprises que l'on trouve la réflexion sur l'organisation la plus approfondie.

Les constructeurs issus des professionnels du bois, participent d'une logique quelque peu différente puisque c'est la maîtrise d'un savoir-faire bois qui a déterminé leur développement. Ils avaient comme objectif la valorisation de produits qu'ils fabriquaient déjà et la recherche de nouveaux débouchés. Aussi les techniques qu'ils utilisent laissent une part importante au chantier où travaille une main-d'œuvre souvent qualifiée».

«Il n'est pas sûr que la maîtrise de savoir-faire liée au bois, voire même des techniques spécifiques de l'ossature bois assurent aux entreprises une réelle maîtrise de leur développement, la maîtrise de l'organisation de la production et de la gestion de la main d'œuvre pouvant en fait s'avérer décisive à cet égard».

«La fabrication des MOB appelle un accroissement du rôle des bureaux d'étude et des méthodes, ce qui constitue une certaine rupture pour de nombreuses entreprises. On a constaté une résistance au renforcement du rôle de l'ingénierie, de la part notamment des chefs d'entreprises qui tiennent à conserver la maîtrise de l'organisation de la fabrication et craignent la concurrence des ingénieurs».

Il est intéressant de noter que sur l'ensemble de ces entreprises «60 % ont pour activité principale la construction de maisons à ossature bois ou de chalets.

Parmi leurs autres activités importantes, on peut citer :

- charpente,
- charpente-menuiserie,
- maçonnerie,
- etc.»

(D. Millereux, le marché de la MOB, bâtiment-bâtir, novembre 1982).

Un autre trait caractéristique des entreprises qui font de la MOB est l'absence de marketing qui a existé pendant longtemps et qui ne commence à être ressentie de façon plus générale comme une nécessité par cette profession que depuis un an ou deux.

Cette absence de marketing se ressent au niveau de la promotion commerciale de la MOB. A un an d'intervalle environ, deux organismes, le CATED et FRANCE PROMOBOIS CONSTRUCTION, ont mené une enquête, l'un auprès des constructeurs de MOB, l'autre auprès du grand public.

La mise en parallèle des résultats de ces deux enquêtes révèle le décalage qui existe entre l'argumentaire commercial développé par les constructeurs, et l'image de la MOB qu'a le grand public, même si l'écart dans le temps et la nature des questions ne permettent pas un rapprochement plus direct de ces deux enquêtes.

Argumentation de vente des Constructeurs de MOB (enquêtes CATED)		Avantages reconnus par le grand public à la MOB (enquête France Promobois Construction)	
1 - Rapidité d'exécution	71 %	60 %	(3) Rapidité d'exécution
2 - Confort thermique	64 %	70 %	(1) L'isolation thermique
3 - Rapport qualité/prix	54 %		
4 - Confort et style de vie	30 %	69 %	(2) Un intérieur plus confortable et chaleureux
		52 %	(4) L'architecture variée et régionale
5 - Qualité du matériau bois	19 %		

Source : Bois 2 000 n° 19 - Batimat 85

Source : Cahiers Techniques du Bâtiment n° 83 -  
septembre 1986

L'argumentaire de vente apparaît beaucoup plus porté sur la technique que sur la qualité architecturale et la qualité de la vie (confort, ambiance) qui sont les avantages reconnus de façon importante par le grand public, avec l'isolation thermique.

Ces chiffres reflètent la démarche très techniciste qui a prévalu au début des années 80 chez les professionnels de la MOB.

L'enquête de FRANCE PROMOBOIS CONSTRUCTION auprès du grand public fait également apparaître que plusieurs freins à l'utilisation du bois subsistent. En ce qui concerne la MOB, le bois lui-même est à l'origine de freins importants et qui sont par ordre :

- les risques plus grands d'incendie (pour 72 % des personnes interrogées),
- l'entretien du bois, considéré comme une corvée (59 %),
- le «travail» du bois qui fait craquer les maisons (34 %).

Par contre, l'isolation phonique, la fiabilité de la construction ne sont que peu cités parmi les freins recensés.

Pour garantir les qualités de la MOB, une Association «PROMOBOIS QUALITÉ» a été créée dont l'action s'est concrétisée en 1987 par la création de cinq labels de services (études techniques - pour les concepteurs, architectes, B.E.T. -, fabrication, mise en œuvre, fabrication et mise en œuvre - s'adressant aux artisans et PME qui construisent au moins 12 MOB/an -, construction - réservé aux constructeurs de maisons individuelles.

Par ailleurs, il existe un certificat de qualification agréé pour les éléments d'ossature bois : la marque CTB-OB, portant sur les propriétés mécaniques des éléments d'ossature, la qualité et la durabilité des matériaux utilisés, la fiabilité des liaisons internes (squelette bois, coût revêtement), la conformité de la réalisation des ouvrages avec les plans de fabrication et les prescriptions ou avis technique les concernant. Par contre, les caractéristiques d'étanchéité, d'isolation thermique et acoustique ne sont pas couvertes par le certificat CTB-OB, ce qui laisse un certain vide au niveau de la garantie de la qualité d'usage.

D'une façon générale, si ces aspects apportés par les labels et certificats sont importants pour la qualité et inciter à une plus grande rigueur professionnelle au niveau des entreprises, ils supposent aussi une meilleure maîtrise de la conception et du chantier.

Par ailleurs, la question d'une véritable offre sur le marché de la maison individuelle et la création d'une image de marque forte et valorisante restent posées comme condition d'un réel développement.

Autre exemple de la difficulté de ces professionnels à identifier et à répondre à la demande et à maîtriser le déroulement de l'opération : 65 % des entreprises enquêtées par le CATED en 1982 sur leur activité en 1980 ont indiqué faire appel à un architecte pour la conception de leur produit. Pourtant, force est de constater que les architectes ne disposent pas pour autant des éléments nécessaires à une véritable élaboration de produits, ni sur le plan programmatique, ni sur le plan technique bien souvent. La plupart des professionnels d'ailleurs déplore l'absence de prise en compte, des règles minimales de conception en ossature bois dans les opérations en MOB et constatent que bien souvent l'opération n'est pas adaptée à cette technique, tout simplement parce qu'elle a été conçue en fonction d'un autre procédé, la maçonnerie le plus souvent, d'où pénalisation économique et qualitative.

Un autre frein au développement des MOB est la tendance actuelle de leur donner l'apparence de la maison traditionnelle au lieu de développer une architecture et une image spécifique.

Le frein n'est pas seulement psychologique au niveau du grand public mais également économique : la maçonnerie extérieure, souvent utilisée, est coûteuse.

Enfin, il faut souligner le rôle de frein qu'a joué la diversité des techniques qui ont été développées

dans les années 80 et qui n'a pas favorisé la généralisation des expériences ni permis d'acquérir un savoir-faire collectif aux professionnels de la MOB comme aux maîtres d'ouvrage et aux concepteurs.

#### o Les techniques

La diversité des procédés de construction en ossature bois qui existent dans le monde est extrême, depuis la construction totale du bâtiment sur le site à partir d'éléments achetés dans le réseau de négoce jusqu'à la pose sur chantier d'éléments livrés entièrement finis en usine permettant une utilisation quasi immédiate de la construction.

L'explication en est que le choix de tel ou tel procédé n'est pas un choix technique en soi, mais dépend de l'organisation sociale de la production.

A cet égard, la France est certainement le pays où la plus grande diversité de procédés existe, reflet à la fois de l'absence de cohérence et de l'hétérogénéité de la « filière bois » et du fait que l'élément moteur du développement de la MOB a été plus externe qu'interne et que, pour un bon nombre, des procédés ont été inventés par des concepteurs ayant une démarche technique, ou cherchant à reproduire directement tel ou tel procédé observé à l'étranger.

La seule chance de compétitivité des MOB en France a été saisie par ceux qui ont su séparer ce qui doit être fabriqué en atelier de ce qui doit se réaliser sur le chantier et développer une technique simple sur ces bases.

Le bilan et la compréhension du développement de la MOB dans les pays étrangers où elle est utilisée n'ont pas été faits réellement. Force est de constater d'ailleurs que des organismes étrangers implantés en France, comme COFI (Council of Forest Industries of British Columbia) ou le Conseil des Bois de Suède et de Finlande sont parmi ceux qui ont le mieux maîtrisé et promu la MOB en France à son démarrage.

En France, la technique la plus utilisée en ossature bois légère est le panneau, fabriqué en atelier et posé sur le chantier, dans 95 % des constructions en bois en 1980 d'après les résultats de l'enquête du CATED en 1982.

Il s'agit généralement de panneaux ouverts, c'est-à-dire dont au moins un des parements est mis en place sur le chantier une fois que les panneaux sont assemblés entre eux.

L'utilisation de panneaux fermés, c'est-à-dire livrés sur le chantier munis de leurs parements intérieur et extérieur et avec leurs éléments de second-œuvre intégrés s'ils en comportent (l'isolation, voire les réseaux électriques), est un procédé moins fréquent que le panneau ouvert et qui comporte certaines contraintes :

- protections,
- précautions à la manutention et à la pose pour ne pas abîmer le parement,
- mode de fixation des panneaux particulier et plus difficile puisque le panneau est fermé, etc

La dimension des panneaux est limitée par la manœuvrabilité : 1,20 m couramment, voire 1,50 m à 1,80 m pour la largeur, sur une hauteur d'étage. Les panneaux de grande dimension, qui sont levés à la grue, sont rares.

Le principe de la fabrication d'éléments finis en atelier a été poussée à l'extrême par l'entreprise

HOUOT, située dans les Vosges : HOUOT fabrique en usine des modules tri-dimensionnels de 3 m x 11 m environ et d'une hauteur d'étage, entièrement finis et équipés, qui sont transportés par semi-remorques et posés à la grue sur le chantier, puis assemblés entre eux. Selon l'enquête du CATED, les modules tri-dimensionnels représentent, en 1980, 5 % des constructions en bois.

Aux États-Unis et au Canada, la technique dominante est le « pré-cut » : les structures sont réalisées directement sur le chantier par le charpentier à partir des débits et panneaux standardisés du négoce. Les opérations de taillage sont réduites au minimum nécessaire grâce à des plans d'exécution qui utilisent au maximum des éléments standardisés.

Le « pré-cut » permet une très grande souplesse pour la conception architecturale.

Il faut souligner les nettes différences qui existent entre la France et les Pays d'Amérique du Nord et qui expliquent cette prédominance du « pré-cut ».

Une analyse comparative avec la filière « construction » française, faite par Marie Alice Lallemand-Flucher et Michel Platzler (le Moniteur du 11 mai 1984) souligne les particularités du marché du logement, du système financier et de l'exploitation forestière au Canada et montre qu'en opposition à la « filière bois » française, largement éclatée, la filière canadienne apparaît singulièrement courte et asymétrique :

- d'un côté des industries lourdes de haute technicité et à forte productivité,
- de l'autre un artisanat très spécialisé par technique et par corps d'état.

On constate également une très grande unité des principes de construction :

- unité dans la qualité et les sections des bois,
- unité dans le processus du montage ainsi que dans la conception des assemblages.

Sur le plan de l'expression architecturale et sur celui de la compétitivité économique du « pré-cut », Monsieur Alain Comparot, Gérant de GIPEN — Groupement de fabricants qui se situe parmi les leaders de la MOB en France — suite aux voyages qu'il a effectués aux USA et au Canada, nous a fait part de ses observations au cours d'un entretien mi 1988.

Le « pré-cut » demande une main d'œuvre qualifiée. Une bonne formation de la main d'œuvre est nécessaire pour entraîner un automatisme dans le travail.

Soulignant préalablement l'importance du contexte et des mentalités qui sont favorables au « pré-cut », il observe que l'avantage dont bénéficie ce procédé est plus dans une finition adaptée et de qualité qui respecte et exploite les imperfections et les particularités de la technique, qu'au niveau économique.

Le marquage des joints notamment, au lieu d'essayer de les cacher, est parmi les caractéristiques particulières de l'esthétique adaptée des MOB nord-américaines.

Au niveau des coûts, Monsieur Comparot rappelle tout d'abord que la compétitivité économique de la MOB se pose différemment puisqu'elle est la technique dominante issue de ce contexte particulier et estime que l'intérêt économique du « pré-cut » reste minime, la main d'œuvre étant chère car qualifiée, et le nombre d'heures de travail consommées sur le chantier est élevé. Par ailleurs, au niveau du matériel, si l'outillage nécessaire (marteau, scie, ...) engendre effectivement un coût matériel faible, il ne faut pas négliger le coût du matériel particulier utilisé sur les chantiers nord-américains, comme la voiture-atelier spécialement aménagée — avec fréquemment échafaudage et plateforme de travail intégrés — à l'américaine.

Selon Monsieur Comparot, aux USA et au Canada, l'évolution va certainement se faire vers le panneau en « usine », tout du moins pour certains types de bâtiments comme la maison individuelle.

## • LE PRIX DE CONSTRUCTION

### o Difficultés de l'observation des prix

L'observation du prix puis de la compétitivité économique des structures en ossature bois est difficile à faire sans observer préalablement le prix de construction d'une M.O.B., en raison de l'interdépendance des différents corps d'état traditionnels tant au niveau des matériaux qu'au niveau de la main d'œuvre et de sa productivité. La difficulté est plus grande que pour la maison traditionnelle en maçonnerie — la référence étant le parpaing — dont on peut beaucoup plus simplement décomposer le prix en ses différents paramètres économiques, selon des corps d'état (et des matériaux) bien dissociés au niveau constructif comme du chantier, pour mettre en évidence la formation du prix de la structure, ses variations et les règles de base d'une bonne compétitivité.

La difficulté dans le cas de la M.O.B. est en plus accrue par la diversité des techniques employées, par les particularités de chaque opération — et de chaque entreprise — qui posent des problèmes de relativisation et d'interprétation de l'information. Le caractère marginal de cette technique et la diversité des profils d'entreprise qui l'accompagne se traduisent par l'absence de prix moyen servant de référence et par l'absence de concurrence interne à la technique ossature bois. La référence est en fait externe : le parpaing — ou le béton dans certains cas — au niveau procédé de construction, le Prix de Référence au niveau du prix de l'opération, puisque la plupart des opérations a été des opérations de logements — dont une grande partie faite par la SCIC qui a dépassé 1.000 M.O.B. en 1983 — pour lesquels il faut « rentrer » dans le Prix de Référence, ce qui n'est pas sans incidence sur la formation des prix et sur les prestations des opérations observées.

La diversité des types d'entreprises se traduit également par des différences importantes de présentation de l'information sur la décomposition des prix, notamment au niveau des travaux sous-traités et de la part Frais + Marge. Ceci est lié à la taille de l'entreprise (artisanale, p.m.e., ...) et à son activité (pose, fabricant poseur, maison sur catalogue, ...). L'information que nous avons pu récolter, tant par le biais d'enquêtes sur chantier et d'entretiens avec des dirigeants d'entreprise que dans les publications et la presse professionnelle, est donc extrêmement diverse.

Les informations économiques à partir desquelles nous avons travaillé proviennent pour l'essentiel de deux leaders de l'ossature bois et d'une étude du CSTB faisant le bilan de réalisations expérimentales et le bilan d'autres opérations faites par la SCIC : M. Gérard MELCHIOR, Ingénieur au CSTB ; M. Roger SULTANA, Architecte au CSTB ; Structure et Coûts des Maisons à Ossature Bois comparés aux autres types de construction ; Études et Recherches n° 241, Juillet-Août 1983. CSTB.

Ces informations qui couvrent une somme d'expériences large, ont servi à étayer le constat. La plupart des autres informations obtenues sur chantier ou relevées dans la presse professionnelle n'a pas pu être exploitée en raison de l'absence de précision accompagnant l'information et, parfois, de son caractère aléatoire. Cependant, ces informations ne contredisent pas le constat qui est fait.

### o Le prix de construction d'une M.O.B.

La M.O.B. est présente sur des marchés de prestations - et donc de prix - nettement différents : de la maison individuelle « économique », jusqu'à la villa « haut de gamme ».

Une grande partie des M.O.B. construites se situe au niveau des prix et prestations « HLM » habituels en traditionnel, voire moins (sauf au niveau de l'isolation où les prestations y restent généralement bonnes avec des coefficients K annoncés qui sont performants). Ce sont surtout quelques constructeurs de maisons sur catalogue, dont LA MAISON ÉVOLUTIVE, qui a d'ailleurs arrêté son activité ossature bois en 1987, et des maîtres d'ouvrages sociaux, dont la SCIC —



ces derniers étant souvent vivement incités par les avantages apportés pour favoriser le montage d'opérations M.O.B. (financement, etc, ...) — qui ont développé cette présence de l'ossature bois sur les marchés de la maison individuelle «économique» et «HLM». Cette présence reflète-t-elle une compétitivité économique de l'ossature bois, et jusqu'où ?

Les prix dont nous avons étudié la décomposition sont, pour certains, parmi les plus bas qui existent dans la maison individuelle :

- 2 700 Frs HT/m<sup>2</sup> habitable (prix de vente). valeur juin 1988 - pour des modèles sur catalogue ;
- 3 400 Frs HT/m<sup>2</sup> habitable en valeur actualisée juin 1988 (2 500 Frs HT/m<sup>2</sup> habitable (96% du prix de référence) - valeur 1982) - pour des opérations expérimentales PLA suivies par le CSTB.

La décomposition de ces prix est donnée dans les tableaux n<sup>o</sup> 1 à 11.

Elle montre, en premier examen, que l'ossature bois (panneaux + charpente) représente dans certains cas une part effectivement assez réduite du prix total, en valeur relative (% du prix) et en valeur réelle (Frs HT/m<sup>2</sup> habitable), mais qu'elle n'apporte pas de gain économique significatif comparé à la maçonnerie traditionnelle de parpaing. Dans d'autres cas, elle apparaît nettement plus chère.

On doit nuancer ce constat général en fonction des cas étudiés et quelques précisions complémentaires sont faites en fonction du degré de détail de l'information donnée sur ces cas, notamment pour tenir compte de l'incidence de la conception et des prestations sur ces prix ainsi que de l'interdépendance technique et économique de certains postes (isolation, plaque de plâtre, etc ...) et de l'affectation réelle des heures de main d'œuvre (main d'œuvre polyvalente, redéfinition des corps d'état, ...).

En raison des différences très importantes dans la précision des informations et des renseignements complémentaires qui les accompagnent, nous ne les avons pas étudiées sur le même plan ni fait de comparaison directe d'un cas à l'autre sur tel ou tel aspect. Les informations sont observées, source d'information par source d'information, en commençant par les informations d'ordre global données par le CSTB. Le constat général est ensuite affiné sur les observations plus précises obtenues sur chantier et auprès de leaders de la M.O.B., et qui concernent des maisons sur catalogue.

Le constat général que la compétitivité économique de l'ossature bois — en tout cas dans le logement et essentiellement la maison individuelle — est potentiellement égale mais pas supérieure à la maçonnerie traditionnelle de parpaing est cependant reconnu aujourd'hui par la plupart des professionnels de l'ossature bois (BET, fabricants, entreprises de pose, constructeurs de maisons sur catalogue) dont beaucoup dénoncent l'idée que la M.O.B. permet de construire moins cher. A ce refus par réalisme économique s'ajoute l'inquiétude sur le plan commercial d'associer la M.O.B. à l'image de maison (trop) bon marché : «la M.O.B. permet de construire autre chose autrement avec qualité. Il faut évaluer la performance à ce niveau et ne pas perpétuer le mythe d'une baisse du prix de construction grâce à la M.O.B. qui a été fortement avancé surtout par des professionnels extérieurs à l'ossature bois, des maîtres d'ouvrage sociaux notamment, qui ont essayé de faire de la M.O.B. une réponse à leurs propres problèmes économiques» nous ont expliqué des professionnels importants de l'ossature bois. «Bien évidemment nous n'avons pas boudé ces marchés et nous y avons répondu, parfois en contribuant à ce mythe, mais la plupart des leaders a cherché parallèlement des créneaux plus réalistes, plus simples, plus rentables, ... et plus stables».

Une première information économique de caractère global est donnée par l'étude du CSTB de 38 opérations du secteur aidé (PLA, PAP, PC) de la SCIC. L'étude concerne la décomposition des prix suivant les techniques. Elle accrédite ce constat que la compétitivité de la M.O.B. est au mieux égale au traditionnel.

TABLEAU N° 1 : DÉCOMPOSITION DES PRIX SUIVANT LES TECHNIQUES

MAISONS TRADITIONNELLES		MAISONS OSSATURE BOIS (SCIC)	
I	II	III	IV
43	53	20,5	20,5
GROS ŒUVRE		GROS ŒUVRE MAÇONNERIE ENDUITS ET REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS	
10		12	
PLÂTRERIE		CLOISONS ISOLATION PLAQUES DE PLÂTRE	
15	15	26,5	51,5
TOITURE		STRUCTURE BOIS CHARPENTE	
12		9,5	9,5
MENUISERIE SERRURERIE		COUVERTURE	MENUISERIE SERRURERIE
3,5	32	13	9,5
CARRELAGES-REVÊTEMENTS		MENUISERIE SERRURERIE	COUVERTURE
4		18,5	18,5
PLOMBERIE SANITAIRE		d° TRADI	
3			
ÉLECTRICITÉ			
5			
PEINTURE			
4,5			
CHAUFFAGE			

} PART BOIS

Source : «Structure des coûts des maisons à ossature bois comparés aux autres types de constructions». M. Gérard MELCHIOR, Ingénieur au CSTB, M. Roger SULTANA, Architecte au CSTB ; Etudes et Recherches n° 241, Juillet-Août 1983. CSTB.

Il faut souligner avant de les commenter que ce tableau donne des valeurs relatives – en pourcentage du prix – et non les prix eux-mêmes. Le commentaire sur les prix réels, qui sont les plus importants, n'est donc pas possible.

Le CSTB constate l'équivalence du prix des corps d'état secondaires entre une maison en traditionnel et une M.O.B., qui est de l'ordre de 32 %. Nous pouvons estimer que le prix de la charpente et celui de la couverture sont également les mêmes dans les deux cas et la structure des coûts de construction apparaît alors sensiblement identique dans le tableau du CSTB entre une M.O.B. et une maison en traditionnel.

Le prix de la structure bois + charpente représente 26,5 % du prix de construction des M.O.B. de la SCIC étudiées par le CSTB. Dans la mesure où le prix des travaux de charpente-couverture est a priori le même pour une maison en gros œuvre traditionnel et pour une M.O.B., la charpente de la toiture y représente donc 5,5 % (toiture de maison traditionnelle : 15 % – couverture M.O.B. : 9,5 %). Le prix de la structure bois est alors de l'ordre de 21 % dans la décomposition donnée par le CSTB. Reste à savoir si les prix réels confirment cette équivalence. Malheureusement, le CSTB ne commente pas cette décomposition des prix sur le plan de la compétitivité économique de la M.O.B. et ne fournit donc pas de renseignement complémentaire sur le prix lui-même, les surfaces, les prestations, les plans des opérations, etc, permettant d'approfondir ce constat.

TABLEAU N° 2 : CARACTÉRISTIQUES D'OPÉRATIONS EXPÉRIMENTALES EN OSSATURE BOIS SUIVIES PAR LE CSTB

Solutions techniques retenues dans les projets définitifs

OPERATIONS	A	B	C	D	E	F	G
OSSATURES	Ossature bois de petite section (technique américaine)	Panneau d'ossature avec voile de contreventement extérieur en contreplaqué	d° B	d° B	Pignons blocs ciment Façade ossature légère bois	d° B	Ossature poteaux poutres
REVETEMENTS EXTERIEURS	Clins bois	Bardage en petits éléments bois, terre cuite et aussi amiant-ciment	Utilisation de panneaux pare de bois en chêne et briques locales, enduits sur grillage	Red Cedar Enduits sur grillage	Bardage bois	Bardage bois Enduit de parement plastique	Clins bois
ESSENCES UTILISEES	Pin maritime Sapin du Nord	Sapin rouge du Nord Contreplaqué CTB-X Pin des Landes Clins en Red Cedar	Sapin rouge du Nord Chêne	Sapin Red Cedar Contreplaqué pin des Landes	Sapin de l'Est Red Cedar	Pin (ossature, bardage et menuiserie)	Pin des Landes
PLANCHERS	Panneaux d'aggloméré sur solivage	Plancher Nail Web	d° B	d° B	Maçonnerie	Panneaux CTB-H sur solives bois	Panneaux agglomérés sur solivage

Surface (\*) et rendement du plan

	A	B	C	D	E	F	G
Surface moyenne habitable	105,4	80,7	87,9	87,8	99,5	92,3	85,5
Surface moyenne hors œuvre	147,6	96,9	117,7	108,4	120,3	105,1	-
Surface moyenne des annexes	33,2	16,4	34,2	43,0	56,7	36,9	23,8
Rendement du plan SH/SO	0,71	0,83	0,75	0,81	0,83	0,88	-

(\*) Les surfaces concernant le logement moyen de l'opération

Situation des prix marchés et des prix de référence (PLA)

	A	B	C	D	E	F	G
Prix de référence PLA (F/m <sup>2</sup> de surface habitable) Valeur 1982 TTC	PAP	3 144	3 422	3 614	3 450	3 060	3 117
Prix de marchés (F/m <sup>2</sup> de surface habitable) Valeur 1982 TTC	4 099	3 035	3 292	3 785	3 504	2 959	3 086
Rapport prix de marche/prix de référence PLA (%)	-	96,5	96,2	104,7	101,5	96,7	99
Rendement de plan (SH/SO)	0,71	0,83	0,75	0,81	0,83	0,88	-

Recapitulatif du pourcentage de la part bois

	A	B	C	D	E	F	G
Montant part bois (% coût opération)	41,5	42,6	37,5	34,1	37,8	50,3	51,5
Montant en F/m <sup>2</sup> surface habitable	1 413	1 293	1 237	1 290	1 382	1 490	1 588
Ventilation : (F/m <sup>2</sup> surface habitable)							
- Ossature	1 124	1 048		993	909	1 001	839
- Charpente - Panneaux			1 022				
- Menuiseries extérieures	69	91		157	228	263	
- Fermetures	102	-	-	54	109	106	749
- Menuiseries intérieures	118	154	215	86	136	120	

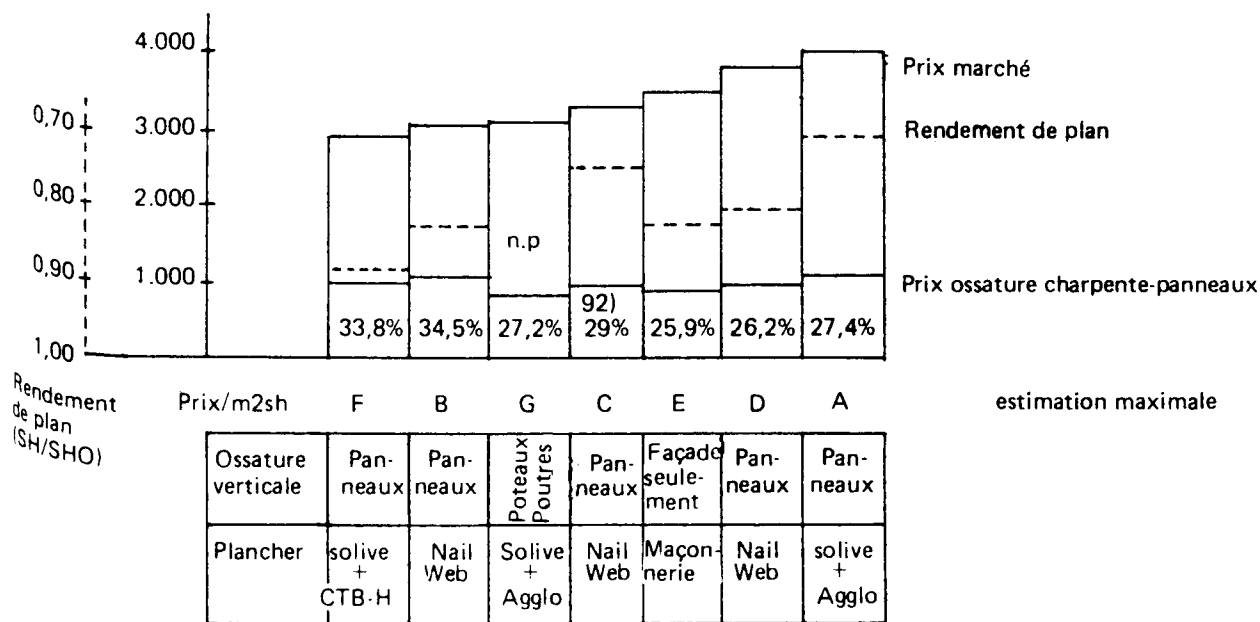
Source : «Structure des coûts des maisons à Ossature bois comparés aux autres type de constructions» ; Gérard Melchior, Ingénieur au CSTB ; Roger Suitana, Architecte au CSTB ; Etudes et Recherches n° 241, Juillet-Août 1983 - CSTB.

Les informations apportées par l'autre partie de l'étude du CSTB concernant le bilan d'opérations expérimentales permettent une observation un peu plus fine. Ces opérations «comportent en moyenne un peu plus de vingt logements qui, en général, sont de quatre ou cinq pièces. La répartition géographique au plan national est relativement bonne, compte tenu de la taille de l'échantillon», explique le CSTB. L'essentiel de ces informations est donné dans le tableau n° 2 et les informations économiques sur la partie bois sont étudiées dans les tableaux n° 3 et 10.

Le prix de l'ossature charpente-panneaux varie entre environ 700 F HT et 950 F HT/m<sup>2</sup> habitable – valeur 1982 – et représente environ 26 % à 35 % du prix. Comparé à l'évaluation précédente dans les opérations de la SCIC, la fourchette est donc plus large.

Il faut cependant ressituer ces valeurs en fonction du prix total, du rendement de plan, des matériaux utilisés, notamment en plancher (le bardage extérieur ne semblant pas être inclus dans ces prix). Pour cela, nous les avons comparés en valeur réelle dans le tableau n°3.

TABLEAU N° 3



Les variations du prix/m<sup>2</sup> habitable de ces opérations ne sont pas dues, ou faiblement, aux variations du prix de l'ossature charpente-panneaux et s'expliquent donc par les autres prestations. La proportion du prix de l'ossature charpente-panneaux a une signification relative, les valeurs les plus élevées (34 - 35 %) étant liées aux prix de construction les plus bas (opérations B et F). Pour les autres opérations, le prix de l'ossature charpente-panneaux représente le plus souvent 26 % à 27 % donc assez proche des 26,5 % observés par le CSTB sur les opérations de la SCIC.

Les variations du rendement de plan, quant à elles, sont importantes : 0,71 à 0,88 mais ne semblent pas avoir d'incidence directe sur le prix de la structure. L'absence d'information précise et de plan concernant ces opérations ne permet pas de conclure. Deux informations données par le CSTB permettent de comprendre en quoi l'impact du rendement de plan sur le prix de la structure est minimisé :

« Les surfaces habitables dépassent en moyenne de près de 20 % les surfaces minimales réglementaires.

Les opérations comprennent également des surfaces annexes à destinations diverses : garage, abri de voitures ou parking, serre ou jardin d'hiver, cellier, atelier, ... qui, en moyenne, dépassent 30 m<sup>2</sup>».

« Le rapport prix de marchés/prix de référence varie de 96,2 à 104,7 %, la moyenne se situant à 99,6 %.

Il est à noter que les deux opérations les moins chères correspondent bien aux rendements les plus élevés. Cependant, l'échelonnement des projets ne permet pas d'en faire une règle générale et le poids des annexes intervient de façon sensible dans ce type de classement. Ainsi, les deux opérations citées ont également des surfaces d'annexes les moins importantes».

L'observation de l'incidence du rendement de plan sur le prix de la structure bois est donc limitée dans la mesure où ce rendement ne concerne pas uniquement ce qui est surtout en rapport avec la structure, c'est à dire le logement. D'autre part, il s'agit en général de logements de 4 et 5 pièces pour des surfaces habitables moyennes variant entre 81 m<sup>2</sup> et 105 m<sup>2</sup> ce qui est assez élevé pour ce type de logement et fausse l'observation d'un cas à l'autre, puisque — comme pour tout procédé de construction — le prix de la structure n'est pas directement proportionnel à l'accroissement du nombre de m<sup>2</sup> et qu'il y a au contraire une optimisation tendancielle du prix de la structure au fur et à mesure que la surface du logement s'accroît. Les surfaces rapportées au logement moyen de chaque opération sont en général relativement importantes.

L'incidence des matériaux utilisés sur le prix est elle aussi difficile à observer à partir des informations fournies par le CSTB. En ce qui concerne le plancher, il n'y a pas de répercussion sensible du type de plancher sur le prix de ces opérations, mais l'absence d'information ne permet pas de l'expliquer.

Les informations obtenues auprès des deux leaders de la M.O.B. sur la décomposition du prix de maisons sur catalogue permettent une explication plus précise de ces tendances générales. La décomposition que nous donnons dans les tableaux n<sup>o</sup> 4 à 9 fait apparaître distinctement les déboursés de production propre (matériaux - main d'œuvre) et les déboursés de sous traitance pour les différents corps d'état d'un côté et, de l'autre, la part Frais + Marge sur l'ensemble de la maison.

La part Frais + Marge est de 28,5 % chez l'un des constructeurs et de 35 % environ chez l'autre. Cette part couvre non seulement ce qui est propre à la construction, mais aussi ce qui concerne la commercialisation des maisons. Il n'est pas possible de mettre en rapport ce qui relève de l'un et de l'autre.

Selon que l'on observe la décomposition du prix de construction avec ou sans cette part Frais + Marge, la valeur des postes économiques est assez différente.

Ainsi, la part ossature bois - panneaux (avec isolation et menuiseries extérieures) + charpente - représentée :

- en déboursé c'est à dire hors Frais + Marge environ : 800 F HT/m<sup>2</sup> habitable à 1 500 F HT/m<sup>2</sup> habitable et environ 31 % à 37 % du prix de vente HT ;
- en prix de vente c'est à dire en majorant le prix des déboursés par le coefficient de la part Frais + Marge calculé sur l'ensemble de la maison (coef. 1,4) : 1.100 F HT/m<sup>2</sup> habitable à 2.100 F HT/m<sup>2</sup> habitable et 43 % à 52 % du prix de vente HT.

TABLEAU N° 4

DECOMPOSITION DU PRIX DE M.O.B. SUR CATALOGUE

	MODELE N° 1															
	3 Pieces - 60 m <sup>2</sup> s.h.				3/4 Pieces 60m <sup>2</sup> sh (70,5m <sup>2</sup> sh)				6 Pieces - 84,5 m <sup>2</sup> sh							
	R + 0 CP (17°) 60 m <sup>2</sup> sh + 0		R + 0 CP (35°) 60m <sup>2</sup> sh 0		R + C CAA (35°) 60 m <sup>2</sup> sh + (10,5 m <sup>2</sup> )		R + C CA (45°) 60m <sup>2</sup> sh + 24 m <sup>2</sup> sh									
	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose				
1. DALLE (ST)	7,8%	10,9%	-	-	7,5%	10,5%	-	-	6,3%	8,8%	-	-	5,4%	7,6%	-	-
2. OSSATURE BOIS (panneaux, charpente, menuiseries exterieure)	25,8%	36,0%	5,6%	7,8%	25,9%	36,3%	5,7%	8 %	28,5%	39,9%	6,4%	9 %	25,3%	35,4%	5,9%	8,3%
3. MENUISERIES INTERIEURES DOUBLAGE, PLAFOND, (ST) ISOLATION PLAFOND	9,0%	12,6%	-	-	8,7%	12,2%	-	-	7,3%	10,2%	-	-	9,7%	13,6%	-	-
4. ELECTRICITE	1,7%	2,4%	-	-	1,8%	2,6%	-	-	1,5%	2,1%	-	-	1,7%	2,4%	-	-
5. V.M.C.	0,2%	0,3%	1,4%	2 %	0,2%	0,3%	1,4%	2 %	0,2%	0,3%	1,2%	1,7%	0,2%	0,3%	1,2%	1,7%
6. CHAUFFAGE	0,7%	1,0%	-	-	0,6%	0,8%	-	-	0,5%	0,7%	-	-	0,8%	1,1%	-	-
7. COUVERTURE (ST)	4,2%	5,9%	-	-	4,7%	6,6%	-	-	3,9%	5,5%	-	-	3,9%	5,5%	-	-
8. PLOMBERIE SANITAIRE - E.C.S.	3,0%	4,2%	2 %	2,8%	2,8%	3,9%	1,91%	2,6%	2,4%	3,3%	1,6	2,2%	2,8%	3,9%	1,6%	2,2%
9. CARRELAGE (ST) FAIENCE - CHAPE	3,5%	4,9%	-	-	3,3%	4,6%	-	-	2,8%	3,9%	-	-	2,6%	3,6%	-	-
10. PEINTURE (ST) EXTERIEURE	1,4%	2,0%	-	-	1,3%	1,8%	-	-	1,1%	1,6%	-	-	0,9%	1,3%	-	-
11. REVETEMENT EXTERIEUR	3,1%	4,3%	2,1%	2,9%	3,3%	4,6%	2,3%	3,2%	2,7%	3,8%	1,9%	2,7%	2,4%	3,4%	1,8%	2,6%
12. ESCALIER	-	-	-	-	-	-	-	-	2,7%	3,8%	0,4%	0,5%	2,3%	3,2%	0,3%	0,4%
13. VELUX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2%	3,1%	0,4%	0,5%
TOTAL DES DEBOURSES	PP 34,5%	48,2%	11,1%	15,5%	34,6%	48,5%	11,3%	16,8%	38,5%	53,9%	11,5%	16,1%	37,7%	52,8%	11,2%	15,7%
	ST 25,9%	36,3%			25,5%	35,7%			21,4%	30,0%			22,5%	31,5%		
	T 60,4%	84,5%			60,1%	84,2%			59,9%	83,9%			60,2%	84,3%		
		71,5%			71,4%				71,4%				71,4%			
		(100%)			(100%)				(100%)				(100%)			
FRAIS ET MARGE		28,5 %			28,6 %				28,6 %				28,6 %			
PRIX HT/M <sup>2</sup> HABITABLE		3 500 F 100 %			3 650 F 100 %				4 330 F (3 690 F-1) 100 %				3 600 F 100 %			

CP : Combles perdus - CAA : Combles à aménager - CA : Combles aménagés - (17°) : Pente de la toiture - (ST) : Travaux sous-traités - P.P. : Production propre

Source : 2 leaders de l'ossature bois

Valeur : Juin 1987

- 1 - Surface à aménager comprise

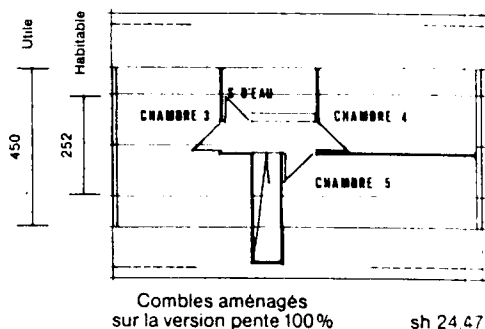
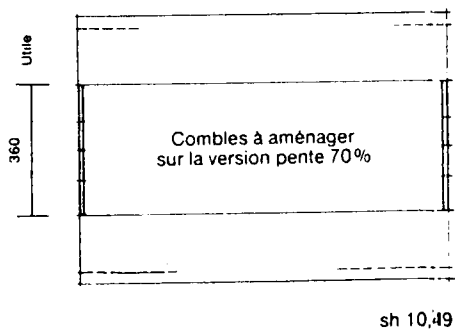
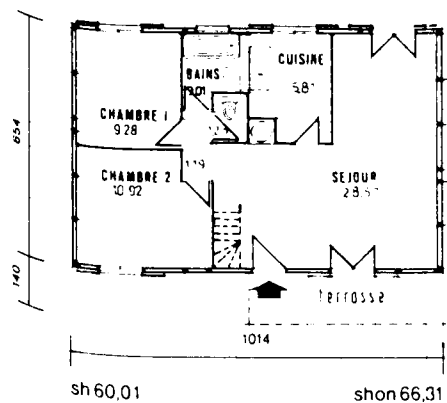


TABLEAU N° 5

DECOMPOSITION DU PRIX DE M.O.B. SUR CATALOGUE

	MODELE N° 2															
	4 Pieces - 75,5 m2 sh.						4/5 Pieces 75,5 m2 sh (96,1 m2 sh)			7 Pieces - 110,8 m2 sh						
	R + 0		CP (17°)		R + 0		CP (35°)		R + C		CAA (35°)		R + C		CA (45°)	
	75,5 m2 sh + 0		75,5 m2 sh + 0		75,5 m2 sh + 0		75,5 m2 sh + (20,6 m2)		75,5 m2 sh + 35,3 m2 sh		75,5 m2 sh + 35,3 m2 sh		75,5 m2 sh + 35,3 m2 sh		75,5 m2 sh + 35,3 m2 sh	
	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose	Fournitures	Main d'œuvre de pose		
1. DALLE (ST)	7,8%	10,9%	-	-	7,6%	10,7%	-	-	6,4%	9%	-	-	5,5%	7,7%	-	
2. OSSATURE BOIS (panneaux, charpente, menuiseries extérieure)	25,7%	36%	5,1%	7,1%	25,8%	36,1%	5,1%	7,2%	28,8%	40,3%	5,6%	7,6%	25,9%	36,3%	5,2%	7,3%
3. MENUISERIES INTERIEURES, DOUBLAGE, PLAFOND, (ST) ISOLATION PLAFOND	10,0%	14%	-	-	9,6%	13,4%	-	-	8,1%	11,3%	-	-	10,1%	14,1%	-	-
4. ELECTRICITE	1,6%	2,2%	-	-	1,6%	2,2%	-	-	1,5%	2,1%	-	-	1,7%	2,4%	-	-
5. V.M.C.	0,2%	0,3%	1,3%	1,8%	0,2%	0,3%	1,3%	1,8%	0,2%	0,3%	1,1%	1,6%	0,2%	0,3%	1,1%	1,6%
6. CHAUFFAGE	0,6%	0,8%	-	-	0,6%	0,8%	-	-	0,5%	0,7%	-	-	0,7%	1%	-	-
7. COUVERTURE	4,5%	6,3%	-	-	5,1%	7,1%	-	-	4,3%	6%	-	-	4,3%	6%	-	-
8. PLOMBERIE SANITAIRE - E.C.S.	2,7%	3,8%	1,8%	2,5%	2,6%	3,7%	1,7%	2,4%	2,2%	3,1%	1,5%	2,5%	2,8%	3,9%	1,4%	2%
9. CARRELAGE FAIENCE - CHAPE (ST)	3,5%	4,9%	-	-	3,4%	4,8%	-	-	2,8%	3,9%	-	-	2,6%	3,6%	-	-
10. PEINTURE (ST) EXTERIEURE	1,4%	2%	-	-	1,3%	1,8%	-	-	1,1%	1,6%	-	-	0,9%	1,3%	-	-
11. REVETEMENT EXTERIEUR (RPE)	3,1%	4,4%	2,1%	2,9%	3,2%	4,5%	2,3%	3,2%	2,7%	3,8%	1,9%	2,7%	2,4%	3,4%	1,8%	2,5%
12. ESCALIER	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4%	3,4%	0,3%	0,4%	2,1%	2,9%	0,3%	0,4%
13. VELUX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2%	2,8%	0,4%	0,5%
TOTAL DES DEBOURSES	PP 33,9%	ST 47,5%	10,3%	14,4%	34,0%	47,6%	10,4%	14,6%	38,3%	53,6%	10,4%	14,6%	37,8%	53,0%	10,2%	14,3%
	T 27,2%	38,1%	-	-	27,0%	37,8%	-	-	22,7%	31,8%	-	-	23,4%	32,7%	-	-
	61,1%	85,6%	-	-	61,0%	85,4%	-	-	61,0%	85,4%	-	-	61,2%	85,7%	-	-
		71,4%			71,4%			71,4%					71,4%			
		(100%)			(100%)			(100%)					(100%)			
FRAIS ET MARGE		28,6%			28,6%			28,6%					28,6%			
PRIX HT/M2 HABITABLE		3 080 F			3 190 F			3 790 F (2 980 F) -1-					3 030 F			
		100%			100%			100%					100%			

CP : Combles perdus - CAA : Combles à aménager - CA : Combles aménagés - (17°) Pente de la toiture - (ST) : Travaux sous traités - PP : Production propre

Source : 2 leaders de l'ossature bois

Valeur : Juin 1987

- 1 - Surface à aménager comprise

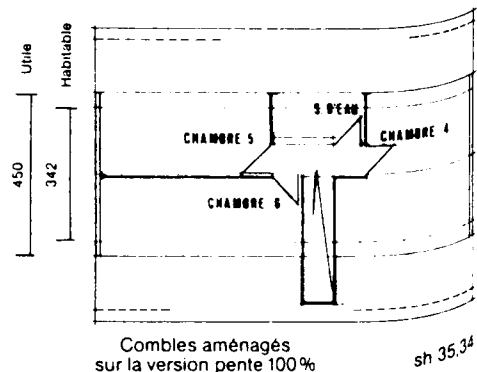
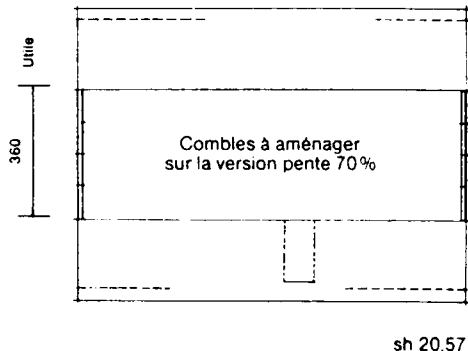
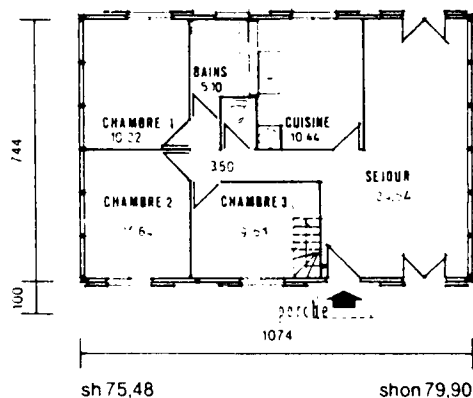


TABLEAU N° 3

DECOMPOSITION DU PRIX DE M.O.B. SUR CATALOGUE

MODELE N° 3																
4 Pieces - 90 m <sup>2</sup> s.h				4/5 Pieces 90m <sup>2</sup> sh (112,6m <sup>2</sup> sh)				7 Pieces - 137 m <sup>2</sup> s.h								
R + 0 CP (17°)		R + 0 CP (35°)		R + C CAA (35°)		R + C CA (45°)										
90 m <sup>2</sup> sh + 0		90 m <sup>2</sup> sh + 0		90 m <sup>2</sup> sh + (32,6 m <sup>2</sup> )			90 m <sup>2</sup> sh + 47 m <sup>2</sup> sh									
Fournitures		Main d'œuvre de pose		Fournitures		Main d'œuvre de pose		Fournitures		Main d'œuvre de pose						
1. DALLE (ST)	8,3%	11,6%	-	8,0%	11,2%	-	6,8%	9,5%	-	5,8%	8,1%	-				
2. OSSATURE BOIS (panneaux, charpente, menuiseries extérieure)	25,1%	35,1%	4,9%	6,9%	25,3%	35,4%	4,9%	6,8%	28,4%	39,8%	5,4%	7,6%	25,4%	35,6%	4,9%	6,9%
3. MENUISERIES INTERIEURES, DOUBLAGE, PLAFOND, (ST) ISOLATION PLAFOND	10,2%	14,3%	-	9,8%	13,7%	-	8,3%	11,6%	-	10,8%	15,1%	-				
4. ELECTRICITE	1,5%	2,1%	2 %	1,4%	2 %		1,4%	2 %		1,6%	2,2%					
5. V.M.C.	0,2%	0,3%	1,2%	1,7%	0,2%	0,3%	1,1%	1,6%	0,2%	0,3%	1,0%	1,4%	0,1%	0,1%	1,0%	1,4%
6. CHAUFFAGE	0,6%	0,8%			0,5%	0,7%			0,5%	0,7%			0,7%	1 %		
7. COUVERTURE	5,0%	7 %	-	5,6%	7,9%	-	4,7%	6,6%	-	4,7%	6,6%	-				
8. PLOMBERIE SANITAIRE - E.C.S.	2,4%	3,4%	1,6%	2,2%	2,3%	3,2%	1,6%	2,2%	1,9%	2,7%	1,3%	1,8%	2,6%	3,6%	1,3%	1,8%
9. CARRELAGE FAIENCE - CHAPE (ST)	4,0%	5,6%	-	3,8%	5,3%	-	3,2%	4,5%	-	2,9%	4,1%	-				
10. PEINTURE EXTERIEURE (ST)	1,2%	1,7%	-	1,2%	1,7%	-	1,0%	1,4%	-	0,9%	1,3%	-				
11. REVETEMENT EXTERIEUR	3,0%	4,2%	2,2%	3,1%	3,3%	4,6%	2,4%	3,4%	2,8%	3,9%	2,0%	2,8%	2,5%	3,5%	1,9%	2,7%
12. ESCALIER	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2%	3 %	0,3%	0,4%	1,9%	2,7%	0,3%	0,4%
13. VELUX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,8%	2,5%	0,3%	0,4%
TOTAL DES DEBOURSES	PP 32,8%	45,9%	9,9%	13,9	33,0%	46,2%	10,0%	14 %	37,4%	52,4%	10,0%	14 %	36,6%	51,2%	9,7%	13,6
	ST 28,7%	40,2%			28,4%	39,8%			24,0%	33,6%			25,1%	35,2%		
	T 61,5%	86,1%			61,4%	86 %			61,4%	86 %			61,7%	86,4%		
		71,4%			71,4%				71,4%				71,4%			
		(100%)			(100%)				(100%)				(100%)			
FRAIS ET MARGE		28,6%			28,6%				28,6%				28,6%			
PRIX HT/M 2 HABITABLE		2 830 F			2 960 F				3 490 F (2 564 F) · 1 ·				2 690 F			
		100%			100%				100%				100%			

CP : Combles perdus - CAA : Combles à aménager - CA : Combles aménagés - (17°) Pente de la toiture - (ST) : Travaux sous-traités - PP : Production propre  
 Source : 2 leaders de l'ossature bois  
 Valeur : Juin 1987  
 - 1 - Surface à aménager comprise

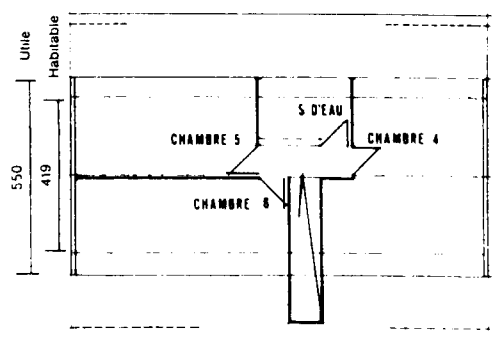
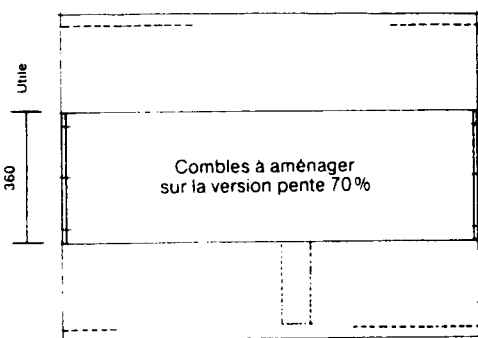
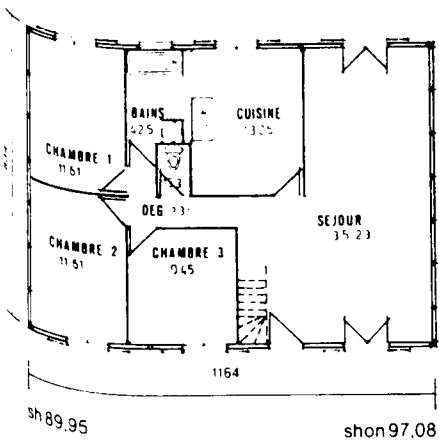




TABLEAU N° 7

DECOMPOSITION DU PRIX DE M.O.B. SUR CATALOGUE

	MODELE N° 4							
	5 Pieces - 111 m <sup>2</sup> sh							
	R : 0 111 m <sup>2</sup> sh : 0				R : 0 111 m <sup>2</sup> sh : 0			
	CP (17°)		CP (35°)		CP (17°)		CP (35°)	
Fournitures		Main-d'œuvre de pose		Fournitures		Main-d'œuvre de pose		
1. DALLE (ST)	8,4%	11,7%	—	—	8,1%	11,4%	—	—
2. OSSATURE BOIS (panneaux, charpentes, menuiseries extérieures)	25,3%	35,4%	4,6%	6,5%	4,6%	—	4,7%	6,6%
3. MENUISERIES INTERIEURES, DOUBLAGE, PLAFOND, (ST) ISOLATION PLAFOND	10,5%	14,7%	—	—	10,1%	14,2%	—	—
4. ELECTRICITE (ST)	1,4%	2 %	—	—	1,3%	1,8%	—	—
5. V.M.C.	0,2%	0,3%	1,0%	1,4%	0,2%	0,3%	0,9%	1,3%
6. CHAUFFAGE	0,5%	0,7%	—	—	0,5%	0,7%	—	—
7. COUVERTURE (ST)	5,6%	7,8%	—	—	6,3%	9,8%	—	—
8. PLOMBERIE SANITAIRE - E.C.S.	2,1%	2,9%	1,4%	2 %	2,0%	2,8%	1,4%	2 %
9. CARRELAGE FAIENCE - CHAPE (ST)	4,2%	5,9%	—	—	4,1%	5,7%	—	—
10. PEINTURE EXTERIEURE (ST)	1,1%	1,6%	—	—	1,0%	1,4%	—	—
11. REVETEMENT EXTERIEUR (ST)	2,9%	4,1%	2,1%	3 %	3,0%	4,2%	2,3%	3,1%
12. ESCALIER	—	—	—	—	—	—	—	—
13. VELUX	—	—	—	—	—	—	—	—
TOTAL DES DEBOURSES	PP ST T	32,4% 45,4%	29,8% 41,7%	9,2% 12,9%	32,5% 45,5%	29,6% 41,5%	9,3% 13 %	62,2% 87,1%
		71,4%	(100%)		71,4%	(100%)		
FRAIS ET MARGE		28,6%			28,6%			
PRIX HT/M2 HABITABLE		2 660 F	100%		2 770 F	100%		

CP : Combles perdus — CAA : Combles à aménager — CA : Combles aménagés — (17°) Pente de la toiture  
 (ST) : Travaux sous-traités, — PP : Production propre  
 Source : 2 leaders de l'ossature bois  
 Valeur : Juin 1988

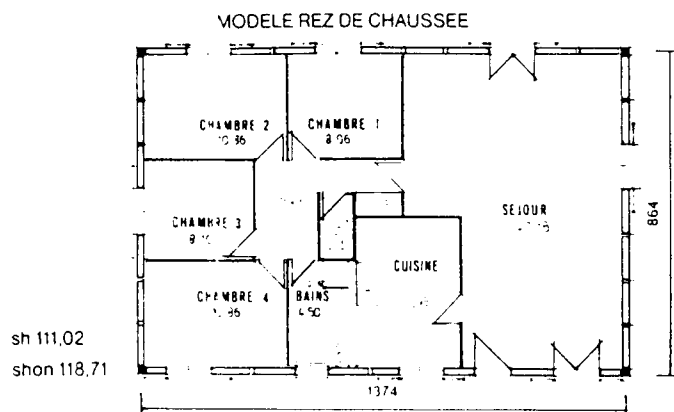


TABLEAU N° 8

DECOMPOSITION DU PRIX DE M.O.B. SUR CATALOGUE

	MODELE N° 5				MODELE N° 6				MODELE N° 7			
	4 Pieces - 75 m2 sh				4 Pieces - 91 m2 sh				5/6 Pieces - 98 m2 sh			
	R + 1		CP (17°)		R + 1		CP (17°)		R + 1		CP (17°)	
	37,5 m2 sh +		37,5 m2 sh		45 m2 sh +		46 m2 sh		49 m2 sh +		49 m2 sh	
	Fournitures	Main d'œuvre de pose		Fournitures	Main d'œuvre de pose		Fournitures	Main d'œuvre de pose		Fournitures	Main d'œuvre de pose	
1. DALLE (ST)	4,0%	5,6%	-		4,2%	5,9%	-		4,2%	5,9%	-	
2. OSSATURE BOIS (panneaux, charpente, menuiseries exterieures)	29,5%	41,3%	7,7%	10,8%	29,1%	40,8%	7,3%	10,3%	30,0%	42,0%	7,0%	9,8%
3. MENUISERIES INTERIEURES, DOUBLAGE, PLAFOND, (ST) ISOLATION PLAFOND	8,4%	11,8%	-		9,1%	12,8%	-		9,4%	13,1%	-	
4. ELECTRICITE	1,4%	2 %	-		1,4%	2 %	-		1,4%	2 %	-	
5. V.M.C.	0,2%	0,3%	1,2%	1,7%	0,2%	0,3%	1,1%	1,6%	0,2%	0,3%	1,0%	1,4%
6. CHAUFFAGE	0,5%	0,7%	-		0,4%	0,6%	-		0,5%	0,7%	-	
7. COUVERTURE	2,0%	2,8%	-		2,2%	3,1%	-		2,2%	3,1%	-	
8. PLOMBERIE SANITAIRE - E.C.S.	2,5%	3,5%	1,6%	2,2%	2,3%	3,1%	1,5%	2,1%	2,1%	2,9%	1,3%	1,8%
9. CARRELAGE FAIENCE - CHAPE (ST)	2,1%	2,9%	-		2,3%	3,1%	-		2,2%	3,1%	-	
10. PEINTURE EXTERIEURE	0,9%	1,3%	-		0,9%	1,3%	-		0,9%	1,3%	-	
11. REVETEMENT EXTERIEUR	3,3%	4,6%	2,6%	3,6%	3,5%	4,9%	2,5%	3,5%	3,4%	4,8%	2,5%	3,5%
12. ESCALIER	3,1%	4,3%	0,4%	0,5%	2,9%	4,1%	0,4%	0,5%	2,7%	3,8%	0,4%	0,5%
13. VELUX	-	-	-		-	-	-		-	-	-	
TOTAL DES DEBOURSES	PP 40,5% ST 17,4%	56,7% 24,4%	13,5%	18,9%	39,8% 18,7%	55,8% 26,2%	12,9%	18 %	40,3% 18,9%	56,5% 26,5%	12,2%	17,0%
	T	57,9%	81,1%		58,5%	82,0%		59,2%	83,0%			
		71,4% (100%)			71,4% (100%)			71,4% (100%)				
FRAIS ET MARGE		28,6%			28,6%			28,6%				
PRIX HT/M2 HABITABLE		3 950 F 100%			3 500 F 100%			3 480 F 100%				

CP : Combes perdus - CAA : Combes à aménager - CA : Combes aménagés - (17°) Pente de la toiture - (ST) : Travaux sous-traités, - PP : Production propre  
Source : 2 leaders de l'ossature bois  
Valeur : Juin 1987

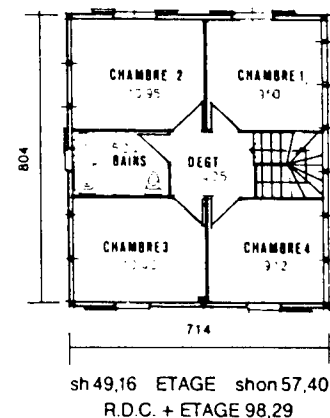
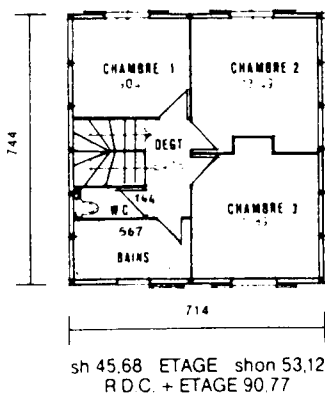
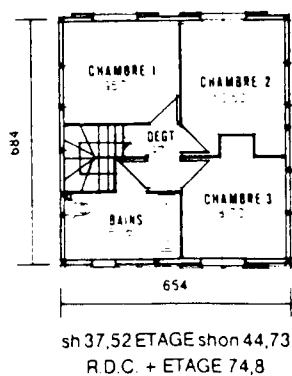
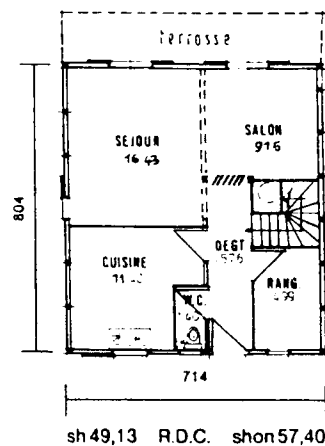
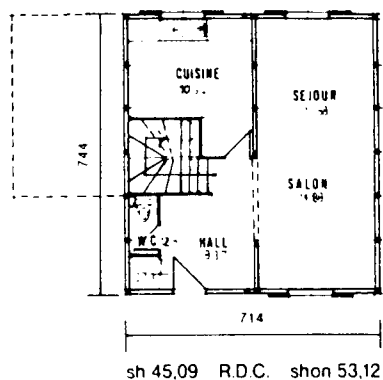
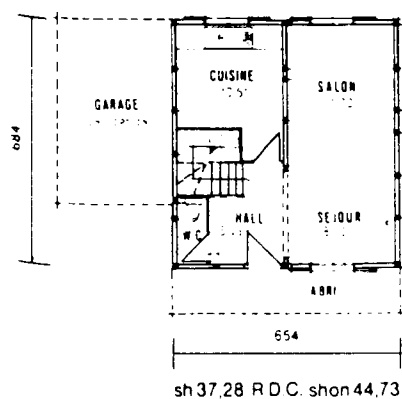


TABLEAU N° 9 DECOMPOSITION DU PRIX DE M.O.B. SUR CATALOGUE

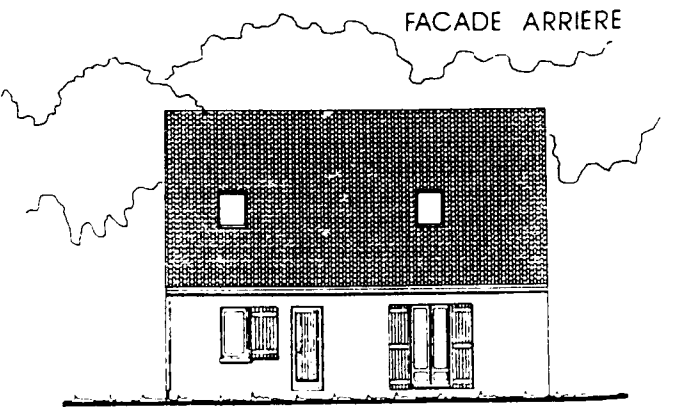
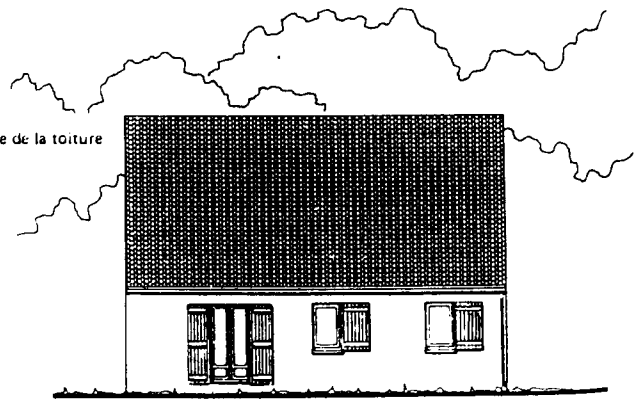
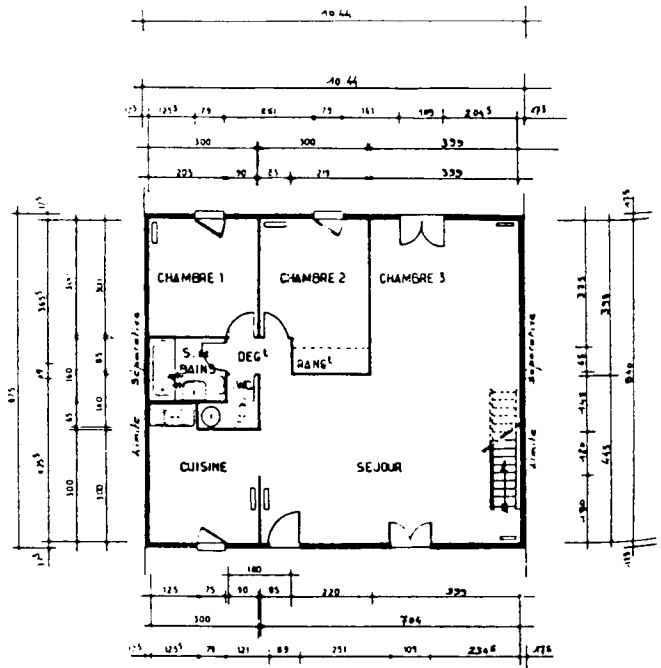
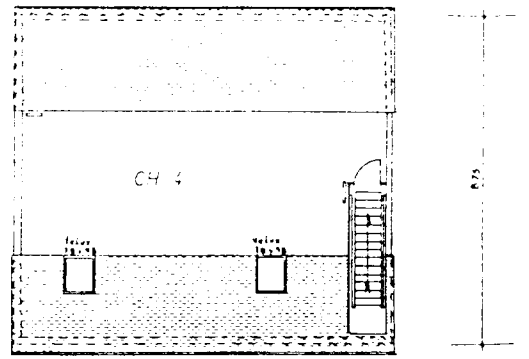
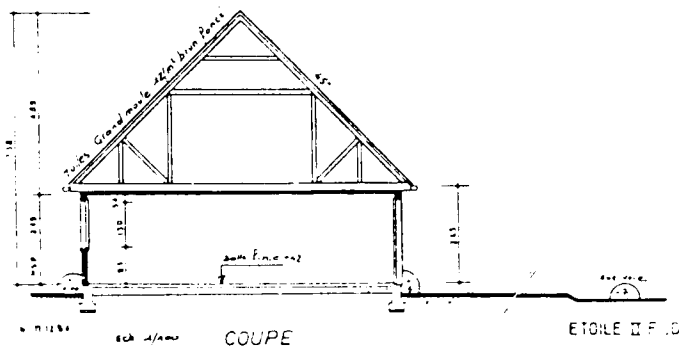
MODELE N° 8					
4 Pieces - 84 m2 sh					
R = 0 CP (45°)					
84 m2 sh + 0					
	Fournitures		Main-d'œuvre de pose		
1. DALLE (ST) + acces chantier	10,6%	16,5%	-	-	
2. OSSATURE BOIS (panneaux, fermes, charpente, menuiseries extérieures)					
3. MENUISERIES INTERIEURES DOUBLAGE PLAFOND ISOLATION PLAFOND	33,2%	51,6%	6 %	9,3%	
4. ELECTRICITE (ST)					
5. V.M.C.					
6. CHAUFFAGE					
7. COUVERTURE (ST) ZINGUERIE	2,7%	4,2%	1,6%	2,5%	
8. PLOMBERIE SANITAIRE (ST)	3,3%	5,1%	-	-	
9. CARRELAGE FAIENCE	-	-	-	-	
10. PEINTURE EXTERIEURE (ST)	-	-	-	-	
11. REVETEMENT EXTERIEUR (RPC) (ST)	5,7%	8,9%	-	-	
12. ESCALIER	-	-	-	-	
13. VELUX	-	-	-	-	
TOTAL	PP	35,9%	55,8%	7,6%	11,8%
DES	ST	20,8%	32,4%		
DEBOURSES	T	55,5%	88,2%		
		64,3%			
		(100%)			
FRAIS ET MARGE		35,7%			
PRIX HT/M2 HABITABLE		2 620 F			100%

CP : Combles perdus - CAA : Combles à aménager - CA : Combles aménagés - (17°) Pente de la toiture  
 (ST) : Travaux sous-traités, - PP : Production propre  
 Source : 2 leaders de l'ossature bois  
 Valeur : Decembre 1985

Séjour	31,38	Salle de bains	3,28
Chambre 1	9,00	WC	1,76
Chambre 2	9,53	Dégagement	1,57
Chambre 3	15,76	Rangement	1,37
Cuisine	9,94	Chambre 4	36,33

Escalier combles : 1,82 m<sup>2</sup>  
 Surface habitable combles 36,33 m<sup>2</sup>

Surface construite garage : 24,00 m<sup>2</sup>  
 Surface habitable : 83,61 m<sup>2</sup>  
 Surface construite : 91,35 m<sup>2</sup>  
 Surface totale habitable : 119,94 m<sup>2</sup>  
 Surface totale construite : 115,35 m<sup>2</sup>



Toiles grand modèle 12ml brun ferre  
 Menuiseries des appartements  
 Bois traités avec  
 Encre ext. tan brique

On constate donc que :

- Le prix de l'ossature est le prix le plus important,
- L'écart de prix de l'ossature est de 1 à 2 selon les modèles. Il faut rappeler que ces prix concernent des M.O.B. dont la conception est suffisamment optimisée pour arriver à des prix bas,
- Les valeurs réelles et relatives du prix de l'ossature varient beaucoup plus que celles relevées par le CSTB (pour des prix de même niveau en valeur et en estimant que leur actualisation en valeur Juin 87 donne un prix supérieur mais conserve la structure du prix en valeurs relatives).

Les tableaux n° 4 à 9 permettent de faire quelques observations sur la décomposition du prix d'une M.O.B. et sur le prix de l'ossature.

Les autres postes économiques importants sont, après le poste ossature bois (panneaux + charpente) :

- Le poste menuiserie intérieure - doublage - plafond - isolation plafond, qui est de l'ordre de 8 % à 10 % dans le prix de vente,
- Le poste maçonnerie : 4 à 8 % dans le prix de vente,
- Le poste revêtement extérieur : 4 à 6 % dans le prix de vente.

On peut y rajouter deux autres postes, dont l'importance est ici minimisée par le niveau plutôt minimum des prestations :

- Le poste plomberie-sanitaire qui représente ici entre 3 et 4,5 % dans le prix de vente,
- Le poste revêtements de sol et de mur, limité ici aux carrelage et faïence dans les pièces humides (la peinture ainsi que les revêtements et finitions dans les autres pièces étant en option et facturés en plus de ces prix) qui représente 2,5 à 4 % dans le prix de vente.

Une autre observation concerne le poids relatif de la main d'œuvre dans le prix. L'essentiel du prix de la M.O.B. est fait de prix matériaux. La main d'œuvre ne représente qu'environ 20 à 25 % dans le déboursé production propre pour environ 80 % à 75 % de prix matériau et, la dalle exceptée, cette proportion est à priori sensiblement la même en moyenne pour les travaux sous-traités.

Au niveau du prix de l'ossature, la main d'œuvre nécessaire à la pose (panneaux avec isolation et menuiseries incorporées, charpente) représente une part réduite dans le prix de vente (5 à 8 %), tout en variant fortement (de 1 à 3) en valeur réelle/m<sup>2</sup> habitable (100 F HT/m<sup>2</sup> habitable à 300 F HT/m<sup>2</sup> habitable).

Ainsi, pour ce type de M.O.B. dont la conception apparaît optimisée pour obtenir un prix compétitif les gisements économiques au niveau de l'ossature bois se révèlent limités pour des M.O.B. de même nombre de niveaux (R + 0, R + C, R + I) et se trouvent essentiellement au niveau des autres corps d'état, de second œuvre notamment. L'importance du choix du nombre de niveaux de la M.O.B. pour arriver à un prix bas de l'ossature est évident. Les M.O.B. R + 0 sont les plus intéressantes et les M.O.B. R + I les plus chères.

De même, les gains sur la main d'œuvre paraissent réduits, au niveau de l'ossature notamment. Quant aux autres corps d'état, la part de la main d'œuvre apparaît réduite également, et est minimisée grâce à une mise en œuvre assurée par la même équipe, celle qui monte l'ossature en général. Le choix de faire ces travaux au lieu de les sous-traiter s'explique par leur dépendance technique et au niveau du travail et de la garantie de qualité par rapport à l'ossature (incorporations, fixations, etc). Ce regroupe-

ment des tâches assuré par une même équipe favorise la productivité en réduisant les temps morts et en facilitant la coordination des différents travaux.

Ces exemples de maisons sur catalogue montrent clairement que les résultats économiques se jouent grandement au niveau du chantier et que les facteurs favorables à une bonne productivité sur chantier doivent être prédominants dans les choix constructifs. En effet si il y a peu de perspective de gagner encore des heures de travail - tout au plus quelques heures - sur la mise en œuvre de ces modèles, par contre il y a des risques élevés de perdre des heures par rapport à cette référence, si les conditions au niveau de la conception et du chantier ne sont pas optimales.

Les gains économiques au niveau des matériaux paraissent très limités compte tenu de l'optimisation de leur emploi déjà importante dans ce type de maison et des possibilités très réduites d'en baisser le prix unitaire.

#### o La part bois

La M.O.B. permet d'augmenter sensiblement la consommation de bois/logement. Mais en quoi cet accroissement se traduit-il sur le plan quantitatif d'une part, et sur le plan de l'homogénéité technique, des produits et des entreprises, ensuite et, de façon suffisante pour donner à la M.O.B. une attractivité au niveau de la « filière bois » ?

D'autre part, par quels produits se fait cet accroissement de la part bois et cela se traduit-il par des prestations spécifiques M.O.B. et, plus généralement, y-a-t-il des prestations M.O.B. spécifiques à l'organisation de la production particulière de la M.O.B.

Dans le tableau n° 1 concernant les 38 opérations de la SCIC, le CSTB observe que l'ensemble des corps d'état de second œuvre est identique en traditionnel et en M.O.B. avec 32 % et 31,5 %, soit presque le tiers du prix de construction (colonnes II et III). Dans la colonne IV, le CSTB évalue la part bois et celle des corps d'état pouvant s'y rattacher (et étant éventuellement faits par la même entreprise) et former une logique du système M.O.B. (montage à sec, part faible de la main d'œuvre de pose, délais courts, ..., dissociation entre ouvrages lourds et ouvrages légers, logique de chantier etc, ...). Cet ensemble : cloison, isolation, plaque de plâtre, structure bois-charpente, menuiserie-serrurerie, est d'un poids élevé : 51,5 % constate le CSTB qui observe qu'elle peut s'accroître en recherchant des revêtements extérieurs faisant appel au montage à sec (réduisant la part gros-œuvre maçonnerie à 15 %, au lieu de 20,5 %), et en développant une plus grande intégration en atelier des corps d'état secondaires.

Le commentaire du CSTB concerne donc l'attractivité que la M.O.B. peut représenter pour l'entreprise dans le but d'augmenter son chiffre d'affaires. Si la potentialité paraît effectivement importante, il faut souligner que les 21% supplémentaires apportés par l'ossature bois correspondent à un savoir-faire, à la fabrication et sur le chantier, assez différent de la charpente et qui se rapproche plus de la menuiserie. Or les entreprises de charpente ne sont généralement pas des entreprises de menuiserie, et réciproquement.

Ces 21% supplémentaires s'ajoutent aux 5,5% de la charpente et aux 13% de menuiserie-serrurerie. La part bois est donc portée de près de 19% dans le traditionnel à près de 40% dans la M.O.B., soit le double, mais repose sur une faible homogénéité technique, de produits et d'entreprise.

« Les tuiles sont en terre cuite ou en béton. Ce n'est pas pour autant le maçon qui les pose et réciproquement, le couvreur ne fait pas la maçonnerie », nous a fait remarquer avec ironie un fabricant de M.O.B. « Tant que la notion de « produit bois pour la M.O.B. » ne sera pas clairement définie sur le plan technique et celui du profil professionnel dans le prolongement des savoirs existants - de l'amont à l'aval - la notion de « part bois » aura peu de signification en terme économique et en terme de stratégie et de développement de produit » explique-t-il.

Quant aux conditions pour que la part bois s'annexe une partie de la part des autres corps d'état compatibles dans le sens d'une logique M.O.B., on peut observer que les 10 % et plus supplémentaires

indiqué par le CSTB ne sont pas des métiers du bois et qu'à l'extrême, les activités non bois peuvent dépasser les activités bois comme le montre l'exemple des constructeurs de M.O.B.

La M.O.B. et surtout, le développement d'une logique spécifique allant dans le sens d'une plus grande efficacité technique et économique, notamment au niveau de la fabrication et du chantier, suppose donc que l'entreprise considère la M.O.B. non comme une activité bois complémentaire, mais comme un tremplin pour une mutation de son activité et qu'elle devienne l'élément principal de sa croissance et de son évolution, ce qui n'est généralement pas le cas (moyens, mentalité, ...). Le contexte très particulier du marché de la M.O.B. n'y incite guère d'ailleurs, l'absence de nette différence au niveau de la compétitivité de la M.O.B. comparé au traditionnel non plus.

A ce sujet il est intéressant d'observer le cas des réalisations expérimentales étudiées par le CSTB. Le CSTB constate une part souvent importante de la part bois. Dans le tableau n° 10, nous avons indiqué la part que représentent les différents postes bois dans le prix pour voir quels sont les postes qui expliquent l'accroissement de la part bois.

TABLEAU N° 10

	OPÉRATIONS						
	A	B	C	D	E	F	G
Prix HT/m2 habitable	3 456 F (100 %)	2 559 F (100 %)	2 776 F (100 %)	3 191 F (100 %)	2 955 F (100 %)	2 495 F (100 %)	2 602 F (100 %)
PART BOIS dans le prix HT/m2 habitable	1 191 F <sup>(1)</sup> (34,5%)	1 090 F (42,6%)	1 043 F (37,5%)	1 088 F (34,1%)	1 165 F <sup>(2)</sup> (39,4%)	1 256 F (50,3%)	1 339 F (51,5%)
Ventilation :							
– Ossature Charpente Panneaux	948 F (27,4 %)	884 F (34,5 %)	862 F <sup>(3)</sup> (31 %)	837 F (26,2 %)	766 F (25,9 %)	844 F (33,8 %)	707 F (27,2 %)
– Autres	244 F (7,1 %)	207 F (8,1 %)	181 F <sup>(4)</sup> (6,5 %)	250 F (7,9 %)	399 F (13,5 %)	412 F (16,5 %)	632 F (24,3 %)
Dont :							
o Menuiseries extérieures	58 F (1,7 %)	77 F (3 %)	compris dans ossature	132 F (4,2 %)	192 F (6,5 %)	222 F (8,9 %)	
o Fermetures	86 F (2,5 %)	–	–	45,5 F (1,4 %)	92 F (3,1 %)	89 F (3,6 %)	632 F (24,3 %)
o Menuiseries intérieures	100 F (2,9 %)	130 F (5,1 %)	181 F (6,5 %)	72,5 F (2,3 %)	115 F (3,9 %)	101 F (4 %)	

Valeur 1982

Source : « Structure des coûts des maisons à ossature bois comparés aux autres types de construction », Gérard Melchior, Ingénieur au CSTB ; Roger Sultana, Architecte au CSTB ; Etudes et Recherches n° 241, Juillet-Août 1983 - CSTB.

(1) Le CSTB indique une part bois dans le coût de l'opération de 41,5 %

(2) Le CSTB indique une part bois dans le coût de l'opération de 37,8 %

(3) Compris menuiseries extérieures

(4) Non compris menuiseries extérieures

Le prix de l'ossature varie entre 700 F HT et 950 F HT environ/m<sup>2</sup> habitable (de 1 à 1,3) soit un écart de 250 F HT/m<sup>2</sup> habitable, c'est-à-dire beaucoup moins que les autres postes bois qui varient au total entre 200 F HT et 630 F HT/m<sup>2</sup> habitable (de 1 à 3) soit un écart de 430 F HT/m<sup>2</sup> habitable.

Le poste qui varie le plus est les menuiseries extérieures qui varie de 58 F HT à 222 F HT/m<sup>2</sup> habitable, c'est-à-dire de presque 1 à 4 avec un écart de 164 F HT/m<sup>2</sup> habitable.

Le poste menuiseries intérieures enregistre également des variations sensibles : 72,50 F HT à 181 F HT/m<sup>2</sup> habitable (de 1 à 2,5) soit un écart de près de 110 F HT/m<sup>2</sup> habitable.

Le poste fermetures lorsqu'il existe varie de 1 à 2 mais l'écart est beaucoup moins sensible (environ 45 F HT/m<sup>2</sup> habitable) sauf si on prend en compte le prix total (environ 90 F HT/m<sup>2</sup> habitable) en comparaison des cas où ce poste n'existe pas.

Une partie de l'explication de ces écarts se trouve certainement au niveau de la conception et des prestations.

On remarque cependant que les entreprises ont augmenté leur chiffre d'affaires (par m<sup>2</sup> habitable en tout cas) par les autres produits bois essentiellement et peu par l'ossature elle-même qui perd alors une partie de son intérêt au niveau de l'activité pour l'entreprise, les autres postes étant plus porteurs de chiffre d'affaires.

On peut également constater pour la plupart des cas que l'augmentation de la part bois se fait apparemment au détriment des autres prestations du confort, ce qui montre les limites — sur les plans qualitatif et commercial — à ce type de développement interne de l'activité de l'entreprise bois. A ce niveau, le développement de l'activité en assurant une partie des autres corps d'état est plus intéressant au niveau de la garantie des performances à assurer, mais est-il vraiment attractif pour l'entreprise et quel gain économique représente-t-il ?

En ce qui concerne le prix de construction, on peut observer que les retombées potentielles d'une intégration des corps d'état dans le schéma d'une logique M.O.B. observée par le CSTB, sont, au niveau du chantier, dans une coordination simplifiée des travaux et qui apporte éventuellement des gains de délais, et des gains qualitatifs, à condition que la main d'œuvre soit réellement polyvalente et possède une bonne qualification. Cela est dû à ce qu'une seule équipe est autonome et responsable de l'exécution de l'ensemble de ces travaux, donc directement impliquée dans le résultat. Au niveau de l'incidence sur le prix de construction, il s'agit pour beaucoup de ces travaux, comme le fait d'ailleurs remarquer le CSTB, de postes à faible coût main d'œuvre et à coût matériaux élevé. Les répercussions économiques qui peuvent être espérées sur le prix de construction semblent donc être réduites. Elles se situent essentiellement dans des gains de main d'œuvre dans les « à côtés » du travail de pose. Cela concerne surtout les pertes de temps dues au passage d'un corps d'état à un autre et le temps de finition. Les gains principaux relèvent de la conception et de la prescription du second œuvre. Ils se décident donc à l'extérieur de l'entreprise.

A partir du moment où le second œuvre est quantitativement et économiquement optimisé, les gisements d'économie plus substantiels au niveau du prix de construction semblent eux aussi limités puisqu'ils reposent essentiellement sur la partie panneaux de l'ossature bois : elle ne représente que 21 % du prix auquel il faut ajouter le prix du revêtement extérieur, etc, et tout gain substantiel sur ces postes, s'il n'est pas à négliger, ne peut avoir qu'un impact réduit sur le prix de construction total et montre les limites d'une compétitivité économique potentielle de la M.O.B.

Quant à l'attractivité pour l'entreprise bois d'intégrer les autres corps d'état à son activité, elle apparaît plutôt limitée puisqu'elle apporte peu de gain économique. Il s'agit plus d'une nécessité dans le but de mieux maîtriser les délais de construction, ou la qualité de la finition. Dans cette logique, le plus intéressant pour l'entreprise bois est alors l'activité de constructeur qui donne en contre partie

la part Frais + Marge la plus élevée ..... mais comporte également le plus de risque et nécessite un autre savoir-faire, beaucoup plus global.

o Incidence de choix constructifs et spatiaux sur le prix

L'exemple des maisons sur catalogue est intéressant pour observer l'incidence des principes de conception sur le prix, au niveau de la volumétrie et de l'organisation spatiale. Il ne s'agit bien sûr que de constats indicatifs, permis par la rationalisation assez forte de chaque modèle, mais qui sont difficiles à chiffrer dans le détail dans la mesure où chaque modèle est différent. Les constats les plus précis peuvent être faits sur les variantes d'un même modèle de base.

Un premier constat concerne l'incidence de la pente de la toiture sur le prix. Si on observe la décomposition des prix du modèle n° 1 R + 0 donnée dans le tableau n° 4 l'incidence de la pente de la toiture sur le prix/m<sup>2</sup> habitable apparaît nettement : le prix s'élève d'environ + 130 F HT/m<sup>2</sup> habitable, soit + 4 % pour ce modèle, lorsque la pente est changée de 17° à 35°. Cet accroissement du prix est dû en déboursé :

- à la charpente : + 49 F HT/m<sup>2</sup> habitable dont 39 F (+ 4,3 %) de fournitures et 10 F de main d'œuvre (+ 5 %), soit au total + 4,5 % du prix de la charpente ;
- à la couverture : + 24 F HT/m<sup>2</sup> habitable soit + 16 % du prix de la couverture ;
- au revêtement extérieur : + 18 F HT/m<sup>2</sup> habitable dont 10 F de fournitures (+ 9 %) et 8 F de main d'œuvre (+ 11 %), soit au total + 10 % du prix du revêtement extérieur.

Le déboursé de construction supplémentaire s'élève donc à 91 F HT/m<sup>2</sup> habitable, auquel s'ajoute la part Frais + Marge qui représente environ 40 F HT/m<sup>2</sup> habitable.

Un deuxième constat peut être fait sur l'aménagement des combles. Sur les variantes du modèle n° 1, entre le modèle R + 0 et les modèles R + C, le choix de combles habitables, s'il est intéressant dans la mesure où il optimise le volume construit, se traduit par une augmentation du prix du m<sup>2</sup> habitable.

Le prix HT du m<sup>2</sup> habitable du modèle de base, R + 0, (3 500 F HT/m<sup>2</sup> habitable) est moins cher que le prix du m<sup>2</sup> habitable en combles rendus aménageables (c'est-à-dire non aménagé, livré avec seulement un plancher brut) du modèle R + C pente 35° qui s'élève à 4 010 F HT/m<sup>2</sup> habitable à aménager.

Le prix du m<sup>2</sup> habitable aménagé du modèle R + C pente 45° s'élève à 3 845 F HT, donc également plus cher que le m<sup>2</sup> habitable en rez-de-chaussée. La pente permet d'optimiser le rendement de plan et explique que ce prix est moins élevé que dans la version R + C pente 35° à aménager.

L'explication de cette élévation du prix est essentiellement l'augmentation du prix de l'ossature bois (c'est à dire surtout la charpente et le plancher) qui est de l'ordre de 20.000 Frs et plus pour l'ensemble de la maison. En fonction du rendement de plan - l'augmentation de la surface habitable au fur et à mesure que la pente s'accroît : 10m<sup>2</sup> h à 35° et 25m<sup>2</sup> h à 45° dans l'exemple suivant -, le déboursé ossature bois est donc de l'ordre de 2.000 Frs HT/m<sup>2</sup> habitable à aménager dans la version avec pente à 35°, et de 900Frs HT/m<sup>2</sup> habitable aménagé dans la version avec pente à 45°, soit à peine plus dans ce dernier cas que le prix du déboursé ossature bois dans le prix du m<sup>2</sup> habitation au rez-de-chaussée.

Quant aux autres corps d'état, l'ensemble reste proportionnellement le même entre le prix du m<sup>2</sup> habitable en rez-de-chaussée et le prix du m<sup>2</sup> habitable en combles aménagés, ce dernier étant même plutôt moins cher d'environ - 100 Frs HT/m<sup>2</sup> habitable en combles aménagés.



La différence du prix entre le m<sup>2</sup> habitable en rez-de-chaussée et le m<sup>2</sup> habitable en combles aménagés à 45° est alors essentiellement due à l'escalier, dont le déboursé s'élève à +325 F HT/m<sup>2</sup> habitable en combles aménagés. Le prix du système d'accès vertical a donc une incidence nette sur le prix du m<sup>2</sup> habitable, surtout pour un petit logement (ici 60 m<sup>2</sup> habitables), de l'ordre de + 13 % par m<sup>2</sup> habitable de combles aménagés, et + 4 % environ par m<sup>2</sup> habitable obtenu au total, voire plus dans la mesure où il s'agit ici d'un escalier non enclouonné donnant directement dans le séjour.

Un troisième constat peut être fait concernant l'accroissement de la surface habitable au niveau horizontal cette fois. La comparaison des modèles de base R + 0 des modèles 1, 2 et 3 montre que le prix m<sup>2</sup> habitable devient moins cher au fur et à mesure que la maison s'agrandit, d'environ - 500 F HT pour le modèle n° 2 comparé au modèle n° 1 et de - 200 F HT environ pour le modèle n° 3 comparé au modèle n° 2, l'augmentation de surface étant de + 15 m<sup>2</sup> habitables environ à chaque fois. L'essentiel de cette baisse du prix du m<sup>2</sup> habitable est dû à l'optimisation de la quantité d'ossature/m<sup>2</sup> construit. Pour le modèle n° 2, le déboursé de l'ossature par m<sup>2</sup> supplémentaire est de 370 F HT et pour le modèle n° 3 il est de 360 F HT, comparés au modèle n° 1, soit environ le tiers.

L'accroissement de la surface de façon horizontale (augmenter la surface au sol) est donc économiquement plus intéressant que de façon verticale (optimiser l'utilisation du même volume construit).

Un quatrième constat concerne l'intérêt économique d'une M.O.B. R + 1 comparé à une M.O.B. R + 0.

Si on compare le modèle de base (R + 0) du modèle n° 2 avec le modèle n° 5 (R + 1), qui ont la même surface habitable, on constate que le prix du m<sup>2</sup> habitable en R + 1 est plus cher, d'environ 870 F HT/m<sup>2</sup> habitable, que celui en R + 0. De même, entre le modèle de base (R + 0) du modèle n° 3 et le modèle n° 6 (R + 1), de surface habitable équivalente, le prix du m<sup>2</sup> habitable de ce dernier est plus cher, d'environ 700 F HT/m<sup>2</sup> habitable que celui en R + 0.

La raison essentielle de cette élévation du prix est l'augmentation du prix de l'ossature qui augmente d'environ + 500 F HT/m<sup>2</sup> habitable en déboursé seul (+ 700 F HT/m<sup>2</sup> habitable en prix de vente) pour le modèle n° 5 comparé au modèle de base n° 2 et d'environ + 400 F HT/m<sup>2</sup> habitable en déboursé seul (+ 560 F HT/m<sup>2</sup> habitable en prix de vente). A cela s'ajoute l'augmentation du prix du revêtement extérieur (environ + 70 F HT/m<sup>2</sup> habitable en déboursé seul et environ + 100 F HT/m<sup>2</sup> habitable en prix de vente) et le prix de l'escalier (environ + 140 F HT/m<sup>2</sup> habitable en déboursé seul et environ + 150 F HT/m<sup>2</sup> habitable en prix de vente dans le deuxième cas).

Les postes qui enregistrent des baisses significatives sont la dalle, d'environ - 80 F et - 90 F HT/m<sup>2</sup> habitable en déboursé (- 110 F et - 130 F HT/m<sup>2</sup> habitable en prix de vente) soit une baisse de - 30 % et - 40 % environ et la couverture qui baisse d'environ - 60 F HT/m<sup>2</sup> habitable en déboursé (environ - 75 F HT/m<sup>2</sup> habitable en prix de vente) soit une baisse de l'ordre de 45 %.

Ces baisses ne compensent donc pas l'augmentation des postes ossature bois, revêtements extérieurs et escalier.

Les autres postes pour leur part n'enregistrent pas de variation sensible, l'ensemble augmentant légèrement, mais de façon négligeable.

L'augmentation du prix de l'ossature bois s'explique en partie par l'augmentation du linéaire de mur : 36 ml dans le modèle n° 2 contre 61 ml dans le modèle n° 5 et 40 ml dans le modèle n° 3 contre 65 ml dans le modèle n° 6, pointes de pignon non comprises, dans tous les cas. Le gain au niveau de la charpente pour sa part est du même ordre a priori que pour la couverture.

Le plancher intermédiaire en bois est l'autre partie qui explique l'augmentation du prix de l'ossature. Notamment, il nécessite la plus grande partie des heures de main d'œuvre supplémentaire. Dans le modèle n° 5, il représente entre le tiers et probablement près de la moitié des heures de main d'œuvre de l'ossature bois.

Le constat précédent sur l'intérêt économique d'accroître la surface de façon horizontale ( $R + 0$ ) et non de façon verticale ( $R + \dots$ ) est donc encore plus net dans le cas d'une M.O.B.  $R + 1$ . Il se vérifie également quand on compare les modèles  $R + 1$  entre eux que le modèle le plus grand est celui qui a le prix/m<sup>2</sup> habitable le moins cher, mais de façon moins sensible pour le modèle n° 7, ceci devant s'expliquer par l'importance économique du plancher.

Un dernier constat peut être fait sur l'accroissement de la surface de la M.O.B. Dans tous les cas, il permet à l'entreprise d'augmenter sa part main d'œuvre et sa part Frais + Marge. Dans le cas des maisons  $R + 0$ , cet accroissement de la surface est intéressant à la fois pour l'entreprise, qui augmente son chiffre d'affaires et pour le maître d'ouvrage, puisque le prix du m<sup>2</sup> habitable a tendance à baisser parallèlement, donc une attractivité favorable à ce type de M.O.B.

#### o La clé économique : la maîtrise du second œuvre - l'exemple des M.O.B. artisanales

L'artisanat et les petites entreprises sont d'un poids important dans l'activité Bois dans la Construction. Le développement de la M.O.B. et, à un niveau plus général, de l'ossature bois dans le Bâtiment reposent en grande partie sur les capacités de ces deux milieux professionnels du bois à se mobiliser et à apporter des solutions technico-économiques et qualitatives sur le marché. A quel niveau sur le plan économique doivent se situer ces capacités ?

La revue LE BOIS NATIONAL a publié en 1977 et 1978 deux articles très détaillés concernant la décomposition économique de prix de M.O.B. selon la technique du panneau ouvert dont nous avons synthétisé l'information dans les tableaux n° 11 et 20. Les données concernent des M.O.B. construites par des artisans avec du contreplaqué canadien. LE BOIS NATIONAL explique la façon dont il a obtenu ces informations et qui se situe à l'époque à contre courant par son objet et sa précision, des débats et démarches d'informations pratiquées auprès du grand public comme des professionnels : « Dans la plupart des cas l'information grand public s'adresse à d'éventuels acheteurs, tente de rassembler de belles photos, un environnement qui doit faire rêver et une description minimum ... Ici, ci-dessous, il y a au contraire un « parti », un parti pris serait-on tenté d'écrire : la maison à ossature bois que des professionnels qualifiés ont décidé de bâtir ensemble. Les industriels-concepteurs fabriquant et fournissant le produit élaboré, et les poseurs jouant le rôle irremplaçable du commerçant régional.

Pas question de rester dans le vague, tant pour les matériaux que pour le principe de construction ... les dimensions sont annoncées et tous les temps tous les prix ont été étudiés, puisés à « bonne source ». Un travail de compilation qui n'est pas facile. Et qui n'a pu être mené à bien qu'en consultant de nombreux amis, en les bousculant (souvent) et en leur arrachant (parfois) la synthèse de plusieurs années de pratique du chantier.

Quelques remarques pour bien situer et interpréter l'ensemble des données ci-dessous :

- o une option fondamentale a été retenue : le fabricant joue à plein son rôle d'industriel, le poseur artisan petite ou moyenne entreprise prend le relais (...),
- o « Les temps de pose ne proviennent nullement d'un quelconque raisonnement intellectuel, c'est du vécu, du contrôlable et du contrôlé ».

Ces informations paraissent assez vraies et se recoupent avec des informations sur tel ou tel poste que nous avons relevées sur des chantiers d'artisans.

TABLEAU N° 11 DECOMPOSITION DU PRIX DE MOB ARTISANALES

	MODELE N° 9				MODELE N° 10			
	4 Pièces - 93 m <sup>2</sup>				5 Pièces - 117 m <sup>2</sup>			
	R + 0		C P (35°)		R + 0		C P (35°)	
	93 m <sup>2</sup> sh + 0				117 m <sup>2</sup> sh + 0			
	Fournitures		Main-d'œuvre de pose		Fournitures		Main-d'œuvre de pose	
1. DALLE								
o Sous-sol	4,7%	7,1%	4,3%	6,5%	5,1%	7,6%	3,8%	5,7%
o Plancher R-d-C bois	6,4%	9,6%	1,3%	2 %	-	-	-	-
2. OSSATURE BOIS								
o panneaux, menuiseries extérieures	13,1%	19,7%	0,5%	0,7%	15,8%	23,7%	0,8%	1,2%
o charpente + sous-toiture en contreplaqué	10,0%	15,0%	1,3%	2 %	13,8%	20,7%	1,7%	2,6%
3.								
o Menuiserie intérieure cloisons double isolation mur	6 %	9 %	2 %	3 %	5 %	7,5%	2,2%	3,3%
o Plafond isolation plafond	2,6%	3,9%	0,7%	1 %	2,1%	3,2%	0,9%	1,4%
o Joints plaque de plâtre	0,1%	0,1%	1,3%	2 %	0,2%	0,3%	1,8%	2,7%
4. ELECTRICITE	2,5%	3,8%	0,5%	0,7%	2,3%	3,5%	0,5%	0,7%
5. V.M.C.								
6. CHAUFFAGE	0,9%	1,4%	0,3%	0,4%	1,0%	1,5%	0,3%	0,4%
7. COUVERTURE (shingle)	1,5%	2,3%	1,2%	1,8%	1,9%	2,8%	1,8%	2,7%
8. PLOMBERIE SANITAIRE - ECS	2 %	3 %	0,5%	0,7%	1,8%	2,7%	0,4%	0,6%
9. CARRELAGE FAIENCE - CHAPE	-	-	-	-	-	-	-	-
10. PEINTURE EXTERIEURE	1,7%	2,6%	1,1%	1,7%	2,1%	3,2%	1,3%	2 %
11. REVETEMENT EXTERIEUR (type RPE)								
12. ESCALIER	-	-	-	-	-	-	-	-
13. VELUX	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DES DEBOURSES	51,6%	77,5%	15,0%	22,5%	51,1%	76,7%	15,5%	23,3%
	PP	ST						
	-	-						
	T	T						
	51,6%	77,5%			51,1%	76,7%		
	66,6% (100%)		66,6% (100%)		66,6% (100%)		66,6% (100%)	
FRAIS ET MARGE	23,4%		23,4%		23,4%		23,4%	
PRIX HT/M2 HABITABLE	1 850 F		1 850 F		1 850 F		1 850 F	

CP : Combles perdus - CAA : Combles à aménager - CA : Combles aménagés - (17°) : Pente de la toiture - (ST) : Travaux sous-traités, PP : Produit propre

Source : Le Bois National, novembre 1977 et Avril 1978

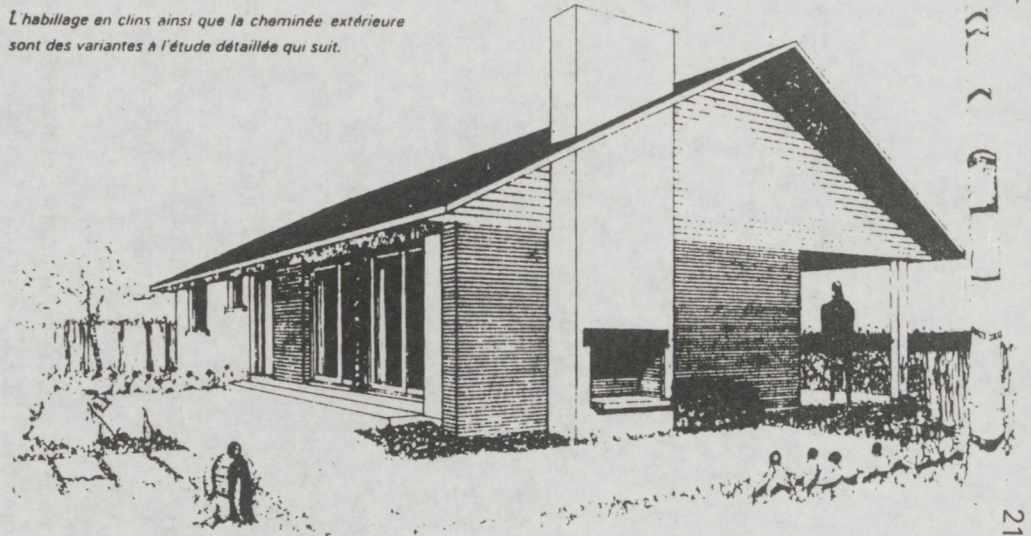
Valeur : Septembre 1977

Perspective avec habillage en clins  
(variante non retenue dans l'étude chiffrée)  
et montrant la possibilité d'un sous sol

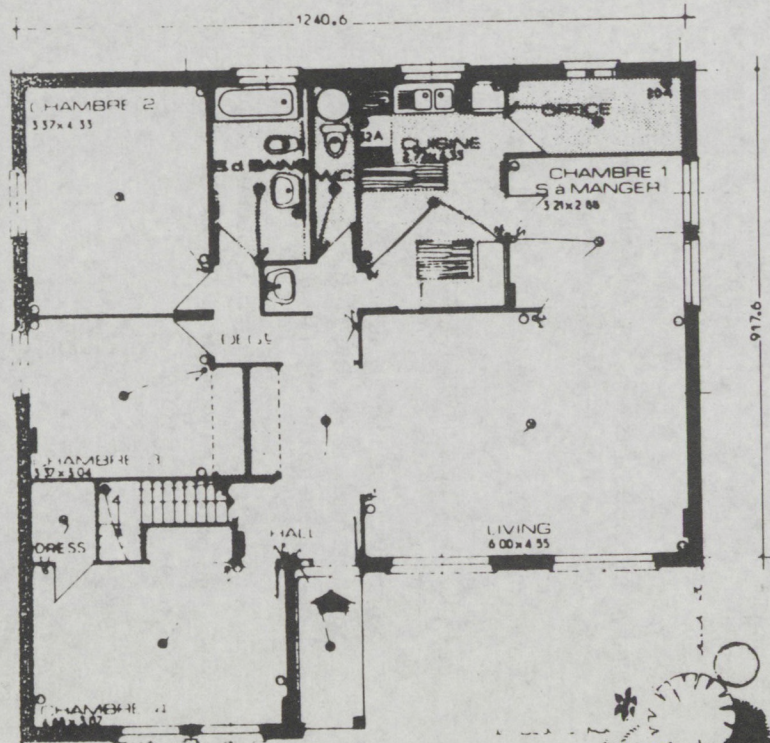


Le Bois-Maison - 19 novembre 1977

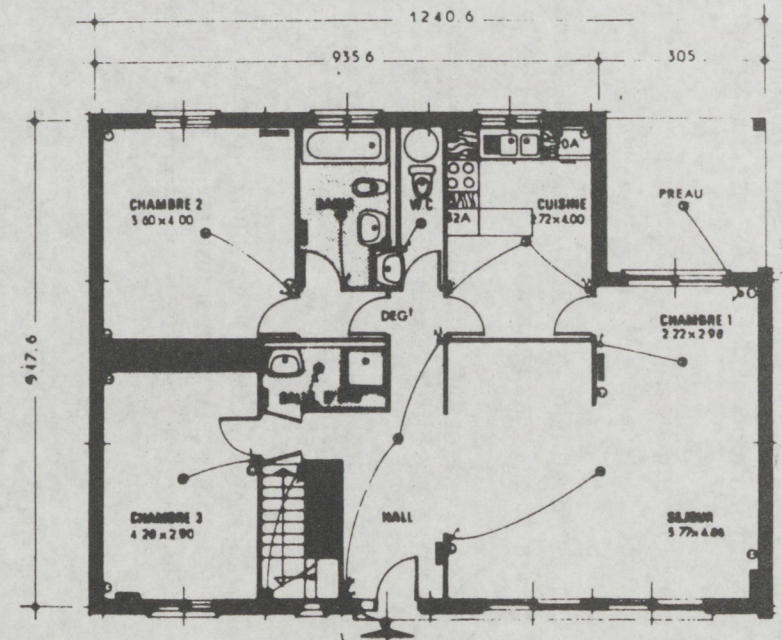
L'habillage en clins ainsi que la cheminée extérieure  
sont des variantes à l'étude détaillée qui suit.



217



Living	27,30
Chambre 1	9,24
Chambre 2	14,58
Chambre 3	10,24
Chambre 4	14,37
Cuisine	11,78
Office	4,86
Salle de bains	6,71
W.C.	2,89
Dressing	1,67
Piaccards	4,11
Hall et dégagement	10,94
Surface habitable	117,19 m <sup>2</sup>
Surface construite	133 m <sup>2</sup>



- Living
- Chambre 1
- Chambre 2
- Chambre 3
- Cuisine
- Salle de bains
- Salle d'eau
- W.C.
- Piaccards
- Hall et dégagement
- Surface habitable
- Surface prénu
- Surface construite

Les dimensions sont en mètres, le cas d'un terre-plein mais les variantes sont nombreuses

La compétitivité économique des deux M.O.B. du BOIS NATIONAL par rapport au traditionnel de l'époque est difficile à évaluer dans le détail, ces valeurs étant à actualiser et se situant dans le contexte du Bâtiment d'il y a dix ans (prestation, prix des matériaux, de la main d'œuvre, etc ...).

Ces informations permettent cependant de mettre en évidence une situation qui existe toujours aujourd'hui dans la M.O.B. artisanale.

La compétitivité des deux M.O.B. paraît moins bonne – dans un niveau «moyen de gamme» – même si on suit la démonstration du BOIS NATIONAL.

Les prix sont de 165.000 Frs HT environ pour la M.O.B. 5 Pièces et 115.000 Frs HT environ pour la M.O.B. 4 Pièces (valeur 15 septembre 1977).

L'attractivité pour les entreprises paraît assez bonne, elle, puisque la part Frais + Marge est de 23,4 %, ce que le BOIS NATIONAL commente ainsi :

«La marge globale finale qui chiffre frais généraux et bénéfice a été appliquée sur un ensemble de débours. Le lecteur est invité à méditer sur les sommes ainsi dégagées, par postes. Et chacun pourra retenir qu'une réelle et crédible revalorisation du travail manuel passe aussi et surtout par la notion de profit ...». La remarque est vraie. Mais la possibilité de dégager une telle marge paraît réduite.

La montant du déboursé sec de l'ossature bois (panneaux et charpente, menuiseries extérieures, plus le plancher du rez-de-chaussée pour le 4 pièces) est en effet de 55.000 F pour le 4 pièces et 50.000 F pour le 5 pièces (valeur 15 septembre 1977) soit respectivement 48 et 30 %, du prix de vente, ou 67 % et 45 % du déboursé sur total de la maison, ce qui paraît assez élevé.

Le montant du déboursé sec de la partie panneau pour le 4 pièces est de 23.000 Frs HT pour approximativement 140 m<sup>2</sup> - vide pour plain - de mur. En prenant les prix de l'heure (31 F charges comprises) et du parpaing (161 Frs HT l'unité) donnés par la revue et en admettant une productivité très moyenne (1h/m<sup>2</sup>) on obtient un déboursé sec de 47 Frs HT/m<sup>2</sup>, soit environ 6.500 Frs pour la maison, soit moins du tiers du déboursé panneaux qui est de 23.000 Frs environ dont 550 Frs de main d'œuvre et 22.500 Frs de panneaux + menuiseries. Le prix des menuiseries extérieures étant nettement inférieur au 2/3 restants, l'ossature bois revient plus cher que le traditionnel en parpaings.

De même, pour le 5 pièces, une solution maçonnerie coûte environ le tiers de la solution panneaux qui s'élève à 26.900 Frs – dont 700 Frs environ de main d'œuvre et 26.200 Frs de panneaux + menuiseries – donc la solution ossature bois est plus chère que le parpaing pour la raison précédente.

Pour améliorer la compétitivité, la marge doit donc être beaucoup plus réduite que les 23 % annoncés.

Par ailleurs, la compétitivité repose :

- d'une part sur le prix de la partie bois, c'est-à-dire sur le prix des panneaux et le prix des autres composants en bois beaucoup plus que sur la main d'œuvre nécessaire à leur mise en œuvre qui reste assez faible et difficile à réduire encore ;
- sur les autres corps d'état – mais qui souhaitent eux aussi maintenir ou améliorer leur marge : la marge potentielle revient alors à celui qui sait s'imposer comme le gestionnaire du chantier générateur de ces économies.

Le prix des composants bois apparaît comme un des éléments clés de la compétitivité. Mais trois remarques à ce sujet doivent être faites :

- Tout d'abord les prix de revient des composants et des solutions techniques qui l'accompagnent ont peu de possibilité de baisser, de même pour la pose. La question du prix se pose donc au niveau de la part Frais + Marge au niveau global du processus fabrication + pose, c'est à dire du partage de la marge entre usine et chantier.
- Ensuite, la main d'œuvre de pose est réduite et le prix des composants est important dans le prix de vente qui échappe ainsi aux entreprises qui assurent seulement la pose puisqu'il est du ressort du fabricant, qui occupe une position stratégique pour le marché de la M.O.B.

Dans la plupart des cas d'ailleurs, ce sont des fabricants qui sont les incitateurs pour le développement de la M.O.B. On peut cependant s'interroger sur l'attitude des fabricants et notamment se demander si, pour la plupart, les fabricants n'ont pas tendance à assurer avant tout leur propre marge – c'est à dire de s'assurer la plus grande partie de la marge potentielle du processus fabrication - pose - commercialisation éventuelle – par des prix assez élevés des composants. Le passage du prix de revient au prix fourniture facturé à l'entreprise de pose montre en effet une majoration importante, comme nous l'avons observé par exemple dans les facturations internes de leaders de la MOB et chez les fabricants importants. Si ce phénomène est normal, il n'est cependant pas un moteur favorisant une attractivité et une cohérence interne au processus de production M.O.B.

- La part de l'ossature bois dans le prix de la M.O.B. reste relative, même si elle est élevée. La possibilité d'abaisser le prix fourniture + mise en œuvre des composants paraissant réduite – et encore plus au niveau du chantier –, la compétitivité économique ne repose plus sur l'ossature bois à partir du moment où les choix de parti constructif (volumétrie, procédé, structure) les mieux appropriés à l'opération sont faits.

La compétitivité repose ainsi sur les autres corps d'état et notamment le second œuvre. Si on observe la décomposition du prix des M.O.B. artisanales et la productivité qui leur correspond (TABLEAU n° 12 ) on constate que les pertes de compétitivité les plus importantes sont au niveau du second œuvre, et notamment la productivité de la main d'œuvre.

La maîtrise de second œuvre est l'élément clé de la compétitivité des M.O.B., phénomène d'autant plus accru que dans le gros œuvre traditionnel par l'absence de compétitivité forte du gros œuvre en ossature bois lui-même.

## ● LE PRIX DE L'OSSATURE BOIS ET SA DÉCOMPOSITION

### o Le prix de l'ossature bois

Le prix de l'ossature bois avec l'isolation des murs et les menuiseries extérieures est de l'ordre de 40% et plus du prix du m<sup>2</sup> habitable dans la plupart des cas que nous avons étudiés dans les tableaux 1 à 11.

Un premier facteur, extérieur au prix de l'ossature bois lui-même, fait varier cette part de l'ossature bois dans le prix : le prix total de la construction, tous corps d'état compris, qui est fonction des prestations. En effet, le prix de l'ossature bois est constant pour des M.O.B. de même type – surface, nombre de niveaux – mais de niveau de prestations de second œuvre différentes, à condition bien sûr que la conception de la structure conserve les mêmes principes pour les différentes M.O.B. Les quantités de matériaux sont similaires et expliquent que le prix de l'ossature bois est du même ordre.

Un deuxième facteur extérieur au prix de l'ossature intervient dans les variations de la part de l'ossature bois dans le prix/m<sup>2</sup> habitable : la surface de la M.O.B. Tendanciellement il y a optimisation de la quantité de structure – donc baisse du prix/m<sup>2</sup> habitable – au fur et à mesure que la surface augmente.

Les M.O.B. sur catalogue de niveau de prestation comparable d'un modèle à l'autre, et dont la conception est optimisée pour arriver à un prix compétitif, permettent de faire une série de constat sur la part du prix de l'ossature dans le prix de construction.

Le prix de l'ossature bois que nous avons observé comprend le prix de l'ossature elle-même (panneaux plus charpente) les menuiseries extérieures et l'isolation des murs extérieurs – Pour faire abstraction des facteurs aléatoires de la formation des prix, nous avons observé les déboursés sec de l'ossature bois – valeur juin 1988.

On constate une variation du prix de l'ossature bois importante entre une M.O.B. R + 0 et une M.O.B. R + I. Par contre la variation du prix de la structure entre les différents modèles de la structure est beaucoup moins importante entre les différents modèles R + 0 d'une part et entre les différents modèles R + I d'autre part.

Pour une M.O.B. R + 0, le prix de l'ossature bois est de l'ordre de 66.000 Frs H.T. à 93.000 Frs H.T. environ pour des surfaces faisant respectivement 60 m<sup>2</sup> habitables et 110 m<sup>2</sup> habitables soit 1.100 Frs H.T./m<sup>2</sup> habitable.

Pour une M.O.B. R + I, le prix du déboursé de l'ossature bois est de l'ordre de 110.000 Frs H.T. à 127.000 Frs H.T. environ pour des surfaces faisant respectivement 75 m<sup>2</sup> habitables et 98 m<sup>2</sup> habitables, soit 1.500 Frs H.T./m<sup>2</sup> habitable à 1.200 Frs H.T./m<sup>2</sup> habitable.

Les M.O.B. R + 0 ont un prix de l'ossature nettement inférieur à celui des M.O.B. R + I. Par exemple, pour une même surface de 75 m<sup>2</sup> habitable que la M.O.B. R + I citée ci-dessus, le prix du déboursé de l'ossature est de 72.000 Frs H.T. environ pour une M.O.B. R + 0, soit presque 40.000 Frs H.T. de moins qu'une M.O.B. R + I. Ramené au prix/m<sup>2</sup> habitable on obtient 960 Frs H.T./m<sup>2</sup> habitable en R + 0, soit 500 Frs H.T./m<sup>2</sup> habitable de moins qu'en R + I.

Une M.O.B. R + 0 donne donc la possibilité d'arriver à un prix de construction plus bas et/ou à des prestations plus élevées qu'en R + I.

Quant aux M.O.B. R + C, elles se situent de façon intermédiaire entre les M.O.B. R + 0 et les M.O.B. R + I, mais plutôt plus proche des R + 0 que des R + I.

Pour une M.O.B. R + C de 110 m<sup>2</sup>, le prix du déboursé de l'ossature bois est de 104.000 Frs H.T. soit 950 Frs H.T./m<sup>2</sup> habitable, ce qui représente 150 Frs H.T. de plus/m<sup>2</sup> habitable qu'une M.O.B. R + O et 350 Frs H.T. de moins qu'une M.O.B. R + I. Cependant, il convient de relativiser ces prix en tenant compte de l'incidence des fenêtres de toiture — non comprises dans les prix de l'ossature — puisque les prix des menuiseries extérieures sont compris dans celui de l'ossature bois. Le prix du déboursé des fenêtres de toiture est de l'ordre de 8.000 Frs pour le modèle R + C étudié, soit environ 70 Frs H.T./m<sup>2</sup> habitable. En tenant compte de ce prix, le prix du déboursé de l'ossature bois est 220 Frs H.T. de plus/m<sup>2</sup> habitable qu'une M.O.B. R + O et 280 Frs H.T. de moins/m<sup>2</sup> habitable qu'une M.O.B. R + I.

#### o La décomposition du prix de l'ossature bois

La décomposition du prix de l'ossature bois montre tout d'abord l'importance de la part matériaux et la part faible de la main d'œuvre.

Ensuite, on constate un prix minimum, qui est celui des M.O.B. R + O, auquel s'ajoutent des prix supplémentaires correspondant aux composants qui s'ajoutent aux composants de départ fermettes à entrain porteur, panneaux supplémentaires, planchers. L'augmentation de ces composants supplémentaires explique l'augmentation du prix entre R + O et R + C ou R + I.

Enfin, on constate la faible part que représentent les panneaux aveugles (appelés aussi panneaux pleins) et la part élevée des panneaux avec menuiseries extérieures et de la part charpente + pointes de pignons et qui augmente nettement avec les combles aménagés.

Pour donner un ordre de grandeur à ces constats nous avons fait une décomposition indicative du prix de l'ossature bois d'une M.O.B. R + O, R + C, R + I, données dans le tableau n<sup>o</sup> 12. Ces estimations sont établies d'après des renseignements relevés sur chantiers et dans des calculs de prix des entreprises.

Les grandes différences qui existent dans le prix des composants expliquent l'importance économique de certains postes.

En ce qui concerne les panneaux, les panneaux avec menuiserie représentent une part importante du déboursé total de la partie ossature bois. Ceux-ci sont nettement plus chers que les panneaux pleins.

Le prix départ usine d'un panneau plein avec parement extérieur en contreplaqué est d'environ 150 Frs HT/m<sup>2</sup> soit environ 450 Frs HT pour un panneau de 120 cm de large.

Le prix départ usine d'un panneau avec menuiserie est d'environ :

- 2 600 Frs H.T. pour un panneau de 120 cm de large avec fenêtre standard de 135 cm h x 120 cm,
- 3 600 Frs H.T. pour un panneau de 120 cm de large avec porte-fenêtre standard de 215 cmh x 120 cm,
- et 3 000 Frs H.T. et plus pour un panneau de 90 cm de large avec porte d'entrée standard de 215 cmh x 90 cm.

Le temps de pose pour sa part est comparable, voire légèrement plus long pour un panneau avec menuiserie.

La charpente est le deuxième poste important dont les variations sont élevées. Les deux raisons essentielles de ces variations sont :

- le type de fermette : à entrain porteur ou non porteur,
- la pente de la toiture.



TABLEAU N° 12

 DÉCOMPOSITION INDICATIVE DES PRIX H.T. DE L'OSSATURE BOIS  
 D'UNE M.O.B. SELON LE NOMBRE DE NIVEAUX

	M.O.B. R + 0	M.O.B. R + C	M.O.B. R + I
<b>PANNEAUX</b>			
o Fournitures			
- panneaux pleins	10.000 F à 15.000 F	10.000 F à 17.500 F	18.000 F à 30.000 F
- panneaux avec menuiserie	20.000 F à 26.500 F	20.000 F à 27.000 F	20.000 F à 35.000 F
- poteaux d'angles, etc	1.500 F	1.500 F	4.500 F
Total fournitures	31.500 F à 43.000 F	31.500 F à 46.000 F	42.500 F à 69.500 F
o Main d'œuvre	5.000 F à 6.000 F	5.000 F à 6.000 F	10.000 F à 11.500 F
o Déboursés sec panneaux	36.500 F à 49.000 F	36.500 F à 52.000 F	52.500 F à 81.000 F
<b>TOITURE</b>			
o Fournitures			
- charpente	10.000 F à 18.000 F	18.000 F à 25.000 F	7.000 F à 10.000 F
- pointes de pignon	3.500 F à 6.000 F	3.500 F à 6.000 F	3.500 F à 4.500 F
Total fournitures	13.500 F à 24.000 F	21.500 F à 31.000 F	10.500 F à 14.500 F
o Main d'œuvre	4.000 F à 5.000 F	7.000 F à 8.000 F	5.000 F à 5.500 F
o Déboursés sec toiture	17.500 F à 29.000 F	28.500 F à 39.000 F	15.500 F à 20.000 F
<b>PLANCHER BOIS</b>			
1er ÉTAGE			
o Fournitures	—	1.000 F à 2.000 F	5.000 F à 7.000 F
o Main d'œuvre	—	1.500 F	3.000 F à 4.500 F
TOTAL DÉBOURSE SEC PLANCHER	—	2.500 F à 3.500 F	8.000 F à 11.500 F
<b>DIVERS (1)</b>			
o Fournitures	4.000 F	11.000 F à 4.500 F	19.000 F à 0 F
o Main d'œuvre	0 F à 500 F	500 F à 0 F	2.500 F à 0 F
DÉBOURSE SEC DIVERS	4.000 F à 4.500 F	11.500 F à 4.500 F	21.500 F à 0 F
<b>DÉCHARGEMENT FINITIONS</b>			
o Main d'œuvre	2.000 F à 2.500 F	2.500 F	2.500 F
<b>ACCESSOIRES</b>			
o Fournitures	3.500 F à 4.500 F	5.000 F à 6.000 F	6.000 F à 7.000 F
<b>TRANSPORT</b>			
o Fournitures	2.500 F à 3.500 F	4.000 F à 4.500 F	4.000 F à 5.000 F
<b>TOTAL OSSATURE BOIS</b>			
o Fournitures	55.000 F à 79.000 F	74.000 F à 94.000 F	87.000 F à 103.000 F
o Main d'œuvre	11.000 F à 14.000 F	16.500 F à 18.000 F	23.000 F à 24.000 F
DÉBOURSE SEC OSSATURE BOIS	66.000 F à 93.000 F	90.500 F à 112.000 F	110.000 F à 127.000 F

(1) Il s'agit de fournitures et d'heures non identifiées (qui peuvent être des plus-values sur l'un des postes).

A cela s'ajoute une troisième raison, dont la répercussion est plus ou moins directe : la longueur de la fermette.

Dans le cas des fermettes à entrain porteur, les deux raisons essentielles se conjuguent puisque les fermettes à entrain porteur sont essentiellement à forte pente ( $35^{\circ}$  et plus) afin de disposer d'une surface utile réellement intéressante.

Le prix d'une fermette à faible pente ( $17^{\circ}$ ) et à entrain non porteur est d'environ 400 Frs H.T. à 500 Frs H.T. Le prix d'une fermette à forte pente et à entrain porteur est de 700 Frs H.T. à 900 Frs H.T., et même plus pour les fermettes de longueur atteignant les 10 mètres et plus.

Ce renchérissement s'accompagne d'un allongement du temps de mise en œuvre, les fermettes à forte pente, de grande longueur et, notamment, les fermettes à entrain porteur demandent jusqu'à 2,5 fois plus de temps qu'une petite fermette à entrain non porteur de 6 m de long et de  $17^{\circ}$  de pente.

Ces deux composants, panneaux avec menuiserie et fermettes, sont essentiels dans la maîtrise économique du projet.

Le troisième poste important est le plancher bois du 1er étage, dont le prix s'ajoute à celui des autres composants et qui se caractérise par un coût main d'œuvre proportionnellement beaucoup plus élevé que dans les autres postes. Le choix d'un plancher bois demande de garantir les conditions d'une bonne productivité pour garantir un prix acceptable du plancher.

## ● LE PRIX DES PANNEAUX

### ○ Le panneau ouvert

Le type de panneau que nous avons pris pour étudier la répartition des coûts d'un panneau ouvert est un panneau ouvert couramment employé comportant une ossature en bois (montants, traverses, sablières), un CTBH de 12 mm cloué côté extérieur assurant le contreventement du panneau, un film polyane pare-pluie et des liteaux cloués sur le CTBH qui vont servir à fixer sur chantier le treillis métallique support d'enduit ou, éventuellement, un bardage bois.

Les informations ont été obtenues auprès d'un fabricant important à l'échelon national.

Le «prix-usine» d'un panneau ouvert standard plein manuable de ce type, d'après ces renseignements, est de 75 F à 170 F HT/m<sup>2</sup> environ (valeur 04.86) selon le format du panneau. Ceci appelle deux remarques :

- Tout d'abord, ces prix font du panneau ouvert un matériau à valeur unitaire élevée, (entre 350 F HT et 130 F HT le panneau, valeur 04.86) et qui demande donc une attention particulière à la conception (économiser les quantités, utiliser des panneaux standards, etc) puis sur le chantier afin d'éviter les pertes de matériaux (stockage, mise en œuvre, etc).
- La variation de prix est de 1 à 2,2 fois, selon le format. L'explication en est que les coûts de fabrication ne sont pas proportionnels à la surface mais dépendent avant tout du coefficient de perte des matériaux, de l'optimisation de leur emploi et de la quantité de main d'œuvre nécessaire à la fabrication. Or les temps unitaires de fabrication dépendent du nombre de tâches nécessaires, chacune ayant un temps minimum de base, plus qu'ils ne dépendent de la surface réelle du panneau.

Les variations des prix de fabrication demandent de définir le panneau-étalon à partir des conditions d'optimisation de la fabrication.

Un constat sur la variation des coûts de fabrication selon la dimension des panneaux explique pourquoi ce panneau-étalon est le panneau de 120 cm de large.

TABLEAU N° 13

### VARIATIONS DES COÛTS DE FABRICATION SELON LA DIMENSION DES PANNEAUX

PANNEAU			PRIX AU M2			MAIN D'OEUVRE			
Dimensions en cm	Surface	Prix HT	Prix HT/m <sup>2</sup>	comparé au panneau de		Productivité au m <sup>2</sup>		Coût de la m.o. dans le prix du panneau	Classement suivant le % du coût m.o. dans le prix
				180 cm	120 cm	panneau	m <sup>2</sup>		
180x255	4,59 m <sup>2</sup>	350 F	76 F	100 %	94 %	0,65 h	0,14 h	27,83 %	4
150x255	3,82 m <sup>2</sup>	304 F	80 F	104 %	98 %	0,55 h	0,14 h	27,12 %	3
120x255	3,06 m <sup>2</sup>	248 F	81 F	106 %	100 %	0,40 h	0,13 h	24,19 %	1
90x255	2,30 m <sup>2</sup>	209 F	91 F	120 %	112 %	0,35 h	0,15 h	25,12 %	2
60x255	1,53 m <sup>2</sup>	151 F	99 F	130 %	122 %	0,30 h	0,20 h	29,77 %	5
30x255	0,77 m <sup>2</sup>	131 F	170 F	224 %	212 %	0,35 h	0,46 h	40,17 %	6

Prix arrondis, valeur 04.86

Si on observe les prix/m<sup>2</sup>, plus le panneau est petit, plus son prix/m<sup>2</sup> est élevé.

Le panneau de 30 cm de large est, de loin, le moins intéressant. Il se démarque nettement des autres par son prix/m<sup>2</sup>.

Le panneau de 180 cm de large est le moins cher au m<sup>2</sup>, car il permet l'optimisation la plus grande de l'emploi des matériaux et d'atteindre une bonne productivité de fabrication.

Le panneau de 120 cm de large est légèrement plus cher, d'environ 5 F/m<sup>2</sup>, que le panneau de 180 cm mais cette différence de prix est largement compensée par d'autres avantages qui en font le panneau-étalon :

- Le panneau de 120 cm de large est le panneau limite pour la manuportabilité à un ouvrier, donc le panneau le plus intéressant pour la mise en œuvre sur le chantier et la productivité : manutention, pose, organisation du travail et du chantier. Les panneaux plus grands demandent obligatoirement au moins 2 ouvriers au montage.
- C'est le panneau qui a la meilleure productivité de fabrication, avec environ 1/10<sup>e</sup> d'heure de mieux que le panneau de 180 cm de large, donc qui permet d'atteindre les marges/h de travail les plus élevées et d'une façon compétitive.
- Il a une bonne coordination dimensionnelle avec les éléments de second œuvre qu'il reçoit sur chantier (isolation, plaques de plâtre).

Les autres panneaux sont moins intéressants notamment les panneaux de 150 cm et 90 cm de large.

Le panneau de 150 cm de large, pour un prix/m<sup>2</sup> similaire au panneau de 120 cm de large apporte les mêmes contraintes pour le chantier qu'un panneau de 180 cm de large.

Le panneau de 90 cm de large est plus cher sans comporter de différence au niveau du chantier avec un panneau de 120 cm de large.

Le panneau de 60 cm de large, pour sa part, a des coûts de fabrication plus élevés. Mais par sa dimension et son poids, il est plus intéressant au niveau du chantier que les panneaux de 90 cm et 150 cm de large et, surtout, il est un sous-multiple entier du panneau de 120 cm de large ce qui en fait le panneau complémentaire le plus intéressant pour la modulation du plan au moment de la conception.

Lorsque la peau extérieure comporte un panneau de particule, le panneau de 60 cm de large est le plus souvent aussi le panneau complémentaire au panneau de 120 cm de large pour la fabrication.

En effet, pour éviter les chutes de matière au moment de la découpe il faut respecter la combinatoire des formats de panneaux possibles.

Pour le contreplaqué, les panneaux livrés font fréquemment 120 cm de large ou quelques centimètres de plus, et ils sont donc utilisés directement pour faire des panneaux ouverts de 120 cm. Les chutes se limitent à la découpe du panneau aux cotes exactes et à sa mise à l'orthogonalité.

Pour les panneaux de particules, s'il existe des panneaux de 120 cm de large ou quelques centimètres de plus, les plus fréquemment utilisés, selon les fabricants rencontrés, sont des panneaux de 180 cm de large ou de quelques centimètres de plus d'où la combinatoire suivante :

- 180 cm

- 150 cm et 30 cm
- 120 cm et 60 cm, ou 120 cm et 2 x 30 cm
- 2 x 90 cm, ou 90 cm et 60 cm et 30 cm, ou 90 cm et 3 x 30 cm
- 3 x 60 cm, ou 2 x 60 cm et 2 x 30 cm, ou 60 cm et 4 x 30 cm
- 6 x 30 cm

Le panneau de 60 cm est alors le panneau complémentaire au panneau-étalon de 120 cm de large qui est dicté par la combinatoire de fabrication. La proportion entre les deux types de panneaux n'est cependant pas de moitié/moitié dans la mesure où une partie des éléments découpés de 60 cm est souvent utilisée pour réaliser les panneaux comportant les menuiseries (fenêtres, portes, ...).

A quoi sont dûes les différences de prix selon la largeur du panneau ouvert constatées sur le tableau 13

Les variations des prix/m<sup>2</sup> de fabrication des panneaux ouverts sont fortement liées à la productivité de fabrication.

Les panneaux de grandes largeurs (180 cm, 150 cm, 120 cm, voire 90 cm) permettent une meilleure productivité à la fabrication que les panneaux de petites largeurs (60 cm et surtout 30 cm).

L'écart est de 1 à 3,5 fois selon la largeur du panneau : 0,13 h/m<sup>2</sup> pour le panneau de 120 cm de large et 0,46 h/m<sup>2</sup> pour le panneau de 30 cm de large.

Ces différences de productivité se répercutent nettement sur le prix/m<sup>2</sup> du panneau, d'autant plus que le prix horaire de la main d'œuvre est élevé.

A cela s'ajoute le sous-emploi du matériel, donc une rentabilisation voire un amortissement de l'investissement médiocre qui est plus difficile et conduit à des prix moins concurrentiels.

Ici le prix de la main d'œuvre qui nous a été communiqué pour établir cette décomposition est de 150 Frs/h, prix horaire qui comprend le salaire horaire avec toutes les charges sociales ainsi qu'une partie de l'amortissement, des frais généraux, et de la marge. Ce mode de comptabilité qui limite les variations de la part Frais + Marge en fonction de la productivité est couramment pratiqué.

Il ne permet pas de faire un constat exact sur la part de la main d'œuvre dans le prix du panneau. La pénalisation économique due à la perte de productivité selon la dimension du panneau apparaît cependant clairement.

Pour le fabricant, la part de la main d'œuvre dans le prix du panneau ouvert (25% à 40%) fait de la gestion de la main d'œuvre l'élément déterminant de la rentabilité et de la compétitivité et notamment l'organisation de la production et le choix du niveau de qualification des ouvriers.

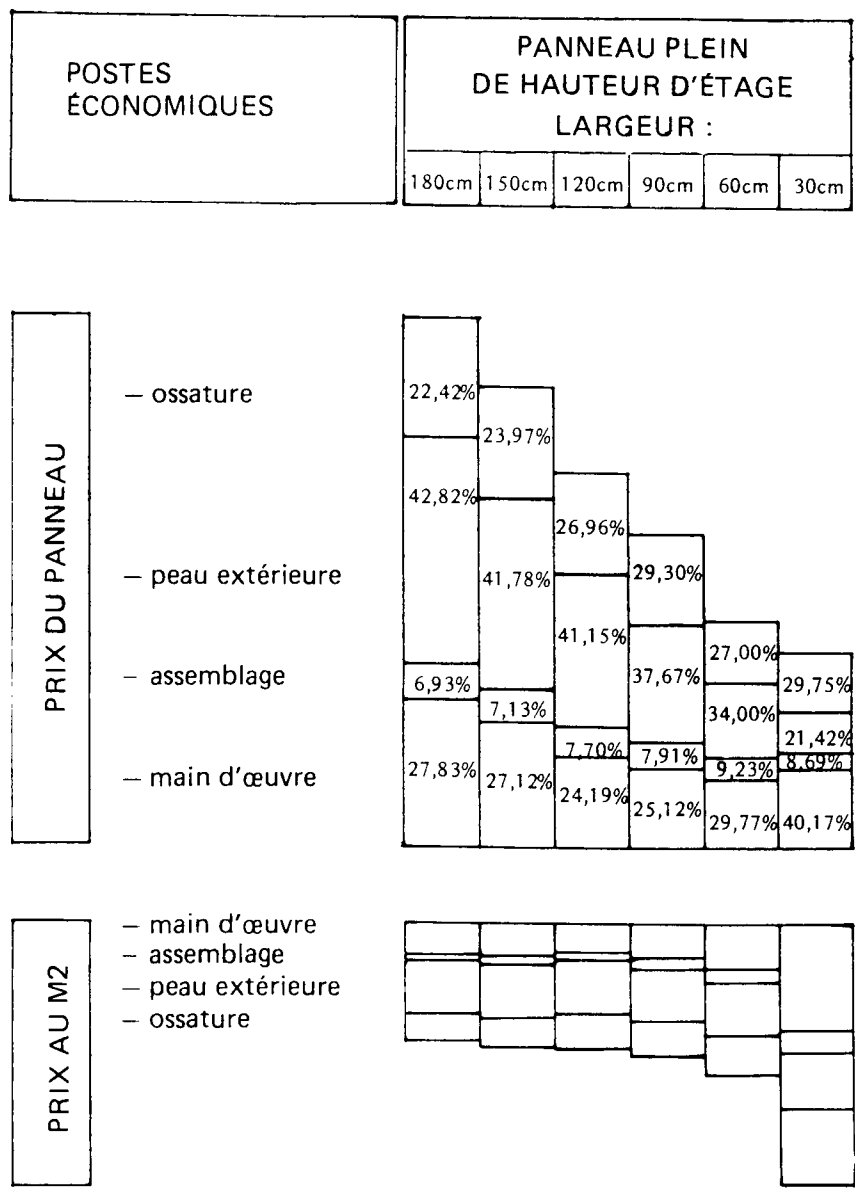
Le deuxième facteur qui explique les variations des prix/m<sup>2</sup> des panneaux est le degré d'optimisation atteint dans l'emploi des matériaux.

Nous avons regroupé les différents matériaux constitutifs du panneau ouvert en trois postes économiques distincts : l'ossature, la peau extérieure, l'assemblage (l'assemblage des panneaux entre eux et leur ancrage sur la dalle par des pattes métalliques).

Le tableau 14 montre que les variations essentielles sont celles de l'ossature. Elles se cumulent avec celles du coût main d'œuvre. Elles sont le deuxième facteur important des variations des prix/m<sup>2</sup> des panneaux ouverts.

TABLEAU N° 14

DÉCOMPOSITION DU PRIX DES PANNEAUX SUIVANT SES QUATRES POSTES ÉCONOMIQUES.



La décomposition du prix de fabrication des panneaux fait apparaître un troisième poste économique important : le prix des matériaux de la peau extérieure qui représente 43 % à 34 % du prix du panneau ouvert, si on excepte le panneau très particulier de 30 cm de large où il représente 21 %.

C'est le poste économique le plus élevé. Son prix/m<sup>2</sup> reste assez constant et n'a donc pas d'incidence nette sur les variations de prix/m<sup>2</sup> du panneau ouvert tant que la combinatoire de fabrication est respectée et permet d'éviter les chutes.

Il faut rappeler que dans la décomposition que nous donnons il s'agit d'un panneau de particules CTBH de 12 mm, donc nettement moins cher qu'un panneau de contreplaqué extérieur avec lequel l'importance du prix de la peau extérieure est accrue, de même que celle des chutes.

Le prix des matériaux nécessaire à l'assemblage des panneaux pour constituer le mur représente 7 % à 9 % du prix du panneau. Sans que ce prix soit négligeable, le poste assemblage apparaît comme secondaire comparé aux trois autres. Ses variations selon le format du panneau sont sans incidence forte sur le prix/m<sup>2</sup> du panneau.

La décomposition du prix des panneaux suivant ses éléments constitutifs qui est donné dans le tableau 15 montre que pour chacun des trois postes matériaux il y a essentiellement un matériau qui joue un rôle économique prépondérant :

– Parmi les éléments constitutifs de l'ossature, ce sont les montants du panneau qui expliquent l'élévation de la part de l'ossature dans le prix/m<sup>2</sup> au fur et à mesure que la largeur du panneau diminue. La raison en est simple : les montants étant verticaux, les quantités ne sont pas proportionnelles à la largeur du panneau. Le prix des deux montants de rive est donc constant et prend une part de plus en plus importante dans le prix/m<sup>2</sup> au fur et à mesure que la largeur, donc la surface, diminue. A cela s'ajoute le prix du montant intermédiaire pour les panneaux de 90 cm à 180 cm de large.

Au total les montants représentent entre 12 % et 22 % environ du prix du panneau.

Le prix des éléments horizontaux de l'ossature (traverses, sablières) reste assez proportionnel à la largeur du panneau et varie entre 10 % et 7 % environ du prix du panneau.

– Parmi les éléments constitutifs de la peau extérieure, le CTBH est le poste économique dominant. Bien que proportionnel à la largeur du panneau, il représente entre 1/3 et 1/4 du prix du panneau si on excepte le panneau particulier de 30 cm de large. La combinatoire de fabrication des panneaux pour éviter les chutes à la découpe du panneau de CTBH est donc fondamentale pour le prix de fabrication du panneau. Cette combinatoire est un élément essentiel dans le calepinage de la structure du bâtiment.

Le prix des autres éléments constitutifs de la peau extérieure reste lui aussi relativement proportionnel à la largeur du panneau et varie entre 10 % et 8 % du prix du panneau.

– En ce qui concerne l'assemblage, le prix dominant est celui des pattes métalliques d'ancrage du panneau à la dalle. Il représente plus de 5 % du prix du panneau.

Quant à la main d'œuvre de fabrication, selon la dimension du panneau, elle est le premier ou le second poste économique dans le prix de fabrication.

TABLEAU N° 15 : DÉCOMPOSITION DU PRIX DES PANNEAUX SUIVANT SES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS

NOMENCLATURE DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU PANNEAU		PANNEAU PLEIN DE HAUTEUR D'ÉTAGE LARGEUR :					
		180cm	150cm	120cm	90 cm	60 cm	30 cm
OSSATURE	– montants de rive	8,23%	9,48%	11,62%	13,79%	19,07%	22,05%
	– montant intermédiaire (1)	4,12%	4,74%	5,81%	6,90%		
	– entretoises (2)						1,97%
	– traverse	3,05%	2,93%	2,87%	2,56%	2,36%	1,36%
	– traverse	3,05%	2,93%	2,87%	2,56%	2,36%	1,36%
	– double sablière	3,56%	3,42%	3,35%	2,99%	2,75%	1,59%
	– pointes	0,41%	0,47%	0,44%	0,52%	0,48%	1,38%
PEAU EXTÉRIEURE	– CTBH 12 mm	32,64%	31,31%	30,68%	27,27%	25,06%	14,34%
	– pare-pluie polyane	5,30%	5,10%	5,76%	6,11%	4,71%	2,69%
	– pointes	1,11%	1,18%	1,17%	1,29%	1,32%	1,38%
	– Liteaux traités (3)	3,00%	3,45%	2,82%	3,35%	2,31%	2,67%
	– grille antirongeur	0,77%	0,74%	0,73%	0,65%	0,60%	0,34%
	– languette	1,18%	1,36%	1,67%	1,99%	2,75%	3,18%
ASSEMBLAGE	– ancrage panneau	5,75%	5,77%	6,03%	5,92%	6,48%	5,51%
MAIN D'ŒUVRE	– main-d'œuvre atelier	27,83%	27,12%	24,19%	25,12%	29,77%	40,17%

- (1) panneaux de 180 cm, 150 cm, 120 cm, 90 cm seulement  
 (2) panneau de 0,30 cm seulement  
 (3) pour fixation du treillis métal support d'enduit



L'observation du travail en atelier permet de préciser les matériaux dont la préparation et l'assemblage demandent le plus de main d'œuvre :

- L'ossature, qui absorbe une partie importante du travail en usinage éventuel (rabotage, rainurage, ...) en implantation et en assemblage.
- Les petites postes économiques (pare-pluie, liteaux, grille anti-rongeur, etc) qui nécessitent une multitude d'opérations. La valeur économique de la main d'œuvre nécessaire dépasse largement la valeur de ces matériaux.

Le panneau de CTBH est certainement le matériau qui consomme le moins de main d'œuvre pour la fabrication du panneau ouvert.

On peut également préciser des facteurs importants pour la productivité du travail à la fabrication, tels que :

- La préparation du travail (les réglages, les traçages, etc)
- La dimension des panneaux (l'ergonomie du travail, l'enchaînement, l'efficacité et la précision des gestes, les déplacements de l'ouvrier, ...)
- Les incorporations éventuelles (opérations supplémentaires, complexification du travail).

La simplicité et la répétitivité sont les conditions premières pour obtenir une bonne productivité.

Un exemple : il faut plus de temps pour fabriquer un panneau ouvert de 30 cm de large que pour fabriquer un panneau de 60 cm de large. En effet, le panneau de 30 cm de large est moins facile à assembler en raison de sa petite dimension, et il demande plus d'opérations car il faut le rigidifier avec des entretoises.

La répétitivité est décisive pour limiter les travaux de préparation du travail, et favoriser le rodage et l'automatisme des opérations et de leur enchaînement.

Les panneaux spéciaux nécessaires (panneaux menuisés notamment) doivent être conçus pour respecter le plus possible ces deux règles :

- Panneau dérivé du panneau courant et incorporation simple de l'élément (peu de tâches supplémentaires)
- Gamme des panneaux spéciaux réduite au maximum

Au-delà de ces constats et de ces recommandations de principe, il est difficile de généraliser des observations plus précises sur la productivité et l'incidence de la conception sur le travail de fabrication.

En effet, pour la main d'œuvre de fabrication en atelier, la productivité est donnée de façon globale et nous ne disposons pas d'information plus détaillée sur les temps unitaires nécessaires pour les différentes opérations de la fabrication. La mesure de la productivité de fabrication est souvent faite de façon globale par les fabricants pour deux raisons principales :

- Au niveau de la mesure tout d'abord : La productivité du travail est difficile à mesurer poste de travail par poste de travail et, encore plus, tâche élémentaire par tâche élémentaire. En premier lieu parce qu'il s'agit de p.m.i. avec ce que cela comporte au niveau de l'organisation du travail et des rapports sociaux. Ensuite parce que la faible répétitivité des séries, due à la nature des commandes ne permet pas d'obtenir des ratios précis réellement fiables pour chaque tâche élémentaire.

- Au niveau de l'organisation de la production et, à partir de là, de la gestion de l'entreprise ensuite . En effet, il est très aléatoire de définir des coûts de production et des objectifs de rationalisation de la production sur la base de temps unitaires car ce type d'évaluation ne prend pas en compte la part des temps morts, des possibilités de coordination, d'accoutumance, etc ... qui ne sont pas reproductibles d'une commande à l'autre.

De l'avis d'un fabricant que nous avons interrogé, «Ce type de production est comparable au chantier en ce qui concerne l'évaluation de la productivité. Les facteurs prépondérants du rendement du travail sont ailleurs que dans le geste qui permet d'évaluer un temps unitaire. Ils dépendent de chaque cas de figure particulier qu'est une commande, d'une part et du planning de travail qui varie en fonction du carnet de commandes, d'autre part. Si on ne fait qu'additionner des temps unitaires, on va obligatoirement vers des erreurs importantes. Il est beaucoup plus simple d'évaluer la productivité de façon globale et de l'interpréter sur la base de sa propre expérience en fonction du contexte, plutôt que de chercher à établir des typologies et des corrélations plus ou moins utilisables et vraies et qui deviennent de plus en plus complexes pour coller à la diversité des cas. Les risques d'erreur sont moins importants également en évaluant la productivité de façon globale, à condition bien sûr d'avoir une véritable expérience. Or c'est bien là le problème pour certains fabricants».

Il est clair que les concepteurs ont un rôle décisif sur la productivité et sur les possibilités pour le fabricant de l'évaluer avec précision. «Dans beaucoup d'opérations en panneaux ouverts manportables le prix des panneaux est beaucoup plus élevé que ce qu'il devrait être car ils ne sont pas assez répétitifs et ils sont souvent complexes», explique ce fabricant. A cela s'ajoute la sur-évaluation du prix, faite éventuellement par le fabricant, pour couvrir les pertes possibles en cas d'erreur d'évaluation. La maîtrise économique des projets en ossature bois passe par la prise en compte du processus de fabrication. Ensuite, elle repose fortement sur le déroulement du chantier (productivité, délais) et sur le choix des solutions techniques pour économiser sur les matériaux nécessaires.

Le panneau est en effet un matériau à valeur unitaire élevée et on peut s'interroger sur les gains potentiels qui existent au niveau du panneau pour accroître la compétitivité économique des M.O.B.

C'est au niveau de la peau extérieure que se trouvent sans doute les gisements de baisse des coûts les plus importants. Son poids économique, tout d'abord, en fait l'élément privilégié. Mais surtout, il n'y a guère de perspective de pouvoir baisser sensiblement le prix des autres postes :

- Il y a peu d'économie à espérer à court terme au niveau de la main d'œuvre, la productivité atteinte, avec les grands panneaux manportables tout au moins, étant déjà bonne et le marché comme la taille des entreprises ne prédisposant pas à des investissements pour améliorer la productivité.

Les gisements de productivités à la fabrication au niveau du savoir-faire et de l'organisation paraissent limités, en tout cas pour les principaux leaders déjà très rodés.

De plus, il faut souligner qu'un panneau est l'assemblage d'au moins douze éléments, ce qui rend difficile l'optimisation du travail, le nombre de tâches élémentaires étant assez important.

- L'optimisation de l'emploi des matériaux de l'ossature est déjà très poussée.
- Le système d'assemblage, déjà simple, peut éventuellement être amélioré, mais la baisse économique possible apparaît limitée.

Seuls les fabricants qui n'ont pas encore atteint l'optimum économique dans ces domaines peuvent escompter y trouver des gains.

Pour les autres et notamment les principaux leaders, reste la peau extérieure. Or l'essentiel du prix de la peau extérieure est celui du panneau de particule (ou de contreplaqué éventuellement).

L'évolution technique possible pour baisser le prix de la peau extérieure est au niveau du contreventement : supprimer le panneau de particules et assurer le contreventement par une autre solution. Le gain potentiel pour ce qui est du coût matériau est de l'ordre de 30 % du prix du panneau, auquel il faut ajouter les gains de productivité à la fabrication du panneau.

Techniquement, il est possible d'assurer le contreventement par la plaque de plâtre du parement intérieur, en utilisant bien sûr une plaque de plâtre spéciale. Mais les risques liés à cette solution minimale (détérioration sur le chantier ou par l'utilisateur) sont importants et les principaux leaders n'ont pas optés pour cette solution jugée trop légère et aléatoire et qui favorisent les contre-performances et l'impression d'une maison bas de gamme nuisant ainsi à l'image de marque de la M.O.B.

D'autres solutions sont parfois utilisées : parement extérieur en panneaux de fibres-ciment (notamment en pignon implanté en limite séparative de terrain) ou panneaux de contreplaqué extérieur, directement peints. Il s'agit en fait de supprimer le bardage extérieur pour réduire le prix, mais avec les contraintes et les risques que cela comporte : expression architecturale, entretien, fiabilité des joints entre panneaux, etc.

#### o Les autres panneaux

Les panneaux fermés manuportables et encore plus les panneaux de grandes dimensions sont des procédés moins répandus que le panneau ouvert manuportable. Il est donc difficile d'obtenir des informations précises et généralisables.

Un constat comparatif par rapport au panneau manuportable ouvert permet cependant de dire qu'ils n'apportent pas de gain économique réel. Il s'agit en fait d'un seul transfert de travail du chantier vers l'usine, c'est-à-dire d'une valeur ajoutée plus élevée pour le fabricant et non pour l'entreprise de pose.

Ce transfert renforce le rôle du fabricant dans la maîtrise du processus, ce qui pré-suppose que celui-ci a les moyens économiques, techniques et le savoir-faire adaptés pour en assurer le pilotage et la gestion au niveau de la programmation et de la conception puis au niveau du chantier.

Dans le contexte actuel ce type d'entreprise est rare et, parallèlement, les opérations susceptibles de permettre d'utiliser de façon adaptée des panneaux fermés manuportables ou des panneaux de grandes dimensions sont également rares.

Ceci explique, tout d'abord que ces procédés restent marginaux et, ensuite, qu'un certain nombre d'opérations n'a pas donné de résultats satisfaisants et s'est traduit par des échecs et des contre-performances.

En ce qui concerne la fabrication, il n'y a pas de gisement économique significatif comparativement au panneau ouvert manuportable.

En effet, ils n'apportent pas d'optimisation sensible de l'emploi des matériaux : Les principes d'utilisation et d'assemblage des matériaux et, par là, les principes de conception, sont les mêmes que pour le panneau ouvert manuportable.

Quant à la productivité à la fabrication, elle n'est pas favorisée par les panneaux fermés manuportables ou par les panneaux de grandes dimensions.

Pour les panneaux fermés manportables, il s'agit en fait d'un panneau ouvert auquel des éléments de second-œuvre (isolation, voire électricité, panneau intérieur) sont installés en atelier et non sur chantier. La productivité pour assembler la partie correspondant à un panneau ouvert manportable identique est donc la même.

Par ailleurs, de l'avis de fabricants, la productivité de l'intégration des éléments de second-œuvre et de fermeture du panneau est sensiblement la même que sur chantier. Par contre le travail sur chantier avec des panneaux fermés n'est pas forcément plus simple et repose avant tout sur la conception du bâtiment.

Les panneaux de grandes dimensions, ouverts ou fermés n'apportent pas, eux non plus, de différence sensible avec le panneau ouvert manportable.

Au niveau du coût des matériaux, les gains possibles se situent essentiellement au niveau des montants de l'ossature dont le nombre peut être éventuellement réduit par rapport à ceux nécessaires en panneau ouvert. Mais la grande dimension du panneau nécessitant des solutions pour la rigidifier, pour sa manutention notamment (sur-dimensionnement, renforts de la structure) le gain théorique au niveau de l'ossature n'existe généralement pas en réalité.

En ce qui concerne la productivité, la grande dimension augmente la répétitivité des gestes pour chacune des tâches et des petits gains sont possibles, mais limités souvent en raison des déplacements nécessaires à l'ouvrier, et l'accessibilité aux parties centrales des panneaux.

De plus, les panneaux de grande dimension tendent à réduire l'effet de série, puisqu'ils diminuent le nombre de panneaux. La répétitivité des panneaux est moins bonne et les travaux de mesure, les réglages, etc pénalisent ainsi la productivité.

Les exigences envers la conception pour réduire au maximum le nombre de panneaux différents (panneaux menuisés notamment) et pour mettre au point des solutions techniques fiables et simples, sont accrues.

Enfin, les panneaux de grandes dimensions nécessitent du matériel de manutention (pont roulant par exemple) que les panneaux manportables n'exigent pas.

L'exemple des modules tridimensionnels montre qu'ils n'apportent pas de nette différence de productivité avec le panneau : d'après les informations dont nous disposons, pour des cas similaires, le total des heures nécessaires à la fabrication et au chantier est du même ordre, environ 700 h (tous corps d'état hors soubassement) pour un F5-chiffre qui paraît élevé mais dont il n'est pas précisé ce qu'il correspond.

Les avantages apportés par les modules tridimensionnels sont avant tout au niveau des gains sur les délais — de chantier surtout — et au niveau des possibilités d'obtenir une bonne qualité, notamment de finition, et une coordination du travail plus facile grâce au travail en atelier où sont concentrés toutes les équipes de mise en œuvre des différents corps d'état et le matériel nécessaire et qui réduit les aléas dans l'organisation du planning, l'approvisionnement, etc, et ceux dûs aux conditions climatiques.

L'utilisation des techniques à base de grands panneaux et, encore plus, de modules tridimensionnels est avant tout un choix de fabricant en fonction de son activité et de ses moyens (matériel, mode de travail, etc), de son savoir-faire, et de ses marchés et non une réponse technique, économique ou architecturale mieux adaptée à la construction en ossature bois que le panneau manportable.

Ceci explique pourquoi ces techniques sont restées marginales en France, notamment le tridimensionnel développé uniquement par la Société HOUOT pour la plupart de ses marchés nationaux, celle-ci utilisant le panneau manportable ou le grand panneau pour des marchés particuliers (en raison du transport le plus souvent) comme les marchés à l'export.

Type de nombre comptes Pente 10
OSSEAU
ELECTR VMC - C
PLOMB SANITA
REVETE EXTERI
ESCALI
VELUX
TOTAL
Surface m <sup>2</sup>
m <sup>2</sup> total

## LA PRODUCTIVITÉ

### • LA PRODUCTIVITÉ GLOBALE DE LA M.O.B.

o Les heures de montage sur chantier d'une M.O.B.

Grâce à sa rapidité de montage, la M.O.B. permet des délais de construction extrêmement courts, notamment la mise hors-d'eau - hors d'air (hors vol) qui peut être obtenue en 1 à 3 jours.

Il y a cependant des différences importantes dans le nombre d'heures de travail nécessaires :

– entre des M.O.B. dont la conception est optimisée – comme les M.O.B. sur catalogue – qui atteignent les meilleures productivités et des M.O.B. plus artisanales qui nécessitent environ 300 heures de plus dans les cas étudiés, d'une part,

– entre les M.O.B. R + 0 qui permettent d'obtenir les productivités les plus performantes et les M.O.B. R + 1 qui demandent au minimum une centaine d'heures en plus environ – correspondant essentiellement à l'ossature bois et au revêtement extérieur – d'autre part.

Le nombre total et la décomposition des heures de chantier qui sont nécessaires sur les chantiers les plus performants sont données dans le tableau n° 16. Il concerne les M.O.B. sur catalogue étudiées précédemment.

TABLEAU N° 16

### DÉCOMPOSITION DES HEURES DE CHANTIER DE M.O.B. SUR CATALOGUE

MODELE	N° 1				N° 2				N° 3			N° 4			N° 5	N° 6	N° 7	N° 8
	3 Pièces R + 0 CP 17 <sup>0</sup>	3 Pièces R + 0 CP 35 <sup>0</sup>	3/4 Pièces R + C CAA 35 <sup>0</sup>	6 Pièces R + C CA 45 <sup>0</sup>	4 Pièces R + 0 CP 17 <sup>0</sup>	4 Pièces R + 0 CP 35 <sup>0</sup>	4/5 Pièces R + C CAA 35 <sup>0</sup>	7 Pièces R + C CA 45 <sup>0</sup>	4 Pièces R + 0 CP 17 <sup>0</sup>	4 Pièces R + 0 CP 35 <sup>0</sup>	4/5 Pièces R + C CAA 35 <sup>0</sup>	7 Pièces R + C CA 45 <sup>0</sup>	5 Pièces R + 0 CP 17 <sup>0</sup>	5 Pièces R + 0 CP 35 <sup>0</sup>	4 Pièces R + 1 CP 17 <sup>0</sup>	4 Pièces R + 1 CP 17 <sup>0</sup>	5/6 Pièces R + 1 CP 17 <sup>0</sup>	4(5) Pièces R + C CAA 45 <sup>0</sup>
OSSEMENTS BOIS	78,5 h	82,5 h	110 h	119 h	78,5 h	82,5 h	106,5 h	116,5 h	83 h	86,5 h	113 h	121 h	91 h	95,5 h	151 h	155 h	159 h	66 h
ELECTRICITE VMC - CHAUFFAGE	20 h	20 h	20 h	24 h	20 h	20 h	20 h	24 h	20 h	20 h	20 h	24 h	20 h	20 h	24 h	24 h	24 h	24 h à 36 h
PLOMBERIE SANITAIRES	28 h	28 h	28 h	32 h	28 h	28 h	28 h	32 h	28 h	28 h	28 h	32 h	28 h	28 h	32 h	32 h	32 h	ST
REVETEMENT EXTERIEUR (RPE)	30 h	33,5 h	33,5 h	36 h	33,5 h	36,5 h	36,5 h	39 h	37 h	42,5 h	42,5 h	46,5 h	41 h	47 h	51 h	54 h	56 h	ST
ESCALIER	-	-	6,5 h	6,5 h	-	-	6,5 h	6,5 h	-	-	6,5 h	6,5 h	-	-	8 h	8 h	8 h	NP
VELUX	-	-	-	8 h	-	-	-	8 h	-	-	-	8 h	-	-	-	-	-	6 h
TOTAL	156,5 h	164 h	197,5 h	225,5 h	160 h	167 h	197,5 h	226 h	168 h	177 h	210 h	238 h	180 h	190,5 h	266 h	273 h	279 h	96 h à 106 h + ST
Surface habitable	60 m <sup>2</sup>	60 m <sup>2</sup>	60 m <sup>2</sup> (70,5 m <sup>2</sup> )	84,5 m <sup>2</sup>	75,5 m <sup>2</sup>	75,5 m <sup>2</sup>	75,5 m <sup>2</sup> (96 m <sup>2</sup> )	111 m <sup>2</sup>	90 m <sup>2</sup>	90 m <sup>2</sup>	90 m <sup>2</sup> (123 m <sup>2</sup> )	137 m <sup>2</sup>	111 m <sup>2</sup>	111 m <sup>2</sup>	75 m <sup>2</sup>	91 m <sup>2</sup>	98 m <sup>2</sup>	84 m <sup>2</sup> (120 m <sup>2</sup> )
h/m <sup>2</sup> habitable	2,6 h/m <sup>2</sup> s.h	2,7 h/m <sup>2</sup> s.h	3,34 h/m <sup>2</sup> s.h (2,8 h/m <sup>2</sup> s.h)	2,7 h/m <sup>2</sup> s.h	2,1 h/m <sup>2</sup> s.h	2,2 h/m <sup>2</sup> s.h	2,6 h/m <sup>2</sup> s.h (2 h/m <sup>2</sup> s.h)	2 h/m <sup>2</sup> s.h	1,9 h/m <sup>2</sup> s.h	2 h/m <sup>2</sup> s.h	2,3 h/m <sup>2</sup> s.h (1,7 h/m <sup>2</sup> s.h)	1,7 h/m <sup>2</sup> s.h	1,6 h/m <sup>2</sup> s.h	1,7 h/m <sup>2</sup> s.h	3,5 h/m <sup>2</sup> s.h	3 h/m <sup>2</sup> s.h	2,8 h/m <sup>2</sup> s.h	-

Pour les corps d'état qui n'y sont pas indiqués (travaux sous-traités le plus souvent), nous avons retenu les valeurs indicatives qui sont données dans le tableau n° 17 et qui ont été observées sur des chantiers performants pour des maisons (M.O.B et autres) comparables au M.O.B. étudiées.

TABLEAU N° 17 : ESTIMATION DES HEURES DE CHANTIER POUR LES CORPS D'ÉTAT NON COMPTABILISÉS DANS LE TABLEAU N° 16

– Couverture :	30 h à 40 h et plus
– cloisonnement, menuiserie intérieure, doublage, plafond, isolation plafond :	30 h à 40 h
– peinture extérieure :	6 h à 10 h
– nettoyage - finitions pour la livraison de la MOB :	14 h à 20 h
TOTAL :	80 h à 110 h

Le nombre total d'heures sur chantier que nous avons observé, dans les cas les plus performants, en construction par panneaux manportables est de l'ordre de 250 heures pour une M.O.B. de 4 pièces (R + 0 en général) tout corps d'état sauf soubassement (fondation, dalle de rez-de-chaussée) et sauf revêtements de sol et de murs intérieurs.

Ramené au m<sup>2</sup> habitable, on obtient donc, au total, environ 3,3 h/m<sup>2</sup> habitable pour un 4 pièces de 75 m<sup>2</sup> et 2,8 h/m<sup>2</sup> habitable pour un 4 pièces de 90 m<sup>2</sup>. hors travaux d'infrastructure (fondation, soubassement, dalle du rez-de-chaussée).

L'amélioration de la productivité globale par m<sup>2</sup> habitable au fur et à mesure que la surface de la M.O.B. s'accroît se voit nettement dans le tableau n° 16 où pour l'ensemble des corps d'état considérés, la productivité globale est de 1,6 h/m<sup>2</sup> habitable pour les plus grands logements (110 m<sup>2</sup> habitable et plus), alors qu'elle est de 2,6 h/m<sup>2</sup> habitable et plus pour les petits logements (60 m<sup>2</sup> habitable). A ces valeurs, il faut rajouter celles de la productivité globale des corps d'état non comptabilisés dans le tableau n° 16 et que nous avons évalué dans le tableau n° 17, soit au m<sup>2</sup> habitable :

- environ 1 h/m<sup>2</sup> habitable et moins, pour les grands logements soit au total 2,5 h/m<sup>2</sup> habitable pour la construction d'un grand logement de 110 m<sup>2</sup> et plus ;
- environ 1,5h à 2h/m<sup>2</sup> pour un petit logement soit au total 4 h à 4,5 h/m<sup>2</sup> habitable pour la construction d'un petit logement de 60 m<sup>2</sup>.

Ces chiffres sont bien sûr indicatifs.

Il faut considérer ces valeurs comme l'optimal que l'on peut atteindre en M.O.B.

Elles constituent la productivité globale de référence permettant d'étalonner les résultats de tel ou tel chantier.

Sur la plupart des chantiers de M.O.B., la productivité est moins bonne que cette productivité-étalon, souvent de beaucoup. Les deux raisons essentielles sont :

- la conception qui, sur les plans spatial et technique, ne crée généralement pas les conditions, mêmes minimales, d'une bonne productivité ;
- la coordination du travail sur le chantier, entre les entreprises assurant les différents corps d'état d'une part et dans le travail d'une même entreprise (interventions en discontinuité, temps morts, etc) d'autre part – les constructeurs de M.O.B. sur catalogue ont d'ailleurs eux-mêmes des difficultés à ce niveau, d'où l'importance économique que prend chez eux la gestion de la main d'œuvre de pose (intégrée à la société le plus souvent).

A titre d'exemple, si on compare les heures de main d'œuvre et la productivité/m<sup>2</sup> habitable qui lui correspond – données dans le tableau n° 20 (Source LE BOIS NATIONAL) – avec les valeurs-étalons des M.O.B. sur catalogue, – données dans les tableaux n° 18 et 19 – on constate à quel point il y a des gisements de productivité au niveau des M.O.B. « artisanales ».

**TABLEAU N° 18 : CONSTRUCTION D'UNE M.O.B. SUR CATALOGUE EN PANNEAUX FERMÉS MANUPORTABLES**

**PRODUCTIVITÉ PAR M2 CONSTRUIT**

- Heures de chantier seulement
- Effectifs et délai du chantier : 2 ouvriers à 8,5 h/jour en moyenne pendant 10 jours).

	HEURES DE TRAVAIL	PRODUCTIVITE	
		H/M2 SHO (SHO : 91 m2 env.)	H/M2 SH (SH : 84 m2 env.)
I – DÉCHARGEMENT	12 h (env. 7 %)	0,13 h/m2 SHO	0,14 h/m2 SH
II – ASSEMBLAGE DES PANNEAUX DU REZ-DE-CHAUSSEE	38 h (env. 22 %)	0,42 h/m2 SHO	0,45 h/m2 SH
III – CHARPENTE	16 h (env. 9 %)	0,18 h/m2 SHO	0,19 h/m2 SH
IV – COUVERTURE	36 h (env. 21 %)	0,40 h/m2 SHO	0,43 h/m2 SH
V – CLOISONNEMENT INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES ISOLATION DU PLAFOND	54 h (env. 31 %)	0,60 h/m2 SHO	0,65 h/m2 SH
VI – FINITION (nettoyage, rangement matériel, etc...)	16 h (env. 9 %)	0,18 h/m2 SHO	0,19 h/m2 SH
TOTAL	172 h (100 %)	1,90 h/m2 SHO	2,05 h/m2 SH



TABLEAU N° 19 : CONSTRUCTION D'UNE M.O.B. SUR CATALOGUE EN PANNEAUX FERMES MANUPORTABLES  
(MODELE N° 8)  
PRODUCTIVITÉ PAR OUVRAGE

- Heures de chantier seulement  
- Effectifs et délai du chantier : 2 ouvriers à 8,5 h/jour en moyenne pendant 10 jours.

OPÉRATIONS DE MISE EN OEUVRE (ordre non chronologique)	QUANTITÉS				PRODUCTIVITÉ		
	Heures de travail	Nombre d'Unité	ml de mur	m2 «vide pour (1) plein»	h/u	h/ml	h/m2
<b>I DÉCHARGEMENT</b>	12h (env. 7 %)						
<b>II ASSEMBLAGE DES PANNEAUX DU R.D.C.</b>							
o Mise en place des panneaux	16h (9,3 %)	37 panneaux	env. 38 ml	100 m2	0,43h/ panneau	0,42 h/ml	0,16 h/m2 de mur
o Resserrage des panneaux, réglage de l'alignement et de l'aplomb des murs	9h (5,2 %)	"	"	"	0,24h/ panneau	0,24 h/ml	0,09 h/m2 de mur
o Ancrage des panneaux	4h (2,3 %)	"	"	"	0,11h/ panneau	0,10 h/ml	0,04 h/m2 de mur
o Joints extérieurs entre panneaux	8h (4,6 %)	"	"	"	0,22h/ panneau	0,20 h/ml	0,08 h/m2 de mur
o Pose des volets et des poignées de fenêtre	1h (0,5 %)						
<b>TOTAL :</b>	<b>38h</b> (env. 22%)	"	"	"	<b>1,03h/ panneau</b>	<b>1 h/ml</b>	<b>0,38 h/m2 de mur</b>
<b>III CHARPENTE</b>							
o Pose des fermettes	10h (5,8 %)	11 fermettes	/	/	0,91h/ fermette		0,07 h/m2 de toiture
o Pose des pointes de pignon	6h (3,5 %)	2 pointes de pignon	env. 20 ml	48 m2	3 h/pointe de pignon		0,04 h/m2 de toiture
<b>TOTAL :</b>	<b>16h</b> (env. 9 %)						<b>0,11 h/m2 de toiture</b>
<b>IV COUVERTURE</b>							
o Pose du film polyane (écran de toiture)	4h (2,3 %)			145 m2			0,03 h/m2 de toiture
o Pose des linteaux	8 h (4,6 %)			"			0,05 h/m2 de toiture
o Pose velux	6 h (3,5 %)			"			
o Pose des tuiles (grand moule, 12/m2)	14 h (8 %)			"			0,03 h/m2 de toiture
o Pose gouttières, DEP	4 h (2,3 %)						
<b>TOTAL</b>	<b>36 h</b> (env. 21 %)			<b>145 m2</b>			<b>0,35 h/m2 de toiture</b>
<b>V CLOISONNEMENT - INSTALLATIONS ELECTRIQUES - ISOLATION</b>							
o Pose de plafond en plaques de plâtre	8h (4,6 %)			85 m2 de plafond			≈ 0,10h/m2 de plafond
o Pose plaques de plâtre côté intérieur des murs extérieurs	4h (2,3 %)		≈ 37 ml	≈ 92 m2 de mur intérieur		0,11 h/ml	0,04 h/m2 de mur intér.
o Cloisons, portes intérieures, joints plaques de plâtre	16h (9,3 %)		≈ 24 ml	≈ 60 m2		0,67 h/ml	0,27 h/m2 de cloison
o Pose pieuvre électrique	2 h (1,2 %)						
o Électricité	12h (7 %)						
o Équipement électrique, VMC, prises (isolation ?)	12h (7 %)						
<b>TOTAL</b>	<b>54h</b> (31 %)						
<b>V FINITIONS</b>							
o Escalier, nettoyage, rangement matériel, etc.	16h (9 %)						
<b>TOTAL :</b>	<b>172 h</b> (100 %)						

- (1) m2 «vide pour plein» : méthode qui consiste à calculer la surface sans déduire celle des ouvertures, avec l'hypothèse que les sujétions supplémentaires imposées par les ouvertures demandent autant de temps qu'il en faut pour réaliser leur surface, ou encore que les ouvertures n'ont pas d'incidence sensible sur la productivité (cas des panneaux par exemple).
- (2) Ce chiffre correspond à une très bonne productivité : une bonne productivité est de l'ordre de 1h/fermette pour une faible pente (fermette en une seule partie) et 1,75 h/fermette pour une forte pente (fermette en deux parties).
- (3) Ce ratio est vraisemblablement sous évalué puisqu'il correspond à une cadence moyenne de 30 secondes par tuile.

TABLEAU N° 20 : CONSTRUCTION DE MOB EN PANNEAUX OUVERTS  
PRODUCTIVITE PAR OUVRAGE

	MOB DE 4 PIECES SUR SOUS SOL			MOB DE 5 PIECES SUR TERRE PLEIN		
	Heures de travail	H/m <sup>2</sup> SHO (SHO : 110 m <sup>2</sup> env. hors sol)	H/m <sup>2</sup> SH (SH : 94 m <sup>2</sup> env.)	Heures de travail	H/m <sup>2</sup> SHO (SHO : 138 m <sup>2</sup> env.)	H/m <sup>2</sup> SH (SH : 117 m <sup>2</sup> env.)
I MAÇONNERIE DE SOUS SOL - Implantation de la construction, préparation du terrain, fouilles, fondations	240 h			200 h (terre plein complet)		
II DECHARGEMENT DU PACKAGE	12 h	0,11 h/m <sup>2</sup> SHO	0,13 h/m <sup>2</sup> SH	18 h	0,13 h/m <sup>2</sup> SHO	0,15 h/m <sup>2</sup> SH
III PLANCHER BOIS SUR MAÇONNERIE DU SOUS SOL - Semeilles poutres - poteaux, solives, panneaux	60 h (0,55 h/m <sup>2</sup> )	0,55 h/m <sup>2</sup> SHO	0,64 h/m <sup>2</sup> SH			
IV PANNEAUX DE MUR - Ossature avec montants et traverses assemblées par clouage et sur l'extérieur des panneaux de contreplaqué qualité extérieure de 13 mm d'épaisseur cloués, menuiseries	18 h (0,41 h/ml)	0,16 h/m <sup>2</sup> SHO	0,19 h/m <sup>2</sup> SH	22 h	0,16 h/m <sup>2</sup> SHO	0,19 h/m <sup>2</sup> SH
V CHARPENTE, TOITURE - Sablière, fermettes, pointes de pignons, solives intermédiaires fixées en faitage, panneaux de contreplaqué qualité extérieure de 13 mm d'épaisseur pour la sous-toiture sur toute la surface du toit	60 h	0,55 h/m <sup>2</sup> SHO	0,64 h/m <sup>2</sup> SH	73 h	0,53 h/m <sup>2</sup> SHO	0,62 h/m <sup>2</sup> SH
V COUVERTURE ZINGUERIE - Couverture en shingle coile avec bande de zinc larmier - Gouttières - DEP (PVC)	55 h 12 h TOTAL :	0,50 h/m <sup>2</sup> SHO 0,11 h/m <sup>2</sup> SHO 0,61 h/m <sup>2</sup> SHO	0,59 h/m <sup>2</sup> SH 0,13 h/m <sup>2</sup> SH 0,72 h/m <sup>2</sup> SH	77 h 17 h TOTAL :	0,56 h/m <sup>2</sup> SHO 0,12 h/m <sup>2</sup> SHO 0,68 h/m <sup>2</sup> SHO	0,66 h/m <sup>2</sup> SH 0,15 h/m <sup>2</sup> SH 0,81 h/m <sup>2</sup> SH
VI ISOLATION - CLOISONNEMENT - Plafond R.D.C. (contrelattage, plaques de plâtre 10 mm, laine minérale avec pare-vapeur) - Isolation murs et plancher, cloisons intérieures - Bloc-portes, plinthes, chambranles - Joints sur plaques de plâtre sur murs, plafond, cloisons	40 h (0,36 h/m <sup>2</sup> ) 90 h 20 h 70 h TOTAL :			46 h 91 h 26 h 95 h TOTAL :		
VII ELECTRICITE - Installation prévue électrique et ventilation - Convecteurs électriques (B)	20 h 15 h TOTAL :	0,40 h/m <sup>2</sup> SHO	0,47 h/m <sup>2</sup> SH	26 h 15 h 41 h	0,30 h/m <sup>2</sup> SHO	0,35 h/m <sup>2</sup> SH
VIII SANITAIRE - ECS - - Evier inox, baignoire fonte, lavabo, bidet et w.c en grès, bac à douche, chauffe-eau électrique 200 l	28 h	0,26 h/m <sup>2</sup> SHO	0,30 h/m <sup>2</sup> SH	22 h (pas de bac à douche)	0,16 h/m <sup>2</sup> SHO	0,19 h/m <sup>2</sup> SH
IX FINITIONS EXTERIEURES - Crépi genre tyrolien à base de résine sur sous-couche régulatrice d'humidité, vernis et peinture sur menuiseries, etc	60 h	0,55 h/m <sup>2</sup> SHO	0,64 h/m <sup>2</sup> SH	70 h	0,51 h/m <sup>2</sup> SHO	0,60 h/m <sup>2</sup> SH
X NETTOYAGE ET FINITION	20 h	0,18 h/m <sup>2</sup> SHO	0,24 h/m <sup>2</sup> SH	30 h	0,22 h/m <sup>2</sup> SHO	0,26 h/m <sup>2</sup> SH
TOTAL HORS MAÇONNERIE SOUS-SOL TERRE-PLEIN	580 h	5,36 h/m <sup>2</sup> SHO	6,27 h/m <sup>2</sup> SH	627 h	4,54 h/m <sup>2</sup> SHO	5,36 h/m <sup>2</sup> SH
TOTAL AVEC MAÇONNERIE SOUS-SOL TERRE-PLEIN	820 h			827 h		

Source : LE BOIS NATIONAL du 19 Novembre 1977 (n° 43) et du 15 Avril 1978

Cependant, ces gisements de productivité concernent avant tout les autres corps d'état que l'ossature charpente.

Ceci confirme l'importance de la coordination du travail sur chantier et la nécessité de réunir des entreprises performantes pour tous les corps d'état afin de ne pas perdre les gains de temps apportés par le gros œuvre — ce qui est malheureusement souvent le cas.

En observant les heures de main d'œuvre nécessaires au montage de l'ossature bois — données dans les tableaux n° 16, 18, 19, et 20, — on s'aperçoit qu'elle ne représente que :

- 1/3 environ du total des heures de main d'œuvre du chantier pour les M.O.B. sur catalogue,
- et 18 à 25 % pour les M.O.B. d'artisans du BOIS NATIONAL.

Les gisements de productivité les plus importants sont donc ailleurs que dans l'ossature bois.

Le seul gisement de productivité réellement significatif qui existe sur l'ossature bois est au niveau du parti volumétrique : R + 0 ou R + I — à condition bien sûr que la conception de l'ossature soit optimisée — puisqu'une M.O.B. R + I demande deux fois plus d'heures de travail pour monter l'ossature bois qu'une M.O.B. R + 0. C'est ce doublement des heures de montage de l'ossature bois qui est la raison de l'accroissement des heures totales de chantier, les autres corps d'état restant stables.

- o Les conditions de base à une bonne productivité et leurs limites

Les très bonnes performances obtenues par les M.O.B. sur catalogue s'expliquent par :

- la préparation du chantier extrêmement poussée,
- l'enchaînement des corps d'état en fonction d'une logique de mise en œuvre bien étudiée,
- l'harmonisation et le regroupement des tâches en fonction de la durée de la journée de travail.

Ceci assure l'optimisation de l'emploi du temps de la main d'œuvre et évite la plupart des temps «morts» (temps de battement, changement de travail, etc ...) sur le chantier. A cela s'ajoute le plus souvent une main d'œuvre qualifiée, polyvalente et motivée économiquement (intéressement, primes, etc ...).

La préparation du chantier est fondamentale, surtout dès que l'organisation du travail est optimisée. La préparation du chantier doit être poussée au niveau du colisage et de l'identification des pièces.

Le nombre d'éléments différents doit être le plus réduit possible car cela permet la banalisation du produit qui peut être indifféremment posé à tel ou tel endroit.

La préparation des colis est faite en fonction de l'ordre de pose sur chantier et du poids, afin qu'ils restent facilement transportables.

Les éléments banalisés et les éléments spéciaux sont dans des paquets à part. Chaque élément est numéroté avec une référence et avec un numéro d'ordre chronologique de pose.

Tous les éléments sont prêts à poser, sans recoupe (lisses, tasseaux, etc ...).

La finesse de la préparation du colisage va parfois jusqu'aux éléments de fixation (clous, vis, etc ...) conditionnés en quantité nécessaire et accrochés à chaque composant. Sur chaque colis ou chaque lot, une notice de pose explique clairement les opérations, les précautions de mise en œuvre et de sécurité : (sens de montage, ordre des opérations, protections, fixations provisoires, etc ...).

Le colisage est également conçu pour favoriser les opérations de déchargement.

Le temps de déchargement est en effet loin d'être négligeable. Dans le modèle n°8, il représente 7 % des heures comptabilisées dans le tableau n° 18 ou 19, soit environ 5% des heures totales nécessaires à la construction de la maison — et il s'agit d'un modèle optimisé sous les différents aspects du chantier.

Dans le cas de maisons artisanales, le déchargement représente souvent beaucoup plus : dans les deux exemples donnés par LE BOIS NATIONAL — tableau n° 20— il correspond à 15 à 20 % du temps de montage de l'ossature panneaux + charpente, soit 13 % à 16 % du temps total consacré à l'ossature (déchargement + montage).

L'importance du colisage se retrouve au niveau du second œuvre, pour obtenir des temps de mise en œuvre extrêmement réduits. A cela, s'ajoute le rôle de la conception favorisant la productivité en évitant les pertes de temps entre la prise du composant dans le stock du chantier et sa mise en place définitive : calepinage pour éviter les découpes, réduction des cas particuliers (petits pans de cloison, angles, cotes d'implantation différentes, etc), banalisation des éléments et de leur emplacement, possibilité de stockage près du lieu de mise en œuvre en respectant des lieux de circulation et des aires de travail faciles, etc.

La possibilité de planifier le travail de chantier d'une façon aussi rigoureuse a cependant des limites, notamment lorsqu'il ne s'agit pas d'une main d'œuvre interne.

Cette démarche est en effet inspirée des pratiques de rationalisation appliquées par des constructeurs de maisons individuelles sur catalogue comme MAISONS BRUNO PETIT, MAISONS PHÉNIX ou, dans la M.O.B., LA MAISON ÉVOLUTIVE, dont la mise en œuvre est assurée en grande partie par leurs propres équipes de chantier.

Sous certains aspects cette démarche prend malheureusement dans l'ossature bois des allures parfois plus dirigistes – et rigides – que réellement efficaces et héritées de la pratique du chantier et qui consiste à rester dans une démarche typiquement fabricant avec la volonté – ou la croyance – de pouvoir transposer sur le chantier le processus rigoureux d'organisation et de travail de l'atelier – cette démarche se retrouve aussi chez certains bureaux d'études.

Les limites sont non seulement celles dues au travail in situ mais aussi celle du contexte socio-professionnel : problème d'acceptation sociale de cette discipline qu'impose le fabricant, problème de mentalité, problème de savoir-faire.

Un fabricant – qui pourtant pratique ces méthodes de façon intéressante et avec une démarche de service offert à l'entreprise plus que de planification extérieure – nous a expliqué que fréquemment les entreprises de pose ne respectent pas l'ordre de montage et la place des panneaux prévue à l'origine, et que souvent même il doit fournir en supplément des accessoires déjà fournis, ceux du kit ayant été utilisés sans raison à un endroit non prévu : par exemple des platines de fixation d'une lucarne utilisées pour renforcer un angle ou un élément de mur au rez-de-chaussée, lisses hautes ou basses non mises à leurs vraies places et recoupées sur le chantier, panneaux renforcés à la place de panneaux ordinaires, etc ... Les gains de productivité potentiels se traduisent alors par des pertes de temps, de même que la qualité diminue.

L'organisation de chantier sur la base de la concertation (conception - fabrication - pose) est un des objectifs prioritaires à atteindre pour une maîtrise économique et qualitative de la M.O.B.

Mais elle n'est économiquement et matériellement réaliste que sur des chantiers suffisamment importants. Le cas de la M.O.B. en diffus – hors maisons sur catalogue – y est peu propice.

## ● LA PRODUCTIVITÉ DE LA PARTIE OSSATURE BOIS

### o La décomposition des heures de travail de l'ossature bois

L'observation de la décomposition des heures de travail consacrées à l'ossature bois est faite à partir de l'étude de M.O.B. sur catalogue dont les principales informations économiques ont été présentées précédemment.

Le tableau n<sup>o</sup> 21 donne une évaluation du nombre d'heures nécessaires au montage de l'ossature bois pour les différents modèles de base de ces M.O.B. sur catalogue et une évaluation des heures de travail consacrées seulement à la partie verticale (panneaux et poteaux) sauf les pointes de pignon.

On constate tout d'abord que le nombre d'heures consacrées à la partie verticale représente moins de la moitié des heures totales du montage de l'ossature bois. La maîtrise des autres parties de l'ossature ainsi que les gisements de productivité qui s'y trouvent sont donc aussi importants.

Il faut également souligner la faible possibilité d'obtenir des gains économiques significatifs sur la main d'œuvre de l'une ou de l'autre partie de l'ossature bois. En effet la partie verticale ne représente en général que 15 à 20 % environ du nombre total des heures de travail sur chantier (hors infrastructure et dalle du rez-de-chaussée) et seulement 3 % environ du prix de la M.O.B. Le total des autres heures consacrées au reste de l'ossature bois est du même ordre que celui de la partie verticale.

On constate ensuite 2 types de M.O.B. : les M.O.B. R + 0 d'une part et les M.O.B. R + I dont le total des heures de main d'œuvre pour l'ossature bois comme celui des heures pour la partie verticale est environ le double d'une M.O.B. R + 0, d'autre part.

Au contraire, il y a peu de différence entre les tailles de M.O.B. d'une même famille (R + 0 ou R + I) puisque le total des heures varie :

- entre 36 h et 44 h pour la partie verticale et 78,5 h à 91 h pour l'ensemble de l'ossature bois, pour une M.O.B. R + 0 faisant 3 à 5 pièces ;
- entre 70 h et 77 h pour la partie verticale et 151 h à 159 h pour l'ensemble de l'ossature bois, pour une M.O.B. R + I faisant 4 à 5/6 pièces.

Le choix du parti volumétrique de la M.O.B. a donc une incidence directe sur les quantités d'heures, de l'ordre de 1 à 2.

Par contre, la surface de la M.O.B. elle-même a peu d'incidence voire pas d'incidence comme le montrent les modèles n<sup>o</sup> 1, 2 et 3 pour les M.O.B. R + 0 et les modèles 5 et 6 pour les M.O.B. R + I.

L'explication de ces variations entre M.O.B. R + 0 et M.O.B. R + I est :

- en ce qui concerne la partie verticale : le doublement des heures est essentiellement la conséquence du nombre de panneaux à assembler, une M.O.B. R + I ayant environ deux fois plus de panneaux qu'une M.O.B. R + 0. A cela s'ajoute la perte de productivité due au travail en étage moins facile que le travail au sol. Cette perte de productivité est de l'ordre de 25 % au 1er étage, comparé au rez-de-chaussée.
- en ce qui concerne les autres parties de l'ossature : le doublement des heures est essentiellement dû au montage du plancher. En effet, elles ne sont pas compensées par des heures gagnées au niveau de la charpente dont la surface est pourtant réduite comparée au R + 0. Quant aux autres travaux que la charpente : déchargement, finition, nettoyage, etc, ceux-ci étant liés aux quantités de composants ou de m<sup>2</sup>, les heures nécessaires sont au moins les mêmes.

Ainsi, une maison R + I n'apporte un gain potentiel qu'au niveau de la charpente et qui, de plus, est minime comparé à son importance propre et au nombre élevé d'heures en plus que les autres parties de l'ossature (panneaux, plancher notamment) demandent.

TABLEAU N° 21 : RÉCAPITULATIF DES COMPOSANTS DE MUR DE MODELES DE MAISONS SUR CATALOGUE ET ÉVALUATION DES HEURES DE TRAVAIL

I - RÉCAPITULATIF DES COMPOSANTS DE MUR SELON LES MODELES DE BASE

MODELE	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8 (1)
<b>* PANNEAUX</b>								
- Panneaux pleins ouverts de 180	0	0	0	0	0	0	(1 +1) 2	0
- Panneaux pleins ouverts de 150	0	0	0	0	(0 +1) 1	0	(1 +2) 3	0
- Panneaux pleins ouverts de 120	17	20	24	24	(16 +14) 30	(21 +19) 40	(14 +15) 29	24
- Panneaux pleins ouverts de 90	0	0	2	2	( 2 +2 ) 5	( 3 + 1 ) 4	( 3 + 1 ) 4	2
- Panneaux pleins ouverts de 60	5	4	0	2	( 4 +2 ) 6	0	( 3 +1 ) 4	0
- Panneaux pleins ouverts de 30	4	0	0	2	( 1 +0 ) 1	0	( 1 +1 ) 2	1
- Panneaux avec menuiseries de 120	5	6	6	8	( 3 +3 ) 6	( 3 + 3 ) 6	( 2 +2 ) 4	3
- Panneaux avec menuiseries de 90	2	2	2	2	( 1 +0 ) 1	( 1 + 1 ) 2	( 4 +2 ) 6	3
- Panneaux avec menuiseries de 60	0	0	0	0	( 0 +1 ) 1	0	( 3 +1 ) 4	0
<b>TOTAL</b>								
- Panneaux de 180	0	0	0	0	0	0	2	0
- Panneaux de 150	0	0	0	0	1	0	3	0
- Panneaux de 120	22	26	30	32	36	46	33	27
- Panneaux de 90	2	2	4	4	6	6	8	5
- Panneaux de 60	5	4	0	2	7	0	7	0
- Panneaux de 30	4	0	0	2	1	0	2	1
- TOTAL PANNEAUX	33	32	34	40	(28 +23) 51	(28 +24) 52	(38 +26) 58	33

POTEAUX D'ANGLE et POTEAUX INTÉRIEURS	4	4	4	4	( 6 +4 ) 10	( 6 +4 ) 10	( 6 +4 ) 10	4
ADAPTATEUR (poteau +panneau de 30)	0	0	0	0	( 2 +0 ) 2	( 2 +0 ) 2	( 1 +0 ) 1	0

TOTAL des composants verticaux	37	36	38	44	(36 +27) 63	(36 +28) 64	(39 +30) 69	37
--------------------------------	----	----	----	----	-------------	-------------	-------------	----

Source : Documentations commerciales de deux leaders de l'ossature bois

II - ESTIMATION DES HEURES DE TRAVAIL DE MISE EN OEUVRE DES COMPOSANTS DE MUR

Hypothèse de productivité :								
en R.D.C. 1h/composant	37 h	36 h	38 h	44 h	36 h	36 h	39 h	38 h
en étage 1,25 h/composant	0 h	0 h	0 h	0 h	34 h	35 h	38 h	0 h
TOTAL :	37 h	36 h	38 h	44 h	70 h	71 h	77 h	38 h (2)

TOTAL DES HEURES DE TRAVAIL POUR L'OSSATURE BOIS	78,5 h	78,5 h	83 h	91 h	151 h	155 h	159 h	78 h
--	--------	--------	------	------	-------	-------	-------	------

III - ESTIMATION DES HEURES DE TRAVAIL CONSACRÉES AUX AUTRES TRAVAUX DE L'OSSATURE BOIS

HEURES DE TRAVAIL HORS COMPOSANTS VERTICAUX	41,5 h	42,5 h	45 h	47 h	81 h	84 h	82 h	40 h
---	--------	--------	------	------	------	------	------	------

(1) Panneaux fermés, le nombre est estimé sur le modèle de base, avant adaptation à la largeur du terrain du cas étudié.

(2) Heures réelles relevées sur le chantier.

La décomposition des heures de travail hors composants verticaux est assez différente selon qu'il s'agit de M.O.B. R + 0, R + C ou R + I.

La pose de la charpente est le poste dominant dans les M.O.B. R + 0. et les M.O.B. R + C. Il reste très important dans les M.O.B. R + I.

Le gain potentiel sur la charpente se fait sur les quantités mais généralement pas sur les heures de main d'œuvre.

En effet, les productivités courantes en charpente que nous avons observées sur chantier et vérifiées auprès de professionnels nous conduisent à estimer qu'il n'y a pas de gain au niveau du montage de la charpente pour une M.O.B. R + I, par rapport à une M.O.B. R + 0, et seulement une douzaine d'heures en moins pour une M.O.B. R + I de 4 pièces par rapport à une M.O.B. R + C de 4 pièces.

A surface équivalente, une M.O.B. R + I utilise un peu plus de la moitié des fermettes nécessaires pour une M.O.B. R + 0 ou R + C : la moitié plus une en pignon. Le gain sur le nombre n'est donc déjà pas directement proportionnel.

Ensuite, le temps de pose est allongé. La pose des fermettes en R + 0 est plus rapide qu'en R + I, notamment parce qu'il est plus facile et plus rapide de mettre la fermette à sa place (levage, présentation, fixation). A cela s'ajoute le ralentissement des cadences de pose dues à la hauteur (déplacement verticaux des ouvriers, etc).

Or, dans la décomposition des heures de travail hors composants verticaux, le travail de pose de la charpente est un poste élevé.

Les M.O.B. R + 0 sont celles où la pose de la charpente demande le moins d'heure. Une vingtaine d'heures environ est nécessaire, un peu plus pour les grandes M.O.B. et les fortes pentes de toiture (35°, 45° et plus).

Une M.O.B. R + C nécessite au moins le double, de l'ordre d'une quarantaine à une cinquantaine d'heures, notamment lorsque la pente de la toiture est élevée, car il s'agit de fermettes à entrain porteur — le plus souvent la fermette est livrée en deux parties en raison de son encombrement, pour le transport surtout — qui sont plus longues à assembler et à mettre en place que les fermettes de combles perdus. A cela s'ajoutent la réalisation du chevêtre de la trémie d'escalier qui demande au moins deux heures, le doublement éventuel d'une ou de deux fermettes qui sont sur les côtés de la trémie.

La pose de la charpente d'une M.O.B. R + I demande plus d'heures que celle d'une M.O.B. R + 0 puisqu'elle est d'environ une trentaine d'heures selon nos observations. Le gain n'existe que comparé à une M.O.B. R + C, de l'ordre d'une douzaine d'heures en moins.

La réalisation des pointes de pignon est assez constant quelque soit le type de M.O.B. et doit se situer autour d'une dizaine d'heures au total.

Le poste déchargement, nettoyage, finition est également constant, de l'ordre d'une quinzaine d'heures pour l'ensemble de ces tâches.

A ces trois postes s'ajoute pour les M.O.B. R + C et les M.O.B. R + I un poste supplémentaire : le plancher. Dans le cas des M.O.B. R + C, le plancher nécessite une dizaine à une quinzaine d'heures de travail pour poser les panneaux de particules sur la surface utile. Pour les M.O.B. R + I il faut compter une trentaine d'heures de travail pour réaliser le plancher dont environ 2/3 pour poser les solives et 1/3 pour poser les panneaux de particules.

A partir des informations obtenues, nous avons établi une décomposition indicative des heures de travail qui est donnée dans le tableau n° 22.

TABLEAU N° 22

DÉCOMPOSITION INDICATIVE DES HEURES DE TRAVAIL POUR L'OSSATURE BOIS SELON LE TYPE DE M.O.B.

TYPE DE M.O.B.	R + 0	R + C	R + C	R + I
Surface	97 m <sup>2</sup> s.h	80m <sup>2</sup> h + 20 m <sup>2</sup> h = 100 m <sup>2</sup> h	65 m <sup>2</sup> h + 25 m <sup>2</sup> h = 90 m <sup>2</sup> h	49 m <sup>2</sup> h + 49 m <sup>2</sup> h = 98 m <sup>2</sup> h
Toiture	Pente 35°	Pente 35°	Pente 45°	

COMPOSANTS VERTICAUX	38 h	35 h	37 h	77 h
----------------------	------	------	------	------

FERMETTES	18 h	38 h	47 h	30 h
POINTES DE PIGNON	9 h	8 h	8 h	8 h
PLANCHER BOIS 1er ÉTAGE	—	9 h	10 h	30 h
TOTAL AUTRES COMPOSANTS	27 h	55 h	65 h	68 h

DÉCHARGE- MENT NETTOYAGE FINITIONS GO	15 h	15 h	15 h	15 h
--	------	------	------	------

TOTAL OSSATURE BOIS	80 h	105 h	120 h	160 h
---------------------------	------	-------	-------	-------

Ce tableau donne des évaluations qui correspondent à des M.O.B. dont la conception est optimisée. Il montre l'incidence du plancher sur les heures consacrées à l'ossature bois et l'importance des travaux de charpente.

L'incidence des baisses de productivité dues aux différents types d'ouvrages apparaît importante et montre l'importance des choix conceptuels dès la programmation et la maîtrise des paramètres de la productivité de chaque type d'ouvrage.



o Les panneaux manuportables

La productivité la plus courante que nous avons observée est de l'ordre de 1h/panneau de 120 cm de large (soit 0,34 h/m<sup>2</sup> de mur pour un panneau de 2,50 m de haut et 0,32 h/m<sup>2</sup> pour un mur de 2,60 m de haut). Elle correspond à une bonne productivité en ossature bois.

Sur les chantiers observés, il n'est pas apparu de différence sensible de productivité entre panneau fermé et panneau ouvert de 120 cm de large. Les explications essentielles de ce constat sont :

- le bon niveau de qualification de la main d'œuvre,
- l'habitude de monter ce type de panneau.

La pose des panneaux fermés comporte cependant plus de difficultés que le panneau ouvert, l'assemblage étant plus difficile et les précautions pour ne pas l'abimer sont plus contraignantes. La technique d'assemblage à une grande importance pour la productivité. De même, les conditions de chantier (stockage, manutention, organisation du chantier, organisation du travail) ont une importance accrue, tant sur le plan de la productivité que de la qualité.

Le panneau étalon pour mesurer la productivité est le panneau de 120 cm de large qui est le meilleur compromis par rapport aux différents facteurs qui ont une incidence sur la production : manutention, préhension, poids, assemblage, calage, réglage ...

Deux facteurs physiques ont une importance sur la productivité :

- la dimension du panneaux,
- l'altitude où se situe l'aire de travail par rapport au sol.
- la hauteur.

La dimension du panneau a une incidence directe sur la productivité au ml ou au m<sup>2</sup>. En effet, le temps de pose d'un panneau plus petit que 120 cm de large reste de l'ordre de 1 h/panneau pour un panneau de 90 cm, sensiblement moins pour des panneaux de 60 cm ou 30 cm de large. Leur largeur et donc leur surface diminue beaucoup plus que leur temps de pose d'où une productivité moins bonne que le panneau de 120 cm de large, le panneau de 60 cm restant celui qui se rapproche le mieux de la bonne productivité du panneau de 120 cm selon les professionnels que nous avons contactés. Quant aux panneaux de dimension supérieure à 120 cm de large, leur poids et leur surface les rend plus long à poser. Leur productivité est généralement nettement moins bonne.

La productivité varie nettement selon la hauteur où se situe l'aire de travail par rapport au sol.

Les meilleures productivités sont atteintes au niveau du sol, M.O.B. sur vide sanitaire ou sur terre-plein, les ouvriers pouvant se déplacer librement autour du panneau.

« La productivité baisse de 25 % au moins dès que l'on travaille au 1er étage » nous a expliqué un chef d'entreprise de pose de panneau. « La raison est que les ouvriers ne peuvent accéder au côté extérieur du panneau, les déplacements, les réglages, l'étagage, etc sont moins faciles et plus longs qu'en rez-de-chaussée ». A cela s'ajoute le problème de l'approvisionnement en panneaux. Le plus souvent, les panneaux sont en effet stockés sur la dalle du rez-de-chaussée. La dimension du panneau, et son poids (panneaux de 150 cm ou 180 cm, panneaux avec menuiseries) ont alors une grande importance pour la productivité. Le panneau de 120 cm reste le plus intéressant.

D'autres facteurs ont une incidence sur la productivité, le type de panneau notamment.

Les panneaux aveugles (appeler aussi panneaux pleins) sont les plus faciles à poser. Les panneaux avec ouvertures et surtout ceux avec menuiseries incorporées demandent un soin accru et un assemblage et des réglages plus longs.

## PANNEAUX OUVERTS MANUPORTABLES



Panneaux stockés sur la dalle



Détail d'un poteau d'angle



Détail de la lisse basse posée



Attentes mal implantées



Transport du panneau



Pose du panneau à l'angle



Assemblage par clouage



Mise en place de la languette

## PLANCHERS SUR SOLIVES



Mise en place et fixation des poutres



Pose et fixation des solives du plancher



Pose des entretoises entre les solives



Emboîtement des panneaux à languette



Clouage des panneaux sur les solives



Ajustement d'un panneau à la scie

## HABILLAGE DES PANNEAUX



Isolation et réseaux posés



Détail des incorporations



Pose des plaques de plâtre



Bardage bois posé en pignon

## PANNEAUX FERMÉS MANUPORTABLES



Déchargement du camion



Détail du haut du panneau



Détail du pied du panneau



Fer d'ancrage du panneau



Assemblage en partant d'un angle



Détail d'assemblage: angle



Détail de l'ancrage avant le scellement



Clouage des lisses de couronnement



Pose des fermettes de la charpente



La charpente posée et contreventée

## COMPOSANTS DE GRANDE DIMENSION



Pose d'un panneau de plancher préfa



Pose d'un grand panneau de façade



Vue des raccords en façade

## MODULES TRIDIMENSIONNELS



Levage du module au camion-grue



Pose du module sur le soubassement



Le module posé, en attente du suivant

Les panneaux d'angle (panneaux spéciaux, ou poteaux d'angle) ont une productivité mauvaise (au ml ou au m<sup>2</sup>) et leur nombre doit être limité le plus possible et les solutions techniques doivent être simple à mettre en œuvre.

Les panneaux avec intégration — électrique le plus souvent — ralentissent la productivité au niveau de l'approvisionnement (trouver le bon panneau !) et du raccordement de l'élément intégré aux autres. La précision souvent relative, voire les erreurs, d'intégration dans la dalle béton est une source fréquente de perte de temps qui s'ajoute au temps supplémentaire demandé par l'opération de raccordement proprement dit.

Le nombre des types de panneaux différents doit être limité au maximum. Le panneau idéal est le panneau banalisé qui peut être mis indifféremment à n'importe quel endroit.

La simplicité et la banalisation du système d'assemblage des panneaux et du système de raccordement à la dalle permettent d'obtenir une bonne productivité. Au niveau des leaders de l'ossature bois, on observe deux principes :

- fixation en pied des panneaux sur 1 lisse en bois fixée sur la dalle, en tête par lisse en bois,
- assemblage des panneaux entre eux et aux lisses par rainure et languette ou fausse languette, et par clouage des montants et traverses en bois pour les panneaux ouverts par tire-fond ou tige filetée pour les panneaux fermés.

L'observation de chantiers où une bonne productivité est obtenue a montré que le travail de mise en place des panneaux représente environ la moitié du temps de pose total. L'autre moitié concerne les tâches annexes à la mise en place : traçage d'implantation, liaisonnement définitif des panneaux, réglages de l'alignement et de l'aplomb des murs, traitement des joints horizontaux et verticaux. La complexité de la structure, décrochements, solutions particulières, etc allonge les opérations.

#### o Les panneaux de grande dimension

Pour les panneaux de grande dimension (de l'ordre de 2,50 ml à 6 ml) manutentionnés à la grue, la productivité totale que nous avons relevée est moins bonne qu'en panneau de petite dimension et manuable. Sur les deux chantiers suivis la productivité est similaire. Elle a été confirmée par l'entreprise comme étant la productivité habituelle avec ce type de panneau.

L'évaluation de la productivité en panneaux de grande dimension demande de distinguer la main d'œuvre directe (l'équipe de pose) et la main d'œuvre indirecte (grutier, accrocheur, etc). Ainsi, selon les effectifs pris en compte la productivité varie fortement comme le montre le tableau n° 23 où sont données les valeurs relevées sur chantier.

Si on compare les panneaux de grande dimension aux panneaux manuable, il faut prendre en compte l'effectif total du chantier. On doit également tenir compte des heures de déchargement stockage qui sont comprises dans les ratios du tableau n° 23.

Une bonne productivité en panneaux manuable est de 0,32 h/m<sup>2</sup> à 0,34 h/m<sup>2</sup> pour la pose à laquelle il faut ajouter environ 7 % pour le déchargement, soit 0,34 h/m<sup>2</sup> à 0,36 h/m<sup>2</sup>.

Pour les murs de façade de grande dimension, en rez-de-chaussée, la productivité est donc moins bonne d'environ 1/10<sup>e</sup> d'heure/m<sup>2</sup> de mur, soit environ 30 % de plus qu'en panneaux manuable.

Quant à la productivité en étage, elle est nettement moins bonne puisque le temps unitaire de pose double par rapport au rez-de-chaussée. Cela est dû :

- pour la main d'œuvre indirecte à une augmentation des opérations de manutention et au temps plus long pour présenter le panneau à sa place à l'étage.
- pour la main d'œuvre directe à la difficulté du travail en étage et à l'accroissement des risques — on constate rarement d'ailleurs la présence de garde-corps et/ou de filets, ou encore de harnais, sur les chantiers de M.O.B. à étage.

TABLEAU N° 23 : PRODUCTIVITÉ EN PANNEAUX DE GRANDE DIMENSION

\* PANNEAUX DE MUR DE FAÇADE

	MAIN D'OEUVRE DIRECTE Pose : 2 personnes	MAIN D'OEUVRE INDIRECTE Camion grue : 1 personne Accrochage : 1 personne	TOTAL MAIN D'OEUVRE 4 Personnes
REZ-DE-CHAUSSÉE	0,22 h/m <sup>2</sup>	0,22 h/m <sup>2</sup>	0,44 h/m <sup>2</sup>
1er ÉTAGE	0,45 h/m <sup>2</sup>	0,45 h/m <sup>2</sup>	0,90 h/m <sup>2</sup>
2ème ÉTAGE	0,45 h/m <sup>2</sup>	0,45 h/m <sup>2</sup>	0,90 h/m <sup>2</sup>

\* PANNEAUX DE MUR INTÉRIEUR

	MAIN D'OEUVRE DIRECTE Pose : 2 personnes	MAIN D'OEUVRE INDIRECTE Camion grue : 1 personne Accrochage : 1 personne	TOTAL MAIN D'OEUVRE 4 personnes
REZ-DE-CHAUSSÉE	0,275 h/m <sup>2</sup>	0,275 h/m <sup>2</sup>	0,55 h/m <sup>2</sup>
1er ÉTAGE	0,31 h/m <sup>2</sup>	0,31 h/m <sup>2</sup>	0,62 h/m <sup>2</sup>
2ème ÉTAGE	0,305 h/m <sup>2</sup>	0,305 h/m <sup>2</sup>	0,61 h/m <sup>2</sup>

Les opérations de manutention des panneaux sont plus nombreuses car souvent les panneaux d'étage sont déchargés et stockés au sol puis repris et levés à la demande alors que ceux du rez-de-chaussée sont directement déchargés et stockés en place sur la dalle et levés ensuite à la main. Il y a donc une double manutention à la grue pour les étages.

L'importance de la planification de l'approvisionnement et de la préparation du déchargement est évidente et peut apporter des gains sensibles sur ces temps de mise en œuvre. Mais la quantité de panneaux par remorque et les aléas de transport — surtout quand l'usine est loin du chantier — limitent les possibilités de faire correspondre l'approvisionnement au rythme des cycles de pose et de ne pas immobiliser les remorques sur le chantier — l'immobilisation d'une remorque correspond à une perte pour le transporteur qui facture ce sous-emploi de son matériel.

Pour les murs intérieurs, la productivité est moins bonne au rez-de-chaussée que celle des murs de façade. Cela est dû au temps de mise en place des panneaux qui est un peu plus long car ils sont posés après les murs de façade ce qui exige une plus grande précision pour raccorder les murs et au temps de raccordement des murs aux façades. Le principe technique d'assemblage a d'ailleurs été modifié pour permettre des gains de productivité, la première solution allonge le temps de pose de plusieurs dixièmes d'heure par rapport aux temps donnés dans le tableau n° 23.

La perte de productivité en étage des murs intérieurs est de l'ordre de 13 %. Elle est donc nettement moins sensible que pour les murs de façade, l'explication essentielle étant la plus grande facilité de travail notamment pour les déplacements des ouvriers et leur sécurité. La productivité reste cependant nettement moins bonne qu'en panneaux manuyportables.

La productivité des panneaux de grande dimension en murs intérieurs est donc moins bonne que celle des panneaux manuyportables, de l'ordre de + 50 % en rez-de-chaussée et de + 35 % en étage.

Le choix de panneaux de grande dimension, en façade comme en mur intérieur, implique une perte de productivité.

Sur le plan économique dans la mesure où la part de la main d'œuvre de pose de la structure verticale représente une part réduite dans le prix/m<sup>2</sup> habitable, l'incidence de la perte de productivité est minimisée mais peut rester sensible, de l'ordre de 1 % et plus du prix de construction.

La conception et la préparation et la coordination du chantier pour permettre une bonne productivité ont une importance primordiale sur le résultat économique.

L'intérêt des panneaux de grande dimension se trouve avant tout au niveau des délais puisque le délai de pose est de l'ordre de 1/10<sup>e</sup> d'heure à 2/10<sup>e</sup> d'heure/m<sup>2</sup> environ avec une équipe de 4 personnes et qu'il est tendanciellement plus facile d'obtenir qu'avec une équipe de 4 personnes en panneaux manuyportables (gêne, chronologie des opérations, coordination du travail). Dès qu'il faut un effectif important sur le chantier pour tenir les délais, une division du travail du type de panneaux de grande dimension peut apporter un intérêt.

#### o Les fermettes

La productivité de pose des fermettes est très différente selon leur dimension et leur nature (entrait non porteur ou entrait porteur). S'ajoutent à cela la complexité de la toiture elle-même (croupe, pénétration, etc) d'une part, et la hauteur où elles doivent être posées, d'autre part.

Les productivités que nous avons relevées concernent des toitures simples à 2 pans, posées sur un bâtiment à rez-de-chaussée.

La longueur de la fermette et la pente de la toiture ont une incidence directe sur la productivité.

La pose habituelle de fermettes se fait à deux ou trois ouvriers, en trois étapes :

- les fermettes stockées sont prises à la main — éventuellement elles sont basculées par-dessus le mur de façade si le stock n'est pas sur la dalle — et une extrémité de la fermette est levée et posée sur une des sablières.
- l'autre extrémité de la fermette est posée sur l'autre sablière. Cette opération se fait soit en levant la fermette pointe en haut — dans ce cas elle est prête à être fixée — soit en levant la fermette

pointe en bas -- la fermette est ainsi plus facile à lever depuis le sol -- et en basculant ensuite la fermette pointe en haut, en la poussant à l'aide d'un morceau de bois, une panne de contreventement en général.

– la fermette est présentée à sa place et fixée aux sablières par des pattes métalliques clouées.

A ces trois étapes, s'ajoute une étape préalable pour les fermettes de grandes dimensions, en longueur et/ou en hauteur (fermettes à forte pente  $35^{\circ}$  à  $40^{\circ}$  et plus) : chaque fermette est livrée en deux parties qu'il faut assembler avant de les poser.

Les meilleures productivités sont atteintes avec des fermettes courtes de l'ordre de 6 mètres et à faible pente. Ces fermettes peuvent être livrées en une seule pièce prêtes à posées. Elles sont les plus légères à manipuler. Leur faible dimension facilite un déplacement rapide des ouvriers pour fixer et contreventer les fermettes, notamment pour accéder au faîtage situé à hauteur d'homme depuis l'entrait. La productivité est de l'ordre de 1h/fermette de combles perdus, voire moins, pour une pente de  $17^{\circ}$ , mais s'élève nettement avec la pente : elle est de l'ordre de 1,5 h/fermette pour une pente de  $35^{\circ}$ , voire plus si la longueur de la fermette (donc aussi sa hauteur) est importante.

Les fermettes à entrain porteur sont le plus souvent livrées en deux parties car elles ont une longueur généralement importante et une pente de  $35^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  et parfois plus. La productivité est nettement moins bonne, de l'ordre de 1,5 h à 1,75 h/fermette pour une pente de  $35^{\circ}$  et jusqu'à 2,5 h/fermette et plus pour une pente de  $45^{\circ}$ .

L'incidence du choix et de la conception de la toiture sur la productivité est donc forte et se traduit par une augmentation importante des heures de travail de la M.O.B. et par un allongement des délais.

#### o Les planchers sur fermettes à entrain porteur

La productivité des planchers sur fermette à entrain porteur est difficile à évaluer puisque le temps d'exécution de la structure du plancher est compris dans les heures de charpente. Il n'est pas possible d'évaluer précisément dans le temps de pose de la fermette ce qui peut être spécifique à l'entrait d'une part, à sa longueur d'autre part.

On peut seulement estimer que pour une dimension et pente équivalentes, la pose d'une fermette à entrain porteur se traduit par une élévation du temps de pose de l'ordre de 0,5 h à 1 h/fermette.

Le temps de pose des panneaux de particules -- rainurés pour l'emboîtement des panneaux -- est de l'ordre de 0,25 h/m<sup>2</sup> pour un plancher calepiné ou aucune adaptation n'est nécessaire.

Ce temps se décompose en une partie d'approvisionnement puis d'implantation et de pose des premiers panneaux, qui n'est pas directement proportionnelle à la quantité -- les surfaces les plus grandes étant les plus propices à améliorer la productivité car une partie de ces temps est fixe et s'amortit donc sur la quantité -- et une partie de pose proprement dite où la productivité augmente au fur et à mesure que la surface exécutée s'accroît (déplacements plus rapides, etc).

#### o Les planchers sur solives

La productivité des planchers sur solive est plus facile à mesurer. Elle varie cependant selon la portée des solives. En effet, la productivité est fonction du nombre de solives. Leur longueur -- donc la surface qui lui correspond -- a peu d'incidence.

La productivité baisse dès que la portée ou l'espacement des solives diminuent.

Les bonnes productivités que nous avons observées varient entre 0,60 h/m<sup>2</sup> et 0,80 h/m<sup>2</sup> de plancher pour des portées de l'ordre de 3 mètres à 3,50 mètres. Cette productivité se décompose en :

- environ 2/3 pour la pose des solives, une bonne productivité étant de l'ordre de 0,5 h/solive,
- environ 1/3 pour la pose des panneaux de particules, une bonne productivité étant de 0,25 h/m<sup>2</sup>.

Le temps nécessaire à la réalisation du plancher est donc important et peut dans certains cas être supérieur au temps nécessaire pour poser les murs.

La conception du plancher est un élément décisif du prix de la M.O.B. et notamment de la part économique de la main d'œuvre.

#### o Les planchers pré-assemblés

Le principe de pré-assembler les planchers en atelier pour favoriser la productivité paraît donc séduisant, surtout pour permettre de réduire le temps du solivage, qui est le plus important et le plus variable.

Pourtant, on constate que les planchers pré-assemblés n'apportent pas d'amélioration de la productivité. Ceci a été observé sur deux chantiers et confirmé par des entretiens avec des entreprises et des professionnels de l'ossature bois.

Le seul gain se trouve au niveau des délais d'exécution, comme pour les panneaux de grande dimension. Il s'agit en fait de l'intérêt de la division du travail pour améliorer l'efficacité du travail d'un effectif nombreux par rapport à la surface et la coordination du travail.

La productivité que nous avons observée est de l'ordre de 0,6 h/m<sup>2</sup> à 0,80 h/m<sup>2</sup> dont la moitié de main d'œuvre directe (deux personnes à la pose) et la moitié de main d'œuvre indirecte (un accrocheur et un grutier).

#### o Les modules tri-dimensionnels.

Les délais de pose des modules tridimensionnels sont extrêmement rapides. L'intérêt au niveau économique apparaît cependant très relatif, voire ne pas exister. De même, les gisements de productivité sont réduits et leurs retombées économiques encore plus. On retrouve en effet les problèmes de main d'œuvre indirecte qui s'ajoute à la main d'œuvre directe et qui demande donc un effectif minimum incompressible.

Les bons temps de pose que nous avons observés sur chantier sont effectivement très performants. Le délai de pose d'un module tridimensionnel est de 20 mn à 1/2 heure avec une équipe de 4 personnes. (3 à la pose + 1 grutier). Cela donne des temps de pose de 1,20 h à 2h/module et 4 h à 6 h pour une M.O.B. de 4/5 pièces composée de 3 modules.

Le gain potentiel sur le nombre d'heures de construction d'une M.O.B. se limite au montage de l'ossature. En effet, la charpente reste la même. La productivité est tendanciellement meilleure dans la mesure où elle est posée sur un plancher.

Vu l'importance relative du temps de montage de l'ossature bois d'une M.O.B. en panneaux ouverts bien conçue, le gain est limité.



Au niveau des heures de chantier il est de l'ordre d'une trentaine d'heures par rapport à une M.O.B. R + 0 et d'une soixantaine à une centaine d'heures pour une M.O.B. R + C ou R + I.

Mais la plupart de ces heures sont en fait transposées du chantier à l'usine. Les gains réels les plus sensibles se trouvent non au niveau du montage proprement dit des panneaux, mais beaucoup plus au niveau des pertes de temps sur chantier dûes au travail en hauteur pour la pose des murs (soit 25 % du temps de pose des murs situés en R + I dont environ 8 heures pour une M.O.B. de 4 pièces), et pour la pose des deux planchers.

A ces gains, il faut déduire le temps pour l'accrochage des modules entre eux, l'ancrage au chaînage du soubassement, etc.

Les modules tridimensionnels représentent l'extrême au niveau de la productivité et des délais surtout, qu'il est possible d'obtenir en ossature bois. Le nombre d'heures est cependant sensiblement le même que les M.O.B. sur catalogue. Il apparaît clairement qu'il n'y a plus de gisement de productivité à obtenir. L'intérêt des modules tridimensionnels est, pour le fabricant d'assurer lui-même la maîtrise la plus complète possible du processus depuis l'amont au niveau de la conception — maison type ou concertation avec le concepteur — jusqu'au chantier, à l'abri des aléas du travail sur chantier et en limitant les aléas avec les autres professionnels. Mais la contrepartie est la complexification du processus et de son organisation pour des avantages économiques réduits sur le plan de la productivité et des matériaux et alourdis souvent au niveau du transport. Ceci explique grandement le caractère unique en France de ce type de construction assuré par une seule société.

## CONCEPTION ET PRODUCTIVITÉ

### ● LE CHOIX DU PROCÉDÉ

#### o Les critères

La compétitivité économique de la M.O.B. comparée au traditionnel paraît relative même si potentiellement elle peut arriver à un niveau de prix proche du traditionnel. La possibilité d'arriver à ce prix repose avant tout sur la conception de la M.O.B.

Le choix du procédé est fondamental pour arriver à un bon résultat qualitatif et économique. La diversité des techniques ne facilite pas ce choix. Quant aux prix souvent proches entre les techniques, il faut déjà les mettre en rapport avec le caractère peu répétitif et souvent expérimental de beaucoup de ces opérations. Ils ne doivent pas masquer la nécessité dans l'intérêt de ces techniques elles-mêmes comme dans l'intérêt de leurs clients — les résultats économiques et qualitatifs réels —, d'utiliser chaque technique dans son ou ses domaines privilégiés.

Quelques critères simples permettent de déterminer au niveau de la programmation et de la conception la ou les techniques les mieux adaptées et les limites de son emploi.

Parmi les plus importants de ces critères, on peut citer :

- la taille de l'opération et le type de chantier,
- la nature du programme et ses répercussions sur la volumétrie,
- les délais,
- le prix de l'opération,
- les contraintes de site,
- les autres techniques du chantier, s'il s'agit d'ossature bois en tant que technique d'accompagnement du gros œuvre.

La taille de l'opération apparaît comme le critère décisif.

La taille de l'opération se traduit par un type de chantier tout à fait différent sur le plan de l'organisation et des moyens matériels qui peuvent être mis à disposition.

Un petit chantier comme une maison individuelle correspond à un chantier où la mise en œuvre est assurée par des petites entreprises artisanales — de 1 à 3 ouvriers en général — dont le travail se succède, les uns après les autres. Les moyens de chantier, de levage notamment, sont en général inexistant.

Les possibilités de coordination du travail entre les différentes équipes sont limitées, de même que le travail en simultané. La conception doit permettre une exécution clairement dissociée d'un corps d'état à l'autre.

Les délais et la qualité de la construction reposent sur l'enchaînement immédiat de trois corps d'état : le gros œuvre, la couverture, le revêtement extérieur, qu'il est essentiel de maîtriser ainsi que d'en favoriser le travail par une conception simple évitant les cas particuliers sources de pertes de temps, ou en les concentrant à des endroits ou des ouvrages dissociés de l'exécution du reste du bâtiment pour permettre le clos couvert rapide de ce dernier.

L'unité de délai est le jour entier soit 8 h environ. Le montage du gros œuvre doit être rythmé sur un nombre entier de jours tant pour des raisons économiques (limiter les temps morts) que de coordination (l'entreprise de couverture prend le relai le lendemain matin avec précision) et de garantie qualitative (mise hors d'eau rapide).

Sur les chantiers plus importants, comme les opérations de logement en groupé, ou les petits équipements, le travail est organisé en équipes (V.R.D., gros œuvre, soubassement, plancher éventuellement, toiture, etc ...) qui s'enchaînent les unes après les autres. Le chantier est basé sur la coordination de ces équipes.

La difficulté par rapport au petit chantier est assouplie au niveau de la quantité par jour entier pour chaque équipe. Elle est en fait transférée au niveau de la coordination des équipes entre elles : la quantité moyenne commune à ces équipes doit être équilibrée et correspondre au potentiel de chacune en évitant les sur-emplois et les sous-emplois.

Ces chantiers permettent, selon leur importance, de disposer de moyens de levage éventuels pour pallier certains problèmes de rendement (allègement des tâches d'approvisionnement, opérations difficiles en hauteur, ...). Mais l'utilisation des moyens de levage suppose d'une part de disposer d'entreprises qui ont l'habitude de travailler avec ce type de matériel (incidence sur le savoir-faire, l'organisation) et qui y trouvent un intérêt économique (sous-traitance, location). Un dirigeant d'une entreprise régionale importante nous a fait remarquer que «la manuportabilité est une priorité au niveau de l'ossature bois. Elle est adaptée à la main d'œuvre comme à l'entreprise. Ce n'est pas avec de gros moyens de levage imposés que l'on va stimuler le développement des P.M.E. !. Pour la plupart, ce n'est pas leur échelle».

La nature du programme a une incidence sur le choix de la technique notamment au niveau des performances techniques (intégrations des fluides notamment : par exemple en hôtellerie) et du principe de structures (enveloppe seule, murs séparatifs, etc). A cela s'ajoutent les délais qui posent le problème du phasage des travaux et de leur coordination et du délai de chaque corps d'état.

La nature du programme se répercute également au niveau des volumétries possibles du projet. La densification ou l'intégration au site peuvent conduire à une volumétrie plus contraignante sur les plans technique, économique et de l'exécution - du type R + I ou formes complexes -. Elle n'est donc pas forcément favorable à un résultat économique, voire qualitatif, au niveau de la construction.

Les contraintes de site peuvent également influencer sur le choix de la technique, notamment en ce qui concerne les problèmes d'accès, d'installation de chantier et de circulation des hommes et des engins.

On peut, pour les principales techniques de construction à ossature bois, préciser les critères favorables à chacun et définir leur intérêt sur tel ou tel point pour montrer leur degré de souplesse à répondre aux différentes situations rencontrées dans les opérations de construction.

#### o Le panneau ouvert manuportable

Il s'agit de la technique la plus polyvalente qui s'adapte le mieux à la diversité des cas.

Le panneau ouvert s'impose dans les opérations en groupé, surtout lorsqu'il s'agit d'opération de plus de dix logements.

Le premier avantage qu'il apporte est au niveau de la livraison. Un rythme de livraison est de deux camions par semaine, ce qui représente environ 3 à 4 logements.

Les panneaux et autres composants sont alors stockés et ne sont pas tous mis en œuvre immédiatement, comme c'est le cas dans le diffus.

Il se pose ainsi des problèmes de conditions de stockage, de risques d'humidité notamment et de casse des panneaux. Ces contraintes demandent d'éviter les panneaux plus ou moins finis, comme les panneaux fermés, afin de réduire les risques et de maîtriser — contrôler — plus facilement les conditions de stockage, et l'état des panneaux mis en œuvre.

Les facilités de déchargement puis de manutention des éléments stockés demandent également d'éviter les éléments non manuyportables afin de réduire l'emploi trop important des moyens de levage conduisant à un sous-emploi — non directement productif — du matériel.

Un deuxième avantage du panneau ouvert est au niveau du chantier. Il est le plus simple et le moins cher à mettre en œuvre. Il y a également moins de risque à la mise en œuvre car il y a des équipes spécialisées dans des tâches bien précises qui se succèdent rapidement mais sous une même direction de chantier et non des équipes polyvalentes — souvent difficile à obtenir et à faire fonctionner — comme c'est le cas avec les panneaux fermés.

La condition à respecter en chantier groupé ou en chantier important est de commencer les travaux une fois que les V.R.D. sont finis et en service (!) afin d'éviter les problèmes de coordination entre le lot maçonnerie-V.R.D. d'une part et les autres lots d'autre part, et de garantir la qualité de la réalisation : les salissures, les inondations des panneaux dues à l'absence de collecte et de rejet des eaux sont fréquentes.

#### o Le panneau fermé manuyportable

Le panneau fermé manuyportable peut s'envisager sur les petits chantiers surtout où il est bien adapté aux possibilités de délai rapide de construction avec des garanties de qualité.

La rapidité du chantier — quelques jours, dans le meilleur cas, pour la mise hors d'eau-hors d'air de la construction — permet de limiter les risques de stockage et d'exposition évoqués précédemment pour les chantiers plus importants.

Il peut également être envisagé pour des chantiers plus importants où le rythme d'approvisionnement et les conditions de chantier sont intéressantes. Il apporte cependant un gain très relatif pour le délai de mise en œuvre. L'intérêt du panneau fermé à ce niveau paraît surtout exister pour la fabrication voire pour l'entreprise (rotation importante de sa main d'œuvre de pose et accroissement du chiffre d'affaires traité par opération).

L'emploi du panneau fermé, notamment lorsqu'il comprend des intégrations, pose le problème de la répétitivité des panneaux pour permettre d'arriver à une banalisation suffisante des panneaux, propice à une mise en œuvre rapide et simple et évitant les erreurs. Cela les prédestine donc plus à être des composants standards (les intégrations sont alors exclues et la distribution des fluides se fait par la dalle, le plafond, une gaine technique), et à une utilisation comme la maison individuelle sur catalogue. Mais l'expérience de LA MAISON ÉVOLUTIVE, montre l'intérêt relatif pour le prix et la productivité globale d'utiliser des panneaux fermés. Il s'agit plus d'une maîtrise de la qualité de fabrication de la M.O.B. grâce à des composants finis en atelier.

Le panneau fermé demande également une main d'œuvre suffisamment qualifiée et polyvalente pour le mettre en œuvre, habituée à sa pose pour garantir une bonne productivité, main d'œuvre qui n'est pas courante dans beaucoup d'entreprises de l'ossature bois.

Il demande également une organisation de chantier différente du panneau ouvert. L'expérience de ce type de chantier étant réduite, cela limite les acquis qui existent aujourd'hui à ce niveau dans la plupart des entreprises.

o Les composants de grande dimension

Les composants de grande dimension apparaissent surtout intéressants pour des chantiers importants qui permettent des séries suffisantes et où les délais de construction sont extrêmement courts. Compte tenu des délais déjà rapides obtenus en panneaux manuyportables, il concerne peu la plupart des opérations de logements mais plutôt des opérations où l'incidence du délai sur l'exploitation est élevée, comme l'hôtellerie, les bureaux, etc.

En tant que technique dominante, le panneau de grande dimension a un intérêt relatif. L'expérience de plusieurs constructeurs importants de l'ossature bois montre qu'il peut apporter des solutions intéressantes en tant que technique d'accompagnement du panneau ouvert en structure, notamment en construction à étage.

Il s'agit alors de panneaux ouverts, fortement répétitifs, donc banalisés, montés par une équipe d'appoint à l'équipe de montage de l'ossature verticale et à celle de l'ossature horizontale.

Les conditions de chantier et de planning doivent permettre une coordination optimale du travail. Le choix des panneaux de grande dimension se pose donc une fois que les principes constructifs et organisationnels du chantier ont été fixés, en tant que solution apportant une amélioration bien définie. Par contre le choix de panneaux de grande dimension fait à priori au moment de la programmation ou du choix du système constructif principal apparaît peu se justifier et apporte dès le départ une contrainte à laquelle il est difficile ensuite de substituer une autre solution.

Les modules tridimensionnels constituent un cas à part, tant par leur présence plutôt régionale — Vosges et régions adjacentes surtout — que sur le plan technique et organisationnel.

Il s'agit en effet de modules entièrement finis prêts à poser sur chantier. Ils apportent l'intérêt de réduire au maximum les problèmes de coordination des différents corps d'état et de garantir la qualité de l'exécution fabrication en atelier — et la maîtrise des délais.

L'importance du site est cependant primordiale pour apporter les conditions optimales de compétitivité des modules tridimensionnels non seulement au niveau de l'accès jusqu'à la dalle, mais également l'adaptation au sol (terrain à forte pente nécessitant l'exécution d'un sous-sol en maçonnerie, etc).

- LE CHOIX DU PARTI

- o Le choix de la volumétrie

Sur le plan strictement économique, les M.O.B. les plus intéressantes pour obtenir les prix les plus bas possibles de la partie ossature bois sont les M.O.B. R + 0. L'ossature bois y est réduite au minimum : l'enveloppe, qui seule est nécessaire, remplit à la fois la fonction de protection extérieure et la fonction de porter de la toiture. Plus la surface de la M.O.B. R + 0 s'accroît, plus le prix de l'ossature/ m<sup>2</sup> habitable tend à diminuer.

Ce constat n'est pas spécifique à la M.O.B. Il est général à la maison individuelle quel que soit le procédé de construction. Mais il prend une importance accrue dans la mesure où la compétitivité de la M.O.B. par rapport au traditionnel est relative. Les causes de renchérissement du prix de construction doivent être évitées plus systématiquement qu'en traditionnel.

Le choix de M.O.B. à étage est dicté au niveau économique par la densification du terrain imposée par le programme : prix du terrain, surface non construite de la parcelle devenant trop réduite, etc. Selon la densité, la M.O.B. est alors à R + C ou à R + I.

La première étape de la démarche de programmation ou, à défaut, de conception est d'évaluer la volumétrie optimale et l'incidence des variantes possibles.

Le renchérissement du prix de construction et son incidence éventuelle sur les prestations au fur et à mesure que la volumétrie augmente (R + C, R + I, ...) est assez facile à évaluer au niveau de l'évaluation de prix.

- o Le choix du principe de structure

La deuxième étape de la conception est de définir le principe de structure le mieux adapté au projet, c'est-à-dire de favoriser l'optimisation de la structure et du ml de mur/m<sup>2</sup> de plancher. L'incidence est directe sur le nombre de panneaux, donc sur le prix et le délai.

La M.O.B. R + 0 permet d'atteindre les meilleurs ratios c'est également la plus simple des structures tant qu'elle n'est pas percée par de grandes ouvertures (au-delà de 120 cm de large), ou constituée de petits panneaux (0,60 cm et surtout 0,30 cm) comme les trumeaux, qui demandent un renforcement de l'ossature bois (reprise des charges, contreventement, etc).

Ces exigences sont renforcées dès qu'il s'agit de M.O.B. R + C, les charges étant plus importantes.

La géométrie plus simple de l'enveloppe est le rectangle. Les décrochements de façade, les angles biais, etc, sont à éviter car ils ne permettent pas de prendre en compte tous ces panneaux dans le calcul de la résistance de la paroi et conduisent à reporter les charges sur un nombre limité de panneaux, notamment à des sollicitations importantes des panneaux limitrophes — ce qui demande des renforcements éventuels.

La plupart des professionnels souligne l'intérêt des structure en «voile travaillant» — c'est-à-dire refends pratiquement aveugles — qui permettent une bonne reprise des charges et une simplicité de contreventement. Ils favorisent une plus grande souplesse architecturale au niveau du volume, de la géométrie des plans, etc et de la façade.

Sur le plan économique, les voiles travaillant sont une solution qui est intéressante à utiliser si il y a nécessité au niveau de la structure (construction à étages) ou au niveau de la jonction (murs séparatifs

dans les constructions mitoyennes). Elles sont recommandées pour les constructions de petits équipements : hôtels, bureaux, etc, le logement collectif et éventuellement le logement en bande et les maisons individuelles à étages.

La souplesse de choix architectural de la technique d'accompagnement pour la réalisation des façades — et leur conception — est plus grande : petit panneau, grand panneau, bardage et mur rideau en bois, verre, maçonnerie, etc.

Le choix du principe de structure verticale est en rapport direct avec le type de construction R + 0, R + C, R + I, etc, c'est-à-dire le plancher.

En ce qui concerne les M.O.B. R + C, cela concerne la portée de l'entrait, les trop grandes portées, au-delà de 6 m à 7 m en général, demandent fréquemment un point d'appui intermédiaire pour l'entrait (poteaux-poutre, mur) d'où une baisse d'intérêt de ce type de solution au niveau économique et de la souplesse architecturale comme au niveau du chantier : (le point d'appui intermédiaire à construire augmente les opérations de mise en œuvre, pour lesquelles il constitue souvent un point critique dans l'organisation du chantier, la pose des fermettes est plus complexe et plus longue en raison de la présence du renfort qui fait obstacle à la mise en œuvre de la fermette).

En ce qui concerne les M.O.B. avec plancher sur solivage — M.O.B. à étage essentiellement — la technique la mieux appropriée est le voile travaillant. Le rythme des murs sur le plan est dicté par la portée des solives, de l'ordre de 3 à 3,50 m habituellement.

#### o Le choix du dimensionnement

La troisième étape de la conception est de dimensionner la M.O.B. sur la base de sa décomposition en panneaux pour les murs et s'il existe, en coordination avec le plancher.

L'unité de base est le panneau de 120 cm qui est le panneau qui permet la meilleure productivité et le meilleur prix. Il correspond également à la trame des composants de second œuvre comme les plaques de plâtre du doublage et à celle du cloisonnement en composants plaques de plâtre + âme en nid d'abeille cartonné.

Dans le cas de plancher bois, la coordination est également sans problème avec l'entraxe des fermettes (60 cm en général) ou avec celui des solives : 30 cm à 40 cm en général, un autre entraxe courant est 45 cm. L'adaptation éventuelle se pose une fois en rive de plancher. Ces entraxes correspondent bien également avec la trame du panneauage du plancher en panneaux de particules : 60 cm ou 90 cm x 240 cm généralement, qui constitue la limite pour une mise en œuvre aisée et une productivité optimale.

Le dimensionnement de la structure sur la base d'une trame de 120 cm est le point de départ d'une bonne conception.

Le dimensionnement doit permettre de limiter au maximum le nombre de panneaux différents comme nous l'ont expliqué les fabricants rencontrés.

Sur les petits chantiers, jusqu'à 20 logements environ, il n'est pas possible d'utiliser des panneaux spéciaux — type panneaux droits, panneaux gauches, panneaux non tramés sur 30 cm, etc) sans qu'il y ai des répercussions économiques.

Sur les chantiers plus importants, il en faut le moins possible, l'idéal étant qu'il n'y en ai pas. Sur un chantier de 60 logements, il y avait 6 panneaux standards de base : 30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm,

150 cm et 180 cm. En réalité, on est arrivé à 30 ou 35 types de panneaux pour tenir compte de la diversité des ouvertures, des panneaux d'angles, des panneaux renforcés, des panneaux non tramés. Le résultat économique de cette opération, a été mauvais.

Le premier surcoût est à la production : les chutes, l'absence de série, etc. Le deuxième est au conditionnement : le colisage. Le troisième, très important est au chantier : perte de productivité. Les accidents en façade, en plancher, en toiture coûtent chers. L'incidence de la forme du panneau est sensible : à titre d'exemple une pointe de pignon coûte + 30 % à + 50 %/m<sup>2</sup> par rapport à un panneau standard. A cela, il faut ajouter la perte de productivité du travail en étage : + 25 % et plus, et la surface réduite de chaque panneaux.

Les solutions techniques, notamment en angle, doivent limiter le nombre de panneaux spéciaux : la solution la plus courante et la plus intéressante est le poteau d'angle, ayant la section de l'angle.



- POUR UNE CONCEPTION FAVORABLE

- o Favoriser la mise en œuvre

Le calepinage de l'ossature bois en fonction de la trame des composants standards et la banalisation des composants permettent d'optimiser les quantités et le prix des matériaux nécessaires. Ils préparent également les conditions d'une bonne mise en œuvre sur les plans qualitatif et de la productivité.

Le traitement des parties courantes doit permettre un avancement régulier du chantier, correspondant à la journée de travail, notamment sur les petits chantiers. Le panneau banalisé de 120 cm permet d'arriver facilement à cette correspondance quantité/nombre de jours.

A titre d'exemple, une bonne productivité de 1h/panneau, avec une équipe de deux personnes (équipe courante en M.O.B.) correspond à 16 panneaux/journée de 8h.

Si on tient compte d'une demi-journée de déchargement et de préparation du chantier (examen et réception de la dalle, installation du matériel, implantation, etc), en deux jours l'équipe a posé 24 panneaux à 30 panneaux selon la durée de la journée de travail (8 h ou 10 h). En trois jours 40 à 50 panneaux, etc. La taille de la M.O.B. doit correspondre assez près à ces quantités.

De même au niveau des planchers, une équipe de deux personnes, avec une productivité de 0,6 h/m<sup>2</sup> en plancher solives + panneaux de particules rainurés, pose environ 13 m<sup>2</sup>/demi-journée, soit 25 à 30 m<sup>2</sup>/jour.

L'élaboration du plan doit correspondre à la possibilité d'un bon planning d'exécution respectant ces quantités/jour (ou 1/2 journée), surtout sur les petits chantiers où il y a une seule équipe polyvalente.

Le traitement des cas particuliers doit s'appuyer sur les créneaux de temps en plus ou en moins qui existent dans ce planning.

En plan, il concerne notamment les angles, les ouvertures, etc.

Il concerne également les planchers en ce qui concerne le choix de l'escalier.

Dans le cas des fermettes, l'escalier droit, parallèle aux fermettes est le plus intéressant. Il ne doit pas en effet conduire à des demi-fermettes pour pouvoir réaliser la trémie d'escalier.

Dans le cas des solives, l'escalier droit parallèle aux solives peut être intéressant, mais il rend l'organisation du plan difficile vu le faible écart des murs intérieurs (3 m à 3,50 m). Le plus intéressant est souvent l'escalier à double volée ou hélicoïdal avec une trémie généralement carrée et un chevêtre. Il apporte également une plus grande souplesse de conception au niveau du sens de la montée et du point de départ — ou d'arrivée — de l'escalier qui est différente.

L'optimisation de chaque séquence doit être prolongée par l'optimisation de l'enchaînement des séquences entre elles et notamment entre les corps d'état différents.

Le cloisonnement et l'habillage des plaques de plâtre sur la trame de 120 cm favorisent l'optimisation de cette séquence. Le gros œuvre facilite l'enchaînement au niveau de la qualité d'exécution et des quantités.

Le problème le plus important à traiter au niveau de l'enchaînement des corps d'état est la distribution des fluides.

La distribution verticale doit être favorisée. La distribution horizontale n'est possible que dans la dalle et éventuellement en faux plafond pour les réseaux de petites sections. Sinon elle doit être apparente. La distribution horizontale dans l'ossature bois (mur ou plancher) conduit en effet à éviter les montants — ou les solives et leur contreventement — ce qui entraîne des pertes de résistance, de qualité et de temps.

La distribution par gaine verticale où sont concentrés les réseaux et l'innervation par les cloisons — et la dalle béton — sont les plus souhaitables.

Les fixations des éléments sanitaires (lavabo, etc) dans la structure doivent également être évitées au profit de meubles composants posés de préférence contre une cloison qui éliminent les risques d'erreur, de détérioration de la structure, les problèmes de joints de raccordement étanche, et facilitent la pose des éléments et les raccordements de plomberie.

Assurer les conditions d'un bon chantier va dans le sens d'une dissociation des différents travaux plutôt que vers une intégration du second œuvre dans le gros œuvre bois — l'isolation exceptée —. Ceci limite le rôle du gros œuvre comme générateur de gain pour le second œuvre (productivité, qualité) comme c'est le cas avec le béton coulé en place. La conception en ossature bois se rapproche à ce niveau de la conception en parpaing, la souplesse étant moindre puisque l'isolant est intégré dans le panneau, entre la structure.

#### o Favoriser la préparation du chantier

La part relative de l'ossature bois dans le prix de construction et les possibilités limitées de la réduire une fois que la conception est optimisée montrent l'importance du second œuvre d'une part et des pertes de temps dans l'enchaînement des corps d'état d'autre part.

La préparation du chantier devient l'élément déterminant du résultat économique. Cela suppose une concertation élevée entre conception, fabrication, pose. Cette concertation doit se faire le plus tôt possible. La conception, dès l'esquisse doit apporter les conditions favorables à son déroulement.

La notion de quantité/jour et son prolongement par la notion de colis/jour sont des pistes intéressantes à développer pour favoriser une évolution ouverte du projet et fournir une base commune de langage aux différents acteurs.

L'analyse du contexte du projet permet d'affiner la programmation en l'orientant vers les choix de principes structurels de procédé et de technique de construction. L'objectif n'est pas de figer le projet dans telle ou telle solution. Tout au contraire : il s'agit d'abord d'éliminer les solutions non appropriées et ensuite de rechercher la plus grande souplesse de substitution d'une solution par une autre, dans les limites données par le contexte et le programme. Cette souplesse permet alors de faire évoluer le projet dans le bon sens au fur et à mesure de l'élaboration des plans jusqu'à l'exécution sans remettre en cause le principe général constructif.

A partir de ces premiers choix constructifs et volumétriques — spaciaux et économiques — la notion de quantité/jour peut être testée sur les premiers schémas de plan et de dimensionnement. Elle débouche sur la notion de colis/jour nécessaires qui permet de vérifier l'adéquation du schéma aux principes fondamentaux de déroulement d'un chantier.

Les schémas les plus favorables peuvent alors évoluer vers les premières esquisses où sont quantifiées et vérifiées plus précisément ces deux notions. La question des choix complémentaires pour compléter et harmoniser les colis/jour peut être abordée et permet dès ce stade de définir les choix architecturaux possibles en cohérence favorable avec l'ensemble du projet et ses possibilités de réalisation.

Les concepteurs ont à partir de là une alternative, aux différentes phases de l'élaboration des plans, pour figer s'ils le souhaitent telle ou telle solution architecturale ou la repousser au maximum jusqu'à la concertation avec l'entreprise. La liberté du maître d'ouvrage par rapport à la passation des marchés : gré à gré, donc assez en amont dans la conception, ou appel d'offres, donc le plus tard dans le processus conception/réalisation.

L'acteur moteur dans le processus de construction peut devenir l'un des trois (maître d'ouvrage, concepteur, entreprise) avec une synergie plus forte et un contexte professionnel plus sain que dans les opérations habituelles.

Le développement de cette démarche permet d'alimenter la mise au point d'un cahier des charges pour les concepteurs leur permettant de créer un contexte des opérations plus favorables à un bon résultat économique, qualitatif et architectural.