



HAL
open science

Une approche formelle de la modélisation intégrée

J J Lesage, B Denis, G Timon

► **To cite this version:**

J J Lesage, B Denis, G Timon. Une approche formelle de la modélisation intégrée. Symposium International CNES "La conception en 2000 et au-delà", Nov 1992, Strasbourg, France. pp. 343-353. hal-03740487

HAL Id: hal-03740487

<https://hal.science/hal-03740487>

Submitted on 29 Jul 2022

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.

UNE APPROCHE FORMELLE DE LA MODELISATION INTEGREE

par

J.J. LESAGE, B. DENIS, G. TIMON

Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée (L.U.R.P.A.)
ENS de Cachan - 61, av. du Président Wilson - 94235 Cachan Cedex - Tel. 47 40 22 15

RESUME

Depuis de nombreuses années les concepteurs de systèmes complexes ont à leur disposition des techniques de modélisation stables et éprouvées. Aujourd'hui la plupart de ces techniques de modélisation sont utilisées au sein de «méthodes intégrées» fournissant à l'analyste une démarche lui permettant d'appréhender des systèmes de complexité croissante. Nous proposons dans cet article une approche qui permet de rendre formelle les méthodes intégrées en les modélisant elles-même. Un exemple viendra illustrer notre propos.

ABSTRACT

For a lot of years, complex systems designers can use modeling technics which are steady and proved. Today, most of this modeling technics are used into «integrated methods». These methods provide analysts with framework in order to design increased-complexity systems. In this paper, we propose an approach which make formal integrated-methods by modeling them. An example is used to describe our concepts.

1) INTRODUCTION

La conception des systèmes complexes passe aujourd'hui classiquement par des méthodes de conception faisant appel à plusieurs techniques de modélisation qui permettent de couvrir complètement le cycle d'abstraction et le cycle de vie d'un projet [LES.91] [KIE.90]. Cependant, même si les techniques de modélisation utilisées sont la plupart du temps les mêmes (S.A. ou IDEF0 pour l'analyse fonctionnelle, réseaux de PETRI - GRAFCET ou automates à états pour la modélisation dynamique, NIAM ou Entité-Relation pour l'analyse des données,...), la méthode de conception qui les supporte est souvent **spécifique** et **évolutive**. Celle-ci est en effet l'expression du savoir-faire de l'entreprise et évolue avec son expérience, même si le coeur de chaque

méthode est le plus souvent inspiré des mêmes «best sellers» (YOURDON, MERISE, SART, SADT,...).

Le corollaire de cet état de faits est que les ateliers logiciels du marché, aussi performants soient-ils, ne satisfont pleinement que rarement les concepteurs.

Les principales difficultés rencontrées avec ces environnements informatiques sont liées aux méthodes supportées elles-mêmes (souvent trop éloignées des méthodes spécifiques de l'entreprise et généralement peu évolutives ou adaptables aux besoins des utilisateurs) et aux «conversions de modèles» impliquées par l'utilisation de techniques de modélisation multiples.

L'une des raisons essentielles pour lesquelles l'aspect méthodologique est actuellement mal pris en compte par les ateliers logiciels nous semble être que trop peu de travaux de recherche fondamentale ont été menés jusqu'à présent sur les méthodes de conception proprement dites. C'est pourquoi l'objet des travaux dont nous allons exposer quelques uns des résultats est de proposer une technique de **modélisation formelle des méthodes** intégrées de conception des systèmes complexes.

Pour ce faire, le plan de cet article sera le suivant : après avoir présenté les objectifs et intérêts de nos travaux, nous allons développer ce que nous entendons par métamodélisation ; la modélisation de l'intégration de techniques de modélisation multiples dans une même méthode de conception sera ensuite exposée en nous appuyant sur un exemple simple permettant d'appréhender les principes essentiels de notre démarche.

2) OBJECTIFS ET INTERETS DES TRAVAUX

Une méthode est souvent définie comme «une technique de résolution de problèmes caractérisée par un ensemble de règles bien définies qui conduisent à une solution correcte» [CAL.90] ou plus généralement encore comme «un ensemble de règles et de procédures à appliquer pour traiter un problème» [LAL.83]. Dans ce contexte, nous appellerons **méthode intégrée** une méthode dans laquelle est de plus explicitée la manière de passer d'un modèle à un autre.

Définir une méthode de conception, c'est donc définir - et exprimer dans un langage donné - une technique de conduite et développement de projet.

A l'heure actuelle, la définition des méthodes est limitée à la simple description textuelle des procédures et règles que doit appliquer l'analyste. Quant aux techniques de modélisation utilisées dans une méthode, leur description n'est le plus souvent relative qu'à la syntaxe des modèles et pas à leur sémantique [PAN.92].

Il est évident que cette seule expression **textuelle** des méthodes de conception et **syntaxique** des techniques de modélisation n'est pas suffisamment formelle pour être non ambiguë, facilement automatisable et intégrable dans un corpus méthodologique plus global. Nous nous sommes donc intéressé à la modélisation des méthodes de conception.

Les travaux de recherche les plus récents sur la conception des systèmes complexes portent essentiellement sur la mise au point de méthodes de conception «sectorielles» [GIA.91] [PAN.91], de procédures d'intégration entre différentes techniques de modélisation [KIE.91] [ROB.88], ou de modèles de référence - tels que ICAM, CAM.I, NBS dans le domaine du CIM - [DOU.91]. Nous allons montrer que toutes ces méthodes de conception, intégrées ou non, peuvent être modélisées de manière formelle et rigoureuse.

Les avantages d'une modélisation formelle sont nombreux. Concernant la modélisation des méthodes de conception, nous citerons les avantages essentiels suivants :

- l'utilisation d'une même méthode par tous les intervenants d'un projet doit être rigoureusement identique, aucune place ne doit être laissée aux «libres interprétations» ou aux «astuces». Chacun sait que contrairement aux descriptions textuelles, les modèles formels ne laissent que peu de place à la libre interprétation. Modéliser une méthode c'est donc contribuer à améliorer la **fiabilité** et la **qualité** de la méthode.
- quelle qu'elle soit, une méthode ne saurait être figée. Elle doit évoluer en même temps que l'entreprise et tenir compte de ses modifications de structure ou d'organisation, de l'évolution de l'état de l'art du développement de projets. Ce travail de fond est grandement facilité par l'existence de modèles. Modéliser une méthode c'est donc contribuer à améliorer l'**évolutivité** et la **pérennité** de la méthode.
- la conception des systèmes complexes ne peut être réalisée qu'avec une assistance massive de l'informatique. Automatiser une procédure décrite par un modèle formel est plus aisé qu'automatiser une procédure décrite textuellement. Modéliser une méthode c'est donc contribuer à améliorer le **degré d'automatisation** de la méthode.

La notion essentielle sur laquelle est bâtie notre approche de la modélisation des méthodes de conception est la **métamodélisation**. Nous allons maintenant en décrire les aspects essentiels.

3) LA METAMODELISATION

3.1) DEFINITION

Nous l'avons déjà évoqué, le coeur de toute méthode de conception est constitué de technique(s) de modélisation. L'apport propre à chaque méthode consiste alors généralement :

- à guider l'analyste dans la construction de ses modèles (notion de «mode d'emploi» dont est généralement dépourvu une technique de modélisation),
- à guider l'analyste dans la conversion des modèles d'une technique de modélisation à une autre.

Concernant l'aide à la construction de modèles, on peut citer par exemple la méthode proposée par IGL Technology [IGL.89] qui consiste à construire des matrices activités/données permettant de constituer des actigrammes SADT^{TM*}.

Concernant les techniques de conversion de modèles, on peut distinguer :

- une **approche par traduction** qui se ramène à l'application de règles de traduction directe d'un modèle (exprimé selon une technique de modélisation A) en un modèle «équivalent» (exprimé selon une technique de modélisation B). [BRO.88] propose par exemple des règles de traduction de diagrammes IDEF0 en réseaux de Petri colorés ;
- une **approche par transformation** qui cherche à projeter un modèle donné au travers de modèles de référence pour lui conférer une sémantique particulière. Cette approche est par exemple retenue dans SPEX [PAN.91] ;
- une **approche par association** qui privilégie la notion de **vues** différentes exprimant plusieurs aspects du même système modélisé. Ainsi dans [VER.88], IDEF0 est retenu pour l'analyse fonctionnelle et les automates à états finis pour représenter la dynamique du système. A chaque activité «feuille» de la décomposition IDEF0 (donnant une vue fonctionnelle du système modélisé) est associé un automate (exprimant une vue de la dynamique de l'activité).

Modéliser une méthode de conception, c'est donc :

- modéliser chacune des techniques de modélisation retenues (essentiellement la syntaxe des modèles),
- modéliser les techniques de construction de modèles (sémantiques associée aux modèles),
- modéliser les techniques de passage d'un modèle à un autre (l'aspect «intégration» de la méthode).

*. SADT est une marque déposée IGL Technology - FRANCE - et Softech - USA

Nous appelons **métamodèle** le modèle global, ainsi constitué, d'une technique de modélisation ou d'une méthode de conception.

3.2) CHOIX D'UNE TECHNIQUE DE MODELISATION

Pour modéliser les méthodes de conception (métamodéliser), nous avons retenu le formalisme Entité-Relation, pour les raisons suivantes :

- il est bien adapté à la représentation de la sémantique des techniques de modélisation et pas seulement de leur syntaxe,
- il permet de représenter à la fois simplement et formellement les procédures de passage entre modèles (souvent exprimées en termes d'associations entre entités des modèles),
- il donne un point de vue «système d'information» de la méthode considérée. Ce point de vue étant, à l'instar des systèmes «CIM», un point de vue privilégié de l'intégration.

3.3) EXEMPLE

Pour illustrer cette notion clé de métamodélisation, nous nous proposons de montrer sur un exemple comment, phase par phase, on peut modéliser une technique de modélisation, c'est-à-dire comment élaborer un métamodèle, ou «modèle de modèle». Notre choix s'est porté sur la modélisation du Modèle Conceptuel des Traitements (MCT) de la méthode MERISE pour trois raisons.

Tout d'abord la méthode MERISE est largement répandue dans la communauté des concepteurs de systèmes d'information et abondamment documentée dans la littérature spécialisée. D'autre part, elle regroupe en son sein plusieurs techniques de modélisation intégrées entre elles de façon informelle par des règles d'association, des cycles de validation, des guides d'élaboration, ..., ce qui nous permettra dans la partie suivante d'illustrer notre approche formelle de modélisation intégrée. Enfin, le MCT se trouve être également retenu dans diverses méthodes intégrées de conception des systèmes de production [KIE.90] [VAL.89].

La démarche retenue est la suivante :

- afin de s'assurer que l'objet à modéliser (le MCT de la méthode MERISE) soit le plus objectif possible vis-à-vis de notre propos, un ouvrage de référence le décrivant a été retenu arbitrairement [MAT.88] ;
- les phrases décrivant la syntaxe du MCT ont été extraites de l'ouvrage et consignées ci-après sans subir de transformation ;
- l'analyse de la sémantique contenue dans chaque phrase permet de construire

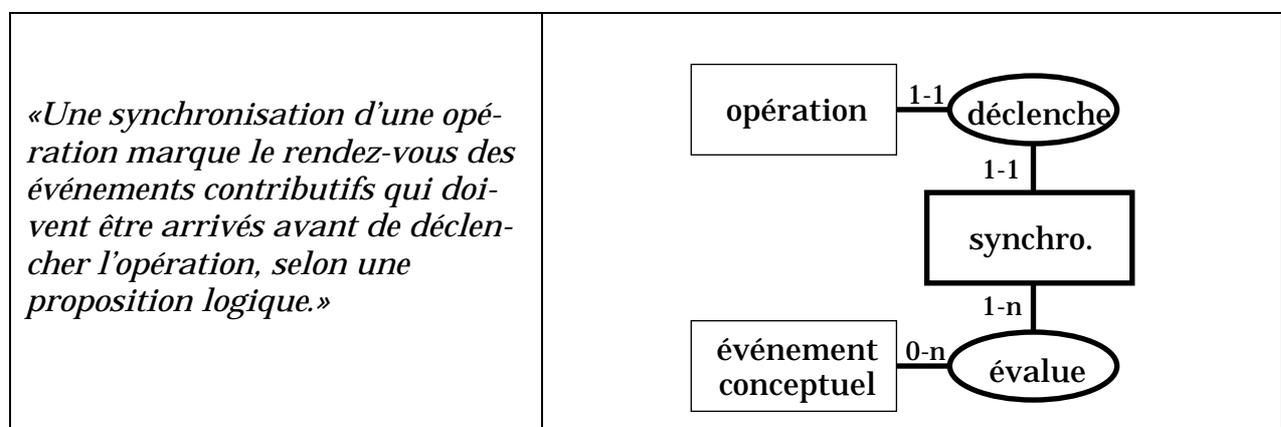
progressivement le métamodèle du MCT.

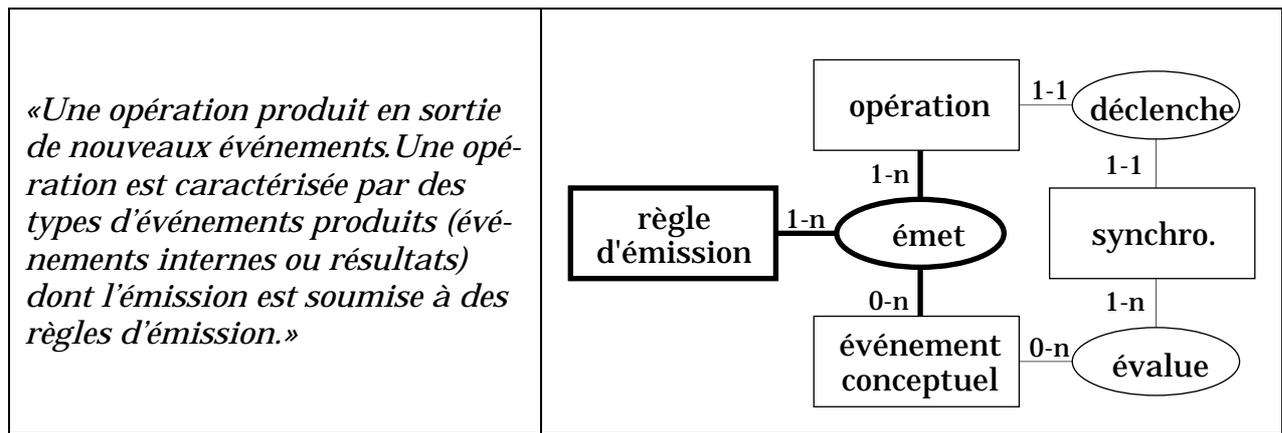
Frontière d'isolement choisie : seuls les objets du formalisme graphique du MCT sont pris en compte, à l'exclusion des objets qui conduisent l'analyste à construire le MCT en suivant la méthode décrite par l'auteur.

Objectif : celui de l'intégrateur de la sémantique du MCT dans la méthode MERISE.

Expression textuelle (extrait de [MAT.88])	Traduction formelle entité-relation
<i>«Un événement conceptuel est le compte rendu au système d'information du fait que quelque chose s'était produit dans l'univers extérieur ou dans le système d'information lui-même.»</i>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">événement conceptuel</div>
<i>«Une opération est un ensemble d'actions. Cet ensemble d'actions est ininterrompible, c'est-à-dire non soumis à l'attente de nouveaux événements.»</i>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto; margin-bottom: 10px;">opération</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">événement conceptuel</div>

On peut remarquer que l'entité «action» n'a pas été ajoutée au modèle car elle ne correspond pas à un objet situé à l'intérieur de la frontière d'isolement précédemment définie. L'entité action participe à la méthode qui guide l'analyste à identifier une «opération», et non au formalisme du MCT ; elle apparaîtra à ce titre dans le métamodèle global (figure 2).





4) EXEMPLE D'INTEGRATION METHODOLOGIQUE

Nous nous proposons maintenant de modéliser une partie de la méthode MERISE, à savoir l'intégration entre les Modèles Conceptuels des Traitements (MCT) et les Modèles Organisationnels des Traitements (MOT).

Dans un premier temps nous exprimons de manière formelle la sémantique de chaque technique de modélisation intervenant dans la méthode considérée. Pour notre exemple cela revient à modéliser le MCT et le MOT (le modèle du MCT a été construit dans la partie précédente, et celui du MOT peut être obtenu de la même manière).

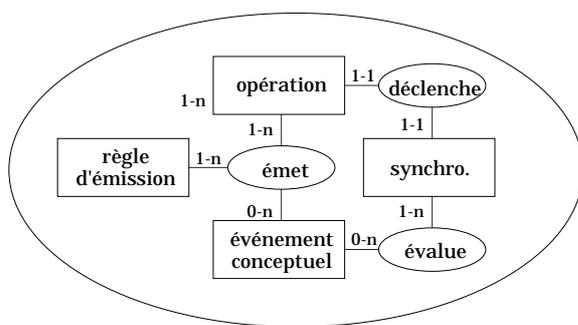


figure 1a : Modèle du MCT

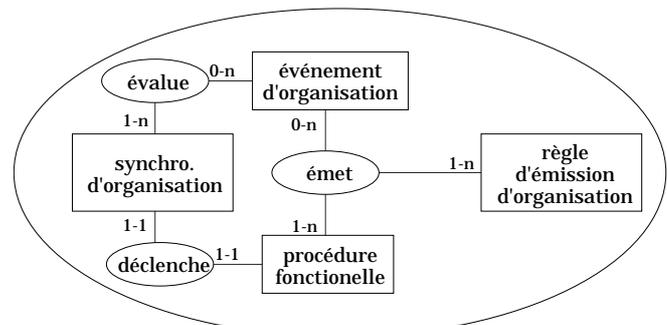


figure 1b : Modèle du MOT

Dans un deuxième temps nous formalisons l'expression textuelle des règles de passage du MCT au MOT. Nous obtenons ainsi un unique modèle Entité-Relation, représentation formelle de la méthode intégrée (figure 2).

Sur ce modèle se retrouvent les deux modèles de la figure 1, enrichis :

- d'entités et de relations représentées en grisé. Elles expriment la manière de construire un MCT (respectivement un MOT) ;

- d'entités et de relations représentées en gras. Elles expriment les règles de passage d'un modèle à l'autre.

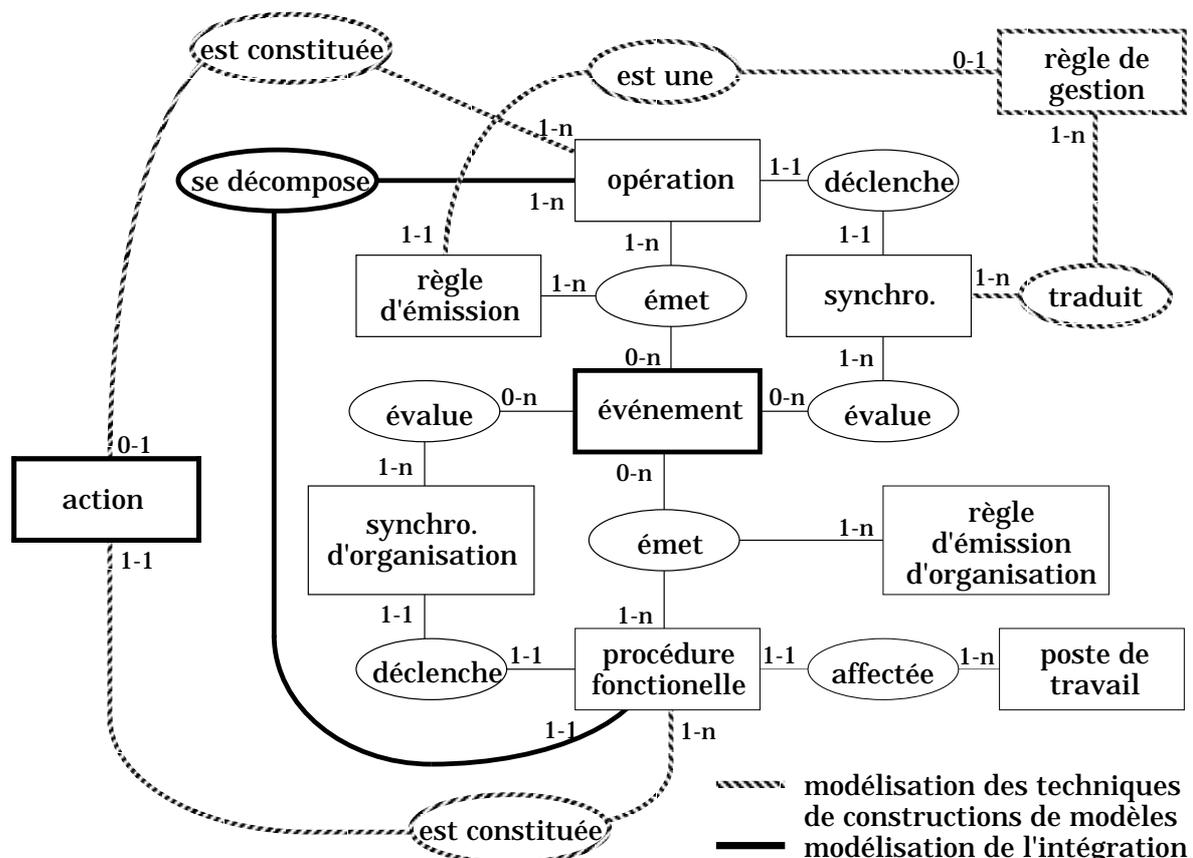


Figure 2 : Métamodèle partiel de la méthode intégrée de passage d'un MCT à un MOT selon [MAT.88]

Une fois ce métamodèle établi, nous pouvons revenir sur quelques uns des avantages qui en étaient espérés :

- si le modèle du MCT avait été établi à partir d'un autre ouvrage de référence tel que [COL.89] ou [TAR.89], il aurait été normalement assez semblable à celui que nous avons présenté. Par contre, la méthode de passage du MCT au MOT comporte des variantes d'un ouvrage à l'autre bien que se réclamant de la même méthode MERISE. La métamodélisation permet donc bien de formaliser la méthode au sein d'une entreprise en faisant émerger une et une seule interprétation possible.
- si l'on retrouve différentes variantes dans la méthode MERISE, cela provient d'une part des sensibilités de chaque auteur, mais également du «retour d'expérience» des utilisateurs. Il est plus aisé de faire évoluer de façon pertinente une méthode en intervenant sur sa représentation formelle qu'en ajoutant des alinéas textuels dont les répercussions, parfois conflictuelles, sur

l'ensemble de la méthode ne pourront être totalement appréhendées.

- enfin, nous avons pu vérifier expérimentalement qu'une fois le métamodèle établi, l'automatisation de la méthode était plus aisée. Un maquettage en a en effet été facilement réalisé sous l'environnement GraphTalk*.

5) CONCLUSIONS

La démarche de conception des systèmes complexes tend aujourd'hui vers l'utilisation de méthodes intégrées qui font appel à de multiples techniques de modélisation. La difficulté d'appréhension de ces méthodes réside pour une part dans leur formalisation qui est non dépourvue d'ambiguïtés.

L'approche formelle que nous proposons a pour objet de contribuer à la qualité des méthodes de conception au travers essentiellement de l'amélioration de leur fiabilité et de leur degré d'automatisation.

L'exemple présenté montre que la métamodélisation permet effectivement d'envisager une expression formelle pour toute méthode de conception, tant au niveau des techniques de modélisation auxquelles elle a recours qu'au niveau de la démarche d'intégration propre à chaque méthode.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [BRO.88] J. BRODE
«Rules for transforming IDEF diagrams to colored Petri nets»
note interne Meta Software Corp., Juillet 1988
- [CAL.90] J.P. CALVEZ
«Spécification et conception des systèmes. Une méthodologie»
Edition Masson, 1990
- [COL.89] A. COLLONGUES, J. HUGUES, B. LAROCHE
«Merise, 1. Méthode de conception»
Dunod informatique, Bordas, 1989
- [DOU.91] G. DOUMEINGTS, B. VALLESPIR
«Techniques de modélisation pour la productique»
23ème CIRP, Séminaire international sur les systèmes de production
Nancy, 6-7 Juin 1991.
- [GIA.91] T. GIACCONE
«Modèle structuré de spécification, de conception et de mise au point de systèmes à événement discrets»Thèse de doctorat de l'Université Montpellier II, 1991.

*. GraphTalk est distribué par la société Parallax

- [IGL.89] IGL Technology
«SADT : un langage pour communiquer»
Eyrolles 1989.
- [KIE.90] F. KIEFER, J.-J. LESAGE, G. TIMON
«Conception intégrée des systèmes de commande en ingénierie productique : une approche multidisciplinaire appliquée au système logistique d'un atelier flexible»
Colloque international CIM90
Bordeaux, 12-14 Juin 1990
- [KIE.91] F. KIEFER, J.-J. LESAGE
«Intégration des phases de modélisation fonctionnelle et d'analyse des données»
23ème CIRP, Séminaire international sur les systèmes de production
Nancy, 6-7 Juin 1991
- [LAL.83] A. LALANDE
«Vocabulaire technique et critique de la philosophie»
PUF 1983
- [LES.91] J.-J. LESAGE
«Les outils de modélisation pour le cycle de vie des systèmes automatisés de production»
Colloque «Génie Automatique et Production Industrielle»
ISMCM, St Ouen, 1991
- [MAT.88] J.-P. MATHERON
«Comprendre Merise»
Eyrolles 1988
- [PAN.91] H. PANETTO
«Une contribution au génie automatique : le prototypage des machines et systèmes automatisés»
Thèse de doctorat de l'Université Nancy I, 1991
- [PAN.92] H. PANETTO, P. LHOSTE, M. ROESCH
«Grafcet : de la syntaxe à la sémantique»
Congrès Grafcet 92
Paris 1992
- [ROB.88] M. ROBOAM
«Modèles de référence et intégration des méthodes d'analyse pour la conception des systèmes de production»
Thèse de doctorat de l'Université Bordeaux I, 1988
- [TAR.89] H. TARDIEU, A. ROCHFELD, R. COLLETTI
«La méthode merise, Tome 1 Principes et outils»
Les éditions d'organisation, 1989
- [VAL.89] B. VALLESPIR, G. DOUMEINGTS
«Integrated approach to design production systems»
10ème International Conference on production research
Nottingham U.K., 14-17 Août 1989
- [VER.88] Sté VERILOG
«Atelier de spécification et de test de systèmes informatiques»
Document de présentation de l'outil ASA
Paris, 1988