HAL
open science

Vers une extension de la modélisation d'entreprise pour la rétro-conception de sites industriels disparus : cas d'étude de l'Arsenal de la Marine de Lorient

Fabrice Le Pavic, Florent Laroche, Jean-Louis Kerouanton

To cite this version:

Fabrice Le Pavic, Florent Laroche, Jean-Louis Kerouanton. Vers une extension de la modélisation d'entreprise pour la rétro-conception de sites industriels disparus : cas d'étude de l'Arsenal de la Marine de Lorient. 10ème Congrès International de Génie Industriel, Jun 2013, La Rochelle, France. hal-02498376

HAL Id: hal-02498376

https://hal.science/hal-02498376

Submitted on 4 Mar 2020

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.

Vers une extension de la modélisation d'entreprise pour la rétro-conception de sites industriels disparus : cas d'étude de l'Arsenal de la Marine de Lorient

FABRICE LE PAVIC[1 2], FLORENT LAROCHE[2], JEAN-LOUIS KEROUANTON[1]

[1] LUNAM Université, UNIVERSITE DE NANTES, Centre François Viète, EA CNRS 1161
2 rue de la Houssinière - BP 92208, 44322 Nantes Cedex 3
[2] LUNAM Université, ECOLE CENTRALE NANTES, IRCCyN, UMR CNRS 6597
1 rue de la Noë - BP 92101, 44321 Nantes Cedex 3
fabricelepavic@aol.com

***Résumé* - Considérer un Arsenal de la Marine comme système, c'est aussi penser modèle. Étroitement lié à la notion de système [Le Moigne, 1994 ; Roboam, 1993], il s'utilise pour représenter des phénomènes perçus complexe [Le Moigne, 1999]. L'utilisation des outils et des méthodes issus de la modélisation d'entreprise permet de communiquer, raisonner, capitaliser des connaissances, évaluer des solutions, aider à la prise de décision, etc. Utiliser des modèles, c'est pointer l'existence d'une pluralité d'approches, elles-mêmes engageant des finalités différentes. Reconnaissant sa capacité à permettre l'interopérabilité entre plusieurs domaines, comme coordinateur de savoirs et de communautés hétérogènes, dans cette communication nous exposerons notre modèle historique pour la rétro-conception de sites industriels anciens. Illustré par un cas d'étude complet, ce modèle servira de révélateur des activités aboutissant à la construction d'un bâtiment dans un Chantier de Construction. Mettant en évidence les phases *essentielles*, il s'agit de les (re)situer dans un ensemble global d'activités dans des entités participantes (ateliers). Offrant une démarche et une méthode, la modélisation distinguera deux enjeux : un versant *compréhension*, rendre intelligible le système, un versant *explication* [Le Pavic, 2012].**

***Abstract* – Consider French shipyard Navy Arsenal as a system, is also thinking model. Closely linked to the notion of system [Le Moigne, 1994 ; Roboam, 1993], it is used to represent perceived phenomena complex [Le Moigne, 1999]. The use of tools and methods from enterprise modeling to communicate, reason, build knowledge, evaluate solutions, help in decision-making, etc. Use models is pointing the existence of a plurality approaches, engaging themselves different purposes. Recognizing its ability to enable interoperability between multiple domains, as coordinator of knowledge and heterogeneous communities, in this paper we will present our historical model for reverse engineering of old industrial sites. Illustrated by a complete case study, this model will developer activities leading to the construction of a building in a French shipyard Construction Site. Highlighting the *essentials* phases, it is to (re)locate in a comprehensive set of activities in the participating entities (workshops). Offering an approach and method, your model distinguish two issues: *understanding* a slope, make intelligible the system, a slope *explanation* [Le Pavic, 2012].**

***Mots clés* - modélisation d'entreprise, IDEF, compréhension, explication, Arsenal de la Marine.**
***Keywords* - Enterprise modeling, IDEF, understanding, explanation, French shipyards Navy Arsenal.**

1 INTRODUCTION- L'UTILISATION DES MODELES D'ENTREPRISE POUR L'HISTOIRE DE SITES INDUSTRIELS

Dérivé de l'italien « Arsenale », emprunté du vénicien « arzana » [Guilbert, et al., 1986] lui-même venant de l'Arabe *Dar sena'a* (fabrique) [Gruss, 1978], Arsenal signifie « maison où l'on construit » [Guilbert et al., 1986 ; Acerra, 2001]. Historiquement, jusqu'à fin XVIe, en France, il désigne uniquement l'Arsenal de Venise [Guilbert et al., 1986 ; Acerra, 2001] avant de s'imposer comme enclos, une enceinte fortifiée et fermée de toute part [Jal, 1848]. Il est un « établissement maritime » [Lecomte, 1835] qui comprend un port de mer appartenant au gouvernement et réuni des chantiers de constructions [Lecomte, 1835] avec tout ce qui est propre à les construire, les conserver, les armer, les désarmer, les radouber. Comme approche plus contemporaine l'Arsenal est un établissement militaro-industriel [Acerra, 1987 ; Le Bouëdec, 1994] « national » [Corvisier, 1988], une entreprise [Acerra, 1987] ou firme. C'est un complexe [Le Masson, 1951 ; Armatte, Dahan Dalmedico, 2004] ; industriel [Le Masson, 1952 ; Espinosa, 2008] constitué par plusieurs zones industrielles [Delsalle, 1993] offrant une base d'entretien (réparation des avaries de combat et petit entretien), une base de relâche (abri et ravitaillement) une base industrielle (constructions neuves, refontes, carénages). Ceux-ci sont dotés des infrastructures utiles pour réaliser les missions : études, construction, armement, entretien et refonte de bâtiments de guerre.

Intéressant la modélisation d'entreprise, Vallespir [2012a] rapporte que le modèle représente la structure et le fonctionnement d'un système. De plus, suivant l'utilisateur, elle offre des visées différentes [Vallespir, 2012b] :

- vision scientifique : comprendre, analyser, raisonner, simuler ;
- vision manager : communiquer, conduire le fonctionnement, capitaliser et partager les connaissances ;
- vision ingénieur : concevoir, spécifier les applications informatiques, conduire l'évolution.

Incluant différents points de vue (fonctionnel, physique, décisionnel, processus, information, etc.) appliqué à un ou à plusieurs champs (technique, économique, social, humain, etc.), ajoutons une quatrième vision. Pouvant conduire à la valorisation du patrimoine [Laroche et al. 2006 ; Laroche, 2007], un des buts de l'historien est de rendre intelligible ses travaux. Comprendre et expliquer en sont deux vecteurs. Partant des théories des organisations tout en traitant de l'histoire d'un lieu, soulignons trois axes :

1. le structurel : infrastructures, ateliers et machines ;

2. le fonctionnel : individu et/ou groupe, interactions entre individu ou poste de travail (activités et processus) ;
3. la finalité (téléologique) : production, vente d'un produit ou d'un service.

En pointant l'existence d'une multitude de travaux en théories et des modèles de l'organisation [Le Moigne, 1974], précisons à présent notre volonté de faire choix. Ce choix implique de limiter le champ d'études évitant ainsi le problème de vocabulaire soulevé par Daumas [1969] : des termes pouvant être interprétés différemment d'une théorie à une autre. Portant notre attention sur l'histoire de l'Arsenal, comprise comme une entreprise, une organisation, une organisation industrielle (ou industrie) nous dégageons deux écoles, l'école systémique et l'école de la contingence. Située dans la continuité de la systémique, l'école de la contingence offre une posture de recherche qui s'appuie sur plusieurs facteurs : la taille, l'histoire, la technologie et l'environnement [Saussois, 2007]. Ne souhaitant pas nous enfermer sur ces facteurs, privilégions l'approche systémique, et caractérisons l'Arsenal comme un système ouvert d'une grande complexité [Mélèse, 1970 ; Le Gallou, 1992b], doté de frontières, disposant d'« éléments » ou de parties [en interactions] allant vers un même but.

Il est une construction ou collection de différents éléments, qui, ensemble réalisent des résultats, qui seuls ne pourraient obtenir [Rechtin, 2000], suggérant l'idée du « tout », qu'Edgar Morin a intégré dans son « *Discours* » [Morin, 1986]. Les éléments ou les parties peuvent être des personnes, matériels, équipements, etc., c'est-à-dire tout ce qui est requis pour produire les résultats attendus. Les résultats sont les propriétés, les qualités, les fonctions, le comportement et les performances [Rechtin, 2000] qui amènent au changement. Le changement [Le Moigne, 1974] entraîne à identifier deux familles d'objets différents dès lors qu'une quelconque évolution ou processus est évoqué [Le Moigne, 1994] : l'objet changé, appelé le processé, et l'objet changeur, le processeur. Parler d'objet processé et d'objet processeur revient à les placer dans les processus et de les associer aux transactions (par des « intrants » et des « extrants »). Ainsi, nous pouvons distinguer les transformations spatiales affectant la position du processé, les transformations temporelles affectant les stocks des processés, et les transformations morphologiques qui modifient la forme du processé [Le Moigne, 1994] ou sa nature par le changement éventuel de substance [Le Gallou, 1992a].

Définissant le courant analytique comme réducteur, désarticulant, désorganisant et simplifiant la réalité [Morin, 1977 ; Fortin, 2005], Le Moigne [1994] oppose aux quatre préceptes de Descartes du « *Discours de la Méthodes* » quatre autres. Avec ces nouveaux préceptes, il dégage le paradigme systémique pour élaborer une théorie de la modélisation, la Théorie du Système Général. La théorie de la modélisation des objets naturels ou artificiels (compliqués ou complexes) est un objet artificiel issu de la pensée humaine. Si Métayer [1970] distingue modèle et système, Le Moigne [1999] et Roboam [1993] les envisagent liés : le modèle permet de représenter les phénomènes perçus complexe [Le Moigne, 1999]. D'ailleurs Wallisser [1977] considère que tout système réel n'est connu qu'à travers des modèles représentatifs.

2 ETAT DE L'ART : METHODES ET DEMARCHE DE LA MODELISATION D'ENTREPRISES APPLIQUE AU PATRIMOINE

La modélisation d'entreprise est utilisée pour réaliser des modèles d'une ou plusieurs de ses parties [Chapurlat, 2007]. Construite en appliquant les principes et en utilisant les outils suivant une méthode [Vernadat, 1996 ; Théroude et al., 2003] elle intervient en vue d'offrir une meilleure compréhension du système.

Communiquer revient à utiliser un langage. Le langage, écrit Humbert [1974], est un facteur essentiel dans la construction d'un modèle. Cependant, suivant le type de formalisme adopté, il peut être d'ambiguïté. Pour éviter ce biais, il faut employer un langage de description structuré et non ambiguë. Apparaît l'idée de méthode. Développées depuis les années 1970, les méthodes proposées permettent de couvrir des besoins différents et divers points de vue [Chapurlat, 2007]. Autrement dit, il existe une pluralité de méthodes. Se devant d'être communicable, intelligible, accessible par des jeux de symboles ; il s'agit, selon Cousin (1824-1829) de suivre un ensemble de règles, qui empêcherons qu'on ne suppose jamais ce qui est faux.

2.1 Méthode et modélisation, méthode et Ingénierie système

Ajouter méthode à modélisation, c'est insister sur son caractère *re-productible*. Une méthode est un ensemble de démarches [Meinadier, 2003] soumises à des règles [Piétrac, 2005]. Caractérisée comme méthode, pour représenter une abstraction partielle ou totale de la réalité, l'Ingénierie système s'aide des modèles. Ceux-ci sont exprimés dans un langage avec une syntaxe et une sémantique [Vernadat, 1996]. Egalement définie par Meinadier (2003) comme art de maîtriser la complexité du système, liant système et modèle, le modèle doit posséder plusieurs niveaux d'exigences [Szegheo, 2000] :

- un contenu : une entreprise peut s'appréhender suivant différents aspects : processus [Théroude, 2003], produits, ressources, informations, organisation, environnement ;
- un formalisme : langage formel, semi-formel, informel ;
- un niveau d'abstraction : un modèle est une version simplifiée et abstraite de quelque chose qui se présente avec un niveau ou degré d'abstraction. Ce degré est fonction de la cible, c'est-à-dire de l'utilisateur (ou du lecteur) ;
- un support : différents types de modèles d'entreprises existent, certains sont peu détaillés, tandis que d'autres le sont bien plus. Des modèles peu détaillés peuvent être créés sur papier ou sur des tableaux noirs.

À ces exigences ajoutons le système de symboles, liant symbole (syntaxe, sémantique) à acteurs voire à lecteurs (pragmatique : comme partie de la sémiotique, la pragmatique traite du rapport entre les signes et leurs usagers des signes).

2.2 Des méthodes de modélisation

Rapporté précédemment, appliquée à l'entreprise la modélisation couvre un ensemble d'activités, de méthodes et d'outils pour élaborer de modèles applicables à différents aspects d'une entreprise ou d'un réseau d'entreprises [6]. Comme « art » d'externaliser les connaissances, « art » de développer des modèles structurels, comportementaux et organisationnels de l'entreprise [Théroude, 2003, Berio, Vernadat, 2001], nombreuses sont les méthodes de modélisation en entreprise [Pourcel, Gourc, 2005]. Chacune dispose de points forts et de points faibles [Spérandio, 2005] : citons les recherches menées par le consortium AMICE sur CIM-MOSA, celui de Purdue sur PERA, et le laboratoire GRAI avec GIM qui ont produit de nombreux résultats, sans qu'aucune architecture de référence ne se démarque d'une autre [Bernus, Nemes, 1996].

Reconnues depuis la fin des années 1970, les méthodes de modélisation fournissent un langage graphique intuitif et compréhensible pour représenter les concepts et les relations [Whitman et al. 2001 ; Tissot, Crump, 2006]. Venant

essentiellement des Etats-Unis et d'Europe, elles ont atteint une offre quantitative relativement stable. Aujourd'hui elles offrent une grande variété de modèles types, de modèles d'entreprise de référence : IDEF, GRAI, CIMOSA, etc. Aux Etats-Unis, dès le début des années 1980 les travaux débouchent sur IDEF (IDEF0 et IDEF3), qui, comme SADT, est centrée sur une modélisation par activité des flux de produits ou de données. En Europe, la modélisation d'entreprise est poussée par les programmes, à l'instar de la commission ESPRIT avec CIMOSA ; GRAI/GIM (GRAI Integrated Methodology) développée par le LAP/GRAI (Université Bordeaux I) ; IEM (lntegrated Enterprise Methodology) de l'IPK de Berlin ; ARIS de l'Université de Sarrbruck [GRP, 1999].

2.3 Hypothèse sur la méthode de modélisation

La lecture d'archives (Service historique de la défense de Lorient et Châtellerault) rapporte l'existence, dès les années 1940-1950, des représentations fonctionnelles. En revanche, à l'instar des figures ci-après, remarquons l'absence de consensus dans la syntaxe et la sémantique.

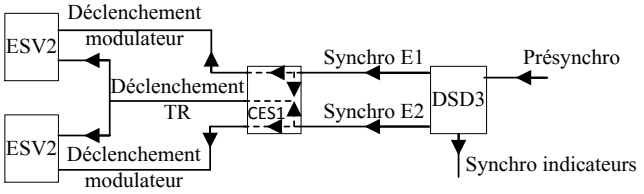

Figure 1. Radar DBR-II d'escorteurs construits à Lorient

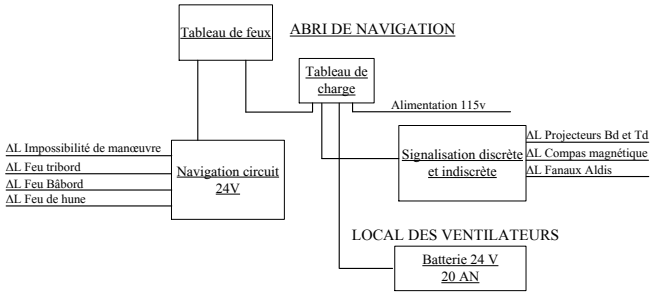

Figure 2. Ensemble de secours à 24 volts sur un escorteur côtier type *Fougueux*

IDEF0 est l'une des techniques les plus connues de modélisation fonctionnelles des activités, elle-même basée sur SADT (Structured Analysis and Design Technique) [ICAM, 1981]. Avec IDEF0 nous pouvons considérer le système comme un ensemble d'activités ou de processus opérationnels : une tâche se réalise en transformant un état d'entré en un état de sortie par l'utilisation de ressources de l'entreprise [Vernadat, 1996].

C'est en 1989 qu'arrive SADT en France, méthode introduite par la société IGL Technology. Elle découle d'une longue histoire développé par Ross, lui-même influencé par Hori [ICAM, 1981] et de la théorie du Système général, mais aussi, dans une certaine mesure, de la cybernétique [Dickover et al., 1977].

Se définissant comme une méthode d'analyse (comprendre), SADT utilise un langage graphique de description des systèmes et dispose d'une méthodologie pour penser les problèmes de manière structurée et complexe. Elle rend possible le travail en équipe. D'ailleurs Marca et McGowan [1993] la présente comme la seule méthode capable de représenter *facilement* les caractéristiques des systèmes avec les concepts de contrôle, de rétroaction et de mécanisme. Proposant un ensemble limité de constructions primitives elle utilise une notation constituée de boîtes (représentant les différentes parties d'un ensemble) et de flèches (interfaçant les parties). L'ensemble forme une représentation hiérarchique « top-down » allant du général et va vers le particulier.

Rebaptisée IDEF0, elle prend place dans les entreprises manufacturières et s'utilise pour améliorer la productivité. Appartenant à la suite IDEF agencée en plusieurs vues [Liles, Presley, 1996] (IDEF0, IDEF1, IDEFlx, IDEF2, IDEF3, etc.,) elle tire avantage de sa démarche structurée. Associée à un langage (syntaxe et sémantique) IDEF0 décompose un système complexe en des éléments élémentaires. Cette décomposition facilite l'analyse [Haines, Evers, 1990] : tout système est une structure composée de systèmes plus simples en interaction [Vernadat, 1977].

3 ENJEUX ET FINALITES DE LA MODELISATION POUR LA RETRO-CONCEPTION DE SITES INDUSTRIELS ANCIENS

Souligné par Soulet [1999], il y a avantage à utiliser les démarches systémiques et « modélisantes ». Appliquer à l'histoire, elles offrent un cadre conceptuel flexible. S'il ne s'agit pas de nouvelles méthodes, ayant fait l'objet d'études et de débats, retenons comme principe de proposer un travail original. Trop peu sont les travaux originaux en histoire [Febvre, 1992], et sans originalité, ils n'intéressent personne [Prost, 1996].

3.1 D'abord comprendre.

Prenant de nombreuses acceptations [Armatte, Dahan Dalmedico, 2004], le modèle désigne en premier lieu « l'objet à imiter », et renvoie toujours un contenu instrumental : on fabrique quelque chose grâce à un modèle, on apprend quelque chose grâce à un modèle [Legay, 1992]. Utile pour fonder une idée, un jugement, argumenter une décision, valider des objectifs, piloter le système [Chapurlat, 2007], il est aussi un moyen de communication [Wallisser, 1977 ; Théroude et al., 2003 ; Chapurlat, 2007] d'externalisation (et de capitalisation) de la connaissance [Théroude et al., 2003].

Toutefois, pour notre étude, le modèle a en lui ses propres limites, et préciser les enjeux s'avère nécessaire. Lié au système et à la systémique partons deux idées majeures. Pour les uns, le système doit déboucher sur une action, il n'a d'intérêt si, *in fine*, il agit et débouche sur l'opérationnel. Pour les autres, elle inclut une dimension que Le Moigne appelle d'« intelligibilité » (compréhension). Précédant l'action, il s'agit de comprendre le système et les comportements observés [Briffaut, 2000] pour préparer l'action [Rosnay, 1975]. Résultat, comprendre et agir définissent deux enjeux ; le premier entraînant le second, mais pas automatiquement.

Suivant la nature de l'analyse, deux types de buts se présentent [Le Gallou, 1992a] : 1) saisir la situation, pour mieux la connaître ; et, 2) modifier la situation, pour se rapprocher des objectifs, c'est-à-dire comprendre et agir sur une réalité problématique [Rosnay, 1975 ; Mélèse, 1979 ; Briffaut, 2000].

En histoire, nous ne pouvons nous agir sur une réalité passée, car construire l'histoire revient à articuler le passe qui est l'objet à construire [Leduc, 2010]. D'ailleurs, Bournonville [1998] est plutôt critique face à la systémique et ne la considère que simplement descriptive, c'est-à-dire n'ayant qu'un faible pouvoir prédictif. Cette critique prenons-la comme une force. Par la description, il s'agit de présenter les évolutions et les transformations d'un système. Autrement dit, il s'agit de mettre le passé en lumière, rendre compte des (moments de) changements et de l'évolution d'un système pour en comprendre les choix et les implications, les défis et

les enjeux traversés par l'entreprise. Sans entrer dans l'action, la systémique se veut révélatrice, saisir la situation pour mieux la connaître et la comprendre.

3.2 Comprendre ce n'est pas expliquer

Comprendre c'est « avoir l'intelligence d'une chose », expliquer c'est « rendre un discours intelligible », de l'ordre du discours, de la démonstration ou de l'enseignement [Dictionnaire de l'Académie française, 1835]. Comme intention pédagogique, l'explication est alors liée à « partage », à transmission de savoirs [Sévérac, 2011].

Face à ce discours, d'autres auteurs opposent compréhension et explication [Passeron, Prost, 1990]. Citant Aron, Passeron voit l'explication par les causes et la compréhension du côté de la raison. Ainsi, la compréhension spécifie plus largement le mode d'intelligibilité, de retrouver la vérité d'une situation ou d'un fait [Collingwood, 1924-1925]. Expliquer renvoie à un objet ou un événement, le situant par rapport à son origine ou mode de production, et comprendre, pour Morin [1986], c'est « saisir les significations existentielles d'une situation ou d'un phénomène ».

3.3 Expliquer prolonge la compréhension

Dosse [2008] rapporte que Ricœur récuse l'alternative de Dilthey ; les sciences de la nature seraient du côté de l'explication et les sciences de l'esprit situées du côté d'une théorie du Verstehen (de la compréhension). En effet, pour Dilthey, l'explication est le « comment », la compréhension le « pourquoi » [Benel, 2003]. Contrairement à Aron et à Dilthey, Morin [1977 ; 1986] n'oppose pas explication et compréhension ; au contraire, elles « peuvent et doivent s'entre-contrôler, s'entre-compléter ». Si toutes deux peuvent mutuellement s'aider à se connaître, plus encore, l'explication prolonge naturellement la compréhension [Ricoeur, 2003].

Reposant sur sa capacité à construire une vision commune d'une entité, comme vision [Benel, 2003], retenons la relation triadique de Granger [1982], faisant le lien entre décrire, comprendre et expliquer :

> « expliquer, c'est-à-dire, ayant repéré un phénomène comme totalité et dissocié ses parties (c'est « décrire »), ayant établi les relations et les contraintes qui les associent (c'est « comprendre »), savoir insérer ce système dans un système plus vaste dont dépend sa genèse, sa stabilité et son déclin ».

Reprenant Roboam [1993], ajoutons qu'un modèle sera d'autant meilleur qu'il permet au modélisateur de consigner pour lui ou d'expliquer à une tierce personne. Finalement, appliquer à notre projet, le modèle veut rendre intelligible le système, lui-même prolongeant l'explication, rendant possible les « allers-retours » entre discours et représentation ; l'un prolongeant l'autre [et vice-versa].

Rapporté dans la partie intéressant l'état de l'art, les travaux menés sur les modèles d'entreprise sont très riches remontant aux années 1950. D'abord avec Simon, suivi de Forrester, Churchman, Beer et Mélèse. Plus largement, entre 1950 et 1980, la modélisation des systèmes complexes connaît un essor principalement dans le domaine des sciences de l'ingénieur [Le Moigne, 2001]. Sur cette période, à l'instar Donnadieu [2004], nous identifions deux générations de modèles :

1. la première veut quantifier et modéliser tous les phénomènes. Il s'agit du modèle mathématique. La dynamique industrielle de Forrester en est une illustration ;
2. la deuxième, située sur le versant compréhension, supplante la prévisibilité au profit de l'intelligibilité.

Toutefois, ces travaux portent en eux leur propre faiblesse, demeure l'absence de consensus dans l'emploi des symboles. En fait, si poser la question des enjeux est nécessaire, poser la question des méthodes, des démarches associées au système de symboles (syntaxe et sémantique) en est une autre.

4 APPLICATION A L'ARSENAL DE LORIENT

4.1 Une décomposition en deux dimensions

Courant 2010, Vincent Nayme, Jérémiah Derne et Florent Laroche [2010] réalisent une étude incluant la modélisation d'un site militaire utilisant IDEF. La finalité de l'étude est de s'inscrire dans le cadre d'un projet global de valorisation du patrimoine historique du site afin aboutir à une diffusion *grand public*.

Pour décrire le fonctionnement, la structure et le comportement du site, les auteurs s'inspirent des règles d'analyse fonctionnelle et les adaptent à leurs besoins. L'idée retenue par Nayme, Derne et Laroche est de partir du système global, de le décomposer en actions principales pour former un ensemble hiérarchique descendant. Ainsi, le système se décompose en deux dimensions :

- une dimension longitudinale permettant de choisir un niveau de complexité de la décomposition ;
- une dimension transversale permettant de sélectionner un niveau de détail.

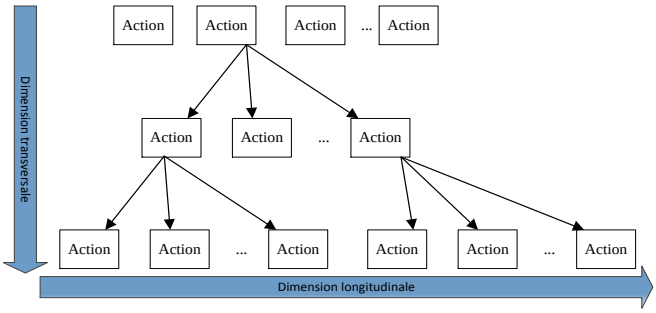

Figure 3. Les deux dimensions du processus de modélisation (repris de [55])

4.2 Notre processus de modélisation

Tout en le développant et l'adaptant, notre projet propose un dispositif semblable à Nayme, Derne et Laroche. Ajoutons la dimension « types d'opérations du cycle de vie du projet ». En effet, à l'instar des entreprises qui utilisent régulièrement le cycle de vie produit, les historiens des techniques sont parfois amenés à réaliser cette opération [Laroche, 2007]. Si Pourcel [2012] emploi l'expression « cycle de vie processus de la réalisation du produit », centrée sur la construction d'un navire (de son flotteur), préférons « cycle de vie d'un projet ». En effet, en construction navale, pour traiter de la genèse d'un navire on se réfère plutôt à l'expression « projet de navire ». Résultat, le « cycle de vie d'un projet » inclue une phase préparatoire (ou phase d'ingénierie) et une phase d'exploitation (mise en œuvre et clôture du projet).

Dans la pratique, pour distinguer visuellement les différentes étapes du premier niveau, nous avons utilisé une couleur : la phase préparatoire, en rouge, le vert et l'orange pour la mise en œuvre, enfin, en violet la phase clôture relative aux essais et à la recette. Rapportons que Labrousse [2004] procède de-même pour représenter l'organisation des objets temporels. Finalement, s'apparentant à une *astuce* la couleur visualise les liens entre les différents niveaux.

Avec les « types d'opérations » il est possible d'affiner progressivement le modèle, jusqu'à aboutir à un niveau de précision suffisant. C'est-à-dire au niveau du site-atelier dans

lesquelles s'effectuent les opérations. Ainsi, notre processus de modélisation suit comme principe :

1. dimension longitudinale : 4 à 5 niveaux maximum, pour garder une vision d'ensemble du système ;
2. dimension transversale : 4 à 5 niveau de détail en utilisant la symbolique IDEF0 avec sa syntaxique et sémantique ;
3. dimension « types d'opérations du cycle de vie du produit » ;
4. dimensions opérations/sites-ateliers.

Le niveau 0 correspond à une des missions de l'Arsenal de Lorient, construire. L'autre mission est l'entretien et la refonte des bâtiments.

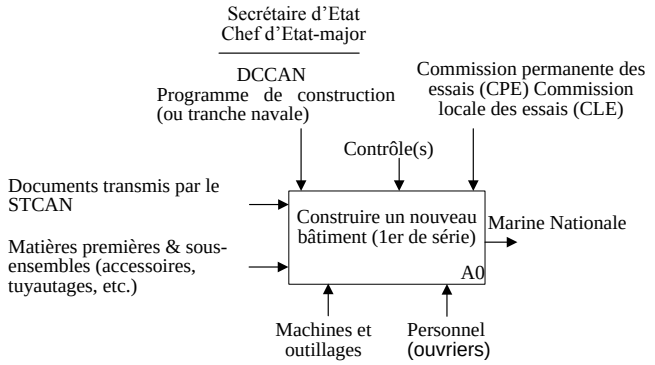

Figure 4. Niveau 0 : Construire un nouveau bâtiment

Le niveau 1 place l'ensemble des activités de construction de la coque d'un bâtiment, des études (pour le premier de série) jusqu'aux essais (figure 5).

Cette deuxième représentation est, suivant notre processus de décomposition, affinée permettant d'identifier les opérations fonction du « type d'opération ». Le niveau 2 associe à un site-atelier un ensemble d'opérations (figure 6).

S'ensuit un dernier niveau, pour lequel, nous distinguons pour un site toutes les opérations réalisées en son sein (figure 7).

Les modèles présentent les activités, lesquelles sont resituées dans le temps. S'établissant entre l'après-Seconde guerre mondiale, nos modèles restent valides jusqu'au début des années 1970.

Un premier changement s'opère courant des années 1950. Les problèmes d'espaces et l'accélération des constructions permises par la préfabrication rendent nécessaire l'installation d'aires de travail importants. En réponse, sont installés des hangars mobiles. Ceux-ci offrent la possibilité de pré-assembler des panneaux et cloisons de 10 à 40 tonnes sur plus de 600m². Quelques ensembles à 3 dimensions destinés à des *Car-ferries* y seront aussi édifiés.

Courant des années 1970, le plan de charge prévisionnel charge (3 frégates de type F67 et 14 avisos) impose de revoir les aires de travail pour la préfabrication. Résultat, un « Hall de préfabrication » (pour les opérations de pré-assemblage) de 220m de long sur 20 de large est érigé sur le Chantier des Constructions Neuves. Cet atelier dispose des machines et des moyens de levage qui fera de Lorient le premier au monde à construire (avec l'apport de la modélisation numérique en 3 dimensions pour les Etudes) une frégate furtive type *La Fayette*. Construite au début des années 1990, la construction de ces frégates, la préfabrication passe dans une *nouvelle aire* : la préfabrication par anneaux pré-armés.

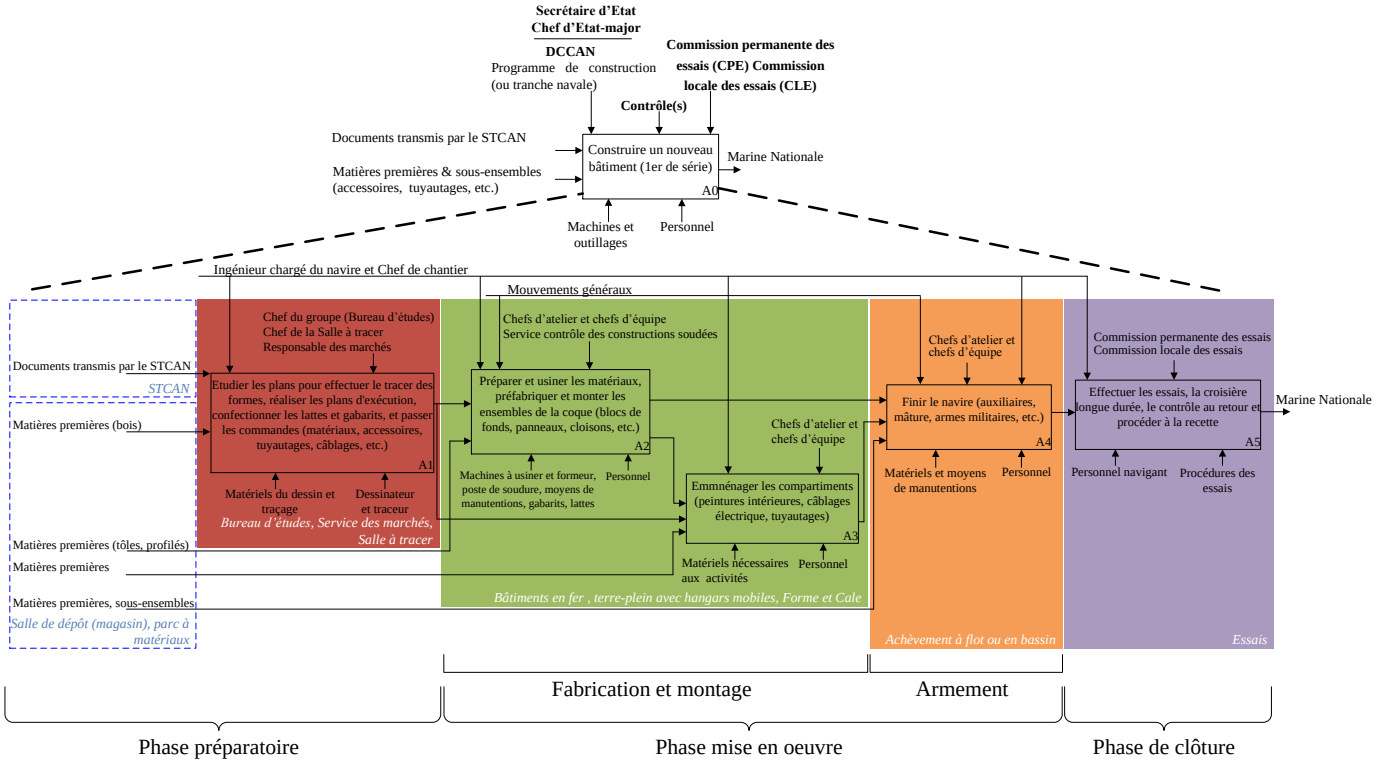

Figure 5. Niveau 1 : principales étapes de construction d'un bâtiment de guerre de la Marine Nationale

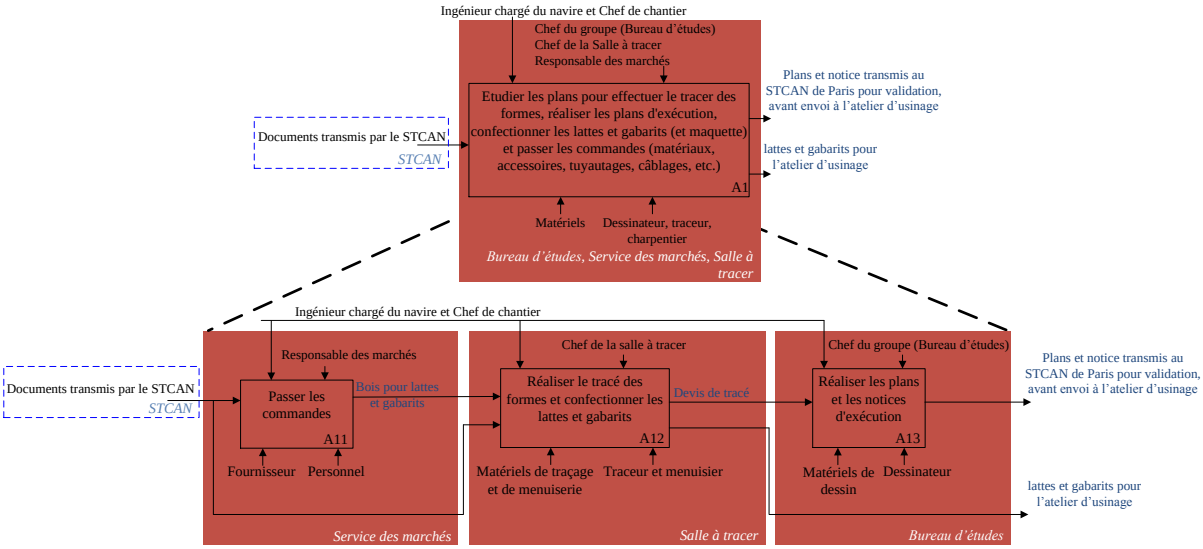

Figure 6. Niveau 2 : études puis rédaction et réalisation des documents et éléments pour l'usinage

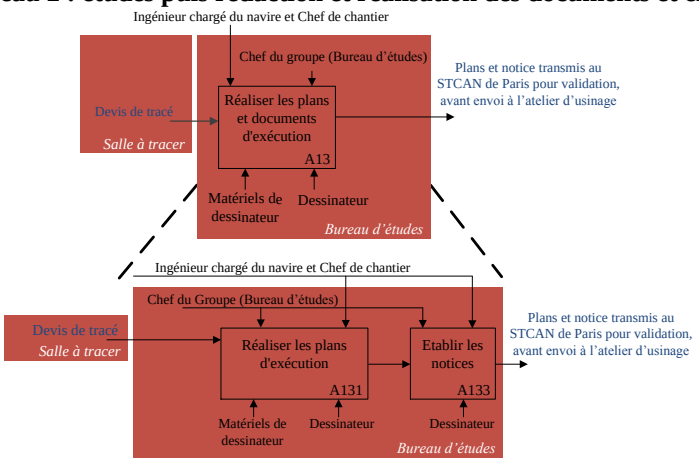

Figure 7. Niveau 3 : réalisation des plans et documents d'exécution utiles à l'atelier d'usinage

4.3 Vérification & Validation des modèles

Avant que les modèles servent l'explication, il faut procéder à leur « vérification » puis « validation ». Chapurlat [2009] en rappelle les étapes :

- vérifier que le modèle construit soit cohérent et qu'il respecte les règles de présentations (syntaxe, sémantique) ;
- puis, selon les attentes de(s) l'utilisateur(s), valider sa pertinence.

5 CONCLUSION

Conscient qu'IDEF0 n'offre qu'une modélisation statique du système, il peut alors s'avérer utile d'utiliser IDEF3, axé sur la causalité et la temporalité. Si IDEF0 et IDEF3 sont de très bons vecteurs de communication et complémentaires, toutefois elles pâtissent d'un manque d'organisation commune des informations entre les représentations [Labrousse, 2004]. Pour pallier ce problème temporel, Labrousse considère plusieurs axes (produit, processus, ressource). Son approche paraît effectivement judicieuse, mais l'emploi d'une symbolique variée peut paraître difficile. Rappelons qu'un des enjeux est de présenter un travail avec des modèles qui prolongent l'explication.

Un système est amené à évoluer, à changer, à se transformer, voire à disparaître. Si IDEF est une modélisation statique, ne s'intéressant pas aux contraintes temporelles des activités (antériorités), ses faiblesses peuvent être *détournées* par le discours. Résultat, du côté Ingénierie système, le modèle enrichi notre compréhension, prolonge l'explication, du côté historien, le discours enrichi le modèle et pallie, si nécessaire, aux éventuelles faiblesses.

En abordant la question de la finalité du modèle, notamment par le couple « compréhension/explication », se pose la question d'un des enjeux propres aux études de rétro-conception. La patrimonialisation peut-elle servir et prolonger l'explication ? Si cette question a déjà été abordée par Laroche, Bernard et Cotte [2006] concevons que pour enrichir les méthodes de rétro-conception existantes développer une stratégie s'avère nécessaire, laquelle se caractérise par une démarche.

6 REFERENCES

Acerra, M-M., (1987) Les arsenaux de marine français. Première moitié du XIXe siècle. Marine et technique au XIXe siècle. Actes du colloque international. Service historique de la Marine, Paris, pp. 55-61, 10-12 juin.

Acerra, M-M., (2001) L'Arsenal, pivot de la puissance maritime ? *in*, Buchet, C. et al. La puissance maritime. Actes du Colloque international tenu à l'institut Catholique de Paris. Presses de l'Université Paris-Sorbonne, Paris, 13-15 décembre.

Armatte, M., Dahan Dalmedico A., (2004) Modèles et modélisation, 1950-2000. *Revue d'Histoire des Science*s, 57(2), pp.243-304.

Benel, A., (2003) Consultation assistée par ordinateur de la documentation en Sciences humaines : considérations épistémologiques, solutions opératoires et applications à l'archéologie. Thèse de doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

Berio, G., Vernadat F., (2001) Enterprise modelling with CIMOSA: functional and organizational aspects. *Production Planning & Control*, 12(2), pp. 128-136.

Bernus, P., Nemes L., (1996) A framework to define a generic enterprise reference architecture and methodology. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 9(3), pp. 179-191.

Bournonville, C., (1998) *Introduction aux théories des organisations*. Foucher : Paris.

Briffaut, J-P., (2000) *Système d'information en gestion industrielle*. Hermès : Paris.

Chapurlat, V., (2007) Vérification et validation de modèles systèmes complexes : application à la Modélisation d'Entreprise. Habilitation à diriger des recherches de l'Université de Montpellier 2.

Chapurlat, V., (2009) Modélisation d'Entreprise et V&V : Complémentarité des approches, des techniques et intérêts de la V&V. EMEA http://www.easy-dim.org/emea/.

Collingwood, R.G., (1924-1925) The Nature and Aims of a Philosophy of History. *Proceedings of the Aristotelian Society*, New Series, 25, pp. 151-174.

Corvisier, A., (1988) *Dictionnaire d'art et d'histoire militaires*. PUF : Paris.

Cousin, V., (1824-1829) *Œuvres de Descartes, précédées de l'éloge de René Descartes par Thomas*. Tome 11, Levrault : Paris.

Daumas, M., (1969) L'histoire des techniques : son objet, ses limites, ses méthodes. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, 22(1). pp. 5-32.

Delsalle, P., (1993) *La France industrielle aux XVIe, XVIIe, XVIIIe siècles*. Ophrys: Gap.

Dickover, M., McGowan, C.L., Ross, D.T, (1977) Software design using: SADT. ACM'77 Proceedings of the 1977 annual conference, pp. 125-133.

Donnadieu, G., (2004) Systémique et science des systèmes : quelques repères historiques, http://www. afscet.asso.fr/.

Dosse, F., (2008) *Paul Ricœur : les sens d'une vie : 1913-2005*. La Découverte : Paris.

Dictionnaire de l'Académie française, (1835) Sixième édition, Tome second. Imprimerie et librairie de Firmin-Didot Frères : Paris.

Espinosa, C., (2008) *L'armée et la ville en France : 1815-1870 : de la seconde Restauration à la veille du conflit franco-prussien*. L'Harmattan : Paris.

Febvre, L., (1992) *Combats pour l'Histoire*. Armand colin : Paris.

Fortin, R., (2005) Comprendre *la complexité: Introduction à La Méthode d'Edgar Morin*. L'Harmattan : Paris.

Granger, G., (1982) Modèles qualitatifs, modèles quantitatifs dans la connaissance scientifique. *Sociologie et sociétés*, 14(1), pp. 5-12.

GRP., (1999) La Modélisation d'Entreprise: le point de vue productique, http://www.lgi2p.ema.fr /~grp/.

Gruss, R., Haffner, L., Roger, C., (1978) *Dictionnaire GRUSS de marine*. 5e édiotn, Edition Maritimes et d'Outre-mer : Paris.

Guilbert, L., Lagane, R., Niobey, G. (1986) *Grand Larousse de la langue française en sept volumes*. Larousse: Paris.

Haines, L.A., Evers, K., (1990) An IDEF0 representation of the instructional system development (ISD) process - why IT works. Proceding of the IEEE 1990 National Aerospace and Electronics Conference, pp. 806-811.

Humbert, L. (1974). Langage d'analyse et théorie des organisations. *Revue économique*, 25(5), pp. 787-818.

ICAM, (1981) Integrated computer-aided manufacturing (ICAM): function modeling manual (IDEF0). SofTech Inc..

Jal, A., (1848) *Glossaire nautique. Répertoire polyglotte. Termes de marine anciens et modernes*. Firmin Didot frères : Paris.

Labrousse, M., (2004) Proposition d'un modèle conceptuel unifié pour la gestion dynamique des connaissances d'entreprise, thèse de doctorat délivré conjointement par l'Ecole Centrale de Nantes et l'Université de Nantes.

Laroche, F., (2007) Contribution à la sauvegarde des objets techniques anciens par l'archéologie industrielle avancée. Proposition d'un Modèle d'information de référence muséologique et d'une Méthode inter-disciplinaire pour la Capitalisation des connaissances du Patrimoine technique et industriel.

Laroche, F., Bernard, A., Cotte M., (2006) Methodology for simulating ancient technical systems**,** Revue *Internationale d'Ingénierie Numérique/Integrated Design and Production*, 2(1-2), pp.9-28.

Lecomte, J., (1835) *Dictionnaire pittoresque de marine*. Bureau central de la France maritime : Paris.

Leduc, J. (2010) Déterminisme, téléologie. Delacroix, C., et *al. Historiographie, concepts et débats*. 2, Gallimard : Paris, pp. 711-719.

Le Gallou, F., (1992a) Activités des systèmes, *in*, Le Gallou, F., Bouchon-Meunier, B., *Systémique. Théorie et applications*. Lavoisier : Paris, pp. 71-90.

Le Gallou, F., (1992b) Décomposition des systèmes, *in*, Le Gallou, F., Bouchon-Meunier, B., *Systémique. Théorie et applications*. Lavoisier : Paris, pp. 91-100.

Legay, J-M., (1992) *L'expérience et le modèle : un discours sur la méthode*. Institut national de la recherche agronomique : Paris.

Le Bouëdec, G., (1994) *Le Port et l'Arsenal de Lorient, de la compagnie des Indes à la marine cuirassée : une reconversion réussie (XVIIIe-XIXe siècles)*. 4. Librairie de l'Inde : Paris.

Le Masson, H., (1952) Les chantiers navals français dans l'économie et la Défense nationale. *Revue Défense Nationale*, (4), pp. 437-451.

Le Moigne, J-L., (1974) *Les systèmes de décision dans les organisations*. PUF : Paris.

Le Moigne, J-L., (1994) *Théorie du système général : théorie de la modélisation*. Les Classiques du Réseau Intelligence de la Complexité.

Le Moigne, J-L., (1999) *La modélisation des systèmes complexes*. Dunod : Paris, pp. 148-149.

Le Moigne, J-L., (2001) *Le constructivisme. Tome 1 : les enracinements*. L'Harmattan : Paris.

Le Pavic, F., (2012) Lorient et son Arsenal, un port-constructeur dans l'après Seconde Guerre mondiale (entre 1946 et 1958). La construction navale et ses objets : Nouvelles approches, Nouveaux outils. Nantes, France, 21 septembre.

Liles, D., Presley, A. (1996) Enterprise modeling within an enterprise engineering framework. WSC '96 Proceedings of the 28th conference on Winter simulation, pp. 993-999.

Marca, D.A., McGowan, C.L., (1993) *IDEF0/SADT: Business process and enterprise modeling*. Eclectic solutions : San Diego.

Meinadier, J-P., (2003) *Le métier d'intégration de systèmes*. Hermès Lavoisier : Paris.

Mélèse, J., (1979) *Approches systémiques des organisations. Vers l'entreprise à la complexité humaine*. Suresnes : Edition hommes et techniques.

Métayer, G., (1970) *Cybernétique et organisation : nouvelle technique du mangement*. Edition d'organisation : Paris.

Morin, E., (1977) *La méthode. La nature de la Nature*, Tome 1. Editions du Seuil : Paris.

Morin, E., (1986). *La Méthode. Tome III, La connaissance de la connaissance. Anthropologie de la connaissance*. Editions du Seuil : Paris.

Nayme, V., Derne, J., (2010) Réalisation d'une modélisation du processus industriel implanté sur le site de la DCNS d'Indret en 1791.

Passeron, J-C., Prost A., (1990) L'enseignement, lieu de rencontre entre historiens et sociologues. *Sociétés contemporaines*, (1), pp. 7-45.

Piétrac, L., (1999) Apport de la méta-modélisation formelle pour la conception des Systèmes Automatisés de Production. Thèse de doctorat de l'Ecole normal supérieur de Cachan, spécialité automatique.

Pourcel, C., Gourc, D., (2005) *Modélisation d'entreprise par les processus : activités, organisations & applications*. Cépaduès-édition : Toulouse.

Pourcel, C., (2012) Cycles de vie et modélisation d'entreprise. EMA. http://www.easy-dim.org/emea.

Prost, A., (1996) *Douze leçons sur l'histoire*. Editions du Seuil: Paris.

Rechtin, E., (2000) *Systems architecting of organizations: why eagles can't swim*. CRC Press : Florida.

Ricoeur, P., (2003) La mémoire saisie par l'histoire. *Revista de Letras*, 43(2), pp. 15-25.

Roboam, M., (1993) *La méthode GRAI : principes, outils, démarche et pratique*. Teknea, Toulouse.

(de) Rosnay, J., (1975) *Le macroscope. Vers une vision globale*. Editions du Seuil : Paris.

Sévérac, P.S., (2011) La position du maître : enseigner, abrutir, émanciper. *Rue Descartes*, (71), pp. 102-108.

Saussois, J-M., (2007) *Théorie des organisations*. Editions La Découverte : Paris.

Soulet, J.F., (1999) L'histoire immédiate en Europe occidentale. *Cahiers d'histoire immédiate*, (16), pp. 45-57.

Spérandio, S., (2005) Usage de la modélisation multi-vue d'entreprise pour la conduite des systèmes de production. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux 1, spécialité productique.

Szegheo, O., (2000) Introduction to enterprise modeling, in Rolstadås, A., Andersen, B., *Enterprise modeling: improving global industrial competitiveness*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, pp. 21-32.

Tissot, F., Crump, W., (2006) An Integrated Enterprise Modeling Environment. Bernus, P. et *al*. *Handbook on Architectures of Information Systems*. Springer : New York, pp. 539-567.

Théroude, F., Braesh, C., Haurat, A. (2003) Copilot : une plate-forme pour la modélisation et le pilotage de processus. 4e Conférence Francophone de MOdélisation et SIMulation, Organisation et Conduite d'Activités dans l'Industrie et les Services, MOSIM'03, Toulouse, 23-25 avril.

Vallespir, B., (2012a) La Modélisation d'entreprise. EMA, http://www.easy-dim.org/emea.

Vallespir, B. (2012b), Modélisation d'entreprise et ingénierie : analyse historique (et personnelle) des divergences et convergences. EMA. http://www.easy-dim.org/emea.

Vernadat, F., (1996) *Enterprise modeling and integration: principles and applications*. Chapman & Hall : London.

Wallisser, B., (1977) *Systèmes et modèles : introduction critique à l'analyse de systèmes*. Editions du Seuil: Paris.

Whitman, L., Ramachandran, K., Ketkar, V., (2001) A toxonomy of a living model of the enterprise. WSC'01 Proceedings of the 33nd conference on Winter simulation, pp. 848-855.