



HAL
open science

**Vers de nouvelles approches théoriques et pratiques
pour la capitalisation des connaissances et la mise en
réseau des compétences autour des modèles numériques
pour le bâtiment : l'approche DIMOCODE**

Frédéric Wurtz, Benoît Delinchant, Laurence Estrabaut, Franck Pourroy

► **To cite this version:**

Frédéric Wurtz, Benoît Delinchant, Laurence Estrabaut, Franck Pourroy. Vers de nouvelles approches théoriques et pratiques pour la capitalisation des connaissances et la mise en réseau des compétences autour des modèles numériques pour le bâtiment : l'approche DIMOCODE. XXXe Rencontres AUGC-IBPSA, Jun 2012, Chambéry, France. hal-00716983

HAL Id: hal-00716983

<https://hal.science/hal-00716983>

Submitted on 5 Sep 2012

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 de nouvelles approches théoriques et pratiques pour la capitalisation des connaissances et la mise en réseau des compétences autour des modèles numériques pour le bâtiment : l'approche DIMOCODE

F. Wurtz¹, B. Delinchant¹, L. Estrabaut¹, F. Pourroy²

¹ G2ELAB : – Laboratoire de génie électrique de Grenoble, ENSE3 : 961, Rue de la Houille Blanche, BP 46, 38402 Saint Martin d'Hères
frederic.wurtz@g2elab.grenoble-inp.fr, benoit.delinchant@G2ELab.grenoble-inp.fr,
Laurence.ESTRABAUT@g2elab.grenoble-inp.fr

² G-SCOP : 46, avenue Félix Viallet - 38031 Grenoble Cedex 1 – France
Franck.Pourroy@g-scop.inpg.fr

RÉSUMÉ. Ce papier permet d'explicitier les fondements théoriques qui ont amené aux spécifications d'un nouveau type de plate-forme collaborative sur Internet pour résoudre le problème de capitalisation et de réutilisation des modèles numériques pour la simulation et l'optimisation. On montrera, par une analyse issue notamment de l'ingénierie de la connaissance, que ces types de plates-formes vont permettre non seulement la capitalisation et la diffusion de modèles numériques, mais aussi la mise en relation des savoir-faire autour de ces modèles numériques. Le premier prototype, faisant l'objet du projet DIMOCODE est présenté dans ce papier. Ce prototype a vocation à être utilisé dans le domaine des systèmes d'ingénierie dans le domaine de l'énergie en général, et dans le domaine de l'ingénierie dans les bâtiments en particulier.

ABSTRACT. This paper explains the theoretical background of new approaches for the capitalisation and re-use of numerical models in engineering. Those approaches are collaborative platforms over internet. We will show, thanks to an analysis provided by the knowledge engineering science, that this kind of platform allows capitalisation and dissemination of the models (the explicit part of the modelling knowledge), but allows also to link to each others the designers that have in their mind an other part of the modelling knowledge (the implicit part of modelling knowledge like know-how). A prototype of such a platform, developed in a project called DIMOCODE is presented. This prototype has for objective to be used for energy systems like buildings.

MOTS-CLÉS : modèles numériques, capitalisation, ingénierie de la connaissance, ingénierie électrique, ingénierie

KEY WORDS: numerical models, capitalization, knowledge engineering, electrical engineering, engineering

1. Vers un besoin grandissant de modèle de calcul pour le système bâtiment : un problème d'ingénierie de la connaissance

Le développement des systèmes bâtiments va de plus en plus faire appel à des modèles de calcul, aussi bien analytiques, semi-analytiques que numériques. Ces modèles peuvent concerner un ou plusieurs des composants du système (ouvrants, cloison, fenêtre, mur, enveloppe thermique, panneaux photovoltaïques, cogénérateurs, batterie électrique et thermique...), voire le système tout entier. Ils permettent ainsi d'en assurer le dimensionnement, la validation, l'optimisation en phase de conception, le pilotage et la supervision optimale en phase d'exploitation ou encore le diagnostic ou l'analyse de cycle de vie. Cela pose un problème d'ingénierie de la connaissance [PRUD-05]: il faudrait être capable de capitaliser et de ré-utiliser ces modèles.

2. l'approche classique pour la capitalisation des modèles

Face à ce problème bien identifié, il existe une approche classique et bien ancrée dans la communauté de la modélisation numérique. Nous la rappelons ici avec les hypothèses qui la sous-tendent, et les limites auxquelles elle se heurte.

2.1 Approches classiques pour la capitalisation des modèles

Les approches classiques, pour la capitalisation et la diffusion des modèles numériques consistent en :

- la réalisation de bibliothèques de modèles ;
- que l'on diffuse ensuite par voie bibliographique, ou sous forme de bibliothèques de modèles qui sont disponibles dans des logiciels...

On notera que ce mouvement est actuellement consolidé par la mise en place de langages standardisés de description de modèles, tel que Modelica [MOD-01], ou sous la forme de boîte noire tel que ICAR-MUSE [GAA-11], FMI.

2.2 Hypothèses classiques sur la nature d'un modèle

Ces approches classiques semblent à présent naturelles et s'imposer de soi. Pourtant, pour être totalement efficaces, il faut supposer un certain nombre d'hypothèses sur ce qu'est la connaissance de type « modèle ». On rappellera ici deux de ces hypothèses [WUR 03], [WUR 08].

Hypothèse 1 : La connaissance de type « modèle » ne dépend que de l'objet et de la nature des phénomènes physiques qui s'y produisent.

Hypothèse 2°: Toute la connaissance incluse dans le modèle est explicitable a priori, autant au niveau des équations, que des hypothèses et des limites d'emploi... D'un point de vue épistémologique [LEM-99], ces hypothèses donnent au modèle un statut de connaissance ontologique, c'est-à-dire de connaissance qui est imposée uniquement par la nature de l'objet modélisé.

2.3 Les limites des approches classiques

La pratique semble toutefois montrer que ces approches classiques, avec leurs hypothèses, se heurtent à des limites. Ainsi on trouvera toujours des utilisateurs qui :

- n'arriveront pas à mettre en œuvre la bibliothèque de modèles, soit parce qu'il leur manquera des informations, soit parce qu'il leur manquera un savoir-faire ;
- seront mécontents, car le modèle proposé ne correspondra pas exactement à leurs besoins.

3. Proposition d'une nouvelle approche pour la capitalisation des modèles

Le travail présenté ici est une voie de recherche pour essayer de pallier les limites des approches classiques. Elle va poser de nouvelles hypothèses sur la nature d'un modèle [WUR 03] pour aboutir à la proposition de nouvelles approches pour capitaliser et diffuser les modèles [WUR, 08].

3.1. Nouvelles hypothèses sur la nature d'un modèle

Nouvelle hypothèse 1 : La connaissance de type modèle est une construction dépendant, bien évidemment de l'objet et de la nature des phénomènes physiques, mais aussi du contexte et des objectifs pour lesquels ce modèle a été établi : ainsi un modèle établi en phase de pré étude pour une esquisse globale ne sera pas le même qu'un modèle établi en phase d'analyse fine pour étudier des phénomènes locaux de thermique ou d'aérodynamique. Cette hypothèse permettrait d'expliquer pourquoi il n'existe pas de modèle universel imposé uniquement par l'objet, en l'occurrence le système bâtiment.

Nouvelle hypothèse 2 : on va supposer que toute la connaissance relative au modèle n'est pas toujours explicitable a priori. Pour formuler cette hypothèse on suppose, à l'instar de modèles récents formulés dans le domaine de l'ingénierie de la connaissance [PRUD-05], que la connaissance comporte plusieurs dimensions..

- ***Une dimension explicite*** : il s'agit des connaissances formulées. Appliqué aux modèles il s'agit des équations et des documents sur les hypothèses, les limites... que le modélisateur arrive à formuler a priori.
- ***Une dimension tacite ou implicite*** : Pour les connaissances implicites, il s'agit de connaissances non explicites, mais cependant explicites. C'est le cas par exemple d'une explication que l'on a omis de fournir. Pour les connaissances tacites, c'est la connaissance dont les modélisateurs sont porteurs, sans que cette connaissance ne soit explicitable. Typiquement c'est le savoir faire d'un modélisateur permettant d'adapter un modèle pour un nouvel ensemble « contexte-objectif ». A ce titre, il paraît raisonnable de penser, que même s'il y sera fortement invité, il sera le plus souvent impossible pour un modélisateur d'anticiper tous les contextes et objectifs dans lesquels le modèle sera utilisé, et de dire a priori, toutes les précautions et les limites relatives aux modèles. Or ce même concepteur sera souvent tout à fait capable d'identifier et de formaliser ces limites lorsqu'il sera confronté au nouvel ensemble « contexte-objectif ». La connaissance tacite est ainsi sans doute liée à la

compétence : on peut penser que les acteurs compétents sont ceux qui sont porteurs d'une grande part de connaissance tacite, et donc de savoir-faire.

D'un point de vue épistémologique, ces hypothèses donnent ainsi au modèle un statut de construction dépendant non seulement de l'objet, mais aussi du contexte et de l'objectif, et à laquelle est associé un savoir-faire porté par les modélisateurs qui ont utilisé et/ou mis au point le modèle.

3.2. Des fondements théoriques aux nouvelles hypothèses formulées sur la nature d'un modèle

3.2.1 « La nouvelle hypothèse 1 » issue d'une analyse théorique épistémologique

La nouvelle hypothèse 1 peut être justifiée par une analyse épistémologique largement développée dans [WUR 03] et [WUR, 08]. et que nous nous contenterons de rappeler brièvement ici. Rappelons d'abord que l'épistémologie est une discipline issue de la philosophie des sciences dont l'objet est notamment l'étude des connaissances valables [LEM 99].

Il existe deux grandes familles d'épistémologie :

- D'abord l'épistémologie dite classique. C'est l'épistémologie de la science positiviste et classique telle qu'elle s'est élaborée notamment au cours du XIX^{ème} siècle. C'est celle qui justifie les hypothèses 1 et 2 que nous avons introduites dans le paragraphe 2.2 et qui donnent au modèle le statut d'une construction qui doit être objective et imposée uniquement par la nature de l'objet étudié et des phénomènes physiques qui s'y produisent.

- Ensuite l'épistémologie dite constructiviste. Celle-ci s'est élaborée à partir du XX^{ème} siècle, pour proposer une alternative à l'épistémologie classique et aux limites que cette dernière a rencontré au cours de crises successives. On rappellera simplement ici la révolution de la physique quantique dans laquelle on ne peut plus séparer l'observateur du phénomène observé, et dans laquelle on ne peut plus se contenter d'une physique et de modèles qui ne dépendent que de la nature des objets observés. L'épistémologie constructiviste propose donc, en réponse à cela, de considérer que les modèles dépendent non seulement de l'objet observé, mais aussi de l'observateur et de son projet. Cela aboutit concrètement pour nous à la formulation de « la nouvelle hypothèse 1, » à savoir que (cf. paragraphe 3.1) : *« La connaissance de type modèle est une construction dépendant, bien évidemment de l'objet et de la nature des phénomènes physiques, mais aussi du contexte et des objectifs pour lesquels ce modèle a été établi ... »*

3.2.2 « La nouvelle hypothèses 2° » issue de l'ingénierie de la connaissance

3.2.2.1 Qu'est ce que l'ingénierie de la connaissance ?

Comme cela est détaillé dans (Wikipedia, 2009), « la gestion des connaissances (en anglais Knowledge Management) - ou ingénierie des connaissances - est l'ensemble des méthodes et des techniques permettant de percevoir, d'identifier, d'analyser, d'organiser, de mémoriser, et de partager des connaissances entre les membres des organisations La gestion des connaissances est une application

pratique des sciences cognitives qui en sont le fondement théorique ... ». On pourra aussi se reporter à [BAL 05]. Dans le cadre de cette discipline, un certain nombre d'hypothèses, de théories et de stratégies ont été élaborées. Nous allons détailler ici celles que nous avons retenues et qui servent de fondement à l'approche que nous retiendrons pour aborder la problématique de la gestion des connaissances de type modèles, et qui servent en particulier de fondements à « la nouvelle hypothèse 2 » que nous avons posée dans le paragraphe 3.1.

3.2.2.2 La métaphore de l'iceberg de la connaissance : l'hypothèse d'une importance prépondérante de la connaissance implicite

C'est dans le cadre de cette discipline de gestion de la connaissance qu'ont émergé les concepts de connaissances explicites et tacites que nous avons introduits dans « la nouvelle hypothèse 2 ». Si l'on admet ces deux dimensions de la connaissance, un débat peut alors consister à savoir si l'on peut réduire la part de connaissance tacite/implicite pour entièrement se ramener à de la connaissance explicite. De plus en plus d'auteurs, et de travaux semblent conclure à l'impossibilité de cette démarche, surtout suite aux échecs dans la mise en œuvre pratique de l'intelligence artificielle des années 80 et 90. Ainsi, comme cela est dit dans [MEM 03] page 6: « *L'ambition parfois affichée par l'Intelligence Artificielle de formaliser (au moins en principe) toute la connaissance humaine n'est sans doute qu'un rêve impossible.* ».

Certains auteurs affirment même la prépondérance de la connaissance tacite. Ainsi, G. Balmissé dans [BAL 05] estime que la connaissance tacite représente de 85% à 90% de la connaissance globale d'une organisation. D. Vinck partage cette analyse d'une prépondérance de la connaissance tacite, qu'il conceptualise en donnant de la connaissance l'image d'un iceberg, dont la partie explicite ne représenterait que la partie émergée [VIN 97]. On pourra se reporter aussi au tome 3 de la méthode d'E. Morin, « La connaissance de la connaissance » (Morin, 1986), qui développe page 192 de l'édition de 1986 le thème de « L'Iceberg de l'inconscience », ou à d'autres références issues de l'ingénierie de la connaissance où ce thème de l'Iceberg de la connaissance devient classique [EFI 04].

3.3. De nouvelles théories et stratégies induites par les nouvelles hypothèses

3.3.1 Le modèle de Nonaka et Takeuchi

Dès lors qu'il est admis que la connaissance est composée d'une dimension de connaissance explicite et de connaissance tacite/implicite, d'autres modèles théoriques de l'ingénierie de la connaissance viennent proposer un cadre pour expliquer comment ces deux dimensions de la connaissance interagissent. C'est ce que propose le modèle de Nonaka et Takeuchi [NON 97], définissant ainsi ce que ces mêmes auteurs appellent ainsi « le cycle de création de la connaissance ». L'intérêt de ce modèle est qu'il décrit quatre modes de conversion de la connaissance au sein d'une organisation, d'un groupe:

La socialisation est la transformation de la connaissance tacite en connaissance tacite directement d'individu à individu, par l'observation, l'imitation et pratique, l'explication informelle, ...

L'extériorisation est la transformation de la connaissance tacite en connaissance explicite où l'individu essaie d'expliquer son art et de convertir son expérience en connaissances explicites.

La combinaison est la transformation de la connaissance explicite sous une nouvelle forme de connaissance explicite où l'individu combine divers éléments de connaissances explicites pour constituer de nouvelles connaissances explicites elles aussi.

L'intériorisation est la transformation de la connaissance explicite en connaissance tacite où les connaissances explicites diffusées dans l'organisation sont assimilées par les individus.

3.4. Une Nouvelle approche pour la capitalisation et la diffusion des modèles

Face à ces nouvelles hypothèses, et modèles sur la nature des connaissances, la diffusion de modèles sous forme de bibliothèques doit être complétée par une nouvelle approche qui met justement en œuvre ces nouvelles hypothèses, modèles et stratégies. Les parties suivantes démontrent que ceci est notamment possible grâce à Internet, qui va autoriser à déployer des plates-formes. Ceci permettra donc, en plus de la diffusion des modèles sous forme de bibliothèques :

- la mise en relation directe des modélisateurs et des porteurs de savoir-faire tacite et implicite
- la mise en place de dynamiques vertueuses pour aider à formuler le savoir faire implicite en savoir faire explicite.

4. Mise en œuvre de la nouvelle approche proposée pour la capitalisation des modèles :

4.1. La Structure générale de la plate-forme

C'est pour mettre en œuvre, et à l'épreuve ces hypothèses et ces nouvelles formes de plate-formes Internet que nous réalisons le projet DIMOCODE (**D**iffusion Internet des **M**odèles pour la **C**onception **O**ptimale des **D**ispositifs **E**nergétiques) (voir <http://www.dimocode.fr>).

Ce type de plate-forme doit permettre de diffuser les parties explicites des modèles sous forme non seulement de rapport et de documentation, mais aussi sous forme de composants, de codes sources et de fichiers informatiques directement utilisables dans les environnements de simulation (Modelica, VHDL-AMS, Matlab...) et d'optimisation, quel que soit ces outils de simulation et d'optimisation.. Cela devra permettre de faire gagner un temps considérable pour aller vers l'optimisation des composants et des systèmes énergétiques, en bénéficiant d'un accès à des modèles directement utilisables en plus de documentations permettant de connaître les hypothèses et les limites du modèle.

Mais ce type de plate-forme doit aussi permettre une mise en relation directe des concepteurs et des utilisateurs de modèle, pour une utilisation plus pertinente des

modèles, mais aussi pour une amélioration vertueuse de ces modèles. En effet, à chaque modèle mis à disposition, sont associées des fonctionnalités comme des wikis, des forums, des chats, voire des outils de visioconférence, qui doivent permettre :

- d'assurer la mise en relation des utilisateurs du modèle avec le concepteur du modèle pour bénéficier de son savoir-faire (par chat ou visioconférence) ;
- au concepteur du modèle une aide vertueuse à la formalisation des équations, des limites, des hypothèses du modèle, par un retour direct sur l'usage du modèle par les utilisateurs, (via des outils comme des forums voire des wikis).

La figure 1 donne une idée de l'architecture de la plate-forme DIMOCODE que nous sommes en train de réaliser.

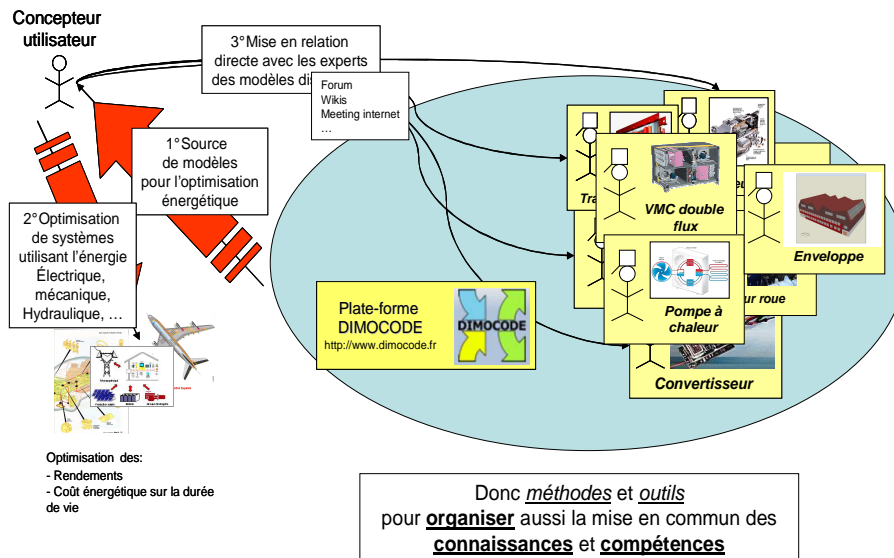


Figure 1 : DIMOCODE : Proposition d'une architecture de plate-forme Internet pour une nouvelle approche de capitalisation et de diffusion des modèles.

4.1. Une plate-forme permettant d'instrumenter un nouveau cercle vertueux pour la capitalisation des modèles

Ce type de plate-forme va nous permettre d'offrir des outils pour mettre en œuvre concrètement un axe de progrès (dit axe de progrès de Grundstein [GRU 03]), permettant dans le cadre du modèle de Nonaka et Takeuchi, d'augmenter par cercle vertueux et récursif la part des connaissances à la fois formalisées et disséminées.:

Pour chaque processus identifié par le modèle de Nonaka&Takeuchi, on peut déployer des outils qui constitueront une partie de la plate-forme internet, et qui vont favoriser l'émergence de ce processus. Ainsi :

La socialisation pourra être supportée notamment par des outils de visioconférence, ou des outils de tchat (discussion) à distance.

L'extériorisation des modèles par les concepteurs sera incitée par le fait que la plate-forme leur offrira une base de données disponible en ligne pour diffuser les fichiers et les documentations relatifs à leurs modèles. En complément des outils comme des forums, ou des wikis, leur offriront un moyen d'aide pour extérioriser leur savoir-faire tacite : en effet, de par le jeu de discussion et de questions/réponses que ce type d'outil va entraîner, on aura de fait une explicitation, dont on peut même espérer qu'elle sera facilitée de par les questions et réactions des utilisateurs des modèles.

La combinaison sera favorisée par le fait que l'on pourra espérer trouver une base de modèles déjà explicités dans la base de données de la plate-forme. On pourra ainsi beaucoup plus facilement modéliser un système (comme une automobile, un avion, ...) en récupérant des modèles préexistants

L'intériorisation sera favorisée par le fait qu'un utilisateur de modèle, pourra non seulement trouver des modèles explicités et se les approprier. Mais si cela ne suffit pas, car des explications manquent, ou le que le modèle n'est pas tout à fait adapté à ses besoins, l'utilisateur pourra par les outils de communication (visioconférences, forum), entrer en contact avec l'émetteur du modèle. Il pourra ainsi, en direct, profiter de son savoir-faire.

Chaque processus étant favorisé par les outils de la plate-forme, on peut espérer que le tout s'organisera dans un cercle vertueux allant dans le sens de l'axe de progrès de Grundstein.

4.2. Un premier prototype de la plate-forme : La structure de la plate-forme

La figure 2 donne un aperçu de la structure de la plate-forme et des fonctionnalités qu'elle offre. On y retrouve :

- une page d'accueil : elle va contenir le descriptif et les objectifs du projet, ainsi que des rubriques à présent classiques sur des sites Internet comme une partie relatant les dernières nouvelles du projet
- une partie modèle : c'est le cœur de la plate-forme. L'idée est que les utilisateurs qui voudront mettre un modèle à disposition pourront créer un espace pour chacun de ces modèles. le paragraphe 4.3.2.2 va plus particulièrement décrire cet espace modèle.
- une partie bourse : celle-ci vise à offrir un moyen souple de mise en relation des modélisateurs/concepteurs que l'on ne détaillera pas dans ce papier, sauf pour dire qu'elle permet de créer de la socialisation.

DIMOCODE: La plate-forme

La structure de la plate-forme V2.0

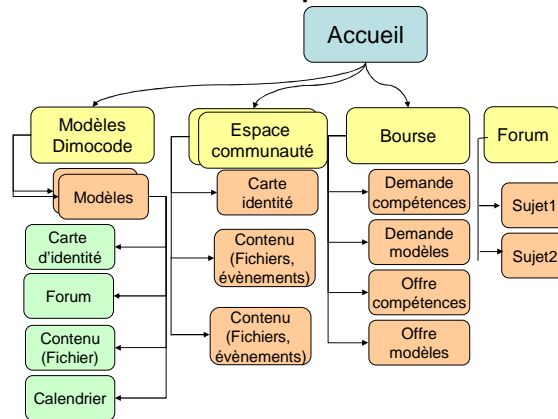


Figure 2: La structure de la plate-forme DIMOCODE

7. Conclusion

L'ambition de ce papier était surtout de détailler l'analyse théorique, partant de certains résultats issus de domaine comme l'ingénierie de la connaissance, ou l'épistémologie, pour proposer une nouvelle approche au problème de capitalisation des modèles et des connaissances numériques pour l'ingénierie de l'énergie. Cette analyse théorique a permis de formuler de nouvelles hypothèses :

- sur la nature des modèles : on va supposer que les modèles dépendent de l'objet à modéliser, mais aussi du projet du concepteur défini par le contexte et les objectifs du projet de conception,
- sur le fait que le savoir-faire de modélisation pouvait être considéré comme faisant partie de la « connaissance modèle »

Nous avons montré que de nouvelles formes d'outils permettait de traduire concrètement les implications de ces nouvelles hypothèses : il s'agit de plates-formes collaboratives sur Internet. Le point clef mis en évidence par le travail présenté est que l'on réintroduit l'acteur humain (qu'est le concepteur/modélisateur) au cœur du système de CAO. On commence donc à explorer le paradigme des plates-formes collaboratives sur Internet, paradigme alternatif à celui de d'environnement logiciel fermé qui tourne sur un PC isolé, avec « simplement » des bibliothèques. Ce nouveau paradigme est prometteur car il permettra d'avoir accès à des savoirs (des savoirs explicites que sont les modèles) mais aussi à des savoir-faire portés par les concepteurs/modélisateurs . On espère que ceci sera très efficace pour offrir une solution afin de capitaliser et de réutiliser les modèles de calcul numérique pour l'optimisation énergétique des systèmes en général, et des systèmes bâtiments en particulier. A ce titre cette approche est tout à fait complémentaire d'approches de

capitalisation comme le projet dynasimul [DYN-12] qui se sont focalisés sur les bibliothèques de modèles (donc les contenus) pour la filière bâtiment.

12. Bibliographie

- [BAL 05] Balmissé G, « Guide des outils du Knowledge management, panorama, choix et mise en œuvre », Editions Vuibert, Collection Entreprendre Informatique, Avril 2005
- [DYN-12] Projet Dynasimul, <http://dynasimul.univ-lr.fr/>
- [EFI 04] Efimova L., « Discovering the iceberg of knowledge work: A weblog case », The fourth European Conference on Organizational Knowledge, Learning, and Capabilities (OKLC'2004), available at <https://doc.telin.nl/dscgi/ds.py/Get/File-34786>
- [MOD-01] M.M. Tiller Introduction to physical modeling with Modelica, Kluwer Academic, Publishers, 2001, ISBN: 0792373677
- [GAA-11] Sana Gaaloul, Benoît Delinchant, Frédéric Wurtz, Franck Verdière, "SOFTWARE COMPONENTS FOR DYNAMIC BUILDING SIMULATION", S IBPSA 2012 - 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney : Australie (2011)
- [GRU 03] Grundstein M., "De la capitalisation des connaissances au management des connaissances dans l'entreprise, les fondamentaux du knowledge management" INT – Entreprises 3 jours pour faire le point sur le Knowledge Management, 2003
- [LEM-99] Lemoigne J.L. Les épistémologies constructivistes, J.L. Le Moigne, Collection « Que sais-je ? », PUF. ISBN 2 13 0469943 3, 1999
- [MEM 03] D., Information, Connaissances et Informatisation, Les cahiers du laboratoire Leibniz, n°87, Juin 2003 Laboratoire Leibniz-IMAG, 46 av. Félix Viallet, 38000 GRENOBLE, France - n° 87, ISSN : 1298-020X, <http://www-leibniz.imag.fr/LesCahiers/>
- [MOR 86] Morin E., "La méthode", en 4 tomes, (1. La Nature de la Nature, 2. La Vie de la Vie, 3. La Connaissance de la Connaissance, 4. Les Idées), Editions du Seuil, 1986
- [NON 97] Nonaka I., Takeuchi H., "The knowledge-Creating Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation ", Oxford University Press, 1995. Édition en langue française (traduction de Marc Ingham) : La connaissance créatrice. La dynamique de l'entreprise apprenante. De Boeck Université S.A., 1997
- [PRUD-05] Prudhomme G., Boujut J.F., Pourroy F., « Activité de conception et instrumentation de la dynamique des connaissances locales », dans Ingénierie des connaissances, édité par R. Teulier, J. Charlet, P. Tchounikine, L'Harmattan, 2005
- [WUR 03] F. Wurtz, « Statut et nature des modèles que nous utilisons en électrotechnique » Electrotechnique Du Futur (EF'2003), 8 pages, support sur CD-ROM, Supélec, Gif-sur-Yvette, 9 et 10 décembre 2003
- [WUR 08] F. Wurtz, Conceptions de la conception pour le génie électrique : de l'approche « Objets – Savoirs – Méthodes – Outils » à l'approche « Systèmes – Connaissances – Compétences - Organisations », habilitation à diriger les recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble, 3 avril 2008
- [VIN 97] – D. Vinck *Interfaces homme-machine, Connaissances et savoir-faire en entreprise*, ISBN 2-86601-627-0, Hermes, 1997
- [WIKI 12] « *Gestion des connaissances* », 2012