



Méthodologie P4LM et gestion par les processus

L'objectif de cet axe de recherche chez MICADO consiste à faire une évaluation des besoins, des méthodes et des points critiques dans une démarche de travail collaboratif comprenant la conception, la modélisation numérique et la simulation dans un contexte donneur d'ordres / sous-traitants.

Une méthodologie a été développée, basée sur la méthodologie PRO3 définie pendant ma thèse [1], [2], [3], [4], et le projet DIJA [5] [6]. Cette méthodologie, étendue à la méthodologie P4LM, permet de structurer la connaissance selon plusieurs niveaux d'abstractions (appelés en réalité environnements car chaque environnement peut lui-même avoir plusieurs niveaux d'abstractions).

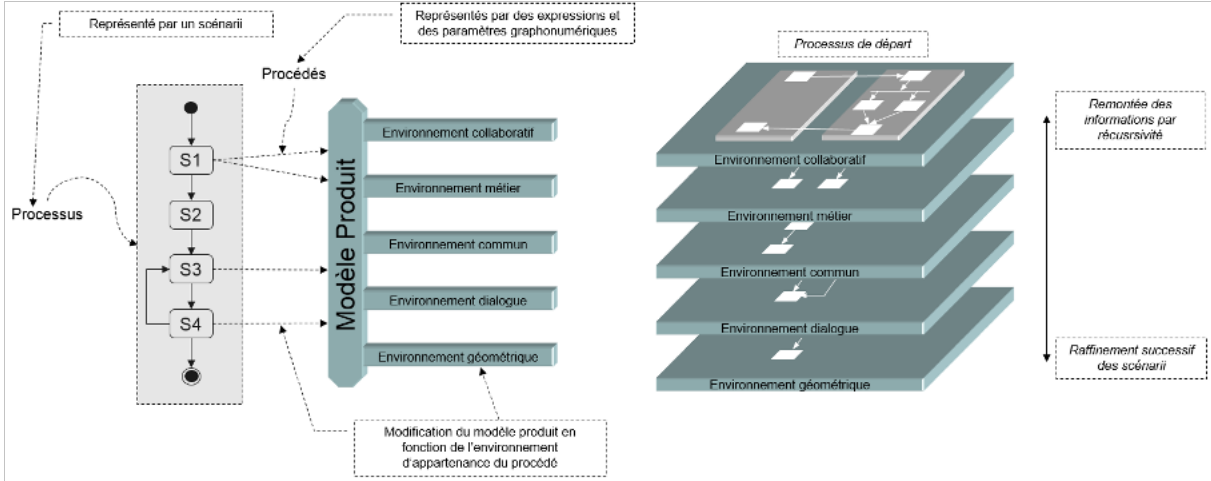


Figure 1 : méthodologie P4LM

La Figure 2 présente de manière globale l'architecture mise en place. Elle est principalement basée sur la modélisation par les processus, fondamentale dans le cadre de la mise en place d'un scénario de travail collaboratif [7] [8] [9] [10] [11] [12]. Le P4 de P4LM signifie la prise en compte des notions de **Processus**, de **Projet**, de **Procédé** et **Produit** :

- **un projet** est l'ensemble des actions à entreprendre afin de réaliser un objectif dans des délais impartis. Un projet est donc un objet temporaire impliquant des ressources humaines et matérielles définies et identifiables. Un projet contient des produits, des procédés, des processus, des intervenants, des contraintes et des connaissances.
- **un processus** représente une succession de tâches dont la mise en œuvre va contribuer à modifier le produit. Un processus peut représenter un processus de conception. Un processus est considéré comme un graphe de procédés. Il peut accepter en entrée (E) un ou plusieurs produits, et retourne en sortie un ou plusieurs produits (S). Il est éventuellement soumis à des contraintes (C), et accepte l'intervention d'intervenants qui peuvent accéder à un ensemble de connaissances (K) (voir Figure 2). Un processus est décrit par un graphe dont les nœuds sont des procédés et les arcs sont orientés et valués par une valeur normalisée (comprise entre 0 et 1) qui correspond au pourcentage de réalisation du produit (critère de qualité). Il est spécifié par des types de données d'entrée et des types de données de sortie. Si une entrée est également une sortie, il ne s'agit pas d'une entrée / sortie mais d'une production d'un nouveau produit (nouvelle version).

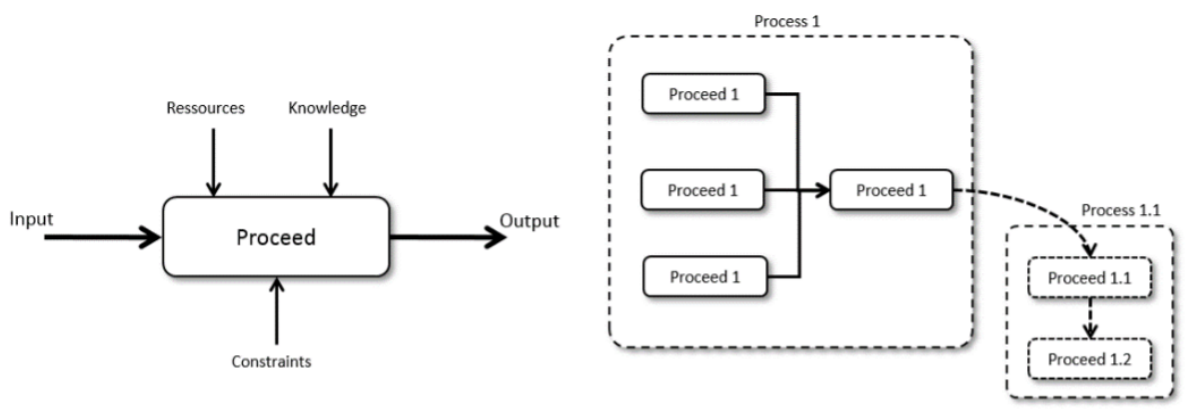


Figure 2 : processus dans P4LM

- **un procédé** représente les actions abstraites ou physiques qui vont entraîner la modification du produit. Un procédé peut représenter à un certain niveau d'abstraction un procédé de fabrication mais il peut également représenter à un niveau d'abstraction proche métier des caractéristiques de forme par exemple. Un procédé est soit un procédé de base (terminal), qui effectue l'action de transformation du produit (ou de production d'un produit), soit décrit par un processus (encapsulé, non terminal). Respectivement, un procédé est donc soit une tâche ou soit une action. Un procédé dispose d'entrées et de sorties. Il peut être contraint et dispose de certaines connaissances. Si le procédé est non terminal, il est décrit par un processus et représenté par un nom. Si le procédé est terminal, on utilisera un nom et une description. Il pourra être classifié en procédé :

- Virtuel, par exemple logiciel
- Physique, par exemple machine
- Méthodologique, par exemple visioconférence, validation, procédure ...
- **un produit** correspond à des données, spécifiées par un type de données (exemple : CdC, prototype physique, DMU, Note de calcul, ...). Un produit représente toute information permettant de caractériser le produit au sens du modèle. Le produit peut avoir une représentation différente selon son niveau d'abstraction. Par exemple, une bielle est un produit au sens physique à un niveau d'abstraction élevé mais elle va avoir une représentation topologique et géométrique à un niveau d'abstraction très bas. Un produit est spécifié par un type (virtuel ou physique). Il est décliné en différentes versions, disposant chacune d'un critère de qualité et pouvant avoir des cycles de vie indépendants. Chaque produit peut être associé à des contraintes.

L'architecture multi niveaux [4] définit une hiérarchie fonctionnelle du produit en cours de conception. Ces niveaux sont des niveaux sémantiques car ils définissent des niveaux d'abstraction de la connaissance. Il y a cinq environnements qui peuvent contenir plusieurs niveaux d'abstraction (suivant le contexte) listés ici par ordre sémantique croissant :

- un environnement géométrique qui contient les informations permettant de créer des modèles géométriques. L'objectif est de couvrir un large spectre des applications possibles des modèles géométriques comme les CSG (Constructive Solid Geometry), un BRep (Boundary Representation) ou encore un maillage par éléments finis.
- un environnement dialogue qui est relatif dans le projet DIJA aux éléments de dialogue. Dans les systèmes de CAO actuels, un utilisateur modifie le modèle CAO en agissant sur les *features* ou directement sur les faces, les points ou les courbes, ... Or un utilisateur novice peut difficilement s'approprier ce genre d'outil. C'est pour cette raison que les éléments de dialogue ont été définis pour permettre à un utilisateur novice de concevoir un modèle CAO de manière synthétique et non plus constructive. C'est une approche très intéressante notamment pour la fabrication additive.
- un environnement commun qui contient les informations communes à tous les métiers. Ce niveau dit intermédiaire permet de gérer les notions générales communes à tous les métiers. C'est par exemple à ce niveau que sont contenues les règles concernant les différents matériaux enregistrés dans le module de connaissances (loi de comportement du matériau et caractéristiques par exemple).

- un environnement métier qui permet d'associer les informations à un métier spécifique. C'est dans ce niveau que chaque règle ou scénario spécifique au domaine est enregistré.
- un environnement collaboratif qui est le niveau d'abstraction le plus élevé. Il permet de définir au départ les processus collaboratifs permettant de structurer le projet et la connaissance.

Cette méthodologie est supportée d'un point de vue logiciel par un **outil de modélisation** développé en interne basé sur une approche client serveur. Il permet de décrire une problématique par une modélisation par les processus. Chaque procédé répond à la démarche P4LM en ayant la possibilité d'associer des documents divers (images, vidéos, ...), des tableurs de calcul, et d'exécuter des programmes sur le cloud (lancement de maillages en batch Hypermesh, calculs linéaires / non linéaires sur Code-Aster, ...). Un procédé peut être associé à un outil de visualisation / analyse 3D pour des modèles 3D, des modèles éléments finis et du G-Code pour la fabrication additive. Cet outil central dans la démarche MICADO est utilisé pour le [projet CertifIngenum©](#) pour l'autoévaluation de compétences et la formation des ingénieurs en simulation numérique de tenue mécanique et technicien en fabrication additive polymère.

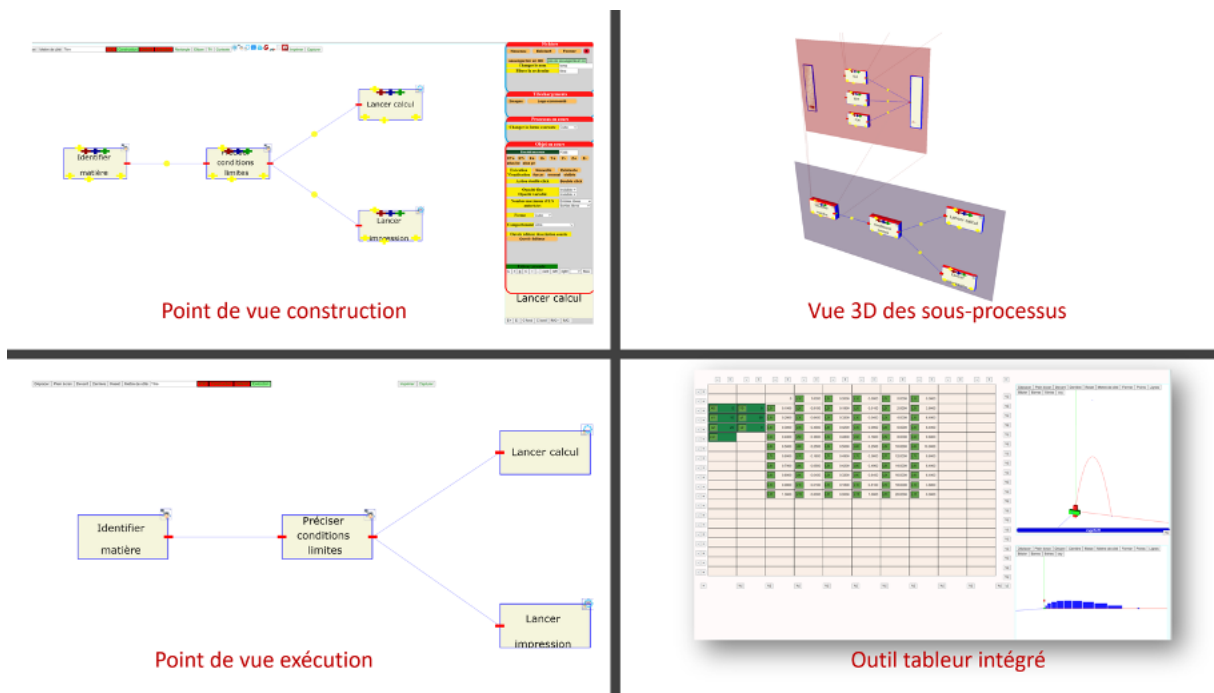


Figure 3 - Vue de l'outil de modélisation des processus développé par Micado

## Bibliographie

- 1 - (NGardan, 2003-a)** N. Gardan, « Modélisation automatique de systèmes de remplissage en fonderie moulage sable sur Internet – Automatic modelling of sand casting filling systems on the Internet », Rev. Fonderie Fondateur Drqaujournrqrhui Rubr. Rech. Res., no 229, p. 26–35, 2003.
- 2 - (NGardan, 2003-b)** N. Gardan et Y. Gardan, « An application of knowledge based modelling using scripts », Expert Syst. Appl., vol. 25, no 4, p. 555-568, 2003, doi: 10.1016/S0957-4174(03)00096-4.
- 3 - (NGardan, 2004)** N. Gardan et R. Maranzana, « Méthodologie de travail collaboratif autour de la chaîne numérique », Paris, 2004.
- 4 - (NGardan, 2005-a)** N. Gardan, « Proposition d'une méthodologie de travail collaboratif : Concepts et applications », Université de Reims Champagne-Ardenne, 2005.
- 4 - (NGardan, 2005-b)** Nicolas Gardan, Y Gardan « A methodology for co-design: concepts and applications » The 2005 International Conference on Modeling, Simulation and Visualization Methods-MSV, Las Vegas
- 5 - (Danesi & al, 2003)** F. Danesi, N. Gardan, Y. Gardan, et E. Perrin, « Synthetic Modelling System Architecture », Proc. Int. Conf. Geom. Model. Graph. GMAG03, p. 174–180, juill. 2003.
- 6 - (YGardan & al, 2002)** Y. Gardan et al., « First operational systems based on the dija project », in IASTED international conference on applied modelling and simulation (AMS 2002), 2002, p. 294–299.
- 7 - (Danesi & al, 2006)** F. Danesi, N. Gardan, et Y. Gardan, « Collaborative Design: from concept to application », Int. Conf. Geom. Model. Imaging 2006 GMAI2006, juill. 2006.
- 8 - (Danesi & al, 2008)** F. Danesi, N. Gardan, Y. Gardan, et M. Reimeringer, « P4LM: A methodology for product lifecycle management », Comput. Ind., vol. 59, no 2–3, p. 304-317, 2008, doi: 10.1016/j.compind.2007.06.013.
- 9 - (Danesi & al, 2012-a)** F. Danesi, N. Gardan, et E. Kwassi, « Knowledge Based Engineering Optimization and Interoperability: An Automotive Case-Study », Appl. Mech. Mater., vol. 232, p. 823–827, 2012.

**10 - (Danesi & al, 2012-b)** F. Danesi, N. Gardan, E. Kwassi, et M. Reimeringer, « Design Process Automation and Optimization using industrial knowledge based Simulation and Design », in 23rd IASTED International Conference on Modelling and Simulation, Banff, Canada, 2012, vol. 232, p. 823–827.

**11 - (NGardan & al, 2003-c)** N. Gardan et Y. Gardan, « A web-based system using trade knowledge », in Geometric Modeling and Graphics, 2003. Proceedings. 2003 International Conference on, Londres, 2003, p. 22–27.

**12 - (NGardan & al, 2003-d)** N. Gardan, « Une méthodologie de travail collaboratif donneur d'ordre/sous-traitant », Rev. Int. CFAO Inform. Graph., vol. 18, no 4, p. 467–484, 2003.