



**HAL**  
open science

## Méthodologie d'exploitation d'un modèle produit-processus en réponse à appel d'offres

Delphine Guillon, Christophe Merlo, Eric Villeneuve, Élise Vareilles, Michel  
Aldanondo

► **To cite this version:**

Delphine Guillon, Christophe Merlo, Eric Villeneuve, Élise Vareilles, Michel Aldanondo. Méthodologie d'exploitation d'un modèle produit-processus en réponse à appel d'offres. CIGI QUALITA 2019 - 13th International Conference CIGI QUALITA, Jun 2019, Montréal, Québec, Canada. hal-02268572

**HAL Id: hal-02268572**

**<https://hal.science/hal-02268572>**

Submitted on 21 Aug 2019

**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.

# CIGI QUALITA 2019

## Méthodologie d'exploitation d'un modèle produit-processus en réponse à appel d'offres

DELPHINE GUILLON<sup>1,2</sup>, CHRISTOPHE MERLO<sup>3</sup>, ÉRIC VILLENEUVE<sup>1</sup>, ÉLISE VAREILLES<sup>2</sup>, MICHEL ALDANONDO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univ. Bordeaux, ESTIA Institute of Technology, F-64210 Bidart, France  
{d.guillon, e.villeneuve}@estia.fr

<sup>2</sup> Centre Génie Industriel, Université de Toulouse, IMT Mines Albi, France  
{elise.vareilles, michel.aldanondo}@mines-albi.fr

<sup>3</sup> Univ. Bordeaux, ESTIA Institute of Technology, IMS, UMR 5218, F-64210 Bidart, France  
c.merlo@estia.fr

---

**Résumé** - En réponse à appel d'offres, l'élaboration d'une solution technique, le chiffrage des livrables et l'estimation d'un délai de livraison sont essentiels. Dans un contexte concurrentiel accru où les clients expriment un fort besoin de personnalisation et de délais courts, les entreprises soumissionnaires ont besoin d'outils et méthodes de conception pour rester compétitives. Le projet ANR OPERA propose d'outiller ces entreprises soumissionnaires pour les aider lors de l'élaboration d'offres. Nos travaux portent sur la mise en œuvre d'un modèle générique d'offre produit-processus à l'aide à la fois de techniques pour la résolution de problèmes de satisfaction de contraintes et pour le retour d'expériences. Cet article présente ensuite une méthodologie d'exploitation de ce modèle, décomposée en cinq phases : Initialisation, Spécialisation, Implémentation, Exploitation et Maintien et actualisation. La phase d'Initialisation permet de démarrer le déploiement de cet outillage modèle/méthode dans l'entreprise. La phase de Spécialisation explique comment passer du modèle générique au modèle spécifique de l'entreprise. Le modèle est implémenté dans l'entreprise via la phase d'Implémentation. La phase d'Exploitation explique comment utiliser le modèle pour élaborer une offre, et la phase Maintien et actualisation concerne la mise à jour du modèle. Un cas d'étude tiré du projet OPERA est présenté.

**Abstract** - In response to calls for tenders, the development of a technical solution, the quantification of deliverables and the evaluation of a delivery time are essential. In an increasingly competitive environment where customers express a strong need for customization and short lead times, bidding companies need design tools and methods to stay competitive. The ANR OPERA project proposes to equip such bidding companies to help them in developing offers. Our work focused on the application of a generic product-process offer model using techniques for both constraint satisfaction problems resolution and experience feedback. This paper presents then a methodology for exploiting this model, decomposed into five phases: Initialization, Specialization, Implementation, Exploitation and Maintenance and updating. The Initialization phase is used to start the deployment of the model and method in the company. The Specialization phase explains how to adapt the generic model to a specific model for the company. The model is implemented into the company through the Implementation phase. The Exploitation phase explains how to use the model to build an offer, and the Maintenance and updating phase concerns the evolution of the model. A case study from the OPERA project is presented.

**Mots clés** - Aide à la décision, Gestion des connaissances, Méthodologie de déploiement, Réponse à appel d'offres.

**Keywords** - Product-process offer model, Knowledge management, Implementation methodology, Bidding process.

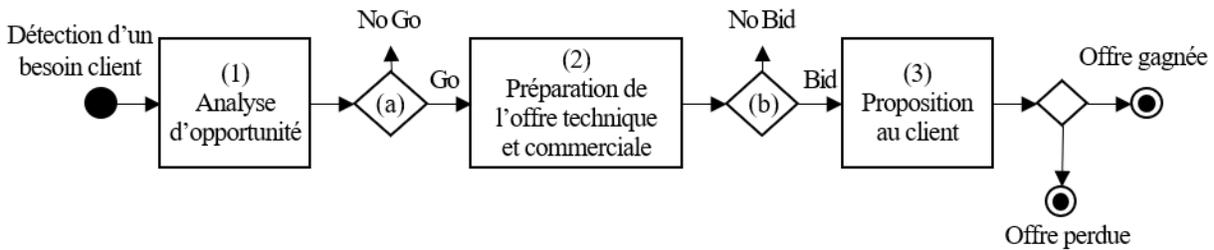
---

### 1 INTRODUCTION

La conception en relation client-fournisseur est un défi important de l'ingénierie industrielle. Selon Petersen et al. (2005), la relation entre client et fournisseur peut être décrite selon trois niveaux différents : assistance au client (zone blanche), développement collaboratif (zone grise) ou sous-traitance de l'ensemble du produit (boîte noire). Dans cette dernière approche, le fournisseur est responsable du développement du produit et doit satisfaire aux exigences fournies par le client. Nos travaux concernent cette dernière situation. Le client peut alors choisir de passer par un processus de réponse à appel d'offres (Figure 1).

En réponse à appel d'offres, les fournisseurs potentiels sont informés du besoin client via la réception d'un cahier des charges. Suite à une analyse d'opportunité (Chalal & Ghomari, 2006), le client décide de répondre ou non à l'appel d'offres (Go/ no go). Dans le cas positif, une offre est élaborée. Le soumissionnaire peut éventuellement décider de ne pas transmettre cette offre au client par manque de temps ou pour causes de problèmes techniques (Bid/ no bid). Enfin, la proposition est envoyée au client, qui transmet ensuite sa décision au soumissionnaire.

Notre travail concerne l'activité d'élaboration de l'offre. Le travail porte essentiellement sur l'élaboration de la solution technique, le chiffrage des livrables et l'estimation d'un délai de livraison.



**Figure 1. Le processus de réponse à appel d'offres, adapté de (Chalal et Ghomari, 2006)**

Une offre est donc composée d'une solution technique et du processus de réalisation associé (approvisionnement, fabrication, tests et livraison) (Sylla et al., 2017).

L'élaboration d'une offre est un processus itératif, au cours duquel plusieurs versions de l'offre sont échangées avec le client potentiel. Cela peut avoir plusieurs raisons : soit le coût ou la date de livraison proposés ne correspondent pas aux attentes client, soit les risques sont trop élevés pour le soumissionnaire et doivent être réduits, ou encore les spécifications ont changé en raison de la réorientation du client.

Dans un contexte industriel riche où les concurrents sont nombreux (marchés internationaux) et les clients exigeants (fort besoin de personnalisation, délais courts), les entreprises soumissionnaires se doivent de développer de nouveaux outils et méthodes de conception pour rester compétitives. En effet, les offres soumises doivent être à la fois conformes aux exigences client, attractives et réalisables, en termes de solution technique, coût et délai.

Le besoin de personnalisation émanant des clients potentiels conduit à une augmentation de la diversité des produits et options proposés. L'élaboration d'une offre en adaptant des produits existants aux nouvelles exigences client devient donc particulièrement critique. La grande majorité d'une offre est construite en réutilisant des éléments connus et déjà utilisés par le passé. Seule une partie mineure d'une offre nécessite un travail d'ingénierie pour concevoir de nouveaux éléments. L'élaboration d'une offre correspond donc majoritairement à une situation de conception routinière (Chandrasekaran, 1990), voire même de configuration. En effet, le soumissionnaire doit alors choisir, parmi un ensemble de composants connus, caractérisés et chiffrés, ceux qui correspondent aux besoins du client (Mittal et Frayman, 1989).

Ainsi, notre travail se concentre sur les activités d'élaboration d'une offre afin de proposer des modèles et des outils qui soutiendront le processus d'appel d'offres pour un soumissionnaire. Le projet OPERA<sup>1</sup> vise à outiller la réponse à appel d'offres, en permettant aux soumissionnaires de (1) formaliser et propager la connaissance des experts et (2) réutiliser facilement les cas passés pertinents.

Dans cet article, le modèle d'offre OPERA centré produit, déjà détaillé dans Guillon et al. (2017), est décrit, puis une méthodologie pour implanter et exploiter un tel modèle dans une entreprise donnée est proposé.

Cet article est structuré de la façon suivante. La section 2 présente une revue de littérature sur la modélisation produit-processus et les méthodologies de déploiement. La section 3 introduit le modèle produit-processus que cet article vise à implémenter en entreprise. La section 4 présente la méthodologie d'exploitation du modèle proposée, et est suivie d'un cas d'étude dans la section 5. Enfin, une discussion mettant en avant les perspectives de recherche conclut cet article dans la section 6.

## 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Nous avons vu qu'une offre est composée d'une solution technique (un produit) et son processus de réalisation. Cette section est donc consacrée à une brève revue de la littérature sur la modélisation de produit et de processus. Une deuxième sous-section introduit quelques méthodologies de déploiement de solutions.

### 2.1 La modélisation produit-processus

Plusieurs modèles de produit et modèles de processus ont été proposés dans la littérature. Certains auteurs montrent que les modèles intégrés devraient permettre de capturer et de réutiliser les connaissances (Abramovici et Chasiotis, 2002), mais également de soutenir la prise de décision en matière de choix de conception (Merlo et Girard, 2004), en utilisant parfois des approches issues de l'intelligence artificielle (Klein, 2000).

#### 2.1.1 La modélisation produit

Les modèles de produits peuvent être classés en fonction de l'objectif du modèle. Par exemple, Eckert et al. (2017) distingue les modèles de visualisation de produit, de définition de produit, d'évaluation de produit ou de gestion du cycle de vie du produit. Au cours du processus de réponse à appel d'offres, le soumissionnaire doit élaborer le produit à proposer. Les dimensions de visualisation, d'évaluation ou de cycle de vie ne sont pas donc utiles à ce stade. De nombreux modèles de définition de produit sont proposés, tels que ISF (Ahmad et al., 2013) ou des modèles basés sur les concepts Fonctions - Comportement - Structure (FBS) (Gero et Kannengiesser, 2014 ; Bernard et al., 2006). La plupart d'entre eux proposent dans leur modèle de définir des composants et des paramètres en tant que dimension structurelle du produit.

#### 2.1.2 La modélisation processus

De nombreux modèles de processus ont également été proposés, soit à des fins de pilotage de processus, soit dans un but plus spécialisé. Ce sont par exemple des modèles intégrés combinant la modélisation de processus à une autre dimension, comme la définition du produit.

<sup>1</sup> <https://research-gi.mines-albi.fr/display/OPERA/Welcome>

Dans la première catégorie, les modèles proposés sont généralement utilisés pour décrire des processus métiers d'une entreprise tels que BMPN ou SADT ou pour des activités de planification (avec des finalités tels que le PERT, ou le GANTT). Ces modèles partagent des concepts génériques tels que les activités et leurs paramètres (principalement la date de début, la date de fin, la durée, les entrées / sorties, les ressources) et les liens séquentiels entre les activités avec ou sans objectif chronologique. Ces concepts sont utiles pour décrire le processus qui sera mis en œuvre par le soumissionnaire si l'offre est acceptée.

Dans la deuxième catégorie, nous pouvons noter le modèle produit-processus-organisation (Roucoules et al., 2006 ; Robin et al., 2010) qui propose d'associer des états de modèle de produit en tant qu'entrée et sortie des activités de conception, ou le système d'historique de conception (Shah et al., 1996) disponible pour les relations et les configurations d'assemblage. Ici aussi, les principaux concepts de la description du processus de conception sont basés sur des activités liées. Néanmoins, l'intérêt de coupler la modélisation de produit à la modélisation de processus de conception n'est pas une priorité dans le cas de la réponse à appel d'offres. En effet, la première conception n'est alors qu'une conception préliminaire de l'offre, réalisée dans un délai bref, et ne détaillant que rarement les caractéristiques complètes du produit, puisque l'objectif est de définir les principaux éléments du produit et leur chiffrage. En outre, en appel d'offres, il s'agit de représenter non pas le processus de conception, mais le processus de réalisation si l'offre est acceptée pour pouvoir le chiffrer également. Nous en concluons que la modélisation de produit et de processus au cours d'un processus de réponse à appel d'offres est basée sur les principales composantes structurelles du produit et du processus (de réalisation), sans intégration entre les deux modèles.

## 2.2 L'exploitation des modèles produit-processus

La modélisation des connaissances nécessite également de s'intéresser à la manière dont les connaissances sont exploitées. Notre travail de recherche vise à aider les soumissionnaires à automatiser l'élaboration d'offres en leur fournissant des outils et méthode d'aide à la décision. Différentes techniques existantes peuvent être utilisées. Les approches d'ingénierie des connaissances visent à identifier et formaliser les connaissances des experts afin de mettre en œuvre un outil d'aide à la décision.

Les problèmes de satisfaction des contraintes (CSP), définis par Montanari (1974), sont très souvent utilisés dans les problèmes de configuration pour la modélisation des connaissances et l'aide à la décision (Felfernig et al., 2014). De nombreux articles traitent de la configuration de produits, et de la configuration concurrente de produits et du processus de réalisation associé (Aldanondo et Vareilles 2008, Sylla et al. 2017).

Une autre approche intéressante pour aider les fournisseurs consiste à envisager la réutilisation de l'expérience, principalement en utilisant des systèmes de raisonnement par cas (Bandini and Manzoni, 2000). Les deux types d'approches sont complémentaires et peuvent être appliqués pour améliorer l'élaboration d'offre par les soumissionnaires.

Nous proposons dans la section suivante un modèle générique d'offre produit-processus et présentons la façon dont nous allons l'exploiter pour construire un outil d'aide à la décision.

## 2.3 Les méthodologies de déploiement

De nombreuses méthodologies de déploiement en entreprise d'outils d'amélioration et d'aide à la décision existent. Ces outils peuvent concerner le déploiement d'une solution logicielle, tel qu'un système PLM (Product Lifecycle Management - Gestion du cycle de vie Produit) (Plo et al. 2017) ; l'accompagnement au déploiement d'outils d'amélioration, tel que le déploiement d'une démarche qualité (Duffaure et al. 2017) ou encore le déploiement d'un système à base de connaissances, dans le cadre d'une démarche globale de capitalisation (Zacklad and Grundstein, 2001).

Dans le domaine des systèmes d'information, la méthode MERISE (Tardieu et al. 1984) est une méthode de développement de projets informatiques de gestion. Elle décrit la connaissance nécessaire à l'étude d'un système informatique sous forme de trois découpages : communication (flux d'informations), traitement (tâches à effectuer) et données (informations à mémoriser). Cette méthode est détaillée sur 4 niveaux (conceptuel, organisationnel, logique et physique), qui sont étudiés les uns après les autres. La méthode MERISE est de plus en plus souvent combinée avec la méthodologie UML afin de bénéficier de ses avantages notamment pour la modélisation de systèmes d'information distribués et/ou collaboratifs et de son utilisation très répandue dans la conception de projets informatiques industriels (Arab et al., 2018 ; Samuel et Shukla, 2018).

Dans le domaine de la modélisation d'entreprise et de la réingénierie des processus métiers, la méthode GRAI (Doumeingts 1984) propose une modélisation basée sur la décomposition suivante : la modélisation du système décisionnel, la modélisation du système opérant, et la modélisation du système d'information. La méthodologie GRAI Ingénierie (Merlo et Girard 2004) a enrichi ces travaux en proposant une modélisation du système opérant par les processus de conception et du système d'information par un processus centré sur UML (Eynard et al. 2006). Marif et al. (2017) proposent une méthodologie de conception d'un système d'indicateurs de performance cohérent (SIPCo) s'appuyant de même sur la modélisation du système décisionnel et la modélisation du système d'information par UML.

Alors que la méthode MERISE s'intéresse principalement au développement d'un système d'information, les méthodes comme GRAI ou CIMOSA (Kosanke 1999) prennent en compte également l'évolution des processus métier. Ces deux méthodes, ainsi que la plupart des démarches utilisées par des cabinets de consultants ou des sociétés informatiques (Merlo et al. 2014), contiennent des étapes essentielles :

- la définition du périmètre concerné ;
- l'étude et l'analyse de l'existant, portant a minima sur les processus métiers et les activités ;
- la réalisation d'un diagnostic portant sur les points forts et les points à améliorer de l'organisation (structure, processus, activités, parfois prise de décision) ;
- la proposition de solutions techniques, ce qui inclut la comparaison de plusieurs solutions possibles, le choix de l'une d'entre elles, et la caractérisation des fonctions « standard » et des fonctions à personnaliser, voire à développer ;

- l'étude des impacts sur les processus métiers et les activités quotidiennes des acteurs de ces solutions en vue de préparer les acteurs aux changements ;
- la proposition d'un plan d'action visant à déployer ces solutions progressivement, et prévoyant parfois un accompagnement au changement.

Les méthodologies de déploiement existantes sont donc nombreuses, chacune ayant ses spécificités et étant adaptée à son domaine d'application. Nous nous inspirerons des étapes récurrentes que nous avons identifiées pour élaborer notre méthodologie.

### 3 MODÈLE D'OFFRE PRODUIT-PROCESSUS

Cette section introduit le modèle d'offre produit-processus développé dans le cadre du projet OPERA (Guillon et al. 2017). Lors de l'élaboration d'une offre, le soumissionnaire identifie et formalise les éléments suivants (Figure 2) :

- (1) le contexte de l'offre,
- (2) les exigences du client,
- (3) le produit,
- (4) le processus de réalisation et les risques associés.

#### 3.1 Contexte de l'offre

Le contexte de l'offre influe sur la solution technique proposée, le processus de réalisation associé, ainsi que les risques pouvant survenir lors de la réalisation de l'affaire. Certaines informations sur ce contexte seront donc formalisées. Elles caractérisent

- le client : par exemple, le soumissionnaire a-t-il déjà travaillé avec ce client ? Est-ce un nouveau client stratégique ?
- l'affaire : par exemple, est-ce un marché public ou privé ? Y a-t-il des pénalités de retard ?
- le soumissionnaire : par exemple, a-t-il un carnet de commande rempli ? l'atelier est-il chargé ?
- l'environnement extérieur : par exemple, est-ce qu'un concurrent important est présent sur le marché ?

#### 3.2 Exigences du client

Un ensemble de variables permet de lister les exigences clefs du client. Les fonctions de la solution technique attendue peuvent être formalisées par ce moyen.

#### 3.3 Solution technique

La description de la solution technique est la partie clef du modèle. En effet, le soumissionnaire cherche principalement à chiffrer le produit, d'où la définition d'une nomenclature, où les coûts liés aux matières premières et aux composants sont importants. De plus, les choix techniques faits sur les composants pourront intéresser le client.

#### 3.4 Processus de réalisation

Nous avons vu qu'en réponse à appel d'offre, il est intéressant pour le soumissionnaire de modéliser le processus de réalisation associé au produit en cas de gain de l'affaire. Le processus n'est pas défini de façon très détaillée, l'objectif étant d'identifier les activités clefs pour

- évaluer les coûts liés au processus,
- fournir une date de livraison pertinente,
- et identifier les risques clefs pouvant survenir lors de la réalisation du projet (dans le cas d'une offre acceptée par le client).

Les coûts des ressources (humaines ou matérielles) employées sur le processus de réalisation sont ainsi pris en compte. Les achats et coûts liés à un déplacement ou à une provision pour risques sont également comptabilisés. La date de livraison proposée au client est également plus sûre et moins risquée.

#### 3.5 Indicateurs

Des indicateurs de performance (KPI – *Key Performance Indicators*) permettent d'évaluer une offre et de comparer plusieurs offres. Ils caractérisent d'une part la solution technique, et d'autre part le processus de réalisation. Il peut s'agir d'indicateurs financiers (coût, prix, marge), d'indicateurs de délai, de charge et/ou de durée, mais aussi d'indicateurs de confiance (Sylla et al., 2017).

#### 3.6 Exploitation du modèle

Ce modèle générique d'offres produit-processus sera exploité selon deux approches. D'une part, étant donné que l'élaboration de l'offre est très proche de la configuration, nous utiliserons une approche de type problèmes de satisfaction de contraintes (CSP) pour formaliser la connaissance des experts. Par exemple, l'expert pourra spécifier, en utilisant une contrainte, que lorsque le moteur K est sélectionné alors il faut obligatoirement lui associer le variateur Y.

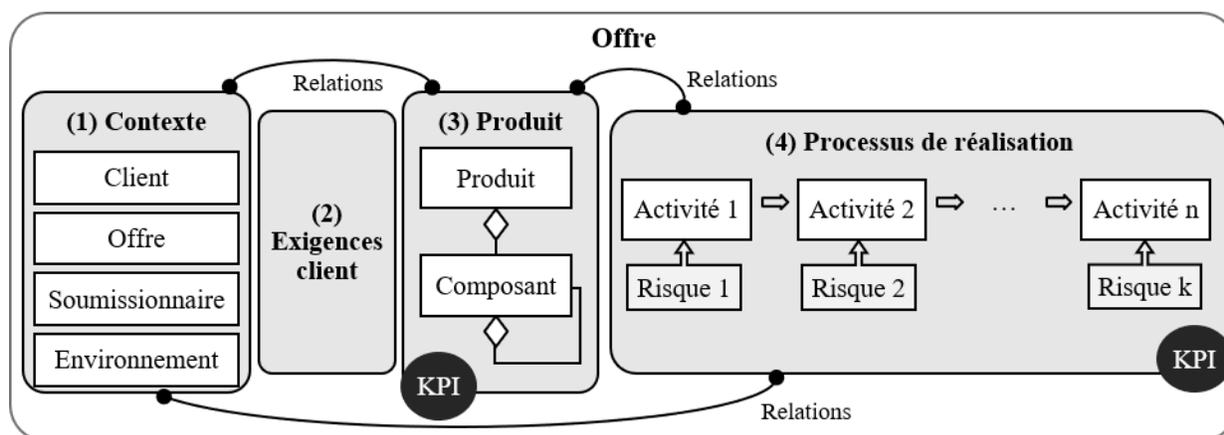


Figure 2. Modèle générique d'offre produit-processus

D'autre part, pour permettre aux entreprises de réutiliser les connaissances des expériences passées sur des cas similaires, une base de cas passés sera utilisée. Par exemple, si l'utilisateur doit faire une offre pour une voiture de sport rouge, il pourra rechercher des cas passés similaires dans la base de cas pour en extraire toutes les offres faites par son entreprise concernant des voitures de sport ou des voitures rouges pour les réutiliser afin de résoudre son problème.

En combinant ces deux approches complémentaires, l'élaboration d'offre est facilitée, plus rapide et pertinente. Cet outil d'aide à la décision devrait aider le fournisseur à établir différentes offres sur les mêmes spécifications, à les comparer en fonction de critères pertinents (prix de vente ou date d'échéance, par exemple) et à choisir celle qui convient le mieux aux besoins du client et aux capacités de l'entreprise. Le détail de ces deux approches fera l'objet d'une publication ultérieure.

#### 4 MÉTHODOLOGIE D'IMPLANTATION ET D'EXPLOITATION DU MODÈLE D'OFFRE PRODUIT-PROCESSUS

Nous proposons une méthodologie d'implantation et d'exploitation du modèle d'offre produit-processus présenté dans la section précédente. Cette méthodologie est composée de 5 phases (Figure 3) :

- [Phase 1] Initialisation
- [Phase 2] Spécialisation
- [Phase 3] Implémentation
- [Phase 4] Exploitation

- [Phase 5] Maintien et actualisation
- Cette section détaille chacune des phases de cette méthodologie.

##### 4.1 [Phase 1] Initialisation

Cette première phase permet d'identifier les interlocuteurs au sein de l'entreprise, de comprendre les attentes et le fonctionnement de l'entreprise, et enfin de définir un périmètre d'étude et de proposer un planning de déploiement de l'outil logiciel OPERA. Cette phase d'Initialisation se décompose en trois étapes successives.

##### 4.1.1 Identification des acteurs

Cette première étape a pour objectif d'identifier les acteurs qui interviendront tout au long du déploiement de la méthodologie : quels sont les experts à interviewer, quels sont les futurs utilisateurs à former, qui seront les interlocuteurs privilégiés, etc.

##### 4.1.2 Analyse de l'existant

Cette deuxième étape a pour objectif de formaliser la situation existante « As-Is » :

- Qu'est-ce qu'une offre pour l'entreprise ?
- Quels sont les principaux indicateurs de performance de la réponse à appel d'offres ? Par exemple, combien de personnes sont impliquées dans l'élaboration d'une offre ? Quelles sont leurs compétences ? Quel est le délai entre la réception d'un appel d'offres et l'envoi d'une proposition ? Combien d'itérations sont nécessaires pour parvenir à l'offre finale qui sera envoyée au client ?

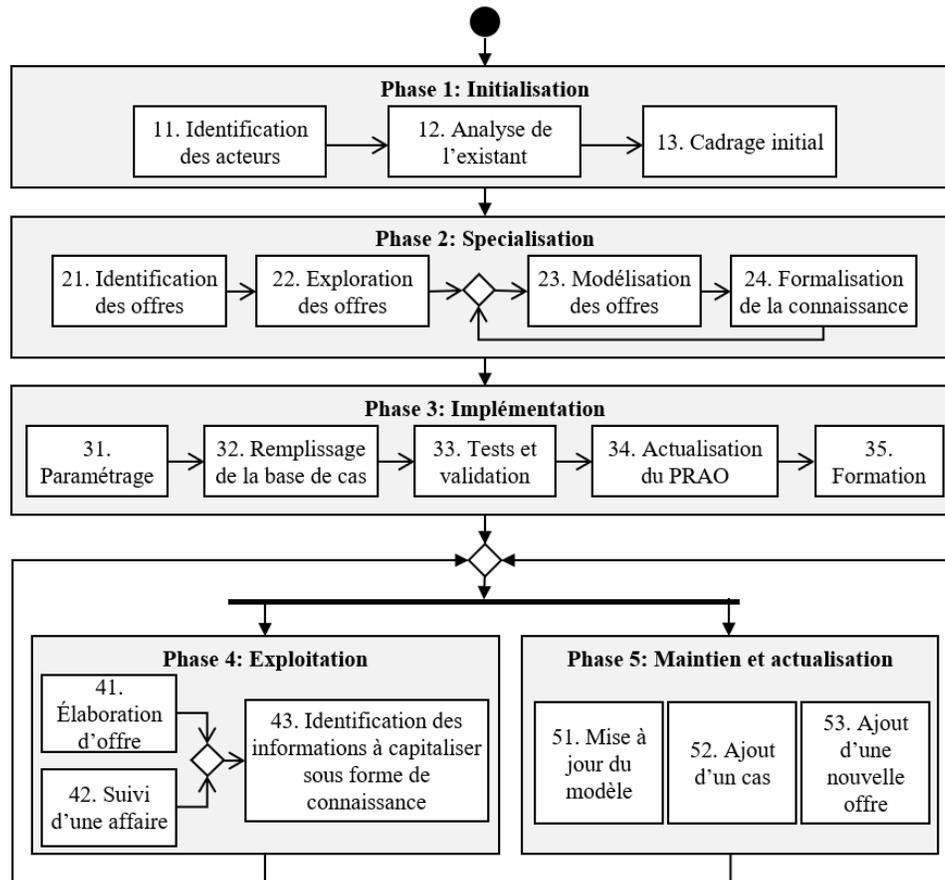


Figure 3. Méthodologie d'implantation et d'exploitation du modèle d'offre produit-processus

#### 4.1.3 Cadrage initial

Cette troisième étape a pour objectif la validation des attentes de l'entreprise et la définition des moyens et du planning :

- Quelles sont les attentes des personnes impliquées ? Correspondent-elles aux améliorations liées au déploiement du logiciel OPERA ?
- Quel est le périmètre de travail ? Quels types d'offres sont considérés ?
- Quels moyens sont mis à disposition ? Quel planning prévisionnel mettre en place ?

#### 4.2 [Phase 2] Spécialisation

L'objectif de cette seconde phase est de formaliser la connaissance des experts de l'entreprise. Cette phase de *Spécialisation* décrit comment passer du modèle générique d'offre présenté précédemment (Figure 2) à un modèle spécifique à une entreprise. Cette phase se décompose en quatre étapes successives. Une boucle de retour montre que la construction du modèle se fait de façon itérative.

##### 4.2.1 Identification des offres

En fonction du périmètre de travail défini précédemment, les concepts d'offres sont identifiés. Ces concepts, qui portent la connaissance identifiée par la suite, permettent la création d'une ontologie. D'autre part, d'éventuelles restrictions sur le modèle générique, valables pour toutes les offres de l'entreprise, sont identifiées. En effet, le modèle générique permet de faire beaucoup de choses, mais peut sembler compliqué d'utilisation pour les employés. Par exemple, un nombre maximal de niveaux de décomposition sur la nomenclature pourra être défini.

##### 4.2.2 Exploration des offres

Cette étape a pour objectif la compréhension de l'objet à modéliser. Cette étape est centrée sur l'expert de l'entreprise. Pour rassembler le plus d'informations, nous utiliserons un vocabulaire compréhensible par l'ensemble des acteurs. C'est une étape itérative, où les 4 activités qui la composent peuvent être réalisées plusieurs fois afin de viser l'exhaustivité des informations recueillies. Ces activités sont les suivantes :

1. Identification du contexte, du produit, du processus de réalisation et de leurs attributs descriptifs,
2. Description des règles métier,
3. Exploration des risques,
4. Validation de l'offre.

##### 4.2.3 Modélisation des offres

Cette étape a pour objectif la modélisation des offres. Les variables sont déduites des informations collectées à l'étape précédente. Pour le CSP, les domaines de définition des variables et les structures des contraintes sont également identifiées. Pour le raisonnement à partir de cas, la structure de la base de cas est identifiée.

##### 4.2.4 Formalisation de la connaissance

Cette dernière étape permet la finalisation du modèle. Les règles métiers collectées à l'étape 22 sont formalisées sous forme de contraintes pour le CSP. Les cas passés intéressants sont identifiés et formalisés.

À la fin de cette phase d'*Exploration*, le modèle générique d'offre a été traduit en modèle d'offre spécifique pour une entreprise donnée.

#### 4.3 [Phase 3] Implémentation

Cette troisième phase a pour objectif l'implémentation du modèle spécifique à une entreprise dans le logiciel OPERA. Cette phase d'*Implémentation* se décompose en cinq étapes successives.

##### 4.3.1 Paramétrage

Cette première étape de déploiement du logiciel permet la configuration des paramètres pour implémenter le modèle spécifique et définit la structure de la base de cas passés.

##### 4.3.2 Remplissage de la base de cas

La base de cas est complétée informatiquement des cas passés tels que formalisés à l'étape 24.

##### 4.3.3 Tests et validation

Le logiciel est testé sur des cas pré établis, et les sorties sont comparées avec les résultats de ces cas préétablis.

##### 4.3.4 Actualisation du PRAO

Suite aux premières utilisations du logiciel, le processus de réponse à appel d'offre est actualisé : les nouvelles pratiques liées au logiciel sont ajoutées, et le nouveau processus est formalisé, par exemple en langage BPMN, pour pouvoir être appliqué par les personnes en charge de générer des offres.

##### 4.3.5 Formation

Lors de cette étape, une formation adaptée aux spécificités de chaque rôle utilisateur est dispensée. Par exemple, experts techniques et agents commerciaux reçoivent des formations différentes, adaptées à leurs utilisations respectives du logiciel, et conformes au nouveau processus de réponse à appel d'offres.

Une fois ces 3 phases terminées, l'entreprise est prête à exploiter le modèle pour élaborer de nouvelles offres. Les phases 4 et 5 détaillent donc l'utilisation d'un tel modèle spécifique instancié.

#### 4.4 [Phase 4] Exploitation

Cette quatrième phase détaille l'utilisation du modèle spécifique implémenté. Cette phase d'*Exploitation* se décompose en trois étapes. Les étapes d'*Élaboration d'offre* et de *Suivi d'une affaire* peuvent se dérouler en parallèle, de façon indépendante. Suite à l'une ou l'autre de ces deux étapes, l'étape d'*Identification des informations à capitaliser sous forme de connaissance* peut être effectuée.

##### 4.4.1 Élaboration d'offre

Cette étape décrit comment élaborer une offre en utilisant le modèle spécifique à une entreprise, pour un appel d'offre donné. En fonction du besoin et de la similitude avec des cas passés, le modèle spécifique est instancié et / ou adapté d'un cas passé pour élaborer l'offre en cours.

##### 4.4.2 Suivi d'une affaire

Lorsqu'une offre est acceptée par le client, elle se transforme en affaire. Cette étape permet de faire le suivi d'une telle affaire, c'est-à-dire de comparer le prévisionnel et le réel : les composants réellement choisis, les coûts finaux et les délais effectifs sont ainsi capitalisés.

##### 4.4.3 Identification des informations à capitaliser sous forme de connaissance

Lors de l'élaboration d'une offre ou du suivi d'une affaire, l'utilisateur peut décider que certaines informations seraient pertinentes afin d'être capitalisées sous forme de connaissance. Ces informations sont alors identifiées par l'utilisateur. Il peut

s'agir par exemple d'une nouvelle variable descriptive d'un élément constitutif de l'offre, de l'ajout d'une valeur dans un domaine de définition, mais aussi de l'ajout d'un nouveau cas passé jugé pertinent. L'expert pourra ensuite valider ou non ces demandes de capitalisation (étape 51).

#### 4.5 [Phase 5] Maintenance et actualisation

Cette cinquième et dernière phase peut se dérouler en parallèle de la phase 4 d'Exploitation et permet l'actualisation du modèle. Cette phase de Maintenance et actualisation se décompose en trois étapes distinctes pouvant se dérouler indépendamment les unes des autres, en parallèle si besoin, en fonction des besoins d'actualisation.

##### 4.5.1 Mise à jour du modèle

L'expert peut valider (ou non) les informations identifiées par les utilisateurs lors de l'étape 43. En cas d'acceptation par l'expert, le modèle est actualisé. Lui seul a la possibilité de modifier le modèle spécifique à l'entreprise.

##### 4.5.2 Ajout d'un cas

L'expert peut valider (ou non) l'ajout d'un cas passé jugé pertinent par l'utilisateur à l'étape 43. En cas d'acceptation par l'expert, le cas est ajouté à la base de cas.

##### 4.5.3 Ajout d'une nouvelle famille d'offres

L'expert peut enfin décider d'ajouter toute une nouvelle famille d'offre à l'outil logiciel OPERA. L'ensemble de la phase 2 de Spécialisation est alors re-déployée.

Ainsi, la méthodologie d'implantation et d'exploitation du modèle d'offre produit permet de couvrir l'ensemble des étapes nécessaires à la bonne utilisation du modèle d'offre produit-processus par une entreprise industrielle.

## 5 CAS D'ÉTUDE : APPLICATION À UNE GRUE

L'applicabilité de la méthodologie proposée précédemment est montrée au travers d'un exemple tiré du travail effectué dans le cadre du projet OPERA. Pour des raisons de confidentialité, cet exemple a été simplifié. Nous avons travaillé avec un bureau d'étude de 6 personnes, répondant à des appels d'offres pour des engins de levage portuaires, sur des marchés publics ou privés. Cette entreprise travaille uniquement sur la partie électrique, et collabore avec un partenaire pour la partie mécanique des grues. Cette section présente donc le cas d'étude issu du travail avec cette entreprise. La méthodologie proposée est déroulée pour montrer sa faisabilité.

### 5.1 [Phase 1] Initialisation

#### 5.1.1 Identification des acteurs

Deux rôles ont été identifiés : un expert, et plusieurs utilisateurs techniques. L'expert (responsable commercial), et un des utilisateurs (chargée des relations internationales) ont été impliqués tout au long du déploiement de la méthodologie et ont été nos principaux interlocuteurs.

#### 5.1.2 Analyse de l'existant

L'entreprise, qui soumet environ 200 devis par an, répond à une dizaine d'appels d'offres par an, pour des engins de levage portuaire neufs, sur des marchés publics ou privés.

### 5.1.3 Cadrage initial

Une première réunion a été menée pour comprendre les attentes de l'entreprise. Son objectif était d'améliorer son taux de réussite (1) en réduisant le temps de réponse à un appel d'offres, et donc en répondant à plus d'appels d'offres, mais aussi (2) en élaborant des offres plus pertinentes en utilisant la connaissance de l'expert.

### 5.2 [Phase 2] Spécialisation

#### 5.2.1 Identification des offres

En raison des spécificités des offres proposées par l'entreprise, et dans un souci d'utilisabilité par les employés, un certain nombre de restrictions sur le modèle générique ont été mises en place. Ainsi, le processus de réalisation sera « en série » et la nomenclature de la solution technique sera limitée à 3 niveaux de décomposition. D'autre part, l'arbre des concepts d'offre a été identifié (Figure 4).

#### 5.2.2 Exploration des offres

Suite à la première réunion de cadrage initial, cinq réunions d'une demie journée, réparties sur les 6 premiers mois du projet ont été organisées. Ces rencontres ont permis de rassembler toutes les informations nécessaires à l'élaboration du modèle proposé à l'étape suivante. Deux cas passés réalisés ont également été identifiés.

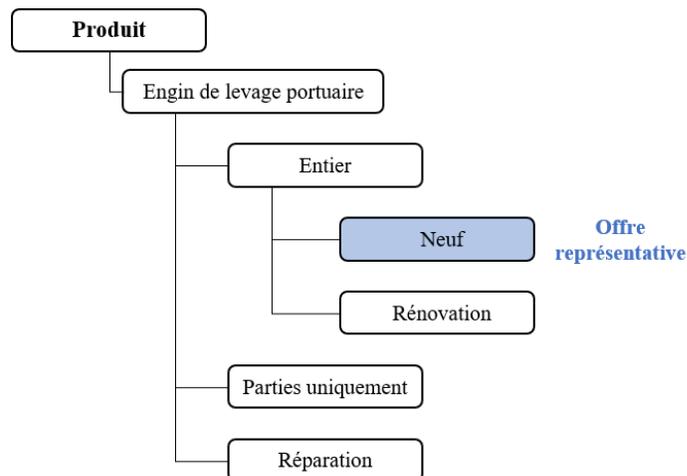


Figure 4. Arbre des concepts d'offres pour le cas d'étude « Grue »

#### 5.2.3 Modélisation des offres

Plusieurs itérations ont été nécessaires pour aboutir au modèle spécifique à l'entreprise (Figure 5 Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

- (1) 3 variables ont été identifiées pour caractériser le contexte de l'offre,
- (2) 1 variable décrit une exigence clef,
- (3) Une nomenclature sur 3 niveaux décrit la solution technique proposée. Chaque composant, à chaque niveau de la nomenclature, est décrit par une à plusieurs variables. Un unique indicateur a été choisi pour évaluer la partie produit de l'offre : le coût. Une contrainte lie la puissance des moteurs et celle des variateurs. Cette contrainte sera détaillée lors de l'étape suivante.
- (4) Un processus en série de 4 activités a été identifié. Deux indicateurs (le coût et le délai de livraison) permettent d'évaluer ce processus. Un risque R1, appelé « Matériel non conforme » a été identifié. Il peut survenir lors de

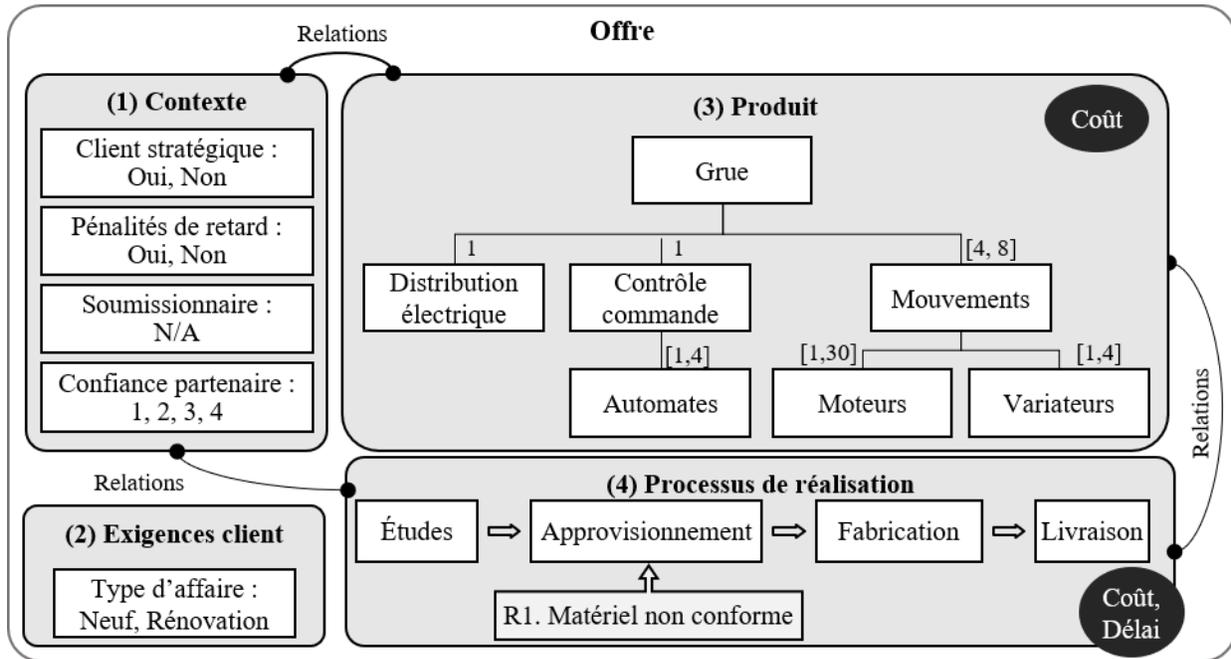


Figure 5. Modèle d'offre spécifique à une offre « Grue »

l'activité d'Approvisionnement : un fournisseur livre un composant qui ne répond pas aux spécifications. L'entreprise doit alors renvoyer le composant et attendre un nouveau.

#### 5.2.4 Formalisation de la connaissance

Cette étape a pour objectif la formalisation des connaissances, c'est-à-dire des règles métier et cas passés. Lors de l'étape précédente, nous avons identifié qu'une contrainte liait la puissance des moteurs et la puissance des variateurs. Cette contrainte est explicitée lors de cette étape. Dans ce cas, il s'agit d'une formule mathématique simple : pour un mouvement, pour un variateur  $i$ , la puissance du variateur est supérieure ou égale à la somme des puissances des moteurs qui lui sont liés. D'autre part, les règles relatives au risque R1 « Matériel non conforme » sont également explicitées :

- Probabilité = [1, 10] %
- Impact durée =  $x$  jours, avec  $x \in [5, 90]$

$$\text{Impact coût} = \begin{cases} 0 & \text{si } p = \text{non} \\ x \times y & \text{si } p = \text{oui} \end{cases}$$

Avec  $p$  la variable « pénalités de retard » définissant le contexte, et  $y$  le coût journalier de la pénalité de retard.

Une action préventive a été identifiée pour réduire la probabilité d'occurrence du risque R1 : AP1 « Audit du fournisseur ».

- Coût = [1 000, 3 000] €
- Durée = [1, 2] jours
- Réduction de la probabilité = <5 %
- Pas de réduction d'impact.

Les deux cas passés identifiés à l'étape 22 ont également été formalisés, mais pour des raisons de confidentialité ne sont pas présentés dans cet article.

#### 5.3 [Phases 3, 4 et 5] Implémentation, exploitation, maintien et mise à jour

Le logiciel OPERA est actuellement en cours de développement. Les phases suivantes n'ont donc pas encore été réalisées.

Cependant, les étapes déjà implémentées ont permis de structurer l'effort de formalisation de la connaissance entrepris par la société partenaire et lui permettent une meilleure maîtrise de ces connaissances. Le logiciel n'ayant pas été encore élargi implanté dans la société, nous ne pouvons pas encore conclure à une amélioration du processus de réponse à appel d'offre mais les premiers résultats sont très encourageants. En effet, au-delà des résultats obtenus sur ce cas d'étude, le travail mené avec les quatre partenaires industriels du projet OPERA montre que le modèle d'offres proposé est validé par l'ensemble des entreprises et qu'il a permis de formaliser des cas passés pour chacune d'elles.

## 6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous étudions le processus de réponse à appel d'offres au sein d'entreprises soumissionnaires. Pour répondre au fort besoin de personnalisation et de délais courts des clients potentiels, ces entreprises ont besoin d'outils et méthodes de conception pour rester compétitives. Notre objectif, au travers du projet OPERA, est d'accompagner ce processus.

Nous présentons un modèle d'offre générique centré sur le produit et son processus de réalisation. Une approche par CSP permet la formalisation de règles expertes, et l'utilisation d'une base de cas permet la réutilisation d'expériences passées.

Nous proposons également une méthodologie en cinq phases pour la mise en œuvre de ce modèle via la mise au point d'un environnement logiciel restant à développer, pour une entreprise donnée. La phase d'*Initialisation* permet de démarrer le déploiement de cet outillage modèle/méthode dans l'entreprise. La phase de *Spécialisation* explique comment passer du modèle générique au modèle spécifique de l'entreprise. Le modèle est implémenté dans l'entreprise via la phase d'*Implémentation*. La phase d'*Exploitation* explique comment utiliser le modèle pour élaborer une offre, et la phase *Maintien et actualisation* concerne la mise à jour du modèle.

Les résultats obtenus à travers l'étude de cas montrent que plusieurs axes restent à explorer : la mise en œuvre du logiciel OPERA et l'application des dernières étapes de la méthodologie. D'autre part, le secteur tertiaire prend de plus en plus d'ampleur : l'économie globale est passée d'une vision orientée produit à une vision orientée service, et dans la plupart des pays développés la majorité des revenus provient des services (Chae 2012). Aujourd'hui, l'essor des services est tel que les entreprises du secteur tertiaire répondent de plus en plus à des appels d'offres. L'extension des travaux en cours aux offres service est donc à explorer.

## 7 REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des partenaires du projet OPERA pour leur implication. Ce projet est financé par l'Agence Nationale de la Recherche (projet ANR-16-CE10-0010-01), et a été labellisé par les pôles de compétitivité Aerospace Valley et Viameca.

## 8 RÉFÉRENCES

- Abramovici, M., Chasiotis, C. (2002) Integrated documentation of procedural knowledge in product development, *Proceedings of Integrated Product and Process Development (IPPD)*, Wroclaw, Poland, 21-22 Nov. 2002.
- Ahmad, N., Wynn, D. C., Clarkson, P. J. (2010) When should design changes be allowed to accumulate? *Proceedings of IDMME - Virtual Concept 2010*, Bordeaux, France, 20-22 Oct. 2010. Springer.
- Aldanondo, M., Vareilles E. (2008) Configuration for mass customization: How to extend product configuration towards requirements and process configuration, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(5), pp. 521–535.
- Arab, I., Bourhnane, S., Kafou, F. (2018). Unifying Modeling Language-Merise Integration Approach for Software Design. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(4), pp. 6-12.
- Bandini, S., Manzoni S. (2000) A knowledge Based System for the design of rubber compounds in motor racing, *14th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI)*, Berlin, Germany.
- Bernard, A., Labrousse, M., Perry, N. (2006), LC universal model for the enterprise information system structure, *Innovation in Life Cycle Engineering and Sustainable Development*, Brissaud D., Tichkiewitch E., Zwolinski P.(Ed.), pp. 429-446.
- Chae, B. K. (2012). An evolutionary framework for service innovation: Insights of complexity theory for service science, *International Journal of Production Economics* 135(2), pp. 813–822.
- Chalal, R., Ghomari, A. R. (2006) An Approach for a Bidding Process Knowledge Capitalization, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 13(7), pp. 293–297
- Chandrasekaran, B. (1990) Design problem solving: A task analysis *AI magazine* 11(4), p. 59.
- Doumeings, G. (1984) Méthode GRAI : méthode de conception des systèmes en productique, Thèse d'état, Université de Bordeaux I.
- Duffaure, S., Maranzana N., Attal Y., Duchamp R. (2017) Démarche qualité et start-up. Déploiement au sein d'une start-up dans le domaine de la santé et du bien-être. *12ème Congrès International de Génie Industriel – CIGI 2017*, Compiègne, France, 3-5 mai 2017.
- Eckert, C. M., Wynn, D. C., Maier, J. F., Albers, A., Bursac, N., Chen, H. L. X., ... & Shapiro, D. (2017). On the integration of product and process models in engineering design. *Design Science*, 3.
- Eynard, B., Gallet, T., Roucoules, L., and Ducellier, G. (2006) PDM system implementation based on UML. *Mathematics and Computers in Simulation*, 70 (5-6) 330–342.
- Felfernig, A., Hotz L., Bagley C., Tiihonen J. (2014) Knowledge-Based Configuration: From Research to Business Cases.
- Gero, J., Kannengiesser, U. (2014) The function-behaviour-structure ontology of design, *An Anthology of Theories and Modes of Design*, Chakrabarti, Blessing L. (Ed.), Springer, Heidelberg, pp. 263-284.
- Guillon, D., Sylla A., Vareilles É., Aldanondo M., Villeneuve É., Merlo C., Coudert T., Geneste L. (2017) Customer Supplier Relation: towards a Constraint-Based Model for Bids, *Industrial Engineering and Engineering Management*, Singapore.
- Klein, R., (2000) Knowledge modeling in design-the MOKA framework, *Artificial Intelligence in Design '00*, Gero J.S. (Ed.), Springer, pp. 77-102.
- Kosanke, K., Vernadat F., Zelm M. (1999) CIMOSA: enterprise engineering and integration. *Computers in industry*, 40(2-3), pp. 83-97.
- Marif, A., Abi-Zeid I., Hajji A. (2017) Conception d'un Système d'Indicateurs de Performance Cohérent SIPCo – Une approche intégrée. *12ème Congrès International de Génie Industriel – CIGI 2017*, Compiègne, France, 3-5 mai 2017.
- Merlo C., Vicien G., Ducq Y. (2014) Interoperability Modelling Methodology for Product Design Organisations, *Int. Journal of Production Research*, Taylor & Francis, 52(15), pp.100-120. DOI : 10.1080/00207543.2013.774484
- Merlo, C., Girard Ph. (2004) Information system modelling for engineering design co-ordination, *Computers in Industry*, 55(3), pp. 317-334.
- Mittal, S., Frayman F. (1989) Towards a Generic Model of Configuration Tasks, *IJCAI*. T. 89, pp. 1395–1401.
- Montanari, U. (1974) Networks of constraints: Fundamental properties and applications to picture processing, *Information Sciences* 7. Supplement C, pp. 95–132.
- Petersen, K.J., Handfield R.B., Ragatz G.L. (2005) Supplier integration into new product development: coordinating product, process and supply chain design, *Journal of Operations Management*, 23(3-4), pp. 371-388.
- Plo, L., Robin V., Girard P. (2017) Comment anticiper le déploiement d'un PLM dans une entreprise "libérée" ? Cas du groupe Poul. *12ème Congrès International de Génie Industriel – CIGI 2017*, Compiègne, France, 3-5 mai 2017.
- Robin, V., Merlo C., Pol G., Girard P. (2010) Management of a Design System in a Collaborative Design Environment Using PEGASE, *Modelling and Management of Engineering Processes*, pp. 189–200.

- Roucoules L., Noel F., Teissandier D., Lombard M., Debarbouillé G., Girard P., Merlo C., and Eynard B. (2006) IPPOP: an opensource collaborative design platform to link product, design process and industrial organisation information, *6th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering*, May, Grenoble, France.
- Samuel, K. M., Shukla, R. S. (2018). Challenges to design a distributed database using UML and MERISE. *International Journal of Advanced Computer Technology*, 7(6), pp. 01-14.
- Shah, J. J., Jeon, D. K., Urban, S. D., Bliznakov, P., Rogers, M. (1996) Database infrastructure for supporting engineering design histories, *Computer-Aided Design*, 28(5), pp.347-360.
- Sylla, A., É. Vareilles, M. Aldanondo, T. Coudert, L. Geneste et K. Kirytopoulos (2017) Customer/Supplier Relationship: reducing Uncertainties in Commercial Offers thanks to Readiness, Risk and Confidence Considerations, *Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing*. Springer, p. 1115–1122.
- Tardieu, H., Rochfeld, A., & Colletti, R. (1984) La méthode merise-principes et outils, Les éditions d'organisation.
- Zacklad M., Grundstein M. (2001) Ingénierie et capitalisation des connaissances, Edition Hermès, ISBN 2-7462-0234-4, Paris, France.