



**HAL**  
open science

## Structuration de la connaissance dans le cadre de la rétro-conception de systèmes mécaniques

Mohamed Islem Ouamer Ali, Florent Laroche, Sébastien Remy, Alain Bernard

► **To cite this version:**

Mohamed Islem Ouamer Ali, Florent Laroche, Sébastien Remy, Alain Bernard. Structuration de la connaissance dans le cadre de la rétro-conception de systèmes mécaniques. Colloque de l'AIP PRIMECA - Avril 2015 - La Plagne, Mar 2015, La Plagne, France. hal-01184736

**HAL Id: hal-01184736**

**<https://hal.science/hal-01184736>**

Submitted on 25 Feb 2016

**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.

# Structuration de la connaissance dans le cadre de la rétro-conception de systèmes mécaniques

Mohamed Islem OUAMER ALI  
IRCCyN – Ecole Centrale de Nantes  
1, rue de la Noë – S221  
44321 – Nantes – France  
m.ouamerali@irccyn.ec-nantes.fr

Florent LAROCHE  
IRCCyN – Ecole Centrale de Nantes  
1, rue de la Noë – S410  
44321 – Nantes – France  
Florent.laroche@irccyn.ec-nantes.fr

Sébastien REMY  
ICD - LASMIS  
12, rue Marie Curie  
BP2060 – Troyes Cedex – Nantes  
Sebastien.remy@utt.fr

Alain BERNARD  
IRCCyN – Ecole Centrale de Nantes  
1, rue de la Noë – S503  
44321 – Nantes – France  
Alain.bernard@irccyn.ec-nantes.fr

**Résumé** – *La conception de produits devient de plus en plus complexe, tant sur le plan socioéconomique, où les contextes obligent à apporter une réponse rapide et efficace aux problèmes tout en engageant le moins de coûts possibles, que sur le plan technologique où les informations et les données traitées sont complexes et de quantités très importantes. Nous assistons à un développement ininterrompu de solutions d'aide à la conception, afin d'accompagner le concepteur et les usagers dans tout le cycle de vie du produit.*

*C'est dans ce cadre que s'inscrit METIS, un projet ANR axé sur les systèmes mécaniques, dont le but est d'aider le concepteur à gérer de grands assemblages mécaniques dans le processus de rétro-conception, et à apporter une réponse adéquate aux objectifs identifiés relatifs aux projets (reconception, refabrication, maintenance, etc.).*

*La proposition est de partir de données hétérogènes du contexte produit (photos, nuages de points, modèles 3D, tableaux, fiches techniques, plans, etc.), desquelles sont extraites les informations et connaissances adéquates de façon automatique, puis de procéder à la reconstitution du produit à l'aide des connaissances identifiées, et finalement de restituer le tout dans la DMU d'un assemblage prêt à être utilisé.*

**Mots-clés** – *Rétro-conception, modèle produit, gestion des connaissances*

## I. INTRODUCTION

Dans le but de présenter une démarche méthodologique globale et robuste de la rétro-conception, une première prospection des différentes méthodologies a été faite [1]. On retrouve dans la littérature, différentes définitions et méthodes de la rétro-conception, cependant la dépendance de ces

méthodes aux contextes d'utilisation, et l'absence des connaissances dans leur aspect général (autre que topologiques et géométriques) rend les méthodes et outils locaux, et non robustes.

Le projet METIS vise à combler ces lacunes à travers l'intégration de connaissances de différents types, et l'utilisation de données hétérogènes que l'on peut trouver sur les produits analysés.

C'est donc naturellement que l'une des problématiques principales de METIS soit la gestion des connaissances dans sa vision globale, allant de la capture de la connaissance jusqu'à son utilisation dans le processus. Dans cet article, on s'intéressera plus à l'aspect structuration, mise en place et utilisation de la connaissance. La partie structuration de la connaissance concernera la mise en œuvre d'une base de connaissances pour l'identification des différents produits. Cette base de connaissance reposera sur un modèle 'produit' adéquat qui nous permettra de prendre en compte toutes les connaissances que l'on peut trouver dans un produit. Quant à la partie utilisation, elle concernera la reconstitution finale du produit à restituer.

Dans un premier temps, une présentation de l'état de l'art nécessaire à la construction de notre démarche sera faite en section 2, puis sera abordée en section 3 la définition de la rétro-conception de notre point de vue et ce qui nous permettra de développer notre démarche afin de proposer une méthodologie globale. Finalement nous concluons sur les résultats et travaux à venir.

## II. ETAT DE L'ART

### A. La rétro-conception

#### 1) Définitions

La rétro-conception a été développée comme étant une solution alternative pour définir ou redéfinir des objets ou produits [2]. C'est l'inverse du processus de conception. Elle consiste en la reconstruction d'un modèle de conception basé sur un produit réel [3]. L'objectif principal de la rétro-conception est de repartir vers les résultats du processus de conception originel de la pièce afin de créer une copie de celle-ci, comme indiqué sur la fig.1.

Selon Chikofsky [4], le processus de rétro-conception peut aussi être défini comme étant un processus qui permet d'analyser un système pour :

- Identifier les composants du système et leurs relations.
- Créer des représentations du système dans une autre forme ou à un autre niveau d'abstraction.

#### 2) Etapes de la rétro-conception

La rétro-conception est très présente dans le domaine de la conception mécanique. On trouve plusieurs solutions qui ont été développées dans ce domaine, cependant, ces solutions sont le plus souvent très contextualisées, partielles et incomplètes [5] [6].

De manière générale dans la littérature, 4 actions principales transparaissent dans l'analyse de méthode des processus de rétro-conception :

- Scan du produit et acquisition des données
- Segmentation des données acquises durant le scan
- Extraction de connaissances (i.e., reconnaissance d'entités de fabrication) – Connaissances géométriques dans la majeure partie des cas.
- Reconstruction du modèle 3D mis à jour

Il est à signaler que l'aspect connaissance est restreint aux seules formes topologiques et géométriques, et de ce fait, ces méthodes de rétro-conception restreignent le champ d'action du concepteur, alors qu'une intégration de connaissances d'autres types [7] aurait apporté une richesse sémantique et qui nous permettrait d'avoir plus de liberté dans le processus.

### B. La connaissance

#### 1) Définitions

Afin de bien définir la connaissance, plusieurs auteurs proposent de mettre en évidence les différences entre les données, les informations, et les connaissances.

Les données sont des chiffres bruts et des faits, alors que les informations sont données traitées. Finalement, les connaissances sont des informations authentifiées et contextualisées [8], et elles n'existent en dehors d'un système intelligent qu'en tant qu'informations (Les connaissances sont des informations personnalisées, relatives à des faits, procédures, concepts, interprétations, idées, observations, et jugements [8]) puisqu'elles sont le résultat d'un processus cognitif qui entraîne la liaison sémantique d'une information à d'autres, créant ainsi un schéma global d'information.

Encore selon [8], si on devait mettre en place une hiérarchie entre ces trois concepts, deux approches sont identifiées :

- La première est celle où l'existence de la connaissance est conditionnée par l'existence de l'information, qui elle-même est conditionnée par l'existence de la donnée, donc : donnée (Niveau bas), puis information (Niveau moyen), puis connaissance (Niveau haut).
- La deuxième est celle où la connaissance nous permet de formuler les informations, et donc de mesurer la donnée (Pyramide inversée).

Ce que l'on peut statuer, est que les 3 concepts sont liés et conditionnent l'existence des uns les autres où, sans données on n'a pas d'informations (et donc de connaissances), et où sans connaissances il n'y a pas de sens aux données et ne peuvent être considérées comme telles.

#### 2) Typologie des connaissances

Dans le but de traiter au mieux les connaissances, et de les représenter, il est nécessaire de faire une classification des connaissances par types, et ainsi, délimiter le domaine de définition de chaque type de connaissance.

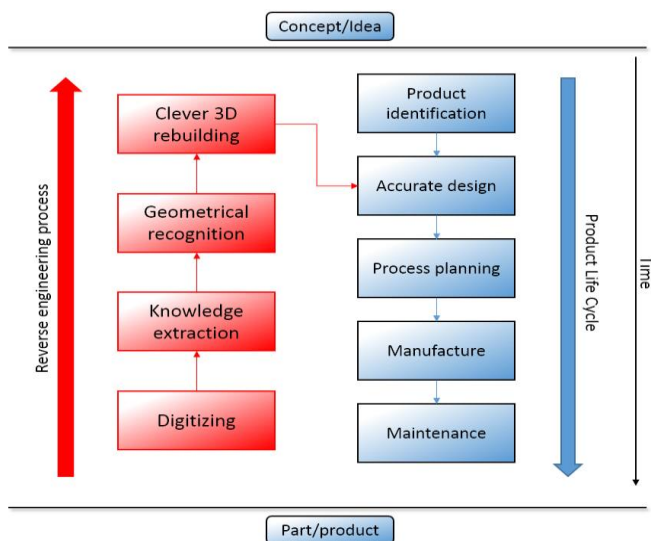


Figure 1. LE LIEN ENTRE LE CYCLE DE DEVELOPPEMENT DE PRODUITS ET LE PROCESSUS DE RETRO-CONCEPTION

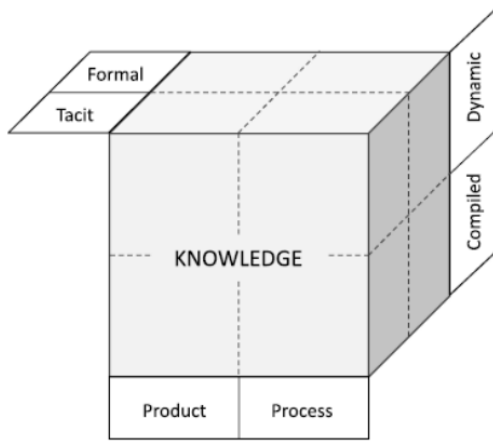


Figure 2. TYPOLOGIE DES CONNAISSANCES [9]

Comme indiqué sur la fig.2, nous pouvons classer les types de connaissances sur 3 dimensions différentes. Donc chaque classification a sa propre base [9] :

- **Formel / Tacite** : Les connaissances formelles sont intégrées aux documents du produit, description de la structure et des fonctions du produit, etc. Et les connaissances tacites sont les connaissances liées à l'expérience, règles implicites, intuition, etc. [10].
- **Produit / Processus** : Les connaissances produit prennent en compte les informations et connaissances relatives à l'évolution du produit tout au long de son cycle de vie. Les connaissances process peuvent elles, être classées en : connaissances du processus de conception, connaissances projet, et connaissances du processus de fabrication.
- **Compilé / Dynamique** : Les connaissances compilées sont essentiellement obtenues de l'expérience qui peut être compilée en règles, plans, scripts, etc. Les solutions sont explicites. La connaissance dynamique, utilise les connaissances qui peuvent être utilisées pour générer des structures de connaissances additionnelles, qui ne sont pas prises en compte par les connaissances compilées.

### 3) Représentation des connaissances

L'ingénierie collaborative suppose un partage de connaissances entre les acteurs des différents métiers entrant dans un projet. Le partage de ces connaissances se fait suivant des mécanismes où la connaissance doit être explicitée. D'où la nécessité de représenter les connaissances afin de faciliter la communication et la structuration de ces dernières.

Dans [11] La représentation de connaissances est décrite comme ayant 5 rôles :

- La substitution d'une entité externe (monde réel) qui est réalisée par un processus interne.

- C'est un ensemble d'engagements ontologiques.
- C'est une théorie fragmentaire (vision partielle) d'un raisonnement intelligent.
- Un moyen de raisonnement efficace (en intelligence artificielle).
- Un moyen d'expression humaine (communication).

Il est à noter aussi, que l'existence de différents types de connaissances suppose une différence dans la représentation de ces types selon des modes et outils différents.

### Modes de représentation des connaissances

La représentation de connaissances peut être classifiée. Dans [12], on propose 5 catégories de représentation des connaissances : pictural, symbolique, linguistique, virtuel, et algorithmique.

Dans [9], se basant sur les catégories de représentation précédentes, on propose un schéma de la représentation des connaissances dans la conception de produits.

On voit dans la fig.3 la correspondance des différents outils mis en place aux différentes phases du cycle de développement d'un produit, avec les modes de représentation. Cette correspondance est plus détaillée en la fig.4.

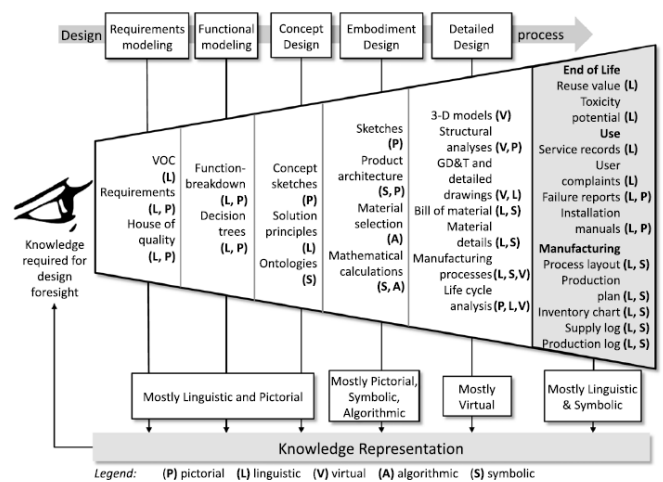


Figure 3. LES MODES DE REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES DANS LE CYCLE DE DÉVELOPPEMENT

Pictorial	Symbolic	Linguistic	Virtual	Algorithmic
Sketches	Decision tables	Customer Requirements	CAD Models	Mathematical Equations
Detailed drawings	Production rules	Design Rules, constraints	CAE Simulations	Parametrizations
Charts	Flow charts	Analogies	Virtual Reality simulations	Constraint Solvers
Photographs	FMEA diagram	Customer feedback	Virtual prototypes	Computer Algorithms
CAD model views	Assembly tree	Verbal communication	Animations	Design/ operational procedures
	Fishbone diagrams		Multimedia	
	Ontologies			

Figure 4. OUTILS SUIVANT LES MODES DE REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES

La mise en place d'une démarche reposant sur la gestion de la connaissance suppose une bonne préhension des concepts relatifs. Ainsi, définir les bons types de connaissance avec les

bons types des modes de représentation permettrait de poser une base pour la structuration de la connaissance à travers un modèle produit complet prenant en compte toutes les connaissances traitées dans le cas de la rétro-conception.

### C. Les modèles produit

Un modèle produit est un modèle qui sert à structurer le produit selon une vision spécifique. Il existe plusieurs modèles 'produit' dans la littérature scientifique.

A des fins d'exemplification, on a choisi le modèle FBS représenté en fig.5.

#### 1) Le modèle FBS

Ce modèle catégorise l'objet en 3 aspects [13] :

- Fonction (Fonction) : Ou, pour quoi est l'objet ?
- Behaviour (Comportement) : Ou, que fait l'objet ?
- Structure : Ou, en quoi consiste l'objet ?

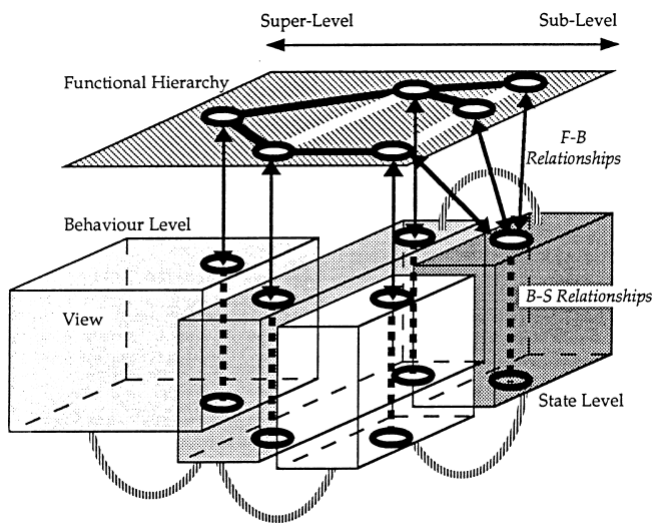


Figure 5. MODÈLE PRODUIT FBS [13]

Les définitions présentées par Gero dans ce modèle produit sont floues, on remarque l'absence d'une définition stable de la fonction, et le double objectif de description de la conception actuelle et de prescription de la conception améliorée [14].

L'apport d'un modèle produit dans notre démarche consiste en une structuration globale de l'information afin de faciliter l'utilisation de celles-ci, et la constitution d'une base solide sur laquelle repose notre travail de mise en place d'une méthodologie de rétro-conception. C'est l'une des briques les plus importantes dans la construction de notre démarche, et le modèle produit qui sera mis en place dépendra des types de connaissance prises en compte et des modes de représentation de celle-ci.

### III. NOUVELLE APPROCHE DE LA RETRO-CONCEPTION

En prenant en compte la définition de Chikofsky [4], on peut donner la proposition suivante : « La rétro-conception est un processus de passage d'un niveau d'abstraction à un autre », du niveau le moins élevé au niveau le plus élevé, et de ce fait, on peut passer du produit concret au produit abstrait et avoir les résultats de la conception. Cette définition s'accorde avec le fait que la rétro-conception soit le processus inverse de la conception. En effet, la conception nous permet de partir de l'idée (forme la plus abstraite du produit) jusqu'au produit lui-même (forme la plus concrète du produit). Nous pouvons voir dans la fig.6 la représentation qualitative de la corrélation entre les niveaux d'abstraction et le cycle de développement du produit. La flèche verte représente le processus de rétro-conception. On pourrait aussi mettre une flèche dans le sens opposé, relative au cycle de conception normal.

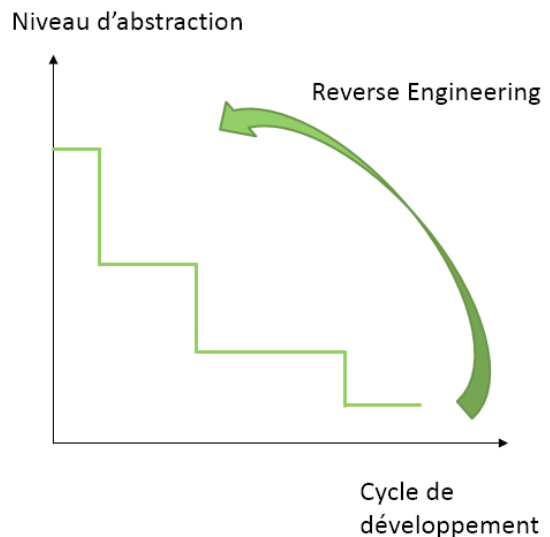


Figure 6. CORRELATION ENTRE LE CYCLE DE DEVELOPPEMENT ET LES NIVEAUX D'ABSTRACTION

Il serait donc intéressant de prendre en compte l'abstraction de la connaissance comme un aspect important lors de la mise en place d'un processus de rétro-conception afin de suivre l'état de ce dernier.

#### A. Les niveaux d'abstraction de la connaissance

Cette notion n'a été introduite dans le domaine de la mécanique en général, et dans les processus de rétro-conception que très peu. C'est dans le domaine de l'informatique que l'on a essayé d'identifier les niveaux d'abstractions de la connaissance : nous trouvons par exemple dans [15] les niveaux suivants :

- **Niveau objectif** : représente le contexte dans lequel est placé le produit et son objectif. Par exemple pour un pignon, la transmission de mouvement et le contexte environnemental dans lequel il se trouve constituent ce niveau.

- **Niveau conceptuel** : représente une première définition du produit à travers des informations déduites de son objectif. Par exemple les paramètres d'entrées et de sorties possibles pour la transmission du mouvement.
- **Niveau fonctionnel** : représente le niveau fonctionnel tel qu'on le connaît. Par exemple, le pignon transmet de la puissance à travers sa denture, suit le mouvement de l'arbre à travers une cannelure ou une clavette etc.
- **Niveau logique** : représente tout ce qui est algorithmique, comportement, etc. Par exemple, la denture du pignon a un nombre de dents avec un diamètre de pignon, un diamètre d'alésage dépendant des contraintes exprimées par le contexte, etc.
- **Niveau physique** : représente le niveau le plus concret avec les informations topologiques et géométriques. Par exemple la forme des dents de la denture d'un pignon.

En se basant sur les niveaux définis ci-dessus, nous pouvons identifier une première correspondance entre les niveaux d'abstraction de la connaissance et les différents aspects des modèles produit. Par exemple on retrouve les aspects du modèle FBS dans les 3 derniers niveaux d'abstraction : Niveau fonctionnel (Function), Niveau logique (Behaviour), Niveau physique (Structure).

Cependant, on retrouve la limite du modèle FBS qui ne prend pas en compte d'autres niveaux d'abstraction (Tels que les niveaux objectif et conceptuel) qui sont tout aussi importants pour définir un produit.

En effet, le niveau objectif prend en compte le contexte dans lequel a émergé l'idée du produit, et dans lequel est défini l'objectif auquel il devrait répondre. Et dans le niveau conceptuel on met en place un premier découpage qui va conditionner tout le reste du développement du produit.

### B. Les modes de représentation

La prise en compte des modes de représentation dans la démarche de rétro-conception nous permet non seulement de communiquer les informations relatives à des connaissances représentées différemment, mais en plus, de fournir une classification des différentes connaissances selon leur représentation.

On pourrait donc imaginer l'association de la représentation des connaissances avec les niveaux d'abstraction pour définir l'état de la connaissance à un instant T du cycle de vie du produit. Donc, cela reviendrait à définir un espace dans lequel chaque point représenterait un état de la connaissance avec comme caractéristique un niveau d'abstraction et un mode de représentation. Cela permettrait la mise en place d'une démarche méthodologique pour la rétro-conception, qui prendrait en compte tous les aspects possibles de la connaissance relative au produit en mettant en place un modèle

produit dont les aspects concordent avec les niveaux d'abstraction à mettre en place.

### C. Etat de la connaissance

La définition qu'on pourrait donner à l'état de la connaissance est qu'elle représente la connaissance à l'instant T du cycle selon un mode de représentation, et à un niveau d'abstraction spécifique. On pourrait l'imaginer comme dans la fig.7 où les points P, Q et R représentent des états différents de la connaissance relative à un produit, où P est une représentation des spécifications techniques du produit, Q représente son comportement et R ses fonctions.

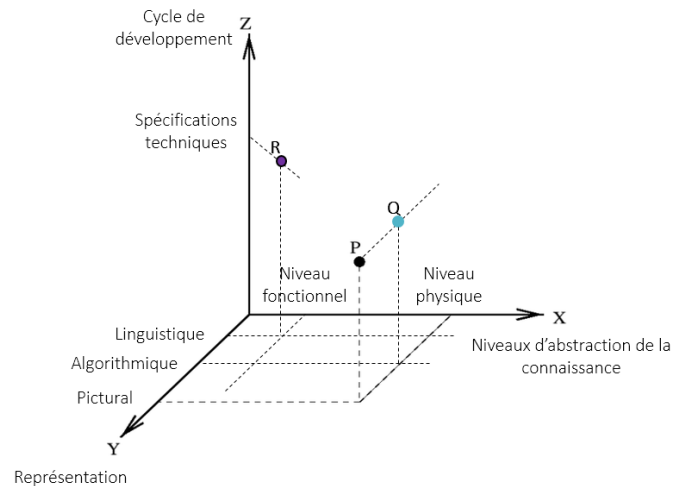


Figure 7. ETATS DE LA CONNAISSANCE

La rétro-conception par définition est le passage d'un niveau d'abstraction à un autre, donc on peut dire que c'est un changement d'état de la connaissance, ce qui reviendrait à dire que la rétro-conception est un processus qui nous permet de passer d'un point à un autre comme indiqué dans la fig.8

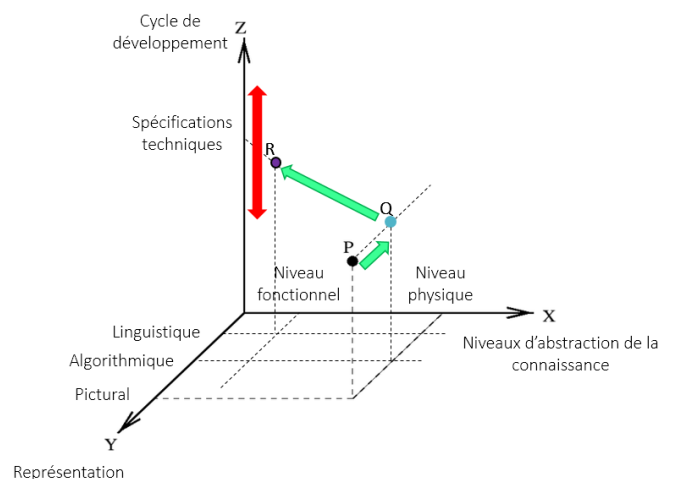


Figure 8. CARTOGRAPHIE DE LA RETRO-CONCEPTION



Finalement, l'espace dans lequel se trouvent les états de la connaissance pourrait être utilisé afin de cartographier le processus de rétro-conception dans son ensemble.

#### IV. CONCLUSION ET FUTURS TRAVAUX

##### A. Conclusion

Afin de mettre en place une méthodologie globale de rétro-conception, une nouvelle définition de celle-ci a été proposée : la rétro-conception est le processus de transformation d'état de la connaissance qui nous permet de passer d'un état A où la connaissance est représentée dans un mode de représentation et à un niveau d'abstraction à un instant T, à un état B où un ou plusieurs des trois aspects de l'état change (c'est-à-dire le temps, le niveau d'abstraction, et le mode de représentation).

##### B. Futurs travaux

Une clarification doit être faite concernant les différents états de la connaissance ainsi que les différents changements d'états à prendre en compte dans le processus de rétro-conception.

Concernant la possible implémentation de cette nouvelle démarche, un modèle produit adéquat devra être proposé afin de prendre en compte tous les aspects de la connaissance nécessaires au processus de rétro-conception pour être robuste. Il faudra aussi identifier la correspondance entre les différents types de connaissances initialement définis et l'état de la connaissance.

#### V. REFERENCES

- [1] M.I.Ouamer-Ali, F.Laroche, A.Bernard, & S.Remy. (2014). Toward a methodological knowledge based approach for partial automation of reverse engineering. *Procedia CIRP*, 21, 270-275.
- [2] A. Bernard (1999), Reverse engineering for rapid product development: a state of the art, in *Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering*, Three dimensional
- [3] P. Benko, T. Varad. "Segmentation methods for smooth point regions of conventional engineering objects". *Computer Aided Design*, Vol. N°52, 2004, pp.36-511.
- [4] E.J.Chikofsky, J.H.CROSS, et al. Reverse engineering and design recovery: A taxonomy. *Software, IEEE*, 1990, vol. 7, no 1, p. 13-17.
- [5] S. Remy, G. Ris, O. Nartz, A. Bernard (2003), Reverse engineering of a 1935 Delahaye radiator cap, *European Virtual Engineering Network conference 2003*, Dublin, Irlande, pp.107-115, ISBN 0-947974-15-6.
- [6] A. Bernard, O. Nartz, S. Remy, G. Ris, Y. F. Zhang, H.T. Loh, Y.S. Wong (2002), Reverse engineering and rapid prototyping, chapter 9 of the book untitled "Software solutions for Rapid Prototyping", pp. 283-339, Coordinator : Ian Gibson, ISBN No. 1-86058-360-1, publishing Ed., UK.
- [7] N.Troussier, M.Bricogne, A.Durupt, F.Belkadi, G.Ducellier (2010). A knowledge-based reverse engineering process for CAD models management. *Proceedings of IDMME-Virtual Concept*.
- [8] M.Alavi, & D.E.Leidner, (2001). Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *MIS quarterly*, 107-136.
- [9] S.K.Chandrasegaran, K.Ramani, R.D.Sriram, et al. The evolution, challenges, and future of knowledge representation in product design systems. *Computer-Aided Design*, 2013, vol. 45, no 2, p. 204-228.
- [10] I.Nonaka, N.Konno (1998). The concept of "ba". *Building a foundation for knowledge creation. California management review*, n°40-3, pp.40-54.
- [11] R.Davis, H.Schrobe, P.Szolovits. What is a knowledge representation? *AI Magazine* 1993; 14(1):17-33.
- [12] R.Owen, I.Horváth. Towards product-related knowledge asset warehousing in enterprises. In: *Proceedings of the 4th international symposium on tools and methods of competitive engineering, TMCE 2002*; 2002. p. 155-70.
- [13] J.S.Gero, & M.A.Rosenman. (1990). A conceptual framework for knowledge-based design research at Sydney University's Design Computing Unit. *Artificial Intelligence in Engineering*, 5(2), 65-77.
- [14] P.E. Vermaas, & K. Dorst, (2007). On the conceptual framework of John Gero's FBS-model and the prescriptive aims of design methodology. *Design studies*, 28(2), 133-157.
- [15] J.Rasmussen (1985). The role of hierarchical knowledge representation in decision making and system management. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, (2), 234-243.