

---

# Un système interactif pour la capitalisation du savoir-faire des concepteurs

**Ali Moazemi Goudarzi\*** — **Naser Mozayani\*\***  
**Gholamreza Chegini\*\*\*** — **Francis Artigue\*\*\*\***

\* *Noshirvani Institute of Technology, Mazandaran University*  
*Po. Box 484 Babol, Shariati Ave., Babol-Iran*  
*goudarzi@nit.ac.ir*

\*\* *Research Center of Information Technology, IUST,*  
*P.O.Box 16844, Narmak, Tehran-Iran*  
*mozayani@iust.ac.ir*

\*\*\* *Aboureihan Institute of Technology, Tehran University*  
*Chegini\_g@yahoo.ca*

\*\*\*\* *Laboratoire CEMIF - Système Complexe, Université d'Evry Val d'Essonne*  
*CE1455, 40 Rue de Pelvoux 91020 Courcouronnes France*  
*f.artigue@iup.univ-evry.com*

---

*RESUME. L'objectif de cet article est de présenter une approche méthodologique pour aider le concepteur à caractériser un produit en s'inspirant des connaissances acquises lors des projets antérieurs. La méthode propose un moyen approprié pour capitaliser le savoir-faire des experts métiers. Cette approche a été implémentée à travers le prototype d'un outil d'aide à la conception. La structure de données mise en œuvre dans cet outil le rend capable de capitaliser les descriptions des dispositifs mécaniques. La structure de données utilisée pour capitaliser la description du produit est basée sur le concept de modélisation objet, ce qui permet au concepteur de commencer par une description plus générale du produit et d'affiner celle-ci en consultant le modèle générique du produit.*

*ABSTRACT. This manuscript wants to represent a methodological approach to support the designer in his process of mechanical system design, by inspiring the knowledge acquired from previous projects. Based on this approach, we implemented an interactive programme, which helps designers in the specification of new products. The data structure of the implemented tool is based on the object oriented modelling. This approach enables us to begin with a more general description of the product, and to refine the description by referring to similar data in the pattern bases.*

*MOTS-CLES : conception, raisonnement à partir de cas, savoir-faire, mécanique, system expert, modèle objet relationnel, model FBS*

*KEYWORDS: know-how, case based reasoning, mechanical design, Object\_Relational Model, expert system, FBS Model*

## 1. Introduction

Les contraintes à intégrer dans la phase de conception peuvent avoir des origines diverses : mécanique, électronique, financière, etc. et leurs conséquences sur la description du produit ne sont pas toujours parfaitement déterminées.

Lorsque ces connaissances sont bien formalisées, elles pourront être intégrées aux outils CAO : par exemple l'intégration de "calculs de structures". Mais en réalité, surtout dans les phases initiales de la conception où le concept de produit n'est pas encore bien caractérisé, l'ensemble des connaissances indispensables pour optimiser les décisions prises par un concepteur n'est pas formalisé. Dans ce cas, le concepteur puise beaucoup dans ses expériences personnelles. Cette carrière professionnelle exige du temps, donc l'entreprise, utilisant ces expériences, doit être prudente pour les conserver.

Afin de pérenniser ces savoir-faire, il faut les capitaliser en les *formalisant* à travers un modèle approprié de connaissances. Selon leurs capacités à gérer des connaissances générales et individuelles, acquises lors d'expériences antérieures, deux catégories d'approches basées sur la capitalisation des connaissances pourront être distinguées :

– les approches basées sur le raisonnement par modèle : Leur objectif est de capitaliser, dans un contexte formel, des connaissances explicites acquises à partir d'expériences antérieures (Watson et *al.*, 1994). Dans cet objectif, ces approches sont limitées à modéliser des connaissances générales et explicites acquises des expériences antérieures. Ce qui signifie que ces approches ne permettent pas de capitaliser les connaissances individuelles représentant des expériences particulières. Dans ce concept nous pouvons citer les systèmes experts tels que ARCHIX (Thoraval, 1991) et DAS (Vargas et *al.*, 1996).

– les approches basées sur le concept de raisonnement par analogie : Selon ce concept, un problème de conception sera résolu en s'inspirant de solutions familières déjà examinées pour des problèmes similaires : DESSUA (Qian et *al.*, 1992), KRITIK (Goel et *al.*, 1997). Pour aboutir à cet objectif, ces approches doivent capitaliser non seulement les connaissances individuelles décrivant des expériences particulières mais aussi des connaissances générales du domaine. C'est dans ce concept que s'inscrit l'approche méthodologique que nous proposons (Moazemi et *al.*, 2000).

Selon l'approche de raisonnement par analogie, un problème sera résolu en passant successivement par les trois étapes suivantes :

1. La spécification initiale du problème à résoudre,
2. La recherche d'un problème familier, similaire à celui à envisager,
3. L'adaptation de la solution adoptée aux exigences du problème à résoudre.

Dans la première phase, nous formalisons les exigences du problème à résoudre. Lorsque la représentation de connaissances peut varier d'une approche de

raisonnement par analogie à d'autres, le résultat de cette phase dépendra de l'approche utilisée.

La recherche de cas familiers dépend non seulement de la spécification initiale du problème à résoudre (ce qui caractérise les critères de recherche) mais aussi des techniques utilisées, dans l'approche du raisonnement par analogie, pour justifier si un problème familier est similaire au problème envisagé. Les techniques utilisées pour adapter la solution trouvée aux exigences du nouveau problème sont aussi différentes d'une approche de raisonnement par analogie à l'autre.

Ces remarques nous permettent de constater que la différence entre les approches d'aide à la conception par analogie, présentées dans la littérature, vient non seulement de la structure de données qu'elles mettent en œuvre pour capitaliser les connaissances mais aussi des méthodes qu'elles utilisent pour trouver la solution de base ainsi que pour adapter cette solution aux exigences du nouveau problème.

Dans cet article une approche pour la capitalisation de connaissances sera présentée. Pour bien exprimer l'approche proposée, celle-ci sera suivie par un exemple démonstratif sur la conception d'un moteur automobile.

## **2. Présentation de l'approche méthodologique proposée**

La solution technique attribuée à un problème de conception sera affinée d'un concept plus abstrait à celui plus concret. Selon cette argumentation, nous distinguons deux étapes dans chaque processus de conception :

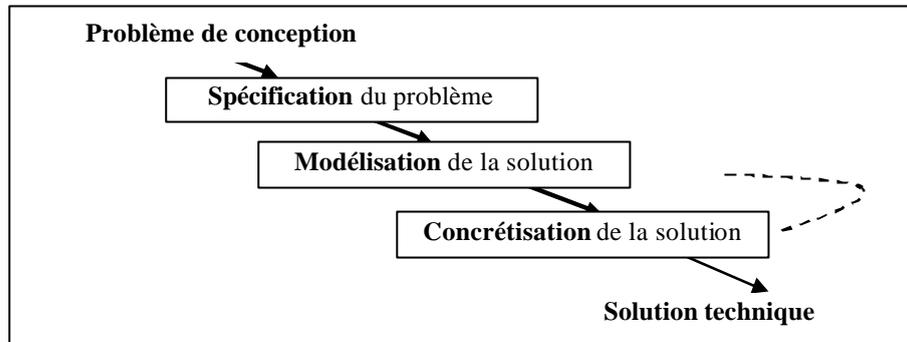
- détermination abstraite : trouver la description typique du produit susceptible d'être une réponse au problème de conception.
- détermination concrète : préciser la solution typique adoptée.

Conformément aux objectifs fixés dans chacune des étapes susdites, le système expert d'aide à la conception doit disposer de deux supports différents aux concepteurs. D'abord, il consulte la catégorie des produits satisfaisant les exigences du problème de conception. Ensuite, il propose au concepteur des valeurs appropriées pour préciser les attributs caractérisant la solution adoptée.

Pour consulter ce système expert d'aide à la conception, il faut lui fournir les exigences du problème de conception selon la terminologie familière au système. Cette opération introduit une étape supplémentaire dans la démarche que nous proposons. Donc, d'une manière générale, l'utilisateur de cette approche doit suivre les trois étapes principales rappelées ci-dessous pour concevoir un produit (figure 1) :

- spécification du problème : interpréter les exigences du problème dans un contexte familier au système d'aide à la conception ;
- modélisation de la solution technique : trouver la classe du produit susceptible d'être la réponse ;

– concrétisation de la solution : préciser les attributs décrivant la solution adoptée.



**Figure 1.** *Processus suivi pour résoudre un problème de conception*

Pour remplir ces tâches, l'outil d'aide à la conception supportant cette approche doit disposer d'une capitalisation des connaissances acquises des expériences antérieures du bureau d'études. Ces connaissances incluent aussi bien la description générale des produits déjà conçus que leurs spécifications individuelles.

Dans cette approche, il est possible de repasser à une étape de conception, déjà exécutée, lorsque l'étape suivante ne peut aboutir. Ceci permet au concepteur d'examiner les différentes solutions éventuelles pour un problème donné ou de réviser les exigences du problème lorsque celui-ci n'a aucune solution familière dans la base de connaissances.

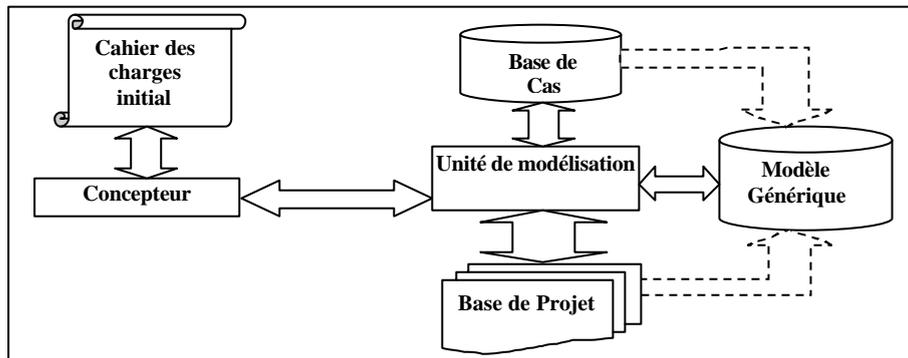
Dans le contexte de la conception mécanique une description détaillée du produit consiste à spécifier sa structure, les comportements qu'il présente grâce à celle-ci et sous les effets de son environnement ainsi que les fonctions qu'il peut réaliser à travers ses comportements et sa structure. Une telle description du produit, qui contient toutes les informations concernant un produit, a été présentée dans la littérature comme la description FBS (Function-Behavior-Structure, c'est-à-dire Fonction-Comportement-Structure) de celui-ci (Goel, 1997). La description structurelle du produit nous permet de le matérialiser et la description des fonctions attendues et les comportements de celui-ci interprètent la signification de cette structure. Une étude sur les comportements des concepteurs pendant une activité de conception nous fait constater que la prise en compte de toutes ces connaissances est indispensable, (Rosenman, 1994).

Etant donné qu'une représentation générale du produit peut concerner plusieurs produits individuels, nous classifions les produits selon leurs points communs. Cette classification, et les arguments associés, nous présentent le modèle générique de produit.

Chaque produit, en tant que membre d'une classe donnée du modèle générique, dispose des spécifications individuelles pour les caractéristiques, exprimées dans la classe en question. Pour mémoriser ces spécifications individuelles attribuées à chaque produit membre d'une classe donnée, nous avons besoin d'une base de données compatible avec le contenu du modèle générique. Nous appelons cette base de données une base de cas, dans laquelle la description individuelle de chaque produit, membre d'une classe particulière dans le modèle générique, sera identifiée en tant qu'un cas particulier.

Nous utilisons des techniques basées sur l'approche de raisonnement par analogie pour mettre à la disposition des concepteurs des informations appropriées, argumentant sa décision pendant la conception. Pour gérer et traiter ces connaissances et pour communiquer au concepteur les informations nécessaires, il faut prévoir un mécanisme approprié, nous l'appelons l'unité de modélisation.

Pour que les données spécifiant le produit en cours de conception soient accessibles à chaque moment pendant la conception et plus tard dans d'autres phases de la vie du produit, elles doivent être mémorisées dans un dispositif dénommé « la base de projet ». Etant donné que le produit à concevoir est une instance du modèle générique, la base de projet déduit ses concepts de base de ceux définis dans le modèle générique.



**Figure 2.** *Modèle proposé*

Suivant les argumentations susdites, la base nécessaire pour capitaliser et réutiliser le savoir-faire d'un bureau d'études sera caractérisée à travers une articulation des modules suivants (figure 2) :

- le modèle générique, intégrant les connaissances abstraites représentant les classes de produits.
- la base de cas, intégrant les connaissances concrètes précisant les produits individuels.

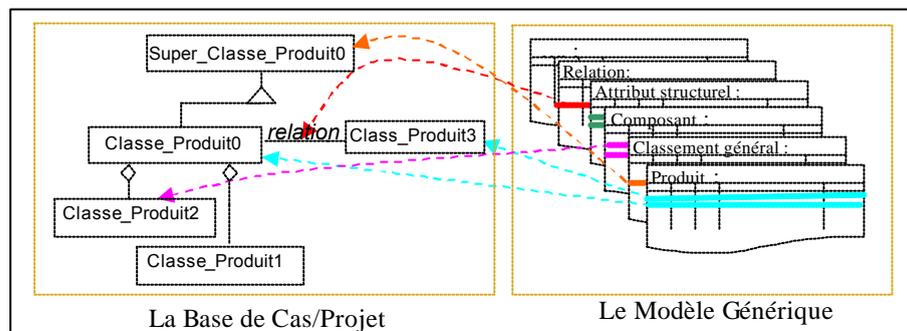
La base de projet contient la description de produit en cours de conception.

L'unité de modélisation, gère les connaissances capitalisées et interprète elles selon les besoins du concepteur.

Les interactions entre ces modules peuvent être interprétées comme suit :

- La base de cas et celle de projet sont établies selon les concepts interprétés par le modèle générique. Dans ce concept le modèle générique peut être considéré comme le métamodèle de la base de cas et celle de projet au travers duquel ces bases pourront être établie (figure 3).

- L'unité de modélisation non seulement se réfère aux contenus du modèle générique, de la base de cas et de celle de projet pour argumenter une solution, mais, elle sera aussi chargée de mettre à jour ces modules. Un lien interactif la relie au concepteur consultant le système d'aide à la conception.



**Figure 3.** Un exemple de modèle de données stockées dans d'une base de cas

### 3. Modèle générique de produit

Lors d'implémentation de modèle générique nous mettons nous accent sur les connaissances argumentant l'analogie entre les produits. Pour bien aboutir à cet objectif, la description symbolique de produits devient un moyen dominant. Selon cette approche, le produit sera précis à travers d'un ensemble de concepts, d'attributs et de relations entre eux (Takeda, 1996).

Les connaissances représentant des produits dans le modèle générique seront formulées de manière suivante :

- Classifier les produits selon leurs points communs et ceci à différents niveaux d'abstraction.

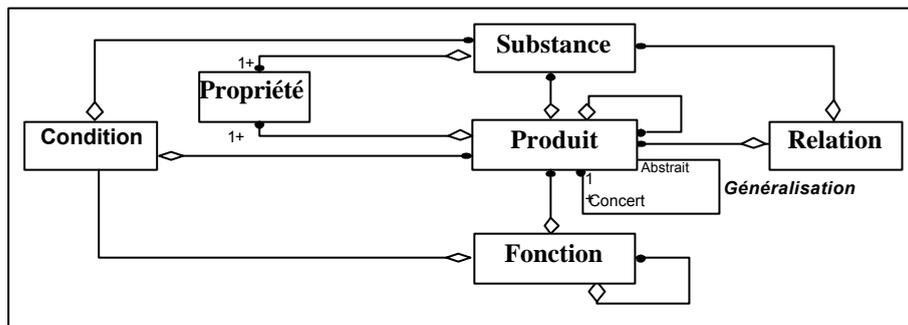
- Intégrer à chaque classe, les arguments justifiant la classification. Dans un contexte de conception mécanique, ces arguments peuvent concerner des informations telles que : les composants typiques de chaque membre d'une classe du produit et les relations entre eux, les attributs communs décrivant la structure, les

fonctions et les comportements des produits associés à une classe ainsi que d'autres informations significatives représentant une sorte de produit.

Pour caractériser les influences extérieures sur un produit donné, nous acceptons la notion « Substance », proposée par Bylander et Chandrasekaran (Bylander, 1985).

Selon cette ontologie, une substance sera interprétée en tant qu'objet qui circule dans un produit suivant une influence externe. Elle peut être une sorte de matière telle que l'eau, l'huile, le gaz etc. ou être un concept représentant un phénomène physique : l'énergie, la force, la chaleur, la température etc.

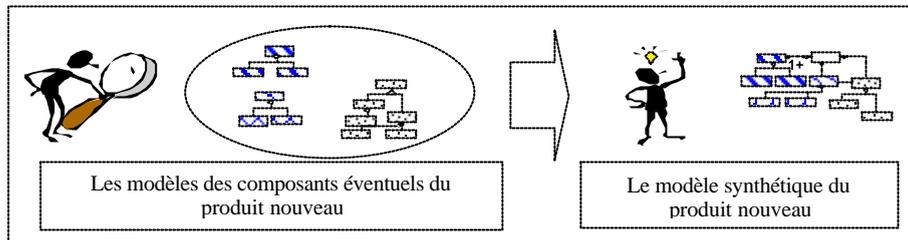
Pour faciliter la gestion des informations capitalisées dans le modèle générique, ces dernières doivent être organisées à travers un modèle de données approprié. Ce modèle de donnée distingue plusieurs catégories d'informations décrivant une classe de produit (figure 4).



**Figure 4.** *Modèle de données stockées dans le modèle générique*

Lorsque la classe du produit à concevoir se trouve dans le modèle générique, celui-ci met à notre disposition les informations générales le décrivant. A travers ces informations le concepteur sera capable de caractériser le concept du produit à concevoir et le système d'aide à la conception sera capable d'établir une base de projet appropriée pour mémoriser les spécifications du produit à concevoir.

Dans le cas contraire, où le produit à concevoir n'a aucune originalité dans le modèle générique, c'est au concepteur de dresser la base de projet. Cependant, comme dans la composition d'un produit innovant nous pouvons toujours trouver des dispositifs à priori connus, le concepteur pourra toujours consulter le modèle générique, des solutions techniques appropriées pour résoudre des problèmes partiels qui se manifestent pendant la conception d'un produit nouveau (figure 5). Pour aboutir à cet objectif, le problème de conception doit être décomposé en sous problèmes familiers au système d'aide à la conception.

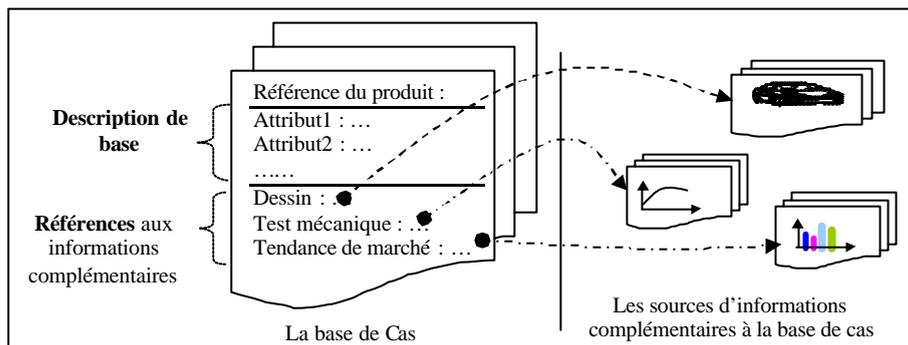


**Figure 5.** Consulter le modèle générique pour modéliser un produit nouveau

#### 4. Base de cas

Pour que le système d'aide à la conception soit capable d'argumenter la similarité entre un produit familier et celui à concevoir, il faut que les produits soient présentés dans un contexte familier au modèle générique.

Pour avoir une vue détaillée sur un produit, il a fallu intégrer à sa description de base des références aux informations nécessaire qui ne sont pas prévues dans le formalisme du modèle générique (figure 6).



**Figure 6.** Pour spécifier un cas, il est possible de pointer vers les informations complémentaires non prévues dans le modèle générique

Pour une consultation ultérieure, il faut enrichir la base de cas avec les spécifications du dernier produit conçu au bureau d'études .

#### 5. Unité de modélisation

L'unité de modélisation est le moteur de recherche dans notre système. Elle aide le concepteur à exploiter les connaissances capitalisées dans la base de cas et le modèle générique et à adapter ces connaissances aux exigences du projet en cours.

Dans ce concept, les principales fonctions de l'unité de modélisation sont les suivantes :

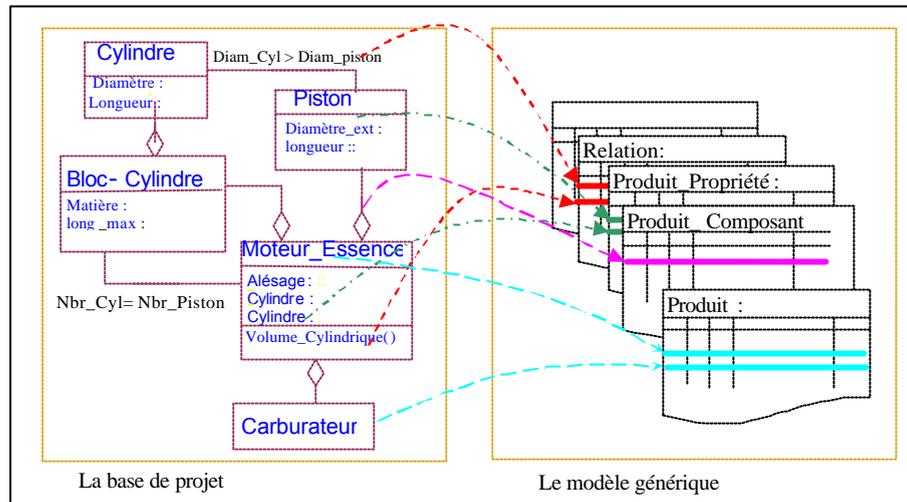
1. Assister le concepteur pour formuler les exigences du problème de conception.
2. Vérifier régulièrement la cohérence des informations saisies par l'utilisateur.
3. Rechercher dans le modèle générique le (ou les) prototype (s) susceptible (s) d'être le modèle de produit à concevoir.
4. Mettre en œuvre une structure de données appropriée pour stocker la spécification du produit à concevoir.
5. Proposer au concepteur des valeurs appropriées pour préciser les attributs du produit à concevoir.
6. Assister le concepteur pour mettre à jour le modèle générique et la base de cas.
7. Enrichir la base de cas suivant chaque processus de conception.
8. Annoncer le dernier état du projet en mettant à la disposition du concepteur la dernière spécification du produit à concevoir.
9. Examiner les contraintes non formalisées, entre les attributs quantitatifs décrivant le produit. Pour argumenter cette vérification, l'unité de modélisation exerce une étude statistique sur les spécifications des attributs, conditionnées par la contrainte envisagée, dans les différents produits similaires à celui à concevoir.

## **6. Base de projet**

C'est une base de données dans laquelle nous stockons la spécification du produit à concevoir. Lorsque le produit à concevoir a une identité propre dans le modèle générique, ce dernier dispose de l'ensemble d'informations de base indispensables pour structurer les données dans la base de projet (figure 7).

Le contenu de la base de projet évoluera pendant la conception du produit. Lorsque la description du produit dans le modèle générique est inadéquate ou lorsque le concepteur ajoute des composants au produit et que cette composition n'est pas prévue dans le modèle générique, la base de projet devra être convenablement développée. Une aptitude de l'unité de modélisation est d'offrir aux concepteurs la possibilité de développer la base de projet selon leurs besoins tout en garantissant la cohérence sur la partie de la base de projet qui est acquise du modèle générique.

On peut stocker dans la base de projet les spécifications de plusieurs versions du produit à concevoir. Ceci permet au concepteur de les analyser et de choisir la meilleure. Après validation du projet, les informations de la base de projet vont enrichir la base de cas.



**Figure 7.** Relation entre la base de cas et le modèle générique du produit

## 7. Un exemple démonstratif d'application de la méthode

Comme exemple de la mise en œuvre de notre approche de conception, nous envisageons la conception d'un moteur à essence ayant les spécifications initiales suivantes :

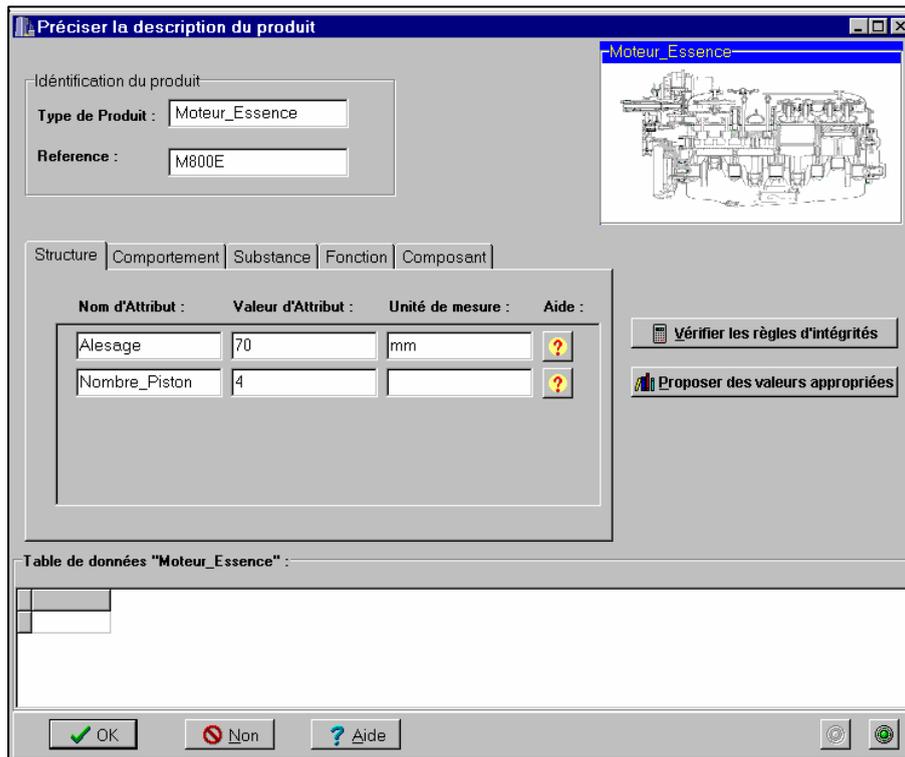
- Nombre de cylindres = 4
- Alésage = 70 (mm)
- Course du piston = 76 (mm)
- Cylindrée = 1200 (cm<sup>3</sup>)
- Rapport volumétrique = 9,25
- Puissance Max = 45 (ch)
- Fréquence de Rotation pendant la Puissance Max = 5000 (tr/mn)
- Couple Max = 10 (mkg)
- Fréquence de Rotation pendant le Couple Max = 3000 (tr/mn)

Cet exemple est une indication démonstrative d'application de notre méthode. C'est la raison pour laquelle nous avons simplifié le modèle du produit.

Il faut, tout d'abord, préciser ce que nous attendons de la description d'un moteur en terme général. Cette description générique sera mémorisée dans le modèle générique. Elle sera aussi consultée pour mettre à jour la base de cas conformément au contenu du modèle générique. Une fois que nous avons modélisé l'ensemble des types de produit envisagés dans notre application, il faut enrichir la base de cas avec les spécifications individuelles des produits ayant ces types. Pour remplir cette tâche

nous nous référons aux descriptions de différents moteurs montés sur les Renault 4 et Renault<sup>1</sup>.

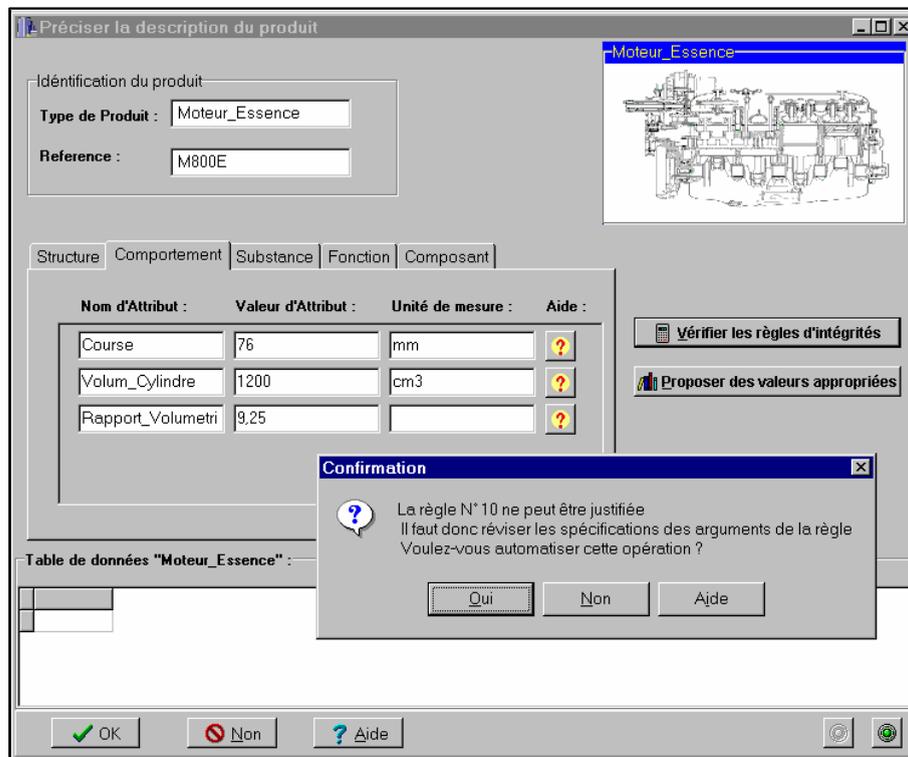
Lorsque nous choisissons la conception d'un moteur essence, l'unité de modélisation introduira une boîte de dialogue appropriée pour spécifier le nouveau moteur (figure 8). Si c'est le premier produit de ce type que nous spécifions, l'unité de modélisation ajoutera à la base de projet des tables de données appropriées pour mémoriser la description du nouveau moteur.



**Figure 8.** Spécifier un moteur à essence

Une fois la spécification initiale du produit à concevoir achevée, nous examinons les règles d'intégrités qui l'engagent (figure 9). Lorsqu'une règle envisagée est formalisée, elle sera vérifiée de manière automatique par l'unité de modélisation. Dans le cas où la règle ne pourrait être satisfaite, il faut donc réviser les descriptions des paramètres qui sont engagés par celle-ci.

1. Les données techniques sont acquises de différents ouvrages de la série *Revue Technique Automobile*.



**Figure 9.** Vérifier les règles d'intégrité

Dans le cadre de notre exemple de conception du moteur, nous pouvons constater que la spécification initiale attribuée au nouveau moteur à essence est incohérente. La raison se trouve dans l'insatisfaction de la règle N° 10 selon laquelle la cylindrée du moteur est en relation avec le nombre de pistons du moteur, l'alésage du moteur et la course du piston. Pour régler ce problème, si nous choisissons l'option de régularisation par défaut, l'unité de modélisation modifiera la cylindrée du moteur en fonction des autres paramètres du moteur. Dans ce cas, la cylindrée sera corrigée à 1 170 cm<sup>3</sup>.

La vérification des règles d'intégrités qui ne sont pas formalisées est à la charge du concepteur : la puissance maximum du moteur dépend de la spécification des propriétés du moteur telles que son alésage, la course du piston, sa cylindrée et son rapport volumétrique. Dans ce cas, l'unité de modélisation nous interrogera si la règle envisagée peut être justifiée ou non ? Lorsque les paramètres engagés par une règle non formalisée sont quantifiables, l'unité de modélisation nous offre la possibilité d'évaluer la règle à travers une étude statistique sur les spécifications des produits similaires à celui à concevoir. Dans l'exemple de la conception du moteur à

essence lorsque nous demandons une étude statistique pour vérifier si la spécification initiale de la puissance maximum du moteur est en accord avec les descriptions des autres propriétés du moteur, la réponse sera négative. Dans ce cas là, pour satisfaire la règle d'intégrité, l'unité de modélisation nous proposera la valeur 37.23ch pour spécifier la puissance maximum du moteur. Cette estimation sera argumentée à travers une régression linéaire sur les descriptions de 12 moteurs les plus similaires à celui à concevoir.

La description initiale, que nous avons formulée pour identifier le nouveau moteur, ne précise pas toutes les caractéristiques du moteur. Donc, pour accomplir la description du moteur, l'unité de modélisation recherche dans la base de cas le produit le plus similaire à celui à concevoir. Cette recherche sera argumentée en fonction de la description initiale du produit à concevoir pondérée par des notes représentant l'importance de chaque critère de recherche selon le concepteur (figure 10).

**Rechercher le produit le plus similaire à celui à concevoir**

Identification du produit

Type de Produit : Moteur\_Essence

Reference : M800E

Critères de recherche

Reference :	Catégorie :	Spécification :	Poids (0-10)
Course	Comportement	76	8
Volum_Cylindre	Comportement	1200	10
Rapport_Volumetri	Comportement	9,25	8
Nombre_Piston	Structure	4	10

Demarrer la recherche

Produit le plus similaire

Reference : C2J-P.7.13      Ordre de Similarité: 66      Démonstration

Liste des produits les plus similaires à celui à concevoir

Relancer le processus de recherche      Confirmer le produit sélectionné

Produit	Ordre_Similarite
C2J-P.7.13	66
847M7-12	64,57

OK    Non    Aide

Figure 10. Rechercher le produit le plus similaire à celui à concevoir

Les 9 caractéristiques initialement fixées du moteur à concevoir seront utilisées pour trouver, parmi les produits de type « Moteur\_Essence » mémorisés dans la base de cas, le plus analogue au nouveau moteur. Dans cet objectif, l'unité de modélisation rangera les 16 moteurs à essence, capitalisés dans la base de cas, selon l'ordre de leurs similitudes au nouveau moteur. Suivant cette opération nous trouverons que le moteur « C2J-P.7.13 », monté sur les Renault R5 TX modèle 81, est ce que nous cherchions.

## 8. Conclusion

Avant d'être utilisé, le système d'aide à la conception proposé doit être équipé des connaissances susceptibles d'être consultées pendant la conception. La qualité de connaissances capitalisées dépend non seulement des exigences, manifestées pendant les processus de conception, mais aussi des capacités des moyens utilisés pour capitaliser et exploiter ces connaissances. Ce qui signifie que l'implémentation du système d'aide à la conception exige d'avoir une forte base sur la matière de conception mais aussi de bien maîtriser la technique de capitalisation des connaissances. Cependant, les principes d'utilisation d'un tel système sont simples et ne nécessitent aucune compétence particulière en informatique. Selon cette argumentation, nous distinguons l'implémentation du système d'aide à la conception de son utilisation pour une application bien particulière. L'approche proposée trouve ses particularités dans les points suivants :

– La mise en œuvre d'une structure de données orientée objet qui est appropriée pour stocker les descriptions d'un produit. Ce modèle de données distingue les descriptions structurelles, comportementales et fonctionnelles du produit. Il permet aussi de formuler plusieurs description d'un produit chacun lui présente à un niveau d'abstraction différent. Un projet de conception pourra donc être démarré en connaissant la classe la plus générique du nouveau produit. Les connaissances acquises du modèle générique de produit assisteront le concepteur pour affiner son choix de départ.

– L'aspect modulaire des données rend plus flexible la manipulation des données. Selon cette facilité, la description d'un produit complexe peut être divisée en plusieurs parties. Ce qui permet au concepteur de spécifier le nouveau produit composant par composant, ainsi que de synthétiser un modèle nouveau de produit en combinant les différents prototypes de produit.

– La distinction claire entre les connaissances générales et individuelles décrivant un produit rend très facile la maintenance de la base de connaissances. Selon la performance de l'unité de modélisation lorsqu'une modification du modèle générique aura lieu, la base de cas pourra être mise à jour de manière automatique.

## 10. Bibliographie

- Bylander T., Chandrasekaran B., «Understanding Behavior Using Consolidation», *Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1985, p. 450- 454
- Goel A.K., Bhatta S., Stroulia E., «Kritik: An Early Case-Based Design System», Mary Lou Maher, Pearl Pu (eds.) *Issues and Applications of Case-Based Reasoning to Design*. Lawrence Erlbaum associates, 1997 ftp://ftp.cc.gatech.edu/pub/ai/goel/kritik.ps
- Goel A.K., «Design, Analogy, and Creativity», *IEEE Expert Special Issue on AI in design*, 11 avril 1997 ftp://ftp.cc.gatech.edu/pub/groups/ai/goel/murdock/ieexpert97.ps
- Moazemi Goudarzi A., Sadi Y., Artigue F., «Raisonnement à base de cas pour la conception d'un système mécanique complexe», *IDMME'2000*, Montréal- Canada, 3-5 mai 2000.
- Qian L., Gero J.S., "A Design Support System Using Analogy", *Second International Conference on AI in Design*, Kluwer Academic Publishers, 1992, p. 795-813
- Rosenman M.A., Gero J.S., Modeling multiple views of design objects in a collaborative CAD environment, 1994, <http://www.arch.su.edu.au/~john/publications.html>
- Takeda H., «Analysis of Design Processes by Function, Behavior and Structure», *Analyzing Design Activity*, Editor: N. CROSS, Edition : John Wiley & sons , 1996, P. 187-209
- Thoraval P., «Système intelligents d'aide à la conception : ARCHIX & ARCHIPEL» *Thèse de doctorat*, l'université de technologie de COMPIEGNE, 1991
- Vargas C., Yvars P.A., «Un langage pour la modélisation de processus de conception en ingénierie de systèmes mécaniques» *First International Conference; IDMME'96*, Nantes-France, 15- 17 Avril 1996
- Watson I., Marir F., «Case-Based Reasoning: A Review», *The Knowledge Engineering Review*, vol. 9, 1994, <http://www.ai-cbr/classroom/cbr-review.html>