

Knowledge Aided Design: les démarches de PSA et de SNECMA / Techspace Aéro.

Patrick Serrafero * — **Catalina Vargas **** — **Daniel Renson *****

* KADE-TECH, 17 chemin du Petit Bois, F-69130 Lyon-Ecully
patrick.serrafero@kadetech.fr

** PSA, DTII/GIE/PMT/ICM, 71 bd National, F-92256 La Garenne Colombes
vargas@calvanet.calvacom.fr

*** TECHSPACE Aéro, Groupe SNECMA, 121 route de Liers, B-4041 Mirmort
daniel_renson@techspace-aero.be

RÉSUMÉ : Une nouvelle génération d'outils d'Ingénierie Numérique, dite cognitive (ou « Knowledge Aided Design » en anglais), vient désormais compléter les générations graphique de la DAO, géométrique de la CAO et paramétrique de l'IAO. Alliant à la fois des connaissances détenues par l'homme et la machine, ces outils de « Conception Assurée par les Connaissances » servent à la fois une finalité d'assurance qualité des conceptions, de réduction des cycles de conception routinière et de simultanéité des conceptions des couples Produit/Process. Cet article présente les expériences de 2 sociétés industrielles européennes - PSA et SNECMA/TECHSPACE Aéro - en Conception Assurée par les Connaissances ainsi que la démarche et les outils mis en oeuvre. Sans méthodologie structurée de recueil des connaissances, ces nouveaux outils cognitifs restent des contenants vides, sans utilité. Prendre alors conscience du cycle de vie des connaissances, au sens du macroscopie opérationnel ECRI proposé ici, prépare le succès dans le déploiement de ces outils d'assurance qualité et de productivité des Bureaux d'Etudes et d'Ingénierie.

ABSTRACT : A new generation of Digital Engineering tools, so called cognitive or « Knowledge Aided Design », is now enhancing the graphical generation of Computed Aided Drafting, the geometrical generation of Computer Aided Design and the parametric generation of Computer Aided Engineering tools. Based on knowledge from both man and machine, these Knowledge Aided Design tools are meant for quality assurance in design, time reduction in routine design and simultaneous design of Product/Process couples. This article introduces the experiences of 2 european industrial companies - PSA et SNECMA/TECHSPACE Aéro - in Knowledge Aided Design as well as the approach and the deployed tools. Without any structured methodology for knowledge gathering, these new cognitive tools are useless empty contents. Thus, becoming aware of the life cycle of knowledge, as introduced by the ECRI operationnal macroscopie, contributes to the success in deploying such quality assurance and productivity tools for the Design and Engineering Offices.

MOTS-CLES : CAO cognitive, bases de connaissances, Conception Assurée par les Connaissances, assurance qualité, cycle de vie des connaissances, méthodologie cognitive, conception routinière, conception innovante.

KEY WORDS : cognitive CAD, knowledge base, Knowledge Aided Design, quality assurance, knowledge life cycle, cognitive methodology, routine design, innovative design.

1. Introduction

Dans une interview technique à Capital Métier n°3, Monsieur Bernard GIRARD, Directeur de l'Innovation et Maîtrise des Technologies Informatiques au sein de la Direction des Technologies de l'Information et de l'Informatique de PSA indique: [GIR 96]

— "Dans un marché automobile hyper concurrentiel, le groupe PSA s'adapte en permanence afin de réduire ses coûts, les cycles de développement de ses nouveaux véhicules et d'en augmenter la qualité. Pour atteindre ce triple objectif, il nous faut mettre en oeuvre des organisations, des méthodes de travail et des outils aptes à permettre à nos équipes de travailler ensemble, mieux et plus vite (...). Un de nos axes de travail relève de la formalisation des règles métier. Le recueil des connaissances, qui exige psychologie et rigueur méthodologique, est fondamental et ce avant même d'aborder la formalisation des savoir-faire ...".

Ainsi, depuis près d'une dizaine d'années, le groupe PSA s'est engagé dans une démarche pionnière et structurée de conservation et de réutilisation de ses savoir-faire de conception. Plusieurs applications métier, notamment de conception de brochures d'usinage, de vilebrequins, ont déjà été déployées. Des gains de temps, par des facteurs de 40 fois supérieur aux processus classiques, ont pu être constatés. A la suite des résultats probants du projet européen DEKLARE, PSA a choisi KADE-TECH pour industrialiser un outil logiciel de "Knowledge Aided Design" dénommé KADVISER, accompagné d'une méthode de recueil des savoir-faire de conception, dénommée CYGMA.

Parallèlement à la démarche industrielle de PSA, d'autres sociétés, de taille plus modeste mais appartenant à de grands groupes européens sensibles à la condensation de leur savoir faire de conception, ont contacté KADE-TECH pour engager des actions en Conception Assurée par les Connaissances. Au sein notamment du groupe SNECMA, c'est le cas de la division française SEP et de la société belge TECHSPACE Aéro. La démarche et les actions SEP ayant déjà été présentées à la presse spécialisée [SEP 98], le cas du motoriste et équipementier belge TECHSPACE Aéro est ici retenu.

2. Objectifs industriels de PSA et TECHSPACE Aéro

PSA, constructeur automobile généraliste français, s'est doté d'une Charte de Développement Produit qui établit une nouvelle logique de conduite projet. Les métiers ne sont plus désormais cloisonnés mais collaborent ensemble à la conception du produit automobile dans une structure nouvelle appelée "plateau". La Charte de Développement Produit a rendu nécessaire la modélisation des processus de conception à partir desquels une organisation du travail en commun a été définie, dénommée aussi "Ingénierie Simultanée". L'objectif est d'obtenir la définition numérique (à 100%) de toutes les pièces (à 100%) d'un véhicule, dans une logique de généralisation de maquette numérique en développement produit [GIR 96].

TECHSPACE Aéro, société belge, est un motoriste de premier plan dans le secteur aéronautique et spatial, spécialisée dans les équipements et les sous-ensembles de moteurs d'avions: système de lubrification, compresseurs basse pression, support de paliers et autres composants critiques. Pour affronter la concurrence internationale et mieux répondre aux attentes de ses clients, cette filiale du groupe SNECMA s'est fixé comme objectif la réduction drastique de ses coûts et délais de conception comme de production tout en améliorant la qualité de ses produits. Pour cela, TECHSPACE Aéro s'est engagée, en 1996, dans une stratégie d'envergure: capitaliser ses savoir-faire et standardiser ses règles de conception/fabrication.

3. Conception technique et Techniques de conception

S'intéresser à ses savoir faire de conception consiste déjà à identifier correctement les objets techniques sur lesquels s'appliquent les techniques et connaissances de conception. Ils peuvent être résumés par les "6P":

- "**plant design**": conception d'usines et d'ateliers de fabrication (ex: usine d'assemblage de l'Airbus A3XX, atelier de ferrage, atelier de production d'éléments de tuyauterie, atelier de fabrication de pièces élémentaires par enlèvement de copeaux, ...),
- "**product design**": conception de produits et de composants industriels (ex: voiture, avion, direction assistée automobile, compresseurs basse pression, ...),
- "**part design**": conception de pièces élémentaires (ex: vilebrequin, pièce plastique soufflée, pièce en tôle découpée et pliée, pièce moulée, ...),
- "**prototype design**": conception de formes et prototypes rapides (ex: stéréolithographie, "Fused Deposition Modeling", outillage rapide, ...),
- "**process design**": conception de processus et gammes (ex: gammes d'usinages, d'assemblage, de contrôle, de maintenance, ...),
- "**price design**": conception de devis et chiffrages (ex: devis et dimensionnement de pompes et de turbines, chiffrage d'installations industrielles de production, ...).

Les actions en Conception Assurée par les Connaissances engagées par PSA et SNECMA / TECHSPACE Aéro présentées ci-après relèvent toutes deux du "Product Design" avec pour objet d'étude respectivement la conception de composants mécaniques automobiles de liaison au sol et la conception de groupes de lubrification de technologie Géroto.

4. Conception routinière vs conception innovante

Divers processus de conception sont traditionnellement distingués. Il s'agit des notions de conception routinière et de conception innovante déjà présentés dans [VAR 95] [SER 97].

Le cas des composants mécaniques de liaison au sol de PSA relève de la conception routinière avec ouverture sur la capitalisation inductive de règles innovantes.

Le cas des groupes de lubrification de technologie Gérotor de TECHSPACE Aéro relève de la conception routinière.

5. Une méthode commune: la méthodologie CYGMA

Pour les 2 cas présentés, la méthodologie CYGMA (CYcle de vie et Gestion des Métier et des Applications), développée par KADE-TECH depuis 10 ans, a été utilisée pour le recueil et la formalisation des connaissances industrielles de conception.

CYGMA définit plusieurs niveaux de granularité dans les connaissances constituant un métier donné [SER 95]. En particulier:

- **le métier** d'une entreprise industrielle (*ex: constructeur automobile*) est décomposé en plusieurs filières métier (*ex: style, plasturgie, ferrage, emboutissage, électricité, ...*),
- **une filière métier** (*ex: filière emballage cosmétique*) est décomposée en plusieurs domaines métier (*ex: domaine des étuis de rouges à lèvres cylindriques, des étuis polygonaux, ...*),
- **un domaine métier** (*ex: domaine des pièces découpées et pliées à pliage droit*) est décomposé en plusieurs compétences métier (*ex: compétence métier de conception des pièces découpées et pliées, compétence métier de conception des outillages associés, compétence métier de génération des codes TGAO associés, ...*),
- **une compétence métier** (*ex: conception des essieux d'un bogie de train*) est décomposée en plusieurs connaissances métier (*ex: la distance axiale entre 2 disques de frein est supérieur à 1 fois le diamètre de l'essieu*). La compétence métier est le niveau de granularité le plus fin de CYGMA pour lequel une action de capitalisation et de formalisation des connaissances de conception est engageable. Une telle action aboutit à un document de référence correspondant à un recueil des connaissances de conception baptisé « Bréviaire¹ de Connaissance »,
- **une connaissance métier** est capitalisée sous forme de fiche CYGMA, constituant élémentaire du Bréviaire de Connaissance.

¹ « 2. Litt. Livre auquel on se réfère souvent et que l'on considère comme un guide, un modèle » (Le Petit Larousse illustré, Edition 1998).

Les connaissances d'un bréviaire CYGMA sont alors catégorisées selon 4 axes:

- **le processus métier:** recueil de fiches d'activités permettant de capitaliser les "4S" du processus de conception, à savoir la *stratégie de conception* (i.e.: représentation tridimensionnelle du processus), le *script de conception* (i.e.: représentation bidimensionnelle du processus de conception), les *scénarii de conception* (i.e.: chemins monodirectionnels génériques sans aller et retour de conception) et les *sessions de conception* (i.e.: magnétoscopes historiques du processus de conception sur un cas de conception donné),
- **l'expertise métier:** recueil de fiches de règles structuré selon les "3C" en *contraintes de conception, conseils de conception, choix de conception* et permettant d'identifier les contraintes dites « dures » (i.e.: non négociables et non relaxables) jusqu'à celles dites « molles » (i.e. négociables et relaxables),
- **le vocabulaire métier:** recueil de fiches de termes, organisées selon un réseau sémantique constitué d'agrégations et de généralisations et permettant de définir l'ensemble de la terminologie métier de l'objet conçu. En particulier, les *vues fonctionnelle et organique*, identifiées par PSA lors du projet DEKLARE, structurent les différents termes selon plusieurs points de vues métier complémentaires,
- **l'expérience métier:** recueil de fiches de cas structuré en 3 parties: le *référentiel métier* correspondant à un ensemble de cas de référence de conception réussies, le *bétisier métier* correspondant à un ensemble de cas ratés de conception et le *hors-compétence métier* correspondant à des cas de conception ne relevant pas de la compétence métier capitalisée.

6. Un outil commun: l'atelier KADVISER

Pour les 2 cas présentés, PSA et TECHSPACE Aéro complètent leur outil de CAO habituel de l'atelier Kadviser destiné au développement d'A.M.I. (Applications Métier Industrielles) en "Conception Assurée par les Connaissances".

Défini comme « Atelier d'Assistance Métier », Kadviser n'est pas un modéleur géométrique de CAO, il en est le complément intelligent pour la formalisation (en langage naturel) et l'exploitation (par simulation de raisonnements déductifs) des savoir-faire de conception, organisés en bases de connaissances.

Développé en étroite partenariat avec PSA, sur la base des résultats du projet européen DEKLARE [VAR 97] et des technologies logicielles de l'atelier CAD-X1, Kadviser sert des finalités:

- d' « Assurance Qualité en Conception »,
- de « Conception Routinière ouverte à l'Innovation Inductive » et
- de « Conception Simultanée de Couples Produit/Procédés ».

6.1 *Kadviser et l'Assurance Qualité*

La mise en place de systèmes d'Assurance Qualité dans les Bureaux d'Etudes de l'Industrie est une démarche de fond engagée dans l'industrie depuis l'avènement des normes ISO9000. En particulier, la norme ISO9001 est spécifiquement centrée sur les processus de conception et correspond à la certification la plus difficile à obtenir.

A partir de la fourniture, par le service marketing, du cahier des charges - supposé parfaitement rédigé - d'un futur produit industriel à concevoir, la non-qualité en conception provient essentiellement de 7 facteurs:

- **f1**: le non-respect des fonctions à remplir,
- **f2**: la non-résistance des pièces élémentaires aux conditions d'emploi,
- **f3**: la non-fabricabilité des pièces élémentaires,
- **f4**: la non-montabilité des pièces élémentaires en organes intermédiaires,
- **f5**: un degré d'innovation maîtrisée insuffisant,
- **f6**: le non respect du coût de revient objectif,
- **f7**: un temps de cycle de conception trop long.

La contribution de Kadviser à l'assurance qualité en conception sur tous ces facteurs est assurée de la façon suivante:

- **facteur f1**: par l'exploitation de la vue fonctionnelle du produit à concevoir, Kadviser assure la création des fonctions demandées et des organes correspondants ainsi que la cohérence et la compatibilité fonctions/organes,
- **facteur f2**: par couplage aux outils de simulation numérique et de calculs par éléments finis et utilisation éventuelle de techniques des plans d'expérience, Kadviser propose des géométries mécaniquement, thermiquement, ... techniquement vérifiés, éventuellement optimisées,
- **facteur f3**: par exploitation réversible de règles de fabrication, Kadviser vérifie, en temps réel, la fabricabilité des pièces conçues voire contribue à la définition simultanée des outillages et des gammes,
- **facteur f4**: par exploitation de règles de montage, éventuellement par couplage à la Maquette Numérique et par utilisation de la vue organique du produit à concevoir, Kadviser vérifie, en temps réel, la montabilité des pièces conçues et les passages géométriques des outillages,
- **facteur f5**: par exploitation de règles auxiliaires de conception, dénommées « règles innovantes » et définies interactivement par l'opérateur en cours de session de conception, Kadviser permet la recherche de solutions optimisées faisant l'objet de spécificités et/ou d'innovations complémentaires à l'expertise métier déjà disponible. En cas de contradiction avec cette expertise métier déjà existante et afin d'assurer un processus cohérent et maîtrisé de gestion des propositions d'innovation, Kadviser relaxe les règles auxiliaires au bénéfice des règles métier déjà labellisées,

- **facteur f6:** par exploitation de règles de coût sur les processus de production et les faisabilités techniques, Kadviser permet d'estimer, à défaut de garantir, les budgets d'industrialisation nécessaires afin de détecter très tôt toute dérive budgétaire potentielle,
- **facteur f7:** par reproduction automatique des processus routiniers de conception, Kadviser permet de réduire les cycles de conception des produits, pièces et procédés par des facteurs de 30% à 3000%.

6.2 Kadviser et la Conception Routinière ouverte à l'Innovation Inductive

Kadviser est positionné sur l'activité de conception routinière « juste du premier coup au moindre coût » tout en offrant un mécanisme original d'ouverture à la conception innovante.

Concevoir de manière routinière un objet consiste à se rapprocher le plus possible d'un ou plusieurs cas de conception déjà existants, dit cas de référence et appartenant à l'expérience métier de l'entreprise. Par un postulat de continuité et d'extrapolation, la conception routinière suppose la permanence du vocabulaire métier, de la structure organique et fonctionnelle de l'objet conçu, des matériaux utilisés, des règles d'ingénierie utilisées (montabilité, fabricabilité, résistance, ...) et de la démarche opératoire de conception. La conception routinière s'insère donc dans une démarche de « non-réinvention de la roue », de « prévention des trous de mémoire technique », de « redesign », d' « optimisation des conceptions passées », de « reconduite des solutions adaptées », de « réduction des cycles de conception par réutilisation de cheminements intellectuels déjà formalisés ».

Dans le cas d'une conception routinière sous-contrainte aboutissant à un objet non totalement défini (i.e.: pour lequel des paramètres restent imprécis et compris dans des domaines numériques), Kadviser offre 2 mécanismes de convergence vers une solution terminée:

- **m1:** le choix direct interactif des valeurs numériques restant imprécises (ex: le diamètre du stylo vaut 11 mm, sachant qu'il doit être compris entre 10 et 12 mm),
- **m2:** la spécification interactive d'une nouvelle règle, dénommée « règle innovante », reliant plusieurs paramètres imprécis entre eux (ex: le diamètre du stylo vaut 10% de sa longueur) pour faire converger indirectement, par propagation de contraintes, l'ensemble des paramètres restant à définir.

Le mécanisme m2 ne garantit pas la généralité de la règle innovante sur l'ensemble de l'expérience métier (i.e.: sa vérification pour tous les cas de référence respectant déjà les règles métier existantes) mais permet simplement de capitaliser une « innovation induite » par l'opérateur sur un cas en cours de conception.

Ainsi donc, cette règle innovante particularise la conception du produit par rapport aux règles métier routinières. Elle devient alors une candidate idéale, si elle a le bon goût d'être réutilisable régulièrement dans d'autres sessions de conception, au statut de « conseil métier titularisé » (i.e.: règle métier que l'on tente de satisfaire si on le

peut et que l'on relaxe immédiatement en cas de contradiction). Les conseils métier qui sont régulièrement vérifiés et respectés par tous les cas de référence sont alors soit des « contraintes métier » oubliées soit des « redondances métier » dérivables indirectement des contraintes métier déjà existantes.

Dès lors, Kadviser propose la maîtrise de l'innovation inductive selon le cycle suivant: après validation par les experts responsables des bases de connaissances, un statut de « conseil métier » est attribué à la règle innovante induite puis, si elle apporte régulièrement de la valeur ajoutée et ne correspond pas à une redondance métier, le statut de « contrainte métier » lui est alors associé.

Ce cycle de capitalisation « règle innovante / conseil métier / contrainte métier » permet alors de passer de « l'induction particulière innovante à la déduction générique routinière ».

6.3 Kadviser et la Conception Simultanée de Couples Produit/Process

Kadviser est fondé sur un modèle couplé et multi-vues Produit/Process (baptisé « Ductcess », contraction de Product/Process) permettant la génération automatique ou semi-automatique de modèles géométriques du produit et de ses procédés de fabrication. Un mécanisme automatique de cohérence inter-vues est aussi proposé.

Kadviser correspond à la 2ème génération d'outils cognitifs en « Conception et Fabrication Assurées par les Connaissances » dite aussi « Knowledge Aided Design / Knowledge Aided Manufacturing » [SER 97] selon le positionnement suivant:

Génération	Positionnement temporel	Bases conceptuelles	Exemples d'outils
1ère génération CAD/CAM ²	[1960 - 1980]	"Graphic-based"	AUTOCAD12 ³
2ème génération CAD/CAM	[1970 - 1990]	"Geometry-based"	EUCLID3 ⁴
3ème génération CAD/CAM	[1980 - 2000]	"Feature-based"	PRO-ENGINEER15 ⁵
1ère génération KAD/KAM	[1990 - 2010]	"Rule-based"	CAD-X1 ⁶ + CFAO
2ème génération KAD/KAM	[2000 - 2020]	"Ductcess-based"	Kadviser⁶ + CFAO

Le sens sémantique le plus large de « Ductcess », défini pour la première fois lors d'un séminaire de travail OTAN en Conception Simultanée [OTA 94], correspond au triplet "processus de conception / produit conçu / procédé de fabrication".

² « Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing », traduction anglo-saxonne de CFAO.

³ Marque déposée de AUTODESK.

⁴ Marque déposée de MATRA-DATAVISION.

⁵ Marque déposée de PARAMETRIC TECHNOLOGY Corporation.

⁶ Marque déposée de KADE-TECH.

7. La réalisation de PSA sous CYGMA et Kadviser

L'une des bases de connaissances de PSA ayant suivi l'ensemble du cycle de vie CYGMA et de modélisation des connaissances de conception Kadviser permet la conception de composants mécaniques automobiles de liaison au sol.

Fondé sur 33 termes métier, 54 règles métier et 7 activités métier, le bréviaire de connaissances a été rédigé en 5 mois calendaires à l'aide de la méthodologie CYGMA. La base de connaissance résultante, couplée au modelleur géométrique CATIA, correspond à une Application Métier Industrielle (A.M.I.) et a été élaborée en 7 mois sur Kadviser.

A partir de la définition du cahier des charges fonctionnel du composant mécanique de liaison au sol et du couplage aux bases de données et de composants standards de PSA, l'A.M.I. de PSA propose, en moins d'une heure, le dimensionnement, l'architecture organique, la définition géométrique tridimensionnelle et la mise en plan automatique d'une solution technique adaptée au cahier des charges.

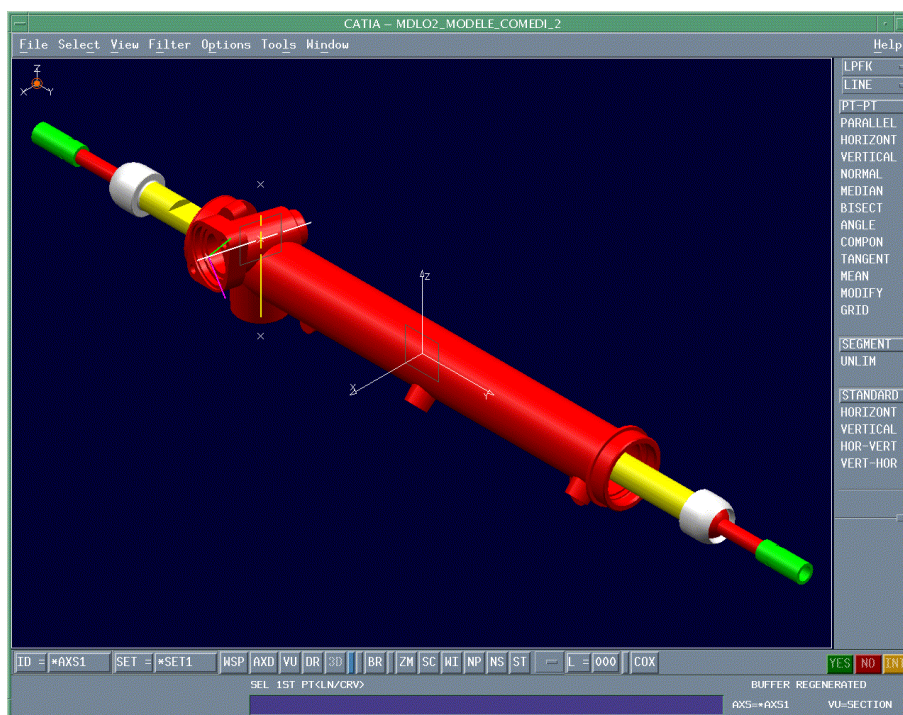


Figure 1. Sortie géométrique tridimensionnelle CATIA du composant mécanique de liaison au sol, conçu et mis en plan par l'Application Métier de PSA.

8. La réalisation de TECHSPACE Aéro sous CYGMA et Kadviser

L'A.M.I.⁷ GEROTOR est l'une des bases de connaissances de TECHSPACE Aéro développée sous CYGMA et Kadviser.

Fondé sur 25 termes métier, 50 règles métier et 10 activités métier, le bréviaire de connaissances a été rédigé en 4 mois calendaires. La base de connaissance est en cours de réalisation. La première version a été livrée en 2 mois calendaires.

A partir des spécifications client relatives au circuit de lubrification du turboréacteur et du couplage aux connaissances de conception des algorithmes existants de TECHSPACE Aéro en dimensionnement hydraulique, l'A.M.I. GEROTOR propose, en moins de 30 minutes, le dimensionnement, l'architecture organique et la définition géométrique tridimensionnelle d'une solution technique pour l'ensemble hydraulique d'un groupe de lubrification.

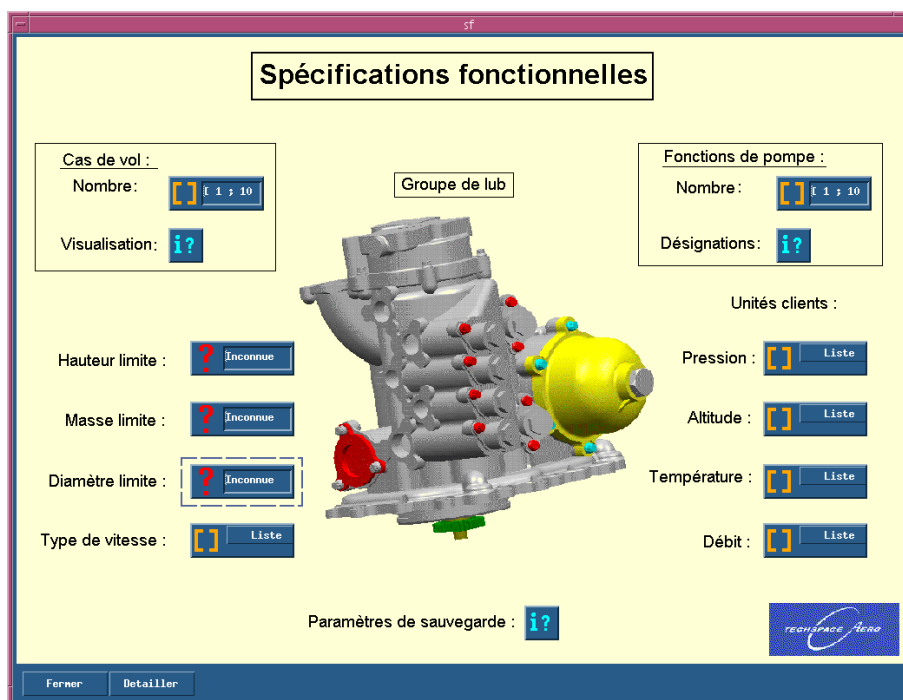


Figure 2. Saisie des spécifications client pour le dimensionnement d'une pompe hydraulique conçue par l'A.M.I. GEROTOR de TECHSPACE Aéro.

⁷ Application Métier Industrielle

9. Vers le microscope ECRI de la connaissance

La nature intrinsèquement complexe et multi-formes de la connaissance nécessite des outils de compréhension de son essence et de gestion de son cycle de vie.

Dans le cadre de travaux de recherche menés en commun avec le CEA, KADE-TECH travaille à la prochaine génération d'outils méthodologiques de recueil et de formalisation des connaissances, fondée sur la notion de microscope opérationnel. Le microscope, outil conceptuel proposé en 1975 par Joël De ROSNAY [ROS 75] est, à l'image du microscope pour l'infiniment petit et le télescope pour l'infiniment grand, l'instrument de maîtrise de l'infiniment complexe.

Ainsi, le microscope opérationnel ECRI⁸ de la connaissance, dérivé du microscope théorique MKSM⁹ inventé par Jean Louis ERMINE [ERM 96] au CEA, prévoit les 4 facettes opérationnelles suivantes pour la gestion du cycle de vie des connaissances:

- « **E** » pour Evolution Métier,
- « **C** » pour Culture Métier,
- « **R** » pour Routine Métier,
- « **I** » pour Innovation Métier.

et intègre 3 évolutions majeures non traitées par CYGMA:

- **le cône cognitif ECRI** pour la représentation des connaissances constituant une compétence métier et émergeant à l'origine de « Rien » (i.e.: pas de connaissance métier),
- **un axe temporel Passé / Présent / Futur** pour la formalisation des aspects génétique et évolutif de la connaissance,
- **une partition Routine / Innovation** pour la formalisation des notions de « Connaissances Standards » et « d'Entreprise Apprenante ».

Le cône cognitif ECRI est séparé horizontalement par un plan en 2 demi-espaces:

- le « demi-espace E » de l'Evolution Métier (i.e.: le Futur Métier),
- le « demi-espace C » de la Culture Métier (i.e.: le Passé Métier),
- le « plan de la Pratique » des Règles et Inductions Métier (i.e.: le Présent Métier),

et verticalement en 2 demi-cônes à 7 niveaux R-I de maturité:

- le « demi-cône R » de la Routine pour la standardisation des connaissances,
- le « demi-cône I » de l'Innovation pour l'apprentissage des connaissances.

⁸ Marque déposée de KADE-TECH.

⁹ Marque déposée du COMMISSARIAT à l'ENERGIE ATOMIQUE.

L'architecture proposée pour le macroscopie opérationnel ECRI des connaissances d'une compétence métier est donc:

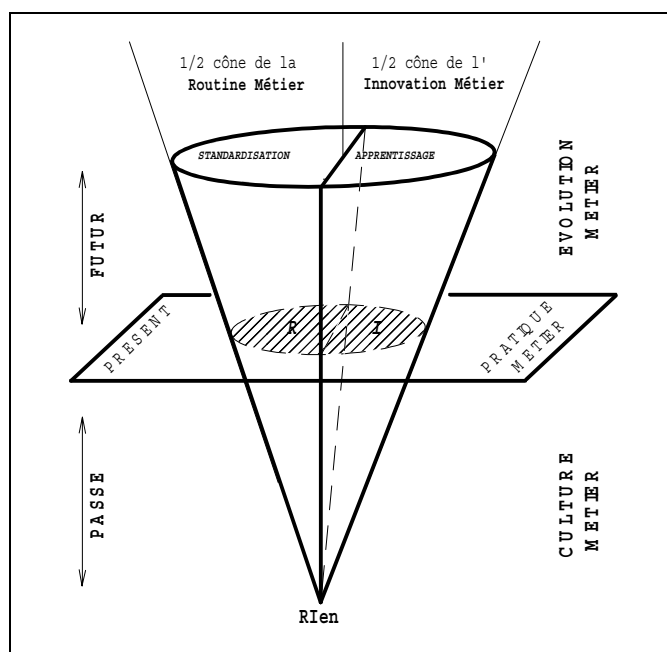


Figure 3. Architecture du macroscopie opérationnel ECRI des connaissances d'une compétence métier.

La décomposition des 7R du **demi-cône de la Routine** propose le cycle de vie suivant pour les *connaissances standardisées*:

- le **niveau RIEN**: point de départ d'une compétence métier,
- le **niveau Réussite**: capitalisation de cas de succès dans une compétence métier,
- le **niveau Rédaction**: capitalisation non structurée de connaissances diverses explicitement rédigées (notes techniques, guides, rapports d'essai, documents divers, ...),
- le **niveau Rationalisation**: capitalisation formalisée, sous forme de règles prescrivant ce que l'on doit faire et ne pas faire, des connaissances de la routine métier,
- le **niveau Réutilisation**: capitalisation des retours d'expérience sur la routine métier,
- le **niveau Rentabilisation**: capitalisation des résultats financiers résultant la routine métier stabilisée et validée,
- le **niveau Reconnu**: capitalisation d'un consensus, d'une cohésion et d'une culture d'entreprise autour d'une routine métier largement rentabilisée et reconnue.

La décomposition des 7I du **demi-cône de l'Innovation** propose le cycle de vie suivant pour les *connaissances apprises*:

- **le niveau Rien**: point de départ d'une compétence métier,
- **le niveau Initiative**: capitalisation de cas d'échecs, d' « échappée belles », de hors-domaine métier, des « leçons apprises » ... d'une compétence métier,
- **le niveau Implicite**: capitalisation de non-dits, de comportements individuels et collectifs informels, d'heuristiques personnelles ... d'une compétence métier,
- **le niveau Induction**: capitalisation de demandes d'évolution des règles métier routinière d'une compétence métier,
- **le niveau Invention**: capitalisation de ruptures importantes de la routine d'une compétence métier, ruptures matérialisables dans l'un des « 6P » (ex: transistor, écran plat à cristaux liquides, post-it, baladeur, laser, ...),
- **le niveau Idée**: capitalisation de rêves irréalisables et de projets imaginaires non matérialisables dans l'un des « 6P » (ex: magnétoscope à enregistrer les rêves, machine à voyager dans le temps, ...) d'une compétence métier,
- **le niveau Inconnu**: capitalisation des impossibilités, des non-perçus, des non-compris, de l'inimaginable ... d'une compétence métier.

Le macroscopie ECRI de la connaissance propose donc les 7 niveaux suivants de maturité pour, à partir de Rien, capitaliser le Reconnu (connaissances standardisées de la Routine) et explorer l'Inconnu (connaissances apprises de l'Innovation):

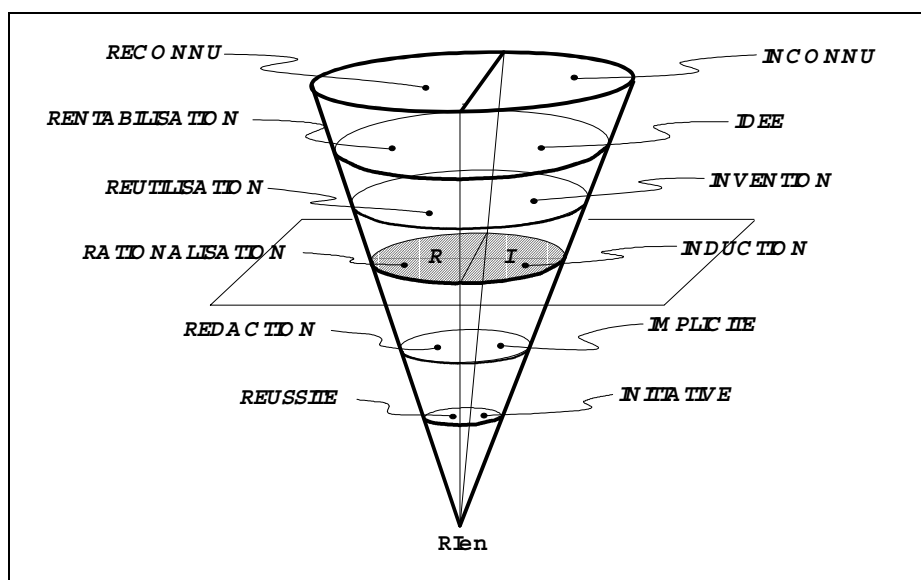


Figure 4. Différents niveaux R-I de maturité du cycle de vie ECRI des connaissances d'une compétence métier.

10. Conclusion

Concevoir l'un des « 6P » - Plant, Product, Part, Prototype, Process, Price - met en oeuvre des connaissances industrielles nombreuses et complexes. Maîtriser ces savoir faire techniques requiert méthodologie et outils adaptés relevant d'une génération dite cognitive de moyens d'Ingénierie Numérique. PSA et TECHSPACE Aéro ont engagés, avec méthode et rigueur, des efforts adaptés en Knowledge Aided Design et déploient actuellement de tels systèmes de Conception Assurée par les Connaissances.

Afin de ne pas rester figés, de tels moyens doivent être ouverts, de manière contrôlée, à l'innovation inductive. Le microscope opérationnel ECRI des connaissances d'une compétence métier propose un modèle des niveaux de complexité, de maturité et de gestion du cycle de vie des connaissances de conception. La méthodologie CYGMA et l'atelier Kadviser peuvent alors bénéficier directement de ces ... innovations cognitives.

11. Remerciements

Les auteurs remercient les sociétés PSA et SNECMA / TECHSPACE Aéro qui ont accepté de présenter, malgré les aspects stratégiques voire confidentiels des investissements actuellement consentis, leurs démarches et applications actuellement en cours de déploiement en Conception Assurée par les Connaissances.

12. Bibliographie

- [ERM 96] Ermine J.L., Chaillot M., Bigeon P., Charreton B., Malavieille D., "MKSM: Méthode pour la Gestion des Connaissances", *Ingénierie des systèmes d'information*, AFCET-Hermès, 1996, vol. 4, n°4, p. 541-575.
- [GIR 96] Girard B., *Capital Métier*, n°3, Lettre d'information de KADE-TECH, 1996.
- [OTA 94] Colloque OTAN, *Computer Integrated Production Systems and Organizations*, Edition NATO ASI Series F, 1994, p. 294.
- [ROS 75] De Rosnay J., *Le Microscope, vers une vision globale*, Edition Le Seuil, 1975.
- [SEP 98] "Capitaliser sa mémoire industrielle", *Informatiques Magazine*, Oct. 1998.
- [SER 95] Serraféro P., Bourne C., "Catégorisation des connaissances industrielles", *Connaissances et Savoir Faire en Entreprise*, Edition Hermès, 1997, chap. 9.
- [SER 97] Serraféro P., "Du CAD/CAM au KAD/KAM ou de la Conception Assistée par Ordinateur à la Conception Assurée par les Connaissances", *Congrès SLA*, Paris, 1997.
- [VAR 95] Vargas C., "Modélisation du Processus de Conception en Ingénierie des Systèmes Mécaniques", *Thèse de Doctorat*, ENS de Cachan, 1995, p. 38-39.
- [VAR 97] Vargas C., "DEKLARE: un environnement de génération de systèmes d'aide à la conception basé sur les techniques de propagation de contraintes", *AFLA*, 1997.