

***PROCESSUS VIRTUEL DE DECISION DANS LA CHAINE NUMERIQUE DE
CONCEPTION : PME EN INGENIERIE CONCOURANTE PAR INTERNET***

Emmanuel Chene,

Chercheur ISTIA Innovation
chene@istia.univ-angers.fr, + 33 2 41 22 65 48

Henry Samier,

Maître de conférence ISTIA Innovation
samier@istia.univ-angers.fr+ 33 2 41 22 65 49

Simon Richir,

Maître de conférence ISTIA Innovation
richir@istia.univ-angers.fr+ 33 2 41 22 65 42

Adresse professionnelle

ISTIA Innovation ★ 62 avenue notre dame du lac ★ F-49000 Angers

Résumé : Les technologies de la réalité virtuelle permettent de diminuer les temps de conception par l'amélioration des processus de décision pour les équipes de conception. Nous proposons dans cet article d'introduire des représentations virtuelles de décisions dans des contextes distants afin d'améliorer les décisions en conception. Nous proposons une nouvelle solution, fondée sur notre modèle des 3I (infrastructure, information et interopérabilité), qui est validée dans une PME et qui nous a permis à réduire de 50 % les temps de conception.

Mots clés : processus virtuels de décision, chaîne numérique de la conception, réalité virtuelle, représentation virtuelles de décisions,

Summary : Virtual reality technologies allow to decrease the design times by the improvement of decision processes for the design teams. We propose in this article introducing virtual representations of decisions into distant contexts to improve optimize design decisions. We propose a new solution, based on our 3I model (infrastructure, information and interoperability), which is confirmed in one SME and which allowed us to reduce 50 % the design times.

Keyword : virtual processes decision, digital design chain, virtual reality, virtual decision models

Processus virtuel de décision dans la chaîne numérique de conception : PME en ingénierie concurrente par internet.

L'accélération du renouvellement des produits industriels induit : une optimisation permanente des ressources organisationnelles et technologiques ; une réduction du temps et une fiabilité des décisions en conception. L'organisation séquentielle de l'entreprise est aujourd'hui concurrente et les modèles actuels portent sur la notion d'entreprise étendue. En conception, les technologies numériques telles que la DAO et la CAO s'ouvrent vers les technologies de la réalité virtuelle avec le concept de conception assistée par la réalité virtuelle (CARV).

Ces technologies permettent de diminuer les temps de conception par l'amélioration des processus de décision pour les équipes de conception et pour les futurs clients en contexte local. Nous allons voir comment ces dernières évolutions technologiques permettent de faciliter les processus de décisions en conception au sein des équipes multi-métiers en contexte distant. Nous introduisons la notion de représentations virtuelle de décision dans des contextes distants afin de développer notre problématique qui porte sur l'intégration de la CARV dans les processus de décisions à distance.

Nous limiterons l'intégration des représentations virtuelles de décision dans la chaîne numérique de conception, aux espaces fonctionnels des produits. Les tests de validation portent sur des outils 3D virtuels en conception et montrent comment ils peuvent s'intégrer dans la chaîne numérique de la conception dans des contextes distant.

Nous proposons dans ce sens notre modèle des 3I (Infrastructure, Information et Interopérabilité). L'analyse des outils 3D virtuels existants, confrontés à notre modèle, et intégrant une problématique de PME, nous a conduit à développer une nouvelle solution innovante adaptée au PME. Notre solution, validée pour la conception d'emballages innovants en PME, a permis, grâce aux représentations virtuelles de décision, de réduire de plus de 50 % les temps de conception, de diminuer le nombre de prototypes de 5 à 3 en moyenne et d'éviter, pour un projet, 4 déplacements internationaux pour 5 personnes.

1 - INTEGRATION DE LA REALITE VIRTUELLE EN CONCEPTION

Allen (1982) fut un des premiers à montrer l'influence de la rapidité de circulation

d'information dans des projets sur la performance des équipes en recherche et développement. Dans ces équipes un tiers du temps est consacré aux échanges d'informations, selon Nonaka (1990). Les décisions rapides et efficaces ont été reconnues comme un véritable enjeu en conception. L'organisation en conception évolue depuis ces dernières années vers des équipes travaillant à distance et qui se fondent sur le groupware qui se définit comme un mode de travail collaboratif utilisant des outils logiciels homogènes. Ce mode d'organisation associe d'une part des nouveaux modes d'organisations et d'autres part l'environnement technologique et de communication associés. Saadoun (1999) indique que le groupware se fonde principalement sur les trois concepts clés que sont : la coordination, la coopération et la communication que l'on retrouve dans les équipes de conception. Limités au génie industriel, le groupware correspond à l'ingénierie concurrente qui concerne donc, plus particulièrement, les entreprises industrielles. L'ingénierie concurrente¹ renforce les notions d'intégration et de simultanéité puisqu'elle regroupe l'ingénierie intégrée (ensemble) et l'ingénierie simultanée (en même temps) que de nombreux auteurs ont étudié par Jagou (1993), Midler (1993), Chedmail (1997) et l'AFNOR n°50.415.

L'ingénierie concurrente associée aux outils informatiques se définit selon le CSCWD (Computer Supported Collaborative Work Design), dans des contextes locaux et distants pour des échanges d'informations synchrones et asynchrones. Notre problématique se situe dans un contexte distant pour des échanges d'informations asynchrones en conception.

En conception, nous montrerons que, même avec des outils informatiques, un problème se construit en même temps que la solution comme l'on reconnu Schön (1983), Simon (1991), et Midler (1997). La conception, selon Nam Shu (1988), est définie comme étant l'activité qui permet le passage de l'espace fonctionnel à l'espace physique. L'espace fonctionnel correspond à l'expression d'un besoin validé qui puisse être traduit de manière exhaustive, en paramètres de conception. Le

¹ également indiqué dans la bibliographie par la terminologie *d'Ingénierie Simultanée*, de *Développement Intégré*, pour décrire l'acception Anglaise *Concurrent Engineering*.

produit, selon Moles (1991), est défini par sa complexité structurelle et sa complexité fonctionnelle. La complexité structurelle, correspond à celle de l'intérieur de l'objet, de l'organisme, de l'outil ou du produit industriel, qui est maîtrisé par l'inventeur, l'ingénieur de fabrication. La complexité fonctionnelle concerne l'utilisateur, le consommateur, le praticien et correspond aux usages. Ainsi, la complexité fonctionnelle a recours de plus en plus à la dématérialisation des modèles de conception en étude amont et concerne de nombreux acteurs. Nous limitons notre propos à la complexité fonctionnelle des produits aux sens de Moles et de Shu.

Depuis les premières intégrations des outils de DAO (dessin assistés par ordinateur), puis de CAO (conception assistée par ordinateur) dans les bureaux d'études, nous assistons aujourd'hui à l'intégration des technologies de réalité virtuelle par l'avènement de la CARV (conception assistée par la réalité virtuelle) développée par Fuchs et Moreau (2001). Les auteurs définissent la Réalité Virtuelle (RV) ainsi : « Les techniques de la réalité virtuelle sont fondées sur l'interaction en temps réel avec un monde virtuel, à l'aide d'interfaces comportementales permettant l'immersion de l'utilisateur dans cet environnement. ». Dans le domaine de la conception nous proposons de positionner la CAO et la CARV (figure n°1).

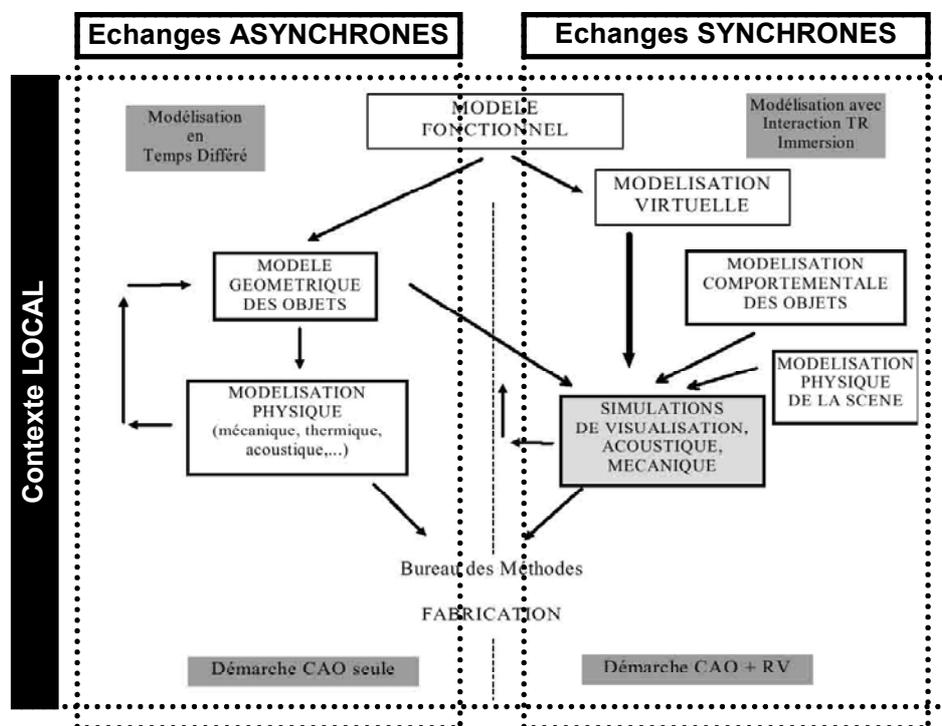


Figure n°1 : Positionnement de la CAO et de la CARV

La figure n°1 montre selon le CSCWD que la CAO et CARV se situent en contexte local, mais respectivement basés sur des échanges asynchrones (modélisations en temps différés) ou synchrones (interaction et immersion). Les échanges de type asynchrones, sont constituées par les modèles géométriques des objets, permettant de réaliser les modélisations physiques (mécanique, thermique, ...). Les échanges de type synchrones, intègrent la modélisation virtuelle, la modélisation comportementale, la modélisation physique, pour réaliser les simulations (visualisation, acoustique ou mécanique) que décrit Fusch (2001). La CARV augmente d'une part les possibilités de modélisations virtuelles de produits et d'autre part permet des simulations (statiques, dynamiques et

d'usage) de ces modèles de produits virtuels. Le premier avantage est de réaliser des simulations virtuelles de produits, le second est de permettre les tests de plusieurs modèles avant le choix final du produit.

La CARV réduit donc le nombre de prototype à fabriquer et fiabilise par les simulation des décision en conception. Nous considéreront donc le CARV comme un nouvel outils d'aide à la décision en conception. Les limites actuelles portent sur l'utilisation en mode local de la RV pour des raisons technologique (interfaces) et informatique (calcul temps réels). Dans ses travaux, Richir (2003) définit l'intégration de la réalité virtuelle en conception comme une Conception Virtuelle et par

extension des travaux de Fuchs, l'auteur propose en modèle d'intégration du CARV en conception sous

forme d'une chaîne numérique de la conception présentée dans la figure n°2.

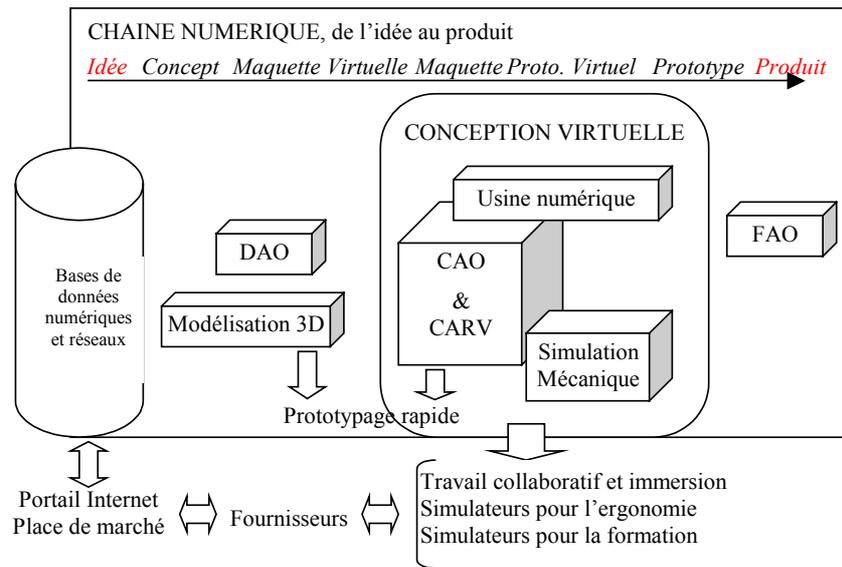


Figure n°2 : Chaîne numérique de la conception

La figure n°2 montre, entre autre, le positionnement des outils de DAO, CAO et de CARV dans un processus de conception qui débute par une idée et se termine par un produit.

L'importance de la réalité virtuelle est reconnue à différents niveaux. Pour Chedmail (2001), la réalité virtuelle et la maquette numérique devraient permettre aux ergonomes de faire valoir ses critères au plus tôt et éviter d'attendre ainsi la réalisation physique de prototypes (longue et coûteuse). Selon Vinck le niveau de développement et la pertinence de la représentation virtuelle restent encore à interroger selon Vinck (1999). Dans ce sens, des industries telles que Renault, reconnaissent de manière évidente l'intérêt de ces technologies par des économies d'échelles comme par exemple la salle de revue de projet Herley J. Earl² qui a permis d'économiser en six mois de 10 à 15% sur les coûts de fraisage des maquettes (gain de 22.000 €). D'autre part, les premiers acheteurs de l'avion A380 d'Airbus ont fondé leurs décisions sur des images de synthèse et des prototypes virtuels. Dans ces exemples, les équipes projet peuvent se regrouper sur un même plateau³, ou dans des « virtual centers » qui imposent des investissements lourds, des fortes puissances de calculs graphiques. En effet, les modèles sont calculés en temps réel et intègrent les fonctions d'interactivité et d'immersivité.

² D'un montant d'investissement de 1M Euros

³ Ceci a donné naissance au Technocentre Renault où plus de 7500 personnes peuvent se grouper ou se dégrupper suivant les projets.

La CARV s'inscrit dans le contexte local et principalement en mode d'échanges d'information synchrone. Par contre, le contexte local oblige à déplacer des équipes en même temps sur un même lieu. L'accès à ces infrastructures et le mode d'organisation et de déplacement sont peut aisés pour les PME.

Notre problématique se limite à des échanges d'informations asynchrones dans un contexte distant, pour une organisation de conception avec des moyens informatiques adaptés aux PME/PMI. Notre problématique repose sur l'intégration d'outils d'aide à la décision dans la chaîne de conception, en exploitant les représentations intermédiaires virtuelles. Ces représentations intermédiaires virtuelles sont validées en contexte local par l'utilisation de la réalité virtuelle, que nous avons développés dans le paragraphe précédent. Nous proposons de les valider en contexte distant en trouvant une solution adaptée au moyens et aux organisations des PME/PMI.

2 - MODELE DE REPRESENTATION VIRTUELLE DE DECISION

Nous proposons de voir comment intégrer les outils d'aide à la décision par la définition d'un nouveau modèle de représentation intermédiaire virtuel de décision. Les outils d'aide à la décision sont positionnés par Le Moigne (1990) dans l'approche systémique de la conception par le modèle OID (Organisation, Information, Décision). Ce modèle lie les trois niveaux OID que nous retrouvons en conception où l'organisation correspond à

l'ingénierie concurrente, l'information correspond au représentation intermédiaire et la décision correspond au choix de conception. Nous allons caractériser les représentations intermédiaires et définir les représentations intermédiaires virtuelles.

Les représentations intermédiaires (RI) caractérisent les différents supports de communication employés dans les étapes du processus de conception entre une idée et un produit. En effet les représentations intermédiaires correspondent, selon Tichkiewitch (1997) à «[...] des outils d'interaction entre l'ensemble des acteurs de la vie du produit, afin de permettre des échanges et des compréhensions mutuelles plus efficaces ». Les objets intermédiaires qui hier étaient réalisées par des plans, maquettes et prototypes physiques, sont de plus en plus figuratifs et passent du statut d'objets intermédiaires à celui de représentations intermédiaires. Les objets intermédiaires décrits selon Jeantet (1998) et les concepts selon Yannou (2001) rejoignent les travaux de Deshayes (1996), Suwa (1998) et Garro (2001) qui décrivent pour leur part l'évolution de

ces concepts et autres objets intermédiaires au travers des processus cognitifs qui les transforment. Pour Yannou (2001), "la notion de concept dont nous parlons étant également un objet intermédiaire dans la représentation de ce que sera le produit solution final." Les maquettes physiques et les prototypes physiques restent nécessaires, mais leur nombre diminue fortement avec les représentations intermédiaires virtuelles.

Les représentations intermédiaires virtuelles peuvent prendre des formes d'images fixes ou de d'images animées. Les représentations intermédiaires fixes, correspondent aux croquis, aux images de synthèse alors que les représentations intermédiaires animées, correspondent aux animations séquentielles et animations interactives. Chaque représentation intermédiaire a un intérêt dans le processus de décision, en fonction de l'évolution dans la chaîne numérique de la conception. Nous proposons de montrer dans la figure n°3 comment s'intègrent les représentations intermédiaires virtuelles dans la chaînes numérique de la conception.

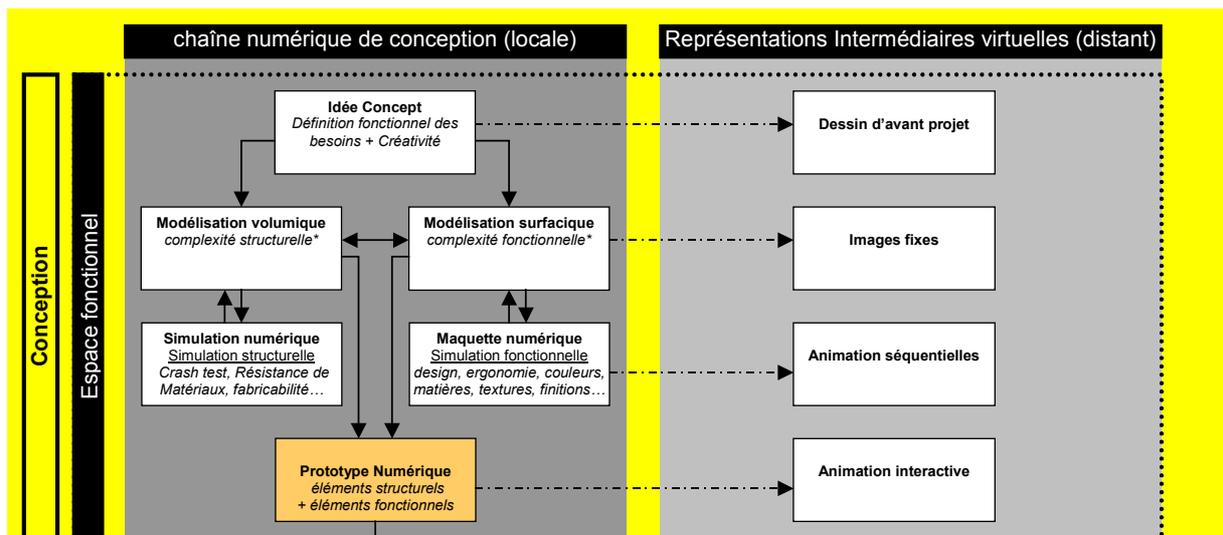


Figure n°3 : Processus virtuel de décision interconnecté avec la chaîne numérique de conception

La figure n°3 montre où se positionnent les représentations intermédiaires virtuelles (RIV) dans les étapes d'idée, les étapes de modélisation, les étapes de simulation et l'étape de prototype numérique. Chaque RIV représente un niveau d'information. Afin de prendre en compte les

contraintes du contexte distant, nous avons défini deux autres paramètres indépendants que sont les infrastructures et l'interopérabilité. Ceci nous permet de proposer le modèle des 3I représenté dans la figure n°4.

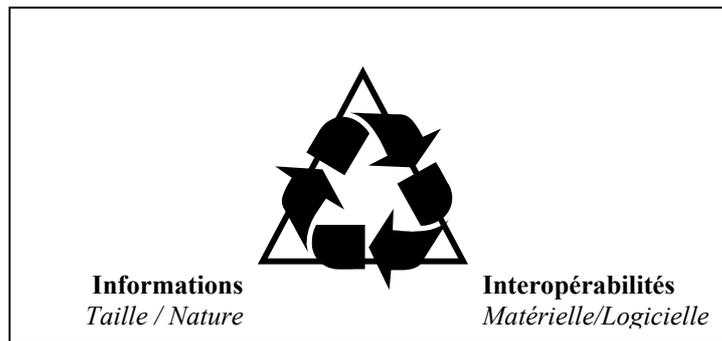


Figure n°4 : Modèle des 3I

Les représentations intermédiaires virtuelles de décision en contexte distant reposent donc sur trois paramètres indépendants qui sont l'infrastructure, l'information et l'interopérabilité. Nous allons

caractériser chacun de ces paramètres dans la figure n°5, afin d'identifier les caractéristiques et les limites associées.

	Infrastructures	Information	Interopérabilité
Caractéristiques	<p>Réseaux d'échange caractérisés par leur étendue et leur rapidité dans les échanges.</p> <p>Etendue : infrastructures matérielles : LS, câble, ADSL, WiFi, satellite</p> <p>- Intranet : réseau interne L.A.N. (Local Area Network) ;</p> <p>- Extranet : réseau externe privé W.A.N. (Wide Area Network) ;</p> <p>- Internet : réseau externe public</p> <p>Transfert & Echanges :</p> <p>- bande passante : capacité absolue maximale de transport d'information</p> <p>- débit : quantité relative d'information transmise dans une unité de temps</p>	<p>Taille et nature de l'échange</p> <p>Nature des informations : représentations</p> <p>- Fixes : moins lourd, bonne qualité graphique, compréhension limitée</p> <p>- Séquentielles : visualisation pré calculée d'une animation, manipulation limitée à une trajectoire</p> <p>- 3D Interactives : compréhension fonctionnelle accrue, manipulation et zoom possible</p> <p>Taille des informations (le poids du fichier), peut être : pixelisés / vectorisés compression/dégradation</p>	<p>compréhension entre client et serveur, lié :</p> <p>plate-forme matériel / logiciel : Windows 95/98/NT/2000, MAC OS X, Linux...</p> <p>format du fichier</p> <p>- Général : lisible et compréhensible par plusieurs applications. en 2D : JPG, GIF, TIF, BMP... en 3D : DXF, IGES, STEP...</p> <p>- Spécifique : à une application, ex. : 2D : PSD (Photoshop) 3D : PRT, ASM, DRW (ProEngineer) 3D distant : (fixe, séquentiel ou interactif)</p>
Limites	<p>Etendue : les limites sont du ressort des échanges mondiaux, de l'état, des collectivités locales...</p> <p>Rapidité d'échanges</p> <p>Bande passante de 0,056 Mb/s (internet) à 1Gb/s (intranet).</p> <p>Débit : fonction du nb. de clients connectés, des capacités du serveur, de la qualité des connexions.</p>	<p>Taille fortement corrélé à la qualité.</p> <p>1 Mo constitue la limite en téléchargement via un modem 56 Kbs. La recherche de technologies vectorielles seront préférées mais leur emploi est limité.</p> <p>Nature</p> <p>Les représentations fixes peu lourdes mais sont insuffisantes</p> <p>Les images interactives apportent la compréhension au détriment de la qualité</p>	<p>plate-forme matériel / logiciel</p> <p>Protocoles TCP/IP (portabilité)</p> <p>format</p> <p>- Général : Ouvert mais peu performant. Transfert des noyaux d'information mais pas de l'historique.</p> <p>- Spécifique : performant mais Plug-in nécessaires en lecture et/ou écriture. Difficile à gérer pour des clients n'ayant pas de licence du logiciel</p> <p>Compromis : Gain performance / Perte de portabilité.</p>

Figure n°5 : Paramètres et limites des outils de validation virtuelle

Nous avons caractérisé trois natures d'informations dans la figure n°5 avec des images fixes (images de synthèse aux formats JPG, GIF, TIFF, etc.), des animations séquentielles (séquences vidéo aux formats QuickTime ou AVI,...) ou bien des animations interactives. Concernant les trois premières, les échanges sont aisés. Par contre, les animations interactives sur internet posent le problème de l'optimisation du couple (taille de fichier, débit) en contexte distant. En effet, en contexte distant, la communication via l'Internet, a un débit théorique 1785 fois moins rapide que le

débit en contexte local (via l'intranet). Les infrastructures étant liées aux politiques nationales et collectivités locales, nous nous concentrons sur les autres paramètres : informations et interopérabilité.

Les informations de type animations interactives virtuelles sur l'Internet sont caractérisées par le standard VRML (Virtual Reality Modeling language). En terme d'interopérabilité, il est reconnu par l'ensemble des navigateurs. Mais le VRML n'est pas suffisant pour interfacer la chaîne

numérique de la conception par internet car il manque d'interactivité en cinématique et la qualité des rendus réalistes est insatisfaisante.

Nous proposons donc de trouver une solution répondant aux contraintes de la chaîne numérique

de la conception et des contraintes de PME/PMI. Ainsi nous avons étudié cinq solutions technologiques qui sont adaptées à la chaîne numérique de la conception et que nous présentons dans la figure n°6.

		Informations		Interopérabilité		
Nom / Editeur	Rendu 3D interactif	Taille plug-in	Interface d'export	Navigateur :	Matériel/ logiciel	Licence
ActiveX OpenGL QTVR	Formé d'images pré calculées Interactivité limitée Pas de déclenchement possible	aucun	.IVR + html	navigateur std VRML IE4+, Netscape 5+	PC/Mac	Non
Cult 3D® Cycore	Qualité de rendu Réglage de l'anti-aliasing possible	à partir 1,2 Mo	3dsMax, 3dsViz, Plasma, Maya, Image Modeler et Strata.	IE4+, Netscape 5+	PC/Mac/Linux/ BeOS/solaris	3 KE à 22,5 KE par an
Kaon® Interactive inc.	Qualité de rendu. L'anti-aliasing d'objets fixes seulement.	20 Ko à 40 Ko	Hyperspace permet d'importer/d'exporter dans son format "Hyper Reality" génère des formes 3d à partir de photos.	console Java	Windows 95/98/NT/2000 MAC OS X, BeOs, Linux...	Version gratuite (légère) Version payante (rendu réaliste)
QEDSOFT®	Qualité de rendu fluidité parfaite quelle que soit la connexion internet.	250 Ko	3dsMax+character studio, Maya, Film Box	IE4+, Netscape 5+	Windows 95/98/NT/2000 (version Mac en cours)	-
VIEWPOINT®	Qualité de rendu anti-aliasing performant objet fixe ou animé, transparence et réflexion.	300 ko à 1.4 Mo	le Builder au format .ASE (ASCII) Pas encore les cinématiques inverses.	IE4+, Netscape 4+	Windows 95/98/NT/2000 MAC OS	Forfait en fonction des fréquentations.
Virtools®	Permet l'intégration de scènes avec déclenchements complexes faits de "building blocks". Accès possible au serveur sur fichier txt.	814 Ko à 1,5 Mo	3DSMax, character studio	IE4+, Netscape 4+	Windows 95/98/NT/2000	Payante, 5 KE monoposte

Figure n°6 : Solutions technologiques d'animation 3D interactives

La figure n°6 nous montre que toutes les solutions ont des rendus réalistes satisfaisants, par contre elles nécessitent des plug-in, elles ne permettent pas des échanges de fichiers par courrier électronique et surtout aucune solution ne correspond à des budget de PME/PMI.

Nous proposons de définir une solution technologique qui soit interopérable sur tous types de plate-formes informatiques, qui nécessite aucun plug-in, qui permette des échanges de fichiers par courrier électronique et qui traite des images au format 600x400 en 72 dpi de résolution.

Cette solution a fait l'objet d'un développement avec une société de service sous le nom de Viral 3D. La solution de représentations interactives en 3D développée est particulièrement "légère", comprenant le modèle 3D, les textures et transparences, ainsi que les informations de

cinématique sur une taille inférieure à 300 Ko. Ce fichier permet également de s'affranchir du téléchargement de plug-in. Le fichier est un "auto-exécutable (extension .EXE) permettant de le consulter directement après réception sur son Email, par double clic même sur des réseaux sécurisés en entreprise. Ensuite, la manipulation est classique des logiciels VRML; bouton de gauche pour la rotation, bouton de droite pour de zoom et zone à cliquer pour déclencher la cinématique par exemple d'ouverture.

Nom / Editeur	Informations		Interopérabilité			
	Rendu	Taille plug-n	interface d'export	Navigateur :	Matériel/ logiciel	Licence
animation interactives Viral 3D®	anti-aliasing objet fixe ou animé, transparence et réflexions sont très fins.	Aucun	3DsMax Alias via les paramètres définis	Internet Explorer 4 et supérieur, Netscape 4	PC	aucune Prestation de service 1000 Euros
Analyse	<i>Très bon rendu : au niveau de ViewPoint. Utilisation aisée par non initié. Double clic pour lancer l'application, sans téléchargement de plug-in</i>	<i>300 Ko au final avec le fichier 3D inclus</i>	<i>L'interfaçé avec ProE et Alias en mode polygonal</i>	<i>Internet Explorer 4. et supérieur, Netscape</i>	<i>Porté uniquement sur plate-forme PC actuellement</i>	<i>Cette liberté d'utilisation correspond mieux aux habitudes industrielles</i>

Figure n°7 : caractérisation de l'outil 3D interactif

Le développement de l'interfaçage Viral3D a porté sur l'intégration exacte des éléments venant de la chaîne numérique de conception, composée d'Alias en surfacique et de ProEngineer en volumique. Cela permet de représenter le produit en 3D, d'introduire une cinématique et enfin de renseigner l'utilisateur sur des éléments précis.

3 - EXPERIMENTATION SUR LA CONCEPTION D'EMBALLAGES EN PME

Notre objectif d'expérimentation consiste d'une part à proposer l'organisation en ingénierie concourante dans le domaine de la création d'emballages et d'autre part de valider l'intégration des représentations intermédiaires virtuelles dans la chaîne numérique de la conception. Nous

analyserons les impacts sur le processus de conception, sur les pratiques des acteurs en conception et sur le produit lui-même.

Au sein de la PME, Elyce Innovation, le processus du développement d'un projet de conception d'emballage débute par une concertation avec le cabinet de communication, chargé des travaux sur la marque. Les dessins d'avant projet sont réalisés et transmis ensuite à un cabinet de design qui définit les plans en 2D qui sont transmis à un fabricant d'emballage qui établit la faisabilité, et les coûts de production. L'audit du processus initial séquentiel de développement des emballages est présenté dans la figure n°8.

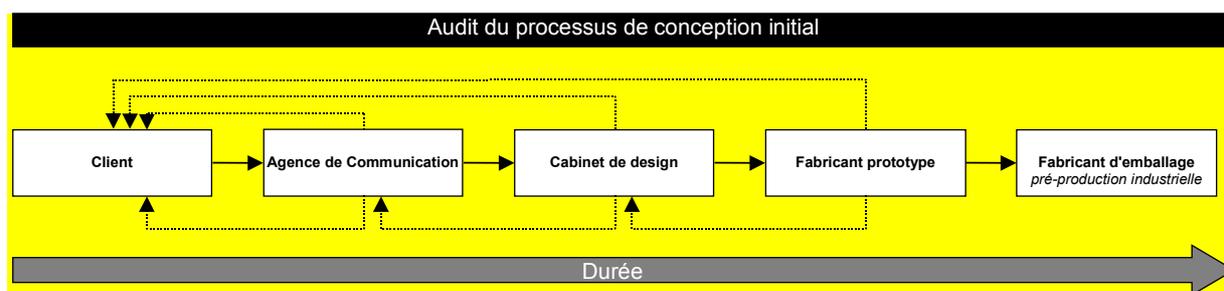


Figure n°8 : Audit du processus de conception initial

Dans la figure n°8, nous remarquons que l'enchaînement des intervenants induit un délai de développement long avec des bouclages (allers/retours) entre ces acteurs. La durée de développement est en moyenne de 12 à 18 mois. Pendant ce temps, le donneur d'ordre a peu d'outils pour contrôler l'avancement de son projet. L'analyse de cette durée, nous a révélée une grande pluralité des acteurs impliqués dans les

développements (financier, chimistes, coloriste, ergonomes, designers, marketing, ingénieurs de conception, ingénieurs de fabrication (matière et produit), conditionneur, transporteur, distributeur...) et une grande hétérogénéité des moyens informatiques utilisés. Afin de réduire les délais de développement, nous avons mis en place une organisation en ingénierie concourante.

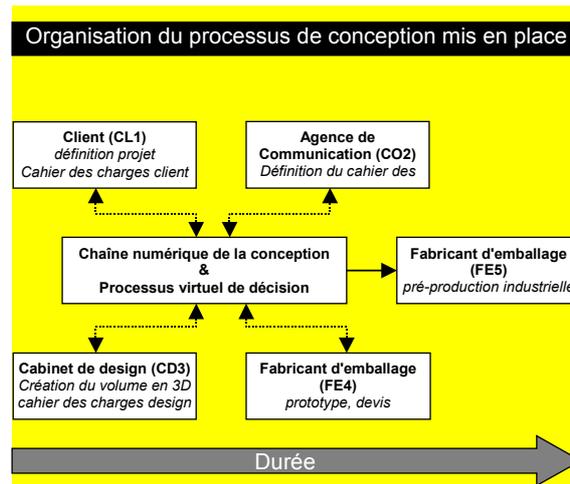


Figure n°9 : Organisation du processus de conception en ingénierie concurrente mis en place

Dans la figure n°9, nous introduisons une solution logiciel liant la chaîne numérique de la conception au processus virtuel de décision fondée sur l'organisation présentée dans la figure n°1. Cette

solution interconnectée de CNC/PVD nous permet de faire intervenir tous les acteurs (CL1, CO2, CD3, FE4, FE5) à chaque étapes de manière concurrente, que nous présentons dans la figure n°10.

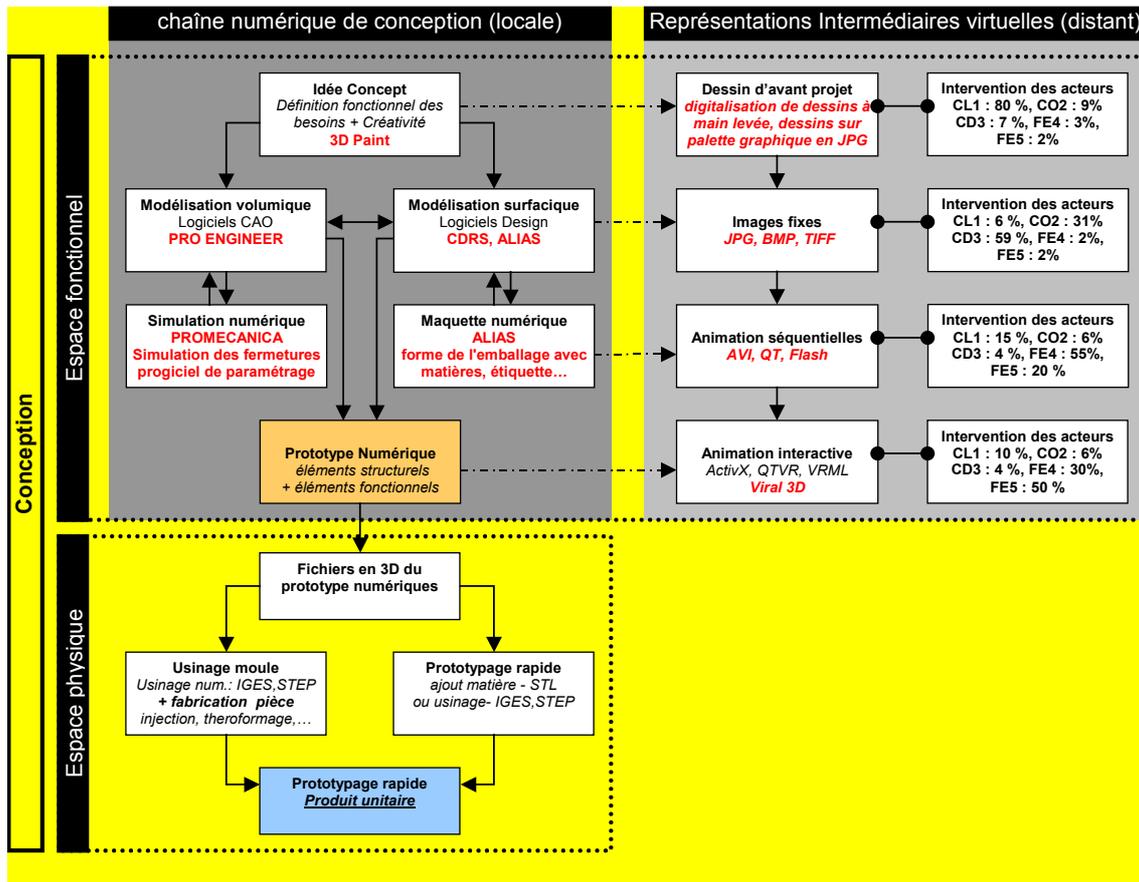


Figure n°10 : Représentations intermédiaires virtuelles de décision dans la chaîne numérique de conception

Nous décrivons dans la figure n°10 les six principales étapes de la chaîne numérique de la conception associés aux outils que nous avons sélectionné et utilisé pour formaliser les représentation virtuelles intermédiaires. Dans la chaîne numérique de la conception, nous avons choisi le logiciel ProEngineer suite à un audit qui a

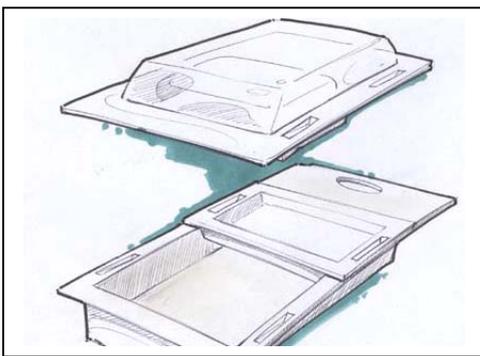
révéle son utilisation majoritaire en conception et fabrication d'emballage. Afin d'améliorer la qualité des rendus visuels des emballages, il a été indispensable de compléter la solution ProEngineer par le logiciel Alias, qui permet une réelle modélisation surfacique, ainsi que des rendus en images de synthèse et animations séquentielles.

Le choix de cette suite de logiciels respecte les besoins d'interopérabilité d'une part dans la CNC pour l'entreprise, ses partenaires et ses clients et d'autre par pour le PVD, afin d'obtenir des représentations virtuelles de décision de bonne qualité (en 2D et en 3D). Ces dernières participent en effet fondamentalement à la construction de la formalisation du produit final et optimisent l'aide à la décision pour des décideurs non spécialistes dans l'organisation en ingénierie concurrente.

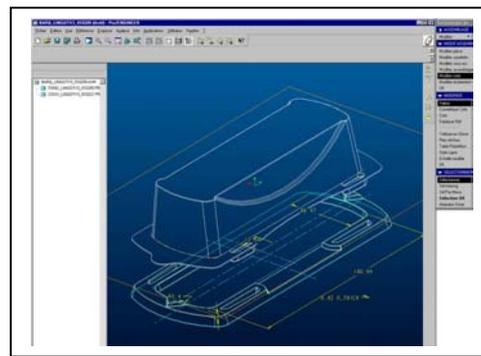
Nous avons également évalué dans ce processus, les niveau d'intervention de chaque acteur de l'organisation d'ingénierie concurrente distante, à partir du volume d'informations échangé (échanges

d'e-mail, échanges téléphoniques et interventions en réunion).

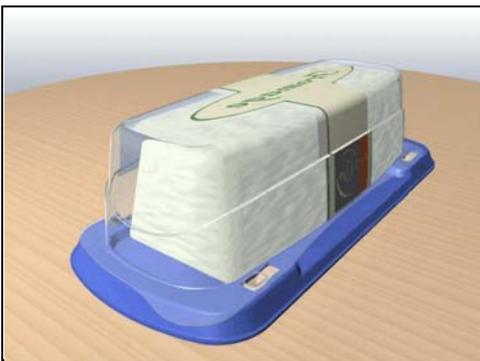
Au sein de l'organisation entre les acteurs distants, nous utilisons successivement les quatre représentations intermédiaires virtuelles que sont : les dessins d'avant projet digitalisés ou réalisés sur une palette graphique avec 3Dpaint, les images fixes aux formats bmp, jpg, tif, les animations séquentielles aux formats AVI, Flash et les animations interactives aux formats ActiveX, viral3D, ou propriétaire. Nous montrons dans la figure n°11, quatre représentations virtuelles intermédiaires représentant l'évolution de la conception d'un emballage.



RIV1 : Dessin d'avant projet



RIV2 : Image Fixe



RIV3 : Animation séquentielle 3D



RIV4 : Animation interactive 3D

Figure n°11 : Représentation virtuelle de décision pour la conception d'un emballage

Dans la figure n°11, nous remarquons l'évolution de la conception de l'emballage dans chaque représentation intermédiaire virtuelle. Au regard de la figure n°10, nous confirmons que chaque représentation est un support aux décisions intermédiaires des acteurs successivement leader et suiveur. D'autre part, l'évolution de la formalisation des RIV n°1 à n°4 renforce la compréhension collective du produit et ouvre ainsi l'espace de décision.

La chaîne numérique de conception est profondément améliorée par le processus virtuel de décision qui repose sur le développement de nouvelles interfaces entre les logiciels surfaciques et volumiques.

Les paramètres de l'expérimentation étaient les suivants pour un budget global 60 KEuros :

- Site n°1 : Nantes
- Réseau : HP sous NT,
- stations graphiques : bi-processeur HP,

- serveur de données : HP bi-processeur en sauvegarde en raid 5,
- serveur de liaison : ADSL (512 Kb/s) + fire-wire,
- logiciel surfacique : Alias,
- logiciel volumique : ProEngineer.

Site n°2 : Paris

- Portable PC,
- Liaison ADSL entre les deux sites (512 Kb/s),
- Réseau Ethernet interne à l'entreprise.

Site n°3 : Banlieue Nantes

- Portable (1.6Ghz/512 Mo),
- Liaison modem 56 Kb/s.

Les principaux résultats obtenus sont la réduction de plus de 50 % de la durée de développement (6 mois au lieu de 12 mois) et la réduction du nombre de prototypes (3⁴ au lieu de 5 en moyenne dans l'emballage). Au niveau de l'organisation des réunions nous avons évité 4 déplacements pour 5 personnes⁵ grâce aux différentes représentations intermédiaires, dont la capacité de réalisation des prototypages rapides directement dans les pays concernés (par envoi des fichiers 3D aux fabricants locaux de prototypes rapides). Enfin nous avons amélioré la qualité des rendus (rendus matière, transparence et étiquette) dans les animations 3D interactives. L'absence de plug-in s'est confirmé comme un impératif vis à vis de la sécurisation des réseaux informatique des clients.

La diminution globale des temps de développement est due également à la gestion en parallèle de la complexité structurelle des éléments techniques et fermetures dans la chaîne numérique de conception. Les fermetures ont été préalablement modélisées par éléments finis, testées suivant plusieurs paramètres géométriques et matériaux. Cette approche a fait l'objet de la programmation d'un progiciel de paramétrage permettant de définir les dimensions et cotes précises à mettre en CAO. Ceci permet d'éviter 1 à 2 reprises d'outillages. Cette homogénéité de la CNC entre les différents supports, fichiers, utilisateurs doit être préservée afin de pouvoir réaliser le prototypage rapide (produit ou outillages), mais également de transmettre les fichiers pour la fabrication industrielle.

Une limite franche du PVD concerne le calibrage de la chaîne virtuelle. En effet, les éléments de décors, et en particulier les couleurs subissent des

⁴ chez un constructeur automobile, le nombre de maquettes physiques a été divisé par 3 à 5 pour la conception du style du véhicule" selon Fuchs (2001).

⁵ Pour un client développant des produits pour l'Inde, la Chine et le Brésil

fluctuations colorimétriques importantes d'un périphérique à l'autre.

3 - CONCLUSION

Nous avons amélioré le processus de décision dans la chaîne numérique de la conception par le développement de représentations intermédiaires virtuelles. Nous avons expérimenté dans la conception d'emballage une représentations intermédiaires en animation 3D interactive interopérable et compatible PC. Nous avons validé cette solution logiciel, qui nous permet de manipuler des objets 3D interactifs avec une optimisation du compromis taille de fichiers / performances et interopérabilité. Plus généralement nous avons validé l'intérêt des représentations intermédiaires virtuelles dans le processus d'aide à la décision dans une organisation d'ingénierie concourante à distance.

Le modèle proposé des 3I (infrastructure, information et interopérabilité) permet de positionner les paramètres d'analyse à prendre en compte dans l'intégration des représentations virtuelles dans une chaîne numérique de conception. Dans notre contexte d'échanges à distance par internet en PME, nous avons pris comme paramètres variables l'information et l'interopérabilité et l'infrastructure comme paramètre fixe. Dans d'autres contextes nous pourrions faire varier indifféremment les trois paramètres pour des contextes locaux ou distants.

L'intégration des représentations virtuelles de décision dans la chaîne numérique de conception, nous a permis d'identifier les besoins des acteurs de la conception et d'associer les outils 2D et 3D pour augmenter les choix de conception et améliorer les décisions. L'amélioration du processus de décision a induit une réduction du temps de conception de plus de 50%. Cette réduction du temps de conception et dû à un changement profond de paradigme. En effet, dans le processus séquentiel de conception, le temps de conception est fonction du nombre d'intervenant et du nombre d'échange. Dans le processus virtuel d'aide à la décision que nous avons organisé autour de l'ingénierie concourante étendue, le temps global est réduit par une mise en parallèle des métiers autour du produit. Nous passons ainsi d'une logique de métier à une logique de produit.

Plus généralement nous pensons que l'amélioration des processus de décision dans les entreprises vient de nouveaux modèles organisationnels, mais également des outils. Nous voyons clairement que la réalité virtuelle aura un impact certain dans le domaine de l'aide à la décision en contexte local. Les outils et méthodes développés en RV distant

permettent de compléter le processus virtuel de décision dans le contexte de l'ingénierie concourante en entreprise étendue. Dans ce contexte, les outils sont complexes à élaborer pour permettre une bonne compréhension, mais doivent être simples à utiliser par l'ensemble des acteurs de l'entreprise. Les nouveaux outils d'aide à la décision prennent ici tout leurs sens puisque en ingénierie concourante, les bonnes décisions viendront de la synergies entre les décideurs et les opérationnels. Les nouveaux outils de représentations virtuelles favoriseront la "pré-vision" dans tous les sens du terme.

BIBLIOGRAPHIE

- Allen, T. (1982) *Managing the flow of technology*, Boston, M.I.T. Press, 1982.
- Chedmail P., Maille B., Ramstein E. (2001), « *Etat de l'art sur l'accessibilité en réalité virtuelle, application à l'étude de l'ergonomie* », Colloque Primeca, La Plagne, 2-5 avril, 2001.
- Deshayes P. (1996), "*The duality environment/teleology in modelling process of conception*". in CESA'96 Multiconference Computational Engineering in Systems Applications, Lille, France, 1996.
- Fuchs P., Moreau G., Papin J-P. (2001), "*Le Traité de la réalité virtuelle*", Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris, 2001.
- Garro O., Choulier D. , Micaëlli J.-P., (2001), "*L'émergence, processus clé de la conception inventive : Application à la conception d'une partie d'un robot*", Septième Colloque sur la Conception Mécanique Intégrée, La Plagne, France PRIMECA, 2001.
- Jagou P. (1993) « *Concurrent Engineering – La maîtrise des coûts, des délais et de la qualité* », collection Systèmes d'Informations, Editions Hermès Paris, 1993.
- Jeantet A. (1998), "*Les objets intermédiaires de la conception. Sociologie du travail*", vol. 3/1998.
- Larousse (2001), Dictionnaire Le petit Larousse grand format, édition 2001.
- Le Moigne J-L. (1990), "*La modélisation des systèmes complexes*", Afcet Système, Dunod, Paris 1990.
- Midler C. (1997), « *Evolution des modèles d'organisation et régulation économique de la conception* » Annales des mines, n° février 1997.
- Moles A. (1991), conférences données à l'Université Technologique de Compiègne en 1991.
- Nonaka, I. (1990), « *Redundant, Overlapping Organization : A Japanese Approach to Managing the Innovation Process* », California Management Review, printemps 1990.
- Richir S., Samier H., Sandoval V. (2003), *Les cybertechnologies dans les entreprises industrielles*, éditions Hermes Sciences, Paris, 2003.
- Richir S. (2003), « *Les technologies de la réalité virtuelle pour la conception de produits* », Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Angers, 2003.
- Saadoun M. (1999), "*Les Systèmes d'Aide à la Décision de l'Equipe*" IMMAR, 1999.
- Shön D.A. (1983) , « *Le praticien réflexif, à la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel* » 1983.
- Simon H. A. (1991), « *Science des systèmes, sciences de l'artificiel* », Edition Dunod, 1991.
- (Tichkiewitch 97) Tichkiewitch S. « *Relecture de l'estampage à la lumière de la mécanique* », connaissances et savoir-faire en entreprise, Hermes, 1997
- Voltz et Jost 01) Voltz S., Jost J., « *Outils de structuration et de capitalisation de données pour la conduite de projets innovants* », Rapport DESS CCI, Université Joseph Fourier, 2001.
- Yannou B. (2001), "*Préconception de Produits*" Mémoire d'HDR Ecole centrale Paris, juin 2001.