

**DU ONE TO ONE MARKETING A LA PERSONNALISATION INDUSTRIELLE,
GRACE AU PROTOTYPAGE VIRTUEL SUR INTERNET.**

Emmanuel CHENE

Doctorant

Laboratoire Conception de Produits Nouveaux et Innovation

Institut des Sciences et Techniques de l'Ingénieur d'Angers

62 avenue Notre Dame du Lac, 49000 Angers, France

e.chene@tiscali.fr

DU ONE TO ONE MARKETING A LA PERSONNALISATION INDUSTRIELLE, GRACE AU PROTOTYPAGE VIRTUEL SUR INTERNET.

Résumé

Les PME industrielles peuvent-elle proposer une démarche "one to one" ? Cela nécessite tout d'abord avoir une parfaite maîtrise de l'outil de production (la "supply chain") qui doit permettre une offre flexible. Concernant la demande du client nous proposons de définir une "demand chain" en couplant le prototypage virtuel et l'Internet afin d'intégrer le client dans le processus de création/conception. Nous développons une expérimentation dans une PME de décoration industrielle pour une application à des façades de téléphone portable personnalisées. Après avoir totalement changé la "supply chain" : l'outil d'impression grande série héliographique en outil d'impression numérique, nous avons créé la "demand chain" autour de produits virtuels proposés via l'Internet, ils sont commandés et payés qui plus est avant qu'ils ne soient fabriqués.

Mots clé : One to one, personnalisation industrielle, réalité virtuelle, prototypage virtuel, analyse conjointe, innovation, Internet

Abstract

Can small & Medium-sized firm manufactors propose "one-to-one" methodolgy ? It requires first of all to have a perfect mastery of the production tool (supply chain) which has to allow a flexible offer. Concerning the demand of the customer we suggest defining a "demand chain" by coupling the virtual prototyge and the Internet to integrate the customer into the process of creation / conception. We develop an experiment in one small & Medium-sized firm of industrial decoration for an application in facades of portable telephone personalized. Having totally changed supply chain : the tool of printing puts into series heliographic in tool of digital printing, we created demand chain around virtual products proposed by way of the Internet, they are ordered and paid even before they are made.

Keywords : One to One, industrial personalization, virtual reality, virtual prototype, conjunct analysis, innovation, design, Internet

Etre différent devient incontournable industriellement pour se positionner concurrentiellement entre des produits de qualité équivalente fabriqués en occident et des produits aux coûts très faibles venant notamment d'Asie. Des séries spéciales aux séries limitées, nous tendons vers la personnalisation industrielle qui consiste à permettre au client de participer à la conception en composant lui-même le produit souhaité. Comme Dell¹, d'autres entreprises ont mis en place cette approche : les chaussures Kickers , les jean's sur-mesure Levis (levis.com, vendus 60\$ contre 10\$ classiquement indique Suzanne BERGER, professeur au MIT²), les café Procter & Gamble (Personalblend.com), les mélanges de céréale de General Mills Inc (Mycereal.com), les produits de maquillage avec conseils personnalisés de Procter (reflect.com)... Même si toutes les expériences n'ont pas connu le succès, l'évolution est sensible... Afin de bien définir la portée de cet article, nous positionnons l'évolution des outils d'aide à la décision et l'importance des représentations intermédiaires qui sont de plus en plus virtuelles (des images de synthèse statiques aux animations sur Internet). L'expérimentation menée en PME permettra de mettre en perspective cette approche. Nous nous appuyons sur Le Moigne [1990], qui propose une approche systémique de la conception avec son modèle OID (Organisation, Information, Décision). Nous proposons d'observer les **décisions** multicritères puis **l'organisation** en conception afin de proposer un système d'**information** ad hoc.

Les décisions passent par une **évaluation multicritères** consciente ou inconsciente. Pour appliquer une métaphore, si la question est : "*Préfère-t-on être beau intelligent et en bonne santé plutôt que laid, bête et malade?*", la réponse est immédiate. Cependant si la question est posée sous la forme : "*Préférez vous être beau et malade, ou laid et en bonne santé?*", la réponse est plus riche et renseigne beaucoup plus sur le système de valeurs auquel se réfère l'individu, sur ses motivations, ses intentions... bref, cela permet de formaliser ses besoins. Afin de permettre une meilleure compréhension de ces phénomènes, Pomerol J.-C. et Barbara-Romero S. [1993] indiquent P.11, qu'à la fin du 19e siècle et au début du 20e, les économistes commencèrent à chercher les liens entre le comportement des agents économiques et l'économie. Un des éléments de base du comportement, aussi bien du producteur que du consommateur, réside dans la façon dont ils font leurs choix, soit de consommation, soit de production. La formalisation adoptée à cette époque consiste à dire qu'ils cherchent à **maximiser leurs fonctions d'utilité**. La fonction d'utilité exprime, d'une façon globale, le choix du consommateur ou du producteur. La notion de critères distincts et

¹ Dell, qui est devenu en moins de 10 ans, le leader mondial des fabricants d'ordinateurs personnels de type PC.

² Entretiens de la technologie 98, Ecole centrale

plus ou moins contradictoires, n'est pas prise en compte à l'époque. Pareto montra que, dans ce cas, tous les agents ne pouvaient pas obtenir leur maximum de satisfaction en même temps. Les ressources étant limitées, ce que gagne l'un est plus ou moins obtenu au détriment d'un autre. Une situation dans laquelle les agents ne peuvent pas améliorer, tous en même temps, leur satisfaction s'appelle un *optimum de Pareto*. En considérant un groupe formé de plusieurs agents, chacun avec des préférences différentes, comme un seul agent collectif ayant plusieurs critères de choix différents, on retombe sur la problématique multicritères, donc d'optimum de Pareto. Les auteurs soulignent que "*malgré l'existence d'une littérature scientifique importante sur la décision multicritère, les outils, méthodes et même la réflexion multicritère restent quasiment inconnus des ingénieurs et managers à tous les niveaux*". En conception, des outils de type QFD (Quality Function Deployment) permettent de formaliser ce type d'approche, mais ils sont difficiles à mettre en conception.

L'organisation de la conception de type ingénierie concourante³ devient majoritaire. L'ingénierie concourante se caractérise par les notions d'intégration et de simultanéité puisqu'elle regroupe l'ingénierie intégrée (ensemble) et l'ingénierie simultanée (en même temps) comme nous le confirment Jagou [1993], Midler [1993], Chedmail [1997] et l'AFNOR 50 415. Ainsi, les **décisions** sont prises par des groupes de plus en plus larges de cultures et de métiers différents. Dans ce sens, des industries telles que Renault, reconnaissent de manière évidente l'intérêt des technologies de la réalité virtuelle (TRV) par des économies d'échelles comme par exemple la salle de revue de projet Herley J. Earl⁴ 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 projets peuvent se regrouper sur un même plateau-projet⁵ ou dans des "*virtuals centers*". Mais ces infrastructures imposent des investissements lourds et de fortes puissances de calculs graphiques. Afin d'obtenir l'interactivité et l'immersivité, les modèles sont projetés sur généralement trois écrans panoramiques et sont calculés en temps réel⁶. De plus, ce mode de décision en contexte local oblige à déplacer des équipes en même temps sur un même lieu. Pour les PME, l'acquisition de ces infrastructures est actuellement trop onéreuse. D'autre part, le mode d'organisation (déplacements) induit par cette solution se prête mal aux PME où les

³ également indiqué dans la bibliographie par la terminologie *d'Ingénierie Simultanée*, de *Développement Intégré*, pour décrire l'acception Anglaise *Concurrent Engineering*.

⁴ D'un montant d'investissement de 1M Euros

⁵ Ceci a donné naissance au Technocentre Renault où plus de 7500 personnes peuvent se grouper ou se dégroupier suivant les projets.

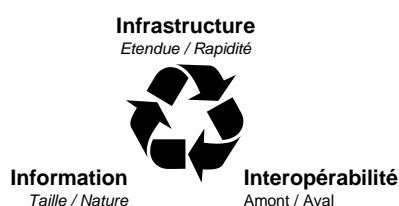
⁶ De 15 à 20 images par seconde pour obtenir une bonne fluidité

acteurs ont souvent plusieurs disciplines à orchestrer. Peut-on proposer un système d'information permettant d'augmenter la pertinence des décisions en améliorant la circulation de l'information ?

Nous proposons un **système d'information** basée sur des représentations intermédiaires virtuelles (RIV) dont le prototypage virtuel, diffusées via l'Internet. Ceci permet l'intégration du client final mais aussi de l'équipe pluridisciplinaire de la conception dans une "*demand chain*". Nous discernons l'information (RIV) et le média de communication (Internet).

L'information sous forme de RIV, est retenue par Chedmail & al. [2001] qui indiquent que "*la maquette numérique et la réalité virtuelle devraient permettre à des acteurs comme l'ergonome de faire valoir ses critères au plus tôt et éviter d'attendre ainsi la réalisation physique (souvent longue et coûteuse) d'un ou plusieurs prototypes*". Legardeur [2001] indique que "*Un concepteur peut estimer que la représentation géométrique CAO du produit, constitue un formidable média pour exposer son point de vue, en oubliant qu'une telle représentation n'est pas toujours évidente pour les autres métiers (acheteur, marketing, recyclage, ergonome, etc.)*". **Le prototypage virtuel constitue une forme de RIV dédiée à l'industrie, visant à présenter comme réel, un produit virtuel.** Le prototypage virtuel est souvent intégré dans l'acception large de technique de réalité virtuelle. "*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*" indiquent Fuchs & al [2001].

Le média de communication Internet offre pour sa part la possibilité de proposer très largement des prototypes virtuels avant leur existence réelle. L'Internet, est aujourd'hui accessible à 26,8% (6 661 M) des foyers français, soit une hausse de 18 % par rapport au 1^{er} trimestre 2002⁷. Cela permet d'envisager réellement l'intégration du client dans la création/conception de produits, mais nécessite l'utilisation de RIV en contexte distant, ce qui pose un certain nombre de limites.



⁷ baromètre Médiamétrie du 1^{er} trimestre 2003, paru fin avril 2003.

Nous dégageons trois paramètres majeurs : **infrastructure**, **information**, **interopérabilité** et proposons le **modèle 3i** permettant de caractériser les RIV avec les TIC⁸.
 Nous développons ci-après les caractéristiques et les limites de chacun des 3 paramètres.

	Infrastructure	Information	Interopérabilité
Caractéristiques	<p>Réseaux d'échange caractérisés par leur étendue et leur rapidité dans les échanges.</p> <p>► Etendue :</p> <p>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>► Rapidité des échanges :</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>► Taille : (poids du fichier), est fonction de la technologie et de la compression :</p> <p>- pixelisés / vectorisés</p> <p>- compression/dégradation</p> <p>► Nature : des informations :</p> <p>représentations</p> <p>- Image Fixe : moins lourd, bonne qualité graphique, compréhension limitée</p> <p>- Animation séquentielle en 3D : visualisation pré calculée d'une animation, manipulation limitée à une trajectoire</p> <p>- Animation Interactive en 3D : compréhension fonctionnelle accrue, manipulation et zoom possible</p>	<p>compréhension entre client et serveur, lié :</p> <p>► aval : format du fichier / Client</p> <p>Protocoles TCP/IP (portabilité)</p> <p>► amont : format du fichier / CAO</p> <p>- Général : lisible et compréhensible par plusieurs applications. en 2D : JPG, GIF, TIF, BMP...</p> <p>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>

⁸ Technologies de l'Information et de la Communication. L'Internet, l'intranet et l'extranet sont les principaux médias

Limites	<p>► Etendue : les limites sont du ressort des échanges mondiaux, de l'état, des collectivités locales...</p> <p>► Rapidité des échanges Bande passante de 0,056 Mb/s (Internet) à 1Gb/s (intranet). Débit : fonction du nb. de clients connectés, des capacités du serveur, de la qualité des connexions.</p>	<p>► Taille : fortement corrélé à la qualité. 1 Mo constitue la limite en téléchargement via un modem 56 Kb/s. La recherche de technologies vectorielles seront préférées mais leur emploi est limité.</p> <p>► Nature : Les représentations fixes peu lourdes mais sont insuffisantes Les images interactives apportent la compréhension au détriment de la qualité</p>	<p>Interopérabilité matérielle Interopérabilité logicielle :</p> <p>► aval : format du fichier / Client Protocoles TCP/IP (portabilité)</p> <p>► amont : format du fichier / CAO</p> <p>- Général : Ouvert mais peu performant. Transfert des noyaux d'information mais pas de l'historique.</p> <p>- Spécifique : performant mais Plug-in nécessaire en lecture et/ou en écriture. Difficile à gérer pour des clients n'ayant pas de licence du logiciel</p> <p>Compromis : Gain performance / Perte de portabilité.</p>
----------------	--	--	--

Figure 1 : Paramètres et limites des représentations intermédiaires virtuelles et des TIC

Nous proposons de valider dans le cadre d'une PME, l'organisation industrielle suivant la *supply chain* et la *demand chain* afin d'obtenir la personnalisation industrielle permettant la mise en place d'une relation client en *One to one*.

Expérimentation en PME

Nos travaux se situent au sein de la société High Tech Design (HTD), PME française spécialisée en décoration industrielle tridimensionnelle et ayant breveté la technologie IMERIS. Cette société compte 7 personnes. Nous nous intéresserons, dans cette expérimentation, à la décoration des produits de formes complexes en 3 dimensions. La décoration est constituée d'une teinte de base, d'un décor et d'une protection par vernis.

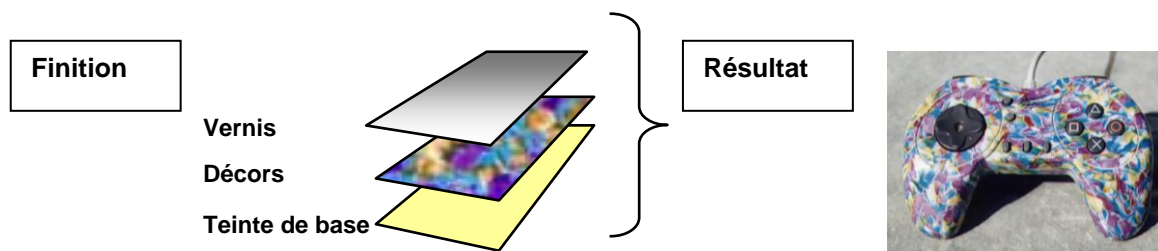


Figure 2 : Principe global de la décoration breveté Imeris en 3D

Le process de fabrication breveté Imeris s'adapte aux produits de forme 3D complexe (comme la manette ci-dessus), c'est à dire ayant une forme non développable en 2D. Le principe repose sur un décor imprimé sur un film hydrosoluble. Déposé sur un bain d'eau, le film se dissout et les encres restent en sustentation sur l'eau. Les encres du décor sont transférées sur toute la surface de la pièce par trempage de celle-ci dans l'eau au travers du décor.

Nous nous intéressons dans cette expérimentation à la décoration des façades de téléphone portable. HTD réalise des façades de téléphone mobile décorées et les propose dans les vitrines de revendeurs. Ce mode de distribution est typiquement celui du prêt à porter en matière vestimentaire, qui contraint à faire de multiples choix croisés vis à vis des limites de ce genre de distribution. Ces choix limitent les possibilités d'adéquation entre l'offre et la demande. Cela fonctionne si l'on offre : **le bon décor sur la bonne référence du bon modèle**. La combinaison de ces différents paramètres est extrêmement délicate, quasi ingérable dans le contexte de rotation ultra rapide de produits⁹ comme c'est le cas pour la téléphonie portable, et de surcroît influencé par les modes vis à vis des décors. Cela ne peut guère être optimisé, les prévisions marketing poussées se heurtent ici directement à une problématique de temps.

Nous fixons deux objectifs complémentaires :

⁹ Jeremy Rifkin [2000] rappelle que les produits de grande consommation fabriqués par l'électronique japonaise ont désormais une durée de vie moyenne de trois mois

- **L'objectif industriel** autour de la "*supply chain*" vise à obtenir un système de fabrication de décors flexible, afin de s'affranchir des contraintes de délai et de quantité minimale des séries. Les délais sont de 6 à 8 semaines et les quantités minimales de 100 m linéaire.
- **L'objectif client** autour de la "*demand chain*" consiste à virtualiser le produit afin de vérifier si la demande est en phase avec l'offre, avant même de réaliser la fabrication réelle.

L'action interne a porté tout d'abord sur la "*supply chain*" avant d'entreprendre la "*demand chain*".

L'objectif industriel autour de la "*supply chain*"

Les outils et des technologies utilisées initialement sont de type :

- **numérique** en ce qui concerne la conception : création des décors
- **analogiques** en ce qui concerne la fabrication : impression héliographique, sérigraphique.
- **papier** pour la communication des décors sur catalogue et en développement

Le tableau ci-après permet de visualiser les évolutions de la *supply chain* :

- du process d'impression analogique à gauche nécessitant autant de cylindres d'impression que de couleurs (**délais 6 à 8 semaines**), au process numérique à droite (**délai 24 à 48 heures**)
- du résultat final avec à gauche un film analogique avec métrages minimum par lancement (**minimum 100m**), au film sans métrages minimum à droite, (**quantité unitaire acceptée**)

	AVANT	APRES
PROCESS IMPRESSION	<p>The diagram illustrates the analog printing process. It starts with a Scanner (1) feeding into a Station graphique (2). From the Station graphique, the process goes to an Imprimante d'essai (3) and then to an Imprimante industrielle (4).</p>	<p>A photograph showing a modern digital printing factory floor with large industrial machines and a clean, organized environment.</p>
	<p><i>Process analogique continu, grande capacité</i></p> <p><i>Délais en semaines</i></p>	<p><i>Process numérique unitaire / Flexible</i></p> <p><i>Délais en heures</i></p>


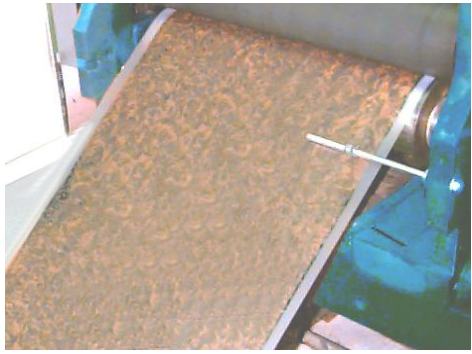
RESULTAT FINAL		
	<i>Décors analogique</i> <i>Film identique 100 m minimum</i>	<i>Décors numérique</i> <i>Personnalisation unitaire sans</i> <i>mètreage minimum</i>

Figure 3 : Comparatif illustré des évolutions du processus de fabrication, de l'analogique au numérique

L'objectif client autour de la "demand chain"

L'objectif consiste à proposer virtuellement l'offre afin d'offrir un "hyperchoix".

La première action a consisté à porter **la base de données des décors** d'une version papier à une version numérique. Une partie de celle-ci a été reliée à l'Internet en accès libre et une autre partie en accès client réservé.

La seconde action a porté sur la **virtualisation de produits décorés**. C'est celle-ci que nous développons. Nous avons tout d'abord utilisé les logiciels 3D permettent de modéliser les produits et de réaliser la décoration par "mapping" à partir de la nouvelle base de données décors. Cette technologie est en parfaite cohésion avec la technologie IMERIS de dépôt d'un décor réel en 3D. Nous avons donc étudié plusieurs logiciels de 3D, et avons réalisé des essais sur les logiciels LightWave et 3DS Max sur PC. Des coques de téléphone et des flacons de parfum ont été réalisés en 3D, puis décorés virtuellement. Les limites ont été les suivantes :

- La précision de modélisation est limitée, les logiciels ayant été conçus pour l'audiovisuel ;
- La modélisation nécessite beaucoup de temps (d'une demi-journée à plusieurs jours) ;
- Chaque produit doit être pré-calculé car il est impossible de "mapper" sur le poste client.

Face à ces problèmes, nous avons développé un système propriétaire de virtualisation en 3D.

Création d'un moteur complet de virtualisation 3D statique sur base de données 2D

En nous appuyant sur le modèle 3i, nous avons analysé les problèmes de gestion des modèles en trois dimensions sur Internet et avons pu développer une solution propriétaire. Nous avons mis au point un développement offrant un compromis entre la capacité limitée des postes client en calcul 3D, la liaison à la base de données décors, l'ergonomie d'utilisation et la rapidité de chargement des images via l'Internet. Afin de donner une impression de visualisation en 3 dimensions à partir d'une image en 2 dimensions, nous avons exploité la technique du rough utilisée en design graphique et en illustration. Le principe consiste, à éclaircir ou à foncer localement une image. Le clair agit en rehausse et donne une impression de proximité, le sombre intervient comme une ombre et donne l'impression d'éloignement. La combinaison de ces deux effets permet de créer visuellement un relief pour faire apparaître un volume.

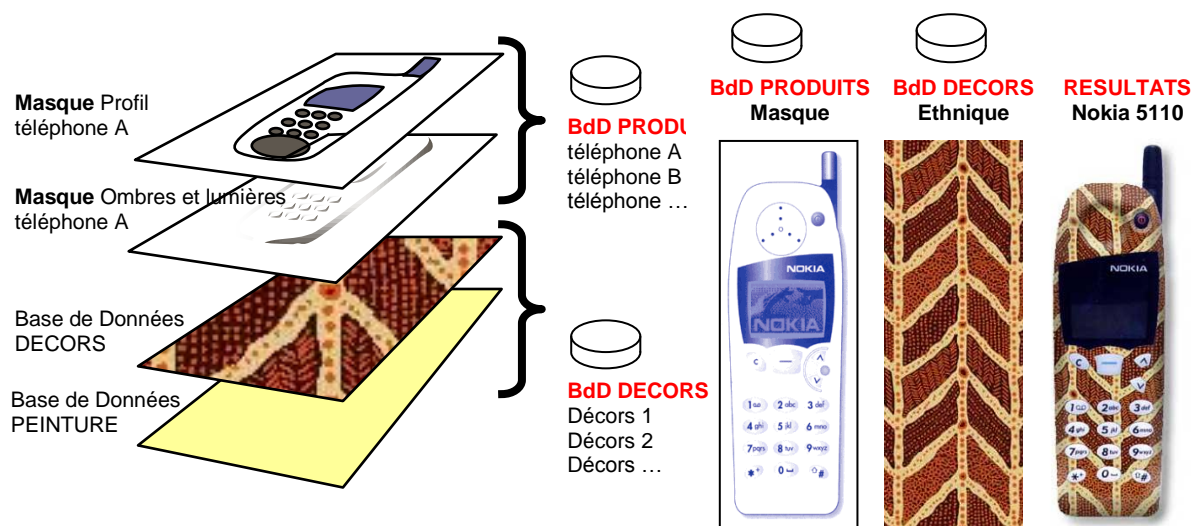


Figure 4 : moteur complet de virtualisation 3D sur base de données 2D

Alors que la gestion du 3D est encore peu répandue et donc difficilement interopérable, les navigateurs standards des clients peuvent gérer des couches 2D. Nous avons mis en place deux base de données (BdD), celle des décors précédemment décrite, et celle des produits. La base de données des produits (téléphone A, téléphone B, ...) est composée d'un masque de profil et d'un masque ombre et lumière. L'illusion du produit en 3D est obtenue par la superposition d'un décors et d'un masque produit (ci-dessus le masque du produit Nokia 5110 couplé au décor ethnique).

Une première application avec des produits Nokia a été portée sur l'Internet. Nous avons élaboré à partir des bases de donnée et de l'outil développé en intranet, un moteur de rendu spécifique. Il permet aux internautes de visualiser rapidement un grand nombre de produits, sans être obligé de cliquer à chaque fois. Cette interface est développée en java-script, afin de visualiser les différents décors sur le téléphone choisi, simplement en déplaçant la souris sur la liste.

La société NEC a ensuite pris contact avec HTD pour valider la "supply chain". Après accords commerciaux, l'application client a été développée sur une interface web différente, nécessitant de cliquer sur une vignette pour visualiser le résultat. L'intérêt est ici d'avoir un temps de chargement moindre au début, mais une attente pour l'affichage. En effet, pour le développement du moteur de visualisation Nokia, nous avons opté pour un temps de chargement initial important (afin de pré-charger toutes les images), mais une réponse instantanée à l'affichage dès que l'on passe sur le lien. Selon le modèle 3i, les informations NEC sont optimisées pour des infrastructures bas débit (modem), alors que celles pour Nokia le sont plus pour des infrastructures haut débit (ADSL).



Figure 5 : Interface client de la "demand chain" mise en œuvre dans les applications Nokia et Nec

Analyse et limites

Le postulat initial concernait l'intégration du client dans la chaîne de décision. Les enseignements à en tirer sont principalement d'ordre technique, ergonomique et organisationnel.

Technique

A la différence des sites classiques basés sur des pages HTML fixes, les bases de données permettent d'adapter le contenu présenté aux besoins de l'utilisateur. Suivant les possibilités qui lui sont laissées, la complexité du serveur varie. D'un point de vue technique, la cohabitation d'un serveur Web et d'une base de données nécessite plusieurs mécanismes. Tout d'abord, les paramètres de la requête effectuée par l'utilisateur doivent être transmis à la base au moyen d'un connecteur. Ensuite, il est nécessaire, après exécution de la requête dans la base de donnée, de présenter les résultats sous forme HTML pour les acheminer vers le client. Cette opération souvent dénommée, fusion de données, est réalisée par un serveur de présentation. La gestion en PHP semble une évolution intéressante. Concernant l'information, on utilise uniquement des images compressées en formats GIF et JPEG afin d'être interopérable avec un maximum de navigateurs client. Le choix entre ses deux formats réside dans le rapport entre leur taille finale et la qualité restituée. Des formats apparaissent : d'une part le PNG¹⁰, dérivé du GIF et qui autorise les transparences (important dans notre application de téléphonie portable), avec une meilleure compression que le format GIF, sans perte d'information. Ce format peut être utilisé à partir des version Navigator 4.0 ou d'Explorer 4.0b1, sinon il nécessite le téléchargement d'un plug-in. Ceci est incompatible pour nos clients, utilisateurs de réseaux sécurisés d'entreprise, où toute installation de logiciel doit passer par l'ingénieur système.

La limite technique est constituée par la dérive colorimétrique. Compte tenu de l'hétérogénéité des plates-formes clients, une même image n'aura pas toujours le même aspect. En effet, par exemple les palettes Macintosh et Windows ne sont pas identiques, les couleurs seront indexées différemment et donc restituées différemment selon le matériel du client et son selon le mode de représentation. D'autre part, l'objectif est d'avoir en sortie finale sur le produit, les mêmes teintes que celles visibles à l'écran. La dérive colorimétrique peut être importante entre deux périphériques. En effet, chaque périphérique a son mode de fonctionnement que nous allons résumer en deux modes : le RVB (Rouge Vert Bleu) pour l'affichage et le CMJN (Cyan Magenta Jaune Noir) pour l'impression. Le scanner et l'écran utilisent le codage RVB, tandis que les imprimantes utilisent le codage CMJN. De plus nous ne percevons pas les couleurs de la même façon suivant le périphérique utilisé. Dans le cas de l'écran la couleur est une émission lumineuse colorée (synthèse additive) tandis que dans le

¹⁰ PNG (Portable Network Graphics) est basé sur le mode RVB.

cas du document papier la couleur résulte de la réflexion d'un flux lumineux sur la feuille (synthèse soustractive). Enfin, à chaque transfert de fichier entre deux périphériques ou entre deux logiciels le fichier est re-codé et les informations sur la couleur sont altérées. Il n'existe pas actuellement de tables de conversion CMJN / RVB parfaites, ce qui pose des problèmes lors du passage des couleurs du scanner à l'écran, puis à l'imprimante.

Ergonomie

Les réalisations virtuelles et en particulier les images de synthèse peuvent être d'une telle qualité que l'on peut difficilement dissocier le virtuel (image) du réel (photographie). Dans ce sens, des personnes non initiées veulent avoir le produit immédiatement, estimant que celui-ci existe déjà. Pour la compréhension, les images en 2,5 D sont intéressantes dans le cadre d'une liaison à une base de données, mais la troisième dimension et la manipulation virtuelle manquent.

La limite ergonomique pour la compréhension d'un produit en 3D, vient du mono-canal sensoriel représenté par le visuel et du manque des autres sens et en particulier du toucher (voir Chéné [1994]). Pour répondre à ce manque, les rendus interactifs en 3D sur le web permettent de visualiser le produit sous différents angles et de zoomer sur un détail.

Il existe des technologies de représentations interactives pré-calculées ou calculées en local.

Les représentations interactives pré-calculées sont issues d'images en 2D prises avec chacune un incrément en rotation et en basculement, de manière à couvrir 360° suivant chaque axe. En déplaçant le produit, on appelle l'image correspondante. Cela permet d'avoir une qualité graphique très bonne, par contre une taille de fichier importante si les images sont de bonne qualité et nombreuses. Les technologies sont de type ActiveX par exemple. Cette technologie est également utilisée pour visualiser des produits photographiés, manipulables en 3D. C'est ce que la société 7è sens (www.7sens.fr) appelle la photo interactive.

Les représentations interactives calculées en local partent d'un modèle en 3 dimensions qui sera affiché en fonction de sa manipulation. Cette possibilité est apparue en 1994 où SGI a proposé un standard adapté à la 3D pour l'Internet : le VRML (Langage de Modélisation de Réalité Virtuelle). De nombreuses extensions et révisions de VRML ont eu lieu depuis et auront encore lieu. De nombreux standards dérivés de VRML sont apparus, pour diverses utilisations : visualisation scientifique, communautés virtuelles, jeux... Il existe peu de technologie générique dans cette configuration, mais par contre de plus en plus de technologies propriétaires. Nous avons répertorié quatorze technologies : 3D Anywhere de

3Di, 3space deTSG (Amapi), B3D de B3d, Cult 3D de Cycore, Kaon d'Interactive inc, DIRECTOR de Macromédia, MENDEL 3D de Duran Dubois, PULSE 3D, QEDSOFT, SHOUT3D, EON, VIEWPOINT, VIRTUE 3D, Blaxxun 3D de Blaxxun interactive, comme nous l'avons développé dans Chéné & al. [2003a].

Organisation

Nous avons vu l'importance initiale d'une maîtrise de la "*supply chain*". Cet élément est incontournable dans la mise en œuvre d'une "*demand chain*". Financièrement, une fabrication tirée par la demande vis à vis d'une fabrication poussée implique des gains à plusieurs niveaux. Tout d'abord concernant la mobilisation de trésorerie nécessaire, celle-ci passe de 60 jours à moins d'un jour, le produit étant vendu avant d'être fabriqué. D'autre part, les rebuts et invendus sont totalement réduits, ici de 20 à 40 % en vente en boutique à 3% en vente en ligne. Cela contribue, concomitamment au bénéfice financier, à un bénéfice environnemental, les rebuts étant évités. Dans ce sens également, les énergies introduites dans une absence de valeur ajoutée (fabrication puis destruction, approvisionnement puis déstockage...) contribuent à alourdir le bilan financier et écologique.

La limite organisationnelle est liée à l'évolution des modèles de conception. Les modèles de conception linéaires Kline et Rosenberg [1986], Aoussat [1990]... ont évolué vers des modèles tourbillonnaires et récursifs Callon [1995], Genelot [1998]... Ces modèles plus récents traduisent le besoin d'interactivité des différents acteurs du développement, ainsi que l'intégration des éléments extérieurs tout au long du développement du produit. Ainsi, le produit prime plus que le processus qui doit s'adapter en fonction des évolutions. L'intégration du client dans ces chaînes tourbillonnaires devient possible avec l'apport de TIC et en particulier des représentations virtuelles couplées avec le média Internet. Par contre, les modèles actuellement proposés ne précisent pas de processus précis, ni d'intégration de l'ingénierie concourante, ni enfin d'outils d'accompagnement.

Ouverture

Vis à vis des limites observées, plusieurs développements sont en cours. Concernant l'aspect ergonomique, un développement complémentaire est en cours utilisant des RIV interactives afin de manipuler virtuellement le produit, pour avoir une appréhension globale du produit en

3D. Concernant l'aspect décisionnel, nous développons une application basée sur l'intégration de l'analyse conjointe.

Le **développement d'une application avec des RIV 3D interactives** constitue une première étape et fait l'objet d'une communication, voir Chéné & al. [2003b]. Trois concepts de téléphones sont proposés : coque, clapet et futuriste. Les RIV 3D interactives de qualité sont obtenues en liant le logiciel de modélisation surfacique 3DSMax et l'intégrateur interactif Virtools.



**Figure 6 : 3 concepts de téléphone (coque, clapet et futuriste)
virtual phone product (modélisation sous 3DSMax 4.2 et intégré Virtools Dev 2.1)**

Trois interfaces sont proposées : une **interface générale** de présentation, une **interface spécifique** pour manipuler en 3D et une **interface de notation** pour réaliser l'évaluation.

L'interface générale (A) permet de voir tous les portables.

Lorsque le téléphone désiré est au premier plan, il est possible :

- de visualiser le téléphone en premier plan ;
- de faire tourner le téléphone, qui revient seul en position initiale
- de passer dans l'interface spécifique avec le zoom (+).



A - L'interface générale

▪ **L'interface spécifique (B)** présente les différentes fonctionnalités

- changement des coques ;
- présentation des caractéristiques des portables ;
- navigation via l'afficheur en cliquant sur les boutons du portable.

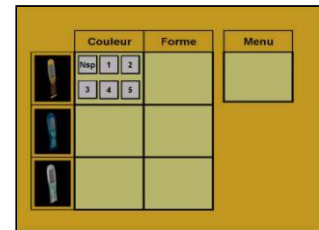


B - L'interface spécifique

La manipulation bouton droit permet de faire tourner le portable.

Enfin, le clic sur "sortie" fait passer à l'interface de notation.

L'interface de notation (C) invite l'utilisateur à saisir une note de 1 à 5, afin de quantifier l'intérêt global qu'il porte au téléphone présenté. Ceci a comme objectif pour l'instant de valider la compatibilité technique du retour d'informations client.



C - L'interface de

Nous pouvons valider les modélisations sous 3DS Max 4.2, le portage sur Virtools Dev 2.1, l'interactivité avec la manipulation type VRML avec les cinématiques d'ouverture et de renvoi d'informations sonores, de textes affichés sur les écrans... Les éléments présentés ci-dessus ont été testés en local sur des ordinateurs de type PC avec carte graphique Nvidia Quadro 2 pro. La passerelle permettant le retour d'informations client / serveur a été validé à l'aide d'un "building block" de Virtools. Dès lors, tous les traitements statistiques sont envisageables.

En terme de limite, la taille actuelle de l'application (plus de 15 Mo) est incompatible avec des bandes passantes de 56 Kb/s (Internet bas débit). De plus, la gestion de la base de données serveur/client permettant d'automatiser la présentation des produits n'est pas encore implémentée. Enfin, "l'interface de notation" doit être couplée avec une base de données client / serveur, permettant la récupération des données (notes).

Le **développement de l'analyse conjointe** peut être lié au développement précédent grâce au module de notation. Selon Liquet & Benavent [2000], l'analyse conjointe a été introduite en recherche marketing au début des années 1970 par Green et Rao. G. Saporta [2003] définit la méthode de l'analyse conjointe comme "*une technique particulière prédictive (les variables quantitatives pouvant être traitées comme des variables qualitatives non ordonnées)*". Elle répond à la problématique d'analyse des choix multicritères évoqués précédemment. Par exemple, Calciu [2003] propose de caractériser différente page web suivant quatre attributs aux multiples paramètres. Il propose ainsi une application de la méthode de l'analyse conjointe sur Internet, par et pour des produits Internet. Peut-on envisager d'appliquer cette méthode, toujours par Internet, mais en conception de produits ? Pour réussir la conception d'un produit, il faut évaluer les préférences et modéliser les appréciations faites par l'individu. L'objectif consiste à recueillir les appréciations qualitatives des clients et de l'équipe de conception afin d'en extraire les axes de progrès et d'innovation. Chaque prototype virtuel est proposé avec une liste de spécifications. Chaque acteur de la conception évalue le projet via un module de notation. Toutes les évaluations sont analysées à l'aide d'un algorithme de régression. Cet

algorithme permet, à partir du choix global exprimé, de connaître les spécifications qui ont le plus retenu l'attention. Quantifier les spécifications qui ont le plus d'influence constitue un formidable outil en relation Client/Concepteur. Nous avons réalisé ce développement, actuellement en test dans une application d'emballage.

Conclusion

Nous avons positionné l'entreprise dans son environnement étendu et nous sommes particulièrement attachés à la relation entre l'offre et la demande dans une démarche de "One to One" marketing avec son alter ego de personnalisation industrielle. Dans celle-ci, nous avons défini les relations entre les valeurs et les fonctions qui régissent la conception d'un produit.

Après avoir posé pré requis le management en parallèle de la "*supply chain*" et de la "*demand chain*", nous avons posé comme hypothèse pour cette dernière de coupler le prototypage virtuel avec l'internet. Dans ce sens nous avons proposé le "modèle 3i" (information, infrastructure, interopérabilité). Ce modèle a été validé dans plusieurs expérimentations dont celle-ci, réalisée dans la PME High Tech Design. Une plate-forme logiciel et matériel permettant de traiter la personnalisation industrielle et le *one to one marketing* a été créée, en phase avec le triptyque Coût, Qualité, Délai. En outre, la réussite d'un tel projet est dépendante du critère de **flexibilité** Notre approche de la "*supply chain*" a permis d'obtenir une extrême flexibilité grâce au passage d'une impression grande série à une impression numérique. Concernant la "*demand chain*" le "modèle 3i" a été validé. Ceci a permis l'analyse et le développement de solutions éprouvées en matière de compatibilité des informations aux bases de données, de capacités d'interopérabilité des configurations client et enfin de possibilités des infrastructures.

En terme d'évolution, il est clair que nous sommes à l'aube de ces développements, encore liés à des verrous technologiques concernant la fabrication, à des verrous techniques concernant les outils de virtualisation sur Internet, mais également à des limites humaines.

La création et la créativité trouvent ici une formidable occasion de nouer un dialogue qui s'enrichit quasi interactivement avec les clients. A la manière des "chat" sur Internet, avec une proposition virtuelle en 3 dimensions par le concepteur, et une réponse sémantique par l'utilisateur et client, permettant d'affiner les propositions du concepteur... Face à l'hyper segmentation représentant l'aboutissement ultime d'un modèle productiviste né au début du

20^e siècle, la personnalisation industrielle constitue un modèle représentatif des valeurs du 21^e siècle, épicurien, mais en même temps éco-responsable.

Notre expérimentation au sein de la PME High Tech Design nous a permis de valider notre hypothèse d'intégration du client dans le processus de décision en PME. Celle-ci a été couronnée par la confiance apportée par NEC téléphonie, multinationale japonaise, à une PME de 7 personnes basée en province.

Bibliographie

Aoussat A. [1990] *"La pertinence en innovation : nécessité d'une approche plurielle"* - Thèse de doctorat au laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM, Paris, mai 1990.

Calciu M. [2003], *"Expérimentation et aide à la décision en Marketing sur Internet"*, 5ème conférence d'EDF R&D «Pour capter les préférences du client...l'analyse conjointe» mai 2003

Callon M. & Laredo P. [1995] *"Des as, des champions et des brillants seconds"*, Enquête sur l'innovation, La Recherche n° 282, décembre 1995

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.

Chéné E. [1994] *"Recherche d'un outil de communication industriel sur LE TOUCHER"* article de recherche fondamental, Design Recherche N° 6, sept 1994

Chéné E., Samier H. & Richir S. [2003a] *"Processus virtuel de décision dans la chaîne numérique de conception en PME en ingénierie concourante par Internet"*, in International Journal of Information Sciences for Decision Making, n°8, mai 2003.

Chéné E., Robert T., Richard P., Christofol H., & Richir S. [2003b] " Virtual Reality Application for Product Design Evaluation : Virtual Phone Design" Virtual Concept 2003, Biarritz – France, November, 5-6-7

Fuchs P., Moreau G. & Papin J-P. [2001] *"Le Traité de la réalité virtuelle"*, Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris

Genlot D. [1998] *"Manager dans la complexité"*, INSEP Editions, Paris, 1998

Jagou P. [1993] *"Concurrent Engineering – La maîtrise des coûts, des délais et de la qualité"*, collection Systèmes d'Informations, Editions Hermès Paris, 1993.

Kline S. et Rosenberg N. [1986] *"An Overview of Innovation"*, in Landreau R et Rosenberg N. The Positiv Sum, Washington, National Academy Press 1986.

Legardeur J. [2001] *"Méthode et outil pour favoriser l'innovation produit/process"* thèse de Doctorat, INPG 2001.

Le Moigne J-L [1990] *"La modélisation des systèmes complexes"*, Afcet Système, Dunod, Paris 1990

Liquet & Benavent [2000] *"L'analyse conjointe et ses applications en marketing"* IAE Lille

Midler C. [1993] *"L'auto qui n'existait pas"*, InterEditions, Paris, 1993-1996

Pomerol J.-C. & Barbara-Romero S. [1993] *"Choix multicritère en entreprise"* Principe et pratique, Hermès Paris, 391p

Rifkin J. [2000] *"L'Age de l'accès, la révolution de la nouvelle économie"*, éditions La Découverte, 2000

Saporta G. [2003] *"Principes et méthodes de l'analyse conjointe"*, 5ème conférence d'EDF R&D «Pour capter les préférences du client...l'analyse conjointe» mai 2003.

Tichkiewitch S. [1997] *"Relecture de l'estampage à la lumière de la mécanique"*, connaissances et savoir-faire en entreprise, Hermes, 1997