

# Hypothèses et modèles

Un concept ne représente pas une réalité, il présente un potentiel d'expansion. [HATCHUEL 2004]

## 4.1 Champ de compétences de ce travail

Nous définissons notre champ de compétences dans la conception de produits et les processus d'innovation. Plus particulièrement, nous assistons les décideurs des entreprises dans leurs choix stratégiques du point de vue technologique global, architecture de produits, tout en nous appuyant sur les notions d'évolution de produits. Ainsi, nos résultats sont exprimés souvent en termes de prospection et de stratégie d'innovation. Pourtant, nous aidons nos interlocuteurs dans leurs démarches d'innovation en utilisant une dynamique de dialogue où des phases exploratoires permettent d'une part, bien évidemment, la découverte et analyse d'options de solutions (techniques ou autres), et d'autre part forcer les acteurs à se poser certaines questions. Le tout en avançant sur la définition concrète du produit en conception. Nous aidons donc à la prise de décisions en confrontant les décideurs à des scénarios issus de l'exploration (Cf méthodes prospectives). Il faut rappeler que les scénarios d'exploration sont élaborés avec une combinaison de techniques dites "classiques" de créativité où l'on propose de solutions qui pourraient être classées par catégories suivant des stratégies déjà décelées. Mais aussi, en utilisant d'autres outils tels comme ceux de la théorie TRIZ (principes de solution, lois d'évolution,...) ou d'après les études de DEFORGE sur la génétique des objets industriels.

Comme nous l'avons souligné plus haut, cette approche se sert du caractère dit « opportuniste » du processus de conception du fait que la logique prospective est tracée sur deux dimensions, à savoir, l'analyse préalable disponible et les résultats intermédiaires obtenus tout au long du processus. C'est ce que nous appelons un phénomène d'innovation au sein du processus d'innovation.

Les avantages de ce modèle d'intervention ont été commentés dans le chapitre précédent et sont principalement axés sur l'adaptabilité exploitée et l'exploitation des incertitudes comme source d'innovation. Par contre, parmi les inconvénients, on insiste sur l'effort supplémentaire en coordination mais surtout de gestion du projet en termes de pilotage et contrôle.

## 4.2 Hypothèses

Préambule :

Cette impossibilité de prévoir ou anticiper les ruptures comme résultat logique et suite continue dans l'évolution, nous invite à réfléchir sur le phénomène lui-même. C'est-à-dire, effectuer une analyse ponctuelle, quasi-instantanée du fait représenté comme une discontinuité spatio-temporelle. Pourtant, nous ne négligeons pas l'étude des intervalles continus, qui restent effectivement complémentaires et qui pourraient éventuellement être "modulés dans le temps" pour être utilisés dans la modélisation ou création de ruptures.

Notre travail vise vers l'étude des mutations en tant que promoteur des évolutions. En effet, nous considérons que l'évolution n'est pas un processus continu (mutationnisme). Les changements sont menés par des sauts. Les caractéristiques de cette évolution sont données par la taille de ceux-ci ainsi que par sa séquence dans le temps. Ces sauts peuvent être provoqués par plusieurs mécanismes d'origine externe ou interne (ex.: la découverte de nouvelles fonctions).

### 4.2.1 Enoncé des hypothèses

**Hypothèse : Le pilotage du processus de conception par changement d'états des représentations intermédiaires permet à l'entreprise la gestion des risques associés au P.I. tout en l'utilisant comme source d'innovation.**

Ce pilotage implique la création maîtrisée des incertitudes puis l'aide à la prise de décisions.

Sous-hypothèse 1 : Ce pilotage peut être assuré par l'utilisation d'outils dits de créativité. Ces outils permettent d'interroger les acteurs en posant « les bonnes questions ». Ils créent et modulent les paramètres de contrôle du pilotage

Sous-hypothèse 2 : L'usage des représentations intermédiaires doit assurer deux fonctions principales : validation et exploration.

Une représentation intermédiaire élargie place ces deux fonctions de manière simultanée et pourra servir de support dynamique pendant le processus de conception..

#### 4.2.2 Grands axes directeurs

Nos propositions se structurent autour des considérations suivantes :

1. Approche qualifiée de « diachronique quasi-instantanée » :

Pour faire face au phénomène de discontinuité présent dans tout processus d'innovation sans pourtant négliger la valeur de « ce qui existe » (notamment en termes de connaissances), nous considérerons toute apparition nouvelle comme un changement d'état d'une entité (idée, représentation, notion,...) existante. Gérer la continuité et la discontinuité.

Cela permet au concepteur de gagner en flexibilité et en réactivité, tout en profitant de sa base de connaissances.

S'opposant en apparence aux approches diachroniques classiques et aux approches synchroniques, elle représente un changement d'échelle (d'espace et de temps) par rapport à celles-ci et y reste donc complémentaire.

2. Modélisation évolutionniste :

Nous présentons une version de transfert des théories en évolution développées en plusieurs domaines vers le processus de conception. Cela nous permettra d'en tirer des notions, des définitions et des concepts construits à partir de l'analyse de contextes très diversifiés expliqués par un processus continu d'évolution.

Parmi les différents domaines où ont été développées des théories évolutionnistes, on trouve le contexte biologique, le technologique, le géologique, le social, l'économique,... Dans ces travaux nous privilégions le contexte biologique et le contexte technologique.

Ce choix correspond principalement à :

Pour le contexte technologique : l'affinité directe avec notre champ d'intervention, notamment par le caractère « technologue » du concepteur en mécanique mais aussi par le contexte d'utilisation où nous prétendons agir (le processus de conception de produits).

Pour le contexte biologique : d'une part, c'est dans ce domaine où ont été avancées les premières théories d'évolution pour expliquer la diversité, la complexité, la performance et l'efficacité actuelles, dans ce cas, des espèces vivantes. D'autre part, pour résumer, on

accepte, comme le soulignent plusieurs auteurs (Fogel, Goldberg, French,...) que l'évolution naturelle et le processus de conception chez l'humain sont directement comparables, du fait qu'ils partagent beaucoup de caractéristiques. (Bentley 1999)

Les résultats de cette tentative de transfert dans d'autres domaines de la connaissance (par exemple en informatique, en calcul approximatif, en optimisation,...) nous invitent aussi à employer cette approche. En conséquent, certains de nos « résultats attendus » seront influencés par l'analyse de ces expériences réalisées auparavant.

Ex : Les algorithmes génétiques et les problèmes d'optimisation.

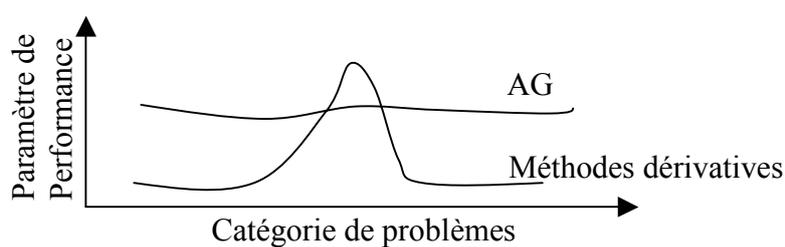


Figure 29. Comparatif des performances globales en problèmes numériques d'optimisation

Cette approche pourra être formalisée sous forme de nouveaux outils méthodologiques mais aussi permettra une nouvelle structuration des méthodes et des outils de conception existants orientés innovation.

Constat : le XX% de brevets sont des associations et des applications nouvelles des technologies existantes.

### 3) Pas d'algorithmes « tout-prêt » :

Cet axe directeur prend déjà en compte un des résultats du point précédent, à savoir, les lois d'évolution d'Yves Deforge qui en faisant une analyse psychotechnique des produits affirme que ces lois sont d'origine psychologique.

Nous sommes intéressés par les capacités d'intégration du concepteur en tant qu'individu. Nous le situons devant les outils qu'il utilise et lui conférons une place prépondérante.

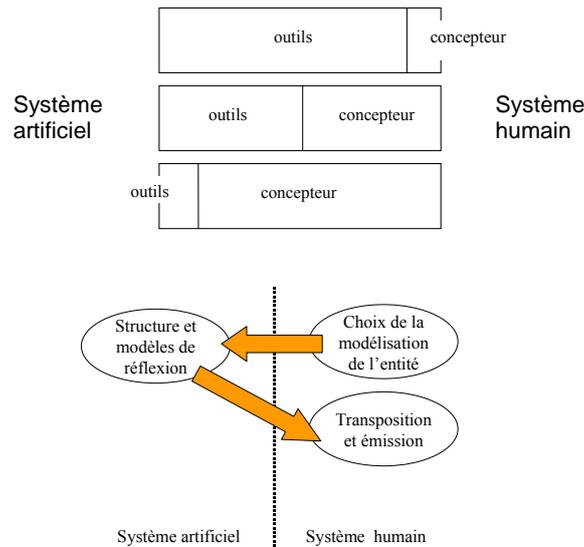


Figure 30. Typologies d'intervention concepteur-outils.

La structuration et l'instrumentation exacerbées des méthodes pour gagner en fiabilité et répétitivité peuvent faire du concepteur un exécutant d'instructions et en plus risquent d'alourdir leur propre implémentation.

Nous espérons :

Un gain en réactivité, notamment auprès des autres acteurs impliqués dans le processus de conception ;

Une meilleure appropriation passant par une personnalisation plus probable ;

Un transfert plus facile (applicabilité) à des situations nouvelles ou vers d'autres métiers présents dans la conception de produits.

Les risques :

Trop de variabilité ; Perte des repères ; Oubli ; Incertitude sur les résultats...

#### 4) Approche prospective proactive :

Cette directrice est d'ordre plus global pour nous inscrire dans la démarche générale du processus d'innovation. Nous adoptons cette approche pour faire face au caractère incertain du phénomène de l'innovation. Anticiper le changement en le provoquant, être protagoniste. (Smida 99, Rivera-Porto 97)

Dans ce sens, nous envisageons une utilisation des techniques prospectives comme outil de délimitation des réflexions initiales et/ou comme instrument de validation, c'est à dire, aux extrémités (en amont et en aval) du processus de conception innovante.

### 4.3 Le Cahier Des Charges évolutif

Établir avec l'entreprise un **cahier des charges** permettant d'identifier les besoins de l'entreprise. (ENSGSI)

Le **cahier des charges** – définition succincte : Ce document répertorie l'ensemble des prescriptions essentielles et indispensables à la réalisation du projet (ENSERG-CERISE)

Un **cahier des charges** regroupe l'ensemble des exigences d'un client, la définition de ses besoins pour en permettre l'analyse. (dictionnaire francophone de l'informatique)

Le petit Robert 2002. Dict de la L.F. : CDC, document fixant les modalités de conclusion et d'exécution des marchés publics...de tout contrat. 2. Document indiquant les caractéristiques que devra présenter une réalisation technique, et les différents stades à respecter pour sa mise en œuvre (descriptif, échéancier)

« En fait, coopérer sur une innovation en amont n'est plus coordonner des expertises sur un projet donné, ce n'est plus même coopérer sur un demi-produit. Il s'agit au contraire de coopérer sur l'élaboration des spécifications initiales ». [LEFEBVRE et Al. 2001]

### 4.4 Rapprochement Ontogénie/Phylogénie

Comme les biologistes l'ont fait lors du rapprochement entre l'embryologie et la biologie évolutive pour formuler le principe selon lequel le développement embryonnaire d'un individu (l'ontogénie) pourrait « retracer » l'arbre des évolutions des espèces (phylogénie), nous tirons de cet exercice un concept similaire en rapprochant la conception d'un produit et ses étapes de développement avec les évolutions en termes d'améliorations, lignées, etc. Dans ce sens, nous pensons que le cahier des charges, d'autant plus s'il est évolutif, pourrait servir de support pour effectuer cette « manœuvre ». Le CDC en tant que représentation intermédiaire du produit/processus, rendrait compte à la fois de l'évolution phylogénétique du produit et de son évolution ontogénétique. Voir figure 31.

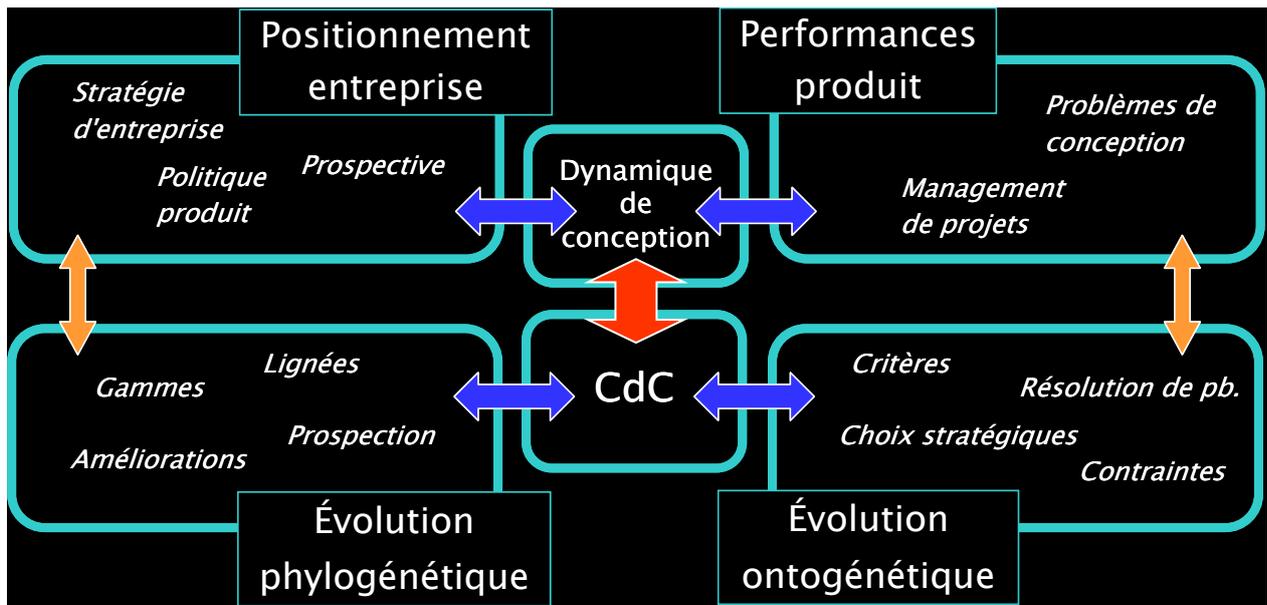


Figure 31. Rapprochement ontogénie/phylogénie et présence du CDC comme véhicule de représentation.

Ainsi, associant l'évolution phylogénétique du produit au positionnement des entreprises en termes de stratégie, prospective, etc. ; et les performances du produit en termes de résolution de problèmes et de management de projets et de la qualité. Nous avançons une hypothèse générale qui place le CDC évolutif au centre de la dynamique de conception et nous permet de modéliser un processus d'innovation autour de cette représentation intermédiaire privilégiée.

#### 4.5 Positionnement par rapport aux approches scientifiques et aux méthodes de conception et

Nous nous positionnons par rapport à toutes ces méthodes et outils, en mettant l'accent sur le caractère dynamique et évolutif du processus de conception, on pense notamment à la dynamique problème-solution, avec toutes les incertitudes inhérentes au processus. Ici, les outils comme le AF, AV, QFD, etc, seraient de grande utilité dans la formulation initiale du problème, mais ne permettent pas l'intégration dynamique au cours du processus, des nouvelles données, des résultats intermédiaires, des « changements d'avis », et enfin, de l'apport des représentations du produit en conception pour revoir les besoins exprimés au départ, les stratégies de l'entreprise, etc. Comme résultat de cette approche, le processus de conception est utilisé comme moyen d'apprentissage (je sais plus qu'avant, au-delà du mot

expérience), comme activité pour l'innovation, et pour la décantation des stratégies de l'entreprise. Un peu cette histoire de « privilégier les outils heuristiques » (exploratoires). C'est pour cela qu'on structure toute notre approche autour la réflexion, d'une part « forme avant la fonction » et d'autre part « usage et non-usage » (sens lamarckien).

Ça veut dire en gros que cette approche est plutôt d'ordre prospectif (et proactif), où nous ne faisons pas de la « reverse engineering » (dans le sens Nadeau).

Par rapport aux méthodes (théories) générales de la conception, nous allons nous positionner en utilisant comme référence les approches systématiques (école allemande,...), l'approche axiomatique de SUH, l'approche intégrative (CPI), l'approche évolutionniste de GERO, l'approche TRIZ, et enfin, les nouvelles approches de type C-K (Hatchuel).

#### 4.5.1 Par rapport à la théorie C-K

Après avoir formulé les orientations générales que nous prétendons donner à nos préconisations, nous avons analysé de plus près les fondements de la théorie C-K et concluons qu'au-delà du formalisme symbolique, notre approche rejoint de près ses bases.

#### 4.5.2 Positionnement Lattuf-Garro

Les travaux de Garro (Garro 2000, Anghel 2004) sont orientés à la construction d'études expérimentales que représentent des situations « contrôlées » de l'activité de conception. Ce contrôle consiste principalement en la capacité de faire un « monitoring » selon un modèle particulier (et ses indicateurs). Ces études cherchent la compréhension de l'activité de conception du point de vue plutôt élémentaire dans le but de mieux intégrer les outils d'aide existants, les améliorer ou en créer des nouveaux. Garro insiste sur l'importance de maîtriser le nombre d'itérations présentes dans tout processus de conception pour avoir un impact positif appréciable sur la réduction des délais de conception et plus globalement, optimiser l'activité même. Garro insiste aussi sur le caractère « nécessaire » de certaines itérations, pour expliquer qu'il y a des itérations qui produisent de la valeur (amélioration de concepts, corrections d'erreurs, résolution de problèmes, etc.).

### 4.5.3 Positionnement Lattuf-Gogu

Nous faisons une attention particulière aux propositions de Gogu [Gogu 2000] sur l'approche qu'il nomme morphologique et phylogénétique. Ses travaux ont été orientés au début pour la conception de systèmes techniques mécaniques (par exemple de type robots) dans le but de réaliser « une synthèse morphologique » de machines et leurs architectures. Parmi ses résultats il en ressort la génération automatique de gammes [DENEUX 2002].

### 4.5.4 Idées fondamentales de notre approche

Une des idées fortes de ce travail : les outils de créativité permettront d'aider le pilotage du projet d'innovation. D'habitude les outils de créativité sont vus comme source pour la « variété », l'exploration, la recherche de solutions, et ainsi, comme source d'incertitudes, questions, peur, ... D'habitude ce sont les outils de créativité qui « doivent être pilotés » par d'autres moyens plus « contraignants ». Nous avançons l'hypothèse suivante : si on adopte une approche combinée d'exploration, opportunisme, « évolutionniste » pour mettre en place une logique d'évolution par changement d'états (penser au raccourcissement du temps), accompagnée des moyens de contrôle, le projet d'innovation sera alors piloté de manière dynamique par ces phases dites créatives, notamment en amont du processus.

En synthèse : nous avançons l'hypothèse que les outils de créativité et les résultats qui eux produisent permettent un pilotage du projet d'innovation notamment au moyen de la définition des stratégies, donc des critères de choix utilisés dans la prise de décisions. Cela est particulièrement important et critique dans les phases amont du processus de conception.

Nous ferions face à la problématique soulevée par Gueguen [GUEGUEN 2001, page 558] de « pour quelles raisons les dirigeants de petite entreprise ne peuvent identifier des stratégies pertinentes ». parmi celle d'avoir un système d'information peu efficace, ... Les informations obtenues et identifiées tout au long du processus de conception seront présentées pour que les décideurs les transforment en connaissances exploitables par la suite ou ultérieurement. **Cela est assuré par un apport de cohérence ou sens aux idées à la base « en vrac ».**

Ainsi, l'incertitude est gérée par la prise de conscience de la part des décideurs par rapport aux différents chemins possibles, ce qui permet un positionnement plus facile. Cela se pose à n'importe quelle étape du processus de conception, notamment dans les phases amont où les

définitions stratégiques sont plus critiques d'une part par leur influence accrue dans la suite du processus de conception et d'autre part par le manque de clarté (information disponible, incapacité d'anticipation, idées floues,...).

L'idée qu'on défend c'est que la recherche d'idées et les résultats qui en découlent permettent la définition des critères de choix, des stratégies, de se poser des « bonnes questions » au moyen des résultats intermédiaires. Autrement dit, le pilotage du projet de conception est fortement mené par les outils de créativité choisis et utilisés de façon « évolutionniste ».

L'entreprise (les décideurs) réagira face à sa perception du contexte, face aux contraintes perçues de l'environnement et non à la réalité en soi. C'est pour cela que nous proposons un moyen pour aider les décideurs à mettre en perspective les résultats issus du processus de conception pour affiner leur perception du contexte. Ainsi, ils seront mieux placés pour définir (ou redéfinir) leurs stratégies.

En synthèse, nous proposons un moyen de pilotage du processus de conception innovante au moyen d'une gestion à temps réel des incertitudes.

## 4.6 Modèle évolutionniste et mise en œuvre

### 4.6.1 Démarche globale

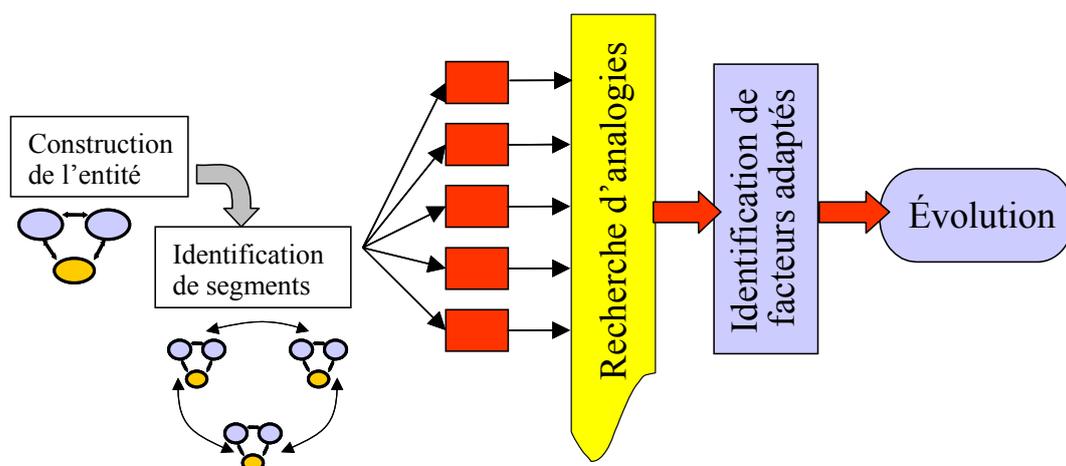


Figure 32. Démarche globale proposée pour l'exploitation des théories d'évolution.

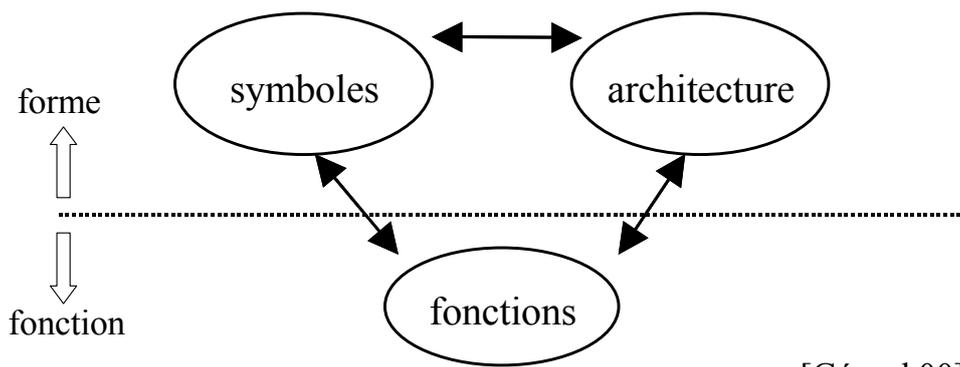
Résultats : deux mots clés.

- Forme d'abord

- Mutation

## MODELES PLUS SPECIFIQUES

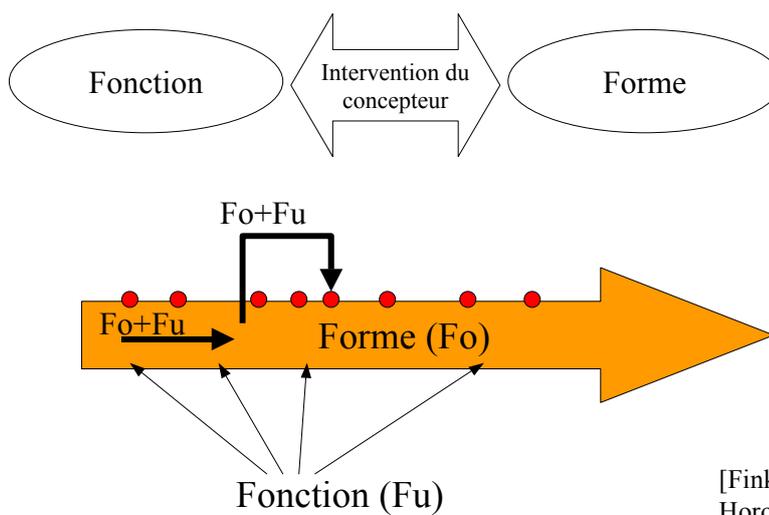
### 4.6.2 Structure de l'entité évolutive



[Gérard 00]

Figure 33. Structure d'une entité évolutive.

### 3) Gestion des transformations :



[Finke 95,  
Horowitz 01]

Figure 34. Gestion des transformations pendant le processus.

### 4.6.3 Unité élémentaire

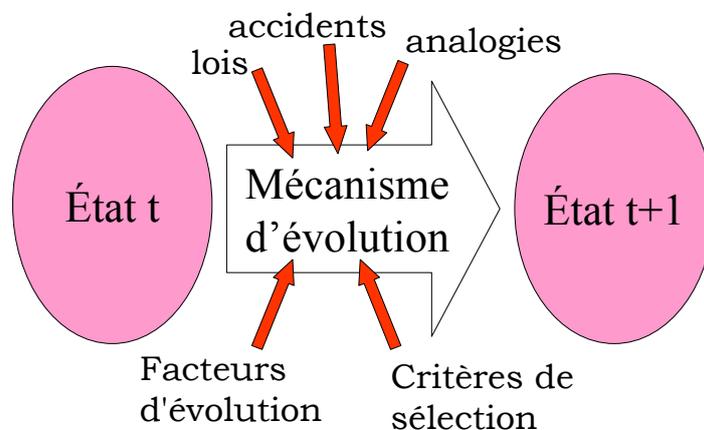
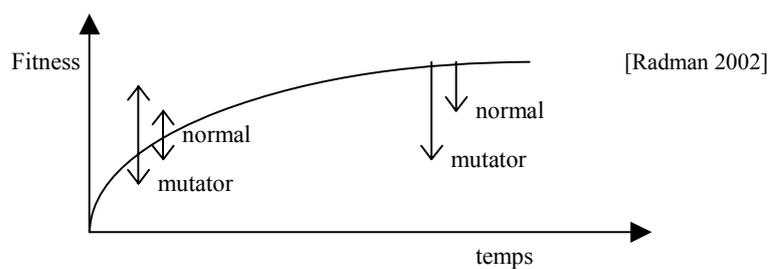


Figure 35. Unité élémentaire de mécanisme d'évolution.

#### 4.6.3.1 Outil de pilotage qualitatif 1



Un *mutator* peut être un défaut mais peut créer des bonnes descendance.

Figure 36. Indicateur de pilotage pour l'intensité de mutation.

#### 4.6.3.2 Outil de pilotage qualitatif 2

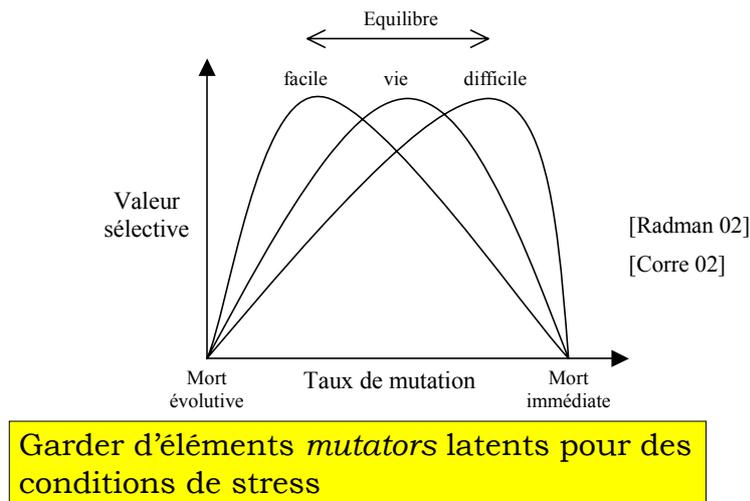


Figure 37. Indicateur de pilotage pour le taux de mutation.

## 4.7 Résultats attendus

Le processus de conception s'adaptera au contexte industriel de l'entreprise porteuse et à son évolution.

Les outils de créativité aideront et fixeront les paramètres de contrôle du pilotage dans une logique couplée d'exploration/synthèse.

L'utilisation d'une R.I. « augmentée » facilite la manipulation et la création de connaissances utiles à la prise de décisions dans un contexte incertain.

NOTA : Sur les RI par détournement, parler sur un des avantages liés au fait de disposer très rapidement de maquettes de concepts, d'exploration ou synthèse, comme l'on a décrit plus haut. Pouvoir disposer d'un objet physique à manipuler même si les spécifications du produit en conception ne sont pas suffisamment définies.

