



**HAL**  
open science

# Approche systemique de la créativité: Outils et methodes pour aborder la complexite en conception amont

Pathum Bila Deroussy

► **To cite this version:**

Pathum Bila Deroussy. Approche systemique de la créativité: Outils et methodes pour aborder la complexite en conception amont. Génie des procédés. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers - ENSAM, 2015. Français. NNT : 2015ENAM0038 . tel-01315163

**HAL Id: tel-01315163**

**<https://pastel.hal.science/tel-01315163>**

Submitted on 12 May 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

École doctorale n° 432 : Sciences des Métiers de l'ingénieur

**Doctorat ParisTech**

**T H È S E**

pour obtenir le grade de docteur délivré par

**l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers**

**Spécialité " Conception "**

*présentée et soutenue publiquement par*

**Pathum BILA-DEROUSSY**

le 2 décembre 2015

**Approche systémique de la créativité : outils et méthodes  
pour aborder la complexité en conception amont**

Directrice de thèse : **Carole BOUCHARD**

**Jury**

**M. Bernard YANNOU**, Professeur, LGI, CentraleSupélec

**Mme Nathalie BONNARDEL**, Professeur, PsyCLE, Aix-Marseille Université

**Mme Amandine PASCAL**, Maître de Conférences, LEST, Aix-Marseille Université

**Mme Carole BOUCHARD**, Professeur, LCPI, Arts et Métiers ParisTech

**Mme Saran DIAKITE KABA**, Head of User Experience Innovation, PSA Peugeot Citroën

**Mme Frédérique PAIN**, Design Research & Innovation Director, Strate-Ecole de Design

Président

Rapporteur

Examineur

Examineur

Invitée

Invitée



*« À l'origine de la vie, il s'est créé une sorte de boucle, une sorte de machinerie naturelle qui revient sur elle-même et qui produit des éléments toujours plus divers qui vont créer un être complexe qui sera vivant. Le monde lui-même s'est autoproduit de façon très mystérieuse. La connaissance doit avoir aujourd'hui des instruments, des concepts fondamentaux qui permettront de relier. »*

*Edgar Morin, 1995.*



# Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord aux professeurs Bernard YANNOU et Nathalie BONNARDEL pour avoir accepté d'être les rapporteurs de mon travail.

Je remercie également Amandine PASCAL, Maître de conférences, pour avoir accepté d'être examinateur de cette thèse.

Je remercie le professeur Améziane AOUSSAT pour m'avoir accueilli au sein du Laboratoire de Conception de Produits et Innovation (LCPI).

Je remercie tout particulièrement le professeur Carole BOUCHARD pour avoir encadré cette thèse tout au long des trois ans. Pour sa contribution à la rigueur de mon travail, et son soutien dans les périodes difficiles.

Je n'aurais pas réalisé cette thèse si Saran DIAKITE KABA ne m'avait pas accueillie, tout d'abord en master de recherche puis en thèse, au sein de l'entité User eXperience Innovation (UXIN) du groupe PSA Peugeot Citroën. Son entité a constitué un environnement propice pour mener un véritable travail de recherche-action.

Je remercie Dominique SCIAMMA pour m'avoir donné l'envie de faire une thèse en design, et m'avoir accueilli à Strate-Ecole de Design pour y mener des expérimentations. Je remercie également Frédérique PAIN, pour avoir co-suivi mon travail en y apportant le regard de la recherche issue d'une école de design.

Enfin, je remercie tous les collaborateurs que j'ai pu croiser de près ou de loin tout au long de cette thèse, mes collègues, et amis.

Je remercie mes collègues chez PSA, les UXINers d'hier et d'aujourd'hui, pour leur implication dans mon travail d'expérimentation notamment, et pour tous les bons moments passés avec eux.

Je remercie mes collègues doctorants du labo LCPI, et particulièrement la team du Bureau 38, ma « teammate » de thèse Paula... et les produits antidépressifs Haribo®.

Je remercie mes amis de Strate (Alumni !), pour les bons moments « off » entre Stratos, qui m'ont permis de « sortir la tête de l'eau », et de tenir le coup.

Enfin je remercie ma famille, mes chers parents et ma sœur, pour avoir supporté mes humeurs et tenu le coup à distance, et ma grand-mère pour le goût des lettres classiques et modernes qu'elle a su me transmettre.

A mon *Maine Coon* « Iron », qui est entré dans ma vie grâce à cette thèse, et qui je l'espère, m'accompagnera encore de nombreuses années.



## Table des matières

### INTRODUCTION GENERALE :

<b>Objectif et Problématique</b> .....	<b>9</b>
<b>Méthodologie de recherche</b> .....	<b>10</b>
<b>Originalité et Apports</b> .....	<b>11</b>
<b>Structure du document</b> .....	<b>12</b>

### PREMIER CHAPITRE : Contexte, positionnement et enjeux

<b>Introduction du premier chapitre</b> : .....	<b>17</b>
<b>1.1 Contexte</b> .....	<b>18</b>
1.1.1 Contexte industriel .....	18
1.1.2 Contexte académique .....	21
1.1.3 Contexte méthodologique .....	24
<b>1.2 Positionnement</b> .....	<b>28</b>
1.2.1 Paradigme systémique .....	28
1.2.2 Sciences de la conception .....	30
1.2.3 Créativité en conception .....	32
<b>1.3 Enjeux</b> .....	<b>34</b>
1.3.1 Enjeux économiques .....	34
1.3.2 Enjeux scientifiques .....	35
1.3.3 Enjeux sociétaux .....	35
<b>Synthèse du premier chapitre</b> .....	<b>37</b>

### SECOND CHAPITRE : Etat de l'art

<b>Introduction du deuxième chapitre</b> .....	<b>41</b>
<b>2.1 Approche systémique</b> .....	<b>43</b>
Introduction de l'approche systémique .....	43
2.1.1 Principes fondamentaux .....	43
2.1.2 Systèmes complexes .....	45
2.1.3 Modélisation systémique .....	48
Conclusion de l'approche systémique .....	54

<b>2.2 Conception amont</b> .....	<b>55</b>
Introduction de la conception amont .....	55
2.2.1 Cognition en conception .....	55
2.2.2 Processus de conception .....	58
2.2.3 Productions.....	60
2.2.4 Approches systémiques de la conception .....	62
Conclusion de la conception amont.....	63
<b>2.3 Créativité en conception</b> .....	<b>65</b>
Introduction de la créativité en conception .....	65
2.3.1 Cognition et psychisme.....	65
2.3.2 Processus de créativité .....	80
2.3.3 Facteurs influents.....	83
2.3.4 Approches systémiques de la créativité.....	92
Conclusion de la créativité en conception.....	96
<b>Synthèse du deuxième chapitre</b> .....	<b>98</b>
Introduction .....	98
A l'échelle Macroscopique : environnement.....	100
A l'échelle Mésoscopique : individu .....	101
A l'échelle Microscopique : objet.....	103
Conclusion.....	104

## TROISIEME CHAPITRE : Modélisation théorique

<b>Introduction du troisième chapitre</b> .....	<b>109</b>
<b>3.1 Construction d'un pré-modèle</b> .....	<b>110</b>
3.1.1 Principes de modélisation.....	110
3.1.2 Représentation synchronique et diachronique .....	111
3.1.3 Topologie systémique .....	113
<b>3.2 Problématique de recherche</b> .....	<b>117</b>
3.2.1 Constats.....	117
3.2.2 Problématique .....	117
<b>3.3 Hypothèses de modélisation</b> .....	<b>119</b>
3.3.1 Hypothèse générale .....	119
3.3.2 Hypothèse 1 : outils.....	120
3.3.3 Hypothèse 2 : formats.....	120
3.3.4 Hypothèse 3 : processus .....	120
<b>Synthèse du troisième chapitre</b> .....	<b>121</b>

## QUATRIEME CHAPITRE : Expérimentation

<b>Introduction du quatrième chapitre .....</b>	<b>125</b>
<b>4.1 Pré-expérimentations .....</b>	<b>129</b>
4.1.1 Objectif.....	129
4.1.2 Structure.....	129
4.1.3 Protocole.....	132
4.1.4 Résultats.....	134
4.1.5 Discussion .....	138
<b>4.2 Expérimentation 1 : « outils ».....</b>	<b>139</b>
4.2.1 Objectif.....	139
4.2.2 Structure.....	139
4.2.3 Protocole.....	140
4.2.4 Résultats.....	144
4.2.5 Discussion .....	149
<b>4.3 Expérimentation 2 : « formats ».....</b>	<b>151</b>
4.3.1 Objectif.....	151
4.3.2 Structure.....	151
4.3.3 Protocole.....	153
4.3.4 Résultats.....	155
4.3.5 Discussion .....	160
<b>4.4 Expérimentation 3 : « processus » .....</b>	<b>163</b>
4.4.1 Objectif.....	163
4.4.2 Structure.....	163
4.4.3 Protocole.....	164
4.4.4 Résultats.....	168
4.4.5 Discussion .....	175
<b>4.5 Expérimentation 4 : « transverse ».....</b>	<b>178</b>
4.5.1 Objectif.....	178
4.5.2 Structure.....	178
4.5.3 Protocole.....	178
4.5.4 Résultats.....	179
4.5.5 Discussion .....	182
<b>Synthèse du quatrième chapitre .....</b>	<b>184</b>
Synthèse de la démarche.....	184
Validation des hypothèses .....	185
Discussion concernant les protocoles expérimentaux.....	185

## CINQUIEME CHAPITRE : Apports, limites et perspectives

<b>Introduction du cinquième chapitre.....</b>	<b>191</b>
<b>5.1 Apports .....</b>	<b>192</b>
5.1.1 Industriels.....	192
5.1.1.1 Méthode de conception systémique.....	192
5.1.1.2 Outils de conception systémique.....	195
5.1.1.3 Diffusion et formation .....	197
5.1.2 Scientifiques.....	197
5.1.2.1 Modèle systémique.....	197
5.1.2.2 Méthode de recherche.....	203
5.1.2.3 Sciences du design.....	205
5.1.3 Sociétaux .....	208
5.1.3.1 Enseignement du design.....	208
5.1.3.2 Innovation collaborative.....	209
5.1.3.3 Création et société.....	210
<b>5.2 Limites.....</b>	<b>212</b>
5.2.1 Du contexte .....	212
5.2.2 De la méthode.....	212
5.2.3 De l'objet de recherche.....	213
<b>5.3 Perspectives.....</b>	<b>214</b>
5.3.1 Court terme.....	214
5.3.2 Moyen terme.....	214
5.3.3 Long terme.....	215
<b>Synthèse du cinquième chapitre.....</b>	<b>216</b>

## CONCLUSION GENERALE :

<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>219</b>
<b>Index des figures.....</b>	<b>236</b>
<b>Index des tableaux.....</b>	<b>239</b>
<b>Production scientifique.....</b>	<b>240</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>241</b>

# INTRODUCTION GENERALE :

## Objectif et Problématique

Cette thèse de doctorat est le fruit de trois années de recherche menées conjointement, au sein du Laboratoire LCPI (Laboratoire Conception de Produits et Innovation) d'Arts et Métiers ParisTech d'une part, et au sein de la DRIA (Direction Recherche Innovation & technologies Avancées) du groupe PSA Peugeot Citroën d'autre part. La thèse s'intitule : « **Approche systémique de la créativité : outils et méthodes pour aborder la complexité en conception amont** ». Ancré au sein des sciences de la conception, ce travail se donne pour objectif de modéliser la créativité afin de définir des méthodologies adaptées à sa stimulation dans un contexte industriel complexe et systémique. Ce travail est issu d'un double constat.

Le premier constat concerne le contexte d'application de nos travaux. Quels que soient les domaines, écologiques, économiques, technologiques, politiques et sociaux... les problèmes auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui sont de plus en plus complexes. Ils nécessitent l'invention de nouveaux modèles de pensée, de nouvelles méthodes permettant de les considérer dans leur ensemble, avec leur complexité et leur dynamique propre. Les concepteurs sont également de plus en plus concernés par ces problématiques complexes. Souvent les solutions ne peuvent être visualisées, étant donné qu'elles sont constituées d'un mélange multi-facettes de produits, de services et de systèmes, et que le processus pour y arriver peut être mal défini, non structuré et spécifique au contexte. Pour s'attaquer à ce type d'enjeux, plusieurs auteurs de cette discipline reconnaissent qu'il est nécessaire d'adopter un changement dans les approches de conception et de penser différemment.

Le second constat concerne l'objet de nos travaux. Malgré plus d'une centaine d'années de recherche sur ce sujet, le concept de créativité reste encore difficile à appréhender. Des nombreuses études scientifiques existantes, peu s'intéressent en profondeur au processus créatif, si bien que plusieurs auteurs reconnaissent que nous manquons encore d'une théorie fondamentale de la créativité qui soit consensuelle. Nous avons besoin d'une approche coordonnant l'ensemble des efforts, pour progresser vers une meilleure compréhension de la nature des processus créatifs, et pour proposer des méthodologies efficaces. En effet, la recherche dans ce domaine manque souvent de pertinence en termes de transfert dans la pratique et d'adéquation avec les besoins pragmatiques industriels. Les réalités des entreprises ne doivent pas être oubliées. Dans un contexte international de concurrence très dure, les acteurs du monde économique se livrent à une bataille de l'innovation. Les phases amont étant les plus cruciales en termes de succès d'un produit, c'est sur ces phases que les efforts d'amélioration doivent être focalisés. La stimulation de la créativité présente donc un enjeu important.

Pour répondre à ces deux constats, nous nous sommes intéressés à l'approche systémique. A l'opposé, l'approche analytique, nous a appris à réduire un phénomène à ses éléments constitutifs les plus simples afin de les analyser en détail, et à ne modifier qu'une variable à la fois pour déduire des lois générales. Cependant cette approche n'est applicable qu'à des phénomènes simples comportant des éléments similaires avec peu d'interactions entre eux.

Elle n'est plus valable dans le cadre des systèmes de haute complexité, composés d'une très grande diversité d'éléments avec des interactions fortes. C'est là en revanche, le projet de l'approche Systémique : elle permet notamment d'examiner un problème dans son ensemble, d'identifier et d'utiliser les relations entre les différentes parties du problème, et de développer des compétences transdisciplinaires. Parce que nous étudions la créativité sous le prisme de l'approche systémique, notre objectif est de faire émerger de nouvelles connaissances que de précédentes approches auraient négligées. Les liens entre créativité et systémique ont été esquissés par plusieurs auteurs, mais nous constatons un manque dans la littérature concernant les méthodologies pour déployer cette approche de façon opérationnelle en entreprise.

Ainsi l'objectif de la thèse est d'utiliser l'approche systémique pour :

- Identifier les mécanismes à stimuler pour améliorer la créativité (état de l'art et pré-expérimentations).
- Combiner ces mécanismes afin de formaliser une synthèse exhaustive (modélisation théorique).
- En déduire les leviers méthodologiques à appliquer en contexte industriel (expérimentation).

En somme, notre travail de recherche tente de mieux comprendre la créativité, de révéler ses processus difficiles à appréhender car implicites et cachés, afin de déterminer des axes méthodologiques de stimulation de la créativité à déployer sur le terrain. Dans cette optique, nous avons ainsi établi la problématique de recherche suivante : **Quelle méthodologie déployer pour stimuler la créativité dans un contexte de conception complexe et systémique ?**

## Méthodologie de recherche

L'optimisation du processus de conception à travers l'amélioration de la créativité ne peut se faire que si la compréhension des activités qui y sont relatives est suffisamment complète (point de vue objectif et subjectif). Il a donc été indispensable de mener des observations d'un point de vue intrinsèque, en tant que concepteur, afin de percevoir les mécanismes implicites à l'œuvre, et d'en déduire les leviers d'amélioration en termes d'utilité pratique pour notre terrain industriel. De par la nature de notre thématique principale, la créativité, il nous paraissait important de nous placer dans cette posture de « concepteur-chercheur ».

C'est pourquoi nous avons mené cette recherche dans une double perspective : en tant que chercheur au sens académique du terme (LCPI), et en tant que praticien intégré au sein d'un terrain industriel réel (PSA). Nous avons donc suivi une approche de recherche-action, particulièrement adaptée à la thématique et au contexte de notre recherche. Destinée à avoir des retombées autant dans la pratique que dans la théorie, elle nous a permis d'établir sur la base d'un premier cycle, un diagnostic de l'intégration de la créativité au sein de notre contexte industriel, et de développer des hypothèses de modélisation à partir des données collectées sur ce terrain. Un second cycle nous a permis de tester nos hypothèses par la mise en œuvre de changements, et d'évaluer à nouveau leurs effets afin d'en tirer des conclusions « actionnables ».

Nous avons également suivi la méthodologie préconisée par l'approche systémique, qui s'est parfaitement corrélée à la méthode de recherche-action. On distingue ainsi :

- une première étape de « **analyse du système** », qui se rapporte à une phase d'état de l'art.
- une seconde étape de « **modélisation du système** », qui se rapporte à une phase de formulation de la problématique et des hypothèses de recherche, mais avec une importante activité de représentation graphique des connaissances.
- Une troisième étape de « **simulation du système** », qui se rapporte à une phase d'expérimentation et de validation au sein d'un contexte donné.

## Originalité et Apports

Cette recherche est originale sur plusieurs plans : par l'approche systémique utilisée, par la démarche de recherche-action suivie, et enfin par son ancrage dans la réalité industrielle.

L'approche systémique existe depuis plus d'une soixantaine d'années, et s'est répandue dans de nombreuses disciplines portant le nom de « sciences de la complexité » ou encore « sciences des systèmes ». Cependant, parce qu'elle opère une rupture avec les visions traditionnelles et parce que sa mise en œuvre peut paraître difficile, on recense peu de travaux intégrant cette approche en conception. Pour autant, non seulement il nous semble qu'elle est parfaitement adaptée à la résolution des enjeux scientifiques, économiques et sociétaux actuels, mais de plus nous pensons qu'elle est adaptée aux défis auxquels font face les chercheurs en créativité actuellement. De par sa faculté à relier les connaissances de façon transdisciplinaire, et à les formaliser sous une forme graphique analogique, nous pensons qu'elle est la méthode indispensable pour aboutir à la structuration d'une théorie unifiée de la créativité.

La démarche de recherche-action suivie est une des spécificités du laboratoire LCPI. Indispensable selon nous pour identifier des éléments authentiques issus du terrain des praticiens, elle nous permet également de tester nos hypothèses en dehors du laboratoire, dans des conditions réelles de projet, afin de valider nos travaux. Nous ajoutons de plus qu'il s'agit ici d'une recherche-action réalisée par un concepteur, issu d'un cursus de design industriel, ce qui est une originalité particulière de cette thèse, notamment sur les aspects de modélisation.

Enfin l'ancrage de nos travaux dans un tissu industriel rigoureux et conséquent (le groupe PSA Peugeot Citroën), nous a permis de réaliser un grand nombre d'expérimentations, basées sur des projets d'innovation réels de l'entreprise. Placée dans une direction stratégique du groupe, notre recherche a pu être diffusée sur un périmètre large nous permettant une grande liberté d'action. Cette matière de qualité est une opportunité suffisamment rare pour qu'elle soit mentionnée. Elle contribue sans aucun doute à la richesse de nos travaux.

Les apports de cette recherche consistent en un modèle théorique, ainsi qu'en plusieurs méthodes, outils, et pratiques.

Le « modèle systémique de la création » est l'apport majeur de notre travail. Il modélise la création en illustrant le couplage entre l'individu et l'environnement via l'objet, en

répartissant les mécanismes à l'œuvre sur trois niveaux conceptuels. Le modèle révèle trois processus interactifs fondamentaux : sensori-moteur, cognitif, social. Il révèle également trois processus de couplages entre l'individu et son environnement : l'imagination, la conception, et la création.

Les spécificités de ce modèle sont les suivantes :

- Le « monde interne » composé de la mémoire et de l'inconscient est considéré comme un « environnement » avec lequel les processus individuels interagissent, au même titre que l'environnement extérieur à l'individu.
- Bien que le modèle soit polarisé sur l'individu créateur, il laisse apparaître des interactions sociales desquelles il est exclu, et qui sont indispensables au processus de validation de la création.
- Il replace la création dans une perspective énaïve (cognition incarnée), en rappelant que le système de création ne peut exister dans un monde purement abstrait, sans interactions avec un environnement tangible auquel il est intrinsèquement lié.

Ainsi notre « modèle systémique de la création » offre un cadre théorique permettant d'unifier les différents apports de plusieurs auteurs en sciences de la conception.

De ce modèle sont projetés différents apports, industriels et scientifiques :

Les apports industriels sont composés d'une « méthode de conception systémique » et de ses 20 outils associés. Il s'agit d'une méthode qui intègre un processus cyclique alternant différents modes d'interaction sociale (imagination, conception, et création), enrichie par l'utilisation transversale d'outils de transformation analogique de formes visuelles. Cette méthode et ces outils ont fait l'objet d'une diffusion et de deux modules de formation déployés au sein du groupe PSA. Nous pensons qu'ils pourront contribuer à l'enrichissement des méthodes pour l'innovation collaborative.

Les apports scientifiques sont composés d'une « méthode de recherche » inspirée de l'approche systémique et de notre modèle. Cette méthode postule que la création en conception et la découverte scientifique peuvent être conduites selon le même processus. Nous complétons ces apports en projetant à nouveaux les principes de notre modèle afin de proposer une humble contribution à l'épistémologie des « sciences du design » (le design étant ici entendu comme la conception amont), ainsi qu'à aux pratiques pédagogiques du design.

## **Structure du document**

Ce document de thèse se divise en cinq chapitres : Contexte, positionnement et enjeux ; Etat de l'art ; Modélisation théorique ; Expérimentation ; Apports, limites et perspectives. Nous précisons que cette structure ne suit pas le déroulé chronologique de notre recherche.

### **- Chapitre 1 : Contexte, positionnement et enjeux**

Dans ce premier chapitre, nous aborderons tout d'abord le contexte industriel, académique et méthodologique de notre recherche. Puis nous préciserons le positionnement scientifique

que nous avons choisi au sein des sciences de la conception. Enfin nous concluons en abordant les enjeux économiques, scientifiques et sociétaux de notre travail.

## - **Chapitre 2 : Etat de l'art**

Dans ce deuxième chapitre, nous aborderons l'état de l'art de notre recherche, à travers trois parties qui suivent une logique du plus général au plus spécifique. Tout d'abord nous présenterons les spécificités de l'approche Systémique, le cadre théorique englobant notre recherche. Puis nous aborderons la Conception amont, discipline dans laquelle s'inscrit notre travail, ainsi que les liens entre la Systémique et la Conception. Enfin nous concluons par la plus grande partie dédiée à la Créativité en conception, qui aboutira à la présentation des liens entre la Systémique et la Créativité.

## - **Chapitre 3 : Modélisation théorique**

Dans ce troisième chapitre, nous aborderons tout d'abord la construction d'un pré-modèle. C'est-à-dire la modélisation du système de création que nous avons réalisé à partir d'une synthèse d'état de l'art et des constats de terrain issus de pré-expérimentations (voir chapitre 4). Il s'agit d'un important travail de formalisation graphique qui nous a permis d'identifier les variables à stimuler afin d'améliorer la performance du système de création. Nous présenterons ainsi la problématique de recherche, l'hypothèse générale et les trois hypothèses issues de ce travail de modélisation systémique.

## - **Chapitre 4 : Expérimentation**

Dans ce quatrième chapitre, nous présenterons tout d'abord les pré-expérimentations qui nous ont servi à construire le pré-modèle. Puis nous détaillerons les trois expérimentations testant les trois hypothèses que nous avons formulées lors de la modélisation. Nous concluons avec la quatrième expérimentation qui nous a permis de tester notre hypothèse générale. Chaque partie expérimentale sera détaillée en termes d'objectif, de structure, de protocole, de résultats, et sera conclue par une discussion.

## - **Chapitre 5 : Apports, limites et perspectives**

Dans ce cinquième chapitre, nous rassemblerons l'ensemble des résultats de notre recherche afin d'en proposer une synthèse, et de la discuter au regard des hypothèses de départ, puis de manière ouverte. Nous présenterons tout d'abord les apports de notre travail, tant industriels que scientifiques, mais aussi sociétaux. Puis nous aborderons les limites, à la fois du contexte, de la méthode, mais également de l'objet même de notre recherche. Enfin pour conclure, nous ouvrirons sur les perspectives à court, moyen, et long terme.



# Chapitre 1

Contexte, positionnement et enjeux



# CHAPITRE 1 : Contexte, positionnement et enjeux

## Introduction du premier chapitre :

Dans ce premier chapitre, nous abordons tout d'abord le contexte industriel, académique et méthodologique de notre recherche. Puis nous précisons le positionnement scientifique que nous avons choisi au sein des sciences de la conception. Enfin nous concluons en abordant les enjeux économiques, scientifiques et sociétaux de notre travail. La **Figure 1** ci-dessous résume la structure de ce chapitre.

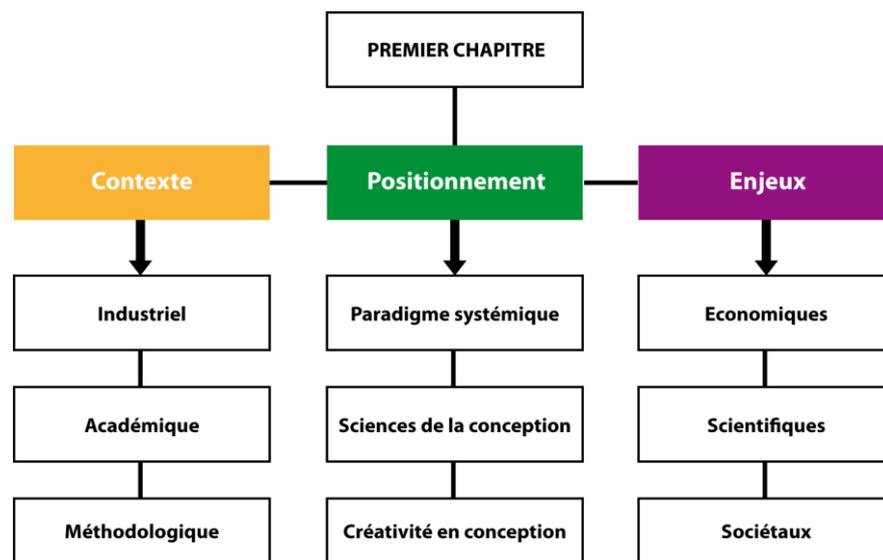


Figure 1: Structure du premier chapitre

## 1.1 Contexte

Cette thèse de doctorat résulte d'un travail de recherche tripartite rendu possible par l'obtention d'une bourse CIFRE auprès de l'Association Nationale Recherche Technologie (ANRT). Elle fait suite à un Master en Design Industriel à Strate – Ecole de Design, ainsi qu'une formation en Master de Recherche à Arts et Métiers ParisTech. Le travail de recherche présenté dans le présent document a été réalisé en collaboration avec PSA Peugeot Citroën d'une part, et le LCPI des Arts et Métiers ParisTech (ENSAM) d'autre part. Strate – Ecole de Design a également participé au suivi de cette thèse.

Dans cette partie, nous allons expliciter le contexte industriel de nos travaux, en présentant l'entité UXIN (User eXperience Innovation) qui nous a recruté en stage puis en thèse au sein du groupe PSA Peugeot Citroën, ainsi qu'un historique du déploiement de la démarche de créativité au sein du groupe. Puis nous expliciterons le contexte académique en présentant le laboratoire LCPI qui nous a accueilli au sein de l'ENSAM, ainsi qu'un historique de ses travaux de recherche sur la créativité. Nous concluons en présentant les méthodes de recherche que nous avons suivies : la recherche-action et la théorisation ancrée.

### 1.1.1 Contexte industriel

#### 1.1.1.1 Le terrain de l'entité UXIN

Cette thèse de doctorat s'est déroulée chez un constructeur automobile français : le groupe PSA Peugeot Citroën. Fondé en 1965, le groupe PSA est implanté en Europe, Chine, Russie et Amérique du Sud, et rassemble plus de 200 000 employés. Fort de trois marques de renommée mondiale (Peugeot, Citroën et DS), le Groupe a vendu plus de 2,8 millions de véhicules dans le monde en 2013 dont 42% hors d'Europe. En 2014, PSA Peugeot-Citroën se situe en première position des plus faibles émissions de CO2 en Europe. Les défis autour de la voiture « propre » et autour du véhicule « connecté et communiquant » sont au cœur de sa stratégie d'innovation. Nous étions rattachés conjointement à la Direction Scientifique et Technologies Futures (position hiérarchique) et à la Direction de la Recherche et de l'Ingénierie Avancée (position opérationnelle).

Au sein de cette dernière, notre entité nommée UXIN (User eXperience INnovation) est en charge du design de l'expérience utilisateur globale des clients futurs. Il s'agit d'une entité créée fin 2011, en forte interaction avec les autres services, et composée d'une équipe interne et externe pluridisciplinaire d'une vingtaine de personnes (storyboarders, designers interactifs et industriels, développeurs, ergonomes, chercheurs). Notre mission est double, d'une part concevoir des IHM (Interface Homme Machine) pour proposer de nouvelles prestations et fonctionnalités à l'intérieur et à l'extérieur d'un véhicule, et d'autre part scénariser les expériences clients prospectives pour donner à voir la vision systémique des usages en mobilité. La méthodologie de conception adoptée est essentiellement issue de la pratique de l'UX design (User Experience design), composée de cycles courts et itératifs de conception et de prototypage, et de cycles de tests utilisateurs très tôt en amont du processus. La **Figure 2** ci-dessous résume le processus de conception de l'entité UXIN.

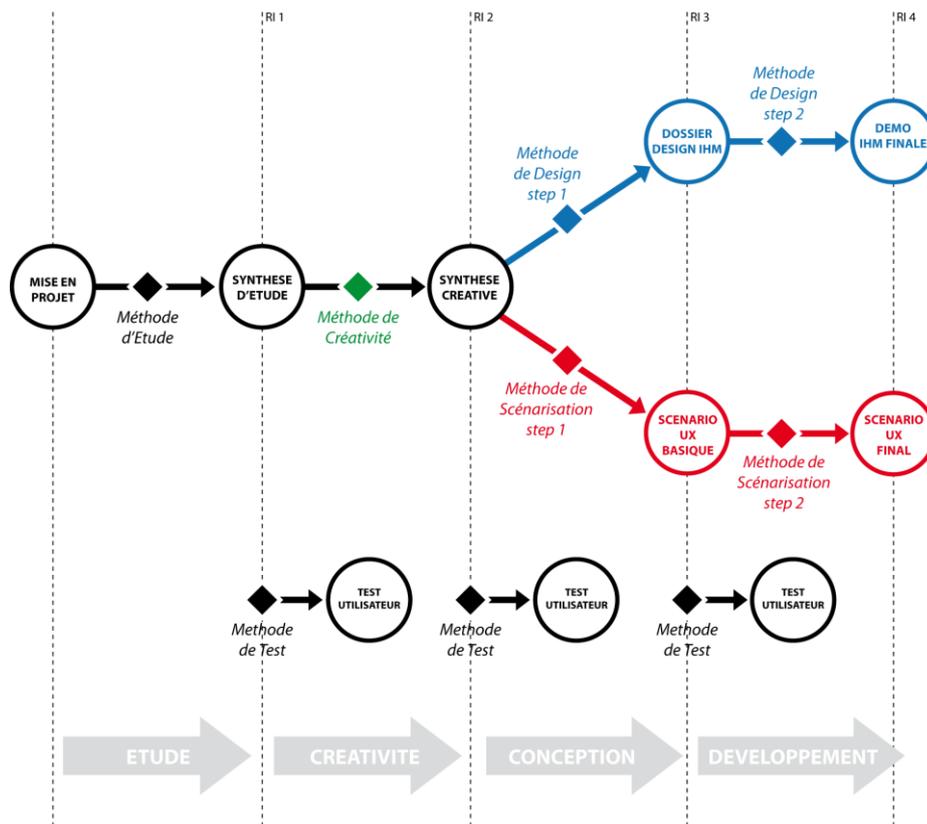


Figure 2: Processus de conception de l'entité UXIN

Depuis le brief initial et la mise en projet, nous comptons 4 niveaux de représentations intermédiaires (RI) jusqu'à nos livrables finaux. Le premier type d'objet intermédiaire (RI 1) est une *synthèse d'étude de terrain* sur un sujet donné. Nous utilisons des outils empruntés à la sociologie et aux méthodes qualitatives d'observation et d'entretien. Cette étude de terrain peut être utilisée comme matière première pour organiser des sessions de créativité, en vue de produire des idées et concepts innovants. Le deuxième type d'objet intermédiaire (RI 2) est une *synthèse de créativité*. Elle consiste en un recueil d'idées et de concepts produits par la méthode du « workshop créatif en groupe » (*voir § 4.2.2.1*). Cette synthèse créative peut être utilisée comme matière première pour atteindre un premier niveau de prototypage. Le troisième type d'objet intermédiaire (RI 3) est une *synthèse de conception*. Nous en avons deux types : un dossier de conception d'IHM avec ses spécifications de développement, ou un scénario d'usage prospectif. Nous utilisons les outils de conception d'IHM ou de scénarios illustrés pour élaborer ces RI. Ces deux objets peuvent être développés avec un plus grand niveau de détail, et atteindre un deuxième niveau de prototypage. Ce dernier niveau constitue notre quatrième type d'objet intermédiaire (RI 4). Il s'agit soit d'un *démonstrateur IHM* (maquette interactive, simulateur virtuel ou prototype physique), ou bien d'un *film représentatif de l'expérience utilisateur prospective cible* (dessin animé, animation 3D, tournage en studio). Ce niveau représente les livrables finaux de notre entité.

En parallèle de cette double mission de conception et de scénarisation, nous avons à notre charge d'organiser les sessions de créativité pour transformer la matière brute issue d'études terrains en données de sortie exploitables pour nourrir le processus de conception. La créativité s'applique dans le contexte de nombreux projets, internes et externes à notre entité

(consulting pour d'autres Directions du groupe PSA). Nous utilisons pour cela la méthode du « workshop créatif en groupe » (*voir § 4.2.2.1*), et c'est dans le cadre de cette mission que nous avons effectué notre recherche, avec une posture double de praticien et de chercheur que nous développerons ci-après (*voir § 1.1.3*).

### 1.1.1.2 Historique de la créativité chez PSA

Le management de la créativité au sein du groupe PSA n'est pas nouveau, et a démarré bien avant la création de notre « mission créativité » au sein de l'entité UXIN. Des premiers travaux d'intégration d'un processus de créativité industrielle ont été réalisés depuis 1995, dans le cadre d'une collaboration avec le LCPI des Arts et Métiers sur laquelle nous reviendrons dans le détail par la suite (*voir § 1.1.2.2*). La **Figure 3** ci-dessous présente l'historique de déploiement des démarches de créativité chez PSA, et l'impact de chaque initiative dans le temps.

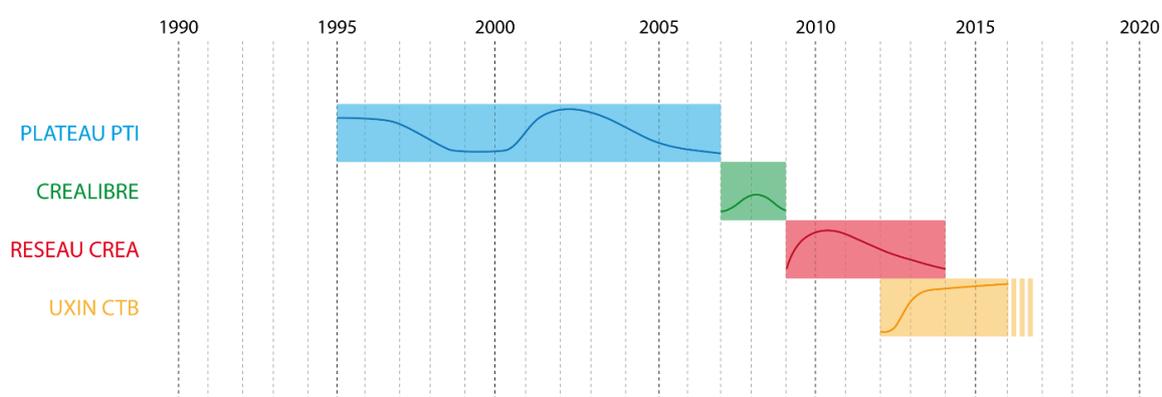


Figure 3: Historique du déploiement de la démarche de créativité chez PSA

Comme nous pouvons le voir sur la figure 3, d'une manière générale, le déploiement de moyens pour stimuler la créativité au sein du groupe PSA est perçu comme « en dents de scie ». De nombreuses initiatives portées par différentes divisions du groupe se sont succédées, afin de relancer une motivation déclinante. Vers la fin des années 90, a été initié *le plateau PTI* (Plateau de créaTivité & Innovation). Celui-ci fonctionnait comme une « cellule de créativité », ressource dédiée au reste de l'entreprise. Mais au début des années 2000, ce fonctionnement a nécessité un nouveau travail de structuration du processus de créativité, notamment pour optimiser l'interaction entre cette « cellule » et le reste de l'entreprise. C'était une époque très propice pour le déploiement de nouvelles ressources (2000-2005), les séances de créativité étaient faciles à organiser (notamment à l'extérieur des sites PSA). Il y avait beaucoup de participation de la part des employés, grâce à la mise à disposition de ressources financières, et une certaine motivation pour le travail transversal. Par la suite se sont succédées plusieurs nouvelles initiatives. Entre 2007 et 2009 par exemple, avec un programme nommé « Créalibre », puis à partir de 2009, avec un projet de « Réseau d'animateurs » formés par « Créa-Université » (certification CNAM). Cette nouvelle démarche basée sur une évolution du Creative Problem Solving issue des praticiens Guy Aznar et Stéphane Ely (posture dynamique/sensible), dont la particularité est de séparer « génération de concept » et « recherche de solution », était toujours à l'œuvre lors de notre arrivée au sein du groupe. Mais d'après les retours de collaborateurs impliqués dans cette démarche, on pouvait déjà constater une baisse d'implication, notamment hiérarchique. D'autre part,

l'organisation en réseau plutôt qu'en plateau dédié, bien qu'intéressante, semblait difficile à faire vivre, de par la charge de travail très importante des potentiels animateurs dans leur fonction métier initiale, et de par les difficultés de l'entreprise à accompagner ce type de fonctionnement nécessitant d'importantes ressources.

Notre action au sein de l'entité UXIN s'est donc placée tout d'abord en parallèle et en continuité avec ce « Réseau d'animateurs ». Nous avons commencé par co-animer avec eux des « chantiers créativité » (plusieurs séances de créativité pour un même projet), et nous avons fait progresser notre recherche en parallèle, notamment une partie importante de modélisation théorique. Nous avons progressivement animé de plus en plus de séances (entre 20 à 30 par an) à l'aide de notre propre méthode baptisée « *Creative Tool Box* » (CTB), si bien qu'en Septembre 2014, notre service était en charge de l'ensemble de l'animation de la créativité pour le Groupe. Début 2015, afin de structurer encore plus efficacement le « Réseau d'animateurs », nous avons lancé un « Comité de Pilotage Créativité » ainsi que les premiers modules d'une « *Formation Créativité E-learning* », issus directement de nos présents travaux de recherche. Nous présenterons les détails de cette formation dans la partie consacrée aux apports industriels (*voir § 5.1.2.3*).

## 1.1.2 Contexte académique

### 1.1.2.1 Laboratoire LCPI

Cette thèse de doctorat s'est déroulée au sein du Laboratoire Conception de Produits et Innovation (LCPI), une unité de recherche d'Arts et Métiers ParisTech (Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers). Créé en 1978, le LCPI positionne sa recherche dans le domaine du *Génie Industriel*. Pionnier dans son domaine, il mène une recherche sur les processus de conception et d'innovation (AERES, 2009). Ces processus doivent être maîtrisés pour respecter des contraintes de budget, de délai et de qualité du produit (fonctionnalités, critères esthétiques, coûts...) et cette maîtrise passe nécessairement par une compréhension et une formalisation du processus de conception et d'innovation (Mougenot, 2008). C'est pourquoi la démarche scientifique générale du laboratoire est *l'optimisation du processus de conception et d'innovation* (AERES, 2009). Cette recherche est centrée sur les étapes amont du processus, phases pendant lesquelles les produits à développer sont encore définis de manière imprécise et floue (Lahonde, 2010). Dans leur article, (Segonds et al., 2009) clarifient cette notion de « conception amont » et la définissent comme étant le regroupement des « phases de définition et planification du projet, de recherche et de validation du concept » ainsi que « des premières étapes de la conception architecturale, jusqu'à la génération d'un tracé préliminaire ». La conception de produits est un processus complexe. Cette complexité découle d'une part du produit à concevoir en lui-même, mais également de la pluridisciplinarité inhérente aux projets de conception amont (Lahonde, 2010). Un des points forts du LCPI réside justement dans son approche interdisciplinaire, les activités menées impliquent une compétence pluridisciplinaire à l'intersection des sciences humaines et des sciences pour l'ingénieur. Les travaux associent des données, des méthodes, des outils, des théories et des concepts issus de disciplines différentes en une synthèse qui va bien au-delà de la simple juxtaposition (AERES, 2013). Ces travaux sont menés selon trois orientations :

1. **Formalismes de conception** : le développement de méthodes et outils d'aide à la décision pour le pilotage et la gestion de projets de conception de produits (axe1)
2. **Intégration des métiers** : le développement de méthodes et outils d'aide à la conception intégrant les connaissances de différents métiers (axe 2).
3. **Modélisation pour l'optimisation de la conception** : la formalisation et la numérisation des "représentations intermédiaires", concrétisation progressive des attributs du produit et modèles de connaissances (axe 3).

Comme la plupart des travaux réalisés au LCPI, notre travail de recherche concerne chacun des trois axes. Mais notre contribution sera particulièrement forte sur l'axe 3 de *modélisation pour l'optimisation de la conception*, ainsi que sur l'axe 1 concernant la *formalisation d'outils et méthodes pour la conception*, comme le montre la **Figure 4** ci-dessous.

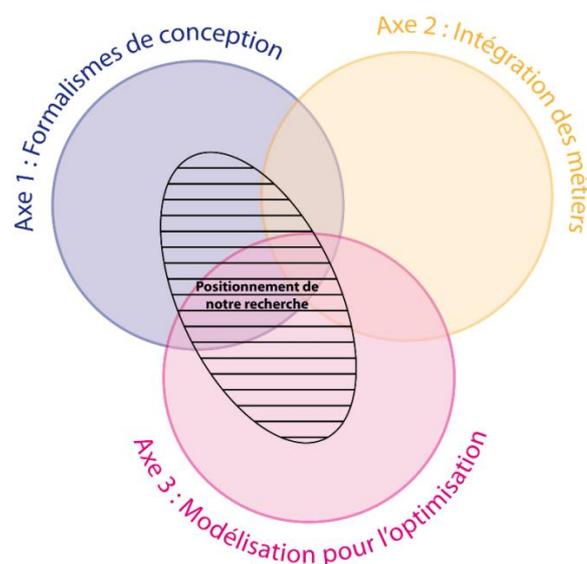


Figure 4: Positionnement de nos travaux sur les axes de recherche du LCPI

La triple thématique esquissée ici (optimisation, conception amont, pluridisciplinarité) restant peu revendiquée au niveau académique, elle offre au LCPI un positionnement tout à fait original dans la communauté de la conception de produit, et en fait un environnement de développement de notre recherche particulièrement adéquat. De plus les liens qu'entretient le laboratoire avec différents acteurs du monde industriel permettent d'évaluer ces modèles, connaissances, méthodes et outils dans un contexte applicatif, contribuant ainsi à une double dynamique de progrès, industriel et scientifique.

### 1.1.2.2 Travaux précédents

La genèse de cette recherche est issue de plusieurs travaux antérieurs du Laboratoire Conception de Produits et Innovation. Depuis l'origine sur la modélisation du processus de conception (Aoussat, 1990), et depuis une vingtaine d'années sur la modélisation des activités de conception amont, et en particulier, elle fait suite à la thèse de (Bouchard, 1997) sur *la modélisation du processus de design industriel à partir de l'analyse des activités des designers dans le secteur automobile* (Bouchard et Aoussat, 2002a). Cette thèse démontrait l'intérêt d'une approche de modélisation cognitive pour l'extraction de connaissances et de règles expertes dans un domaine où l'information est subjective et peu formalisée, et faisait ressortir l'importance des

dimensions sémantiques et émotionnelles au sein de processus informationnels plus ou moins conscients et explicites mis en œuvre par les designers (Bouchard, 2010). Notre recherche s'inscrit également dans la continuité des apports synthétisés dans son mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (Bouchard, 2010), intitulé « *Modélisation et computation des processus cognitifs et informationnels en conception amont : une investigation chez les designers et les concepteurs* ». Dans ce travail, le modèle théorique proposé considère le processus de conception comme la matérialisation progressive d'un espace problème en un espace solution, selon un processus informationnel réduisant l'abstraction par des cycles successifs de représentations mentales et physiques intégrant de plus en plus de contraintes. Le processus de conception se réalise alors selon une succession de cycles comprenant les phases d'information, de génération, d'évaluation de sélection et qui permettent peu à peu une concrétisation (Bouchard, 2010).

La collaboration entre le LCPI et PSA Peugeot Citroën, contexte académique et industriel de notre recherche, s'inscrit dans la durée et ce depuis une vingtaine d'années. Deux thèses de doctorat en recherche-action sont à l'origine du développement de la structure interne de créativité au sein du groupe PSA décrite ci-avant (**voir § 1.1.1**). Celle de Philippe Vadcard (1996) était intitulée : « *Définition et mise en oeuvre d'un processus de production de solutions innovantes par l'intégration de la créativité* ». Et celle d'Arnaud Groff (2004), était intitulée : « *Optimisation de l'innovation par l'élaboration d'un processus de créativité industrielle* ». La recherche a été menée depuis 1995 en 3 grandes phases :

1. **Une première phase d'analyse du besoin et de diagnostic** a abouti à la modélisation d'une méthodologie de production d'idées innovantes, en proposant un ensemble d'outils et de méthodes classifiés, ainsi qu'à la création d'un service créativité et innovation dans l'entreprise avec des personnels formés à cette méthodologie (Vadcard, 1996) ;
2. **Une seconde phase de formalisation**, avec mise en œuvre d'un guide afin de sensibiliser et former le personnel a été réalisée. Puis une évaluation du processus de recherche de solutions a été réalisée auprès d'acteurs du plateau innovation et des services demandeurs via un audit d'une vingtaine d'entretiens semi-directifs, afin de localiser et d'identifier les limites de la démarche. Les résultats ont montré que l'apport du service créativité était bien réel notamment sur la phase de production d'idées (PI). Cependant des améliorations étaient nécessaires, du fait d'un manque de formalisation de certaines étapes telles que l'analyse de la demande (AD), le déploiement des idées (DI), et la capitalisation et l'exploitation des données (LCPI, 2000) ;
3. **Une troisième phase de définition des points d'amélioration** et de proposition de solutions concrètes d'optimisation du processus de production d'idées innovantes a permis de définir des spécifications pour un processus global de créativité industrielle (PCI). Structuré selon les trois phases d'Analyse de la Demande (AD), de Production d'Idées (PI) et de Déploiement des Idées (DI), il a été expérimenté en conditions réelles. La nouvelle démarche s'appuyait ainsi sur une clarification précoce du positionnement de l'action en créativité au sein des projets via un document contractuel de départ. Concernant la partie aval, de nouveaux outils tels que « grilles

d'évaluation des idées », « concepts », « concepts approfondis métiers », permettaient d'effectuer les choix selon des indicateurs précis (Groff, 2004) ;

Comme le montre la **Figure 5** ci-dessous, notre recherche s'est donc déroulée vingt ans après l'initiation de la collaboration entre le LCPI et PSA. Nous nous sommes inscrits dans la continuité des derniers travaux réalisés, tout en intégrant l'évolution conjointe des connaissances scientifiques et du contexte industriel de PSA Peugeot Citroën.

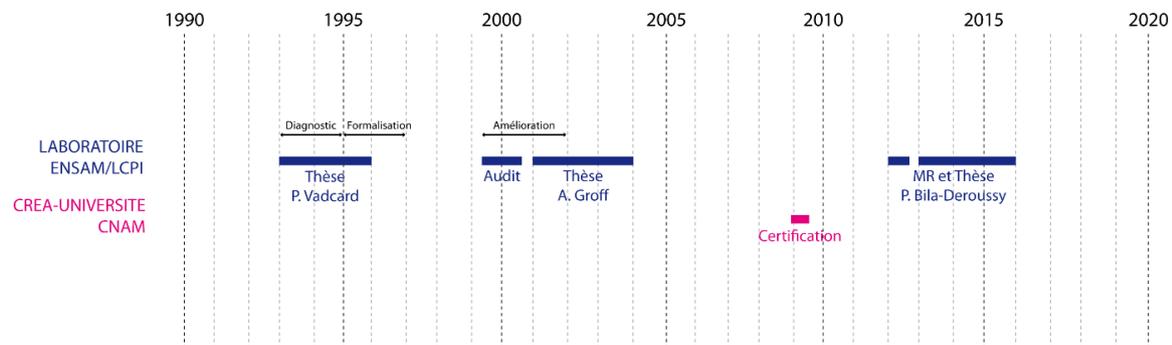


Figure 5: Historique des travaux de recherche conjoints entre le LCPI et PSA

### 1.1.3 Contexte méthodologique

#### 1.1.3.1 Recherche-action

Nous avons mené cette recherche dans une double perspective : en tant que chercheur au sens académique du terme (LCPI), et en tant que praticien intégré au sein d'un terrain industriel réel (PSA). Nous avons donc suivi une approche de recherche-action, particulièrement adaptée à la thématique et au contexte de notre recherche. Notre rôle peut être décrit sous les termes de « *praticien-chercheur* » ou bien encore « *reflective practitioner* » (Schön, 1983).

Pour Reason et Bradbury (2008 traduit par Dolbec et Prud'homme, 2009) la recherche-action est définie de manière très générale comme suit :

*« Un processus participatif centré sur le développement de connaissances pratiques qui s'inscrivent dans la poursuite de finalités humaines jugées importantes et ancrées dans une vision du monde participative. Elle cherche à intégrer action et réflexion, théorie et pratique, en participant avec les autres à la recherche de solutions pratiques à des problèmes sociaux concrets et, plus globalement, à l'épanouissement des individus et de leur communauté. »*

Issue des sciences sociales (Lewin, 1946) la recherche-action a été décrite à son origine comme une spirale de cycles de recherche successifs, présentant une structure identique :

1. *Identification* d'un problème par l'observation terrain
2. *Réflexion* et établissement d'un plan d'action
3. *Mise en œuvre* de l'action
4. *Analyse* et l'évaluation de ses effets
5. *Modification* du plan ou communication

Elle est une façon utile de pratiquer la recherche pour le praticien qui souhaite améliorer la connaissance de sa pratique, faciliter l'identification d'un problème ou l'émergence d'une question, et la mise en place de stratégies d'améliorations pour atteindre des objectifs de

changement (Catroux, 2002). Destinée à avoir des retombées autant dans la pratique que dans la théorie, elle nous a permis d'établir sur la base d'un premier cycle, *un diagnostic de l'intégration de la créativité* au sein de notre contexte industriel, et de *développer des hypothèses de modélisation* à partir des données collectées sur ce terrain. Un second cycle nous a permis de *tester nos hypothèses* par la mise en œuvre de changements, et d'évaluer à nouveau leurs effets afin d'en *tirer des conclusions « actionnables »*. Nous avons résumé ces deux cycles sur la **Figure 6** ci-dessous.

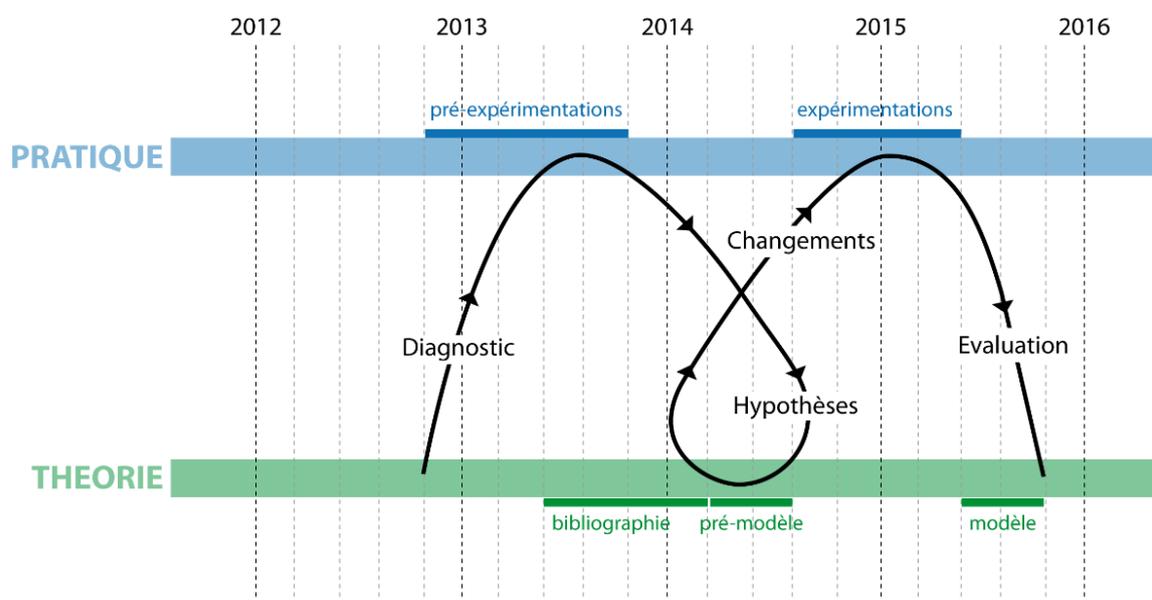


Figure 6: Méthode de « Recherche-action » déployée pour nos travaux

L'optimisation du processus de conception à travers l'amélioration de la créativité ne peut se faire que si la compréhension des activités qui y sont relatives est suffisamment complète (interne et externe). Parce que ces activités impliquent des caractéristiques humaines intangibles telles que la cognition et les émotions (Mougenot, 2008), il a donc été indispensable de mener des observations d'un point de vue interne (en tant que concepteur) afin de percevoir les mécanismes implicites à l'œuvre, et d'en déduire les leviers d'amélioration en termes d'utilité pratique pour notre terrain industriel. Mais surtout, nous avons choisi la recherche-action pour sa différenciation avec les autres modes de recherche, notamment à travers l'acceptation d'un engagement personnel du chercheur-acteur qui oriente inéluctablement sa démarche (consciemment ou inconsciemment) selon ses intentions, sa vision et sa subjectivité. De par la nature de notre thématique principale, la créativité, il nous paraissait important de nous placer dans cette posture de « concepteur-chercheur ». Plutôt que de rechercher une sécurité dans des procédures spécifiques suivies de façon rigoureuse, le concepteur-chercheur prend son ancrage dans la finalité qu'il poursuit, acceptant ainsi les risques inhérents au processus de création qu'il met en œuvre dans les décisions prises au fur et à mesure des imprévus qui apparaissent dans l'action (Dolbec et Prud'homme, 2009).

L'approche de recherche-action possède quelques limites que nous nous permettons de soulever ici, car nous les avons anticipées. Cette approche par exemple ne rend pas aisée la conduite d'études comparatives (entre les outils, méthodologies ...) dans un contexte

identique (Gentner, 2014). Cette problématique est particulièrement à l'œuvre dans notre contexte industriel où l'optimisation de la rentabilité et de l'efficacité empêchent toute reproduction d'un projet à l'identique (Yannou, 2013). De plus, l'unicité du contexte, l'implication personnelle du praticien, lui-même acteur de son propre changement, ainsi que la multiplicité des variables sont autant de facteurs qui peuvent questionner la validité et la fiabilité des données utilisées, ou encore la généralisation des conclusions (Catroux, 2002). Mais nous précisons que ces questionnements peuvent être compensés, notamment par la relation de proximité avec nos pairs au sein du contexte industriel dans lequel nous nous inscrivons. Ils apportent une caution aux travaux réalisés lorsqu'ils s'y reconnaissent et peuvent valider les résultats en comparant avec leur propre pratique, ou avec la viabilité des projets réalisés au sein de l'entreprise. Le concept d'authenticité peut alors servir de substitut à celui de fiabilité (Catroux, 2002). D'autre part, la difficulté de construction d'une vision générique à partir d'un cas particulier peut être contrebalancée par le croisement des résultats d'un nombre important de « recherches-actions » (Bouchard, 2010). La comparaison des résultats avec un corpus bibliographique complémentaire peut également contribuer à faire émerger un modèle théorique généralisable à d'autres terrains d'application.

### 1.1.3.2 Théorie ancrée (Grounded theory)

Nous avons précédemment décrit l'approche de recherche-action dans laquelle s'inscrit notre recherche. Nous pouvons toutefois préciser une spécificité méthodologique supplémentaire : l'emprunt dans le cadre de notre travail, des principes de la *Théorie Ancrée*, ou *théorisation ancrée* (*Grounded Theory*). Cette méthode également issue de la sociologie est issue de Glaser et Strauss (1967), et a été présentée dans « *The Discovery Of Grounded Theory: Stratégies for Qualitative Research* ». Son principe très complémentaire avec la Recherche-Action, repose sur la génération d'une théorie à partir des données, d'une manière inductive, et en usant d'étapes prédéfinies. On la retrouve dans de nombreuses disciplines comme la médecine, le marketing, l'éducation, etc. Si nous nous sommes intéressés à cette méthode, c'est parce qu'elle est très intéressante pour le type de recherche que nous menons, notamment à travers deux aspects :

- Le premier concerne les caractéristiques du champ de recherche. Dans le cadre de la théorie ancrée, ce dernier est volontairement très large et « flou », le sujet précis n'est véritablement défini qu'à la fin de la recherche. « il est normal que l'investigation ait bifurqué en cours de recherche; le contraire serait même inquiétant. [...] Autant savoir qu'il est rare qu'une analyse par théorisation ancrée bien menée en reste au cadre initial de la recherche » (Paillé, 1994).
- Le second concerne les caractéristiques du travail d'analyse. Contrairement aux classiques approches hypothético-déductives, le travail de recherche ne démarre pas par une revue de la littérature dans la thématique étudiée, afin de ne pas biaiser l'analyse des données récoltées.

En effet, il n'y a aucune hypothèse préalable à confirmer, mais simplement un champ de recherche à explorer. La théorie ancrée est une méthode principalement inductive, et c'est l'analyse des données recueillies qui oriente le travail de recherche. La revue de la littérature

ne se fait qu'à la toute fin de l'étude, afin de densifier les concepts et de faire évoluer la théorie (Hennebo, 2009).

La majeure partie de cette méthode repose sur la mise en place d'entretiens et leur analyse pour extraire et coder les données du terrain étudié. Dans notre cas, le terrain de recherche consistait plutôt en l'organisation de « séances de créativité » (*voir § 4.2.2.1*), plutôt que d'entretiens, nous nous sommes donc simplement inspirés de ces principes de la théorie ancrée que nous trouvions particulièrement adéquat :

- Si démarrer la recherche par un travail bibliographique ciblé est banni en théorisation ancrée afin de bénéficier d'un regard neuf sur les données, en revanche la lecture approfondie d'ouvrages ne traitant pas directement du thème de recherche est conseillée pour aiguïser sa sensibilité théorique. Dans notre cas, comme nous le verrons ci-après, nous effectuons une recherche dans le domaine des sciences de la conception (*voir § 1.2.2*). Ainsi des apports d'autres disciplines comme les Sciences humaines, les Sciences de gestion ou encore la Philosophie nous ont permis d'adopter un point de vue pluridisciplinaire tout à fait riche et non-contraint par les théories existantes sur notre sujet.
- L'interprétation des données (le codage) est directement issue de la capacité du chercheur à faire émerger des thèmes et des concepts fondamentaux, à trouver des relations et des significations. En d'autre terme, c'est notre sensibilité et nos connaissances, forgées au fil de l'analyse et de la découverte de nouveaux travaux dans des disciplines diverses éclairant notre sujet, qui ont été la clé de notre compréhension du terrain et de l'aboutissement de notre recherche. Ce positionnement « *chemin faisant* » est tout à fait en phase, d'une part avec les mécanismes de la créativité, mais également avec l'approche systémique, les deux fondamentaux de notre travail de recherche que nous exposerons dans le détail au sein du chapitre 2.

## 1.2 Positionnement

Après avoir posé le cadre de notre recherche, nous allons maintenant préciser le positionnement de nos travaux au sein de ce contexte. Notre recherche a pour sujet principal « *la créativité* », cependant il s'agit d'une thématique particulièrement étudiée, et ce dans de très nombreux domaines (sciences de l'ingénieur, sciences de gestion, psychologie, philosophie, arts, ...). Il est donc important de préciser le positionnement initial de notre travail au sein des différents champs disciplinaires. De par notre contexte académique (LCPI) notre recherche trouve naturellement son ancrage au sein du *génie industriel* et plus précisément au sein des *sciences de la conception*. Toutefois, de par l'approche systémique que nous privilégions et de par la nature complexe de la créativité, nous avons souhaité mener une recherche pluridisciplinaire, en intégrant les apports fructueux des *sciences humaines*, (principalement à travers la psychologie, mais aussi la sociologie et la philosophie), et dans une moindre mesure des *sciences de gestion*.

Dans cette partie, nous allons présenter le positionnement de nos travaux du plus général vers le plus spécifique, en commençant par le cadre épistémologique global que nous avons choisi : le paradigme systémique. Puis nous détaillons à l'intérieur de ce paradigme, le champ spécifique des sciences de la conception, pour aboutir sur la thématique au cœur de notre recherche : la créativité en conception.

### 1.2.1 Paradigme systémique

La hiérarchie des disciplines établies au XIXe siècle, des sciences les plus « nobles » aux sciences les moins « nobles », continue à peser lourdement sur notre approche de la nature et sur notre vision du monde (De Rosnay, 1975). Elle découle d'une approche analytique de la science héritée d'Aristote, où pour étudier et comprendre un système, on le réduit à ses éléments constitutifs les plus simples pour analyser leurs interactions en détail, puis en modifiant « *une variable à la fois* », on déduit des lois générales permettant de prédire les propriétés du système étudié (De Rosnay, 1975). Mais cette prédiction n'est possible que si les lois d'additivité des propriétés élémentaires peuvent être utilisées, par exemple dans le cas de systèmes comportant des éléments semblables avec de faibles interactions entre eux. Cependant, ces lois ne sont plus applicables à des systèmes de haute complexité, caractérisés par une très grande diversité d'éléments avec des interactions fortes. Pour comprendre la notion de « complexité », il nous faut ici rappeler la distinction entre ce qui est « *compliqué* » et ce qui est « *complexe* ». Une situation compliquée est perçue comme comportant de multiples paramètres imbriqués, mais que l'on peut finir par démêler et comprendre. Dans le cadre d'une situation complexe, le nombre et la variété des éléments, des relations, et des interactions nous déroutent, mais surtout sa compréhension est irréductible à un modèle fini (Le Moigne, 1990). Être compliqué ou être complexe est une propriété qu'un individu attribue à un phénomène en fonction de l'expérience qu'il a de sa relation active à ce phénomène. La complexité est donc toujours relative (Avenier, 1999).

Ces systèmes de haute complexité, sont appelés « systèmes complexes », et nécessitent des méthodes nouvelles, permettant de les considérer dans leur totalité, leur complexité et leur dynamique propre. Une nouvelle approche permettant de mieux comprendre et de mieux

décrire cette « *complexité organisée* » a ainsi vu le jour : La Systémique, ou « science des systèmes ». Issue de l'intégration de plusieurs disciplines dont la biologie, la théorie de l'information, la cybernétique et la théorie des systèmes, la Systémique rassemble les méthodes qui modélisent les phénomènes complexes comme des « systèmes complexes » (Le Moigne, 1977, 1990). Il s'agit de dégager des principes généraux, structuraux et fonctionnels, permettant à la fois l'organisation des connaissances (pour comprendre le phénomène) et l'efficacité de l'action (pour agir sur le phénomène). L'approche systémique s'est construite « chemin faisant » au cours des soixante dernières années, en capitalisant sur les études spécifiques de systèmes dans d'autres disciplines, tout en contribuant à l'émergence de nouvelles sciences fondée sur une épistémologie constructiviste (sciences de la communication, de l'information, de la décision, de l'organisation, de la cognition, de l'ingénierie, de la conception, de l'artificiel, Ecologie, Immunologie, Neurosciences, etc.). L'ensemble de ce travail a permis à Jean-Louis Le Moigne (1977, 1990) de proposer un nouveau *modèle constructiviste du système des sciences*, que nous avons adopté pour positionner notre recherche. La **Figure 7** ci-dessous présente une illustration simplifiée de ce modèle, avec :

- au centre les *sciences de la cognition*
- en haut les *sciences de la matière* (physique, chimie, ...)
- en bas les *sciences de la vie* (biologie, sciences sociales, ...)
- à droite les *sciences du mouvement naturel* (mécanique, thermo-dynamique, ...)
- à gauche les *sciences du mouvement artificiel* (ingénierie, économie, ...)

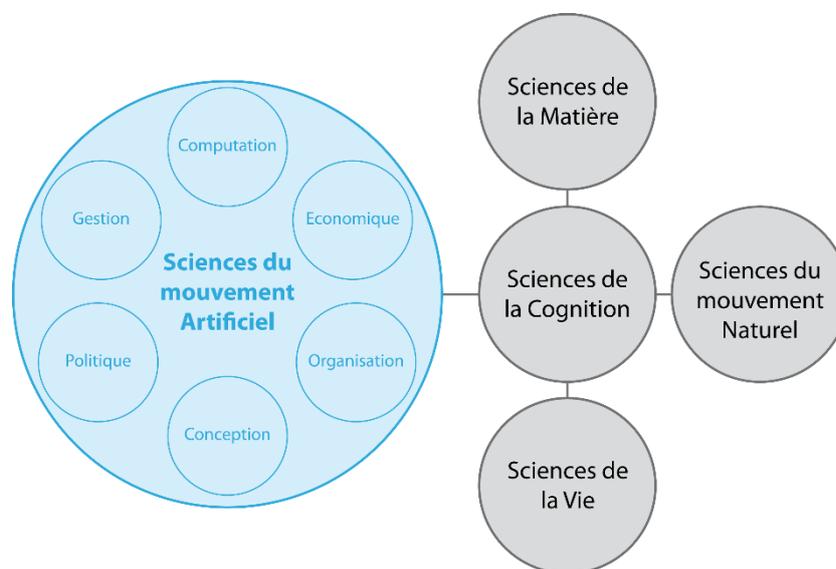


Figure 7: Les Sciences de l'artificiel au sein du Système des sciences d'après Le Moigne (1990)

Si le paradigme systémique précédemment exposé est majoritairement issu du travail de synthèse de J.L. Le Moigne (1977, 1990), nous devons en revanche les travaux pionniers sur les « Sciences de l'artificiel » à Herbert Simon (1973, 1995). Ce dernier a mené une réflexion similaire, en cherchant un cadre adéquat pour étudier les objets et phénomènes dans lesquels s'incarnent à la fois les intentions humaines et les lois naturelles. La science devait « *disposer de quelques moyens pour relier ces deux composants si différents* » et ainsi son projet : « découvrir une forme partiellement cachée dans l'apparent désordre ». Ainsi selon Simon (1973, 1995), les

sciences naturelles s'intéressent donc au comment des phénomènes tels qu'ils sont, et les sciences de l'artificiel s'intéresse au comment des phénomènes tels qu'ils pourraient être. En leur sein, Simon se focalise particulièrement sur les Sciences de la conception, l'invention d'artefacts (objets, des processus, des idées) permettant d'atteindre des buts, et de montrer comment ces objets, processus ou idées peuvent être réalisés. Ainsi sont esquissées les frontières de ces sciences de la conception. Ses objets d'études sont synthétisés par les êtres humains, mais peuvent imiter les apparences des objets naturels sous un ou plusieurs aspects. Ils sont caractérisés en termes de fonctions, de buts, d'adaptation, et dans le cadre particulier de leur conception, en termes d'impératifs tout autant qu'en termes descriptifs (Simon, 1973, 1995). C'est à l'intérieur de ce champ disciplinaire que nous allons faire progresser notre recherche.

### 1.2.2 Sciences de la conception

Plus récemment, d'autres chercheurs ont aussi apporté un point de vue fondateur sur les théories de la conception (Lawson, 2004, 2006, Cross, Christiaans, Dorst, 1996). Si l'on s'intéresse maintenant à la structuration de cette discipline, on constate que les principaux auteurs classent la conception en sections à peu près similaires : le « *problème* » de conception, le « *processus* » de conception, les « *types (de données de sortie)* » de conception, l'« *activité* » de conception et l'« *organisation* » de conception (Pahl and Beitz, 1984; Ulrich and Eppinger, 2007; Ullman, 1997; Cross, 2000). Dans une perspective systémique, notre travail s'inscrit dans l'ensemble de ces thèmes. Toutefois nous nous intéressons un type particulier d'activité de conception, que nous allons préciser en trois points. Nous avons illustré ce positionnement dans la **Figure 8** ci-dessous.

Tout d'abord, une distinction importante doit être faite entre deux types d'activités de conception : les activités *routinières* et celles considérées comme *non-routinières* (Brown & Chandrasekaran, 1989 ; Gero & Maher, 1993). Dans le premier cas, le produit à concevoir étant peu différent des produits développés antérieurement, le concepteur peut adapter un schéma prédéfini afin de traiter le problème considéré. Dans le second, aucun schéma prédéfini ne peut être adapté au problème et le concepteur doit faire preuve d'une certaine créativité, c'est au sein de ce champ que nous nous inscrivons. Au sein de ces activités non-routinières de conception, la caractéristique majeure des problèmes est d'être « *mal structurés* » ou « *mal définis* » : le concepteur dispose au départ d'une représentation mentale incomplète et imprécise du produit à concevoir (Reitman, 1964 ; Eastman, 1969 ; Simon, 1973, 1995). La conception a également été divisée en trois grandes approches (Choulier, 2008). La première dite de « *résolution de problème* », où l'activité a pour but de résoudre successivement l'ensemble des problèmes posés. La seconde dite « *prescriptive* », une succession d'étapes bien définies pour guider la conception. Et enfin la troisième dite « *réflexive* » ou « *réflexion –action* ». Nous privilégierons dans le cadre de notre recherche cette dernière approche, parce qu'elle correspond à la méthode de recherche-action suivie dans le cadre de nos travaux.

Ensuite, il est également important de rappeler les liens forts qui existent entre conception et innovation. En effet, de par le contexte industriel fortement concurrentiel et la mondialisation des marchés, les besoins en termes de variabilité et de personnalisation de l'offre sont importants et contraints par des délais toujours plus courts. La dimension

innovante des solutions conçues constitue donc une condition de survie pour les entreprises (Bouchard, 2010). Il ne peut y avoir innovation sans conception (Kline et Rosenberg, 1986 ; Perrin, 2001). La conception est le cœur même de l'innovation, le moment où un nouvel objet est imaginé, combiné, et reçoit une forme dans un prototype. Ainsi, l'objectif principal des chercheurs en sciences de la conception a été de modéliser le processus de conception pour l'optimiser. Le formalisme classique propose un découpage linéaire en étapes séquentielles (Pahl et Beitz 1984, Duchamp, 1988, Andreasen, 1987, Aoussat, 1990 ; Jones, 1992, Hubka, 1996, Ullman, 1997, Baxter, 1995, Le Coq, 1992, Ulrich, 2000, Cross, 2000, Quarante, 2001, Dorst et Cross, 2001, Howard et al., 2008), de manière à pouvoir planifier de manière opérationnelle l'action dans le temps (Bouchard, 2010). D'autres modèles représentent ce processus d'une façon qui peut paraître moins « cartésienne », comme par exemple une succession de cycles élémentaires de conception (Lebahar, 1993, Gero et Kannengiesser, 2004), ou encore en spirale (Boehm, 1988, Blessing, 1994, Roozenburg & Eckels, 1995). Dans le cadre de notre recherche, nous nous inscrivons en accord avec l'approche « réflexive » décrite précédemment, au sein d'un processus cyclique modélisant le passage d'un espace abstrait à un espace concret (Suh, 1999 ; Tichkiewitch, 1995 ; Bouchard, 2010).

Pour conclure, nous souhaitons préciser que notre recherche se positionne en particulier sur la phase amont de ce processus de conception, ce qui la rend spécifique. Il s'agit en effet des phases les plus précoces de la conception préliminaire (Yannou, 2006) par nature fortement implicites (Bouchard, 2010). C'est à-dire entre le moment où les concepteurs reçoivent un cahier des charges de conception (Planning) et le moment où émergent les premières représentations externes (Concept development), précédant la définition d'une architecture (Mougenot, 2008). Ici les définitions de la Conception amont (héritage anglo-saxon) rejoignent celles utilisées pour définir le Design Industriel (héritage francophone). Nous emprunterons donc les mots de Demailly et Lemoigne (1986) pour achever la définition de notre positionnement au sein des sciences de la conception. « *Concevoir (to design), c'est dessiner, exprimer un dessein par un dessin ou par une forme ou par un système de symboles (...) c'est créer, ou construire, quelque modèle symbolique à l'aide duquel on inférera ensuite le réel* ».

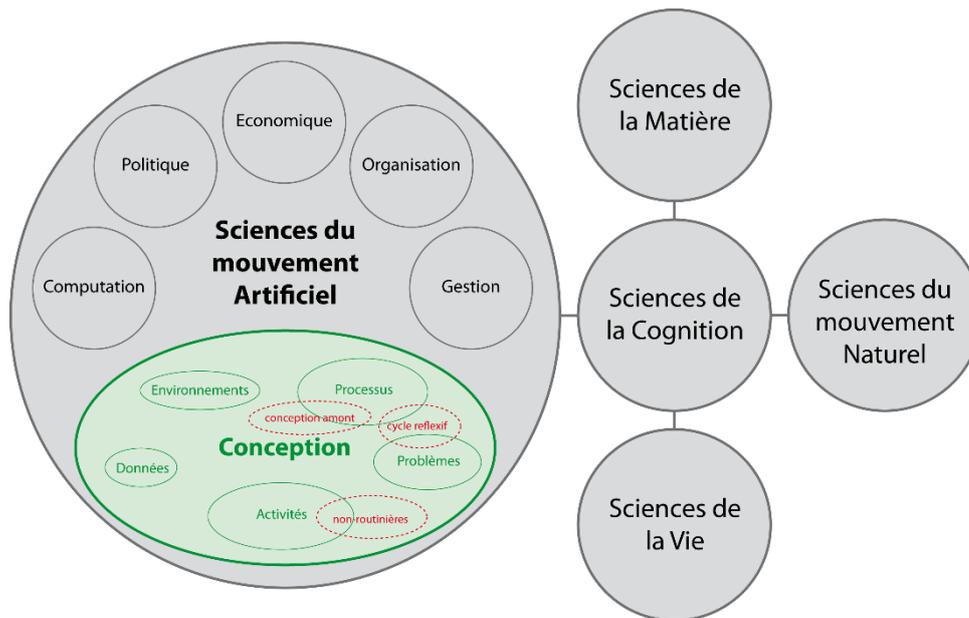


Figure 8: Les Sciences de la conception au sein des Sciences de l'artificiel

### 1.2.3 Créativité en conception

Les activités de conception amont que nous avons précédemment décrites requièrent des connaissances techniques, une expertise dans le domaine considéré, mais *aussi* « quelque chose » qui semble plus énigmatique : le « talent » ou la « créativité » de la personne qui crée (Borillo et Goulette, 2002, cité par Bonnardel, 2006). Toutefois, malgré plus d'une centaine d'années de recherche sur ce sujet (Ribot, 1900 ; Poincaré, 1908), le concept de créativité reste encore difficile à appréhender, les grands inventeurs eux-mêmes admettent ne pas savoir clairement expliquer leur processus de genèse, des zones d'ombres demeurent. Pour Bertoluci (1999) dans un contexte industriel complexe, la créativité ne s'apparente en rien à un trait de génie ou à une découverte instantanée. En effet le produit créatif doit être non seulement original et esthétique, comme dans les disciplines artistiques par exemple, mais aussi utile, fonctionnel et valorisable (Christiaans, 2002). Faucheux et Moscovici (1968) admettent l'existence de plusieurs formes de créativité : artistique ou expressive, orientée dans la résolution de problèmes, et enfin constructive. En conception, il s'agit donc d'un type spécifique de créativité (Casakin et Kreitler, 2011).

Ayant précédemment exprimé la relation entre conception et innovation, on ne peut passer à côté du lien existant entre créativité et innovation. Etlie (2000) décrit l'idée créative en tant que fondement pour l'innovation. Ainsi, une organisation qui néglige l'importance de la créativité, risque un avenir sans produits nouveaux ou sans amélioration de ses processus, et dépendra uniquement de l'achat de méthodes issues des autres (Hussey, 1997). Pour Brennan et Dooley (2005) le processus d'innovation commence par la génération d'une idée ou une étape de reconnaissance du problème (Farr et Ford, 1990), qui est l'endroit où la créativité se produit principalement. La créativité serait donc le point de départ pour toute innovation (Rosenfeld et Servo, 1991 ; Ozer, 1999 ; Jaoui, 2003 ; Ngassa et al., 2003 ; De Brabandere, 2004 ; Jakobiak, 2005), tout en précisant qu'elle opère au sein d'un processus personnel et solitaire, là où l'innovation implique un processus social. Afin d'optimiser l'innovation, certains auteurs définissent plus précisément le cadre d'utilisation des méthodes de créativité

dans certaines phases d'un processus de conception de produits nouveaux (Aoussat 1990, Groff 2004). Mais la question du positionnement des activités créatives au sein du processus de conception conserve des zones de flou, et demeure une problématique importante tant pour les chercheurs que pour les praticiens.

En somme, notre travail de recherche consiste à améliorer la compréhension du processus de conception (Lawson, 2006), à révéler des processus difficiles à appréhender car implicites et cachés, afin de déterminer des axes méthodologiques d'amélioration de la créativité à déployer sur le terrain. Pour cela, nous avons complété notre positionnement centré sur les sciences de la conception par une approche inspirée de la psychologie (cognitive et psychanalytique). Parce qu'elle étudie les grandes fonctions psychologiques de l'être humain, l'ensemble des activités mentales et des processus qui se rapportent à la connaissance et à la fonction qui la réalise (Mougenot, 2008), une approche psychologique est indispensable pour étudier d'un point de vue holistique les différentes opérations mentales réalisées consciemment et inconsciemment par les concepteurs pendant leurs activités de conception. Cette approche a été complétée par des apports issus d'autres disciplines des sciences humaines comme la sociologie, afin d'explicitier les relations individu-collectif et leur impact sur la créativité, ou encore la philosophie, afin de s'inscrire dans une perspective historique et épistémologique. Enfin, dans l'optique de conserver une approche la plus holistique possible, nous avons étudié la créativité au sein des quatre domaines principaux par lesquels la recherche est faite (Rhodes, 1961; Murdock and Puccio, 1993; Basadur et al., 2000). Ces domaines sont respectivement le « processus » de création, le « produit » créatif, la « personne » créative et « l'environnement » de création, et nous les avons illustrés dans la **Figure 9** ci-dessous.

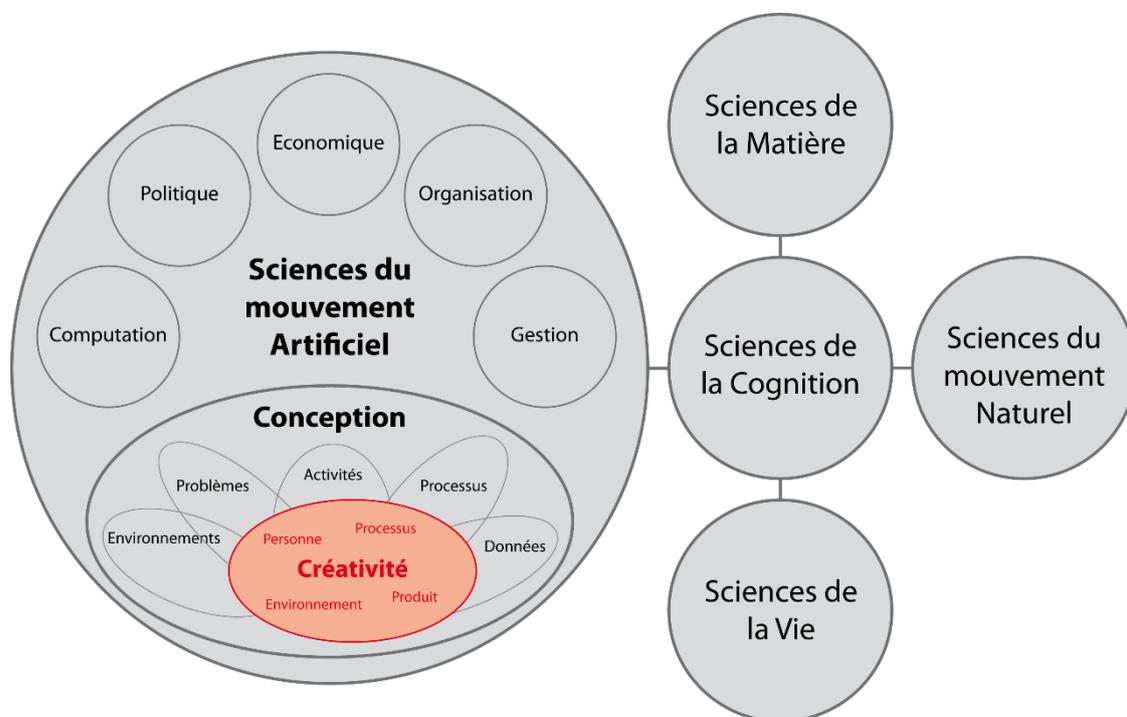


Figure 9: La créativité au sein des Sciences de la conception

## 1.3 Enjeux

Pour conclure ce premier chapitre, nous allons enfin aborder les enjeux de notre recherche. Parce que notre travail est partagé entre un acteur académique et un acteur industriel, les enjeux concernent à la fois la production de connaissances scientifiques, mais également la production de méthodologies pragmatiques applicables. De plus, étant donné la thématique fortement plébiscitée que nous étudions, des enjeux plus larges touchant la société de manière globale sont également investigués.

Dans cette partie, nous allons donc présenter successivement les enjeux économiques, puis les enjeux industriels, et nous finirons par les enjeux sociétaux.

### 1.3.1 Enjeux économiques

Nous savons aujourd'hui que la créativité est intrinsèque au raisonnement de conception (Hatchuel & Weil, 2003). En présentant le positionnement de notre recherche, nous avons pu mettre en évidence le lien étroit existant entre la créativité, la conception (design), l'innovation, et plus encore, la dimension centrale qu'occupe la créativité au cœur de ces processus. L'innovation est une problématique cruciale pour les entreprises, et depuis de nombreuses années elles peuvent compter sur la recherche, notamment en sciences de la conception, afin de supporter cette activité. Si bon nombre d'entre-elles ont intégrés les outils et méthodologiques nécessaires, notamment en optimisant le processus de conception, la question de la créativité et de son « management » reste, encore aujourd'hui, source d'interrogations. De nombreuses méthodes et techniques de créativité sont diffusées largement dans les organisations depuis une vingtaine d'années, soit par l'intervention extérieure ponctuelle de cabinets de consulting, soit par l'implémentation et la formation à plus long terme de « cellules créativité » internes à l'entreprise. Cependant les résultats de ces démarches restent mitigés (Lindemann cité dans IJDCI, 2013).

Malgré le nombre important de travaux de recherche sur l'innovation et la proposition de centaines d'outils et de techniques visant à aider à la créativité, ce mécanisme particulier demeure encore aujourd'hui mal compris (McMahon cité dans IJDCI, 2013). Il semble y avoir une influence très faible des techniques sur la production finale de véritables innovations (Yannou cité dans IJDCI, 2013). L'enjeu est donc de taille, afin de déterminer si le faible lien entre techniques de créativité et production d'innovations est lié à des problématiques d'ordre *théorique* (une mauvaise modélisation des processus créatifs), *méthodologique* (une mauvaise traduction de ces mécanismes en techniques actionnables), ou *pratique* (un manque de maîtrise/connaissance sur leur implémentation en contexte de projet). Selon Udo Lindemann (cité dans IJDCI, 2013), sans une compréhension fine des processus créatifs, il ne pourra exister de techniques de créativité efficaces à appliquer en conception. La maîtrise du processus d'innovation nécessite donc une maîtrise du processus de conception et du processus de créativité. La présente recherche constitue donc un enjeu économique fort, avec un double objectif : la production de connaissances menant à la compréhension la plus complète des mécanismes créatifs et la définition d'axes méthodologiques pour le développement d'outils plus efficaces pour stimuler l'innovation.

### **1.3.2 Enjeux scientifiques**

Une grande partie des études scientifiques sur la créativité s'intéresse encore essentiellement aux résultats d'une séance de créativité plutôt qu'au processus créatif lui-même. La profusion de variété de résultats issus d'études expérimentales, en quête de l'exactitude scientifique, ne doit pas faire oublier que la recherche doit être pertinente en termes de transfert dans la pratique et adéquate avec les besoins pragmatiques industriels (Badke-Schaub et Marjanovic cité dans IJDCI, 2013). Il ne faut pas oublier les réalités des entreprises : obtenir des méthodes efficaces pour développer des produits toujours plus innovants (Yannou cité dans IJDCI, 2013). Gabriela Goldschmidt (cité dans IJDCI, 2013), rappelle à ce titre que nous n'avons encore aucune théorie fondamentale de la créativité. Nous avons besoin d'une approche coordonnant l'ensemble des efforts pour progresser vers une parfaite compréhension de la nature des processus créatifs (Goldschmidt cité dans IJDCI, 2013), et pour proposer des méthodologiques efficaces.

Parce que nous étudions la créativité sous le prisme de l'approche systémique, notre objectif est de faire émerger de nouvelles connaissances que de précédentes approches auraient faiblement exploré. Les liens entre créativité et systémique ont été esquissés par plusieurs auteurs (Csikszentmihalyi, 1999 ; Fischer et al., 2005), et certains travaux constituent déjà les premières briques de ce travail de modélisation. Mais jusqu'à présent, à notre connaissance, aucune recherche d'envergure sur ce sujet n'a véritablement eu lieu, ni donné naissance à une production scientifique déclinée en méthodologies à appliquer en contexte industriel. Les auteurs se limitent à exprimer l'intérêt qu'il y aurait en rapprochant créativité et systémique, ou à proposer des simulations informatiques, sans toutefois investiguer une réelle application industrielle. Parce que les challenges économiques, sociaux et environnementaux sont de plus en plus complexes, la recherche doit pouvoir soutenir l'innovation en proposant des connaissances applicables dans ces contextes particuliers. L'approche systémique est désormais reconnue comme une méthode de modélisation puissante et adaptée, et elle a déjà fait ses preuves dans de nombreux domaines (sciences de l'information, de la décision, intelligence artificielle, neurosciences, etc.). Ainsi appliquer ses principes à l'étude de la créativité nous paraît indispensable pour tenter de combler les dernières zones de « flou » encore existantes. Notre recherche présente un enjeu scientifique important, celui de la modélisation systémique de la créativité. Les retombées pourront enrichir l'épistémologie des sciences de la conception, mais également d'autres disciplines connexes, en sciences de gestion et en sciences humaines par exemple.

### **1.3.3 Enjeux sociétaux**

La créativité est donc un domaine de recherche à fort enjeu, d'un point de vue industriel et scientifique, mais également d'un point de vue sociétal, car elle est depuis longtemps identifiée comme un facteur majeur de développement de l'humanité (Mac Mahon cité dans IJDCI, 2013). Les retombées des travaux de recherche sont des modèles théoriques, des outils et méthodes, mais aussi des pratiques pédagogiques, sociales, et culturelles. Longtemps négligée au sein du système scolaire par exemple, la place de la créativité est actuellement revalorisée, et bénéficie d'un regain d'intérêt. Parce que les enjeux sociétaux actuels impliquent une redéfinition de nos modes de vie, de nos modèles sociaux, économiques et

politiques, la créativité individuelle et sociale est devenue une valeur plébiscitée et recherchée par les individus et les organisations. Il s'agit de créer de nouveaux modèles, de nouvelles visions, et de collaborer au sein d'une nouvelle société du partage, et de la contribution. Il s'agit donc de fournir aux individus les moyens et ressources pour co-construire cette société, d'une manière simple et accessible, holistique et pluridisciplinaire. Il s'agit d'autre part d'insuffler une véritable culture créative, au service des pédagogues, des entrepreneurs, des politiques, des citoyens, leur permettant de créer leurs propres méthodes et leurs propres outils, quel que soit le projet. Nos travaux possèdent donc un enjeu à l'échelle sociétale, celui de fournir aux individus une connaissance d'eux-mêmes, de leurs mécanismes internes et de leur potentiel, ainsi que les moyens de stimulation et d'action nécessaires pour favoriser l'émergence d'une créativité performante au service de leurs projets.

## Synthèse du premier chapitre

Nous venons de présenter le contexte particulier de notre recherche. Notre position de Designer-chercheur, à la fois ancrée dans le terrain industriel que constitue l'entreprise PSA Peugeot Citroën, et au sein du LCPI des Arts et Métiers ParisTech, nous offre une opportunité de « Recherche-action » équilibrée entre théorie et pratique. Nous proposons une synthèse du contexte *industriel*, *académique* et *méthodologique* de notre recherche dans la **Figure 10** ci-dessous.

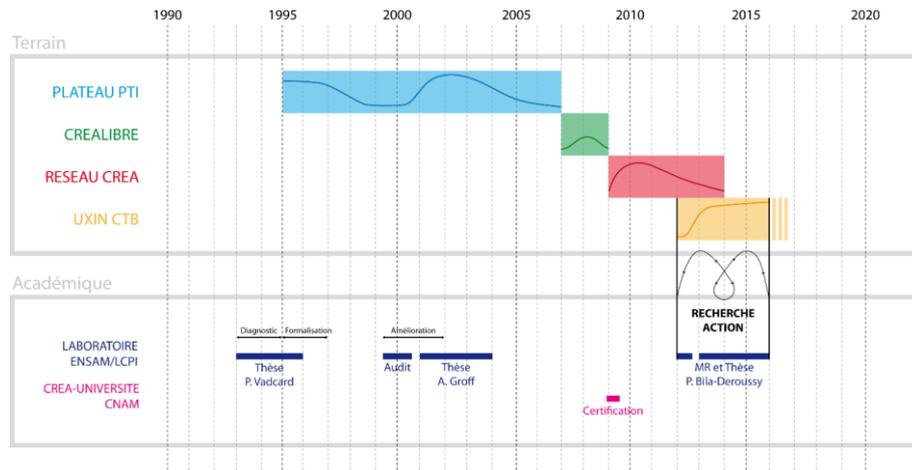


Figure 10: Synthèse du contexte industriel, académique et méthodologique

Pour mener ce travail, nous nous inscrivons au sein des *Sciences de l'artificiel*, dans le courant des *Sciences de la Conception*, afin d'étudier particulièrement les mécanismes de la *Créativité en conception*. Notre prisme d'observation, transdisciplinaire et holistique, est celui de l'Approche Systémique, une méthodologie de modélisation qui a fait ses preuves pour appréhender la complexité des phénomènes. De plus nous enrichissons notre point de vue des apports issus des Sciences humaines et des Sciences de gestion, afin d'adresser des enjeux scientifiques, mais aussi économiques, et sociétaux. Nous proposons pour conclure une synthèse du positionnement de notre recherche dans la **Figure 11** ci-dessous.

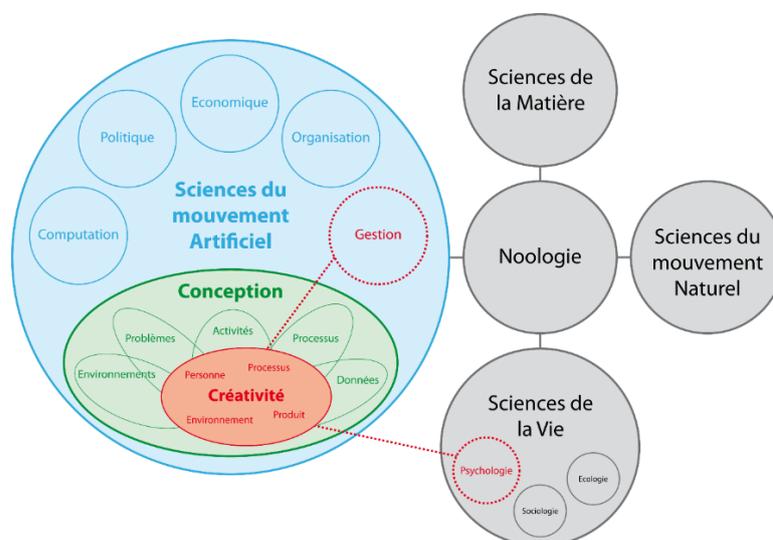


Figure 11: Synthèse du positionnement de notre recherche



# Chapitre 2

Etat de l'art



# CHAPITRE 2 : Etat de l'art

## Introduction du deuxième chapitre

Dans ce deuxième chapitre, nous abordons l'état de l'art de notre recherche, à travers trois parties qui suivent une logique du plus général au plus spécifique. Tout d'abord nous présentons les spécificités de l'approche Systémique, le cadre théorique englobant notre recherche. Puis nous abordons la Conception amont, discipline dans laquelle s'inscrit notre travail, ainsi que les liens entre la Systémique et la Conception. Enfin nous concluons par la plus grande partie dédiée à la Créativité en conception, qui aboutira à la présentation des liens entre la Systémique et la Créativité. La **Figure 12** ci-dessous résume la structure de ce chapitre.

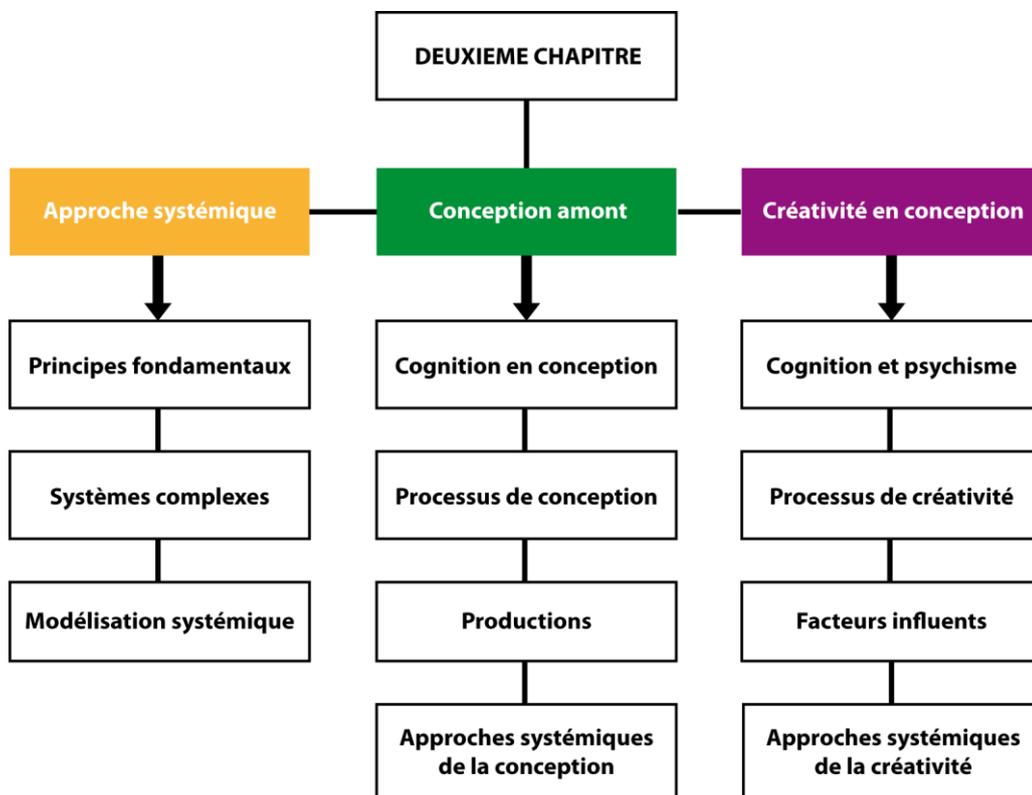


Figure 12: Structure du deuxième chapitre

L'objectif de cet état de l'art est de présenter un état des lieux le plus complet possible sur la thématique de la créativité. Parce que notre angle d'étude est celui de l'approche Systémique, nous souhaitons étudier un corpus bibliographique multidisciplinaire. Les liens entre créativité, et conception ne seront pas les seuls investigués. Nous étudierons également la créativité au travers du prisme des Sciences humaines, et particulièrement de la Psychologie, ainsi que des Sciences de gestion. Nous avons ainsi synthétisé dans la **Figure 13** ci-dessous les différents champs scientifiques dans lesquels s'inscrit notre travail, accompagnés d'une vue d'ensemble des auteurs.

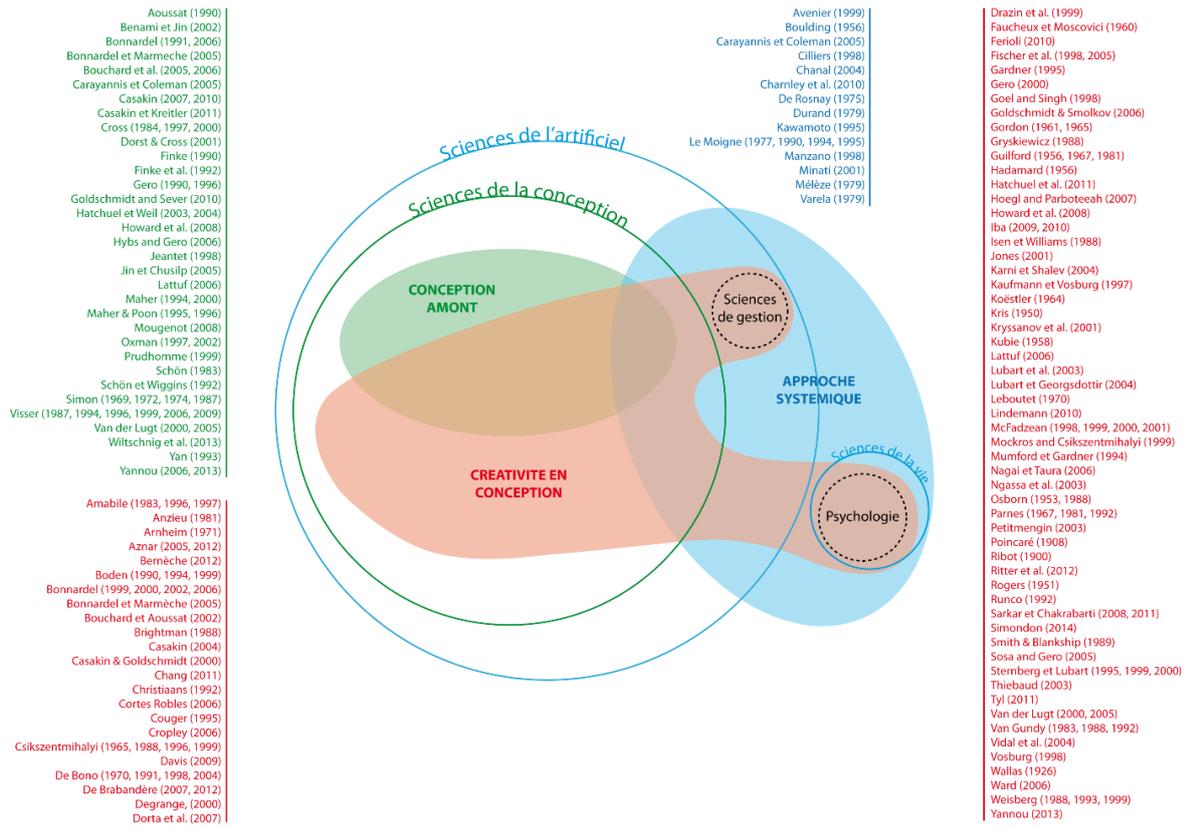


Figure 13: Vue d'ensemble des disciplines et auteurs de l'état de l'art

## 2.1 Approche systémique

### Introduction de l'approche systémique

Parce qu'elle constitue le cadre englobant de notre recherche, nous commençons par présenter l'approche systémique. Dans cette partie, nous allons tout d'abord expliciter les principes fondamentaux de la systémique. Ensuite nous détaillons précisément les caractéristiques des systèmes complexes. Enfin nous présentons les principes de la modélisation systémique, la méthode que nous avons utilisée pour étudier la créativité (*voir § 3.1*). La **Figure 14** ci-dessous présente le plan détaillé de cette partie « Approche systémique ».

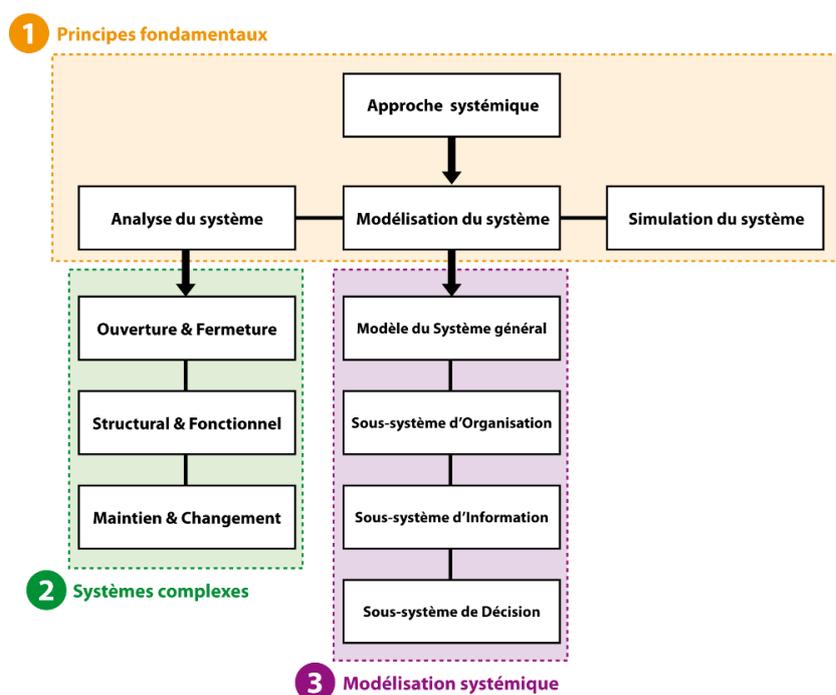


Figure 14: Thématiques abordées dans la partie « Approche systémique »

#### 2.1.1 Principes fondamentaux

Comprendre et accepter la complexité et l'incertitude de notre monde, a inéluctablement favorisé la diffusion du paradigme, ou modèle systémique (Durand, 1979). La complexité caractérise, non pas les éléments constitutifs d'un système, mais la richesse de ses interconnexions, la variété de ses états et de ses évolutions (Manzano, 1998). Cependant, face à un nombre important de sous-systèmes et de liens les interconnectant, la vision d'ensemble et l'analyse s'avèrent difficile (Le Moigne, 1994 ; Manzano, 1998). En conception, cette complexité s'illustre à travers des systèmes composés d'un grand nombre de produits, de procédés et de technologies, utilisant des interfaces et des connexions dynamiques et non linéaires, pour interagir avec un environnement et assurer des fonctions qui respectent ou dépassent les besoins des utilisateurs (Carayannis et Coleman, 2005). Paradoxalement, cette évolutivité des systèmes complexes est propice à la créativité et à l'adaptabilité aux évolutions des besoins des clients et de la concurrence (Manzano, 1998), si bien qu'en définitive, la complexité est à prendre en tant que source de richesse et de créativité (Mélèze, 1979). Parce qu'elle permet de traiter de façon adéquate, non seulement complexité et incertitude, mais

aussi ambiguïté, flou et hasard (Durand, 1979), la « *démarche systémique* » s'avère particulièrement appropriée pour aborder la complexité.

Durand (1979) résume la démarche systémique comme suit :

*« Une capacité à penser autrement toute réalité géographique ou historique dans sa globalité et sa complexité ; à la représenter intellectuellement et graphiquement comme une combinaison de relations et d'interrelations complexes ; à l'expliquer en montrant qu'elle est à la croisée de multiples éléments (culturels, sociaux, physiques, etc...) ».*

L'essentiel de la pensée systémique consiste en la mise en évidence et la création de correspondances (Minati, 1997). L'approche systémique s'appuie sur la notion souvent vague et ambiguë de « *système* », plébiscitée en raison de son pouvoir d'unification et d'intégration, mais également employée à tort et à travers dans divers domaines. Joël De Rosnay (1975) rappelle qu'il ne s'agit pas tant de réduire ou transposer un système à un autre, mais bien de dégager des principes généraux, structuraux et fonctionnels, pouvant s'appliquer aussi bien à un système qu'à un autre, et ce avec un double objectif : permettre l'organisation des connaissances et rendre l'action plus efficace (De Rosnay, 1975). D'autre part pour Minati (1997), on doit distinguer *ensembles* et *systèmes*. Un ensemble est une collection d'éléments munis de caractéristiques objectives données, et qui n'interagissent pas entre eux. Les stratégies traditionnelles de division et de simplification étudient ces éléments puis leurs caractéristiques communes. En systémique on ne considère pas séparément les éléments et leurs interactions, mais bien le produit des interactions (Minati, 1997).

Ainsi dans l'étude d'un système complexe par l'approche systémique, on distingue trois étapes fondamentales que nous avons illustrées dans la **Figure 15** ci-dessous :

1. **L'analyse du système** : définir les limites du système à modéliser, identifier les éléments importants et leurs interactions, puis les liaisons formant un tout organisé. Il s'agit ensuite de classer, hiérarchiser, et identifier les grands processus, flux, états, etc.
2. **La modélisation du système** : construire un modèle à partir des données de l'analyse. Il s'agit d'un schéma complet des relations causales entre les éléments des différents sous-systèmes, qui décrit la nature des liaisons et des interactions
3. **La simulation du système** : étudier le comportement du système dans le temps en faisant varier simultanément des groupes de variables (simulation de la réalité). Il s'agit d'une phase nécessitant le recours à des moyens informatiques (calculs, sortie graphique, etc.)

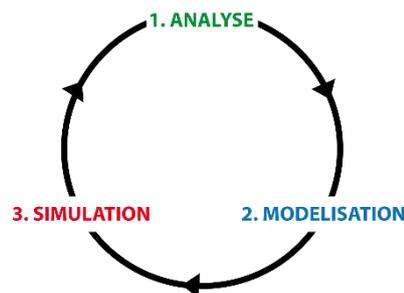


Figure 15: Les trois étapes de l'approche systémique

Nous nous placerons dans la perspective de Joël De Rosnay (1975) qui privilégie une approche « opérationnelle » de la systémique, afin d'éviter les critiques d'un « modèle englobant ayant réponse à tout ». Ni trop réductionniste, ni trop globalisante, cette approche opérationnelle favorise :

- **la transmission de connaissances** : elle offre un cadre de référence conceptuel qui aide à organiser les connaissances au fur et à mesure de leur acquisition, et qui renforce leur mémorisation et facilite leur transmission.
- **l'action** : elle permet de dégager des règles pour affronter la complexité, de situer et de hiérarchiser les éléments sur lesquels se fondent les décisions.
- **la création** : elle catalyse l'imagination, la créativité, l'invention. Elle est le support de la pensée « inventive », là où l'approche analytique est le support de la pensée « connaisseuse ».

## 2.1.2 Systèmes complexes

Nous abordons maintenant les caractéristiques de ce qu'on appelle « système complexe ». Une première définition consensuelle les décrit comme suit : les systèmes complexes se composent d'une grande variété de composants ou d'éléments possédant des fonctions spécialisées, en interaction dynamique, et organisés en niveaux hiérarchiques internes en fonction d'un but. Ces niveaux et leurs éléments individuels sont reliés par une grande variété de liaisons, entraînant une haute densité d'interconnexions qualifiées de « non linéaires » (De Rosnay, 1975 ; Cilliers, 1998). Les systèmes complexes ont donc un comportement particulier, difficilement prévisible, caractérisé par l'émergence de propriétés nouvelles et d'une grande résistance aux changements (De Rosnay, 1975). Nous présentons un exemple schématique de système complexe dans la **Figure 16** ci-dessous. Nous allons maintenant détailler avec plus de précisions les trois caractéristiques essentielles d'un système complexe, afin de faire le lien plus tard avec la créativité (*voir synthèse de l'état de l'art*). Nous aborderons d'abord la nature d'un système complexe (ouverture et fermeture), puis la description (structurale et fonctionnelle), et enfin les modes d'existence (maintien et changement).

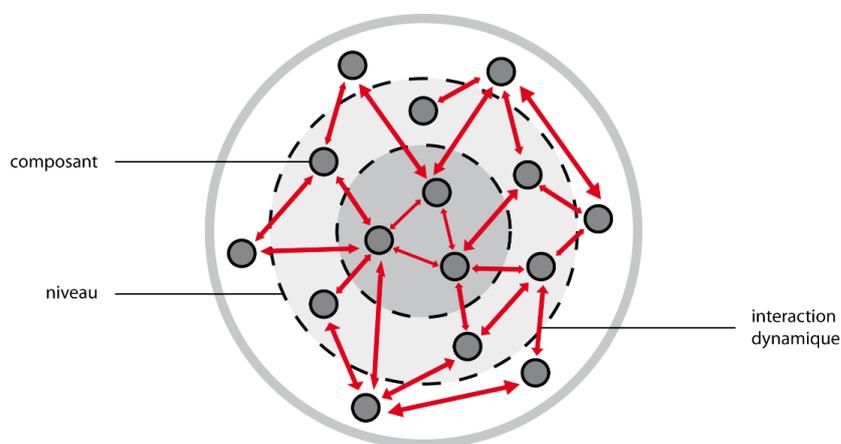


Figure 16: Principes d'un système complexe

### 2.1.2.1 Ouverture et Fermeture

On distingue des systèmes fermés, et des systèmes ouverts. Les systèmes fermés ont un état d'équilibre chimique et thermodynamique donné, indépendant du temps; alors que les systèmes ouverts ont des états stationnaires où ils restent identiques à eux-mêmes, en dépit des changements continus de leurs composants (Minati, 1997). On qualifie de « *système ouvert* », un système en relation permanente avec son environnement. Ce type de système échange énergie, matière, informations utilisées dans le maintien de son organisation contre la dégradation qu'exerce le temps, et rejette dans l'environnement de l'entropie, énergie « usée » (De Rosnay, 1975). Système ouvert et écosystème (environnement) sont en interaction constante, l'un modifiant l'autre, et se trouvant modifié en retour, comme nous l'illustrons dans la **Figure 17** ci-dessous. Si un système fermé est en règle générale un système non vivant, l'ouverture n'est pas non plus une condition suffisante pour qu'il soit considéré comme vivant. En fait selon Minati (1997) c'est la capacité à générer une dialectique entre ouverture et fermeture qui semblerait être à la base même de la vie.

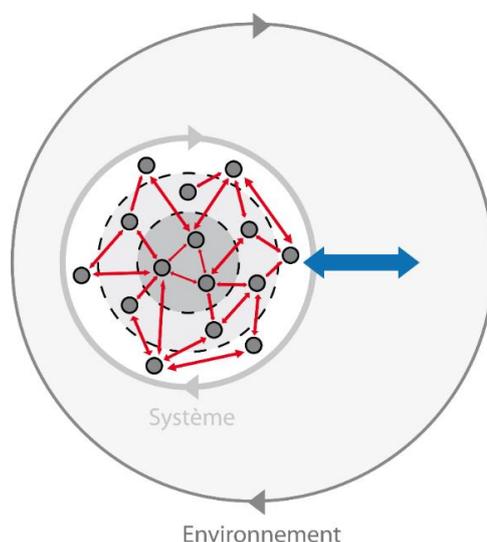


Figure 17: Interactions entre un système complexe ouvert et son environnement

### 2.1.2.2 Structural et fonctionnel

Les systèmes complexes doivent être décrits dans l'espace et dans le temps. De Rosnay (1975) nomme ces deux axes « structural », c'est l'organisation spatiale des composants d'un système, et « fonctionnel », c'est l'organisation temporelle, il s'agit de processus (échange, transfert, flux, croissance, évolution, etc.). Le **Tableau 1** ci-dessous résume ces caractéristiques.

Structural	Fonctionnel
Une limite (frontières) qui sépare le système du monde extérieur	Des flux d'énergie, d'information ou d'éléments circulants entre les réservoirs
Des composants pouvant être dénombrés et assemblés en catégories ou populations	Des « vannes » (interfaces) contrôlant les débits des différents flux
Des réservoirs dans lesquels sont stockés de l'énergie, de l'information, des matériaux	Des délais, résultant des vitesses différentes de flux, des durées de stockage, etc.
Un réseau de communication qui permet l'échange d'énergie, d'information et de matière entre les différents réservoirs	Des boucles de rétroaction positives (croissance et évolution) ou négatives (retour à l'équilibre et autoconservation)

Tableau 1: Catégorisation structurale et fonctionnelle d'un système complexe

Nous représentons schématiquement les aspects structuraux et fonctionnels d'un système complexe dans la **Figure 18** ci-dessous.

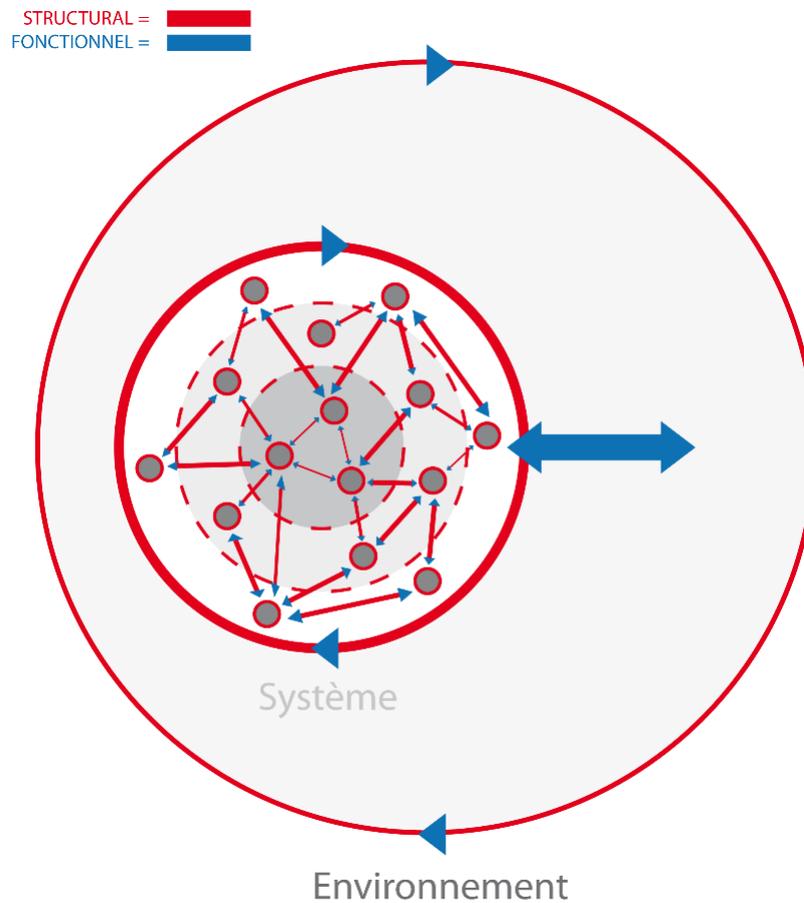


Figure 18: Aspects structuraux et fonctionnels d'un système complexe

### 2.1.2.3 Maintien et changement

De ce principe de boucles de rétroaction, nous retenons que le comportement d'un système dépend des variations de flux (durée) et des variations de niveaux (quantité). Selon De Rosnay (1975) cette rétroaction, positive ou négative, entraîne deux modes d'existence pour un système donné : La dynamique du maintien, et la dynamique du changement, toutes deux caractérisées par deux principes que nous exposons dans le **Tableau 2** ci-dessous.

Maintien	Changement
La stabilité dynamique : l'équilibre dans le mouvement, résultant d'un équilibre de flux dans le système	La croissance et la variété : boucles de rétroaction positives amplifiant le moindre écart, et mise en réserve d'énergie
L'homéostasie : la résistance à toute perturbation venant de l'environnement afin de maintenir les équilibres internes	Evolution et émergence : adaptation à des modifications subites par l'évolution de son organisation et l'émergence de propriétés

Tableau 2: Dynamiques de maintien et de changement dans les systèmes complexes

Nous représentons schématiquement les deux modes d'existence d'un système complexe dans la **Figure 19** ci-dessous.

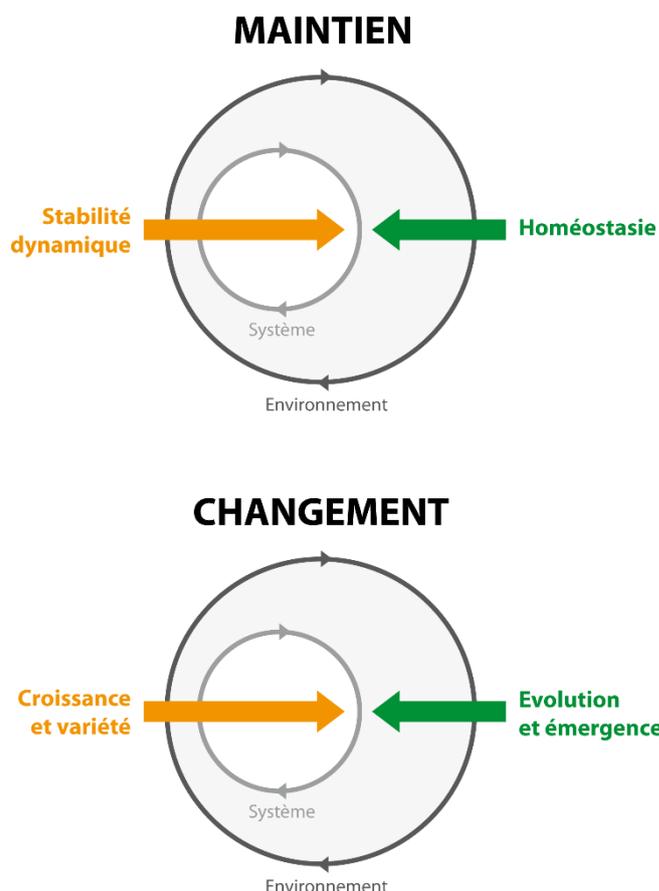


Figure 19: Deux modes d'existence d'un système complexe

### 2.1.3 Modélisation systémique

Après avoir dépeint les grandes caractéristiques des systèmes complexes, il nous faut désormais rentrer encore plus en détails dans la description du fonctionnement de ces systèmes, et dans la manière de les représenter : *la modélisation*. Dans cette dernière section nous nous baserons majoritairement sur les travaux les plus aboutis du domaine, formalisés par Jean-Louis Le Moigne (1990, 1995) dans son ouvrage « *La modélisation des systèmes complexes* », duquel nous proposons une synthèse.

Si les systèmes complexes ne sont pas réductibles à des modèles explicatifs basiques, nous pouvons tout de même les modéliser, c'est-à-dire concevoir des modèles eux-mêmes potentiellement complexes. « *Des constructions symboliques à l'aide desquelles nous pouvons raisonner des projets d'action au sein d'un système complexe, en anticipant, par délibération, leurs conséquences* » (Le Moigne, 1977, 1990). La modélisation est l'élaboration intentionnelle de modèles permettant de rendre un phénomène intelligible, et d'anticiper les conséquences d'actions potentielles sur celui-ci. Un système complexe est donc un modèle conçu complexe, d'un phénomène perçu complexe, que l'on construit par modélisation systémique. Ainsi c'est l'observateur qui construit le système complexe en postulant a priori, la complexité du phénomène auquel il s'intéresse, et donnant à voir ce dernier dans son unité et sa cohérence (Le Moigne, 1990, 1995). En effet, l'action de modéliser n'est pas neutre et la représentation du phénomène

n'est pas disjoignable de l'action du modélisateur, ce dernier étant lui-même entendu comme un « *système modélisateur* », qui élabore des projets.

Nous allons maintenant décrire dans le détail le processus d'élaboration d'un modèle de système complexe, selon la méthode de la « *Systémographie* » (Le Moigne, 1990, 1995). Nous aborderons d'abord la construction du Système Général, puis la description de ses différents sous-systèmes : le méta-système d'organisation, le sous-système d'information, et le sous-système de décision.

### 2.1.3.1 Modèle du Système Général

La Systémographie est la méthode formulée par Jean-Louis Le Moigne (1990, 1995), permettant la modélisation d'un phénomène perçu complexe, en le représentant parce qu'on appelle un « *Système Général* ». Ainsi le processus de modélisation se déroule en trois étapes :

1. le modélisateur va établir une empreinte a priori, un modèle systémique vierge et sans légende (le Système Général) ;
2. puis il va rédiger ces légendes, en établissant des correspondances entre le Système Général et les traits perçus ou conçus du phénomène à modéliser ;
3. Enfin il va anticiper les émergences possibles de comportements nouveaux au sein de ce nouveau système complexe.

Le Système Général, repose sur trois règles :

- **Synchronicité** : un phénomène modélisable est perçu « *action intelligible* », donc non erratique : il maintient et peut se maintenir lui-même
- **Diachronicité** : un phénomène modélisable est perçu « *transformation* », il forme projet au fil du temps : il relie et peut relier ses composants
- **Inséparabilité** : un phénomène modélisable est perçu « *conjoignant inséparablement l'opération et son produit* » : il produit et peut se produire.

Basé sur les caractéristiques fondamentales d'un système complexe que nous avons décrit précédemment (*voir § 2.1.2*), le Système Général se décrit donc par un enchevêtrement d'actions dans un environnement, fonctionnant et se transformant, pour quelques projets (Le Moigne, 1990, 1995). En modélisation systémique une « action » se traduit par un « Processus ». Tout système complexe peut donc être représenté par un enchevêtrement de processus, représenté par des compositions de fonctions temporelles (stockage, mémorisation), spatiales (transport, transmission), et morphologiques (traitement, computation). La complexification du système modélisé va se faire par mise en inter-relation des processus identifiés, et on parle d'« Inter-Relation » entre deux processus lorsqu'un extrant du premier est intrant du second. Et on appelle la trame constituée par tous les processus reliés par inter-relation, le « Réseau » d'un système.

Le nombre de processeurs considérés étant souvent très élevé, on différencie alors le système en sous-systèmes ou « Niveaux », chaque niveau pouvant être modélisé par son réseau et interprété de façon relativement autonome, dès lors que les inter-relations de couplage inter-niveaux ont été soigneusement identifiées. On peut distinguer neuf niveaux de complexité, dans une perspective morphogénétique (Boulding, 1956 ; Le Moigne, 1977, 1990), que nous

synthétisons dans le **Tableau 3** ci-dessous, et que nous représentons schématiquement dans la **Figure 20**.

<b>Premier niveau</b>	Le phénomène est identifiable, différenciable de son environnement. Le modélisateur dispose d'une sorte de perception minimum, une déclaration d'identité.
<b>Deuxième niveau</b>	Le phénomène est actif, il est perçu parce qu'il est présumé « faire » quelque chose.
<b>Troisième niveau</b>	Le phénomène est régulé, il est perçu par quelque forme de régularité sinon de stabilité (dispositif de régulation interne présumé)
<b>Quatrième niveau</b>	Le phénomène s'informe sur son propre comportement. Il produit de façon endogène des formes intermédiaires (informations, symboles), qui assurent l'intermédiation de la régulation. Cette émergence symbolique de l'information constitue « un saut » dans la complexification du système.
<b>Cinquième niveau</b>	Le système devient capable d'élaborer ses propres décisions de comportement. Il faut désormais reconnaître dans le modèle du système un sous-système de décision autonome, processant seulement des informations.
<b>Sixième niveau</b>	En élaborant ses décisions, le système considère des informations instantanées mais aussi des informations qu'il a mémorisées. Ainsi se crée à l'intérieur du système de décision, un sous-système de mémorisation.
<b>Septième niveau</b>	Le système coordonne ses nombreuses décisions d'action à chaque instant, grâce aux opérations de son Système de Décision
<b>Huitième niveau</b>	Le système peut devenir capable d'élaborer de nouvelles formes d'action, il imagine et conçoit de nouvelles décisions possibles (émergence d'un sous-système d'imagination).
<b>Neuvième niveau</b>	Le système est parfois capable de décider sur sa décision, autrement dit de se finaliser (émergence d'un sous-système de finalisation).

Tableau 3: 9 niveaux de la morphogénèse d'un système complexe

A ce titre Kawamoto (1995) propose une autre classification des systèmes complexes que nous trouvons intéressante, en fonction de leur degré de complexité organisationnelle :

- **les systèmes de première génération** : cette définition qualifie la façon dont un système se maintient malgré les fluctuations dans l'environnement, aussi dénommée l'« *homéostasie* » (théories des systèmes dynamiques équilibrés).
- **les systèmes de seconde génération** : cette définition qualifie la façon dont la structure du système se cristallise à partir du chaos, le concept clé est l'« *auto-organisation* » (théories pour les systèmes dynamiques non-équilibrés).
- **les systèmes de troisième génération** : cette définition qualifie la façon dont un système se réalise lui-même au cours du temps, le concept clé étant l'« *auto-poïèse* » (théories de l'auto-production). Un système auto-poïétique consiste en une unité dont

l'organisation est définie par un réseau particulier de processus de production d'éléments.

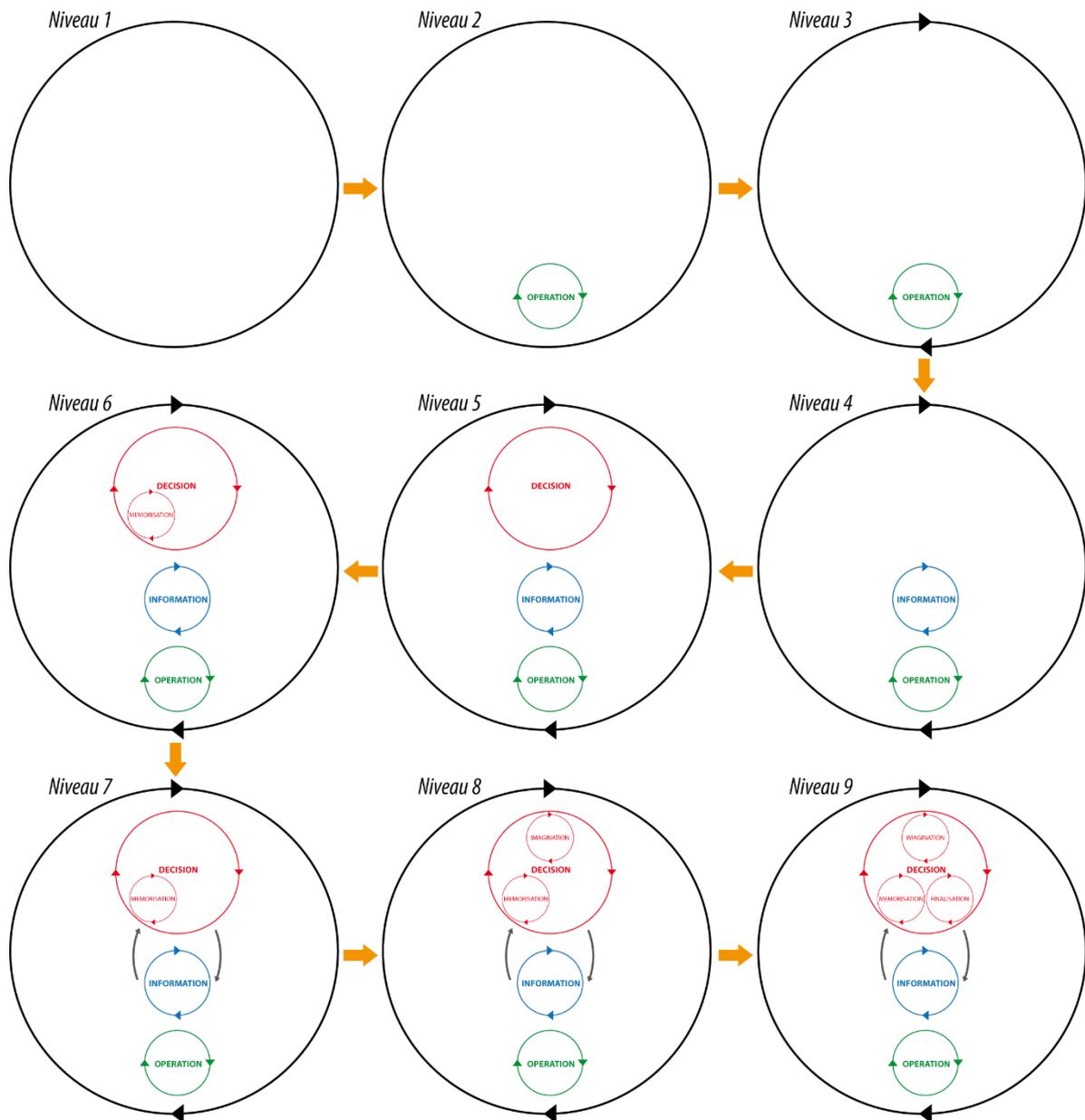


Figure 20: Morphogénèse d'un système complexe (9 niveaux)

### 2.1.3.2 Méta-système d'organisation

Comme le montre la **Figure 21** ci-dessous, on peut donc synthétiser le Système Général en plusieurs sous-systèmes :

- **un Sous-système d'opération** : dont le but est de maintenir, relier, et produire ;
- **un Sous-système de Traitement de l'Information (STI)** : dont le but est de computer, mémoriser, et communiquer

- **un Sous-système de décision** : dont le but est de comprendre, concevoir, et finaliser

Auxquels on ajoute **un Méta-Système d'organisation** : dont le but est de se maintenir (*synchronique*), se relier (*diachronique*), et se produire (*autonomisant*).

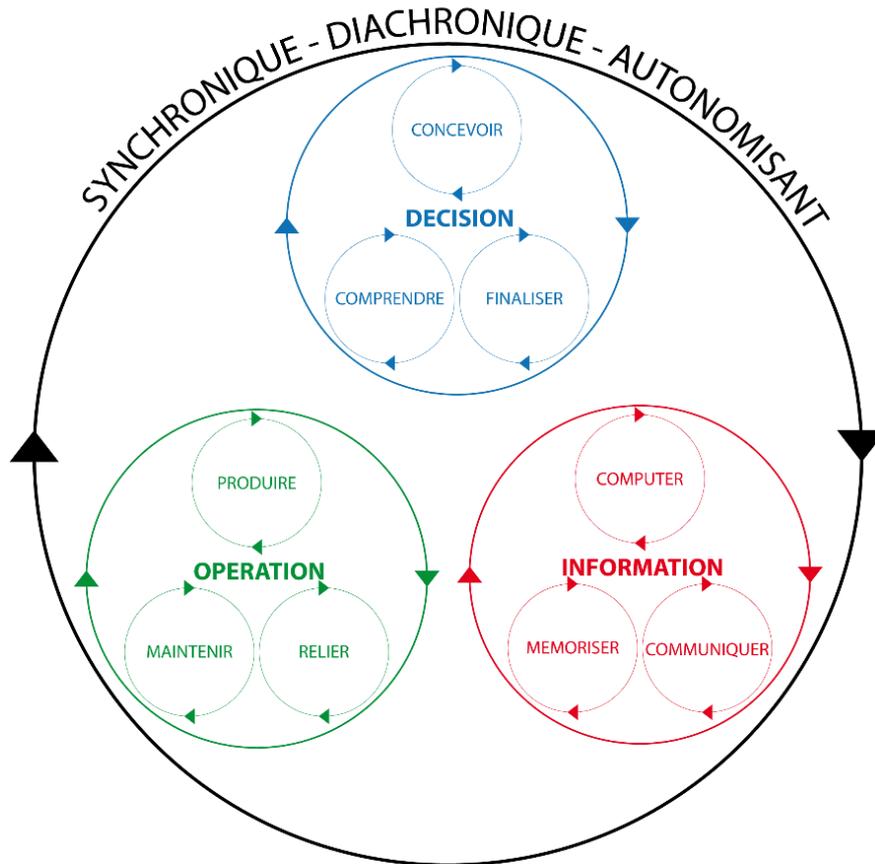


Figure 21: Système Général d'après Le Moigne (1990)

L'organisation est une forme organisée de l'action, susceptible d'être productrice d'elle-même. Elle est organisée et organisante, au sein d'un environnement dont elle est inséparable, et en même temps dont elle peut être différenciée (acte de modélisation). L'organisation ne s'entend que dans le temps, *un processus de processus*, en cela elle se distingue de façon essentielle de la structure. Les deux modes d'existence (Maintien et Changement) que nous avons vu précédemment s'incarnent ici selon deux types de comportements :

- **L'Accommodation** : le système affecte le comportement du *STI* en jouant sur ses canaux de communication, sans modifier sa composition d'ensemble. L'accommodation est un comportement défensif : le système met en œuvre des comportements possibles par programmation interne.

- **L'Assimilation** : le système affecte le comportement du *STI* en jouant sur son système de codage, et en produisant des structures de symboles différentes. L'assimilation est un comportement offensif : le système fait émerger par recodage, des comportements nouveaux

jusqu'alors non pré-programmés, qui enrichissent la gamme des formes d'adaptation possible de l'organisation.

Ainsi l'organisation « désigne », elle produit des informations, signes, signifiés, signifiants. Et elle « mémorise », elle garde trace des représentations qu'elle forme de son comportement et qu'elle acquiert dans ses environnements.

### 2.1.3.3 Sous-système d'information

Parce que l'action projective est produite par l'information qui la commande, et produit l'information qui la représente, ce modèle du *Système Général* permet de représenter le couplage complexe entre les systèmes de décision et d'opération, via le *Système de Traitement d'Information (STI)*. En effet, le *STI* enregistre les représentations des opérations sous une forme symbolique, les mémorise, et les mets à disposition du système de décision. Ce dernier, après avoir élaboré ses décisions d'action, les fait également enregistrer et mémoriser par le *STI*, qui les transmet pour action. Grâce à ce *STI*, le système complexe est capable d'élaborer et de concevoir de façon interne ses propres comportements. C'est grâce à l'émergence de son *STI* que le système complexe peut produire les plans d'actions projectives qui expriment son autonomie.

Au sein du *STI*, l'information est comprise comme une configuration stable de symboles, comme un processus autant qu'un résultat, soit un processus récursif. Le symbole est la conjonction inséparable d'un *Signe* (physique) capable d'être à la fois *Signifié* (désignation) et *Signifiant* (production de sens signifié par des symboles). A la fois opérateur et opérande, action d'informer et résultat de cette action, l'information informe l'organisation organisée, laquelle, organisante, organise la formation de l'information ainsi informée, et ainsi de suite. En processant de l'information grâce au couplage avec le *STI*, l'organisation s'auto-organise.

### 2.1.3.4 Sous-système de décision

Le Sous-système de décision peut être représenté par la conjonction récursive de trois sous-systèmes stables, chacun d'eux pouvant être représenté à son tour par un système de décision :

- **le sous-système d'Intelligence** (compréhension ou formulation de problème) : c'est le processus par lequel le problème décisionnel est construit. L'intelligence évalue à chaque instant les écarts entre des directions projetées et des directions effectivement suivies. L'Intelligence est un exercice de formulation de problèmes par repérage d'effectivités non satisfaisantes.

- **le sous-système de Conception** (résolution et évaluation des solutions alternatives) : c'est le processus par lequel le système élabore les plans d'actions intentionnels par lesquelles il projette de résoudre le problème formulé dans le processus de l'intelligence décisionnelle. La conception est un exercice de résolution finalisé.

- **le sous-système de Sélection** (choix multi-critère de l'action décisionnelle) : c'est le processus par lequel le système compare les évaluations des plans d'action élaborés, par une délibération que l'on peut à nouveau représenter par une computation symbolique. Elle peut prendre une des formes suivantes :

1) *La décision arrêtée* : la comparaison des solutions élaborées conduit à retenir une décision préférée qui sera la décision arrêtée. Il s'agira fréquemment de la première solution satisfaisante considérée (économie cognitive).

2) *La décision de s'informer* : soit parce qu'aucune des solutions élaborées ne s'avère satisfaisante, soit parce que la comparaison des solutions retenues n'est pas suffisamment discriminante. Le processus visera soit à élaborer d'autres alternatives, soit à reconsidérer localement la formulation du problème.

3) *La décision de se re-finaliser* : lorsque le processus n'a pas conduit à une décision satisfaisante après itérations, le système est capable de décider de modifier son propre processus de finalisation. Pour cela il transforme les critères par lesquels il exerce sa propre finalisation. La refinalisation, modifiera le référentiel du système pour évaluer à nouveau le problème.

Toute décision en situation complexe est une décision multicritères, et il existe a priori plusieurs solutions satisfaisantes à un problème de sélection multicritères. L'efficacité est un concept monocritère, monodimensionnel, pertinent en situation fermée et très structurée, il s'agit d'évaluer l'activité d'un système mettant en rapport les ressources consommées et les ressources produites. Ici c'est en revanche l'effectivité qui nous intéresse, elle s'évalue par un vecteur multidimensionnel mettant en rapport le comportement d'un système à ses finalités (Le Moigne, 1990, 1995).

## **Conclusion de l'approche systémique**

Modéliser un système complexe, c'est le représenter par un ensemble d'actions téléologiques (synchroniques, diachroniques, récursives) au sein d'un environnement actif. On décrit le système complexe par la conjonction d'*opérations*, d'*informations* et de *décisions* organisées en niveaux. Les informations sont générées et mémorisées par les opérations, qu'elles représentent par projection. La stratégie du système complexe est élaborée par le processus décisionnel et s'exerce grâce au couplage avec le processus informationnel engendré par l'organisation. Ce processus de production et de mémorisation de symboles assure le couplage entre les opérations et les décisions, permettant la finalisation, l'autonomisation et l'identification stable du système complexe au sein de l'environnement.

La modélisation systémique, action et résultat, est donc également une action complexe en tant que telle. Elle permet l'émergence de formes d'actions nouvelles au sein du sujet modélisateur, que l'on peut désigner par le terme d'invention ou d'imagination : *il s'agit de concevoir*. La modélisation systémique consiste en l'élaboration délibérée de plans de conception intelligente de modèles complexes, suscitant et évaluant des propriétés émergentes de façon projective. C'est l'invention d'actions possibles et l'évaluation de leurs effets. *La systémique est donc conception*. Si cette analogie peut paraître rapide et légère en tant qu'argument de preuve, il faut toutefois rappeler qu'il s'agit là d'un procédé très fréquemment utilisé, de manière consciente ou inconsciente, et ce dans de nombreuses disciplines. *Tolérante et pragmatique, la pensée systémique s'ouvre à l'analogie, à la métaphore, au modèle. Jadis exclus de la «méthode scientifique», les voici aujourd'hui réhabilités* (De Rosnay, 1975).

## 2.2 Conception amont

### Introduction de la conception amont

Après avoir mis en évidence les liens théoriques entre systémique et conception, nous poursuivons notre état de l'art plus en profondeur au sein de la « Conception amont ». Dans cette seconde partie, nous allons tout d'abord investiguer la thématique de la cognition en conception. Nous détaillons ensuite les différents processus de conception, puis les typologies de productions (données de sortie). Nous concluons cette partie en présentant quelques approches systémiques de la conception. La **Figure 22** ci-dessous présente le plan détaillé de cette partie « Conception amont ».

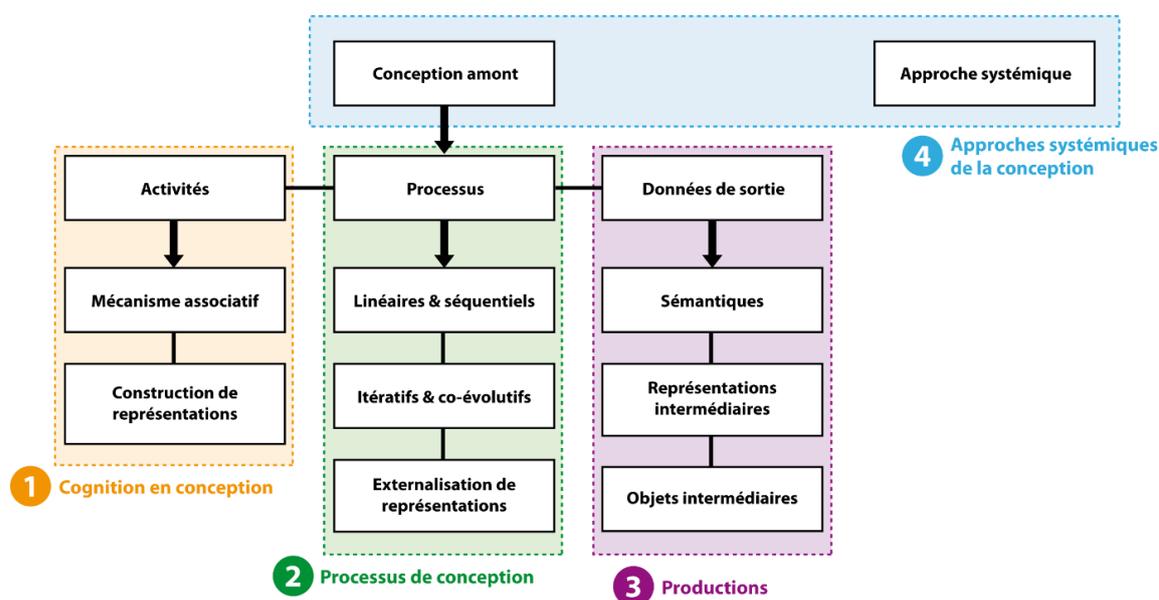


Figure 22: Thématiques abordées dans la partie « Conception amont »

### 2.2.1 Cognition en conception

Les activités de conception amont visent à atteindre des objectifs au départ peu spécifiés, au sein d'un contexte où des contraintes doivent être respectées. L'activité cognitive du concepteur requiert une certaine créativité, ainsi que la construction progressive et parallèle d'une représentation mentale et d'une représentation externe du problème à résoudre (Bouchard, 1997). Elle nécessite une certaine expertise pour déterminer des critères de pertinence en réponse à l'objectif spécifié (Bonnardel, 2006). Ces performances sont malléables, elles ne sont pas figées et s'améliorent avec le temps (Casakin et al., 2004; Mougenot, 2008). Kruger and Cross (2006) ont identifié quatre stratégies de conception : *Problem Driven*, *Solution Driven*, *Information Driven*, *Knowledge driven*. Cependant c'est l'approche par résolution de problème de type « problem driven » qui est la plus ancienne et la plus largement utilisée. On distingue deux étapes dans la résolution de tout problème, d'abord on le structure, puis on résout le problème bien structuré qui en résulte (Simon, 1969, 1972). Plutôt que de chercher la solution optimale qui soit la meilleure de toutes les solutions possibles, les concepteurs cherchent des solutions acceptables et satisfaisantes (Simon, 1987).

Cette recherche de compromis qui consiste à « *se contenter de ce qui est suffisamment bon* » (Simon, 1972, 1973) est utilisée car le concepteur ne peut ni envisager toutes les solutions possibles, ni prendre en considération toutes les éventualités.

De ces différentes stratégies de conception existantes, on peut néanmoins synthétiser l'activité de conception au travers de deux grandes activités cognitives : le **mécanisme associatif**, et la **construction de représentation**.

### 2.2.1.1 Mécanisme associatif

On suppose que les deux moitiés du cerveau travaillent sur le problème de conception en même temps (Tovey, 1984). Chacun traite l'information à sa manière, en tendant vers son langage de modélisation préféré. Le processus de conception est estimé terminé quand il y a accord entre les deux hémisphères sur une solution. Selon cette hypothèse plus les interactions entre ces deux moitiés sont élevées, plus la créativité est élevée. La capacité d'exprimer ses expériences personnelles et de construire des liens de façon multiples et souvent insolites, est une caractéristique principale de la créativité des concepteurs (Casakin et Kreitler, 2011). Ce raisonnement joue un rôle organisateur et facilitateur particulièrement important dans les activités de conception (Anderson & Helstrup, 1993; Finke, 1992; Rosko-Ewoldsen et al, 1993), il sous-tend la réutilisation (Visser, 1996, 1999). En reliant leurs souvenirs internes à long terme et différentes connaissances externes, *les concepteurs exploitent et adaptent des problèmes déjà résolus*, pour générer et développer des alternatives de conception possibles (Petrovic, 1997 ; Kim et al., 2010). Nous illustrons ce mécanisme dans la **Figure 23** ci-dessous. Ainsi en conception amont, les nouvelles idées sont originaires d'une *nouvelle combinaison de connaissances déjà existantes* (Perttula, 2006). L'effet bénéfique de ce raisonnement analogique a été plusieurs fois constaté (Bonnardel et Marmeche, 2005 ; Casakin, 2010), tout comme l'effet des métaphores dans l'amélioration des solutions créatives (Casakin, 2007). En conception amont, on constate que les idées utiles ont un nombre significativement plus élevé de liens et de relations que d'autres idées moins importantes (Goldschmidt et Tatta, 2005 ; Van der Lugt, 2005), et ce pas seulement lors de la génération. Parce qu'évaluer consiste à jauger vis-à-vis d'une ou plusieurs références, prescrites, construites ou déduites (Bonnardel, 1991 ; Ullman et al., 1988), on peut considérer que l'évaluation est une comparaison, qui peut être analytique mais également analogique (Bonnardel, 1991 ; Martin et al., 2001).

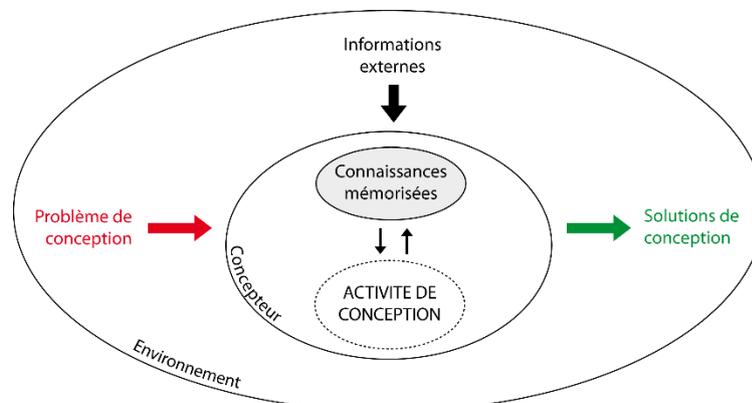


Figure 23: Mécanisme associatif en conception

### 2.2.1.2 Construction de représentation

Le raisonnement visuel est un élément essentiel de la pensée créative dans la conception (Goldschmidt, 1991 ; Casakin et Goldschmidt, 1999). Nous stockons en mémoire des idées, des formes, des couleurs, des matériaux et la compréhension des connexions dynamiques entre ces différents éléments abstraits et concrets (Goldschmidt and Sever, 2010). Pour exploiter ces morceaux de connaissances, le concepteur interagit en continu avec des visualisations externes qualitatives et imprécises, lui permettant de prendre des décisions de conception, et de créer de nouvelles entités (Visser, 2006). La puissance inspirationnelle des stimuli visuels résulte des formes et des relations entre elles, et de leur capacité de transformation et de réinterprétation. Les concepteurs sont capables de relier ces formes à leur tâche de conception en cours, et à les transformer pour les adapter à ce nouveau contexte (Goldschmidt and Sever, 2010). Selon Marr (1982), les formes géométriques et l'analyse de notre vision en composants formels sont un moyen par lequel nous commençons à comprendre le monde que notre sens visuel nous apporte. La perception visuelle explique comment l'information sensorielle est transformée dans un modèle du monde réel permettant l'identification des objets. Une vision de haut niveau est nécessaire pour « savoir » à propos de l'objet. Il s'agit d'une *action mentale employant des informations visuelles stockées qui peuvent être rappelées* à partir de la mémoire associative, permettant la cognition et l'émergence de nouveaux concepts (Oxman, 1997, 2002).

L'utilisation traditionnelle des formes dans la conception consiste à représenter les objets physiques au sein d'un domaine-conventionnés de langage symbolique, tels que les règles de dessin, la représentation de l'espace ou de la matière. Cependant, *les formes peuvent également être utilisées en tant que langage symbolique* pour décrire des configurations de formes qui, à leur tour, peuvent être mappées à des concepts de haut niveau tels que les schémas de conception (Oxman, 1997, 2002). Ainsi, particulièrement en conception amont, les formes peuvent autant représenter des objets physiques, que des concepts non tangibles, comme nous l'illustrons dans la **Figure 24** ci-dessous. Dans cette perspective les concepteurs comprennent les formes et leurs relations géométriques comme des structures conceptuelles permettant d'interpréter des configurations de conception (Oxman, 1997, 2002). Cette construction de relations est itérative et conduit à la formalisation de nombreuses représentations intermédiaires, plus ou moins spécifiées, précisées, et concrétisées. L'activité de conception consiste en *la transformation continue d'une représentation en une autre*, où les deux sont de nature différente, mais représentent le « même » artéfact. Cette approche met l'accent sur les aspects constructifs de l'activité et sur l'importance de différentes formes de représentations (Visser, 2009).

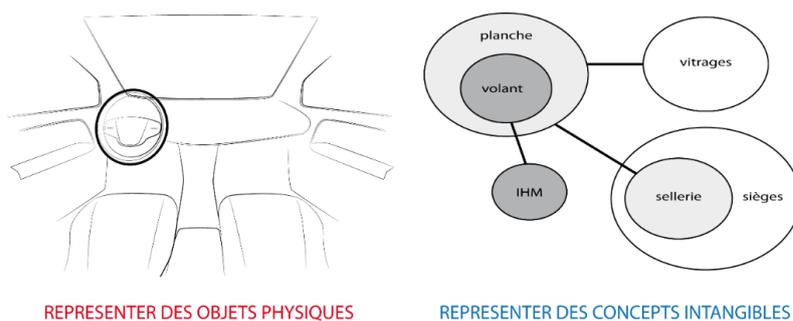


Figure 24: Utilisation des formes dans les représentations

## 2.2.2 Processus de conception

Les mécanismes cognitifs précédemment exposés s'interfacent dans le temps au sein de différents processus. Nous allons maintenant les aborder, des plus classiques (linéaires et séquentiels), en passant par des processus plus novateurs (itératifs et co-évolutifs), jusqu'au processus d'externalisation de représentations, qui nous intéresse plus particulièrement.

### 2.2.2.1 Linéaires et séquentiels

De nombreux auteurs ont décrit l'activité de conception comme un processus linéaire (Pahl et Beitz 1984 ; Duchamp, 1988 ; Andreasen, 1987 ; Aoussat, 1990 ; Jones, 1992 ; Hubka, 1996 ; Ullman, 1997 ; Baxter, 1995 ; Le Coq, 1992 ; Ulrich, 2000 ; Cross, 2000 ; Quarante, 2001 ; Dorst et Cross, 2001 ; Howard et al., 2008), se structurant particulièrement autour de deux activités de conception : la *construction de représentations du problème* d'une part, et la *génération de solutions* d'autre part ; certains ajoutant même une troisième étape : *l'évaluation des solutions*. Le processus de conception consensuel proposé comprend ainsi trois stades essentiels (Jones, 1992 ; Visser, 2009) :

- **la divergence ou génération** : recherche dans l'espace du problème
- **la transformation** : génération de l'espace de solution
- **la convergence ou évaluation** : intégration et évaluation des solutions optimales

Ainsi, les concepts sont créés et élaborés après des itérations de génération et d'évaluation d'idées, par une répétition de ces tâches de conception effectuées en équipe tout au long du projet (Jin et Chusilp, 2006). Selon ces méthodologies traditionnelles, la génération et l'évaluation sont deux étapes différentes et bien séparées au sein du projet de conception. Cependant dans le cas de projets de conception réels, ce n'est qu'en théorie que l'on peut différencier l'analyse du problème et l'élaboration de solutions en activités séparées et consécutives, *ces activités progressent en parallèle dans la réalité* (Visser, 1994, 2009). Même si les concepteurs ont connaissance d'une méthodologie qui distingue l'analyse de la synthèse, ils ne la suivent que rarement de façon systématique (Akin, 1979, 1984 ; Carroll & Rosson, 1985 ; Cross, 1984 ; Dasgupta, 1989 ; Dorst & Cross, 2001 ; Visser, 1987). Les concepteurs génèrent de nouvelles tâches en continu, et redéfinissent leurs contraintes dans le même temps, ils « *restructurent* » le problème en permanence, signe d'une itération non seulement des tâches de conception mais aussi des activités cognitives de l'individu (Finke et al, 1992; Maher et al, 1996; McCoy et al, 2001; Benami et Jin, 2002 ; Jin et Chulsip, 2006).

### 2.2.2.2 Itératifs et co-évolutifs

Cette nouvelle approche a fait émerger de nouveaux modèles du processus de conception, plus proches de la réalité cognitive des concepteurs : les modèles « *d'espaces de connaissances* ». Deux espaces sont considérés comme interagissant sur une échelle de temps et sont supposées être des systèmes évolutifs, l'évolution de chaque espace étant guidé par la population la plus récente des entités dans l'autre espace (Maher, 1994 ; Maher & Poon, 1996). Par exemple un modèle qui décrit le mouvement entre l'espace des configurations, qui contient des configurations physiquement réalisables, et l'espace des concepts, qui contient des idées, relations, et autres abstractions (Jansson et Smith, 1991). Ainsi au cours du processus, les mouvements au sein de l'espace des configurations n'ont jamais lieu sans mouvement dans l'espace des concepts, et ainsi de suite. Un autre exemple de ce type

d'approche est la théorie C-K (Hatchuel et Weil, 2003) qui décrit la conception comme un processus de circulation entre un *espace de conception* et un *espace de connaissance*, comme nous l'illustrons dans la **Figure 25** ci-dessous. C'est ce qui amène certains chercheurs à affirmer que les concepteurs alternent entre « *cadrage* », « *mouvement* », et « *évaluation des mouvements* », maintenant ainsi une véritable « *conversation réflexive* » avec leur conception (Schön, 1983 ; Schön et Wiggins, 1992).

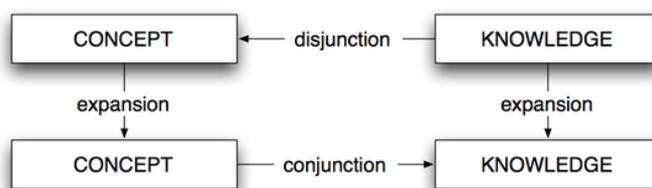


Figure 25: Circulation entre les espaces C et K d'après (Hatchuel et Weil, 2003)

Ainsi, la résolution des problèmes de conception résulte d'une *co-évolution* du problème et de la solution au fil du temps. Par conséquent, la phase de construction de la représentation du problème est indissociable de celle de résolution proprement dite du problème (Dorst et Cross, 2001), le concepteur explorant deux espaces conceptuels, un « *espace de problème* » et un « *espace de solution* », chaque espace informant l'autre Wiltschnig et al. (2013). L'événement créatif n'est pas tant un « *saut créatif* » du problème à la solution, comme le postulaient implicitement les anciens processus séquentiels linéaires, mais la construction d'un « *pont* » entre l'espace de problème et l'espace de solution (Cross, 1997). Ce point de vue de co-évolution de la conception a été initialement avancé par Mary Lou Maher qui s'est appuyé sur la notion biologique de deux espèces interagissant si intimement que bien qu'évoluant séparément, elles ont un effet mutuel l'une sur l'autre. Dans sa théorisation Maher suppose implicitement une approche de « *darwinisme universel* » (Campbell, 1960, 1990), prolongeant la théorie évolutionniste de Darwin au-delà son domaine d'origine de l'évolution biologique afin de formuler une prise en compte des mécanismes de variation, de sélection et de l'hérédité dans le domaine de la computation en conception (Maher, 1994, 2000 ; Maher & Poon, 1995, 1996 ; Poon et Maher, 1997). Ainsi bien que les modèles du processus de conception demeurent encore pauvres en ce qui concerne la représentation des processus créatifs (Howard et al., 2008), cette approche qui permet de mieux expliciter l'activité cognitive des concepteurs, est de plus en plus utilisée aujourd'hui.

### 2.2.2.3 Externalisation de représentations

Oxman (1997) a également proposé un modèle de la conception entendu comme un processus de « *Re-représentation* ». Issue d'une théorie psychologique (*Re-Representation Hypothesis*) ce modèle explique la créativité en conception comme un acte d'exploration de nouvelles modifications par l'externalisation des structures de connaissances présentes dans les représentations. Selon cette approche, le concepteur aurait donc la capacité cognitive de reconnaître et externaliser des « *schémas sous-jacents* », des « *contenus structurels* » présents au sein des conceptions, puis de poursuivre son travail en fonction de ces connaissances externalisées. Ainsi, la créativité en conception est considérée comme une capacité à re-représenter de manière innovante le schéma ou contenu structurel de la représentation

précédemment extériorisée (Oxman, 1997) Nous illustrons ce processus dans la **Figure 26** ci-dessous. Parce que *les représentations intermédiaires sont hybrides*, leur forme de représentation encode à la fois l'information mais aussi les connaissances qui aident le raisonnement lors de leur manipulation. D'où l'importance de structurer explicitement ces représentations graphiques. Le concepteur fait face à différentes contraintes au cours du processus de conception, d'abord données puis émergentes suite aux transformations successives de représentations. C'est sa capacité à re-décrire, à manipuler des représentations en continu à travers des séquences de plusieurs « *re-représentations* » qui lui permet de faire émerger du nouveau à partir de l'existant (Oxman, 1997).

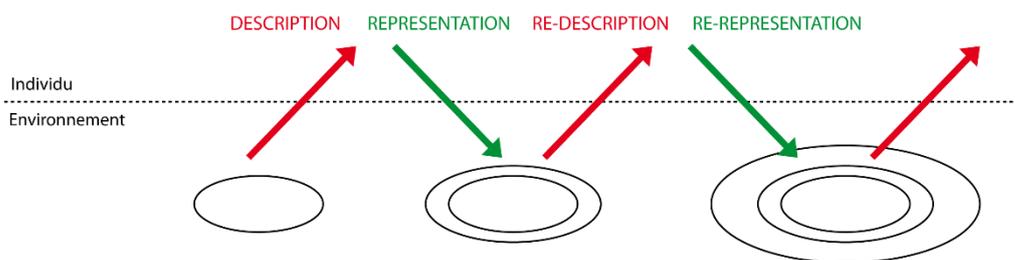


Figure 26: Processus d'externalisation de représentations

## 2.2.3 Productions

Comme nous l'avons précédemment vu, la production de représentations externes est primordiale dans les tâches de résolution de problèmes mal définis (Zhang, 1997). Parce que le concepteur n'a qu'une compréhension partielle du problème, il utilise des représentations partielles de la solution afin de mieux comprendre quel est le problème. L'interaction que les concepteurs ont avec ces représentations est essentielle à la création dans l'activité de conception (Purcell et Gero, 1998). Cette externalisation permet au concepteur de *prendre un point de vue extérieur pour réfléchir sur ses images mentales*, en réduisant la charge cognitive nécessaire (Bruner, 1996). Le processus de conception peut être considéré comme une évolution de différents types de représentations (Goel, 1995 ; Visser, 2009). Nous abordons dans la suite de cette section les trois grandes catégories de productions : sémantiques, les représentations intermédiaires, et les objets intermédiaires.

### 2.2.3.1 Sémantiques

De manière générale dans la première phase du processus de conception les représentations sont souvent composées de mots (Segers et al., 2005). Ils fournissent des repères visuels, servent de mémoire externe et de cadre sémantique et conceptuel pour construire des idées de façon située. Les mots ont des buts similaires à ceux des croquis (Lawson et Loke, 1997; Suwa et al., 1998 ; Segers, 2004). Toutefois une augmentation conséquente de la créativité est observée lorsque ces mots sont utilisés sous la forme de graphes, soit l'ajout d'éléments structurels graphiques (Segers et al., 2005).

### 2.2.3.2 Représentations intermédiaires

En effet en conception, si l'activité de résolution de problème est majoritairement textuelle (écrit ou parlé), c'est l'expression visuelle, notamment sous la forme de croquis, qui domine le processus de génération de nouvelles idées de produits. L'expression visuelle contribue aux

activités cognitives individuelles (« *conversations réflexives* » avec ses images mentales), mais également au fonctionnement des groupes de conception, en fournissant une mémoire graphique collective, et en permettant aux membres du groupe d'interagir avec les productions des autres (Van der Lugt, 2000 ; Bouchard et al., 2005). Ainsi selon Ferguson (1992), on peut distinguer trois types de croquis :

- **Les croquis de réflexion** : usage du dessin en appui du processus de pensée individuel
- **Les croquis de communication** : usage du dessin collectif en appui du processus de discussion (cadre graphique commun pour débattre).
- **Les croquis de prescriptions** : usage du dessin pour communiquer des décisions de conception à l'extérieur du groupe.

### 2.2.3.3 Objets intermédiaires

Parce que les concepteurs passent leur temps à transformer des textes, des graphes, des schémas, des dessins, des maquettes ou prototypes, une catégorie générique a été créée : « *les objets intermédiaires de la conception* ». Il s'agit des objets produits ou utilisés au cours de l'action de conception, mettant en relation outils, procédures, et acteurs (Jeantet, 1998).

Ces objets intermédiaires sont construits à partir des outils et connaissances des concepteurs et représentent l'image du produit à un instant donné ; ils constituent la trace du processus de conception (Blanco, 1998). Ils permettent de tester des idées, de résoudre les conflits en les donnant à voir, et de mémoriser le résultat de décisions, fruit de la coopération entre les différents acteurs et leurs points de vue (Prudhomme, 1999). Ce sont des *moyens de médiation, au service de l'interaction* durant l'activité de conception (Bouchard et al., 2006 ; Lattuf, 2006). Comme on peut le voir dans la **Figure 27** ci-dessous, ces objets intermédiaires sont de nature hybride, à la fois modélisation et représentation du futur produit. Cette représentation est contextualisée et évolue avec la connaissance croissante relative au projet (Mer, 1998). Par analogie avec l'organisme en génétique naturelle, l'objet intermédiaire est à la fois la structure et le support du « matériel génétique ». Il présente un comportement approprié au sein d'un contexte (Gero, 1996).

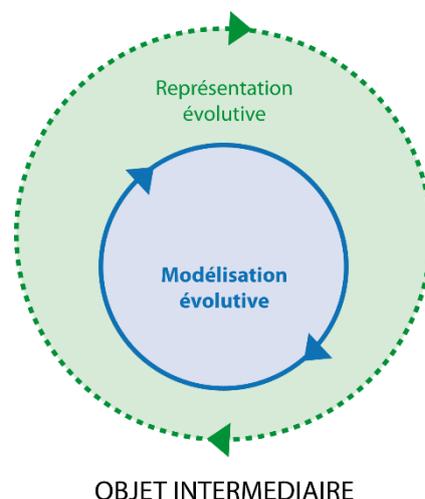


Figure 27: Nature hybride des objets intermédiaires

## 2.2.4 Approches systémiques de la conception

En conclusion de notre première partie d'état de l'art dédiée à l'approche systémique, nous abordons le parallèle entre Systémique et Conception. Dans la présente section, nous analysons les premiers travaux visant à intégrer les principes de l'approche systémique au domaine de la conception.

Comme bien d'autres disciplines, les problèmes auxquels sont confrontés les concepteurs sont de plus en plus complexes. La solution ne peut souvent pas être visualisée, étant donné qu'elle est constituée d'un mélange multi-facettes de produits, de services et de systèmes, et que le processus pour y arriver peut être mal défini, non structuré et spécifique au contexte (Charnley et al., 2011). Pour s'attaquer à ce type de problèmes complexes, plusieurs auteurs reconnaissent qu'il est nécessaire d'adopter un changement dans les approches de conception et de penser différemment (Hawken et al., 1999). Beaucoup de concepteurs et d'ingénieurs suivent encore les approches très structurées et cloisonnées de Forsberg et Mooz (1998) ou encore Pahl et Beitz (1996), empêchant notamment une vision trans-disciplinaire des problèmes à résoudre (Stasinopoulos et al., 2009) ou encore le repérage d'opportunités inédites pour optimiser une conception (Anarow et al., 2003). Il paraît évident désormais qu'une pensée plus holistique en conception encouragerait les concepteurs à examiner un problème dans son ensemble, prendre plusieurs facteurs en compte et utiliser les rapports entre les différentes parties du problème, plutôt qu'un aspect à la fois (Charnley et al., 2011). D'autre part, Marie-José Avenier (1999) rappelle que dans un contexte complexe, plus il y a de temps qui sépare la naissance d'une idée et sa réalisation concrète, plus l'environnement aura fortement évolué. Il convient donc de concevoir des processus plus rapides pour s'adapter à l'imprévu, et plus rapides pour passer de l'idée à l'action (Avenier, 1999).

Carayannis et Gonzalez (2003), ont par exemple proposé un modèle de conception de systèmes complexes innovants : *le Modèle CIC* (Créativité, Invention, Compétitivité). Ce modèle intègre dans un même « framework » l'utilisation de techniques de créativité, le partage des idées nouvelles et originales, la construction de synergies au sein des équipes, la communication et l'interaction de ces équipes avec l'organisation toute entière, et la traduction des visions abstraites des clients dans une vision claire et structurée (Carayannis et Coleman, 2005).

Bernard Yannou (2013) a également proposé via *le Modèle RID*, un processus d'innovation agile, adaptable au contexte de chaque projet. L'emphase est mise sur la structuration du problème (*de l'organisme à concevoir*) et sur la prise en compte du contexte de conception (*de l'environnement de conception*) pour élaborer les solutions. Dans ce modèle, les critères d'évaluation sont qualitatifs et adaptés en fonction du projet. Ainsi toute production est orientée vers des objectifs de validation, on en distingue de trois types : les *preuves de concept*, les *preuves de valeur*, et les *preuves d'innovation*.

Enfin, en opposition aux approches traditionnelles, et sur la base d'une analogie avec les processus d'évolution biologique tel que formulé par Darwin, Hybs and Gero (1992) ont esquissé un modèle du processus de conception et une méthodologie basée sur le mécanisme de l'évolution et de la sélection naturelle. Pour ces auteurs, la conception consiste uniquement en un processus intrinsèque évolutif de sélection, de raffinement, de

modification et de combinaison de concepts ou d'objets existants, en tenant compte d'exigences de performance et de contraintes. Ainsi toute nouveauté, création ou innovation, est le résultat d'étapes récursives de génération et d'évaluation, où chaque nouvelle solution est basée sur des solutions préexistantes. Les concepteurs ont à l'esprit un modèle mental de l'environnement de conception qu'ils exploitent dès les premières étapes, en interaction avec une base de « *prototypes de conception* » stockés en mémoire (objets intermédiaires). Cependant comme le postule le *Modèle FBS* (Gero, 1990), cette connaissance de conception n'est pas stockée comme une hiérarchie de prototypes, mais comme un réseau de *fonction*, de *comportement* et de *structure* (Yan, 1993). Dans le modèle *FBS*, la fonction décrit ce qu'un système fait, le comportement décrit la façon dont un système effectue ses fonctions, et la structure décrit les éléments et les interfaces avec lesquels le système est construit. Dans ce modèle, la conception est considérée comme un processus de transformation d'une fonction en structure (Yan, 1993) comme l'illustre la **Figure 28** ci-dessous.

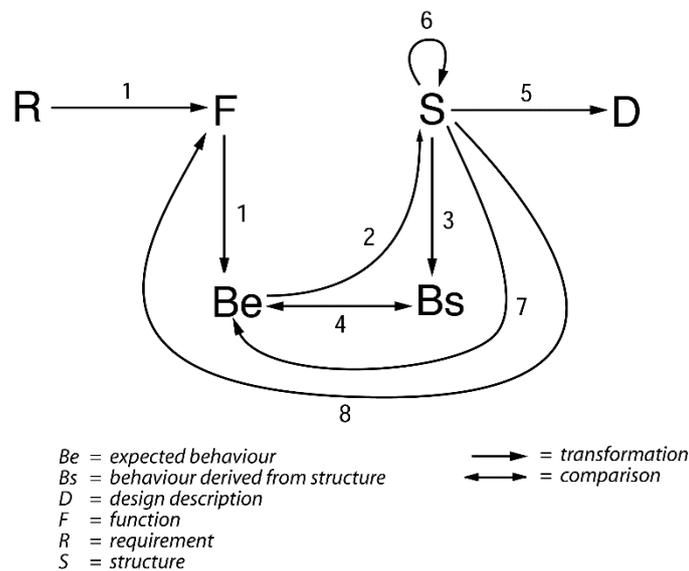


Figure 28: Modèle FBS d'après Gero (1990)

Cette forte analogie avec le monde naturel et les systèmes vivants nous prouve qu'une approche systémique de la conception peut être très riche et particulièrement efficace. Chanal (2004) rappelle à ce titre que l'approche systémique constitue un progrès par rapport aux visions linéaires du processus de conception, dans la mesure où elle met en œuvre le caractère interactionnel entre les différentes activités de ce processus telles que la gestion des idées d'innovation, l'activité de conception, l'échange d'information et les activités de décision. Nous aurons l'occasion de présenter d'autres travaux s'inspirant d'analogies biologiques, notamment dans la partie de l'état de l'art traitant des approches systémiques de la créativité (*voir § 2.3.4*).

## Conclusion de la conception amont

Nous avons vu que le processus de conception repose essentiellement sur deux activités cognitives impliquées dans le raisonnement créatif : le *mécanisme associatif* et la *construction de représentation*. Ces grandes activités cognitives peuvent ainsi être mobilisées indépendamment

et conjointement, dans le cadre d'un processus itératif et continu d'externalisation de représentations, et de production d'objets intermédiaires.

Ainsi, nous constatons que les définitions des activités de conception et celles de la créativité présentent un nombre important de similitudes (Bonnardel, 2006) : l'expression d'une idée ou la réalisation d'une production en vue d'atteindre certains buts, la représentation concrète par l'intermédiaire de formes, dessins et autres systèmes de symboles plus ou moins tangibles. Il y a un ensemble de processus cognitifs qui caractérisent les individus avec des tendances créatives en conception, et ces processus sont largement représentatifs de ceux trouvés dans d'autres domaines nécessitant une certaine créativité (Casakin et Kreidler, 2011). De plus, bien que les contextes de conception soient collectifs (Darses et Falzon, 1996 ; de Terssac et Friedberg, 1996) une part importante de l'activité des concepteurs s'effectue en situation individuelle (Bonnardel, 2006). Tout comme les liens entre *Systémique* et *Conception* précédemment mise en évidence, les liens entre *Conception* et *Créativité* sont également particulièrement forts et interdépendants, allant presque jusqu'à confondre les deux activités en un seul et même processus de « *construction de représentation* ». D'un point de vue historique, les recherches sur la conception et sur la créativité ont été séparées, notamment de par leurs racines en architecture et ingénierie pour la première et en psychologie pour la seconde. Toutefois les avancées récentes des théories de la conception laissent émerger le nouveau champ d'une science de la « *généralité* », dont les différences théoriques avec la créativité restent encore ambiguës (Hatchuel et al., 2011). Nous développerons plus en détails ce lien entre conception et créativité dans la dernière partie de l'état de l'art (**voir § 2.3.2.1**)

## 2.3 Créativité en conception

### Introduction de la créativité en conception

Nous achevons ainsi notre état de l'art avec une dernière partie, précisant encore d'avantage l'objet de notre recherche. Après avoir investigué le cadre global de l'approche systémique que nous considérons, et après avoir précisé l'ancrage de nos travaux au sein de la conception amont, nous détaillons la thématique qui réside au cœur de cette thèse de doctorat : la « Créativité en conception ».

Dans cette troisième partie, nous allons tout d'abord nous intéresser aux aspects cognitifs et psychiques à l'œuvre dans l'acte créatif. Nous présentons ensuite les différents processus existants, puis les facteurs influents la créativité en conception. Nous concluons par une présentation des premiers travaux appliquant les principes de l'approche systémique à la créativité. La **Figure 29** ci-dessous présente le plan détaillé de cette partie « Créativité en conception ».

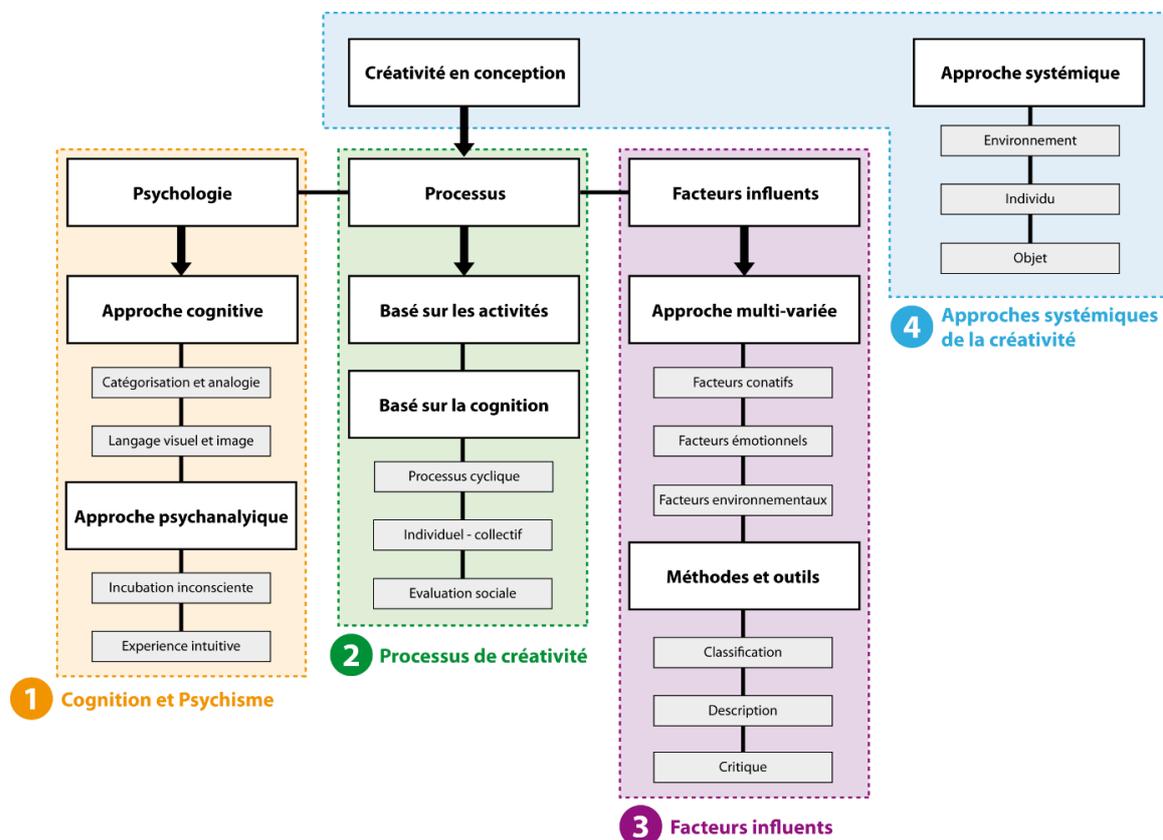


Figure 29: Thématiques abordées dans la partie « Créativité en conception »

### 2.3.1 Cognition et psychisme

La créativité se trouve au centre du fonctionnement de chaque être humain, elle nous permet de mieux nous adapter aux mutations du monde dans lequel nous vivons (Rogers, 1951). Elle est une capacité de plus en plus recherchée afin de répondre aux problèmes complexes de notre époque. Selon De Brabandère (cité par Aznar, 2012) « La créativité c'est l'aptitude adéquate

*de l'homme face à l'impossibilité de ne pas changer. C'est le choix délibéré d'être moteur plutôt que victime, de conduire plutôt que de subir*». Là où la logique permet de penser le monde tel qu'il est, la créativité permet de le penser tel qu'il n'existe pas encore. Les travaux scientifiques récents permettent d'avoir une meilleure compréhension de la créativité, bien qu'il reste encore de nombreuses « zones d'ombres » autour de ce phénomène complexe (Lubart et al., 2003). Parce que la créativité est une disposition à créer qui existe à l'état potentiel chez tout individu et à tout âge, la liste des définitions empiriques possibles est considérable. De ce fait de multiples recherches, souvent dissemblables et contradictoires, ont conduit à un foisonnement d'études, d'expériences et de résultats à travers lesquels il n'est pas toujours aisé de s'orienter (Leboutet, 1970). En résumant les points de vue, on peut distinguer deux approches :

- **L'approche « cognitive »** : qui recherche les liens entre la créativité et la plupart des traits et des facteurs connus. La pensée inconsciente est considérée de même nature que la pensée consciente (Rossman, 1931 ; Guilford, 1967 ; Sternberg et Lubart, 1991, 1993, 1995, 1999).
- **L'approche « psychanalytique »** : qui étudie les aspects génétiques et dynamiques globaux, et le processus créateur. Les processus inconscients sont considérés hétérogènes aux processus conscients (Poincaré, 1908 ; Kris, 1950 ; Kubie, 1958 ; Hadamard, 1959 ; Anzieu, 1981).

Initialement perçue dans sa dimension quantitative, comme un processus intellectuel qui vise à générer le plus d'options possibles (Roy 1978 ; Schooler et Melcher, 1995; Smith & Blankship, 1989 ; Sawyer, 2006), la définition de la créativité s'est cristallisée au fil des apports de différents auteurs. Cette capacité à réaliser une production est désormais indissociable d'un certain nombre de critères, comme *la nouveauté* et *l'adaptation à un contexte* donné (Amabile, 1996; Bonnardel, 2002; Isaksen, Murdock, Firestein et Treffinger, 1993., Lubart, 1994; Lubart et al., 2003; Sternberg, 1999), ou encore *l'utilité* et *la valeur* (Weisberg, 1988, 1993, 1999 ; Bonnardel, 2002 ; Sarkar et Chakrabarti, 2008). Ainsi elle fait référence à la fois à la capacité, au processus effectif, ainsi qu'à la production elle-même (Weisberg, 1988, 1993, 1999). Cette créativité résulte d'une combinaison de plusieurs facteurs : les connaissances (relatives à un domaine spécifique, capacités techniques), l'expertise liée à la créativité (intelligence, personnalité, styles cognitifs), la motivation (comportement par rapport à un objectif, niveau de contraintes), ainsi que le contexte environnemental (Amabile, 1983, 1996, 1997 ; Taggar, 2002 ; Sternberg et Lubart, 1991, 1993, 1995, 1999).

Une large part des travaux de recherche s'est concentrée sur l'évaluation de la créativité, avec :

- D'une part, **des mesures du « potentiel créatif »** : tests de pensée divergente, questionnaires de personnalité, etc. (Lubart et Georgsdottir, 2004). Popularisés par Guilford (1981) et Torrance (1976), ces tests évaluent le potentiel créatif sur trois critères notamment : *la fluidité* (nombre total de réponses adéquates par participant), *la flexibilité* (nombre de catégories différentes de réponses), et *l'originalité* (rareté statistique des réponses produites par une personne par rapport au groupe), auquel on peut rajouter aussi la *désiderabilité* (Carrier et al., 2010).

- D'autre part, **des mesures du « talent créatif »** : productions, idées, dessins, etc. Dans cette voie, évaluer la créativité nécessite l'identification de critères, notamment : *la nouveauté et l'utilité*.
  - **La nouveauté** se définit comme « ne se rapportant pas à quelque chose anciennement connu » (Sternberg et Lubart, 1999, 2000), ce qui est nouveau (créé récemment), mais aussi ce qui est original (le premier créé) (Cambridge, 2010). Il faut connaître à la fois la « *timeline* » des inventions similaires, et les caractéristiques des produits similaires (Sarkar et Chakrabarti, 2008, 2011). La nouveauté peut être définie par référence, soit aux idées antérieures de la personne concernée : la créativité-P (P pour psychologique), soit à l'ensemble de l'histoire humaine : la créativité-H (H pour historique) (Boden, 1990, 1994, 1999). On parle aussi de créativité C-majuscule et de créativité c-minuscule (Gardner, 2005).
  - **L'utilité** peut être définie en terme de « *pertinence* » (Sternberg et Lubart, 1999, 2000), ou « *d'utilité sociale* » (Mumford et Gardner, 1994). Les produits peuvent par exemple être classés en fonction de leur importance d'usage dans la société (nombre d'utilisateurs, période d'utilisation, persistance de l'effet dans l'usage) (Sarkar et Chakrabarti, 2008, 2011).

Nous noterons toutefois un point de vue intéressant développé chez Anzieu (1981) pour qui une distinction claire doit être faite entre la *Créativité* et la *Création*. Si la première se définit comme *un ensemble de prédispositions de caractère* qui se retrouvent chez tout le monde, la seconde en revanche, désigne l'invention ou la composition d'une *œuvre apportant du nouveau et dont la valeur est reconnue par un public*. Cette position entend donc la créativité comme une simple « capacité », et met plutôt l'emphase sur la notion de création, et son caractère *intrinsèquement social*. Nous illustrons cette distinction sur la **Figure 30** ci-dessous.

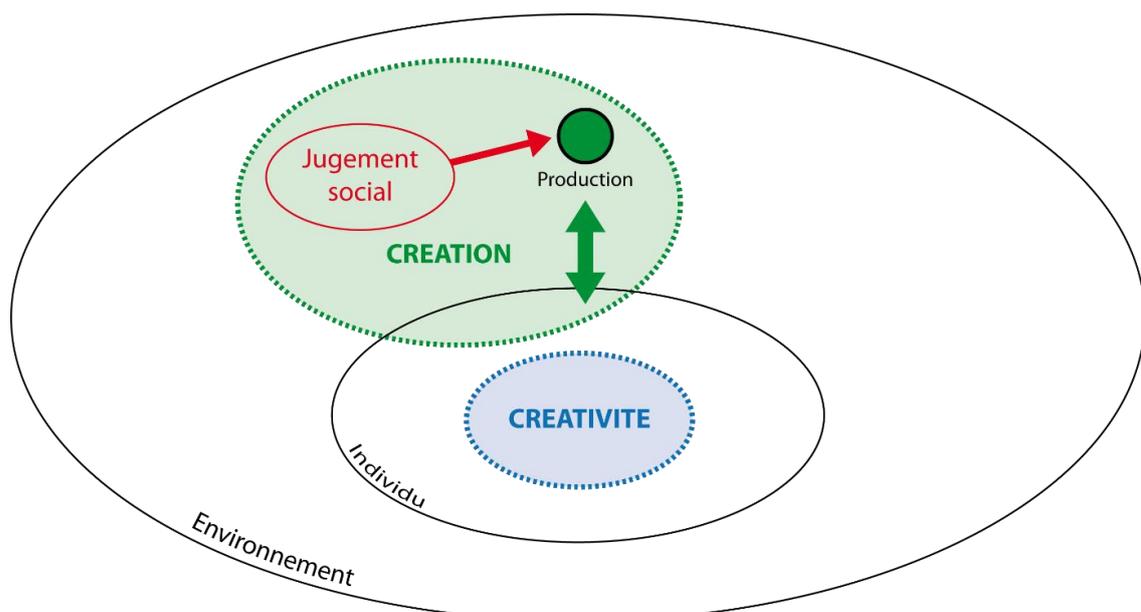


Figure 30: Différences entre créativité et création

Nous allons maintenant présenter les deux approches psychologiques de la créativité, en commençant par l'approche cognitive, où nous détaillerons deux aspects : « **catégorisation et analogie** », puis « **langage visuel et image** ». Puis, nous poursuivrons avec l'approche psychanalytique, où nous détaillerons également deux aspects : « **incubation inconscient** » et « **expérience intuitive** ».

### 2.3.1.1 Approche cognitive

Selon Gordon (1965) l'aptitude à inventer peut être considérablement augmentée et développée chez les individus à condition qu'ils comprennent quels sont les mécanismes psychiques qui jouent en eux. C'est pourquoi il faut décrire ces mécanismes de façon concrète, afin d'enseigner une méthodologie propre à augmenter leur potentiel créateur. A ce titre, De Brabandère (2012) rappelait que *les principes de la pensée créative sont à chercher dans les principes de la pensée tout court*. Que ce soit dans le domaine des arts ou des sciences, l'invention se caractérise par les mêmes processus psychiques fondamentaux, qu'il s'agisse d'un individu ou d'un groupe (Gordon, 1965). Le seul enjeu quel que soit le domaine, c'est celui de *la transformation de l'imagination en création* (Ribot, 1900).

A l'origine les travaux qui feront date sont ceux de Guilford (1956) qui élaborera une théorie factorielle de l'intelligence selon laquelle il existe 5 opérations intellectuelles (cognition, mémoire, pensée divergente, pensée convergente, évaluation). Aujourd'hui encore, on distingue classiquement deux grands mécanismes cognitifs de la créativité : *la pensée divergente* (ou divergence) qui est la capacité à générer des idées originales en faisant varier les points de vue (Guilford, 1967), et *la pensée convergente* (ou convergence) qui est la capacité à évaluer et à trouver la meilleure solution (Kryssanov et al., 2001). La Divergence seule ne suffit pas car une première idée doit être élaborée et retravaillée avant d'aboutir à une production créative (Lubart et Georgsdottir, 2004). La Convergence est une phase où la créativité peut s'exprimer tout autant (Cropley, 2006 ; Snider, 2013), lorsqu'il y a combinaison d'alternatives ou émergence de nouveaux critères et valeurs.

Mais plutôt que de se focaliser sur des mécanismes globaux tels que "la pensée divergente," certains auteurs ont étudié des processus encore plus basiques, plus fondamentaux encore (Ward, 2007). Lubart et al. (2003) en ont réalisé une synthèse des plus complètes. Pour ces auteurs, les capacités intellectuelles considérées comme essentielles dans l'acte créatif sont notamment celles qui servent : à relever dans l'environnement des informations pertinentes (*encodage sélectif*), à observer des similitudes entre des domaines différents (*analogie, métaphores, comparaison sélective*), à regrouper des éléments divers pour former une nouvelle idée (*combinaison sélective*). Enfin, en s'intéressant à la genèse du système cognitif, on s'aperçoit qu'il repose sur une riche interaction des sources de la connaissance d'une part, et de l'enrichissement constant de moyens d'expression d'autre part. « *L'enfant explore le monde d'abord par l'action, puis par l'imagination et finalement par le langage* » (Arnheim, 1971). L'acquisition de connaissances s'alimente de diverses sources au fur et à mesure que s'organisent les processus cognitifs (Bernèche, 2009). Au cours des premières années, l'enfant découvre son univers à partir des sensations. Le premier niveau d'interaction avec l'environnement apporte par associations et combinaisons un premier matériel cognitif complexe : *le percept*. En continuant les expériences sensori-motrices, l'enfant construit un objet plus riche et plus stable : l'objet perçu. La transformation se poursuit vers un autre

niveau d'élaboration des connaissances : *la représentation mentale*. L'élaboration des images contribuera à l'imagerie mentale, et à l'imagination. Comme l'enfant ne peut pas toujours être constamment en contact avec son environnement, il peut avoir recours aux représentations de ses découvertes. L'image mentale permet donc d'avoir recours à une représentation des acquis sans la nécessité de la présence immédiate des éléments constitutifs de l'expérience première. Finalement, apparaît la métamorphose vers une représentation abstraite du fruit de la découverte : le concept, qui donnera naissance à *l'idée-concept*.

Nous illustrons cette genèse du système cognitif dans la **Figure 31** ci-dessous. Tout au long de celle-ci se construit ainsi une diversité de modalités d'expression : les mots, les symboles, les signes et les comportements. Ce qui participe à l'élaboration de la pensée résulte donc d'une interaction constante et enrichie entre l'évolution conjointe des sources de connaissance et des moyens de communications (Bernèche, 2009).

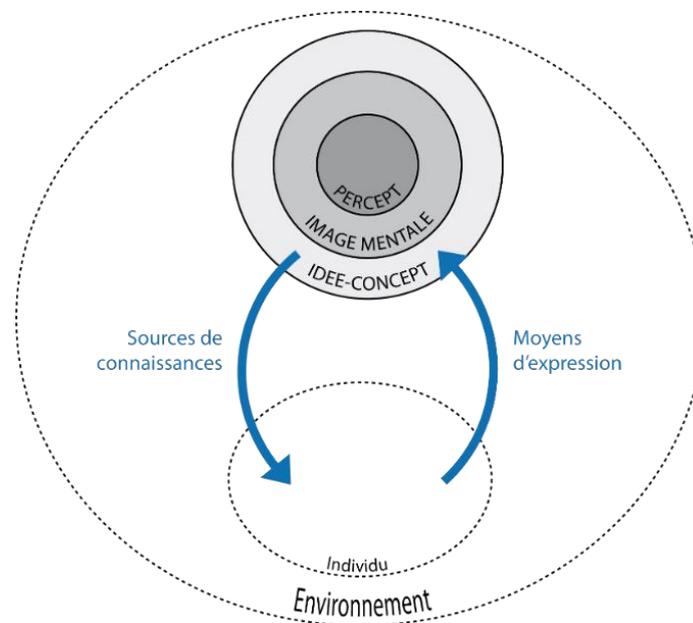


Figure 31: Genèse du système cognitif

Détaillons maintenant les deux aspects fondamentaux de l'approche cognitive de la créativité : **la catégorisation et l'analogie**, puis **le langage visuel et l'image**.

#### **2.3.1.1.1 Catégorisation et analogie**

On distingue classiquement trois formes de raisonnement :

- *l'induction* : une découverte qui part de détails et aboutit à une vue d'ensemble puis à la formation d'une théorie explicative ;
- *la déduction* : une théorie qui est mise en face de détails issus d'observations concrètes en vue de la valider ;
- *l'abduction* : la découverte du fait que deux objets entretiennent une forte ressemblance et l'inférence qu'ils se ressemblent alors sous d'autres aspects.

C'est cette dernière forme de raisonnement qui nous intéresse plus particulièrement, car elle semble être un des premiers mouvements de la pensée. Face à la diversité, à la multiplicité, à l'hétérogénéité, à la continuité du monde en mouvement, l'esprit humain a une capacité d'abstraction, il observe les points communs, les rapproche de ce qu'il sait, et construit des *catégories d'objets analogues* (De Brabandère, 2012). Nous sommes obligés d'ordonner, de trier, de classer, notre esprit ne peut fonctionner sans catégories et sous-catégories, car il nous est impossible de percevoir le monde dans la nuance. Sans cette capacité d'abstraction, l'apprentissage serait impossible, et face à une pensée sans cesse mouvante un individu ne pourrait pas agir. Ainsi notre mémoire est constituée de millions d'informations reliées entre elles, qui peuvent se regrouper dans *des ensembles figés de complexité croissante*, des modèles mentaux préétablis imprécis, rigides et regroupés en catégories (De Brabandère, 2007, 2012). On en distingue trois en particulier :

- **le stéréotype** : Sans ces schèmes culturels préexistants, l'individu resterait plongé dans le flux et le reflux de la sensation pure, il lui serait impossible de comprendre le réel ou d'agir sur lui. Le stéréotype est indispensable à la cognition, il a deux conséquences essentielles :
  - *l'homogénéisation* au sein d'une même catégorie : les éléments y sont perçus comme plus semblables qu'en réalité
  - *l'accentuation* de l'écart entre deux catégories différentes : les éléments y sont perçus comme plus différents qu'en l'absence de catégories
- **le modèle (ou pattern)** : les schémas (ou schèmes) cognitifs ont trois caractéristiques principales :
  - ils comptent certains éléments fixes et d'autres variables
  - ils sont comme les poupées russes et peuvent s'emboîter
  - ils s'échelonnent, du concret à l'abstrait
- **le paradigme** : si un pattern est un ensemble de stéréotypes, un paradigme est lui-même un ensemble de patterns

Cependant, une fois classé dans une catégorie, un objet peut également être classé dans une autre. Cette fluidité catégorielle, l'établissement de nouvelles connexions, semble être « l'essence » de la créativité (Macey-Burgess, 2001). Plus les éléments sont éloignés, plus l'association est potentiellement créative (Faucheux et Moscovici, 1968). Selon Gordon (1961, 1965), la réalité se présente en général sous forme de « *conventions* » (les catégories précédemment énoncées), formant un ensemble rigide qui ne se laisse pas modifier facilement. *La métaphore (ou analogie)* est l'outil essentiel permettant de casser les « conventions » et de déformer le réel. Ce point de vue rejoint l'idée que la création naît de la rencontre conflictuelle entre des systèmes de références hétérogènes jusqu'alors séparés : une « *Bissociation* » (Koestler, 1964). Cette rencontre se base sur une modification de la structure de notre pensée en brisant nos ensembles perceptifs et cognitifs (nos catégories), ces groupements de solutions régulièrement utilisés par un individu (patterns, modèles, théories) (Elam et Mead, 1987). On remarque dans les travaux de recherche en conception que *l'analogie est également identifiée comme centrale* dans l'émergence de nouvelles idées (Bonnardel, 2000), parce qu'elle est cohérente avec l'approche selon laquelle de nouvelles idées seraient en fait inspirées par des situations antérieures. Les analogies sont le résultat d'une relation

établie dans l'esprit à travers un processus d'accentuation sélective, les représentations en mémoire possèdent donc une grande influence sur cette capacité (Linsey et al., 2007, 2008). Toutefois pour Koestler (1964) ce ne sont pas les analogies qui créent les découvertes, mais l'aptitude de l'esprit à multiplier les croisements entre diverses « *matrices analogiques* » rationnelles ou inconscientes. L'aptitude à « voir » des analogies là où personne ne peut les voir et à faire émerger seulement celles qui seront fertiles.

C'est pourquoi on catégorise aujourd'hui les analogies de manière beaucoup plus précise. On peut ainsi distinguer l'analogie de surface, et l'analogie de profondeur ou de structure (Casakin, 2004) :

- **Les analogies de surface** désignent des concepts facilement accessibles, des propriétés superficielles des objets considérés. Facile à créer, elles ne garantissent pas le transfert de relations de fond entre la source et la cible.

- **Les analogies de profondeur** désignent un système de relations de plus haut niveau, basé sur les propriétés profondes d'un contexte donné. Elles déterminent la qualité d'un concept.

On peut également les catégoriser en fonction des connaissances qu'elles associent, les analogies intra-domaine, et inter-domaines (Casakin, 2004 ; Bonnardel et Marmèche, 2005 ; Nagai et Taura, 2006) :

- **Les analogies intra-domaine** où la source et la cible relèvent d'un même domaine de connaissance. Elles sont plus faciles à atteindre et souvent basées sur des similarités de surface.

- **Les analogies inter-domaines** où la source et la cible relèvent de domaines de connaissance différents et éloignés, mais présentent une corrélation basée sur des aspects structurels similaires. Elles ont une grande influence sur la qualité d'un concept. Bonnardel (2006) à ce titre distingue des analogies inter-domaines proches et éloignées.

Cela veut donc dire qu'il s'agit du même mécanisme à l'œuvre à la fois dans la catégorisation, et dans la « *dé-catégorisation puis re-catégorisation* » : il s'agit d'un mécanisme *analogique*. Un travail créatif et un travail non-créatif ne relèvent donc pas de processus spécifiquement différent, et si les mêmes séquences de pensée et d'actions peuvent conduire à des résultats plus ou moins créatifs (raisonnement routinier), alors *c'est la qualité du matériel utilisé* dans chaque partie du processus (la connaissance) qui est importante (Lubart et al., 2003). Si la synthèse de nouvelles idées se fait par restructuration et re-association de celles qui existent déjà (Koestler, 1964 ; Heap, 1989), c'est *l'expansion de notre point de vue sur le monde* (de notre perception) qui est au cœur de la pensée créatrice (Gero, 2000). La créativité prend donc sa source au sein de l'individu, de sa perspective unique. Elle résulte d'une association entre son expérience de vie, sa culture, son éducation, ses connaissances, et de la signification personnelle qu'une situation perçue lui évoque (Gardner, 1995). En résumé ce long processus réflexif associant l'utilisation de connaissances existantes et la lente accumulation de nouveaux éléments perçus, postule que les découvertes, idées, ou concepts émergent de processus cognitifs fondamentaux ordinaires (Weisberg, 1988, 1993, 1999 ; Ward, 2007).

Nous avons résumé le fonctionnement des mécanismes de catégorisations et d'analogies dans la **Figure 32** ci-dessous.

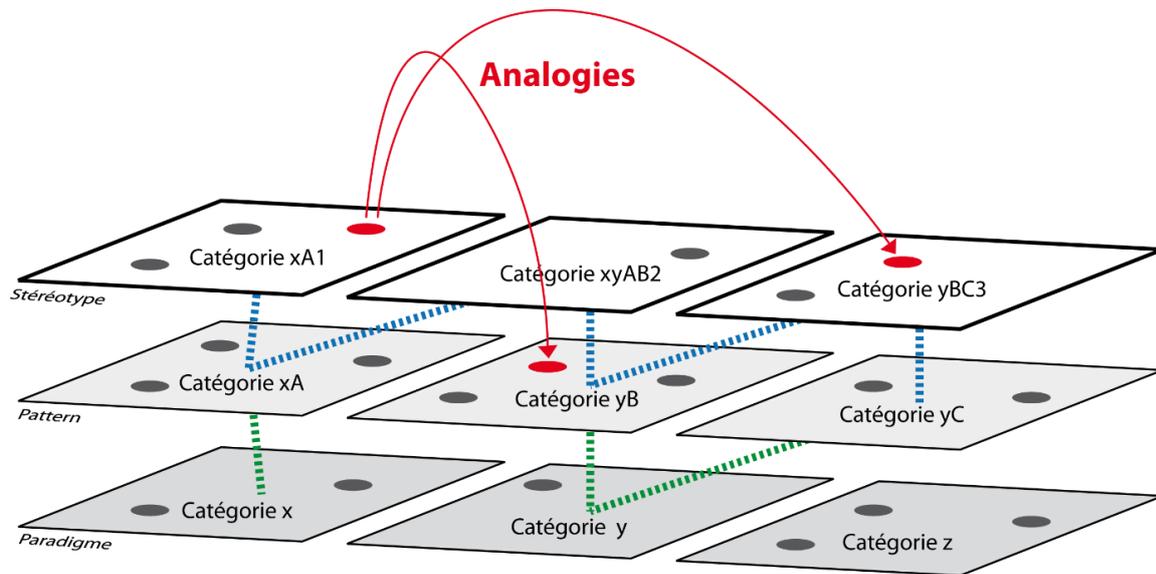


Figure 32: Catégorisation et analogies

### 2.3.1.1.2 Langage visuel et image

Les concepteurs visualisent fréquemment des formes émergentes et structurent leur compréhension d'un problème grâce à cette opération cognitive (Soufi & Edmonds, 1996). En conception, la première utilisation de l'acte de dessiner est d'« archiver la forme géométrique de la conception » (Ullman et al., 1990). De plus, l'effet positif sur la créativité, de l'exposition à des stimuli visuels en amont de la génération d'idées n'est plus à démontrer (Casakin & Goldschmidt, 2000; Goldschmidt & Smolkov, 2006 ; Hender et al., 2001). L'externalisation par des représentations telle que l'esquisse, permet des mouvements provisoires et non-fixés de la description générale vers la représentation spécifique et favorise un processus cyclique de ré-interprétation (Van der Lugt, 2000, 2005). Les esquisses (croquis de réflexion, de communication, de stockage) permettent de connecter l'individu à ses propres connaissances au cours du processus de génération d'idée individuelle, mais permet également de le connecter aux autres individus dans le cadre d'un processus de créativité en groupe, en fournissant une mémoire commune externe (Van der Lugt, 2000, 2005).

Dans le cadre de la créativité on retrouve les mêmes notions, puisque inventer c'est l'art de repérer des formes nouvelles à partir d'un stock d'informations. Cela consiste précisément à construire celles qui sont utiles, et qui ne sont qu'une infime minorité. « *Inventer, c'est discerner, c'est choisir* » (Poincaré, 1908). Le langage par « formes » permet à l'appareil psychique de recourir à l'utilisation de modèles afin de structurer les liens au sein de la conscience (Iba, 2010). Vocabulaire commun pour concevoir, il permet de remarquer les relations entre plusieurs éléments, mais également de communiquer plus facilement. Cette pensée par images est fondamentale pour la créativité car elle accompagne et facilite toutes les opérations mentales (Prince, 1980). Ceci est confirmé par Wenger (1998) pour qui la visualisation permet de mobiliser une part beaucoup plus importante du cerveau, en ramenant à la conscience des stocks de pensées, d'imageries, d'intuitions, enfouies dans l'inconscient. La reconnaissance intuitive se fait non par détection des traits objectifs de la

situation présente puis comparaison avec une situation passée ayant des traits similaires, mais de manière globale : les situations antérieurement rencontrées sont stockées sous la forme d'images, non décomposées en traits séparés (Petitmengin, 2003).

Rappelons que l'expression « *Forme* » est issue de Paul Guillaume (1937), une traduction de la « *Psychologie de la forme* » (en Allemand « *gestalt theory* »). On utilise donc alternativement pour parler du même concept, les termes « *structure* », « *forme* », « *gestalt* », ou encore « *pattern* » (traduction anglaise). La démarche intellectuelle est caractérisée par la recherche à tout instant de structures, de formes, d'ensembles cohérents pour la pensée. Cette particularité a été mise en évidence par la théorie gestaltiste via plus d'une centaine de « *loi* » (proximité, similitude, sort-commun, continuité, simplicité, orientation, symétrie, etc.). Pour les théoriciens de la Gestalt, le rapport entre créativité et perception est évident, trouver une nouvelle idée revient à trouver une nouvelle forme, et trouver une réponse à un problème équivaut au passage d'une structure à une autre, par une réorganisation du champ perceptif (De Brabandère, 2007). L'idée même de nouveauté est impliquée dans la notion de Gestalt, c'est pourquoi la créativité trouve tout naturellement sa place au sein de la théorie (Fauchaux et Moscovici, 1968). La pensée créative est une forme particulière du traitement de l'information, la démarche créative consiste à passer d'une « *gestalt* » à une autre, d'un arrangement des informations imprimées dans les neurones et constituant une « *forme* » stable, à « *une autre forme* », à peine ébauchée que l'on appelle idée (De Bono, 1973, 1991, 1998, 2004). Ici on comprend donc que la « *gestalt* » ou la « *forme* » désigne en fait les catégories citées précédemment, et que les « *lois gestaltistes* » sont en réalité différents types d'analogies.

Cette Gestalt, ou forme, est définie par Simondon (2014) sous le terme d'« *image* ». Une réalité intermédiaire entre objet et sujet, concret et abstrait, passé et avenir. Pour Simondon, les images ne sont pas aussi limpides que des concepts, on ne peut les gouverner que de manière indirecte. Elles ont un caractère à la fois objectif et subjectif, un statut de quasi-organisme se développant dans le sujet avec une relative indépendance. Les images prennent tout leur relief vital et amènent la décision, notamment dans les situations d'urgence ou d'émotion forte. Elles ne sont pas des perceptions concrètes car, pour choisir, il faut être à une certaine distance du réel et ne pas se trouver déjà engagé. L'image, comme intermédiaire entre l'abstrait et le concret, synthétise en quelques traits des charges motrices, cognitive, affective, lui donnant un certain poids permettant le choix. La meilleure situation pour le choix est celle qui permet la formation et l'usage d'images réellement mixte (abstraites et concrètes), ce qui implique une distance moyenne de l'objet. Enfin les images sont des intermédiaires entre passé et avenir, pour le sujet individuel comme pour les groupes, car l'image incorpore du passé et peut le rendre disponible pour le travail prospectif. Une part de la réalité des groupes est faite d'images, matérialisées sous forme de dessins, de statues, de monuments, de vêtements, d'outils et de machines, et aussi de tournures de langage, assurant la continuité culturelle des groupes.

Dans son cours de 1965-1966 intitulé « *Imagination et Invention* », Simondon (2014) suppose que les images mentales sont comme des sous-ensembles structuraux et fonctionnels de l'activité psychique (les « *gestalts* », « *formes* », ou catégories que nous avons précédemment

décrites). Ces sous-ensembles pourraient ainsi posséder un dynamisme génétique analogue à celui d'un organe en croissance. Il distingue trois états :

1. D'abord celle de la croissance pure et spontanée, antérieure à l'expérience de l'objet à laquelle l'activité fonctionnelle se préadapte. Au sein de ce *niveau primaire biologique*, l'expérience perceptive est dirigée par des formes ou « patterns » innés correspondant à la saisie du sens des situations selon les modes primaires du danger, de l'aliment, de la rencontre du partenaire, de l'attitude d'ascendance ou de soumission pour les espèces sociales.
2. Ensuite, l'image devient un mode d'accueil des informations venant du milieu et une source de schèmes de réponses à ces stimulations. Au sein de ce *niveau secondaire psychologique*, l'organisme développe un analogue mental de son rapport au milieu. Afin d'analyser, reconnaître, percevoir et évaluer les objets de son environnement.
3. Enfin, après cette étape d'interaction avec le milieu correspondant à un apprentissage, il se fait un véritable monde mental par lequel le sujet possède un analogue du milieu extérieur, ayant lui aussi ses contraintes complexes. Ce *troisième niveau formel* illustre la domination du sujet sur son milieu, l'image a priori apparaît sous forme d'intuition motrice, issue d'une schématisation abstraite de la classification, animée par un transfert analogique de niveau en niveau.

En conclusion, les images subiraient des mutations successives qui modifieraient leurs relations mutuelles en les faisant passer d'un état à un autre. Le monde des *images-souvenirs* est une organisation analogique de symboles qui, lorsqu'il est saturé, ne peut plus accueillir d'expérience nouvelle. Le sujet doit alors modifier sa structure pour trouver des dimensions d'organisation plus vastes et plus « puissantes », afin de surmonter les incompatibilités éprouvées pour raisonner. D'après Simondon (2014), *l'invention serait une renaissance du cycle des images*. Elle opèrerait un changement de niveau, marquant la fin d'un cycle et le début d'un nouveau.

Nous avons résumé la nature évolutive de l'image dans la **Figure 33** ci-dessous.

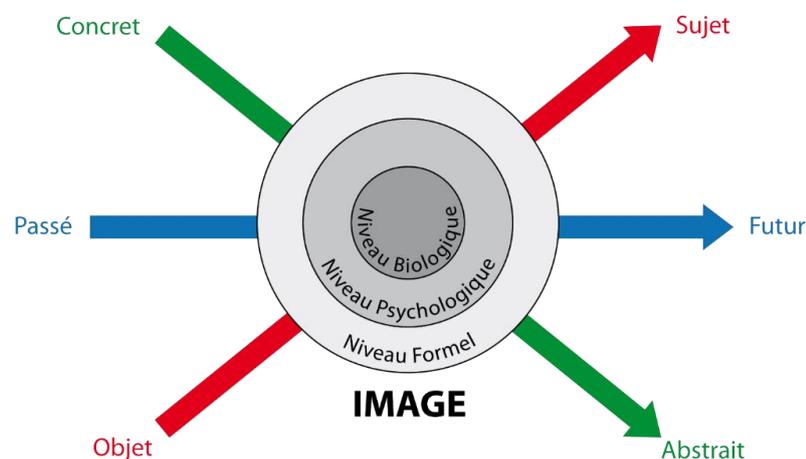


Figure 33: L'image comme interface évolutive

### 2.3.1.2 Approche psychanalytique

Abordons maintenant une perspective psychanalytique sur la créativité. Après une introduction sur le système psychique nous détaillons deux fondements : **l'incubation inconsciente** et **l'expérience intuitive**.

On distingue trois courants des théories psychanalytiques de la créativité, issus de la pensée de Freud :

- le premier courant des psychanalystes d'obédience freudienne pour lesquels l'origine de la création remonte à *l'inconscient sublimé*.
- le second qui tend à *déplacer l'intérêt sur le préconscient*, où il existerait des idées tout organisées qu'un stimulus perceptif vient précipiter dans la conscience (Kris, 1950).
- le troisième qui *concentre sur les processus préconscients* la presque totalité de l'activité créatrice (Kubie, 1958)

Les processus psychologiques se déroulent sur trois plans simultanés, concurrentiels : *le conscient*, *le préconscient* et *l'inconscient* qui s'étalent en se superposant comme les bandes d'un spectre presque continu. La différence entre les trois systèmes réside dans leur mode de formation qui entraîne à des degrés divers des perturbations de la relation du symbole à son substrat, mais aussi dans son mode d'action (Leboutet, 1970).

- **les processus symboliques conscients** : prennent leurs origines dans les stimulations extéroceptives. La relation signifiant-signifié est connue du sujet et s'exprime généralement à l'aide du langage. L'emploi de mots fixes donne à la relation son caractère de stabilité permettant la communication. En revanche, la relation acquiert un certain caractère de rigidité qui vient limiter et ralentir le libre jeu des processus imaginatifs (Leboutet, 1970).

- **les processus symboliques inconscients** : représentent des traces mémorielles d'un passé auquel le sujet est rigidement et inaltérablement ancré. Le sujet ne connaît ni le signifié ni par suite la relation avec le signifiant. La relation signifiant-signifié est rigide et ne peut être modifiée que lorsque le signifié est amené à la conscience. « *De tels comportements, figés dans la répétition, sont incompatibles avec la création. Ainsi, la création ne peut être imputée à l'inconscient, même sublimé* » (Kubie, 1958 ; Leboutet, 1970).

- **les processus symboliques préconscients** : à la limite de la conscience dont ils peuvent tenir leur origine, ils ont leurs racines dans les processus extéroceptifs, mais prennent également naissance à partir de stimuli intéroceptifs et proprioceptifs ; « *le symbole est utilisé de manière allégorique et figurative, d'où l'importance de l'imagerie dans ces processus* » (Leboutet, 1970).

Nous représentons le système psychique et ses différents niveaux dans la **Figure 34** ci-dessous.

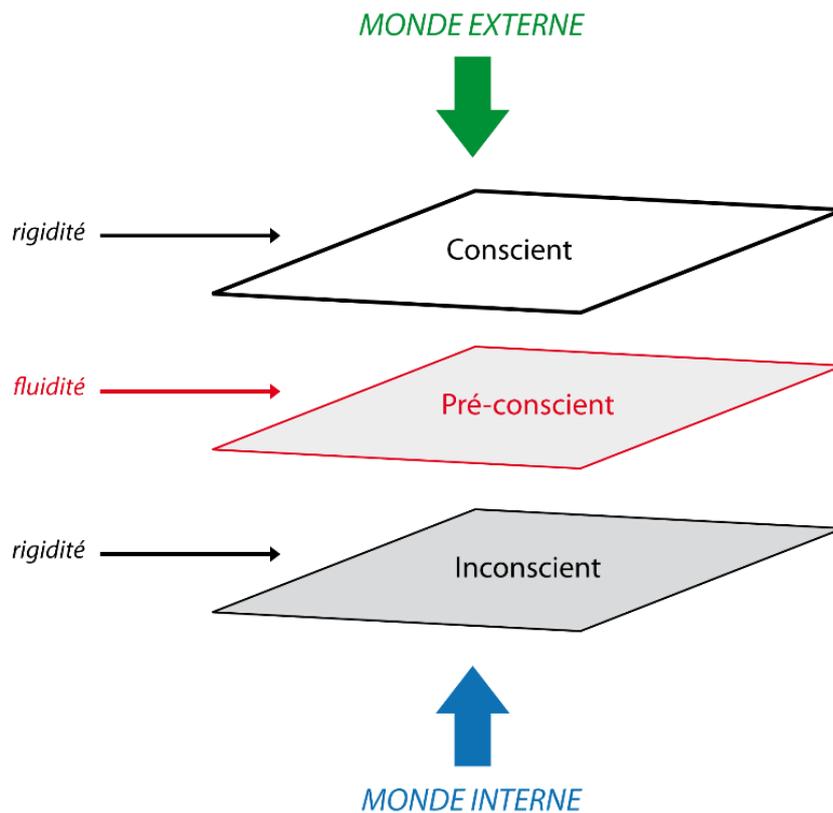


Figure 34: Système psychique

Sans contester le rôle joué par les processus conscients dans l'élaboration finale des produits de la création, on peut admettre que les racines profondes de la créativité ont leur source dans les *processus préconscients*, cet inconscient très superficiel très proche du conscient et qui est à sa disposition immédiate. (Hadamard, 1956 ; Kubie, 1958). « Là, les images peuvent défiler à très grande vitesse sans être retardées par les mots, les idées jaillissent et se mêlent dans le jeu des associations spontanées libres » (Leboutet, 1970). Dans cette zone intermédiaire, on se trouve dans un espace qui n'est pas celui du langage social mais celui d'une pensée en images, que Hadamard (1956) qualifie de « *pensée avant la pensée* ». La pensée par images est plus primitive que la pensée conceptuelle, exerçant ainsi une régression identique à ce que ressent le dormeur en rêvant ou le malade mental en retombant dans l'infantile (Koestler, 1964). Les éléments psychiques qui servent de base à la pensée sont certains signes ou des images plus ou moins claires qui peuvent à volonté être reproduits et combinés. « Ces éléments sont de types visuels et parfois moteurs » (Einstein cité par Hadamard, 1956). L'un après l'autre, de grands savants sont venus témoigner que pour créer ils devaient parfois reculer du langage à l'image, du symbole verbal au symbole visuel voire, comme Einstein, à la cénesthésie et aux sensations musculaires (Koestler cité par Aznar, 2005). Nous retrouvons donc ici une corrélation entre le rôle crucial des processus pré-conscients et celui des images précédemment évoqué dans la section « approche cognitive » (voir § 2.3.1.1).

Détaillons maintenant les deux aspects fondamentaux de l'approche psychanalytique de la créativité : **l'incubation inconsciente**, puis **l'expérience intuitive**.

### 2.3.1.2.1 L'incubation inconsciente

La découverte d'une nouvelle relation entre des éléments de connaissances précédemment dissociés donnant lieu à une restructuration du champ perceptif (raisonnement analogique et catégorisation d'images précédemment explicité), a également été désignée « *intuition* », « *insight* », ou encore « *illumination* » (Wallas, 1926). Cependant il s'agit seulement du résultat d'un long processus inconscient souvent appelé « *incubation* », phase pendant laquelle on ne pense pas consciemment à la tâche à accomplir, et où l'esprit continue à travailler dessus « *en dessous du niveau de conscience* » (Poincaré, 1908 ; Wallas, 1926 ; Hadamard, 1956). La période d'incubation, en affaiblissant la fixation sur une solution inappropriée, permet à l'information utile de devenir accessible, ce qui augmente les chances d'apparition de « l'insight » (Petitmengin, 2003). Ainsi, mettre un problème de côté pendant un certain temps aide à trouver des solutions créatives. Cela permet un regard neuf, impartial et nouveau, cela réduit la fatigue mentale, ainsi que les associations avec des éléments incorrects (Posner, 1973 ; Schooler et Melcher, 1995 ; Smith & Blankship, 1989).

On distingue clairement un cycle itératif de trois phases au sein du processus de l'invention : un travail *conscient* préliminaire, puis le travail *inconscient*, et enfin une seconde période de travail *conscient* (Poincaré, 1908). Une phase de frustration pourrait expliquer le déclenchement de la phase de travail inconscient (incubation), lorsqu'à l'issue de la phase préparatoire, les capacités d'analyse arrivent à leurs limites dans le traitement du problème (Lubart et al., 2003). Ceci semble prouver que la rencontre d'une impasse crée une sorte de cicatrice dans l'esprit, lequel reste vigilant, à l'affût de l'information manquante. Quand cette information est rencontrée, elle vient soudain compléter ou restructurer la représentation initiale du problème, et la solution apparaît (Petitmengin, 2003). Nous illustrons ce processus d'alternance de travail « conscient » et « inconscient » dans la **Figure 35** ci-dessous. Toutefois, nous rappelons ici que ce travail « inconscient » est en réalité, comme nous l'avons vu précédemment, un travail « pré-conscient ».

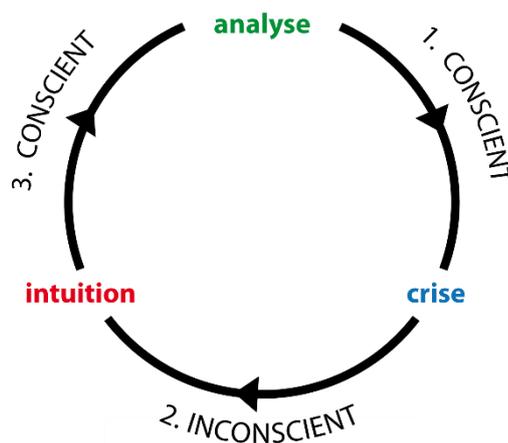


Figure 35: Alternance de travail « conscient » et « inconscient »

Pour poursuivre notre réflexion sur l'impact du système psychique sur la créativité, nous citons un passage de l'ouvrage « *Le corps de l'œuvre* » de Didier Anzieu (1981) :

« Travail du rêve, du deuil, et de la création ont en commun qu'ils constituent des phases de crise pour l'appareil psychique et comme dans toute crise il y a un bouleversement intérieur, une mise en question des structures acquises, une régression à des sources inemployées et la fabrication bâties d'un nouvel équilibre : le dépassement créateur. »

Anzieu décrit ce que sont selon lui « les cinq phases du travail créateur », dans le **Tableau 4** ci-dessous :

<b>Phase 1 :</b> <b>le saisissement créateur</b>	C'est laisser se produire au moment opportun une crise intérieure, une dissociation ou une régression
<b>Phase 2 :</b> <b>la prise de conscience</b>	C'est fixer les délires et intuitions vagues
<b>Phase 3 :</b> <b>Faire prendre corps, instituer un code</b>	Le challenge du créateur est ensuite d'incarner le code qu'il a généré dans un support.
<b>Phase 4 :</b> <b>La composition de l'œuvre</b>	Une fois l'œuvre conçue, elle requiert un travail de composition proprement dit (tâtonnements, brouillons, ...)
<b>Phase 5 :</b> <b>Produire l'œuvre au dehors</b>	C'est déclarer l'œuvre terminée, la détacher définitivement de soi, affronter les jugements et critiques, et accepter qu'elle mène désormais sa vie propre.

Tableau 4: Les 5 phases du travail créateur de Anzieu (1981)

On retrouve donc dans ce processus l'importance fondamentale de la crise psychique qui déclenche l'incubation, mais aussi l'importance de la confrontation d'une production à un environnement extérieur, afin de rétablir l'équilibre psychique. L'existence d'un travail « inconscient » est hors de doute, on pourrait donner des preuves à profusions de ce processus mental antérieur, obscure et inconnu de l'inventeur (Ribot, 1900 ; Hadamard, 1956). Les combinaisons qui se présentent à la conscience dans une illumination subite après un long travail inconscient, sont généralement des combinaisons utiles et fécondes qui semblent le résultat d'un premier triage (Poincaré, 1908). Une étude a démontré que les individus qui pensent à leurs idées de manière inconsciente savent mieux évaluer leurs idées les plus et les moins créatives, et on constate une augmentation de la créativité lorsque la durée de la pensée inconsciente est modérée, ni trop courte ni trop longue (Yang et al., 2012). Pour que l'invention ait les meilleures chances d'exister, il faut donc une alternance de « longues durées » (exploration, manipulation libre) où l'activité est faiblement motivée, faiblement finalisée, et de « courtes durées » (situations problématiques) à fort gradient de but (Simondon, 2014).

De plus, il est possible que pendant une réflexion inconsciente les idées soient associées avec leur connotation d'évaluation appropriées, pouvant influencer inconsciemment la sélection par les individus (Ritter et al., 2012). Une certaine sensibilité esthétique spéciale jouerait le rôle du crible, l'invention pouvant être un choix gouverné par le sens de la beauté (Poincaré, 1908 ; Hadamard, 1956). Selon Poincaré, on choisit donc consciemment quelques pistes puis on laisse l'agitation inconsciente effectuer des combinaisons créatives parmi lesquelles se trouvera la « bonne combinaison » (Poincaré, 1908). L'inconscient pourrait jouer ce rôle d'orientation en mettant en jeu des structures qui fonctionnent clandestinement parce qu'elles régissent un mode de pensée archaïque. Cette activité inconsciente crée un état de réceptivité qui prépare l'esprit à bondir sur les chances favorables pour trouver les bonnes combinaisons (Koestler, 1964). Ces dernières se formeraient par suite d'un automatisme inconscient, mais seules celles qui affectent le plus profondément notre sensibilité accèderaient au champ de la conscience. On retrouve ici un parallèle avec le principe de

renaissance du cycle des images développé par Simondon (2014), et que nous avons précédemment abordé.

### **2.3.1.2.2 L'expérience intuitive**

L'intuition se caractérise non par le mouvement de viser et de saisir un objet, mais de laisser advenir et d'accueillir ce qui vient, elle nécessite une transformation intérieure. Plus qu'une manière de se rapporter au monde, elle paraît comme un mode particulier « *d'être au monde* ». Loin de pouvoir être pressée, forcée, par un mouvement volontaire, l'émergence d'une intuition se caractérise par une certaine forme de passivité. Il faut la laisser émerger, prendre forme en une image floue, une sensation vague, en laissant le temps faire son œuvre. C'est une expérience qui est de l'ordre du mûrissement, du processus, plus que de l'action (Petitmengin, 2003). Comme nous avons pu le voir, si une intuition surgit parfois à la conscience de manière abrupte et instantanée, cette émergence correspond seulement à la partie apparente d'un processus qui se déroule dans le temps, composé d'une succession de gestes intérieurs précis. Ces derniers restent la plupart du temps *pré-réfléchis*, ce qui explique qu'ils aient été méconnus. Claire Petitmengin (2003) a découvert que l'intuition n'apparaît pas de manière spontanée mais bien progressive, sous la forme d'un lent mûrissement, autorisant la possibilité d'une description génétique. Il serait possible d'inverser le mouvement naturel d'abstraction de notre conscience et de retourner à l'expérience immédiate et singulière, moyennant l'apprentissage de gestes intérieurs très précis. Elle en distingue quatre principaux :

1. **Le geste de lâcher prise** : un « enracinement » caractérisé par un ralentissement de l'activité mentale qui permet d'accéder à un état de conscience appelé « état intuitif ». Dans cet abandon de soi, nous perdons nos points de repère habituels et les limites entre intérieur et extérieur disparaissent.
2. **Le geste de connexion** : la prise de contact avec l'objet de la connaissance intuitive (être humain, problème abstrait, situation...). Cet état permet « d'écouter » ses sensations de manière bien plus attentive qu'habituellement.
3. **Le geste d'écoute** : une attention à la fois panoramique et très fine, à l'écoute de « signaux faibles ». Un état qui permet de laisser venir et accueillir la sensation, c'est une écoute qui a perdu son intentionnalité.
4. **L'intuition elle-même** : dont certains sujets ont acquis une conscience assez fine pour y repérer trois instants distincts : *l'instant précédent* l'intuition, *l'apparition* de l'intuition, *les instants suivant* immédiatement l'intuition. Elle émerge très souvent sous une forme synesthésique (modalités sensorielles peu différenciées ou confondues).

Gordon (1965) a également repéré des états psychologiques interdépendants propres à favoriser l'activité créatrice, ces états sont très similaires aux gestes intérieurs précédemment exposés : *le détachement* (se couper du monde), *l'identification* (à un objet par exemple), *la temporisation* (lutter contre l'envie d'aboutir), *la spéculation* (laisser l'esprit vagabonder), *l'autonomie de l'objet* (sensation lors de la découverte d'une solution).

En conclusion, les gestes pré-intuitifs semblent donc se trouver au seuil de toute pensée, même la plus abstraite. Leur fonction est de préparer non pas l'émergence de l'intuition, mais de favoriser son émergence à la conscience. Ces gestes auraient pour effet de susciter la prise

de conscience d'états et mouvement intérieurs subtils qui restent le plus souvent pré-réfléchis (pré-conscients), mais qui pourtant guident silencieusement toute notre vie (Petitmengin, 2003).

## 2.3.2 Processus de créativité

Nous allons maintenant présenter deux typologies de processus de créativité, en commençant par l'approche traditionnelle « basée sur les activités », puis en présentant l'approche « basée sur la cognition ». Cette dernière, que nous privilégions, sera détaillée en trois sous partie : la nature cyclique du processus, l'alternance de phases individuelles et collectives, et l'importance de l'évaluation sociale.

### 2.3.2.1 Processus basé sur les activités

C'est à Sydney. J. Parnes (1967, 1981, 1992) que l'on doit certainement le fort développement de la créativité, en formalisant le *Creative Problem Solving* (CPS). Cette démarche bien connue intègre la recherche d'idées au sein d'un processus global. Elle comprend en amont une prise en compte approfondie du problème, et en aval la transformation des idées en solutions adaptées à la problématique, jusqu'à la préparation de leur mise en œuvre (Aznar, 2012). Ces trois temps sont subdivisés en huit phases composées chacune d'une alternance divergence-convergence, dont on remarquera la proximité de structure avec le processus de conception amont. Nous les présentons dans le **Tableau 5** ci-dessous.

<b>Etape 1</b>	Repérer ou communiquer un besoin de changement, une nouveauté à créer, un problème à résoudre
<b>Etape 2</b>	Explorer le contexte et récolter les données
<b>Etape 3</b>	Définir l'objectif spécifique de la démarche d'innovation ou de résolution créative de problème
<b>Etape 4</b>	Produire de nombreuses idées-pistes nouvelles et variées et faire un premier repérage
<b>Etape 5</b>	Sélectionner deux ou trois idées-pistes au moyen de critères spécifiques
<b>Etape 6</b>	Elaborer les idées-pistes pour en faire des solutions innovantes et réalistes
<b>Etape 7</b>	Favoriser l'adhésion et la réalisation de la ou des solution(s)
<b>Etape 8</b>	Concevoir le plan d'action

Tableau 5: Les 8 phases du *Creative Problem Solving*

Le temps passé à définir et comprendre le problème à résoudre, influence positivement la capacité à former des concepts. Comme en conception, définir le problème est un aspect essentiel de la créativité (Christiaans, 1992). Une troisième activité majeure vient donc rejoindre les deux précédemment exposées (génération et évaluation), si bien qu'on peut désormais clairement identifier trois grandes phases consensuelles présentes dans la majorité des processus de créativité (Goel and Singh, 1998 ; Bonnardel, 2006 ; Howard et al., 2008) :

- **Analyser ou Définir** : la formulation et reformulation du problème
- **Générer ou Rechercher** : la recherche de solutions créatives
- **Evaluer** : l'évaluation des idées ou solutions créatives

Ainsi, le processus de créativité traditionnel démarre en amont par une phase préalable *d'identification* du problème (Amabile, 1996). Elle est suivie d'une phase de *préparation* ou analyse, puis de la phase de recherche de solution à proprement parlé, appelée aussi *génération* ou synthèse. On retrouve à l'intérieur de cette phase l'incubation (association inconsciente) et

l'illumination (prise de conscience soudaine) (Gelb, 1996 ; Wallas, 1926 ; Bonnardel, 2000, 2006). Le processus se poursuit avec l'étape dite d'*évaluation*, vérification ou validation (Wallas, 1926 ; Amabile, 1996 ; Bonnardel, 1999 ; Eastman, 1969 ; Gelb, 1996 ; Malhotra, Thomas, Carroll & Miller, 1980). Le processus se conclut par une phase de *communication* de la solution (Amabile, 1996), bien que certains auteurs estiment qu'il s'agit d'une activité de conception et non de créativité (Howard et al., 2008). On remarque que le processus de création est passé d'une vision axée sur les *processus cognitifs* à une vision axée sur les *activités*, analogue au processus de conception (Basadur et al., 2000 ; Kryssanov et al., 2001), créant une forte ambiguïté quant à la distinction de ces deux processus. Les deux différences les plus notables se trouvent (Howard et al., 2008) :

- dans la taille et la complexité de la *donnée de sortie produite* : des produits complets en conception, et de simples idées en créativité.
- dans la nature des *acteurs impliqués* : des équipes complètes en conception, et des individus seuls en créativité.

Ainsi, comme nous l'avons vu précédemment dans la partie « Conception amont » (*voir conclusion du § 2.2*), et comme nous l'illustrons dans la **Figure 36** ci-dessous, Si leurs contextes techniques et sociaux sont différents, les processus de créativité et de conception eux, sont strictement identiques, il s'agit d'un processus informationnel alternant des phases d'*information*, de *génération* et de *décision* (Bouchard et Aoussat, 2002b).

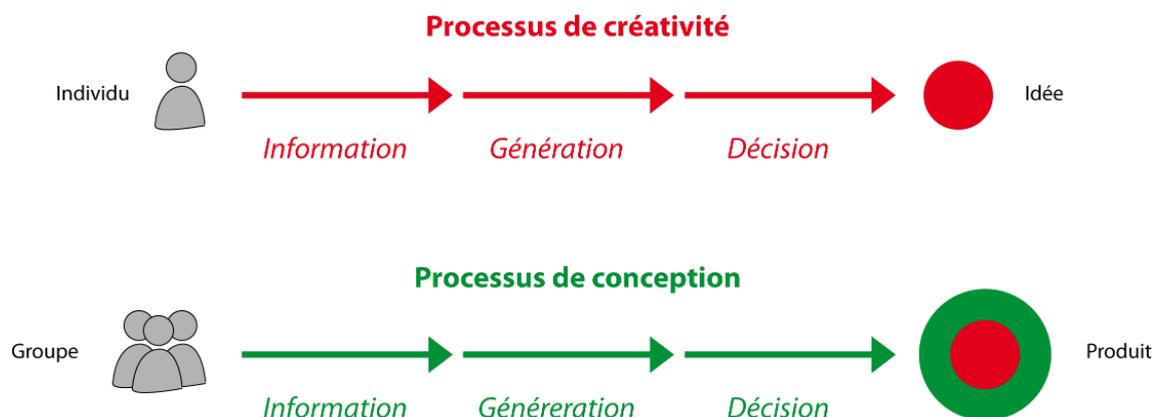


Figure 36: Un seul processus informationnel reliant créativité et conception

### 2.3.2.2 Processus basé sur la cognition

Dans cette partie, nous détaillerons trois spécificités cognitives qui structurent le processus de créativité : la **nature cyclique** du processus, **l'alternance de phases individuelles et collectives**, et l'importance de **l'évaluation sociale**.

#### 2.3.2.2.1 Processus cyclique

Tout comme le processus de conception, les différentes phases du processus de créativité peuvent également se chevaucher dans la réalité (Wallas, 1926). Si dans les théories classiques la création d'idées se distingue de l'évaluation des idées (Cropley, 2006), en réalité c'est un *cycle d'élaboration-évaluation continu* qui permet au concepteur de décider le développement ou la redéfinition d'une idée (Bonnardel, 1999). Certains travaux vont donc réfuter la vision d'une

créativité segmentée en une succession d'étapes, entraînant des processus rigides et systématisés (Cortes Robles, 2006 ; Tyl, 2011). Le processus de créativité est non linéaire et continu, et la pensée humaine se déplace librement d'un aspect du problème à l'autre, quel que soit toute date de coupure consciemment fixée (Kryssanov et al., 2001). Il est intéressant de remarquer que la conception orientale de la création n'est pas marquée par un commencement et une fin, mais par le déroulement d'un *processus cyclique permanent fait de reconfigurations successives d'un tout initial*, et de ré-interprétations d'idées traditionnelles sans qu'il y ait rupture (Lubart et al., 2003).

#### **2.3.2.2.2 Alternance de travail individuel et collectif**

A l'intérieur de ce processus cyclique, les concepteurs alternent rapidement les changements d'attention entre différents aspects de leur tâche ou différents modes d'activité cognitive (Drazin et al., 1999). Ainsi différentes parties du potentiel créatif sont prise en charge par différents *modes de travail*. L'effort personnel individuel et le « brainstorming » en groupe sont complémentaires (Osborn, 1953, 1988), mais une certaine alternance de ces modes est souhaitable. Dans le cadre de travail en équipe par exemple, il est important de *réserver des segments du processus pour le travail individuel* afin que les membres puissent produire séparément des idées nouvelles et des solutions, puis *d'autres pour discuter, évaluer et élaborer collectivement* (Hoegl and Parboteeah, 2007 ; Park et al., 2008). On justifie ce point de vue en rappelant que la collaboration est susceptible d'entraîner d'importantes forces convergentes (intégration, recherche de consensus), ce qui limite l'application des compétences créatives (pensée divergente, production variée) (Hoegl and Parboteeah, 2007).

La plupart des innovations émanent de réflexions communes et partagées entre différentes personnes, mettant l'accent sur l'importance de *la dimension sociale de la créativité* (Fischer et al., 2005). Certains auteurs affirment même que la créativité n'apparaît pas dans la tête d'une seule personne, mais dans l'interaction entre les pensées d'une personne et un contexte socio-culturel (Engeström, 2001). Cependant, malgré l'aspect social inhérent de la créativité, sans les étincelles inspirées de l'individu (connaissance individuelle, imagination, inspiration), la créativité sociale n'a tout simplement aucune chance d'aboutir « *jamais aucune idée ne naît ailleurs que dans un seul et unique cerveau* » (Osborn, 1953, 1988). Augmenter et améliorer la créativité individuelle est donc essentiel à la réalisation de la créativité sociale (Fischer et al., 2005), et postuler par défaut que les groupes sont plus créatifs que les individus à partir du moment où on leur donne les instructions de le faire est une information erronée (Thompson, 2003 ; Goncalo et Staw, 2006). En d'autres termes, la collaboration intra-équipe est bonne pour la sélection d'une option préférée parmi les alternatives, mais inhibe probablement la création de nouvelles alternatives, et la sélection d'idée « multi-facettes » (Thompson, 2003).

#### **2.3.2.2.3 L'évaluation individuelle et sociale**

Nous comprenons donc qu'il est nécessaire d'alterner des phases de génération et d'évaluation individuelle, puis des phases de travail collaboratif d'avantages tournées vers la confrontation et l'élaboration commune. On constate qu'il n'existe finalement pas de normes absolues pour juger de la créativité d'une production (Lubart et al., 2003), car l'interprétation de la créativité est fondée uniquement sur le jugement de l'observateur, lui-même fondé sur sa propre expérience (Boden, 1990, 1994, 1999). Parce que la « valeur » est la signification que l'on attribue au sens d'une chose, elle est indécidable en l'absence du sujet

observateur. La valeur est un concept systémique. C'est une représentation qu'on ne peut traiter de manière isolée et qui doit s'intégrer dans un « système de valeurs » existant, où une « échelle des valeurs » est présente pour guider l'action (De Brabandère, 2007). Les capacités d'évaluation (tout comme la génération), dépendent donc des connaissances acquises, de notre état de l'art dans un domaine, nous permettant de distinguer une idée originale parmi notre production (Runco, 1992).

La notion de créativité ne peut donc se définir qu'en se référant aux évaluations des autres sur notre production. Elle ne peut être reconnue que « si elle opère au sein d'un système de règles culturelles et si l'on peut obtenir le soutien de pairs » (Csikszentmihalyi, 1999). Aucun critère de créativité ne peut exister en l'absence de juges qui estimeront la valeur des idées émises en fonction de leurs attentes (Karni et Shalev, 2004), c'est pourquoi l'enjeu n'est pas d'avoir une idée mais de la développer de sorte que le public du domaine l'accepte (Sawyer, 2006; Sternberg, 2006). La phase d'évaluation est une étape critique dont dépend la suite du processus de conception (Tyl, 2011), caractérisée par des connaissances limitées dans les concepts à évaluer (Ullman, 1997), et souvent effectuée dans une grande incertitude face aux choix de conception.

Pour conclure, nous présentons ainsi dans la **Figure 37** ci-dessous, un processus de créativité qui n'est plus basé sur des *activités de conception*, mais sur des *interactions sociales* supportant l'activité cognitive des individus : une phase de *production individuelle*, une phase de *production et confrontation collective* (collaboration), et une phase *d'évaluation* ou les individus ayant participé à la production ne peuvent être présents, afin d'assurer la fiabilité du jugement social.

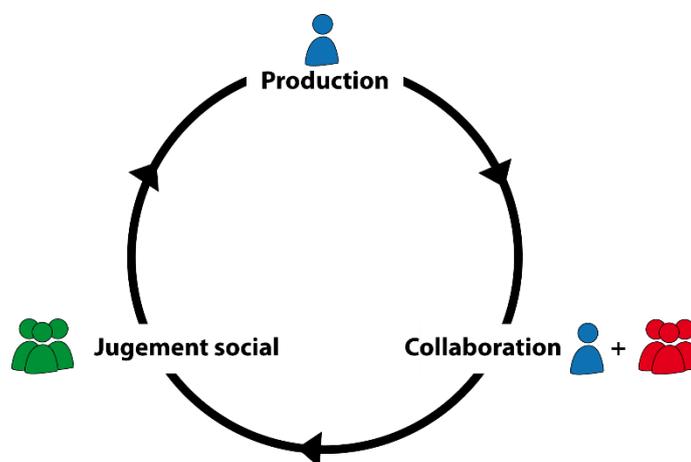


Figure 37: Processus cyclique alternant des interactions sociales

### 2.3.3 Facteurs influents

Dans cette section nous aborderons d'abord **l'approche multivariée**, en détaillant les facteurs conatifs, puis émotionnels, et enfin environnementaux. Puis nous aborderons **les méthodes et outils**, en détaillant leur classification, leur description et leur efficacité.

#### 2.3.3.1 Approche multivariée

C'est Théodule Ribot (1900) qui a eu l'intuition de la double composante de « l'imagination créatrice » : la dimension *intellectuelle* et la dimension *émotionnelle*. Une approche purement

cognitive de la créativité ne peut offrir qu'une compréhension partielle de celle-ci, si les aspects émotionnels, motivationnels, et environnementaux ne sont pas simultanément pris en compte (Lubart et al., 2003). C'est pourquoi une *approche multivariée* a été développée, elle requiert une combinaison de quatre ressources distinctes nécessaires à la créativité : la *cognition* (intelligence, connaissance), la *conation* (styles, traits de personnalité, motivation), *l'émotion* (état, trait, capacité) et le *contexte environnemental*. Ce dernier, peut fournir des stimulations physiques ou sociales pour aider à la production d'idées et pour nourrir ces idées et sert à évaluer la créativité à travers le jugement social (Lubart et al., 2003). Nous aborderons dans cette section les facteurs **conatifs**, **émotionnels**, et **environnementaux**.

### 2.3.3.1.1 Facteurs conatifs

Nous avons déjà très largement abordé les aspects liés à la cognition, nous allons donc étudier dans un premier temps l'impact des facteurs conatifs.

Parce que les idées créatives sont souvent en rupture (Moscovici, 1976), la plupart des gens sont réticents à les exprimer de peur de recevoir des évaluations négatives du contexte social (Diehl et Stroebe, 1987). C'est pourquoi on retrouve certains traits caractéristiques chez les individus « très créatifs », comme *l'indépendance de jugement*, *l'autonomie* et la *confiance en soi* qui, permettent la rupture avec un environnement social pour proposer de nouvelles idées (Barron et Harrington, 1981). On peut ajouter d'autres traits importants tels qu'un *esprit curieux*, une *persistance intellectuelle*, l'envie de *voir son travail reconnu* et apprécié, de *maîtriser un problème*, un besoin de *diversité*, et une *tolérance à l'ambiguïté* et à l'incertitude (McFadzean, 2001). Lubart et al. (2003) identifient seulement six traits de personnalité : la *persévérance*, la *tolérance à l'ambiguïté*, *l'ouverture* à de nouvelles expériences, *l'individualisme*, la *prise de risque*, et le *psychotisme*. Les individus dotés de ces facteurs sont plus aptes à s'adapter à des circonstances toujours changeantes, plus ouvert à l'apprentissage de nouveaux sujets, et à l'accroissement de leurs capacités mentales (Martensen et Dahlgard, 1999). La créativité est avant tout le résultat d'une motivation personnelle (éventuellement inconsciente) quel que soit l'alibi social. On distingue souvent deux types de motivation : la motivation *intrinsèque* qui réfère à des moteurs ou à des désirs internes qui sont satisfaits par l'accomplissement de la tâche, et la motivation *extrinsèque*, qui réfère aux récompenses offertes par l'environnement après l'accomplissement de la tâche (Lubart et al., 2003). Bernèche (2009) énonce également cinq facteurs de la motivation à créer : le sentiment d'appartenance à *un milieu favorable*, la *passion* et la *confiance en soi*, la *curiosité* et le sens de *l'aventure*, la flexibilité dans les *modes d'apprentissage*, la *volonté d'engendrer soi-même* le changement. Nous présentons une synthèse des facteurs conatifs dans la **Figure 38** ci-dessous.



Figure 38: Catégorisation des facteurs conatifs

### 2.3.3.1.2 Facteurs émotionnels

Après avoir présenté les facteurs conatifs, nous abordons maintenant les facteurs émotionnels.

Lubart et al. (2003) ont résumé trois variables d'impact des émotions sur la créativité que nous illustrons sur la **Figure 39** ci-dessous:

- **une variable motivationnelle** : l'émotion est un facteur motivant la créativité
- **une variable contextuelle** : l'émotion permet de favoriser ou d'inhiber les performances créatives
- **une variable fonctionnelle** : l'émotion peut stimuler des concepts spécifiques qui, par leur activation idiosyncrasiques, peuvent améliorer la créativité des individus.

Nous allons détailler chacune de ces variables dans les sections suivantes.

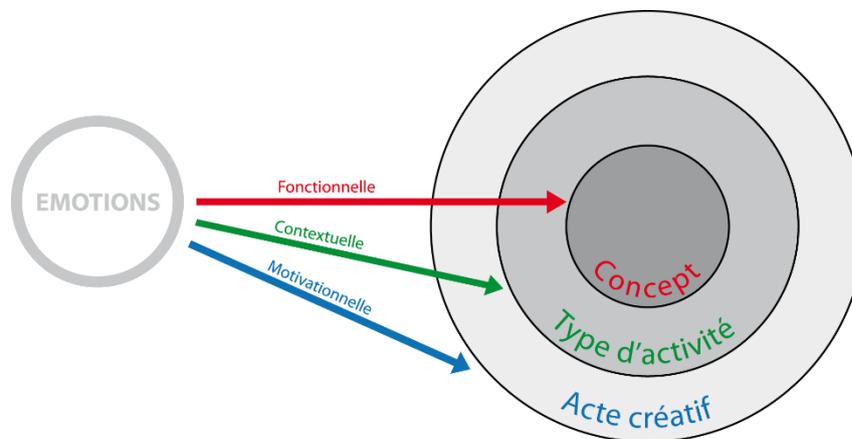


Figure 39: Impact des facteurs émotionnels sur la créativité

#### Variable motivationnelle

Il est logique que les concepteurs expérimentent différents états émotionnels au cours du processus d'idéation, notamment des périodes inconfortables lorsque les résultats ne sont pas au rendez-vous. Une fois qu'une solution est en vue en revanche, les concepteurs expérimentent le « *flow* ». Le concept de flow est un état psychologique complexe déterminé par l'équilibre entre les défis et compétences. Il décrit une expérience perçue comme optimale, caractérisé par une forte implication, de la concentration, de l'engouement et une motivation intrinsèque (Csikszentmihalyi, 1965,1988). Si la situation rassemble plusieurs conditions telles que des objectifs clairs, une rétroaction immédiate, un haut degré de concentration, et des défis supérieurs à la moyenne, alors le sujet éprouve le flow : un sentiment de contrôle, une altération du sens du temps, une perte de conscience de soi, et la fusion de l'action et de l'attention. A l'issue de cette phase de flow, les concepteurs expérimentent le contrôle et enfin la détente (Dorta et al., 2008). Cette phase finale de la création est caractérisée par une ambivalence (Rogers, 1951) :

- d'une part le créateur est habité par le refus de « quitter » son œuvre, par une forme d'anxiété, l'anxiété de la séparation de l'œuvre.

- d'autre part, ce sentiment est contrebalancé par le désir de communiquer son œuvre au public, de la faire voir, d'être « reconnu » par des gens qui la comprendront.

### Variable contextuelle

Le fait qu'une personne soit moins imaginative peut s'expliquer soit parce qu'elle manque de « *matériaux* » (connaissances) soit parce qu'elle manque de « *ressort* » (énergie). C'est le facteur émotionnel qui crée des combinaisons nouvelles (Ribot, 1900). Pour Gordon (1965) dans le processus créateur, l'élément émotionnel compte même d'avantage que l'élément intellectuel, ce sont ces éléments irrationnels que l'on peut et que l'on doit pénétrer si l'on veut accroître la probabilité de réussite en face d'un problème à résoudre (Gordon, 1965). Les explications et observations concernant l'impact de l'émotion sur la créativité divergent. Certaines études indiquent que l'état d'humeur positif améliore les performances créative et qu'un état d'humeur négatif n'a pas d'influence sur la créativité (Filipowicz, 2006; Isen et Williams, 1988; Isen et al., 1987; Vosburg, 1998). D'autres montrent que l'état d'humeur positif, comme le bonheur inhibe la créativité, et qu'un état d'humeur négative la facilite (Kaufmann & Vosburg, 1997; Martin et al., 1993; Zenasni et Lubart, 2002).

Pour mieux comprendre ces résultats, des critères d'*optimisation* par rapport à des critères de *satisfaction* doivent être distingués (Kaufmann et Vosburg, 1997). Une personne examine de nombreuses solutions alternatives pour répondre à un problème et persévère dans ce travail jusqu'à trouver les solutions les plus efficaces, c'est l'optimisation. La satisfaction en revanche, suggère que les premières solutions considérées comme satisfaisantes seront acceptées. Un état d'*humeur positive* signale qu'une personne est dans une position satisfaisante, ainsi les participants ne peuvent être motivés pour exercer un effort cognitif supplémentaire. Un état d'*humeur négative* indique implicitement qu'il existe une situation problématique et que des efforts supplémentaires sont nécessaires afin de retourner à une situation neutre, ainsi les participants dans un état émotionnel négatif sont plus dans l'optimisation (Kaufmann et Vosburg, 1997).

En utilisant une tâche de *résolution de problèmes*, qui favorisent un critère d'optimisation, un état émotionnel positif conduit à des performances créatives diminuées alors qu'une humeur négative conduit à une meilleure performance. En revanche avec une tâche de *pensée divergente*, un état émotionnel positif améliore les performances car chaque idée générée est considérée comme satisfaisante. Les états émotionnels négatifs entraînent une diminution de la créativité, parce que les individus doivent chercher seulement les meilleures solutions et par conséquent réduire la production divergente (Vosburg, 1998). En somme, les humeurs, contrairement aux émotions, sont relativement diffuses, la durée de ces états affectifs transitoires peut varier. Certains travaux ont donc établi que les avantages de performance de l'humeur positive sont les plus susceptibles de se produire avec des *tâches de courte durée*, tandis que les *tâches de plus longue durée* augmentent les chances d'accumuler des avantages de performance de l'humeur négative (Davis, 2009).

### Variable fonctionnelle

Lubart et al. (2003) ont proposé l'élaboration d'un *modèle de résonance émotionnelle*. Selon cette hypothèse, les expériences émotionnelles pourraient aussi permettre d'établir une passerelle associative entre deux concepts cognitivement distants mais émotionnellement proches (Lubart et al., 2003). Le modèle de résonance émotionnelle (Lubart & Getz, 1997) propose

que les aspects émotionnels des expériences passées contribuent à l'accès et à l'association créative de concepts. Il s'appuie sur trois composantes :

1. *les endocepts*, qui représentent des émotions idiosyncrasiques vécues et attachées à des concepts ou à des représentations en mémoire ;
2. un *mécanisme automatique de résonance*, qui propage le profil émotionnel d'un endocept à travers la mémoire et active d'autres endocepts ;
3. un *seuil de détection* de résonance, qui détermine si un endocept activé par la résonance (ainsi que le concept ou la représentation à laquelle il est attaché) entre dans la mémoire de travail.

Le modèle de résonance émotionnelle aboutit à la création d'une association entre un concept source (activé au cours d'une tâche) et un autre concept qui lui est lié de façon « *endoceptuelle* » (Lubart et al., 2003). Bergson (1932) évoquait déjà l'idée que l'émotion était « *génératrice d'idées* ». Lorsque l'intelligence est laissée à elle-même, « *l'esprit travaille à froid, combinant entre elles des idées, depuis longtemps coulées en mots, que la société lui livre à l'état solide* ». Mais lorsque l'intelligence est inspirée par l'émotion, « *il semble que les matériaux fournis par l'intelligence entrent préalablement en fusion et qu'ils se solidifient ensuite à nouveau en idées cette fois informées par l'esprit lui-même* » (Bergson, 1932, Petitmengin, 2003). Et pour Gordon (1965) « *la réponse hédonique est une expérience exaltante et l'émotion euphorique qui la caractérise est un puissant moteur de l'activité créatrice chez ceux qui, ayant une fois goûté cette jouissance, cherchent à se la donner le plus souvent possible* ». Comme la seule manière de satisfaire ce désir est de trouver du nouveau, ils sont constamment poussés à inventer par le besoin de ressusciter en eux cet état de détente bienheureuse. A cette libération d'énergie née du sentiment d'être en bonne voie se rattache celle que ressent l'individu ou le groupe au moment où il s'identifie avec ce qu'il vient de trouver.

#### **2.3.3.1.3 Facteurs environnementaux**

Après avoir présenté les facteurs émotionnels, nous abordons maintenant les facteurs environnementaux.

Les organisations doivent développer une culture qui favorise à la fois un environnement créatif et qui gère efficacement le processus de créativité, afin de supporter efficacement l'innovation (Martensen et Dahlgaard, 1999). C'est souvent la culture organisationnelle qui détermine le bon climat pour que l'individu mette à profit son potentiel créatif (Nystrom, 1990). Un environnement social suffisamment stable pour permettre une continuité d'effort, encore diversifié et assez large d'esprit pour nourrir la créativité dans toutes ses formes subversives (Fischer et al., 2005). Les organisations doivent comprendre que les capacités créatives de la plupart des gens sont fragiles et pourraient être gravement réprimées par la critique destructive. Les individus doivent avoir une certaine indépendance de réflexion, de prise de risque dans l'intuition, avec une certaine forme de rupture (Goel and Singh, 1998).

Plusieurs leviers d'améliorations de la créativité en contexte organisationnel ont été identifiés (Chang, 2011) :

- **les rôles du « manager »** qui surveille, évalue, encourage et guide le processus, pendant qu'il assure un accompagnement individualisé ;

- **l'anonymat des participants**, qui permet de rejeter la question du statut et la domination hiérarchique potentielle ;
- **le suivi d'une procédure** structurée d'application d'un ensemble de stratégies de réflexion bien définies, afin de parvenir à un niveau d'innovation élevé ;
- **la possibilité d'exprimer** des idées sans contrainte et de manière égale pour les participants
- **le timing opportun** et la reconnaissance des performances.

La création et le maintien d'une culture « créative » d'entreprise n'est pas chose aisée. Toutefois il existe des démarches performantes pour y parvenir. A titre d'exemple, la mise en place d'un groupe de *Synectique* (Gordon, 1965) comprend trois phases : la *sélection* des participants, la *formation* du groupe, et la *réintégration* du groupe dans la firme cliente. La mise en place d'un groupe de *Synectique* dure un an : à la fin, le groupe agit à la façon d'un noyau autour duquel se développera l'effort d'invention, et ses membres devront à leur tour jouer le rôle d'animateurs dans leur entreprise, afin de devenir autonome. L'un des avantages de cette méthode est de donner à une grande entreprise la souplesse et l'agilité d'une petite structure tout en conservant sa puissance. Ce groupe doit être autonome, libre et ouvert, vers l'intérieur comme vers l'extérieur de l'organisation, afin de garder un contact avec l'entreprise tout en restant indépendant et objectif (Gordon, 1965).

### 2.3.3.2 Outils et méthodes

Nous concluons cette section « Facteurs influents » en abordant les facteurs méthodologiques et ce en présentant tout d'abord les typologies de classification des outils et méthodes, puis en détaillant la description de plusieurs méthodes (intuitives et systématiques). Enfin nous concluons par une critique des outils et méthodes existants.

#### *Classification des outils et méthodes*

Le choix de l'outil de créativité à utiliser doit être en accord avec le type d'idées recherchées et le contexte dans lequel le groupe opère (Gryskiewicz, 1988), ainsi qu'en fonction des étapes du processus de conception (phase de recherche, ou phase d'implémentation) (Brightman, 1988 ; Van Gundy, 1988). Aujourd'hui, la littérature concernant les outils de créativité est vaste (Tyl, 2011), certains auteurs proposent par exemple un classement de 172 outils existants (Ngassa et al., 2003). Van Gundy (1992) propose un classement selon le nombre de participants tout en distinguant les outils utilisables individuellement ou collectivement. McFadzean (1998, 1999, 2001) a développé une typologie selon un degré de changement de paradigme plus ou moins important à susciter chez les participants. Couger (1995) en revanche, classe les outils d'idéation selon qu'ils favorisent une approche intuitive ou analytique, un point de vue similaire à Shah, qui classe les méthodes selon deux catégories (Shah et Vargas-Hernandez, 2003):

- **les méthodes intuitives** : rassemblant des outils de stimulation majoritairement aléatoire, et dont l'un des objectifs est de maximiser le nombre d'idées générées
- **les méthodes systématiques** : rassemblant des outils qualifiables de logiques, fondés sur une analyse plus fine du problème ainsi que sur une démarche plus construite et convergente. Cette deuxième approche demande généralement un niveau de détail plus élevé, et est parfois

considérée moins efficace pour des innovations « de rupture », car s'appuyant sur de « l'existant » (Li et al., 2007 cité par Tyl, 2011).

Nous allons maintenant décrire les différentes méthodes intuitives et systématiques les plus répandues parmi les praticiens.

### *Description des outils et méthodes*

Nous synthétisons ci-dessous, les principales méthodes et leurs outils associés, en distinguant les deux familles de méthodes. Le **Tableau 6** ci-dessous présente les « **méthodes intuitives** ».

Nom de la méthode	Descriptif de la méthode	Outils et techniques associés
<b>Brainstorming</b> (Osborn, 1953, 1988)	Démarche en deux temps (divergence/convergence), qui consiste à générer une grande quantité d'idées, en suspendant le jugement, en associant sur les idées des autres, et en encourageant les idées farfelues.	<i>Brainwriting</i> (VanGundy, 1983) : les participants écrivent eux-mêmes leurs idées
		<i>Brainstorming with post-it® notes</i> (Vehar et al., 1999) : les participants écrivent eux-mêmes leurs idées sur des post-it® notes
		<i>Visual Brainstorming</i> (Van der Lugt, 2000) : utilisation de stimuli visuel (photos, vidéos, etc.)
		<i>Objectual Brainstorming</i> (Van der Lugt, 2000) : utilisation de stimuli tangibles (objets, maquettes, prototypes,...)
		<i>Brainsketching</i> (Van der Lugt, 2000) : générer des idées en respectant une contrainte de temps et de quantité, et de format (dessin).
		<i>6-3-5</i> (Vehar et al. 1999) : générer des idées en respectant une contrainte de temps et de quantité : 3 idées toutes les 5 minutes par 6 personnes.
<b>Synectique</b> (Gordon, 1965)	Démarche en trois temps. La première phase (divergence) est enregistrée, puis une deuxième phase de réécoute constitue l'idéation à proprement parlé. Le processus se conclut par une phase de sélection des pistes à approfondir (convergence et évaluation).	<i>L'analogie directe</i> : mettre en parallèle des faits, des connaissances ou des disciplines différentes
		<i>L'analogie personnelle</i> : s'identifier aux termes de son problème
		<i>L'analogie symbolique</i> : une vision immédiate du problème, condensée dans une image objective et impersonnelle, esthétiquement satisfaisante ou techniquement pertinente
		<i>L'analogie fantastique</i> : l'expression du désir, la solution magique d'un problème, ce qui se passerait dans le meilleur des mondes.
<b>Détournement</b> (Aznar, 2005)	Il s'agit d'abord d'identifier les éléments et fonctions d'un problème puis de casser les relations entre ces éléments, et de décomposer le problème.	<i>Techniques de déformation</i> : SCAMPER, La Liste de Brabandère, etc.
		<i>Techniques de rencontres forcées</i> : les matrices de découverte, de combinaison, morphologique, etc.
		<i>Techniques projectives</i> : identification, identique à l'analogie personnelle
		<i>Techniques oniriques</i> : identique à l'analogie fantastique
		<i>Techniques graphiques</i> : identique à l'analogie symbolique

Tableau 6: Méthodes intuitives et outils associés

Le **Tableau 7** ci-dessous présente les « **méthodes systématiques** ».

Nom de la méthode	Descriptif de la méthode	Outils et techniques associés
<b>Pensée Latérale</b> (Edward de Bono, 1967)	Elle se déroule en quatre étapes : Définir et partager le sujet, générer des idées, développer les idées et présenter les résultats. La pensée « latérale » considère qu'une solution impossible ou irréaliste peut servir d'étape à la découverte d'une solution possible éventuellement innovante.	<i>Inverser ou exagérer le problème,</i>
		<i>Détournement ou distorsion des faits</i>
		<i>Utopie</i>
		<i>Analogies éloignées</i>
		<i>Mots aléatoires</i>
		<i>Méthode « Po »</i>
<b>Théorie TRIZ</b> (Altshuller, 1956 ; Horowitz, 1999)	Partant du postulat que des solutions antérieures peuvent s'appliquer à un problème de conception nouveau, TRIZ propose des outils de déblocage de l'inertie mentale, permettant de profiter de l'expérience acquise dans différents domaines d'activité. TRIZ propose l'adaptation de « principes d'inventions » en solutions applicables	<i>ASIT Suppression</i> : supprimer un composant
		<i>ASIT Division</i> : diviser un composant et l'utiliser ailleurs
		<i>ASIT Multiplication</i> : dupliquer un composant en lui donnant un autre usage
		<i>ASIT Unification</i> : faire réaliser à un composant plusieurs usages
		<i>ASIT Rupture de symétrie</i> : changer les valeurs des caractéristiques d'un composant
<b>Théorie C-K</b> (Hatchuel, 1996 ; Hatchuel et Weil, 2003, 2004)	La méthode commence par reformuler le problème. Celui-ci est ensuite divisé et une partition est sélectionnée. A partir de cette partition du concept, des connaissances sont mobilisées dans l'espace K, puis le concepteur retourne dans l'espace C afin de créer de nouvelles partitions du concept, et ainsi de suite.	<i>La méthode DKCP (Hatchuel, 2009) : une transposition de la théorie C-K en un processus divisé en 4 étapes :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition du thème d'innovation</li> <li>- Mutualisation intensive des connaissances</li> <li>- Détermination de concepts déclencheurs puis d'atelier de conception</li> <li>- Transformation des concepts et connaissances en propositions</li> </ul>
<b>Design Thinking</b> (IDEO, 2002)	Une démarche qui favorise l'analyse des freins et motivations des utilisateurs, afin de mieux cerner leurs besoins. Elle est divisée en cinq phases. On note que le processus n'est pas linéaire, et que de nombreux retours en arrière sont possibles, notamment à l'issue des phases de tests. A chaque situation correspond un ensemble d'outils, et il n'est pas rare que chaque concepteur adapte les outils existants à son propre cas d'usage.	Les techniques de <i>collecte d'information</i> : Activity analysis, Affinity diagrams, Competitive product survey, Cross-cultural comparisons, Flow analysis, Long-range forecasts
		Les techniques de <i>observation</i> : A day in the life, Behavioral mapping, Rapid ethnography, Shadowing, Social network mapping, Stillphoto survey
		Les techniques de <i>conception</i> : Swimlanes, Design pattern, Process flow, Design the box, Concept model, Tangible futures, Experience map, Scenario planning, Concept video
		Les techniques de <i>questionnement</i> : Camera journal, Card sorting, Collage, Draw the experience, Extreme user interviews, Five whys, Foreign correspondents, Narration, Surveys
		Les techniques de <i>évaluation</i> : Bodystorming, Empathy tools, Paper prototyping, Quick-and-dirty prototyping, Roleplaying, Scale modeling, User scenario, Scenario testing

Tableau 7: Méthodes systématiques et outils associés

### **Critique des outils et méthodes**

Après avoir décrit les méthodes intuitives et systématiques les plus utilisées, nous allons maintenant aborder les critiques qui existent concernant certaines d'entre elles.

A cause de sa vocation à fournir du quantitatif, et dans sa pratique usuelle, le brainstorming a plutôt pour objectif de fournir des idées d'amélioration plutôt que des idées « en rupture ». Le brainstorming est devenu plutôt un exercice d'échauffement utilisé en début de séance car jugé souvent peu efficace si utilisé seul. Edward de Bono, auteur d'ouvrages à succès sur l'animation créative, en propose une critique dithyrambique afin de valoriser l'intérêt de son approche de « Pensée Latérale » (Edward de Bono, cité par Aznar, 2005) :

*« La conception selon laquelle la fermentation de propositions multiples génère forcément une inspiration géniale demeure valable dans le monde de la publicité (d'où le brainstorming tire son origine) mais elle n'a plus cours des lors que la nouveauté ne constitue plus en soi une valeur suffisante. (...) Le processus du brainstorming donne parfois l'impression que la créativité intentionnelle se résume à émettre des rafales d'idées folles dans l'espoir que l'une d'elles pourra atteindre sa cible (...) d'après mon expérience, cependant, je dirai qu'il est dépassé peu efficace. »*

Les concepteurs travaillent à partir de dessins, ou de prototypes volumiques rudimentaires. La méthodologie de résolution de problème est majoritairement basée sur des moyens d'expression verbaux écrits ou parlé. Ainsi différents types de variantes du Brainstorming ont été développés pour augmenter la production d'idées : « *sentential-based* » (textuel), « *visual-based* » (visuel), et « *objectual-based* » (tangible) (Vidal et al., 2004). Le « *brainstorming textuel* » produit une grande variété d'idées, mais qui sont peu adéquates avec le problème à résoudre. Le « *brainstorming tangible* » produit moins d'idées mais qui répondent mieux au problème à résoudre. Le « *brainstorming visuel* » apporte une performance se situant entre les deux précédents (Vidal et al., 2004). La stimulation en amont de la génération d'idées par des expressions non-verbales est meilleure qu'avec des expressions verbales. Une expression des idées de manière non-verbale semble améliorer la qualité des solutions générées lorsque la stimulation a également été non-verbale, une constatation renforcée lorsque la stimulation et l'expression ont lieu très en amont dans le processus (Sarkar et Chakrabarti, 2008).

Concernant les techniques analogiques de l'approche Synectique, Gordon (1965) rappelle qu'il faut considérer ces mécanismes comme des processus mentaux spécifiques et reproductibles, comme des outils servant à mettre en mouvement l'activité créatrice, à maintenir et à relancer ce mouvement. Ce sont des fonctionnements dont l'expérience intime a rendu tout homme plus ou moins conscient, et auxquels on peut en conséquence faire appel sans que l'individu se sente « manipulé » ; voyant bien que son potentiel propre s'accroît, il oppose de moins en moins de résistance.

Cependant, il s'avère que dans la pratique, les méthodes comme le Brainstorming, La pensée latérale, ou la Synectique, augmentent généralement la productivité des participants, mais ne s'avèrent que *peu efficaces pour structurer les résultats* (Jones, 2001). Les entreprises elles-mêmes reconnaissent que les processus en amont de la gestion des idées sont mal organisés. Sur une étude menée par Yannou (2013) près de la moitié affirment ne pas utiliser de méthode pour

généraliser des idées, ni pour exploiter les potentiels résultats par la suite. De plus, dans le cadre particulier d'un contexte industriel complexe, les outils utilisés (qu'ils soient de génération ou d'évaluation) ne semblent pas particulièrement efficaces pour la stimulation de la créativité. Les concepteurs essaient de résoudre des problèmes complexes sans les compétences nécessaires pour aborder un réseau systémique de contraintes souvent conflictuelles (Alexander, 1964). Des méthodes plus structurées aideraient les participants à produire des idées touchant à des problématiques complexes (environnementales par exemple). Cependant même la question du choix d'une ou plusieurs techniques pour une séance de créativité apparaît peu rationnelle (Tyl, 2011), l'efficacité d'une séance de créativité collective reposant en grande partie sur l'animateur (expérience des techniques, aptitudes d'animation, capacité à conduire formellement la séance). Également, le formalisme des méthodes (présentation des techniques comme des recettes sur le mode culinaire) est remis en cause, notamment pour le manque de cadre propice à une réflexion théorique rigoureuse (Degrange 2000). Enfin, les entreprises sont peu nombreuses à utiliser toute la variété des méthodes de créativité par manque de ressources pour les maîtriser, de volonté de prise de risque, ou encore de moyens financiers (Thiebaud, 2003). Il faut ainsi rappeler que les outils et méthodologies de conception doivent être *orientés vers la création de valeur* dans le contexte de l'entreprise (Yannou, 2013). Selon Lindemann (2010) nous avons besoin de procédures capables d'être à la fois générique mais également flexible, afin de supporter le processus créatif en conception.

Concernant l'évaluation des idées, le bilan est guère plus engageant, les analyses menées par les évaluateurs sont irrégulières et manquent souvent de rigueur (Ferioli, 2010). La qualité des résultats est donc souvent évaluée sans tenir compte du contexte de l'entreprise, se concentrant sur les aspects quantitatifs plutôt que sur la qualité des solutions. Et dans les travaux de recherche, la quantité et la diversité produite à l'issue des multiples « *ateliers de créativité* » sont loin d'être corrélées avec un développement de produits réussis et mis sur le marché (Yannou, 2013). Peu de méthodes évaluent la créativité des produits, la plupart d'entre elles s'appuyant sur des notions subjectives (Amabile, 1983). L'évaluation par des experts ne peut être objective, et les impacts de ce biais sont rarement pris en compte. Pour évaluer de manière pertinente dans les premières phases de l'innovation, les critères doivent rester très généraux mais se concentrer autour de trois grandes valeurs d'après Yannou (2013) : ce qui est *possible*, ce qui est *faisable* et ce qui est *souhaitable*.

### **2.3.4 Approches systémiques de la créativité**

Nous concluons cette dernière partie de l'état de l'art avec une présentation des différentes approches systémiques de la créativité. Nous avons catégorisés ces travaux en trois sections, et nous présenterons tout d'abord les applications de la systémique à l'environnement créatif, puis à l'individu créatif, et enfin à la production créative (l'objet).

#### **2.3.4.1 L'environnement comme un système**

La multiplicité des facteurs et interactions à l'œuvre dans la créativité font de cette activité un phénomène complexe. Les capacités intellectuelles, les connaissances, les traits de personnalité, la motivation et l'environnement peuvent tous jouer un rôle dans une production créative (Sternberg et Lubart, 1991, 1993, 1995, 1999). La contribution des

individus, quoique nécessaire et importante, n'est qu'un maillon de la chaîne, une phase dans un processus. Même les découvertes des plus grands inventeurs seraient inconcevables sans l'accumulation des connaissances extérieures, sans les mécanismes sociaux qui ont reconnu et propagé leurs innovations (Csikszentmihalyi, 1996). L'activité créatrice se développe à partir de la relation entre un individu et l'univers de son travail, ainsi que des liens entre un individu et d'autres êtres humains (Gardner, 1995 ; Fischer et al., 1998). Il s'agit donc d'un processus interactionnel qui se déroule dans une relation entre un individu et l'environnement social, et entre un individu et l'environnement technique. Par conséquent, une approche systémique, basée sur les processus dans lesquels la créativité individuelle et sociale se renforcent mutuellement l'une l'autre, est nécessaire pour améliorer la créativité efficacement (Fischer et al., 2005). A ce titre, certains travaux ont été menés pour mettre en évidence cette interaction "*individu-société*" (Sosa and Gero, 2005), cependant il s'agit de travaux de simulation par ordinateur uniquement, et non d'évaluation pragmatique d'une approche systémique de la créativité au sein de contextes industriels réels et complexes.

Csikszentmihalyi (1996), a également développé une approche systémique de la créativité (Bonnardel, 2006). Dans son modèle DIFI, la créativité résulterait d'un cycle associant trois systèmes :

- **l'individu** : dont le rôle est d'apporter des transformations dans les connaissances relevant du domaine.
- **le domaine** : qui correspond à un savoir culturel, un répertoire de connaissances associées à la culture considérée, et qui comporte les idées et les productions sélectionnées par le champ.
- **le champ** : qui regroupe un ensemble de personnes ou d'institutions sociales qui contrôlent un domaine et qui évalue puis sélectionne, parmi les nouvelles idées et les productions des individus, celles à retenir.

La créativité sociale est le produit de différentes forces qui façonnent : *l'individu*, le *mix entre les individus* (les intérêts distinctifs, les *compétences* et les *connaissances* qui composent des communautés spécifiques); et les interactions entre eux et leur environnement social et technique de manière plus large. La créativité ne doit donc pas être attribuée à l'une de ces composantes mais aux interactions entre elles (Csikszentmihalyi, 1996 ; Mockros and Csikszentmihalyi, 1999). Cette créativité, sociale par essence, est une expérience située engendrée par une combinaison de synchronisation et d'improvisation, et supportée en permettant aux utilisateurs dans l'environnement socio-technique de partager des émotions, des expériences et des représentations (Nonaka et Konno, 1998). Nous illustrons le modèle DIFI dans la **Figure 40** ci-dessous.

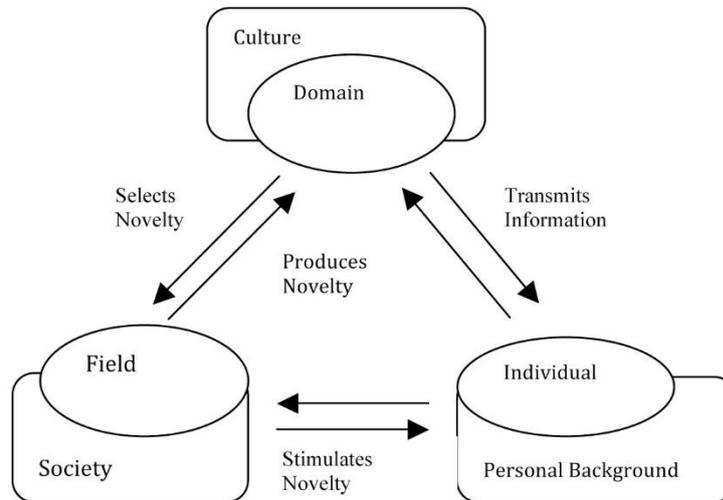


Figure 40: Modèle systémique de la créativité DIFI d'après Csikszentmihalyi (1999)

Lattuf (2006) décrit également une approche systémique de la créativité en conception sur trois niveaux :

- **Au premier niveau :** l'émergence d'une idée peut venir de l'application d'un mécanisme d'évolution catalysé par des moyens qui permettrait d'arriver à une idée nouvelle pour un contexte donné ;
- **Au deuxième niveau :** la gestation du produit en termes de concepts intermédiaires choisis, corrigés par la mise en application de contraintes ;
- **Au troisième niveau :** l'évolution de produits en termes phylogénétiques, d'après la terminologie empruntée à la biologie (en opposition aux aspects ontogénétiques liés plutôt aux deux niveaux décrits précédemment, la création du produit). Dans ce troisième niveau, on parle de familles, de gammes, de lignées, de prospection, etc.

Les trois échelles différentes se superposent comme des cercles concentriques dans le temps et l'espace, car l'émergence d'idées se retrouve dans l'évolution de concepts, et cette dernière se retrouve dans l'évolution du produit, réalisant ainsi une très pertinente analogie entre le phénomène de l'évolution de produits et le principe d'évolution au sein des sciences de la vie (Lattuf, 2006).

#### 2.3.4.2 L'individu comme un système

De son côté, dans son livre « *The Mechanism of Mind* » Edward De Bono (1969) décrit le fonctionnement du cerveau comme un système d'information qui s'auto organise : quand le cerveau reçoit une information, il s'organise lui-même en se basant sur des expériences du passé qui ont déjà laissé leurs marques. Selon Dilts (1994), la théorie de l'auto-organisation permet également de rendre compte du processus d'associations créatives. Dans un système, l'ordre se crée à partir « *d'attracteurs* », créant une structure qui détermine d'elle-même l'arrangement des informations. Sur le plan neurologique, dans le processus d'auto-organisation, plutôt qu'un cheminement des associations suivant des voies prédéfinies, les liens associatifs seraient établis par une sorte de rapport d'attraction « *magnétique* » entre les

cellules nerveuses. Pour évoluer, il faut « *casser* » la structure d'un attracteur avant d'en constituer un autre qui va attirer « *de lui-même* » les informations d'une manière différente (Dilts, 1994). On retrouve une relation entre les mécanismes cognitifs de dissociation et association analogiques décrits précédemment, et la réalité biologique (physico-chimique) humaine.

Des travaux récents de conceptualisation de la créativité comme un système complexe (de type organisme vivant) ont été entrepris par Iba (2009). Selon cet auteur, un système créatif est un système autopoïétique dont les éléments sont des « *découvertes* », qui émergent seulement quand une synthèse de trois éléments s'est produite : *idée, association, conséquence*. Dans les systèmes créatifs, une découverte est produite par une autre découverte issue de la création en cours. La découverte est un élément momentané qui n'a pas de durée, et qui doit donc *être constamment reproduite* dans le but de réaliser le système créatif. L'élément, la découverte, est une unité émergente constitutive du système, donc le système ne peut pas recevoir de découvertes de son environnement ou émettre de découvertes vers son environnement. En ce sens, le type de découvertes qui sont faites dépend du système en cours de réalisation. Ainsi, le système de création est opérationnellement fermé (Iba, 2009). La **Figure 41** ci-dessous illustre la vision de Iba (2009).

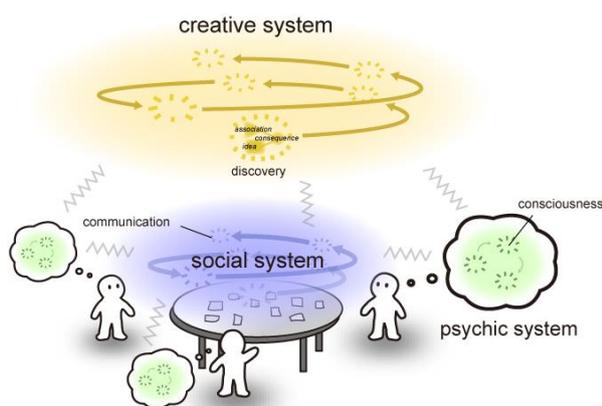


Figure 41: Système complexe de la créativité selon Iba (2009)

### 2.3.4.3 L'objet comme un système

Le processus des transmissions génétiques explique l'évolution biologique de l'humanité depuis ses origines, mais dans l'évolution culturelle, une invention ou idée nouvelle ne se transmet pas automatiquement à la génération suivante par un équivalent aux gènes et aux chromosomes, il faut les acquérir (Csikszentmihalyi, 1996). C'est ce qui a amené Csikszentmihalyi à définir un nouveau concept, parallèle aux gènes, qu'il appelle « *les mèmes* » (unités d'information dont l'intégration est nécessaire pour que la culture continue à se développer). Ce sont ces « *mèmes* » que les créateurs modifient, et si un nombre suffisant de personnes compétentes considèrent cette modification comme une amélioration, elle sera intégrée à la culture (Csikszentmihalyi, 1996).

Déjà Simondon (2014) évoquait l'analogie avec des organismes vivants pour décrire la nature des objets. Presque tous les objets produits par l'homme sont en quelque mesure des objets-

images ; ils sont porteurs de significations latentes, non pas seulement *cognitives*, mais aussi *conatives* et *affectivo-émotives* ; les objets-images sont presque des organismes, ou tout au moins des germes capables de revivre et se développer dans le sujet. Même en dehors du sujet, à travers les échanges et l'activité des groupes, ils se multiplient et se propagent, jusqu'à ce qu'ils trouvent l'occasion d'être réincorporés à une invention nouvelle.

Un objet créé n'est pas une image matérialisée et posée arbitrairement dans le monde comme un objet parmi des objets, pour surcharger la nature. Il est, par son origine par sa fonction, un *système de couplage entre le vivant et son milieu*, un point double en lequel le monde subjectif et le monde objectif communiquent, comme l'illustre la **Figure 42** ci-dessous. Dans les espèces sociales, ce point est un point triple, car il devient une voie de relations entre les individus, organisant leurs fonctions réciproques. En ce cas, le point triple est aussi organisateur social. Pour ces raisons, le système des objets créés, dans la double perspective de la relation avec la nature, et de la relation avec le social, constitue *l'enveloppe de l'individu* (Simondon, 2014).

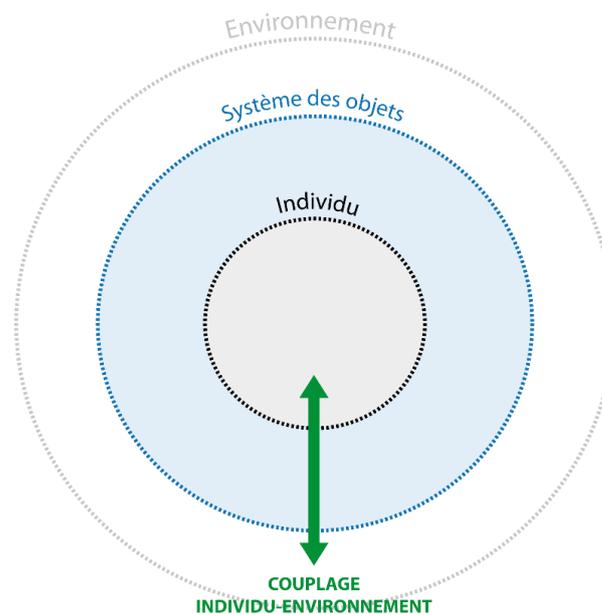


Figure 42: Couplage individu-environnement via le système des objets

## Conclusion de la créativité en conception

En conclusion de cette dernière partie de l'état de l'art, et avant de présenter une synthèse complète du deuxième chapitre, nous pouvons d'ores et déjà synthétiser quelques observations structurantes.

Nous avons pu constater que la créativité est loin d'être une composante mineure de l'intelligence, mais le facteur structurant de l'évolution de l'humanité (Csikszentmihalyi, 1996). La compréhension de ce mode intuitif de la connaissance, loin d'être exceptionnel, se situe à la source de toute activité cognitive, « *Il n'est donc pas de compréhension de la cognition sans compréhension de l'intuition* » (Petitmengin, 2003). Ainsi la créativité prend conjointement sa source dans les mécanismes cognitifs et psychiques. Le processus créatif est un triple cycle de catégorisation d'analogies, de transformation de représentations mentales, et d'alternance

d'états de conscience plus ou moins maîtrisés. Des zones de floues persistent sur la corrélation de ces différents processus cycliques, et la faible performance des outils de créativité constatée par plusieurs auteurs est sûrement liée à ces manques théoriques.

Toutefois, grâce aux approches systémiques de la créativité déjà proposées, nous percevons également une voie prometteuse vers la définition de modèle théorique robustes et de méthodologies associées. Elles semblent constituées d'outils et de techniques qui existent déjà, mais qui n'ont pas encore été reliées ensemble dans un tout cohérent. Par l'entraînement à la métaphore, et l'accord de ses tendances neuro-psychiques les plus profondes, cette impression de mystère venu du conscient, du pré-conscient et du subconscient, mobilisant toute notre organisation nerveuse et somatique, nécessite d'être enseignée afin que les individus comprennent sa valeur, renouent avec l'expérience intuitive, et retrouvent la source de notre propre pensée (Gordon, 1961, 1965 ; Petitmengin, 2003).

# Synthèse du deuxième chapitre

## Introduction

Dans ce deuxième chapitre, nous avons abordé l'état de l'art de notre recherche, à travers trois parties : *l'approche Systémique*, la *Conception amont*, et la *Créativité en conception*. Nous avons présenté ces trois grandes thématiques séparément, mais également à travers leurs interrelations : entre Systémique et Conception, et entre Systémique et Créativité. La **Figure 43** ci-dessous résume la structure de cet état de l'art.

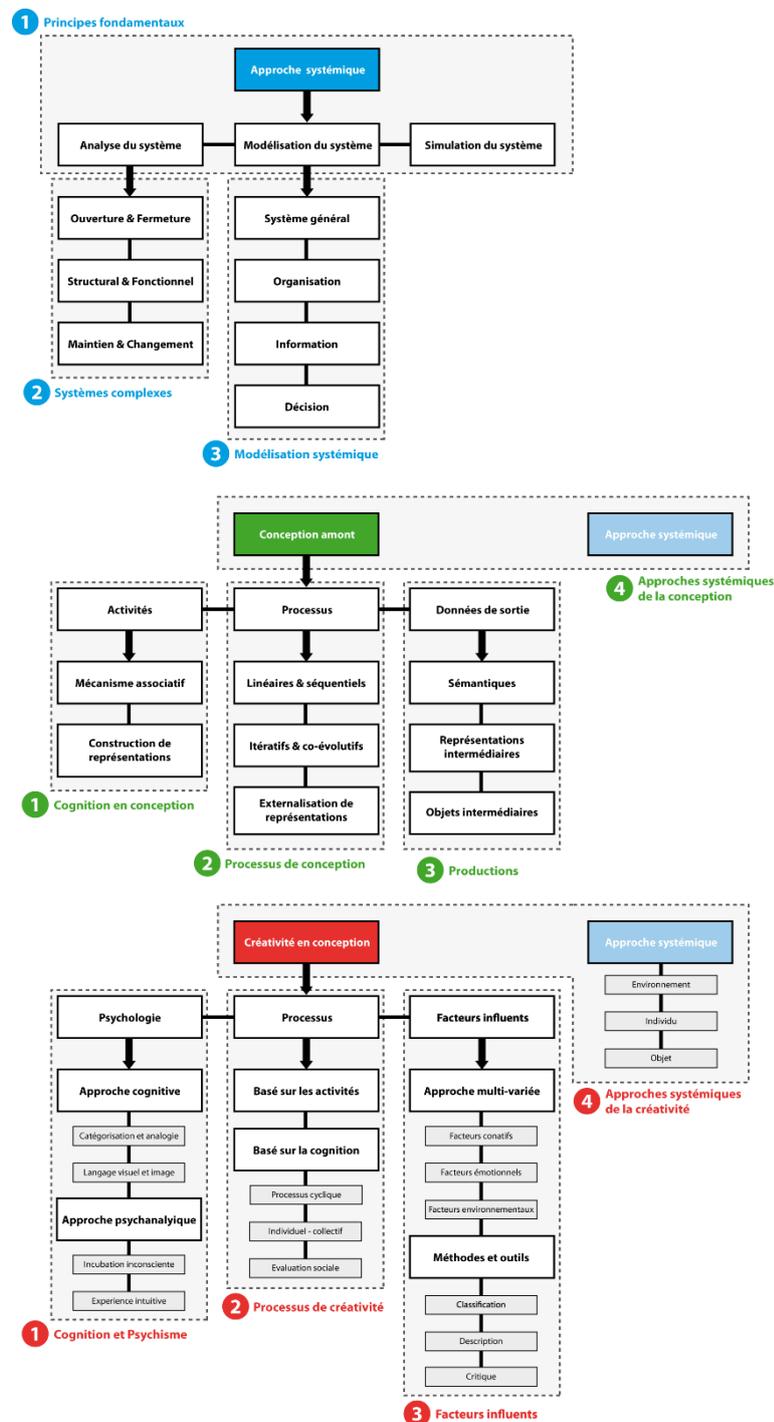


Figure 43: Résumé de la structure de l'état de l'art

Au travers de cet état de l'art, nous avons tout d'abord pu relever la pertinence de l'approche systémique, à la fois pour aborder les problèmes de plus en plus complexes auxquels font face les concepteurs, mais également pour penser différemment la conception. En rupture avec les approches linéaires traditionnelles, elle contribue à mettre en évidence le caractère interactionnel et systémique de ses différentes activités. Nous avons également observé un véritable paradoxe : alors que les méthodologies de conception théoriques séquentielles et linéaires sont rarement suivies dans la pratique réelle, et qu'il est avéré que ces modèles sont pauvres en ce qui concerne la représentation des processus créatifs, les activités de conception et de créativité présentent de très nombreuses similitudes. Le processus de création est analogue au processus de conception, les différentes phases ne constituent pas une succession d'étapes rigides mais un processus cyclique permanent d'association et de dissociation d'éléments. La seule distinction étant située au niveau des acteurs engagés (individu ou groupe), et de la complexité des données de sortie (idée ou produit).

Nous avons également pu constater que le terme « *créativité* » faisait référence à la fois à une capacité, à un processus, et à la production issue de ce processus, entraînant une certaine complexité. Avec une composante à la fois individuelle mais aussi sociale, la créativité est en fait à la source de toute activité cognitive humaine, et le facteur structurant de l'évolution de l'humanité. Elle désigne bien à la fois un processus de transformation de l'imagination en création, et son résultat. Parce qu'elle ne peut se limiter à être une « *capacité intellectuelle* » parmi d'autres, nous faisons le choix d'abandonner ce terme trop ambigu ne désignant qu'un potentiel. Nous utiliserons désormais celui plus adéquat de « *création* » : *l'action d'apporter du nouveau et d'en voir la valeur reconnue par un public*. En croisant de multiples éléments multidisciplinaires, l'approche systémique nous permet ainsi d'expliquer ce phénomène complexe qu'est la création. Parce que nous avons également vu qu'un système complexe élabore délibérément des plans d'action, invente et conçoit, et parce que la modélisation systémique exploite elle aussi un langage analogique et graphique, nous pouvons entendre la « *création* » comme un *système complexe produisant des systèmes complexes*.

C'est pourquoi, nous allons maintenant faire évoluer notre classification initiale issue des disciplines de notre positionnement scientifique, vers un modèle plus approprié pour mettre en évidence la multidisciplinarité de notre approche, et les interrelations entre les concepts-clés de notre état de l'art. Comme nous l'avons précédemment vu, la créativité est traditionnellement étudiée selon quatre domaines principaux : le « *processus* », le « *produit* », la « *personne* », et « *l'environnement* » (4P de la créativité). Toutefois conformément à l'approche systémique, nous souhaitons mettre l'accent sur les interactions entre les éléments du système de la « *création* ». Notre souhait est de pouvoir illustrer le triple couplage « *environnement-individu-objet* », afin de mettre l'emphase sur les processus.

Nous présentons ainsi dans les sous-parties suivantes, une synthèse répartie sur trois échelles conceptuelles que nous empruntons par analogie au domaine de la Physique afin d'explicitier notre propos : **Macroscopique** (environnement), **Mésoscopique** (individu), et **Microscopique** (objet). Nous illustrons le passage d'un modèle de catégorisation par discipline scientifique à un modèle de catégorisation systémique dans la **Figure 44** ci-dessous.

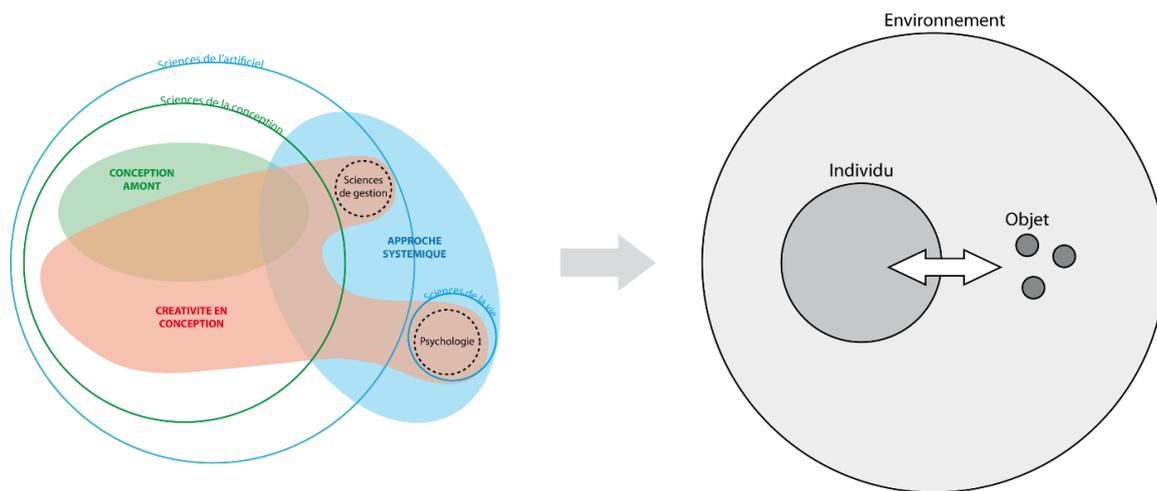


Figure 44: Les trois échelles de classification systémique

## A l'échelle Macroscopique : environnement

Un système complexe s'organise grâce au couplage de plusieurs sous-systèmes, notamment dédiés aux opérations, au traitement de l'information, et à la décision, et ce afin d'élaborer des comportements face à son environnement. Les systèmes les plus développés sont qualifiés d'*autopoïétique* : ils sont capables de se produire eux-mêmes pour se maintenir et évoluer dans l'espace et le temps. Il se trouve que la création est un système complexe qui résulte également d'un couplage entre l'individu et son environnement (technique et social). L'environnement joue un rôle majeur dans la création, en fournissant stimulations physiques ou sociales pour la génération et l'évaluation et en permettant aux utilisateurs de partager des émotions, des expériences et des représentations. Le couplage social a été mis en évidence dans l'approche systémique du *modèle DIFI*. Une telle approche systémique, permet d'expliquer l'émergence de la création mais aussi de l'améliorer. Travail créatif individuel et collectif sont complémentaires, un processus de création efficace consiste donc plutôt en une alternance de ces modes de travail : production d'idées individuelle, puis collaboration, puis évaluation collective. Le passage de *l'imagination* à la *création* est donc intrinsèquement lié au jugement social, dispensé par ses pairs, au sein d'un système de règles culturelles données.

A l'échelle environnementale, parce que la création est par définition sociale, l'enjeu n'est pas de générer l'idée mais de la faire accepter par le public du domaine. Pour optimiser la création, il faut développer une culture organisationnelle favorisant un environnement propice équilibré entre stabilité et diversité, et gérer efficacement la conduite du processus. Nous constatons que les problématiques de choix des outils sont peu opérantes lorsque, par manque de ressources ou de formation, les entreprises sont peu nombreuses à exploiter la variété des méthodes existantes. Les méthodes majeures, bien qu'elles augmentent la productivité portent peu d'attention à la structuration des résultats, alors que c'est une phase cruciale pour l'optimisation du processus de création. Leur formalisme comme des « recettes » sur le mode culinaire, manquant d'un cadre théorique rigoureux, en est sûrement la cause. L'efficacité d'une « séance de créativité » repose ainsi essentiellement sur l'animateur pendant mais aussi et surtout avant et après la séance. On comprend aujourd'hui aisément que peu de

méthodes d'évaluation de la création ne soient pertinentes, puisque elle s'appuie sur des critères subjectifs issus d'experts et dépendant du contexte projet.

## A l'échelle Mésoscopique : individu

C'est la production continue de symboles qui permet le couplage des différents sous-systèmes, et l'auto-organisation du système complexe. Grâce à son sous-système de décision, ce dernier repère des effectivités non satisfaisantes, élabore des plans d'action, et compare leurs effets. Nous avons pu constater que la création émerge également de plusieurs sous-systèmes présents au sein du psychisme humain. Des processus psychologiques *conscients* (langage et communication), des processus *pré-conscients* (image et analogies) et des processus *inconscients* (mémoire et émotions) qui jouent chacun un rôle bien défini. Nous avons ainsi synthétisé trois types de raisonnements fondamentaux : le **raisonnement analogique**, le **raisonnement visuel**, et le **raisonnement pré-conscient**. Nous allons maintenant les aborder en détails.

### Le raisonnement analogique

Face au monde en mouvement, l'esprit humain compare, abstrait et construit des catégories d'objets analogues. Les millions d'informations reliées et structurées dans notre mémoire sont ces catégories, et en fonction de leur importance, elles peuvent prendre la forme de stéréotype, de modèle (pattern), ou encore de paradigme. Ce processus cognitif ordinaire d'association de connaissances existantes et de nouveaux éléments perçus, constitue le fondement de l'auto-organisation de notre cerveau. Ainsi une découverte est produite par une autre découverte précédente, elle est une unité émergente constitutive d'un système opérationnellement fermé, un élément momentané qui doit être constamment reproduit dans le but de réaliser le système : il s'agit d'un système auto-poïétique. Le fameux mécanisme créatif de « *dissociation-association* » ne désigne en réalité que le classement d'un objet dans une autre catégorie, une « *re-catégorisation* » ou « *Bissociation* » plus ou moins éloignée de la catégorie source. La théorie gestaltiste considère les catégories comme des modèles, des formes ou « *gestalt* », et propose différentes loi (proximité, similitude, sort-commun, continuité, simplicité, orientation, symétrie, etc.) pour passer d'une catégorie à une autre, par une réorganisation du champ perceptif. Travail créatif et non-créatif relèvent donc des mêmes processus analogiques, c'est l'écart dans le « *saut catégoriel* » qui détermine le degré de création, c'est la qualité du matériel utilisé (les connaissances) qui est importante. La création dépend donc essentiellement des connaissances de l'individu (expérience, culture, éducation) et de son point de vue personnel (ses catégories), pour la génération mais aussi pour évaluer une création. La notion de valeur est indissociable du sujet, c'est pourquoi les juges ne peuvent définir des critères qu'en fonction de leurs propres attentes.

### Le raisonnement visuel

Dans l'approche co-évolutive de la conception, le concepteur explore tour à tour deux espaces de connaissances (« *problème* » et « *solution* »), chaque espace conceptuels co-évoluant au fil du temps, jusqu'à la résolution du problème. Le *modèle FBS* nous permet de penser que ces espaces de connaissances évolutifs sont constitués d'une base d'objets intermédiaires stockés en mémoire sous la forme d'un réseau de fonction, de comportement et de structure. En réalité, la base d'objets intermédiaires stockés en mémoire et à partir de laquelle nous

formons des analogies est constituée d'éléments beaucoup moins figés (idées, formes, couleurs, matériaux, etc.) et des connexions entre eux. Les situations antérieures sont en fait catégorisées sous forme d'images, ce qui explique que la visualisation semble plus performante pour les ramener à la conscience. Cette catégorisation sous forme d'images est issue de la genèse de la cognition humaine. L'individu explore le monde en suivant trois grandes phases : par *l'action* (sensations et perceptions), puis par *l'imagination* (image mentale du monde), et enfin par *le langage* (abstraction et concept). Les images sont donc des sous-ensembles structuraux et fonctionnels de l'activité psychique possédant un dynamisme génétique analogue, en trois étapes :

- **niveau primaire biologique** : l'organisme anticipe. Il perçoit par des formes ou « patterns » innés correspondant à la saisie du sens des situations selon des modes primaires
- **niveau secondaire psychologique** : l'organisme expérimente. Il développe un analogue mental de son rapport au milieu, les images servent à la reconnaissance par comparaison des variations
- **niveau tertiaire réflexif** : l'organisme systématise. Il domine son milieu, les images ont la forme d'intuitions projectives, et sont structurées en niveaux analogiques

L'univers mental est une organisation analogique de symboles, des images à différents stades de développement. C'est lorsqu'une image arrive à saturation face aux nouveaux éléments d'informations, que le sujet doit modifier sa structure de catégories d'images. Autrement dit, la création est une renaissance du cycle des images, elle opère un changement de niveau (biologique, psychologique, réflexif) permettant à l'image de démarrer un nouveau cycle. C'est pourquoi afin d'interagir avec ses connaissances le concepteur opère un cycle, d'*externalisation* et de *re-description* de formes contenues dans les représentations. Ainsi il transforme une représentation en une autre, où les deux sont de nature différente, mais représentent le « même » artéfact en cours d'élaboration. Cette externalisation essentielle à la création permet de réduire la charge cognitive et de prendre du recul pour réfléchir sur ses images mentales. L'expression visuelle contribue également au fonctionnement des groupes de conception, en fournissant une mémoire graphique collective, et en permettant une production collaborative. Le processus de conception est ainsi vu comme une simple évolution de différents types de représentations.

### Le raisonnement pré-conscient

La saturation de l'image déclenchant la création est cohérente avec l'apparition d'une frustration lorsque les capacités d'analyse de l'individu semblent arriver à leurs limites. Cette impasse constitue une crise pour l'appareil psychique, cherchant à remettre en question ses structures (catégories, modèles, images) afin de revenir à l'équilibre. C'est ce temps d'inconfort que l'on appelle classiquement « *incubation* », et ce retour à l'équilibre que l'on désigne par « *intuition* », « *insight* », ou « *illumination* ». Parce que l'intuition consiste non pas à saisir, mais à accueillir, elle nécessite une transformation intérieure de l'ordre du mûrissement plutôt que de l'action. Bien qu'elle semble surgir à la conscience de manière instantanée, elle émerge d'une succession de gestes intérieurs pré-conscients, permettant d'inverser le mouvement naturel d'abstraction de notre conscience : le lâcher prise, la connexion aux sensations, et l'écoute sans intentions. La période d'incubation, en affaiblissant la fixation

permet un regard neuf, impartial et nouveau, et une réduction de la fatigue mentale. Parce que cette période consiste en un retour des images à un état psychologique, voire biologique, caractéristique d'un mode de pensée primaire, ainsi qu'en l'expérience d'un état de réceptivité sensorielle exacerbée, de nouvelles orientations, associations et combinaisons d'images apparaissent à la conscience pour évaluation. Cette apparition s'opère en fonction du « poids » moteur, *cognitif*, et *affectif* des images, sur le principe du *modèle de résonance émotionnelle*, où deux images cognitivement distantes mais reliées émotionnellement peuvent être rappelées à la conscience à la suite d'un stimulus. Ainsi, au sein des processus pré-conscients les images analogiques incarnent la fusion des perceptions de la conscience et des émotions ancrées dans l'inconscient.

Après avoir abordé dans le détail les raisonnements analogique, visuel, et pré-conscient, nous pouvons maintenant synthétiser les recommandations méthodologiques. A l'échelle individuelle, pour optimiser le processus de création, il est donc recommandé d'opérer un cycle itératif entre travail « *conscient* » et travail « *pré-conscient* » afin de maximiser la transformation analogiques des images. Les durées doivent être modérées, il faut une alternance de longues explorations libres faiblement motivées, et de courtes problématisations fortement projectives. De plus, parce que le « *brainstorming* » est peu efficace, des variantes ont été développées pour augmenter la production d'idées pertinentes, notamment en diversifiant les modes de stimulation et d'expressions mis en œuvre. De manière générale la stimulation et l'expression non-verbale (visuelle ou tangible) produit des résultats plus adéquats et qualitatifs, surtout quand elles ont lieu très en amont dans le processus. Enfin, l'aptitude à créer peut être considérablement développée si les individus comprennent quels sont les mécanismes psychiques qui jouent en eux. C'est pourquoi il faut proposer des outils en phase avec la réalité concrète de ces mécanismes. Pour stimuler les pouvoirs du raisonnement analogique, visuel et pré-conscient, la méthode *Synectique* favorise uniquement quatre outils : l'analogie *directe*, l'analogie *personnelle*, l'analogie *symbolique* (visuel), et l'analogie *fantastique* (pré-conscient). Ces outils servent à mettre en mouvement et maintenir l'activité créatrice, sans que l'individu se sente « *manipulé* », en mobilisant ses mécanismes intimes les plus profonds.

## A l'échelle Microscopique : objet

En conception, les artefacts produits sont appelés *objets intermédiaires*, parce qu'ils représentent un instantané du processus de conception. Leur usage peut être dédié à la *réflexion*, à la *discussion*, ou à la *prescription*, facilitant la collaboration en contexte de conception. Ces objets intermédiaires sont de nature hybride, à la fois *modélisation* et *représentation* co-évoluant tout au long du processus. On qualifie d'« hybride » ces représentations intermédiaires, parce que leur forme encode à la fois *l'information* qui les constitue mais également *les connaissances* aidant à leur transformation, d'où l'importance de les structurer explicitement. Ainsi les formes peuvent autant représenter des objets physiques, que des concepts non tangibles, par exemple en tant que *langage symbolique* pour décrire des configurations d'éléments.

Cette notion de « *représentation intermédiaire* » d'objet intermédiaire, est à rapprocher de la notion « *d'image* ». L'image est une réalité intermédiaire entre objet et sujet, concret et abstrait, passé et avenir. Elle a un statut de quasi-organisme, se développant dans le sujet avec une

relative indépendance, à mi-chemin entre concret et abstrait afin de lui donner un certain poids permettant le choix, et incorporant du passé potentiellement disponible pour l'anticipation. Le caractère hybride d'un objet intermédiaire (évolutif), à la fois représentation évolutive (image) et incarnation de connaissances dans une matrice tangible (évolutive), nous permet de comprendre que les objets produits par l'homme sont des objets-images, porteurs de significations *cognitives*, *conatives* et *affectivo-émotives*. Des organismes capables de se développer au sein du sujet et en dehors, se multipliant, se propageant et se réincorporant dans de nouvelles inventions, à travers les échanges et l'activité des groupes.

Ce point de vue rejoint la définition des « *mèmes* », ces unités d'information dont l'intégration est nécessaire pour que la culture continue à se développer. Ainsi dans un acte de création, les individus modifient ces « *mèmes* », et si ces modifications sont validées par le contexte social, alors elles sont intégrées à la culture. Un objet créé est donc bien plus qu'une simple image matérialisée, mais un véritable système de couplage entre le vivant et son milieu, un point triple de communication entre *l'individu* (subjectif), son *environnement* (objectif), et les *autres individus* (social). Le système des objets créés constitue ainsi l'enveloppe de l'individu.

## Conclusion

Notre approche systémique nous a amené à théoriser la création comme un système complexe concevant des systèmes complexes. Ainsi nous avons structuré la synthèse d'état de l'art selon trois échelles : *environnement*, *individu*, et *objet*, afin de mettre en évidence les processus à l'œuvre dans le système. Ce travail nous amène à la formulation de plusieurs constats :

- L'environnement du système à la fois technique et social, est indispensable à la stimulation de l'individu, ainsi qu'à la validation de la création, via la collaboration et le jugement social.
- La cognition et la création reposent sur les mêmes raisonnements fondamentaux de l'individu : analogique, visuel, et pré-conscient.
- L'objet à la fois image, représentation, et même, assure l'interface de couplage entre les raisonnements fondamentaux l'individu et ses environnements, via l'externalisation.
- La majorité des outils et méthodes existants sont peu efficaces, toutefois certains mécanismes identifiés semblent être la clé d'une bonne stimulation de la création.

La synthèse de l'état de l'art est résumée dans la **Figure 45** ci-dessous.

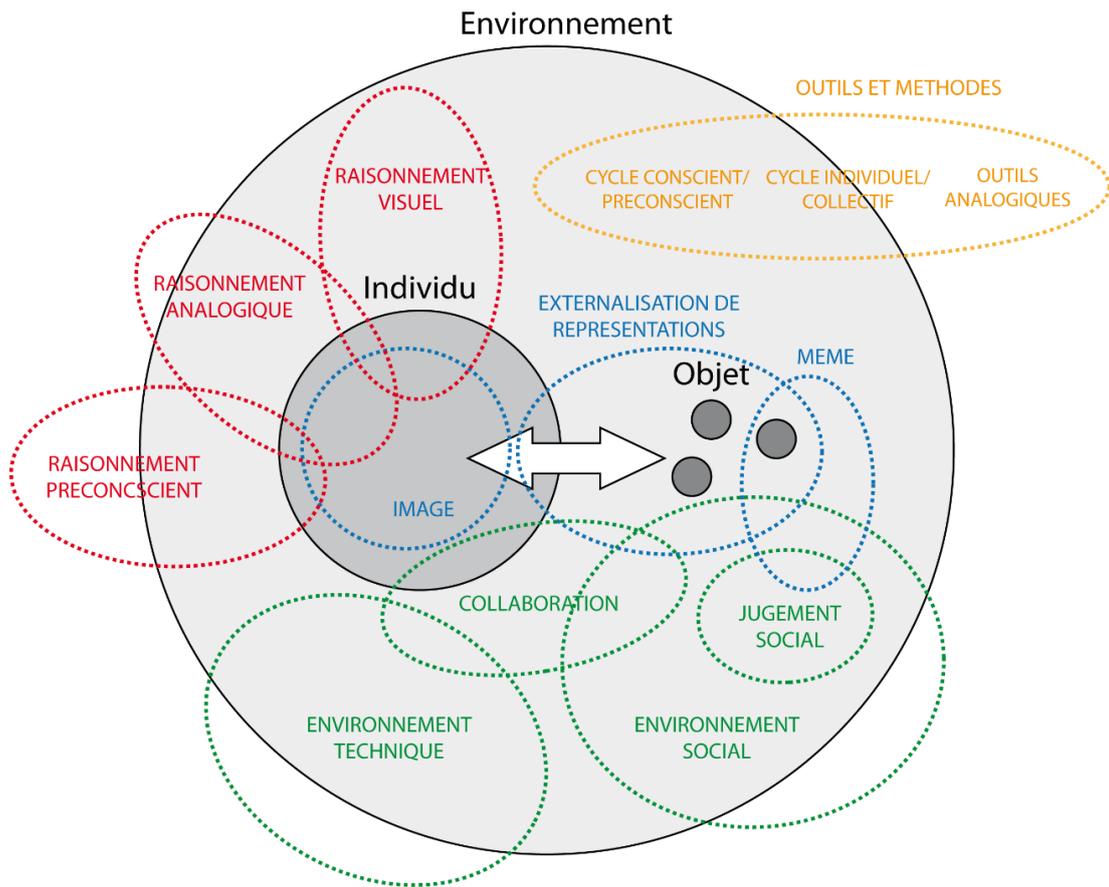


Figure 45: Synthèse de l'état de l'art



# Chapitre 3

Modélisation théorique



# CHAPITRE 3 : Modélisation théorique

## Introduction du troisième chapitre

Comme nous l'avons abordé précédemment (*voir § 2.1.1*), l'approche systémique se divise en trois étapes : d'abord l'analyse du système (notre état de l'art précédemment présenté au chapitre 2), puis la modélisation du système (l'objet du présent chapitre 3), et enfin la simulation du système (que nous aborderons dans le chapitre 4 consacré aux expérimentations).

Dans ce troisième chapitre, nous aborderons tout d'abord la construction d'un pré-modèle. C'est-à-dire la modélisation du système de création que nous avons réalisé à partir de notre synthèse d'état de l'art. Puis nous identifierons les variables à stimuler afin d'améliorer la performance du système de création, en présentant notre problématique de recherche et ses hypothèses de modélisation. La **Figure 46** ci-dessous résume la structure de ce chapitre.

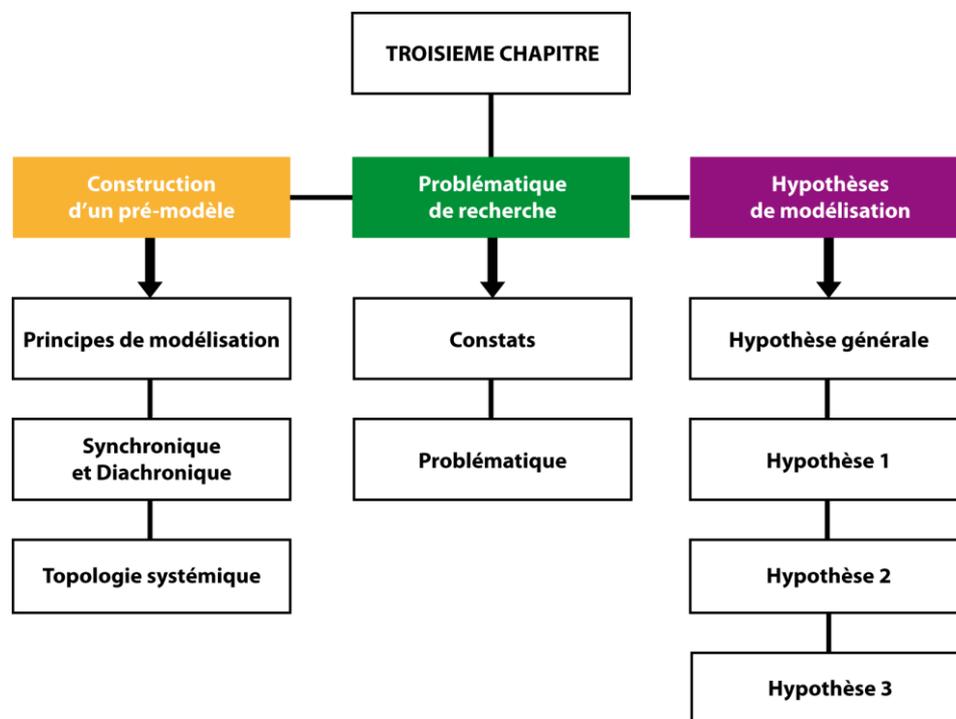


Figure 46: Structure du troisième chapitre

## 3.1 Construction d'un pré-modèle

Dans cette première partie, nous allons dans un premier temps rappeler les principes de la modélisation systémique. Nous détaillerons ensuite la construction du modèle à proprement parler, à la fois dans l'espace (synchronique) et dans le temps (diachronique). Nous finirons par la représentation topologique du modèle, c'est-à-dire la catégorisation du système en niveaux pour faciliter sa compréhension. Ce travail qui peut sembler long et fastidieux est le cœur de l'approche systémique, il est donc indispensable pour dégager des principes généraux qui nous permettront par la suite de comprendre le système de création, puis d'agir sur lui.

### 3.1.1 Principes de modélisation

Comme nous l'avons vu dans le cadre de la Systémographie (Le Moigne, 1990, 1995), pour modéliser on construit d'abord un *modèle systémique « vide »* puis on le complète avec les éléments d'informations tirés de notre analyse. Le modèle finalisé fait ainsi apparaître des processus ou comportements à partir desquelles nous formulons des hypothèses.

Le modèle produit doit rendre compte du phénomène étudié de manière intelligible dans son unité et sa cohérence. Il doit permettre de raisonner des projets d'action au sein de celui-ci. Il est lui-même un système complexe : un modèle *conçu complexe* d'un phénomène *perçu complexe*, comme le montre la **Figure 47** ci-dessous.

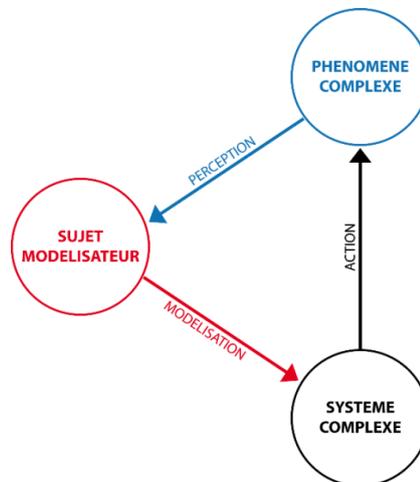


Figure 47: Principes de la modélisation systémique

Des dix spécifications de l'approche systémique proposées par Joël De Rosnay (1975), nous conservons les principes de modélisation suivants que nous appliquerons à notre modélisation :

- *Ne pas simplifier les processus et les couplages* afin d'éviter les déséquilibres irréversibles ;
- *Différencier les éléments* du système afin de faire émerger une totalité organisée ;
- *Décentraliser des éléments* afin de rétablir une forme d'équilibre ou de symétrie du système ;
- *Ne pas négliger l'influence de l'environnement* dans la définition et l'évolution du système.

Une fois le modèle complexe aboutit, nous savons qu'il nous faut :

- Conserver les contraintes internes et externes pour maintenir le système ;
- Rechercher les points d'amplification afin d'influencer le système dans une direction donnée ;
- Considérer les processus d'informations comme une énergie importante du système ;
- Respecter les temps de réponse issus de l'organisation et des effets combinés du système.

### 3.1.2 Représentation synchronique et diachronique

En gardant à l'esprit les principes précédemment exposés, nous avons ainsi mené un travail de modélisation du système de la création en reprenant les deux axes (spatial et temporel) que nous désignons « **synchronique** » et « **diachronique** » (Le Moigne, 1990, 1995).

#### 3.1.2.1 Synchronique

Si l'on reprend les caractéristiques des systèmes complexes précédemment exposées, le système doit posséder une limite caractérisée par la séparation de l'individu et de son environnement. On doit également distinguer plusieurs sous-systèmes au sein de l'environnement, et au sein de l'individu. Au sein de ces sous-systèmes sont contenus des éléments ou objets. Enfin un réseau de communication doit assurer les échanges entre les différents sous-systèmes.

La **Figure 48** ci-dessous illustre la première étape de notre modélisation. Nous avons ainsi placé sur un « modèle vierge », différents concepts importants issus de la synthèse de notre état de l'art.

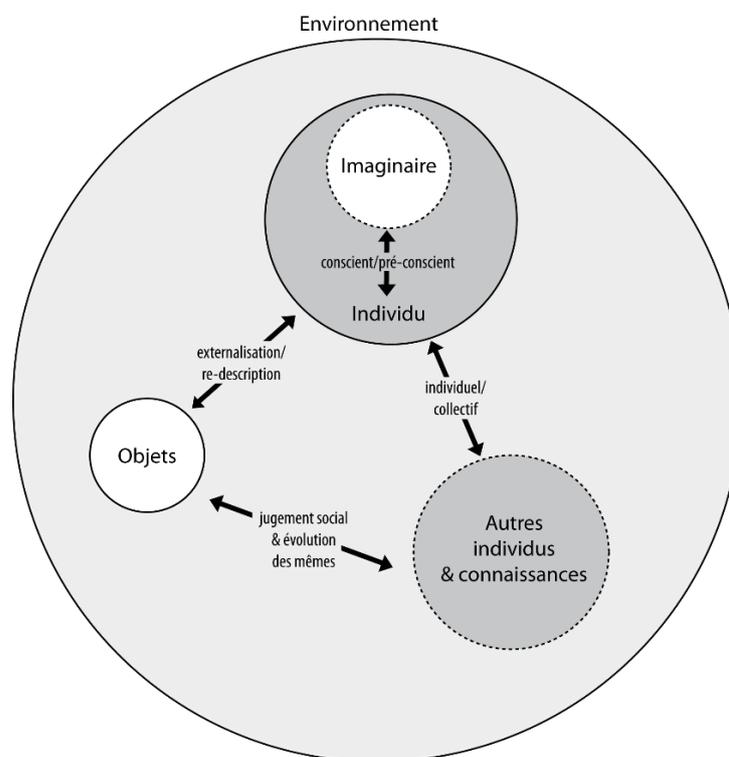


Figure 48: Pré-modèle synchronique

Nous représentons le système de création comme un couplage simultané entre :

- **l'individu et les objets de son environnement** : à travers le cycle d'externalisation et de re-description de formes contenues dans les représentations ;
- **l'individu et les autres individus** : à travers le cycle alternant travail individuel et collectif ;
- **les autres individus et les objets de l'environnement** : à travers le jugement social et le processus d'évolution des mêmes ;

A l'intérieur de l'individu, on distingue **un second niveau de couplage entre un sous-système conscient et un sous-système pré-conscient** : il s'agit du cycle alternant travail conscient et pré-conscient. Ce couplage au sein du couplage global laisse émerger un nouvel « environnement » interne à l'individu composé des images mémorisées par le mécanisme de catégorisation analogique (imaginaire).

### 3.2.2.2 Diachronique

D'après les caractéristiques des systèmes complexes, chaque sous-système ou élément est en réalité un processus continu qui évolue dans le temps. Le flux de ces processus peut se moduler (actif/inactif), entraînant des vitesses différentes, et certains processus (bouclage rétroactif) peuvent également activer leur ouverture ou leur fermeture.

La **Figure 49** ci-dessous illustre la seconde étape de notre modélisation, consistant à identifier les processus continus parmi les éléments du système.

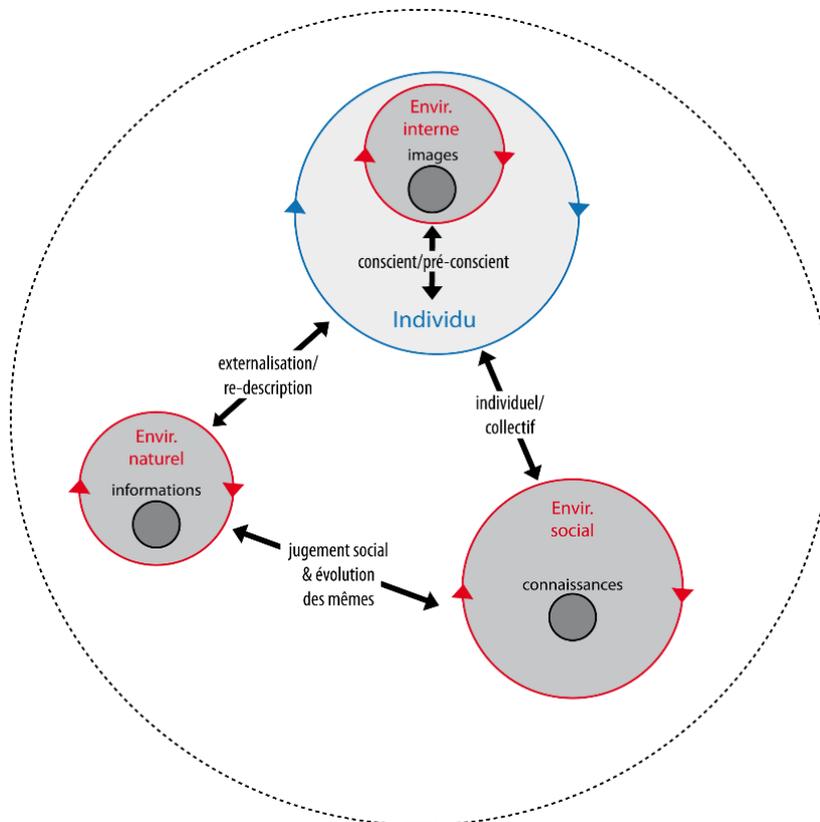


Figure 49: Pré-modèle diachronique

Ainsi dans notre pré-modèle :

- **l'individu** est ainsi considéré comme un processus évolutif continu ;
- l'individu fait également constamment évoluer les images de son **environnement « interne »** au gré de ses expériences (appelé aussi imaginaire) ;
- les autres individus et leurs connaissances évolutives constituent un **environnement « social »** ;
- enfin les objets sont considérés processus évolutif au gré des transformations qu'ils subissent, et constituent un environnement dit « technique », mais que nous choisissons de nommer **environnement « naturel »** (pour correspondre à la notion biologique plus large de « milieu »).

### 3.1.3 Topologie systémique

Après avoir modélisé le système de création dans l'espace et dans le temps, nous avons souhaité clarifier le modèle en définissant des niveaux topologiques, afin de mettre en avant les processus de couplage entre les différents éléments. Ainsi nous avons restructuré le modèle selon les trois échelles précédemment abordés dans notre synthèse d'état de l'art : environnement, individu, et objet. Cette nouvelle modélisation laisse apparaître :

- **trois sous-environnements** : naturel, social, interne
- **trois sous-processus individuels** : « externalisation/description », « conscient/pré-conscient », « individuel/collectif »
- **trois sous-systèmes au sein de l'objet** : informations, images, connaissances

Nous illustrons ces trois niveaux topologiques dans la **Figure 50** ci-dessous.

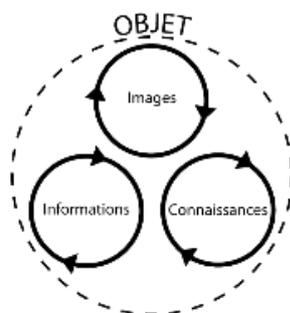
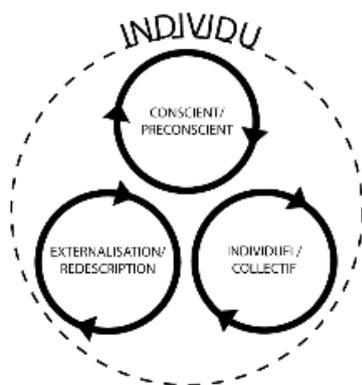
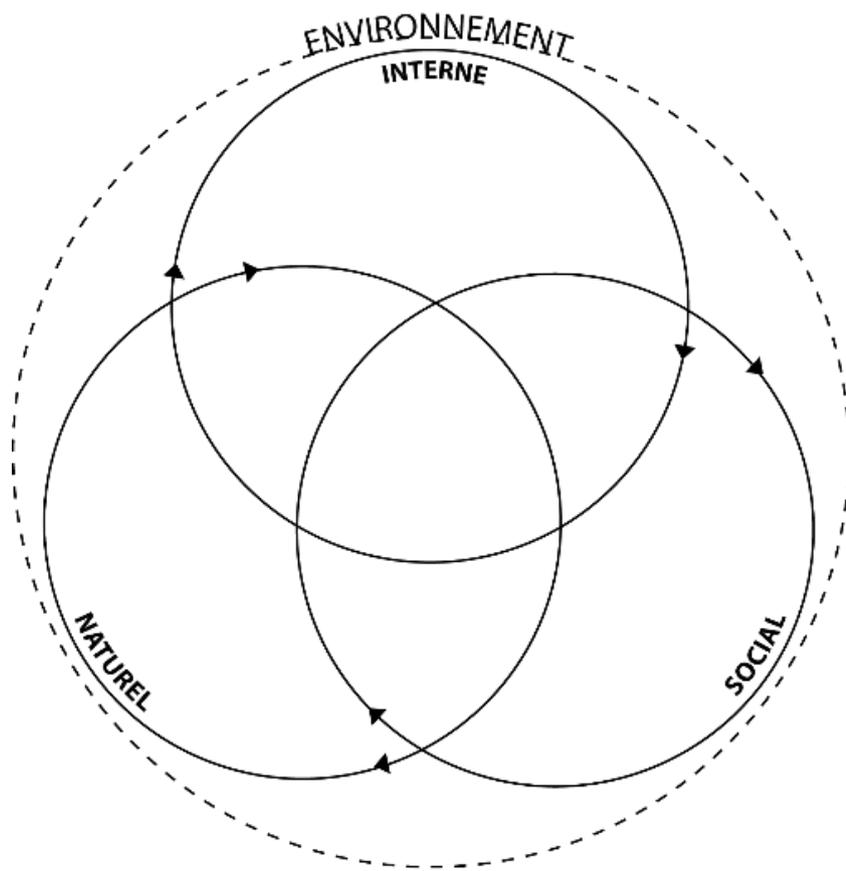


Figure 50: Topologie systémique

Ce modèle laisse apparaître *une dimension topologique fractale*, c'est-à-dire que la même configuration se retrouve sur chacun des niveaux. Nous pouvons ainsi associer des processus opérants à un certain niveau avec d'autres processus opérants à un autre niveau. Ainsi, en superposant les niveaux topologiques du système, notre modélisation fait émerger trois types d'interactions entre les sous-processus individuels et les ses sous-environnements précédemment exposés. Nous illustrons ces interactions dans la **Figure 51** ci-dessous.

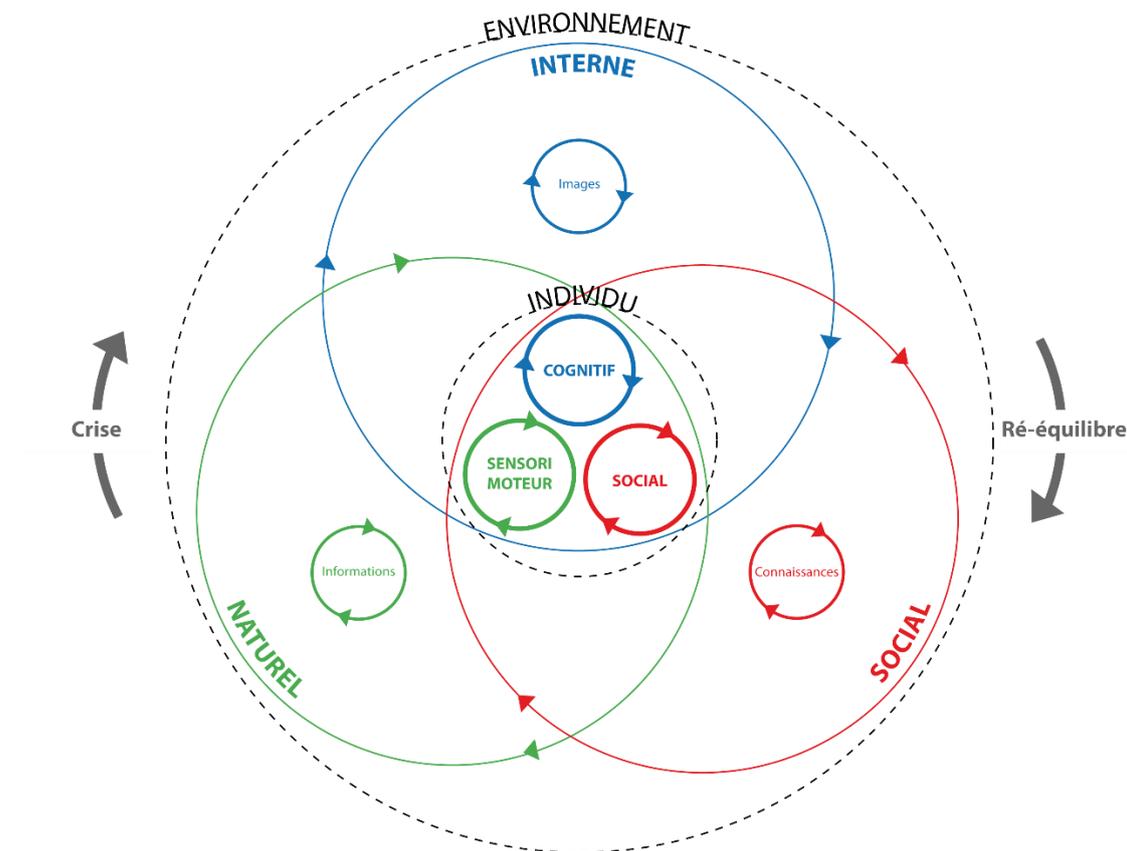


Figure 51: Emergence des trois interactions individu-environnement

Notre pré-modèle systémique met en évidence les processus d'interaction à l'œuvre dans le système. Ainsi, il révèle trois interactions :

1. les interactions *individu – environnement naturel*, que nous nommons « **sensori-motrices** » : l'individu interagit avec les objets de son environnement par un cycle d'externalisation et de re-description analogique.
2. les interactions *individu – environnement interne*, que nous nommons « **cognitives** » : l'individu interagit avec son monde imaginaire interne par un cycle alternant travail conscient (transformation de représentation) et préconscient (transformation d'images).
3. les interactions *individu – environnement social*, que nous nommons « **sociales** » : l'individu interagit avec les autres par un cycle alternant travail individuel et travail collectif (pouvant être dédié au jugement social).

Polarisé de cette manière sur l'individu, ces interactions laissent apparaître un « *métab-système d'organisation* », c'est-à-dire le mécanisme qui organise l'ensemble des sous-systèmes. Il s'agit dans notre cas de l'action du système psychique, qui comme nous l'avons vu précédemment est constitué d'une alternance de « *crise* », et de « *ré-équilibre* » assuré par l'acte de création.

Notre pré-modèle met finalement en évidence les processus de couplage à l'œuvre dans la création, à la fois au sein d'un même niveau topologique mais également entre les niveaux. Nous illustrons ces couplages dans la **Figure 52** ci-dessous.

Ainsi, trois couplages émergent de la modélisation du système de la création :

- Les environnements *interne* et *naturel* se couplent via les interactions *sensori-motrices* et *cognitives*, pour former le terrain de **l'imagination** : un espace d'expérimentation individuel dominé par la production d'images.
- Les environnements *interne* et *social* se couplent via les interactions *cognitives* et *sociales*, pour former le terrain de **la conception** : un espace de collaboration collectif dominé par la production de représentations.
- Les environnements *social* et *naturel* se couplent via les interactions des *autres individus*, pour former le terrain de **la création** : un espace d'individuation dominé par la production de connaissances.

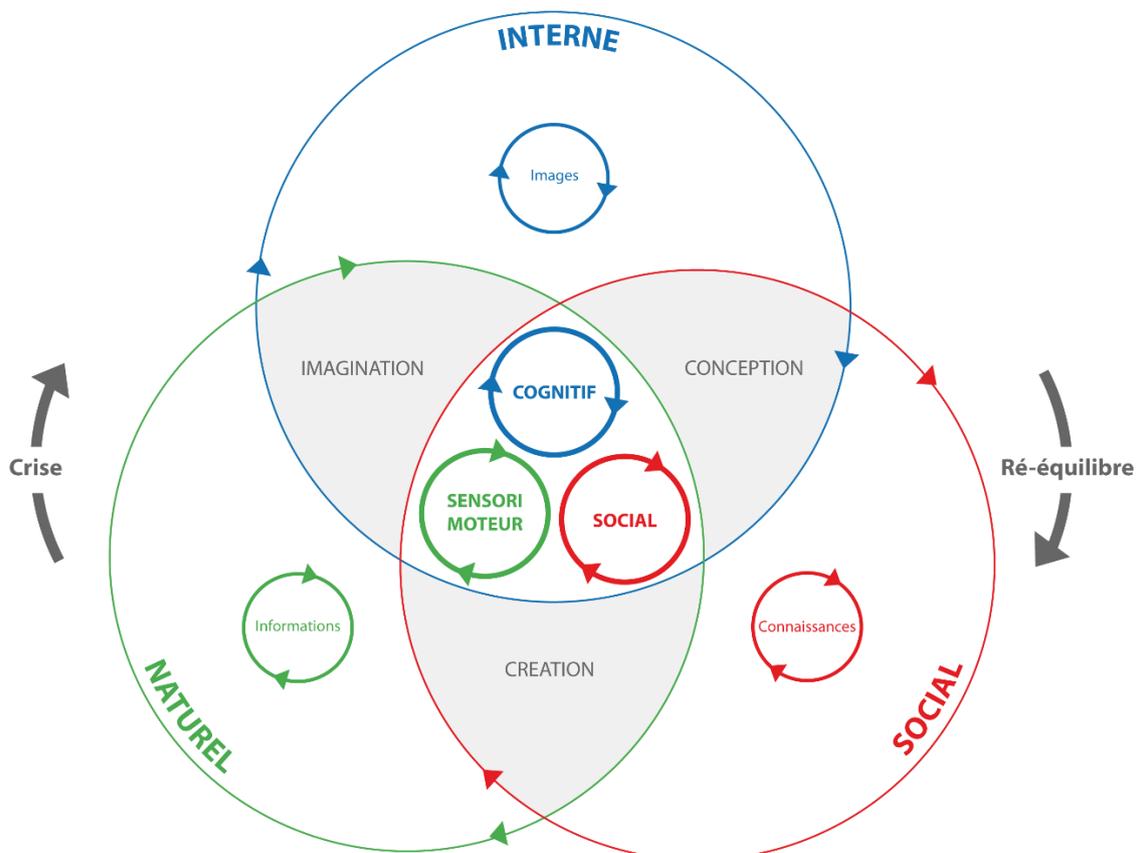


Figure 52: Pré-modèle systémique de la création

## 3.2 Problématique de recherche

### 3.2.1 Constats

La question qui se pose concerne la façon dont nous allons pouvoir stimuler la création des individus, dans un contexte applicatif industriel de conception complexe et systémique. Nous pouvons ainsi formuler trois constats à ce stade de notre recherche :

1. Nous constatons le manque d'une théorie unifiée et transdisciplinaire, alors que l'approche systémique révèle que la création est un système complexe et qu'il est possible de relier les interactions à la base de son fonctionnement dans un tout cohérent.
2. Nous constatons que la majorité des outils et méthodes existants sont peu efficaces, ou ne traite bien souvent qu'un seul aspect de la création à la fois, empêchant ainsi d'aborder les situations complexes et systémiques (création de liens, représentation des relations, complexité des facteurs humains).
3. Nous constatons par ailleurs que certaines routines méthodologiques ont fait leurs preuves dans la stimulation de la création : la stimulation analogique, la transformation de formes consciente (représentation) ou préconsciente (images), et l'alternance de modes de travail individuel et collectif.

### 3.2.2 Problématique

Ces trois constats nous amènent ainsi à formuler notre problématique de recherche sous cette forme :

#### **Quelle méthodologie déployer pour stimuler la création dans un contexte de conception complexe et systémique ?**

- « *méthodologie* » est à entendre comme un ensemble d'outils structuré au sein d'un processus et au service d'un but.
- « *stimuler la création* » consistera à augmenter la performance du système complexe.
- « *contexte de complexité systémique* » : il s'agit du contexte applicatif industriel dans lequel notre recherche se déroule.

La **Figure 53** ci-dessous résume les constats et la problématique de notre travail de recherche.

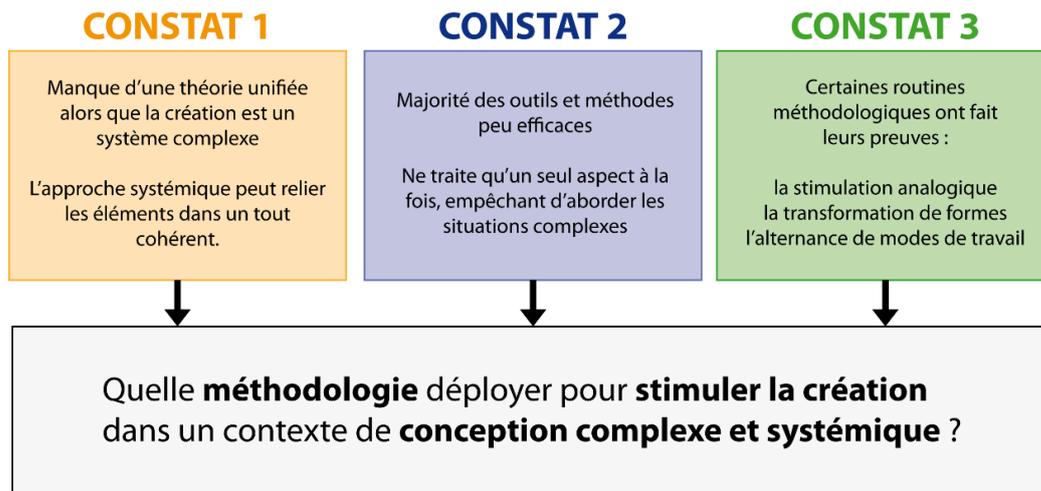


Figure 53: Constats et problématique

## 3.3 Hypothèses de modélisation

### 3.3.1 Hypothèse générale

Notre modèle systémique met en évidence trois processus d'interaction, que nous nommons : *sensori-moteur*, *cognitif*, et *social*. Il fait également émerger trois processus de couplage, que nous nommons : *l'imagination*, la *conception*, et la *création*.

Nous avons fait l'hypothèse que ces trois interactions et ces trois couplages devaient être stimulés de concert pour augmenter la performance du système, et donc la stimulation de la création. De plus, le contexte complexe et systémique dans lequel nous évoluons nécessite la prise en compte de spécificités tels que : la *création de liens* entre les éléments, la *représentation des relations*, ou encore la prise en compte de la *complexité des facteurs humains*.

Ainsi en croisant le pré-modèle théorique issu d'une synthèse de l'état de l'art, et la synthèse des observations issues du terrain industriel (*voir « pré-expérimentations » § 4.1*) qui confirme nos constats théoriques, nous proposons l'hypothèse de modélisation suivante :

**Nous faisons l'hypothèse qu'une méthodologie basée sur la transformation analogique de formes visuelles au sein d'un processus cyclique alternant différents modes d'interaction sociale, peut permettre d'améliorer la création dans un contexte de conception complexe et systémique.**

Parce que la stimulation du système complexe doit être cohérente et complète notre hypothèse adresse à la fois l'échelle de *l'environnement* (processus cyclique), de *l'individu* (transformation analogique), et de *l'objet* (formes visuelles).

Néanmoins afin de tester cette hypothèse dans le cadre d'expérimentations in situ en contexte industriel (voir chapitre 4), nous avons fait le choix de subdiviser cette *hypothèse générale* en *trois hypothèses dérivées* illustrant nos trois échelles d'intervention méthodologique (outils, formats, et processus). Nous illustrons les relations entre nos hypothèses dans la **Figure 54** ci-dessous.

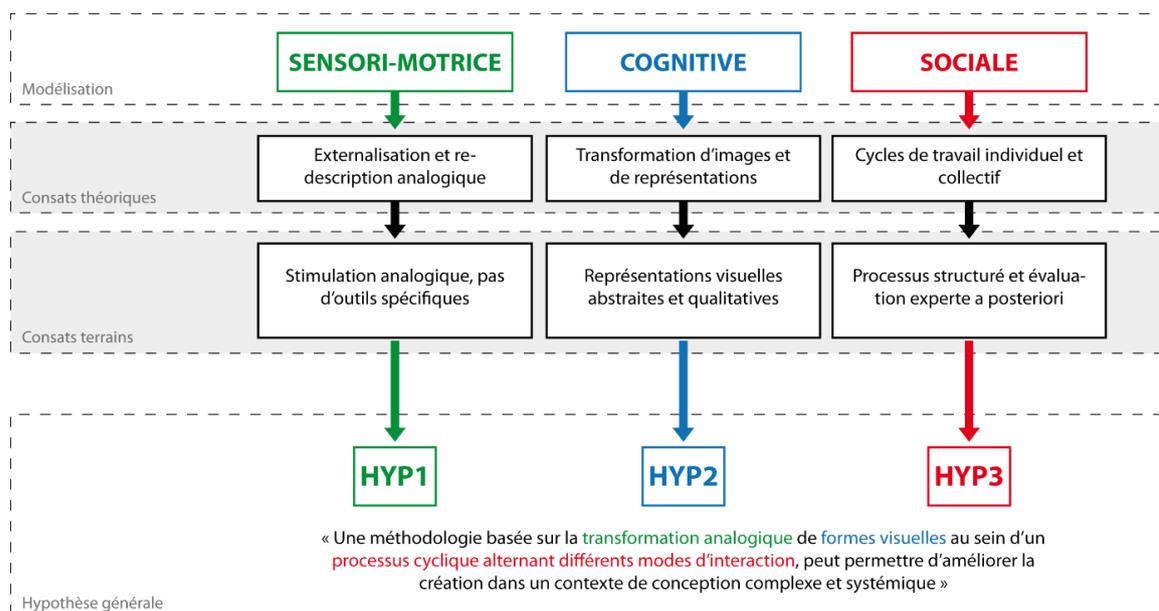


Figure 54: Hypothèse générale

### **3.3.2 Hypothèse 1 : outils**

Nous faisons l'hypothèse que l'utilisation d'*outils de stimulation par analogies* augmente la performance du cycle d'externalisation et de re-description, en stimulant les interactions sensori-motrices pour acquérir de nouvelles informations.

### **3.3.3 Hypothèse 2 : formats**

Nous faisons l'hypothèse que l'utilisation d'un *langage de formes visuelles* augmente la performance du cycle de travail conscient et de travail préconscient, en stimulant les interactions cognitives pour acquérir de nouvelles images.

### **3.3.4 Hypothèse 3 : processus**

Nous faisons l'hypothèse que l'utilisation d'un *processus cyclique alternant imagination, conception, et création*, augmente la performance du cycle de travail individuel et de travail collectif, en stimulant les interactions sociales pour acquérir de nouvelles connaissances.

## Synthèse du troisième chapitre

Dans ce chapitre, nous avons présenté la construction d'un pré-modèle théorique réalisé à partir de la synthèse d'état de l'art. Ce pré-modèle laisse apparaître *trois sous-environnements* (naturel, social, interne), *trois sous-processus individuels* (externalisation/description, conscient/préconscient, individuel/collectif), et *trois sous-systèmes de l'objet* (informations, images, connaissances).

Cette modélisation fait émerger *trois types de processus d'interaction* entre l'individu et ses sous-environnements (sensori-motrice, cognitive, et sociale), ainsi que *trois types de processus de couplage* entre les sous-environnements (imagination, conception, création).

Ainsi nous avons pu identifier les interactions et couplages fondamentaux au sein du système complexe de la création, que nous avons mis en regard avec les leviers d'amélioration de sa performance : l'**alternance de modes d'interaction sociale**, la **transformation de formes visuelles** et la **stimulation analogique**.

Nous formulons ainsi l'hypothèse qu'une dynamisation conjointe des interactions sensori-motrices, cognitives et sociales permet de stimuler la création dans un contexte de conception complexe et systémique. Pour ce faire nous proposons de tester le déploiement d'une méthodologie composée d'outils de *stimulation par analogies*, d'un *langage de formes visuelles*, ainsi que d'un *processus cyclique alternant imagination, conception, et création*, couvrant l'ensemble des dimensions de notre système (environnement, individu, objet). Nous présentons dans la **Figure 55** ci-dessous les relations entre notre pré-modèle et les hypothèses.

Néanmoins pour tester cette hypothèse générale par des expérimentations dans le cadre de projets industriels réels, nous l'avons subdivisée en trois hypothèses (outils, formats, processus) que nous allons simuler séparément afin de prouver la validité de notre modélisation systémique de la création.

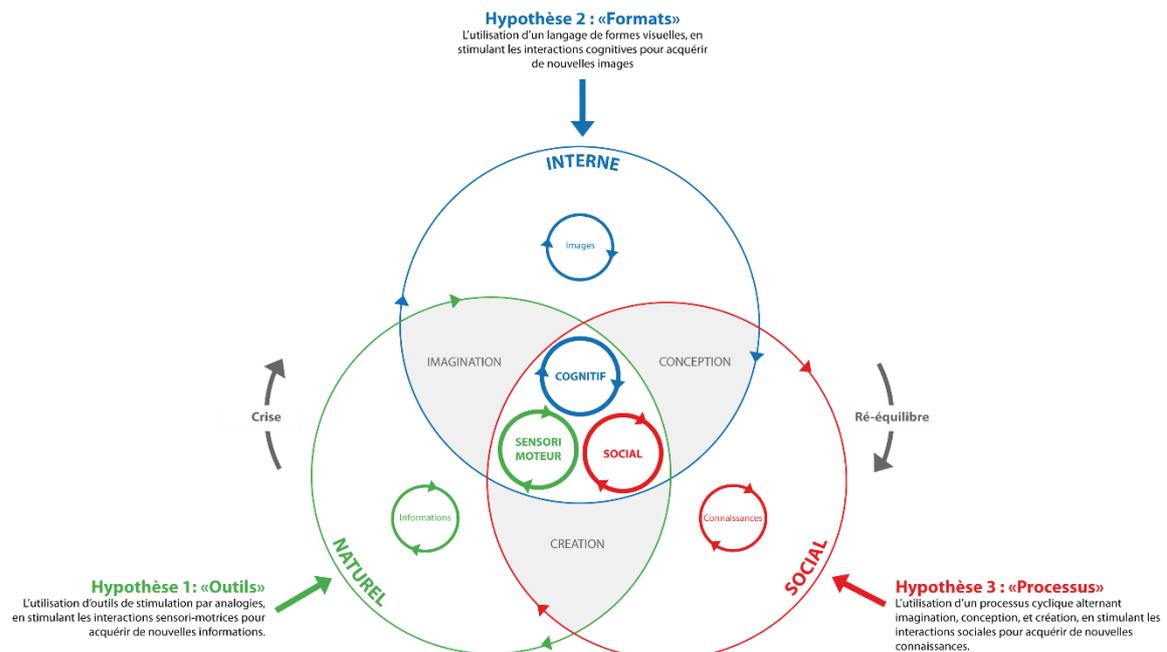


Figure 55: Positionnement des hypothèses sur le pré-modèle



# Chapitre 4

## Expérimentation



# CHAPITRE 4 : Expérimentation

## Introduction du quatrième chapitre

Le contexte industriel du constructeur automobile PSA Peugeot Citroën a constitué un terrain adéquat pour tester notre hypothèse de recherche. L'entité UXIN (User eXperience INnovation), que nous avons précédemment présentée (*voir § 1.1.1.1*) nous a permis de conduire des « chantiers créativité » (une série de séances de créativité) dans le cadre de projets industriels du groupe. Opérant au sein de la Direction Recherche Innovation & technologies Avancées (DRIA), ces projets étaient majoritairement axés sur l'identification et la conception d'innovations, au sein de contextes complexes de nature systémique : multiplicité d'acteurs, de technologies, de métiers, de clients, etc. Au cours de ces trois années de recherche nous avons pu accompagner plus d'une vingtaine de projets, représentant environ une cinquantaine de « séances de créativité », que nous avons conduites par la méthode des « *workshops créatifs* » que nous développerons ci-après (*voir § 4.1.2.1*).

Il nous paraît important de rappeler à ce stade du document que le « Chapitre 4 : Expérimentation » n'est pas positionné dans un ordre chronologique vis-à-vis des autres chapitres. Il faut distinguer à l'intérieur de celui-ci une première partie de « pré-expérimentations » (*voir § 4.1*) qui s'est réellement déroulée avant la modélisation théorique et la définition de la problématique et des hypothèses. La suite du chapitre 4, est consacrée aux « Expérimentations » qui se sont déroulées après la définition des hypothèses, et qui sont dédiées à la validation de la modélisation théorique. La **Figure 56** ci-dessous illustre notre propos.

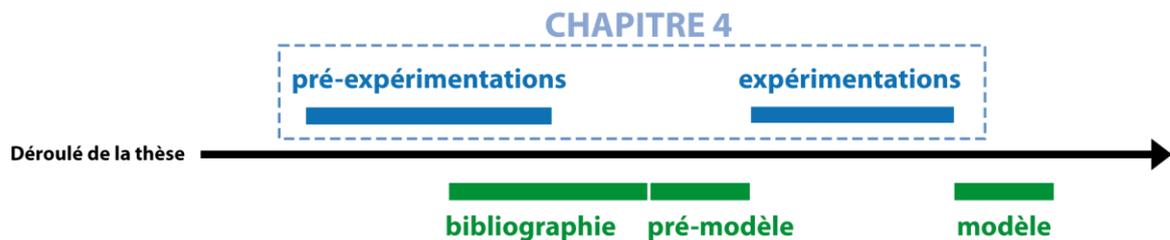


Figure 56: Position du chapitre 4 dans le déroulement chronologique de la thèse

Ainsi, nous avons adopté dans un premier temps une posture de praticien intégré au contexte industriel, en animant les séances et conduisant les « chantiers créativité » pour le compte de différents « clients internes ». Ces projets ont constitué pour nous des « pré-expérimentations » (*voir § 4.1*), sur la base desquelles nous avons pu adopter une posture d'observateur. Ainsi en parallèle de notre analyse de l'état de l'art, nous avons également :

- Analysé 10 de ces « chantiers créativité », en termes de méthodologie, de résultats, et de facteurs influents ;
- Interviewé 9 praticiens de la créativité chez PSA, autour d'entretiens semi-directifs interrogeant leurs définitions et pratiques ;

C'est ce double prisme de praticien-réflexif caractéristique de la « *recherche-action* », qui nous permis d'aboutir à l'identification de constats théoriques et pratiques, afin de formuler notre problématique et nos hypothèses de recherche précédemment exposés (*voir § 3.3.1*).

Nous nous sommes ensuite appuyés sur notre expertise développée au cours de ce travail « pré-expérimental », pour mener **trois expérimentations** afin de tester les trois hypothèses que nous avons identifié dans notre modélisation théorique, et ce dans le cadre de trois « *chantiers créativité* » spécifiques. Une **quatrième expérimentation** nous a permis de tester la synergie entre les trois hypothèses et ainsi de valider l'hypothèse générale.

La **Figure 57** ci-dessous présente les liens entre les hypothèses et les 4 expérimentations de la démarche expérimentale que nous avons déployé pour valider notre modèle théorique.

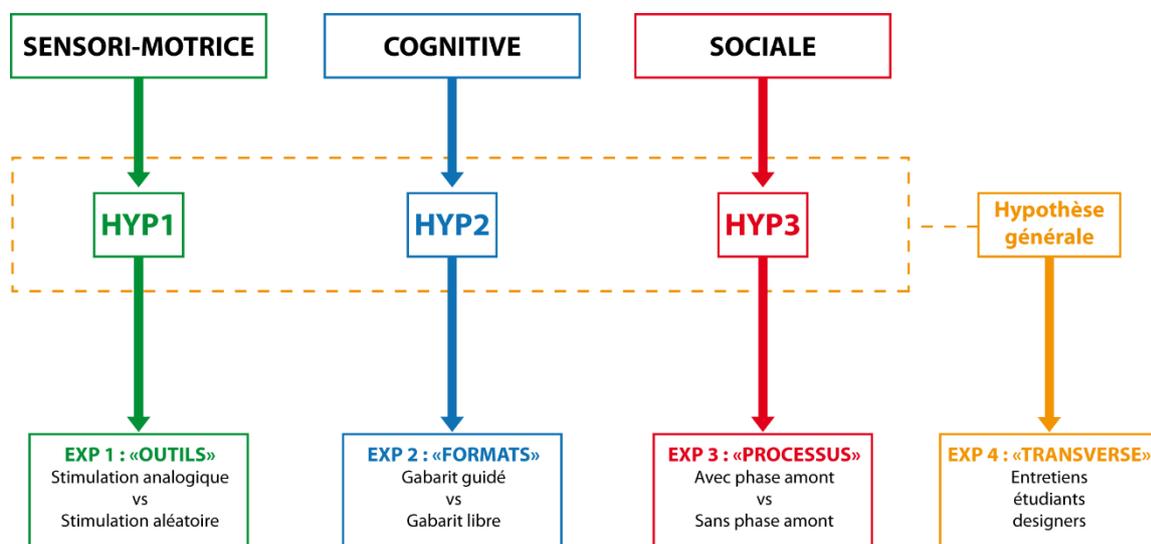


Figure 57: Liens entre les hypothèses et les expérimentations

Pour l'expérimentation 1 (*voir § 4.2*): nous avons testé l'hypothèse 1 (*voir § 3.3.2*) concernant l'utilisation **d'outils de stimulation par analogies**, dans le cadre d'un workshop (avec un groupe x) pour un projet autour de « la berline premium ». L'objectif était de générer des fiches idées sur une thématique « prestations », pour une marque (A). Nous appellerons cette expérimentation « **outils** ».

Pour l'expérimentation 2 (*voir § 4.3*): nous avons testé l'hypothèse 2 (*voir § 3.3.3*) concernant l'utilisation **d'un langage de formes visuelles**, dans le cadre d'un workshop (avec un groupe y) pour un projet autour de « la berline premium ». L'objectif était de générer des fiches concepts à partir de précédentes fiches idées sur la thématique « prestations », pour une marque (A). Nous appellerons cette expérimentation « **formats** ».

Pour l'expérimentation 3 (*voir § 4.4*): nous avons testé l'hypothèse 3 (*voir § 3.3.4*) concernant l'utilisation **d'un processus cyclique alternant imagination, conception, et création**, dans le cadre d'une succession de deux workshops (avec un groupe z) pour un projet autour de « la berline premium ». L'objectif était de générer des fiches concepts sur

une thématique « rangements », pour une marque (B). Nous appellerons cette expérimentation « **processus** ».

Nous concluons cette étude expérimentale par la présentation d'une quatrième expérimentation (*voir § 4.5*) qui nous a permis de tester la synergie entre nos trois hypothèses et ainsi de valider notre hypothèse générale dans des conditions logistiques moins contraintes que le contexte industriel réel. Pour cela nous avons interviewé 90 étudiants designers en Master 2 (Strate – Ecole de Design), en leur administrant le même questionnaire que nous avons déployé en interne du groupe PSA, lors d'entretiens semi-directifs. Nous appelons cette expérimentation « **transverse** ».

La **Figure 58** ci-dessous résume la structure de la démarche expérimentale que nous venons d'exposer. Elle présente les relations entre les 4 expérimentations et les projets du terrain industriel et académique sur lesquels elles sont ancrées. On remarque que les expérimentations 1 et 2 concernent le même projet véhicule et la même marque. Pour l'expérimentation 3 le projet véhicule est le même mais la marque est différente. On constate également que pour chaque expérimentation, les groupes de participants étaient tous différents.

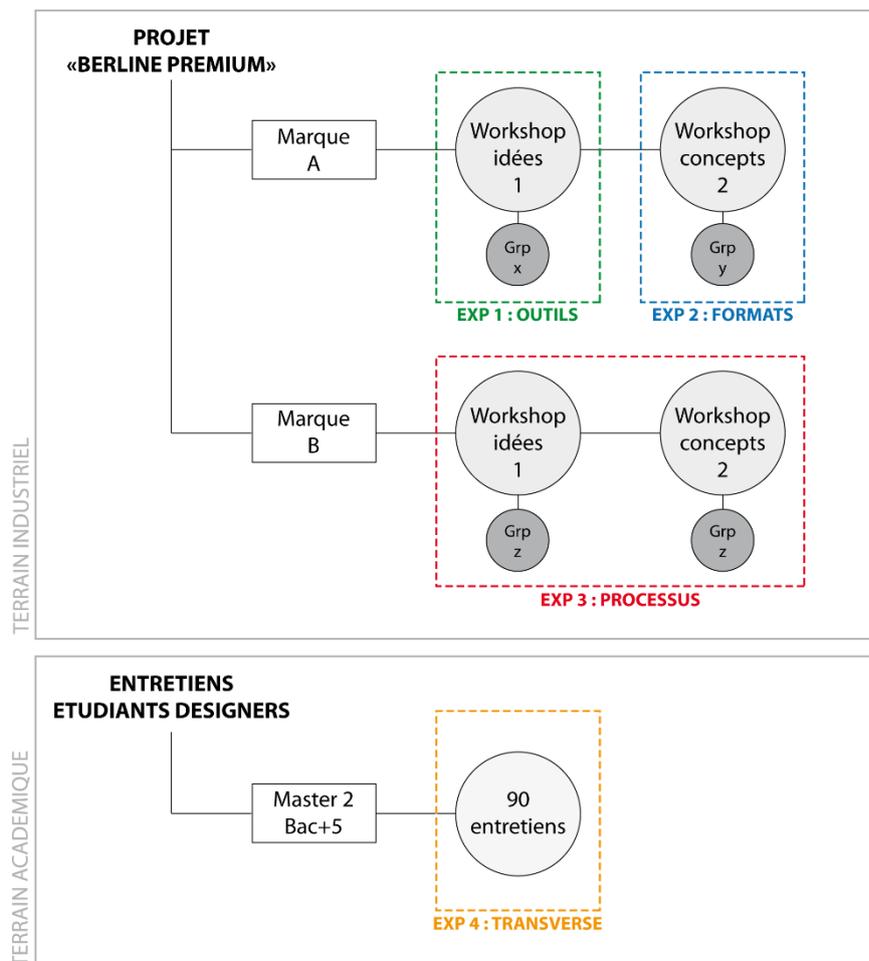


Figure 58: Ancrage de l'étude expérimentale dans les projets

A ce stade de la présentation de nos expérimentations, nous précisons un point important pour la suite du chapitre. Etant donné la **confidentialité importante des projets mentionnés**, nous ne présenterons pas de matériel et de livrables réels issus des workshops. Cela comprend, les données d'entrée et de sorties, mais également les noms précis des concepts, des catégories, et des critères d'évaluation. Néanmoins nous nous attachons à fournir la plus grande exhaustivité possible en précisant les objectifs, la structure, le protocole et les résultats de chacune de ces expérimentations avec le niveau de détail le plus élevé possible.

La structure en 5 parties de ce quatrième chapitre est illustrée dans la **Figure 59** ci-dessous. Nous présentons tout d'abord les pré-expérimentations, puis les trois expérimentations testant les trois hypothèses. Nous concluons avec la quatrième expérimentation qui nous a permis de valider notre hypothèse générale. Chaque partie expérimentale sera détaillée en termes : d'objectif, de structure, de protocole, de résultats, et sera conclue par une discussion.

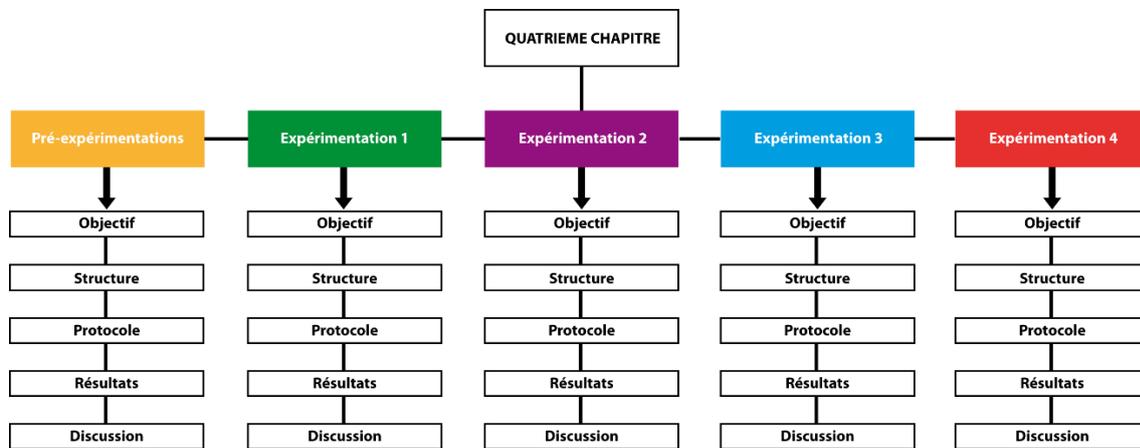


Figure 59: Structure du quatrième chapitre

## 4.1 Pré-expérimentations

### 4.1.1 Objectif

Les pré-expérimentations ont visé à mieux comprendre « l'état des lieux » de l'activité d'animation en créativité au sein des projets d'innovation. Nous avons à la fois observé et animé des « *séances de créativité* », mais aussi interviewé d'autres praticiens à l'intérieur de l'entreprise. Pour cette raison, les sections de cette sous partie consacrée aux pré-expérimentations seront subdivisées en deux volets nommés « *analyse des projets* » et « *analyse des experts* ».

#### 4.1.1.1 Analyse des projets

Nous avons analysé les résultats de 21 workshops, répartis au sein de « *chantiers créativité* » conduits pour 10 projets industriels réels. Nous avons choisis d'analyser les liens de corrélations entre :

- d'une part les feedbacks (positifs et négatifs) apportés par deux experts de l'animation créative ayant participé aux séances (déroulé de la séance, résultat des productions, etc.) ;
- d'autre part les caractéristiques méthodologiques des workshops.

L'objectif a été d'identifier des facteurs méthodologiques pouvant influencer positivement ou négativement la performance relative aux « *séances de créativité* ».

#### 4.1.1.2 Analyse des experts

Nous avons analysé les résultats de 9 entretiens semi-directifs adressés à l'aide d'un questionnaire basé sur 9 questions investiguant des aspects théoriques et pratiques de l'animation créative. L'objectif était d'identifier des éléments redondants ou divergents entre les différents experts PSA, et de comparer ces observations avec notre analyse de projets précédente afin de faire émerger des constats industriels significatifs.

### 4.1.2 Structure

#### 4.1.2.1 Analyse des projets

Pour conduire un « *chantier créativité* » à l'occasion d'un projet industriel, nous utilisons une méthode inspirée des « *groupes de créativité* » (Aznar, 2005), et enrichie par l'apport des méthodologies du « *UX design* » (User Experience Design) déployées dans notre entité UXIN. Nous avons appelé cette méthode « **workshop créatif** ». Un « *chantier créativité* » est donc composé de plusieurs « *workshop* » (ou séance de créativité). La structure d'un « *chantier créativité* » que nous déployons à l'occasion est la suivante :

1. **La formalisation d'une « synthèse d'étude »**, qui constitue la donnée d'entrée du « *workshop créatif* ». Elle est composée de contenus majoritairement visuels : des scénarios clients, des benchmarks, des résultats de test, toujours illustrés sous forme graphique (schémas, photos, vidéos). Ces contenus sont complétés par des informations textuelles, et sont exposés oralement par des experts du domaine lors du workshop. Cette étape donne lieu à la formalisation d'un guide d'animation de workshop.

2. **Le workshop en lui-même** est divisé en trois étapes :
- Une première étape de « stimulation », en amont de la génération d'idées et de concepts. Les différentes données d'entrée sont présentées aux participants, afin de stimuler leurs connaissances avec ces nouveaux éléments d'informations.
  - Une seconde étape de « représentation », où les participants associent ces nouvelles informations à leurs connaissances en mémoire, et formalisent les idées et concepts qui leurs viennent à l'esprit. Nous les encourageons à principalement utiliser le dessin pour s'exprimer, et à compléter au besoin avec des phrases. Chaque participant ou groupe présente ensuite oralement ses différentes propositions aux autres participants.
  - Une troisième étape dite « sélection », permet de conclure le workshop. Les parties prenantes évaluent les propositions en les notant en fonction de plusieurs critères très variables en fonction du projet, comme l'adéquation avec la stratégie de l'entreprise, la faisabilité technique, ou encore la valeur pour le client.
3. **La formalisation d'une « synthèse créative »**, qui constitue la donnée de sortie du « workshop créatif ». Elle est également composée d'un contenu majoritairement visuel, de scénarios illustrés sous la forme de story-boards, de schémas et visualisations graphiques, et d'esquisses de concept. Ces contenus sont complétés par des spécifications textuelles et graphiques pour la conception. La synthèse est diffusée à l'ensemble des parties prenantes du projet pour être exploitée par les équipes de conception.

Ainsi plusieurs autres workshops peuvent être organisés par la suite selon la même structure, le résultat du premier servant de donnée d'entrée pour le suivant, et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'un niveau de définition adéquat du livrable final. Un « chantier créatif » consiste donc la plupart du temps en un cycle de plusieurs workshops dont le nombre varie en fonction du niveau de détail et de complexité du livrable souhaité par les commanditaires du projet. La **Figure 60** ci-dessous illustre la méthode du « workshop créatif ».

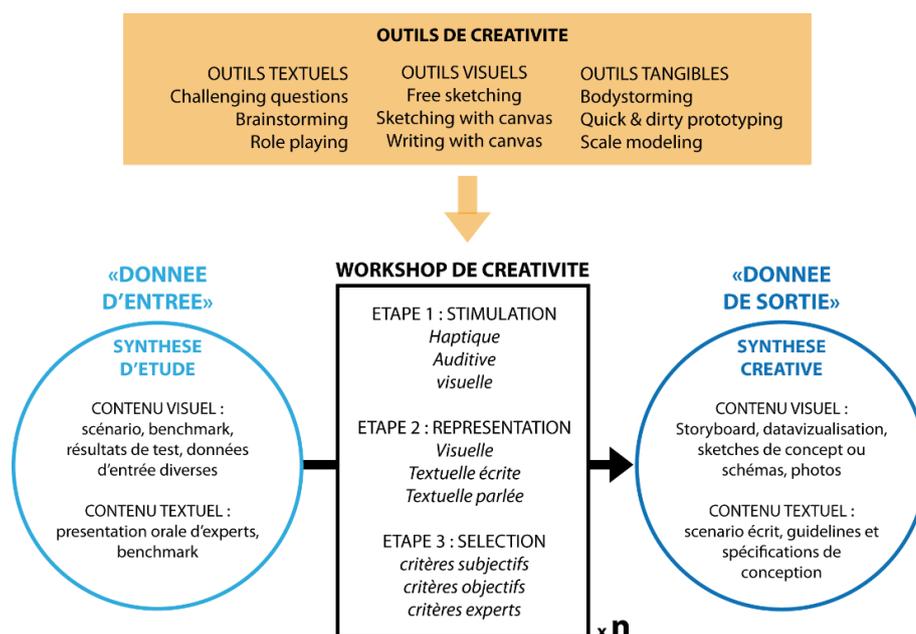


Figure 60: Méthode du « workshop créatif »

Pour mener à bien les trois phases de *stimulation* (a), *représentation* (b), et *sélection* (c), nous avons recours à différents outils, pour la plupart empruntés aux méthodologies du « UX Design » (IDEO, 2002). Ceux-ci se divisent en trois catégories et peuvent être utilisés indifféremment pour chacune des trois phases décrites précédemment, nous les décrivons dans le **Tableau 8** ci-dessous.

Outils « Textuels »	Outils « Visuels »	Outils « Tangibles »
<i>Brainstorming</i> : génération d'idées rapide, écrite ou orale	<i>Free sketching</i> : dessin sans contraintes	<i>Bodystorming</i> : expérimentations à l'aide d'objets
<i>Challenging questions</i> : relances essentiellement orales	<i>Sketching with canevas</i> : dessin avec contraintes et stimuli visuels	<i>Quick-and-dirty prototyping</i> : formalisation de prototypes rudimentaires
<i>Role playing</i> : expérimentations de situations sociales	<i>Writing with canevas</i> : écriture avec contraintes et stimuli visuels	<i>Scale modeling</i> : spatialisation d'idées à l'échelle 1 (véhicule, architecture,...)

Tableau 8: Outils de créativité de la "méthode des workshops"

#### 4.1.2.2 Analyse des experts

Pour conduire un « chantier créativité », les experts PSA interviewés suivent une méthodologie plus fortement inspirée des « groupes de créativité » (Aznar, 2005). Elle est basée sur une formation au CPS (Creative Problem Solving) autour des deux postures « dynamique » et « sensible » proposées par les praticiens Guy Aznar et Stéphane Ely (Aznar, 2005). La **Figure 61** ci-dessous présente cette méthode. La posture « dynamique » est inspirée d'un processus de type divergence-convergence inspirée de la méthode du Brainstorming. La posture « sensible » est inspirée d'un processus à trois temps inspirée de la méthode Synectique.

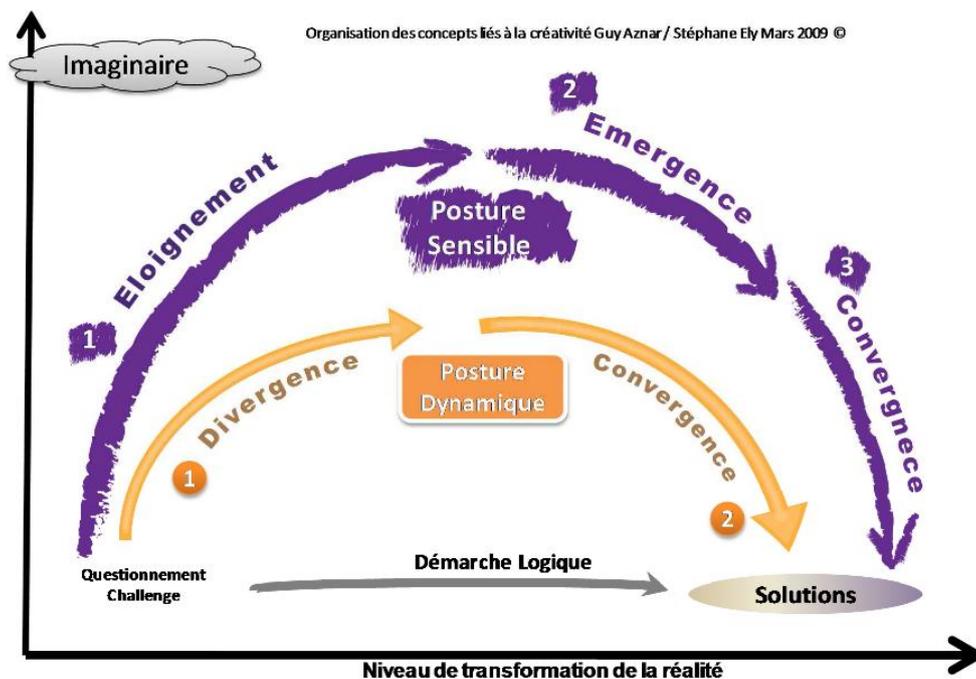


Figure 61: Posture dynamique et sensible d'après Aznar et Ely (2009)

## 4.1.3 Protocole

### 4.1.3.1 Analyse des projets

L'analyse des 10 projets a été réalisée par deux experts de plus de trois ans d'expérience en animation de workshops de créativité. Ces experts ont assisté aux 10 projets industriels, en tant que participants ou animateurs. L'analyse s'est déroulée en trois phases, illustrées dans la **Figure 62** ci-dessous:

1. La première phase en amont a consisté en la *catégorisation des « chantiers créativité »* en termes de caractéristiques liées au projet (taille du groupe, profils des participants, caractère systémique), et liées à la méthodologie (processus, outils).
2. La seconde phase d'interview a consisté en une *formulation libre de remarques* qualitatives et spontanées de la part des experts, interrogés sur leurs ressentis positif (ce qui a bien marché) et négatif (ce qui n'a pas bien marché) pour chacun des 10 « chantiers créativité ». Les interviews se sont déroulées 3 mois après la conduite des différents workshops, et tous les feedbacks ont été recueillis par prise de notes écrites par un interviewer en une seule fois.
3. La troisième phase en aval a consisté en la *synthèse des notes écrites*, selon différentes catégories issues de l'analyse des notes : méthode, outils, contenu, motivation des participants, et cohésion du groupe. Nous avons ainsi repartis les feedbacks positifs et négatifs au sein de ces différentes catégories.

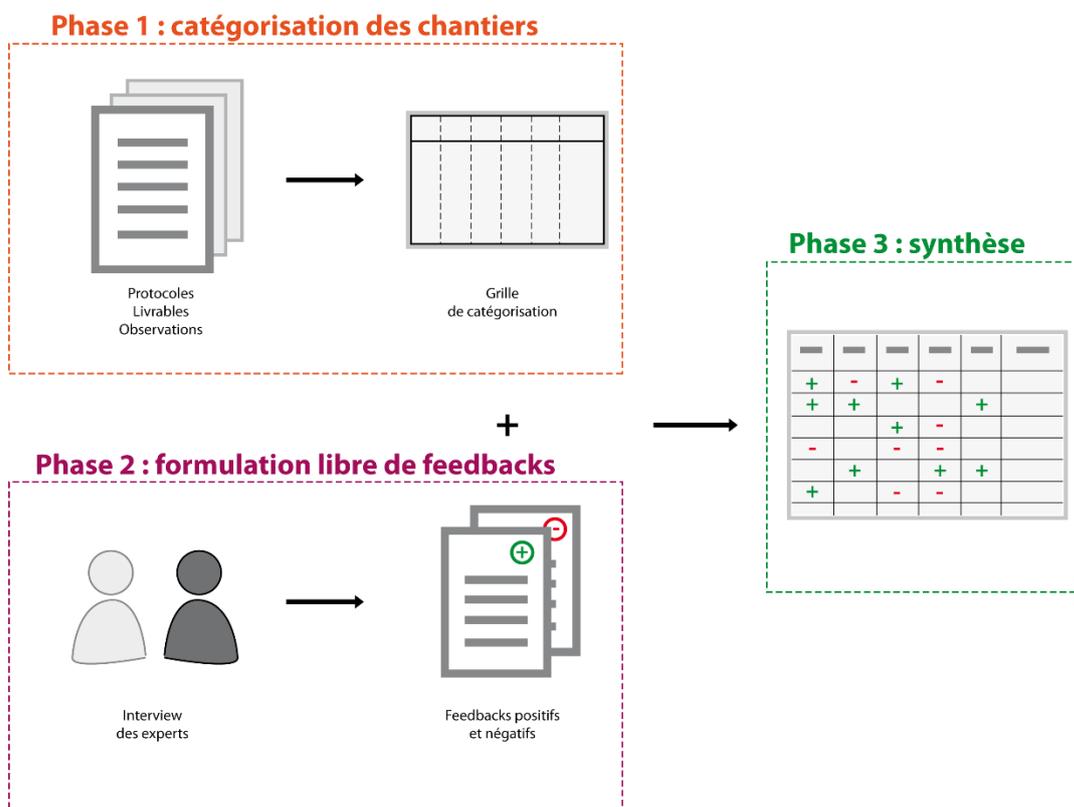


Figure 62: Protocole d'analyse des 10 projets

Le **Tableau 9** ci-dessous présente à titre d'information l'ensemble des verbatim issus de notre analyse des projets. Les verbatim « *positifs* » sont en vert, et les « *négatifs* » sont en rouge. Lorsqu'il n'y a pas de verbatim, c'est que les experts interviewés n'ont pas fait de remarques.

	OUTILS	METHODE		CONTENU		HUMAIN	
	Plaisir /biais	Structure	Processus	Format	Origine	Motivation	Cohésion
<b>Projet A</b>	Participants donnent une opinion sans avoir d'expertise	Découpage par métier ne permet pas d'avoir une vision systémique		Storyboard plus efficace			Certains métiers frustrés par la méthode inhabituelle
<b>Projet B</b>				Le livrable sous forme de scénario a bien été exploité		Frustration des participants dû au monopole de certains experts pendant l'évaluation	Faible implication des métiers Post-workshop
<b>Projet C</b>		Temps de présentation trop long et lieu mal adapté			Les anecdotes permettant une implication émotionnelle apportent une liberté de participation	Frustration de l'expert qui ne pouvait pas filtrer les idées au moment de la génération	Synthèse et exploitation du livrable pas partagée avec tous les participants.
<b>Projet D</b>	Evaluation biaisée car valorisation des participants		Le livrable final a demandé un travail supplémentaire post-workshop	Forme immersive et séduisante des données d'entrée			
<b>Projet E</b>		La vision et l'esprit d'équipe ont été perdus, pas de leader de la vision de synthèse.		Changement de représentation en cours de route puis retour au Storyboard			Manque de fédération autour d'une RI immersive
<b>Projet F</b>	Le jeu motive et implique les participants					Le jeu motive et implique les participants	
<b>Projet G</b>			Beaucoup de phases de transformation entre les idées initiales et livrable final	Le format de film animé en 3D permet un retour plus immédiat lors des tests		L'expert technique a fait son choix individuellement provoquant une perte d'adhésion	Perte d'implication collective
<b>Projet H</b>		Manque d'implication du chef de projet avec l'animateur créativité					Manque de motivation du groupe
<b>Projet I</b>			Débordement du planning initial notamment pour la phase scénarisation	Posters didactiques appréciés pour intégrer les données d'entrées		Livrable facilement partagé et validés.	Evaluation experte a posteriori efficace et appréciée
<b>Projet J</b>					Ré-utilisation d'inputs des participants pour l'animation appréciés; Importance de bien impliquer les sources et origines du projet dans la production du livrable	Le mode d'animation par itération permet de fédérer autour du livrable final	Evaluation experte a posteriori efficace et appréciée

Tableau 9: Verbatim complet de l'analyse des 10 projets

### 4.1.3.2 Analyse des experts

L'analyse par entretiens auprès des 9 experts en animation créative s'est déroulée au travers d'entretiens individuels semi-directifs d'une heure. Les personnes interviewées pouvaient prendre tout leur temps pour répondre à une question. Elles étaient libres dans leur formulation. Voici les 9 questions qui composaient le questionnaire, nous les avons résumées dans le **Tableau 10** ci-dessous.

<b>Question 1</b>	Avez-vous/Quelle est votre définition de la créativité ?
<b>Question 2</b>	A quel moment intervient la créativité dans votre travail ? Au cours d'un projet ?
<b>Question 3</b>	Comment abordez-vous cette phase créative ? Facilité ou difficulté ?
<b>Question 4</b>	Comment stimulez-vous votre créativité au quotidien ?
<b>Question 5</b>	Avez-vous une méthode ? Des outils ? Pensez-vous en avoir besoin ?
<b>Question 6</b>	Savez-vous expliquer comment viennent vos idées ?
<b>Question 7</b>	Quelles sont les conditions d'une bonne séance ? Pourquoi ?
<b>Question 8</b>	Y a-t-il des outils qui fonctionnent mieux que d'autres ? Pourquoi ?
<b>Question 9</b>	Et si chaque collaborateur pouvait animer sa créativité tout seul ? Comment ?

Tableau 10: Questionnaire des experts

Nous avons ensuite traité ces réponses par un codage consistant à repérer des ensembles sémantiques cohérents, puis à compter leur fréquence d'apparition au sein du panel de 9 experts. A titre d'exemple, pour la question 7, voici les réponses de 6 des 9 experts :

- cadre et objectif clair ;
- bien préparer en amont, très clair sur les objectifs ;
- bien préparer la séance ;
- problématique et objectif bien posé ;
- avoir préparé les participants en amont ;
- avoir un sujet bien déterminé.

Ces 6 réponses ont été synthétisée par un seul codage : « *Etre bien structurée en amont* ». L'ensemble du codage pour chaque question pourra être trouvé en *Annexes* pour information, et nous en présentons une vue exhaustive ci-après dans la partie *Résultats* (**voir § 4.1.4.2**).

## 4.1.4 Résultats

### 4.1.4.1 Analyse des projets

La **Figure 63** ci-dessous illustre la synthèse des résultats de notre analyse des projets. Chaque icône « *positif* » (vert) ou « *négatif* » (rouge) signifie qu'il y a eu un verbatim d'expert associé à un projet et une catégorie de feedbacks donnés. Lorsqu'il n'y a pas d'icône positif ou négatif, c'est que les experts interviewés n'ont pas fait de remarques. Nous présentons ensuite notre analyse des *feedbacks* négatifs et positifs, issus d'une synthèse des contenus du Tableau 9 précédemment exposé et de la Figure 63.

PROJET	EQUIPE	PROCESSUS	OUTILS	OUTILS	METHODE		CONTENU		HUMAIN	
				PLAISIR / BIAIS D'UTILISATION	STRUCTURE	PROCESSUS	FORMAT	ORIGINE	MOTIVATION	COHESION
<b>A</b> Systémique	Multi profils	① Génération ② Evaluation ③ Synthèse	Sketching; challenging questions; dot voting	-	-		+			-
<b>B</b> Systémique	R&D	① Génération ② Evaluation ③ Synthèse	Mapping; sketching; subjective dot voting				+		-	-
<b>C</b> Systémique	Multi-profils	① Génération ② Evaluation ③ Synthèse	Brainstorming; sketching; dot voting		-			+	-	-
<b>D</b> Classique	Multi-profils	① Evaluation ② Génération	Scale modelling; sketching; dot voting	-		-	+			
<b>E</b> Systémique	Chercheurs	① Evaluation ② Génération	Scenario planning;		-		+			-
<b>F</b> Classique	R&D	① Discussion ② Génération	Role playing; user flow	+					+	
<b>G</b> Systémique	R&D	① Génération ② Synthèse	Quick n dirty prototyping			-	+		-	-
<b>H</b> Systémique	Multi-profils	① Individuel ② Collectif ③ Synthèse	Concept map; mindmap		-					-
<b>I</b> Systémique	Multi-profils	① Génération ② Discussion ③ Experts	Scenario planning; brainstorming; vote expert			-	+		+	+
<b>J</b> Systémique	Multi-profils	① Individuel ② Collectif ③ Experts	Brainstorming; sketching; vote expert					+	+	+

## DESCRIPTIONS

## FEEDBACKS

Figure 63: Résultats de l'analyse des projets

### Feedbacks négatifs

Pour **3 projets sur 10** (A, B, et C) on constate que le processus qui consiste à générer et évaluer la production des participants pendant le workshop est corrélé à un avis négatif en termes de motivation personnelle et de cohésion du groupe. Cette observation fait écho à des récurrences constatées par les experts concernant la frustration, tantôt des participants, tantôt des experts, lorsque l'évaluation se fait en groupe de manière subjective. Pour **3 projets sur 10** (D, G, et I) on constate également des feedbacks négatifs concernant la gestion de la méthode, que l'on peut corréler avec les processus "évaluation-génération-évaluation", "génération-synthèse-synthèse", et "génération-discussion-synthèse". D'après les experts, ces enchainements de tâches demandent beaucoup de temps et d'investissement de la part du collectif, ce qui est difficile dans l'intervalle de temps court d'un workshop.

Les verbatim correspondant aux retours négatifs montrent que les participants doivent se sentir impliqués dans le projet sinon leurs émotions entravent leur participation aux workshops. Nous remarquons que c'est souvent à l'animateur d'intervenir pour accompagner les participants vers une vision de synthèse. Les interconnexions entre les idées sont peu traitées, et considérées séparément sans mettre en évidence les liens éventuels entre elles. Un dispositif est attendu pour permettre de perdre le moins possible de traces de la genèse des idées, afin d'éviter un travail important de l'animateur en dehors des séances.

### Feedbacks positifs

Les retours positifs en termes de motivation personnelle et de cohésion de groupe pour **2 projets sur 10** (I et J) peuvent être corrélés à l'apparition d'un vote expert détaché du workshop à proprement parler. Cette observation est fortement récurrente, d'après les verbatim l'évaluation experte a posteriori est plus efficace et diminue frustration et

subjectivité. On peut remarquer d'autres observations récurrentes, comme par exemple les formats de contenus plébiscités très positivement pour **6 projets sur 10** (A, B, D, E, G, et I). On peut corrélérer cette évaluation à la typologie visuelle et très illustrée des données d'entrée utilisées en donnée d'entrée de workshop, ou encore au plaisir d'utilisation des outils lorsqu'ils sont très visuels (dessin) comme pour les **2 projets** E et H.

Les verbatim relatifs aux retours positifs rapportent que les participants sont « rassurés » en présence d'une procédure découpée en phases précises explicitée en amont. D'après les experts, un temps important laissé au débat semble enrichir l'expérience des participants. Les données d'entrée séduisantes ou immersives sont mieux exploitées, car un format visuel animé et interactif permet un retour plus immédiat et plus facile. Toutefois, ils portent une attention particulière sur la qualité des représentations en données d'entrée, qui doit permettre de comprendre les données et d'éviter les effets de fixation (niveau d'abstraction). Nous constatons qu'encourager à dessiner favorise un environnement équilibré entre plaisir et sérieux (projet F et I), et fédérer le groupe autour d'un livrable commun permet d'augmenter la motivation. Enfin la qualité des représentations produites en données de sortie doit également permettre leur compréhension, leur acceptation, et leur diffusion.

#### 4.1.4.2 Analyse des experts

Le **Tableau 11** ci-dessous présente une vue exhaustive des résultats du questionnaire proposé aux 9 experts. Le codage complet est disponible en *Annexes* à la fin du document.

<b>Question 1 :</b> Avez-vous/Quelle est votre définition de la créativité ?	Etat d'esprit individuel (5/9)
	Résoudre un problème avec des solutions concrètes (3/9)
	Réponde à plusieurs (2/9)
<b>Question 2 :</b> A quel moment intervient la créativité dans votre travail ? Au cours d'un projet ?	Tout le temps (5/9)
	A chaque question/problème (7/9)
	Envie d'aller plus loin (6/9)
	Après récolte de contenu en amont (3/9)
<b>Question 3 :</b> Comment abordez-vous cette phase créative ? Facilité ou difficulté ?	Facilité (5/9)
	Difficulté (3/9)
	Lié à la culture personnelle (3/9)
<b>Question 4 :</b> Comment stimulez-vous votre créativité au quotidien ?	Curiosité et ouverture (8/9)
	Par banque d'images (3/9)
	Interactions sociale (2/9)
<b>Question 5 :</b> Avez-vous une méthode ? Des outils ? Pensez-vous en avoir besoin ?	Pas de méthodes/outils (7/9)
	Association analogique (6/9)
	Interactions sociales (1/9)
<b>Question 6 :</b> Savez-vous expliquer comment viennent vos idées ?	Ne sait pas (3/9)
	Problèmes ou questionnement (4/9)
	Observation et détachement (4/9)
	Association analogiques (5/9)
	Plaisir et bonne humeur (2/9)
	Interactions sociales (2/9)
<b>Question 7 :</b> Quelles sont les conditions d'une bonne séance ? Pourquoi ?	Ambiance et bienveillance (7/9)
	Bien structurer en amont (6/9)
	Motiver les participants (5/9)
	Construction du groupe (5/9)
	Outils et techniques (2/9)
<b>Question 8 :</b> Y a-t-il des outils qui fonctionnent mieux que d'autres ? Pourquoi ?	Jeu de rôles (3/9)
	Stimulation visuelle (4/9)
	CPS (2/9)
	Critique des techniques (chauffe, brainstorming, energizer) (4/9)
<b>Question 9 :</b> Et si chaque collaborateur pouvait animer sa créativité tout seul ? Comment ?	Phase individuel pour le quotidien (5/9)
	Des rdv en groupe réguliers (5/9)
	Comprend le processus plutôt que les outils (3/9)
	Expertise de l'animateur (2/9)

Tableau 11: Codage des réponses des 9 experts

### Aspects théoriques

La **Figure 64** ci-dessous illustre la synthèse des résultats de notre analyse des experts sur les aspects théoriques. Chaque pictogramme dans la figure, représente un expert, et la couleur orange représente la proportion des répondants.

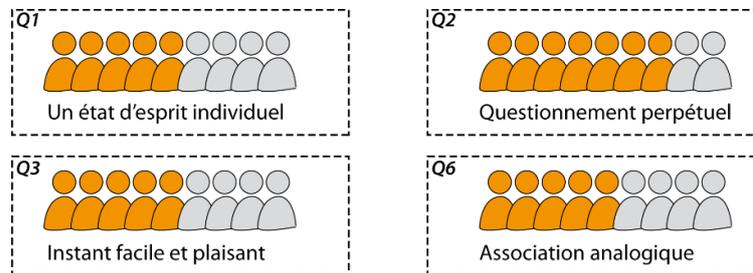


Figure 64: Résultats de l'analyse des experts sur les aspects théoriques

Les experts s'accordent à considérer la « créativité » comme le résultat d'un état d'esprit individuel (pour 5 experts sur 9) consistant à se questionner perpétuellement (pour 7 sur 9) et à trouver des idées par associations analogiques (pour 5 sur 9). Une phase qu'ils abordent plutôt avec facilité et plaisir (pour 5 sur 9).

### Aspects pratiques

La **Figure 65** ci-dessous illustre la synthèse des résultats de notre analyse des experts sur les aspects pratiques. Chaque pictogramme dans la figure, représente un expert, et la couleur bleue représente la proportion des répondants.

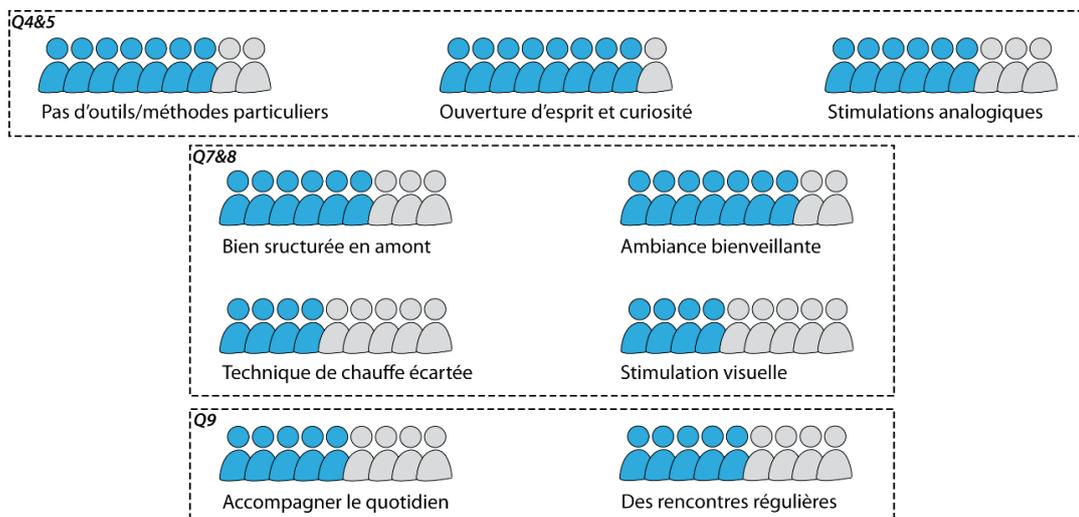


Figure 65: Résultats de l'analyse des experts sur les aspects pratiques

Les experts stimulent cette faculté individuelle sans outils et méthodes particuliers (7/9), en étant ouverts et curieux (8/9) et en provoquant des associations analogiques (6/9). Pour eux, une bonne « séance de créativité » est bien structurée en amont (6/9) et doit se dérouler dans une ambiance bienveillante (7/9). Les techniques dites « d'échauffement » sont écartées (4/9) au profit de la stimulation visuelle (4/9). Les attentes des experts en termes de méthodologie se portent sur un accompagnement pour la « créativité quotidienne » (5/9), complété par des rencontres régulières (5/9).

### 4.1.5 Discussion

L'analyse des 10 « chantiers créativité » a été effectuée plusieurs mois après leur réalisation effective, et on pourrait penser que les avis des experts présentent ainsi un biais notable. Cependant, un certain nombre de facteurs récurrents soulevés par cette analyse sont confirmés par les entretiens auprès des 9 experts en animation. Du point de vue de ces entretiens, nous rappelons que notre panel avait eu à plusieurs reprises l'occasion d'endosser le rôle de participant, animateur, et même commanditaire de séance de créativité par le passé. Il possédait donc une vision tout à fait pertinente sur le sujet. Ainsi de cette double analyse, nous retenons principalement trois constats :

1. Un moyen permettant aux individus d'identifier les interconnexions entre leurs idées permettrait de les rendre autonome au quotidien et de faciliter leur vision de synthèse. Il n'y a pas d'outils ou de méthodes spécifiques a priori, il s'agit surtout de stimulation analogique.
2. L'utilisation de représentations visuelles semble performante en tant que donnée d'entrée et de sortie, ou en tant que mode de travail, et ce afin d'améliorer la compréhension, l'acceptation, et la diffusion des productions. Toutefois un certain niveau de qualité et d'abstraction semble important à respecter.
3. Un processus structuré permettant une stimulation quotidienne complétée par des rencontres favorisant les débats bienveillants, et une évaluation experte a posteriori de la séance collective, semblerait adéquat pour l'implication émotionnelle et la diminution des frustrations des individus.

Nous rappelons ici l'importance de ces « pré-expérimentations » dans notre travail. Nous venons de présenter les résultats d'une lente « maturation » qui a duré plus de 6 mois, engendrée par la méthode de « recherche-action » ainsi que par les principes de la « théorisation ancrée ». Ces méthodes de recherche nous ont fait progresser « chemin faisant », en affinant nos constats au fur et à mesure de nos activités d'animation de la créativité. C'est à partir de ces constats de terrain issus du contexte industriel, et de leur confrontation à l'état de l'art (**voir chapitre 2**), que nous avons pu proposer une problématique et une hypothèse générale de recherche (**voir chapitre 3**). Dans les parties suivantes de ce quatrième chapitre, nous allons présenter quatre expérimentations qui nous ont permis de revenir au sein du contexte industriel afin de tester l'hypothèse générale et les trois hypothèses spécifiques de notre modélisation théorique (**voir § 4.2, 4.3, 4.4 et 4.5**).

## 4.2 Expérimentation 1 : « outils »

### 4.2.1 Objectif

L'objectif opérationnel et industriel de cette expérimentation menée sous forme d'un workshop de créativité était de générer des idées d'innovations dans le domaine des « prestations véhicule » sur la thématique « berline premium ». Cette thématique nécessitait un effort d'innovation important, dans une démarche de conception centrée sur l'utilisateur, afin d'apporter une plus-value significative pour les clients du « haut de gamme » de la marque. Le domaine des « prestations véhicule » touche l'ensemble de l'habitacle du véhicule, c'est-à-dire toutes les éléments en interaction directe avec le conducteur et les passagers potentiels. Les participants étaient invités à prendre connaissance de données d'entrées *technologiques* (le contexte fonctionnel), *sociologiques* (le contexte d'usage), *marketing* (l'état du marché et le segment de clientèle), et *stratégiques*, pour ensuite générer des fiches idées. Ces fiches étaient ensuite évaluées par deux experts du projet a posteriori.

Dans le cadre de cette expérimentation, nous avons choisi de tester l'hypothèse 1 portant sur les outils, et qui suppose que *l'utilisation d'outils de stimulation par analogies améliore la production créative*. L'objectif de cette expérimentation était de tester la différence de production d'idées en terme d'innovation et d'adéquation avec le cahier des charge du projet, entre l'utilisation d'une technique de « **brain-writing** » **aléatoire classique**, et l'utilisation d'une technique de « **brain-writing** » **avec stimulation analogique**.

### 4.2.2 Structure

Le **workshop de créativité** d'une durée d'une demi-journée, était divisé en quatre phases, comme l'illustre la **Figure 66** ci-dessous.

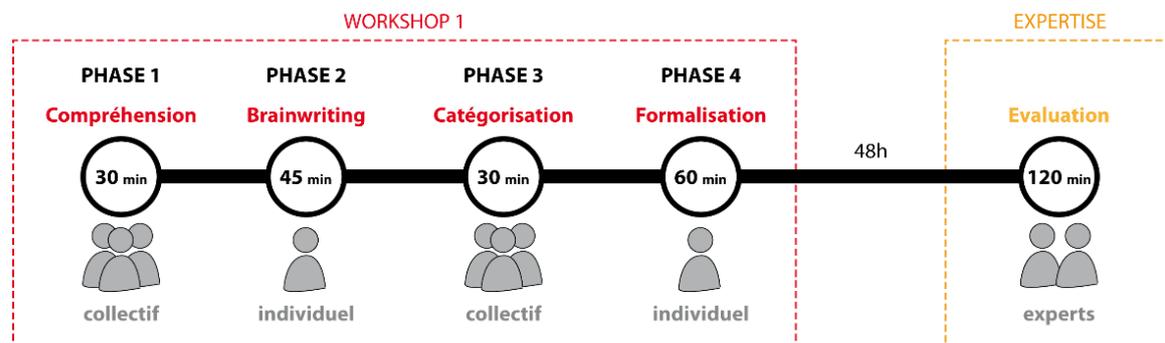


Figure 66: Structure de l'Expérimentation 1

- **PHASE 1 : Compréhension** (*collective*) de données d'entrée, avec l'écoute de présentations orales et la lecture de supports visuels accrochés au mur ; La **Figure 67** ci-dessous illustre cette phase.
- **PHASE 2 : Brainwriting** (*individuel*) sur des post-it notes afin de générer des idées d'usages (puisque la démarche de conception est centrée utilisateur) ;
- **PHASE 3 : Catégorisation** (*collective*) des idées et de formalisation d'un « *mapping des usages* » (cartographie visuelle) ;

- **PHASE 4 : Formalisation** (*individuelle*) de fiches idées « usages/ technologies » (donnée de sortie) issues des catégories précédemment identifiées. C'est-à-dire qu'elles associaient une idée d'usage avec les technologies associées pour le réaliser.



Figure 67: Présentation des données d'entrée en phase 1

Durant toute la durée du workshop, l'ensemble des données d'entrée formalisées sous la forme de supports visuels restaient visibles des participants (accrochées au mur). Ils pouvaient ainsi les consulter librement (voir figure 69).

Une **séance d'évaluation de deux heures** était organisée 48h après le workshop. Elle était composée uniquement de deux experts du projet, le responsable produit marque et le responsable marketing client. Les experts ont évalué les fiches idées « usages/ technologies » selon leur caractère innovant, l'adéquation avec la marque (cahier des charges produit), et la cible de clients visée (cahier des charges client).

### 4.2.3 Protocole

Le protocole déployé est illustré dans la **Figure 68** ci-dessous.

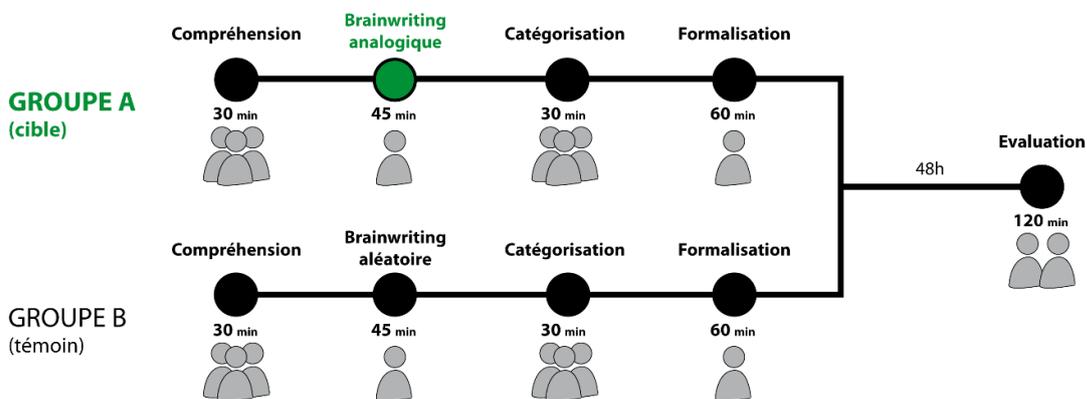


Figure 68: Protocole de l'Expérimentation 1

### 4.2.3.1 Ressources et moyens

Le workshop s'est déroulé dans deux salles séparées identiques composées de murs unis, d'une grande table centrale, et de chaises de bureau réparties tout autour. De cette manière l'environnement de travail était le plus neutre et le plus fonctionnel possible. La **Figure 69** ci-dessous illustre la configuration d'une salle.



*Figure 69: Configuration de salle identique pour les deux groupes*

Le workshop était composé de deux groupes pluridisciplinaires de 10 personnes (soit 20 au total) chacun répartis dans une salle (A : « *Analogique* », B : « *Aléatoire* ») avec des profils métiers strictement identiques :

- 3 profils « stratégie produit » ;
- 2 profils « ingénieur » ;
- 4 profils « designer » ;
- 1 profil hybride « design/technique » ;

Une formalisation des données d'entrées était proposée sous la forme de posters visuels strictement identique pour les deux groupes et accrochés dans leurs salles respectives. La **Figure 70** ci-dessous présente des exemples de formalisation de ces différentes données (de haut en bas : technologiques, marketing et sociologiques) utilisés pour les expérimentations 1, 2 et 3.

Enfin un animateur expérimenté était présent dans chaque groupe afin de conduire la séance. Chacun deux disposait du même guide d'animation (style d'animation, minutage des phases du workshop, outils, livrable final attendu).

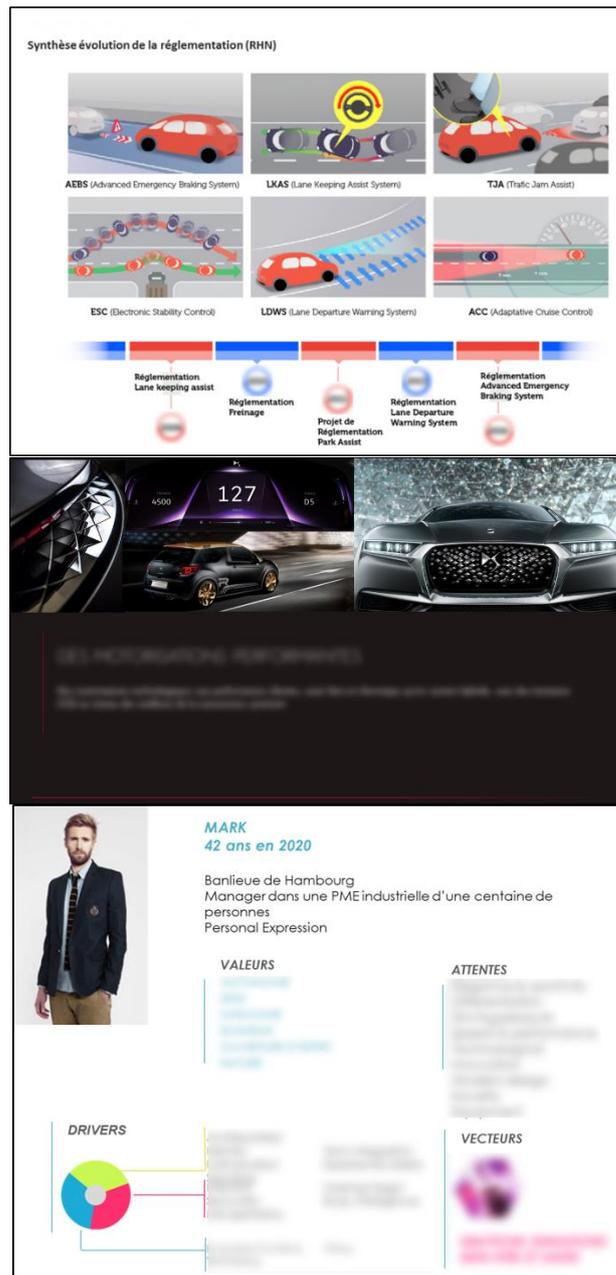


Figure 70: Exemple de formalisations utilisées pour EXP1, EXP2, EXP3

### 4.2.3.2 Temporalité

La durée totale du workshop était de trois heures, séparée par une pause de quinze minutes au milieu de la séance. La *phase 1* durait 30 minutes, la *phase 2* durait 45 minutes, la *phase 3* durait 30 minutes, et la *phase 4* durait 60 minutes.

### 4.2.3.3 Méthode

Les participants devaient remettre un gabarit de fiche idée strictement identique pour les deux groupes A et B. La **Figure 71** ci-dessous présente un exemple de gabarit. On trouve en haut à gauche l'espace pour le titre, puis pour le contenu à proprement parlé de la fiche : l'usage innovant. On trouve ensuite un espace pour mentionner les bénéficiés clients attendus, puis sur la droite, les différentes technologies à mettre en œuvre pour réaliser la

prestation. Tout en bas à droite figurent les critères d'évaluation qui seront ensuite utilisés par les experts après le workshop.

<p>TITRE</p> <input style="width: 90%; height: 20px;" type="text"/>	<p>INNOVATIONS PRESENTES</p> <div style="border: 1px solid black; height: 100px;"></div>								
<p>USAGE</p> <div style="border: 1px solid black; height: 150px;"></div>	<p>INNOVATIONS MANQUANTES</p> <div style="border: 1px solid black; height: 50px;"></div>								
<p>BENEFICES</p> <input style="width: 90%; height: 20px;" type="text"/>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%; border: none;"></td> <td style="width: 5%; border: none; text-align: center;">C</td> <td style="width: 5%; border: none; text-align: center;">M</td> <td style="width: 5%; border: none; text-align: center;">L</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> </tr> </table> <p>MARQUEURS PRODUIT :  MARQUEURS CIBLE :  INNOVATION :</p> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 30px; margin-left: auto;"></div>		C	M	L				
	C	M	L						

Figure 71: Gabarit de fiche idée de l'EXP1

Un questionnaire a été distribué aux deux groupes à l'issue du workshop. Il mentionnait la question suivante : « **Avez-vous facilement exploité toutes les données d'entrée dans la phase de génération ?** », accompagnée d'une échelle de Likert à 5 points pour répondre : 1-Non, pas du tout ; 2-Non, pas vraiment ; 3-Ne sais pas ; 4-Oui, un peu ; 5-Oui, totalement.

Afin de tester l'hypothèse 1 « outils », nous avons investigué la différence entre un outil de « brain-writing » par stimulation « **aléatoire** » (**classique**) et par stimulation « **analogique** » (**variante**). A cet effet une modification de protocole a eu lieu pour le groupe « *analogique* » (A), avec l'ajout d'une stimulation analogique directe (à l'oral par l'animateur) pendant la phase 2, et ce autour des univers suivants : « *raffinement* », « *sérénité* », « *savoir-faire* », « *confort* », « *connecté* », « *dynamisme* », « *personnalisé* ». Ces univers sont les mêmes mots-clés figurant sur les posters de « valeurs de marque », à disposition des deux groupes en tant que données d'entrée. Ainsi l'animateur du groupe « *aléatoire* » (B) stimulait ses participants avec des univers qui émanaient spontanément du groupe (phénomène de rebond caractéristique de la technique du brainstorming).

Enfin, l'évaluation des résultats a été réalisée par deux experts du projet, après le workshop de créativité. Toutes les fiches idées des deux groupes avaient été mise au propre selon le même format, par le même rédacteur. Puis chaque fiche était lue une seule fois, et notée selon trois critères : l'adéquation avec le *cahier des charges* « *produit* » (la correspondance avec la marque), l'adéquation avec le *cahier des charges* « *client* » (la correspondance avec la cible d'utilisateur), et le caractère *innovant*. Enfin, nous rappelons que l'évaluation s'est faite selon les valeurs et l'expérience subjective des experts pour les trois critères.

## 4.2.4 Résultats

Le **Tableau 12** ci-dessous résume l'ensemble des fiches idées produites, classées par catégories. Les noms des concepts ont été simplifiés et les catégories sont celles qui émergent de la production des participants. Elles ont été produites par les experts évaluant les fiches idées. Le nombre de fiches idées produites pour chaque catégorie est précisé, ainsi que le nombre de fiches idées produites par groupe.

Catégories de fiches idées	20 fiches idées du Groupe A (analogique)	16 fiches idées du Groupe B (aléatoire)
<b>Assises</b> (4 fiches idées)	1) Transparent 2) Agréable 3) Antifatigue	1) Confort
<b>Espace</b> (7 fiches idées)	1) Discret 2) Ergonomique et confortable	1) Modulable 2) Famille 3) Zen 4) Praticité 5) Bureau
<b>Sensoriel</b> (3 fiches idées)	1) Audio 2) Expert	1) Bien-être
<b>Avant</b> (3 fiches idées)	1) Matériaux 2) Marque 3) Atelier	
<b>Personnalisation</b> (7 fiches idées)	1) Intérieure 2) Partenaires 3) Changeante	1) Coffre 2) Envies 3) Partenaire 4) Nature
<b>Accueil</b> (3 fiches idées)	1) Expérience personnalisée 2) Animation	1) Autonome
<b>IHM</b> (6 fiches idées)	1) Distinctive 2) Assistant intelligent	1) Assistant 2) Humour 3) Respect 4) Zen
<b>Services</b> (3 fiches idées)	1) Assistant 2) Jeu 3) premium	

Tableau 12: Table des catégories et des fiches idées de l'EXP 1

Le **Tableau 13** ci-dessous présente les résultats de l'évaluation des fiches idées par les experts. Il n'y avait pas de critères plus précis à ce stade étant donné que seules des idées simples étaient évaluées. Les deux experts du projet devaient noter chaque fiche en fonction des trois critères adéquation « *Client* », adéquation « *Produit* », caractère « *Innovant* ». Ainsi ils devaient se mettre d'accord sur une « note commune ». Nous avons noté « **O** » (Oui) lorsque le critère est validé, et « **N** » (Non) lorsqu'il n'est pas validé.

Catégories	Fiches idées	CLIENT	PRODUIT	INNOVANT	
<b>Groupe A (analogique)</b>	Assises	Transparent	O	N	O
		Agréable	O	O	O
		Antifatigue	O	O	O
	Espace	Discret	O	N	O
		Ergonomique	O	O	O
	Sensoriel	Audio	O	O	O
		Expert	O	O	O
	Avant	Matériaux	O	O	O
		Marque	O	O	O
		Atelier	N	O	O
	Personnalisation	Intérieure	O	O	O
		Partenaires	O	O	O
		Changeante	O	O	O
	Accueil	Expérience perso.	O	O	O
		Animation	O	O	O
	IHM	Distinctive	O	O	O
		Assistant intelligent	O	O	O
	Services	Assistant	O	O	O
		Gamification	N	O	N
		VIP	O	O	O
<b>Groupe B (aléatoire)</b>	Assises	Confort	O	O	N
		Modulable	O	O	O
	Espace	Famille	N	N	N
		Zen	O	N	O
		Praticité	O	O	N
	Sensoriel	Bureau	O	N	O
		Bien-être	O	O	N
	Personnalisation	Coffre	O	O	O
		Envies	O	O	N
		Partenaire	N	O	N
		Nature	N	N	N
	Accueil	Autonome	O	O	N
		Assistant	O	O	O
	IHM	Humour	O	O	N
		Respect	N	N	N
Apaisante		O	O	N	

Tableau 13: Table des fiches idées évaluées par les experts pour l'EXP1

Les **Figure 72** et **Figure 73** ci-dessous présentent un exemple de fiche idée produite par chacun des groupes à l'issue du workshop 1. Nous précisons que des contenus sont masqués pour des raisons de confidentialité. Toutefois nous résumons ces fiches à titre d'exemple. La première fiche du groupe A « *analogique* » évoque l'usage d'un assistant IHM automobile que l'on pourrait commander par la voix, et qui nous répond à l'oral également. Le participant a proposé des technologies potentielles permettant de réaliser cette prestation. La seconde fiche du groupe B « *aléatoire* » évoque le fait de pouvoir disposer d'un rang arrière pouvant

accueillir des enfants ou des grands-parents tout en restant confortable et premium. Des idées de technologies sont également avancées pour réaliser cette prestation.

**TITRE**

**USAGE**

**BENEFICES**

**INNOVATIONS PRIA**

**INNOVATIONS MANQUANTES** C M L

**MARQUEURS DS :**  
**PERSONA CHINE :**  
**PERSONA EUROPE :**  
**DPE :**

Figure 72: Fiche idée du groupe A (analogique) pour l'EXP1

**TITRE**

**USAGE**

**BENEFICES**

**INNOVATIONS PRIA**

**INNOVATIONS MANQUANTES** C M L

**MARQUEURS DS :**  
**PERSONA CHINE :**  
**PERSONA EUROPE :**  
**DPE :**

Figure 73: Fiche idée du groupe B (aléatoire) pour l'EXP1

#### 4.2.4.1 Quantitatifs

Nous commençons par une synthèse des résultats quantitatifs, illustrée par la **Figure 74** ci-dessous. Les proportions graphiques correspondent aux pourcentages.

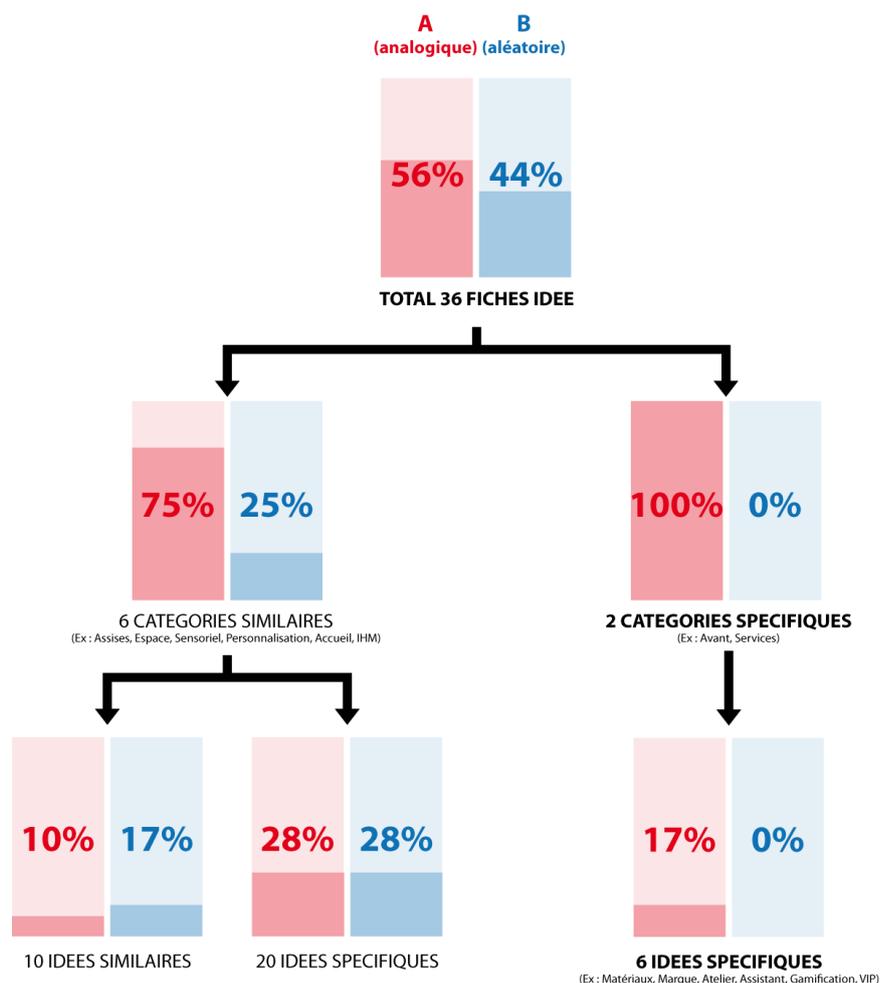


Figure 74: Synthèse des résultats quantitatifs pour l'EXP1

Au total **36 fiches idées** ont été produites, **20** pour le groupe A (56%) et **16** pour le groupe B (44%).

Ces 36 fiches idées sont réparties dans plusieurs catégories (ou thématiques), par exemple une catégorie « *assises* » regroupe toutes les idées au niveau du siège, « *IHM* » regroupe celles liées aux interfaces, etc. Certaines catégories sont donc similaires aux deux groupes (communes) ou spécifiques à un groupe (originales). Au sein des *catégories similaires*, on trouve également des idées qui sont similaires entre elles (par exemple « *confort* » et « *agréable* »), ou bien spécifiques (par exemple « *confort* » et « *transparent* »). Au sein des *catégories spécifiques*, on trouve ainsi les idées les plus originales sur le total des 36 fiches idées.

On dénombre ainsi **6 catégories similaires** (*Assises, Espace, Sensoriel, Personnalisation, Accueil, IHM*), et **2 catégories spécifiques** au groupe A (*Avant, Services*).

Les deux groupes A (*analogique*) et B (*aléatoire*) ont produit tous les deux **10 fiches idées spécifiques** (28%).

En revanche, le groupe A a produit **6 fiches idées spécifiques** au sein de *catégories spécifiques*, là où le groupe B n'en a produit **aucune** (0%).

#### 4.2.4.2 Questionnaire

Concernant le questionnaire proposé aux participants, et à la question “*Avez-vous facilement exploité toutes les données d’entrée dans la phase de génération ?*”, les réponses ont été les suivantes :

- le groupe A (*analogique*) a répondu à **4,3** sur 5 (oui, un peu)
- le groupe B (*aléatoire*) a répondu à **2,8** sur 5 (non, pas vraiment)

#### 4.2.4.3 Qualitatifs

Nous poursuivons avec la synthèse des résultats qualitatifs issus de l’évaluation experte des résultats de la production créative, illustrée par la **Figure 75** ci-dessous. Les proportions graphiques correspondent aux pourcentages. Nous rappelons que cette évaluation basée sur trois critères : adéquation « *cahier des charges produit* », adéquation « *cahier des charges client* », et caractère « *innovant* », a été faite selon la subjectivité des experts, et en fonction de leur unique expérience des contraintes du projet.

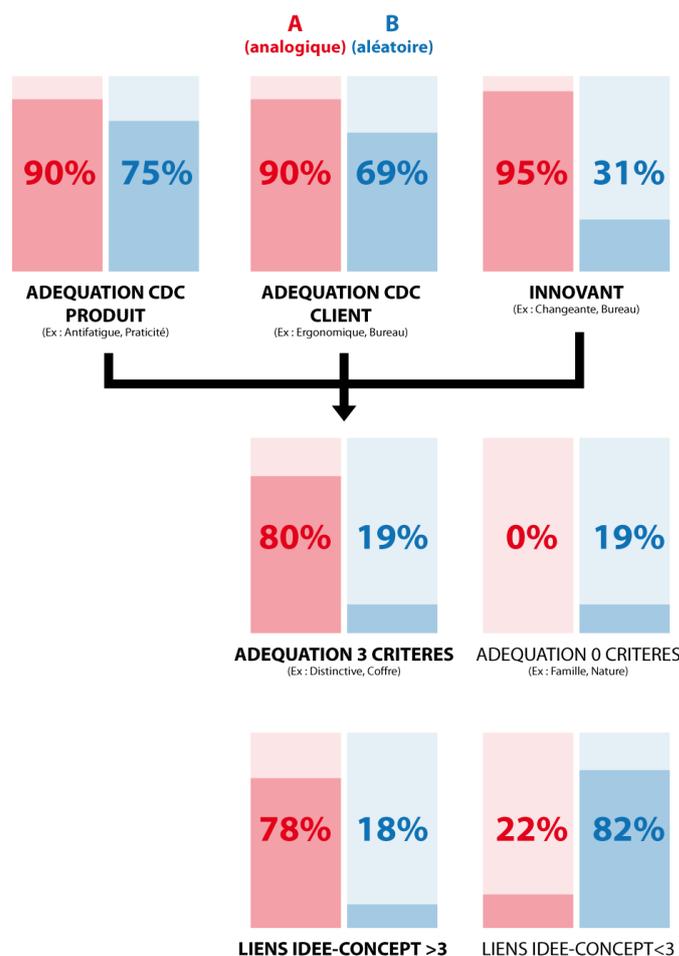


Figure 75: Synthèse des résultats qualitatifs pour l'EXP1

Le total des fiches idées adéquates avec le *cahier des charges* « produit » est de **18 sur 20** pour le groupe A (90%), et de **12 sur 16** pour le groupe B (75%). Concernant le *cahier des charges* « client », le total des fiches idées adéquates est de **18 sur 20** pour le groupe A (90%), et de **11 sur 16** pour le groupe B (69%). Enfin le total des fiches idées qualifiées d'*innovantes* est de **19 sur 20** pour le groupe A (95%), et de seulement **5 sur 16** pour le groupe B (31%).

Nous avons également comptabilisé le nombre de fiches idées correspondant aux *trois critères* : adéquation avec les deux cahiers des charges et innovante. Le total est de **16 sur 20** pour le groupe A (80%), et de **3 sur 16** pour le groupe B (19%). Ce dernier totalise également 3 fiches sur 16 qui ne correspondent à aucun critère.

Enfin nous avons voulu observer combien de fiches idées produites lors de ce workshop étaient réutilisées ensuite pour un second workshop de *génération de concept*. Ainsi on constate que le nombre de fiches concepts réutilisant au moins *3 fiches idées ou plus*, a été de **78%** pour le groupe A et de seulement **18%** pour le groupe B. Un point intéressant a été relevé, le nombre de fiches concepts liées à *moins de 3 fiches idées* est de **22%** pour le groupe A et de **82%** pour le groupe B.

#### 4.2.5 Discussion

Le groupe A (*analogique*) a produit légèrement plus de fiches idées (*56% contre 44%*). Il a produit moins d'idées similaires dans des catégories partagées que le groupe B (*aléatoire*) (*10% contre 17%*), et les deux groupes ont produit autant d'idées spécifiques au sein des catégories partagées (*28%*). On peut donc constater que les écarts ne sont pas très importants entre les deux groupes. En revanche le groupe A (*analogique*) a produit plus d'idées spécifiques dans des catégories non-partagées avec le groupe B (*aléatoire*), soit *17% contre 0%*. Les idées les plus originales de ce workshop ont donc été produites exclusivement par le groupe A (*analogique*). Nous pouvons préciser également que les deux catégories spécifiques au groupe A (*analogique*) sont « Avant » et « Services », c'est-à-dire des usages intangibles qui se déroulent avant et après l'expérience de vie à bord, en dehors du véhicule. A l'inverse le nombre de fiches idées est plus important dans les catégories du groupe B (*aléatoire*) telles que « Espace » ou « IHM », qui concerne spécifiquement le véhicule et son intérieur. On remarque donc que les idées du groupe A sont moins centrées sur « l'objet » automobile, mais davantage sur les relations temporelles et spatiales, et les interactions avec l'écosystème de services et d'expériences autour du véhicule.

Concernant l'évaluation qualitative, les rapports se creusent entre les deux groupes, concernant les deux cahiers des charges, le groupe A (*analogique*) est plus performant avec *90% contre 75%* pour le « produit », et *90% contre 69%* pour le « client ». L'écart est très important pour le caractère *innovant* des idées puisque le groupe A (*analogique*) totalise *95%* d'idées innovantes dans sa production, contre *31%* pour le groupe B (*aléatoire*). Les catégories d'idées plébiscitées par les experts concernent la « personnalisation » et « l'espace » pour le groupe B (*aléatoire*), et l'« accueil » et la « sensorialité » pour le groupe A (*analogique*). Ainsi les productions du groupe B demeurent plutôt « intra-domaine » vis-à-vis de l'univers automobile, là où celles du groupe A invoquent des territoires nouveaux « inter-domaines »

éloignés mais connectés au sujet initial, liés aux sens (musique, kinesthésie) et à l'expérience (accueil en amont, service fluide, traitement « VIP »).

Par rapport au groupe témoin (B), le groupe expérimental (A) qui testait la stimulation analogique a produit sensiblement plus de fiches idées, en termes d'une part de *quantité* et d'*originalité*, mais d'autre part en termes d'*innovation* et d'adéquation avec *les cahiers des charges* du projet. Les participants du groupe A semblent avoir plus facilement exploité les données du projet d'après leur propre avis recueilli par le questionnaire. De plus, les fiches idées produites par le groupe expérimental qui testait la stimulation analogique ont été beaucoup plus réutilisées dans le workshop ultérieur de développement en fiches concepts. On peut donc supposer que ces fiches idées ont été davantage réutilisées parce qu'elles étaient de meilleure qualité (plus adéquates et plus innovantes), mais on peut aussi supposer qu'elles étaient plus facilement synthétisables et combinables que celles produites par le groupe témoin (B). Les raisons de cette facilité à relier les idées sont selon nous dues à l'intégration d'éléments à forte composante analogique lors du brain-writting. En effet, nous savons déjà par de précédentes études que les analogies améliorent la créativité (Bonnardel, 2006). Toutefois dans notre travail, nous cherchons à mettre en évidence la performance des analogies dans un contexte de complexité systémique, nécessitant de produire une grande quantité de liens et de relations entre les éléments du problème et au sein des solutions. Nous rappelons que le contexte du projet de l'EXP1 était qualifié de complexe et systémique, car un très grand nombre de données très diversifiées devaient être intégrées en un temps relativement court. Ainsi nous attribuons l'écart en terme de qualité des idées produites, à l'utilisation d'un outil de stimulation analogique par le groupe A. Cette stimulation a permis d'améliorer la description des informations présentes dans l'environnement des participants (posters, données d'entrée, etc.), tout en préservant et développant les liens et relations entre elles, et ce au service d'une meilleure qualité et diversité des idées.

Nous pouvons donc en conclure que l'hypothèse 1 est validée.

La stimulation analogique a vraisemblablement permis aux participants de stimuler leurs interactions sensori-motrice afin d'exploiter plus facilement les données d'entrée à leur disposition. Il s'agit donc d'une augmentation de la performance du *cycle d'externalisation et de re-description*, permettant de générer des idées avec un fort pouvoir combinatoire, et un plus grand degré d'innovation et d'adéquation avec les contraintes du projet. Cependant, nous avons fait ici le choix d'analogies *intra-domaine* (des valeurs de la marque concernée par le projet) mais dont la représentation peut être considérée comme *inter-domaine éloignée* (des mots évoquant des concepts très génériques). Il reste donc à définir précisément la nature des analogies à utiliser et leur influence sur la production, en menant une analyse plus fine notamment des structures de relations entre « *degré de surface et degré de profondeur* » des analogies. Nous sommes également conscients que de nouvelles expérimentations dans le cadre de projets ou de secteurs différents permettraient d'agrandir nos échantillons d'analyse, et d'éprouver la robustesse de nos résultats.

## 4.3 Expérimentation 2 : « formats »

### 4.3.1 Objectif

L'objectif opérationnel et industriel de ce workshop de créativité était de générer des concepts innovants dans le domaine des « prestations véhicule » sur la thématique « berline premium ». Le domaine des « prestations véhicule » touche l'ensemble de l'habitacle du véhicule, c'est-à-dire toutes les éléments en interaction directe avec le conducteur et les passagers potentiels. La thématique « berline premium » implique que des concepts « haut de gamme » sont attendus. Par rapport aux idées, les concepts doivent être relativement élaborés et robustes, afin d'être transmis aux équipes d'ingénierie pour nourrir le projet. Il s'agissait de concevoir des fonctions, des interactions, ou des expériences à vivre à l'intérieur d'un véhicule, avec une exigence particulière en termes de qualité perçue. Les participants étaient invités à prendre connaissance de données d'entrées *technologiques* (contexte fonctionnel), *sociologiques* (contexte d'usage), *marketing* (état du marché et segment de clientèle), et *stratégiques*. De plus, des fiches idées produites lors d'un précédent workshop sur la même thématique ont été proposées aux participants pour démarrer leur réflexion. Leur objectif était de développer ces idées et de faire émerger des pistes d'innovation concrètes sous la forme de « fiches concept ». Ces fiches étaient ensuite évaluées par deux experts du projet a posteriori.

Sur cette expérimentation, nous avons choisis de tester l'hypothèse 2 qui portait sur les « formats », et qui suppose que *l'utilisation d'un langage de formes visuelles améliore la production créative*. L'objectif de notre recherche était de tester la différence de production de concepts en terme d'innovation et d'adéquation avec le cahier des charges du projet, entre l'utilisation d'un **gabarit de formalisation non guidé classique**, et l'utilisation d'un **gabarit de formalisation guidé par des formes visuelles**.

### 4.3.2 Structure

Le **workshop de créativité** d'une durée d'une demi-journée, était divisé en trois phases, comme l'illustre la **Figure 76** ci-dessous.

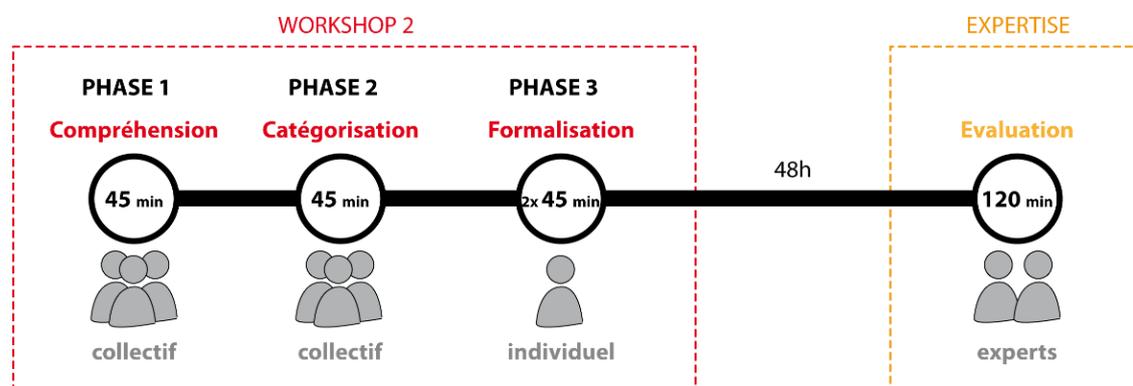


Figure 76: Structure de l'Expérimentation 2

- **PHASE 1 : Compréhension** (*collective*) de données d'entrées avec une lecture de supports visuels accrochés au mur avec une courte présentation orale. Les *fiches idées* produites lors d'un précédent workshop ont également été présentées ;
- **PHASE 2 : Catégorisation** (*collective*) des fiches idées et de formalisation d'un *mapping de synthèse*, une cartographie visuelle des idées classées par thématiques ;
- **PHASE 3 : Formalisation** (*individuelle*) de fiches concept « *prestations* » (donnée de sortie) issues des catégories précédemment identifiées dans le *mapping de synthèse*. La **Figure 77** ci-dessous illustre cette phase de formalisation individuelle.



Figure 77: Formalisation individuelle de fiche concept

Durant toute la durée du workshop, l'ensemble des données d'entrée représentées sous la forme de supports visuels restaient visibles des participants, accrochées au mur. Il en était de même pour les fiches idées qui étaient disposées sur la table de travail. Les participants pouvaient ainsi les consulter librement.

Une **séance d'évaluation de deux heures** était ensuite organisée 48h après le workshop, composée uniquement de deux experts du projet, le responsable produit marque et le responsable marketing client. Les experts ont évalué les *fiches concept* « *prestations* » selon leur caractère *innovant* et selon *l'adéquation avec la marque* (cahier des charges produit) et *la cible* de clients visée (cahier des charges client).

### 4.3.3 Protocole

Le protocole déployé est illustré dans la **Figure 78** ci-dessous.

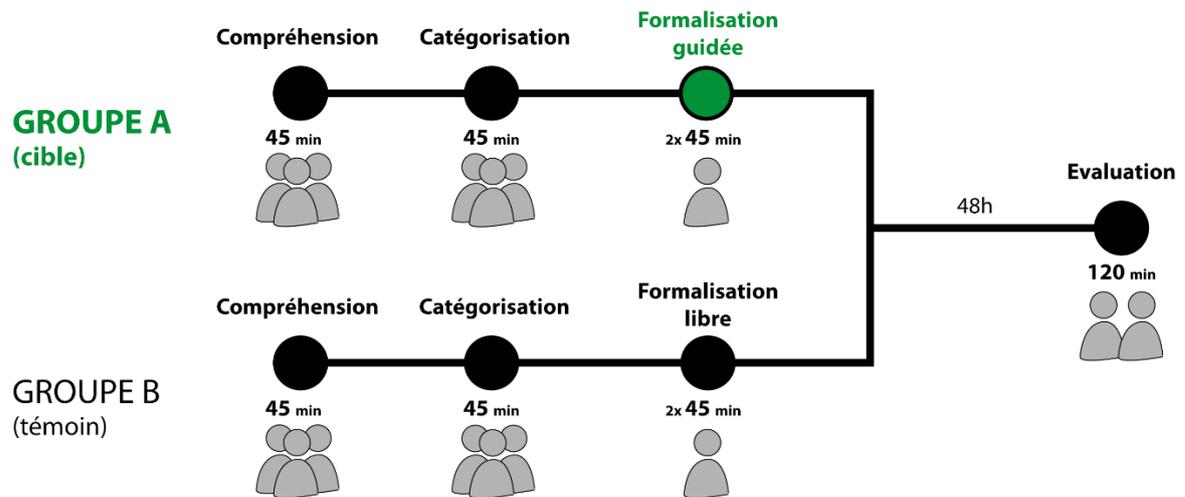


Figure 78: Protocole de l'Expérimentation 2

#### 4.3.3.1 Ressources et moyens

Le workshop s'est déroulé dans deux salles séparées identiques composées de murs unis, d'une grande table centrale, et de chaises de bureau réparties tout autour.

Il était composé de deux groupes pluridisciplinaires de 10 personnes (soit 20 au total) chacun répartis dans une salle (A : « Guidé », B : « Non guidé ») avec des profils métiers strictement identiques :

- 3 profils « stratégie produit »
- 1 profil « ingénieur »
- 4 profils « designer » + 1 novice (stagiaire)
- 1 profil hybride « design/technique »

Une formalisation des données d'entrées était proposée sous la forme de posters visuels strictement identiques pour les deux groupes et accrochés dans leurs salles respectives.

Enfin un animateur expérimenté était présent dans chaque groupe afin de conduire la séance, avec le même guide d'animation (style d'animation, minutage des phases, outils, livrable attendu).

#### 4.3.3.2 Temporalité

La durée totale du workshop était de trois heures environ, séparée par une pause de quinze minutes au milieu de la séance. La *phase 1* durait 45 minutes, la *phase 2* durait 45 minutes, et la *phase 3* durait deux fois 45 minutes avec la pause à prendre librement.

### 4.3.3.3 Méthode

L'outil de stimulation utilisé était le « *brain-sketching* » pour les deux groupes A et B. C'est-à-dire une stimulation de type « brainstorming » où le moyen d'expression est le dessin.

Un questionnaire d'une seule question a été distribué aux deux groupes à l'issue du workshop. La question posée était : « **Avez-vous facilement utilisé le template fourni pour générer vos fiches concept ?** », accompagnée d'une échelle de Likert à 5 points pour répondre : 1-*Non, pas du tout* ; 2-*Non, pas vraiment* ; 3-*Ne sais pas* ; 4-*Oui, un peu* ; 5-*Oui, totalement*

Afin de tester l'hypothèse 2 sur les « formats », nous avons souhaité tester la différence entre un **gabarit de fiche concept « non guidé »** et un **gabarit de fiche concept « guidé par des formes visuelles »**. A cet effet une modification de protocole a eu lieu pour le groupe « *guidé* » (A), avec l'ajout de schémas représentant plusieurs vues abstraites d'un véhicule (une vue de dessus et deux vues d'intérieur) comme l'illustre la **Figure 79** ci-dessous. Ainsi pendant la phase 3, les participants du groupe « *non guidé* » (B) recevaient des gabarits différents pour formaliser leur concept comme l'illustre la **Figure 80** ci-dessous. En revanche les deux gabarits comportaient les mêmes supports d'informations : un espace pour le titre, pour la description du concept, et pour les technologies à mettre en œuvre pour sa réalisation. Un encart en bas à gauche, réservé aux experts, explicitait les critères d'évaluation.

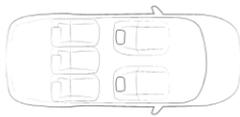
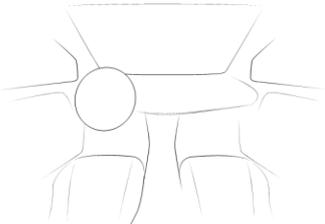
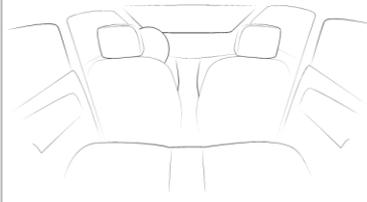
TITRE		INNOVATIONS		BENEFICE	IMPACT
CONCEPT					
					
		CIBLE :			
		ENJEUX :			
		VECTEURS :			
		BENEFICES MAJEURS :			

Figure 79: Gabarit de fiche concept du groupe A (*guidé*)

<p>TITRE</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p>CONCEPT</p> <div style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 100%;"></div>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 60%;">INNOVATIONS</th> <th style="width: 20%;">BENEFICE</th> <th style="width: 20%;">IMPACT</th> </tr> <tr> <td style="height: 100px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>CIBLE :</p> <p>ENJEUX :</p> <p>VECTEURS :</p> <p>BENEFICES MAJEURS :</p> </div>	INNOVATIONS	BENEFICE	IMPACT			
INNOVATIONS	BENEFICE	IMPACT					

Figure 80: Gabarit de fiche concept du groupe B (non guidé)

Enfin, l'évaluation des résultats a été réalisée par deux experts du projet, a posteriori du workshop de créativité. Toutes les *fiches concept* « prestations » des deux groupes ont été présentées de la même façon sans modifications préalables, par le même présentateur. Chaque fiche concept était lue une seule fois, et notée selon 26 critères :

- 8 pour l'adéquation avec le *cahier des charges* « produit », il s'agit de valeurs représentant la marque visée (détail confidentiel)
- 15 pour l'adéquation avec le *cahier des charges* « client », il s'agit de valeurs représentant la cible clientèle visée (détail confidentiel)
- 3 pour la *compréhensibilité du concept* par l'évaluateur (faible, normal, fort)

Nous rappelons que l'évaluation a été réalisée selon les valeurs et l'expérience subjective des experts pour les vingt-six critères. De notre côté, nous considérons une fiche concept « adéquate avec le *cahier des charges* » lorsqu'elle totalise plus de la moitié des critères, soit **au moins 5** pour le *cahier des charges* « produit », et **au moins 8** pour le *cahier des charges* « client ».

#### 4.3.4 Résultats

Le **Tableau 14** ci-dessous résume l'ensemble des fiches concepts produites, classées par catégories. Les noms des concepts ont été simplifiés et les catégories ont été définies par les experts évaluant les fiches concepts. Le nombre de fiches concepts produites pour chaque catégorie est précisé, ainsi que le nombre de fiches concepts produites par groupe.

Catégories de fiches concepts	9 fiches concepts du Groupe A (guidé)	11 fiches concepts du Groupe B (non guidé)
<b>Confort</b> (7 fiches concepts)	1) Siege intelligent 2) Siege confort	1) Siege multifonction 2) Facile 3) Modulable 4) Bureau 5) Coffre pratique
<b>Personnalisation</b> (4 fiches concepts)	1) En concession 2) Vidéo 3) Programmable	1) Typable
<b>Technologie</b> (9 fiches concepts)	1) Signature lumineuse 2) Audio 3) IHM premium 4) Assistant personnel	1) IHM pratique 2) Adaptation auto 3) Continuité totale 4) Coach 5) Domotique

Tableau 14: Table des catégories et des fiches concepts de l'EXP 2

Le **Tableau 15** ci-dessous présente les résultats de l'évaluation des fiches concepts par les experts. Nous rappelons que chaque cahier des charges reposait sur un certain nombre de critères préétablis par les experts. Cependant parce qu'ils sont les indicateurs réels de l'entreprise, nous n'avons pas le droit de les mentionner. Pour chaque fiche concept et pour chacun des critères, les deux experts devaient se mettre d'accord sur une « note commune ». Nous mettons en gras les résultats significatifs : forte compréhensibilité, supérieurs ou égaux à 8 pour le *cahier des charges* « client », et supérieurs ou égaux à 5 pour le *cahier des charges* « produit ».

Catégories de fiches	Fiches concepts	CLIENT (15 critères)	PRODUIT (8 critères)	COMPREHENSION (faible/ normale/ forte)	
<b>Groupe A (analogique)</b>	Confort	Siege intelligent	7	5	normal
		Siege confort	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>fort</b>
	Personnalisation	En concession	6	3	<b>fort</b>
		Vidéo mapping	<b>11</b>	5	normal
	Technologie	Programmable	<b>13</b>	6	<b>fort</b>
		Signature lumineuse	9	5	<b>fort</b>
		Mise en scène audio	<b>10</b>	7	<b>fort</b>
		IHM premium	8	2	<b>fort</b>
<b>Groupe B (aléatoire)</b>	Confort	Assistant personnel	<b>13</b>	7	<b>fort</b>
		Siege multifonction	<b>11</b>	3	<b>fort</b>
		Facile	<b>14</b>	5	normal
		Modulable	6	4	normal
		Bureau	8	3	<i>faible</i>
	Personnalisation	Coffre pratique	0	0	normal
		Typable	0	<b>5</b>	normal
	Technologie	IHM pratique	4	2	normal
		Adaptation auto	7	2	normal
		Continuité totale	<b>10</b>	2	normal
		Coach	<b>8</b>	2	normal
	Domotique	4	2	normal	

Tableau 15: Table des fiches concepts évaluées par les experts pour l'EXP 2

Les **Figure 81** et **Figure 82** présentent un exemple de *fiche concept* produite par chacun des

groupes à l'issue du workshop 2. Nous précisons que des contenus sont masqués pour des raisons de confidentialité. Toutefois nous résumons ces fiches à titre d'exemple. La première fiche du *groupe A* évoque un concept de service d'assistant numérique parfaitement adapté à l'utilisateur. La fiche du *groupe B* présente un concept de coffre facile à manipuler.

TITRE	INNOVATIONS	BENEFICE	IMPACT
<p>CONCEPT</p>			
<p>CIBLE :</p> <p>ENJEUX :</p> <p>VECTEURS :</p> <p>BENEFICES MAJEURS :</p>			

Figure 81: Fiche concept du groupe A « guidé » pour l'EXP2

TITRE	INNOVATIONS	BENEFICE	IMPACT
<p>CONCEPT</p>			
<p>CIBLE :</p> <p>ENJEUX :</p> <p>VECTEURS :</p> <p>BENEFICES MAJEURS :</p>			

Figure 82: Fiche concept du groupe B « non guidé » pour l'EXP2

#### 4.3.4.1 Quantitatifs

Nous commençons par une synthèse des résultats quantitatifs, illustrée par la **Figure 83** ci-dessous. Les proportions graphiques correspondent aux pourcentages.

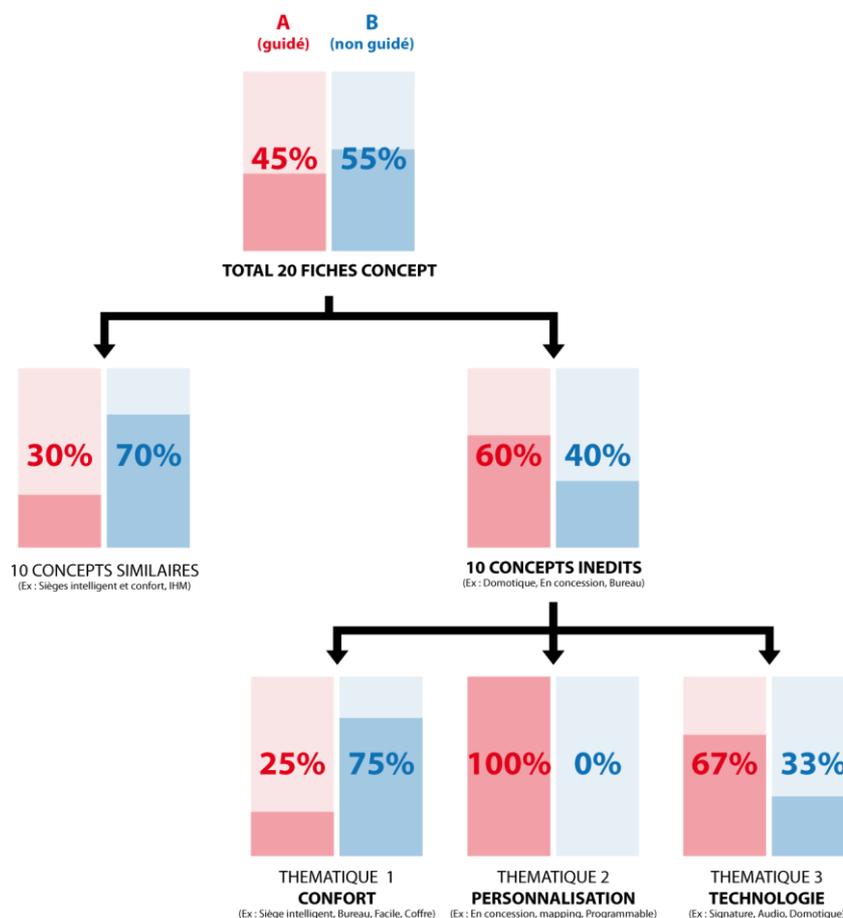


Figure 83: Synthèse des résultats quantitatifs pour l'EXP2

Au total **20 fiches concepts** ont été produites, **9** pour le groupe A (45%), et **11** pour le groupe B (55%). On distingue des concepts « *similaires* », c'est-à-dire identique entre deux groupes (par exemple « *Programmable* »). Et on distingue des concepts « *inédits* », c'est-à-dire produits par un seul groupe, donc originaux (par exemple « *Domotique* »).

Il y a **10 concepts similaires** entre les deux groupes, dont **3** fiches concepts pour le groupe A (30%) et **7** pour le groupe B (70%). Les concepts ont été définis comme étant similaire lorsqu'ils évoquent sensiblement le même usage et qu'ils y répondent plus ou moins de la même façon.

Il y a **10 concepts inédits** se retrouvant dans un seul des deux groupes, dont **6** pour le groupe A (60%) et **4** pour le groupe B (40%). Il s'agit de concept strictement originaux à la fois en termes de besoin identifié et de solution apportée.

Enfin l'ensemble des fiches concepts ont été catégorisées dans trois thématiques, que nous ne pouvons pas nommer dans le détail pour des raisons de confidentialité :

- La *thématique 1 (confort)* contient **7** concepts, dont **1** inédit qui appartient au groupe A (14%) et **3** inédits qui appartiennent au groupe B (43%).
- La *thématique 2 (personnalisation)* contient **4** concepts, dont **3** concepts inédits pour le groupe A (75%) et **0** pour le groupe B.
- La *thématique 3 (technologie)* contient **9** concepts, dont **2** inédits pour le groupe A (22%) et **1** inédit pour le groupe B (11%).

#### 4.3.4.2 Questionnaire

Concernant le questionnaire proposé aux participants, et à la question « *Avez-vous facilement utilisé le « template » fourni pour générer vos fiches concept ?* », les réponses ont été les suivantes :

- le groupe A (*guidé*) a répondu à **3,6** sur 5 (ne sais pas)
- le groupe B (*non guidé*) a répondu à **4,4** sur 5 (oui, un peu)

#### 4.3.4.3 Qualitatifs

Nous poursuivons avec la synthèse des résultats qualitatifs issus des experts du projet, illustrée par la **Figure 84** ci-dessous. Nous rappelons que ces résultats sont issus de l'évaluation des experts du projet en fonction de critères confidentiels et de leur subjectivité. Les proportions graphiques correspondent aux pourcentages.

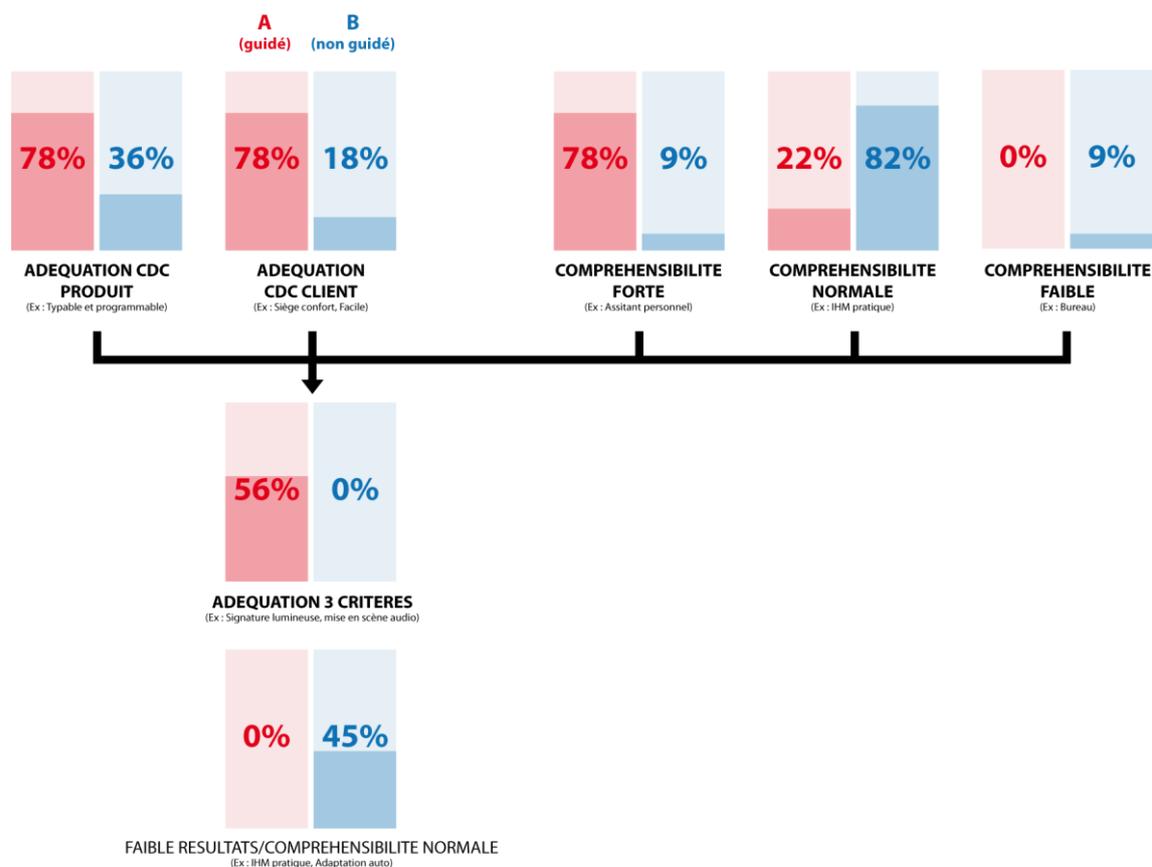


Figure 84: Synthèse des résultats qualitatifs pour l'EXP2

Le total des fiches concepts adéquates avec le *cahier des charges* « *produit* » est de **7 sur 9** pour le groupe A (78%), et **4 sur 11** pour le groupe B (36%). Pour le *cahier des charges* « *client* », le total est de **7 concepts adéquats sur 9** pour le groupe A (78%), et **2 sur 11** pour le groupe B (18%).

Le total des fiches concepts qualifiés de *fortement compréhensible* est de **7 sur 9** pour le groupe A (78%), et seulement **1 sur 11** pour le groupe B (9%). 82% des fiches concepts du groupe B ont été évaluée comme étant « *normalement* » *compréhensible*, et seulement **2** pour le groupe A (22%).

Le total des fiches concepts *cohérentes avec les 3 critères* d'évaluation (adéquation avec les deux cahiers des charges, et compréhensibilité forte) est de **5 sur 9** pour le groupe A (56%), et de **0%** pour le groupe B. Un point intéressant à ce sujet, la corrélation entre des concepts faiblement adéquats et dont la compréhensibilité est « *normale* » est de 45% pour le groupe B, et de 0% pour le groupe A.

#### 4.3.5 Discussion

Le groupe A (*guidé*) a produit légèrement moins de fiches concepts que le groupe B (*non guidé*), 45% contre 55%. En revanche le groupe A (*guidé*) a produit plus de concepts inédits que le groupe B (*non guidé*), 60% contre 40%, et ces concepts sont plus diversifiés. En effet les concepts du groupe A sont plus nombreux dans deux thématiques distinctes (*personnalisation* et *technologie*) contre une seule pour le groupe B (*confort*).

Concernant l'évaluation qualitative, les concepts du groupe A sont beaucoup plus nombreux à être adéquats avec les deux cahiers des charges, que ceux du groupe B. L'écart est important : 78% contre 36% pour le « *produit* », et 78% contre 18% pour le « *client* ». Il continue à se creuser lorsque l'on aborde la question de la compréhensibilité des données de sortie, qui est cruciale dans cette expérimentation. Si la compréhensibilité de 82% des concepts du groupe B est qualifiée de « *normale* », ce sont 78% des concepts du groupe A qui sont qualifiés de « *fortement compréhensible* ». On retrouve également une préférence des experts pour les concepts issus des catégories « *personnalisation* » et « *technologie* » pour le groupe A (*guidé*), et « *confort* » pour le groupe B (*non guidé*). On constate ainsi que les concepts du groupe B restent cantonnés à l'intérieur du véhicule (intra-domaine), là où les concepts du groupe A privilégient l'intégration de technologies innovantes ou de procédés de personnalisation issus d'autres territoires (inter-domaine éloigné avec des liens analogiques forts).

Par rapport au groupe témoin (B), le groupe expérimental (A) qui testait le gabarit guidé par des formes visuelles a produit plus de fiches concepts, en termes d'une part *d'originalité* et de *diversité*, ainsi qu'en termes d'adéquation avec les deux cahiers des charges du projet. En revanche c'est le groupe témoin (B) qui a produit le plus de fiches concepts en termes de *quantité*. Malgré les résultats du questionnaire, laissant apparaître la potentielle appréhension des participants du groupe expérimental face à un nouveau gabarit de fiche concept, ses productions ont été jugées comme étant bien plus compréhensibles par les évaluateurs. On

peut donc certainement associer le manque d'apprentissage et d'expertise face à ce nouveau gabarit guidé par des formes visuelles, à la baisse de la *quantité* de production des participants du groupe A (*guidé*).

Concernant la forte compréhensibilité des fiches concept du groupe expérimental, nous pensons qu'elle est due au gabarit guidé par des formes visuelles, qui permet de ne pas passer trop de temps à redessiner un contexte, un décor pour expliciter son concept. Cela évite notamment aux participants qui sont peu à l'aise avec cette technique ou qui possèdent moins de « *talent artistique* », d'être soit freinés dans leur tâche ou bien de se perdre dans des formalisations confuses. Cela permet également selon nous d'éviter le « *syndrome de la page blanche* », et d'aider à la stimulation des participants. En effet, on remarque que les fiches du groupe A (*guidé*) sont beaucoup plus claires en terme d'illustration : il y a moins de ratures, les objets sont simples et compréhensibles, il y a moins de problèmes graphiques de perspective et leur sens est rapidement compris (voir Figure 81 et 82 pour exemple). Parce que le décor de base est déjà tracé, les participants les moins accoutumés au dessin ajoutent simplement des éléments à l'aide de formes géométriques basiques, accompagnés de flèches et de mots-clés. Cette représentation plus proche du *schéma d'explication* permet d'illustrer un concept tout en restant compréhensible, et ce avec le minimum d'effort. Les participants les plus aguerris auront tendance à suivre le même fonctionnement, avec toutefois plus de « *talent* » dans la schématisation, et une plus grande « *ingéniosité* » dans le détournement des formes du gabarit. Selon nous les formes visuelles utilisées stimulent un mode particulier de représentation simple et efficace, et favorisent la bonne communication des concepts.

Si nous savons déjà par de précédentes études que la représentation visuelle améliore la créativité (Vidal et al., 2004 ; Van der Lugt, 2005), nous rappelons que notre travail consiste à mettre en évidence la performance de cette représentation dans un contexte de complexité systémique. Dans cet environnement particulier fait d'une imbrication de relations entre un très grand nombre d'éléments, une représentation de type « modélisation », c'est-à-dire désignant des relations entre des concepts intangibles, est cruciale afin d'acquérir une bonne compréhension du problème à résoudre. Nous rappelons que le contexte du projet de l'EXP2 était qualifié de complexe et systémique, car un très grand nombre de données très diversifiées devaient être combinées par les participants puis présentées aux experts pour évaluation. L'écart constaté en termes d'une part de qualité des concepts produits, mais également de compréhensibilité des livrables, peut selon nous être attribué à l'utilisation d'un gabarit de fiche concept *guidé par des formes visuelles* par le groupe A. Ce gabarit a permis de stimuler les images mentales des participants, et d'améliorer leur capacité à retranscrire leurs idées sous une forme visuelle, et ce au service d'une meilleure qualité finale ainsi qu'une meilleure compréhension des concepts.

Nous pouvons donc en conclure que l'hypothèse 2 est validée.

Ce gabarit a vraisemblablement permis d'augmenter la performance du *cycle de travail conscient - préconscient* des participants (c'est-à-dire de rappeler à leur conscience des images pertinentes pour la tâche en cours), afin de produire des concepts plus originaux, diversifiés, et adéquats avec les contraintes du projet. Ce nouveau gabarit favorisant la stimulation des interactions cognitives, il permet également une meilleure compréhension des concepts par les évaluateurs. Cependant, nous avons ici fait le choix d'un certain degré d'abstraction dans les

représentations schématiques de véhicules utilisées. Il reste donc selon nous à définir beaucoup plus précisément le dosage entre formalisation *figurative* et *abstraite*, et à étudier finement la compréhension de la symbolique des formes, afin d'analyser les influences sur la production des participants notamment en termes de stimulation. Nous sommes également conscients que de nouvelles expérimentations dans le cadre de projets ou de secteurs différents permettraient d'agrandir nos échantillons d'analyse, et d'éprouver la robustesse de nos résultats.

## 4.4 Expérimentation 3 : « processus »

### 4.4.1 Objectif

Le chantier créativité de ce projet était divisé en deux workshops, production de fiches idées, puis de fiches concepts. L'objectif industriel de ce chantier était de générer des concepts d'innovations dans le domaine des « rangements » sur la thématique « berline premium ». C'est-à-dire de concevoir des prestations haut de gamme spécifiques à la thématique des rangements, et ce dans l'ensemble de l'habitacle véhicule. Les participants étaient invités à prendre connaissance de données d'entrées techniques (contexte fonctionnel), prospectives (contexte 2030), et stratégiques. Leur objectif était de faire émerger des pistes d'innovation concrètes sous la forme de « fiches concept ». Ces fiches étaient ensuite évaluées par deux experts du projet a posteriori.

Dans le cadre de cette expérimentation, nous avons choisi de tester l'hypothèse 3 relative aux « processus », et qui suppose que *l'utilisation d'un processus cyclique alternant imagination, conception, et création, améliore la production créative*. L'objectif de cette expérimentation était de tester la différence de production de concepts en termes d'innovation et d'adéquation avec le cahier des charges du projet. A cet effet on comparait l'utilisation d'un processus de workshop habituel (phase collective et évaluation a posteriori), et l'utilisation d'un processus intégrant une phase individuelle de travail en amont (phase individuelle puis phase collective puis d'évaluation a posteriori). Le processus de workshop « habituel » fait référence à celui utilisé pour les pré-expérimentations (*voir § 4.1*).

### 4.4.2 Structure

Le chantier créatif s'est déroulé sur quinze jours, avec deux workshops d'une demi-journée, séparés par une semaine. Nous illustrons ce déroulé dans la **Figure 85** ci-dessous.

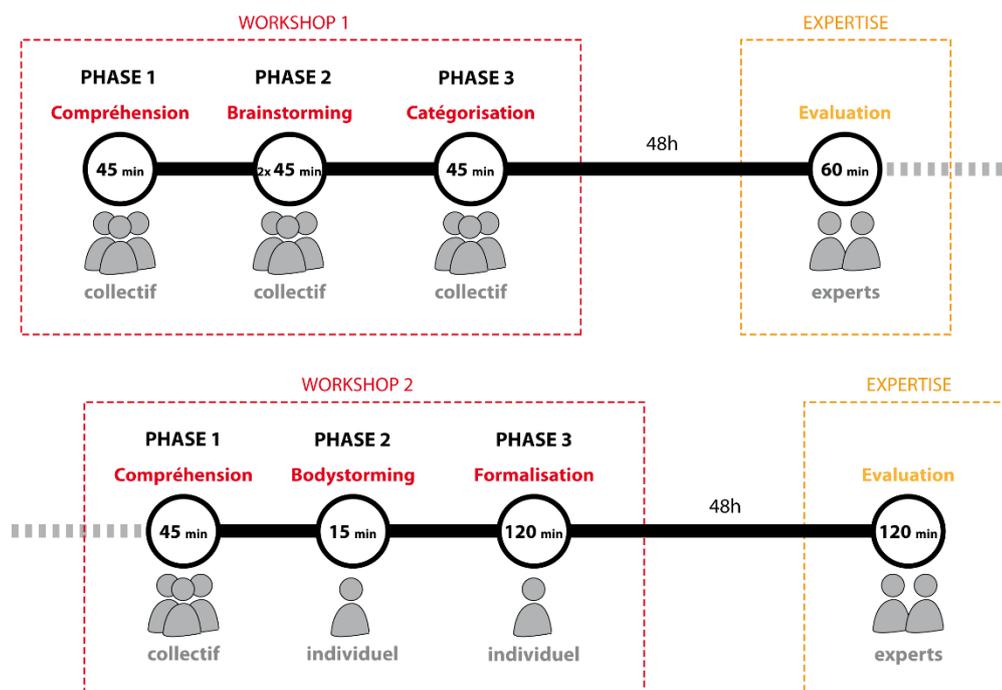


Figure 85: Structure de l'Expérimentation 3

Le premier workshop était divisé en trois phases :

- **PHASE 1 : Compréhension** (*collective*) de données d'entrées. Cette phase consistait en la lecture de supports visuels accrochés au mur avec une courte présentation orale sur des contraintes d'architecture véhicule, des plans techniques, des objectifs stratégiques, etc.
- **PHASE 2 : Stimulation** (*collective*) à l'aide d'un outil de « *Brainstorming* » autour de deux questions : « *Quels objets ranger dans son véhicule ?* » et « *Où ranger ces objets ?* »
- **PHASE 3 : Catégorisation** (*collective*) avec la création d'un *mapping* « *objet/place* » (donnée de sortie) à partir des différents « *objets à ranger* » identifiés corrélés aux différentes « *places de rangement* » identifiées dans le véhicule.

Le second workshop était divisé en trois phases également :

- **PHASE 1 : Compréhension** (*collective*) de données d'entrées. Cette phase consistait en la lecture de supports visuels accrochés au mur avec une courte présentation orale (architecture véhicule, plans techniques, design intérieur, objectifs stratégiques). Le précédent *mapping* « *objet/place* » réalisé lors de la première séance était également présenté.
- **PHASE 2 : Stimulation** (*individuelle*) à l'aide d'un outil de « *Bodystorming* » consistant à pouvoir se mettre en situation réelle à bord de véhicules pour une stimulation sensorielle plus complète (« *scale modeling* », *jeux de rôles*, *maquette échelle 1*)
- **PHASE 3 : Formalisation** (*individuelle*) de fiches concepts à partir des précédentes catégories identifiées au sein du *mapping* (donnée de sortie).

Durant toute la durée des workshops, l'ensemble des données d'entrée formalisées sous la forme de supports visuels restaient visibles, accrochées au mur, ainsi que le *mapping* « *objet/place* » lors du second workshop. Les participants pouvaient ainsi les consulter librement (voir figure 70 pour le *workshop 1* et figures 90 et 91 pour le *workshop 2*).

Enfin, une **séance d'évaluation d'une heure** a été organisée à l'issue du premier workshop, et une **séance d'évaluation de deux heures** a été organisée à l'issue du second. Dans les deux cas, elle était composée uniquement de deux experts du projet. Il s'agissait du responsable produit marque et du responsable style intérieur, qui ont évalué le *mapping* « *objet/place* » à l'issue du premier workshop, et les *fiches concept* « *prestations* » selon leur caractère innovant et l'adéquation avec le cahier des charges du projet. Ces deux évaluations ont eu lieu 48h après les workshops et ont été réalisées selon la subjectivité et l'expérience des experts sur le projet.

#### 4.4.3 Protocole

Le protocole déployé est illustré dans la **Figure 86** ci-dessous.

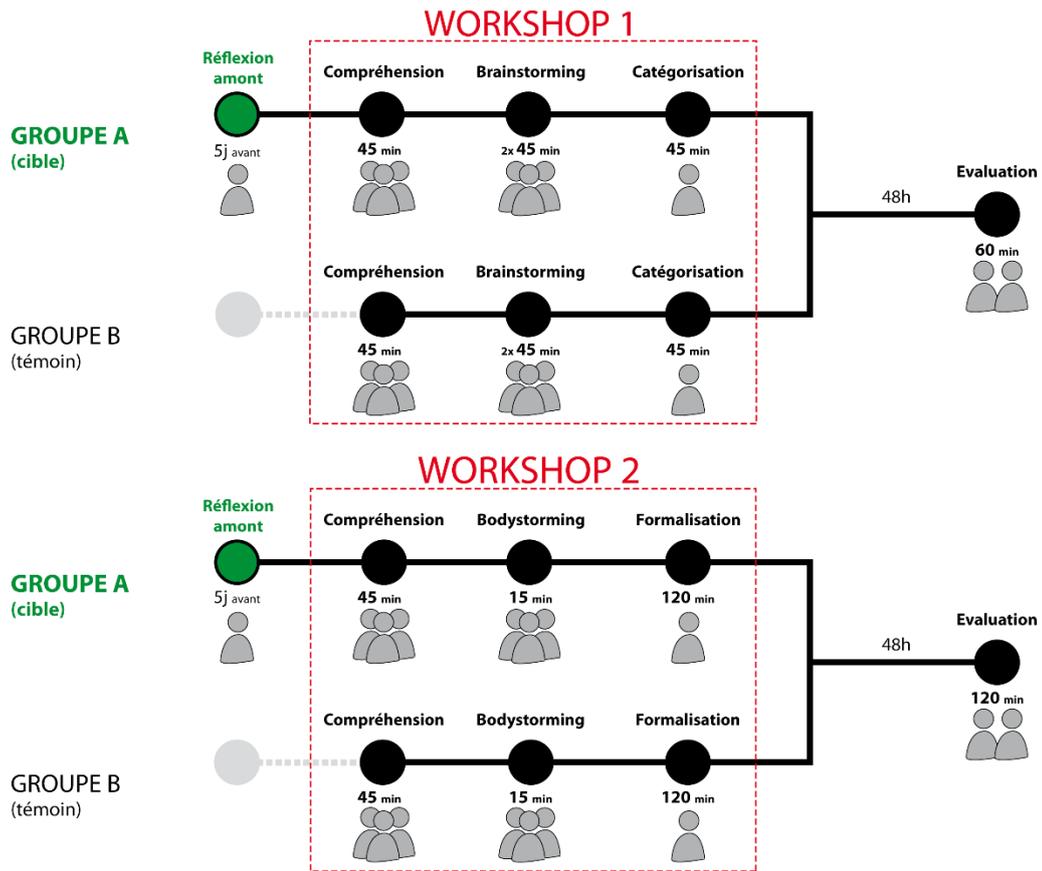


Figure 86: Protocole de l'Expérimentation 3

#### 4.4.3.1 Ressources et moyens

Le premier workshop s'est déroulé dans deux salles séparées identiques composées de murs unis, d'une grande table centrale, et de chaises de bureau réparties tout autour. Il s'agissait en revanche d'une seule grande salle séparée par des cloisons amovibles pour le second workshop. Il y avait également une grande table centrale de part et d'autre, et des chaises de bureau réparties tout autour. La **Figure 87** ci-dessous illustre cette configuration.



Figure 87: Configuration de salle pour le workshop 2 de l'EXP3

Le workshop était composé de deux groupes pluridisciplinaires de 12 personnes (soit 24 au total), chacun répartis de chaque côté de la cloison amovible (A : « *phase amont* », B : « *sans phase amont* ») avec des profils métiers strictement identiques :

- 2 profils « stratégie produit »
- 2 profils « architecte véhicule »
- 4 profils « ingénieur »
- 4 profils « designer »

Une formalisation des données d'entrées était proposée sous la forme de posters visuels strictement identiques pour les deux groupes et accrochés dans leur espace respectif (voir Figure 69). Egalement, deux véhicules (un prototype et une série) et une maquette de prototype d'intérieur échelle 1 étaient proposés pour le « *Bodystorming* », et accessibles pour les deux groupes.

Enfin un animateur expérimenté était présent dans chaque groupe afin de conduire la séance, chacun d'eux disposait du même guide d'animation (style d'animation, minutage des phases du workshop, outils, livrable attendu).

#### 4.4.3.2 Temporalité

Le chantier total s'est déroulé sur quinze jours, selon le planning suivant :

- 5 premiers jours de *travail individuel* (réflexion amont) pour le groupe A (***voir détail expérimental § 4.4.3.3***)
- *Workshop 1* d'une demi-journée (environ trois heures)
- *Evaluation* du workshop 1 par les experts (une heure)
  
- 5 jours de *travail individuel* (réflexion entre les workshops 1 et 2) pour le groupe A (***voir détail expérimental § 4.4.3.3***)
- *Workshop 2* d'une demi-journée (environ trois heures)
- *Evaluation* du workshop 2 par les experts (deux heures)

Chaque workshop a duré trois heures, séparé par une pause de quinze minutes au milieu de la séance. Pour le **workshop 1**, la *phase 1* a duré 45 minutes, la *phase 2* a duré une heure et trente minutes (45 minutes par brainstorming), et la *phase 3* a duré 45 minutes. Pour le **workshop 2**, la *phase 1* a duré 45 minutes, la *phase 2* a duré 15 minutes mais elle était reconductible selon les besoins tout au long de la phase 3. Enfin la *phase 3* a duré deux heures avec une pause à prendre librement.

#### 4.4.3.3 Méthode

L'outil de stimulation utilisé pour le workshop 1 était le « *brainstorming* » pour les deux groupes A et B, afin de construire le *mapping* « *objet/place* » (cartographie). Pour le workshop 2, il s'agissait du « *brain-sketching* » pour les deux groupes afin de formaliser les *fiches concepts*.

Pour le workshop 1, on fournissait aux participants un gabarit de *mapping* « objet/place » identique pour les deux groupes A et B, illustré par la **Figure 88** ci-dessous. Des post-it notes étaient utilisés pour identifier les espaces de rangements, puis pour positionner les différents objets à l'intérieur.

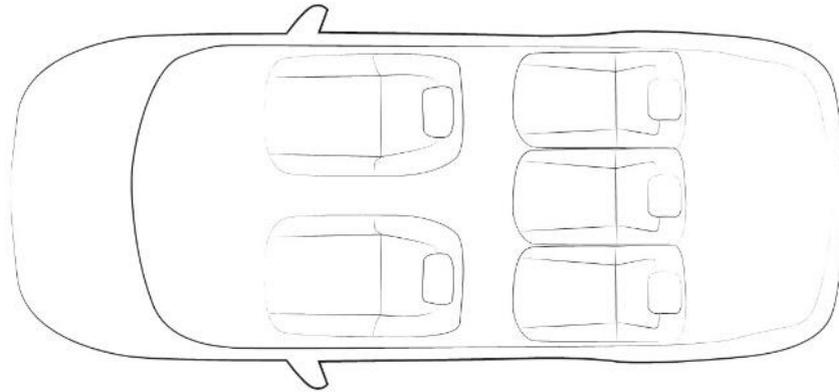


Figure 88: Gabarit de cartographie du Workshop 1 pour les deux groupes

Pour le workshop 2, on fournissait aux participants un gabarit de *fiche concept* strictement identique pour les deux groupes A et B, illustré par la **Figure 89** ci-dessous. Ils pouvaient le remplir librement à l'aide de stylos et feutres à leur disposition.

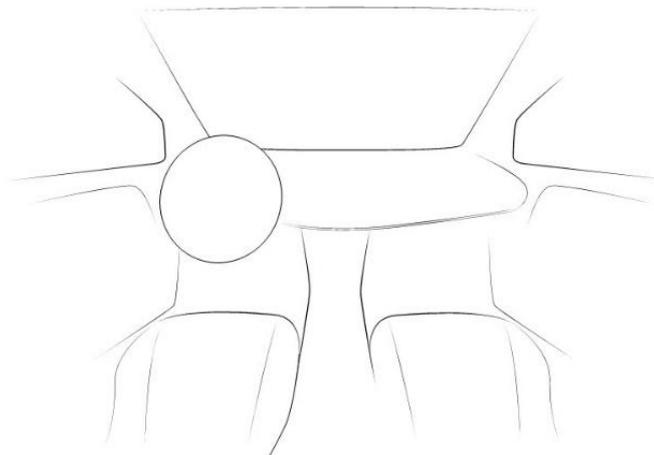


Figure 89: Gabarit de fiche concept du Workshop 2 pour les deux groupes

Afin de tester l'hypothèse 3 « processus », nous avons voulu tester la différence entre un processus habituel **débutant par une phase collective puis une phase d'évaluation a posteriori**, et un processus intégrant une **phase de travail individuel (dite d'imagination) en amont de la phase collective (dite de conception), puis une phase d'évaluation a posteriori (dite de création)**.

A cet effet une modification de protocole a eu lieu pour le groupe cible (A), avec l'ajout d'une *phase de travail individuel* de cinq jours avant le workshop 1, et de cinq jours avant le workshop 2. Au début de chacune de ces deux phases, les participants du groupe A (*phase amont*) ont été contactés par e-mail avec :

- D'une part, une invitation à *démarrer leur réflexion en amont* du workshop 1 autour des deux questions « *Quels objets ranger son véhicule ?* » et « *Où ranger ces objets ?* ».
- D'autre part, une invitation à proposer de *nouvelles idées* qu'ils auraient pu oublier pour remplir le *mapping « objet/place »*, en amont du workshop 2

Enfin l'évaluation des résultats a été faite par deux experts du projet, a posteriori des deux workshops de créativité. Pour le workshop 1, une fusion des deux mapping a eu lieu, et un seul mapping a été présenté aux évaluateurs, synthétisant les différents « *objets* » à ranger dans chaque « *places* » identifiées dans le véhicule. Les évaluateurs ont sélectionnés les « *places* » qui leurs paraissaient adéquates et les autres zones ont été écartées pour la suite du projet.

Pour le workshop 2, toutes les *fiches concepts « prestations »* des deux groupes ont été présentées de la même façon sans modifications préalables, par le même présentateur. Chaque fiche concept était lue une seule fois, et notée selon 2 critères :

- L'adéquation avec le *cahier des charges du projet*
- Le *caractère innovant* du concept

Nous rappelons que l'évaluation s'est faite selon les valeurs et l'expérience subjective des experts.

#### 4.4.4 Résultats

Les **Figure 90** et **Figure 91** présentent les *mapping « objet/place »* produits par les deux groupes à l'issue du workshop 1. Nous précisons que des contenus précis sont masqués pour des raisons de confidentialité. A titre d'exemple, les « **places de rangement** » peuvent être les suivantes : « *sous l'accoudoir* », « *pare-soleil* », « *portières* », « *console centrale* ». A titre d'exemple également, les « **objets à ranger** » peuvent être : « *bouteilles* », « *clés* », « *sac à main* », « *ordinateur* », « *smartphone* ». Nous détaillons toutefois certains éléments dans le tableau ci-après.



Figure 90: Mapping du groupe A « phase amont » pour le workshop 1 (EXP3)

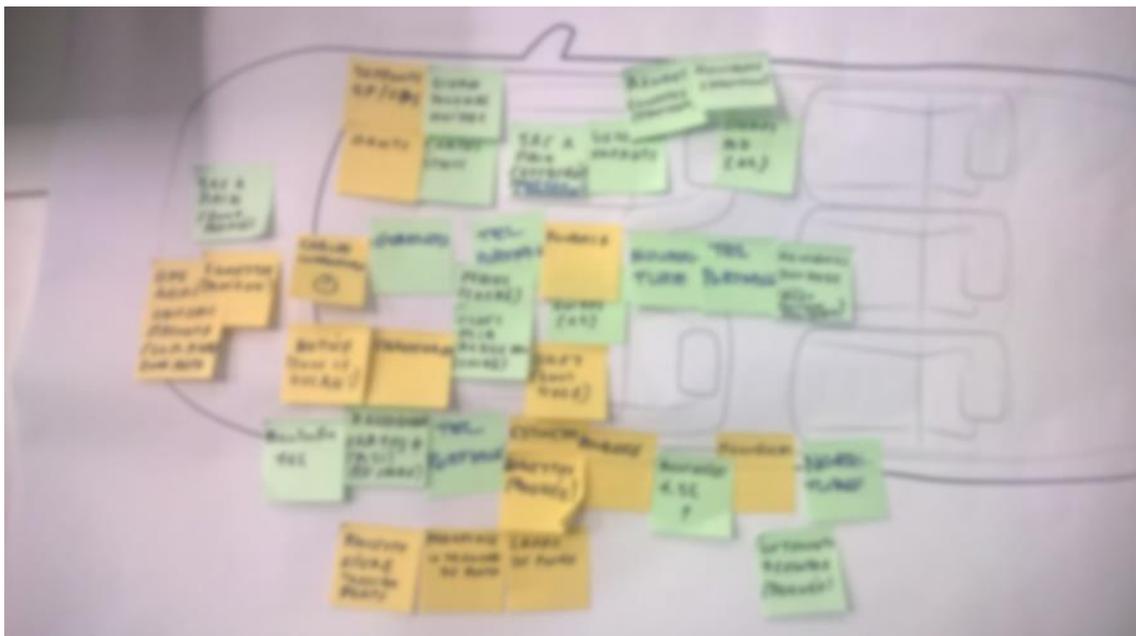


Figure 91: Mapping du groupe B « sans phase amont » pour le workshop 1 (EXP3)

Le **Tableau 16** ci-dessous présente certaines « places » et « objets » identifiés à l'issue du workshop 1, et classés d'après l'évaluation par les experts. Nous rappelons que les experts ont établi leur évaluation sur la base de leur subjectivité et de leur expérience du projet. Nous présentons les différentes « places » identifiées pour ranger des « objets », selon le groupe A et B. Nous précisons en caractère **gras souligné** les places qui ont été conservées après évaluation.

Nous présentons également les différents « objets » spécifiquement produits par le groupe A et B. Nous précisons en caractère ***gras souligné*** les objets spécifiques conservés après évaluation. A noter que nous ne faisons pas figurer l'ensemble des objets identifiés par les participants afin de faciliter la lisibilité du contenu.

Evaluation du mapping	Groupe A (phase amont)	Groupe B (sans phase amont)
Places / <b><u>Places conservées</u></b>	1) <i>Sur planche</i>	1) <i>Sur planche</i>
	2) <i>Sous gaine colonne</i>	2) <i>Sous gaine colonne</i>
	3) <i>Bac à gauche</i>	3) <i>Bac à gauche</i>
	4) <i>Montant de baie</i>	4) <i>Montant de baie</i>
	5) <b><u>Portière</u></b>	5) <b><u>Portière</u></b>
	6) <i>Sur les assises</i>	6) <i>Sur les assises</i>
	7) <b><u>Sous les assises</u></b>	7) <b><u>Sous les assises</u></b>
	8) <b><u>Sous planche</u></b>	8) <b><u>Sous planche</u></b>
	9) <b><u>Accoudoir</u></b>	9) <b><u>Accoudoir</u></b>
	10) <b><u>Rangement principal</u></b>	10) <b><u>Rangement principal</u></b>
	11) <i>Tablettes</i>	11) <i>Tablettes</i>
	12) <i>Pied milieu</i>	12) <i>Pied milieu</i>
	13) <i>Derrière l'écran</i>	
	14) <i>Entre combiné et parebrise</i>	
	15) <i>Bandeau de planche</i>	
	16) <i>Pare-soleil</i>	
	17) <i>Pavillon</i>	
	18) <i>Aumônières</i>	
	19) <i>Plancher</i>	
	20) <i>Trappe</i>	
	21) <i>Accoudoir arrière</i>	
	22) <i>Entre les assises</i>	
	23) <i>Garniture</i>	
	24) <i>Sous tablette</i>	
	25) <i>Hayon</i>	
Objets spécifiques pour chaque groupe / <b><u>Objets conservés</u></b>	1) <i>Guide rouge</i>	1) <b><u>GPS nomade</u></b>
	2) <b><u>Pain</u></b>	2) <b><u>Gri-gri</u></b>
	3) <b><u>Enveloppe</u></b>	3) <i>Doudous</i>
	4) <b><u>Bijoux</u></b>	4) <i>Livres BD</i>
	5) <b><u>Masque</u></b>	
	6) <b><u>Gants</u></b>	
	7) <b><u>Glacière froid</u></b>	
	8) <i>Consoles</i>	
	9) <i>Plaid</i>	
	10) <b><u>Picnic chaud</u></b>	
	11) <b><u>Chaussures</u></b>	
	12) <b><u>Cigarettes</u></b>	
	13) <b><u>Briquet</u></b>	
	14) <i>Thermomètre</i>	
	15) <b><u>Câble chargeur</u></b>	
	16) <i>Bonbons</i>	
	17) <b><u>Kit hygiène</u></b>	
	18) <b><u>Brumisateur</u></b>	
	19) <i>Triangle</i>	
	20) <i>Pare-soleil</i>	
	21) <i>Jouets</i>	
	22) <i>Théière</i>	

Tableau 16: Table des résultats du mapping "objet/place" du workshop 1 pour l'EXP 3

Le

**Tableau 17** ci-dessous résume l'ensemble des fiches concepts produites à l'issue du workshop 2, classées d'après l'évaluation par les experts. Nous rappelons que les experts ont établi leur évaluation sur la base de leur subjectivité et de leur expérience du projet. Pour chaque fiche concept et pour les deux critères (*adéquation* « *cahier des charge* » et *caractère* « *innovant* »), les deux experts devaient se mettre d'accord sur une « note commune ». Nous avons noté « O » (Oui) lorsque le critère est validé, et « N » (Non) lorsqu'il n'est pas validé.

	Fiches concepts	ADEQUATION CdC	INNOVATION
<b>Groupe A</b> (phase amont)	Secrétaire	O	O
	Console centrale	O	O
	Montant de baie	O	N
	Gaine de colonne	O	N
	Bibliothèque-accoudoir	O	O
	Portière modularité	O	N
	Bandes d'accoudoir	O	O
	Tablette rétractable	O	O
	Dépose bouteille	O	N
	Pochette PC	O	O
	Console armoire	O	O
	Rangement « terrasses »	O	O
	Ouverture double	O	N
	Tiroir	O	O
	Crochets	O	N
	Vide-poche	O	N
	Sous-aérateur	O	N
	Evidement sous écran	O	N
	Pied milieu	O	O
	Multi-rangements gobelets	O	N
	Double charnière	O	N
	Accroche lego	N	N
	Boîte à chaussures	N	N
	Porte smartphone V1	N	N
	Porte smartphone V2	N	N
	Multi-rangements	N	N
	Portière	N	N
Console évidée	N	N	
Siège classeur	N	N	
Bandeau Pdb	N	N	
<b>Groupe B</b> (sans phase amont)	Porte et accoudoir	O	N
	Pare-soleil et montant de baie	O	O
	Accoudoir central	O	N
	Multi-rangements de porte	N	N
	Pare-soleil	N	N
	Planche de bord	N	N

Tableau 17: Table des fiches concepts évaluées par les experts pour l'EXP 3

Les **Figure 92** et **Figure 93** présentent un exemple de *fiche concept* produite par chacun des groupes à l'issue du workshop 2. Nous précisons que des contenus sont masqués pour des raisons de confidentialité. Toutefois nous résumons ces fiches à titre d'exemple. Pour la première *fiche concept* du groupe A (*phase amont*), différents rangements sont proposés en console centrale, en planche de bord, et en portière côté passager. Pour la *fiche concept* du groupe B (*sans phase amont*), seul un rangement en pavillon de toit sous le pare-soleil est illustré.

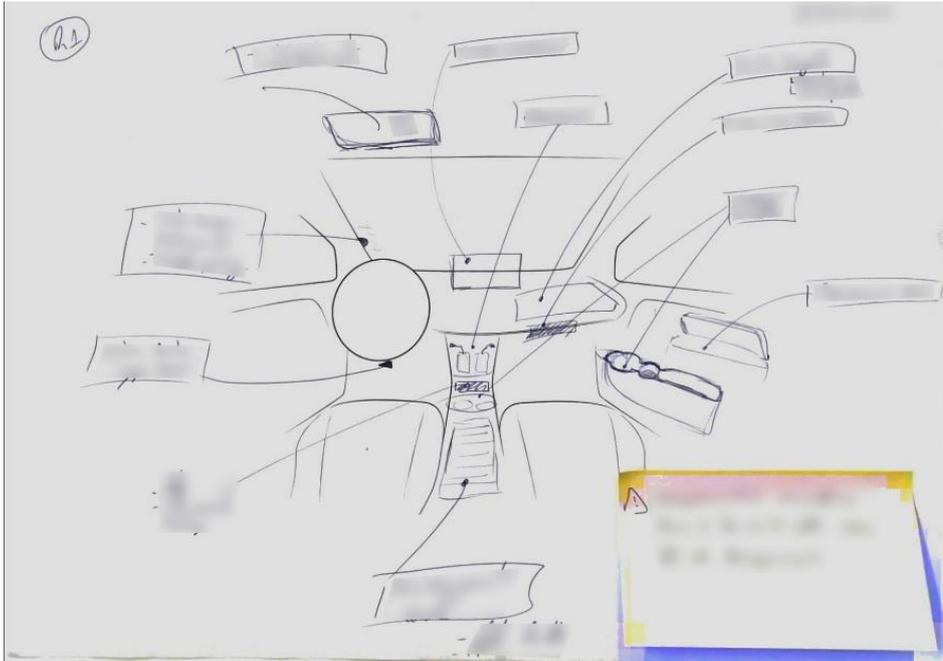


Figure 92: Fiche concept du groupe A « phase amont » pour le workshop 2 (EXP3)



Figure 93: Fiche concept du groupe B « sans phase amont » pour le workshop 2 (EXP3)

#### 4.4.4.1 Quantitatifs

Nous commençons par une synthèse des résultats quantitatifs. La **Figure 94** ci-dessous illustre les résultats pour le workshop 1. Les proportions graphiques correspondent aux pourcentages.

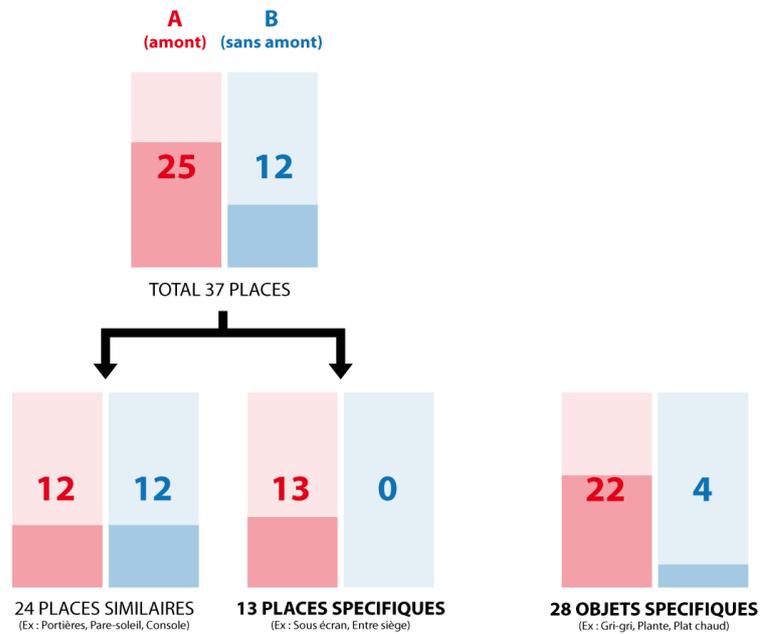


Figure 94: Synthèse des résultats quantitatifs du workshop 1 pour l'EXP3

Au total **37 « places »** pour ranger des objets ont été identifiées sur le mapping, **25** pour le groupe A (*phase amont*), et **12** pour le groupe B (*sans phase amont*).

Au total sur les 37 « places » identifiées, **12** sont *similaires* aux deux groupes (strictement identiques), et **13** sont *spécifiques* au groupe A.

Enfin, sur l'ensemble des « objets » identifiées pour être rangés dans le véhicule, **22** sont *spécifiques* au groupe A, et **4** sont *spécifiques* au groupe B.

La **Figure 95** ci-dessous illustre les résultats pour le workshop 2.

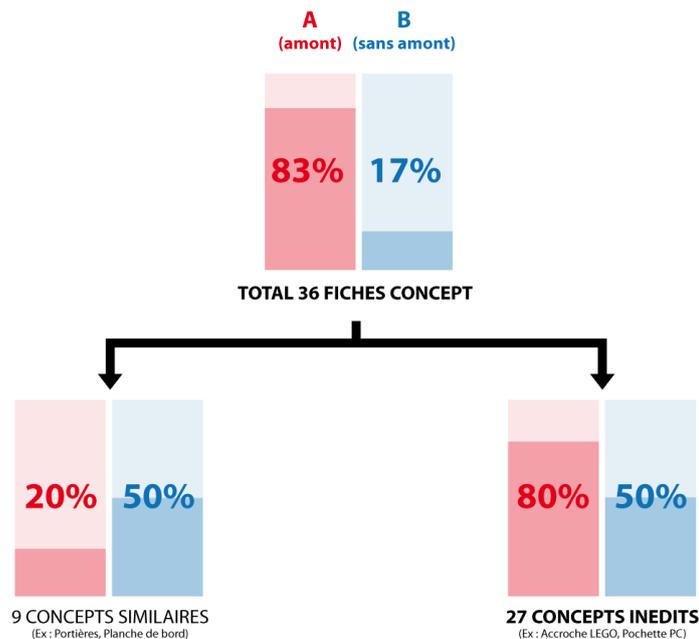


Figure 95: Synthèse des résultats quantitatifs du workshop 2 pour l'EXP3

Au total **36 fiches concepts** ont été produites, **30** pour le groupe A (83%) et **6** pour le groupe B (17%).

Il y a **9 concepts similaires** entre les deux groupes : **6 sur les 30** concepts du groupe A (20%), et **3 sur les 6** concepts du groupe B (50%). Par exemple « *Portière modularité* » et « *Multi-rangements de porte* » sont des concepts similaires.

Il y a **27 concepts inédits** (originaux) se retrouvant dans un seul groupe, dont **24** proviennent du groupe A (80%), et **3** proviennent du groupe B (50%).

#### 4.4.4.2 Phase individuelle

Pour rappel seul le groupe A (*phase amont*) a pu bénéficier d'une *phase amont de 5 jours* avant les workshops 1 et 2 :

- **En amont du workshop 1** : 2 participants sur 12 du groupe A (*phase amont*) ont produit des éléments tangibles (poster) illustrant leur réflexion amont sur le projet (les deux questions). Ils les ont envoyés par email à l'animateur avant la séance, et sont venus avec le jour du workshop

- **En amont du workshop 2** : Aucun participant du groupe A (*phase amont*) n'a répondu à l'appel de l'animateur par email au sujet de l'invitation à proposer des idées qui leur seraient venues après le workshop 1

#### 4.4.4.3 Qualitatifs

Nous poursuivons avec la synthèse des résultats qualitatifs par les experts du projet. La **Figure 96** ci-dessous illustre les résultats pour le workshop 1. Les proportions graphiques correspondent aux pourcentages.

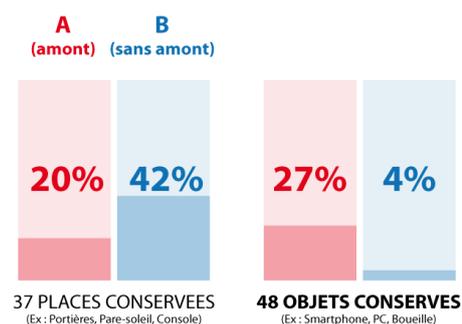


Figure 96: Synthèse des résultats qualitatifs du workshop 1 pour l'EXP3

Sur le total des **37 « places » du mapping**, seules **5 sur 25** ont été conservées pour le groupe A (20%), et **5 sur 12** pour le groupe B (42%). Les autres « places » ont été considérées en dehors du périmètre du projet.

Sur le total des **48** « objets » conservés du mapping, **13** sont *spécifiques* au groupe A (27%), et **2** sont *spécifiques* au groupe B (4%). Les autres « objets » non-retenus ont été considérés en dehors du périmètre du projet.

La **Figure 97** ci-dessous illustre les résultats pour le workshop 2.

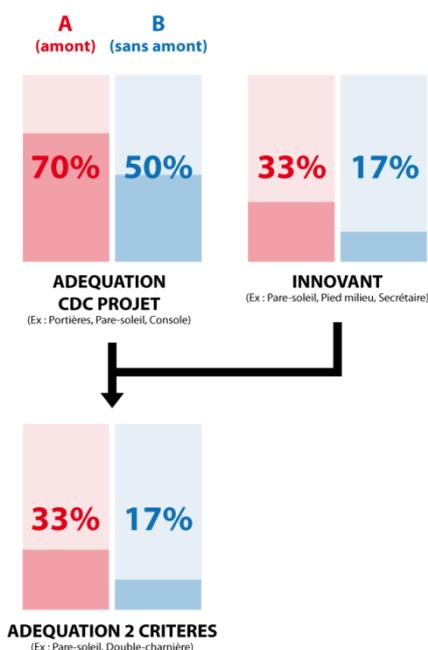


Figure 97: Synthèse des résultats qualitatifs du workshop 2 pour l'EXP3

Le total des fiches concepts qualifiées d'*innovantes* est de **10 sur 30** pour le groupe A (33%), et **1 sur 6** pour le groupe B (17%). Concernant l'adéquation avec le *cahier des charges du projet*, **21 concepts sur 30** sont adéquats pour le groupe A (70%), et **3 concepts sur 6** pour le groupe B (50%).

Le total des fiches concepts *cohérentes avec les 2 critères* d'évaluation est de **10 sur 30** pour le groupe A (33%), et de **1 sur 6** pour le groupe B (17%).

#### 4.4.5 Discussion

En conclusion, le groupe A (*phase amont*) a produit beaucoup plus de fiches concepts que le groupe B (*sans phase amont*), 83% contre 17%. La proportion de concepts inédits/similaires, est de 80% contre 20% pour le groupe A (*phase amont*), et de 50% contre 50% pour le groupe B (*sans phase amont*). Cet écart était déjà présent à la fin du premier workshop, et il était significatif, avec 13 *places spécifiques* et 22 *objets spécifiques* pour le groupe A, contre 0 places et 4 objets pour le groupe B. Sur les objets conservés par les évaluateurs, 27% appartiennent au groupe A contre 4% pour le groupe B.

Par rapport au groupe témoin (B), le groupe expérimental (A) qui testait le processus intégrant une phase de *travail individuel en amont* de la phase collective, suivie de la phase d'évaluation a posteriori, a produit plus de fiches concepts. L'écart est très important en termes de *quantité* et d'*originalité*. De plus le groupe expérimental (A) a produit plus de *fiches*

*concepts innovantes* (33% contre 17%) et *adéquates avec le cahier des charges* du projet (70% contre 50%).

Nous constatons une amplification de l'écart de production entre le premier et le second workshop, ce qui nous questionne sur l'influence du processus suivi par le groupe expérimental. A priori on pourrait supposer que la phase de travail individuel en amont du workshop 1 a permis aux participants du groupe A (*phase amont*) d'être plus performants pendant la séance, ayant de l'avance dans leur réflexion sur le sujet. Selon nous cette avance se serait maintenue en influençant la capacité productive et la motivation des participants. Toutefois, on constate paradoxalement que le dynamisme productif du groupe expérimental ne s'est pas particulièrement manifesté pendant les phases de travail individuel (seulement 2 participants sur 12 au premier tour, et 0 au second), ce qui laisse encore une zone de flou sur l'impact de l'alternance des modes de travail que nous avons testé dans ce nouveau processus. Malgré tout, nous pouvons affirmer que la production de ces deux participants, qui ont pris le temps en amont de réfléchir à leurs idées, et qui se sont investis pour les partager avec les autres membres de leur groupe a suffi à donner de l'avance au groupe expérimental (A). D'autre part, le mail de stimulation envoyé entre les deux workshops, s'il n'a pas donné lieu à un retour concret des participants, à peut-être généré en eux un rappel qui les a mobilisé pour réfléchir au projet avant le second workshop. Une fois en séance, les concepts étaient certainement plus facilement accessibles dans leur mémoire, d'où une certaine performance remarquée dans leur production.

Nous pouvons raisonnablement supposer qu'un gain de temps supplémentaire apporterait une augmentation de la production de concept pour le groupe A (*phase amont*), néanmoins nous ne pouvons pas anticiper la meilleure qualité de ces concepts. La particularité des contextes de complexité systémique se situe notamment autour de la complexité des interactions sociales à l'œuvre, et de leur impact sur le processus créatif (motivation, cohésion, etc.). Nous rappelons que le contexte du projet de l'EXP3 était qualifié de complexe et systémique, notamment car une diversité d'acteurs et de profils métiers différents collaboraient sur un temps long composé de plusieurs *workshops* successifs.

Ainsi, parce que le temps d'un workshop est souvent trop court pour traiter des sujets complexes, et parce qu'il est important de guider les participants dans la succession des workshops, nous pensons que l'utilisation d'une phase de travail individuel en amont, couplée à une évaluation experte en aval, a permis d'améliorer la qualité des concepts produits. Notamment en agissant sur la motivation des participants avant et après le workshop, en abaissant les potentielles frustrations, en optimisant leur participation, et en maintenant un climat de cohésion bénéfique à la production créative en groupe.

Nous pouvons donc conclure que l'hypothèse 3 est validée, même si nous reconnaissons que de nouvelles expérimentations permettraient de rendre plus robustes les résultats, notamment au sujet de la motivation des participants lors de la phase individuelle.

L'utilisation d'un processus cyclique alternant imagination (*phase amont*), conception (*workshop*), et création (évaluation experte) permet, d'après notre expérimentation, de produire plus de concepts en termes de fluidité, d'originalité, d'innovation et d'adéquation avec les contraintes du projet. L'augmentation de la performance du cycle de travail

individuel et de travail collectif, semble dynamiser les capacités productives des participants et leur motivation. Toutefois une acclimatation ou une pratique régulière de ce processus cyclique semble indispensable afin de mobiliser efficacement l'ensemble du groupe. La stimulation des interactions sociales à l'échelle organisationnelle est un challenge complexe et ambitieux que notre seule expérimentation n'aura pas permis d'accomplir entièrement. Il reste donc à reproduire cette expérimentation plusieurs fois dans de nouveaux contextes projets, mais aussi d'autres secteurs industriels, afin de confirmer quantitativement nos résultats, vis-à-vis notamment des différents biais humains possibles (participants, experts, animateurs).

## 4.5 Expérimentation 4 : « transverse »

### 4.5.1 Objectif

A l'issue de ces trois expérimentations, nous souhaitons tester la synergie entre les trois hypothèses dans des conditions logistiques moins contraintes que le contexte industriel réel, et ce afin de valider l'hypothèse générale et notre modèle. Pour cela nous avons interviewé d'autres *praticiens de la « créativité »* à l'extérieur de l'entreprise. Les interviews ont été réalisés auprès de 90 étudiants designers en fin de Master 2 (Strate – Ecole de Design). Ainsi, étant donné que nous n'avons pas pu mener une expérimentation transverse au sein de notre contexte industriel, nous avons choisi d'évaluer notre hypothèse générale auprès de cette population qui présentera tout de même un certain intérêt pour nos travaux.

Nous avons analysé les résultats des *90 entretiens semi-directifs* adressés à l'aide d'une grille basée sur neuf questions investiguant des aspects théoriques et pratiques de l'animation créative. L'objectif était d'identifier des éléments significatifs, redondants ou divergents entre les différents étudiants, et de comparer ces observations avec les résultats des trois précédentes expérimentations, afin de valider l'hypothèse générale en dehors d'un contexte industriel.

### 4.5.2 Structure

Au sein de Strate–Ecole de Design, l'année de *Master 2* (la cinquième après l'obtention du baccalauréat) est consacrée à la production d'un projet de diplôme. Cette année est articulée autour de deux phases : dans un premier temps (1) *l'écriture d'un mémoire* sur une thématique donnée, puis (2) l'identification d'une problématique et *la création d'un projet* pour y répondre. Ce projet est ensuite soutenu devant un jury de professionnels expérimentés, qui attestent ou non de la qualité du travail de l'étudiant. Ainsi, notre intervention a porté sur le début de la seconde phase, une fois le mémoire terminé et le travail de « *créativité* » démarré. Il s'agissait d'une phase cruciale ou « *le concept* » n'avait souvent pas encore été trouvé, chaque étudiant avançant à son rythme dans une certaine autonomie, totalement immergé dans son processus créatif.

### 4.5.3 Protocole

L'analyse par entretiens auprès des *90 étudiants designers* s'est déroulée au travers d'entretiens individuels semi-directifs de trente minutes. Les personnes interviewées pouvaient prendre un certain temps pour répondre à une question. Elles étaient libres dans leur formulation. Voici les neuf questions qui composaient le questionnaire, synthétisées dans le **Tableau 18**.

<b>Question 1</b>	Avez-vous/Quelle est votre définition de la créativité ?
<b>Question 2</b>	A quel moment intervient la créativité dans votre travail ? Au cours d'un projet ?
<b>Question 3</b>	Comment abordez-vous cette phase créative ? Facilité ou difficulté ?
<b>Question 4</b>	Comment stimulez-vous votre créativité au quotidien ?
<b>Question 5</b>	Avez-vous une méthode ? Des outils ? Pensez-vous en avoir besoin ?
<b>Question 6</b>	Savez-vous expliquer comment viennent vos idées ?
<b>Question 7</b>	Participez-vous à des séances de créativité, quel est la nature et la fréquence ?
<b>Question 8</b>	Organisez-vous des séances de créativité, quel est la nature et fréquence ?
<b>Question 9</b>	Selon vous sommes-nous tous créatifs ? Pourquoi ?

Tableau 18: Questionnaire étudiants

Nous avons ensuite traité ces réponses par un codage simple consistant à repérer des ensembles sémantiques cohérents, puis à compter la fréquence d'apparition des réponses au sein de notre panel de 90 étudiants. Nous avons utilisé la même technique que pour l'analyse des questionnaires des Experts PSA présentées précédemment (*voir § 4.1.3.2*). Le codage complet des résultats est disponible en *Annexes* à la fin de ce document.

Le choix d'un panel d'étudiants provenant de Strate-Ecole de Design n'est pas un hasard. Il s'agit d'une population qui exerce constamment sa « *créativité* ». Les designers industriels sont très souvent amenés à exploiter leurs mécanismes créatifs dans leur travail, et avec un haut niveau d'exigence, c'est pourquoi nous les qualifions « *d'experts de la créativité* ». Ils constituent un panel valorisable qui pourra compenser en partie notre absence de contexte industriel pour cette expérimentation.

## 4.5.4 Résultats

### 4.5.4.1 Aspects théoriques

Les **Figure 98**, **Figure 99**, **Figure 100**, et **Figure 101** illustrent les résultats de notre analyse des étudiants sur les aspects théoriques.

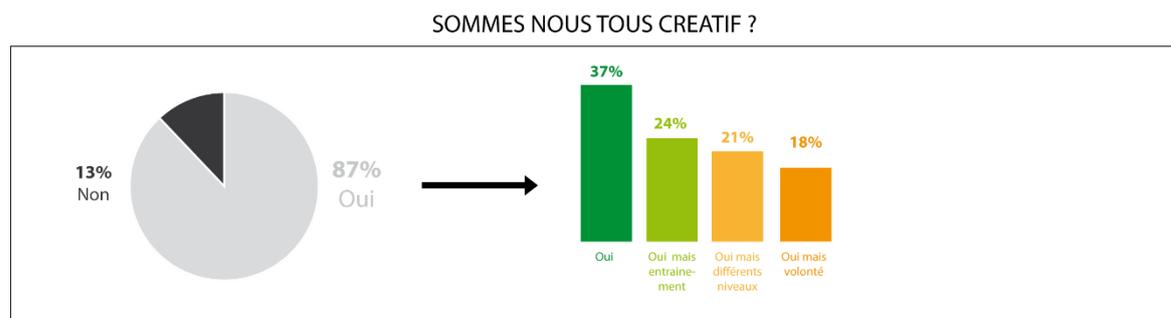


Figure 98: Synthèse des résultats de la question 9

Il semble clair dans l'esprit d'une majorité d'étudiants designers (87%) que tous les individus peuvent être créatifs. Ils notent toutefois une diversité de *niveau* ou de *sensibilité*, et l'importance de l'*entraînement*.

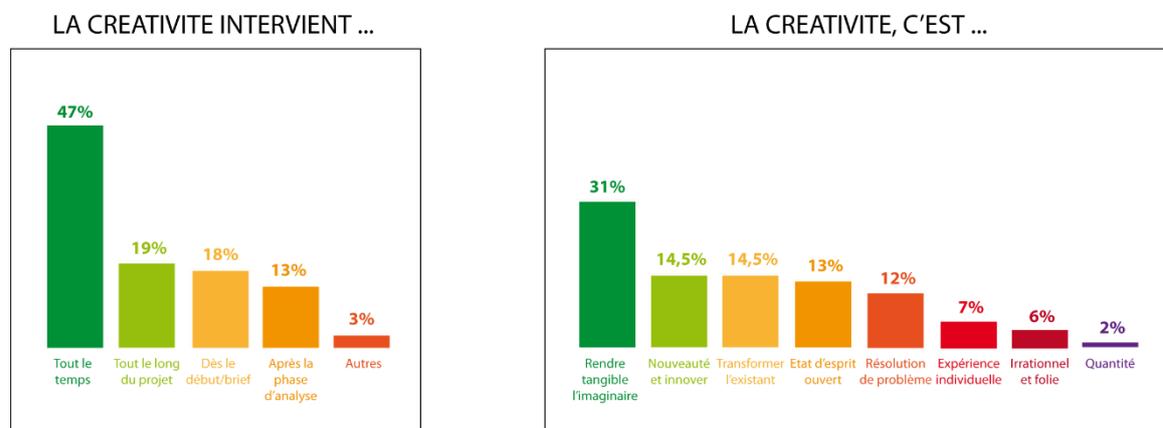


Figure 99: Synthèse des résultats de la question 2 et 1

Cette créativité est un processus continu qui intervient tout le temps pour une majorité d'entre eux (47%), ou du moins *tout le long d'un projet* du moment qu'un sujet ou *problème est identifié* (27%). Pour une minorité la créativité démarre uniquement une fois la phase de recherche et d'analyse terminée.

La notion de créativité revêt en revanche une très grande disparité. On retrouve en premier lieu les notions de transformation par l'imaginaire, de ré-association d'éléments existants, et de production de nouveauté. Puis les notions d'ouverture d'esprit, de résolution de problèmes, et d'expérience personnelle. En dernier lieu seulement on retrouve les notions d'irrationnel et de quantité. Stimulation *imaginaire*, production d'*analogies* (ré-association) et recherche de *nouveauté* sont donc les éléments principaux de la définition de la créativité selon les étudiants designers.

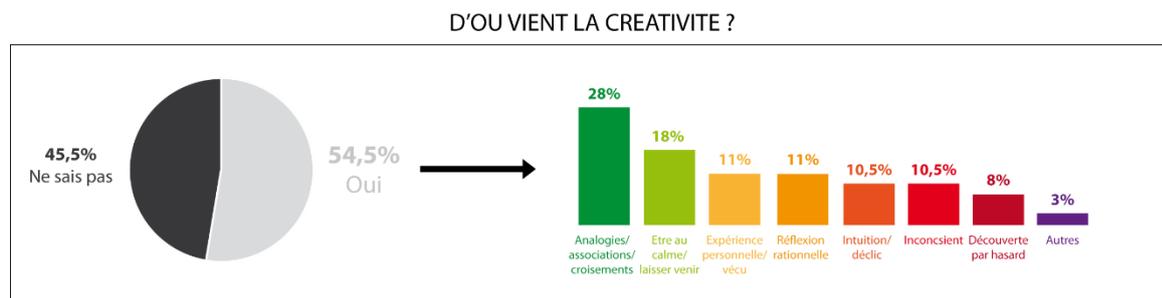


Figure 100: Synthèse des résultats de la question 6

Lorsqu'on les interroge cette fois sur les mécanismes à l'origine de leur créativité, nous confirmons la prégnance des *analogies*, et ajoutons l'importance des *connaissances* et du *vécu* personnel, la conscience d'une forme de rationalité, l'importance des *phases de repos*, et l'apparition d'intuition à la suite d'une phase de travail *inconscient*. Mais paradoxalement, nous noterons que presque la moitié des étudiants ne parviennent pas à expliquer clairement les mécanismes à l'origine de leur créativité (45,5%).

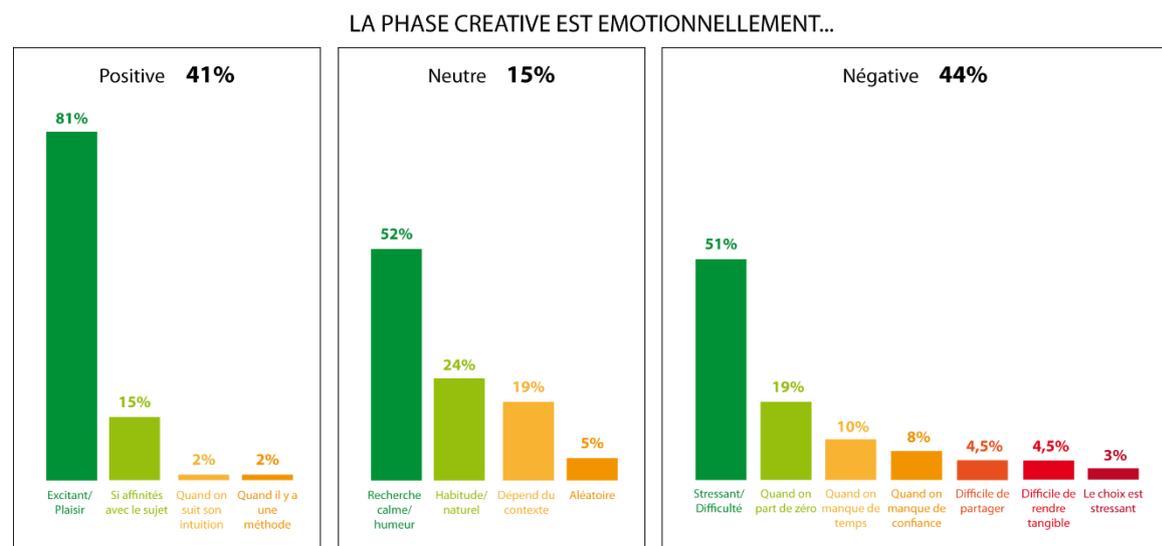


Figure 101: Synthèse des résultats de la question 3

Si une « phase » créative peut être déterminée, les designers l'abordent de manière ambiguë. De façon *positive* pour 41% d'entre eux, ils expérimentent à la fois du plaisir, et une certaine excitation, notamment lorsqu'ils ont des affinités avec le sujet. Mais également de façon *négative* pour 44%, ils expérimentent un stress, un manque de confiance et d'importantes difficultés lorsque ils partent de la « feuille blanche », où en fonction du contexte de travail (délais courts, pression sociale, faisabilité, enjeu, etc.). On distingue ainsi deux approches au sein des verbatim : soit l'étudiant démarre avec une certaine *excitation* due à un fort engouement, puis termine son travail avec un *stress* important dû à l'apparition progressive des contraintes ; soit il démarre avec un *stress* dû au manque d'information, et termine son travail avec une grande *satisfaction* lorsque la solution a été trouvée et qu'il doit la présenter. Pour se prémunir de ces fluctuations d'humeurs, une minorité d'étudiants (15%), certainement plus aguerrie, se met « en condition » en amont du travail créatif, en recherchant un état de calme et un climat adapté (rituel, routine, etc.).

#### 4.5.4.2 Aspects pratiques

Les **Figure 102**, **Figure 103**, et **Figure 104** illustrent les résultats de notre analyse réalisée auprès des étudiants sur les aspects pratiques.

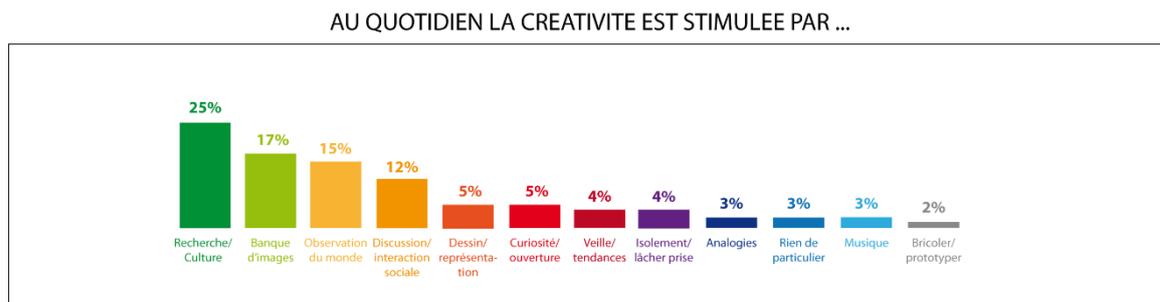


Figure 102: Synthèse des résultats de la question 4

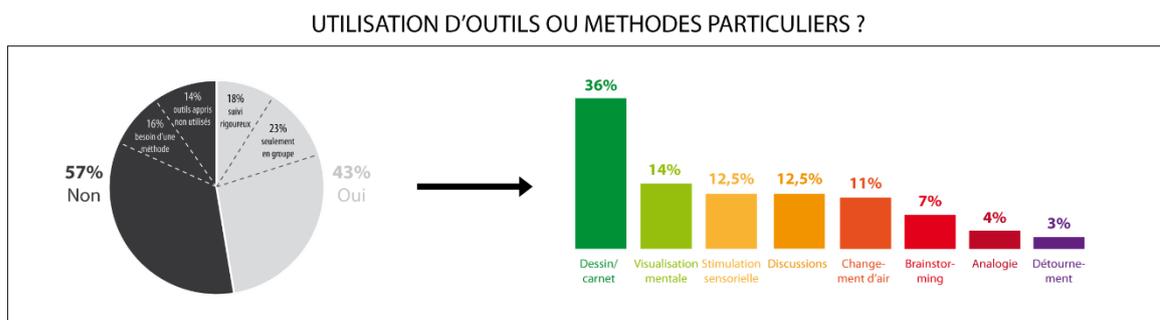


Figure 103: Synthèse des résultats de la question 5

Concernant les moyens de stimulation, les étudiants designers cherchent à augmenter leur connaissances (25%) par des *recherches variées* (internet, livres, films, expos, etc.), et très en amont leur langage de prédilection pour stocker l'information est *l'image* (17%). L'*observation* du monde et de la vie quotidienne (15%), les interactions sociales et les *discussions* (12%) sont leurs sources de stimulation les plus importantes. Elles constituent des routines qui remplacent efficacement l'utilisation de méthodes et d'outils, appris mais sans doute jugés trop formatés et peu intuitifs. En effet, lorsqu'on leur demande s'ils ont des outils ou méthodes, seuls 43% répondent oui, et au sein de cet échantillon seuls 18% suivent une

méthode rigoureuse de type « *divergence/convergence* », « *design thinking* », « *cycle itératifs* », etc. L'outil principal du designer au quotidien demeure son crayon et son carnet, mais paradoxalement 16% des étudiants qui ne suivent pas de méthode affirment en avoir besoin.

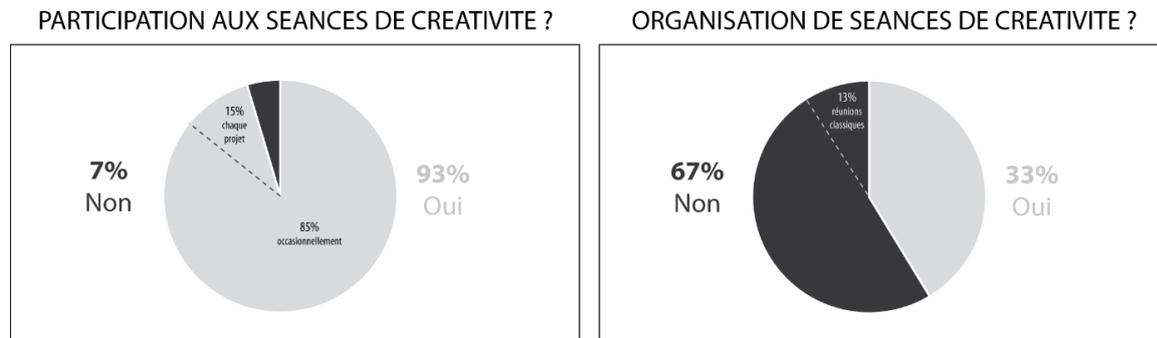


Figure 104: Synthèse des résultats de la question 7 et 8

Enfin si les étudiants designers ont déjà participé à des *séances de créativité* (93%), seulement 15% en suivent à chacun de leur projet. Il ne s'agit donc que minoritairement d'un besoin émanant d'eux, la plupart préférant tirer parti de simples discussions entre amis, ou de réunions de travail conventionnelles (13%). Concernant cette fois l'organisation et l'animation de *séances de créativité*, seuls 33% ont déjà été impliqués, à l'occasion de projets exceptionnels de type partenariats d'école, projet de startups, hackathons, séance avec des enfants, etc.

#### 4.5.5 Discussion

L'étude d'un panel de 90 étudiants en fin d'étude d'école de design a été fructueuse tant sur l'investigation des aspects théoriques que pratiques de la « *créativité* ». D'une part, les étudiants nourrissent leur réflexion en cherchant à acquérir de nouvelles informations dans des domaines très variés par des recherches documentaires et surtout par l'observation in situ. D'autre part, ils exploitent ces informations essentiellement sous la forme d'images, qu'ils stockent dans des banques de données en ligne, et ils utilisent principalement l'outil de dessin (sketches, schémas, notes, etc.) afin de visualiser mentalement leurs idées.

Les étudiants exploitent leur créativité dans un processus continu quotidien fait d'analogies, d'association et de transformation d'éléments existants, avec l'objectif de rendre tangible leurs pensées imaginaires sous une forme nouvelle. Excitante et stressante à la fois, ils gèrent cette phase en aménageant des phases de travail individuel, et des phases d'interactions sociales et de discussions, leur permettant d'élargir leur base de connaissances. Ils sont également conscients de l'importance des phases de détachement et de repos pour « *laisser venir* » leur créativité.

En définitive, nous remarquons que la participation ou l'organisation de séances de créativité ne fait pas nécessairement partie de leurs habitudes. De même, le suivi d'une des nombreuses méthodes existantes ne constitue pas une routine pour la plupart des étudiants. Nous pouvons ainsi constater que notre hypothèse générale pourrait s'accorder avec leur conscience d'un *mécanisme analogique* à la source de la créativité (lien avec l'hypothèse 1), et

avec le *pouvoir de l'image* en tant que stimulation et outil de transformation par le dessin (lien avec l'hypothèse 2). La gestion conflictuelle de *phases de travail et de repos*, individuelles et collectives, et d'humeur positive et négative, au sein d'un processus continu, pourrait quant à elle s'accorder avec notre hypothèse 3.

La transformation analogique de formes visuelles au sein d'un processus cyclique alternant différents modes d'interaction sociale, pourrait ainsi être en phase avec leurs attentes méthodologiques. La réalité du travail au quotidien des étudiants designers semble tout à fait complémentaire avec l'hypothèse générale que nous proposons. Toutefois il reste à confirmer sa robustesse, par exemple en proposant l'apprentissage de cette nouvelle méthode en école de design, et en effectuant une nouvelle enquête quelques temps plus tard afin d'en mesurer l'impact. Concernant notre travail de recherche, il reste surtout à tester cette nouvelle méthode au sein de secteurs industriels et de contextes de projets variés, afin de confirmer son efficacité pour la stimulation de la création en contexte industriel, et ainsi valider notre modèle théorique en entreprise.

## Synthèse du quatrième chapitre

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats des pré-expérimentations, de trois expérimentations qui avaient pour but de valider les trois hypothèses, et d'une quatrième expérimentation testant l'hypothèse générale de notre recherche. Nous proposons ci-après une synthèse de la démarche expérimentale que nous avons élaborée, nous abordons ensuite la validation des hypothèses, et enfin nous proposons une discussion des protocoles expérimentaux pour conclure.

### Synthèse de la démarche

Le contexte industriel de l'entité UXIN nous a permis de conduire des « *chantiers créativité* » dans le cadre de projets industriels réels du groupe PSA. Dans un premier temps ces projets ont constitué pour nous des « *pré-expérimentations* » sur la base desquelles nous avons pu formuler des constats de terrain qui, corrélés à nos constats d'état de l'art, ont abouti à la formalisation d'un modèle théorique. Ce dernier nous a permis de formuler une problématique et les trois hypothèses suivantes :

- l'utilisation d'outils de stimulation par analogies améliore la production créative
- l'utilisation d'un langage de formes visuelles améliore la production créative
- l'utilisation d'un processus cyclique alternant imagination, conception, et création améliore la production créative

Nous rappelons ici qu'il s'agit *d'améliorer la production créative* dans un **contexte de complexité systémique**, c'est-à-dire possédant un certain nombre de contraintes précédemment décrites (importance de la création de liens, difficultés de représentation des relations, complexité des facteurs humains).

Nous nous sommes ensuite appuyés sur l'expertise développée lors des « *pré-expérimentations* » pour tester les trois hypothèses dans le cadre de trois « *chantiers créativité* » spécifiques :

1. Dans le cadre d'un workshop pour générer des *fiches idées*, nous avons testé la différence entre un outil de « *brain-writing* » par stimulation « *aléatoire* » et une variante par stimulation « *analogique* ».
2. Dans le cadre d'un workshop pour générer des *fiches concepts*, nous avons testé la différence entre un gabarit de fiche concept « *non guidé* » et un gabarit « *guidé par des formes visuelles* ».
3. Dans le cadre de deux workshops pour aboutir à des *fiches concepts*, nous avons testé la différence entre un processus débutant par une *phase collective et suivi d'une phase d'évaluation a posteriori*, et un processus identique intégrant une *phase supplémentaire de travail individuel en amont*.

Nous avons enfin testé la synthèse de ces trois hypothèses en dehors du contexte industriel, en administrant un questionnaire à 90 *étudiants designers*, afin de tester si la stimulation proposée par notre hypothèse générale est bien à l'œuvre dans leur travail de création.

## Validation des hypothèses

La **Figure 105** ci-dessous synthétise les résultats obtenus du point de vue de la validation des hypothèses.

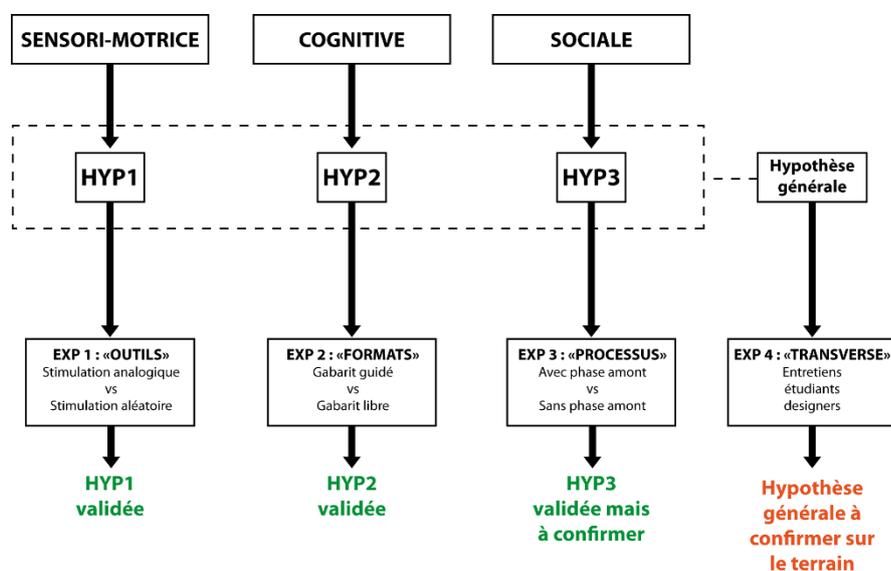


Figure 105: Validation des hypothèses

**L'hypothèse 1 est validée.** Un développement serait néanmoins nécessaire pour définir précisément les degrés de « surface » et de « profondeur » des analogies à utiliser et leur influence sur la production créative. De nouvelles expérimentations en contexte industriel seraient bienvenues afin de s'assurer de la robustesse de cette hypothèse.

**L'hypothèse 2 est validée.** Il faudrait par la suite définir beaucoup plus précisément le « dosage » entre figuratif et abstrait au sein des formes, et l'influence de certains types de symboles sur la production créative. De nouvelles expérimentations en contexte industriel seraient également bienvenues afin de s'assurer de la robustesse de cette hypothèse.

**L'hypothèse 3 est validée mais à confirmer.** Reproduire notre expérimentation dans de nouveaux contextes diversifiés permettra de confirmer quantitativement nos résultats, vis-à-vis notamment des différents biais humains possibles auxquels nous avons fait face.

**L'hypothèse générale est à confirmer sur le terrain.** En effet, nous ne pouvons pour l'instant que supposer la validation de notre hypothèse générale, puisque nous n'avons pas pu la tester en entreprise par manque de moyens. Il reste à confirmer sa robustesse en déployant la méthode intégrant conjointement les trois hypothèses afin de valider son efficacité dans le cadre de projets industriels réels. Toutefois nous pouvons être très optimistes car la confrontation avec un panel d'étudiants a été plutôt une réussite.

## Discussion concernant les protocoles expérimentaux

Cette discussion relative aux protocoles est transversale aux 4 expérimentations. Elle met en évidence les éléments redondants. Elle est structurée en trois parties : les ressources et moyens, les aspects méthodologiques, et enfin les facteurs humains.

## Ressources et moyens

Nous avons porté une attention toute particulière à la réduction des biais maîtrisables, tels que les conditions spatiales et temporelles de déroulement des workshops. C'est pourquoi les deux groupes de participants ont toujours été placés dans des environnements les plus similaires possibles :

- Configuration de salle, couleurs, et posters visuels identiques
- Mobilier (tables, sièges, cloisons) identiques
- Matériels et fournitures (stylos, marqueurs, post-it) identiques

Chaque groupe était strictement séparé dans l'espace mais progressait également en parallèle. Pour ce faire, les premières parties de workshop (présentation de données d'entrée) étaient réalisées en commun, afin de ne pas introduire de décalages temporels. Puis chaque groupe rejoignait son espace séparé pour poursuivre le déroulement du workshop.

Nous proposons ainsi une amélioration du protocole pour des expérimentations ultérieures, en utilisant des locaux de type « *salle blanche* » volontairement très neutre (formes, couleurs, textures), mais pouvant être personnalisés en fonction du projet (murs recouverts de posters ou projection vidéo, maquette échelle 1, dispositifs prototypes, etc.). Cette salle devra être suffisamment spacieuse et enrichie de mobilier sur roues (tables, chaises, cloisons) autorisant une diversité de configuration.

## Méthode

Il n'a pas été aisé de supprimer les biais sur les aspects méthodologiques, car nos environnements expérimentaux étant de réels contextes industriels de projets du groupe PSA, ils subissaient les contraintes fortes des commanditaires de « *chantier créativité* ». Toutefois pour chacune des trois expérimentations, nous avons toujours tenté d'assurer une régularité méthodologique sur les trois niveaux (outils, formats, processus) afin de ne moduler que la variable souhaité :

- **Expérimentation 1 « outils »** : format de fiche idée et processus strictement similaires, mais *outils de stimulation variable*
- **Expérimentation 2 « formats »** : outils de stimulation et processus strictement similaires, mais *format de fiche concept variable*
- **Expérimentation 3 « processus »** : outils de stimulation et format de fiche concept strictement similaires, mais *processus variable*

D'autre part les évaluations ont toujours été menées par les experts du projet en fonction de leurs attentes et de critères spécifiques au contexte, et ce conformément d'une part à la bonne conduite du projet industriel réel, et d'autre part aux recommandations de notre état de l'art.

Les workshops servaient donc à chaque fois un double objectif *industriel* et *expérimental*, impliquant une adaptation particulière des protocoles due notamment aux :

- contraintes de périmètre et d'objectifs des projets parfois mal définis ;
- contraintes de disponibilité des experts et des participants ;

- contraintes de confidentialité excluant la possibilité d'enregistrements (audio, vidéo) ;
- contraintes logistiques dû à la complexité de l'entreprise (disponibilité de salles, de véhicules, de matériel spécifique, etc.).

Notre démarche expérimentale pourrait contredire l'approche systémique que nous avons plébiscitée pour conduire l'ensemble de notre recherche. En effet un tel découpage des expérimentations pourrait annuler certaines interactions et synergies significatives entre outils, formats et processus. Néanmoins le contexte industriel très contraint ne nous a pas permis de mener des expérimentations plus nombreuses et plus complexes. Les contraintes très fortes de confidentialité, et le caractère intrusif de certains moyens de captation auraient pu générer des complications ou des biais supplémentaires vis-à-vis des participants. C'est pourquoi nous avons complété cette recherche avec une quatrième expérimentation, au sein d'un nouveau cadre plus académique moins contraint. Cette expérimentation par entretiens semi-directifs (questionnaire semi-ouvert) a pu nous donner des résultats présentant la synergie entre outils, formats et processus. Cependant, cette dernière expérimentation présente aussi certaines limites, comme le fait de solliciter l'avis subjectif des participants sur leur propre pratique, et non d'observer objectivement leurs actions en situation de projet.

Nous proposons ainsi une amélioration du protocole pour des expérimentations ultérieures, en suggérant de multiplier et de coupler les sources de recueil d'informations : notes des observateurs et captation vidéo, mais aussi productions de la séance et livrables, et enfin questionnaires des participants, des experts, et des animateurs. L'ajout de moyens de captations de type physiologique ou cognitif pourrait également renforcer ce protocole si toutefois ils devenaient très peu intrusifs.

## Facteurs humains

Des biais difficilement évitables ont particulièrement concerné les aspects humains (participants, experts, animateurs). Nous précisons ici que seuls les éléments conscients ont été extraits. Les mesures physiologiques ou comportementales de l'inconscient n'ont pas été abordées dans notre travail. Nous présentons ces biais potentiels sous trois typologies : les *participants*, les *experts*, et les *animateurs*.

### *Au niveau des participants*

Le panel utilisé pourrait être considéré comme trop faible et donc statistiquement peu opérant. Cependant c'est parce que nous avons évolué en contexte de projets industriels que nous devons nous adapter à la réalité des contraintes de ces environnements. Nous avons fait le choix de préserver les dimensions qualitatives de notre contexte, en réunissant une vingtaine de « *parties prenantes du projet* ». Cela correspondait d'une part à la constitution effective d'un groupe projet chez PSA, mais d'autre part au nombre divisible adéquat pour mener nos workshops de créativité dans les meilleures conditions possibles (deux groupes de 10 à 12 personnes). De plus, nous avons constitué des groupes strictement identiques en termes de profils métiers, en supposant que la culture inhérente à chaque « *catégorie métier* » correspondait à un « *profil créatif* » particulier. Nous avons fait ce choix de méthode bien qu'il en existe d'autres plutôt basés sur les facteurs conatifs et styles cognitifs des individus. En effet la contrainte qui prédomine dans notre contexte industriel est la sélection de

participants « partie prenante » au sein du projet, et donc devant couvrir des domaines métiers précis. Nous pouvons donc admettre un biais entre les participants de nos deux groupes, dont les profils métiers étaient identiques, mais dont les styles cognitifs et le « *profil créatif* » pouvait probablement présenter certaines différences, entraînant un impact potentiel sur les résultats.

#### *Au niveau des experts*

Les productions des participants étaient évaluées par les chefs de projet « *commanditaires du chantier créatif* ». Parce qu'évaluer de potentielles innovations implique d'être capable d'évaluer des productions « *en dehors du cadre conventionnel* », leur expertise pour évaluer l'émergence de champs nouveaux pouvait être remise en question. De plus, le contexte industriel étant celui d'une grande entreprise complexe, des facteurs influents de type « *politique* » pouvait également jouer, de par la subjectivité et les valeurs personnelles inhérentes à tout individu en position d'évaluateur. Ainsi bien qu'ayant mis en place un système d'anonymisation des livrables lors de l'évaluation par les experts, et parce que nous ne pouvons pas quantifier et qualifier précisément ces aspects, nous les considérons comme un biais entraînant un impact potentiel sur les résultats.

#### *Au niveau des animateurs*

Nous avons formalisé en amont de chaque workshop un « *guide d'animation* » identique pour chaque animateur. Ce guide était essentiellement constitué d'éléments tels que le minutage, les techniques à utiliser et les objectifs de chaque phase du workshop. Ainsi bien que les deux animateurs (groupe A et groupe B) furent guidés en amont sur le style d'animation, nous n'avons pu écarter de possibles différences inhérentes à la personnalité et à l'expérience de chaque animateur. Nous considérons cet aspect comme un biais ayant pu entraîner une stimulation différente des participants et donc un impact potentiel sur les résultats.

Nous proposons ainsi une amélioration du protocole pour des expérimentations ultérieures. D'une part en couplant la constitution du groupe de workshop par « *profil métier* » avec une constitution par « *profil créatif* ». Ainsi des groupes adéquats seront composés d'une juste proportion de métiers différents et d'un équilibre entre participants au profil faiblement et fortement « *créatifs* ». D'autre part, nous proposons de faire intervenir lors des phases d'évaluation, des experts issus des domaines du projet en cours, mais également des experts issus de domaines connexes, transversaux, ou révélés par la production des participants. Un système de pondération des valeurs (de poids des critères) reste à imaginer afin d'aboutir à une évaluation exploitable pour l'action. Enfin, nous proposons la création d'une méthode d'analyse du « *profil d'animateur* ». Ainsi en fonction des projets et du contexte donné, on pourrait sélectionner des animateurs possédant des expériences ou des styles d'animation similaires (en retrait, engagé, conseil, etc.), afin de diminuer au maximum les biais inhérents à leur personnalité.

Nous concluons ainsi ce quatrième chapitre.

# Chapitre 5

Apports, limites, & perspectives



# CHAPITRE 5 : Apports, limites et perspectives

## Introduction du cinquième chapitre

Notre travail de recherche s'est divisé en trois grandes étapes issues de l'approche systémique. Nous avons d'abord analysé le phénomène complexe de la « créativité », à travers un état de l'art pluridisciplinaire (*voir chapitre 2*), ainsi que des pré-expérimentations en contexte industriel (*voir §4.1*). A partir de constats à la fois théoriques mais aussi issus du terrain, nous avons modélisé le système complexe de la « création » afin de mettre en évidence les mécanismes pour le stimuler (*voir chapitre 3*). Enfin nous avons simulé ces mécanismes indépendamment afin de tester la pertinence de notre modèle dans le cadre d'expérimentations (*voir chapitre 4*).

Dans ce cinquième chapitre, nous rassemblons l'ensemble des résultats de notre recherche afin d'en proposer une synthèse, et de la discuter. Nous présentons tout d'abord les apports industriels de notre travail, issus de l'évaluation de notre hypothèse générale en entreprise. Puis à partir du modèle théorique que nous avons formalisé, nous abordons certains apports scientifiques que nous présentons comme des ouvertures potentielles. Pour finir, nous formulons quelques perspectives sociétales de notre recherche. Ensuite, nous abordons les limites auxquelles nous avons été confrontés, en termes de contexte, de méthode, mais également dues à l'objet même de notre recherche. Enfin pour conclure ce chapitre, nous ouvrons sur les perspectives de poursuite de notre travail, à court, moyen, et long terme. La **Figure 106** ci-dessous résume la structure de ce chapitre.

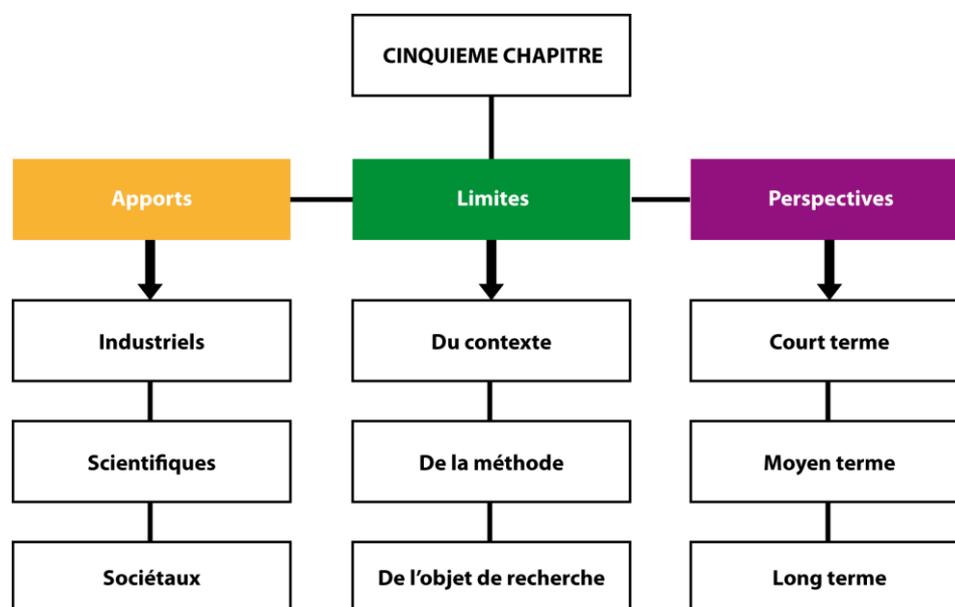


Figure 106: Structure du cinquième chapitre

## 5.1 Apports

### 5.1.1 Industriels

Les apports industriels se divisent en trois parties. Tout d'abord nous présentons la méthode de conception systémique directement issue de notre hypothèse générale et des retours du terrain industriel à la suite des expérimentations que nous avons mené. Nous détaillons ensuite les outils de conception systémiques conçus et déployés au sein de notre contexte industriel. Enfin nous concluons en présentant nos apports en termes de diffusion et de formation au sein du groupe PSA.

#### 5.1.1.1 Méthode de conception systémique

Parce que les challenges économiques, sociaux et environnementaux sont de plus en plus complexes, la recherche doit proposer des connaissances actionnables, notamment dans l'optimisation des processus de conception et d'innovation. Nous avons pu mettre en évidence la dimension centrale qu'occupe la création au sein de l'innovation, et donc l'importance de maîtriser son processus. Le pré-modèle théorique que nous avons formalisé (*voir chapitre 3*) visait un double objectif : la *production de connaissances* menant à la compréhension la plus complète des mécanismes créatifs, et la *définition d'axes méthodologiques* pour le développement d'outils plus efficaces pour stimuler la création. En créant le lien entre nos constats théoriques et industriels, le travail de synthèse systémique du pré-modèle nous a permis de définir trois axes méthodologiques (trois hypothèses), celui des outils, celui des formats, et celui des processus.

La première validation de chacun de ces axes sur le terrain industriel (*voir chapitre 4*) nous permet de confirmer leur impact pour stimuler la création dans un contexte de conception complexe et systémique. Toutefois, nous admettons qu'il est encore nécessaire de mener un grand nombre d'expérimentations pour confirmer la robustesse de nos résultats, notamment lorsque les trois axes méthodologiques sont mis en œuvre de concert. Ainsi, à destination du contexte industriel, et pour la conduite de nouveaux projets ou de nouvelles évaluations de notre travail, nous proposons une méthode d'optimisation de la création : la *méthode de conception systémique*.

Cette méthode est basée sur la transformation analogique de formes visuelles au sein d'un processus cyclique alternant différents modes d'interaction sociale (imagination, conception, création). Nous détaillons ci-dessous le processus que nous avons imaginé, basé à la fois sur les résultats de nos expérimentations (hypothèse 3), mais également sur un enrichissement issu de l'état de l'art, afin de combler ce que nous n'avons pas encore pu évaluer. Les outils et formats (hypothèse 1 et 2) utilisés tout au long de ce processus sont abordés dans la sous-partie suivante (*voir § 5.1.2.2*).

Il s'agit d'un processus en trois cycles « *fractals* », c'est à dire qu'au sein de chaque cycle, on retrouve trois sous-cycles, et ainsi de suite sur trois niveaux. Cela veut également dire que les cycles n'ont pas la même « *vitesse* », il existe un facteur 3 à chaque changement de niveau.

1. Le premier processus, le plus rapide, concerne les activités à réaliser. C'est un processus à conduire à l'échelle d'une séance de travail, ou à titre individuel. Il trouve son origine dans notre travail pré-expérimental, car il a constitué un enchaînement d'activités pertinent pour la conduite des « *workshops* » (*voir § 4.1.2.1*). Il commence

par **la stimulation**, poursuit avec **la représentation**, et abouti avec **la sélection**. Il est également cohérent avec le déroulement des « *workshops* » des EXP 1, 2, et 3, composés de phases analogues de compréhension (stimulation), de formalisation de fiches idées, fiches concepts, ou mapping (représentation), et d'évaluation experte (sélection).

2. Le second processus trois fois moins rapide, concerne les acteurs engagés. C'est un processus à conduire à l'échelle d'un chantier, ou projet, ou bien à l'échelle d'une petite équipe. Il trouve son origine dans l'expérimentation 3 « *processus* ». Il commence par le travail **individuel**, poursuit avec le travail **collectif** et abouti avec le travail des **experts**. Il présente ainsi une alternance de « *modes d'interaction sociale* », en cohérence avec les phases d'imagination (individuelle), de conception (collective), et de création (experte).
3. Le troisième processus, trois fois plus lent, concerne les critères de valorisation des productions. C'est un processus à conduire à l'échelle d'un grand projet ou d'un département. Il commence par **l'utilité**, poursuit avec **la nouveauté**, et abouti avec **l'adaptabilité**. Nous n'avons pas pu formellement expérimenter ce processus car son échelle était trop grande pour notre travail. Toutefois nous l'avons utilisé de manière informelle, puisqu'il s'agit du processus méthodologique de notre entité (issu de l'UX design) : produire de « l'utile », produire de « l'utilisable », produire du « désirable ». Nous l'avons ainsi adapté à un contexte plus large, en nous inspirant de précédents travaux sur les critères de valeur à appliquer en entreprise, tels ceux de Yannou (2013) : ce qui est possible (utile), ce qui est souhaitable (nouveau pour l'entreprise, désirable) et ce qui est faisable (utilisable, adapté au contexte).

Les productions considérées comme valorisables sur les trois aspects d'utilité, de nouveauté, et de faisabilité sont considérées comme « *finalisées* » et sortent du processus. Au sein de cette méthode, il n'y a plus d'organisation linéaire de « *chantiers créativité* » par projet, mais bien un seul processus cyclique continu et ininterrompu, avec trois niveaux d'intervention en parallèle. Cette méthode permet également aux collaborateurs de l'entreprise de savoir :

- Quand et comment démarrer seul son projet ;
- Quand et comment « *venir avec son projet* » pour le présenter et travailler au sein d'un collectif, ou venir écouter et contribuer au projet d'un autre ;
- Quand et comment présenter son projet pour une prise de décision, ou être invité à prendre une décision concernant le projet d'un autre.

Les trois cycles méthodologiques, s'ils doivent être conduits de concert au sein d'un même processus, peuvent se répartir sur différentes échelles organisationnelles dans l'entreprise. Cela permet à la fois :

- une autonomisation des individus ;
- une gestion des interactions sociales ;
- un suivi global de l'état d'avancement des productions.

De cette manière la *méthode conception systémique* est cohérente avec les recommandations pour la mise en acte d'une stratégie « *chemin faisant* » de Marie-José Avenier (1999) :

- la reconnaissance du potentiel d'initiatives de la périphérie et l'encouragement des initiatives locales ;
- la création de lieux d'échange et de débat ;
- l'harmonisation des procédures existantes et la mise en place d'un système d'information organisationnel.

La **Figure 107** ci-dessous illustre la méthode de conception systémique. Si nous résumons, il y a trois grandes phases de conception systémique : la définition de concepts utiles, de concepts utiles mais aussi nouveaux, et enfin de concepts utiles, nouveaux, mais aussi adaptés au contexte dans lequel ils se réalisent. Chaque phase est ainsi composée de trois modes de travail, un temps individuel, un temps collectif (workshop), et un temps entre experts (évaluation). Chaque mode de travail peut être encore subdivisé, en commençant par une étape de stimulation, suivie d'une étape de représentation, puis enfin d'une étape de sélection.

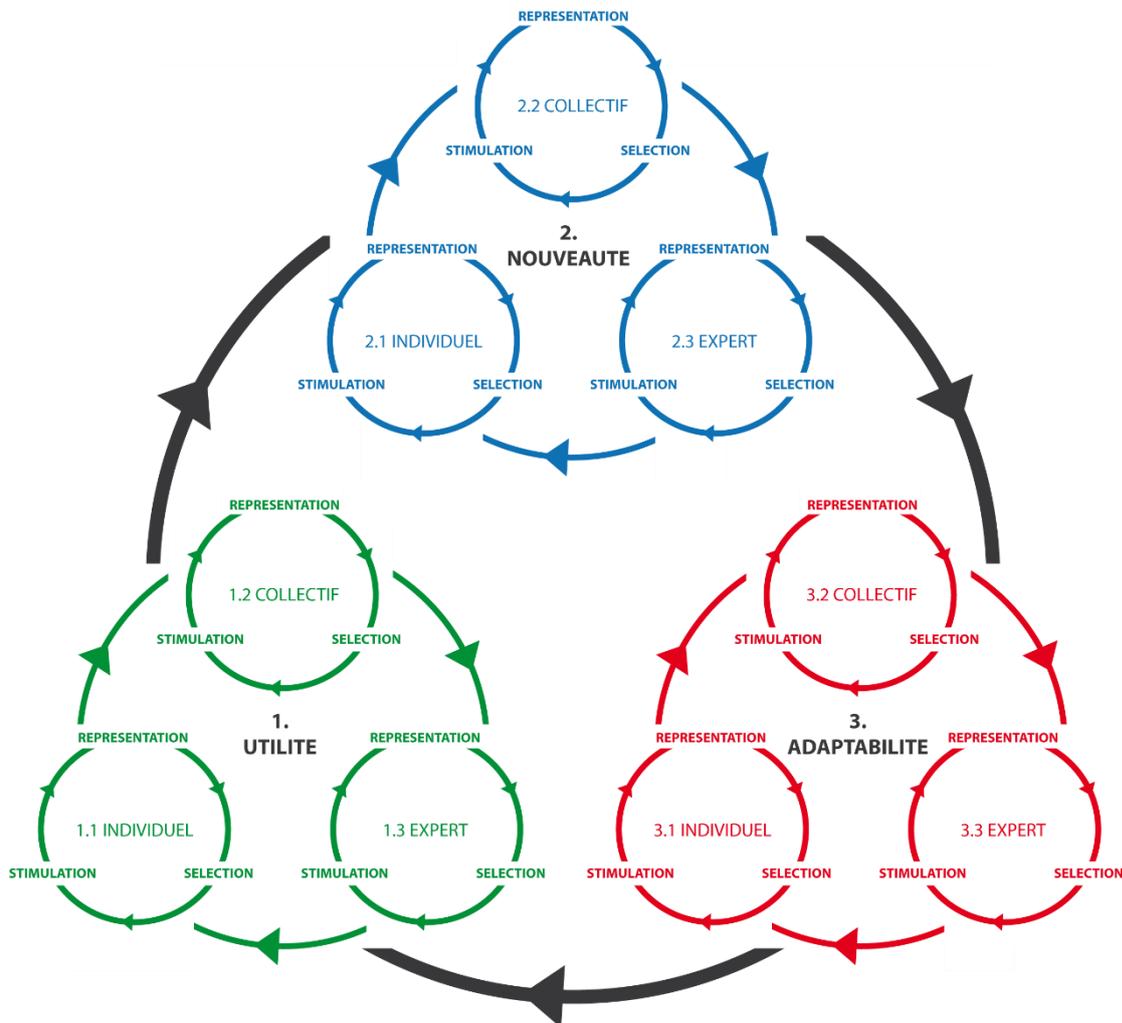


Figure 107: Méthode de conception systémique

Pour achever l'implémentation de cette nouvelle méthode, nous illustrons dans la **Figure 108** ci-dessous, l'interface potentielle avec un processus linéaire plus classique. Nous prenons exemple sur le processus initial déployé au sein de notre contexte industriel (entité UXIN), en rappelant toutefois que la méthode de conception systémique dépasse de fait ce cadre initial linéaire.

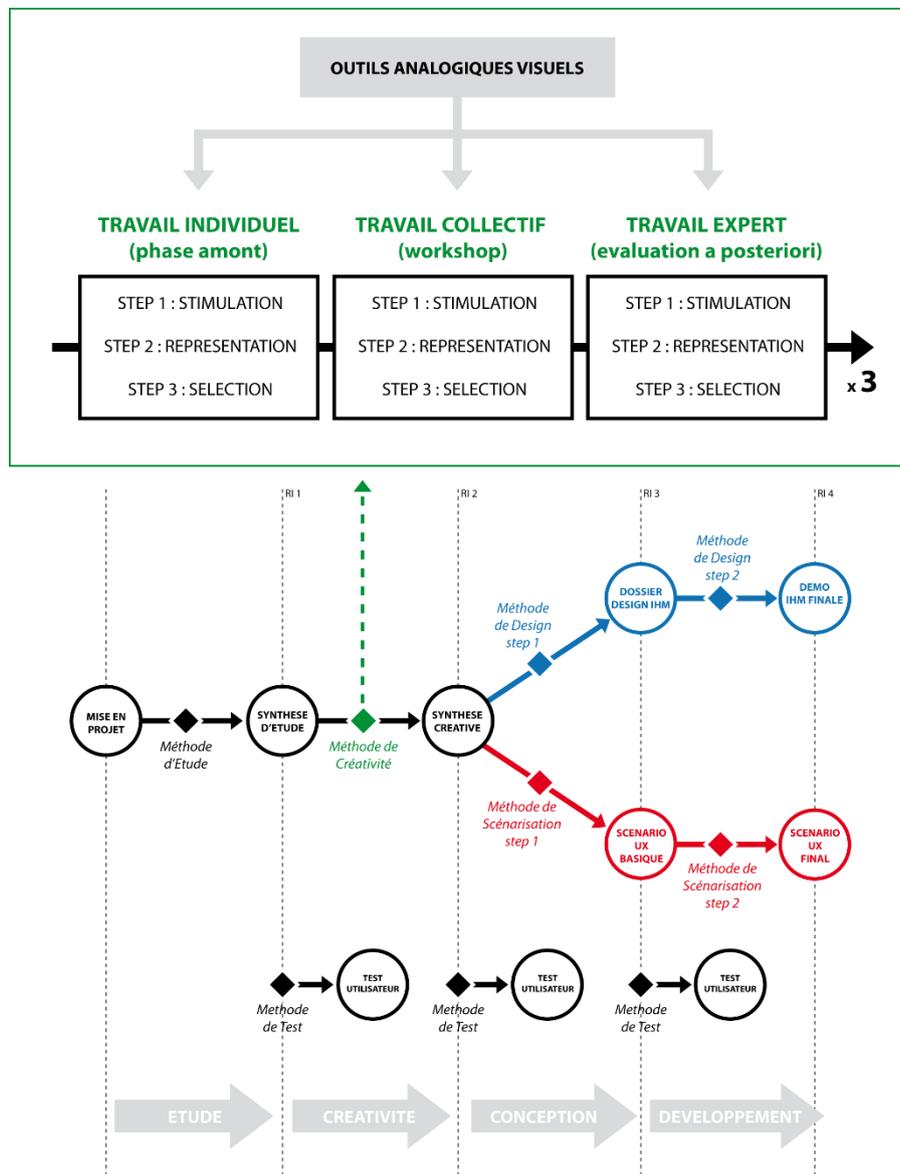


Figure 108: Intégration de la méthode de conception systémique au sein d'un processus linéaire (UXIN)

### 5.1.1.2 Outils de conception systémique

Pour accompagner les collaborateurs lors des phases de « stimulation », « représentation », et « sélection », nous avons conçu des outils appropriés. Ceux-ci reposent sur un principe précis, énoncé dans les hypothèses 1 et 2, et validé lors de nos expérimentations : **la transformation d'analogies par la représentation**. Ainsi selon notre approche, le support de production, le « format », n'est plus dissocié de la technique, « l'outil ». Pour schématiser, il y avait les techniques de brainstorming d'un côté, et les post-it et les fiches

idées de l'autre. Or pour assurer la fluidité du passage de cycle en cycle dans le processus décrit précédemment, nous recommandons l'utilisation d'un seul « médiateur », un seul « point triple », objet intermédiaire guidant stimulation et sélection, pour coupler l'individu à son environnement (naturel et social). Ces outils systémiques, sont divisés en deux grandes familles, les outils de **stimulation par la représentation**, et les outils de **sélection par la représentation**. La **Figure 109** ci-dessous résume les 20 outils que nous avons conçus spécifiquement pour le contexte de PSA Peugeot Citroën, et qui se sont avérés performant lors des projets que nous avons conduits.

STIMULATION par la représentation	SELECTION par la représentation
Poster/slide technos	Fiche idée avec grille d'évaluation
Poster/slide marque	Fiche idée « sketching »
Poster/slide persona	Fiche idée systémique
Poster/slide concept	Carte mentale/ conceptuelle
Benchmark illustré/vidéo	Rosace des problématiques
Roman photo «magicien d'Oz»	Scenario planning «Mandala»
Etude qualitative illustrée	UX Routine
Postures technologiques	Scénario de problématiques
Challenging questions	Cartographie tridimensionnelle
Bodystorming vehicule	«Scale modeling» et «Dirty prototyping»

Figure 109: 20 outils systémiques conçus pour PSA Peugeot Citroën

Le principe de représentation est commun aux deux familles d'outils car il permet d'utiliser les images de l'individu comme substrat pour rendre les informations et les connaissances exploitables (pour la stimulation et la sélection). Ainsi ils peuvent être utilisés sur l'ensemble des cycles, quelle que soit la phase (individuelle, collective ou experte).

Ces outils sont particulièrement adaptés à l'univers automobile, en cohérence avec la commande qui nous a été faite par PSA Peugeot Citroën. Néanmoins ils sont également opérants pour d'autres secteurs industriels, moyennant éventuellement des adaptations mineures (en termes de contenu).

### 5.1.1.3 Diffusion et formation

Sur ce travail de recherche de trois années, intégré en tant que designer « *praticien-chercheur* » au sein du groupe PSA Peugeot Citroën, nous avons pu contribuer à plus d'une vingtaine de projets, représentant environ une cinquantaine de « *workshops* » (séance de créativité). Une première formalisation méthodologique a eu lieu, avec la conception d'une « *Creative Tool Box* », une boîte à outil de créativité d'une trentaine d'outils sous la forme de cartes à jouer. Ce livrable méthodologique a permis de rendre tangible l'activité de recherche en cours, et de fédérer et développer l'activité créativité de l'entité UXIN où nous avons évolué. D'un périmètre majoritairement axé sur la conception d'IHM UX, l'entité a évolué vers une activité de management de la créativité UX (IHM et hors IHM). Elle a été rattachée successivement à une direction d'ingénierie, puis à la direction des projets innovants, et enfin à la direction de l'innovation stratégique. Dans le même mouvement, notre activité de praticien « *animateur de séances de créativité* » est passée du périmètre des IHM au périmètre global du groupe PSA (au milieu de la seconde année doctorale). Cette évolution de fonction a entraîné la création d'un « *comité de pilotage créativité* », la ré-activation du « *réseau d'animateurs* », et le lancement d'une « *formation créativité* » que nous avons conçue à partir de nos travaux de chercheur et de praticien. Initialement proposée en présentiel sous la forme de deux modules, l'un théorique et l'autre pratique (une dizaine d'heures), cette formation a ensuite été transformée en « *cours vidéo par e-learning* » et déployée via l'intranet à l'ensemble du groupe PSA. Durant ces trois années, nous avons ainsi eu la chance d'accompagner des projets techniques, des projets véhicules, un programme véhicule, des projets de prospective stratégique, de prospective scientifique, ainsi que des projets d'open-innovation avec des étudiants en école de design. Notre recherche a été déclinée en apports industriels pragmatiques et méthodologiques, opérants et orientés vers l'autonomisation des animateurs et des collaborateurs, afin de contribuer à l'effort d'amélioration continue et à la stratégie d'innovation du groupe PSA Peugeot Citroën.

## 5.1.2 Scientifiques

Les apports scientifiques se divisent en trois parties. Tout d'abord nous présentons le modèle théorique qui émerge de notre recherche, le « *système de la création* ». Nous présentons ensuite une perspective de méthode scientifique qui pourrait découler de ce modèle. Enfin nous concluons en présentant une tentative de contribution à l'épistémologie des sciences du design.

### 5.1.2.1 Modèle systémique

La modélisation systémique avait pour objectif de rendre le phénomène complexe de la « *créativité* » intelligible dans son unité et sa cohérence, afin de pouvoir améliorer son fonctionnement. Elle nous a permis de construire une synthèse entre les constats théoriques et les constats issus du terrain, afin d'identifier les interactions et couplages fondamentaux à stimuler pour améliorer la créativité dans un contexte complexe et systémique. Les différents leviers méthodologiques : outils de stimulation par analogies, langage de formes visuelles, et processus cyclique alternant différents modes d'interaction sociale, ont pu être testés dans le cadre de projets industriels réels. Nous avons ainsi pu vérifier empiriquement leur efficacité afin de stimuler la création. Malgré le fait que de nombreuses expérimentations soient encore

nécessaires pour confirmer la robustesse de ces leviers méthodologiques, cette première étape de validation nous permet de penser que notre modèle systémique en tant que tel est opérant. C'est-à-dire qu'il permet de décrire (compréhension), et d'agir (méthodologie), conformément aux principes de l'approche Systémique. Nous présentons ci-dessous notre travail de modélisation, puis de définition. Nous concluons par une discussion de notre modèle.

### Modélisation de la création

Le travail d'expérimentation et de confrontation au milieu industriel nous permet de présenter une mise à jour vis-à-vis du pré-modèle précédemment exposé. La **Figure 110** ci-dessous représente le modèle systémique de la création tel qu'il résulte de notre réflexion finale. Nous avons fait un travail de restructuration graphique afin d'améliorer sa lisibilité à des fins de compréhension. Les trois niveaux topologiques : *l'environnement*, *l'individu*, et *l'objet*, sont désormais disposés de manière à illustrer le couplage entre l'individu et l'environnement via l'objet.

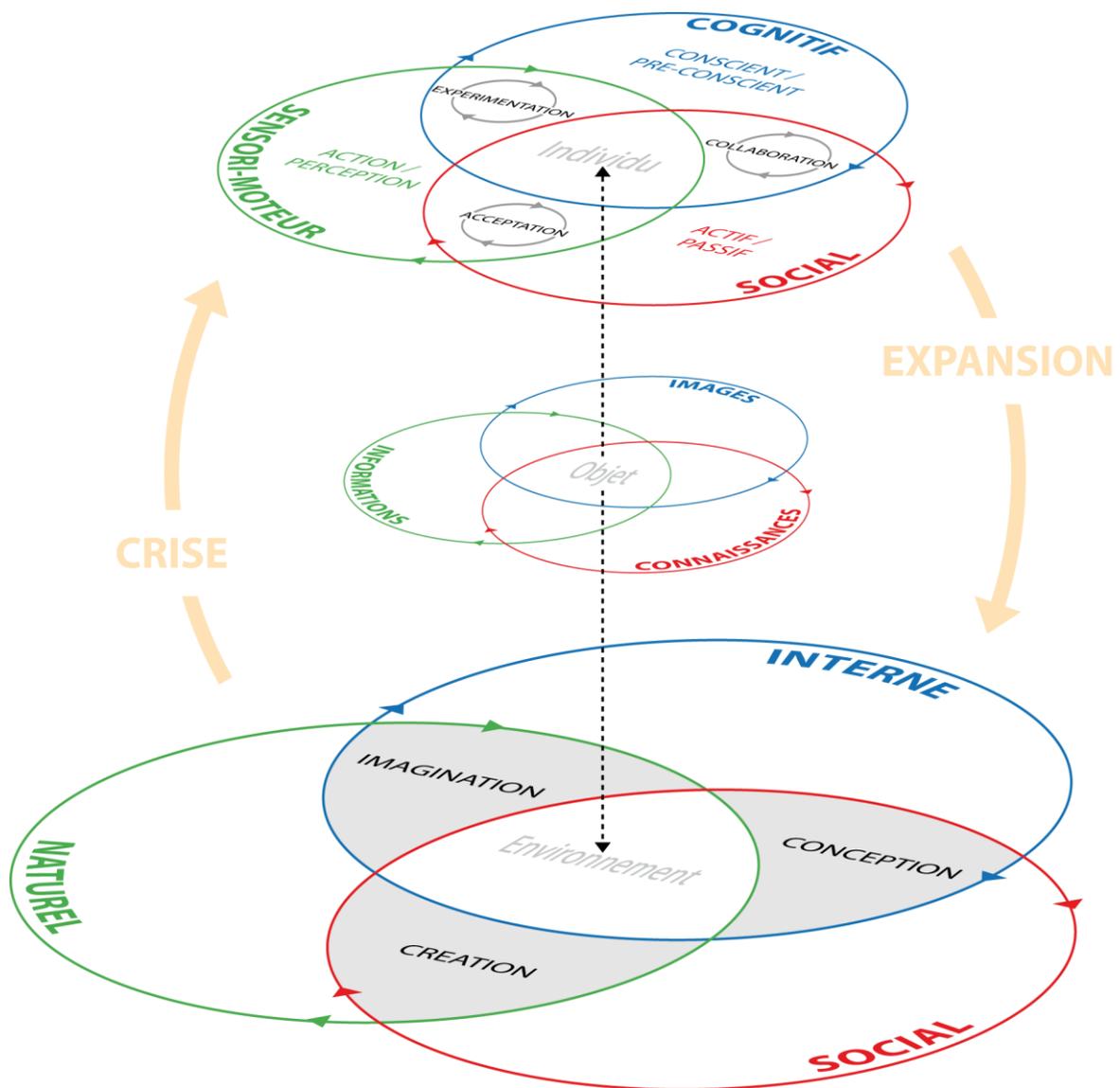


Figure 110: Modèle systémique de la création

Le **Tableau 19** résume les sous-systèmes présents à chaque niveau topologique.

Individu	Objet	Environnement
Sensori-moteur : <i>cycle d'action et de perception</i>	Information	Naturel
Cognitif : <i>cycle de travail conscient et pré-conscient</i>	Images	Interne
Social : <i>cycle d'interaction sociale active ou passive</i>	Connaissances	Social

Tableau 19: Sous-systèmes du modèle systémique de la création

Le modèle fait émerger trois types de couplages :

- a) Un processus d'*expérimentation* sur le terrain de l'imagination (*travail individuel*)
- b) Un processus de *collaboration* sur le terrain de la conception (*travail collectif*)
- c) Un processus d'*acceptation* sur le terrain de la création (*travail expert*)

Enfin, le modèle se finalise par un cycle alternant crise de l'individu et expansion de l'environnement, caractérisant le « *moteur* » du système (déséquilibre et ré-équilibre).

### **Définition de la création**

Nous rappelons que nos objectifs initiaux étaient d'identifier les mécanismes à stimuler pour améliorer la créativité, mais aussi de les combiner afin de formaliser une synthèse exhaustive. Afin de détailler l'explicitation du fonctionnement de ce « *système de la création* », nous proposons ci-dessous un résumé des connaissances issues de l'état de l'art que le modèle synthétise comme un tout unifié.

Selon notre modèle, la création est un système complexe composé de processus individuels (sensori-moteur, cognitif, et social) en couplage avec un environnement (naturel, interne, et social) en constante évolution. Ce système est ouvert et produit des liens analogiques entre différents éléments d'information découverts dans l'environnement. Sa nature auto-poïétique lui permet de se réaliser lui-même au cours du temps en dépit des changements environnementaux, par l'actualisation et la densification continue de ces liens, à travers un processus continu d'accentuation sélective. Ainsi l'environnement (naturel, interne, social) stimule les processus individuels pour former de nouvelles connaissances, et permet également de les évaluer à différentes échelles. Au niveau interne par rapport aux expériences mémorisées de l'individu. Au niveau social, par le jugement de pairs au travers d'un système de règles culturelles. Et au niveau naturel, par la faisabilité d'incarnation dans la matière.

Les expériences mémorisées par l'individu sont des images mentales auxquelles sont associées des informations contextuelles lors de son interaction avec l'environnement. Ces images sont ainsi structurées par des patterns évolutifs plus ou moins ancrés dans le système psychique. C'est la motivation de l'individu face à une situation d'interaction avec l'environnement particulière, qui est l'élément déclencheur de l'acte de création. Afin de rétablir l'équilibre de son système psychique face à son incapacité à créer des liens analogiques entre un élément inconnu perçu dans l'environnement et ses connaissances disponibles, l'individu effectue trois opérations caractéristiques de l'acte de création :

- Il étend son *champ sensori-moteur* pour acquérir de nouvelles informations, par la stimulation d'un cycle d'action et de perception ;
- Il étend son *champ cognitif* pour acquérir de nouvelles images, par la stimulation d'un cycle de travail conscient et de travail préconscient ;
- Il étend son *champ social* pour acquérir de nouvelles connaissances, par la stimulation d'un cycle de travail collectif actif et passif ;

Les interactions sensori-motrices et cognitives se couplent pour former le terrain de *l'imagination*, un espace d'expérimentation individuel dominé par la production d'images. Les interactions cognitives et sociales se couplent pour former le terrain de la *conception*, un espace de collaboration collectif dominé par la production de représentations. Ainsi de nouvelles informations finissent par être reliées via l'alternance d'expérimentations et de collaborations, à des connaissances connues de l'individu, et permettent le retour à l'équilibre du système psychique. Les connaissances qui ont été externalisées en dehors de l'environnement interne évoluent à leur tour comme des systèmes autonomes, et peuvent être acceptées, à travers un couplage conjoint à l'environnement naturel et social assuré par les processus interactifs d'autres individus, sur le terrain de la *création*.

### *Discussion du modèle*

Les spécificités de ce modèle vis-à-vis d'autres formalisations du processus créatif sont les suivantes :

- Le « *monde interne* » composé de la mémoire et de l'inconscient est considéré comme un « *environnement* » avec lequel les processus individuels interagissent, au même titre que l'environnement (naturel et social) extérieur à l'individu.
- Bien que le modèle soit polarisé sur l'individu créateur, il laisse apparaître des interactions sociales desquelles il est exclu, et qui sont indispensables au processus de validation de la création.
- Il replace la création dans une perspective éactive (Varela et al., 1993), en rappelant que le système de création ne peut exister dans un monde purement abstrait, sans incarnation au sein d'un monde tangible.

Nous avons ainsi comparé le *modèle systémique de la création* à d'autres modèles de la créativité issus de l'état de l'art, afin de le situer plus précisément parmi les précédents travaux de recherche.

La **Figure 111** ci-dessous par exemple, montre comment le *modèle DIFI* de Csikszentmihalyi (1999) s'interface avec notre modèle. On constate que les interactions individu/société sont particulièrement cohérentes avec notre modélisation sur les trois niveaux. En revanche l'ensemble de l'axe environnement naturel/interactions sensori-motrices semble ne pas avoir été pris en compte de manière explicite dans le *modèle DIFI*.

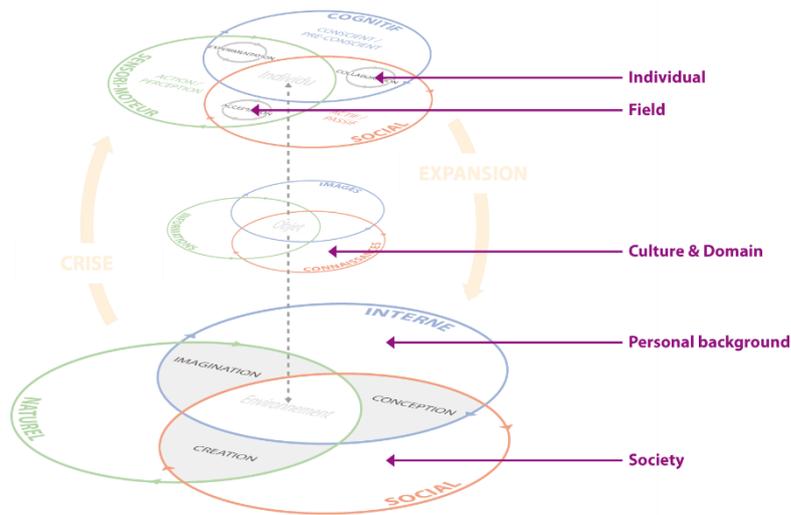


Figure 111: Comparaison avec le modèle DIFI de Csikszentmihalyi (1999)

La **Figure 112** ci-dessous montre comment la *théorie C-K* de Hatchuel et al. (2003) s'interface avec notre modèle. On constate que l'attention est portée sur les interactions concept/connaissances à la fois à l'échelle de l'environnement et de l'objet. En revanche d'une part les aspects psychiques (monde interne et interactions cognitives) semblent ignorés. D'autre part l'axe environnement naturel/interactions sensori-motrices semble ne pas avoir été pris en compte dans la *théorie C-K*. Nous avons trouvé un travail de thèse de doctorat en informatique par Akin Osman Kazakci (2007), intitulé « *La théorie CKE comme fondement théorique pour les assistants de conception* », et qui propose l'introduction d'un troisième espace, l'espace E de l'environnement en utilisant les notions de la cognition située. D'une certaine manière, ce travail confirme nos observations.

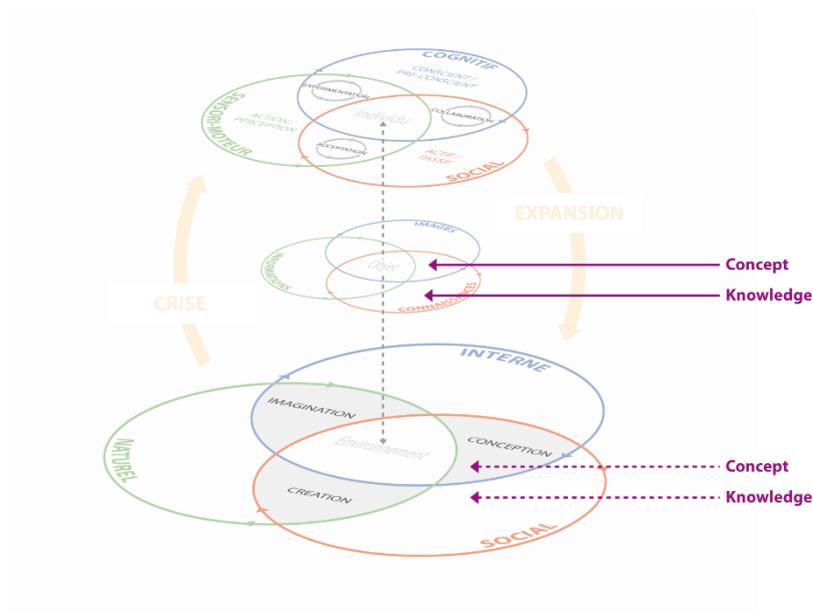


Figure 112: Comparaison avec la théorie C-K de Hatchuel et al. (2003)

La **Figure 113** ci-dessous montre comment le *modèle FBS* de Gero (1990) s'interface avec notre modèle. Ici nous souhaitons nous concentrer uniquement sur l'échelle de l'objet. D'après notre modèle, la « Fonction » pourrait faire référence aux informations de l'environnement naturel. Le « Comportement » pourrait faire référence aux connaissances issues de l'environnement social. La « Structure » pourrait faire référence aux images de l'environnement interne. De ce fait, si la mémoire des concepteurs est constituée d'un réseau de fonctions, de comportements et de structures d'après le modèle FBS, celle des individus est constituée d'un réseau plus général d'informations, de connaissances et d'images, d'après notre modèle du système de création. Ce parallèle reste toutefois à développer plus en détails dans de futurs travaux.

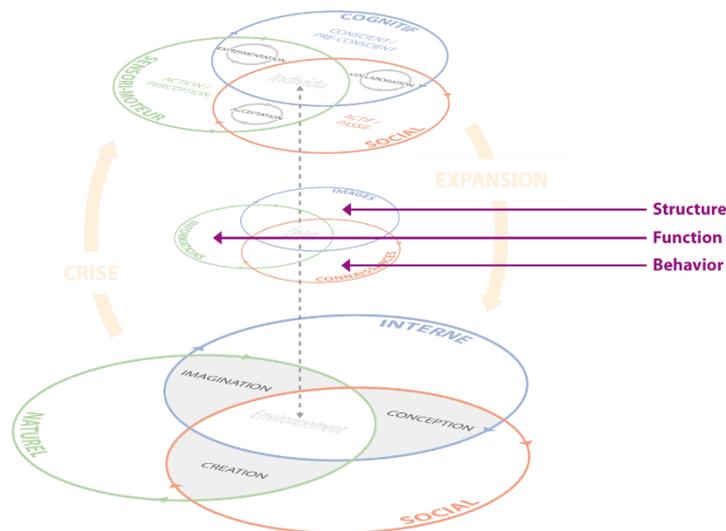


Figure 113: Comparaison avec le modèle FBS de Gero (1990)

Pour conclure cette sous-partie de discussion du modèle, nous illustrons la manière dont s'interface la *méthode de conception systémique* précédemment décrite (**voir § 5.1.1.1**) et le *modèle systémique de la création*. Comme on peut le voir sur la **Figure 114** ci-dessous, les trois cycles méthodologiques sont illustrés et couplés avec leur processus individuels référents au sein du *modèle systémique de la création*. Les outils systémiques basés sur les analogies visuelles sont également interfacés avec leur fondement théorique à l'échelle de *l'objet*.

Cette formalisation démontre que le modèle peut servir le double objectif de description du système, mais aussi d'action au sein de celui-ci. Dans la suite de ce chapitre 5, nous utiliserons le modèle de cette même manière pour illustrer les apports de notre travail.

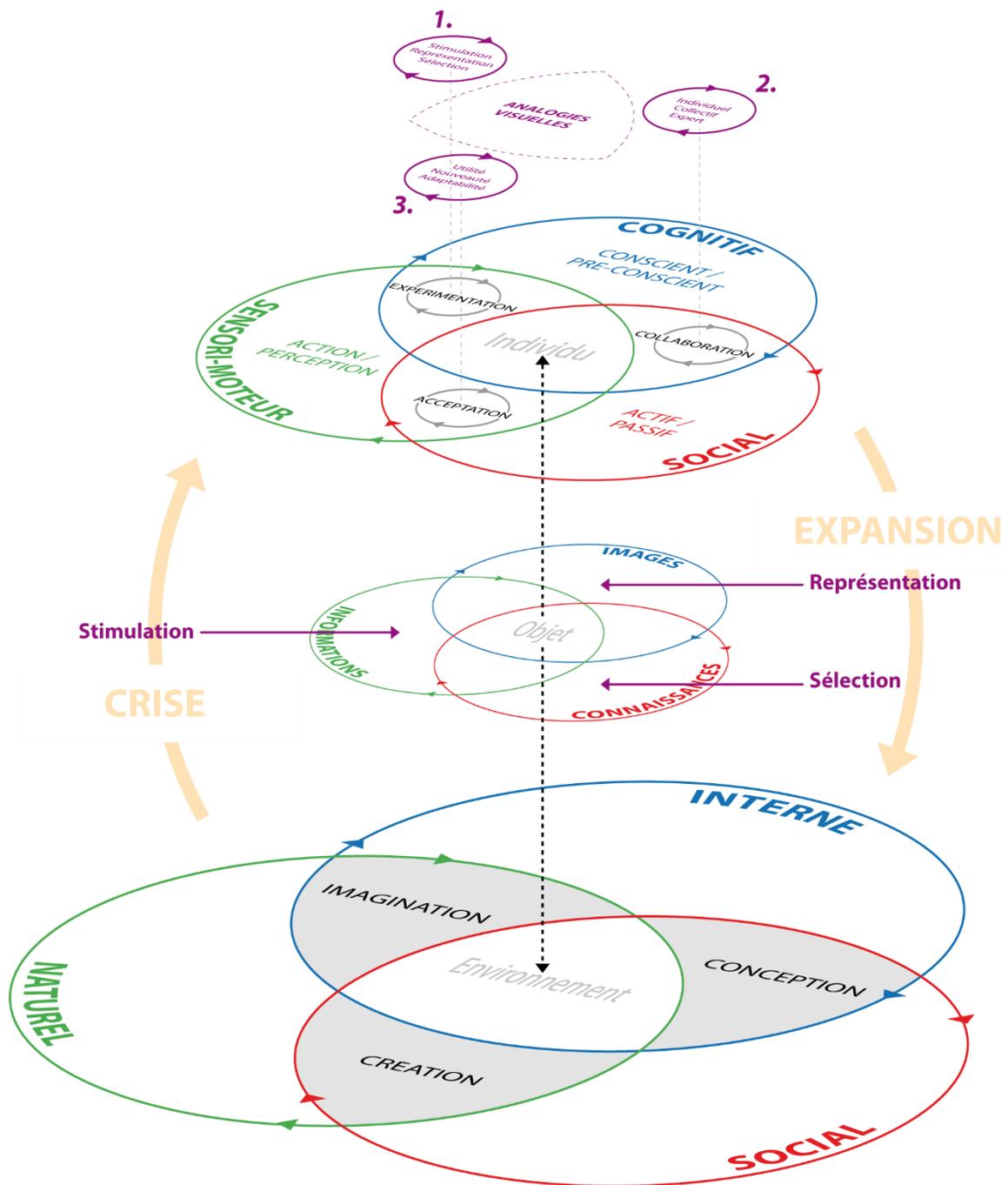


Figure 114: Modèle systémique de la création et méthode de conception systémique

### 5.1.2.2 Méthode de recherche

Cette deuxième sous-partie concernant les apports scientifiques est une tentative de contribution au corpus des méthodes de recherche. Le contenu abordé ici n'est pas issu de résultats formels des expérimentations réalisées en contexte industriel, il s'agit d'une projection théorique de ces résultats qui a pour but de faire émerger des pistes de développements futurs.

La méthode de recherche initialement définie et menée dans le cadre de cette thèse de doctorat était celle de la « *Recherche-Action* ». Elle était composée de deux « *boucles* » reliant théorie et pratique au sein de deux phases :

- 1) - Identification d'un problème par l'observation terrain : diagnostic de l'intégration de la créativité au sein de notre contexte industriel (**théorie > pratique**)
  - Réflexion et l'établissement d'un plan d'action : développement d'hypothèses de modélisation à partir des données collectées sur ce terrain (**pratique > théorie**)
- 2) - Mise en œuvre de l'action : test de nos hypothèses par la mise en œuvre de changements au sein de notre contexte industriel (**théorie > pratique**)
  - Analyse et l'évaluation de ses effets (puis finalisation ou poursuite d'une nouvelle boucle) : évaluation des effets afin d'en tirer des conclusions « actionnables » (**pratique > théorie**)

Cependant au cours de notre recherche l'approche systémique nous a également influencé par ses trois phases méthodologiques particulièrement efficaces :

1. *l'analyse du système de création* (état de l'art) : première boucle « théorie-pratique-théorie »
2. *la modélisation du système de création* (modélisation théorique) : une phase à part en suspend entre les deux boucles
3. *la simulation du système de création* (expérimentations) : seconde boucle « théorie-pratique-théorie »

Enfin, une fois le système de la création modélisé, nous avons pu remarquer que les interactions sensori-motrices, cognitives, et sociales créaient des couplages faisant émerger les terrains de l'imagination, de la conception, et de la création. L'alternance des interactions au sein de chacun de ces terrains constituent en soi un processus méthodologique presque identique à la méthode systémique précédemment décrite :

- 1) **l'analyse et la modélisation du système** (première boucle « théorie-pratique-théorie ») constituant une phase d'imagination : l'individu seul avec ses images mentales expérimentant son environnement ;
- 2) **la modélisation et la simulation du système** (seconde boucle « théorie-pratique-théorie ») constituant une phase de conception : l'individu au sein d'un contexte social collaborant par le biais de représentations ;
- 3) **enfin la communication des résultats et confrontation** à un public d'experts jugeant la valeur selon un système de règles issues du domaine, constituant une phase d'acceptation de la création de connaissances.

D'après l'observation de notre « *pratique-réflexive* » menée tout au long de cette thèse de doctorat, il nous semble que le processus alternant imagination, conception, et création, constitue également une méthode de recherche à part entière. De plus, cette observation est cohérente avec un de nos constats initiaux : création, conception, et systémique se rejoignent au sein d'un seul et même système. Dans cette perspective, l'acte de découverte scientifique serait donc identique à l'acte de création, car basé sur les mêmes processus. La **Figure 115** ci-dessous illustre la manière dont pourrait s'interfacer cette *méthode de recherche* avec le *modèle systémique de la création*.

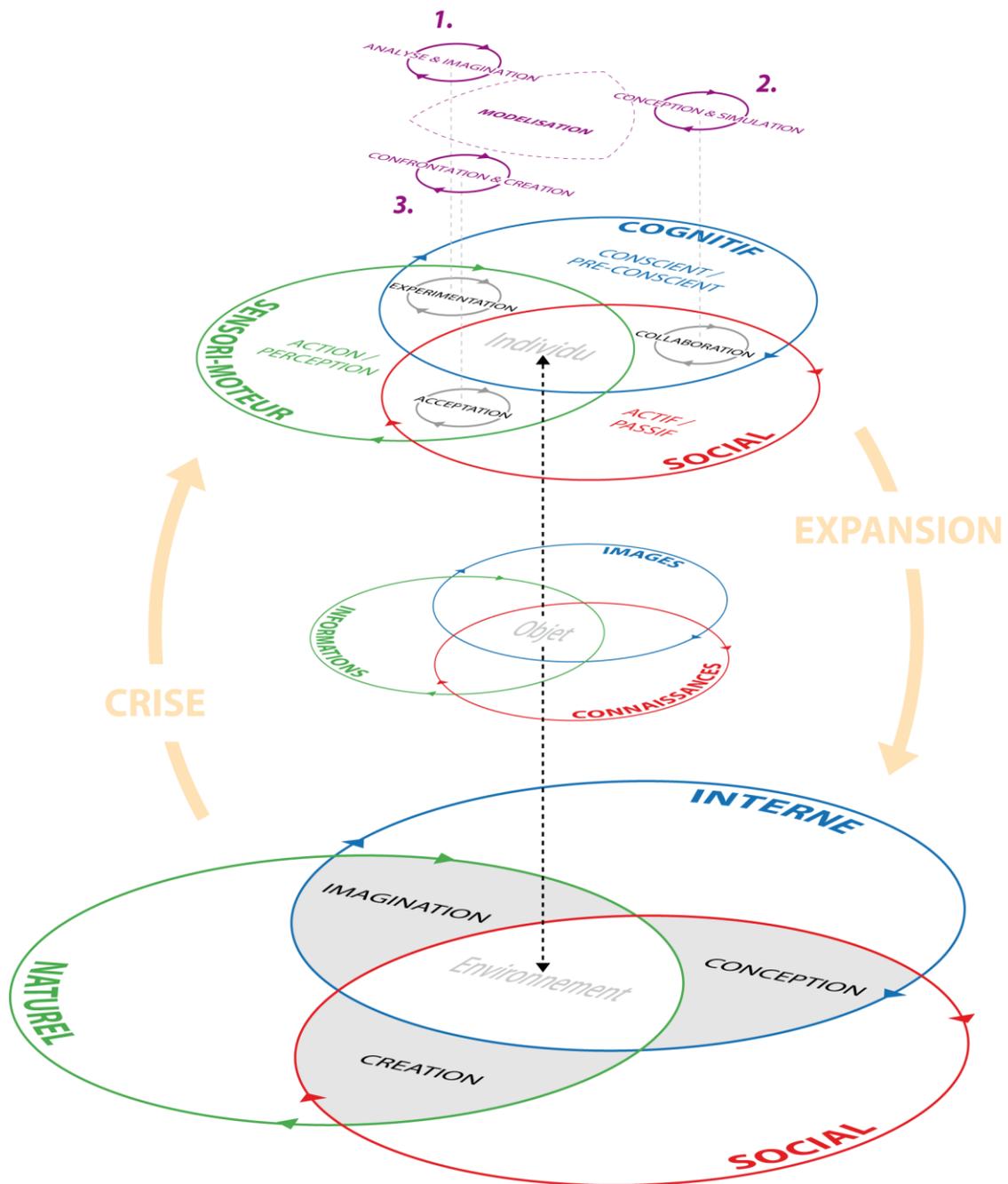


Figure 115: Modèle systémique et méthode de recherche

### 5.1.2.3 Sciences du design

Cette dernière sous-partie concernant les apports scientifiques est une tentative de contribution à l'épistémologie des sciences du design. Nous précisons bien que le contenu abordé ici n'est pas issu des résultats d'expérimentations réalisées en contexte industriel, mais d'une projection théorique de ces résultats. Nous proposons cette perspective de réflexion uniquement dans l'hypothèse de potentiels développements futurs de nos travaux, notamment en dehors du champ des sciences de la conception. Dans une perspective transdisciplinaire chère à l'approche systémique, cette contribution a pour objet de créer un

pont entre nos travaux et les réflexions épistémologiques sur les sciences du design, en sciences humaines par exemple.

Ainsi comme nous l'avons abordé en synthèse de l'état de l'art, et confirmé lors de la modélisation systémique, création et conception ne se distinguent que par un rapport d'échelle vis à vis de l'environnement social (*typologie des acteurs*) et naturel (*complexité des données de sortie*). La création ne doit pas être considérée comme une partie de la conception, c'est plutôt la conception qui mène à la création (*une production jugée en tant que tel par un tissu social et des règles culturelles*). De plus, la création est entendue comme un système complexe concevant des systèmes complexes. Et, comme nous l'avons vu en présentant l'approche systémique, la conception est un sous-système de décision au sein du système complexe. Plus encore, le modèle du système de création que nous avons proposé met en évidence le rôle central et indispensable de la conception. Elle constitue un pivot pour passer de l'imagination (*production individuelle*) à la création (*production socialement acceptée*).

Parce qu'elle contribue à questionner le processus de genèse des productions humaines, notre recherche pourrait donc potentiellement enrichir l'épistémologie des sciences de la conception, en déplaçant le prisme d'étude de « *l'invention d'artefacts permettant d'atteindre des buts* » hérité de Simon, vers une vision déjà proposée par Visser de « *construction de représentations* ». Les résultats de notre modélisation nous permettent de compléter cette définition en rajoutant l'importance du contexte social. Nous proposons ainsi de définir la conception (à comprendre ici dans le sens de « *conception amont* » ou « *design* »), comme une « *science de la représentation* », dont le but est de « *construire des représentations permettant d'atteindre des buts au sein d'un contexte social* ». Notons pour l'anecdote, que cette nouvelle acception contribuerait à effacer la distance entre francophones et anglophones quant aux interprétations du sens du mot « *design* », en rapprochant le terme à son étymologie initiale. Dans les paragraphes suivants, nous tentons d'explicitier ce point de vue en développant une réflexion transdisciplinaire qui a valeur de perspectives de discussions ouvertes, plus que d'une affirmation définitive.

Si l'on retourne aux sources du mot « *design* », on constate qu'il est formé sur deux racines, l'une italienne le « *disegno* » (dessin et dessein), et l'autre latine « *designo* » (marquer d'un signe, désigner). Si la double composante dessin/dessein et l'histoire de sa séparation en langue française sont déjà bien explicités, la relation au « *signe* » dans un acte de design reste encore floue. Deux postures s'affrontent jusqu'alors. Celle de Flusser (2002), pour qui le design, lié à « *la ruse avec la matière et la forme* », est ce qui enlève son signe à un objet. Et celle de Vial (2010), pour qui le design est au contraire ce qui ajoute un signe à l'objet. Cependant conformément à notre état de l'art, il existe d'une part une conjonction « *signe-signifié-signifiant* » qui est inséparable (Le Moigne, 1990, 1995). D'autre part, le « *cycle des images* » implique une perpétuelle réorganisation des images lorsqu'elles arrivent à saturation (Simondon, 2014). Ainsi, parce qu'un objet perçu est nécessairement pourvu d'un signe pour son intelligibilité par l'individu, l'acte d'« *ajout* » d'un signe à un objet, implique nécessairement un acte symétrique opposé de « *retrait* » ou modification, du signe précédent. Nous pensons ainsi pouvoir esquisser un pont entre les deux anciennes visions contradictoires précédemment décrites, tout en confirmant ce que pourrait être l'objet d'étude central d'une Science du design : *la représentation*.

Pour conclure sur cette perspective, nous avons choisi d'utiliser notre modèle systémique comme un gabarit pour ordonner les concepts majeurs des sciences du design que nous avons relevés dans l'état de l'art. Il est à noter que nous n'avons exploité que le niveau topologique de l'objet afin de simplifier la lecture du modèle, et parce que les activités de design sont initialement orientées sur la production d'« *artefacts* ». Le modèle est illustré dans la **Figure 116** ci-dessous. Il présente tout d'abord différents « *états* » de ce qu'on appelle un « *artefact* ».

On en distingue six :

- à travers un **degré d'abstraction** au sein de l'individu : l'état de *percept*, l'état d'*endocept*, puis l'état de *concept* ;
- à travers un **degré de projection** au sein de l'environnement : l'état d'*objet*, l'état de *projet*, puis l'état de *sujet*.

Chacun de ces « *états* » peut être corrélé à un processus, ou une « *activité* » si l'on se réfère au champ des sciences du design. On en distingue six également :

- pour le percept, l'activité de « *perception* » : prendre à travers, saisir entièrement, recevoir ;
- pour l'endocept, l'activité de « *intuition* » : connaissance immédiate, sans intermédiaire ;
- pour le concept, l'activité de « *imagination* » : figurer, se représenter dans l'esprit ;
- pour l'objet, l'activité de « *conception* » : recevoir ensemble, faculté de comprendre ;
- pour le projet, l'activité de « *invention* » : trouver, rencontrer, prouver par un prototype ;
- pour le sujet, l'activité de « *création* » : engendrer, mettre au monde, donner l'existence.

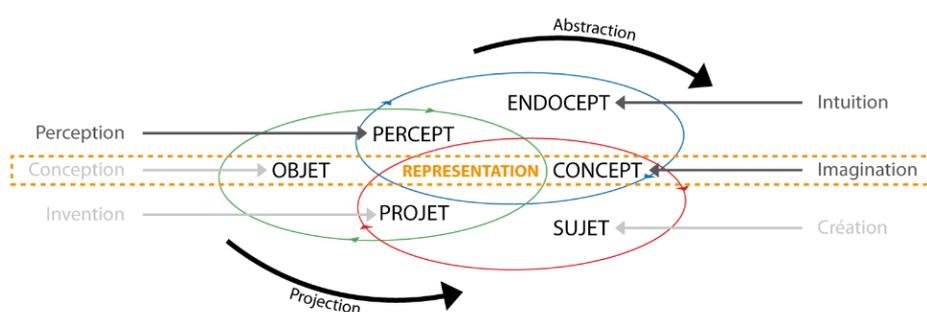


Figure 116: Contribution aux Sciences du design

Ainsi, entre le processus d'*abstraction* de l'environnement vers l'individu et le processus de *projection* de l'individu vers l'environnement, nous faisons émerger une *interface* indispensable, qui permet de passer du *concept* (intangible) à l'*objet* (tangible). Ce point milieu est celui d'un septième processus : l'activité de « *représentation* » (rendre présent). En processant à la fois des *images* (imagination) et des *formes* (conception), la *représentation* relie sujet et objet, abstrait et concret, passé et futur, afin d'assurer le couplage entre l'individu et l'environnement à travers les objets. Cette projection à partir de notre modèle systémique, nous permet de penser le « *design* » comme une « *Science de la représentation* », donnant à voir pour concevoir. C'est en

tout cas le point de vue que nos travaux nous amènent à défendre à l'issu de ce travail. Nous sommes toutefois conscients que des recherches plus développées sont à mener, notamment dans le champ des sciences humaines et sociales et de la sémiotique, afin de structurer plus précisément cette proposition d'apport épistémologique.

### 5.1.3 Sociétaux

Nous concluons cette partie consacrée aux apports en présentant les apports sociétaux potentiels de notre recherche. Ils se divisent en trois parties. Tout d'abord nous présentons une contribution à l'enseignement du design, une application de notre contribution aux sciences du design précédemment exposée. Nous détaillons ensuite notre contribution aux démarches d'innovation collaborative, une adaptation de la *méthode de conception systémique* précédemment exposée. Enfin nous concluons en présentant l'évolution potentielle de notre modèle afin de promouvoir l'approche systémique et la création dans la société.

#### 5.1.3.1 Enseignement du design

Nos travaux de recherche impactent non seulement le domaine industriel et le domaine scientifique, mais ils peuvent également se diffuser dans la société. Les retombées de notre modèle systémique sont, nous l'avons vu, des méthodes, des outils, et les formations associées, mais nous pensons également pouvoir contribuer à l'évolution des pratiques pédagogiques. En effet, en proposant une contribution à l'épistémologie des « *Sciences du design* », et en proposant de favoriser la notion de « *création* » plutôt que celle de « *créativité* », nous introduisons une spécificité dans la manière de comprendre le design, et donc de l'enseigner.

Notre expérience de praticien préliminaire à ce travail de recherche nous permet de rappeler quelques éléments. La notion de « *créativité* » a été jusqu'à présent identifiée comme un des fondamentaux du métier de designer industriel. Un designer est un « *créatif* » ou un « *créateur* » dans le langage courant des praticiens. Il se distingue des autres métiers par sa « *créativité* », sa capacité à avoir des idées originales, une faculté ainsi recherchée par les entreprises qui l'embauchent. Un second aspect fondamental concerne les « *techniques de représentation* ». Le designer représente, il « *dessine* » et pense par l'image et la forme, c'est pourquoi la pédagogie du design est aussi organisée autour de l'acquisition de différents savoir-faire techniques de type « *artistique* » (représentation bidimensionnelle ou tridimensionnelle, statique ou animé, etc.). Enfin, la formation se complète de diverses « *methodologies de projet* », de savoirs théoriques et pratiques issus des sciences humaines, du management, et de l'ingénierie, visant à acquérir les compétences nécessaire à l'interfaçage du designer avec les autres acteurs de l'organisation pour laquelle il travaille.

Ainsi nos apports scientifiques peuvent se décliner en apports à visée pédagogique, parce qu'ils intègrent ces trois aspects du métier de designer :

- **produire des idées originales** : la stimulation analogique (hypothèse 1)
- **construire des représentations** : le langage de formes visuelles (hypothèse 2)
- **s'interfacer au sein d'un projet social** : alternance de modes d'interaction sociale (hypothèse 3)

En permettant aux designers en apprentissage de mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre en leur sein, le *modèle systémique de la création* constitue également un support pédagogique reliant théorie et pratique, comme nous l'illustrons dans la **Figure 117** ci-dessous. Notre modèle revalorise la place de l'imagination individuelle, place les projets d'action au sein d'un contexte social intrinsèque au design, et met en perspective les productions au sein d'un projet d'amélioration pragmatique des expériences de vie, mais aussi de production de connaissances pouvant enrichir un imaginaire collectif. Nous proposons ainsi d'intégrer dans les approches pédagogiques du design, l'existence d'un système complexe de la « création », que l'acte de « design » permet de stimuler.

Enseigner le design dans la perspective systémique dont nous faisons la promotion, c'est donc transmettre à l'individu la compréhension de son système de création, et l'accompagner dans la stimulation de ce système. C'est le rendre autonome dans ses projets d'action en développant son acquisition de connaissances, c'est favoriser l'efficacité de son organisation en cultivant ses talents de représentations, et enfin c'est révéler son potentiel d'individuation en le confrontant au monde extérieur.

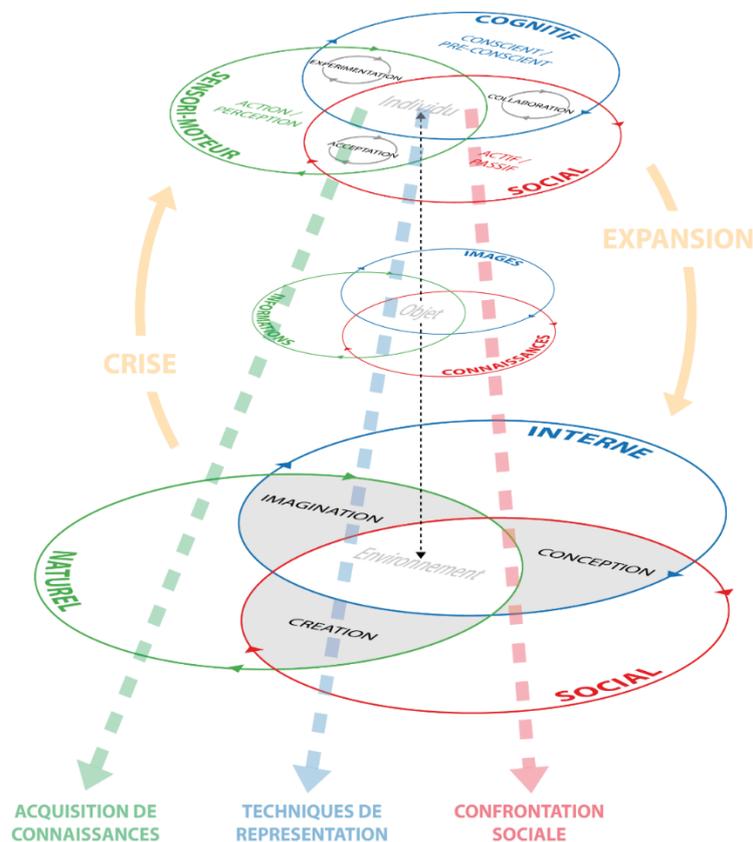


Figure 117: Contribution à l'enseignement du design

### 5.1.3.2 Innovation collaborative

Parce que les enjeux sociétaux actuels impliquent une redéfinition de nos modes de vie, de nos modèles sociaux, économiques et politiques, les compétences créatives ne sont plus cantonnées aux seuls designers. Elles sont recherchées par de plus en plus d'individus et d'organisations. Il s'agit donc également de fournir les moyens et ressources à tout un

chacun, pour permettre de concevoir le futur ensemble dans une perspective holistique et pluridisciplinaire.

Ainsi la proposition pédagogique décrite précédemment s'applique également au-delà des frontières du design, pour enrichir la conduite de projets d'innovation collaborative aussi bien dans des contextes *privés* (industries, entreprises) que *publics* (institutions, collectivités, académique). Le modèle systémique de la création, parce qu'il s'adresse à tout individu, peut être utilisé dans une diversité de contextes complexes et systémiques, impliquant une multiplicité de structures, d'acteurs, de cultures, etc.

La capacité de diffusion d'un tel modèle est primordiale pour assurer son opérationnalité. C'est pourquoi le choix graphique de modélisation a été guidé par un objectif de compréhension et d'accessibilité. Le langage graphique utilisé, *fractal* et *géométrique*, a été employé en vue de faciliter la mémorisation du modèle et son exploitation pour l'action. En quelque sorte, la forme intègre à la fois les connaissances, mais aussi le « *manuel d'utilisation* », permettant au modèle d'être facilement traduit dans différents référentiels culturels, car les codes formels utilisés sont relativement universels.

D'autre part la *méthode de conception systémique* issue du *modèle systémique de la création* pourra certainement être appliquée à des secteurs industriels différents de l'automobile, mais aussi à des structures organisationnelles différentes de la grande entreprise. Parce que nous avons conçus cette méthode dans une perspective systémique, c'est-à-dire adaptable, évolutive, et non dépendante au contexte dans lequel elle se réalise. Cependant il est évident à ce stade de notre recherche, que des expérimentations au sein de terrains d'applications supplémentaires seront indispensables pour prouver la généricité de nos apports à d'autres secteurs.

### 5.1.3.3 Création et société

Nous concluons enfin les apports sociétaux de notre recherche. Comme nous l'avons vu dans l'état de l'art, la création n'est pas un type de cognition, mais bien la source de toute activité cognitive, et le facteur structurant de l'évolution humaine. À l'issue de la modélisation du *système de création*, nous pensons que l'étude de la création et ses retombées ne devraient pas rester cantonnées aux seules sciences de la conception (sciences de l'artificiel), de gestion, ou de la Psychologie. De par sa transversalité, cet objet d'étude doit selon nous s'intégrer davantage, aux sciences de l'information et de la communication, de l'éducation, mais aussi aux Neurosciences, et aux sciences du vivant (humain mais aussi non humain). En définitive, toutes sciences étudiant les systèmes complexes vivants, car la création semble être à la source de leur fonctionnement.

Pour progresser dans cette vaste entreprise qui n'est qu'à ses débuts, nous proposons de transposer notre modèle systémique de la création en un *modèle « canonique »* permettant la Systémographie de phénomènes complexes. En effet, la synthèse de nos apports est constituée d'un modèle, et de déclinaisons de ce modèle dans des secteurs applicatifs divers (industrie, recherche, pédagogie, etc.). Ainsi, parce que nous pensons que diverses applications sont possibles, nous proposons notre « *modèle vierge* », comme un gabarit de modélisation systémique. Nous espérons que sa structure et son organisation pourront permettre de guider la formalisation de méthodologies, d'outils, et de pratiques, au service d'autres disciplines, où la complexité des phénomènes est un enjeu important. La **Figure 118**

ci-dessous présente ce « *modèle vierge* » pour Systémographie. On y distingue notamment certaines spécificités de nos travaux de modélisation : les trois niveaux de couplages (Macro, Méso, Micro), les interactions triples entre différents thèmes et entre les niveaux, ainsi qu'un mécanisme cyclique de « *déséquilibre/rééquilibre* » caractéristique des systèmes complexes.

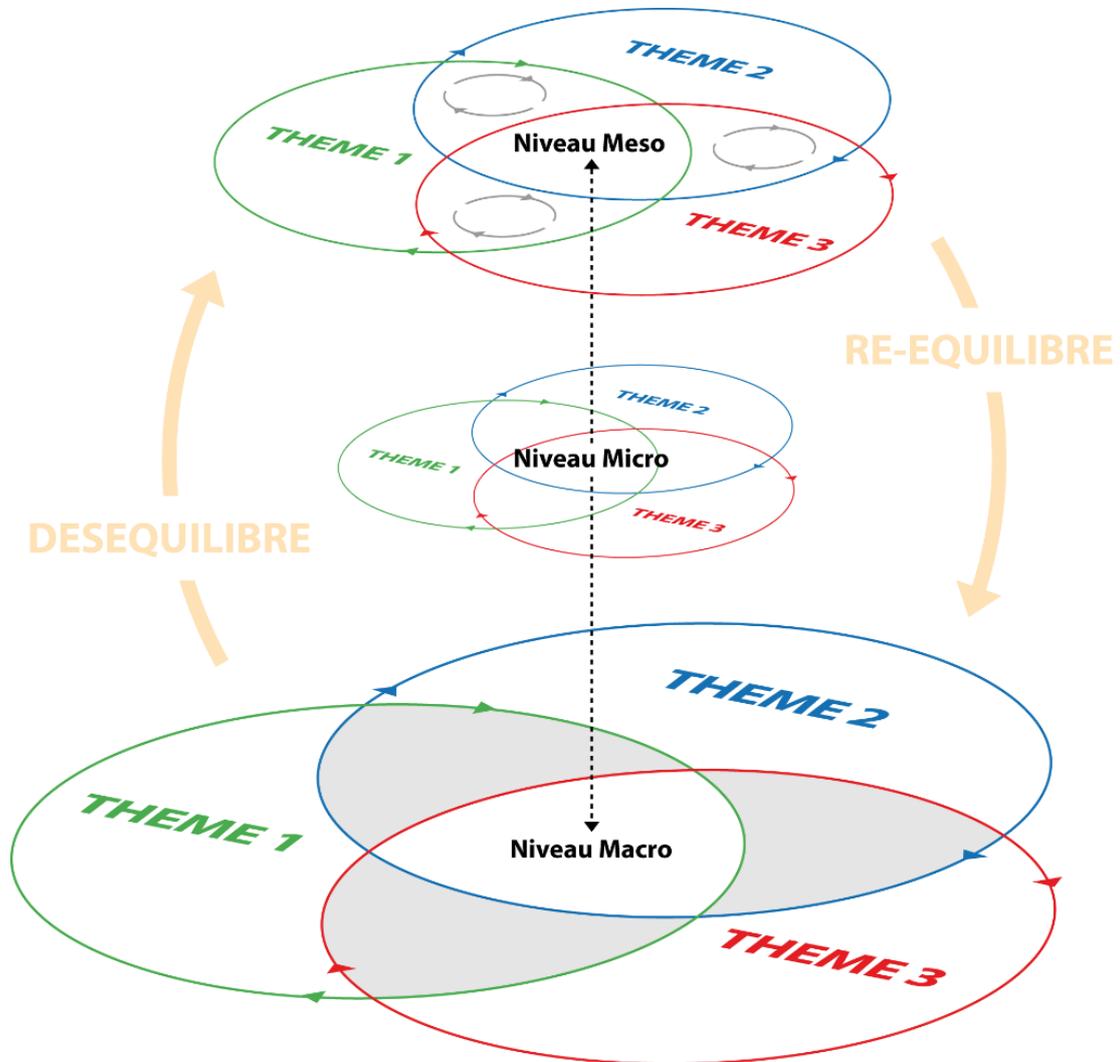


Figure 118: Modèle vierge pour « systémographie »

## 5.2 Limites

Nous présentons dans cette partie les limites potentielles de notre travail. Nous abordons tout d'abord les limites liées au contexte de nos travaux, puis celles liées à la méthode suivie, et enfin les limites de l'objet même de notre recherche.

### 5.2.1 Du contexte

Notre travail de recherche et ses apports sont issus d'une réflexion ancrée dans un contexte industriel donné, celui du groupe PSA Peugeot Citroën. Ce contexte fut selon nous un atout, mais peut également être considéré comme une limite de notre travail, par le manque d'un certain recul vis-à-vis de ce secteur. Plus encore, on peut imaginer que les contraintes et facteurs influents s'appliquant à cette industrie ne soient pas communs à d'autres secteurs, réduisant ainsi les chances d'une généralité et d'une opérationnalité de nos apports (modèle, méthodes et outils). Les méthodes, les connaissances, et les problématiques inhérentes à ce contexte sont spécifiques. Les constats industriels que nous avons identifiés auraient sans doute été différents dans d'autres environnements, et auraient ainsi amenés des hypothèses différentes et des leviers méthodologiques différents.

D'autre part le contexte organisationnel était celui d'un grand groupe industriel privé. Nous ne pouvons actuellement pas fermement assurer la généralité de nos apports à des structures différentes, telles que des PME, des Startups, des associations ou encore d'autres types d'institutions privées mais aussi publiques. Ainsi, nous avons présenté un grand nombre d'ouvertures théoriques et de perspectives pédagogique et sociétales dans la section consacrée aux apports, toutefois nous rappelons qu'ils doivent être remis dans une perspective de validation sur le terrain. En l'état, ils ne constituent que des pistes de recherche future.

### 5.2.2 De la méthode

Notre positionnement initial, dans les sciences de la conception, et la conception amont en particulier au sein du Laboratoire Conception de Produits et Innovation (LCPI) pourrait également constituer une limite de nos travaux. Si ces derniers avaient été réalisés en Sciences de gestion, en Sciences de l'information et de la communication ou en Sciences humaines, les résultats auraient sans doute pu différer. Par exemple, les méthodes de recherche par l'expérimentation, ou les protocoles d'évaluation des résultats, constituent des choix méthodologiques qui pourraient paraître inopérants pour d'autres disciplines. Le corpus bibliographique, aussi transdisciplinaire qu'il ait pu être, était majoritairement ancré dans les sciences de la conception, ce qui pourrait être perçu comme réducteur.

Paradoxalement, les méthodes issues des sciences sociales que nous avons suivies, telles que la « *Recherche-Action* » et la « *Théorisation ancrée* », peuvent également constituer un biais pour des approches purement quantitatives et statisticiennes que l'on peut trouver en Sciences de la conception. Notre position de « *praticien-chercheur* » pouvant être interprétée comme trop inopérante dans une perspective scientifique strictement positiviste. En effet, nous nous sommes volontairement orientés « *chemin faisant* », au gré de nos investigations sur le terrain

et de nos intuitions de « *praticien-réflexif* ». Nous avons-nous-mêmes été soumis à l'intuition, au processus créatif de la découverte que nous étions en train d'étudier. De plus nous avons laissé cette recherche être guidée par les projets de modélisation que nous avons en tant que « *sujet modélisateur* » (et ce conformément à l'approche systémique). Nécessairement subjective, car ancrée et située, au sein d'une perspective phénoménologique et constructiviste, notre recherche pourrait être qualifiée de « *non-rigoureuse* ». Néanmoins nous l'assumons, nous étions avant tout guidés par un projet, la nécessité de produire des méthodologies applicables concrètement. La production de connaissances scientifiques robustes sera certainement effective lorsque nous aurons confirmé la généralité de nos apports, par la quantité.

Enfin la modélisation systémique, une méthode encore émergente dans un grand nombre de disciplines, pourrait être évaluée comme « *non-scientifique* » ou peu rigoureuse, de par les forts liens qu'elle entretient avec l'analogie, ou avec la représentation graphique. En effet une part importante de notre travail a consisté en la modélisation graphique des connaissances théoriques et pratiques que nous avons récoltées. Cette modélisation, reflet des compétences du designer, nous a permis de manipuler les formes pour faire émerger des connaissances nouvelles. Nous affirmons que ce travail de modélisation possède une robustesse scientifique, complémentaire avec des approches davantage basées sur des aspects sémantiques (sciences humaines), ou calculatoires (sciences de l'ingénieur). Toutefois nous admettons qu'en l'état actuel de l'épistémologie des « *Sciences du design* », ce point demeure discuté aujourd'hui.

### 5.2.3 De l'objet de recherche

Parce que la « *création* » fut l'objet de recherche, mais également la méthode de recherche (résultat et processus), une forme de mise en abîme surprenante a eu lieu au cours de ce travail doctoral, l'auteur étant impliqué personnellement en tant que « *sujet modélisateur* ». Cette particularité, chère à l'approche systémique, et bien qu'elle semble valider les résultats de la présente thèse, pourrait être analysée comme manquant de rigueur scientifique en comparaison d'une approche strictement objective. La « *création* » étant identifiée comme une composante humaine fondamentale, il nous est impossible de savoir dans quelle mesure notre propre personnalité, notre expérience, et nos projets personnels ont interféré dans l'étude de cet objet de recherche.

Plusieurs questions restent en suspens : *Dans quelle mesure avons-nous transposé notre propre processus de création à un modèle potentiellement généralisable ? Dans quelle mesure notre perception des constats et notre analyse des résultats ont été influencés par ce que nous souhaitions trouver ? Ou encore, comment être certain de la pertinence des résultats en sachant que la mesure objective de paramètres inconscients ou pré-conscients était impossible ?* Malgré le fait que les résultats positifs constatés lors de nos expérimentations constituent un premier pas vers la validation de nos travaux, nous ne pouvons que garder à l'esprit ces interrogations. Elles constituent pour nous des stimulations pour poursuivre notre recherche, en gardant à l'esprit nos objectifs initiaux : identifier les mécanismes permettant de stimuler la création au sein d'un contexte systémique, et proposer les outils méthodologiques à appliquer au sein de contextes industriels de plus en plus complexes.

## 5.3 Perspectives

Dans cette dernière partie du cinquième chapitre, nous abordons les perspectives de notre travail, à court, moyen, et long terme. La **Figure 119** ci-dessous synthétise ces perspectives.

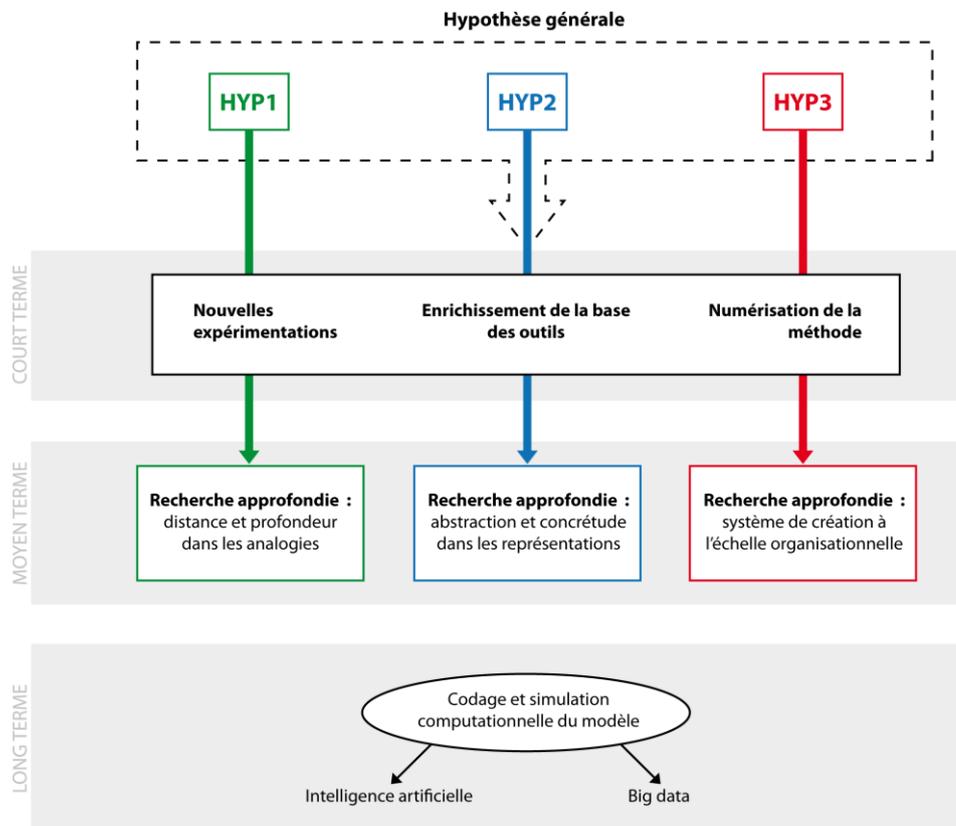


Figure 119: Perspectives à court, moyen et long terme

### 5.3.1 Court terme

À court terme, nous pensons qu'il est important de poursuivre les expérimentations relatives à notre hypothèse générale et aux trois hypothèses. Une comparaison d'expérimentations se déroulant dans des secteurs industriels différents, ou au sein de structures organisationnelles différentes nous semble également très pertinente. Ainsi nous pourrions confirmer la validation de notre travail, et éprouver la fiabilité du modèle proposé.

De nouveaux outils pourraient également être développés, afin de s'adapter toujours plus aux spécificités de chaque projet et de chaque contexte, en veillant à conserver une certaine forme de cohérence et de simplicité (ne pas aboutir à un trop grand nombre d'outils). On pourrait également imaginer une numérisation des outils et de la méthode, avec une intégration à l'intranet de l'entreprise par exemple.

### 5.3.2 Moyen terme

À moyen terme, notre travail de recherche pourrait être poursuivi à partir du modèle systémique de la création, et ce dans deux directions :

- d'une part, en travaillant à une échelle plus microscopique, au niveau de chaque hypothèse séparément. Cela permettrait d'affiner les variables que nous avons sélectionnées, et de résoudre les zones de flou identifiées lors des différentes discussions de nos résultats expérimentaux. Ainsi de nouveaux travaux de recherche ancrés dans l'industrie (thèses par exemple) pourraient être lancés sur chacun des deux sujets suivants :
  - définir précisément la nature des analogies à utiliser et leur influence sur la production, en menant une analyse plus fine des structures de relations entre « *degré de surface et degré de profondeur* » des analogies.
  - définir précisément le dosage entre formalisation figurative et abstraite, et étudier finement la compréhension de la symbolique des formes, afin d'analyser les influences sur la production des participants.
  
- d'autre part, en travaillant à une échelle plus macroscopique, pour investiguer l'évolution du modèle systémique à une échelle organisationnelle. Ce travail pourrait par exemple prendre position au sein des Sciences de gestion. De la sorte, après « *l'individu créatif* », produire un modèle de « *l'organisation créative* », polarisé sur la composante sociale tout en intégrant les spécificités individuelles, constituerait un développement de cette recherche des plus passionnants.

### 5.3.3 Long terme

Enfin à long terme, une computation de notre *modèle systémique de la création* par codage informatique pourrait être intéressante à développer, et ce dans un double objectif :

- Produire des *simulations par ordinateur* : avec l'objectif, d'une part d'améliorer les méthodologies par la récolte d'une grande quantité d'information (big data), et d'autre part de développer des outils numériques performant pour la stimulation du système de création.
  
- Enrichir la *recherche en Intelligence Artificielle* : avec l'objectif de contribuer humblement à la simulation de la cognition humaine, en proposant notre modèle systémique pour enrichir l'élaboration d'algorithmes (intégration des liens entre les aspects biologiques et psychiques par exemple).

## Synthèse du cinquième chapitre

Dans ce chapitre, nous avons présenté les apports de notre travail de recherche, ses limites, ainsi que les perspectives potentielles. Notre apport principal consiste en un modèle théorique : **le modèle systémique de la création**. De ce modèle découle l'ensemble de nos apports, tant industriels que scientifiques, que nous résumons dans la **Figure 120** ci-dessous.

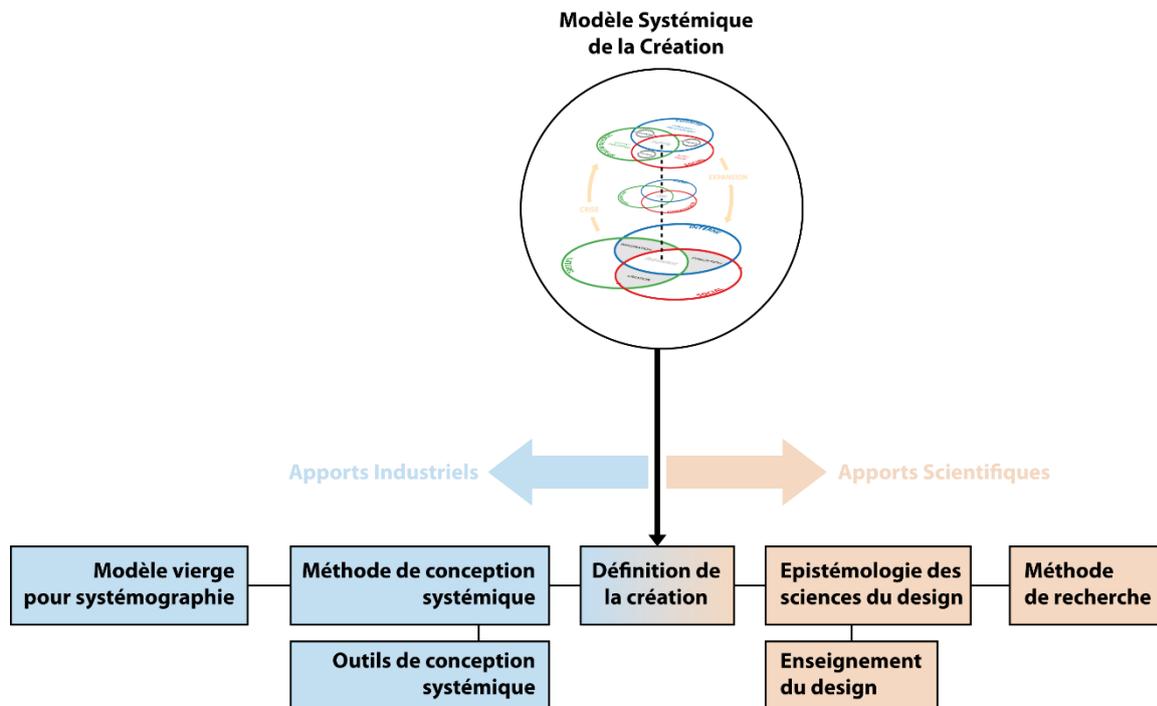


Figure 120: Apports industriels et académiques issus du modèle théorique

Pour conclure, nous proposons d'illustrer la synthèse de notre démarche globale de recherche, au sein de la **Figure 121** ci-dessous : La construction d'un pré-modèle à partir de constats industriels et scientifiques. L'enrichissement de ce pré-modèle par la confrontation au terrain industriel et scientifique, se concluant par la formulation d'un modèle final. Ce dernier propose par projection des apports industriels et scientifiques.

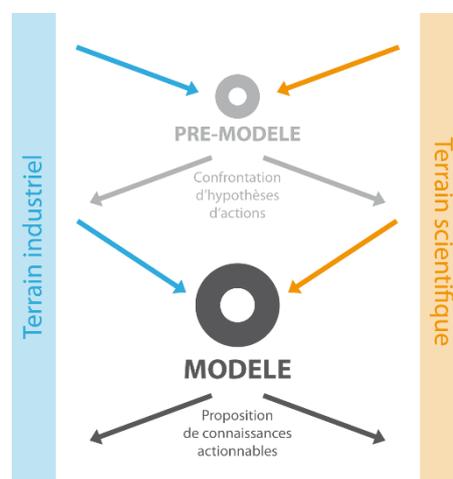


Figure 121: Synthèse de la démarche globale de recherche

# CONCLUSION GENERALE

Notre travail de recherche était tourné vers trois objectifs :

- identifier les mécanismes à stimuler pour améliorer la créativité
- combiner ces mécanismes afin de formaliser une synthèse exhaustive
- en déduire les leviers méthodologiques à appliquer en contexte industriel

En utilisant l'approche systémique comme prisme d'étude, nous avons d'abord analysé le phénomène complexe de la « créativité », à travers un état de l'art pluridisciplinaire. Puis nous avons ensuite modélisé le système complexe de la « création » afin de mettre en évidence les mécanismes pour le stimuler. Enfin nous avons simulé ces mécanismes afin de tester la pertinence de notre modèle dans le cadre d'expérimentations. Ainsi nous avons produit un « modèle systémique de la création », qui propose une synthèse cohérente et unifiée des mécanismes à stimuler pour améliorer la créativité. De ce modèle a émergé une méthode et des outils de conception systémique applicables en contexte industriel. Nous avons également pu apporter un certain nombre de contributions d'ordre scientifique, épistémologique et sociétal.

En définitive, l'approche systémique a consisté pour nous en la modélisation de la « pensée humaine », tel qu'elle semble se présenter dans une perspective biologique. Nous avons ensuite effectué une transposition de ces connaissances issues des « sciences naturelles », vers les « sciences artificielles », afin d'en déduire des projets d'action. Nous avons ainsi réalisé une analogie biologique. Selon Hadamard, « la biologie en particulier, ainsi que le disait Hamite, paraît un champ d'étude très riche pour les mathématiciens, du fait des analogies inapparentes, mais fructueuses éventuellement, qu'on peut établir entre les deux disciplines ». D'après Gordon (1965), les récits des découvertes de scientifiques illustres et dix-sept années de recherches sur la créativité ont montré que la source d'analogies directes la plus riche était la biologie, parce que sa terminologie n'est pas impénétrable et qu'elle inspire des analogies qui insufflent à des problèmes strictement quantitatifs la vie dont elle traite (Gordon, 1965). A ce titre, nous nous permettons de citer un passage de son ouvrage « La méthode Synectique » :

*« Jusqu'au début de ce siècle le monde de tous les jours était pour la plupart des hommes celui de la campagne, où le contact permanent avec les plantes et les animaux nous rappelle constamment le substrat biologique de notre existence. L'urbanisation a instauré un autre ordre de banalité, mécanisée et faite par l'homme. Au règne de l'organique et du concret a succédé celui du synthétique et de l'abstrait. (...) Les fonctions synthétiques, distinctes, n'ont évidemment rien de perdurable. Or il se trouve que ce sont les données concrètes, organiques du monde qui donnent lieu aux métaphores ; et l'on ne peut rien faire de mieux que de prêter leurs qualités aux données abstraites, mécaniques. (...) Le pouvoir évocateur des lieux communs d'un monde animé n'a pas d'équivalent dans les règnes de la mécanique abstraite. L'originalité de la pensée doit remonter aux sources de la vie organique qui ont nourri les abstractions dont notre culture est l'héritière ; en séparant la connaissance des choses de nos « temps modernes » de leurs origines, on peut à la rigueur améliorer, mais pas inventer. »*

Un tel éloge à la biologie nous rapproche d'une discipline également émergente : **le Biomimétisme**. Théorisé notamment par Janine Benyus (2011), le biomimétisme désigne précisément le transfert et l'application de matériaux, de formes, de processus et de propriétés remarquables observées à différentes échelles du vivant, vers des activités humaines. Ainsi nous percevons dans notre travail un rattachement évident à ce courant de pensée, d'autant que nos travaux intègrent dans un même modèle les trois niveaux du biomimétisme (Benyus, 2011) : les *formes*, les *processus*, et les *systèmes*.

Le modèle systémique de la création est un modèle biomimétique qui a vocation à inspirer les concepteurs, les designers, et les acteurs du changement de tous horizons. Mais plus encore, il replace l'humain au sein de son environnement et met en évidence le rôle indispensable que celui-ci a dans sa vie. En revalorisant l'écoute de soi (interne), les échanges avec autrui (social) et l'importance des écosystèmes (naturel), notre modèle contribuera, nous l'espérons, à la conception d'un avenir meilleur.

## Références bibliographiques

### A

- AERES (2009). *Rapport d'Evaluation de l'Unité de Recherche: Laboratoire de Conception de Produits et Innovation de Arts et Métiers ParisTech*. Agence d'Evaluation de la Recherche et de L'Enseignement du Supérieur, Mars 2009.
- AERES (2013). *Rapport d'Evaluation de l'Unité de Recherche: Laboratoire de Conception de Produits et Innovation de Arts et Métiers ParisTech*. Agence d'Evaluation de la Recherche et de L'Enseignement du Supérieur, Janvier 2013.
- Akin, O. (1979). Models of architectural knowledge : An information-processing view of design. *Dissertation Abstracts International*, 41,3, p. 833 A. (University Microfilms No. 72-8621)
- Akin, O. (1984). An exploration of the Design Process, in: *Developments in Design Methodology*, (N. Cross, ed.), Wiley, New York, pp. 189-207.
- Alexander C (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. 15th printing, 1999 Ed. Harvard University Press, Cambridge, MA
- Amabile, T. M. (1983). The Social Psychology of Creativity: A Componential Conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology* 45, 2, 357-376.
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context*. Boulder, CO: Westview Press.
- Amabile, T.M. (1997). Motivating creativity in organizations: On doing what you love and loving what you do. *California Management Review*, 40, 39-58.
- Anarow, B., Greener, C., Gupta, V., Kinsley, M., Henderson, J., Page, C., & Parrot, K. (2003). Whole-Systems framework for sustainable consumption and production, Vol. 807. *Danish Ministry of the Environment*, Denmark. 1-51.
- Anderson, R.E. & Helstrup, T. (1993). Visual discovery in mind and on paper. *Memory and Cognition*, 21:283-293.
- Andreasen, M. M. and Hein, L. (1987). *Integrated Product Development*. IFS (Publications) Ltd.
- Anzieu, D. (1981). *Le corps de l'oeuvre*. Gallimard, Paris.
- Aoussat, A. (1990). *La Pertinence en Innovation: Nécessité d'une Approche Plurielle*. Laboratoire Conception de Produits et Innovation. Thesis (PhD). Paris, ENSAM.
- Arnheim, R. (1971). *New essays on the psychology of art*. University of California Press, Los Angeles.
- Avenier, MJ. (1999). La complexité appelle une stratégie chemin faisant. *Gestion 2000*, n° 5/99, octobre 1999, pp. 13-44.
- Aznar, G. (2005). *Idées : 100 techniques de créativité pour les produire et les gérer*, Editions Eyrolles, Paris.
- Aznar, G. (2012). *Les inventeurs de la créativité*, Editions Créa université, Paris.

### B

- Barron, F., et Harrington, D.M. (1981). Creativity, Intelligence, and personality, *Annual Review of Psychology*, 32, 439-476.

- Basadur, M., Runco, M. A., and Vega, L. A. (2000). Understanding how creative thinking skills, attitudes and behaviors work together: A causal process model. *Journal of Creative Behavior*, 34, 77–100.
- Baxter M. R. (1995). *Product design, a practical guide to systematic methods of new product development*, London, New York : Chapman & Hall, 1–308p
- Benami, O and Jin, Y (2002). Cognitive stimulation in creative conceptual design, in *Proceedings of the 2002 ASME Design Theory and Methodology Conference*, DETC2002/DTM-34023, Montreal, Canada.
- Benyus, J. (2011). *Biomimétisme: Quand la nature inspire des innovations durables*, Editions Rue de l'Echiquier, Paris.
- Bergson, H. (1932). *Les deux sources de la morale et de la religion*, (Réédition 2008), PUF, Paris.
- Bernèche, R., et Plante, P. (2009). L'art-thérapie : un espace favorable à la résurgence du potentiel créateur, *Revue québécoise de psychologie*, 30(3), 11–28
- Bertoluci G., Le Coq M., Canonne R., Le Meur Y. (1999). *Document de synthèse sur TRIZ et ses outils*. ENSAM, Paris.
- Blanco, E. (1998). *L'émergence du produit dans la conception distribuée – Vers de nouveaux modes de rationalisation dans la conception de systèmes mécaniques*. PhD thesis, INPG, Grenoble.
- Blessing, L. T. M. (1994). *A process-based approach to computer-supported engineering design*. Enschede: Universiteit Twente.
- Boden, M. A. (1990). *The creative mind: Myths and mechanisms*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Boden, M. A. (1994). *Dimensions of Creativity*, MIT Press.
- Boden, M. A. (1999). Computer models of creativity in Robert. In J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity*. Cambridge University Press.
- Boehm, B. (1988). A spiral model of software development and enhancement. *IEEE Computer*, May, 61–72
- Bonnardel, N. (1991). L'évaluation de solutions dans la résolution de problèmes de conception et dans les systèmes experts critiques. In D. Hérim-Aime, R. Dieng, J.P. Regouard, & J.P. Angoujard (Eds.), *Knowledge Modeling & Expertise Transfer Applications*, Amsterdam : I.O.S. Press.
- Bonnardel, N. (1999). L'évaluation reflexive dans la dynamique de l'activité du concepteur. In J. Perrin (Ed.), *Pilotage et évaluation des activités de conception* (pp. 87–105). Paris : L'Harmattan.
- Bonnardel, N. (2000). Towards understanding and supporting creativity in design : Analogies in a constrained cognitive environment. *Knowledge-Based Systems*, 13, 505–513.
- Bonnardel, N. (2002). Entrée : Créativité. In G. Tiberghien (Ed.), *Dictionnaire des Sciences Cognitives* (pp. 95–97). Paris : Armand Colin/VUEF.
- Bonnardel N. (2006). *Créativité et conception. Approches cognitives et ergonomiques*, Solal Editions, France.
- Bonnardel, N., et Marmèche, E. (2005). Towards supporting evocation processes in creative design : A cognitive approach. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63, 435–442.
- Borillo, M., et Goulette, J.P. (2002). *Cognition et creation. Explorations cognitives des processus de conception*. Sprimont: Mardaga.

- Bouchard, C. (1997). *Modélisation du processus de design automobile. Méthode de veille stylistique adaptée au design du composant d'aspect*. Thèse de doctorat (Génie industriel). France, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers: 235 pages.
- Bouchard, C., et Aoussat, A. (2002a). Design process perceived as an information process to enhance the introduction of new tools, *Int. J. Vehicule Design*, Vol. 31, No. 2, pp.162–175.
- Bouchard, C., et Aoussat, A. (2002b). Modernization of the car design process, *Int. J. Vehicule Design*, Vol. X, No. Y, pp. 1– 10.
- Bouchard, C., Aoussat, A., Camous, R. (2005). Nature and role of intermediate representation (IR) in the design process, *International Journal of Vehicule Design*, Vol.38, n°1, p.1–25.
- Bouchard, C., Aoussat, A., Duchamp, R., (2006). Role of sketching in conceptual design of car styling, *J. Design Research*, Vol. 5, No. 1, pp. 116–148.
- Bouchard, C. (2010). *Modélisation et computation des processus cognitifs et informationnels en conception amont : Une investigation chez les designers et les concepteurs*. Mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches. France, Institut National Polytechnique de Grenoble : 137 pages.
- Boulding, K. E. (1956). “General systems theory - the skeleton of science,” *Management Science*, 2: 197-208
- Brennan, A., et Dooley, L. (2005). Networked creativity: a structured management framework for stimulating innovation, *Technovation*, 25, 1388–1399
- Brown, D.C., et Chandrasekaran, B. (1989). *Design problem solving. Knowledge structures and control strategies*. London : Pitman.
- Brightman H.J. (1988). Group problem solving: an improved managerial approach, *Business Publishing Division*, Georgia State University, Atlanta.
- Bruner, J. (1996). *The Culture of Education*. Harvard University Press, Cambridge, MA.

## C

- Cambridge. (2010). *Cambridge dictionary*. URL: <http://dictionary.cambridge.org>.
- Campbell, D. T. (1960). Blind variation and selective retentions in creative thought as in other knowledge processes. *Psychological Review*, 67, 380.
- Campbell, D. T. (1990). Levels of organization, downward causation, and the selection-theory approach to evolutionary epistemology. In G. Greenberg, & E. Tobach (Eds.), *Theories of the evolution of knowing: The T. C. schneirla conference series*, Vol. 4 (pp. 1–17). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Carayannis, E.G., Gonzalez, G., (2003). Creativity and innovation  $\frac{1}{4}$  competitiveness? When, how, and why. In: Shavinnia, L.V., (Ed.), *The International Handbook of Innovation*. Pergamon Press, Amsterdam, pp. 587–606.
- Carayannis, E.G., & Coleman, J. (2005). Creative system design methodologies: the case of complex technical systems. *Technovation*, 25, 831–840.
- Carrier, C. et al. (2010). Créativité et génération collective d'opportunités : Quelles techniques pour supporter l'idéation ?, *Revue française de gestion*, 2010/7 n° 206, p. 113–127.

- Carroll, J. M., & Rosson, M. B. (1985). Usability specifications as a tool in iterative development. In H. R. Hartson (Ed.), *Advances in Human-Computer Interaction* (vol. 1, pp. 1–28). Norwood, NJ : Ablex.
- Casakin H. (2004). Visual Analogy as a Cognitive Strategy in the Design Process: Expert Versus Novice Performance. *Journal of Design Research*, 4(2).
- Casakin, H. (2007). Metaphors in design problem-solving: Implications for creativity. *The International Journal of Design*, 1, 23–35.
- Casakin, H. (2010). Visual analogy, visual displays, and the nature of design problems: The effect of expertise. *Environmental Planning and Design: Design B*, 37, 170–188
- Casakin H. & Goldschmidt G. (1999). Expertise and the use of visual analogy: implications for design education. *Design*
- Casakin, H and Goldschmidt, G (2000). Reasoning by visual analogy in design problem-solving: the role of guidance, *Journal of Planning and Design: Environment & Planning B Vol 27* pp 105–119
- Casakin, H., et Kreitler, S. (2011). The cognitive profile of creativity in design, *Thinking Skills and Creativity*, 6, 159–168
- Catroux, M. (2002). Introduction à la recherche-action : modalités d'une démarche théorique centrée sur la pratique, *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité*, Vol. 21, No. 3, 8–20.
- Chanal, V. (2004). Les enjeux de l'innovation : gestion des connaissances et management de l'innovation, *La Documentation Française, Cahiers Français n°323*.
- Chang, C.M. (2011). New organizational designs for promoting creativity: A case study of virtual teams with anonymity and structured interactions. *Journal of Engineering and Technology Management*, 28(4), pp.268–282.
- Charnley, F., Lemon, M. & Evans, S. (2011). Exploring the process of whole system design. *Design Studies*, 32(2), pp.156–179.
- Choulier D. (2008). *Comprendre l'activité de conception*, Edition Université de technologie de Belfort-Montbéliard.
- Christiaans, H. (2002). Creativity as a design criterion. *Creativity Research Journal*, 14, 41–54.
- Cilliers, P. (1998). *Complexity & Postmodern: Understanding Complex Systems*. Routledge, London.
- Cortes Robles, G. (2006). *Management de l'innovation technologique et des connaissances - synergie entre la théorie TRIZ et le Raisonnement à Partir de Cas*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Couger, J.D. (1995). *Creative problem solving and opportunity finding*, Boyd and Fraser Publishing Company, Davners, MA.
- Cropley, A. (2006). In praise of convergent thinking. *Creativity Research Journal*, 18, 391–404.
- Cross, N. (1984). Introduction to part one : The management of design process. In N. Cross (Ed.), *Developments in design methodology* (pp. 1–7). Chichester, England : Wiley.
- Cross, N. (1997). Descriptive models of creative design : application to an example. *Design Studies*, 18, 427–455.
- Cross, N. (2000). *Engineering design methods strategies for product design*. Wiley, Chichester
- Cross, N., Christiaans H., and Dorst K. (1996). *Introduction: The Delft Protocols Workshop in Analysing Design Activity*. Chichester: Wiley., edited by Cross N., Christiaans, H., & Dorst, K.

- Csikszentmihalyi, M. (1965). Artistic problems and their solution: an exploration of creativity in the arts. *Unpublished doctoral dissertation*, University of Chicago
- Csikszentmihalyi, M. (1988). Society, Culture, and Person: A Systems View of Creativity, in R. J. Sternberg (ed.) *The Nature of Creativity*. New York, NY: Cambridge University Press. pp. 325–339.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. New York: HarperCollins.
- Csikszentmihalyi, M. (1999). Implications of a Systems Perspective for the Study of Creativity, in R. J. Sternberg (ed.) *Handbook of Creativity*. New York, NY: Cambridge University Press. pp. 313–335

## D

- Darses, F., et Falzon, P. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. In G. de Terssac et E. Friedberg (Eds.), *Coopération et conception* (pp. 123–135). Toulouse: Octarès.
- Dasgupta, S. (1989). The structure of design processes. *Advances in Computers*, 28, 1-67.
- Davis, M. A. (2009). Understanding the relationship between mood and creativity: A meta-analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 108(1), pp. 25–38.
- De Bono, E. (1967). *The use of lateral thinking*, London, Cape.
- De Bono, E. (1969). *The mechanism of mind*, London, Cape.
- De Bono, E. (1973). *Po : beyond yes and no*. Little, Brown, & Company. Harmondsworth, England : Penguin.
- De Bono, E. (1991). *Six thinking hats*, England : Little, Brown, & Company. Réfléchir mieux, Editions d'Organisation, Paris.
- De Bono, E. (1998). *La stratégie du projet lateral*, Dunod, Paris.
- De Bono, E. (2004). *La boîte à outils de la créativité*, Editions d'Organisation, Paris.
- De Brabandere, L. (2004). *Le sens des idées*, Dunod, Paris.
- De Brabandere, L. (2007). *La valeur des idées*, Dunod, Paris.
- De Brabandere, L. (2012). *Pensée magique, pensée logique : petite philosophie de la créativité*. Editions Le Pommier, Paris.
- Degrange, M. (2000). *Théorie, technique et pratique de la créativité*, Editeur ENSAM, Paris.
- Demailly, A., et Lemoigne, J.L. (1986). *Sciences de l'Intelligence, Sciences de l'Artificiel, avec H.A. Simon*, Presses Universitaires de Lyon.
- De Rosnay, J. (1975). *Le Macroscopie*, Ed. Seuil, Paris.
- De Terssac, G., et Friedberg, E. (1996). *Coopération et conception*. Toulouse, Octares Editions (Travail), 330p.
- Diehl, M., Stroebe, W. (1987). Productivity loss in brainstorming groups: toward the solution of a riddle. *Journal of Personality and Social Psychology* 53 (3), 497–509.
- Dilts, R. (1994). *Strategies of Genius*, Meta publication. Capitola, California, USA.
- Dolbec, A. Et Prud'homme, L. (2009). La recherche-action. Dans B. Gauthier (dir.), *Recherche sociale : de la problématique à la collecte de données* (p. 505- 540). Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Dorst, K. & Cross, N. (2001). Creativity in the Design Process: Co-Evolution of Problem–Solution. *Design Studies*, 22 (5), 425–437.

- Dorta, T. (2008). Design Flow and Ideation. *International Journal of Architectural Computing* 6(3), pp. 299–316.
- Drazin, R., Glynn, M.A., Kazanjian, R.K. (1999). Multilevel theorizing about creativity in organizations: a sensemaking perspective. *Academy of Management Journal* 24, 286–307.
- Duchamp R. (1988). *La conception de produits nouveaux*, Technologies de pointe, Edition Hermès.
- Durand, D. (1979). *La systémique*. Que sais-je ? N°1795, PUF.

## E

- Eastman C., M., (1969). Cognitive process and ill defined problems : a case study from design. *Proceedings of the first Joint International Conference on I.A.*, Washington D.C., cité in GARRIGOU A., 1995.
- Elam, J., Mead, M. (1987). Designing for creativity: considerations for DSS development. *Information and Management* 13, 215–222
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14, 133-156.
- Ettlie, J.E. (2000). *Managing Technological Innovation*. Wiley, New York.

## F

- Farr, J.L., Ford, C.M. (1990). Individual innovation. In: West, M.A., Farr, J.L. (Eds.), *Innovation and Creativity at Work*. Wiley, Chichester.
- Faucheux, C., Moscovici, S. (1968). Studies in group creativity. Ill : Noise and complexity in the inferential processes, *Human Relations*, 1968, 21 (1), pp. 29–40.
- Ferguson, E. S. (1992). *Engineering and the mind's eye*, MIT Press, Cambridge, MA
- Feroli, M. (2010). *Phases amont du processus d'innovation : proposition d'une méthode d'aide à l'évaluation des idées*, PhD thesis, INPL, France.
- Filipowicz, A. (2006). From positive affect to creativity: The surprising role of surprise. *Creativity Research Journal*, 18(2), 141–152.
- Finke, R.Q., Ward, T. B., Smith S M. (1992). *Creative cognition-theory, research, and applications*, MIT Press, Cambridge MA.
- Fischer, G., Nakakoji, K., Ostwald, J., Stahl, G., Sumner, T. (1998). Embedding critics in design environments. In: Maybury, M.T., Wahlster, W. (Eds.), *Readings in Intelligent User Interfaces*. Morgan Kaufmann, San Francisco, pp. 537–559.
- Fischer, G. et al. (2005). Beyond binary choices: Integrating individual and social creativity. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63(4–5), pp. 482–512.
- Flusser, V. (2002) *Petite philosophie du design*, Editions CIRCE, Paris.
- Forsberg, K., & Mooz, H. (1998). *System engineering for faster, cheaper, better*. Center of Systems Management.

## G

- Gardner, H. (1995). *Leading Minds: Anatomy of Leadership*. Basic Books, New York.

- Gelb, M. (1996). *Thinking for a change : discovering the power to create, communicate and lead*. New York : Crown Books.
- Gentner, A. (2014). *Définition et représentation d'intentions liées à l'expérience d'utilisation en phase amont du processus de conception de produit*. Chemical and Process Engineering. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers – ENSAM, French.
- Gero, J. S. (1990). Design prototypes : a knowledge representation scheme for design. *AI Magazine*, 11, 26–36.
- Gero, J. S. (1996). Creativity, emergence and evolution in design: concepts and framework. *Knowledge-Based Systems*, 9, 435-448.
- Gero, J. (2000). Computational models of innovative and creative design processes. *Technological Forecasting and Social Change* 64, 183–196
- Gero, J.S., & Kannengiesser, U. (2004). The situated Function-Behaviour-Structure framework. *Design Studies* 25(4), 373–391.
- Gero, J. S., & Maher, M.-L. (1993). Introduction. In J.S. Gero & M.-L. Maher (Eds.), *Modeling creativity and knowledge-based design* (pp. 1-6). Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum.
- Glaser B.G., Strauss A.L. (1967). *Discovery of Grounded Theory : Strategies for Qualitative Research*. Chicago: Aldine.
- Goel, V. (1995). *Sketches of thought*. Cambridge : MIT Press.
- Goel, P.S., Singh, N. (1998). Creativity and innovation in durable product development. *Computers & Industrial Engineering* 35 (1–2), 5–8.
- Goldschmidt, G. (1991). The dialectics of sketching. *Creativity Research Journal*, 4, 123–143.
- Goldschmidt, G., and Sever, A.L. (2010) Inspiring design ideas with texts, *Design Studies* 32, pp. 139–155
- Goldschmidt, G., & Smolkov, M. (2006). Variances in the impact of visual stimuli on design problem solving performance, *Design Studies*, 27, pp. 549–569.
- Goldschmidt, G., & Talsa, D. (2005). How good are good ideas? Correlates of design creativity. *Design Studies*, 26(6), 593–611.
- Goncalo, J. A., & Staw, B. M. (2006). Individualism–collectivism and group creativity. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 100, 96–109
- Gordon, W. J. J. (1961). *Synectics, the development of creative capacity*. Harper & Row, New York.
- Gordon, W.J.J. (1965). *Stimulation des facultés créatrices dans les groupes de recherche par la méthode synectique*, Editions Hommes et techniques, Paris.
- Groff, A. (2004). *Optimisation de l'innovation par l'élaboration d'un processus de créativité industrielle: cas de l'industrie automobile*. Thèse de Doctorat ENSAM, Paris.
- Grossman, S., Rodgers, B., Moore, B. (1998). *Unlocking Creativity in the Workplace*, Woodware Publishing Inc.
- Gryskiewicz S.S. (1988). Trial by fire in an industrial setting: a practical evaluation of three creative problem solving techniques, Innovation: a cross-disciplinary perspective, Gronhaug K. et Kauffmann G. (dir.), *Norwegian University Press*, Oslo, pp. 205–232.
- Guilford, J.P. (1956). *Structure of intellect*, Psychological Bulletin, 53, 267-293.
- Guilford, J.P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGrawHill.
- Guilford, J.P. (1981). Potentiality for creativity. In J.C. Gowan, J. Khatena, & E.P. Torrance (Eds.), *Creativity: Its educational implications* (pp. 1–5). Dubuque, IA: Kendall Hunt.
- Guillaume, P. (1937). *La psychologie de la forme*, Flammarion, Paris.

## H

- Hadamard, J. (1956). *Psychology of the invention in the mathematical field*. Bordas 1975 (Recent publication Edition Jacques Gabay, 1993)
- Hatchuel, A. (1996). Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription » in *Coopération et Conception*, Hatchuel A., Octares, p 101–121.
- Hatchuel, A., & Weil, B. (2003). A New Approach of Innovative Design: An Introduction to C-K Theory. ICED'03, *14th International Conference on Engineering Design*. 19–21 August, Stockholm, Sweden.
- Hatchuel A., Le Masson P. Weil B. (2004). Theory in Practice: Lessons from Industrial Applications, *8th International Design Conference*, D. Marjanovic, (Ed.), Dubrovnik, 18th-21st May 2004: 245–257.
- Hatchuel, A., Le Masson, P., Weil, B. (2009). Design Theory and Collective Creativity: a Theoretical Framework to Evaluate KCP Process. In: *International Conference on Engineering Design*, ICED'09, 24-27 August 2009, Stanford CA.
- Hatchuel, A., Le Masson P., Reich Y., Weil B. (2011). A systematic approach of design theories using generativeness and robustness. In: *International Conference on Engineering Design*, ICED'11, Copenhagen, Technical University of Denmark. p 12
- Hawken, P., Lovins, A., & Lovins, H. (1999). *Natural capitalism creating the next industrial revolution*. USA: Little Brown.
- Heap, J. (1989). *The Management of Innovation and Design*. Cassell, London
- Hender, J.M., Dean, D.L., Rodgers, T.L., Nunamaker, J.F. (2001). Improving group creativity: brainstorming versus non-brainstorming techniques in GSS environment, *IEEE Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on Systems Sciences*.
- Hennebo, N. (2009). *Guide du bon usage de l'analyse par théorisation ancrée par les étudiants en médecine V1.0*. Université de Lille 2. [En ligne]. [www.theorisationancree.fr](http://www.theorisationancree.fr) (Page consultée le 21 septembre 2015)
- Hoegl, M. & Parboteeah, K.P. (2007). Creativity in innovative projects: How teamwork matters. *Journal of Engineering and Technology Management*, 24(1–2), pp. 148–166.
- Howard, T. J., Culley, S. J. & Dekoninck, E. (2008). Describing the Creative Design Process by the Integration of Engineering Design and Cognitive Psychology Literature. *Design Studies*, 29 (2), 160–180.
- Hubka, V. & Eder, W. E. (1996). *Design Science*, London, Springer.
- Hussey, D. (1997). *The Innovation Challenge*. Wiley, Chichester.
- Hybs, I. & Gero, J. (1992). An evolutionary process model of design. *Design Studies*, pp.273–290.

## I

- Iba, T., Miyake, T. Naruse, M., & Yotsumoto, N. (2009). Learning Patterns: A Pattern Language for Active Learners. *16th Conference on Pattern Languages of Programs*.
- Iba, T. (2010). An Autopoietic Systems Theory for Creativity. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(4), pp. 6610–6625.
- IJDICI, Editorial board (2013). Perspectives on design creativity and innovation research, *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 1:1, 1-42

- Isaksen, S.G., Murdock, M.C., Firestein, R.L., et Treffinger, D.J. (1993). *Understanding and recognizing creativity: the emergence of a discipline*. London: Ablex Publishing.
- Isen, A.M., Daubman, K.A., et Nowicki, G.P. (1987). Positive affect facilitates creative problem solving, in S. W. Russ (Ed.) *Affect, creative experience, and psychological adjustment*, p. 3–18, Philadelphia (PA), Brunner Mazel.
- Isen, A. M., & Williams, K. (1988). The influence of positive affect on children's creativity in play. *Unpublished manuscript*. Ithaca, NY.

## J

- Jakobiak, F. (2005). *De l'idée au produit, Veille, recherche et développement marché*, Editions d'Organisations.
- Jansson, D.G., et Smith, S.M. (1991). Design fixation. *Design Studies*, 12, 3–11.
- Jaoui, H. (1990). *La créativité, mode d'emploi*, E.S.F. Editeur, Entreprise Moderne d'Édition, Librairies Techniques, 132 p.
- Jeantet, A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception. Éléments pour une sociologie des processus de conception. *Sociologie du travail* 3.
- Jin, Y., et Chusilp, P. (2006). Study of mental iteration in different design situations, *Design Studies* 27, pp. 25–55
- Jones, C. (1992). *Design methods*, Second edition, Edition John Wiley & Sons, Inc.
- Jones, E. et al. (2001). Applying structured methods to Eco- innovation. An evaluation of the Product Ideas Tree diagram. *Design Studies*, 22, pp. 519–542.

## K

- Karni R. et Shalev S. (2004). Fostering innovation in conceptual product design through ideation, Information, Knowledge, *Systems Management*, vol. 4, n° 1, pp. 15–33.
- Kaufmann, G., & Vosburg, S. K. (1997). Paradoxical mood effects on creative problem-solving. *Cognition and Emotion*, 11(2), 151–170.
- Kawamoto, H. (1995). *Autopoiesis: The Third Generation System* (in Japanese): Seido-sha Publishers.
- Kazakci, A. O. (2007). *La théorie CKE comme fondement théorique pour les assistants de conception*. Thèse de Doctorat, Université Paris-Dauphine, France.
- Kim, J.E., Bouchard, C., Omhover, J.F., Aoussat, A. (2010). Towards a model of how designers mentally categorise design information, *CIRP J. of Manufacturing Science and Technology*, 3(3), pp. 218–226.
- Kline, S., Rosenberg N. (1986). An overview of innovation, Landau R., Rosenberg N. (eds), *The positive Sum Strategy*, National Academy Press, Washington.
- Koestler, A. (1964). *The act of creation*. Macmillan, New York.
- Kris, E. (1950). On preconscious mental processes, *Psychan. Quart*, 19, 540–560.
- Kruger, C., & Cross, N. (2006). Solution driven versus problem driven design: strategies and outcomes. *Design Studies*, 27, 527–548.
- Kryssanov, V., Tamaki, H., & Kitamura, S. (2001). Understanding design fundamentals: how synthesis and analysis drive creativity, resulting in emergence. *Artificial Intelligence in Engineering*, 15(4), pp. 329–342.

Kubie, L. S. (1958). *The neurotic distortion of the creative process*. University of Kansas Press, Lawrence.

## L

- Lahonde, N. (2010). *Optimisation du processus de conception : proposition d'un modèle de sélection des méthodes pour l'aide à la décision*. Laboratoire Conception de Produits et Innovation. Thesis (PhD). Paris, Arts et Metiers ParisTech.
- Lattuf, J.A. (2006). *Aide au pilotage d'une démarche d'innovation en conception de produits : vers un cahier des charges « augmenté »*, Phd Thesis, ENSAM Paris.
- Lawson B. (2004). *What designers know*. Oxford, Architectural Press.
- Lawson B. (2006). *How Designers Think : The Design Process Demystified*. Oxford (4th edition), Architectural Press.
- Lawson, B and Loke, S M (1997). Computers, words and pictures, *Design Studies*, Vol. 18, No. 2, pp. 171–183
- Lebahar, J.C. (1993). Aspects cognitifs du travail du designer industriel, *Design Recherche* n°3, février
- Leboutet, L. (1970). *La créativité*. L'année psychologique, 70(2), pp.579–625.
- Le Coq M., (1992). *Approche intégrative en conception de projet*, Thèse ENSAM (Génie industriel)
- Le Moigne J. L., (1977). *La théorie du système général*, PUF
- Le Moigne J. L., (1990). *La modélisation des systèmes complexes*, Afcet Systèmes, Editions Dunod
- Le Moigne, J-L. (1995). *La théorie du système général*. PUF, 4ème édition mise à jour.
- Lewin, K. (1946). Action Research and Minority Problems, *Journal of Social Issues*, vol. 2 : 34–36.
- Lindemann, U. (2010). Systematic Procedures Supporting Creativity : A Contradiction? . In: Taura T, Nagai Y (eds) *Design creativity*. Springer, London, pp 23–28
- Linsey, J. S., Laux, J., Clauss, E. F., Wood, K. L., & Markman, A. B. (2007). Effects of analogous product representation on design-by-analogy. In *International Conference on engineering design*. ICED. Paris, France.
- Linsey, J. S., Wood, K. L., & Markman, A. B. (2008). Increasing innovation: Presentation and Evaluation of the wordtree design-by-analogy method. In *ASME 2008 International design engineering technical Conferences & Computers and information in engineering Conference*. DETC2008-49317. New York, USA.
- Lubart, T.I. (1994). Creativity. In R.J. Sternberg (Ed.), *Thinking and Problem solving* (pp. 289–332). New York: Academic Press.
- Lubart, .T.I., & Getz, I. (1997). Emotion, metaphor, and the creative process. *Creativity Research Journal*, 10, 285-301.
- Lubart, T., Mouchiroud, C., Tordjman, S. & Zenasni, F., (2003). *Psychologie de la créativité*, Armand Colin, Paris.
- Lubart, T.I., et Georgsdottir, A.S. (2004). Créativité, haut potentiel et talent, *Psychologie française*, 49, pp. 277–291.

## M

- Macey-Burgess, C. (2001). Carnival as inclusive education: exploring carnival arts in the curriculum. *Forum*, 43 (1).

- Maher, M. L. (1994). Creative design using a genetic algorithm. *Computing in Civil Engineering*, 2, 2014–2021.
- Maher, M. L. (2000). A model of co-evolutionary design. *Engineering with Computers*, 16, 195–208.
- Maher, M. L., & Poon, J. (1996). Modeling design exploration as co-evolution. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 11, 195–209.
- Maher, M. L., Poon, J. and Boulanger, S. (1996). Formalising design exploration as co-evolution: a combined gene approach, in J S Gero and F Sudweeks (eds) *Advances in formal design methods for CAD*, Chapman and Hall, London, UK
- Maher, M. L., & Poon, J. (1995). Co-evolution of the fitness function and design solution for design exploration. *Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computing*. Washington, DC: IEEE. 240–244.
- Malhotra, A., Thomas, J.C., Carroll, J.M., & Miller, L.A. (1980). Cognitive processes in design. *International Journal of Man-Machine Studies*, 12, 119–140.
- Manzano R. (1998). *Modéliser pour prescrire: approche systémique des systèmes de production*, Thèse de doctorat, Génie Industriel, ENSAM - Paris.
- Marr, D. (1982). *Vision*, W.H. Freeman, San Francisco, CA.
- Martensen, A., Dahlgaard, J.J. (1999). Strategy and planning for innovation management-supported by creative and learning organisations. *International Journal of Quality and Reliability Management* 16 (9), 878–891.
- Martin, L.L., Ward, D.W., Achee, J.W., et Wyer, R.S. (1993). Mood as input: People have to interpret the motivational implications of their moods, *Journal of Personality and Social Psychology*, 64(3), 317–326.
- Martin, G. (2001). *Intégration et confrontation de points de vue dans le cadre de la conception en ingénierie concurrente*. Thèse de Doctorat du CNAM. Paris, France.
- McFadzean E. (1998). The creativity continuum: Towards a classification of creative problem solving techniques”, *Creativity and Innovation Management*, vol. 7, n° 3, p. 131–139.
- McFadzean E. (1999). Creativity in MS/OR: Choosing the appropriate technique, *Interfaces*, vol. 29, n° 5, p. 110–122.
- McFadzean E. (2001). Critical factors for enhancing creativity, *Strategic Change*, vol. 10, No. 5 , p. 267–283.
- McCoy, M. J., & Evans, G. W. (2002). The potential role of the physical environment in fostering creativity. *Creativity Research Journal*, 14(No. 3&4), 409–426.
- Mer, S. (1998). *Les mondes et les outils de la conception : Pour une approche socio- technique de la conception de produit*. PhD thesis, INPG, Grenoble.
- Melese, J. (1979). *Approches systémiques des organisations, vers l'entreprise à complexité humaine*. Editions Hommes et techniques.
- Minati, G. & Collen, A. (1997). *Introduction to Systemics*. Walnut Creek: Eagleye Books International.
- Mougenot, C. (2008). *Modélisation de la Phase d'Exploration du Processus de Conception de Produits: Pour une Créativité Augmentée*. Laboratoire Conception de Produits et Innovation. Thesis (PhD). Paris, Arts et Metiers ParisTech.
- Mockros, C. A., and Csikszentmihalyi, M. (1999). The social construction of creative lives. In A. Montouri (Ed.), *Social creativity* (pp. 175–218). Cresskill, NJ: Hampton Press
- Moscovici, S. (1976). *Social InXuence and social change*. London: Academic Press.

- Mumford, R. P., & Gardner, R. (1994). In Robert J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Murdock, M. C., and Puccio, G. J. (1993). A contextual organizer for conducting creativity research. In S. G. Isaksen, M. C. Murdock, R. L. Firestien, & D. J. Treffinger (Eds.), *Understanding and recognizing creativity: The emergence of a discipline* (pp. 249–280). Norwood, NJ: Ablex.

## N

- Nagai, Y., Taura, T. (2006). Formal Description of Concept-synthesizing Process for Creative Design. In: Gero JS (ed) *Design Computing and Cognition'06*. Springer, pp 443–460
- Ngassa, A., Bigand, M., Yim, P. (2003). A New Approach for the Generation of Innovative Concept for Product Design, *ICED'03*, Stockholm.
- Nonaka, I., Konno, N., (1998). The concept of 'Ba': building a foundation for knowledge creation. *California Management Review* 40 (3), 40–54.
- Nystrom, H. (1990). *Technological and Market Innovation: Strategies for Product and Company Development*. Wiley, Chichester.

## O

- Osborn, A. (1950) *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving*, New York, Charles Scribner's Sons.
- Osborn, A. (1953) *Applied imagination*. Scribners, New York
- Osborn, A. (1988) *Créativité : l'imagination constructive*, Dunod, Paris.
- Oxman, R. & Planning, T. (1997). Design by re-representation: a model of visual reasoning in design. *Design Studies*, 18, pp. 329–347.
- Oxman, R. & Planning, T. (2002). The thinking eye: visual re-cognition in design emergence. *Design Studies*, 23, pp. 135–164.
- Ozer, M. (1999). A survey of a New product Evaluation Models, *The Journal of Product Innovation Management*, 1.

## P

- Paillé P. (1994). L'analyse par théorisation ancrée. *Cahiers de recherche sociologique*. 23:147–181.
- Pahl, G. & Beitz, W. (1984). *Engineering Design*, London, Springer.
- Pahl, G., & Beitz, W. (1996). *Engineering design : A systematic approach* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Springer.
- Park, J. A., Yilmaz, S., & Kim, Y. S. (2008). Using visual reasoning model in the analysis of sketching process. In *The Workshop Proceedings of 3rd International Conference on Design Computing and Cognition (DCC'08)*
- Parnes, S.J. (1967). *Creative behaviour guidebook*, Scribner, New York.
- Parnes, S.J. (1981). *The magic of your mind*, The Creative Education Foundation Press, Buffalo.
- Parnes, S.J. (1992). *Source book for creative problem solving*, The Creative Education Foundation Press, Buffalo.

- Perrin J. (2001). *Concevoir l'innovation industrielle : Méthodologie de conception de l'innovation*. CNRS Editions.
- Perttula, M. (2006). *Idea generation in engineering design: Application of a memory search perspective and some experimental studies*, PhD dissertation, Helsinki University of Technology.
- Petrovic, I.K. (1997). Computer design agents in a brainstorming session, in *Proceedings of 15th Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe*. CAAD 0-9523687-3-0
- Petitmengin, C. (2003). *L'expérience intuitive*, Editions l'Harmattan, Paris.
- Poincaré, H. (1908). Conference published in *Bulletin de l'Institut general psychologique* (n°3).
- Poon, J., & Maher, M. L. (1997). Co-evolution and emergence in design. *Artificial Intelligence in Engineering*, 11, 319–327.
- Posner, M. I. (1973). *Cognition: An introduction*. Glenview, I.L.: Scott, Foresman.
- Prince, G.M. (1980) *The practice of creativity*, Colliers Books, Inc. Mindspring! Prince, G.M., Private printing, New York.
- Prudhomme, G. (1999). *Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement. La transposition didactique comme outil d'une analyse épistémologique*. PhD thesis, Université Joseph Fourier. Grenoble.
- Purcell, A.T., et Gero, J.S. (1998). Drawings and the design process. *Design Studies*, 19, 389–430.

## Q

- Quarante D. (2001) *Eléments de design industriel*. 3ème édition. Paris: Polytechnica.

## R

- Reitman, W.R. (1964). Heuristic decision procedures, open constraints and the structure of ill-defined problems. In M.W. Shelly & G.L. Bryan (Eds.), *Human Judgments and Optimality* (pp. 282–315). New York : Wiley & Sons, Inc.
- Ribot, T. (1900). *Essai sur l'imagination créatrice*, Edition Alcan, Paris. (Recent publication Edition l'Harmattan, 2007).
- Ritter, S.M., van Baaren, R.B. & Dijksterhuis, A. (2012). Creativity: The role of unconscious processes in idea generation and idea selection. *Thinking Skills and Creativity*, 7(1), pp. 21–27.
- Rhodes, M. (1961). *An analysis of creativity*, Phi Beta Kappen, 42, 305–310.
- Rogers, C. R. (1951). Toward a theory of creativity. A review of General semantic. Vol. 11. Reprinted in Anderson *Creativity and its cultivation*. Harper. 1959. pp. 69–82.
- Roozenburg, N. F. M. & Eckels, J. (1995). *Product design: Fundamentals and methods*, John Wiley & Sons, Chichester, U.K.
- Rosenfeld, R., Servo, J.C. (1991). Facilitating change in large organisations. In: Henry, J., Walker, D. (Eds.), *Managing Innovation*. Sage, London.
- Rosko-Ewoldsen, B., Intons-Peterson, M. J., & Anderson, R. (Eds.). (1993). *Imagery, creativity and discovery*. Amsterdam: North-Holland.
- Rossman, J. (1931). *The Psychology of the Inventor*. Washington DC: Inventor's Publishing
- Roy, M. (1978). Processus de créativité, *Canadian Journal of Education* 3.

Runco, M.A. (1992). The evaluative, valutive and divergent thinking of children. *Journal of Creative Behavior* 25, 311–319.

## S

- Sarkar, P., & Chakrabarti, A. (2008). Studying engineering design creativity by developing a common definition and associated measures. In J. Gero (Ed.), *Studying design creativity*. Springer Verlag.
- Sarkar, P. & Chakrabarti, A. (2011). Assessing design creativity. *Design Studies*, 32(4), pp. 348–383.
- Sawyer, R. K. (2006). *Explaining creativity: The science of human innovation*. New York: Oxford University Press.
- Schooler, J.W., Melcher, J. (1995). The Creative Cognition Approach in: *S.M. Smith, T.B. Ward, R.A. Finke (Eds.)*, MA, MIT Press, Cambridge, pp. 97–133.
- Segonds, F., Père, C., Véron, P. & Aoussat, A. (2009)? Collaboration Amont et PLM: Etat des Lieux. CPI 2009, *6th International Conference Integrated Design and Production*. 19-21 October, Fès, Morocco.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professional Think in Action*, London, Temple Smith.
- Schön, D.A., et Wiggins, G. (1992). Kind of seeing and their functions in designing. *Design Studies*, 13, 135–156.
- Segers, N. M. (2004). *Computational representations of words and associations in architectural design and development of a system supporting creative design*, Ph.D. thesis, Technische Universiteit Eindhoven, the Netherlands
- Segers, N. M., De Vries, B. and Achten, H. H. (2005). Do word graphs stimulate design? *Design Studies* 26, 625–647
- Shah, J. J., Smith, S. M., & Vargas-Hernandez, N. (2003). Metrics for measuring ideation effectiveness. *Design Studies*, 24, 111–134.
- Simon, H. A. (1969). *The Sciences of the Artificial*, Cambridge, MIT Press.
- Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Simon H.A. (1973). The structure of ill-structured problems. *Artificial Intelligence* 4: 181–201
- Simon, H.A. (1987). *Scientific discovery* (with Langley, P., Bradshaw, G. L., & Zytkow, J. M.), Cambridge, MA: MIT Press.
- Simon, H.A. (1995). Problem forming, problem finding and problem solving in design. In A. Collen & W. Gasparski (Eds.), *Design & Systems* (pp. 245–257). New Brunswick : Transaction Publishers.
- Simondon, G. (2014). *Imagination et invention (1965-1966)*, Réédition hors collection, PUF, Paris, 240p.
- Smith, S. M., & Blankship, S. E. (1989). Incubation effects. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 27, 311–314.
- Snider, C. M., et al., (2013). Analysing creative behaviour in the later stage design process, *Design Studies*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2013.03.001>
- Soufi, B., & Edmonds, E. (1996). The cognitive basis of emergence: implications for design support, *Design Studies* 17(4): 451–463.
- Sosa, R. and Gero, J.S. (2005). Social models of creativity : Integrating the DIFI and FBS frameworks to study creative design, JS Gero and ML Maher (eds). *Computational and*

- Cognitive Models of Creative Design VI*, Key Centre of Design Computing and Cognition, University of Sydney, Australia pp 19–44.
- Stasinopoulos, P., Smith, M., Hargroves, K., & Desha, C. (2009). *Whole system design: An integrated approach to sustainable engineering*. London: EarthScan.
- Sternberg, R.J. (1999). *Handbook of Creativity*. New York: Cambridge University Press.
- Sternberg, R.J. (2000). Giftedness as developing expertise. In K. Heller, F. Monks, R. Sternberg, & R. Subotnik (Eds.), *International handbook of giftedness and talent* (2nd ed., Vol. 1, pp. 55–66). Oxford, UK: Elsevier.
- Sternberg, R.J. (2006). The Nature of Creativity, *Creativity Research Journal*, Vo. 18, No. 1, 87–98
- Sternberg, R.J., et Lubart, T.I. (1991). An investment theory of creativity and its development. *Human Development*, 34, 1–31.
- Sternberg, R.J., et Lubart, T.I. (1993). Creative Giftedness : A multivariate investment approach, *Gifted Child Quarterly*, 37(1), 7–15.
- Sternberg, R.J., et Lubart, T.I. (1995). *Defying the crowd: creativity in a culture of conformity*. New York : Free Press.
- Sternberg, R.J., et Lubart, T.I. (1999). The concepts of creativity: prospects and paradigms. In R.J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 3–15). New York: Cambridge University Press.
- Suh, N.P. (1999). *Applications of Axiomatic Design, Integration of process Knowledge into Design Support*, ISBN 0-7923-5655-1, Kluwer Academic Publishers.
- Suwa, M, Purcell, T and Gero, J S (1998). Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions, *Design Studies*, Vo. 19, pp. 455–483

## T

- Taggar, S., (2002). Individual creativity and group ability to utilize individual creative resources: a multilevel model. *Academy of Management Journal* 45 (2), 315–330.
- Thiebaud, F. (2003). *Formalisation et développement de la phase de résolution de problème en conception industrielle*, PhD thesis, Université Louis Pasteur, France.
- Thompson, L. (2003). Improving the creativity of organizational work groups. *Academy of Management Executive* 17 (1), 96–109
- Tichkiewitch S., Chapa Kasusky E., Belloy P., (1995). Un modèle produit multivues pour la conception intégrée, *Congrès international de Génie Industriel de Montréal - La productivité dans un monde sans frontières*, Vol. 3, pp. 1989-1998.
- Tovey, M. (1984). Designing with both halves of the brain. *Design Studies*, 5(4), pp. 219–228.
- Tyl, B. (2011). *L'apport de la créativité dans les processus d'éco-innovation*, PhD thesis, Université de Bordeaux 1, Bordeaux.

## U

- Ullman D. (1997). *The mechanical design process*. New York: McGraw-Hill International.
- Ullman, D., Dietterich, T., & Stauffer, L.(1988). A model of the mechanical design process based on empirical data. *AI EDAM*,2(1).

- Ullman, D., Wood, S., & Craig, D. (1990). The importance of drawing in the mechanical design process. *Computers & Graphics*, 14, 263–274.
- Ulrich, K. (1995). The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm. *Research Policy*, 24, 419–440.
- Ulrich K. (2000). *Product design and development*, Steven D. - 2nd ed. Eppinger, 2000.
- Ulrich, K. & Eppinger, S. (2007). *Product Design and Development*, New York, McGraw-Hill.

## V

- Vadcard, P. (1996). *Aide à la Programmation de l'Utilisation des Outils en Conception de Produit*. Laboratoire Conception de Produits et Innovation. Thesis (PhD). Paris, ENSAM.
- Van der Lugt, R. (2000). Developing a graphic tool for creative problem solving in design groups. *Design Studies*, 21(5), pp. 505–522.
- Van der Lugt, R. (2005). How sketching can affect the idea generation process in design group meetings. *Design Studies*, 26(2), pp. 101–122.
- Van Gundy, A.B. (1988). *Techniques of structured problem solving*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Van Gundy, A.B. (1992). *Idea power: Techniques and resources to unleash the creativity in your organization*, AMACOM, New York.
- Varela, F., Thompson, E., et Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit, sciences cognitives et expérience humaine*, Coll. La couleur des idées, Seuil, Paris. 377p.
- Vehar, J., Miller, B., Firestien, R. (1999). *Creativity unbound. An introduction to Creative Problem Solving*, Innovation Systems Group, NY.
- Vial, S. (2010) *Court traité du design*. PUF, Paris.
- Vidal, R., Mulet, E., and Gómez-Senent, E. (2004). Effectiveness of the means of expression in creative problem-solving in design groups. *Journal of Engineering Design*, 3 (3), 285–298.
- Visser, W. (1987). Abandon d'un plan hiérarchique dans une activité de conception. *Communication au Colloque scientifique MARI 87 Machines et réseaux intelligents - COGNITIVA 87*, 18-22 mai, Paris.
- Visser, W. (1994) Organisation of design activities: opportunistic, with hierarchical episodes. *Interacting with Computers*, 6, 235–238.
- Visser W. (1996). Two functions of analogical reasoning in design: a cognitive-psychology approach. *Design Studies* 17(4): 417–434.
- Visser, W. (1999). Études en ergonomie cognitive sur la réutilisation en conception : Quelles leçons pour le raisonnement à partir de cas ? *Revue d'intelligence artificielle*, 13, 129–154.
- Visser, W. (2006). Designing as construction of representations : A dynamic viewpoint in cognitive design research. *Human-Computer Interaction, Special Issue « Foundations of Design in HCI »*, 21 (1), 103–152.
- Visser W. (2009). La conception : de la résolution de problèmes à la construction de représentations, *Le travail humain*, 1 Vol. 72, pp. 61–78.
- Vosburg, S.K. (1998). The effects of positive and negative mood on divergent-thinking performance, *Creativity Research Journal*, 11(2), 165–172.

## W

- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. New York: Harcourt-Brace.
- Ward, T.B. (2007). Creative cognition as a window on creativity, *Methods* (San Diego, Calif.), 42(1), pp. 28–37.
- Weisberg, R.W. (1988). Problem solving and creativity. In R.J. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity: Contemporary psychological perspective* (pp. 220–238). Cambridge University Press, Cambridge.
- Weisberg, R.W. (1993). *Creativity: Beyond the myth of genius*. Freeman, New York.
- Weisberg, R.W. (1999). Creativity and knowledge: a challenge to theories. In R.J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 226–250). Cambridge University Press, Cambridge.
- Wenger, W. (1998). *Discovering the obvious*, Psychogenics.
- Wiltchnig, S., Christensen, B.T. & Ball, L.J. (2013). Collaborative problem–solution co-evolution in creative design. *Design Studies*, pp. 1–28.

## Y

- Yan, M. (1993) Representing design knowledge as a network of function, behaviour and structure, *Design Studies*, Vo. 4, No. 3, pp. 314–329.
- Yang, H. et al. (2012). Unconscious creativity: When can unconscious thought outperform conscious thought? *Journal of Consumer Psychology*, 22(4), pp. 573–581.
- Yannou, B. (2006). *Préconception de produits*, HDR, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Yannou, B. (2013). Which research in design creativity and innovation? Let us not forget the reality of companies, *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 1:1, 72–92

## Z

- Zenasni, F., et Lubart, T.I. (2002). Effects of emotional states on creativity, *Current psychology letters: Behavior, Brain & Cognition*.
- Zhang, J. (1997). The nature of external representations in problem-solving. *Cognitive Science*, 21, 179–217.

## Index des figures

Figure 1: Structure du premier chapitre .....	17
Figure 2: Processus de conception de l'entité UXIN.....	19
Figure 3: Historique du déploiement de la démarche de créativité chez PSA .....	20
Figure 4: Positionnement de nos travaux sur les axes de recherche du LCPI .....	22
Figure 5: Historique des travaux de recherche conjoints entre le LCPI et PSA.....	24
Figure 6: Méthode de « Recherche-action » déployée pour nos travaux.....	25
Figure 7: Les Sciences de l'artificiel au sein du Système des sciences d'après Le Moigne (1990).....	29
Figure 8: Les Sciences de la conception au sein des Sciences de l'artificiel.....	32
Figure 9: La créativité au sein des Sciences de la conception .....	33
Figure 10: Synthèse du contexte industriel, académique et méthodologique.....	37
Figure 11: Synthèse du positionnement de notre recherche.....	37
Figure 12: Structure du deuxième chapitre .....	41
Figure 13: Vue d'ensemble des disciplines et auteurs de l'état de l'art .....	42
Figure 14: Thématiques abordées dans la partie « Approche systémique ».....	43
Figure 15: Les trois étapes de l'approche systémique .....	44
Figure 16: Principes d'un système complexe.....	45
Figure 17: Interactions entre un système complexe ouvert et son environnement .....	46
Figure 18: Aspects structuraux et fonctionnels d'un système complexe .....	47
Figure 19: Deux modes d'existence d'un système complexe .....	48
Figure 20: Morphogénèse d'un système complexe (9 niveaux).....	51
Figure 21: Système Général d'après Le Moigne (1990) .....	52
Figure 22: Thématiques abordées dans la partie « Conception amont ».....	55
Figure 23: Mécanisme associatif en conception.....	56
Figure 24: Utilisation des formes dans les représentations .....	57
Figure 25: Circulation entre les espaces C et K d'après (Hatchuel et Weil, 2003).....	59
Figure 26: Processus d'externalisation de représentations .....	60
Figure 27: Nature hybride des objets intermédiaires.....	61
Figure 28: Modèle FBS d'après Gero (1990).....	63
Figure 29: Thématiques abordées dans la partie « Créativité en conception ».....	65
Figure 30: Différences entre créativité et création.....	67
Figure 31: Genèse du système cognitif.....	69
Figure 32: Catégorisation et analogies .....	72
Figure 33: L'image comme interface évolutive .....	74
Figure 34: Système psychique .....	76
Figure 35: Alternance de travail « conscient » et « inconscient ».....	77
Figure 36: Un seul processus informationnel reliant créativité et conception .....	81
Figure 37: Processus cyclique alternant des interactions sociales.....	83
Figure 38: Catégorisation des facteurs conatifs.....	84
Figure 39: Impact des facteurs émotionnels sur la créativité .....	85
Figure 40: Modèle systémique de la créativité DIFI d'après Csikszentmihalyi (1999) .....	94
Figure 41: Système complexe de la créativité selon Iba (2009) .....	95
Figure 42: Couplage individu-environnement via le système des objets.....	96
Figure 43: Résumé de la structure de l'état de l'art.....	98
Figure 44: Les trois échelles de classification systémique.....	100
Figure 45: Synthèse de l'état de l'art.....	105
Figure 46: Structure du troisième chapitre.....	109
Figure 47: Principes de la modélisation systémique .....	110

Figure 48: Pré-modèle synchronique.....	111
Figure 49: Pré-modèle diachronique .....	112
Figure 50: Topologie systémique .....	114
Figure 51: Emergence des trois interactions individu-environnement.....	115
Figure 52: Pré-modèle systémique de la création .....	116
Figure 53: Constats et problématique .....	118
Figure 54: Hypothèse générale .....	119
Figure 55: Positionnement des hypothèses sur le pré-modèle.....	121
Figure 56: Position du chapitre 4 dans le déroulement chronologique de la thèse .....	125
Figure 57: Liens entre les hypothèses et les expérimentations.....	126
Figure 58: Ancrage de l'étude expérimentale dans les projets.....	127
Figure 59: Structure du quatrième chapitre.....	128
Figure 60: Méthode du « workshop créatif ».....	131
Figure 61: Posture dynamique et sensible d'après Aznar et Ely (2009).....	131
Figure 62: Protocole d'analyse des 10 projets.....	132
Figure 63: Résultats de l'analyse des projets.....	135
Figure 64: Résultats de l'analyse des experts sur les aspects théoriques .....	137
Figure 65: Résultats de l'analyse des experts sur les aspects pratiques .....	137
Figure 66: Structure de l'Expérimentation 1 .....	139
Figure 67: Présentation des données d'entrée en phase 1.....	140
Figure 68: Protocole de l'Expérimentation 1 .....	140
Figure 69: Configuration de salle identique pour les deux groupes .....	141
Figure 70: Exemple de formalisations utilisées pour EXP1, EXP2, EXP3.....	142
Figure 71: Gabarit de fiche idée de l'EXP1.....	143
Figure 72: Fiche idée du groupe A (analogique) pour l'EXP1 .....	146
Figure 73: Fiche idée du groupe B (aléatoire) pour l'EXP1 .....	146
Figure 74: Synthèse des résultats quantitatifs pour l'EXP1 .....	147
Figure 75: Synthèse des résultats qualitatifs pour l'EXP1.....	148
Figure 76: Structure de l'Expérimentation 2.....	151
Figure 77: Formalisation individuelle de fiche concept.....	152
Figure 78: Protocole de l'Expérimentation 2.....	153
Figure 79: Gabarit de fiche concept du groupe A (guidé) .....	154
Figure 80: Gabarit de fiche concept du groupe B (non guidé) .....	155
Figure 81: Fiche concept du groupe A « guidé » pour l'EXP2 .....	157
Figure 82: Fiche concept du groupe B « non guidé » pour l'EXP2.....	157
Figure 83: Synthèse des résultats quantitatifs pour l'EXP2.....	158
Figure 84: Synthèse des résultats qualitatifs pour l'EXP2.....	159
Figure 85: Structure de l'Expérimentation 3.....	163
Figure 86: Protocole de l'Expérimentation 3.....	165
Figure 87: Configuration de salle pour le workshop 2 de l'EXP3.....	165
Figure 88: Gabarit de cartographie du Workshop 1 pour les deux groupes.....	167
Figure 89: Gabarit de fiche concept du Workshop 2 pour les deux groupes.....	167
Figure 90: Mapping du groupe A « phase amont » pour le workshop 1(EXP3).....	169
Figure 91: Mapping du groupe B « sans phase amont » pour le workshop 1 (EXP3) .....	169
Figure 92: Fiche concept du groupe A « phase amont » pour le workshop 2 (EXP3) .....	172
Figure 93: Fiche concept du groupe B « sans phase amont » pour le workshop 2 (EXP3).....	172
Figure 94: Synthèse des résultats quantitatifs du workshop 1 pour l'EXP3 .....	173
Figure 95: Synthèse des résultats quantitatifs du workshop 2 pour l'EXP3 .....	173
Figure 96: Synthèse des résultats qualitatifs du workshop 1 pour l'EXP3.....	174
Figure 97: Synthèse des résultats qualitatifs du workshop 2 pour l'EXP3.....	175
Figure 98: Synthèse des résultats de la question 9.....	179
Figure 99: Synthèse des résultats de la question 2 et 1 .....	179

Figure 100: Synthèse des résultats de la question 6 .....	180
Figure 101: Synthèse des résultats de la question 3 .....	180
Figure 102: Synthèse des résultats de la question 4 .....	181
Figure 103: Synthèse des résultats de la question 5 .....	181
Figure 104: Synthèse des résultats de la question 7 et 8 .....	182
Figure 105: Validation des hypothèses .....	185
Figure 106: Structure du cinquième chapitre.....	191
Figure 107: Méthode de conception systémique.....	194
Figure 108: Intégration de la méthode de conception systémique au sein d'un processus linéaire (UXIN) .....	195
Figure 109: 20 outils systémiques conçus pour PSA Peugeot Citroën.....	196
Figure 110: Modèle systémique de la création.....	198
Figure 111: Comparaison avec le modèle DIFI de Csikszentmihalyi (1999) .....	201
Figure 112: Comparaison avec la théorie C-K de Hatchuel et al. (2003).....	201
Figure 113: Comparaison avec le modèle FBS de Gero (1990) .....	202
Figure 114: Modèle systémique de la création et méthode de conception systémique.....	203
Figure 115: Modèle systémique et méthode de recherche.....	205
Figure 116: Contribution aux Sciences du design.....	207
Figure 117: Contribution à l'enseignement du design.....	209
Figure 118: Modèle vierge pour « systémographie ».....	211
Figure 119: Perspectives à court, moyen et long terme .....	214
Figure 120: Apports industriels et académiques issus du modèle théorique .....	216
Figure 121: Synthèse de la démarche globale de recherche .....	216

## Index des tableaux

Tableau 1: Catégorisation structurale et fonctionnelle d'un système complexe .....	46
Tableau 2: Dynamiques de maintien et de changement dans les systèmes complexes .....	47
Tableau 3: 9 niveaux de la morphogénèse d'un système complexe.....	50
Tableau 4: Les 5 phases du travail créateur de Anzieu (1981) .....	78
Tableau 5: Les 8 phases du Creative Problem Solving.....	80
Tableau 6: Méthodes intuitives et outils associés .....	89
Tableau 7: Méthodes systématiques et outils associés .....	90
Tableau 8: Outils de créativité de la "méthode des workshops" .....	131
Tableau 9: Verbatim complet de l'analyse des 10 projets.....	133
Tableau 10: Questionnaire des experts .....	134
Tableau 11: Codage des réponses des 9 experts.....	136
Tableau 12: Table des catégories et des fiches idées de l'EXP 1 .....	144
Tableau 13: Table des fiches idées évaluées par les experts pour l'EXP1.....	145
Tableau 14: Table des catégories et des fiches concepts de l'EXP 2 .....	156
Tableau 15: Table des fiches concepts évaluées par les experts pour l'EXP 2.....	156
Tableau 16: Table des résultats du mapping "objet/place" du workshop 1 pour l'EXP 3 .....	170
Tableau 17: Table des fiches concepts évaluées par les experts pour l'EXP 3.....	171
Tableau 18: Questionnaire étudiants .....	178
Tableau 19: Sous-systèmes du modèle systémique de la création.....	199

## Production scientifique

### REVUES INTERNATIONALES AVEC COMITE DE SELECTION (1)

Bila-Deroussy, P., Bouchard, C., Diakité Kaba, S. (Accepté). Addressing complexity in design: a systemic model of creativity and guidelines for tools and methods, **Int. J. of Design Creativity and Innovation**. Eds. Toshiharu T., Yukari, N., Taylor & Francis.

### CONFERENCES INTERNATIONALES AVEC COMITE DE SELECTION ET ACTES (2)

Bila-Deroussy, P., Bouchard, C., Diakité Kaba, S. (2015). A systemic model of creativity to address complexity in design: the state of the art and perspectives, **Proceedings of the 3rd Int. Conf. on Design Creativity 2014**, Bangalore, India, January 2015.

Bila-Deroussy, P., Bouchard, C., Diakité Kaba, S. (2015). Creative tools to address complexity in design: feedback from an industrial context, **Proceedings of the 11th Int. European Academy of Design Conference 2014**, Paris, France, April 2015.

### CONFERENCES NATIONALES AVEC COMITE DE SELECTION ET ACTES (1)

Bila-Deroussy, P., Bouchard, C., Sciamma, D. (2012). Une méthode de créativité biomimétique pour aborder la complexité systémique, **Proceedings of CONFERE 2012, Colloque francophone sur les sciences de l'innovation**, Venise, Juillet 2012.

# Annexes

## Annexe du § 4.1.3.2 « Pré-expérimentations » : Codage complet

**Question 1 :** Avez-vous/Quelle est votre définition de la créativité ?

### Etat d'esprit individuel (5/9)

- Un état d'esprit, faire de la veille, prospective, Fournir des choses personnelle pour un besoin
- voir les choses autrement. Une aptitude qui se travaille, philosophie de vie.
- Benchmarking de l'esprit afin de faire foisonner les idées qui seront utiles
- Partir de quelque chose qu'on connaît, a quelque chose de différent. faire tomber des barrières, endroits improbables de nos cerveaux répondre autrement aux question
- Se donne la liberté de penser à des choses prospectives/liées à l'avenir. Parenthèse temporelle, débraye de ses activités classiques

### Résoudre un problème avec des solutions concrètes (3/9)

- Résoudre un ou des problème avec une ou des solutions.
- C'est pas des idées en l'air. On vient avec une problématiques , solutions tournées vers l'innovation.
- Explorer un maximum de solutions possibles. Arriver à filtrer et à creuser celles qui ont plus de potentiel.

### Répondre à plusieurs (2/9)

- Répondre à plusieurs,
- Idées nouvelles et interessantes a plusieurs.

**Question 2 :** A quel moment intervient la créativité dans votre travail ? Au cours d'un projet ?

### Tout le temps (5/9)

- Tout le temps.
- Tout le temps.
- Toujours un peu en ébullition
- Tout le temps, je pré-visualise mentalement des scènes
- A tous niveaux

### A chaque question/problème (7/9)

- A chaque fois qu'il y a une problématique
- On se pose des questions
- Challenge auquel on ne sait pas répondre
- Je me pose toujours la question « quel est la meilleure solution ? »
- A chaque fois que j'ai un problème
- Dans une impasse. Un moment ou on se pose des questions
- Quand j'ai un problème

### Envie d'aller plus loin (6/9)

- chercher par un autre paradigme.

- Comment améliorer
- mettre en oeuvre des solutions a des besoins, sort du commun.
- un besoin de réflexion
- on va déclencher des recherches orientées solutions.
- Quand on est en bout de souffle, remotiver

#### **Après récolte de contenu en amont (3/9)**

- idées, que e laisse de côté et que j'exploite plus tard.  
prendre le temps de re-centraliser, re-synthétiser
- c'est un état d'esprit au départ j'explore large. , bien explorer le terrain
- Après des diagnostics des études, bilan de pratiques et de besoins.

**Question 3 :** Comment abordez-vous cette phase créative ? Facilité ou difficulté ?

#### **Facilité (5/9)**

- Facilité.
- C'est ce que j'adore
- Je trouve ça génial.
- Avec l'expérience avec facilité.
- Indispensable

#### **Difficulté (3/9)**

- Un peu inquiet au début.
- Pas a l'aise au début,
- Mais moment difficile

#### **Lié à la culture personnelle (3/9)**

- C'est une posture. m'aide a prendre du recul.
- D'abord personnelle avec ma culture
- Plus on est à l'aise dans son boulot, plus on est à l'aise en séance de créativité.

**Question 4 :** Comment stimulez-vous votre créativité au quotidien ?

#### **Curiosité et ouverture (8/9)**

- En regardant des choses diverses, sortir de la routine en permanence.
- Beaucoup par l'observation, regarder ce qui existe
- moments pour m'immerger dans des univers qui n'ont rien a voir  
M'aérer la tête. Lectures, recherche par mot clé.
- Beaucoup d'expo d'art et de design et d'architecture. Très intéressée par le domaine artistique.
- Écoute, journaux, culture générale
- Questionnement perpétuel, A l'écoute y compris des idées qui paraissent incongrues.
- voir des évènements,
- Curiosité. sans cesse a l'affût du truc nouveau,

#### **Par banque d'images (3/9)**

- Passer la banque de brevet en revue.
- Pinterest, Je ss très visuelle, banque de données, Google images
- Pinterest

### **Interactions sociale (2/9)**

- ouverte aux idées des autres, et se nourrir du regard des autres,
- s'appuyer sur d'autre personne, j'essaie de m'entourer.

**Question 5 :** Avez-vous une méthode ? Des outils ? Pensez-vous en avoir besoin ?

### **Pas de méthodes/outils (7/9)**

- Les séances ne sont pas forcément très productives par définition. Perte au feu.
- je n'ai pas de méthode. Je marche au feeling.
- Je n'utilise pas de techniques spéciales tous les jours.
- Je ss très intuitive. pas dans la reproduction de méthodes. Adaptation en fonction du besoin.
- Non. Pas de routine ou d'étape. Pas besoin.
- Pas de phase. Pas de méthode,
- l'outil idéal n'existe pas encore.

### **Association analogique (6/9)**

- Chaque élément qui arrive me fait rebondir sur un autre,
- rebondir pour trouver des idées nouvelles.. Associer des composants.
- analogies et métaphores. Dans des domaines différents ou très concrets
- Démarche mentale automatique, et pré visualiser des scènes, C'est la mémoire qui est le plus important. réflexe systémique de se poser des questions, Je prends des notes et je mets de côté pour pas oublier.
- du temps pour la veille. benchmark importants. Outils getty images très intéressants,
- Bench et autre domaines. (mindmapping intuitif)

### **interactions sociales (1/9)**

- j'aimerais arriver à ça. Qui dois-je rencontrer pour y arriver

**Question 6 :** Savez-vous expliquer comment viennent vos idées ?

### **Ne sait pas (3/9)**

- Ça vient tout seul.
- le premier élément de départ je ne sais pas comment il vient.
- Non. Comment elles viennent je ne sais pas.

### **Problèmes ou questionnement (4/9)**

- a des problématiques.
- source au niveau d'un problème entraine la recherche de solution. Questions générales et précises.
- cest ciblé sur un sujet En cherchant des variantes autour
- je m demande comment et pourquoi ?

### **Observation et détachement (4/9)**

- En observant , en prenant du recul. A partir de l'existant,
- Phase dimmersion, phase de disponibilité, de flottement entre deux états.
- en tache de fond je me mets à débrayer et à chercher une solution
- c l'esprit toujours ouvert. est intéressé par tout

### **Association analogiques (5/9)**

- Analogies très productives.
- En analogie, on rebondi.
- Chemin d'idées. par induction  
Je prend quelque chose et ça va en cascade, un fil d'idées.
- de la mémoire. C'est devenu mécanique je déroule une séquence.
- viennent de la connexion entre des éléments.

### **Plaisir et bonne humeur (2/9)**

- Ça m'interpelle, ça me plaît.
- Manque d'enthousiasme, ré-enthousiasmer l'actuel

### **Interactions sociales (2/9)**

- difficile d'être créatif tt seul  
Association avec les autres et leurs univers  
En groupe on s'auto-stimule et s'auto-entraide.
- fréquenter d'autre compétences et d'autres cultures.

**Question 7** : Quelles sont les conditions d'une bonne séance (en tant que participant/animateur/client) ?  
Pourquoi ?

### **Ambiance et bienveillance (7/9)**

- bienveillance.
- climat de confiance pour la discussion, Ne pas juger les idées des autres
- Une bonne ambiance, de l'humour, décontracté
- une bonne ambiance
- L'ambiance est importante, participants soient relax, niveau de confort, détendu. Climat de confiance que les gens soient libre, pour ne pas juger, Le lieu ne doit pas enfermer.
- règles du climat créatif
- Locaux très importants. Spacieux pas de salle de réunion

### **Bien structurer en amont (6/9)**

- programme dès le départ, le cadre et objectif clair.
- Bien préparer en amont.  
Très clair sur les objectifs et les livrables. Inputs solides
- Bien préparer la séance. Être bien briefeur sur le contexte et ce qu'on attend
- problématique bien posée l'objectif clairement exposé. un cadre minimum, au début,
- certain que tout le monde a bien compris avoir contacté et préparé les personnes en amont, qu'ils aient a minima réfléchi.
- sujet bien déterminé

### **Motiver les participants (5/9)**

- participants ne doivent pas s'ennuyer, pas mettre de temps mort, importance du rythme.
- De la surprise, de la nouveauté, détours. Bonne gestion du temps.
- Découverte d'un truc que je ne connais pas  
Gens motivés, ça va avoir un impact, une utilité.
- me sentir accueilli, en confiance, tout le monde est là pour aller dans le même sens.
- déconnecté du quotidien

### **Construction du groupe (5/9)**

- Disponibilité des participants.
- participants majoritairement pas concerné
- Personnes de sensibilité différentes ;
- Le choix des participants
- participants complètement disponibles

### **Outils et techniques (2/9)**

- bien ciblé le sujet par des images dans la première partie,
- Favoriser les illustrations, pouvoir dessiner, support technique physique,

**Question 8 :** Y a-t-il des outils qui fonctionnent mieux que d'autres ? participant/animateur ? Pourquoi ? Dans quel cas ? Freins/

### **Jeu de rôles (3/9)**

- Celui des rôles. Ils sont plus ouvert.
- incarnation.. Pas très boîte à outils.
- Jeux de rôle aussi.

### **Stimulation visuelle (4/9)**

- Stimulation avec images. Permet de rebondir sur du concret. On a un point de départ sur lequel appuyer.
- Aquarium, connexion forcée très efficace avec les images.
- Le scénario et la mise en situation les gens se projettent plus facilement le mindmap

### **CPS (2/9)**

- Brain post-it :
- J'aime bcp les 5 questions,. Reformulation des challenges. Brainpostit = évocation. Étincelles et regroupements. . Faire tourner les fiches pour qu'un autre groupe les améliorent.

### **Critique des techniques (chauffe, brainstorming, energizer) (4/9)**

- C'est lourd d'organiser, d'animer, d'analyser. Processus lourds. Les histoires de chauffe cest des conneries, ça ne sert à rien
- Brainstorm fonctionne mais il y a des contextes où les outils ne sont pas adaptés. il y a bcp de rebus et on devrait pouvoir les réexploiter .
- Phase de convergence est critique Problématique de choisir ensemble les bonnes directions. Cette phrase prend du temps.
- Les séances sont tellement dirigées que les participants ne vont pas chercher bien loin leur idée. Souvent les participants redisent les mêmes idées dites avant. Importance d'être explicite lors de l'explication de l'outil.
- Icebreakers et energizer un peu compliqué. Gens un peu coincés ne le vivent pas super bien.
- Energizer un peu léger, il faut se sentir bien. Energizer décallés par rapport à ça, déconnectés du cadre.

**Question 9 :** Et si chaque collaborateur pouvait animer sa créativité tout seul ? Qu'en pensez-vous ? Comment ?

### **Phase individuel pour le quotidien (5/9)**

- Il n'y a que ceux qui sont intéressés par le sujet qui le prendront.
- individuellement oui. Ça ouvre l'esprit dans son quotidien.
- se réserver une période de créativité en se détachant de ses tâches. se marquer ça sur un coin de table. Et d'en parler ensuite. La créativité devrait être du quotidien.
- Être créatif c'est être au courant déjà de ce qui se passe, de ce qui existe.
- Mais c'est un état d'esprit qui doit pouvoir se généraliser.

### **Des rdv en groupe réguliers (5/9)**

- Ce sont deux modes qui peuvent se compléter avec des séances de créativité structurée. Méthode assez collaborative, participative. Laisser la possibilité de remonter des idées potentielles.
- Il faut le faire à plusieurs c'est plus efficace. Rassembler les gens pour le faire.
- Mais c'est la mise en commun qui apporte la créativité. Très dur tout seul de trouver des idées nouvelles. C'est l'échange et le partage à plusieurs.
- trouver des gens avec des idées, avoir une banque d'idées., des gens avec des idées, des compétences. Par l'échange.
- Concrétiser les séances de créativité mais il faut que ça serve à quelque chose. Il faut qu'il y ait du tangible qui sorte.

### **Comprend le processus plutôt que les outils (3/9)**

- Si on lui donne une boîte à outils comme ça non.. Pour des séances de créativité avec des objectifs particuliers, le côté boîte à outils j'y crois pas. On fait des outils créa partout mais on ne fait pas réellement. Je pense à toute la partie théorique dont on parle très peu. La plupart des praticiens ne connaissent pas. Mauvaise vision trop outils et techniques.
- Il y a des choses que s'improvisent pas. Il faut comprendre le processus. Pas assez injectée dans les processus
- Elle devrait être inscrite dans un processus de projet.

### **Expertise de l'animateur (2/9)**

- Une qualité de l'animateur crée de l'énergie qui porte le groupe.
- Seule l'expérience et la pratique régulière d'un animateur va être efficace. si c'est le chef de projet qui anime c'est une réunion classique. Si personnes extérieures on sort de la routine habituelle. Il manque une vraie salle de créa, une salle à l'extérieur

## Annexe du § 4.5.3 « Expérimentations 4 » : Codage complet

Q1 :

- **Nouveauté/innover : 28**
- **Voir/faire le monde différemment : 26**
- **Synthèse, faire des liens, mixer, assembler : 17**
- **Imaginer des mondes imaginaires : 16**
- **Résoudre des problèmes : 10**
- **Ouverture d'esprit : 10**
- **Transformer ce qui existe en autre chose : 9**
- **Rendre réel le rêve/imagination : 7**
- **Créer un projet, idée, artefact : 7**
- Etat d'esprit : 6
- Don qui se travaille : 5
- Quantité : 5
- Sortir du cadre : 4
- S'affranchir des limites mentales : 4
- Améliorer/Aider : 4
- Intuition : 3
- Utile/astuce : 3
- Surprise/Spontané : 3
- Exprimer sa vision : 3
- Inspiration : 3
- Emergence : 2
- Se construire : 2
- Sensible : 2
- Image et représentations : 2
- Trait de personnalité : 2
- Se perdre/sortir du confort : 2
- Découvrir : 2
- Processus : 2
- Questionnement : 2
- Inventer : 1
- Analogies : 1
- Observation : 1
- Expérience : 1
- Aléatoire, non logique : 1
- Bonnes influences : 1
- Moyen de se sentir bien : 1
- Présence d'un ordre : 1
- Une science : 1
- Penser/Réfléchir : 1
- Folie : 1
- Donner de la valeur : 1
- Défini l'humain : 1
- Chaos transformé en structure : 1

Q2 :

- **Tout le temps : 47**
- **Tout le long du projet : 19**
- **Dès le sujet/brief/problème : 18**

- **Après la phase d'observation/analyse/recherche : 12**
- Je me relève la nuit : 3
- Je note pour m'en souvenir : 1
- Prendre des décisions : 1
- Quand je me pose : 1
- Quand j'abandonne les contraintes : 1
- Après la réflexion : 1

Q3 :

- **Excitant/Plaisir : 45**
- **Stressant/Difficulté : 32**
- **Difficile quand on part de zéro : 11**
- **Du plaisir lorsque on a des affinités/compétences avec le sujet : 9**
- **Recherche d'état calme : 6**
- **Difficile quand pas de temps : 6**
- Si on est en forme/humeur : 5
- Manque de confiance au début : 5
- Difficile de partager avec les autres : 3
- Difficile de rendre tangible/réel : 3
- Habitude : 3
- Dépend du contexte perso/pro : 2
- A force d'habitude, naturel : 2
- Le choix est stressant : 2
- Dépend de l'enjeu : 2
- Facile quand on suit son intuition : 1
- Dur quand on se pose des questions : 1
- Aléatoire : 1
- Se dépasser : 1
- Aime explorer l'imaginaire : 1
- Serein quand il y a une méthodologie : 1

Q4 :

- **Recherche internet, livres, films, expos : 53**
- **Banques d'images : 36**
- **Observer le monde, les gens : 35**
- **Interagir avec les gens : 22**
- **Veille, tendances : 10**
- **Représentation/Dessin : 9**
- Curiosité : 8
- Analogie : 7
- Lâcher prise/s'isoler : 6
- Connaissances, culture : 6
- Musique : 6
- Changer d'environnement : 4
- Bricoler, prototyper : 4
- Rien de particulier : 3
- Voyages : 2
- Remise en question/ouverture : 2
- Vivre normalement : 2
- Sport : 1
- Sortir de l'ordinaire : 1

Q5 :

- **Non, Pas de méthode/outils : 44**
- **Dessin/Carnet : 26**
- **Discussions : 9**
- **Besoin d'une méthode : 8**
- **Balade, changement d'air : 8**
- **Outils pas utilisés : 7**
- **Oui, Suivi d'une méthode : 7**
- Brainstorming : 5
- Tout seul, spontané : 4
- 3D : 4
- Stimulation matérielle : 4
- Intuition : 3
- Analyse/Veille : 3
- Mindmapping : 3
- Analogie : 3
- Projection mentale : 3
- Base de données alimentée jour après jour : 2
- Détournement/surprise : 2
- Cycle d'itérations : 1
- Divergence/Convergence : 1
- Design thinking : 1
- Uniquement en groupe : 1
- Pour les autres : 1

Q6 :

- **Non, Je ne sais pas : 37**
- **Oui, Analogies/Associations d'idées : 28**
- **Expériences personnelles, vécu : 13**
- **Intuition/déclic : 12**
- **Inconscient : 12**
- **Découverte par hasard : 9**
- **Besoin d'être au calme, de concentration, repos : 9**
- Rien pendant longtemps : 7
- Discussions : 6
- Par l'image : 4
- Des fois oui, des fois non : 4
- Plusieurs chemins qui se croisent : 4
- Supposé rationnel/logique : 3
- Travail/réflexion : 3
- Dessin : 3
- Par d'un constat/point de départ : 3
- Des contraintes : 2
- Penser différemment : 2
- Questionnement : 2
- On fait venir, on cherche : 1
- Rester toujours ouvert : 1
- Créer des réponses nouvelles à une question : 1
- Frustration : 1
- D'un autre domaine : 1
- Observations : 1
- Cycle : 1
- Vision globale : 1

Q7 :

**OUI : 84/90**

- Oui, quelques-unes : 71
- Oui, chaque projet : 13

**NON : 6/90**

- Non : 6

Q8 :

**OUI : 30/90**

- Oui : 30 (partenariats, startups, hackatons, enfants)

**NON : 60/90**

- Non : 52
- Non mais entre amis oui : 4
- Pas vraiment, séances de travail : 4

Q9 :

**OUI : 75/90**

- Oui : 29
- Oui, domaine/niveaux : 13
- Oui, entraînement : 16
- Oui, curiosité, envie, besoin, volonté : 11
- Oui, mise à profit : 1
- Oui mais refoulement : 2
- Oui plus ou moins, sensibilité : 3

**NON : 15/90**

- Non, entraînement : 3
- Non, on est différents : 12



## APPROCHE SYSTEMIQUE DE LA CREATIVITE : OUTILS ET METHODES POUR ABORDER LA COMPLEXITE EN CONCEPTION AMONT

**RESUME :** Stimuler la créativité demeure un enjeu majeur pour soutenir l'innovation. Depuis les travaux théoriques fondateurs des années 1950-1960, il existe aujourd'hui un grand nombre d'outils, de méthodes, et de guides d'aide au choix diffusés parmi les praticiens. Cependant, les entreprises font aujourd'hui face à une telle complexité, à la fois technique et organisationnelle, que les outils et méthodes traditionnellement utilisés arrivent à leurs limites et manquent d'efficacité. Non seulement nous manquons encore d'une théorie fondamentale de la créativité qui fasse consensus, mais la recherche dans ce domaine manque souvent de pertinence en termes de transfert dans la pratique et d'adéquation avec les besoins pragmatiques industriels. Cette thèse explore comment l'approche systémique permet d'étudier la créativité afin de mettre en évidence de nouveaux moyens de la stimuler dans des contextes industriels complexes. Cette approche nous a permis de synthétiser les mécanismes de la créativité dans un modèle systémique, et de faire émerger trois interactions fondamentales : sensori-motrice, cognitive, et sociale. Pour stimuler simultanément ces interactions, trois axes méthodologiques ont été proposés puis testés au sein d'un contexte industriel automobile, dans le cadre de projets d'innovation réels. Les résultats de nos expérimentations montrent que l'utilisation conjointe, d'une part d'outils de stimulation analogique, d'autre part d'un langage de formes visuelles, et enfin d'un processus cyclique alternant imagination, conception, et création, permet d'améliorer notablement la performance créative. Notre modèle de la créativité, désormais entendu comme le « système complexe de la création », nous permet d'enrichir conjointement le champ scientifique théorique et les pratiques méthodologiques. Il ouvre également des perspectives de développement en sciences de gestion et en management de l'innovation.

**Mots clés :** créativité, création, système complexe, systémique, complexité en conception amont, design.

## SYSTEMIC APPROACH OF CREATIVITY: TOOLS AND METHODS TO ADDRESS COMPLEXITY IN DESIGN

**ABSTRACT :** Stimulating creativity remains a major challenge to support innovation. Since pioneering theoretical work from 1950-1960, there is now a large number of tools, methods, and guidelines disseminated among practitioners. However, companies today face such complexity, both technical and organizational, that the tools and methods traditionally used reach their limits and became inefficient. Not only we don't have any strong fundamental theory of creativity, but also research in this field often lacks relevance in terms of transfer into practice and adequacy with pragmatic industrial needs. This thesis explores how the systemic approach allows the study of creativity to highlight new ways to stimulate it in complex industrial settings. This approach allowed us to synthesize the mechanisms of creativity in a systemic model, and bring out three fundamental interactions: sensorimotor, cognitive, and social. To simultaneously stimulate these interactions, three methodological guidelines have been proposed and tested in a car manufacturer industrial environment, in the context of real innovation projects. The results of our experiments show that the combined use of, first analogical stimulation tools, the other a language of visual forms, and finally a cyclical process alternating imagination, design and creation, can significantly improve the creative performance. Our model of creativity, now understood as "the complex system of creation", enables us to jointly enrich the theoretical scientific field and also methodological practices. It also opens developing prospects for innovation management and management sciences.

**Keywords :** creativity, creation, complex system, systemic, complexity in design, design.

