
éférentiel C-K, un outil pour objectiver les verrous à la conception innovante

Nous reprenons ici les conclusions tirées du modèle théorique quant à la possibilité de diagnostiquer l'innovation orpheline : caractériser l'innovation orpheline nécessite de rendre visible les effets de fixation collective en identifiant le défaut d'interaction entre des imaginaires. Dans un premier temps, la construction d'un instrument de diagnostic sera discutée (VII.1). Puis la question de la visualisation des effets de fixation et des capacités d'expansion sera explorée, et le cadre théorique d'un outil de diagnostic de l'innovation orpheline sera exposé (VII.2). Nous soulignerons en particulier la nécessité du recours aux formalismes de la conception innovante, et plus particulièrement de la théorie C-K, pour ce faire. Enfin, sera faite une proposition de construction d'un outil pour caractériser une situation d'innovation orpheline (VII.3).

1. De la construction d'un instrument de diagnostic

Proposer de s'intéresser au diagnostic d'une situation réelle d'innovation orpheline soulève la question de l'approche à tenir pour construire une caractérisation d'une telle situation empirique. La démarche est de fait ambivalente : convient-il d'adopter une posture de d'observateur analysant une situation donnée avec les diverses lunettes qu'il a à sa disposition, ou bien est-ce la première phase d'une logique d'action visant à comprendre l'innovation orpheline pour en sortir ?

Ces deux logiques, d'observation analytique ou de point de départ à la construction d'une action pour sortir de l'innovation orpheline, sont intrinsèquement liées : en médecine, poser un diagnostic est la première étape du traitement. Nous chercherons cependant à distinguer dans les parties 3 et 4 ces deux approches. Ainsi, dans un premier temps et dans le cadre de l'ensemble de la présente partie, nous adopterons une démarche analytique, où le regard du chercheur cherchera à attraper un phénomène *via* un instrument qu'il construit et valide.

Ce chapitre développera l'approche de construction d'un instrument scientifique pour le diagnostic de l'innovation orpheline. Nous proposerons tout d'abord un parallèle entre les conditions d'existence d'un tel instrument et celles d'un thermomètre, ces deux instruments visant à construire des observables d'un phénomène pour lequel de telles observables ne sont pas données (1.1). Puis la spécificité de ce que représente un outil de diagnostic sera abordée (1.2), ainsi que la question de la validation d'un tel instrument (1.3).

1.1. L'instrument scientifique : conditions d'existence et mise en œuvre

Diagnostiquer l'innovation orpheline nécessite de mettre au jour une situation qui fait défaut : l'innovation est attendue mais n'est pas conçue par les acteurs mobilisant pourtant des efforts pour la susciter. En nous appuyant sur le cadre théorique proposé dans le chapitre V, pour caractériser une

situation d'innovation orpheline, il convient non seulement d'identifier les liens entre les acteurs économiques mais aussi les imaginaires dont ils disposent, et la manière dont ces imaginaires interagissent. Il n'est cependant pas possible d'avoir accès aux imaginaires des acteurs, et encore moins à l'interaction entre ces imaginaires. Un instrument de diagnostic de l'innovation orpheline repose alors sur la construction d'une observable³⁸ de la réalité que recouvre un ensemble d'imaginaires. On cherche ainsi à construire une objectivation d'un phénomène pour lequel il n'existe pas d'observable pour le moment.

Construire un instrument scientifique caractérisant l'innovation orpheline est en ce sens analogue à concevoir un thermomètre pour mesurer la chaleur. En effet, l'invention du thermomètre repose sur cette même reconnaissance d'un phénomène réel, mais pour lequel il convient de construire une observable (Knowles Middleton, 1966). L'opposition entre chaud et froid était perçue depuis l'Antiquité, et une telle opposition est décrite par Aristote dans le livre IV du *Traité des Météorologiques*. Pour Aristote, cette description ne s'accompagnait pas d'une volonté d'attribuer une mesure ou une échelle à ce phénomène. Par la suite, aussi étrange que cela puisse paraître, l'idée d'une échelle de température et d'un niveau de chaleur (chaud, glacial, frais, tiède, brûlant, froid, bouillant, gelé) est familière aux physiciens du XVI^{ème} siècle avant même qu'un instrument de mesure ne soit conçu. L'invention du thermomètre ne peut alors être considérée indépendamment de son utilisation et de sa calibration : construire une mesure de la chaleur implique de mettre en évidence un changement de température par rapport à une référence, à un étalonnage. L'invention du thermomètre est en effet couplée à celle du thermoscope, un instrument mettant en évidence une évolution de la chaleur, dont les premiers développements sont basés sur des expériences pneumatiques menées par Galilée (*circa* 1597). Ainsi, le développement d'un instrument de mesure de la chaleur, le thermomètre, est intimement lié à la construction d'une observable d'un phénomène nouveau mis en évidence, la variation de température, via le thermoscope. On peut cependant relever que l'observable construite, une dilatation du mercure dans le cas du thermomètre, n'est qu'une construction artificielle, sans lien direct avec la perception que l'on peut avoir de la température.

Dans une approche similaire, nous proposons de construire un instrument de mesure de l'innovation orpheline comme un instrument de construction d'une observable de l'interaction entre les imaginaires au sein d'un collectif industriel, en construisant des hypothèses quant à des corrélations entre des phénomènes mesurables et le défaut d'interaction entre des imaginaires, i.e la fixation collective.

³⁸ On comprendra le terme d'observable tel qu'il est usité en mécanique quantique, à savoir une opération de mesure, i.e. une action destinée à obtenir la valeur ou un intervalle de valeurs d'un paramètre physique.

1.2. La spécificité de l'outil de diagnostic de l'innovation orpheline

Le mot « diagnostic » provient du grec διάγνωση, *diágnosi*, construit à partir de δια-, *dia-*, par, à travers, séparation, distinction et γνώση, *gnósi*, la connaissance, le discernement. Il s'agit donc d'acquérir la connaissance à travers des signes observables. La définition donnée par le Trésor de la Langue Française est la suivante :

Conclusion, généralement prospective, faisant suite à l'examen analytique d'une situation souvent jugée critique ou complexe. (Trésor de la Langue Française)

La construction d'un outil de diagnostic est alors spécifique, en ce sens qu'il se doit de mettre en évidence non seulement un phénomène mais aussi les facteurs sous-jacents à ce phénomène. L'outil de diagnostic devra ainsi s'appuyer sur des observations pour formuler des hypothèses quant aux facteurs de blocage d'une dynamique industrielle, à la manière dont l'ensemble des imaginaires partageables est travaillé par les différents acteurs de l'industrie.

1.3. Valider un outil de diagnostic

Valider un outil est l'ensemble des opérations par lesquelles le chercheur met à l'épreuve la réalité d'un outil, afin d'en évaluer la pertinence et la fiabilité. Claude Bernard (Bernard, 1865) explicite ainsi que l'expérience scientifique est celle qui est constamment instituée dans le but de vérifier ou de contrôler une idée préconçue.

Mais alors, dans notre cas d'étude, quel type de validation est-il pertinent de conduire ? La validation statistique – *i.e.* la validation d'un outil sur un grand nombre de cas – apparaît comme particulièrement inadaptée : celle-ci doit en effet être conduite sur un échantillon bien constitué de situations d'innovation orpheline. Or, les cas d'innovations orphelines que nous avons mis à jour sont des cas bien singuliers et ne sauraient constituer une base propre à une étude quantitative de notre instrument de diagnostic.

Pour valider notre instrument, nous proposons de conduire une démarche de preuve de concept (de l'anglais : *Proof of concept*). Avec pour objectif une démonstration de faisabilité, la preuve de concept est une réalisation courte ou incomplète d'une certaine méthode ou d'une certaine idée pour en démontrer la faisabilité. La preuve de concept est habituellement considérée comme une étape importante préliminaire au développement d'un prototype pleinement fonctionnel. La preuve de concept a été définie initialement par Bruce Carsten³⁹ :

« Proof-of-Concept Prototype is a term that (...) was used to designate a circuit constructed along lines similar to an engineering prototype, but one in which the

³⁹ Dans la rubrique « Carsten's corner » du magazine Power Conversion and Intelligent Motion.

intent was only to demonstrate the feasibility of a new circuit and/or a fabrication technique, and was not intended to be an early version of a production design. »⁴⁰

La preuve de concept est aujourd'hui mobilisée dans des domaines très variés, depuis l'industrie cinématographique (où des parties de films sont filmées sur fond vert pour présenter une version courte du film avec effets spéciaux) à l'industrie pharmaceutique (où l'efficacité d'un traitement ou d'un médicament peut être démontrée sur quelques cas spécifiques).

Nous proposons alors d'adopter une démarche de preuve de concept afin de valider la conception de notre outil de diagnostic de l'innovation orpheline, et ce, en deux étapes : nous conduisons tout d'abord une validation de notre outil dans une situation où l'ensemble des facteurs est contrôlé au sein d'une expérience menée en laboratoire ; puis, nous étendons le champ de validation de notre outil en menant une démarche sur un cas empirique, au sein d'un collectif industriel existant, sur une question réelle d'innovation orpheline, le cas de l'utilisation des nouvelles technologies pour l'aide à l'autonomie des personnes âgées. **L'objet de la validation est de montrer que l'approximation qui est faite de construire une observable du phénomène d'innovation orpheline coïncide bien avec une situation observée.**

2. Diagnostiquer l'innovation orpheline et la fixation collective : caractériser le manque d'interaction entre des imaginaires

Le chapitre III de la thèse nous a guidée dans l'identification, sur un cas empirique, des blocages sous-jacents à l'innovation. Nous avons montré que ces blocages sont de natures diverses, et que le blocage cognitif est un élément clé dans les situations d'innovation orpheline. Le chapitre V a affiné cette perspective en montrant que la notion de potentiel de valeur, *i.e.* l'ensemble des imaginaires d'un collectif d'acteurs et les interactions entre ces imaginaires, est au cœur des dynamiques de croissance. Diagnostiquer l'innovation orpheline, c'est donc comprendre les mécanismes de défaut d'interaction sur les imaginaires.

Nous allons exposer en quoi les théories de la conception innovante offrent un cadre adapté à un tel objectif (2.1). Les formalismes de la théorie C-K seront ensuite présentés (2.2) et nous énoncerons alors les hypothèses sous-jacentes à un outil de diagnostic de l'innovation orpheline (2.3).

⁴⁰ Notre traduction : « *Proof-of-Concept Prototype* est un terme qui (...) a été utilisé pour désigner un circuit construit comme un prototype d'ingénierie, mais pour lequel l'intention était seulement de démontrer la faisabilité d'un nouveau circuit et / ou d'une nouvelle technique de fabrication, et n'était pas destiné à être une première version d'un modèle de production »

2.1. Le cadre théorique de la conception pour diagnostiquer l'innovation orpheline

Nous souhaitons traduire l'ensemble des imaginaires partageables d'un ensemble d'acteurs et identifier les effets de fixation individuels et collectifs qui peuvent s'opérer. La modalité d'échanges sur les imaginaires présentée dans le chapitre V a permis de comprendre comment le défaut d'interaction entre des imaginaires peut conduire à la fixation collective, *i.e.* à l'enfermement d'une industrie sur des paradigmes non porteurs, en perte de vitesse, et donc, à l'innovation orpheline. Diagnostiquer l'innovation orpheline nécessite de fait de rendre compte de l'interaction entre les *raisonnements des acteurs* et non seulement entre leurs connaissances.

Dans ce cadre, la mobilisation des théories de conception innovante semble particulièrement adaptée. En effet, notre objectif implique de modéliser les classes de raisonnements tenus par les acteurs individuels – donc en particulier les imaginaires – et les modalités d'interaction entre ces raisonnements. Il est ainsi nécessaire de modéliser les raisonnements créatifs : nous proposons d'utiliser le cadre théorique de la théorie C-K pour cela.

Identifier un effet de fixation nécessite d'être capable d'explorer et de caractériser des alternatives en dehors de cet effet de fixation. Comme le soulignent Garud et Rappa (1994), ainsi que Kaplan et Tripsas (2008), cela implique une approche méthodologique prenant en compte l'ensemble des voies d'innovation, quelle que soit leur pertinence à un moment donné et quel que soit leur succès éventuel, et ce de manière exhaustive. Identifier un effet de fixation nécessite de rendre compte des voies de fixation mais également des alternatives, *i.e.* des voies en dehors des effets de fixation. C'est pourquoi nous proposons de mobiliser les formalismes de la conception innovante et de recourir à une modélisation du champ d'innovation grâce à la théorie C-K (Hatchuel & Weil, 2002, 2009; Le Masson, Weil, & Hatchuel, 2006) pour dresser l'ensemble des voies d'innovation possibles et cartographier le champ d'innovation, visualisant les voies existantes et celles qui sont pour le moment encore non explorées.

2.2. Les formalismes de la théorie C-K

Exposons maintenant les principes de la théorie C-K⁴¹. La théorie C-K propose une modélisation du processus de conception s'appuyant sur l'expansion de deux espaces interdépendants (Hatchuel & Weil, 2009) (voir figure 19). Il s'agit d'une théorie du raisonnement de conception qui s'appuie sur la distinction entre deux espaces en expansion : un espace de Connaissances (dit "espace K" pour Knowledge) défini comme un ensemble de propositions ayant toutes un statut logique ; et un

⁴¹ Pour des exemples explicatifs de la théorie C-K sur des « cas d'école » ou pour plus d'approfondissements sur les principes théoriques, le lecteur pourra se référer en particulier à (Le Masson et al 2006, Hatchuel et al 2004, Hatchuel and Weil 2009).

espace de Concepts (“espace C”) défini par opposition, comme un ensemble de propositions indécidables, c’est-à-dire dépourvues de statut logique.

La théorie C-K distingue ainsi ces deux espaces :

– l’espace K est un espace où les propositions ont un statut logique, ce qui signifie que toute proposition est «vraie ou fausse». L’espace K inclut toutes les connaissances disponibles qu’elles soient techniques, règlementaires, sociales, éthiques, liées au marché ou aux usages.

– l’espace C est un espace où les propositions n’ont pas de statut logique dans l’espace K. Cela signifie que lorsqu’un concept est formulé, il est impossible de prouver que cette proposition est vraie ou fausse dans K : le concept n’est pas connu vis à vis des connaissances existantes. Par exemple, « une voiture sans roue » ou une « un bateau qui vole » sont deux concepts car nous ne savons pas ce qu’ils représentent, nous ne pouvons pas en désigner, mais nous ne pouvons pas non plus affirmer que ces concepts ne pourront pas un jour obtenir un statut logique (*i.e.* qu’il n’existera pas un jour une voiture sans roue ou un bateau qui vole). De plus, les concepts sont composés de propriétés connues dans K mais qui, lorsqu’elles sont associées, désignent un objet inconnu. C est ainsi indécidable dans K. La théorie C-K est dite K-relative pour caractériser le fait que l’espace C est indissociable de l’espace K, l’espace C étant alors défini par l’espace K.

La théorie C-K modélise ainsi la conception comme l’interaction des deux espaces, l’espace des concepts et l’espace des connaissances, rendue possible par l’application de quatre opérateurs qui interagissent entre et au sein des espaces (C dans K, K dans C, K dans K, C dans C) :

- $K \rightarrow C$: cet opérateur de disjonction ajoute une propriété de l’espace K comme nouvel attribut d’un concept dans l’espace C. L’opérateur de disjonction permet ainsi de partitionner un concept initial, élargissant l’espace C avec des éléments de l’espace K. D’un point de vue managérial, il modélise une étape de la description d’un chemin de la conception en formalisant la problématisation d’un concept à partir d’un ensemble de connaissances existantes.

- $C \rightarrow K$: cet opérateur de conjonction vise à ajouter ou à enlever des propriétés de l’espace K à des concepts de l’espace C afin de parvenir à des propositions avec un statut logique. Lorsqu’il y a une conjonction (*i.e.* un concept qui devient une connaissance), le processus de conception s’arrête. Quand il n’y a pas conjonction, il y a développement de nouvelles connaissances. La conception modélise un apprentissage guidé par les choix effectués dans la structuration de l’espace C.

- $C \rightarrow C$: cet opérateur s’appuie sur les règles classiques de la théorie des ensembles pour opérer des partitions (au sens mathématique). Une partition consiste à diviser un concept en des sous-concepts à l’aide d’un attribut (une proposition de l’espace K). Ainsi, si C est un concept, une partition du concept C selon l’attribut P conduira à la division du concept C en les sous-concepts (C et P), (C et

(non P)), et (autres)⁴². Une partition peut être restrictive ou expansive. Une partition restrictive réduit l'espace de possibilités sans changer la définition ou des attributs de l'objet à concevoir. Une partition expansive modifie l'identité de l'objet en ajoutant des attributs inattendus au concept initial. C'est précisément à cause de ces expansions que les innovations de rupture sont possibles.

• $K \rightarrow K$: cet opérateur s'appuie sur les règles classiques de logique et de calcul propositionnel qui permettent une expansion de l'espace K. Il s'agit par exemple de démontrer des théorèmes nouveaux dans un processus de déduction. Cet opérateur permet de décrire les actions visant à accroître la fiabilité des propositions dans K, comme la déduction, le test, ou encore l'optimisation.

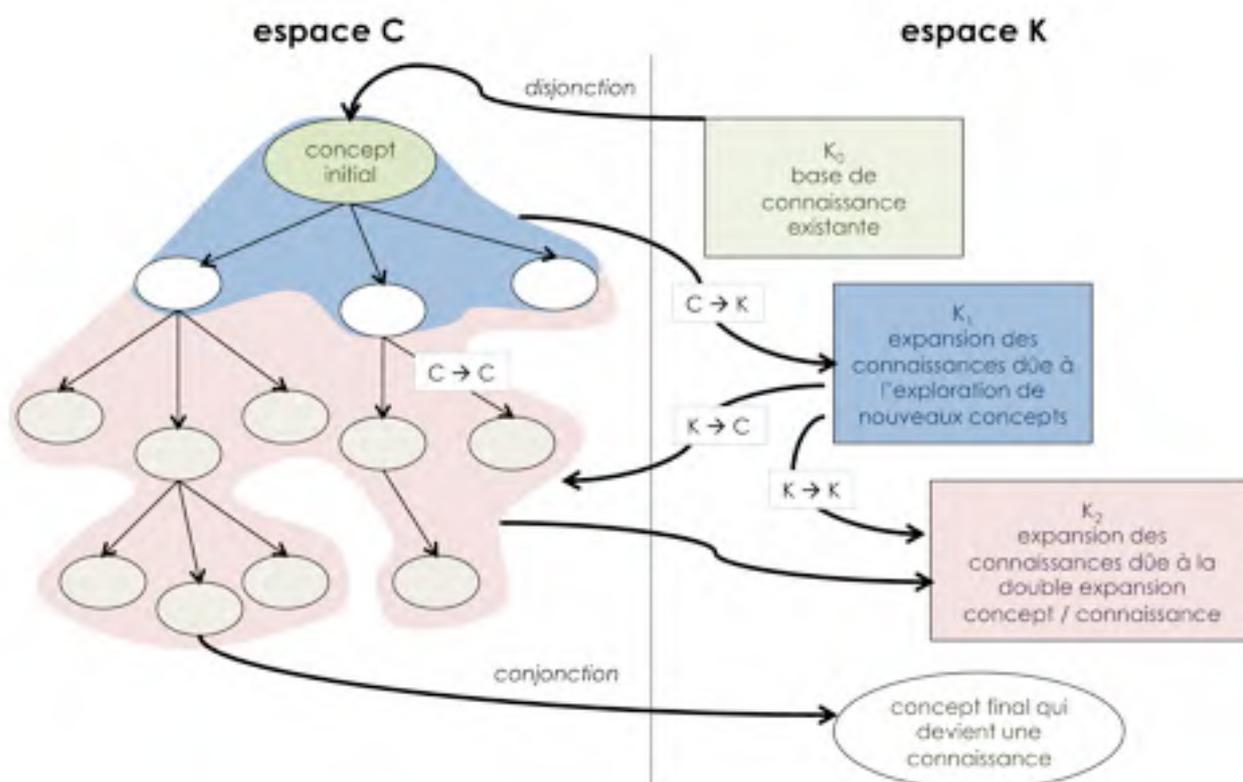


Figure 21 - Modélisation de la théorie C-K. A partir d'une base de connaissances existantes (K₀ en vert), est opérée une disjonction, i.e. la formulation d'un concept initial à partir d'éléments de K₀. Ce concept est ensuite partitionné (en bleu dans l'espace C), et conduit à l'approfondissement de nouvelles connaissances (K₁, en bleu), i.e. une expansion des connaissances. Ces nouvelles connaissances peuvent à leur tour nourrir (en rose) des partitions dans l'espace C et des expansions de connaissances. Et ce, jusqu'à ce que la double expansion concept / connaissance permette une conjonction, i.e. le passage du statut d'une proposition de concept à connaissance.

⁴² En effet, l'un des principes de l'espace C est le principe du tiers non exclu, ce qui signifie que (P et (non P)) est possible dans l'espace C et que (non (non P)) n'équivaut pas à P. Pour plus de détails, le lecteur pourra se référer à (Hatchuel 2002) et à (Hatchuel & Weil 2009).

L'espace K est ainsi une cartographie des connaissances nécessaires à la compréhension des explorations conceptuelles de l'espace C, l'espace C est un arbre des propositions indéfinies, où chaque nœud de l'arbre correspond à une partition du concept initial en sous-concepts. Le dualisme C-K est une condition de l'expansion des connaissances, car l'espace des concepts s'étend à mesure que s'étendent les connaissances. La conception se comprend donc comme un processus cognitif par lequel un concept va générer d'autres concepts et se transformer éventuellement en connaissance. Au cours de la conception, les deux espaces s'étendent : les acteurs apprennent au cours d'activités de conception, ils activent de nouvelles connaissances (expansion de K) et dans le même temps ajoutent des propriétés issues de l'espace K au concept initial (expansion de C).

De plus, ce formalisme permet de modéliser la fixation (Hatchuel, Le Masson & Weil, 2011) : il s'agit de connaissances activées qui empêchent l'exploration de solutions originales, *i.e.* l'expansion sur de nouvelles voies conceptuelles. On peut ainsi modéliser avec la théorie C-K les effets de fixation comme le montre la figure ci-dessous :

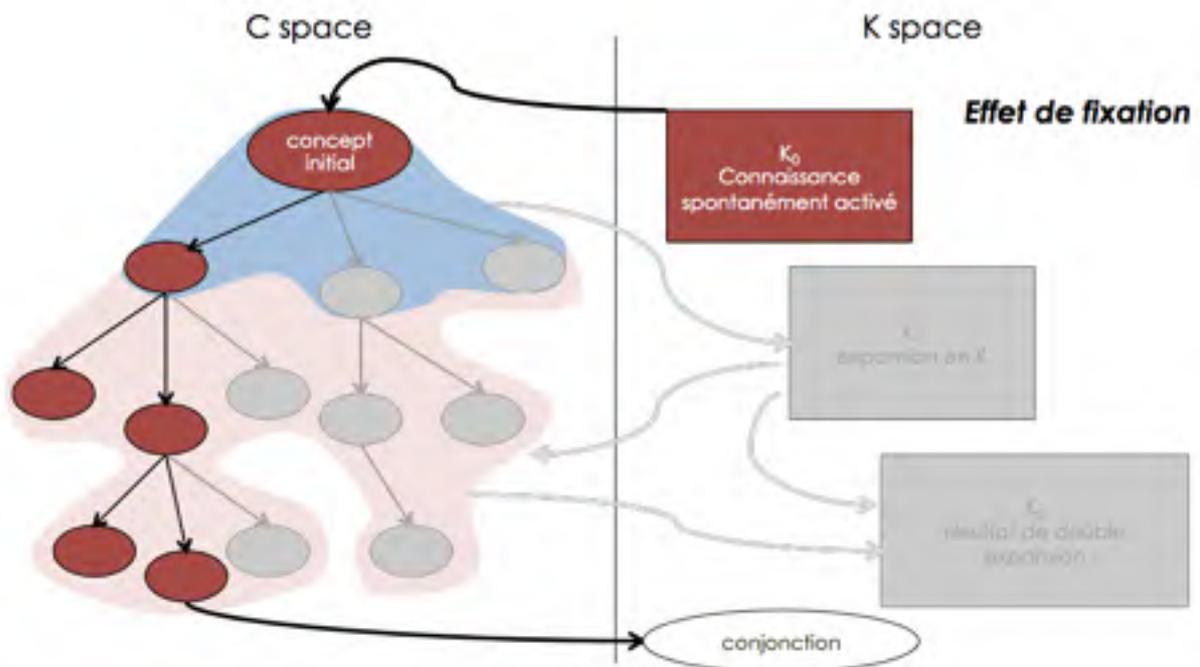


Figure 22 - Modélisation d'un effet de fixation par la théorie C-K : une base de connaissances spontanément activée va conditionner les expansions dans l'espace C et conduire à une exploration réduite des classes de solutions possibles

On pourra noter en particulier que cette modélisation souligne la distinction entre connaissances mobilisables (que le concepteur a à sa disposition) et celles activées dans un certain processus de conception. Les effets de fixation sont alors intrinsèquement liés à cette activation spécifique de certaines connaissances lors d'un raisonnement de conception : cette activation conditionne l'exploration restreinte d'un petit nombre de voies conceptuelles.

2.3. Les apports de la conception innovante pour visualiser des effets de fixation et des capacités d'expansion : formulation de deux hypothèses

Notre objectif est de caractériser l'innovation orpheline en explicitant les effets de fixation collective et en identifiant le défaut d'interaction entre des imaginaires. Il s'agit ainsi modéliser l'ensemble des raisonnements tenus par des acteurs individuels et d'étudier les modalités d'interaction entre ces raisonnements. La théorie C-K permet de modéliser les raisonnements créatifs en distinguant d'une part l'ensemble des connaissances mobilisées dans un raisonnement de conception innovante, ainsi que l'ensemble des concepts (*i.e.* l'imaginaire, tel que nous l'avons défini dans le chapitre V) adressés par ces connaissances. Nous pouvons alors formuler deux hypothèses quant à la mobilisation des formalismes C-K pour diagnostiquer l'innovation orpheline (hypothèses qu'il conviendra de valider ultérieurement dans les chapitres VIII et IX) :

-
- **H1** : La modélisation d'un raisonnement de conception par la théorie C-K, en permettant la distinction entre les partitions restrictives et les partitions expansives, permet d'identifier les **effets de fixation individuelle** : les voies restrictives dans l'espace C (*i.e.* qui ne rediscutent pas les propriétés ou l'identité de l'objet) caractérisent la fixation individuelle, et les voies expansives dans l'espace C correspondent aux concepts qui sont en dehors de ces effets de fixation individuelle.
 - **H2** : La modélisation des classes de raisonnement de conception par la théorie C-K permet d'identifier les voies d'innovation qui résultent d'un manque d'interaction entre des imaginaires, *i.e.* les raisonnements restrictifs, et les raisonnements expansifs issus d'interaction entre des imaginaires. **Les effets de fixation collective** forment l'ensemble des concepts qui sont adressables avec les connaissances partagées et mobilisées par tous les acteurs, les concepts alternatifs à ces effets de fixation étant en dehors de ce cône de fixation collective.
-

Pour construire un outil de diagnostic de l'innovation orpheline, nous nous appuyons donc sur l'argumentaire suivant : nous avons formulé, dans le chapitre V, que l'innovation orpheline est liée à la fixation collective : au lieu de tirer parti des connaissances externes qui peuvent s'échanger pour adresser de nouveaux imaginaires, les acteurs ont tendance à se focaliser sur les imaginaires déjà partagés, sans régénérer leur potentiel de valeur. Les hypothèses H1 et H2 explicitent que l'effet de fixation individuel est assimilable à une partition restrictive (au niveau individuel) et que la fixation collective est assimilable à conduire des raisonnements restrictifs sur une base de connaissances qui se limiterait aux connaissances partagées par l'ensemble des acteurs, caractérisant ainsi un défaut d'interaction entre des imaginaires. Un raisonnement sur l'intersection de la base des connaissances des acteurs d'une industrie, *i.e.* l'ensemble des connaissances partagées, conduit à adresser un ensemble d'imaginaires très restreint, et forme ainsi un effet de fixation collective. Sortir de cet effet de fixation collectif équivaut alors à utiliser l'ensemble des connaissances mobilisables, même si elles ne sont pas partagées, afin de permettre d'opérer l'ensemble des partitions expansives rendues possibles par les connaissances apportées par tous les acteurs.

Ainsi, les formalismes de la conception innovante, et plus particulièrement la théorie C-K, conduisent à penser que diagnostiquer l'innovation orpheline revient à expliciter l'ensemble des concepts et des connaissances au sein d'un référentiel, en distinguant les concepts restrictifs des expansifs. Il s'agit donc de construire une cartographie des divers imaginaires individuels d'une industrie et de leurs interactions, pour visualiser la fixation collective et des voies alternatives à ces effets de fixation. Il convient, à partir d'un collectif d'acteurs, d'identifier l'ensemble des connaissances partagées, l'ensemble des connaissances mobilisables (*i.e.* détenues par au moins un acteur) et l'ensemble des imaginaires.

Travailler sur une représentation des interactions d'un collectif en utilisant une représentation C-K n'est pas sans rappeler les travaux sur le « *matching-building* » proposés par Gillier (2010). Cette recherche s'appuie sur la caractérisation des capacités de conception d'un acteur par un profil C-K, *i.e.* les connaissances maîtrisées par cet acteur, et les concepts qui lui sont adressables. Développé dans le but d'expliquer comment les objets d'une coopération émergent dans une collaboration entre plusieurs acteurs, le « *matching-building* » distingue alors deux processus : le *matching* qui consiste à déterminer les intersections entre les profils C-K de différents acteurs, et le *building* qui vise à faire évoluer l'ensemble des profils C-K pour conduire à une co-exploration et à créer des intersections entre profils C-K qui n'existaient pas au préalable. L'outil de diagnostic que nous souhaitons construire se distingue de cette approche dans le sens où l'on cherche non pas à construire des objets de coopération, mais à caractériser les différents imaginaires d'un collectif. Nous nous inspirons cependant de la notion de « profil C-K » pour caractériser (1) l'ensemble des connaissances de l'industrie, en distinguant celles détenues par l'ensemble des acteurs (*i.e.* l'intersection des bases de connaissances de l'ensemble des acteurs) et celles mobilisables au sein de l'industrie (*i.e.* la réunion des bases de connaissances de l'ensemble des acteurs), et (2) le potentiel de valeur, caractérisant les imaginaires au sein de l'effet de fixation collective de l'industrie (*i.e.* l'ensemble des concepts adressables à partir de l'intersection des bases de connaissances) et ceux en dehors de cet effet de fixation (*i.e.* l'ensemble des concepts adressables à partir de la réunion des bases de connaissances), ainsi que les interactions entre ces imaginaires.

3. Proposition d'un outil : le référentiel C-K pour caractériser une situation d'innovation orpheline

À partir des principes théoriques exposés ci-dessus, nous allons décrire une méthodologie pour construire cet outil de diagnostic de l'innovation orpheline. Nous présenterons tout d'abord quelques éléments sur les modalités de raisonnement de conception au travers d'un diagramme C-K (3.1), puis l'outil de référentiel sera distingué d'une représentation par un diagramme C-K et nous exposerons une méthode par étapes pour construire notre instrument de diagnostic (3.2) avant de discuter de la validation de cet outil (3.3).

3.1. Le diagramme C-K, un outil de conception

La théorie C-K permet de représenter graphiquement les logiques d'une activité de conception au moyen de diagrammes C-K. Ces diagrammes font figurer les deux espaces, l'espace des concepts et l'espace des connaissances, et permettent de montrer la progressive expansion des deux espaces, au moyen des quatre opérateurs que nous avons présentés précédemment. La figure 21 présentait typiquement un exemple de ce type de représentation de raisonnement de conception.

Des travaux récents menés avec des partenaires industriels ont amenés plusieurs chercheurs mobilisant les formalismes de la théorie C-K à enrichir les éléments constitutifs d'un diagramme C-K, afin d'utiliser les principes de la théorie au sein d'outils de gestion. Ont ainsi été développées des règles de structuration de l'espace C et de l'espace K, présentées dans le tableau ci-dessous (Hooge et al., 2012).

Organisation de l'espace des concepts (C)	Organisation de l'espace des connaissances (K)
<p>Trois types de concepts :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Concepts descriptifs de la généalogie de l'objet - Concepts explorés et atteignables avec les connaissances identifiées - Concepts-expansions questionnant la base des connaissances 	<ul style="list-style-type: none"> - Chaque partition adresse au moins une poche de connaissances - Chaque poche de connaissances doit être accompagnée d'un modèle de performance - Chaque base de connaissances doit permettre de renseigner la maturité des connaissances qu'elle contient

Tableau 10 - Organisation d'un diagramme C-K d'après Hooge, Agogué et Gillier (2012) : organisation de l'espace C selon le degré d'expansion conceptuelle et structuration des connaissances pour permettre l'évaluation selon des critères de performances ainsi que l'explicitation du degré de maîtrise des connaissances.

Un diagramme C-K peut alors s'organiser selon les trois types d'arborescences décrites, en positionnant dans l'espace C sur la gauche la généalogie des objets connus, au centre les expansions atteignables par un ajout incrémental de connaissances ou une réorganisation des connaissances existantes, et à droite les expansions menant à des concepts alternatifs (faiblement ou non explorés). L'espace K doit, quant à lui, permettre de faire sens des partitions de l'espace C, les connaissances doivent pouvoir être évaluées selon des critères de performance et la maîtrise des connaissances par l'(les) acteur(s) doit être renseignée.

Pour rendre plus accessible la lecture de cette structuration des espaces C et K, un code couleur peut être adapté (*ibid.*). L'utilisation d'un code couleur permet en effet de rendre compte dans l'espace C du degré d'expansion des concepts explorés (connus, atteignables, alternatifs), et dans l'espace K du degré de robustesse des connaissances. Ce code couleur permet en particulier de caractériser le niveau de maîtrise d'un ensemble de connaissances par un acteur individuel ou par un collectif. Dans le cas d'un acteur seul, ce code couleur s'articule sur trois dimensions de maîtrise de la connaissance : validée, en cours d'apprentissage, ou manquante. Dans le cas d'un collectif d'acteur, on

considèrera une connaissance comme validée lorsqu'elle est maîtrisée par l'ensemble des acteurs, comme en cours d'apprentissage lorsque cette connaissance est détenue par une partie du collectif seulement, comme manquante lorsqu'aucun des membres du collectif étudié ne dispose de cette connaissance.

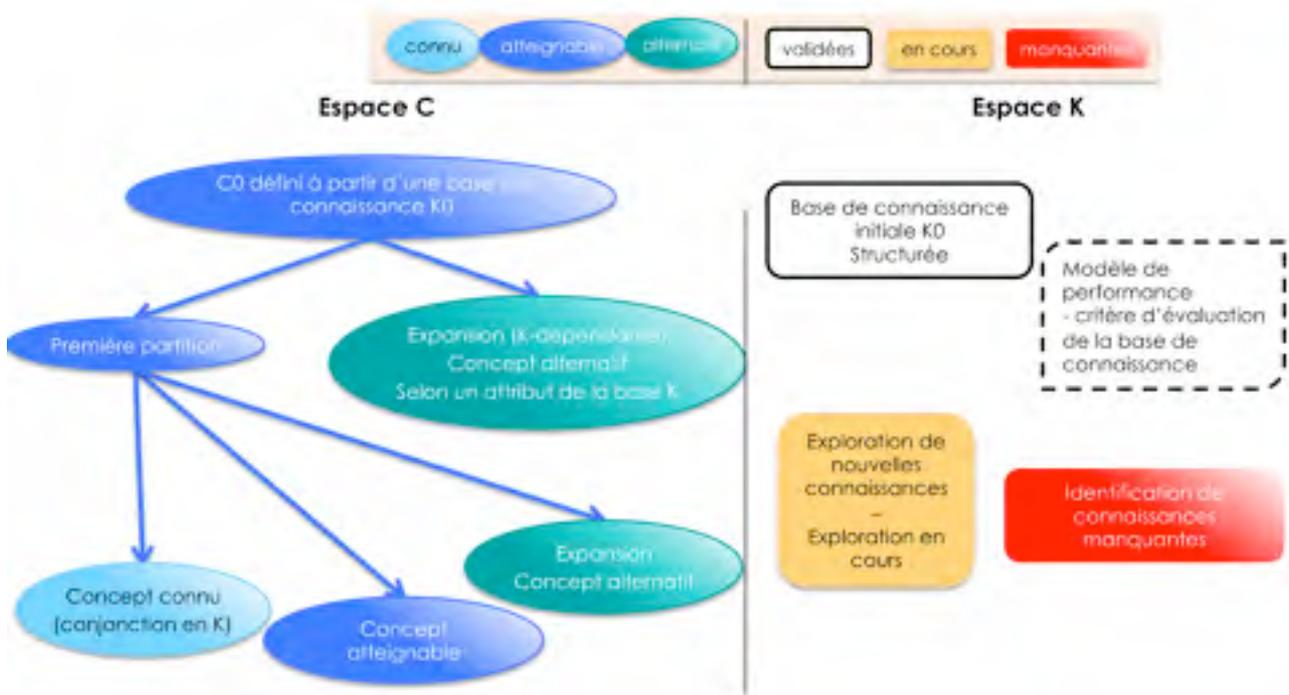


Figure 23 – Utilisation d'un code couleur pour structurer un diagramme C-K (Hooge et al 2012). Le code couleur permet de distinguer trois types de concepts : les concepts connus et descriptifs de la généalogie de l'objet, les concepts explorés et atteignables avec les connaissances identifiées, et les expansions rediscutant la base des connaissances. Le code couleur permet également de mettre en avant le degré de maturité des connaissances (validées, en cours d'apprentissage ou manquantes), ainsi que les modèles de performance associés à chaque poche de connaissance (ici en pointillés noirs).

3.2. D'un diagramme à un référentiel C-K : étapes de construction d'un outil de diagnostic de l'innovation orpheline

Nous proposons maintenant une méthodologie de construction de l'outil de diagnostic de l'innovation orpheline, le référentiel C-K. Pour expliciter la fixation collective et le défaut d'interaction entre des imaginaires, nous utilisons la théorie C-K pour faire une cartographie des classes de raisonnement possibles dans une situation de conception et pour qualifier les raisonnements comme expansifs ou restrictifs afin d'identifier les effets de fixation. Nous avons en effet formulé l'hypothèse que la fixation collective correspondant à un manque d'interactions entre des imaginaires se caractérise par une concentration des efforts de conception sur les voies conceptuelles restrictives. Il convient ainsi, à partir d'un collectif d'acteurs, d'identifier l'ensemble des connaissances partagées, l'ensemble des connaissances mobilisables (*i.e.* détenues par au moins un acteur) et l'ensemble des imaginaires et de leurs interactions. Présentons alors les étapes successives de construction d'un référentiel C-K pour diagnostiquer l'innovation orpheline :

- **Etape 1** : Cette première consiste à faire le recensement des connaissances de l'ensemble des acteurs de l'industrie, et de distinguer parmi ces connaissances celles qui sont partagées par tous et celles qui sont détenues par un nombre limité d'acteurs. Cet état des connaissances consiste ainsi à distinguer la réunion des connaissances de l'intersection de ces mêmes connaissances (*i.e.* les connaissances partagées par tous).

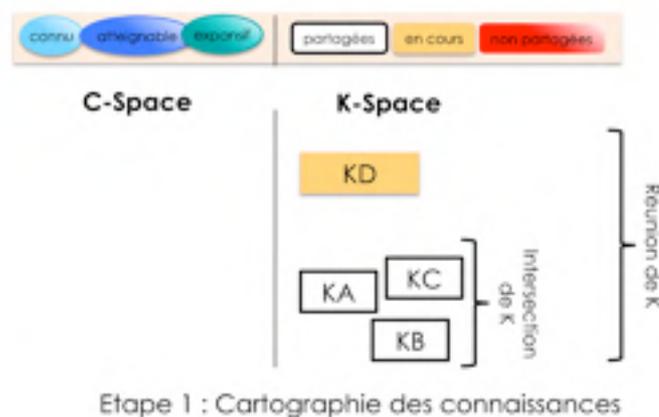


Figure 24- Etape 1 de construction du référentiel C-K : cartographie des connaissances au sein du collectif et évaluation du degré de robustesse de ces connaissances : sont-elles validées par tous ? Détenues par un petit nombre d'acteurs ? Cela conduit ainsi à identifier les connaissances détenues par tous (intersection de K) et celles détenues par seulement quelques acteurs (réunion de K).

- **Etape 2** : À partir de l'intersection des bases de connaissances, nous rendons compte des concepts adressables et atteignables. Les concepts atteignables à partir de l'intersection des connaissances, *i.e.* les connaissances partagées par l'ensemble des acteurs, sont ceux dont l'exploration et l'interprétation sont possibles par l'ensemble des acteurs. Ces concepts sont alors restrictifs, faisant partie d'un *dominant design* sectoriel maîtrisé par le collectif. On s'interdira dans cette étape les concepts qui nécessiteraient l'exploration de nouvelles connaissances.

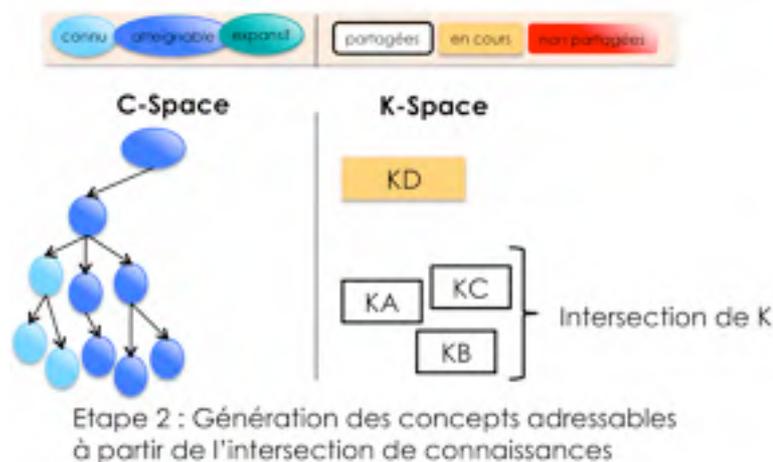


Figure 25 – Etape 2 de construction du référentiel C-K : génération des concepts adressables à partir des connaissances partagées par l'ensemble des acteurs.

- **Etape 3** : À partir de la réunion des connaissances, de nouvelles partitions peuvent être possibles. Ces concepts nécessitent des connaissances qui peuvent n'être détenues que par un tout petit nombre d'acteurs, et peuvent rediscuter en profondeur les attributs classiquement mobilisés dans la problématique de conception considérée. Ainsi, une première expansion peut apparaître.

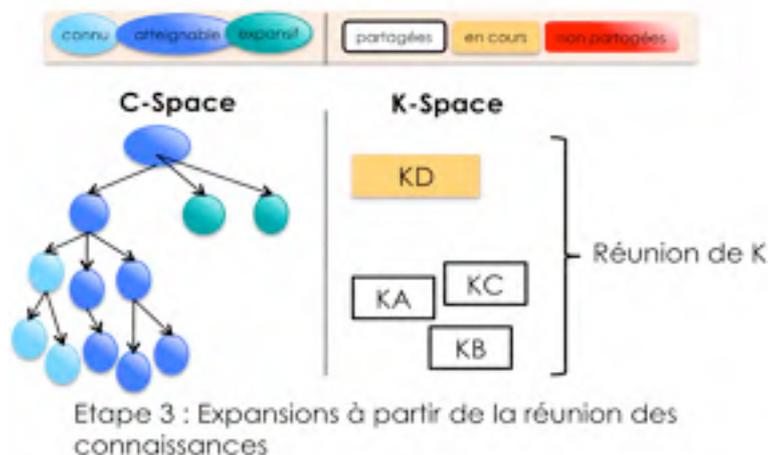


Figure 26 – Etape 3 de construction du référentiel C-K : génération d'une première expansion à partir de la réunion des connaissances, pour simuler l'interaction d'imaginaires entre acteurs.

- **Etape 4** : Poursuivant la logique de cette première expansion, toutes les partitions conceptuelles (y compris expansives, donc) associées à la réunion des connaissances peuvent être explorées. Mobiliser des connaissances détenues par divers acteurs permet ainsi de décrire des concepts qui ne sont pas adressables par un acteur unique. Cette étape conduit à construire l'union des bases de connaissances pour régénérer des processus d'expansion à travers une activité de conception. De nouvelles connaissances peuvent alors être identifiées, ce qui conduit en retour à d'autres expansions conceptuelles, etc.

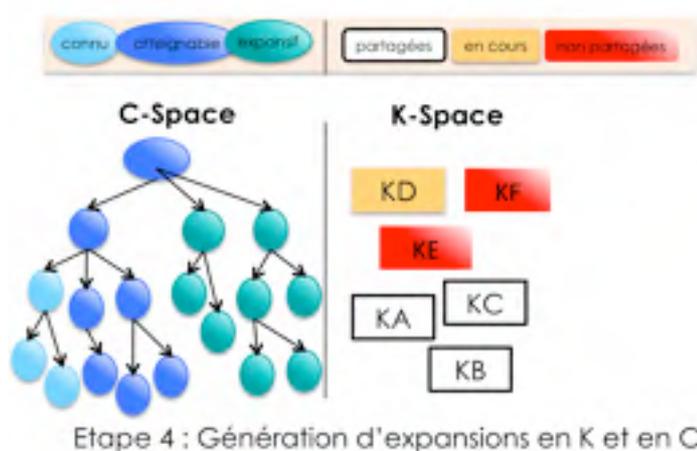


Figure 27 - Etape 4 de construction du référentiel C-K : utilisation de la double expansion concept / connaissance pour explorer et cartographier les voies des raisonnements expansifs

- **Etape 5 :** Ainsi, on obtient une représentation C-K sur laquelle il est possible de lire les raisonnements de conception restrictifs et expansifs. Le positionnement des efforts de conception par rapport à la nature restrictive ou expansive des raisonnements de conception permet alors d'identifier la fixation collective. Ces efforts de conception peuvent être caractérisés par des projets, des propositions de solutions, des idées, des produits ou services mis sur le marché, etc.

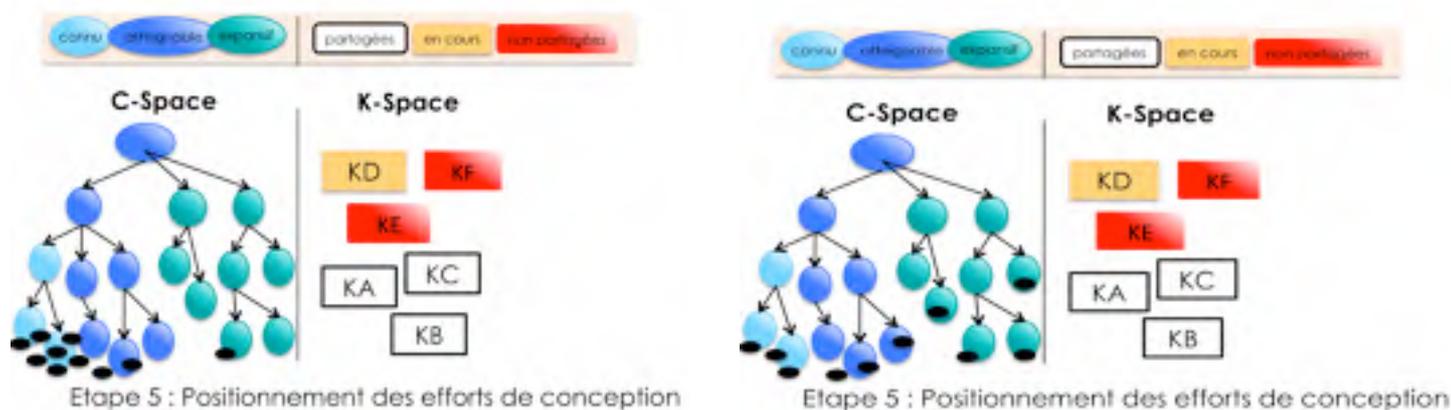


Figure 28 – Etape 5 de construction du référentiel C-K : évaluation de la fixation collective en étudiant la distribution des efforts de conception (points noirs) par rapport aux classes de raisonnements restrictifs et expansifs. La figure de gauche montre une situation où il y a effectivement fixation collective (l'ensemble des efforts de conception opèrent sur les voies restrictives et sont symptomatiques d'un défaut d'interaction entre des imaginaires qui permettraient d'opérer des expansions) ; la figure de droite montre quant à elle une situation où les efforts de conception du collectif ont conduit à explorer des solutions alternatives à la fixation collective

Nous pouvons synthétiser les étapes de construction du référentiel C-K au sein du tableau ci-dessous :

Etape 1 Etat de l'art	Cartographie des connaissances au sein du collectif et évaluation du degré de robustesse de ces connaissances
Etape 2 Cartographie des concepts adressables	Génération des concepts adressables à partir des connaissances partagées par l'ensemble des acteurs.
Etape 3 Première expansion	Génération d'une première expansion à partir de la réunion des connaissances, pour simuler l'interaction d'imaginaires entre acteurs.
Etape 4 Double expansion C / K	Mobilisation de l'union des connaissances et de la première expansion pour régénérer des processus d'expansion en concept et en connaissance
Etape 5 Evaluation des effets de fixation	Evaluation de la fixation collective selon la distribution des efforts de conception sur les raisonnements restrictifs et expansifs.

Tableau 11 – Synthèse des différentes étapes de construction d'un référentiel C-K

Cet outil, le référentiel C-K, construit donc une observable de l'innovation orpheline en assimilant le défaut d'interaction entre des imaginaires à une exploration restreinte des classes de solutions sur les seules voies conceptuelles restrictives (générées à partir des connaissances partagées par l'ensemble du collectif).

3.3. Vision critique du référentiel C-K et biais éventuels

L'outil que nous proposons a ses limites et présente deux biais principaux. D'une part, il est construit sur deux hypothèses de corrélation entre la fixation collective et la nature des raisonnements conduits (restrictifs et expansifs) au niveau individuel et au niveau collectif. La modélisation de tels raisonnements repose sur la capacité d'un acteur, dans le cas présent le chercheur, à avoir accès aux connaissances mobilisées et partagées au sein d'un collectif dans une activité de conception. D'autre part, l'outil est très sensible à la nature du collectif : l'identification de la fixation collective dépend des capacités du collectif. En effet, si un membre du collectif ne détient que très peu de connaissances, l'outil fera apparaître une classe de raisonnements restrictifs très restreinte, et le positionnement des efforts de conception peuvent alors dépasser ce que l'outil analyse comme un effet de fixation possible. Dans ce cas, l'outil ne permet pas de diagnostiquer une fixation collective. Ainsi, le mode de constitution du collectif influe sur la capacité de diagnostic de l'outil.

De plus, nous tenons à souligner que cet outil permet de diagnostiquer de la fixation collective, mais ne permet d'analyser l'innovation orpheline que si celle-ci a été caractérisée préalablement selon les trois critères présentés au chapitre III, à savoir (1) une demande sociale forte, formulée et compréhensible ; (2) des innovations proposées de façon répétée par des acteurs motivés, mais ne répondant pas à la demande et ne suscitant pas de croissance industrielle ; (3) des connaissances à mobiliser qui semblent atteignables à un effort de recherche près. En effet, certaines situations peuvent nécessiter un alignement des efforts de conception dans une même direction, sans que cela entraîne une situation de blocage. Il peut ainsi s'agir d'une situation d'exploitation d'un *dominant design*, selon un régime particulier de constitution de la valeur.

3.4. Validation du référentiel

Nous venons de présenter les étapes de construction d'un référentiel C-K. Pour en valider les principes, il convient de valider les deux hypothèses suivantes H1 et H2 énoncées précédemment. La première hypothèse s'appuie sur la modélisation d'un raisonnement de conception par la théorie C-K pour caractériser la fixation individuelle, et la seconde étend cette première hypothèse à la fixation collective. Il convient donc de vérifier qu'une modélisation utilisant les formalismes C-K :

(1) permet d'identifier les effets de fixation individuelle en distinguant partitions restrictives et partitions expansives : les voies restrictives dans l'espace C caractérisent la fixation individuelle, et les voies expansives sont en dehors de ces effets de fixation individuelle ;

(2) permet d'identifier au sein d'un collectif industriel les voies d'innovation qui résultent d'un manque d'interaction entre des imaginaires, *i.e.* les raisonnements restrictifs, et les raisonnements expansifs issus d'interaction entre des imaginaires : les effets de fixation collective forment ainsi l'ensemble des concepts adressables étant donné l'intersection des connaissances des acteurs, les alternatives à ces effets de fixation étant en dehors de ce cône de fixation collective.

Pour étudier le référentiel C-K par rapport à la fixation individuelle, l'approche par la psychologie cognitive, telle qu'elle a été présentée dans le chapitre IV de la thèse, semble adaptée tant cette discipline s'est attachée à étudier les biais cognitifs individuels. Nous pouvons alors adopter une démarche de validation sur la fixation individuelle en utilisant un protocole expérimental pour valider le référentiel. Pour la validation au niveau collectif, nous privilégions une étude d'une situation empirique réelle pour prendre en compte l'ensemble des interactions entre les imaginaires des acteurs, ce que ne nous permet pas une situation en laboratoire. Nous proposons alors une validation en deux étapes :

- une validation par un protocole expérimental pour valider H1, *i.e.* la mobilisation de la théorie C-K pour identifier des effets de fixation au niveau individuel. Pour cela, nous proposons, dans le chapitre VIII, de nous appuyer sur les démarches en sciences cognitives qui sont construites dans divers travaux des approches expérimentales de mesure de la créativité.
- une validation par une expérimentation sur une situation empirique pour valider H2 au niveau d'un collectif industriel, *i.e.* la mobilisation de la théorie C-K pour identifier des effets de fixation au niveau collectif. Pour cela, nous adoptons, dans le chapitre IX, une approche gestionnaire d'étude de la fixation collective au sein d'un secteur industriel, le secteur Rhône-Alpin des technologies de l'information et de la communication au service de l'autonomie des personnes âgées, où il y a innovation orpheline, et nous montrons qu'effectivement le référentiel C-K diagnostique bien une exploration restreinte des classes de solutions possibles.

Le tableau ci-dessous résume la démarche de validation :

<i>H1 : la fixation individuelle</i>	<i>H2 : la fixation collective</i>
<i>Les voies restrictives dans l'espace C (i.e. qui ne rediscutent pas les propriétés ou l'identité de l'objet) caractérisent la fixation individuelle, et les voies expansives dans l'espace C correspondent aux concepts qui sont en dehors de ces effets de fixation individuelle.</i>	<i>Les effets de fixation collective forment ainsi l'ensemble des concepts adressables étant donné l'intersection des connaissances des acteurs, les alternatives à ces effets de fixation étant en dehors de ce cône de fixation collective.</i>
<i>Une approche en psychologie cognitive</i>	<i>Une approche par les sciences de gestion</i>
<i>Une validation par un protocole expérimental</i>	<i>Une validation par une expérimentation sur une situation empirique</i>

Tableau 12 – Synthèse des deux hypothèses de construction du référentiel C-K pour diagnostiquer l'innovation orpheline (fixation individuelle et fixation collective) et protocole de validation des deux hypothèses.