Armand Hatchuel et Benoit Weil La théorie C-K, un fondement formel aux théories de l'innovation

Pascal Le Masson, Chris Mcmahon

▶ **To cite this version:**

Pascal Le Masson, Chris Mcmahon. Armand Hatchuel et Benoit Weil La théorie C-K, un fondement formel aux théories de l'innovation. Les grands auteurs du management de l'innovation et de la créativité, In Quarto - Editions Management et Société, pp.588-613, 2016. hal-01243331

HAL Id: hal-01243331

https://minesparis-psl.hal.science/hal-01243331

Submitted on 14 Dec 2015

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.

Armand Hatchuel et Benoit Weil

La théorie C-K, un fondement formel aux théories de l'innovation

Pascal Le Masson, Chris McMahon

Un chapitre sur Armand Hatchuel et Benoit Weil et sur la théorie la théorie C-K[1] dont ils sont les auteurs s'imposait : leurs propositions scientifiques sont discutées et publiées dans toutes les communautés qui comptent pour le management de l'innovation -engineering design, industrial design, management, économie, philosophie, sociologie, histoire, etc. Leurs travaux embrassent les aspects les plus fondamentaux des raisonnements génératifs, les aspects neuro-psychologiques de la création, les questions de méthodes et d'organisation pour l'innovation, la gouvernance des entreprises innovantes, la dynamique des écosystèmes industriels, la question des professions créatives,... Ils allient légitimité scientifique, industrielle et socio-politique. Et ils inspirent de nombreux travaux de recherche à travers le monde, dans les disciplines les plus variées.

Ce succès tient notamment au parti qu'ils ont pris il y a près de vingt ans d'aborder les questions d'innovation à partir de l'activité collective qui en est la source, la conception, et d'aborder cette activité de conception à partir d'une théorie aussi universelle que possible du raisonnement de conception. Ce chapitre rend compte de cette démarche, en précisant d'abord le contexte initial des travaux, contexte aussi bien industriel que scientifique, puis en présentant les traits principaux de la théorie C-K et les espaces intellectuels qu'elle ouvre et en indiquant finalement les principaux impacts de la théorie C-K.

Ce faisant, on ne prétendra pas rendre compte ici de l'ensemble des travaux des deux auteurs. En se focalisant sur la conception on négligera les travaux sur l'épistémologie et les fondements des sciences de gestion, les travaux sur les systèmes de production, sur l'intelligence artificielle et la gestion des connaissances, les apports en GRH, en économie ou en sociologie. Toutefois le travail sur la conception illustre deux idées fondamentales, au cœur de tous ces travaux : 1- il importe de revenir aux formes de raisonnement pour comprendre, étudier voire inventer les formes nouvelles de l'action collective (voir à ce sujet la théorie des mythes rationnels et les rationalisations (Hatchuel et Molet 1986 ; Hatchuel 1996 ; Hatchuel

[1] C pour Concept, K pour Knowledge – la théorie C-K est aujourd'hui une des théories de la conception qui fait référence au niveau international.

et Weil 1992)) ; 2- les raisonnements eux-mêmes sont des espaces d'invention – et les modèles et les théories formelles peuvent aider à développer ces nouveaux raisonnements.

Notice biographique

Armand Hatchuel est né en 1952. Ingénieur de l'Ecole des Mines de Paris, il entre en 1973 au Centre de Gestion Scientifique créé par l'Ecole des Mines quelques années auparavant. Il y deviendra docteur et professeur quelques années plus tard. A cette institution qui est pour lui un espace de création et d'épanouissement intellectuel inestimable, Armand Hatchuel a beaucoup donné, notamment parce qu'au-delà des responsabilités administratives qu'il a assumées avec succès, ses travaux fondateurs ont permis l'épanouissement de plusieurs générations de chercheurs et d'enseignants passionnés. Polymathe, Armand Hatchuel travaille sur les questions industrielles les plus innovantes, dans de très nombreuses disciplines (sciences de gestion, économie, philosophie, design, histoire, sociologie, etc.) sans rien ignorer des avancées scientifiques les plus pointues. Scientifique et modélisateur, Armand Hatchuel est à l'origine de percées théoriques majeures –dont la théorie C-K présentée dans cet article, mais aussi l'axiomatique Savoirs-Relations (S-R) (Hatchuel 2001), la théorie des mythes rationnels (Hatchuel et Weil 1995), les fondements théoriques des sciences de gestion (Hatchuel 2005), ou la théorie (ϕ, P, G)[2] de l'entreprise (Segestin et Hatchuel 2008). Ces travaux théoriques ont un impact profond : ils ouvrent des voies de recherche nouvelles, notamment en science de gestion, et permettent aux entreprises et aux professionnels de développer des formes d'action collective originales. Ces avancées lui valent de très nombreux prix et distinctions en France et à l'international. Ainsi Armand Hatchuel a reçu le prix d'économiste de l'année en 1996 (catégorie management et organisation), a été senior scholar de la Stockholm School of Entrepreneurship et de l'Université Technique de Chalmers, est membre de l'Académie des Technologies, est l'un rares « fellows » de la Design Society, société savante de référence en engineering design. D'une grande générosité scientifique, Armand Hatchuel crée aussi les institutions permettant à d'autres chercheurs de progresser. Avec Yoram Reich, il crée en 2008 le Special Interest Group de « Design Theory » de la Design Society, qui regroupe quelques années plus tard plusieurs centaines de chercheurs et plusieurs dizaines d'institutions internationales. Avec Benoit Weil et d'autres chercheurs de l'Ecole des Mines, il crée en 2009 la chaire de théorie et méthodes de la conception innovante (TMCI), permettant à une large équipe de mener les travaux de

[2] ϕ pour Flux, P pour Potentiel, G opur Gestion.

recherche fondamentale les plus originaux dans le domaine de la conception. Armand Hatchuel a écrit plusieurs dizaines d'articles scientifiques et une dizaine d'ouvrages, qui servent aujourd'hui de référence à de très nombreux chercheurs à travers le monde, faisant d'Armand Hatchuel l'un des auteurs français les plus cités en sciences de gestion.

Benoit Weil est né en 1960. Ingénieur de l'Ecole des Mines de Nancy, il entre au Centre de Gestion Scientifique de l'Ecole des Mines de Paris en 1984. Il y devient docteur et professeur quelques années plus tard. Très vite ses travaux s'orientent sur la question des savoirs dans les organisations et il est l'un des premiers à diagnostiquer la crise des savoirs de conception. Il mène des travaux pionniers avec les organisations de conception les plus avancées et, sensible à la valeur des formalismes, il est le premier à comprendre l'enjeu et la valeur tant théorique que pratique de ce qui deviendra la théorie C-K, à laquelle il contribue de façon décisive. Avec Armand Hatchuel, il crée un programme de recherche et d'enseignement sur l'ingénierie de la conception. D'une culture encyclopédique, allant du grec ancien aux acronymes les plus abscons du monde des semi-conducteurs, et d'une grande exigence intellectuelle, Benoit Weil ouvre régulièrement de nouvelles perspectives en ingénierie de la conception, en particulier grâce à la chaire TMCI, dont il est un des principaux artisans. Directeur adjoint du CGS depuis plusieurs années, coordinateur de la chaire, Benoit Weil s'inscrit dans la lignée des grands responsables scientifiques capables d'inspirer les travaux de recherche les plus exigeants et d'assurer le développement de toute une génération de jeunes chercheurs. Il est à l'origine de nombreux concepts scientifiques puissants, dont certains sont évoqués dans cet article. Il a publié plusieurs dizaines d'articles scientifiques, aussi bien en sciences de gestion qu'en ingénierie, des articles qui ont rendu possibles les travaux de nombreux autres chercheurs, ce dont témoigne un niveau de citation exceptionnel.

1. Contexte et origine de la théorie C-K.

1.1. Un nouveau type d'innovation : l'identité changeante des objets

Dans les années 1990, plusieurs travaux ont contribué à caractériser les changements profonds dans la conception de nouveaux produits et de services dans les bureaux d'études. Les études de gestion des connaissances (knowledge management) (voir par exemple : (Blackler 1995; Hatchuel et Weil 1995)) ont alors mis en évidence la crise des savoirs des experts. Les travaux en management de l'innovation ont souligné le mouvement vers une innovation « radicale », « de percée » (breakthrough ; Abernathy et Clark 1985), « de rupture » (disruptive ; (Christensen 1997)). Des études de cas longitudinales approfondies menées dans des bureaux d'étude (des travaux rares, menés pendant plus d'une décennie et dont il n'est pas sûr que le

rythme actuel de la recherche académique les permettrait encore) ont montré que ces mouvements supposaient aussi un changement profond des modèles de pensée des acteurs (Weil 1999). Loin d'être une simple mode, le mot d'ordre de l'innovation se révèle alors le symptôme d'un changement profond dans la nature de l'innovation : l'innovation contemporaine ne suppose pas seulement un accroissement permanent des performances d'un « dominant design » figé ; elle exige l'invention répétée de nouvelles identités pour les objets, une activité nécessitant de savoir briser les règles de conception de tous ordre – nouvelles valeurs, nouveaux business models, nouvelles fonctions, nouvelles technologies, nouvelles architectures, nouveaux écosystèmes. C'est à Armand Hatchuel et Benoit Weil qu'on doit, très tôt, ce diagnostic de l'émergence d'une nouvelle forme d'innovation : l'innovation portant sur l'identité des objets eux-mêmes (Le Masson, Weil et Hatchuel 2006).

1.2. Un nouveau paradigme pour les sciences de gestion ?

Or que sait-on de l'innovation à l'époque dans les sciences sociales ? De nombreux travaux ont utilisé la « position » de l'innovation – au sens que la tactique militaire donne à ce terme- pour critiquer les théories établies dans les disciplines. Ainsi l'économie de l'innovation critique l'équilibre général ; la sociologie de l'innovation critique les théories classiques du lien social (pour une étude détaillée voir l'annexe bibliographique de Le Masson, Weil et Hatchuel 2006). Mais paradoxalement ces travaux décrivent assez peu comment gérer la dimension économique ou la dimension sociologique dans les processus d'innovation.

En gestion, l'innovation est éclatée en plusieurs sous-champs, en marketing (le marketing des produits nouveaux), en RH (la gestion de l'expertise) ou en recherche opérationnelle (la planification des projets). Seules quelques communautés (International Product Development Management Conference, R&D Management, etc.) poursuivent des travaux plus intégrés sur le développement de nouveaux produits (New Product Development, NPD). Ils approfondissent (ou critiquent) les méthodes comme l'analyse fonctionnelle et le Quality Function Deployment, les projets de développements de produits, les processus dits stage-gate ou les cycles en V, l'organisation matricielle projets / métiers. Avec les organisations agiles, la capitalisation des connaissances, les capacités d'absorption et les alliances, ils les adaptent pour mieux être à l'écoute du client, pour utiliser de façon optimale les compétences techniques et les expertises ou pour mobiliser les réseaux de fournisseurs et de laboratoires de R&D externes. Mais ces méthodes et ces approches, même si elles permettent une accélération des processus, une meilleure adaptabilité, et une plus grande variété, relèvent toutes de la conception réglée – proche de la résolution de problèmes et de l'optimisation.

Or les nouveaux enjeux d'innovation changent les missions de la conception (Le Masson, Weil et Hatchuel 2006) : comme le soulignent les travaux sur l'innovation de percée (breakthrough), disruptive ou discontinue, il s'agit d'explorer des champs d'innovation sans recommandations clients, de créer du savoir et non pas seulement d'utiliser le savoir disponible, parfois de briser intentionnellement les règles de conception si précieusement capitalisées pour explorer des nouveaux territoires « hors de la boîte », de créer de nouveaux écosystèmes et non plus seulement trouver sa place dans les chaînes de valeur installées. Et, plus fondamentalement, du point de vue du raisonnement, il ne s'agit plus de « bien décider », d'optimiser sous contrainte ou de résoudre des problèmes. Il faut inventer des alternatives, créer du savoir, créer tout simplement. Cette « conception innovante » impose tout à coup de rediscuter les paradigmes utilisés souvent implicitement pour décrire l'activité d'innovation. Elle révèle les limites des modèles d'emprunt mobilisés jusqu'à présent : et si on se trompait en assimilant la conception à de la résolution de problème, comme avait prétendu le faire le prix Nobel Herbert Simon ? Et si la conception relevait d'une forme de raisonnement spécifique ? (Hatchuel 2002) ; et plus encore : si le raisonnement est spécifique, alors c'est toute l'action collective associée à l'innovation qu'il serait possible de refonder sur des bases plus universelles. Un enjeu majeur pour la gestion de l'innovation et pour les fondations des sciences de gestion. A la fin des années 1990, avec la question de l'innovation, du raisonnement créatif et de la conception, c'est en fait le paradigme décisionnel qui se fissure.

1.3. La théorie de la conception en engineering design : un champ fragmenté

Dans les sciences de l'ingénieur, en engineering design, dans les années 90, le mouvement pour s'extraire du paradigme décisionnel est déjà bien avancé : il apparaît de plus en plus clairement que la conception intègre de nombreux raisonnements connus (décision, optimisation, modélisation, production de connaissances, évaluation, idéation, etc.) mais qu'elle ne peut se réduire à aucun d'entre eux (il y a de la décision en conception mais la conception est plus que de la décision) ni même à la réunion de tous ces raisonnements. Etudier la conception c'est aller au-delà des modèles classiques qui accompagnent certaines des activités constitutives de la conception (théorie de la décision, raisonnement hypothético-déductif, modèles prescriptifs, etc.). Mais aussi prometteur soit-il, le champ reste d'un abord difficile (Le Masson, Dorst et Subrahmanian 2013) :

1- Il n'y a pas d'unité de la théorie de la conception : il y a de nombreux modèles, dont certains remontent à l'architecture antique (Vitruve, 1er siècle avant JC). Dans les années 1960 la théorie de la conception systématique a représenté un important effort pour systématiser le raisonnement et le rendre indépendant des objets à concevoir. Dans les 1980s puis 1990s de

nouvelles théories ont été élaborées : la théorie des systèmes techniques (Hubka et Eder 1988), Function-Behavior-Structure (Gero 1990; Dorst et Vermaas 2005), General Design Theory (Yoshikawa 1981; Reich 1995), Axiomatic Design (Suh 1990), Coupled Design Process (Braha et Reich 2003), Infused Design (Shai et Reich 2004) ou la théorie C-K (Hatchuel et Weil 2009). Mais ces théories sont-elles complémentaires ou contradictoires ? Y a-t-il des racines communes ?

2- La spécificité de la théorie de la conception est menacée par de fréquents changements de paradigmes. Dans les années 1960-70, c'est le paradigme décisionnel qui domine en engineering design. Dans les années 1970-1980, le paradigme scientifique modélisateur (Cross 1984) et les modèles issus de l'Intelligence Artificiel (IA) et, plus généralement, d'approches computationnelles. La CAO et la théorie des systèmes devaient être alors le cœur de la théorie de la conception. Dans les années 1990-2000, la cognition située, les théories de la communication et les modèles multi-agents sont les nouvelles racines potentielles pour une théorie de la conception. La force de la théorie de la conception se reconnaît à sa capacité à apprendre et s'enrichir de ces approches. Mais à la condition de proposer des modèles théoriques intégrés qui dépassent chacun des paradigmes et offrent un corpus rigoureux, autonome et porteur de sens intégrant les spécificités de la conception.

3- Les professions de la conception sont fragmentées, malgré les efforts de sociétés savantes comme la Design Research Society : les figures contrastées de l'ingénieur, de l'architecte et du designer utilisent des journaux différents, s'appuient sur des épistémologies différentes et se rattachent à des disciplines variées (McMahon 2012). Comment peuvent-elles dialoguer ?

4- la recherche empirique a permis d'enrichir les connaissances sur la phénoménologie de la conception, comme l'ont montré (Heymann 2005) ou (Ehrlenspiel 1995) ; mais à la fin des années 1990 il apparaît de plus en plus nécessaire de fournir des modèles formels aboutissant à des hypothèses testables et des protocoles expérimentaux ou des études de cas adaptés (McDonnell et Lloyd 2009).

Dans ce contexte fragmenté, il y avait un enjeu majeur à proposer une théorie nouvelle capable de relier entre elles les théories existantes, de dépasser les paradigmes qui effacent les spécificités de la conception, de faire dialoguer entre elles les professions et de fournir les bases théoriques pour des travaux expérimentaux.

La théorie C-K s'inscrit dans ce triple contexte : contexte industriel d'une nouvelle forme d'innovation – innovation dans l'identité des objets- ; contexte disciplinaire où la conception pouvait permettre de renouveler et approfondir les bases théoriques de la gestion de

l'innovation ; contexte de l'engineering design où la théorie de la conception constituait un champ fragmenté mais potentiellement fécond.

2. La percée théorique : principaux apports de la théorie C-K

En 1996, enseignant les théories de la conception aux étudiants de l'option Ingénierie de la Conception qu'il venait de créer avec Benoit Weil, Armand Hatchuel a proposé une première formulation de ce qui s'appelait alors la théorie unifiée de la conception et qui allait devenir la théorie C-K. A l'époque, la théorie apparaît comme une généralisation des algorithmes de séparation-évaluation progressive (SEP) de recherche opérationnelle : l'algorithme SEP permet de construire progressivement une solution optimale dans un ensemble de solutions connues mais non énumérables dans un temps limité, en utilisant des principes de séparation et d'évaluation pré-établis, partitionnant ainsi l'ensemble initial en sous-ensembles plus petits et en explorant ceux dont l'évaluation est la plus favorable ; la généralisation consiste à dire que l'ensemble initial n'est plus connu mais qu'il est possible de construire une solution en mobilisant des critères eux-mêmes progressivement découverts, pour partitionner l'ensemble encore inconnu en ajoutant des attributs spécifiques et en fabriquant donc des sous-ensembles un peu mieux connus. L'algorithme SEP converge vers la solution optimale ; la conception se poursuit jusqu'à ce que la série des attributs soit suffisamment détaillée pour qu'un concepteur considère que c'est une solution « connue ».

Dans les années qui vont suivre Armand Hatchuel et Benoit Weil, puis progressivement toute une équipe, vont s'efforcer de préciser la nature des entités et des opérations à la base de la théorie C-K. Les premières publications en français apparaissent en 1999 (Hatchuel et Weil 1999) ; en 2002, lors du colloque en l'honneur d'Herbert Simon, le papier sur la théorie C-K marque l'assistance (Hatchuel et Weil 2002) ; la présentation lors de la conférence ICED de 2003 (Hatchuel et Weil 2003) est un événement : le papier, qui doit être présenté dans une modeste session parallèle, est annoncé par le VP de Saab Aerospace, Billy Fredrikson, qui, dans sa conférence en séance plénière, fait l'histoire des innovations de Saab Aerospace, en utilisant ce tout nouveau formalisme, qu'il a découvert grâce à un partenariat de recherche avec l'Ecole des Mines ! Depuis lors de nombreux chercheurs renommés, travaillant sur les fondements de la théorie C-K, ont souligné le caractère unique et original de certains aspects de la théorie C-K pour décrire les raisonnements créatifs et les processus de conception (qu'il s'agisse d'engineering design ou d'industrial design) (voir par exemple (Sharif Ullah, Mamunur Rashid et Tamaki 2011 ; Beck et Stolterman 2015). Ce sont ces aspects que nous allons maintenant décrire.

2.1. Les idées fortes de la théorie C-K

Première notion critique : la notion de concept, le C de la théorie C-K. La nature du « point de départ » de la conception – brief, cahier des charges, etc…- restait jusqu'alors mal définie. Parler de « description » de l'artefact futur ou de « solution » à un problème conduisait à des apories (qu'est ce que décrire un artefact qui n'existe pas encore ? comment parler de solution si, comme c'est souvent le cas en conception, il n'y a pas de problème bien posé ?). Dans la théorie C-K, un « point de départ » de conception est une proposition qui est interprétable grâce aux connaissances disponibles mais qui, pourtant, est indécidable avec les connaissances disponibles (ex : une chaise post moderne, des produits de grande consommation sans packaging,…). C'est un concept au sens de la théorie C-K. Les « visions », les propositions folles des designers, des architectes ou des artistes, certaines conjectures des scientifiques, toutes les propositions dont la caractéristique essentielle est précisément d'être partiellement inconnues (mais désirables), ont un statut spécifique dans la théorie C-K, qui les distingue clairement des connaissances (knowledge, le K de la théorie C-K).

Second élément critique : le rapport à la connaissance dans la théorie C-K. S'inscrivant dans la tendance générale des théories de la conception depuis des décennies, la théorie C-K se veut indépendante des objets à concevoir et des types de connaissances mobilisés pour les concevoir. La théorie C-K refuse toute hypothèse restrictive sur la structure des connaissances. Une connaissance est simplement une proposition ayant un statut logique – la nature de la logique étant elle-même libre (utiliser la logique de premier ordre (Hendriks et Kazakçi 2010) ou la logique floue donnera simplement naissance à des modèles particuliers dérivés de la théorie C-K). La connaissance peut être tacite ou explicite, scientifique ou faite de croyances, il s'agira toujours de propositions vraies (ou fausses), qui pourront être utilisées pour travailler sur les concepts. La théorie y gagne en universalité et pourra ainsi servir dans les contextes de connaissances les plus variés – expériences de psychologie, connaissances mathématiques, connaissances des ingénieurs, des designers, des scientifiques, des artistes, des usagers… Ce « degré de liberté » ouvre aussi la voie à l'étude des modèles spécifiques liés à des structures de connaissances particulières (Kazakçi, Hatchuel et Weil 2008).

Troisième notion critique : les opérateurs. La théorie C-K, après avoir distingué les deux espaces, C et K, décrit les interactions entre eux. Quatre opérateurs apparaissent : de K dans K, de K dans C, de C dans K et de C dans C. Les raisonnements classiques -optimisation, déduction, inférence, modélisation, etc- sont en fait des opérations de K dans K. La théorie C-

K montre qu'en conception, il faut ajouter les opérateurs qui relient l'inconnu et le connu : de K vers C il s'agit d'aller du connu vers l'inconnu, de repérer les trous et les indécidables dans le savoir ; de C vers K, il s'agit d'aller de l'inconnu vers le connu –prototyper des concepts, créer du savoir nouveau pour faire exister des rêves. Et puis un quatrième opérateur, un peu curieux : celui qui va de C dans C, qui travaille donc uniquement sur l'inconnu et dont on va reparler un peu plus loin. Ces quatre opérateurs révèlent la sophistication et la rigueur du raisonnement créatif, qui « contient » les raisonnements scientifiques classiques sans pourtant s'y limiter.

Quatrième notion critique : la double expansion. Alors que les théories de la décision ou de l'optimisation cherchaient des solutions optimales au sein d'un espace donné, la théorie C-K permet de penser le renouvellement et la régénération des données initiales des situations de conception. Une expansion double car la conception conduit aussi bien à la création de connaissances nouvelles qu'à la création de concepts nouveaux. En particulier la théorie C-K permet de rendre compte de ce qui est souvent considéré comme le cœur de la création : l'émergence d'identités nouvelles. Armand Hatchuel et Benoit Weil montrent que lors du processus de conception d'un concept C relatif à un objet spécifique (e.g. « une chaise moins chère et plus légère ») certains attributs, issus de l'espace K, peuvent être ajoutés au concept, de telle sorte que l'objet en C se trouve doté de propriétés dont il n'est pas doté dans l'espace K. Ainsi en K « toutes les chaises connues ont des pieds » mais il est possible d'écrire en C le concept « une chaise moins chère et plus légère – sans pieds ». La théorie C-K permet donc d'aborder en toute rigueur les processus de révision de l'identité des objets –une propriété très puissante pour l'étude des processus d'innovation contemporains.

Cinquième notion critique : la structure de l'espace C. La structure de l'espace C est en fait une propriété qui se déduit des définitions de base de la théorie C-K (espace C, K et opérateurs). On démontre ainsi très facilement que la structure de l'espace C est nécessairement arborescente. C'est un résultat contre-intuitif : l'espace C étant celui des « idées », des rêves, des visions et des chimères, il semblait plutôt voué au désordre et à l'anarchie ! La théorie C-K révèle ainsi la structure de l'inconnu. Ce n'est finalement pas si surprenant : l'espace C étant celui de l'inconnu, la raréfaction des attributs disponibles permet d'envisager des structures. Cette structure de C rend tout à coup possible une rigueur dans l'exploration de l'inconnu : si les « idées » semblent parfois fragmentées (par exemple les dizaines d'idées issues d'un brainstorming), c'est que leur organisation et leur structure doivent être clarifiées ; c'est précisément le rôle de l'opérateur de C dans C de vérifier la structure et la cohérence des concepts dans l'espace C.

Ces notions clés (synthétisée dans la figure ci-dessous) sont finalement autant de concepts expansifs pour l'étude des raisonnements créatifs. Elles vont avoir un impact décisif sur plusieurs questions spécifiques de la gestion de l'innovation et de l'engineering design, impact que nous étudierons dans la partie III. Mais l'étude de la percée théorique ne serait pas complète si on n'évoquait pas ici les travaux les plus récents qui, à partir de la théorie C-K, ont permis d'explorer les fondements formels de la conception.

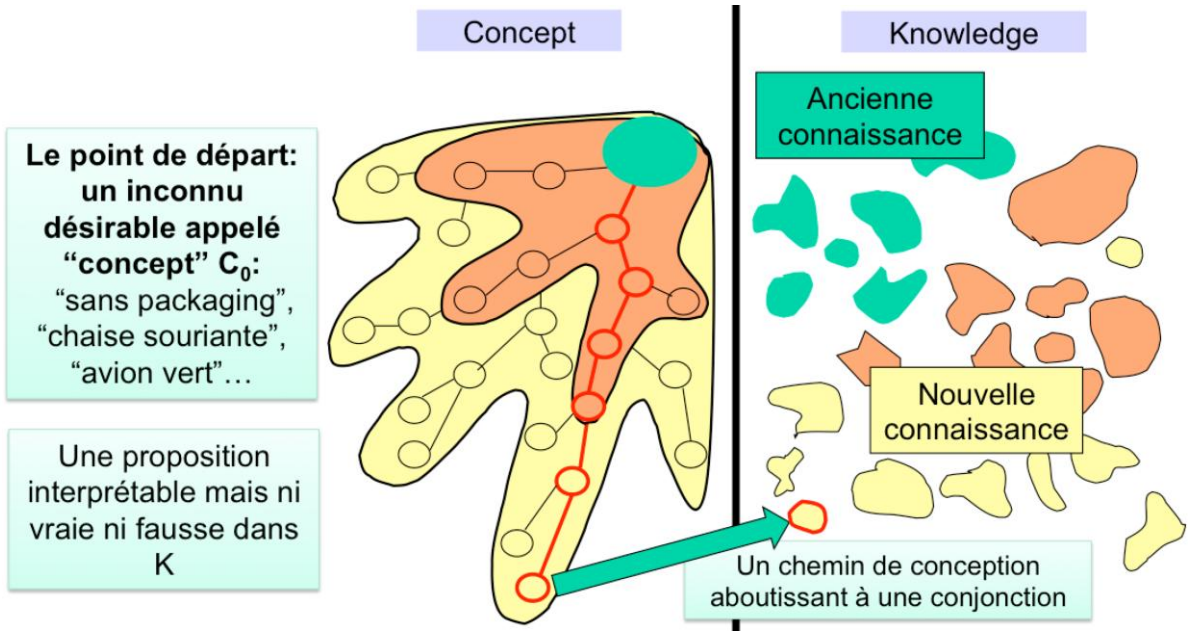

Figure 1 : schéma de synthèse présentant les notions principales de la théorie C-K

2.2. Les espaces qui s'ouvrent : approfondir les fondements formels de la théorie de la conception

Armand Hatchuel et Benoit Weil perçoivent rapidement que la théorie C-K ouvre de nouveaux espaces pour l'étude de la théorie de la conception.

Premier espace : vers une écologie des théories de la conception – notion de générativité

La structure et la logique de la théorie C-K permettent d'éclairer les autres théories de la conception. Des comparaisons entre théories (voir par exemple la comparaison entre C-K et Coupled Design Process dans (Hatchuel et Weil 2009) ; C-K et TRIZ dans (Reich et al. 2010) ; C-K et Infused Design dans (Shai et al. 2013)) vont progressivement dégager leurs spécificités. Il apparaît que les théories constituent une « écologie » dans laquelle les propositions valent pour leur plus ou moins grande générativité et leur plus ou moins grande robustesse. Les formalismes peuvent ainsi être comparés, aussi bien dans une perspective historique (Le Masson et Weil 2010a ; 2013) qu'en fonction des modèles formels sur lesquels

elles reposent (Hatchuel et al. 2011). La théorie de la conception apparaît ainsi comme la progressive conquête d'une générativité toujours plus grande.

Deuxième espace : vers une ontologie de la conception.

L'étude des fondements formels de la théorie de la conception pousse Armand Hatchuel à étudier certains aspects de la théorie des ensembles en mathématiques. En effet Armand Hatchuel avait noté très vite qu'un concept peut être modélisé comme un ensemble, qu'il respecterait alors les axiomes de base de la théorie des ensembles mais qu'il ne serait pas possible de lui appliquer l'axiome du choix (car si l'on peut exhiber un élément « choisi » dans l'ensemble, alors la conception est achevée). De ces explorations Armand Hatchuel revient avec une théorie de la conception des objets mathématiques (Hatchuel 2008) : la théorie du forcing de Paul Cohen, médaille Fields 1963. La comparaison entre forcing et théorie C-K permet de révéler certaines propriétés partagées par les théories de la conception, dessinant ainsi les bases d'une ontologie de la conception (Hatchuel, Weil et Le Masson 2013). Le travail permet de souligner l'importance des notions d'indécidabilité et d'indépendance, la logique de réorganisation de la base de connaissances une fois de nouvelles entités apparues et la distinction entre des entités susceptibles d'évolution en cours de processus et des entités invariantes au cours du processus. Ces notions permettent de saisir, dans une ontologie de la conception, l'équilibre dynamique entre les processus de révision de l'identité et les logiques de préservation du sens.

Troisième espace : raisonnement de conception et autres raisonnements classiques – notion de fonction générative

La théorie C-K et les autres théories formelles de la conception constituent une base théorique solide pour venir dialoguer avec d'autres modèles de raisonnement, et notamment le raisonnement d'optimisation et celui de modélisation. Se joue ici la relation entre le raisonnement de conception et le raisonnement scientifique. La conception est-elle de la science appliquée ? En quoi doit-elle être distinguée du raisonnement scientifique ? Ces questions complexes trouvent une réponse formelle grâce aux avancées des théories de la conception. Armand Hatchuel et Benoit Weil (avec d'autres co-auteurs) montrent ainsi (Hatchuel et al. 2013) que les raisonnements de modélisation et d'optimisation comportent aussi des aspects de conception ; qu'inversement la conception peut se ramener à de la modélisation et à de l'optimisation dans certaines conditions ; et surtout, plus généralement, que ces trois raisonnements (conception, optimisation, modélisation) sont finalement trois formes particulières de fonctions génératives, i.e de fonctions qui, à partir d'éléments connus, génèrent des objets et des connaissances qui sont certes partiellement déterminés par les

entités initiales mais qui ne sont pas la simple « conséquence » ou la simple « combinaison » d'entités dans une algèbre initiale. La science modélisatrice s'intéressera aux inconnus observables (les objets « X » de la science : les rayons X, les planètes X, etc.) ; la conception aux inconnus désirables.

La théorie C-K constitue donc une percée théorique majeure pour la compréhension des raisonnements créatifs. Indépendante des objets, expliquant la formation des nouvelles identités, intégrant la question de la perception et de la préservation du sens, cohérente avec les avancées les plus récentes en logique et en théorie des ensembles, la théorie C-K apparaît comme la rationalité générique de l'inconnu.
Cette percée va avoir un impact dans les disciplines s'intéressant aux questions d'innovation, un impact dont on mesure l'ampleur aujourd'hui, un peu plus de dix ans après la première publication des travaux en engineering design.

3. Impacts de la théorie C-K

On insiste ici plus spécifiquement sur l'impact en gestion de l'innovation. Plusieurs papiers font aujourd'hui des recensions plus complètes concernant l'impact de la théorie C-K – voir notamment (Benguigui 2012) étudiant dix ans de théorie C-K en gestion, voir (Agogué et Kazakçi 2014) pour une étude bibliométrique, voir (Hatchuel et al. 2015) pour les applications industrielles.

3.1. La théorie C-K, un nouveau langage pour décrire et analyser les activités de conception innovante

La théorie C-K offre aux chercheurs et aux praticiens un cadre pour décrire, analyser et évaluer les processus de conception innovante. Dans un papier retraçant l'influence de la théorie C-K sur la recherche en gestion, Benguigui (Benguigui 2012) note que la théorie C-K est un cadre théorique puissant pour l'étude des phases amont d'innovation, pour l'interprétation des difficultés d'intercompréhension en situation d'innovation et plus généralement d'inconnu (voir notamment l'analyse des quiproquo en gestion de risque) ou pour l'analyse historique des processus d'invention. Dans de nombreux travaux la théorie C-K va ainsi être mobilisée comme un outil analytique pour contrôler et guider la recherche empirique. Donnons ici deux exemples :
1- l'évaluation des projets innovants : la théorie C-K permet d'analyser rigoureusement tous les outputs d'un projet de conception ; en particulier il est évident en théorie C-K que l'artefact final (le produit) n'est qu'un des outputs et qu'il faut aussi analyser toutes les

expansions, i.e la connaissance produite et les nouveaux concepts, des expansions qui n'ont pas toujours de lien avec des produits conçus mais qui sont autant de ressources pour des conceptions futures. Ce type d'évaluation a permis de transformer très profondément l'évaluation des projets innovants (Elmquist et Le Masson 2009; Hooge 2010; Hooge et Hatchuel 2008 ; Gardey de Soos 2007; Le Masson et Gardey de Soos 2007; Le Masson, Weil et Hatchuel 2010)

2- l'évaluation d'un portefeuille de projets et son positionnement : la théorie de la décision permettait de dire si un manager « décidait » bien ; en situation d'innovation, comment savoir si des équipes ont les « bonnes » idées ? Comment savoir si un ensemble d'idées et de projets innovants « couvre » bien l'ensemble des alternatives pensables sur un sujet innovant donné ? La théorie C-K permet d'éviter des mesures trop approximatives ou trop subjectives comme la quantité d'idées, leur variété ou leur originalité évaluée par des « experts » : la théorie C-K permet de constituer un référentiel et de positionner l'ensemble des idées formulées sur un champ d'innovation dans ce référentiel. La méthode permet aussi bien de diagnostiquer des fixations puissantes et donc des situations d'innovation orpheline (Agogué 2013; Agogué, Le Masson et Robinson 2012) (prix de thèse AIMS 2013), que de repérer des organisations ayant la capacité remarquable d'organiser des explorations équilibrées dans toutes les directions pensables à un instant donné (Le Masson et al. 2012b ; Le Masson et al. 2012a).

3.2. La théorie C-K, un cadre pour analyser « l'inconnu », variable de contingence critique pour les outils et les organisations de l'innovation

La théorie C-K permet d'analyser les méthodes et les processus existants, en révélant et en clarifiant certaines hypothèses implicites concernant le niveau d'inconnu auquel ces méthodes sont adaptées : hypothèses sur la connaissance disponible, sur les capacités des utilisateurs, sur la puissance générative qui peut être attendue d'une méthode ou d'un processus. En fonctionnant comme un analyseur de l'inconnu, la théorie C-K permet d'intégrer cet « inconnu » comme une nouvelle variable de contingence dans les études sur l'innovation. Donnons quelques exemples :

- étude de méthodes de créativité comme TRIZ : C-K a été utilisé pour analyser une variante de TRIZ, la méthode ASIT, et a conduit à mettre en évidence l'hypothèse critique de « monde clos ». La théorie montre ainsi qu'ASIT est une forme particulière de créativité consistant à être créatif tout en « restant dans la boîte » (Reich et al. 2010).
- étude de méthodes de prototypage et d'évaluation pour les phases amont d'exploration technologique : C-K a été utilisé pour étudier la méthode de Parameter Analysis et a permis

de montrer que cette méthode était en fait une extension des algorithmes de Séparation-Evaluation-Progressive (SEP) aux situations d'exploration (Kroll 2013; Kroll, Le Masson et Weil 2014).

- étude des processus de conception dans les organisations de type R&D : C-K a été utilisé pour étudier l'émergence historique des organisations de type R&D, reposant sur des méthodes et des processus de type « conception systématique » (un type particulier de conception réglée). Cela a permis de mettre en évidence un effort pour structurer des langages de l'inconnu originaux (langage fonctionnel, langage conceptuel, langage architectural), venant compléter les langages du connu traditionnel (les langages de modélisation et d'optimisation des objets connus tels que les enseigne l'approche scientifique classique) et permettant une forme de générativité contrôlée et économiquement très performante (Le Masson et Weil 2013 ; 2010a).
- Lenfle a utilisé la théorie C-K pour analyser les méthodes et les processus utilisés dans les projets d'innovation de rupture. Il a ainsi montré que ces méthodes étaient très différentes des techniques de gestion de projet classique (PERT, stage-gate, cycle en V,…) et a montré en quoi elles étaient adaptées à des formes extrêmes d'inconnu (Lenfle 2012).
- Une étude internationale sur les intermédiaires de l'open innovation, mobilisant la théorie C-K, a permis de dégager les traits spécifiques des intermédiaires en situation d'inconnu important (Agogué et al. 2013).
- La théorie C-K a aussi permis de mettre en évidence des caractéristiques critiques des outils numériques des designers créatifs. Alors qu'il est généralement admis que dans les projets innovants il y a un compromis entre originalité et faisabilité, Arrighi a montré que certains logiciels aident les designers à explorer dans une logique de contrainte générative, ce qui conduit à augmenter simultanément la robustesse des solutions et leur originalité (Arrighi, Le Masson et Weil 2014).

3.3. La théorie C-K, un cadre conceptuel pour inventer de nouvelles formes d'action collective pour la conception innovante.

Outre la perspective analytique, la théorie C-K a aussi été utilisée dans une perspective plus normative, pour penser de nouvelles formes et de nouvelles méthodes d'action collective pour l'innovation. Là encore il n'est pas possible de décrire exhaustivement toutes les formes d'action collectives que la théorie a contribué à développer. Nous mentionnerons quatre familles : les méthodes et processus pour gérer les processus de conception, les organisations

de la conception innovante dans les entreprises, la gouvernance des entreprises innovantes et les organisations pour supporter la conception innovante dans les écosystèmes.

1- Méthodes et processus de conception innovante : KCP, C-K invent, C-K expert,…

La méthode KCP[3] a été développée à partir de la théorie C-K pour supporter les processus créatifs impliquant de nombreux participants (experts, usagers, clients, fournisseurs, laboratoires de recherche, etc.). La théorie C-K a permis d'analyser les causes du productivity gap (le caractère collectif a tendance à diminuer le nombre des idées produites et leur originalité, un phénomène connu depuis longtemps en psychologie) des méthodes de créativité collective traditionnelles (limites du brainstorming notamment) (Hatchuel, Le Masson et Weil 2009), et de proposer et d'expérimenter un processus pour surmonter ces limites – le processus KCP. Ce processus a conduit à de nombreux succès industriels : plusieurs dizaines de KCP réalisés dans de très nombreuses entreprises internationales, rendant possible des stratégies de conception innovantes ambitieuses et soutenables. Comme l'ont montré plusieurs recherches conduites sur les processus KCP (voir par exemple : (Arnoux 2013 ; Elmquist et Segrestin 2009), l'un des traits les plus surprenants de cette méthode est que rigueur, rationalité et contrôle ne limitent pas mais au contraire augmentent drastiquement l'horizon et la valeur de la créativité des participants.

La théorie C-K a aussi permis de développer des méthodes de conception de portefeuilles de brevets pour l'innovation radicale (Felk 2011; Felk et al. 2011 ; Kokshagina et al. 2014) ou des méthodes pour impliquer les experts dans l'innovation de rupture (méthode C-K expert).

2- Les nouvelles organisations de la conception innovante – de la R&D à la RID.

Dans une perspective organisationnelle, la théorie C-K a permis de montrer que la conception innovante est une forme d'action spécifique, différente du NPD (New Product Development) et de la recherche : alors que la recherche (R) peut être caractérisée comme un processus contrôlé de production de connaissances et le développement (D) comme un processus maximisant la réutilisation de la connaissance pour concevoir des produits sur un cahier des charges donné, la théorie C-K montre qu'il peut exister des formes d'activité qui ne sont ni de la recherche ni du développement, qui consistent par exemple à briser et régénérer certaines règles de conception, à changer intentionnellement l'identité des objets, et qui, néanmoins, ont des besoins en management particulier. L'entreprise peut donc organiser des processus de type I (pour conception innovante), qui viennent s'articuler à R et à D, relèvent d'un raisonnement de double expansion (exploration rigoureuse de l'espace des concepts, en lien

[3] K pour Knowledge, C pour Concept, P pour Projets.

avec une expansion en connaissance) et peuvent faire l'objet d'un langage managérial : grâce à la théorie C-K, il est possible de définir une mission, un rôle, un horizon temporel, des ressources et des critères de performance pour un département d'innovation ou un directeur d'innovation. La théorie C-K a donc permis de distinguer la fonction I de R et de D et d'annoncer, dès les années 1990, l'émergence prochaine d'une nouvelle fonction dans la grande entreprise. Une prédiction très largement réalisée quelques années plus tard (Hatchuel, Le Masson et Weil 2006; Le Masson, Weil et Hatchuel 2010).

3- Gouvernance de l'entreprise innovante.

La compréhension des logiques génératives – potentiel d'expansion et conditions- a conduit aussi à des résultats majeurs dans l'étude de la gouvernance de l'entreprise innovante. Blanche Segrestin et Armand Hatchuel ont ainsi montré que la logique générative avait été au cœur de l'invention de la grande entreprise (au 19ème siècle) et qu'il importait d'en saisir les évolutions contemporaines pour refonder l'entreprise au 21ème siècle (Segrestin et Hatchuel 2012). Cette lignée de travaux rencontre un succès considérable et mobilise aujourd'hui de très nombreux chercheurs dans les disciplines les plus variées (voir notamment (Segrestin, Roger et Vernac 2014).

4- Collèges et architectes de l'inconnu

L'analyse des dynamiques industrielles innovantes a souvent reposé sur l'idée que l'émergence de règles collectives renforçait des formes de « path dependency » et provoquaient des effets de « lock-in ». La théorie C-K permet de montrer que certaines règles peuvent être « unlocking », ces règles « déverrouillent et permettent d'organiser des processus de « path creation ». Ces règles sont associées à des formes particulières d'organisation inter-entreprises, qu'Armand Hatchuel et Benoit Weil (avec co-auteurs) ont appelé des collèges de l'inconnu, i.e des formes de collaborations au niveau d'un écosystème d'innovation, dans lesquelles les concepteurs ne partagent pas la connaissance mais partagent des concepts, les inconnus de leur champ d'innovation (Le Masson et Weil 2014; Le Masson et al. 2012b) et sont capables de gérer des anticipations génératives.

3.4. La théorie C-K, un impact transdisciplinaire, sur les métiers et les disciplines académiques

Plus généralement, la théorie C-K a eu un impact bien au-delà du champ de la gestion de l'innovation. Il faudrait décrire ici l'impact sur les professionnels : la théorie C-K est aujourd'hui enseignée dans de nombreux pays (France, Suède, Royaume Unis, Israël, Etats-Unis, Tunisie, Maroc, Turquie, etc.), à des concepteurs variés : ingénieurs, designers,

chercheurs universitaires, entrepreneurs, élèves de business schools,… Des concepteurs dont il avait pourtant été parfois dit qu'ils ne pouvaient pas partager les mêmes méthodes. L'impact de ce type de formation a été étudié par les chercheurs (Hatchuel, Le Masson et Weil 2008; Dym et al. 2005; Hatchuel, Le Masson et Weil 2011) et des expériences récentes conduites en sciences cognitives ont permis de montrer que ces formations augmentent significativement la capacité des étudiants à résister aux fixations et donc à transformer l'identité des objets (Agogué et Cassotti 2012).

Au-delà de l'impact sur les professionnels, c'est l'impact transdisciplinaire qu'il faudrait pouvoir décrire en détail. Des études bibliométriques conduites fin 2012 ont permis de repérer les disciplines dans lesquelles ont été publiés des travaux mobilisant la théorie C-K (voir figure ci-dessous). L'impact de la théorie C-K se voit donc dans plusieurs champs académiques, tels que la recherche en data mining et gestion des connaissances (Ondrus et Pigneur 2009 ; Poelmans et al. 2009), en psychologie (Imholz et Goldman 2013; Imholz et Sachter 2014), en cognition (Agogué et al. 2014a; Agogué et al. 2014b), en écologie (Berthet, Bretagnolle et Segrestin 2011), en philosophie (Schmid 2012; Schmid et Hatchuel 2011, 2014) ou en économie (Nakhla et Collasse 2011).

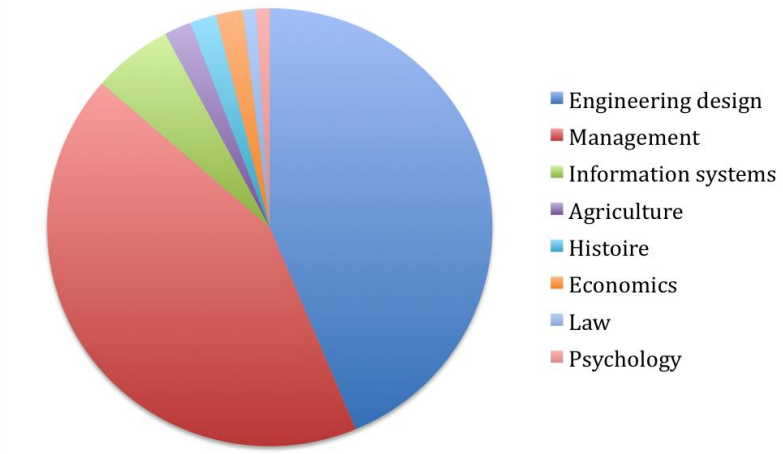

Figure 1: Répartition par disciplines des publications utilisant la théorie C-K (à la fin 2012)

4. Conclusion : limites et perspectives

En conclusion, il est temps de faire partager au lecteur un des soucis des auteurs en écrivant ce chapitre : comment raconter la conception d'une théorie, quand cette théorie est précisément une théorie de la conception ? Il n'aura pas échappé au lecteur un peu familier de la théorie C-K que les auteurs, prenant le risque de l'anachronisme, ont finalement présenté ces travaux en suivant le formalisme C-K – la première partie a présenté la base K des

concepteurs : leurs connaissances du contexte industriel, des sciences sociales face à l'innovation et des modèles développés en engineering design ; la seconde partie a insisté sur les partitions expansives qui ont fait la valeur de la théorie C-K ; et la troisième partie a donné un aperçu des processus de K-reordering en cours suite à l'émergence de la théorie.

Cette mise en abyme n'est pas seulement une clé de lecture tardive (une clé de re-lecture !). Rappelons que la théorie C-K nous apprend que la conception n'est jamais finie, que le processus de double expansion peut se poursuivre, que tout modèle formel peut être la source de processus génératifs « combinant » les éléments du modèle pour mieux en sortir. Ce sont ces nouveaux espaces que s'efforcent d'explorer les programmes actuels sur la théorie de la conception, à l'Ecole des Mines, dans le réseau de la chaire TMCI et dans de nombreux laboratoires à travers le monde. Car c'est là une des limites mais aussi une des vertus de la théorie C-K : elle ouvre autant de questions qu'elle en résout. Ainsi, du point de vue des approches formelles, il existe aujourd'hui quatre grands axes de critiques et d'extensions :

1- Théorie générale, la théorie C-K invite aujourd'hui à aborder les *formes spécifiques du raisonnement selon les structures de connaissances* – comment la créativité dépend-elle de ces structures ? Et comment la créativité peut-elle porter sur ces structures elles-mêmes ? Ces questions amènent aujourd'hui à proposer de nouvelles analyses des processus de création artistiques (Le Masson, Hatchuel et Weil 2013) ou de nouvelles analyses des dynamiques des systèmes techniques (Le Masson, Weil et Kokshagina 2015).

2- Théorie du raisonnement, la théorie C-K invite à *intégrer les logiques d'acteurs ou les logiques économiques au sein du formalisme*. Malgré des contributions significatives (Gillier et al. 2010), le « problème des deux concepteurs », autrement dit la modélisation de l'interaction de deux C-K, reste ouvert.

3- Théorie formelle, la théorie C-K devrait permettre *d'intégrer des modèles cognitifs*. Les premières expérimentations laissent entrevoir une phénoménologie riche, complexe et parfois surprenante.

4- Théorie faite d'entités et d'opérateurs, la théorie C-K pourrait aussi être dotée de « masse » ou « d'énergie », permettant des calculs de coûts, de valeurs, de risques,… et donc des *modèles formels des stratégies,* que ce soit des stratégies de breakthrough ou des stratégies incrémentales. Bien des travaux ont déjà nourri cette perspective mais les modèles généraux sont encore en élaboration.

Du point de vue de la gestion de l'innovation, la théorie C-K d'Armand Hatchuel et Benoit Weil apparaît aujourd'hui comme un des principaux cadres formels pour aborder les logiques profondes des processus génératifs. Alors que depuis plusieurs années le paradigme

décisionnel appliqué à la gestion de l'innovation conduit à des apories et des paradoxes et montre ses limites, le paradigme conceptif permet de penser et d'inventer les formes d'action collective capables de renouveler les savoirs, les imaginaires et les raisons même d'agir ensemble. Les théories et notamment la théorie C-K ont contribué à fonder ce nouveau paradigme dont les nombreuses applications et les conséquences théoriques témoignent de la fécondité intellectuelle. Mais nous ne sommes encore sans doute qu'aux marches de ces nouveaux territoires intellectuels qui s'ouvrent aujourd'hui aux spécialistes d'innovation.

Travaux cites des auteurs

Agogué M, Kazakçi A, Hatchuel A, Le Masson P, Weil B, Poirel N, Cassotti M (2014a) The impact of type of examples on originality: Explaining fixation and stimulation effects. *Journal of Creative Behavior* 48 (1):1-12.

Arrighi P-A, Le Masson P, Weil B (2014) Addressing constraints creatively: how new design software helps solve the dilemma of originality and feasibility". *Creativity and Innovation Management* Published on line Oct 2014.

Felk Y, Le Masson P, Weil B, Hatchuel A (2011) Designing patent portfolio for disruptive innovation - a new methodology based on C-K theory. In: *International Conference on Engineering Design, ICED'11*, Copenhagen, Technical University of Denmark, 2011. p 12

Hatchuel A (1996) Comment penser l'action collective ? Théorie des mythes rationnels. In: Damien R, Tosel A (eds). AGON. Les annales littéraires de Besançon, Besançon,

Hatchuel A (2001) Quel horizon pour les sciences de gestion ? Vers une théorie de l'action collective. In: David A, Hatchuel A, Laufer R (eds) *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*. Vuibert FNEGE, Paris, pp pp. 7-43

Hatchuel A (2002) Towards Design Theory and expandable rationality: the unfinished program of Herbert Simon. *Journal of Management and Governance* 5 (3-4):260-273.

Hatchuel A (2005) Towards an epistemology of collective action. Management research as a responsive and actionable discipline. *European Management Review* 2:36-44.

Hatchuel A (2008) Du raisonnement de conception. Essai sur le "forcing" en théorie des ensembles. In: Hatchuel A, Weil B (eds) *Les nouveaux régimes de conception*. Vuibert, Paris, pp 133-149

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, 2011. p 12

Hatchuel A, Le Masson P, Weil B (2006) Building Innovation Capabilities. The Development of Design-Oriented Organizations. In: Hage J, Meeus M (eds) *Innovation, Science and Industrial Change, the Handbook of Research.* Oxford University Press, New-York, pp 294-312

Hatchuel A, Le Masson P, Weil B (2008) Learning to face the unknown and the emergent: a project-based critical learning perspective. In: *European Academy of Management*, Ljublana, 2008. p 19

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, 2009.

Hatchuel A, Le Masson P, Weil B (2011) Teaching Innovative Design Reasoning: How C-K Theory Can Help to Overcome Fixation Effect. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 25 (1):77-92.

Hatchuel A, Le Masson P, Weil B, Agogué M, Kazakçi AO, Hooge S (2015) Mulitple forms of applications and impacts of a design theory - ten years of industrial applications of C-K

theory. In: Chakrabarti A, Lindemann U (eds) *Impact of Design Research on Industrial Practice: Tools, technology, and Training*. Springer, Munich,

Hatchuel A, Molet H (1986) Rational Modelling in understanding and aiding human decision-making : about two case-studies. *European Journal of Operational Research* 24:178-186.

Hatchuel A, Reich Y, Le Masson P, Weil B, Kazakçi AO (2013) Beyond Models and Decisions: Situating Design through generative functions. Paper presented at the *International Conference on Engineering Design, ICED'13*, Séoul, Korea,

Hatchuel A, Weil B (1992) *L'expert et le système, gestion des savoirs et métamorphose des acteurs dans l'entreprise industrielle*. Economica, Paris

Hatchuel A, Weil B (1995) *Experts in Organization, a Knowledge-Based Perspective on Organizational Change* (trans: Librecht L). Studies in Organization: Innovation, Technology and Organizations. Walter de Gruyter, New-York

Hatchuel A, Weil B (1999) Pour une théorie unifiée de la conception, Axiomatiques et processus collectifs. CGS Ecole des Mines / GIS cognition-CNRS, Paris

Hatchuel A, Weil B (2002) C-K Theory: Notions and Applications of a Unified Design Theory. In: *Herbert Simon International Conference on Design Sciences*, Lyon, 15-16 march 2002, 2002.

Hatchuel A, Weil B (2003) A new approach to innovative design: an introduction to C-K theory. In: *ICED'03, August 2003*, Stockholm, Sweden, 2003. p 14

Hatchuel A, Weil B (2009) C-K design theory: an advanced formulation. *Research in Engineering Design* 19 (4):181-192.

Hatchuel A, Weil B, Le Masson P (2013) Towards an ontology of design: lessons from C-K Design theory and Forcing. *Research in Engineering Design* 24 (2):147-163.

Hooge S, Hatchuel A (2008) Value indicators and monitoring in innovative PDM: a grounded approach. Paper presented at the *International Product Development Management Conference*, Hamburg,

Kazakçi A, Hatchuel A, Weil B (2008) A Model of C-K Design Theory based on Term Logic: A Formal C-K Background for a Class of Design Assistants. Paper presented at the *International Design Conference - Design 2008*, Dubrovnik, Croatia, May 19-22,

Kokshagina O, Le Masson P, Weil B, Cogez P (2014) Innovative field exploration & associated patent portfolio design models. Paper presented at the *IDMME 2014*, Toulouse, France,

Kroll E, Le Masson P, Weil B (2014) Steepest-first exploration with learning-based path evaluation: uncovering the design strategy of parameter analysis with C–K theory. *Research in Engineering Design* 25:351-373.

Le Masson P, Hatchuel A, Weil B (2011) The Interplay Between Creativity issues and Design Theories: a new perspective for Design Management Studies? *Creativity and Innovation Management* 20 (4):217-237.

Le Masson P, Hatchuel A, Weil B (2013) Teaching at Bauhaus: improving design capacities of creative people? From modular to generic creativity in desing-driven innovation. Paper presented at the *10th European Academy of Design*, Gothenburg,

Le Masson P, Weil B (2010a) Aux sources de la R&D : genèse des théories de la conception réglée en Allemagne (1840-1960). *Entreprises et histoire* 2010 (1):11-50.

Le Masson P, Weil B (2010b) La conception innovante comme mode d'extension et de régénération de la conception réglée : les expériences oubliées aux origines des bureaux d'études. *Entreprises et histoire* 58 (1):51-73.

Le Masson P, Weil B (2013) Design theories as languages for the unknown: insights from the German roots of systematic design (1840-1960). *Research in Engineering Design* 24 (2):105-126.

Le Masson P, Weil B (2014) Réinventer l'entreprise : la gestion collégiale des inconnus communs non appropriables. In: Segrestin B, Roger B, Vernac S (eds) *L'entreprise, point aveugle du savoir*. Sciences humaines, Paris, pp 238-253

Le Masson P, Weil B, Hatchuel A (2006) *Les processus d'innovation. Conception innovante et croissance des entreprises*. Stratégie et management. Hermès, Paris

Le Masson P, Weil B, Hatchuel A (2010) *Strategic Management of Innovation and Design*. Cambridge University Press, Cambridge

Le Masson P, Weil B, Hatchuel A, Cogez P (2012b) Why aren't they locked in waiting games? Unlocking rules and the ecology of concepts in the semiconductor industry. . *Technology Analysis & Strategic Management* 24 (6):617-630.

Le Masson P, Weil B, Kokshagina O (2015) A new perspective for risk management: a study of the design of generic technology with a matroid model in C-K theory. In: Taura T (ed) *Principia Designae ― Pre-Design, Design, and Post-Design - Social Motive for the Highly Advanced Technological Society*. Springer, Tokyo, pp 199-219

Reich Y, Hatchuel A, Shai O, Subrahmanian E (2010) A Theoretical Analysis of Creativity Methods in Engineering Design: Casting ASIT within C-K Theory *Journal of Engineering Design*:1-22.

Schmid A-F, Hatchuel A (2011) Eléments d'épistémologie générique, la création d'objets nouveaux dans les sciences. Paris

Schmid A-F, Hatchuel A (2014) On Generic Epistemology. *Angelaki: Journal of the Theoretical Humanities* 19 (2):131-144.

Segrestin B, Hatchuel A (2008) The Shortcomings of the corporate standard: toward new enterprise frameworks. *International Review of Applied Economics* 22 (4 - Spécial Issue on Regulation and Governance of the Firm):429-445.

Segrestin B, Hatchuel A (2012) *Refonder l'entreprise*. La République des idées. Seuil

Shai O, Reich Y, Hatchuel A, Subrahmanian E (2013) Creativity and scientific discovery with infused design and its analysis with C-K theory. *Research in Engineering Design* 24 (2):201-214.

Weil B (1999) *Conception collective, coordination et savoirs, les rationalisations de la conception automobile*. Thèse de doctorat en Ingénierie et Gestion, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris

Autres references bibliographiques

Abernathy WJ, Clark KB (1985) Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research Policy* 14 (1):3-22.

Agogué M (2013) *L'innovation orpheline. Lutter contre les biais cognitifs dans les dynamiques industrielles*. Economie et Gestion. Presses de l'Ecole des Mines, Paris

Agogué M, Berthet E, Fredberg T, Le Masson P, Segrestin B, Stötzel M, Wiener M, Ystrom A (2013) A contingency approach of open innovation intermediaries – the management principles of the "intermediary of the unknown". Paper presented at the *European Academy of Management*, Istambul,

Agogué M, Cassotti M (2012) Theory-driven experiments : modeling and testing fixation and stimulation effects on creativity. Paper presented at the *5th Paris Workshop of the Design Theory SIG*, Paris, , 30th january 2012,

Agogué M, Kazakçi A (2014) 10 years of C-K theory: a survey on the academic and industrial impacts of a design theory. In: Chakrabarti A, Blessing L (eds) *An Anthology of Theories and Models of Design. Philosophy, APproaches and Empirical Explorations*. Bangalore, pp 219-235. doi:10.1007/978-1-4471-6338-1

Agogué M, Le Masson P, Robinson DKR (2012) Orphan Innovation, or when path-creation goes stale: missing entrepreneurs or missing innovation? *Technology Analysis & Strategic Management* 24 (6):603-616.

Agogué M, Poirel N, Pineau A, Houdé O, Cassotti M (2014b) The impact of age and training on creativity: a design-theory approach to study fixation effects. *Thinking Skills and Creativity* 11:33-41.

Agogué M, Yström A, Le Masson P (2013) Rethinking the Role of Intermediaries as an architect o f collective exploration and creation fo knowledge in open innovation. *International Journal of Innovation Management* 17 (2):24.

Arnoux F (2013) *Intégrer des capacités d'innovation radicale : Le cas des mutations des systèmes d'énergie aéronautiques*. MINES ParisTech, Paris

Beck J, Stolterman E (2015) Can there be scientific theories of design that do not scientize design? . Paper presented at the *European Academy of Design*, Paris, April 22-24

Benguigui J-M (2012) Les 10 ans de la théorie C-K : Revue de littérature. Paper presented at the *AIMS*,

Berthet E, Bretagnolle V, Segrestin B (2011) Introduction of semi-perennial forage crops in an intensive cereal plain to restore biodiversity: a need for collective management *Journal for Sustainable Agriculture*.

Blackler F (1995) Knowledge, Knowledge Work and Organizations : An Overview and Interpretation. *Organization Studies* 1995, 16/6:p. 1021-1046.

Börjesson S, Elmquist M, Hooge S (2014) The challenges of innovation capability building: learning from longirudinal studies of innovation efforts at Renault and Volvo Cars. *Journal of Engineering and Technology Management* 31:120-140.

Braha D, Reich Y (2003) Topologial structures for modelling engineering design processes. *Research in Engineering Design* 14 (4):185-199.

Christensen CM (1997) *The Innovator's Dilemma. When New Technologies Cause Great Firms to Fail.* The Management of Innovation and Change. Harvard Business School Press, Boston, MA

Cross N (ed) (1984) *Developments in Design Methodology*. Wiley New York.

Dorst K, Vermaas PE (2005) John Gero's Function-Behaviour-Structure model of designing: a critical analysis. *Research in Engineering Design* 16 (1-2):17-26.

Dym CL, Agogino AM, Eris O, Frey D, Leifer LJ (2005) Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education* January 2005:103-120.

Ehrlenspiel K (1995) *Intégrierte Produktentwicklung. Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion*. Carl Hanser Verlag, München, Wien

Elmquist M, Le Masson P (2009) The value of a 'failed' R&D project: an emerging evaluation framework for building innovative capabilities. *R&D Management* 39 (2):136-152.

Elmquist M, Segrestin B (2007) Towards a new logic for Front End Management: from drug discovery to drug design in pharmaceutical R&D. *Journal of Creativity and Innovation Management* 16 (2):106-120.

Elmquist M, Segrestin B (2009) Sustainable development through innovative design: lessons from the KCP method experimented with an automotive firm. *International Journal of Automotive Technology and Management* 9 (2):229-244.

Felk Y (2011) *Evaluation et pilotage des activités de recherche pour la rupture dans la R&D centrale de STMicroelectronics : réviser les classiques du management de la recherche industrielle*. MINES ParisTech, Paris

Gardey de Soos P (ed) (2007) *Conception innovante à la RATP : la méthode KCP. Cinq cas pratiques de conception innovante collective*. Les rapports de la prospective, n°146. RATP, Paris

Garel G, Mock E (2012) *La fabrique de l'innovation*. Dunod, Paris

Gero JS (1990) Design prototypes: a knowledge representation schema for design. *AI Magazine* 11 (4):26-36.

Gillier T, Piat G, Roussel B, Truchot P (2010) Managing Innovation Fields in a Cross-Industry Exploratory Partnership with C–K Design Theory. *Journal of product innovation management* 27 (6):883-896.

Hendriks L, Kazakçi AO (2010) A formal account of the dual extension of knowledge and concept in C-K design theory. Paper presented at the *International design conference - Design 2010*, Dubrovnik, Croatia,

Heymann M (2005) *"Kunst" und Wissenchsaft in der Technik des 20. Jahrhunderts. Zur Geschichte der Konstruktionswissenschaft*. Chronos Verlag, Zürich

Hooge S (2010) *Performance de la R&D en rupture et des stratégies d'innovation : Organisation, pilotage et modèle d'adhésion*. MINES ParisTech, Paris

Hubka V, Eder WE (1988) *Theory of technical systems. A total Concept Theory for Engineering Design*. Springer,

Imholz S, Goldman R (2013) E-Learning Pedagogy: Addressing Struggling Learners in Regular K-12 Classrooms as an Intransigent Design Problem. *LEARNing Landscape* 6 (2):207-223.

Imholz S, Sachter J (eds) (2014) *Psychology's Design Science*. Common Ground Publishing, Champaign, IL

Kroll E (2013) Design theory and conceptual design: contrasting functional decomposition and morphology with parameter analysis. *Research in Engineering Design* 24 (2):165-183.

Le Masson P, Aggeri F, Barbier M, Caron P (2012a) The sustainable fibres of generative expectation management: The "building with hemp" case study. In: Barbier M, Elzen B (eds) *System Innovations, Knowledge Regimes, and Design Practices towards Transitions for Sustainable Agriculture*. INRA Editions, Paris, pp 226-251

Le Masson P, Dorst K, Subrahmanian E (2013) Design Theory: history, state of the arts and advancements. *Research in Engineering Design* 24 (2):97-103.

Le Masson P, Gardey de Soos P (eds) (2007) *La RATP et les enjeux de la compétition par l'innovation - un séminaire d'initiation à la conception innovante*. Les rapports de la prospective, n°145. RATP, Paris

Lenfle S (2012) Exploration, project evaluation and design theory: a rereading of the Manhattan case. *International Journal of Managing Projects in Business* 5 (3):486-507.

McDonnell J, Lloyd P (eds) (2009) *About: Designing. Analysing Design Meetings*. Taylor and Francis, Oxon, UK

McMahon CA (2012) Reflections on diversity in design research. *Journal of Engineering Design* 23 (8):563-576.

Nakhla M, Collasse S (2011) Les démarches de contractualisation comme processus de conception. *Politique et Management Public*.

Ondrus J, Pigneur Y (2009) C-K design theory for information systems research. Paper presented at the *4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology*, New York,

Poelmans J, Elzinga P, Viaene S, Dedene G (2009) A Case of Using Formal Concept Analysis in Combination with Emergent Self Organizing Maps for Detecting Domestic Violence. *Advances in Data Mining Applications and Theoretical Aspects* 5633:247-260.

Reich Y (1995) A Critical Review of General Design Theory. *Research in Engineering Design* 7:1-18.

Schmid A-F (2012) The Philosophical Underpinnings of Design Theory. Paris

Segrestin B, Roger B, Vernac S (eds) (2014) *L'entreprise, point aveugle du savoir*. Sciences humaines, Paris

Shai O, Reich Y (2004) Infused Design: I Theory. *Research in Engineering Design* 15 (2):93-107.

Sharif Ullah AMM, Mamunur Rashid M, Tamaki Ji (2011) On some unique features of C-K theory of design. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* in press.

Silberzahn P, Midler C (2008) Creating products in the absence of mar-kets: A robust design approach. *Journal of Manufacturing Technology Management* 19 (3):407-420.

Suh NP (1990) *Principles of Design*. Oxford University Press, New York

Yoshikawa H (1981) General Design Theory and a CAD System. In: Sata T, Warman E (eds) *Man-Machine Communication in CAD/CAM, proceedings of the IFIP WG5.2-5.3 Working Conference 1980 (Tokyo)*. Amsterdam, North-Holland, pp 35-57