

Chapitre III

Conception créatives dans le domaine de la formation

John Didier
Nathalie Bonnardel

Cette recherche-action contribue à une meilleure compréhension de l'impact de démarches pédagogiques introduites dans la formation des enseignants généralistes, lors de la réalisation d'activités de conception créatives. Pour ce faire, nous analysons certains indicateurs mobilisés lors la phase d'idéation du concepteur, c'est-à-dire pendant la recherche d'idées en vue de la conception d'un objet technique. La prise en compte de démarches issues de l'ergonomie (Bonnardel, 2006) sous-tend des démarches pédagogiques proposées à des enseignants en formation afin de développer la créativité de leurs élèves lors de la conception d'objets techniques (Bonnardel & Didier, 2016). Une approche collaborative entre chercheurs en psychologie cognitive et ergonomique, didacticiens et enseignants en devenir, participe ainsi à la mise en évidence d'une culture professionnelle propice au développement de la créativité en contextes de formation et en contextes scolaires.

Introduction

Ce travail s'appuie sur une recherche-action visant à mieux connaître l'impact de certaines démarches pédagogiques dans la formation des enseignants généralistes, lors de la réalisation d'activités de conception créatives. Ces démarches introduisent des innovations pédagogiques auprès d'enseignants en formation, en vue de développer la créativité de leurs élèves lors de la réalisation d'objets techniques (Bonnardel & Didier, 2016). Cette recherche se caractérise par une approche collaborative (Desagné & Laroughe, 2010) impliquant des chercheurs, des didacticiens et des enseignants en formation. Elle réunit le Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Émotion (PSYCLE) de l'Université d'Aix-Marseille et l'Unité d'Enseignement et de Recherche en didactiques de l'art et de la technologie de la Haute École Pédagogique du canton de Vaud en Suisse.

Dans la scolarité obligatoire en Suisse romande, les activités créatrices et manuelles contribuent à développer la créativité des élèves par la réalisation d'objets techniques (Didier, 2015). Cette finalité est d'autant plus nécessaire que les activités de conception créatives sont omniprésentes dans notre société, dans la mesure où une multitude d'objets de notre environnement quotidien ont préalablement requis une activité de conception (Bonnardel, 2006). L'introduction des activités de conception en contexte scolaire requiert la mise en œuvre de processus

cognitifs complexes, comme la construction de représentations mentales, la réalisation d'analogies et la gestion de différents types de contraintes (Bonnardel & Didier, 2016). Aussi, nous avons proposé, au sein de la formation des enseignants, deux modalités pédagogiques qui se fondent sur le modèle A-GC – Analogies et Gestion de Contraintes (Bonnardel, 2006, 2009). Dans le but de contribuer à mieux connaître l'impact de ces nouvelles démarches pédagogiques dans la formation des enseignants, notre question de recherche est la suivante : quelles sont les conditions qui permettent de développer la créativité des enseignants en formation à l'aide d'activités de conception créatives ? Les objectifs de cette étude consistent à (1) déterminer les conditions permettant de développer la créativité à l'aide d'activités de conception créatives, (2) permettre aux enseignants de mieux articuler une compréhension de la créativité et son appropriation dans leur pratique enseignante lors de la réalisation d'objets techniques, et (3) générer des productions innovantes et satisfaisantes lors de la résolution de problèmes complexes. Grâce à cette mise en application et appropriation de pratiques créatives, les enseignants en formation devraient être en mesure de contribuer à développer les compétences créatives de leurs futurs élèves.

1. Cadre théorique : créativité et conception en contextes de formation

Le développement de la créativité dans les lieux de formation des enseignants, en particulier en Suisse romande, répond à différents niveaux aux injonctions du prescrit. Ainsi, à partir de 2010, le Plan d'études romand (CIIP, 2010) fait apparaître la pensée créatrice en tant que capacité transversale qui doit être développée chez les élèves au cours de l'ensemble de la scolarité obligatoire. À un niveau plus international, les études PISA de 2012 sur « creative problem solving » renforcent ce constat d'une nécessité de former les futurs citoyens à résoudre des problèmes complexes, sans procédures prédéfinies (OECD, 2014). Dès lors, il apparaît nécessaire de développer la créativité des élèves, par exemple lors de la résolution de problèmes créatifs (même si, paradoxalement, le système scolaire en Suisse n'a pas participé à ces évaluations PISA de 2012). Dans cette logique, notre recherche vise à contribuer au développement de moyens concrets pour permettre aux enseignants de développer les compétences créatives d'élèves en contexte scolaire.

La discipline des activités créatrices et manuelles a mis en place, dans son approche didactique, un enseignement permettant de développer sciemment la créativité des élèves à l'aide des activités de conception, lors de la réalisation d'objets techniques en contexte scolaire (Didier & Leuba, 2011 ; Leuba, 2014 ; Didier, 2015a). Par créativité, nous entendons une « capacité à produire une idée exprimable sous une forme observable ou à réaliser une production qui soit à la fois novatrice et inattendue [tout en étant] adaptée à la situation et (dans certains cas) considérée comme ayant une certaine utilité ou valeur » (Bonnardel, 2002, p. 95).

Pour favoriser le développement de la créativité dans le cadre des activités créatrices et manuelles, il nous est apparu nécessaire de mettre en place un enseignement constructiviste orienté sur la résolution de problèmes (Didier & Leuba, 2011). Ceci permet à l'élève d'apprendre à générer des idées innovantes et adaptées à un

contexte donné. La mise en place d'un enseignement « par problèmes » (Orange, 2005) lors de la conception et de la réalisation d'objets techniques a la spécificité de s'inscrire dans une tradition d'un enseignement par projets (Didier, 2015b).

L'activité de conception constitue une phase essentielle qui mobilise des processus cognitifs complexes. Ces processus permettent l'apprentissage de l'analyse, de l'anticipation et de l'évaluation des solutions à mettre en œuvre (Didier & Bonnardel, 2015). « Concevoir consiste à dessiner, à exprimer un dessein par un dessin ou par une forme ou par un système de symboles, c'est créer ou construire quelques modèles à l'aide desquels on inférera ensuite le réel » (Demailly & Lemoigne, 1986, pp. 435-436). De notre point de vue, les activités de conception non routinières relèvent directement des activités créatives en ce sens qu'elles font intervenir l'expression d'une idée, d'un processus et la réalisation d'une production, en vue d'atteindre certains buts qui associent recherche de nouveauté et adaptation à la situation ou au contexte (Bonnardel, 2006). Dans cette perspective, les activités de conception permettent de développer une créativité appliquée qui requiert la mobilisation de facteurs cognitifs (pensée divergente, pensée convergente, flexibilité cognitive), de facteurs conatifs (prise de risques, individualisme) et de facteurs environnementaux (p. ex: style d'enseignement mixte comportant des contraintes dans un espace de liberté) (Lubart et al., 2003). Dans le contexte de cette recherche, le développement de la créativité chez les étudiants en formation devrait donc à la fois susciter la mobilisation de ces facteurs dans le cadre d'activités de conception créatives réalisées lors de séminaires de didactique, et les aider à favoriser ultérieurement le développement des compétences créatives de leurs futurs élèves.

1.1 Conception et approche collaborative

Dans le contexte de cette recherche-action, une approche collaborative a été mise en place pour mieux comprendre les processus cognitifs mobilisés lors des activités de conception créatives en contexte de formation. La complémentarité entre les travaux de recherche en psychologie cognitive et ergonomique (développés par une équipe du laboratoire PSYCLE supervisée par N. Bonnardel) et les actions mises en œuvre par des didacticiens en activités créatrices (de l'Unité d'enseignement et de recherche en didactiques de l'art et technologie à la HEP Vaud) favorise la rencontre des cadres théoriques, ainsi que l'approfondissement et la compréhension du fonctionnement cognitif de l'être humain au travail. Cette meilleure compréhension des processus cognitifs mobilisés lors des activités de conception facilite la transposition didactique à la pratique enseignante des étudiants en formation.

Au-delà de la mise en place de cette recherche, cette collaboration fait émerger une culture de la formation professionnelle constitutive d'un lieu d'application des savoirs prescrits (Desgagné & Larouche, 2010). En effet, l'enseignement de la conception en contexte professionnel doit être transposé et contextualisé en vue de la formation des futurs enseignants qui seront amenés à enseigner aux élèves de l'école obligatoire. Cette approche collaborative construit une passerelle entre les savoirs prescrits du Plan d'études romand (CIIP, 2010), les savoirs d'expériences issus des métiers de la conception et ceux des métiers de l'enseignement. La collaboration entre chercheurs, didacticiens et étudiants contribue ainsi à faire appa-

raître des savoirs d'expérience (Schön, 1987). La collaboration entre d'une part des chercheurs en psychologie cognitive et en ergonomie et, d'autre part, des didacticiens accompagne la démarche réflexive menée par les formateurs et les groupes d'étudiants. Dans le cadre des séminaires de didactique, ces acteurs sont amenés à configurer individuellement et collectivement cette émergence des savoirs sur la conception (Desgagné & Larouche, 2010).

Les activités de conception étudiées en milieu professionnel sont ici transposées dans le cadre de la formation des futurs enseignants. Cette transposition de savoirs disciplinaires donne lieu à des entretiens portant sur l'activité professionnelle de l'enseignant en devenir, mais également sur l'activité professionnelle du didacticien. L'approche collaborative induit un levier de développement professionnel des didacticiens. De manière plus précise, la construction en amont et la verbalisation située en aval du séminaire donnent lieu à une clarification des gestes professionnels du formateur qui accompagne la transposition d'un savoir professionnel au sein des métiers de l'enseignement auprès des étudiants. Cette approche collaborative induit l'actualisation et le développement d'une intelligence de l'agir en opération (Schön, 1983).

La construction d'une posture analytique centrée sur l'effort de théorisation du savoir d'expérience se constitue au niveau des didacticiens, mais également au niveau des étudiants à travers la mise en place de récits exemplaires (Suleiman, 1977). Pour les didacticiens, cet exercice intervient suite aux travaux de groupes, ce qui permet de focaliser une analyse collective sur la situation problème où le formateur partage avec les étudiants les stratégies qu'il a mises en œuvre pour résoudre les différents problèmes de conception. Du côté des étudiants, le récit exemplaire fait suite aux activités de conception d'objets techniques dans lesquelles l'activité créatrice est identifiée et analysée pour devenir un élément constitutif des gestes professionnels de l'enseignant. La verbalisation et l'analyse des pratiques sont reliées au vécu immédiat, mais également à l'expérience personnelle des étudiants développée et construite pendant les stages professionnels. L'expérience construit une relation entre l'action et le ressenti, et elle favorise l'intégration de ce qui a précédé (Dewey, 2010). Aussi, la posture analytique qui se construit progressivement par l'étudiant, suite à sa conscientisation *a posteriori* de l'expérience, pourrait se résumer aux quatre phases du récit d'exploration (Desgagné & Larouche, 2010) : (1) la mise en problème de l'activité de conception créative, (2) la mise en situation du problème avant le passage dans l'inédit, (3) le passage dans l'inédit et l'émergence de solutions, et (4) la clôture du récit avec un regard évaluatif de l'ensemble de l'activité de conception et de réalisation qui donne lieu à une production créative. Le récit exploratoire ainsi employé dans le groupe engendre une distance avec l'expérience vécue qui favorise la construction du savoir d'expérience, constitutive d'une posture professionnelle conscientisée.

1.2 Le modèle théorique « Conception-Réalisation-Socialisation »

La mise en place d'activités de conception créatives dans la formation des enseignants repose sur l'appropriation du modèle théorique « conception-réalisation-socialisation » (Didier & Leuba, 2011 ; Bonnardel & Didier, 2016) dans la pratique enseignante en formation.

Selon le modèle théorique « conception-réalisation-socialisation », l'activité de conception constitue une phase d'analyse et de recherche afin de permettre au sujet d'anticiper le processus de fabrication d'un produit. Les fondements de ce cadre théorique puisent leur articulation sur trois temporalités distinctes : la conception, la réalisation et la socialisation. L'activité de conception amène le sujet à questionner la phase de socialisation du produit, où celui-ci va être reçu et utilisé par un usager en s'implantant dans un contexte précis. Nous caractérisons cette phase en tant qu'activité de socialisation du produit. Ce modèle théorique entraîne le sujet à se familiariser avec l'analyse fonctionnelle de l'objet technique à concevoir et à réaliser (Simondon, 1989).

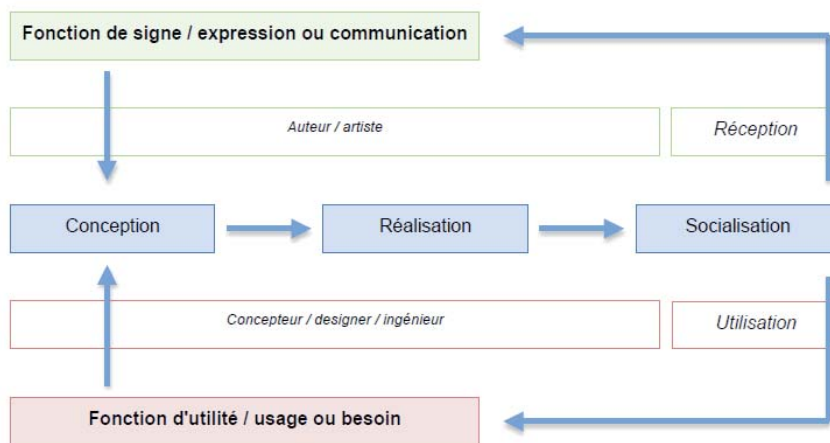


Fig. 1. *Modèle théorique : Conception-Réalisation-Socialisation.*

La prise en compte de l'activité de socialisation comme point de départ de l'activité de conception permet au sujet de comprendre et de définir le contexte de réception et/ou d'utilisation du produit. Deforge (1990) propose une distinction fonctionnelle du processus de fabrication et de la démarche employée : « il y a œuvre quand la fonction de signe l'emporte sur la fonction d'utilité et/ou quand il y a apparence pour le consommateur de singularité, il y a produit quand la fonction d'utilité l'emporte sur la fonction de signe et/ou quand il y a apparence (pour le consommateur) de banalité. » (Deforge, 1990, p. 20)

À partir de cette distinction, nous spécifions deux démarches distinctes dans notre modèle théorique pour pouvoir développer une créativité appliquée dans des contextes précis. La démarche d'auteur/artiste qui élabore un objet avec une fonction de signe répondant à une expression ou en vue d'une communication à autrui. La démarche de concepteur/designer/ingénieur qui conçoit un objet à fonction d'utilité répondant à un usage ou à un besoin.

Les deux spécificités de ces postures professionnelles irriguent l'activité de conception, de réalisation et de socialisation de l'œuvre ou du produit (Didier & Leuba, 2011).

Dans le contexte du design, l'utilisation de ce modèle permet au concepteur d'identifier à la fois les contraintes du produit dans le cadre de sa réception, mais également de son usage. La boucle du modèle CRS orientée sur la fonction de signe (Deforge, 1990) de l'objet amène le sujet à endosser une démarche plus artistique, et donc à s'exprimer en exploitant un langage expressif et esthétique en lien avec le contexte de réception et les effets qu'il souhaite provoquer. La dimension symbolique transitant par les différents sens est employée sciemment dans le but de provoquer un contexte de réception paramétré par le sujet. Les facteurs expressifs, communicationnels du produit sont donc conçus, planifiés, anticipés, décidés et exprimés dans la boucle du haut. La boucle du bas fait référence aux démarches professionnelles liées à l'ingénierie, au design, et à la fonction d'utilité et d'usage (Deforge, 1990). Les contraintes liées au choix des techniques, des matériaux et à la dimension ergonomique sont pensées dans cet espace du modèle. La démarche du designer se situe à mi-chemin entre les deux boucles. La conception d'un projet en design prend en compte les deux types de démarches. En effet, le produit doit se démarquer des autres par sa dimension communicationnelle et exprimer un point de vue singulier en fonction du contexte de réception. De même, toute la dimension ergonomique du produit intégrant les facteurs liés à la réalisation et à son usage doit être pleinement réfléchi. Ce modèle entraîne le sujet à mobiliser la pensée divergente, la pensée convergente et la flexibilité cognitive en fonction de différentes contraintes induites par les différentes phases et par les deux boucles.

1.3 Développer l'enseignement de la conception dans le cadre d'une recherche-action

Traditionnellement, le développement de la créativité dans le cadre de la formation des enseignants en activités créatrices et manuelles s'articule entre moments d'appropriation de cadres théoriques issus de la psychologie de la créativité (Lubart et al., 2003) et analyse de situations d'enseignement focalisées sur le développement de la créativité chez leurs élèves. L'analyse de pratiques enseignantes abordées dans le contexte des séminaires en didactique se focalise sur l'explicitation de gestes professionnels en situations d'enseignement utilisés en classe dans le but de développer les compétences créatives des élèves lors de l'enseignement des activités créatrices et manuelles.

Cette recherche-action se déroule en deux étapes. Dans un premier temps, les étudiants expérimentent les outils de conception à l'aide de démarches pédagogiques issues de l'ergonomie (Bonnardel & Didier, 2016) en leur permettant de devenir concepteurs d'un objet technique innovant et adapté à la situation en étant confrontés à une situation complexe.

La mise en place de ce dispositif de formation des étudiants est issue d'une approche collaborative réunissant chercheurs, didacticiens et étudiants qui donne lieu à une articulation entre une approche ergonomique et sa transposition didactique.

Dans un second temps, une analyse collective des productions et de la situation d'enseignement expérimentée est réalisée par le formateur du séminaire et les étudiants, en vue d'identifier les gestes professionnels à utiliser afin de contribuer à développer la créativité de leurs élèves en contexte scolaire.

Dans la seconde partie de cet article, nous proposons de revenir sur la première étape de cette recherche-action en analysant certains indicateurs mobilisés lors la phase d'idéation du concepteur, c'est-à-dire pendant la recherche d'idées dans le cadre de la conception et de la réalisation d'un objet technique ayant lieu lors des séminaires en didactique.

Notre recherche-action se focalise sur l'activité de conception effectuée par 34 étudiants en bachelor primaire, et donc avec des étudiants destinés à l'enseignement du cycle 2 HarmoS (8-11 ans), dans le cadre de la conception d'un projet où la fonction de signe et la fonction d'utilité doivent s'intégrer dans un contexte précis. Les différents paramètres liés à la réalisation, ainsi qu'à son utilisation et à sa réception dans une sphère sociale, doivent également être anticipés et explicités.

Cette recherche-action s'appuie sur une hypothèse de départ qui est développée sur un groupe expérimental pour être ensuite généralisée à de plus grands groupes. Aussi cette démarche se définit-elle en tant que recherche-action de type lewinien (Barbier, 1996). De ce fait, notre intervention auprès de groupes expérimentaux sera ensuite appliquée à de plus grands groupes. Les expériences ciblées sur la mise en œuvre des activités de conception auprès des étudiants en formation ont lieu lors des séminaires de didactique en activités créatrices et manuelles, au cours de la deuxième année de formation des étudiants. L'expérience réalisée et menée par l'équipe des didacticiens a pour but de permettre aux acteurs (les étudiants) de s'approprier des méthodes de conception en les expérimentant, puis en les analysant collectivement afin de mieux comprendre leur fonctionnement. Suite à ces expériences, les étudiants seront amenés à introduire ces innovations didactiques au sein de leur pratique enseignante dans le cadre de leur stage avec leurs élèves.

La question de recherche en amont de ces expériences consiste à déterminer si l'émergence d'idées innovantes et adaptées lors de la conception d'objets techniques peut être développée à l'aide de conditions de conception particulières. Aussi, dans le but d'infléchir, de stimuler l'augmentation et la variété de la production d'idées pendant la phase d'évocation des idées, nous nous référons au modèle théorique Analogie et Gestion de Contraintes ou modèle AGC (Bonnardel, 2000, 2006; Bonnardel & Marmèche, 2004). Selon ce modèle théorique, les concepteurs mobilisent notamment deux principaux processus cognitifs qui interviennent en interaction lors des activités de conception créatives :

- *La réalisation d'analogies* qui, selon la nature des analogies, concourt à l'émergence d'idées créatives plus ou moins éloignées du domaine conceptuel de l'objet à concevoir et donc à la pensée divergente (Bonnardel, 2009; Bonnardel & Marmèche, 2004, 2005).
- *La gestion de contraintes* qui peuvent, quant à elles, contribuer à des processus de pensée divergente et de pensée convergente. Ainsi, les contraintes jouent un rôle important à la fois lors de la définition-redéfinition du problème, lors de la génération d'idées et lors de leur évaluation, en permettant aux concepteurs de rechercher des solutions de conception adaptées au contexte et aux utilisateurs des futurs produits (Bonnardel & Didier, 2016).

Dans le cadre de cette recherche-action, les différents projets de conception des étudiants ont été évalués par différents jurys. Il est donc nécessaire de mieux identifier les paramètres liés à l'évaluation d'une production en même temps nouvelle et adaptée à la situation.

1.4 L'évaluation des productions créatives

En vue de l'évaluation des projets de conception réalisés par les étudiants, il nous semble important de revenir sur l'évaluation des productions créatives. Cette évaluation peut être mise en œuvre dans deux contextes : (1) l'auto-évaluation par le concepteur lorsque celui-ci évalue la solution qu'il est en train d'élaborer (Bonnardel, 1999) et (2) l'évaluation des productions créatives par une personne n'ayant pas participé à l'élaboration de ces productions (Bonnardel, 2006). Des critères peuvent être définis pour évaluer le caractère adapté à la situation, en lien avec le contexte et le cahier des charges. Par contre, il semble plus difficile d'apprécier le caractère novateur ou original des productions (Bonnardel, 2006). Pour mieux cerner le processus d'évaluation des idées recherchées dans le cadre de notre recherche avec des futurs enseignants, nous retenons trois processus permettant de décrire l'activité de conception : (1) l'analyse du cahier des charges, (2) l'évolution conjointe de la représentation mentale du concepteur et de la résolution de problème, et (3) la modification du dessin dans son avancée, en fonction des choix et des options décidées par le concepteur (Bonnardel, 2006). Dans le cadre de l'évaluation de solutions de conception, l'évaluation qui est mise en œuvre dépend du niveau d'abstraction auquel se situe la solution (Bonnardel, 1992). En l'absence d'une représentation précise du projet à concevoir, le concepteur va commencer par envisager une solution schématique, voire ébauchée, que l'on peut qualifier de conceptuelle. Au fur et à mesure de la progression de l'activité de conception, l'externalisation des idées, à l'aide d'artefacts, donne lieu à une conversation réflexive entre le concepteur et son projet, par exemple, concrétisé par des esquisses (Schön, 1983). Cette externalisation des idées permet aussi d'assurer une fonction de communication aux autres personnes. Cette étape d'évaluation des idées ou des solutions, qui est mise en œuvre dans le cadre d'activités de conception, peut être comparée aux étapes d'évaluation décrites dans le processus créatif (cf. Bonnardel, 2009), sous les termes d'évaluation (Gelb, 1996), de vérification (Wallas, 1926) ou de validation (Amabile, 1986) – poursuivie, selon cette dernière auteure, par la communication à autrui. Afin d'évaluer la progression de leurs projets, les concepteurs utilisent des indicateurs, dits « référents évaluatifs » (Bonnardel, 1992, 1999), basés à la fois sur des contraintes identifiées lors de la construction de la représentation mentale du problème et sur différents critères. Ces référents évaluatifs découlent de contraintes liées au cahier des charges, ou de préférences et de priorités internes à chaque concepteur qui peuvent refléter l'adoption de multiples points de vue.

2. Description de l'expérience

La seconde partie de cet article développe deux démarches pédagogiques qui permettent de favoriser la créativité en « Bachelor primaire » pendant l'activité de conception en favorisant la résolution des problèmes créatifs.

Notre hypothèse générale est que l'activité de conception peut être fortement stimulée en fonction de contraintes externes pouvant favoriser l'émergence d'idées innovantes et adaptées à la situation (Bonnardel, 2006). Le projet de conception repose sur une série de contraintes qui doivent être prises en compte par l'étudiant. Le processus d'évocation mis en œuvre par le sujet va susciter l'apparition d'idées plus ou moins structurées, hiérarchisées ou éloignées et farfelues par rapport à la situation. Dans les deux démarches pédagogiques proposées aux participants, les contraintes stimulent l'élaboration de solutions permettant de définir des aspects ou des propriétés que les solutions devraient comporter (Bonnardel, 2006). Plus précisément, nous considérons que les contraintes prises en compte par les participants vont soit délimiter, soit mobiliser la pensée divergente dans le cadre de la résolution de conception de produits créatifs. Les contraintes peuvent élargir l'espace de recherche d'idées par chaque participant en l'amenant à se focaliser sur certains aspects recherchés et, selon l'orientation des contraintes, la réalisation d'analogies interdomaines ou intradomaines peut être favorisée (Bonnardel, 2009).

Le dispositif de cette recherche-action compare les activités de 34 étudiants en « Bachelor primaire » destinés à l'enseignement des élèves du cycle 2, qui ont été répartis en trois groupes.

Les 3 groupes ont dû réaliser un porte-clefs en feutrine rembourré de ouatine. Le cahier des charges de ce projet comportait différentes contraintes relatives à ses fonctions d'usage et d'utilité (cf. Figure 2).

Demande formulée aux participants :

Vous devez concevoir et réaliser un porte-clefs en feutrine et rembourré de ouatine en utilisant le matériel à votre disposition. Vous avez deux périodes de 45 minutes à votre disposition pour cette réalisation, sachant que le porte-clefs doit respecter les contraintes prescrites suivantes :

- Il doit pouvoir tenir dans une poche ou dans un sac.
- Il doit être de qualité de boutique (qui signifie dans ce contexte une bienfacture de qualité).
- Il doit être résistant, durable et adapté à un usage fréquent au quotidien.
- Il doit intégrer un anneau métallique pour les clefs et être solide.

Fig. 2. Cahier des charges remis aux participants.

Les étudiants devaient constituer des esquisses du porte-clefs en les illustrant au moyen de schémas et de croquis, accompagnés pour certains d'entre eux de commentaires sur le travail de recherche en lien avec le cahier des charges.

Le premier groupe d'étudiants a été confronté à un système de contraintes inspiré de la méthode d'Osborn (1963). Cette démarche intitulée CQFD (Bonnardel, Mazon, & Wojtczuk, 2013 ; Bonnardel & Didier, 2016) amène chaque concepteur à se conformer aux règles suivantes :

- C : fait référence à la censure en rejetant toute autocensure,
- Q : renvoie à la quantité afin d'inciter chaque participant à générer un maximum d'idées,

- F: fait référence à la proposition d'idées farfelues ou très inhabituelles,
- D: renvoie à la démultiplication ou à la combinaison d'idées en vue d'en générer de nouvelles.

Le deuxième groupe a été confronté à une démarche dite CQHD qui a été proposée afin d'amener les participants à se focaliser sur la hiérarchisation de contraintes liées au problème de conception (Bonnardel, Mazon, & Wojtczuk, 2013). Dans ce cas, chaque concepteur devait se conformer aux règles suivantes :

- C: fait référence aux contraintes liées au problème de conception,
- Q: renvoie à la quantité afin d'inciter chaque participant à générer un maximum de contraintes,
- H: fait référence à la hiérarchisation des contraintes,
- D: renvoie à la démultiplication ou à la combinaison de contraintes afin d'en générer de nouvelles.

Les deux démarches, construites sur une base commune, amènent les participants à se focaliser sur des aspects différents lors de la résolution du problème de conception (Bonnardel, Mazon, & Wojtczuk, 2013 ; Bonnardel & Didier, 2016).

Un troisième groupe sert de groupe contrôle, et est intitulé « NEANT » car il a uniquement reçu le cahier des charges de l'objet à concevoir et à réaliser, sans aucune règle supplémentaire concernant la démarche à mettre en œuvre pour cette activité de conception.

Ainsi, les 34 étudiants ont été répartis en trois groupes: un premier groupe de 12 étudiants en condition CQHD, un second groupe de 12 étudiants en condition CQFD et un troisième groupe contrôle composé de 10 étudiants (condition NEANT).

Les projets de conception des 34 étudiants ont été évalués par 16 enseignants en formation dans le cadre de leur spécialisation postgrade en activités créatrices. Un questionnaire d'évaluation construit en fonction des 5 critères suivants leur a été remis: (1) la satisfaction globale du projet, (2) le caractère adapté du projet en fonction du cahier des charges, (3) la faisabilité du projet de conception, (4) la dimension novatrice du projet, et (5) la dimension inattendue du projet.

3. Analyse quantitative des données recueillies

Afin d'analyser les données recueillies, c'est-à-dire les notes attribuées aux projets de conception en fonction des conditions de réalisation de la tâche (CQFD, CQHD ou NEANT), nous avons utilisé le modèle Generalized Estimating Equations (GEE) (Zeger & Liang, 1986). Ce modèle permet d'estimer chaque paramètre en prenant en compte les sujets et donc en fonction de variables répétées. Ainsi, une analyse statistique de type ANOVA à mesures répétées prend en compte le fait que ce sont les mêmes juges qui ont évalué les projets de conception élaborés dans les trois types de conditions. Ensuite, nous avons utilisé des t de Student pour échantillons appariés, pour les mêmes raisons. Les résultats montrent une différence signifi-

tive (cf. Tableaux 1 et 2) en fonction de deux critères d'évaluation : (1) la satisfaction globale du projet de conception et (4) la dimension novatrice du projet.

| Question 1 : Satisfaction globale du projet de conception | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | CQFD | CQHD | CQHD | NEANT | CQFD | NEANT | |
| N | 12 | 12 | 12 | 10 | 12 | 10 | |
| Moyennes | 3.315 | 3.131 | 3.131 | 2.946 | 3.315 | 2.946 | |
| Écarts-Types | 0.58 | 0.53 | 0.530 | 0.788 | 0.588 | 0.788 | |
| p | 0.024 | | 0.193 | | 0.005 | | |

Tableau 1 : Moyenne des résultats obtenus dans les conditions CQHD, CQFD et NEANT en ce qui concerne la satisfaction globale du projet conception.

Pour la question 1, les résultats faisant référence à la satisfaction globale du projet de conception montrent une différence de moyenne significative ($p=0,02$) entre les étudiants en condition CQFD (évocation des idées farfelues et inhabituelles) ($M=3,31$, E.T. = 0,6) et ceux en condition CQHD (hiérarchisation des contraintes) ($M=3,13$, E.T.= 0,5). Nous observons également une différence de moyenne significative ($p=0,05$) entre les projets de conception des étudiants orientés sur l'évocation d'idées farfelues et inhabituelles (condition CQFD) ($M=3,31$, E.T. = 0,6) et les projets des étudiants du groupe contrôle ($M=2,94$, E.T. = 0,8).

| Question 4 : Dimension novatrice du projet conception | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--|
| | CQFD | CQHD | CQHD | NEANT | CQFD | NEANT | |
| N | 12 | 12 | 12 | 10 | 12 | 10 | |
| Moyennes | 2.942 | 2.655 | 2.655 | 2.280 | 2.942 | 2.280 | |
| Écarts-Types | 0.785 | 0.798 | 0.798 | 0.581 | 0.785 | 0.581 | |
| p | 0.001 | | 0.010 | | 0.0002 | | |

Tableau 2 : Moyennes des résultats obtenus dans les conditions CQHD, CQFD et NEANT en ce qui concerne la dimension novatrice du projet de conception.

Les résultats relatifs à la question 4 faisant référence à la dimension novatrice du projet montrent une différence de moyenne significative ($p=0,001$) entre les projets de conception des étudiants orientés sur l'évocation d'idées farfelues et inhabituelles (condition CQFD) ($M=2,94$, E.T. = 0,8) et les projets des étudiants orientés sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD), ($M=2,65$, E.T. = 0,8). Nous notons également une différence de moyenne significative ($p=0,01$) entre les projets de conception des étudiants en condition CQHD (hiérarchisation des contraintes) ($M=2,65$, E.T. = 0,8) et les productions des étudiants du groupe contrôle ($M=2,28$, E.T. = 0,6). De plus, une différence de moyenne significative ($p=0,0002$) s'observe aussi entre les projets de conception des étu-

dians en condition CQFD (évoquant des idées farfelues et inhabituelles) ($M=2,94$, $E.T. = 0,8$) et les productions des étudiants du groupe contrôle ($M=2,28$, $E.T. = 0,6$).

4. Interprétation des résultats

En regard de la question 1, les projets des étudiants orientés sur l'évoquant des idées inhabituelles et farfelues (condition CQFD) ($M= 3,31$, $E.T. = 0,6$) sont jugés davantage satisfaisants que les projets orientés sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD) ($M=3,13$, $E.T. = 0,5$).

Nous observons également que les projets des étudiants réalisés en condition de conception centrée sur l'évoquant des idées inhabituelles (CQFD) ($M=3,31$, $E.T. = 0,6$) sont jugés plus satisfaisants que les productions des étudiants du groupe contrôle ($M=2,94$, $E.T. = 0,8$). La condition de conception focalisée sur la hiérarchisation des idées farfelues (CQFD) privilégiant une recherche d'idées farfelues ou inhabituelles et rejetant l'autocensure donne lieu à des résultats plus satisfaisants pour les jurys que les travaux orientés sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD) et que les productions du groupe contrôle (NEANT).

Les résultats relatifs à la question 4 font état de différences significatives montrant que les projets des étudiants centrés sur les idées inhabituelles (condition CQFD) ($M=2,94$, $E.T. = 0,8$) sont plus novateurs que ceux conçus par les étudiants centrés sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD), ($M=2,65$, $E.T. = 0,8$). Les projets orientés sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD) sont également considérés comme plus novateurs que les projets des étudiants du groupe contrôle ($M=2,28$, $E.T. = 0,6$). Si nous prenons en compte la différence de moyenne significative ($p=0,0002$) entre les projets respectant l'évoquant des idées farfelues (condition CQFD) et ceux du groupe contrôle, les projets réalisés en condition CQFD ($M=2,94$, $E.T. = 0,8$) apparaissent plus novateurs que les productions du groupe contrôle ($M=2,28$, $E.T. = 0,6$).

Si nous reprenons la définition de la créativité, celle-ci met en avant la dimension novatrice des idées. Les résultats obtenus dans le cadre des projets centrés sur l'évoquant des idées inhabituelles et farfelues (condition CQFD) montrent une prédominance des idées novatrices concrétisées par les participants dans cette condition, par comparaison avec les projets des deux autres groupes (CQHD et groupe contrôle). La condition de conception centrée sur l'évoquant des idées farfelues (CQFD) a donc donné lieu à des projets jugés plus novateurs que ceux centrés sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD) et que ceux produits dans le groupe contrôle.

Les projets réalisés en condition de conception orientée sur l'évoquant des idées inhabituelles et farfelues (condition CQFD) sont ainsi jugés à la fois plus satisfaisants (par comparaison avec les projets focalisés sur la hiérarchisation des contraintes [condition CQHD] et avec le groupe contrôle) et comme plus novateurs (par comparaison avec la condition de conception CQHD et avec le groupe contrôle) (Figure 3).

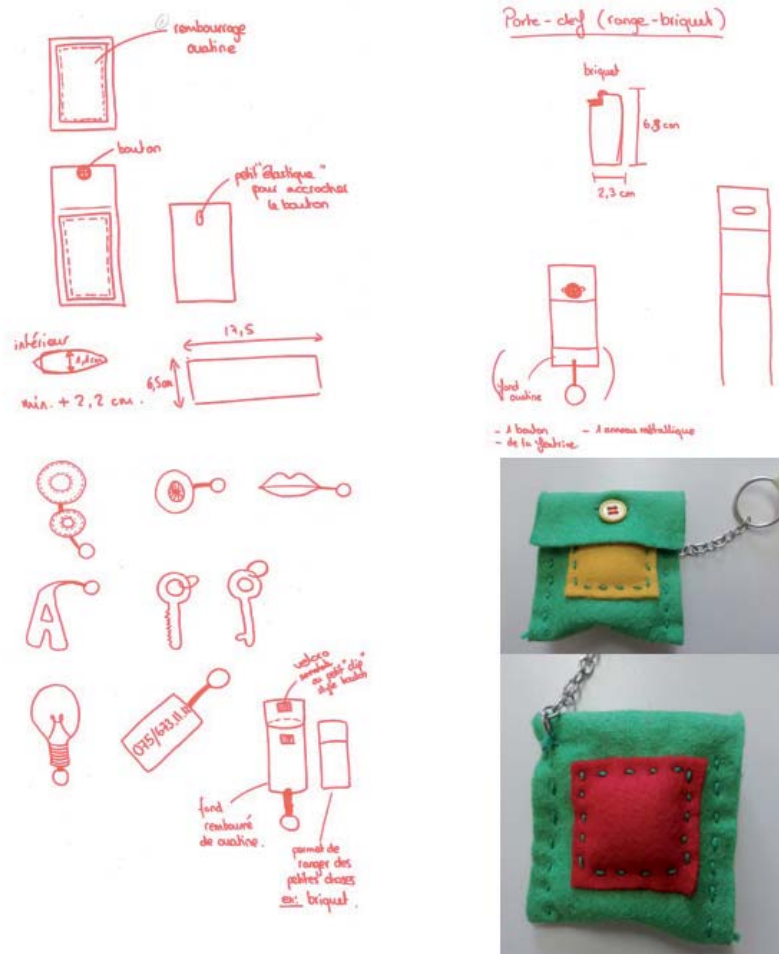


Figure 3: Exemple d'un projet d'étudiant orienté sur l'évocation d'idées farfelues et inhabituelles (condition CQFD).

Les projets des étudiants centrés sur l'évocation d'idées inhabituelles et farfelues (CQFD) semblent donc se caractériser par une plus grande mobilisation de la pensée divergente qui sous-tend l'émergence d'idées intradomaines et interdomaines (Bonnardel, 2006) (Figure 4). Dans cette condition de conception, la flexibilité cognitive a dû également être mise en œuvre par les étudiants afin de favoriser une démultiplication des idées.

Les projets réalisés avec la démarche de conception orientée sur la hiérarchisation des contraintes (condition de conception CQHD) sont, quant à eux, considérés comme plus innovants que ceux proposés par les participants du groupe contrôle (Figure 4). Les conditions de conception orientées sur l'évocation d'idées inhabituelles (condition CQFD) et sur la hiérarchisation des contraintes (condition

CQHD) permettent ainsi de développer des projets plus innovants et plus adaptés par comparaison avec les projets du groupe contrôle. De ce fait, nous pouvons en conclure que ces deux démarches de conception (conditions CQHD et CQFD) suscitent la proposition de projets à la fois innovants et adaptés au contexte.



Figure 4 : Exemple d'un projet d'étudiant orienté sur la structuration des contraintes (condition CQHD).

Les projets conçus à l'aide de la démarche de conception centrée sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD) semblent refléter, chez les étudiants, une mobilisation de la pensée divergente lors de la recherche d'idées, mais également de la pensée convergente lors de leur évaluation (Figure 2). La flexibilité cognitive a dû également être sollicitée pendant la phase d'idéation et au moment de l'évaluation des idées.

Les règles relatives à la démarche de conception ont suscité, à la fois chez les participants des groupes centrés sur l'évocation d'idées farfelues (condition CQFD) et chez ceux focalisés sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD), une plus grande interprétation des données initiales du problème ou des contraintes prescrites (Eastman, 1969; Bonnardel, 2006; Lebahar, 2007). Lors de la production d'idées, les contraintes prescrites (Ullman Wood & Craig, 1990, Bonnardel, 1999) sont redéfinies, ce qui donne lieu à la génération de nouvelles contraintes par le concepteur.

Les situations de conception orientées sur l'évocation d'idées farfelues et inhabituelles (condition CQFD) et sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD) ont également mobilisé davantage la pensée divergente en suscitant des idées novatrices, inhabituelles et extérieures au domaine (ou interdomaines). En particulier, la réalisation d'analogies interdomaines lors des activités de conception permettrait une plus grande appropriation de la phase de recherche mise en œuvre au cours de l'activité de conception. Cette phase de recherche aboutissant à davantage d'idées innovantes et inattendues impliquerait une plus grande mobilisation des facteurs conatifs et de la mobilisation de flexibilité cognitive (Lubart, 2003).

Conclusion

L'introduction de nouvelles démarches de développement de la créativité reposant sur des activités de conception créatives semble prometteuse. En effet, l'expérience que nous avons réalisée auprès de trois groupes d'étudiants a donné lieu à la réalisation de projets de conception innovants et inattendus à l'aide de conditions de conception orientées sur l'évocation d'idées farfelues et inhabituelles (condition CQFD) ou sur la hiérarchisation des contraintes (condition CQHD). La conscientisation des activités de conception menées par les étudiants lors des séminaires fait en outre apparaître une meilleure compréhension et appropriation des processus cognitifs tels que la pensée divergente, la pensée convergente et la flexibilité cognitive dans le cadre de la conception d'un objet technique. Dès lors, les cadres théoriques issus de la psychologie de la créativité (Lubart et al., 2003) et des approches cognitives et ergonomiques (Bonnardel, 2006) ne sont plus uniquement abordés d'un point de vue théorique, mais incorporés et associés à des expériences de conception créatives qui participent à la construction d'une pratique enseignante en devenir. Cette construction de pratiques professionnelles est propice au développement de la créativité chez les étudiants. L'approche collaborative entre chercheurs en psychologie cognitive et ergonomique, didacticiens et enseignants en devenir participe ainsi à la mise en évidence d'une culture professionnelle propice au développement de la créativité en contextes de formation et en contextes scolaires.

Références bibliographiques

- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context*. Boulder, CO : Westview Press.
- Barbier, R. (1996). *La recherche action*. Paris : Anthropos.
- Bonnardel, N. (1992). Les référents évaluatifs dans les activités de conception. *Technologies Idéologiques Pratiques*, 10, 147-159.
- Bonnardel, N. (1999). L'évaluation réflexive dans la dynamique de l'activité du concepteur. Dans J. Perrin (Ed.), *Pilotage et évaluation des activités de conception* (pp. 87-105). Paris : L'Harmattan.
- Bonnardel, N. (2000). Towards understanding and supporting creativity in design : Analogies in a constrained cognitive environment, *Knowledge-Based Systems*, 13, 505-513.
- Bonnardel, N. (2002). Entrée : Créativité. Dans G. Tiberghien (Ed.), *Dictionnaire des sciences cognitives* (pp. 95-97). Paris : Armand Colin/VUEF.
- Bonnardel, N. (2006). *Créativité et conception : Approches cognitives et ergonomiques*. Marseille : Solal.
- Bonnardel, N. (2012). Designing future products : What difficulties do designers encounter and how can their creative process be supported? *Work*, 41, 5296-5303.
- Bonnardel, N., & Didier, J. (2016). Enhancing creativity in the educational design context : An exploration of the effects of design project-oriented methods on students' evocation processes and creative output. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15 (1), 80-101.
- Bonnardel, N., & Marmèche, E. (2004). Evocation processes by novice and expert designers : Towards stimulating analogical thinking. *Creativity and Innovation Management*, 13 (3), 176-186.
- Bonnardel, N., & Marmèche, E. (2005). Towards supporting evocation process in creative design : A cognitive approach. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63, 442-435.
- Bonnardel, N., Mazon, S., Wojtczuk, A. (2013). Impact of project-oriented educational methods on creative design. *Proceedings of the 31 st European Conference on Cognitive Ergonomics – ECCE 2013*, Toulouse, France, article no. 6. New-York : ACM Press.
- Bonnardel, N., & Zenasni, F. (2010). The impact of technology on creativity in design : An enhancement? *Creativity & Innovation Management*, 19 (2), 180-191.
- Bonnardel, N. (2009). Activités de conception et créativité : de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. *Le Travail Humain*, 72 (1), 5-22.
- DeForge, Y. (1990). *L'œuvre et le produit*. Seyssel : Champ Vallon.
- Demailly, A., & Lemoigne, J. L. (1986). *Sciences de l'intelligence, sciences de l'artificiel*. Lyon : P.U.L.
- Desgagné, S., & Larouche, H. (2010). Quand la collaboration de recherche sert la légitimation d'un savoir d'expérience. *Recherche en éducation*, Hors-Série 1, 7-18.
- Dewey, J. (2010). *L'art comme expérience*. Saint-Armand : Gallimard.
- Didier, J., & Bonnardel, N. (2015). Activités créatives et innovations pédagogiques dans le domaine du design. Dans N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds). *Actes du 8^e colloque de Psychologie Ergonomique - EPIQUE 2015* (pp. 165-173). Paris, France : Arpege Science Publishing.
- Didier, J. (2015a). La pédagogie du projet et la posture d'auteur de l'élève. Dans N. Giauque, & C. Tièche Christinat (Eds.), *Freinet et l'école moderne aujourd'hui*. (pp.135-144). Lyon : Chronique Sociale.
- Didier, J. (2015b). Concevoir et réaliser à l'école. Culture technique en Suisse romande. Dans Y. Lequin & P. Lamard (Eds.), *Eléments de démocratie technique*. Sevenans : UTBM.
- Didier, J., & Leuba, D., (2011). La conception d'un objet : un acte créatif. *Prismes*, 15, 32-33.
- Eastman, C. M. (1969). Cognitive processes and ill-defined problems : a case study from design. *Proceedings of the 1st International Joint Conference on I.A.* (pp. 669-690). Washington, D.C.
- Gelb, M. (1996). *Thinking for a change : discovering the power to create, communicate and lead*. New York : Crown Books.

- Hayes, J. R. (1996). A new framework for understanding cognition and affect in writing. Dans C.M. Levy & S. Ransdell (Eds.), *The science of writing: Theories, methods, individual differences and applications* (pp. 1-27). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lebahar, J.C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture: désir, pertinence, coopération et cognition*. Paris: Lavoisier.
- Leuba, D. (2014). Créatif en AC & M... oui, mais comment? *Revue Educateur*, 2 (14), 6-7.
- Lubart, T., Mouchiroud, C., Tordjman, S., & Zenasni, F. (2003). *Psychologie de la créativité*. Paris: Armand Colin.
- OECD (2014), *PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (Volume V)*, PISA, OECD Publishing. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en>
- Orange, C. (2005). Problème et problématisation. *Aster*, 40, 3-11.
- Osborn, A. F. (1963). *Applied Imagination: Principles and Procedures of creativity Thinking*. New York: Charles Scribner's Son press.
- Plan d'études romand, Capacités transversales – Formation générale (2010). Secrétariat général de la CIIP: Neuchâtel.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the Reflective Practitioner*. San Francisco: Jossey Bass.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Simondon, G. (1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. Lonrai: Aubier Philosophie.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, n° 15 (2), 4-14.
- Suleiman, S. (1977). Le récit exemplaire. *Poétique*, 32, 468-489.
- Ullman, D., Wood, S., & Craig D. (1990). *The Importance of drawing in the mechanical design process*. *Computers & Graphics*, 14, 263-274.
- Wojtczuk, A., & Bonnardel, N. (2011). Designing and assessing everyday objects: Impact of externalisation tools and judges' backgrounds. *Interacting with Computers*, 23(4), 337-345.
- Wallas, G. (1926). *The Art of Thought*. New York: Harcourt-Brace.
- Zeger, S., Liang, K. Y. (1986). Longitudinal data analysis for discrete and continuous outcomes. *International Biometric Society*, 42, 1, 121-130.