

# **Activités de création industrielle et plateformes numériques d'aide à la conception : la valeur passe-t-elle encore par les ingénieurs de conception ?**

**Cina, Marion**

**Paraponaris, Claude**

**LEST Laboratoire d'Economie et de Sociologie du Travail UMR 7317**

**marion.cina@etu.univ-amu.fr**

**claud.paraponaris@univ-amu.fr**

## **Résumé :**

---

Les plateformes numériques utilisées en entreprise, de type PLM, représentent aujourd'hui un enjeu majeur en termes de transformations du travail. Historiquement inscrites dans un processus de rationalisation du travail, elles apportent l'optimisation des tâches et la rapidité via une parcellisation des tâches effectuées par les travailleurs au sein des entreprises. En tant que technologies produites en société dans des conditions particulières afin de remplir des fonctions économiques et sociales précises, elles semblent conduire vers un surcroît d'efficacité, notamment en normalisant le processus de conception. Le corps de métier des ingénieurs est, en particulier, impacté par le mouvement opéré à travers ces nouveaux outils numériques ; or, les recherches empiriques les concernant sont demeurées fort peu nombreuses en sciences de gestion. Cet article s'attache à comprendre dans quelles mesures la rationalisation perceptible apportée par l'utilisation de ces nouveaux dispositifs numériques influence l'aspect créatif du métier d'ingénieur. En effet, l'ingénieur, qui fait invariablement partie des « professionnels » de la création de valeur via l'innovation, voit son espace de liberté dans le travail – notamment dans le travail créatif – se restreindre de par les dispositifs de gestion désormais utilisés. Afin d'analyser ces nouveaux systèmes numérisés de conception, cet écrit mobilise une analyse sociotechnique renouvelée, qui est en mesure d'associer les théories de la pratique aux théories de la conception, et ceci dans un cadre général d'analyse des interactions humain-système. Au travers d'une étude menée auprès de quatorze acteurs de la conception en rapport direct ou indirect avec ces nouveaux outils, nous parvenons à comprendre combien ils modèlent l'activité de conception et rendent ardue la portée créative du métier d'ingénieur, vu la planification qu'ils impliquent.

**Mots-clés :** plateformes numériques, créativité, activité de conception, création de valeur, ingénieurs

---

# **Activités de création industrielle et plateformes numériques d'aide à la conception : la valeur passe-t-elle encore par les ingénieurs de conception ?**

## **INTRODUCTION**

Le concept de plateforme n'est pas nouveau : en effet, la plateforme renvoie d'emblée à l'idée d'un lieu d'échange, d'un centre névralgique qui catalyse les échanges de part et d'autre. Ainsi, depuis l'organisation des transports internationaux autour des ports dans l'antiquité, jusqu'au pilotage des chaînes de valeur soutenues par des plateformes logistiques à vocation multinationale, le développement des économies a souvent été accompagné de technologies particulières que nous comprenons comme correspondant à la notion de plateforme, notamment en termes d'infrastructures. Les plateformes numériques, qui nous intéressent en particulier, s'inscrivent dans une certaine continuité. Il s'agit, plus massivement que dans le passé, de gérer l'information afin de commander de manière continue des activités foisonnantes ; le plus souvent, les plateformes facilitent les échanges et viennent fluidifier une interactivité. C'est en ce sens que nous pouvons appréhender la plateforme comme une technologie produite en société dans des conditions particulières afin de remplir des fonctions économiques et sociales précises (Gawer, 2014).

Fortement liée aux capacités d'Internet, la plateforme est le plus souvent assimilée à la mise en relation d'offres et demandes de biens tangibles et services. Le cas de Mechanical Turk, développé par la multinationale Amazon et étudié en détail par Casilli (2015), rassemble les principales dimensions de cette organisation économique numérique. Il s'agit d'une plateforme de micro-travail distribué à l'échelle planétaire. Le principe est celui de la parcellisation des tâches ; ces dernières sont définies sous forme de hits (human intelligence tasks) : écrire des commentaires, cliquer, regarder des photos ou des vidéos. Ces tâches sont rémunérées à la pièce, de l'ordre de quelques centimes. Très standardisées et simplifiées à l'extrême, les tâches en question, mises bout à bout et recomposées avec des algorithmes, deviennent des services spécifiques : bases de données structurées, corpus de contenus. Une entreprise peut, dès lors, s'adresser à ce système d'Amazon afin de commander le travail de centaines de milliers de personnes (Casilli, 2015).

En ce sens, les plateformes numériques appellent des études empiriques approfondies afin d'actualiser notre connaissance des formes d'emploi – étant entendu que ces dernières sont invariablement amenées à évoluer du fait de l'utilisation généralisée de ces nouveaux dispositifs. Mais nous ne pouvons pas en rester là ; d'autres formes d'organisation des activités sont concernées par une métamorphose immanquable : celles des ingénieurs et techniciens dans le domaine de la conception industrielle. En effet, si les formes d'emploi liées à Internet sont relativement récentes, les outils d'aide à la conception (CAO, maquette numérique, ERP) ont une plus grande ancienneté. Nous les assimilons à des systèmes de plateformes car ils sont l'occasion d'une mise en commun d'idées ainsi que d'utilisation de l'intégralité des informations stockées par l'ensemble des parties prenantes d'un projet, à n'importe quel moment du processus et depuis n'importe quel endroit. Nous pouvons, à ce sujet, reconstituer les trajectoires technologiques qui ont affecté les activités des ingénieurs de conception depuis les années 90, jusqu'à la mise en place des fameuses plateformes de dernière génération (PLM : Product Lifecycle Management). Nous disposons, ainsi, d'une mise en perspective de la genèse des plateformes numériques dans le domaine de la conception industrielle.

L'enjeu est majeur. Il concerne la puissance créatrice d'une économie et ses capacités d'innovation au travers de ses salariés socialement les plus qualifiés : chercheurs et ingénieurs de l'industrie et des services. Cependant, très peu d'études sont consacrées à cet univers de la conception en science de gestion, la plupart étant menée dans le champ disciplinaire des sciences de l'ingénieur. De surcroît, les appels à la vigilance, eu égard aux nouvelles formes d'automatisation des activités, sont exclusivement orientés vers les formes d'emploi les moins qualifiées, comme si les activités de conception pouvaient demeurer à l'abri d'une possible automatisation à la faveur de la puissance des technologies numériques. Nous pensons pourtant que les nouveaux dispositifs d'aide à la conception de type PLM peuvent, ponctuellement, revêtir des aspects limitatifs pour la créativité des ingénieurs et handicaper leur autonomie.

C'est ainsi que notre proposition consiste, au contraire, à étudier l'évolution conjointe des technologies et de l'emploi des ingénieurs. Les évolutions des outils numériques qui soutiennent l'activité de conception des ingénieurs ont-elles des logiques significatives précises qui impactent le travail des concepteurs ? Et dans cette perspective, la création de valeur pourra-t-elle encore rester attachée aux capacités créatives des ingénieurs ?

Peu de travaux sont consacrés à l'organisation du travail des ingénieurs de conception en science de gestion. Alors que les deux décennies écoulées ont vu se développer pléthore de méthodes de création et de conception, les recherches empiriques concernant le sort réservé aux ingénieurs sont demeurées fort peu nombreuses (Burlet, 2008 ; Petit, 2016). Il s'agit ainsi, dans ce papier, d'apporter une contribution à propos des formes d'organisation qui se développent étant donnée la puissance des technologies numériques. Si ces technologies existent, c'est qu'elles ont été désirées, pensées et mises en œuvre par un imaginaire particulier (Csikszentmihalyi, 1996 ; Simondon, 1989). C'est ainsi qu'une fois installées, elles développent un réseau d'opportunités et de contraintes sociales dont nous souhaitons rendre compte à propos des ingénieurs.

Le métier d'ingénieur de conception semble actuellement qualifié par deux dimensions : la créativité et la fiabilité. En tant qu'acteur principal du processus de conception, l'ingénieur est effectivement entendu comme un garant de l'innovation, mais également comme un exécutant efficace, rapide et rationalisant. Ces deux dimensions semblent s'exprimer dans un rôle qui pourrait se prêter à certaines confusions – par exemple avec une certaine tension entre la réalisation de produits performants, dans des délais courts et à moindre coût, et un désir extrêmement marqué d'innovation (Petit, 2016).

Ainsi, dans ce contexte, de nouveaux outils sont mis à la disposition des entreprises dès le début des années 2000. Il s'agit, dès lors, de garantir une certaine exhaustivité dans le traitement des informations, tout en simplifiant les usages pour les différents utilisateurs d'une chaîne de valeur. La justification est relativement simple à comprendre : un cadre passe 30% de son temps de travail à rechercher l'information pertinente ; des éditeurs de logiciel vont donc prendre en charge le défi de réduire cette dépense. L'imaginaire de la fluidité (Naville, 1963, Vatin, 1987) revient en grande force : le numérique rend disponible l'information et permet d'accélérer l'innovation.

Ainsi le dispositif PLM (Product Lifecycle Management) voit progressivement le jour. Il s'agit d'une plateforme numérique qui a été définie avec l'ambition d'intégrer tous les logiciels existants jusqu'alors, qui traitaient de contrôle des processus d'activités industrielles et de service. Pris dans sa définition promotionnelle, le PLM répond à un objectif de maîtrise de la totalité des opérations d'élaboration de la valeur offerte au client. Il utilise, pour cela, toutes les technologies disponibles afin de rendre compatibles les bases de données relatives

aux produits/services et aux méthodes. Il supporte donc la gestion de projet dans l'optique d'économiser du temps de conception, de l'énergie et du matériel lors du développement d'un produit (Grieves, 2006), mais également tout au long de son cycle de vie, puisqu'il permet l'actualisation, le maintien et la conservation de toutes les données relatives à ce dernier (Jarratt et al., 2011).

Dans un tel contexte, qui semble *a priori* paradoxal pour les activités d'un ingénieur, il s'agit de qualifier la création de valeur : celle-ci est-elle encore attachée à l'activité intrinsèque de l'ingénieur de conception ou bien relève-t-elle d'un système de management rendu hégémonique grâce aux technologies numériques ? Pour parvenir à qualifier le mode de création de valeur, il nous faut comprendre comment les entreprises définissent et exploitent ces plateformes d'aide à la conception que constituent les outils de type PLM. Puis il nous faut élucider comment ces entreprises, qui tentent de concilier production industrielle et innovation, influencent de la sorte le travail de conception des ingénieurs et la dimension créative de leur métier, en évaluant notamment dans quelles mesures l'utilisation de dispositifs PLM impactent leur marge d'autonomie.

Afin de conduire cette investigation, nous analysons dans une première partie les interactions entre système technique numérique et activité d'ingénieur en univers de conception, puis nous présentons la méthodologie de recherche utilisée et les terrains étudiés auprès de quelques professionnels. Pour terminer, nous exposons les résultats de la recherche empirique et avançons quelques arguments en matière d'implication des ingénieurs dans la création de valeur. Ce travail, qui constitue l'objet d'un début de recherche approfondie, n'est que le balbutiement d'un projet plus complet dans lequel il s'inscrit ; il est, en ce sens, largement exploratoire et ne représente donc que la genèse d'une étude que nous poursuivons actuellement.

## **1. PROCESSUS DE CONCEPTION ET ACTIVITE D'INGENIEUR DANS UN CONTEXTE DE PLATEFORME NUMERIQUE**

Il est difficile de comprendre l'essor des plateformes numériques dans le milieu professionnel de la conception sans adopter une perspective historique. Celle-ci existe et nous l'utilisons afin de confronter les modes de régulation imposées par les logiques de plateforme et les attitudes professionnelles des ingénieurs. Auparavant nous explicitons l'orientation conceptuelle de notre étude.

### **1.1. UNE ETUDE ORGANOLOGIQUE DES SYSTEMES DE CONCEPTION**

Conduire une analyse des systèmes numérisés de conception passe forcément par la mobilisation d'une analyse socio-technique renouvelée qui soit en mesure d'associer les théories de la pratique (Feldman et Orlikowski, 2011) aux théories de la conception (Hatchuel, 2006 ; Le Masson et Weil, 2008), et ceci dans un cadre général d'analyse des interactions humain-système (Canguilhem, 2013 ; Rabardel, 1995, 2002). Si cet équipement conceptuel paraît chargé, les choses sont en fait plus simples qu'elles pourraient paraître.

Les instruments utilisés quotidiennement par les professionnels sont des entités fondamentalement mixtes. L'instrument est constitué, du côté de l'objet, d'un artefact, d'une fraction, voire d'un ensemble d'artefacts matériels ou symboliques, et du côté du sujet utilisateur, d'organiseurs de l'activité (nommés schèmes d'utilisation) qui comprennent des dimensions représentatives et opératoires. Les deux composantes de l'instrument, artefact et schème, sont associées l'une à l'autre, mais elles sont également dans une relation d'indépendance relative, puisqu'un même schème d'utilisation peut s'appliquer à une multiplicité d'artefacts, et, inversement, un artefact est susceptible de s'insérer dans une multiplicité de schèmes d'utilisation qui vont lui attribuer des sens et parfois des fonctions différentes (Rabardel, 2002, p. 284).

L'analyse organologique consiste à procéder de telle manière afin d'étudier les activités impliquées dans des fonctionnements liés aux automatismes. La société est une extériorité d'organes que l'homme peut utiliser. Trois types d'organes occupent l'espace : des organes techniques ou artefactuels, des organes sociaux (relations sociales avec différents degrés de structuration), des organes psychiques (attention, rétention, protention). Les activités humaines se déploient avec ces trois catégories d'organes en interaction (Canguilhem, 2013, Stiegler, 2015).

Les technologies numériques nous invitent directement à renouveler notre approche de l'activité de travail car elles affectent de manière systématique les organes psychiques. Dans l'histoire industrielle, les ateliers ont été vidés et les bureaux remplis, et aujourd'hui ce sont les bureaux qui sont dégarnis (Lahlou et alii., 2012). La numérisation affecte les objets, les acteurs et les processus matériels qui sont tous représentés par une image numérique dans les systèmes d'information. Internet permet de mettre en relation ces images de manière continue. Dans ce contexte largement globalisé, et a priori fluide pour les pratiques, « les gains en efficacité attendus dans ces grands systèmes de production sont désormais de nature systémique ... ils proviennent de la mise en relation des différents éléments du système, y compris la contribution de ses utilisateurs et clients » (Lahlou et alii, 2012, p.2).

Ces technologies appellent de fait une « économie de l'attention » (Citton, 2014). Immergés dans une chaîne de valeur, au moins autant que dans un processus de conception autonome géré selon des critères professionnels, les ingénieurs sont appelés à faire preuve d'attention. Celle-ci doit en fait porter sur le flux d'information qui, alimenté régulièrement en fonction du déroulement des opérations, ne supporte aucune interruption. Ce flux peut éventuellement tolérer des remises en cause des objectifs initiaux ou des méthodes de réalisation, mais il doit pouvoir être reconfiguré rapidement afin de tenir les engagements de coût et de délai.

Comment se réaliseront les cycles d'attention (rétention, protention) exigés de leur part ? C'est la question centrale et critique des systèmes d'activité numérisés.

Notre cadre d'analyse organologique est en fait intégré à l'étude historique que nous présentons de manière plus pratique en matière de numérisation, puis il est intégré à l'analyse des données empiriques que nous avons élaborées.

## **1.2. LES ENSEIGNEMENTS D'UNE PERSPECTIVE HISTORIQUE**

Selon Jean-Pierre Poitou (1988), qui a établi une histoire de l'évolution du travail au sein des bureaux d'étude de la régie Renault jusqu'aux années 1980, un processus de rationalisation industrielle a été développé par la direction afin de disposer de définitions numériques immédiatement utilisables. Il s'agissait de rassembler un ensemble le plus complet possible d'informations, qui allaient progressivement se substituer à la longue suite des opérations traditionnelles : la fabrication à la main, les mesures, le tracé. Pour l'auteur, la CAO (conception assistée par ordinateur) est une mutation technique qui bouleverse les modes de coordination. De cette manière, la CAO supprime certaines étapes et inverse la démarche de

conception. Ainsi, auparavant, la définition partait de la pièce, puis les volumes en étaient déduits et les interfaces entre les pièces étaient maîtrisées. Avec la CAO, les pièces environnantes sont décrites dans une première étape, ce qui permet de définir le volume de l'objet, puis, dans une seconde étape, de dessiner les pièces constituant l'objet.

Les gains de temps dégagés par la CAO chez Renault sont spectaculaires : de trois semaines à une demi-journée pour certaines étapes de dessin. Dans le même temps, une division du travail s'installe entre les différents niveaux de conception.

Rappelons que tout au long des années 80, le nombre des ingénieurs et cadres de l'industrie est très stable (autour de 100.000). À partir de 1990, la progression est croissante : 120.000 en 1992, 224.000 en 2005 pour finalement atteindre 274.000 en 2013 (DARES, 2016). La population des ingénieurs s'étoffe considérablement et va se structurer en plusieurs familles distinctes. Ce développement est marqué symboliquement par l'émergence de grandes firmes, qui élaborent une conception pour concepteurs : l'industrie du logiciel de conception se développe. En France, Dassault Aviation libère son département logiciel : Dassault Systèmes voit le jour en 1981 avec 25 ingénieurs (plus de 5000 en 2017) et devient l'un des leaders mondiaux de la maquette numérique au cours des années 90.

Les années 2000 sont, pour leur part, celles de l'essor documentaire des produits et processus, et de la standardisation des composants dans le but de faciliter l'innovation par reconfiguration.

Les bureaux de conception connaissent dans cette période une véritable mutation sémiologique (Le Masson et Weil, 2008). Le travail de conception débute avec la définition des besoins du client (langage fonctionnel), puis les métiers sont mobilisés afin d'orienter les différentes étapes (langage métiers). Dans l'univers industriel, cette conception s'incarne dans des formes d'objet : un langage physico-morphologique se développe afin de symboliser ces formes. Enfin, l'ensemble des formes est mis en ordre dans une nomenclature qui détaille la totalité des pièces nécessaires et leur assemblage final (langage de conception détaillé).

Le PLM va permettre un usage systématique de ces différents langages. En théorie, les quatre langages vont coexister dans un grand système de conception, mais cela constitue seulement une possibilité théorique. Les orientations économiques vont donner un tour particulier aux potentialités technologiques.

### **1.3. UN METIER D'INGENIEUR « SUR LE FIL » : QUE DEVIENT LA CREATION ?**

Entendu comme devant offrir une certaine expansion des connaissances via l'expérience (Hatchuel, Le Masson, Weil, 2006), l'ingénieur est censé être créatif et utiliser couramment l'abstraction de par l'usage qu'il peut faire des sciences et des mathématiques (Vérin, 1993). C'est bien en ce sens qu'il semble immuablement faire partie des « professionnels » de la création de valeur via l'innovation (Le Masson, Weil, Hatchuel, 2006).

Si l'acte de travail nécessite toujours des capacités créatives (Zarifian, 1995 ; Alter, 2000), l'activité de conception en particulier est vue comme l'espace primordial d'expression de l'innovation technique (Bucciarelli, 1994), de la créativité et de l'intellectualisation du travail (Perlow et Baily, 1997), étant donnée son évolution constante. L'organisation du travail de conception est donc « en permanence confrontée à la nécessité de réviser les systèmes de règles et de restaurer les compétences qui les fondent », (Le Masson et Weil, 2008).

Du fait de la recherche d'un dépassement de l'existant, très logiquement soutenue par une créativité certaine, on devine, en filigrane, une autonomie a priori forte de l'ingénieur par rapport au procès de production dans son ensemble. Pourtant, quoique le travail de conception devienne de plus en plus exigeant, créatif et innovant, l'espace de liberté des ingénieurs tend à se restreindre de par les dispositifs de gestion désormais utilisés (Massot, 2009 ; Goussard, 2011). Il semble se développer, dans la profession et au sein des entreprises, une division du travail importante, engendrant tout à la fois polarisation des savoirs de conception et parcellisation des tâches (Petit, 2016).

Selon Crawford (1987), la nature de l'activité des ingénieurs, centrée sur l'innovation et la gestion de projets, les protège de la déqualification, même lorsque leur périmètre d'action est limité. L'auteur fait référence à leur latitude pour décider de la façon et du moment de s'acquitter de leurs responsabilités, en témoigne l'absence de supervision directe. Cette liberté d'organiser le travail serait typique de la nécessaire autonomie à tout emploi technique. Cette analyse est intégrée dans une mise en perspective historique en termes de salariat de confiance (Bouffartigue, 1999). L'analyse en ressort fort nuancée : les cadres et ingénieurs n'entretiennent pas la même relation que d'autres catégories à l'organisation qui les emploie. Ils développent une implication subjective en passant plus de temps et en investissant plus d'énergie afin de résoudre des problèmes, suivant une inspiration proche de celle de leur employeur. Mais plusieurs facteurs datés dans l'histoire sociale viennent perturber cet état de

confiance. Six dimensions viendraient bouleverser cette partie du salariat qui, en se segmentant, n'offrirait plus le même soutien à ses employeurs. Parmi ces six facteurs, on retrouve la montée en puissance des professions centrées sur l'expertise. L'expertise et le conseil sont, parmi les fonctions exercées par les ingénieurs, celles qui ont été désignées comme légitimes afin de prescrire une partie de l'activité de conception. Cette évolution prend appui sur la maîtrise des données de conception, qui s'exprime au travers de l'installation des plateformes numériques.

#### **1.4. LA PLATEFORME NUMERIQUE ET LE PLM COMME IMPOSITION D'UN LANGAGE DE CONCEPTION**

Concevoir rapidement de la nouveauté à moindre coût relève d'une organisation industrielle qui n'est pas inédite. Cet enjeu s'incarne dans la modularité. « La modularité relève d'une règle de conception visant à concevoir l'architecture d'un produit en une série de sous-systèmes hiérarchiquement emboîtés, reliés les uns aux autres par des interfaces, physiques et informationnelles, stabilisées et le moins nombreuses possibles. L'objectif premier d'une telle architecture est de réduire la complexité systémique. » (Frigant et Jullien, 2014, p. 11). Comment, alors, opérer la mise en cohérence de dizaines voire parfois de centaines de modules ? Selon un principe de générativité qui qualifie la fonction centrale d'une plateforme. Cette générativité rappelle fortement le concept de généricité développé par Terry Shinn à propos des premiers instruments scientifiques massifs. La généricité est le principe qui permet à différents acteurs, développant chacun des ressources particulières, de trouver des points d'accord sur quelques principes techniques ou sociaux uniques. Selon Shinn (2000), le concept de généricité renvoie à trois éléments (le propos de l'auteur est légèrement adapté au contexte du numérique par nos soins).

Premièrement, les acteurs s'intéressent particulièrement aux règles qui gouvernent la conception, la construction et l'exploitation d'appareils de précision. La généricité suppose des pratiques compatibles avec la construction et l'utilisation d'appareils qui incarnent les principes fondamentaux de l'instrumentation.

En second lieu, la généricité renvoie à une conception particulière des instruments : elle consiste à respecter la nécessité de maximiser la variété et le nombre des utilisateurs disposant de technologies locales leur permettant d'incorporer les caractéristiques clés du modèle technico-instrumental proposé.

Enfin l'idée de « modularité » est centrale dans la généricité. Elle suppose de concevoir les instruments de façon à ce qu'ils puissent aisément être ouverts et désassemblés en fonction d'un besoin. C'est tout le contraire de la notion de boîte noire. Le concept-souche de l'instrument constitue le point de départ à partir duquel les utilisateurs finaux peuvent refondre leurs propres instruments, en réinsérant les aspects pertinents du concept générique dans les systèmes techniques locaux.

Cette rationalisation du processus de conception paraît recherchée depuis longtemps au sein des firmes, étant donné qu'elle semble invariablement amener vers un surcroît d'efficacité (Baldwin et Woodard, 2015). Aussi, elle n'est pas sans rappeler le modèle dominant de la conception industrielle : le « New Product Development » (NPD). Ce modèle envisage en effet la conception comme une succession d'étapes visant chacune à améliorer la définition du produit en cours de conception. Ces étapes identifiées se succèdent pour progressivement intervertir des degrés de liberté de conception contre de la connaissance sur le produit, ce qui conduit à diminuer les incertitudes au cours du temps. La conception s'achève lorsque tous les degrés de liberté ont été épuisés et les incertitudes levées.

En ce sens, les technologies numériques interviennent dans le but de simplifier la mise en commun d'activités différentes, tout en maîtrisant les coûts de transaction liés aux différences technologiques. Les API (Application Programming Interface) et SDK (Software Development Kit) ont été mis au point sur le plan informatique pour faciliter cette générativité.

Le principe de la plateforme semble, de ce point de vue, respecter les deux enjeux de la conception : générativité et robustesse. Les produits conçus avec cette technologie de plateforme sont des ensembles renouvelés de composants standardisés (Meyer et Lehnd, 1997). Ainsi, l'architecture des plateformes s'organise avec un système partagé entre un assortiment de composants « durables », dotés d'une variabilité extrêmement basse, et un assortiment complémentaire de composants « périphériques », en marge, dotés d'une variabilité plutôt forte (Tushman et Murmann, 1998).

Cette architecture, qui se veut aussi bien normative que prolifique, peut certes engendrer de la nouveauté, mais toujours à partir de l'existant et sans laisser aux ingénieurs l'accès total à leurs imaginations et représentations mentales individuelles.

Sur le plan de l'organisation du travail, jadis, les ingénieurs utilisaient des planches à dessin et autres cartes de calcul afin de développer leurs idées ; aujourd'hui, ce sont des logiciels

puissants qui supportent ces mêmes ingénieurs dans leurs tâches. Nous établissons, de la sorte, les prémisses des logiciels qui vont progressivement équiper ces plateformes. Depuis l'émergence de la CAO dans les années 1980, jusqu'à l'intégration des bases de données du cycle de vie du produit aujourd'hui, c'est un encadrement de plus en plus affirmé des activités des ingénieurs de conception qui semble s'affirmer. Qu'en est-il alors de la capacité d'initiative des ingénieurs et, partant, de leur potentiel créatif ?

Désormais, ingénieurs et techniciens manipulent virtuellement diverses données via des logiciels de conception et de calcul (Petit, 2016), et semblent ainsi moins libres de spécifier le dessin et le dimensionnement des pièces car ils doivent intégrer, dans leur travail, à la fois des contraintes de fabricabilité et de performance (Le Masson et Weil, 2008). Ainsi, nous assistons à un renoncement des ingénieurs de conception à une part conséquente de leur autonomie professionnelle puisqu'ils sont exposés à des contraintes de production plus immédiates (Petit, 2016), réalisant, par là même, un travail relevant davantage de l'assemblage que d'un travail singulier.

Dès lors, dans quelles mesures appréhender le travail des ingénieurs – à partir des plateformes numériques et du PLM – comme de la « création », quand bien même celle-ci repose désormais sur la réutilisation stricte de composants antérieurs, souvent similaires ?

## **2. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE**

L'étude empirique nous a fourni l'opportunité de mobiliser le modèle de la « généralisation conceptuelle » (Glaser, 2004 ; Tsoukas, 2009), qui conduit à développer des connaissances « génériques » à partir d'un matériau empirique dont les informations proviennent de sources diverses, puis à identifier des raisons plausibles aux similarités et disparités perçues entre les manifestations du phénomène étudié. Par ce moyen, nous parvenons à comprendre en quoi la créativité semble être négativement affectée par l'utilisation des plateformes numériques et autres PLM en entreprise, et surtout quels facteurs peuvent être à l'origine de ces impacts négatifs.

La recherche que nous menons est à la fois de nature descriptive et explicative, puisque nous cherchons, d'une part, à qualifier précisément les nouvelles plateformes de conception et le PLM, afin de bien appréhender les enjeux qu'impliquent ces nouveaux dispositifs ; d'autre part, à comprendre comment de tels outils peuvent encourager ou, a contrario, brider la

créativité des ingénieurs qui les utilisent.

Pour cela, nous avons choisi une approche qualitative car l'information que nous approfondissions et les phénomènes que nous étudions – les capacités créatives des ingénieurs, les plateformes numériques et l'outil PLM – étaient trop complexes pour être mesurés par un instrument standard. En effet, une approche quantitative aurait été réductrice vu la complexité des organisations et des acteurs impliqués.

Nous avons procédé à une collecte de données par enquête auprès de quatorze acteurs de la conception et de spécialistes du PLM impliqués dans des structures et projets à partir d'entretiens semi-directifs. Nous avons favorisé une diversité de profils professionnels : des ingénieurs de conception, des ergonomes, des managers dans des entreprises aux profils hétérogènes.

**Tableau 1 – Profils professionnels des professionnels sollicités pour les entretiens**

Entretiens	Secteur d'activité	Titre professionnel	Âge	Sexe
E.01	Aérospatial	Ergonome rattachée à l'industrie	50 ans	F
E.02	Aérospatial	Ingénieur équipement	32 ans	M
E.03	Aérospatial	Préparateur prototype	25 ans	M
E.04	Edition de logiciels spécialisés	Manager consultant spécialiste du PLM	53 ans	M
E.05	Equipementier	Ingénieur consultant PLM	47 ans	M
E.06	Systèmes électroniques	Ingénieur radar	66 ans	M
E.07	Microélectronique	Chef Département Ecole Ingénieur	59 ans	M
E.08	Conseil	Ergonome	29 ans	F
E.09	Microélectronique	Architecte produit	43 ans	M
E.10	Biopharmacie	Chef de produit	51 ans	F
E.11	Conseil PLM	Consultant PLM	54 ans	M
E.12	Aérospatial	Ingénieur du bureau d'études	34 ans	M
E.13	Editeur logiciel	Responsable commercial	52 ans	M
E.14	Aéronautique	Ingénieur conception	55 ans	M

Chacun des professionnels avait un rapport nécessairement différent à l'outil d'aide à la conception ainsi qu'une vision du processus variable. Cela nous a permis de conduire – dans

le cadre d'une analyse thématique – une analyse horizontale des données, par thèmes abordés, et une compréhension comparative assez fine des objets étudiés – les plateformes numériques et le PLM – et de leurs implications quant à l'aspect créatif du travail d'ingénieur.

Nos entretiens sont donc issus de contextes variés avec toutefois une certaine concentration dans des secteurs industriels réduits. Notre choix s'est en effet porté vers les secteurs qui ont la plus grande ancienneté dans l'utilisation de ces technologies numériques. Dans ce cadre, ils visent à établir les profils de responsabilité des ingénieurs et managers, leur domaine d'activité, les dispositifs techniques dans lesquels ils sont impliqués et leur compréhension quant aux plateformes numériques, au PLM et à la créativité des ingénieurs eu égard à ces outils.

Ces entretiens nous permettent de comparer assez finement ces points selon les individus, leurs responsabilités, leurs métiers ou tout simplement le rapport qu'ils entretiennent aux nouvelles technologies et l'utilisation (ou l'observation) qu'ils en font dans leur métier. Ils nous permettent également de comprendre comment le processus de conception est rationalisé et mené, ainsi que de recueillir les appréciations des professionnels quant au devenir de leurs processus cognitifs créatifs.

Nous sommes dès lors en mesure de traiter les données et les informations recueillies relativement aux idées que nous avons formulées préalablement – ceci en repérant les thèmes récurrents entre les entretiens menés – selon lesquelles les entreprises qui utilisent des plateformes de conception et notamment le PLM peuvent, selon les cas, rajouter des normes sur le travail de conception des ingénieurs et, ainsi, handicaper leurs potentiels créatifs.

Les caractéristiques que nous avons prises en compte sont :

- l'utilisation ou non d'un outil PLM et les effets impliqués, respectivement, en termes de normes ressenties reposant par les concepteurs et/ou les encadrants,
- la créativité permise aux ingénieurs par de tels dispositifs,
- enfin le PLM en tant qu'organisation emblématique de la plateforme numérique et les attentes qu'on lui prête.

L'analyse des données est fondée sur ces caractéristiques préalables. Nous attribuons, à chaque fois, les récits des différents professionnels sur le sujet. Nous conduisons l'analyse en comparant les données dans le but de repérer d'éventuelles tendances et de comprendre comment les contextes peuvent les influencer. Afin de mener une analyse pertinente, nous

avons choisi d'interroger quatorze personnes aux fonctions, domaines d'intervention, places dans le processus de conception et utilisations des outils d'aide à la conception très différentes.

Les limites de notre étude et notamment de la méthodologie utilisée tiennent dans le fait que ce travail est, en l'état, largement exploratoire ; nous avons donc conscience de l'insuffisance que représente le simple traitement thématique de données rattachées à quatorze entretiens. En l'occurrence, le projet tient dans l'optique future proche d'une étude de cas plus approfondie, menée dans une grande entreprise du secteur aéronautique : du fait de son intégration de nouveaux outils d'aide à la conception de type PLM, nous pourrions être à même de bien caractériser les interactions humains-machines, les comprendre et notamment observer le travail des ingénieurs avec les nouveaux outils en question et la dynamique d'interaction que nous pressentons – sub-présentée dans nos résultats – entre le degré d'ouverture du dispositif et les directives, propres à l'organisation, imposées aux utilisateurs. Aussi, nous savons que les idées émises initialement ne trouvent pas de validation ou invalidation dans notre recherche, mais parvenons néanmoins à déterminer des tendances intéressantes – notamment quant à l'évolution de la créativité des ingénieurs au sein des entreprises depuis l'utilisation des plateformes numériques ou du PLM – qui sont en mesure d'orienter notre raisonnement en vue d'une étude qualitative d'observation *in situ* plus fine et probante, qui fera sans doute émerger des résultats représentatifs, reproductibles et significatifs.

### **3. PLATEFORME NUMERIQUE ET CODIFICATION DU PROCESSUS DE CONCEPTION : VERS UNE NORMALISATION DU TRAVAIL DE L'INGENIEUR ?**

#### **3.1. LA PLATEFORME NUMERIQUE ET LE PLM : OUTILS OUVERTS OU FERMES DE LA CONCEPTION ?**

Au cours de notre enquête, nous avons d'abord constaté l'existence de différents types d'outils d'aide à la conception s'apparentant à différents logiciels et plateformes numériques. Nous avons, par exemple, rencontré des ingénieurs travaillant sur l'outil *Catia*<sup>®</sup> – l'un des logiciels de conception assistée par ordinateur les plus anciens commercialisé par Dassault Système – d'autres utilisant plutôt *Cadence*<sup>®</sup> ou bien encore *Mentor*<sup>®</sup>.

E.06, expert radar récemment retraité, parle moins, à propos du PLM, de normes que de «

protocoles, fixés et figés », qui servent de « cadre pour l'ensemble des concepteurs ». Le but de l'outil réside, d'après lui, dans l'« intégration de toutes les données », rendues ensuite « accessibles pour l'action ». C'est-à-dire que « chaque entité est définie, ainsi que chaque variable », dans l'optique de produire « un langage commun » que chacun est, dès lors, en mesure d'utiliser.

Selon E.07, chef de département dans une école d'ingénieur, les maquettes numériques sont toutes formatées de la même manière. Ceci nous amène à comprendre le PLM tel que nous l'avons préalablement appréhendé : c'est-à-dire extrêmement normatif. E.09, architecte produit, nous en donne d'ailleurs un exemple assez concret : au sein de son entreprise, les logiciels de conception utilisés sont *Cadence*<sup>©</sup> et *Mentor*<sup>©</sup> – spécifiques à la microélectronique – et nécessitent de suivre un manuel de règles *stricto sensu*, afin que les machines puissent ensuite être en mesure de réaliser les produits convenablement. De ce fait, les logiciels proposent, d'emblée, des transistors déjà schématisés, « à poser » ensuite numériquement, afin que l'amplificateur « finisse par se faire automatiquement ».

Malgré une diversité apparente, ces outillages supports de la conception sont toujours contraints par une norme plutôt explicite d'intégration poussée des composants du produit, mais également des opérations composant le procès d'élaboration de la maquette numérique relative à l'objet. Nous sommes en présence d'un dispositif semi-ouvert, sinon fermé, comme nous avons pu l'envisager plus avant.

### **3.2. UNE CREATIVITE DES INGENIEURS MISE EN QUESTION PAR LES PLATEFORMES NUMERIQUES ?**

La plupart des entretiens évoque effectivement une certaine coercition induite par le PLM, qui vient très souvent brider la créativité des ingénieurs.

Les dispositifs numériques sont d'abord appréhendés par les acteurs comme des objets coercitifs laissant peu de place à leur créativité. En effet, si E.03, préparateur prototype engineering, évoque simplement une « soumission à énormément de normes, de règles et de calculs », sans plus entrer dans le détail, on relève l'analyse de E.01, ergonomiste dans l'industrie, qui vient enrichir ce témoignage lorsqu'elle évoque la « mise en place d'espaces collaboratifs, pour, de nouveau, travailler ensemble, *comme avant on pouvait le faire autour d'une planche à dessin*, qui ne faisait pas perdre le sens des réalités aux concepteurs ».

Pour d'autres, pourtant, les outils d'aide à la conception et le PLM sont l'occasion de dépasser

les limites individuelles et d'être plus créatif en travaillant mieux ensemble. E.02, ingénieur équipement, perçoit par exemple *Catia*<sup>®</sup> comme un « outil extrêmement « open », qui permet de stocker des données et déploie une arborescence intéressante », instaurant une « conception clairement collaborative », même s'il précise que ces dispositifs vont « forcément limiter la créativité » et ne sont pas appropriés « si l'on souhaite faire du « style » ». En revanche, il souligne leur adaptation naturelle « si on les utilise pour la conception de produits d'emblée normés ».

Selon E.07, responsable de formation dans une école d'ingénieur, l'inventivité peut même être encouragée par ces outils selon les cas puisque, « même si les modules des outils sont standardisés, leurs combinaisons délivrent des objets originaux » et « n'empêchent pas la créativité ». Relevons cependant une ambiguïté lorsque la même personne complète le propos à notre demande : « certes toutes les voitures se ressemblent ». Ce point semble créer quelques complexités dans les structures exploitant le PLM, puisque les professionnels interrogés font très souvent le constat d'une créativité qui meurt dès l'utilisation de l'outil.

Ces contradictions entre l'outil et le processus de conception, et intrinsèques à l'utilisation de l'outil seul, renvoient de fait aux termes employés par Hatchuel, de « robustesse » et de « générativité ». En effet, il semble que des regards différents peuvent être portés sur un même dispositif, et nous avançons que cela peut être engendré par la difficulté à les adapter correctement au processus. Ainsi, il apparaît que, peut-être, l'outil n'est pas le véritable nœud gordien d'une créativité des ingénieurs accrue ou déclinante au sein des firmes actuellement.

Si l'outil est capable, d'emblée, de répondre correctement à ces deux exigences – de robustesse et de générativité, en apparence contradictoires, peut-être ne sont-ce pas ses caractéristiques que nous devons mettre en question afin de comprendre la bonne ou mauvaise gestion de la créativité des ingénieurs, mais bien plutôt la manière et les directives d'exploitation que chaque entreprise dicte dans l'optique de son utilisation par ces derniers.

### **3.3. LA CREATIVITE DES INGENIEURS : UNE AFFAIRE DE GESTION, BIEN PLUS QUE D'UTILISATION DE LA PLATEFORME NUMERIQUE**

Dans des conditions particulières, l'outil d'aide à la conception peut s'avérer être un simple support et non plus s'apparenter à une quelconque coercition.

C'est le cas, par exemple, au sein de l'entreprise dans laquelle travaille E.09, architecte produit. Il nous expose un processus de conception qui « rassemble tous les domaines, où il y

a peu de spécialisation », contrairement à ce qui a pu nous être communiqué concernant d'autres structures. Ainsi, « les ingénieurs travaillent sur tout », ont « une grande marge de créativité et une vision globale » du projet dans lequel ils s'impliquent. Autres grandes différences que nous observons par rapport à d'autres entreprises à l'intérieur desquelles nous avons pu discuter avec des employés, « les métiers sont laissés libres », et « les machines sont uniquement là pour la fabrication », et interviennent « en aval, pas en amont ».

Ce que nous observons là est que, dans certaines entreprises – et notamment lorsque nous changeons de secteur et/ou de taille de firme – la créativité de l'ingénieur et les outils d'aide qui y sont rattachés sont utilisés et perçus de manière tout à fait différente.

Cela semble s'expliquer par des différences de stratégies affichées. Les plus petites structures, a priori encore aujourd'hui sont, selon les cas, moins préoccupées par les questions de délais, et parviennent ainsi à utiliser l'outil comme un simple support, ce qui semble largement bénéfique à la créativité des ingénieurs. Les grandes industries à produits complexes en revanche, très pressées par le temps, instrumentalisent le processus de conception et les ingénieurs. Dans le premier cas, les logiciels sont mis au service de l'ingénieur, ce qui fait penser à une structuration ouverte du processus de conception et s'avère être favorable aux aspects créatifs propres au métier d'ingénieur. Dans le second cas en revanche, le professionnel semble plutôt contraint par les logiciels – alors même qu'ils peuvent être identiques – ce qui évoque finalement une structuration de l'action semi-ouverte – voire fermée en fonction du degré de coercition impartie – paraissant plutôt préjudiciable à la créativité des ingénieurs.

E.07, chef de département dans une école d'ingénieur, différencie bien, à ce propos, le fonctionnement des petites et moyennes entreprises de celui des grandes entreprises : dans les plus petites structures, l'ingénieur « fait tout, il *répond aux spécifications* », ce qui induit « *moins de spécialisation* », à l'inverse de ce qui se passe dans les plus grandes firmes, comme nous avons d'ailleurs pu l'observer lors des différents entretiens conduits.

E.05, responsable d'un PLM dans une grande industrie, envisage le dispositif en termes de cadrage de l'action. Le PLM instaure bien selon lui, de prime abord, un certain nombre de « règles et de procédures écrites qui cadrent l'usage de la plateforme », en imposant de la « rigueur, des contraintes et de plus en plus d'administration sur les données », ce qui a pour conséquence d'induire « de moins en moins de design » et d'éloigner les ingénieurs de leur

cœur de métier : « on s'adresse à des profils d'utilisateurs de l'ingénierie (le bureau d'études), dont le cœur de métier est l'invention, or leurs retours sont qu'ils se sentent bridés dans leur création ». Pourtant, il nous assure que l'idée contraire existe également et qu'elle est justifiée ; en ce sens, le « PLM est un atout car il libère l'esprit pour se concentrer justement sur le cœur de métier : la création ; il faut démontrer qu'il apporte en fait un confort, et permet de faire plus, en libérant les utilisateurs des tâches subalternes ».

E.11, consultant ayant installé des PLM durant 15 années dans l'industrie ainsi que dans la banque, porte deux regards contradictoires sur ce dispositif. D'une part, la logique du PLM achève le long processus de rationalisation du soutien à la conception : c'est une véritable exhaustivité des données relatives au produit qui est visée. En ce sens, « le PLM est un référentiel qui met de l'ordre, libère des contraintes de recherche d'information et allège les temps d'harmonisation ». Mais dans le même temps, le PLM « est un bloqueur de conception, il entrave trop les initiatives ». En complément insérons ici les propos de E.06, nous confiant que « ces plateformes sont des machines à brasser du vide ». Au prix de plusieurs reformulations, ce professionnel nous fait comprendre que la logique du produit (nomenclature, décomposition de la valeur du produit complexe) l'a emporté sur les logiques des différents métiers de l'entreprise. Ces derniers ont été mis au service de la chaîne de valeur qui est devenue l'imaginaire dominant au sein de l'industrie. E.11 nous livre la même analyse en déplorant la négligence des directions vis-à-vis des capacités des métiers à formuler des axes d'innovation. En fait les outils numériques, tels que les plateformes PLM, ont été orientés vers une structuration par le produit et non par les métiers des concepteurs. Il en résulte au fil du temps un appauvrissement des créativité industrielles.

En fait, le PLM s'apparente tout à la fois à deux manières de le concevoir puis de l'exploiter. Souvent dans sa conception (durant plusieurs mois), le PLM est d'emblée structuré par les capacités informatiques de représentation des objets et des liens entre objets. Cette fascination vis-à-vis des possibilités de l'informatique aveugle les directions qui, de fait, oublient que leurs organisations recèlent de savoir-faire particulièrement élaborés. Puis dans la phase d'utilisation, il est soit appréhendé comme « bloqueur de conception et de création, qui entrave trop les initiatives », soit perçu, au contraire, comme « référentiel qui met de l'ordre, libère des contraintes de recherche d'informations et allège les temps d'harmonisation ».

Le bilan conduit à penser que les outils numériques sont fondés sur des bases qui sont plutôt

modulables. Mais, en fonction des directives imposées, ils ne répondent pas de la même manière aux exigences qui sont celles du processus de conception.

En particulier, les grandes structures ou les industries complexes – par exemple l'aéronautique et l'automobile – ne semblent pas utiliser l'outil PLM dans un objectif de créativité des ingénieurs, mais bien plutôt dans une optique de rationalité et d'optimisation du processus de conception, dans une logique affichée de gain de temps et de réduction des coûts.

#### **3.4. ORGANISATION DOMINANTE DE LA CONCEPTION ET SEGMENTATION DES QUALIFICATIONS INGENIEURS**

Pour ce qui concerne ces industries complexes, une segmentation semble ainsi se dessiner entre un groupe, réduit en taille, d'ingénieurs définissant les orientations de la valeur proposée par l'entreprise, et un groupe, beaucoup plus large, d'ingénieurs qui développent ces orientations selon un planning et des techniques définis par des spécialistes. Les systèmes PLM qui fournissent les informations techniques prescrivent de fait point par point les différents processus d'activité des ingénieurs affectés au développement. Cette tendance à la segmentation au sein de la population des ingénieurs de conception nous paraît cohérente avec le modèle dominant de la conception industrielle, le « New Product Development » (NPD). En effet, une phase consacrée à la créativité semble s'être imposée en phase amont du processus, dénommée « creative front end ». C'est cette phase qui prend en charge les incertitudes. Ainsi deux univers structurent le processus de conception : un univers de créativité ouvert aux imaginaires des concepteurs et un univers, plus standardisé, de développement de conception. Créativité et développement produit sont ainsi traités comme deux phases distinctes. Et de cette manière s'opère une décomposition en silos métiers (Paraponaris, 2017).

Cette approche dominante de la conception a été adoptée par les grands éditeurs de logiciels. Ils offrent une conception prédécoupée avec peu de marges de liberté à des bureaux d'étude qui voient leur travail allégé mais, aussi et surtout, entravé d'une créativité qu'ils souhaiteraient sans doute développer. Selon les termes d'Arrighi, les processus industriels de conception se déroulent massivement *via* des suites logicielles de conception numériques qui sont devenues indispensables pour la réalisation de la quasi-totalité des produits manufacturés. La diffusion de ces outils a été facilitée par la démocratisation des ordinateurs

associée au phénoménal accroissement de leurs performances. La tendance actuelle serait orientée vers une généralisation accélérée de l'utilisation de tels outils, pour l'ensemble des industries et pour la totalité des phases du processus de conception. La puissance des suites de conception du PLM permet de gérer numériquement des étapes clés telles que la conception d'usines, la commande de matière premières ou encore la gestion de la maintenance du produit au sein d'un unique environnement logiciel.

Bien que n'étant pas entrés dans la totalité des modes d'existence des professionnels (rémunérations et carrières notamment), nous pouvons avancer que cette segmentation au sein du potentiel créatif des ingénieurs constitue un mouvement objectif de déqualification d'une partie des ingénieurs de conception. A la faveur des technologies numériques, ce mouvement pourrait s'amplifier et accentuer la séparation entre ingénieurs créateurs et ingénieurs développeurs.

## CONCLUSION

L'utilisation en entreprise des plateformes numériques a nécessairement un impact sur la créativité des ingénieurs. Des normes se rajoutent sur leur travail de conception et viennent, le plus souvent, handicaper leur efficacité créative. Cependant, les protocoles inhérents à l'outil PLM paraissent en fait modulables et instrumentalisés différemment selon la manière dont les firmes décident de le gérer et l'encadrer. En l'état et la plupart du temps, les plateformes numériques semblent offrir un certain nombre de représentations se voulant exhaustives des objets, et qui permettent bien aux ingénieurs de gagner du temps dans leurs tâches et de parvenir à la conception d'un produit rapide et tout à fait correct. Ce constat prend place dans une perspective managériale au sens étroit dans laquelle la création de valeur se fonde sur la nouveauté commerciale. Cette perspective de court terme fait, de fait, l'impasse sur le renouvellement à moyen terme des métiers de la conception. L'activité des ingénieurs devient assujettie au système numérisé de création de valeur. Pourtant, indubitablement, il semble que les dessins de jadis permettaient à l'imagination de mieux faire « son travail », et aux ingénieurs de conserver et développer les caractéristiques définissant leur métier même : l'ingéniosité, l'inventivité, le « génie ». Ainsi, lorsqu'il s'agissait de concevoir des nouveautés, ils « ne les voyaient pas de leurs yeux, mais pouvaient les voir avec leur imagination. De cette façon leur intelligence, aidée par l'imagination, parvenait à de nouvelles vérités géométriques » (Gardner, 1964, p.27).

Depuis, une partition de la conception industrielle s'est mise en place : des ingénieurs informatiques mettent au point des dispositifs d'aide à la conception inspiré par un modèle dominant de créativité. Ces dispositifs s'adressent à une partie des ingénieurs : ceux qui développent l'activité selon les spécifications de leurs collègues intervenant plus en amont. Mais, si ces derniers peuvent être qualifiés de pleinement créatifs, eu égard aux degrés d'incertitude qu'ils affrontent, tel n'est plus le cas des « développeurs » qui semblent destinés à aller vers des qualifications de techniciens du développement des produits et services. Dans cette perspective, il paraît intéressant de se demander plus précisément quelles sont les évolutions du métier d'ingénieur – notamment du métier d'ingénieur développement – et ses nouvelles caractéristiques ; également, de savoir comment les nouveaux outils d'aide à la conception tel que le PLM se contextualisent différemment selon les organisations, impactant les ingénieurs outre le fait qu'une partie d'entre eux peut voir ses prérogatives en termes de créativité réduites. Ces questions constitueront, en partie, la poursuite de cette recherche.

## RÉFÉRENCES

- ALTER N., (2000), *L'innovation ordinaire*, Paris : Presses Universitaires de France.
- ARRIGHI P-A., (2014) Modèles d'intégration des designers créatifs dans les processus de conception industriels. Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- BALDWIN C., WOODARD C. J., (2015), « The architecture of platforms: a unified view », in GAWER Annabelle, *Platforms, Markets and Innovation*, 19-44.
- BOUFFARTIGUE P., (1999), Les cadres : la déstabilisation d'un salariat de confiance. Document LEST CNRS. Aix en Provence.
- BUCCIARELLI L., (1994), *Designers Engineers*, Cambridge, MIT Press.
- BURLET M., (2008), *Des cadres à l'organisation, de l'organisation aux cadres. Le cas des ingénieurs et cadres techniques du secteur de la conception de Renault*. Thèse de doctorat de sociologie, Lille : Université des sciences et technologies.
- CANGUILHEM, G (2013) *Le normal et le pathologique*. 12ème édition. Paris: Presses Universitaires de France.
- CASILLI, A., (2015), « Digital Labor : travail, technologies et conflictualités », in CARDON D., Casilli, A., *Qu'est-ce que le digital labor ?* Paris : Editions de l'INA, 10-42.
- CRAWFORD, S (1987), « Ingénieurs français et déqualification », *Sociologie du Travail*, vol. 29, n°2.
- CSIKSZENTMIHALYI, M., (1996), *Creativity: flow and the psychology of discovery and invention*, New York: Harper Colins.
- DARES (2015) Séries longues de l'Enquête Emploi en continu de l'Insee.
- FELDMAN, M. S., ORLIKOWSKI, W., J., (2011), "Theorizing practice and practicing theory"
- FRIGANT, V., et JULLIEN B., (2014), « Comment la production modulaire transforme l'industrie automobile », *Revue d'Economie Industrielle*, 1, 145, 11-44.
- GARDNER M., (1964), *L'étonnante histoire des machines logiques*, Dunod.
- GAWER A., (2014), "Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework". *Research Policy*, 43(7), 1239–1249.
- GLASER B., (2004), Remodeling Grounded Theory. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 5(2),

Art. 4.

GOUSSARD L., (2011), *L'organisation par projet : enquête dans deux établissements des industries automobile et aéronautique*, thèse de doctorat, Université d'Evry Val d'Essonne.

GRIEVES M., (2006), *Product Lifecycle Management: Driving the next generation of lean management*, New York, NY: McGraw Hill.

HATCHUEL A., LE MASSON P., WEIL B., (2006), « Activité de conception, organisation de l'entreprise et innovation », in MINGUET G., THUDEROZ C., *Travail, entreprise et société. Manuel de sociologie pour ingénieurs et scientifiques*, Paris : Presses Universitaires de France, 97-120.

LAHLOU, S., NOSULENKO, V., SAMOYLENKO, E., (2012) *Numériser le travail. Théories, méthodes et expérimentations*. Paris : Lavoisier.

LE MASSON P., WEIL B., (2008), « La domestication de la conception par les entreprises industrielles : l'invention des bureaux d'études », in Hatchuel (dir.), *Les nouveaux régimes de la conception. Langages, théories, métiers*, Paris : Vuibert, 51-66.

MASSOT C., (2009), *Les dynamiques du compromis productif*, thèse de doctorat, Université Aix-Marseille.

MEYER M.H, LEHNERD A.P. (1997), *The Power of Product Platforms*, Simon and Schuster.

NAVILLE P., (1963), *Vers l'automatisme social ?* Paris : Gallimard.

PARAPONARIS C., (2017) *Plateformes numériques, conception ouverte et emploi*, Paris: Editions de l'IRES.

PERLOW L., BAILY L., (1997), « The Senseless Submergence of Difference : Engineers, their Work and their Careers », dans Barley S., Orr J. (dir.), *Between Craft and Science, Technical Work in U.S. Settings*, Ithaca, Cornell University Press, 230-243.

PETIT S., (2016), *La rationalisation du travail intellectuel, Ethnographie de l'activité de conception industrielle*, thèse de doctorat, Université Paris-Saclay.

POITOU J., (1988) *Le cerveau de l'usine : histoire des bureaux d'étude Renault de l'origine à 1980*, Aix-en-Provence, Université de Provence.

RABARDEL, P (1995) *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, Armand Colin.

RABARDEL, P. (2002), « Le langage comme instrument ? Eléments pour une théorie instrumentale élargie », in Clot Y. (dir.) Avec Vygotski, Ed. La Dispute, Paris, 265-289.

SHINN Terry (2000), « Formes de division du travail scientifique et convergence intellectuelle. La recherche technico-instrumentale ». *Revue Française de Sociologie*, 41-3 : 447-473

SIMONDON, G. (1989) *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris : Aubier. Première édition 1958.

STIEGLER, B., (2015) *La Société automatique*. Paris : Fayard.

TSOUKAS H (2009) *Complex Knowledge*, Oxford University Press.

TUSHMAN M., MURMANN P., (1998), « Dominant designs, Innovation Types and Organizational Outcomes », *Research in Organizational Behavior*, n°20.

VATIN F., (1987), *La fluidité industrielle essai sur la théorie de la production et le devenir du travail*. Paris : **Meridiens-Klincksieck**.

VERIN H., (1993), *La gloire des ingénieurs. L'intelligence technique du XVI<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle*, Paris, Albin Michel.

ZARIFIAN P., (1995), *Le travail et l'évènement. Essai sociologique sur le travail industriel à l'époque actuelle*, Paris : L'Harmattan.