

Vers une monopolisation de la conception industrielle. L'exemple de la market place de Dassault Systèmes

Claude Paraponaris

▶ **To cite this version:**

Claude Paraponaris. Vers une monopolisation de la conception industrielle. L'exemple de la market place de Dassault Systèmes. 36ème colloque INFormatique des ORganisations et Systèmes d'Information et de Décision, INFORSID, May 2018, Nantes, France. halshs-02473341

HAL Id: halshs-02473341
https://shs.hal.science/halshs-02473341

Submitted on 10 Feb 2020

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

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

Vers une monopolisation de la conception industrielle.

L'exemple de la market place de Dassault Systèmes

Claude Paraponaris

Aix Marseille Univ, CNRS, LEST UMR 7317,
35 Av. Jules Ferry, 13626 Aix-en-Provence Cedex 01
claude.paraponaris@univ-amu.fr

RESUME. Ce texte s'intéresse à la structuration de l'univers de la conception industrielle. Cet univers est depuis plus d'un demi-siècle équipé des moyens informatiques les plus élaborés afin d'assister l'activité des bureaux d'études qui sont en charge de la mise au point de nouveauté dans le domaine industriel. Les activités de conception sont réalisées principalement par des ingénieurs et techniciens qui sont désignés dans nos sociétés industrielles comme des professionnels créatifs qui organisent leur activité de manière très méthodique. Que se passe-t-il lorsque l'un des éditeurs de logiciel les plus puissants ambitionne de se transformer selon ses termes en Amazon du monde de la production ? Loin d'être un effet d'annonce très médiatique, cet énoncé se prête à une analyse historique de longue période qui nous montre comment cet univers si stratégique s'est informatisé. L'évolution des structures organisationnelles de la conception laisse ainsi apparaître une avancée régulière vers une automatisation des activités qui alimentent les chaînes de valeur. Cette automatisation questionne le chercheur autant que le citoyen eu égard au renouvellement des capacités de création de nos sociétés industrielles.

ABSTRACT. This text deals with the structuring of the universe of industrial design. For more than half a century, this universe has been equipped with the most advanced computer tools to assist the activity of the design offices that are in charge of developing innovations in the industrial field. The design activities are carried out mainly by engineers and technicians who are designated in our industrial companies as creative professionals who organize their activity in a very methodical way. What happens when one of the most powerful software publishers aspires to transform itself, according to its very terms, in Amazon of the world of production? Far from being a very media announcement effect, this statement lends itself to a long-term historical analysis that shows us how this highly strategic world has become computerized. The evolution of the organizational structures of the design thus reveals a steady progress towards automation of the activities that feed the value chains. This automation questions the researcher as much as the citizen with regard to the renewal of the creative capacities of our industrial societies.

MOTS-CLES : plateforme, conception, numérique, ingénieurs.

KEYWORDS: Platform, design tools, digital, engineers.

1. Introduction

En février 2018, Dassault Systèmes, société éditrice de logiciels d'aide à la conception, annonçait vouloir faire dans le monde de la production ce qu'Amazon a fait dans le monde de la distribution (déclaration de Bernard Charlès, directeur général, Les Echos, 1/02/2018).

Si les études se sont multipliées au sujet des plateformes commerciales (Benavent, 2016), nous manquons terriblement de travaux relatifs aux activités qui élaborent en pratique la valeur des produits et services. Les activités qui impliquent les professionnels qui comptent parmi les plus qualifiés – les ingénieurs – restent à l'écart de l'intérêt des chercheurs.

La déclaration de Dassault Systèmes est l'aboutissement d'une longue maturation technologique et stratégique qui démarre à la fin des années 1950 en France dans le secteur automobile, puis au début des années 1960 dans l'aéronautique (Poitou, 1989). Cette déclaration est portée par une réalité industrielle qui mérite d'être prise au sérieux tant elle recèle d'enjeux stratégiques. Une PME pourra-t-elle acheter des modèles de conception offerts par une plateforme hautement spécialisée en la matière ? Quel sort sera alors réservé à l'autonomie des organisations (propriété intellectuelle, pilotage stratégique des activités, gestion des connaissances) ? Parmi les multiples enjeux, celui de la place des acteurs professionnels comptant parmi les plus qualifiés et investis du rôle de créatifs, les ingénieurs de conception, est devenu central. Une analogie est en mesure de faciliter l'assimilation de cet enjeu.

Mechanical Turk, développé par Amazon, est une plateforme de micro-travail opérant 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. Très standardisées et simplifiées à l'extrême, ces tâches, mises bout à bout et recomposées avec des algorithmes, deviennent des services spécifiques (Casilli, 2015). Mechanical Turk fonctionne grâce aux performances techniques d'une plateforme numérique. Mais existe-t-il des expériences impliquant des prestations davantage qualifiées ?

La réponse est positive. Une start-up américaine de construction automobile « Local Motors » a rendu disponible en open source son logiciel de conception et d'ingénierie (Design1) pour la conception de nouveaux modèles. Ce logiciel lui permet de fonctionner avec une équipe réduite à 12 concepteurs, grâce à l'apport d'une communauté de près de 13.000 contributeurs. La constitution de cette communauté a également permis à la start-up de proposer à d'autres industriels du secteur de soumettre des projets sur la plateforme sous un format de crowdsourcing.

La plateforme est en fait un concept d'organisation évolutive qui repose sur les propriétés de modularité et de générativité (Gawer, 2014). La modularité est une règle ancienne de conception qui incite à définir l'architecture d'un produit en une

série de sous-systèmes hiérarchiquement emboîtés. La générativité est la règle complémentaire qui suggère de rendre les différents modules générateurs de solutions nouvelles pour les autres. Forte de ces propriétés, des plateformes industrielles ont émergé pour équiper en logiciels et services un grand nombre d'industries. Dassault Systèmes équipe aujourd'hui de cette manière 300.000 clients dans le monde à partir des prestations informatiques de quelque 5.400 ingénieurs. L'équipement est souvent formulé en termes de PLM (Product Lifecycle Management). Mais que devient l'activité des ingénieurs évoluant dans les entreprises clientes de ces plateformes ?

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 sciences de gestion, la plupart étant menée dans le champ des sciences de l'ingénieur. De surcroît, les appels à la vigilance, eu égard aux nouvelles formes de standardisation ou 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'écart d'une possible et partielle transformation à la faveur de la puissance des technologies numériques. Nous pensons pourtant que les nouveaux dispositifs d'aide à la conception peuvent, ponctuellement, revêtir des aspects limitatifs pour la créativité des ingénieurs et brider leur autonomie.

Comprendre comment l'industrie a pu en arriver à ce point d'organisation, et analyser les enjeux qui lui sont liés en matière de gestion des connaissances, constitue l'objet de cette communication. Dans un premier temps, nous développons dans une démarche historique une analyse de l'émergence du numérique au sein des systèmes de conception industrielle. Nous mettons ainsi en évidence l'articulation des choix stratégiques et des maturations techniques dans la mise en place d'un puissant mouvement de plateformisation des activités de conception. Dans un second temps, nous procédons à une analyse des fonctions d'une plateforme d'aide à la conception et nous en tirons les enseignements afin de mettre en perspective les enjeux attachés aux plateformes en cours d'institution : celle de la market place de Dassault Systèmes.

2. Une analyse historique de différentes époques industrielles

L'analyse historique qui permet de mettre en perspective l'émergence de ce dispositif inédit d'organisation industrielle puise dans deux sources : tout d'abord l'histoire des techniques, qui met en lumière la continuité entre avancée scientifique et développement technologique autour de la maquette numérique, puis l'histoire des prises de décision stratégique, très liée à la première et la prolongeant jusqu'à l'époque contemporaine.

Cette imbrication des histoires techniques et stratégiques renvoie sans doute au concept de paradigme scientifique et technique, elle peut également être interprétée en termes d'époque économique et technique (Stiegler, 2015). L'épokhè des

philosophes est une interruption de tout ce qui paraissait « couler de source ». L'épokhè technologique engendre toujours une deuxième épokhè qui touche, elle, à la vie de l'esprit : l'art, la science, la philosophie, la politique et le droit. Etant donné que les ruptures technologiques se produisent à intervalles de plus en plus rapprochés, il devient plus qu'urgent de prendre au sérieux les organisations en plateforme dans la mesure où elles impliquent de vastes écosystèmes industriels.

Comprendre comment l'industrie en est-elle arrivée à ce point d'automatisation passe par l'intégration des données historiques qui nous montrent l'émergence de principes d'organisation tels que la modularité, la générativité et la robustesse.

2.1. Les enjeux de la conception industrielle

Les activités de conception occupent une place importante dans une économie puisqu'elles donnent naissance aux produits et services qui vont renouveler les marchés de consommation et modifier les termes de la concurrence. Lorsque le processus de création de nouveauté rencontre une adhésion durable en terme commercial, on le qualifie de processus d'innovation.

La conception se nourrit de créativité, cela a toujours été le cas. Le terme « créativité » est devenu omniprésent dans nos représentations économiques et sociales. La créativité exprime le mouvement, le dépassement des cadres sociotechniques et économiques institués, et permet finalement le développement de l'innovation. Pour les spécialistes, la créativité se déploie dans l'interaction entre trois systèmes (Csikszentmihalyi, 1996 ; Feldman, Csikszentmihalyi et Garner, 1994) :

- l'individu qui apporte des transformations dans les connaissances relevant d'un domaine particulier,
- le domaine lui-même qui correspond à un savoir culturel, à un répertoire de connaissances associées à la culture considérée, et qui comporte les idées et les productions sélectionnées par le champ,
- enfin, le champ qui regroupe un ensemble de personnes (des experts gardiens du domaine) ou d'institutions sociales qui contrôlent un domaine et qui évaluent puis sélectionnent, parmi les nouvelles idées et les productions des individus, celles à retenir.

L'individu traite les informations fournies par le domaine. Il les transforme ou les étend au travers de processus cognitifs et en fonction de ses traits de personnalité et de sa motivation. Si cette transformation est jugée par le champ (les experts) comme ayant de la valeur, elle trouve sa place dans le domaine. La créativité constitue alors un point de départ pour un nouveau cycle de transformation et d'évaluation de la conception. Ainsi la créativité relève des interactions entre ces 3 polarités (Bonnardel, 2006).

Ces précisions permettent d'apprécier le poids des contextes des activités de conception. D'une part, la conception de nouveauté s'inscrit dans des pratiques ordonnées en termes cognitifs et techniques (le domaine), d'autre part, il s'agit de générer de la valeur pour des marchés d'utilisateurs (le champ). Autrement dit, si la

créativité peut se développer de manière assez autonome dans des espaces limités, tel n'est plus le cas lorsqu'elle se trouve associée à des activités de conception qui répondent à des contraintes de valorisation. Dans l'univers industriel, ces contraintes se déclinent au moyen de deux enjeux : la générativité et la robustesse (Hatchuel, 2011).

La générativité exprime le renouvellement ou simplement l'amélioration des objets existants. Elle désigne la capacité des techniques à produire des propositions conceptuelles qui se distinguent des solutions existantes et des standards du domaine considéré. La robustesse exprime plutôt la continuité et la persistance des produits de la créativité. Dans l'univers de la conception, la robustesse concerne la capacité des techniques à produire des propositions conceptuelles qui résistent aux variations de contexte.

En résumé pas de création sans discipline (domaine), et sans contrôle social (champ).

Cette analyse de la création et de la conception est importante lorsqu'on s'intéresse aux technologies qui vont médiatiser l'action humaine, ici celle des ingénieurs en particulier. Il n'existe donc pas un seul enjeu : celui de l'innovation réussie. Un enjeu de pérennisation des capacités de création est au moins aussi important : l'innovation répétée et robuste n'est-elle pas en train de tarir la capacité de création ?

2.2. Les transformations de la conception industrielle

2.2.1. Dans l'automobile

La naissance de la CAO (conception assistée par ordinateur) se réalise en France à la fin des années 1950 dans plusieurs grandes entreprises automobiles. La CAO est un dispositif technique (une configuration pour les informaticiens) qui est constitué de différents outils informatiques destinés à l'automatisation d'une partie des tâches des bureaux d'étude et des méthodes (Poitou, 1989). Le point essentiel est cette partie (plus ou moins étendue) des tâches de conception qui est, et qui sera, automatisée. Jusqu'où aller dans l'assistance au projet de conception ? S'agit-il seulement de faciliter la disponibilité de données ou bien de soumettre de véritables modes de raisonnement à des personnels pourtant très qualifiés ?

La conception assistée par ordinateur repose sur des techniques de représentation et de graphisme. Selon Poitou (1989), la CAO mécanique (représentation géométrique solide) est un domaine d'excellence pour les chercheurs et ingénieurs en France. Les anglo-saxons ont acquis très tôt une prépondérance dans un autre domaine : la schématique et le graphisme technique électroniques.

Deux modalités s'opposent afin de disposer d'une représentation numérique des objets. La plus ancienne consiste à partir d'un modèle matériel (maquette matérielle) ou bien d'un plan et de définir un grand nombre de points dont on détermine progressivement les coordonnées. La démarche consiste à partir d'une forme pour obtenir un plan vectorisé.

La voie ouverte chez Citroën dès 1958 par Paul du Faget de Casteljau, et chez Renault par Pierre Bézier, consiste à procéder à l'inverse. Sans maquette, l'objet est défini directement à partir de l'informatique. Ainsi se développe le germe de ce qui constituera plus tard le principe des systèmes automatisés de soutien à la création de valeur : la continuité des données produites et utilisées. « La définition numérique des formes impose une rigueur à laquelle le dessin industriel classique était loin de satisfaire. … Comme d'ordinaire dans l'histoire des fabrications mécaniques, l'introduction de nouveaux automatismes imposait rigueur et précision accrues » (Poitou, 1989, p. 23). Ces deux ingénieurs développent leurs travaux au même moment sans le savoir (Citroën conservera ses travaux secrets durant dix années).

En 1968, Citroën finalise son programme de conception de carrosserie SPAC/CAR intégré dans un système d'aide au dessin et à l'usinage des surfaces de carrosserie SADUSCA. La méthode est fondée sur la théorie des courbes et surfaces à pôles qui permettait de relever des points à partir de modèles en plâtre (Poitou, 1989, p. 31-32).

A la même époque chez Renault, l'ingénieur Pierre Bézier développe les fameuses courbes qui portent son nom. Cet ingénieur, qui a réalisé toute sa carrière chez Renault, développa l'informatique géométrique en proposant une inversion dans les procédures. Cette inversion consistait à déduire le calcul à partir du dessin et non le dessin à partir du calcul. La courbe dite de Bézier consiste à appliquer le principe suivant : une surface est le lieu géométrique d'une courbe qui se déplace en se déformant. En faisant glisser une courbe dans l'espace tout en la déformant graduellement, on obtient une surface. Pierre Bézier a ainsi mis au point le logiciel UNISURF (breveté en 1966) qui sera développé sous le nom de CATI par Dassault Aviation, puis développé début des années 80 chez Dassault Systèmes sous la forme CATIA.

A cette époque, chez Renault, les stylistes s'opposent à cette méthode directe. L'émergence des systèmes de CAO est parsemée d'épisodes d'accueil très réservé aussi bien de la part des directions que des professionnels, à l'exception de Dassault Aviation.

En 1974, Citroën est absorbé par Peugeot, Citroën conserve sa CAO (SADUSCA) tandis que Peugeot utilise UNISURF développé chez Renault. Mais dès 1977, la direction de Peugeot décide d'abandonner ces systèmes de conception pour se tourner vers l'offre américaine COMPUTERVISION. Ce système intègre les principes développés chez Citroën par De Casteljau ainsi que certains algorithmes développés chez Peugeot pour UNISURF.

Le choix de Peugeot a été justifiée en termes de services offerts, de service après-vente et de possibilités de connexion aux autres machines : « la notion de service est fondamentale en CAO et départage souvent les grands systèmes en présence » (Ferretti, 1981, p. 54). Toutefois le choix de Peugeot a écarté la possibilité de poursuivre l'effort commun des trois constructeurs automobiles.

2.2.2. Dans l'aéronautique

La CAO fait son apparition plus tardivement dans ce secteur. Elle sera développée par deux grandes entreprises : Avions Marcel Dassault – Bréguet Atlantique (AMD-BA) et la SNIAS devenant Aérospatiale.

Dans l'aéronautique, la question de l'écoulement des fluides autour de l'aéronef est centrale. La définition mathématique des surfaces doit d'être très rigoureuse. « La méthode directe de Bézier convenait à la production de maquettes de précision à partir d'une définition numérique des formes. L'arrivée de la nouvelle génération d'ordinateurs rendait possible le traitement des problèmes complexes d'écoulement de fluide et de modélisation des formes » (Poitou, 1989, p. 42).

C'est en 1968, que démarrent chez AMD-BA les programmes d'assistance à la définition de formes d'avion couplés aux banques de données géométriques. Les fondements mathématiques de définition des surfaces sont développés à cette époque et vont persister dans les logiciels des années 80. Durant ces années, le service informatique d'AMD-BA est loué à IBM et Control Data. Mais l'arrivée des ordinateurs de troisième génération rend caduque cette possibilité.

En 1972, la direction d'ADM-BA annonce que désormais la forme de tous les avions Dassault sera définie exclusivement par ordinateur (avions Mercure et Alpha-Jet).

A la même époque, la SNIAS regroupe 40.000 personnes à l'issue d'une vaste fusion. Le groupe aéronautique conservera longtemps la marque des sociétés fusionnées. Les différentes divisions conserveront une autonomie et un esprit d'indépendance qui imprimeront leur marque sur la politique en matière de CAO. Ainsi, « au contraire d'AMD-BA qui n'avait pas d'informatique propre et utilisait le service « bureau », l'Aérospatiale possédait des moyens divers et puissants pour la gestion et le calcul scientifique. L'introduction de la commande numérique ne se fit pas ex nihilo, mais se moula au contraire dans une tradition bien établie d'autonomie des établissements » (Poitou, 1989, p. 52).

Durant les années 70, la CAO se diffuse lentement au sein de l'Aérospatiale. Elle n'intéresse que tardivement la direction générale. Et en 1983, le constat est clair chez le constructeur aéronautique : les logiciels seront acquis auprès de spécialistes et il faudra veiller à la bonne connexion des différents systèmes plutôt hétérogènes dans les différents établissements. Bien que des systèmes d'aide à la conception soient développés en interne, la direction se tourne vers des offres externes (CADAM et COMPUTERVISION).

La dynamique stratégique de Dassault Aviation est tout autre. La firme de Marcel Dassault consacre deux années à conduire l'enquête au sujet des systèmes possibles en matière de conception. Deux possibilités sont envisagées : soit développer ses propres systèmes de CFAO en s'appuyant sur un service composé d'ingénieurs chevronnés, soit faire appel aux systèmes émergents, notamment les systèmes nord-américains.

La direction décide de choisir les deux options afin d'aller vite à court terme et conserver une avancée technologique tout en préparant le futur de son système de conception. La direction d'Avions MD a rapidement compris qu'un tournant technologique se jouait avec la CFAO. En particulier la partie CAO « a (avait) une fonction organisatrice de l'ensemble de la production. Lorsque cette production est répartie entre diverses entreprises, assumer la fonction d'étude c'est s'assurer la position la position de maître d'œuvre » (Poitou, 1989, p. 44).

Dassault acquiert à l'époque la totalité des instructions du programme CADAM (Computer Aided Design and Manufacturing) et envisage de le développer de manière a priori exclusive en tant que seul acquéreur. Le système est baptisé DRAPO (Définition et Réalisation d'Avions Par Ordinateur). Il est implanté dans toutes les usines Dassault et est exploité jusqu'en 1980. Le service d'étude et de développement de CAO au sein de la firme développe 25% des instructions de DRAPO (75% provenant du système souche américain CADAM).

Le succès de ce développement résida dans la constitution d'une banque centrale de données qui stockait les définitions des formes des avions. « Dès lors que la CAO était adoptée comme mode unique d'études des prototypes, les maquettistes, les outilleurs, etc., durent obligatoirement chercher les informations géométriques nécessaires à leurs travaux dans la banque de données. Même si, grâce à des imprimantes ou des traceurs de courbes, ils reconstituaient ensuite leurs données traditionnelles sous une forme et sur un support coutumiers, la démarche informatique s'imposait néanmoins d'emblée par l'intermédiaire de la banque de données » (Poitou, 1989, p. 47).

C'est ici que s'affirme le plus nettement le tournant des systèmes de conception modernes. Il ne pourra exister de générativité et surtout de robustesse hors d'un système d'information intégré. La banque de données à renseigner et auprès de laquelle puiser les informations constitue dès lors le principe de structuration des systèmes d'aide à la conception.

A partir de 1977, sont utilisés les travaux antérieurs de la firme pour élaborer un complément tridimensionnel baptisé CATI (pour Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive).

2.3. Naissance de Dassault Systèmes

En 1980, 155 ingénieurs travaillent sur le site de St Cloud de Dassault Aviation en CFAO, 20 sont en charge de CATI. La moyenne d'âge de ces ingénieurs est de 29 ans. Le système CATI est développé suivant l'objectif d'assurer totalement la définition et l'usinage des maquettes de soufflerie. L'horizon ultime était de pouvoir conserver les données géométriques centrales dans une définition précise et durable quelle que soit l'évolution informatique (cycle de vie d'un modèle d'avion : 30 ans).

La question stratégique revient en force : fallait-il conserver la technologie pour les besoins de Dassault ? Ou bien pouvait-on envisager une commercialisation internationale de CATI ? La question a été envisagée à la lumière de l'expérience

d'usage des systèmes acquis. La leçon était claire : l'existence d'un réseau commercial effectif l'emportait sur les qualités techniques des solutions informatiques. Partant, le risque pour l'industriel était de se voir imposer des standards couramment commercialisés sur les marchés internationaux. Anticipant l'intégration des écosystèmes industriels de l'aéronautique, Dassault décide en 1981 de vendre CATI notamment aux concurrents. La raison consiste à conserver sur eux une supériorité dans le domaine des études. La décision était accompagnée de l'assurance d'employer des ingénieurs de conception et de méthodes d'organisation assez efficaces. Diffuser ses propres logiciels permettait de surcroît d'envisager de bénéficier de l'expérience d'autrui en collaborant au sein de leurs activités respectives.

La commercialisation de CATI fût confiée à IBM, puis récupérée en propre en 2009. Le système de Dassault était en concurrence avec deux autres, mais fût finalement retenu. Et en juillet 1981, Dassault Systèmes est créé avec 20 personnes détachées du département de CFAO de Dassault Aviation. Dès 1985, le système CATIA est utilisé par 80% des sociétés occidentales d'aéronautique et selon Dassault, CATIA constitue un standard, sinon le standard (Poitou, 1989).

Aujourd'hui, fin des années 2010, Dassault Systèmes est l'un des leaders mondiaux du logiciel de gestion du cycle de vie des produits. L'éditeur de logiciel s'est transformé en fournisseur de solutions de management du cycle de vie des produits et services auprès de 300.000 clients. Les activités principales sont orientées vers les logiciels d'optimisation des processus de production et logiciels de conception en 3D.

Tableau 1 – Résultats de Dassault Systèmes 2012 - 2016

	2012	2013	2014	2015	2016
Chiffre d'affaires	2 028 342	2 066 123	2 294 280	2 839 455	3 055 586
Produits des activités ordinaires	2 028 342	2 066 123	2 294 280	2 839 455	3 055 586
Résultat opérationnel	500 961	503 043	430 816	633 207	672 034
Coût de l'endettement financier net	13 311	18 248	17 131	11 172	-7 928
Résultat net	338 829	355 170	292 450	405 951	452 207
Résultat net (part du groupe)	334 821	352 279	291 241	402 178	447 192

Source : ABC Bourse

Le groupe dispose désormais d'un effectif de près de 15.000 personnes représentant 123 nationalités. Près de 6.000 ingénieurs et chercheurs mettent au point des outils d'aide à la conception (conception 3D, maquettisme numérique 3D, solutions pour la gestion du cycle de vie d'un produit) pour les domaines industriels (aéronautique et défense, ingénierie et construction, énergie, biens de consommation, etc.), ainsi que pour l'architecture et l'urbanisme, la banque et les sciences de la vie.

Dassault Aviation a réussi le pari d'établissement de standards technologiques représentés par la suite logicielle de la nouvelle firme leader Dassault Systèmes. Alors qu'à la même époque l'Aérospatiale, devenant plus tard Airbus, conduit des travaux très proches. Les ingénieurs sont en relation avec Pierre Bézier, et plusieurs systèmes d'assistance à conception sont développés (Systrid, Sigma). Mais la fragmentation de la firme en de multiples unités ne facilite pas l'accumulation de l'expérience. Pour exemple, l'hélicoptère franco-allemand conçu en 1984 utilise des systèmes développés en interne côté français et CATIA côté allemand. La suite est connue : il n'existera pas de développement commercial des logiciels : « on vend des avions, pas des logiciels ». Et ce sera donc Dassault Systèmes qui équipera Airbus comme d'ailleurs Boeing.

2.4. Le changement d'époque : de la maquette 3D au PLM

Dassault Systèmes assure sa forte croissance au cours des années 90 avec sa suite logicielle (plus de 10 systèmes) qui s'adresse à la totalité de l'industrie et une partie des services (figure 1). Cette offre consiste à mettre à disposition des moyens numériques pour aider ou faciliter : l'idée et la spécification du produit ; la conception grâce aux premiers modèles en 3D jusqu'à la réalisation de maquettes numériques complètes ; la simulation de l'utilisation des produits ; l'industrialisation virtuelle et la gestion des opérations de production ; la planification et l'optimisation des opérations ; le marketing numérique ; l'expérience d'achat des produits.

Figure 1 – L'offre logicielle de Dassault Systèmes



Source : Dassault Systèmes.

Le leader français équipe ses clients en leur vendant des licences ou des abonnements. Et se charge d'intégrer le logiciel dans l'environnement de travail de ses bureaux d'études et de méthodes, enfin il assure le support et la maintenance. Ainsi la firme assure que la collaboration avec quelques grands clients comme Boeing ou Toyota a directement contribué à transformer ses propres processus de conception (Daloz, 2010).

L'essentiel des principes de l'offre logicielle de Dassault Systèmes a démarré avec le système CATI devenant CATIA par la suite. Le noyau de ce système est directement inspiré des travaux de Casteljau et Bézier (système UNISURF). Ces travaux démarrés dans l'industrie automobile française ont très peu d'équivalents dans d'autres pays. Une rare étude sur longue durée (Poitou, 1989) retrace ce développement. On y souligne l'importance de la géométrie et du dessin dans le développement de l'industrie. Ce rôle de la géométrie trouve sa source dans les travaux de Gaspard Monge (1746-1818), inventeur de la géométrie descriptive, une forme contemporaine du dessin technique. Le mathématicien s'est lui-même inspiré des méthodes empiriques des ingénieurs et artisans pour publier en 1799 son traité de Géométrie descriptive. Monge y définit les deux objets de sa méthode : « représenter sur une feuille de dessin qui n'a que deux dimensions, à savoir longueur et largeur, tous les corps de la nature qui en ont trois, longueur, largeur et profondeur, pourvu que ces corps puissent être définis rigoureusement. Le second est de reconnaître d'après une description exacte les formes des corps et d'en déduire toutes les vérités qui résultent de leur forme et de leurs positions respectives » (Poitou, 1989, p. 129).

Le système UNISURF breveté grâce aux travaux de Pierre Bézier est l'héritier de cette tradition géométrique française. Dassault Aviation puis Dassault Systèmes vont poursuivre l'œuvre en compagnie de nombreux chercheurs du secteur public : « à l'exception très notable des avions Marcel Dassault et du système CATIA, les produits de CAO les mieux achevés et les plus aboutis ne sont pas ceux du secteur privé. … ce qui s'est fait dans le secteur industriel public n'est pas dû aux directions générales … les systèmes ont été élaborés par de petites équipes … non pas contre les directions, mais sans leur soutien » (Poitou, 1989, p. 130). A l'inverse la démarche de la direction générale de Dassault pour permettre le développement de la maquette numérique a été puissante : investissements considérables, clarté de vue stratégique, importance des commandes publiques, suivi du sillage d'UNISURF, appui sur réseau commercial d'IBM, programme informatique rédigé en anglais.

Une seule décennie après son externalisation, le service d'étude devenu Dassault Systèmes a imposé son standard CATIA. Ce système d'aide à la conception est conçu pour pouvoir évoluer beaucoup et le programme est donc modulaire (Poitou, 1989, p. 50). Il s'organise autour de la maquette en projet selon 4 grandes fonctions : définition des formes, calculs scientifiques, visualisation et dialogue, et fabrication. Cette architecture est centrale d'un point de vue technique, et d'un point de vue stratégique en termes économiques, car elle fait basculer l'aide à la conception dans une nouvelle époque : celle du PLM (Product Lifecycle Management) qui va pouvoir s'appuyer sur toutes les facilités offertes par Internet.

Les années 2000 sont celles du PLM dont Dassault Systèmes développera sa propre ligne sous la marque 3DSystem (figure 2).

Le PLM répond à l'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. Le PLM se présente ainsi comme une méthode d'intégration des informations gérées par une ou plusieurs organisations afin de réduire les temps de collecte et de traitement de l'information. Il supporte donc la gestion de projet afin de réduire les temps de conception et de production (Paraponaris & alii., 2018). Désormais, 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 à l'accroissement de leurs performances (Bozdoc, 2004). « La puissance des suites de conception Product Lifecycle Management (PLM) et Product Data Management (PDM) 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 (Daloz, 2010, Tornincasa et Di Monaco, 2010) ».

Figure 2 – Le PLM développé par Dassault Systèmes



Source : Dassault Systèmes.

La capacité de ce dispositif numérique réside dans la rapidité et la précision de la mise à disposition des informations relatives au produit en cours d'élaboration conceptuelle et matérielle. Il faut pour cela adopter des principes de sélection des données et de mise en relation de multiples bases de données. Par exemple celles des organismes de normalisation et de certification, celles des donneurs d'ordre, sous-traitants et fournisseurs, celles des différents prestataires d'analyses documentaires (Paraponaris & alii., 2018).

A ce propos, le constat établi par les ergonomes est très éclairant : si l'attention des directions d'entreprise s'est justement focalisée sur la dimension très collective des activités contemporaines, cela s'est traduit par un affinement des méthodes de management (gestion de projet, CRM, plateaux de conception), et par une montée en puissance des environnements informatiques (PLM, entrepôts de données). Mais,

par contre, très peu de choses ont été réalisées afin de faciliter la coopération des concepteurs sur le plan cognitif (Darses, 2009).

Le PLM ne représente pas une étape supplémentaire de coordination des systèmes de production. Certes la dimension informationnelle est toujours centrale, mais en intégrant de manière systématique toutes les opérations de définition et d'élaboration de la valeur des biens économiques, et en ouvrant le système ainsi constitué aux multiples sollicitations de l'espace commercial structuré par de multiples algorithmes qui enregistrent et sollicitent le consommateur, c'est une nouvelle cybernétique industrielle qui a fait ses débuts. Cette nouvelle cybernétique s'affine à la fin des années 2010 avec la market place. Les enjeux sont considérables. Notre analyse se focalise sur l'un d'eux : la dynamique cognitive des métiers d'ingénieurs. Des signes avant-coureurs étaient déjà présents fin des années 90 aux Etats-Unis, par exemple sous la plume de Garson (1989) qui faisait remarquer que « dans le secteur du conseil et des services aux personnes, de plus en plus de gens fonctionneront comme des diffuseurs plutôt que comme des créateurs » (p. 121).

3. Enjeux et risques cognitifs de la market place

Une nouvelle époque marquée par Internet est ouverte. Les grandes multinationales qui intègrent télécommunications, informatique et divertissement, mais également les multiples stratégies alternatives liées aux technologies numériques (logiciels libres, communs numériques, projets contributifs ouverts) animent cette époque. Il s'agit d'une époque technologique, mais sans doute aussi d'une époque consumériste. Ces deux dimensions risquent de se lier dans une nouvelle cybernétique industrielle au sein de laquelle nous pourrions assister à un court-circuitage général des métiers ingénieurs et des connaissances attachées. L'avenir de ces métiers qui jusqu'à présent prenaient leur source dans les avancées scientifiques les plus élaborées est désormais exposé à ce risque qualifié par certains de prolétarisation généralisée (Stiegler, 2015).

Nous présentons tout d'abord l'évolution de l'offre logicielle de Dassault Systèmes vers un système inspiré par l'empire de la distribution Amazon. Puis nous explicitons les menaces qui commencent à peser sur l'univers cognitif des ingénieurs de conception.

3.1. De la plateforme 3D Experience à la market place

On peut se faire une idée assez précise de la puissance de la plateforme 3D Experience en relatant quelques décisions stratégiques de la firme Dassault Systèmes.

Depuis l'année 2000, cette firme procède à 2 à 3 acquisitions en moyenne annuelle (start up ou filiales de groupes). En 2008, Dassault Systèmes conclut un accord d'innovation scientifique avec Chanel R&D afin de développer des concepts inédits liés à la lumière, la biologie cutanée et les soins cosmétiques. En 2009, un

accord est signé dans le domaine du cinéma avec EuropaCorp pour le développement de nouveaux concepts : immersion relief, interactivité, implication des spectateurs dans contenus à travers des communautés en ligne ou de nouveaux médias. En 2011, la firme devient l'opérateur central de BoostAeroSpace qui est une joint-venture créée par Airbus Group, Airbus, Dassault Aviation, Thalès et Safran.

Il s'agit d'une plateforme qui a pour but d'installer un système de gouvernance des relations avec les partenaires. Cette plateforme est destinée à fonctionner comme portail unique d'information facilitant la connexion des fournisseurs et des sous-traitants avec leurs clients. Le portail unique exprime la volonté de standardiser les systèmes de référencement de chaque industriel afin de diminuer les coûts de transaction des différents partenaires. La direction de BoostAeroSpace a choisi un système de développement en cascade. Les fournisseurs de rang 1, comme Liebherr, Daher, Zodiac et MBDA, ont rejoint la plateforme en 2012 et 2013.

Toute l'infrastructure numérique d'aide à la conception, et plus largement de soutien aux différentes chaînes de valeur (PLM), a été confiée à Dassault Systèmes qui opère tout cela sous l'emblème AirDesign. Cette vaste infrastructure met en commun les maquettes, les modèles 3D et les configurations des produits. Les informations sont rendues accessibles sur le cloud.

Par ailleurs, Dassault Systèmes s'est engagé avec Airbus dans la continuité entre conception et fabrication en 3D. Ce qui consiste à élaborer un référentiel unique pour les activités de conception et de fabrication. Autrement dit, et selon les termes employés par les responsables de Dassault Systèmes, il s'agit de tenter de « dé-siloter » les organisations afin de permettre des coopérations multiples. Le couplage entre conception et fabrication additive permet d'apprécier la précision des objets et donc d'améliorer les résultats, en garantissant une certaine traçabilité. Les plans en 3D sont édités en une semaine au lieu de trois avec les méthodes précédentes. Les délais de l'ensemble conception-fabrication sont divisés par 4 et les gains en masse sont de 20 à 30% sur les quelques 1000 pièces qui équipent aujourd'hui un airbus de ligne.

Le rapprochement entre conception et fabrication au moyen de l'impression 3D permet de renforcer la méthodologie introduite par le PLM, à savoir l'orientation des efforts pour et à partir des objets et des produits.

La toute récente market place pousse la logique encore plus loin. Il s'agit d'un vaste écosystème en ligne proposant des services industriels et des fournisseurs de contenu. Actuellement 50 sociétés de fabrication numérique y sont impliquées, plus de 500 machines et 30 millions de composants provenant de 600 fournisseurs sont en jeu. Profitant de sa réputation, Dassault Systèmes ne se contenterait plus d'équiper des industriels et des sociétés de services très divers, mais s'occuperait de médiatiser tout un ensemble de relations entre des fournisseurs (start up, makers, communautés productives, …) et un ensemble de clients au niveau mondial. Le choix de la marque Amazon comme signifiant ne relève pas du hasard. Il s'agit bien d'installer cette notion de plateforme de transaction en ligne avec ses propriétés commerciales d'immédiateté et de longue traîne (Anderson, 2006). Ajoutons qu'en

2014, Amazon a mis en place 10.000 robots dans ses entrepôts. L'entreprise qui fabrique ces robots avait d'ailleurs été rachetée par Amazon en 2012.

3.2. Le grand basculement dans l'époque numérique

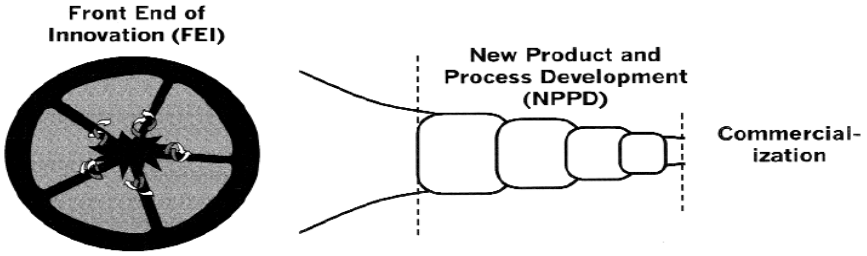
Ces quelques rappels de l'actualité économique méritent d'être approfondis dans les termes organisationnels de la conception industrielle. Cette activité a été progressivement orientée vers une organisation standard et une certaine hiérarchie entre les différents langages qui la structurent.

Les méthodologies de conception s'inscrivent en grande partie dans une logique séquentielle héritée du taylorisme. Cette logique consiste à établir un principe mécanique d'enchaînement des étapes de conception. Il s'agit d'un principe descendant au sein duquel on ne peut pas faire machine arrière. Le principe à retenir est celui de la priorité des première étapes dans le déroulement des autres pour arriver à une conception finale qui devra être la plus fidèle possible aux spécifications définies en amont. Dans ce cadre, le « New Product Development » (NPD, figure 3) a défini 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 au fur et à mesure les incertitudes.

Cette modélisation est en fait issue d'une longue tradition d'ingénierie afin d'améliorer, de fiabiliser et de systématiser l'élaboration de produits (Pahl et Beitz, 2007). Cette modélisation a démontré un grand nombre d'avantages, a été très largement diffusée et s'est imposée. Sous sa forme séquentielle elle permet d'ajouter à la demande des étapes supplémentaires. La séquence est la suivante : définition fonctionnelle du besoin - définition conceptuelle - définition physique - définition détaillée.

Une phase consacrée à la créativité a été instituée en phase amont du processus, c'est le « creative front end ». La seconde phase est celle dite du « développement » désormais admise par les spécialistes du domaine. Ainsi deux univers ont été institués en conception : un univers de créativité ouvert aux imaginaires des utilisateurs comme des concepteurs, et un univers plus standardisé de développement de conception. Créativité et développement du produit sont ainsi traités comme deux phases distinctes.

Figure 3 – Les deux univers de la conception



Source : Arrighi (2014, p. 49).

Cette disposition du processus de conception ne facilite pas en général les ajustements entre la phase de conception créative et le développement des idées originelles. Le processus étant séquentiel, les allers-retours entre amont et aval sont de fait proscrits. Ils remettraient en cause le principe d'économie de vitesse en même temps que le besoin de contrôle en cours de développement.

Cette segmentation en deux univers favorise les stratégies de modularité qui présentent deux avantages : la réduction des délais de création et des coûts de conception par réutilisation-combinaison de composants ou modules existants. Des exemples de modularité sont présents chez IBM dès 1961 avec l'ordinateur modulaire qui a fortement influencé le développement de l'industrie informatique. D'autres exemples se trouvent dans l'industrie automobile. L'objet conçu est divisé en plusieurs sous-systèmes : sous-caisse, plancher, compartiment moteur, poste de conduite, sièges, habitacle, superstructure, faces avant et arrière. Les modules techniques sont pris en charge séparément par différents métiers qui de fait deviennent des modules au sein de l'organisation.

De cette manière, une division du travail s'est mise en place au sein des bureaux d'étude, mais aussi et surtout entre entreprises qui fournissent des méthodes et entreprises qui les utilisent. Les processus de conception orchestrent des professions, des connaissances et des techniques variées grâce à des outils informatiques puissants qui garantissent le contrôle, la qualité, ainsi que la maturation des concepts au cours de leur développement (Roy, 1993).

Cette organisation où la créativité est en définitive fortement contrainte est également structurée par différents langages de conception. La maturation des méthodes de conception s'est en effet réalisée avec l'affinement de quatre langages professionnels (Le Masson et Weil, 2008 ; tableau 2).

Les fameuses « specs », autrement dit spécifications des besoins du client, débutent le processus de conception. Un cahier des charges dresse l'inventaire des fonctions qui sont attendues par un client au cours de l'usage du produit. La méthode dite d'analyse de la valeur a pour finalité la description fidèle des attentes du client. A ce niveau, le futur produit est supposé remplir une fonction de service principale et d'éventuelles fonctions secondaires. A partir des fonctions de service, l'analyse va se déplacer vers la composition technique du produit. Cette composition se décline le plus souvent en termes de fonctions techniques. On entre ainsi dans la

conception détaillée de la nomenclature qui fixe les éléments de base et sous-ensembles du produit.

Tableau 2 – Quatre langages de conception

Langages	Fonction de représentation	Fonction de communication
Langage fonctionnel	Représenter les besoins du client	Amorcer le processus de conception en définissant la raison d'être du produit
Langage conceptuel	Etablir la correspondance entre l'activité de conception et un métier	Distribuer les responsabilités parmi les différents métiers
Langage physico-morphologique	Représenter les formes de l'objet à réaliser	Diffuser les standards de forme et de poids Assurer le lien avec la fabrication
Langage de conception détaillée	Représenter l'architecture interne du produit (nomenclature)	Assurer la cohérence interne du produit et sa reproduction

Source : d'après Le Masson et Weil (2008).

La technologie de la maquette numérique a imposé un nouveau langage physico-morphologique avec les représentations en 3 puis 4 dimensions. Enfin, le langage conceptuel est celui des professionnels de la conception. Chaque métier, chaque communauté professionnelle dans son organisation, dispose, entretient et prolonge un vocabulaire, des règles de combinaison et des principes de création qui lui sont propres. On prend ici la mesure des différents principes qui font autorité dans le domaine. Au côté du langage des professionnels, trois autres langages structurent également les processus de conception. L'intérêt de l'analyse historique réside dans l'aide à la compréhension des relations qui s'établissent entre ces différents langages. La diffusion des technologies PLM se réalise en fait grâce à la précision atteinte par le langage de conception détaillée. On pourrait sans doute avancer l'hypothèse que le besoin de contrôle des processus s'est incarné dans une technologie numérique – le PLM – qui favorise le découpage des activités et des produits en modules élémentaires.

Le langage de conception détaillée est aujourd'hui celui qui affirme le plus aisément son importance. Il est celui qui fixe le plus l'attention sur la valeur en cours de conception et de réalisation. Il est également celui qui permet d'établir une modularité : un composant déjà conçu sera mémorisé dans une base de données avec plusieurs caractéristiques permettant de le repérer lors d'une requête. Un module

peut être réutilisé dans une nouvelle conception, il permet ainsi de réduire le temps de conception.

3.3. Menaces sur les univers cognitifs des ingénieurs

Le monde moderne de la conception industrielle est un univers de communication particulièrement réglé. Il est ainsi organisé dans une perspective de vitesse de réalisation d'opérations complexes dans leur formulation, incertaines dans leur résultat et risquées dans leur coordination.

Ainsi la création de nouveauté est désormais définie en termes de mobilisation de connaissances déjà établies, de leur combinaison et parfois de création. Les menaces qui se manifestent sur l'activité cognitive des ingénieurs est similaire à celle qui pèse sur celle des utilisateurs d'Internet, à savoir l'élaboration de traces numériques foisonnantes qui viennent pendre place dans le système attentionnel de la personne. Des analyses se sont développées en ce sens (Citton, 2014), elles restent à démontrer pour les activités d'ingénieurs.

Nous présentons trois grandes orientations qui semblent affecter durablement les univers de la conception et en déduisons les risques d'affaiblissement du métier (tableau 3).

3.3.1. Foules et communautés

Les processus d'appel à idées (crowdsourcing) cherchent parfois à s'articuler à l'activité de communautés. L'objectif consiste à capter le maximum de connaissances et d'informations en dehors des frontières de l'organisation.

Parfois des plateformes telles qu'Innocentive proposent d'intermédier les relations entre firmes et contributeurs. Cette pratique nécessite d'importants investissements pour adapter la culture et la pratique des départements R&D et bureaux d'étude. Ces derniers doivent passer d'un paradigme où l'objectif n'est plus d'inventer soi-même, mais d'être capable de trouver l'innovation ailleurs (Guittard et Schenk, 2013). Il existe plusieurs exemples qui convergent vers l'idée que désormais « le crowdsourcing supprime les frontières dans le marché du travail » (dirigeant de la plateforme de graphisme en ligne 99design, Journal du Net, août 2013).

La market place de Dassault Systèmes vise explicitement ce type de fourniture : présenter une vitrine numérique d'un nombre élevé de conceptions adaptées aux différents secteurs industriels et de service, garantir la fourniture de services de conception et de fabrication additive dans des délais très courts en offrant un marché mondial à des makers isolés.

Plusieurs facteurs pour ce type de service sont déjà installés : les capacités informatiques permettent à ce type de plateforme de parfaitement fonctionner au plan technique, mais également la standardisation de certaines activités sous forme de modules. La question demeure de savoir dans quelle mesure des ingénieurs établis à leur compte, en cessation d'activité ou regroupés en association

accepteront, et pour quelle rétribution, de s'impliquer dans le fonctionnement de tels réseaux de conception.

Tableau 3 – Trois contextes de court-circuitage des métiers ingénieurs

	Caractéristiques	**Menaces métier**
Implication des foules et communautés	Disponibilité mondiale de l'information	Mise en concurrence exacerbée, dévalorisation professionnelle
Centralisation documentaire	Intégration massive des bases de données de conception et de consommation	Mise sous tension délai de conception et/ou standardisation de l'activité
Haute fiabilité	Définition de schémas de simulation d'usage	Multiplication des procédures de sécurité et de simulation

Source : d'après Paraponaris et alii., 2018.

3.3.2. Centralisation documentaire

On comprend l'intérêt pour une organisation de tenter de maîtriser son système d'information. Les études anthropologiques ont analysé la question sous un angle très pertinent : « la variation des modes de communication est souvent aussi importante que celle des modes de production, car elle implique un développement tant des relations entre individus que des possibilités de stockage, d'analyse et de création dans l'ordre du savoir » (Goody, 1979, p. 86).

Les activités de conception s'inscrivent désormais dans une grande chaîne d'information qui officie en tant qu'intendant général des tâches et de leurs délais. Il est fort probable que l'emprise du PLM aille encore plus loin, ou plutôt qu'elle s'associe aux technologies du calcul intensif (ou Big Data). La market place de Dassault Systèmes peut très bien viser cet objectif.

Servant des milliers de clients dans le monde et brassant des millions de lignes de code, cet éditeur fait face à une gigantesque expansion des connaissances de ses ingénieurs. Une base de connaissances a été créée en 2007 afin que des communautés professionnelles s'impliquent dans les logiciels commercialisés. Progressivement un système de management des connaissances a été mis en fonctionnement, il permet de fournir des réponses aux requêtes des ingénieurs. Il s'agit d'un gain de temps permis en amont par un travail conséquent de rationalisation des liens syntaxiques et sémantiques entre les milliers de données entreposées dans les différentes bases documentaires. L'étape suivante pourrait résider dans le rapprochement avec les bases de données commerciales à très grande échelle, par exemple au niveau sectoriel. Or ces bases nécessitent des capacités de calcul que seuls quelques majors de l'industrie d'Internet détiennent. Factuellement,

la question de la centralisation est posée en termes de documentation de conception et de ses usages associés aux activités commerciales.

La genèse des plateformes de conception puis le début d'articulation aux systèmes de fabrication additive nous ont montré que les rapprochements entre des univers a priori éloignés étaient possibles. Chaque fois qu'ils l'ont été, l'argument a été le client.

La voie du client a jusqu'à présent emprunté plusieurs médias (études marketing, sondages consommateurs, tests divers, mobilisation de l'utilisateur dès la phase de créativité, …). Cependant une limite a toujours persisté en termes de rapidité de remontée de l'information ainsi que parfois en termes de représentativité. Ces limites semblent désormais balayées avec le fonctionnement 24/7 d'algorithmes de prédiction des choix des consommateurs. Le fonctionnement 24/7 a été défini par Crary (2013) comme l'organisation à l'échelle planétaire de vastes systèmes de traçabilité, non plus seulement des produits, mais des comportements humains dans la consommation, mais aussi dans les activités de loisir. En agrégeant des milliards d'information, les firmes de l'Internet font industrie, et non plus seulement commerce, des données. Ces algorithmes sont basés sur le « smarter marketing » (marketing individualisé) qui est un outil de profilage algorithmique des consommateurs qui transforme le marketing et la publicité en « services ». Ces techniques sont très explicitement et cyniquement présentées par l'un de ses promoteurs (Chris Anderson, rédacteur en chef de *Wired*, dans *L'âge des Petabits)* : « c'est un monde dans lequel des quantités massives de données et les mathématiques appliquées remplacent tous les autres outils qui pourraient être utilisés. Exit toutes les théories sur les comportements humains, de la linguistique à la sociologie. Oubliez la taxinomie, l'ontologie, et la psychologie. Qui peut savoir pourquoi les gens font ce qu'ils font ? Le fait est qu'ils le font, et que nous pouvons le tracer et mesurer avec une fidélité sans précédent. Si l'on a assez de données, les chiffres parlent d'eux-mêmes » (cité dans Cardon, 2012).

La question de cette intégration PLM – Big Data est posée. L'éventualité de sa réalisation affecterait de manière critique le domaine de la conception industrielle et de ses métiers.

3.4. Haute fiabilité

La troisième orientation articule finement système technique et système social. Il s'agit de garantir la sûreté de fonctionnement du système composé d'algorithmes de calcul intensif, de bases de données souvent peu connectées entre elles, de plans de réalisation fortement contraints en délai et d'équipes de conception régies par des outils de type PLM et market place.

La sûreté de fonctionnement industriel se définit désormais en termes de fiabilité informatique. La sécurité des systèmes d'information vise plusieurs objectifs tels que la disponibilité des capacités de traitement de l'information, l'intégrité des données en termes d'exactitude et de complétude, leur traçabilité et leur conservation, leur confidentialité, et l'authentification des utilisateurs.

On imagine la paralysie qui pourrait affecter des systèmes de conception articulés avec des productions additives (imprimantes 3D) et du calcul intensif sur des données publiques de consommation. Afin de rendre de tels systèmes optimaux (autrement dit augmenter le temps effectif de bon fonctionnement), il faut s'intéresser à d'autres types de disponibilité : celle des personnes qualifiées, celle de la logistique, celle des serveurs informatiques, en somme celle de l'organisation intégrée.

Selon Karl Weick, les « organisations hautement fiables » sont des organisations flexibles. Son raisonnement montre que la fiabilité d'une organisation ne réside pas dans les modèles élaborés, mais dans les pratiques des acteurs. Autrement dit un modèle (d'organisation) n'est jamais un système véritablement en action. La fiabilité est invisible puisqu'elle consiste à empêcher l'irruption d'un événement nuisible. Toutefois, l'auteur suggère de s'intéresser également aux comportements qui succèdent directement à un problème important. Plus que d'essayer d'éviter les accidents, il est utile de créer les conditions et capacités pour les gérer en faisant par exemple en sorte que les dégâts ne s'amplifient pas. Les préconisations consistent à s'exercer en situation d'incertitude. Des simulations et des leçons tirés des événements accidentels devraient permettre d'élaborer des références en termes de comportements souhaitables et d'exercer les membres de l'organisation aux attitudes de vigilance. De telles préconisations incitent les responsables à développer les actions de simulation et les tiennent en alerte sur la recherche d'alternatives aux routines en place.

Comment se traduiront ces exercices de simulation dans les grands réseaux intégrés, et sans doute centrés sur quelques pivots ? S'agira-t-il de procéder à des simulations numériques pour renforcer la standardisation des méthodes de conception ? Ou bien d'enrichir des répertoires de conduites alternatives ? Le constat d'un directeur de département d'une entreprise aéronautique est intéressant à ce sujet : « ce qu'on cherche à standardiser avec le *lean management*, c'est la durée d'exécution d'une tâche, d'un livrable. On peut alors attribuer une durée de deux heures, quatre heures, six heures, huit heures etc. à une tâche, en tout cas en principe. Dans les faits on constate que c'est moins évident que cela ; il est assez difficile d'établir des standards ou des tâches types qui correspondraient à une durée bien précise. On a réussi à en répertorier mais c'est assez minime. Par rapport à ce constat, je pars du principe qu'on ne doit pas chercher à standardiser à tout prix parce qu'on sait que les standards, s'ils ne correspondent à rien de précis, ne seront pas tenus. Pouvoir savoir, comprendre et communiquer sur son propre travail et celui des autres c'est déjà un changement majeur. Ça compte plus à mon sens que le fait de poser des standards un peu partout » (Petit, 2016, p. 181).

Autrement dit, et c'est un constat régulier en milieu industriel, tout système d'organisation élabore lui-même ses besoins propres, notamment en termes d'autonomie en son sein afin d'exercer des actions de régulation. On imagine l'étendue du chantier qui attend les gérants de la market place chez Dassault Systèmes.

3.5. Quelle sera l'évolution des métiers de conception ?

Telle est la question centrale pour les ingénieurs exerçant dans le cadre d'une market place. C'est une perspective d'intégration par l'information qui domine, et les activités assurées par les professionnels font par contre l'objet de découpages très élaborés. C'est avec ce découpage que des objectifs de haute fiabilité seront de plus en plus recherchés. La fiabilité ne concerne plus uniquement les dimensions techniques, elle s'adresse aux opérations de traitement de l'information dont font partie les habiletés et compétences des professionnels impliqués.

La grande question en terme prospectif demeure alors celle de l'exploitation des capacités attentionnelles et plus généralement cognitives des professionnels. L'intégration informationnelle au service du contrôle des chaînes de valeur passera-t-elle également par une économie de l'attention des ingénieurs ?

Un certain nombre de critiques adressées au modèle standard de conception sont intéressantes à reprendre ici afin de poser quelques jalons dans la mise en perspective des métiers exercés en conception.

Une première observation est formulée pour les concepteurs qui sont engagés dans les phases a priori les plus créatives du processus. On fait remarquer qu'alors qu'ils prescrivent les spécifications des produits en amont du processus, ces concepteurs ne sont en fait pas autorisés à suivre leur création tout au long de celui-ci. Ce suivi leur permettrait de faire valoir leurs intentions premières ou encore d'entrer en discussion et en contradiction avec leurs collègues afin d'enrichir leur projet (Tovey, 2002). On devine qu'un fonctionnement de type market place n'améliorera pas la situation.

Une seconde observation concerne l'outillage méthodologique de l'ingénieur. Des spécialistes font remarquer que lorsqu'ils s'expriment dans les phases de « creative front end » (figure 3), les concepteurs utilisent généralement des médias de conception traditionnels tels que le maquettage, « clay modeling » ou encore le « sketching » (Fällman, 2003). Ces outils permettent des explorations intensives et favorisent la créativité. Ils permettent de suggérer et d'explorer plus que de prescrire. De plus, ils comportent une large part d'ambiguïté et apportent peu de détails dans le développement des intentions. De ce fait, ils génèrent une activité qui reste très attachée aux pratiques des ingénieurs qui les utilisent. Le partage de leur expérience reste difficile. Ainsi les atouts de ces outils dédiés à la création ne sont-ils pas de très bons vecteurs de communication avec les phases en aval. Souvent ces outils pertinents en amont se transforment en contrainte dès que l'on essaie de les adapter pour un usage par d'autres professionnels.

Enfin un troisième constat très critique est formulé à propos de la segmentation du processus de conception. En compartimentant la créativité et en limitant l'intervention des concepteurs industriels aux phases amont du processus, il existe un fort risque de mauvaise interprétation ou de simplification de leur concept initial. Ce qui est vécu par les concepteurs comme une forte remise en cause. Il est également courant que des impératifs de développement spécifiques tels que des délais très courts ou l'obligation d'utiliser une technologie particulière, surviennent.

Il est alors demandé aux professionnels d'intervenir sur des objets quasiment entièrement conçus. Dans de telles situations, les phases créatives sont généralement les premières à être sacrifiées. Le fonctionnement en market place risque d'aggraver la situation.

Ces trois constats dessinent certaines perspectives pour les métiers de la conception. Il apparaît explicitement qu'une économie généralisée de l'attention approfondisse ses effets au sein des activités de l'ingénieur de conception. Cette économie a été instaurée à la faveur des technologies PLM et semble s'intensifier avec la technologie market place.

L'attention dont il est question porte 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. Les ingénieurs de conception risquent de la sorte d'être de plus en plus insérés dans des systèmes intégrés, voire automatisés, de fourniture sophistiquée de services de création et de développement de produit.

Comment se réaliseront les cycles d'attention exigés de leur part ? C'est la question centrale et critique de l'édifice des systèmes intégrés de haute fiabilité. Puisqu'il s'agit de domestiquer une capacité intellectuelle et sensible qui, a priori, ne supporte pas l'ingérence de tiers standardisés.

4. Conclusion

Les évolutions des outils numériques qui soutiennent l'activité de conception des ingénieurs, en particulier les fameux PLM, présentent-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 au sein des entreprises qui s'équipent auprès des plateformes et des market place ? Telles étaient nos questions de départ.

Les recherches empiriques consacrées à l'activité créative des ingénieurs sont demeurées jusqu'à présent fort peu nombreuses (Burlet, 2008 ; Petit, 2016). Remarquons également que les travaux en sciences de gestion abordent les dimensions cognitives de manière très générale, aucune discrimination n'est opérée entre les différentes capacités mentales des professionnels.

Et de surcroît, la perspective sociale de ces technologies numériques doit être sérieusement considérée en mettant à distance les relations d'autorité qui pourraient s'installer à partir d'une position surplombante de la technique. En effet, comme le souligne certains scientifiques : « la croissance exponentielle de la simulation numérique a toutefois un effet pervers : comme il est plus facile de faire tourner des simulations sans fin que de réfléchir, il y a aujourd'hui une tendance nette à multiplier les calculs et à accumuler les données, plutôt que de faire un effort de compréhension et de réflexion » (Livre blanc mécanique, 2015, p. 95).

Nous nous sommes efforcés de démontrer que le risque de monopolisation des capacités de conception présente quelques arguments sensibles et qu'il fait peser des remises en cause importantes, voire dramatiques, en termes professionnels pour les ingénieurs de conception.

La market place de Dassault Systèmes représente un véritable projet d'intégration numérique des systèmes hautement fiables de conception et de fabrication. En cela, l'intégration numérique peut générer un court-circuitage des capacités mentales des professionnels de la conception. Il s'agit de permettre la mise à disposition et l'usage effectif de programmes de perception et d'action aux professionnels afin de garantir qualité et rapidité d'exécution. Ces programmes font l'objet d'analyses complexes (Stiegler, 2015, p. 63-76) qui mériteront dans un proche avenir des investigations empiriques détaillées. Cette tentative de prise de contrôle de l'entendement humain par des programmes préparés dans un but technico-économique fait penser aux investissements pour l'automatisation des activités de fabrication et de logistique. Des analyses empiriques approfondies seront requises pour en définir les modalités d'élaboration et de réussite.

Bibliographie

Anderson, C (2006) *The Long Tail: Why the Future of Business is Selling Less of More*. New York: Hyperion.

Arrighi, P. (2014) Modèles d'intégration des designers créatifs dans les processus de conception industriels. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.

Benavent, C. (2016) *Plateformes. Sites collaboratifs, marketplaces, réseaux sociaux, comment ils influencent nos choix*. Paris: FYP éditions.

Bonnardel, N. (2006) *Créativité et conception. Approches cognitives et ergonomiques*. Marseille: Solal.

Bozdoc, M. (2004). The history of CAD. http ://www.mbdesign.net/mbinfo/CAD-History.htm

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. Université des sciences et technologies de Lille Sociologie et Sciences sociales.

Cardon, D. (2012) « Regarder les données », *Multitudes*, (49), 138–142.

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.

Citton, Y (dir, 2014) *Economie de l'attention. Nouvel horizon du capitalisme ?* Paris: La Découverte.

Crary, J., (2013) *24/7: Late Capitalism and the Ends of Sleep*. London and New York: Verso.

Csikszentmihalyi, M. (1996) *Creativity: flow and the psychology of discovery and invention*, New York: Harpper Colins.

Daloz, P., et al., (2010) « Concevoir les outils du bureau d'études : Dassault Systèmes, une firme innovante au service des concepteurs ». *Entreprises et Histoire*, 58, 150–164.

Darses, F (2009) « Résolution collective des problèmes de conception », *Le Travail Humain*, 72, 43–59.

Fällman, D. (2003a). Design-oriented human-computer interaction. Proceedings of the ACM-SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1, 225–232.

Feldman, Csikszentmihalyi et Garner, H., (1994) *Changing the world: A framework for the study of creativity*, Westport: CT: Praeger.

Ferretti, M. (1981) « Mécanique : mythe ou réalité de la CAO ? », *Le Nouvel Automatisme*, 23, 52-59.

Garson, B. (1989) *The electronic sweatshop: how computers are transforming the office of the future into the factory of the past*. New York: Penguin.

Gawer, A., (2014) "Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework". *Research Policy*, 43(7), 1239–1249.

Guittard, C., et Schenk, E (2013) « Les conditions de la sagesse de la foule et ses conséquences managériales : le Crowdsourcing », 6e Colloque International GeCSO, Université de Lorraine, juin.

Hatchuel, A., Le Masson, P., Reich, Y., et Weil, B. (2011) A systematic approach of design theories using generativeness and robustness. Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design, 2, 87–97.

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

Livre Blanc de la mécanique (2015) *Enjeux industriels et sociétaux. Recherche, innovation, formation*. Paris : EDP Science.

Pahl, G., Beitz, W. (2007) *Engineering design: A Systematic Approach*. Third Edition. London: Springer London Ltd.

Paraponaris, C., Cina, M., Campillo, V (2018) Processus de numérisation et dynamique de l'emploi, Paris : APEC, janvier.

Petit, S., (2016) La rationalisation du travail intellectuel. Ethnographie de l'activité de conception industrielle. Thèse de Doctorat, Paris Saclay.

Poitou, J-P. (1989) *30 ans de CAO en France. Ou les petits enfants de Gaspard Monge*. Paris: Hermès.

Roy, R (1993) "Case studies of creativity in innovative product development. *Design Studies*, 14, 423–443.

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

Tornincasa, S., et Di Monaco, F. (2010) The future and the evolution of CAD. Proceedings of the 14th international research/expert conference: trends in the development of machinery and associated technology.

Tovey, M. (2002) "Concept design CAD for the automotive industry". *Journal of Engineering Design*, 13, 5–18.