



**Research Network on Innovation  
Réseau de Recherche sur l'Innovation**

**WORKING PAPERS**

**DOCUMENTS DE TRAVAIL**

**N°30 / 2012**

**L'INNOVATION DANS LES INDUSTRIES DE DEFENSE : UNE ETUDE DE CAS**

**Pierre BARBAROUX**

# L'INNOVATION DANS LES INDUSTRIES DE DEFENSE : UNE ETUDE DE CAS

## INNOVATION IN DEFENCE INDUSTRIES: A CASE STUDY

**Pierre BARBAROUX<sup>1</sup>**

**Résumé :** Cet article étudie comment les acteurs participant à un projet d'innovation collaborative s'organisent pour développer un système technologique complexe. A partir d'une étude de cas portant sur le programme nEUROn, l'article identifie les compétences critiques devant être déployées et coordonnées dans le cadre de la gestion d'un projet d'innovation collaborative. Nous montrons alors que le développement du premier démonstrateur technologique européen d'avion de combat sans pilote (UCAV) a nécessité la mise en place d'une architecture organisationnelle innovante reposant sur la combinaison de pratiques managériales et de technologies de R&D novatrices facilitant la collaboration entre les partenaires.

**Mots clés.** Systèmes complexes. Innovation collaborative. nEUROn

**Summary:** This paper investigates how participants involved in collaborative innovation manage to develop complex product systems (CoPS). Building on a case study focusing on the nEUROn program, it identifies the capabilities which have been deployed and coordinated by the various organizations involved in the project. It shows that developing the first European Unmanned Combat Air Vehicle (UCAV) demonstrator required designing an original organisational architecture rooted in the combination of innovative management practices and virtual R&D technologies which in turn facilitated collaboration among partners.

**Key words.** Complex product systems (CoPS). Collaborative innovation. nEUROn.

© Réseau de Recherche sur l'Innovation, 2012

---

<sup>1</sup> Centre de Recherche de l'Armée de l'air (CReA)  
Responsable de l'Équipe de « Management des organisations de défense » (MOD)  
EOAA/CReA  
Base Aérienne 701  
F-13661 SALON AIR  
+33 (0)4 90 17 80 00 + 26040  
pierre.barbaroux@inet.air.defense.gouv.fr

# L'INNOVATION DANS LES INDUSTRIES DE DEFENSE : UNE ETUDE DE CAS

## INNOVATION IN DEFENCE INDUSTRIES: A CASE STUDY

**Pierre BARBAROUX**

### TABLE

<b>INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>1. SYSTEMES COMPLEXES ET INNOVATION COLLABORATIVE</b>	<b>5</b>
<b>2. METHODOLOGIE</b>	<b>6</b>
2.1. Données	6
2.2. Contexte de la recherche	7
<b>3. RESULTATS</b>	<b>7</b>
3.1. Décomposition du système et design organisationnel	7
3.2. Conception numérique et collaboration en environnement virtuel	9
<b>4. IMPLICATIONS</b>	<b>10</b>
<b>5. CONCLUSION</b>	<b>11</b>

## INTRODUCTION

Le 19 janvier 2012, le nEUROn, premier démonstrateur technologique européen d'avion de combat sans pilote (UCAV) a été présenté officiellement aux représentants des différentes parties prenantes au programme. Lancé en 2003, le programme a été notifié au maître d'œuvre en 2006, les contrats de partenariats industriels étant signés la même année. Cette présentation marque la fin d'une séquence de cinq ans de recherche et développement (R&D) menée au Centre d'Essai en Vol (CEV) de la Direction Générale de l'Armement<sup>2</sup> (DGA) situé à Istres (Base Aérienne 125). Les tests moteurs, prévus courant 2012, devraient ouvrir une nouvelle séquence d'essais en vol d'une durée de deux ans. Selon Dassault Aviation, principal maître d'œuvre du programme, « ces essais porteront sur les qualités de vol de la plate-forme, sur sa discrétion, sur le tir d'armement air-sol à partir d'une soute interne, ainsi que sur l'insertion d'appareils non habités dans l'espace aérien » (site officiel, communiqué de presse, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). Six pays participent au programme : la France, la Suède, l'Italie, l'Espagne, la Grèce et la Suisse. La maîtrise d'ouvrage partagée entre ces six pays permet de mutualiser les risques associés au financement du programme et de renforcer la coopération à l'échelle européenne. Les États ont délégué à la DGA la responsabilité de l'exécution du contrat principal et du suivi du programme. Les entreprises Saab (Suède), Alenia Aermacchi (Italie), EADS-CASA (Espagne), Hellenic Aerospace Industry (HAI, Grèce) et RUAG (Suisse) contribuent au programme sous la responsabilité de Dassault Aviation (France). L'entreprise française assume seule la responsabilité de l'intégration du système et constitue l'interlocuteur principal de la DGA pour l'exécution du contrat.

La forme organisationnelle adoptée pour développer le projet nEUROn se fonde sur deux principes : la décomposition du système en composants autonomes et la collaboration entre maître d'œuvre, sous traitants et maître d'ouvrage. Ce type d'organisation est considéré comme une solution organisationnelle répondant aux enjeux soulevés par le développement de systèmes de produits complexes<sup>3</sup> (*Complex Product Systems*, CoPS). La collaboration permet en effet de mobiliser la variété des ressources technologiques, financières, humaines et juridiques nécessaires au développement de l'innovation<sup>4</sup>. Elle requière toutefois le déploiement de ressources tangibles (ex., technologies) et intangibles (ex., normes et valeurs culturelles) permettant de coordonner les acteurs et d'intégrer leurs contributions autour d'une architecture stable<sup>5</sup>.

Cet article étudie comment les acteurs participant à un projet d'innovation collaborative s'organisent pour développer un système technologique complexe. A partir d'une étude de cas portant sur le programme nEUROn, l'article identifie les compétences critiques devant être déployées et coordonnées dans le cadre de la gestion d'un projet d'innovation collaborative impliquant une variété d'acteurs industriels et d'agences gouvernementales. Le programme nEUROn est intéressant pour notre propos dans la mesure où il offre un cas typique de projet d'innovation collaborative portant sur le développement d'une technologie complexe. Les UCAV appartiennent en effet à la catégorie des systèmes de produits complexes (CoPS) nécessitant le déploiement de dispositifs organisationnels appropriés. Les UCAV sont en effet composés d'une multitude de modules technologiques pouvant, eux mêmes, être décomposés. Ils sont produits en petites séries, pour un coût unitaire élevé. Leur développement et leur exploitation s'inscrivent dans la (très) longue période. Enfin, les risques -technologiques et financiers- associés au projet sont élevés. Telles sont les caractéristiques d'un système de produits complexe. Et le nEUROn les réunit toutes.

---

2 Le CEV a été renommé DGA essai en vol en 2009.

3 Hobday, M. 1998, "Product Complexity, Innovation and Industrial Organisation", *Research Policy*, 26, p. 689-710.

4 Barbaroux, P. 2012, "Identifying collaborative innovation capabilities within knowledge-intensive environments: insights from the Arpanet project", *European Journal of Innovation Management*, 15(2), p. 232-258.

5 Barbaroux, P. 2011, "How do organisations manage to develop collaborative innovation? The case of the Tactical Strike and Reconnaissance aircraft (TSR-2)", *Journal of Innovation Economics*, 7, p. 161-179.

L'article propose dans une première partie une revue de la littérature sur les systèmes complexes et l'innovation collaborative. Cette revue de la littérature montre que les enjeux soulevés par l'innovation collaborative dans le domaine des systèmes complexes portent sur des questions de conception d'une architecture stable, de coordination des ressources distribuées entre les acteurs et d'intégration de leurs contributions. La seconde partie présente la méthodologie mise en œuvre pour documenter le cas. Les résultats sont ensuite présentés. Nous montrons alors que le développement du projet a nécessité la mise en place d'une architecture organisationnelle innovante reposant sur la combinaison de pratiques managériales et de technologies de R&D facilitant la coordination des acteurs et l'intégration de leurs contributions. L'article tire les enseignements de nos résultats pour les chercheurs et les managers et ouvre des pistes pour la recherche future.

## 1. SYSTEMES COMPLEXES ET INNOVATION COLLABORATIVE

Un système peut être qualifié de « complexe » lorsqu'il est difficile de prédire son comportement à partir de l'observation des interactions entre ses composantes<sup>6</sup>. Un système complexe est généralement composé d'un grand nombre d'entités, parfois simples, qui interagissent d'une façon non triviale et dont il est difficile de maîtriser le comportement global.

Cette définition générique de la complexité peut être mobilisée pour étudier le comportement d'une variété de systèmes physiques, naturels, sociaux ou artificiels<sup>7</sup>. Le concept de complexité a été particulièrement utilisé pour étudier les dynamiques d'innovation et d'organisation industrielle supportant le développement d'une catégorie particulière de produit ou de technologie : les systèmes de produits complexes<sup>8</sup> (*Complex Product Systems CoPS*). Les CoPS se distinguent des produits traditionnels dans la mesure où ils réunissent certaines qualités spécifiques : ils sont dotés d'une architecture composée d'une variété de composants technologiques (appelés « modules »), chacun pouvant lui même être défini comme un CoPS (ex., les moteurs ou l'avionique d'un avion de ligne). Les CoPS sont produits en petites séries, à la demande d'un client qui spécifie les fonctionnalités attendues du produit et participe à son développement (ex., une centrale nucléaire livrée à un exploitant unique ou un avion de chasse destiné aux forces aériennes d'un pays). Leur coût unitaire est élevé. L'incertitude, notamment technologique, entourant le développement d'un CoPS est grande, celle-ci étant renforcée par la longue durée des cycles de R&D, de production, d'exploitation et de retrait du produit<sup>9</sup>. Le développement d'un CoPS nécessite dès lors de savoir sélectionner, coordonner et intégrer une multitude de connaissances, de compétences et de technologies différents disponibles à l'intérieur et à l'extérieur des frontières de l'entreprise maître d'œuvre. Cette exigence conditionne le choix de la forme organisationnelle adaptée au projet de développement d'un CoPS. Sanchez<sup>10</sup> et Sanchez et Mahoney<sup>11</sup> montrent ainsi que les propriétés du produit ou de la technologie (i.e., complexité, modularité) peuvent déterminer les propriétés de l'organisation – firme et/ou industrie – qui le fabrique<sup>12</sup>.

---

6 Simon H.A. 1969, *The Science of the Artificial*, MIT press.

7 Schilling, M. 2000, "Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity", *Academy of Management Review*, 25(2), p. 312-334.

8 Hobday, M. 1998, "Product Complexity, Innovation and Industrial Organisation", *Research Policy*, 26, p. 689-710.  
Davies, A., M. Hobday 2005, *The business of projects: managing innovation on complex products and systems*, Cambridge University Press.  
Brusoni, S., Prencipe, A., K. Pavitt 2001, "Knowledge specialization and the boundaries of the firm: why do firms know more than they make?", *Administrative Science Quarterly*, 46, p. 597-621.

9 Moody, J.B., M. Dodgson, M. 2006, "Managing complex collaborative projects: lessons from the development of a new satellite", *Journal of Technology Transfer*, 31, p. 567-588.

10 Sanchez, R. 1995, "Strategic flexibility in product competition", *Strategic Management Journal*, 16, p. 135-159.

11 Sanchez, R., J.T. Mahoney 1996, "Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization design", *Strategic Management Journal*, 17, p. 63-76.

12 L'hypothèse d'un isomorphisme entre les propriétés d'un produit complexe et celles de la forme organisationnelle (ou industrielle) qui le développe est aujourd'hui très discutée. Pour une discussion, voir Catel, F. 2007, « Modularité et

Les propriétés des CoPS nécessitent également la maîtrise de certaines compétences en matière de management de projet innovant<sup>13</sup>. Le développement des CoPS impose ainsi à l'industriel maître d'œuvre de savoir collaborer avec l'utilisateur final du produit (*user-driven innovation*), le maître d'ouvrage, ainsi qu'avec l'ensemble des parties prenantes au projet<sup>14</sup>. Ces dernières incluent les pouvoirs publics et leurs représentants, les universités, les sous traitants, les organisations de financement etc. Deux caractéristiques des CoPS influencent plus spécifiquement la nature des compétences nécessaires à leur développement. D'une part, le mode de management d'un projet de CoPS étant « tiré » par le client (*customer-pull*) et non pas poussé par le producteur (*supplier-push*), l'entreprise doit savoir dialoguer avec le client afin de comprendre le besoin exprimé le plus souvent en termes de fonctionnalités et de capacités souhaitées. D'autre part, le maître d'œuvre doit être capable d'intégrer les contributions des multiples participants, et notamment des fournisseurs de composants qui participent au projet<sup>15</sup>. Les compétences d'intégrateur système (*systems integration*) sont alors capitales pour le succès de ce type de projet.

## 2. METHODOLOGIE

Nous avons choisi de mener une étude de cas unique<sup>16</sup> portant sur le programme européen de développement d'un démonstrateur technologique d'avion de combat sans pilote (UCAV) : le nEUROn. Le choix du cas nous est apparu pertinent dans la mesure où le nEUROn est un exemple typique de CoPS dont le développement a nécessité la mise en place d'une organisation coopérative mettant en relation une variété d'acteurs publics et privés. L'objectif consiste alors à étudier la structure industrielle mise en place conjointement par le maître d'œuvre (Dassault Aviation) et le maître d'ouvrage (la DGA) afin d'identifier les compétences critiques déployées par les participants au projet. Nous cherchons à tirer des enseignements théoriques et pratiques du cas.

### 2.1. Données

Les données recueillies et traitées sont essentiellement des données secondaires. Il s'agit de documents accessibles sur Internet auprès d'une variété de sites officiels (Dassault aviation, DGA) et d'information spécialisée (revues en ligne, blogs). Nous avons exploité principalement trois sources de données secondaires : des documents détaillant l'histoire des programmes développés par Dassault Aviation ; des publications académiques dans les domaines des CoPS et du management de l'innovation ; des archives ouvertes proposant un ensemble de données (institutionnelles et/ou d'informations générales) relatives au projet. L'analyse de la littérature portant sur l'histoire du maître d'œuvre nous a permis d'obtenir une vision transverse de sa compétence en matière de gestion de projets et d'intégration des systèmes complexes. L'étude des publications académiques dans le domaine des CoPS et du management de l'innovation nous a permis d'identifier des cas partageant des similarités avec le projet nEUROn en matière de compétences industrielles mobilisées et de solutions organisationnelles expérimentées. Enfin, les archives ouvertes ont été très précieuses dans la mesure où elles nous ont permis d'accéder à des documents permettant de documenter l'histoire du projet et d'identifier les acteurs ainsi que les étapes clefs de son développement.

---

organisation industrielle: vers un isomorphisme entre produits et organisations? », *Economie Appliquée*, 60(2), p. 183-207.

13 Hobday, M. 1998. *op.cit.*

14 Moody, J.B., M. Dodgson, M. *op.cit.*

15 Soderlund, J. 2002, "Managing complex development projects: arenas, knowledge processes and time", *R&D Management*, 32, p. 419-430.

16 Eisenhardt, K.M. 1989, "Building theory from case study research", *Academy of Management Review*, 14(4), p. 532-550.

## **2.2. Contexte de la recherche**

Le nEUROn désigne le démonstrateur technologique européen d'un véhicule de combat aérien non piloté. Officiellement lancé en 2003 par le ministre français de la Défense, l'objectif politique du programme est clair : il s'agit de promouvoir une vision pragmatique de la construction d'une Europe de la Défense à travers la réalisation d'un projet technologique impliquant la coopération entre industriels européens, sous la responsabilité d'un maître d'œuvre unique. La maîtrise d'ouvrage est également collégiale puisque les différents pays partenaires ont fait le choix de mutualiser leurs besoins et leurs financements, de partager la charge de travail ainsi que les risques et les bénéfices associés, et de confier la responsabilité de l'exécution et du suivi du programme à une agence unique : la DGA. Six pays participent au programme : la France, la Suède, l'Italie, l'Espagne, la Grèce et la Suisse. Des entreprises de chaque pays -Saab (Suède), Alenia Aermacchi (Italie), EADS-CASA (Espagne), Hellenic Aerospace Industry (HAI, Grèce) et RUAG (Suisse)- contribuent au programme en tant que sous traitants de premier niveau, sous la responsabilité de Dassault Aviation (France) qui assume seul la responsabilité de l'intégration du système en relation étroite avec la DGA. L'agence gouvernementale française apporte ses capacités logistiques et ses compétences d'expert en matière de développement de projets industriels complexes.

En tant que tel, le projet n'a pas pour but la production d'un système d'arme : il s'agit d'un programme de recherche et de technologie (R&T) visant à « démontrer la maturité et l'efficacité de solutions techniques » (site officiel, communiqué de presse, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)) dans une série de domaines hautement stratégiques (ex., automatique, aérodynamique, science des matériaux, guidage, navigation). Le programme s'inscrit dans une démarche prospective visant à permettre aux acteurs de la base industrielle et technologique de Défense (BITD) européenne d'acquérir, de maintenir et de développer les compétences et savoirs faire nécessaires à la production des futurs avions de combat (pilotés et non pilotés). Selon Dassault Aviation, le programme nEUROn permet « de maintenir des pôles d'excellence dans les domaines où l'industrie européenne a développé des niches technologiques » (site officiel, communiqué de presse, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). Toutefois, le programme nEUROn est susceptible d'avoir un impact dimensionnant sur les capacités militaires européennes présentes et à venir dans la mesure où il a pour but de démontrer, en situation de vols réels, la maîtrise des missions suivantes : « exécution d'une mission air-sol basée sur la détection, la localisation et la reconnaissance de cibles au sol, de façon autonome ; évaluation de la détection d'une plate-forme furtive face à des menaces sol et air (...) ; tir d'armements réalisé à partir d'une soute interne, dans des délais de réactivité très courts » (site officiel, communiqué de presse, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). Ces capacités sont aujourd'hui considérées comme essentielles dans la mesure où elles permettent d'asseoir la crédibilité de la politique de Défense et de Sécurité européenne et de garantir une certaine autonomie technologique, industrielle et militaire dans un domaine où les transferts de technologies entre pays tiers sont peu probables (même au sein de l'OTAN). Les accords signés sur le nEUROn se terminent en 2013.

## **3. RESULTATS**

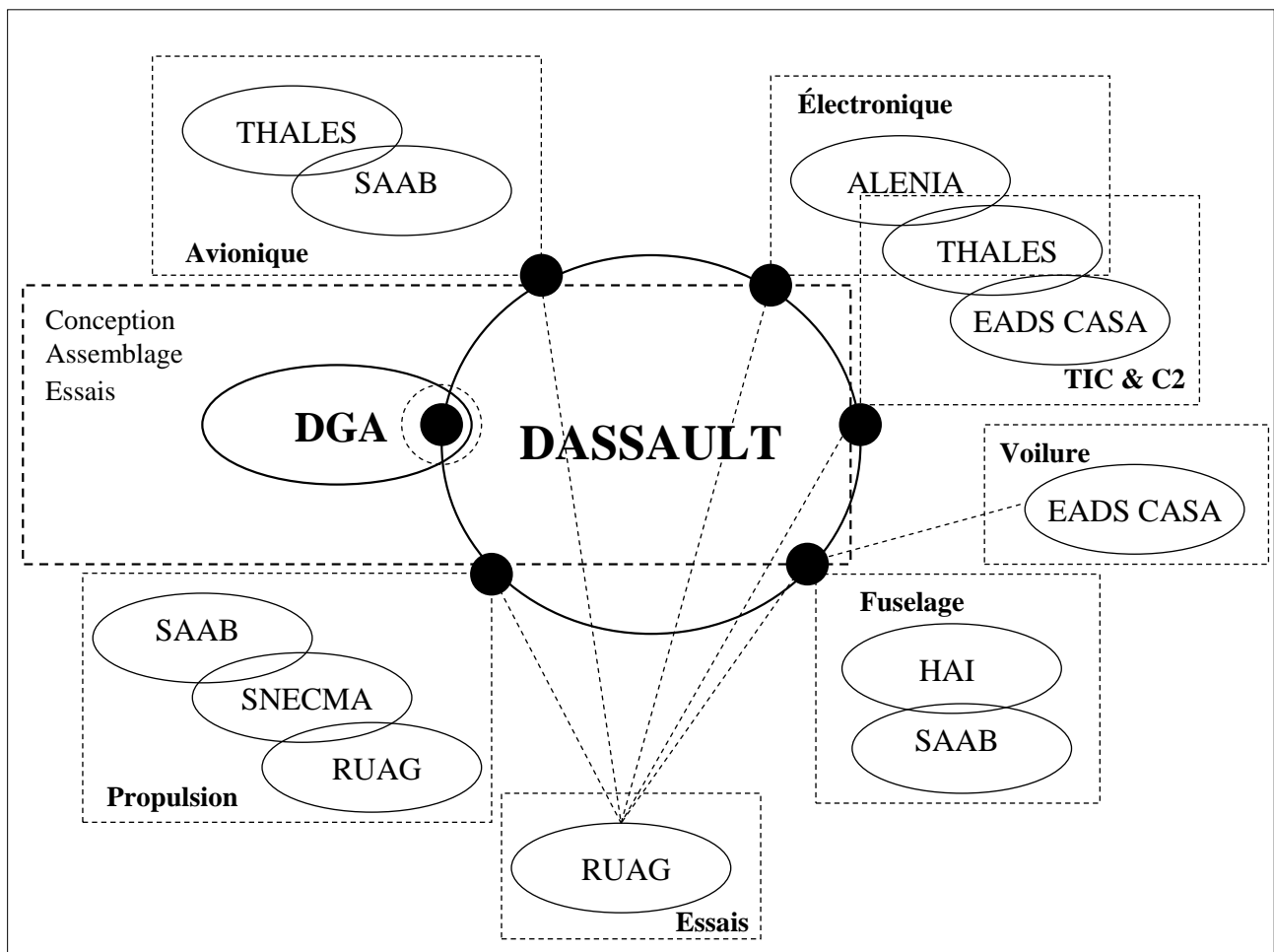
### **3.1. Décomposition du système et design organisationnel**

Le premier défi soulevé par le développement du nEUROn est de nature organisationnelle. Il s'agit « de mettre en œuvre un processus innovateur de gestion et d'organisation de programmes en coopération internationale » (site officiel, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). Les enjeux en matière de design organisationnel et industriel sont donc cruciaux. Dans le cas du programme nEUROn, la distribution des tâches entre le maître d'œuvre et les industriels de premier niveau reflète la décomposition de l'architecture du drone en composants autonomes. L'architecture du système de drone compte cinq composants principaux :

- Les technologies d'information et de communication (TIC)
- Les technologies électronique et de guidage
- La cellule (avionique)
- La voilure
- Le fuselage.

Le moteur -composant essentiel de tout aéronef- ne fait pas l'objet d'un développement spécifique : le nEUROn est propulsé par un moteur de type « Adour Mk 951 » produit par la Snecma (groupe Safran) dont la fiabilité est largement éprouvée puisqu'il compte plusieurs millions d'heures de vol à ce jour.

Compte tenu de la décomposition du système, la décision de la DGA et de Dassault en matière de design organisationnel a été d'asseoir le projet nEUROn sur une architecture décomposée impliquant la collaboration entre une variété d'acteurs industriels européens sélectionnés en fonction de leur nationalité et de leurs compétences. La répartition des tâches entre les partenaires est la suivante (Fig. 1).



**Figure 1.** Représentation schématique de l'architecture industrielle du programme nEUROn

Dans le modèle d'organisation modulaire adopté; Dassault Aviation assure la conception du démonstrateur, du système de vol, l'assemblage et les essais statiques comme en vol. Thalès offre la liaison de données tactique (ex., liaison 16) ainsi que l'interface avec le commandement. Alenia assure le développement des systèmes électriques, et est responsable du système de tir à partir d'une soute interne. Saab contribue à la conception générale de la cellule avion. L'entreprise suédoise est ainsi chargée du fuselage, de l'avionique et du système carburant. EADS-CASA développe la



voilure ainsi que la station de contrôle au sol, et réalise l'intégration de la liaison de données fournie par Thalès. HAI réalise le fuselage arrière, les tuyères furtives et le banc d'essai. RUAG fournit la soufflerie et le dispositif d'emport d'armements. Enfin d'autres fournisseurs sont impliqués tel que Messier-Dowty qui fournit les trains d'atterrissage (site Wikipédia, [http://fr.wikipedia.org/wiki/Dassault\\_nEUROn#cite\\_note-1](http://fr.wikipedia.org/wiki/Dassault_nEUROn#cite_note-1)).

A ce jour, les différents éléments constituant la cellule du nEUROn ont été fabriqués et livrés sur le site de Dassault Aviation à Istres. Le fuselage principal (SAAB), le fuselage arrière et la tuyère (HAI), les voilures (EADS-CASA), les trappes de soute (ALENIA), l'interface d'armement (RUAG) ont été assemblés (mi-2012). Les logiciels et les divers systèmes électroniques sont en cours d'intégration (site officiel, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). La première campagne d'essais en vol devrait débuter en octobre 2012 (Air & Cosmos 2012, <http://www.air-cosmos.com/defense/dassault-fera-voler-le-drone-neuron-en-septembre.html>).

### **3.2. Conception numérique et collaboration en environnement virtuel**

Capitalisant sur l'expérience acquise lors du projet de développement de l'avion d'affaire Falcon 7X, Dassault Aviation a décidé d'utiliser une méthode de conception entièrement numérique pour concevoir, assembler, tester et produire le nEUROn : le *Product Life Cycle* (PLM) management. Cette méthode repose sur un outil de conception numérique appelé le « Plateau Virtuel ». Sa finalité est de permettre « un partage des données entre tous les acteurs d'un programme et une disponibilité immédiate des informations » (site officiel, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). Comme le souligne le secrétaire général de l'entreprise aéronautique française, « le plateau virtuel va nous permettre (...) de mieux maîtriser nos projets à venir, qu'ils soient militaires ou civils. Le choix d'une architecture générique et la recherche de standards dans les solutions retenues permettront en effet de les déployer avec seulement quelques paramétrages, pour les programmes futurs faisant appel à la coopération et au travail collaboratif » (site officiel, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)).

De la conception de l'appareil, jusqu'au support et à la maintenance, le plateau virtuel offre aux ingénieurs en charge du développement des divers composants, la possibilité de travailler sur une représentation partagée de l'aéronef en trois dimensions (3D). L'ensemble des tâches de production, d'assemblage, de maintenance ou de test peut être effectué sur une maquette numérique 3D. Cette solution technologique innovante, testée également sur Rafale et sur Mirage 2000, « fédère autour d'une même base de données le produit, l'outillage et la chaîne de production » (site officiel, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). La combinaison des outils CATIA (conception numérique et visualisation 3D du système), ENOVIA (gestion des données du système) et DELMIA (simulation de la fabrication et de la maintenance) permet de mettre en évidence « les problèmes éventuels (...) alors qu'aucune pièce n'est encore fabriquée » (site officiel, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). En mettant chaque intervenant en situation (ce que Dassault Aviation appelle le "travail en contexte"), le plateau virtuel offre les moyens aux différentes équipes-projet d'accéder aux informations dont elles ont besoin pour assurer leurs missions, tout en leur proposant une vision globale, fiable et mise à jour instantanément, de l'état d'avancement du projet. Conformément aux principes de l'ingénierie concourante, « toutes les équipes travaillent simultanément et en temps réel sur la même base de données informatique, quel que soit le lieu d'exécution des travaux » (site officiel, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)).

Si l'utilisation des technologies de collaboration du type « portail » sont depuis longtemps employées dans les secteurs de l'aéronautique ou de l'automobile, « le travail à distance sur une maquette numérique configurée, avec consolidation automatique d'une référence unique, est une complète innovation » (site officiel, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). Il est important de noter que Dassault Aviation a pris soin de réunir l'ensemble des équipes engagées dans le programme au siège de l'entreprise (Saint-Cloud) afin de réaliser la conception préliminaire de l'avion. C'est ce que Dassault Aviation nomme le « plateau physique ». Il s'agit « d'une phase de contact direct

incontournable afin que tout le monde puisse se connaître et utiliser les méthodes de travail définies par le maître d'œuvre » (site officiel, [www.dassault.com](http://www.dassault.com)). Cette rencontre préliminaire est primordiale car le travail collaboratif en environnement virtuel requière le partage d'une même vision des objectifs du projet et de l'architecture du système. Cette vision partagée réduit les risques d'incompréhension pouvant déboucher sur des situations d'incompatibilité techniques. Les interactions en face-à-face favorisent également la construction d'une connaissance commune des rôles, des contraintes et des normes de travail de chacun.

Les conséquences pratiques de la mise en œuvre de la méthode PLM sont essentiellement une réduction des coûts et le respect des délais. Cela se traduit par une minimisation des problèmes de fabrication (élimination des retouches), l'optimisation de la qualité, une réduction du temps d'assemblage et une diminution de l'outillage de production. Ces résultats montrent que la mise en œuvre d'une méthode de travail collaborative innovante, soutenue par un ensemble de technologies numériques de conception, de communication et de partage des connaissances a permis de réduire les défauts de coordination et de faciliter la tâche du maître d'œuvre en charge de l'intégration du système.

#### 4. IMPLICATIONS

Le premier enseignement que nous pouvons tirer de l'étude du cas nEUROn est qu'il est essentiel pour le maître d'œuvre de disposer d'une solide capacité en matière de conception organisationnelle adaptée aux enjeux scientifiques, technologiques et industriels soulevés par la production d'un système de produits complexe (CoPS). Dans le cas du programme nEUROn, la forme organisationnelle déployée par le maître d'œuvre (Dassault Aviation), en accord avec le maître d'ouvrage (DGA), a reposé explicitement sur trois principes : (i) la décomposition du système en modules technologiques autonomes, (ii) la distribution des tâches de R&D, d'essais et de production entre les partenaires, et (iii) la centralisation de la coordination des contributions et du contrôle des processus de développement. Si la décomposition de l'architecture du nEUROn en modules technologiques s'accompagne d'une distribution des tâches de développement auprès des partenaires industriels, la présence d'un maître d'œuvre unique responsable de l'intégration du système justifie un degré de centralisation important en matière de coordination des contributions (modules) et de prise de décision. Le défi principal du maître d'œuvre consiste alors à harmoniser les interfaces entre les modules technologiques, à définir le contenu des livrables attendus, à définir un échéancier et des modalités de contrôle, et à coordonner l'ensemble des activités (R&D, essais, production) distribuées au sein de la structure industrielle. La compétence d'intégrateur système du maître d'œuvre est ainsi capitale dans la mesure où elle facilite la gestion des tensions susceptibles d'émerger au sein de la structure industrielle, tensions qui résultent mécaniquement de l'application des principes de centralisation du contrôle du projet et de décentralisation de l'exécution des activités de production.

Le programme nEUROn montre plus particulièrement que les capacités de conception de l'architecture du système (*product design*) mises en œuvre par le maître d'œuvre ont déterminé son aptitude à sélectionner, coordonner et intégrer les acteurs participant au projet (*organisation design*). Ce résultat est cohérent avec les travaux de Sosa, Eppinger et Rowles<sup>17</sup>. Ces auteurs ont en effet montré que la capacité du maître d'œuvre de mettre en cohérence l'architecture du système innovant et la forme organisationnelle permettant de la développer facilite l'intégration des contributions des partenaires et limite les défauts de communication. L'alignement des architectures du produit et de l'organisation soutient la coordination des différentes parties prenantes au projet et

---

17 Sosa, M.E., Eppinger, S.D., Rowles, C.M. 2004, "The misalignment of product architecture and organisational structure in complex product development", *Management Science*, 50(12), p. 1674-1689.

facilite l'intégration des connaissances attachées à l'architecture et aux composants de l'innovation en tant que produit. Dans cette perspective, Ethiraj<sup>18</sup> a suggéré que le maître d'œuvre optimise ses chances d'effectuer un choix opportun en matière de design organisationnel s'il concentre ses efforts sur la dynamique d'interaction entre les concepts clefs (*core concepts*) incorporés dans l'architecture et les composants du système. En insistant sur les capacités de conception, à la fois organisationnelle et technologique, de la firme innovante, ces auteurs ont montré l'existence d'une correspondance entre l'architecture du produit et la forme organisationnelle qui permet son développement. Il est ainsi remarquable d'observer que, dans le cas du projet nEUROn, l'architecture de l'organisation mise en œuvre par Dassault et la DGA et celle du drone partagent certains attributs fondamentaux, en particulier la décomposition et la modularité. L'alignement des architectures organisationnelle et du produit (i.e., le partage de certaines propriétés) facilite la coordination des activités menées en parallèle et l'intégration des contributions des différents partenaires.

Le second enseignement majeur de l'étude souligne le rôle décisif joué par les technologies de conception en environnement collaboratif et distribué. La gestion d'un projet industriel impliquant la collaboration d'équipes-projet géographiquement dispersées nécessite en effet le déploiement de technologies facilitant les interactions entre partenaires et soutenant l'émergence d'une compréhension partagée des rôles de chacun, de leurs besoins comme de leurs contraintes, ainsi que des normes de travail qu'ils appliquent dans leur contexte professionnel propre. Malhotra et al.<sup>19</sup> ont notamment montré que l'émergence d'une vision partagée au sein d'une équipe virtuelle (*virtual team*) « suppose que les membres de l'équipe s'appuie sur un ensemble de normes, un contexte, et des définitions communes des problèmes »<sup>20</sup>. Ceci peut justifier le choix des membres de l'équipe-projet en sélectionnant des individus ou des groupes d'individus « ayant travaillé dans la même organisation, la même ligne de produits, la même industrie ou la même discipline scientifique »<sup>21</sup>. Dans le cas du programme nEUROn, la construction d'une vision commune partagée a été facilitée par l'expérience accumulée par le maître d'œuvre (et certains de ses partenaires de premier niveau) lors de programmes précédents (ex. Façon 7X). L'expérience de la collaboration sur « Plateau Virtuel » a grandement facilité l'établissement de normes de communication dont l'intérêt est de minimiser les défauts de communication (ex., ambiguïté), sources de problèmes de coordination pouvant susciter une intégration dysfonctionnelle des connaissances et des composants. Dans ce cadre, les technologies de conception numériques ont offert de fréquentes opportunités d'interaction entre les partenaires, renforcées par des rencontres en face-à-face à certains moments clefs du développement du programme. Comme le soulignent Gassmann et von Zedtwitz<sup>22</sup>, « même si la coordination du projet est grandement facilitée par les TIC modernes, un atelier de travail auquel participent les principaux membres de l'équipe et des contacts en face-à-face réguliers sont cruciaux pour l'intégration du système »<sup>23</sup>. Le travail collaboratif sur plateau virtuel est ainsi renforcé par des rencontres entre les différents membres des équipes participant au programme nEUROn.

## 5. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié comment les acteurs participant à un projet d'innovation

---

18 Ethiraj, S. 2007, "Allocation of inventive effort in complex product systems", *Strategic Management Journal*, vol. 28(6), p. 563-584.

19 Malhotra, A., Majchrzak, A., Carman, R., Lott, V. 2001, "Radical innovation without collocation: a case study at Boeing-Rocketdyne", *MIS Quarterly*, 25(2), p. 229-249.

20 Malhotra, A., Majchrzak, A., Carman, R., Lott, V., *op. cit.* p. 231.

21 *Idem* p. 231

22 Gassmann, O., Von Zedtwitz, M. (2003), "Trends and determinants of managing virtual R&D teams", *R&D Management*, 33, p. 243-262.

23 Gassmann et von Zedtwitz, *op. cit.* p. 248

collaborative s'organisent pour développer un système technologique complexe. A partir d'une étude de cas portant sur le programme de développement du premier démonstrateur technologique européen d'avion de combat sans pilote (UCAV), le nEUROn, nous avons cherché à identifier les compétences critiques devant être mise en œuvre, notamment par le maître d'œuvre intégrateur système. Nous avons alors montré que le développement du nEUROn a nécessité la conception d'une architecture organisationnelle distribuée, alignée sur une architecture « système » décomposée. Nous avons également indiqué que la coordination des activités et l'intégration des connaissances et des composants a reposé sur la mobilisation de pratiques de travail et de technologies de R&D innovantes conçues pour faciliter la collaboration en environnement de travail virtuel.