

ÉMERGENCE DE *DESIGNS* DOMINANTS DANS L'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE DE 1890 À 1935 : QUELLES LEÇONS TIRER DE L'OPPOSI- TION ENTRE AVIONS MONOPLANS ET BIPLANS ?

Nous montrerons dans cet article que l'adoption d'une approche historique peut nous permettre, sous certaines conditions de méthode, d'améliorer notre compréhension des processus d'émergence et de changement des *designs* dominants. Nous analyserons le développement de l'industrie aéronautique entre 1890 et 1935. Sur cette période, deux *designs* dominants se sont succédés : le biplan, puis le monoplan. Si les changements de *designs* dominants sont généralement expliqués par l'apparition d'une rupture technologique, nous montrerons que des modifications dans la nature de la demande peuvent également conduire à de tels changements.

Par **Fanny SIMON*** et **Albéric TELLIER****

* Maître de Conférences, Université de Caen Basse-Normandie, IAE, NIMEC.

** Maître de Conférences habilité à diriger des recherches, Université de Caen Basse-Normandie, IAE, NIMEC.



INTRODUCTION

La notion de *design* dominant apparaît aujourd'hui comme « quasi-paradigmatique » dans les travaux portant sur la dynamique des technologies. Depuis les travaux fondateurs d'Abernathy et d'Utterback (1978), de nombreux chercheurs ont tenté de préciser les différentes formes de *design*, les niveaux auxquels on les observe, les facteurs explicatifs de leur émergence et leurs effets sur l'évolution des secteurs d'activité concernés. Dans tous ces travaux, les changements de *design* sont expliqués par l'apparition d'une rupture technologique.

Nous montrerons ici que ce postulat ne résiste pas à une étude fouillée du développement d'une industrie donnée. En analysant la succession des *designs* « biplan » et « monoplan » dans l'aéronautique entre 1890 et 1935, il apparaît que la nature de la demande et les priorités des acteurs qui la portent sont déterminantes dans les changements de *design*.

Dans une première partie, nous présenterons le cadre théorique et les objectifs de notre recherche. Une deuxième partie présentera le cas étudié et la méthode utilisée. Enfin, la troisième partie sera dédiée aux résultats de la recherche, et leur discussion servira de conclusion.

FONDEMENTS THÉORIQUES ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Un *design* dominant peut être défini comme un standard qui émerge dans une activité naissante au terme d'un processus d'homogénéisation des offres technologiques (JOLLY, 2008, p. 14). Après un retour sur cette notion, les objectifs de notre recherche seront précisés.

L'émergence d'un *design* dominant dans un cycle technologique

Le modèle le plus célèbre de changement technologique a été proposé par Anderson et Tushman dans une série de travaux publiés en 1986, 1990 et 1991. La première phase de ce modèle correspond à l'émergence d'une discontinuité technologique. La rupture introduite peut concerner le produit lui-même, ses composants principaux ou les processus sous-jacents (conception, fabrication, distribution...).

On entre alors dans une phase de perturbation au cours de laquelle on observe une double concurrence entre la nouvelle technologie et l'ancienne, d'une part, et entre les différentes formes que la nouvelle technologie peut prendre, d'autre part. Ainsi, par exemple, le développement des magnétoscopes, dans les années 1970, a été marqué par la substitution aux

lecteurs/enregistreurs à bandes des modèles à cassettes, ces derniers faisant l'objet d'une compétition entre différents formats (VHS, Betamax, V2000) proposés par des firmes concurrentes (ROSENBLOOM et CUSUMANO, 1987). Cette deuxième phase prend fin avec l'apparition d'un *design* dominant (les modèles à cassettes utilisant le format VHS).

Une fois que ce *design* a réussi à s'imposer (phase 3), les firmes vont privilégier un travail d'exploitation, qui correspond à une utilisation efficiente des savoirs existants (MARCH, 1991). On entre alors dans la quatrième phase du modèle, caractérisée par l'apport d'améliorations progressives à la/aux technologie(s) exploitée(s) qui viennent renforcer le *design* adopté (TUSHMAN et ANDERSON, 1986). Il faudra une nouvelle rupture technologique pour relancer un nouveau cycle (voir la Figure ci-dessous).

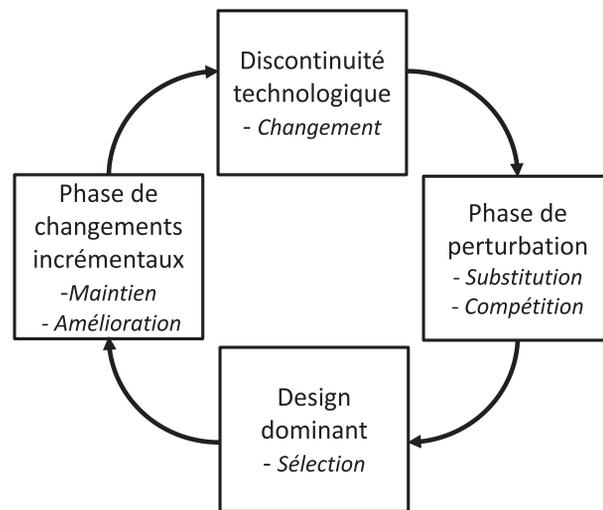


Figure 1. Un modèle de cycle technologique (Anderson et Tushman, 1990).

Source : d'après Murmann et Frenken, 2006, p. 946.

Dans ce modèle, la sélection du *design* est considérée comme un point-clé de transition entre la phase de perturbation (caractérisée par les efforts d'exploration déployés par les firmes pour imposer leurs solutions technologiques) et la phase de changement incrémental (caractérisée par des tentatives d'améliorer un choix collectivement établi) (TUSHMAN et MURMANN, 1998). De nombreux auteurs se sont donc focalisés sur ce point de transition, et diverses explications de son émergence ont été formulées. L'analyse de la littérature permet de mettre en exergue trois types d'explication :

- a) un *design* devient dominant, car il représente le meilleur compromis (avantages/inconvénients) parmi les différentes alternatives proposées (SUAREZ et UTTERBACK, 1995) ;
- b) un *design* dominant émerge à la faveur d'une combinaison de facteurs sociologiques, politiques et organisationnels (TUSHMAN et ROSENKOPF, 1992). La sociologie de l'innovation (voir notamment AKRICH



et *al.*, 1988a/b) a notamment mis l'accent sur l'importance des conflits d'intérêt et des négociations entre acteurs dans le développement technologique ;
 – c) les manœuvres stratégiques des firmes expliquent l'issue de la compétition entre différents standards (SHAPIRO et VARIAN, 1999 ; ROSENBLOOM et CUSUMANO, 1987). Par ses actions (cessions de licences, alliances, effets d'annonce...), une firme innovatrice peut en effet créer les conditions d'un consensus autour de sa technologie.

Les objectifs de notre recherche

Si de nombreuses recherches ont été menées sur l'émergence des *designs*, deux prolongements paraissent nécessaires pour affiner notre compréhension de ce processus. D'une part, la plupart des auteurs cherchent à mettre en exergue les régularités davantage que les mécanismes sous-jacents. En particulier, les travaux en économie du changement technique ont cherché à déterminer les caractéristiques des compétitions technologiques : phénomènes de *lock-in*, externalités de réseau... (ARTHUR, 1988 ; DAVID, 1985 ; KATZ et SHAPIRO, 1985). D'autre part, les recherches portent davantage sur l'émergence d'un *design* sur une période relativement courte que sur l'enchaînement de *designs* successifs. C'est notamment le cas des travaux d'inspiration sociologique, qui s'intéressent essentiellement à la phase de compétition entre technologies (étude des controverses), privilégient des études en temps réel et mènent des investigations sur des périodes relativement courtes.

Afin d'aboutir à une compréhension plus fine des mécanismes qui permettent l'émergence d'un nouveau *design* dominant, nous analyserons l'histoire de l'aéronautique entre 1890 et 1935. Sur cette période, deux *designs* dominants se sont succédés : le biplan, puis le monoplane. Après une description de la méthode retenue, nous présenterons notre analyse et les enseignements apportés par cette étude de cas.

L'ANALYSE DU DÉVELOPPEMENT DE L'AÉRONAUTIQUE PAR L'APPROCHE SCOT

Les débuts de l'aéronautique sont marqués par des compétitions technologiques entre industriels à la recherche de la solution qui finira par s'imposer. Notre analyse porte sur la plus importante de ces controverses, celle relative au nombre d'ailes des avions : plus de trente années seront nécessaires pour qu'il y soit mis un terme.

Le 25 juillet 1909, Louis Blériot traverse pour la première fois la Manche en avion. L'année suivante, Hubert Latham vole à mille mètres d'altitude. Le 23 septembre 1913, Roland Garros traverse la Méditerranée, et, six jours plus tard, Maurice Prévost

dépasse pour la première fois les 200 Km/h. Tous les engins qui ont permis ces exploits ont un point commun : ce sont tous des monoplans. Pourtant, l'écrasante majorité des appareils qui vont être produits entre 1910 et 1925 vont utiliser une configuration en biplan. Il faudra attendre le milieu des années 1930 pour que le monoplane retrouve à nouveau les faveurs des industriels et des clients. Comment expliquer ce changement d'orientation ? Comment expliquer cette parenthèse de près d'un quart de siècle au profit du biplan qui apparaît pour les historiens de l'aéronautique comme un paradoxe (CHADEAU, 1996a, pp. 105-106) ?

Pour répondre à de telles questions, il paraît crucial d'intégrer des éléments de contexte et de resituer les technologies développées dans leur environnement social et institutionnel. S'intéressant aux facteurs de succès de l'innovation et considérant que la technologie peut être vue comme un construit social, Pinch et Bijker (1989) ont proposé une méthode permettant la mise en évidence de la façon dont « se négocie » une technologie dans un contexte social, culturel et économique donné. Leur approche, baptisée « SCOT » (*Social Construction of Technology*) (1), repose sur l'idée que toute innovation technologique est une réponse particulière qu'apporte un innovateur (ou un collectif) à un ensemble de problèmes qu'il veut résoudre. Les choix qu'il fait offrent des solutions à certains acteurs, mais posent des problèmes à d'autres. Ils ont donc pour conséquence de dessiner progressivement l'univers social de l'innovation. Pour comprendre le succès (ou l'échec) d'une technologie, il est donc nécessaire de « déconstruire » cet univers afin de mettre en évidence les acteurs qui ont joué un rôle dans le processus d'innovation, et, plus largement, les liens entre la conception d'une innovation et ses usages. Ces « Groupes Sociaux Pertinents » (*Relevant Social Group* (les GSP, dans la suite de cet article)) ont des attentes et des problèmes spécifiques, et vont, dès lors, soutenir les solutions proposées ou, au contraire, s'y opposer. Certains (partenaires industriels, clients, instances publiques...) ont la capacité de participer à la conception de l'innovation et aux négociations autour de celle-ci, tandis que d'autres n'interviennent qu'indirectement (les médias par exemple).

Le dispositif empirique que nous avons spécifiquement élaboré pour l'analyse du développement de l'industrie aéronautique entre 1890 et 1935 reprend les trois étapes successives de cette méthode :

Étape 1 – Suivi chronologique du développement des technologies

Dans un premier temps, l'examen historique du développement de l'aviation – des premiers essais jusqu'à

(1) Pour une représentation synthétique de cette méthode, voir Flichy (2003).



la stabilisation technologique autour de la structure monoplan – a permis de mettre en évidence l'évolution des différents produits proposés et d'identifier les principaux acteurs. L'analyse des travaux d'Emmanuel Chadeau (2) et des archives qu'il a collectées nous a tout d'abord permis de réaliser une chronologie détaillée de l'histoire de l'aéronautique. Deux périodes ont ainsi été mises en exergue. La première s'étend de 1890 à 1918. Elle est caractérisée par différentes controverses sur les technologies à privilégier et débouche sur la structure biplan comme *design* dominant. La seconde période, qui court de 1918 à 1935, correspond à la remise en cause des choix technologiques précédents et conduit finalement à un renversement du *design* dominant avec la généralisation de la structure monoplan.

La chronologie ainsi réalisée a été progressivement enrichie par une analyse de travaux dédiés à cette même industrie et portant sur la même période, des travaux ayant adopté des niveaux d'analyse particuliers (les États, les entrepreneurs, les médias...). Notre travail correspond ainsi à un exercice de réinterprétation de publications déjà existantes (STEWART, 1984). Conformément aux travaux ayant utilisé une approche historique pour l'étude du développement technologique (récemment, LENFLE, 2011), cette intégration de travaux académiques a été arrêtée à partir du moment où les derniers articles consultés n'apportaient manifestement plus d'éléments nouveaux.

Étape 2 - Identification des Groupes Sociaux Pertinents

À partir des éléments que nous avons recueillis durant la première phase, les GSP ont été référencés pour les deux périodes. Conformément aux prescriptions de Bijker (1992), nous avons identifié ces groupes en suivant un acteur initialement sélectionné (ici, les constructeurs) et en cherchant à analyser les problèmes que celui-ci se pose et les répercussions des solutions qu'il adopte (Quel est son problème ? Pourquoi choisit-il cette solution ? Quel est l'impact de cette solution sur les autres ?...). Cette démarche permet d'identifier des acteurs nouveaux (des apporteurs de solutions, des adversaires de la solution retenue...), qui sont eux-mêmes réintégrés dans l'analyse qui s'apparente ainsi à une démarche en « boule de neige ».

(2) Né en 1956 et disparu en 2000, le Professeur Emmanuel Chadeau est considéré comme un des plus grands spécialistes mondiaux de l'histoire de l'aviation. Les archives qu'il a dépouillées et parfois contribué à rééditer sont colossales. Parmi ses écrits, son ouvrage de 1996, *Le Rêve et la puissance : l'avion et son siècle* (Fayard), fournit une histoire détaillée du développement de l'aéronautique. Cette référence a été pour nous d'un intérêt tout particulier pour l'établissement de la chronologie.

Étape 3 - Analyse des positions prises par les GSP

Il s'agissait dans cette troisième étape d'étudier les positions prises par ces différents acteurs durant le processus de développement technologique et leurs conséquences sur l'évolution du secteur. Pour chacun des GSP, les problèmes posés par les caractéristiques techniques des innovations en présence, les opportunités offertes et les solutions retenues ont été étudiés.

ANALYSE DU CAS

Une analyse chronologique de l'émergence des *designs* dominants dans l'industrie aéronautique est tout d'abord proposée. Dans un deuxième temps, les principaux groupes sociaux pertinents sont identifiés et leurs rôles sont précisés. Comme le recommandent Pinch et Bijker, des graphes « problèmes-solutions » sont établis pour chaque phase, et commentés.

Une analyse chronologique du développement de l'industrie aéronautique

L'analyse chronologique permet de distinguer deux périodes.

1890-1918 : du rêve de la machine volante à la victoire du biplan

Dès les années 1850 et les travaux du physicien britannique Cayley, on comprend que pour voler, il faut, face à la résistance de l'air, déployer une force énergétique appliquée à une surface portante. Au niveau technique, deux questions doivent alors être résolues : quelle peut être la source d'énergie (motorisation) ? Et quelle doit-être l'allure de l'engin (aérodynamisme) ? Les « avions » conçus par Clément Ader entre 1890 et 1897 sont propulsés par une machine à vapeur. Cependant, à la même époque, les moteurs à explosion atteignent déjà des puissances qui permettent d'envisager leur utilisation dans l'aéronautique. Le recours à l'essence (qui est un produit relativement léger) comme carburant et le rendement de ces moteurs offrent des solutions intéressantes aux problèmes du combustible embarqué (la machine à vapeur nécessitant, quant à elle, du charbon et de l'eau) et de l'autonomie. Il reste que le poids du moteur impose de disposer de surfaces portantes qui soient à la fois très étendues et légères.

Plusieurs travaux vont ainsi être menés sur des modèles à double plan pour trouver une solution à ce problème. L'Américain Chanute s'appuie sur les travaux mathématiques de l'Allemand Lilienthal et publie des recherches sur la résistance de l'air et sur la portance (CHADEAU, 2004a, p. 71), tandis que l'Américain Maxim conçoit des planeurs cellulaires à



deux plans. Ces travaux sont les premiers à reposer sur une conception modulaire de l'avion (ailes, fuselage, moteur...) et à explorer les différentes combinaisons possibles (BRADSHAW, 1992, p. 247). Cependant, ils se concentrent uniquement sur trois problèmes centraux : la stabilité, le temps de vol et la distance parcourue. Par rapport à ces priorités, Maxim (planeurs cellulaires) et Chanute (profils des ailes) aboutissent à une idée forte : les moteurs à explosion nécessitent des appareils biplans. Des expérimentateurs et des industriels (Ferber, Voisin, Wright...) suivent cette voie.

Dans le même temps, les défenseurs des monoplans progressent également. Mais ces appareils présentent à cette époque deux inconvénients. Tout d'abord, ils doivent décoller et atterrir à plus grande vitesse, et nécessitent de ce fait une meilleure maîtrise des commandes. Ensuite, comme les moteurs utilisés proviennent de l'automobile, certains dispositifs propres à l'aviation (notamment le réglage de la combustion) sont encore très sommaires. Bien souvent, le pilote n'a pas d'autre choix, pour descendre et se poser, que de « couper les gaz ». Or, si l'on stoppe l'alimentation en carburant, le monoplane ralentit trop vite, et chute, tandis que le biplan plane (CHADEAU, 1996a, pp. 28-36). Pour ces deux raisons, les biplans paraissent plus sûrs. D'ailleurs, Blériot, le défenseur acharné du monoplane, multiplie les chutes et devient rapidement, dans les journaux, « l'homme qui tombe toujours »... (CHAMPEAUX, 2003, p. 27).

L'engouement du grand public pour ces exploits est considérable. La presse se met à organiser des concours. Puisque l'avion fait vendre, il est impératif de trouver des occasions d'en parler. En août 1910, plusieurs journaux européens s'associent pour créer le

« Circuit européen de l'aviation », une épreuve aux étapes de vitesse et d'endurance ouvertes aux particuliers, aux constructeurs et à l'armée (LENOBLE, 2005, p. 214). Les industriels, qui ont fait très tôt le pari de l'aéronautique, cherchent également à promouvoir ces engins par l'organisation de courses et des remises de prix. Dès 1908, Michelin, fournisseur potentiel de pneumatiques et d'accessoires en caoutchouc, crée une coupe annuelle d'aviation, et décide de décerner un prix d'un montant de 15 000 francs à l'aviateur qui volera sur la plus grande distance. L'année suivante, il met en place la *British Empire Michelin Cup*. C'est à cette époque qu'est également créé le Salon de la locomotion aérienne, à Paris (CHAMPEAUX, 2003). Toutes ces tentatives ne sont pourtant pas suffisantes pour permettre un essor industriel véritable. Le moindre avion coûte très cher (4 000 dollars, en moyenne, vers 1910), nécessite une maintenance très lourde et d'importantes réparations après chaque incident. L'industrie aéronautique n'est plus soutenue que par un « capitalisme aventurier » où l'on trouve des rentiers fortunés, des magnats du négoce, du pétrole ou de la presse, ou encore des hommes d'affaires en quête de postérité. L'avion n'est toujours pas un débouché satisfaisant pour les banquiers, les industriels et les bureaux d'étude (CHADEAU, 1996a, pp. 48-66).

C'est l'entrée en jeu de l'armée qui va être décisive pour l'avenir de l'aéronautique. Dès 1909, les armées européennes achètent bon nombre des modèles disponibles. On voit tout d'abord dans l'avion un moyen de reconnaissance et d'observation plus pratique, plus discret et moins coûteux que le dirigeable. Puis on voit en lui une véritable arme de destruction, avec les premières expériences de largage de charges explosives



Photo © ROGER-VOLLET

« Les biplans paraissent plus sûrs. D'ailleurs, Blériot, le défenseur acharné du monoplane, multiplie les chutes et devient rapidement, dans les journaux, « l'homme qui tombe toujours ». Louis Blériot (1872-1936), aviateur français, examinant les restes de son avion après une chute, à Toury (Eure-et-Loir), le 30 octobre 1908.



et d'installation de mitrailleuses à bord. Les premières souscriptions destinées à offrir des avions aux armées apparaissent en 1910-1912.

Les effets de cet intérêt des militaires sont à la fois économiques et techniques. Comme l'armée devient le principal débouché des constructeurs, ceux-ci cherchent à répondre aux demandes particulières des états-majors. Or, bon nombre des experts consultés par l'armée vont militer en faveur du biplan. Ce type d'avion peut se poser à petite vitesse sur n'importe quelle pelouse, alors que le monoplane demande des terrains plus longs et parfaitement drainés (encore rares, à l'époque). De plus, le biplan, même s'il est plus lent, est beaucoup plus maniable et sûr, et il permet, à masse égale, d'emporter une plus grande charge utile : en plus du pilote, peut y prendre place un observateur ou un lanceur de projectiles (CHADEAU, 1996a, pp. 106-107).

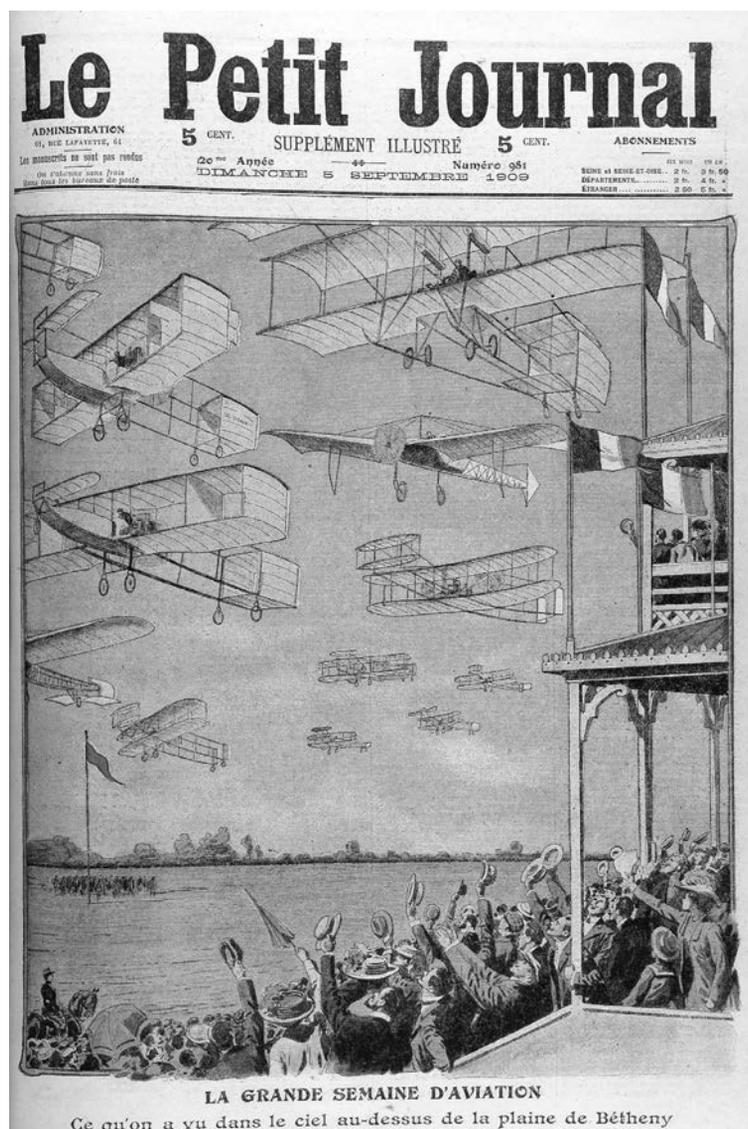
Les effets de la guerre sur le développement de l'industrie aéronautique sont considérables. On dénombre 741 avions engagés sur le front en août 1914. Il y en aura 16 000 à l'automne 1918. Pour faire face à cette demande urgente de matériels, il a été nécessaire de confier aux militaires des responsabilités élargies en matière de planification technique et industrielle : les états-majors de l'armée définissent leurs préférences, les bureaux d'études privés des industriels proposent des solutions concurrentes, les services techniques de l'État évaluent les propositions (CHADEAU, 1996a, pp. 68-72). En 1916, est créée la Section technique de l'aéronautique, avec pour mission de coordonner et de centraliser toutes les études sur l'aéronautique militaire (BERGER, 2003, p. 49).

Quand la Première guerre mondiale éclate, les flottes aériennes européennes sont composées à la fois de monoplans (environ un quart des appareils, voire la moitié) et de biplans. Par exemple, la France possède au début du conflit 120 avions de 14 marques différentes. Un plan d'uniformisation est envisagé dès octobre 1914 afin d'augmenter et de standardiser la production – seuls quatre types d'avions sont retenus : trois biplans pour un seul monoplane (CHAMPEAUX, 2003 ; BERGER, 2003, p. 47). Dès l'année suivante, les militaires ne veulent plus que des biplans (CHADEAU, 1996a, pp. 105-106).

On peut affirmer qu'en 1915 le biplan possède les trois caractéristiques clés d'un *design* dominant (CLYMER et ASABA, 2008 ; MURMANN et FRENKEN, 2006) : il correspond à une configuration particulière retenue parmi un ensemble de choix possibles ; il représente la solution privilégiée par le marché ; son

a d o p t i o n marque la transition d'un système de production plutôt artisanal fonctionnant « à la commande » vers une production de masse standardisée. Il faudra attendre le milieu des années 1930 pour observer un renversement de *design* en faveur du monoplane (voir la Figure 2 de la page suivante).

La Première guerre mondiale va être le théâtre des premiers combats aériens à grande échelle, et des pilotes comme Georges Guynemer ou Manfred Von Richthoffen vont devenir de véritables héros. Le rôle de la presse est ici déterminant. Par ses comptes rendus



« Quand la Première guerre mondiale éclate, les flottes aériennes européennes sont composées à la fois de monoplans (environ un quart des appareils, voire la moitié) et de biplans ». Une du *Le Petit Journal*, du 5 septembre 1909, consacrée au meeting d'aviation de Bétheny (Marne).



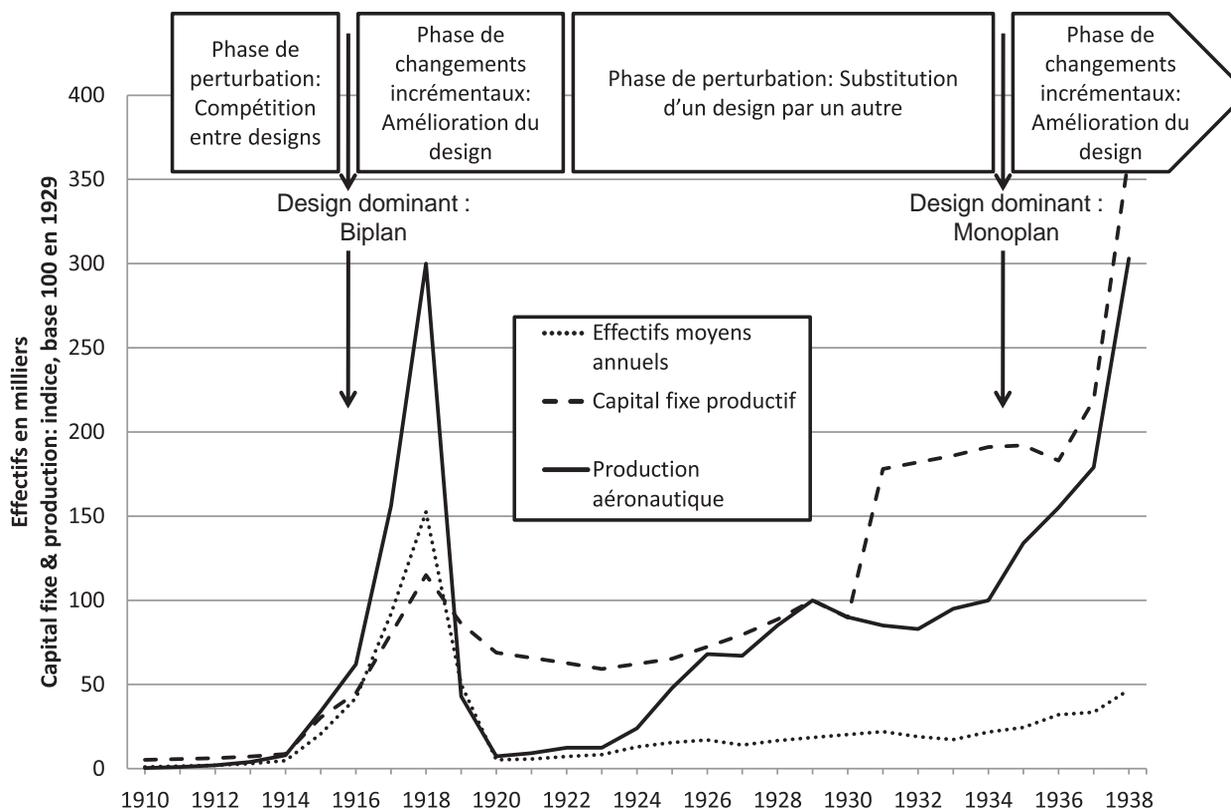


Figure 2 : L'industrie aéronautique française entre 1910 et 1938.

D'après des données issues de : CHADEAU (E.), *Histoire de l'industrie aéronautique en France : de Blériot à Dassault, 1900-1950*, Fayard, pp. 439, 441 et 442, 1987.

des faits d'armes des « as de l'aviation », elle donne aux pilotes une « aura héroïque », elle fabrique un imaginaire qui influe sur les besoins et le développement technologique, et fige les représentations (JARRIGUE et MORERA, 2005). La silhouette des biplans va tellement marquer les esprits qu'à la fin du conflit tous les pilotes, amateurs comme professionnels, ne voudront plus voler que sur ce type d'appareil (CHADEAU, 1996a, pp. 102-103).

On entre ensuite (approximativement jusqu'en 1925) dans une période d'amélioration progressive de ce *design*. Des progrès vont être apportés au fuselage, au gouvernail, au moteur, aux hélices, au circuit de refroidissement, au train d'atterrissage, au cockpit, aux instruments de mesure, etc. La période 1915-1925 correspond ainsi à la phase de changements incrémentaux du modèle Anderson/Tushman (1990).

1918-1935 : contestation et remplacement du design dominant

L'industrie européenne de l'aéronautique s'est tellement focalisée sur les besoins des armées, qu'à la fin de la Première guerre mondiale elle s'effondre en l'espace de quelques mois. En 1918, on comptait en France 155 000 employés chez les constructeurs d'avions. Ils

ne sont plus que 3 000 en 1920 (voir la Figure 2 ci-dessus). Les militaires n'ont plus besoin de grandes escadrilles et préfèrent puiser dans leurs immenses stocks pour entretenir leurs avions (CHADEAU, 1996a, pp. 104-105). En France, à la fin des hostilités, on dénombre environ 12 000 appareils au front, dans les dépôts ou les écoles de pilotage (BERGER, 2003, p. 54).

À partir de 1920, l'avion devient plutôt l'instrument privilégié des explorateurs. Ainsi, en 1927, Lindberg traverse pour la première fois l'Atlantique. Parallèlement, la volonté des États d'administrer des empires coloniaux immenses (notamment les comptoirs des Indes) les incite désormais à soutenir l'aviation civile. On voit ainsi apparaître un type d'acteur nouveau : les compagnies aériennes. Leurs besoins sont immenses. Il faut par conséquent développer des flottes d'appareils, des aérodromes, des dépôts de matériel et de carburant, et des comptoirs (pour le fret et les passagers). Dès le début des années 1930, les aéroports remplacent les aérodromes et les « champs d'aviation », ils se développent aux abords des grandes villes. Les conditions de décollage et d'atterrissage s'améliorent grandement, tandis que les règles de sécurité se renforcent (CHADEAU, 1996a, pp. 158-193).

GUYNEMER



Photo © ROGER-VOLLET

FANNY SIMON ET ALBÉRIC TELLIER

« La Première guerre mondiale va être le théâtre des premiers combats aériens à grande échelle, et des pilotes comme Georges Guynemer ou Manfred Von Richtoffen vont devenir de véritables héros ». Carte postale représentant Georges Guynemer (1894-1917), aviateur français, 1916.

Le développement de l'aviation commerciale crée un contexte économique et social favorable au monoplan. Les compagnies aériennes veulent optimiser la recette par kilomètre parcouru tout en augmentant la vitesse et la sécurité. Elles sont ainsi à la recherche d'avions fiables, à longue durée de vie, grands et modernes. Les avantages du monoplan – légèreté, économe en carburant, simplicité, moindre coût – sont redécouverts (CHADEAU, 1996a, pp. 239-247). On peut considérer que le monoplan s'impose définitivement en tant que *design* dominant en 1935 avec la sortie du DC 3 des usines Douglas, en Californie. C'est le premier avion commercial à avoir été construit à plus d'un millier d'exemplaires, pour une dizaine de compagnies à travers le monde.

Identification des groupes sociaux pertinents et analyse de leurs rôles

La démarche SCOT permet de mettre en exergue deux types de demandes qui ont joué un rôle dans le développement de l'industrie aéronautique : une demande sociale quasi inexistante jusqu'en 1918, puis décisive dans les années 1920-1930 pour le dévelop-

pement du monoplan, et une demande institutionnelle, qui joue un rôle crucial dans le développement du biplan, avant de s'effondrer après la Première guerre mondiale.

L'échec initial du monoplan : une innovation technologique dépourvue d'utilité sociale

En mobilisant l'approche SCOT, nous avons considéré le développement d'un *design* comme étant le résultat d'un processus « problème-solution-problème ». La Figure 3 de la page 57 permet de comprendre ce processus sur la période 1890-1918. Les groupes sociaux, leurs problèmes et les solutions possibles sont représentés et reliés par des traits (ces derniers permettant de reconstituer le processus). Ainsi, par exemple, l'abandon de certains choix s'explique par l'impossibilité de trouver des solutions à certains problèmes cruciaux : le problème du volume du combustible nécessaire à la machine à vapeur ne peut être résolu incitant ainsi les constructeurs à se tourner vers d'autres types de motorisation. Dans ce processus, les priorités des GSP sont déterminantes. Le monoplan est d'un usage délicat : il est difficile à contrôler pour



Photo © ULLSTEIN BILD ROGER-VIOLLET

« On peut considérer que le monoplan s'impose définitivement en tant que *design* dominant en 1935 avec la sortie du DC 3 des usines Douglas, en Californie ». Trois avions de la compagnie aérienne américaine TWA (*Transcontinental and Western Air*), États-Unis, en 1937.

certaines manœuvres, et ne peut se poser que si certaines conditions particulières sont remplies. Dès que ce problème est perçu comme prioritaire, les acteurs sont obligés de se tourner vers une autre configuration plus performante au regard de ce paramètre.

La Figure 3 permet ainsi de comprendre le succès du biplan sur cette période. Dès 1908, c'est-à-dire dès les premiers vols avec passagers, la question de l'utilité sociale de l'aéronautique se pose. Même si l'avion symbolise à bien des égards une invention extraordinaire, celle-ci ne peut répondre à des besoins clairement définis (CHADEAU, 1996a, p. 42). Il ne remplace aucun engin existant, les infrastructures n'existent pas, les règles de circulation restent à créer, l'automobile paraît nettement plus pratique et fiable. Ce « gadget » que semble être l'avion coûte également très cher. Seuls les fonds apportés par les mécènes, les fortunes individuelles de quelques inventeurs et les prix et autres concours décernés permettent la construction de ces appareils. La presse, qui devient à cette époque le premier média de masse (en 1914, trois Français sur quatre lisent le journal – LENOBLE, 2005, p. 209), joue aussi un rôle essentiel dans ce développement

initial du monoplan « *en inventant littéralement une forme de théâtralité de l'exploit aérien* » (ROBÈNE et BODIN, 2007, p. 47). Mais tous ces groupes qui tentent de sponsoriser le développement d'une aviation de sport, de spectacle et de loisir n'ont pas un poids économique suffisant pour assurer le développement d'un marché de masse et créer un *design* dominant de type monoplan.

Dès 1909, les armées européennes représentent les clients les plus importants, les seuls capables de financer par leurs commandes le développement d'une industrie. Comme l'indique la Figure 3, les trois problèmes principaux des armées sont la maniabilité, la charge utile et l'autonomie. Les firmes cherchent alors à répondre à ces priorités. La configuration « biplan-bois-moteur à explosion » s'impose comme un *design* permettant d'apporter des solutions à ces problèmes. L'entrée dans un conflit mondial entraîne une augmentation rapide des commandes qui incite les firmes à standardiser leur production. C'est donc la substitution d'une demande institutionnelle à une demande sociale insuffisante qui contribue à la victoire du biplan en tant que *design* dominant.

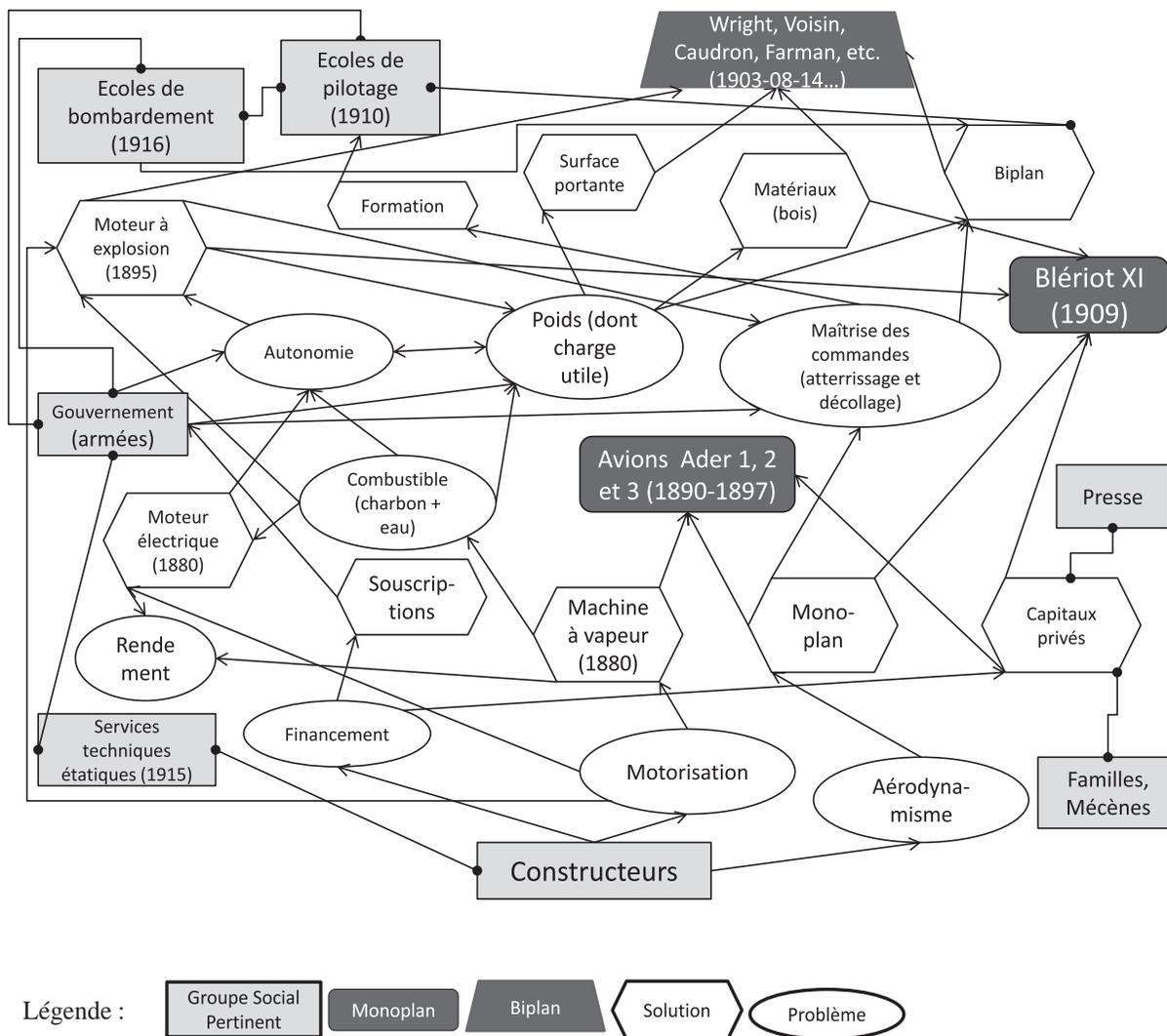


Figure 3 : Groupes sociaux pertinents, problèmes et solutions dans le développement de l'aviation (1890-1918).

Le succès final du biplan : le « paradoxe d'Icare » revisité

Dès la fin de la Première guerre mondiale, les commandes d'avions passées par les armées s'effondrent. Pour tous les industriels engagés dans le développement de l'aéronautique, il est vital de trouver de nouvelles opportunités de marché. Les propos de Marcel Dassault, repris par Berger (2003, p. 54), sont à ce sujet sans équivoque : « *Le Service des fabrications nous dit que si nous le souhaitions, nous pouvions construire des portes, des fenêtres ou des brouettes, mais qu'en tout cas, on ne commanderait pas d'avions avant longtemps...* ». De nombreuses entreprises préfèrent se reconvertir dans l'automobile, le chemin de fer, les cycles...

La Figure 4 de la page suivante permet de détailler les caractéristiques de ce contexte nouveau. L'armée n'offre plus de débouchés commerciaux suffisants et les compagnies aériennes deviennent des acteurs centraux. Elles profitent des subventions versées par les États qui

souhaitent développer une aviation civile. Elles bénéficient également du développement des infrastructures (des aéroports, notamment). Mais, dans le même temps, afin de développer leurs activités, ces compagnies aériennes demandent aux constructeurs de privilégier la sécurité des avions, leur capacité, leur vitesse, leur sobriété énergétique. Dans la presse, l'image du pilote évolue elle aussi et la référence aux spectacles d'acrobatie aérienne ou à la guerre disparaît. Le pilote n'est plus un « chevalier mécanique partant à la conquête des airs », mais devient un explorateur des temps nouveaux qui repousse ses limites et les frontières. Toujours en quête d'informations nouvelles, la presse du monde entier couvre le développement de l'aviation commerciale et anticipe très rapidement le développement d'une aéronautique de masse (LENOBLE, 2005, pp. 213-218).

Les avions qui connaissent un certain succès à partir du milieu des années 1920 sont clairement ceux qui apportent des réponses aux problèmes cruciaux des

compagnies aériennes – tous sont des monoplans. La configuration « monoplan–métal-moteur à explosion » s'impose comme un *design* permettant de satisfaire les acteurs clés. Les constructeurs qui ont continué à se focaliser sur le marché de l'aviation militaire ou qui n'ont pas détecté ces changements de priorité déclinent.

De nombreux travaux ont montré qu'un changement de *design* a des effets sur la structure de l'industrie et les positions concurrentielles, notamment du fait que les dépendances du sentier rendent les firmes pionnières réticentes au changement (TUSHMAN et MURMANN, 1998). Cette idée est bien confirmée ici : le succès du *design* monoplan marque l'entrée dans une ère de domination des industriels américains.

Les entreprises européennes qui ont bénéficié de la demande institutionnelle éprouvent des difficultés à s'adapter. Jusqu'au milieu des années 1920, ces constructeurs privilégient une logique d'exploitation. Ils cherchent à adapter leurs biplans, notamment en

recyclant des modèles initialement conçus pour l'armée (CHADEAU, 1996b). Morane-Saulnier, par exemple, cherche à tirer profit de son expérience des biplans à structure bois jusqu'en 1930, quitte à se spécialiser sur une niche de marché (CHADEAU, 1985, p. 286-287). Pour ces entreprises, la guerre de 1914-1918 a représenté « un temps heureux pour le patronat » (BOULOC, 2008), « un âge d'or dont il fallait conserver l'essentiel... Et l'État et les entreprises vécurent ainsi, à partir de représentations figées, pendant une bonne partie des années 1920 » (CHADEAU, 1988, p. 21-22).

Les entreprises pionnières dans l'adoption du monoplan se situent essentiellement aux États-Unis, un pays qui a pris du retard dans le développement de son industrie aéronautique. Elles sont incitées à développer très tôt des monoplans, car elles ne peuvent pas profiter d'une demande institutionnelle et cherchent ainsi des opportunités dans le domaine commercial. De 1927 à 1940, ces firmes (Douglas, Boeing, Lockheed, Pratt & Whitney) vont connaître un déve-

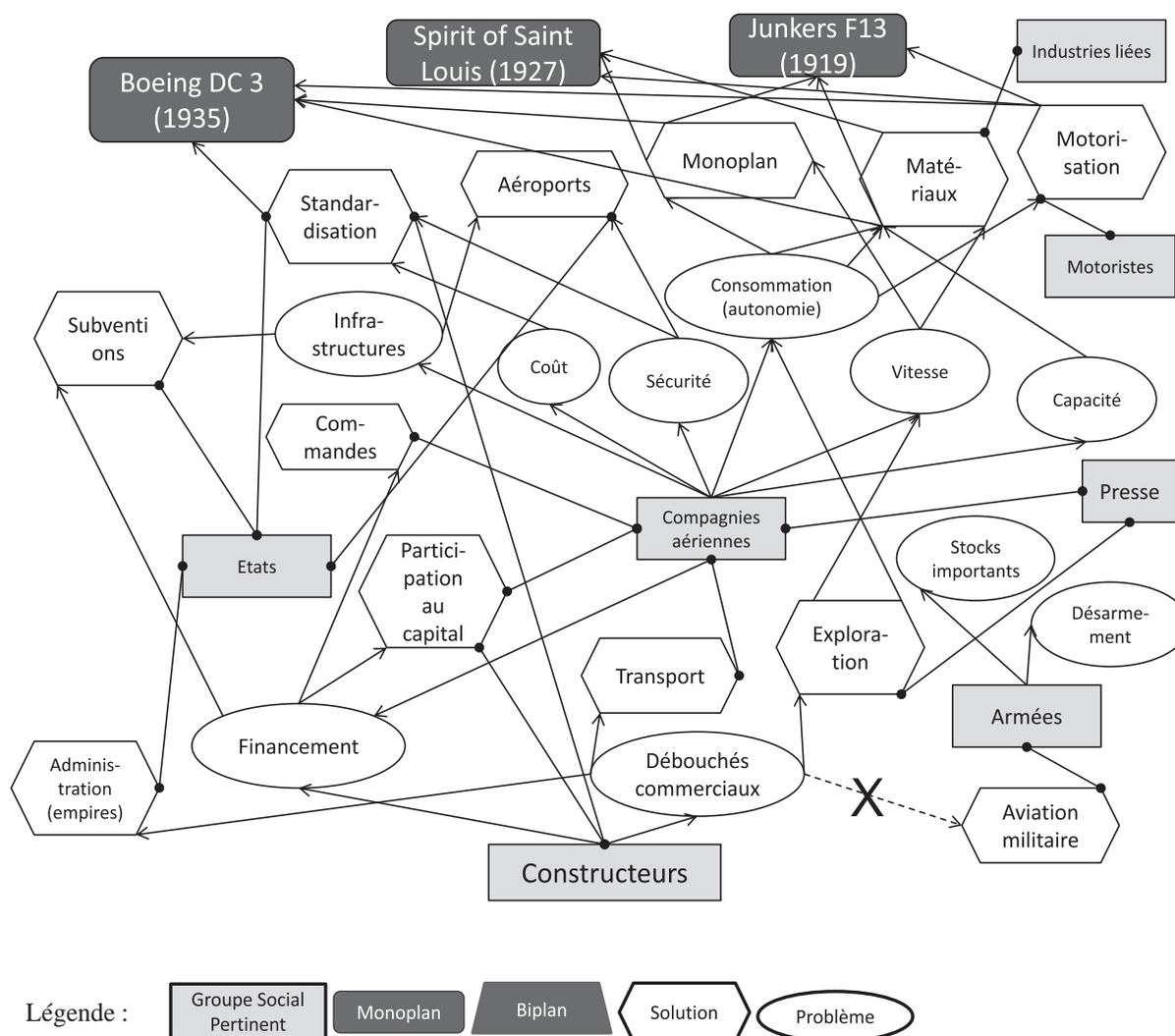


Figure 4 : Groupes sociaux pertinents, problèmes et solutions dans le développement de l'aviation (1918-1935).



loppement rapide. S'appuyant sur un marché intérieur très important, elles vont proposer des avions capables de répondre aux défis des compagnies aériennes (traverser les États-Unis sans escale) et participer ainsi à l'amélioration des performances du monoplane (nouveaux moteurs, nouveaux matériaux, etc.).

Le succès initial du biplan a ainsi poussé les firmes pionnières à l'inertie. En d'autres termes, ces entreprises sont tombées dans le piège du succès : ce qui avait été à l'origine de leur réussite est devenu la cause de leur déclin (*Le paradoxe d'Icare*, MILLER, 1990). Si, à la fin de la Première guerre mondiale, la France est le premier constructeur mondial, son indice de production aéronautique (base 100 pour l'année 1929, voir la Figure 2 de la page 54) passe de 300 en 1918 à 7,3 en 1920 (CHADEAU, 1987, p. 439). En 1936, les cinq premiers constructeurs français, établis en 1905-1910, ont tous disparu.

CONCLUSION/DISCUSSION : QUELLES LEÇONS TIRER DE LA COMPÉTITION ENTRE MONOPLANS ET BIPLANS ?

Le cas d'étude confirme tout d'abord qu'un *design* émerge au travers d'une combinaison de facteurs sociologiques, politiques et organisationnels. Tant que ce contexte n'était pas favorable au monoplane, ce type d'avion ne pouvait s'imposer.

Cependant, l'émergence d'un *design* dominant a été liée dans la littérature aux phénomènes de rupture technologique. Dans le modèle Anderson/Tushman, on considère qu'un *design* ne change qu'à la condition que la technologie sur laquelle il repose soit contestée par une rupture technologique (TUSHMAN et MURMANN, 1998, p. 238). Mais dans le cas du match biplan/monoplane, on observe un changement de *design*, sans qu'il y ait rupture technologique. En effet, le développement du monoplane s'appuie très largement sur le stock de connaissances accumulées depuis le début du XX^e siècle, dans la constitution duquel les constructeurs européens ont d'ailleurs joué un rôle décisif. Ainsi, par exemple, en 1905, le Français Robert Esnault-Pelterie invente l'aileron et crée son entreprise. En 1906, il développe le moteur en étoile, puis le manche à balai en 1907. Cette même année, il conçoit des monoplans métalliques. Toutes ces inventions joueront un rôle important dans le développement du monoplane et seront reprises par les industriels. De même, certains motoristes et bureaux d'étude français continueront à jouir d'une notoriété internationale jusque dans les années 1930 (CHADEAU, 2004b, pp. 45-46).

Ce cas montre ainsi qu'un changement radical dans la demande peut conduire à un changement de *design*. On a ici une séquence « Perturbation-Sélection d'un

design-Amélioration-Perturbation-Sélection d'un nouveau *design* » (voir la Figure 2), qui diffère du modèle Anderson/Tushman (1990) de par l'absence d'une rupture technologique entre les *designs*. Notre observation selon laquelle un changement de *design* n'est pas obligatoirement lié à une rupture technologique représente sans doute un apport significatif (ce type de rupture étant traditionnellement considéré comme la cause première d'un tel changement).

La présente recherche montre également que la démarche SCOT, qui est bâtie autour de la notion de « Groupe Social Pertinent », offre une méthode d'analyse particulièrement riche, même si elle est finalement très peu utilisée dans les travaux portant sur le développement technologique. En retenant un niveau d'analyse intermédiaire entre les organisations et la société, et en fournissant une grille de lecture des solutions et problèmes générés par chacun des *designs* en compétition, cette démarche permet d'intégrer la totalité des acteurs clés qui structurent un système et participent à la sélection d'un *design*. Cette démarche permet ainsi de réaliser des analyses plus fines des facteurs économiques, sociaux et politiques, qui sont à l'œuvre dans l'émergence d'un *design* dominant. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ABERNATHY (W.J.) & UTTERBACK (J.M.), "Patterns of Industrial Innovation", *Technology Review*, 80(7), pp. 40-47, 1978.
- AKRICH (M.), CALLON (M.) & LATOUR (B.), « À quoi tient le succès des innovations – Premier épisode : l'art de l'intéressement », *Annales des Mines, Série Gérer et Comprendre*, juin, pp. 4-17, 1988a.
- AKRICH (M.), CALLON (M.) & LATOUR (B.), « À quoi tient le succès des innovations – Deuxième épisode : l'art de choisir les bons porte-parole », *Annales des Mines, Série Gérer et Comprendre*, septembre, pp. 14-29, 1988b.
- ANDERSON (P.) & TUSHMAN (M.L.), "Technological Discontinuities and Dominant Designs: a Cyclical Model of Technological Change", *Administrative Science Quarterly*, 35, pp. 604-633, 1990.
- ANDERSON (P.) & TUSHMAN (M.L.), "Managing through Cycles of Technological Change", *Research Technology Management*, 34(3), pp. 26-31, 1991.
- ARTHUR (B.), "Competing technologies: an overview", in DOSI (G.) & al. (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*, London & New York, Pinter Publishers, pp. 590-607, 1988.
- BERGER (L.), « Henry Potez et Marcel Dassault, constructeurs aéronautiques de la Grande guerre », *Guerres mondiales et conflits contemporains*, 209, pp. 45-55, 2003.
- BIJKER (W.E.), "The Social Construction of Fluorescent Lighting, or How an Artefact was



- Invented in its Diffusion Stage”, in BIJKER (W.E.) & LAW (J.) (Eds.), *Shaping technology/building society: Studies in sociotechnical change*, Cambridge, MA, The MIT Press, pp. 75-102, 1992.
- BOULOC (E.), « Des temps heureux pour le patronat : la mobilisation industrielle en France », *Matériaux pour l'histoire de notre temps*, 3(91), pp. 76-79, 2008.
- BRADSHAW (G.), “The Airplane and the Logic of Invention”, in GIERE (R.) & FEIGL (H.) (Eds.), *Cognitive Models of Science*, Minneapolis, University of Minnesota Press, pp. 239-250, 1992.
- CHADEAU (E.), « État, industrie, nation : la formation des technologies aéronautiques en France (1900-1950) », *Histoire, économie et société*, 4(2), pp. 275-300, 1985.
- CHADEAU (E.), *Histoire de l'industrie aéronautique en France : de Blériot à Dassault, 1900-1950*, Paris, Fayard, 1987.
- CHADEAU (E.), « Schumpeter, l'État et les capitalistes : entreprendre dans l'aviation en France (1900-1980) », *Le Mouvement social*, 145, pp. 9-39, 1988.
- CHADEAU (E.), *Le Rêve et la puissance : l'avion et son siècle*, Paris, Fayard, 1996a.
- CHADEAU (E.) (Dir.), « Les entreprises aéronautiques françaises (1909-1945) », *Archives économiques du Crédit Lyonnais*, Fondation Crédit Lyonnais, Paris, Le Monde-Éditions, 1996b.
- CHADEAU (E.), « Naissance de l'aviation », in BARRIERE (J-P) & de FERRIERE LE VAYER (M.) (Dir.), *Aéronautique, Marchés, Entreprises, Mélanges en mémoire d'Emmanuel Chadeau*, Douai, Page Éditions, pp. 67-104, 2004a.
- CHADEAU (E.), « L'innovation aéronautique française dans la première moitié du XX^e siècle : un bilan », in BARRIERE (J-P) & de FERRIERE LE VAYER (M.) (Dir.), *Aéronautique, Marchés, Entreprises, Mélanges en mémoire d'Emmanuel Chadeau*, Douai, Page Éditions, pp. 43-54, 2004b.
- CHAMPEAUX (A.), « Bibendum et les débuts de l'aviation (1908-1914) », *Guerres mondiales et conflits contemporains*, 209, pp. 25-43, 2003.
- CLYMER (N.) & ASABA (S.), “A New Approach for Understanding Dominant Design: The Case of the Ink-Jet Printer”, *Journal of Engineering and Technology Management*, 25(3), pp. 137-156, 2008.
- DAVID (P.), “Clio and the Economics of QWERTY”, *American Economic Review*, 75(2), pp. 332-337, 1985.
- FLICHY (P.), *L'innovation technique. Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation*, Paris, La Découverte, 2003.
- HEKKERT (M.) & VAN DEN HOED (R.), “Competing Technologies and the Struggle towards a New Dominant Design”, *Greener Management International*, 47, pp. 29-43, 2004.
- JARRIGE (E.) & MORERA (R.), « Technique et imaginaire. Approches historiographiques », *Hypothèses*, 1, pp. 163-174, 2005.
- JOLLY (D.), « À la recherche du design dominant », *Revue Française de Gestion*, 182, pp. 13-31, 2008.
- KATZ (M.) & SHAPIRO (C.), “Network Externalities, Competition and Compatibility”, *American Economic Review*, 75(3), pp. 424-440, 1985.
- LENFLE (S.), “The Strategy of Parallel Approaches in Projects with Unforeseeable Uncertainty: The Manhattan Case in Retrospect”, *International Journal of Project Management*, 29, pp. 359-373, 2011.
- LENOBLE (B.), « L'aéroplane et le ballon vus par le journal. Technique aérienne et imaginaire médiatique en France (de 1906 au début des années 1920) », *Hypothèses*, 1, pp. 209-220, 2005.
- MARCH (J.), “Exploration and Exploitation in Organizational Learning”, *Organization Science*, 2(1), pp. 71-87, 1991.
- MILLER (D.), *The Icarus Paradox*, New York, Harper Business, 1990.
- MURMANN (J.P.) & FRENKEN (K.), “Toward a Systematic Framework for Research on Dominant Designs, Technological Innovations, and Industrial Change”, *Research Policy*, 35(7), pp. 925-952, 2006.
- PINCH (T.J.) & BIJKER (W.E.), “The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other”, in BIJKER (W.E.), HUGUES (T.P.) & PINCH (T.) (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems, New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MA, The MIT Press, pp. 17-50, 1989.
- ROBÈNE (L.) & BODIN (D.), « Le feuilleton aéronautique à la Belle Époque », *Le Temps des médias*, 2(9), pp. 47-62, 2007.
- ROSENBLOOM (R.) & CUSUMANO (M.), “Technological Pioneering and Competitive Advantage: the Birth of the VCR Industry”, *California Management Review*, 29(4), pp. 51-76, 1987.
- SHAPIRO (C.) & VARIAN (H.R.), *Économie de l'information*, Bruxelles, De Boeck Université.
- STEWART (D.), *Secondary Research: Information Sources and Methods*, Newbury Park, Sage Publications, 1984.
- SUAREZ (F.F.) & UTTERBACK (J.M.), “Dominant Designs and the Survival of Firms”, *Strategic Management Journal*, 16(6), pp. 415-430, 1995.
- TUSHMAN (M.L.) & ANDERSON (P.), “Technological Discontinuities and Organizational Environments”, *Administrative Science Quarterly*, 31(3), pp. 439-465, 1986.
- TUSHMAN (M.L.) & MURMANN (P.), “Dominant Designs, Technology Cycles and Organizational Outcomes”, *Research in Organizational Behavior*, 20, pp. 231-266, 1998.
- TUSHMAN (M.L.) & ROSENKOPF (L.) “On the Organizational Determinants of Technological Change: Towards a Sociology of Technological Evolution”, *Research in Organizational Behavior*, 14, pp. 311-347, 1992.