

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

MANAGEMENT DE LA QUALITÉ ET COLLABORATION AVEC LES SOUS-
TRAITANTS DU MILIEU DE L'AÉROSPATIALE

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA GESTION

PAR
MARC-ANDRÉ BLAIS

AVRIL 2014

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier mes parents et amis qui m'ont soutenu lors de la réalisation de ce mémoire.

Plus particulièrement, je pense à ma conjointe, à mon fils ainsi qu'à mon directeur de recherche.

Merci à tous pour vos encouragements et votre soutien.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	v
RÉSUMÉ	vi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1	
LA SOUS-TRAITANCE.....	4
1.1 Les entreprises et la sous-traitance	4
1.2 Les avantages de la sous-traitance.....	6
1.2.1 Réduire les coûts de recherche et du développement (R-D).....	6
1.2.2 Augmenter la rapidité de la production.....	7
1.2.3 Élargir à de nouveaux marchés	7
1.2.4 Réduire les coûts de développement et se doter d'avantages stratégiques	8
1.2.5 Profiter du savoir-faire des fournisseurs	9
1.2.6 Coût de la main-d'œuvre inférieur	10
1.3 Les risques liés à la sous-traitance	10
1.3.1 Perte de propriété intellectuelle.....	10
1.3.2 Dépendance envers les fournisseurs	11
1.3.3 Problème de qualité ou de livraison	12
1.4 Les impacts des retards de livraison d'un nouveau modèle d'avion....	13
1.4.1 Les impacts pour l'entreprise.....	13
1.4.2 Pour les clients et futurs clients.....	14
CHAPITRE 2	
ANALYSE	16
2.1 Les objectifs et les hypothèses de l'étude	16
2.1.1 Objectifs de l'étude.....	16
2.1.2 Hypothèses de l'étude	16

2.2	Les normes de management de la qualité	17
2.2.1	IAQG-9100	18
2.2.2	ISO-9001 (International Organization for Standardization).....	20
2.2.3	Autres normes aérospatiales de management de la qualité	22
2.3	Les normes de management de la qualité par pays.....	23
2.3.1	Représentation géographique de la norme IAQG-9100.....	24
2.4	Les normes de management de la qualité par grands pays exportateurs du secteur de l'aérospatiale	30
2.5	La revue de littérature	37
2.6	Le point de vue de l'industrie aéronautique.....	45
2.6.1	Contrôle qualité au sein de votre entreprise	46
2.6.2	Stratégie en matière de partenariat, de sous-traitance et de contrôle qualité chez vos sous-traitants ou partenaires	47
2.6.3	Cibles ou objectifs futurs sur le plan du management de la qualité	50
	CONCLUSION.....	52
	ANNEXE A CERTIFICATION DES LIEUX PAR PAYS DE LA NORME IAQG-9100	58
	ANNEXE B CERTIFICATION DES LIEUX PAR PAYS DE LA NORME ISO-9001	60
	ANNEXE C IAQG ENTREPRISES MEMBRES.....	62
	ANNEXE D EXPORTATION DE PRODUITS DE L'AÉROSPATIAL PAR PAYS	65
	ANNEXE E RECHERCHE D'ARTICLES	69
	ANNEXE F COMPTE-RENDU D'ENTREVUE.....	72
	BIBLIOGRAPHIE	81

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
2.1 Évolution des normes de la série AS-9100.....	24
2.2 Nombre de certifications IAQG-9100 par pays dans le secteur de l'aérospatiale.....	25
2.3 Évolution annuelle de la norme ISO-9001.....	26
2.4 Nombre de certifications ISO-9001 par pays dans le secteur de l'aérospatiale.....	27
2.5 Normes de qualité de management en fonction des exportations en aérospatiale (classé selon les exportations).....	31
2.6 Normes de qualité de management en fonction des exportations en aérospatiale (classées selon le ratio).....	33
2.7 Site de production de l'Airbus-350.....	39

RÉSUMÉ

Cette recherche a pour objectif de mieux comprendre la relation de collaboration entre les maîtres d'œuvre du milieu aéronautique. Il sera d'abord question des entreprises et de la sous-traitance. Nous identifierons ensuite les normes de management de la qualité dans le secteur aéronautique en fonction des pays ainsi que des grands exportateurs aéronautiques. Pour terminer, nous présenterons une entrevue réalisée auprès d'un grand avionneur mondial afin de mieux comprendre la réalité de l'industrie. Ce mémoire nous a permis d'établir les principaux constats suivants : l'International Aerospace Quality Group (IAQG) fait figure de chef de file au sein de l'industrie aéronautique au chapitre du management de la qualité; la relation de collaboration au chapitre du management de la qualité est surtout liée à l'exigence des normes de management de la qualité; et la littérature est très limitée en ce qui concerne la collaboration au chapitre du management de la qualité dans le milieu aéronautique. Une analyse par ratio nous a en outre permis de conclure que les grands pays exportateurs en aéronautique ne sont pas forcément ceux qui possèdent le plus de normes de management de la qualité. Essentiellement, cette recherche fait la lumière sur la relation de collaboration en matière de management de la qualité entre les sous-traitants et les maîtres d'œuvre du secteur aéronautique. Cependant, certains aspects ont limité cette étude, soit le nombre d'entrevues réalisées ainsi que le manque de données empiriques liées aux problèmes de qualité des systèmes sous-traités en lien avec le management de la qualité. Ces aspects offrent par contre de très belles perspectives pour de futures recherches.

Mots clefs : aéronautique, aérospatial, collaboration, IAQG, ISO, management de la qualité, norme de la qualité

INTRODUCTION

De nos jours, le milieu de la production est exigeant en termes de rapidité d'accès au marché, de conception des produits et de vitesse de fabrication. Avec un « *time to market* » de plus en plus court, il importe de se demander quelle place occupe le contrôle de la qualité dans ce processus.

Cette question s'applique tout autant aux maîtres d'œuvre du milieu de la construction aéronautique comme Airbus, Boeing, EMBRAER ou encore Bombardier. Bien que nous sachions que produire un avion est une tâche extrêmement complexe, il est pertinent d'évaluer la présence du management de la qualité dans ce milieu de plus en plus décentralisé et de plus en plus concurrentiel. Pour faire face à la concurrence, ces entreprises doivent mettre en place de nouvelles solutions technologiques, améliorer leurs façons de faire et leurs produits tout en réduisant les coûts et le temps de production (Rose-Anderssen, Allen et al. 2005, Goffin, Lemke et al. 2006).

Dans un tel contexte de concurrence, les fabricants doivent s'assurer de livrer un produit qui répond pleinement aux normes de qualité du secteur aéronautique. Ils doivent exiger les mêmes normes de qualité pour les composantes et les sous-systèmes et qui sont fabriqués et assemblés par leurs fournisseurs. Chaque entreprise de la chaîne logistique se doit de respecter les normes de qualité des constructeurs finaux comme Airbus, Boeing, Bombardier ou EMBRAER.

Il s'avère essentiel de mieux comprendre le type de management de la qualité pratiqué par les entreprises œuvrant dans le secteur de la construction d'avions, puisque la concurrence en ce qui a trait aux avions moyen-courriers

(environ 100 à 190 passagers) s'exacerbe de plus en plus¹. Autrefois, ce secteur était pratiquement un duopole entre Boeing et Airbus. La situation a évolué avec la venue de Bombardier et d'EMBRAER et changera davantage avec l'arrivée prochaine de quelques autres constructeurs en provenance de la Chine, du Japon et de la Russie dans ce segment de marché (Niosi 2013).

Le milieu industriel de l'aérospatial et les gouvernements des pays de l'OCDE sont très stricts quant aux normes à respecter pour lancer un avion sur le marché. Les grands constructeurs doivent s'assurer de mettre des procédures en place chez leurs sous-traitants et au sein même de leur propre entreprise afin d'obtenir un niveau de qualité similaire quant aux produits finis. Un produit de qualité moindre, même s'il s'agit d'une composante mineure, peut causer des défaillances techniques ou des accidents, et le problème de batterie qui a cloué la flotte complète des nouveaux Dreamliner de Boeing durant plusieurs semaines au début de l'année 2013 en est une preuve bien tangible.

Compte tenu l'importance qu'occupent la sécurité et la qualité dans la construction aéronautique, ce mémoire nous permettra de mieux comprendre le lien qui unit les maîtres d'œuvre et les sous-traitants du secteur quant au management de la qualité.

Ce mémoire sera divisé de la façon suivante. Nous aborderons d'abord les raisons pour lesquelles les constructeurs d'avions optent pour la sous-traitance

¹ Voir une histoire plus complète dans

http://fr.wikipedia.org/wiki/Avion_de_ligne#La_premi%C3%A8re_g%C3%A9n%C3%A9ration_de_moyen-courriers_r%C3%A9action

et les problèmes liés à la mauvaise qualité des composantes aéronautiques. Nous dresserons ensuite un portrait des différentes certifications associées à la gestion de la qualité dans le secteur de l'aéronautique. Nous présenterons ensuite une recherche d'articles sur les liens et stratégies de management de la qualité mis en place par les maîtres d'œuvre du secteur de l'aéronautique avec leurs sous-traitants. Pour terminer, nous identifierons les stratégies de management de la qualité ainsi que les certifications présentes chez une entreprise québécoise du domaine de l'aéronautique.

CHAPITRE 1 LA SOUS-TRAITANCE

De nos jours, les entreprises ne peuvent plus rester compétitives dans un milieu comme l'aéronautique sans avoir recours à la sous-traitance. En effet, cela est un défi important et ces dernières se doivent de recourir à la sous-traitance pour établir des chaînes d'approvisionnement à la fois légère et agile, (Christopher 2000) et ce, en tentant d'éviter d'augmenter la complexité de leurs chaînes logistiques. Dans ce chapitre, les thèmes des avantages ainsi que les inconvénients liés à la sous-traitance.

1.1 Les entreprises et la sous-traitance

Plus le nombre de sous-traitants est important parmi les fournisseurs d'une entreprise, plus la complexité de sa chaîne logistique s'accroît. Un maître d'œuvre a de nombreux fournisseurs qui possèdent tous une expertise spécifique pour la mise en service des avions. Les constructeurs tentent de réduire les risques en concluant des ententes à long terme avec les fournisseurs, ce qui leur permet par conséquent de réduire la complexité de la chaîne logistique. Ce type d'entente permet à l'entreprise de compter sur une base de fournisseurs fiables à long terme.

Selon plusieurs auteurs, la chaîne d'approvisionnement des constructeurs aérospatiaux s'est considérablement transformée sur le plan des relations avec les fournisseurs : il est maintenant question d'intégration de l'ingénierie et de la technologie entre les fournisseurs et les maîtres d'œuvre (Rose-Anderssen, Baldwin et al. 2011). Ainsi, le management de la qualité doit donc s'étendre du

constructeur final vers les sous-traitants. De cette façon, ces derniers peuvent transmettre leurs pratiques de management de la qualité tout au long de leur chaîne d'approvisionnement respective. Ce contrôle doit être exercé du début à la fin de la chaîne logistique, puisque de plus en plus de produits sont conçus, fabriqués et transportés en fonction d'une chaîne d'approvisionnement toujours plus complexe et présente dans plusieurs pays (Flynn and Flynn 2005, Ismail, Maling et al. 2006).

L'industrie de l'aérospatiale est un secteur très complexe où les relations entre les firmes évoluent régulièrement. En effet, les grandes entreprises du milieu de l'aérospatiale ont de plus en plus tendance à mettre l'accent sur leurs compétences principales et optent pour la sous-traitance quant à l'assemblage et à la conception de certains sous-systèmes (Rebolledo and Nollet 2011). Lorsqu'un constructeur d'aéronefs veut faire appel à la sous-traitance, il ne va pas simplement vers le fournisseur qui propose la soumission la moins dispendieuse. Il doit voir cette relation comme une entente à long terme qui permettra de favoriser l'innovation et la création et d'effectuer le transfert de connaissances entre les deux entités. La qualité des produits offerts par les fabricants à leurs clients ne dépend pas seulement de la qualité des processus et du bon assemblage qu'ils effectuent, mais aussi grandement de la qualité des composantes fabriquées par leurs fournisseurs (Hsieh and Liu 2010).

La décision d'aller vers la sous-traitance entraîne des coûts de coordination supplémentaires ainsi qu'une augmentation de l'incertitude et des risques. Les problèmes sont encore plus présents lorsque l'entreprise sous-traite dans des pays émergents comme la Chine, l'Inde ou le Mexique (Jean, Sinkovics et al. 2014).

La décision de sous-traiter la fabrication de certaines pièces ou de certains sous-systèmes provient d'une réflexion qui tient compte des avantages et des inconvénients liés à ce type de pratique. Nous définirons ci-après les raisons pour lesquelles les entreprises optent pour la sous-traitance.

1.2 Les avantages de la sous-traitance

1.2.1 Réduire les coûts de recherche et du développement (R-D)

Dans la construction aéronautique, le coût de la R-D représente un montant très élevé. En guise d'exemple, les coûts en investissement de Bombardier pour développer son nouvel appareil (C Series) pourraient dépasser les 4 milliards de dollars². De ce fait, les constructeurs se tournent de plus en plus vers des partenariats avec leurs sous-traitants afin de réduire le risque financier pour leur entreprise. De plus, certaines études suggèrent que la participation de sous-traitants peut réduire le temps de développement, augmenter la qualité des nouveaux produits et diminuer les coûts de production (Li, Ragu-Nathan et al. 2006, Van Echtelt, Wynstra et al. 2008, Lau, Tang et al. 2010). Par ailleurs, les entreprises du domaine de l'aérospatiale sont très au fait que l'amélioration des produits à l'interne comporte certaines limites. En effet, un maître d'œuvre spécialisé en assemblage d'aéronef ne peut pas détenir la même expertise en confection de matériaux composites qu'une entreprise qui se spécialise dans ce domaine. Pour ce qui est des moteurs ou de l'avionique, la sous-traitance va de soi.

² (La presse, 17 janvier 2014)

1.2.2 Augmenter la rapidité de la production

Lorsqu'un constructeur aéronautique veut augmenter sa rapidité de production, plusieurs choix s'offrent à lui. Premièrement, il peut faire fonctionner ses chaînes de montage 24 heures sur 24. Cette option peut s'avérer difficile à planifier, puisque la main-d'œuvre en périphérie des usines peut être limitée et que l'entretien des usines se fait généralement la nuit. Deuxièmement, le constructeur peut bâtir une nouvelle usine. Cette option s'accompagne néanmoins d'une augmentation des coûts fixes et du risque financier. Ainsi, pour réduire les investissements et augmenter la rapidité et l'agilité de leurs chaînes d'approvisionnement, les constructeurs se tournent généralement vers la sous-traitance, et ce, même pour des sous-systèmes qu'ils pourraient développer à l'interne, comme des fuselages ou des ailes.

1.2.3 Élargir à de nouveaux marchés

La sous-traitance à l'étranger a également l'avantage d'ouvrir de nouveaux marchés à l'entreprise qui décentralise une partie de sa production. En effet, plusieurs pays sont enclins à procéder à l'achat de produits provenant des entreprises qui font une partie ou la totalité de la fabrication dans leur pays. En conséquence, les constructeurs évaluent qu'en sous-traitant la fabrication de certains sous-systèmes dans un grand marché comme la Chine, il sera ensuite plus facile d'effectuer des ventes dans cette région du monde qui compte plus de 20 % de la population planétaire et qui constitue le marché affichant la plus grande croissance à l'heure actuelle.

1.2.4 Réduire les coûts de développement et se doter d'avantages stratégiques

Les constructeurs sont prêts à négocier des ententes stratégiques pour le développement de certaines composantes communes de leurs aéronefs respectifs. Ainsi, Bombardier et Commercial Aircraft Corporation of China Ltd. (COMAC) ont conclu une entente en mars 2012 « *portant sur les parties communes de l'avion C919 de COMAC et de nos avions CSeries* » (Rapport annuel 2012 de Bombardier, page 81). Ensuite, au salon du Bourget de juin 2013, « *le constructeur aéronautique canadien Bombardier et son homologue chinois COMAC ont annoncé lundi au Bourget la signature de la phase 2 de leur accord de coopération stratégique portant sur leurs programmes respectifs de futurs avions moyen-courriers CSeries et C919³* ». De plus, COMAC a signé une autre entente, cette fois-ci avec Boeing, portant sur la mise sur pied, à Pékin, d'un « *centre technologique de conservation de l'énergie et de réduction des émissions dans le secteur de l'aviation* »⁴.

Pour le moment, il est difficile de comprendre les intentions à long terme de COMAC, puisqu'il réalise différentes ententes avec différents avionneurs mondiaux. En tant que nouvelle venue dans le marché des avions commerciaux moyen-courriers, cette entreprise est en mode d'apprentissage et de rattrapage technologique. De ce fait, en concluant ces ententes, COMAC veut profiter du savoir-faire des grands constructeurs aéronautiques mondiaux.

³ La presse, 17 juin 2013

⁴ La presse, 7 mars 2012

Bombardier et Boeing sont conscients des risques qu'ils encourent avec de tels partenariats. Il est probable que les avantages soient toutefois supérieurs aux risques liés à ces ententes.

Pour le moment, Bombardier fait état d'une entente stratégique avec COMAC dans son rapport annuel de 2012. De plus, l'entreprise ne semble pas s'inquiéter du fait que COMAC ait signé une autre entente stratégique avec Boeing. En effet, monsieur Haley Dunne, porte-parole de Bombardier, a affirmé à La Presse⁵ que l'entente entre COMAC et Boeing porte sur des domaines d'expertise différents par rapport aux ententes qu'ils ont négociées à ce moment avec Bombardier. Force est d'admettre que Bombardier n'a pas eu de problème avec l'annonce de l'entente entre Boeing et COMAC, puisque l'entreprise a depuis rendu publiques les deux ententes signées avec son homologue chinois.

1.2.5 Profiter du savoir-faire des fournisseurs

Le PDG de Bombardier, Pierre Beaudoin, va même jusqu'à mentionner dans une entrevue accordée à la Presse canadienne que la CSeries de Bombardier profite des erreurs que Boeing a commises avec son Dreamliner : « *la structure en matériaux composites du Dreamliner a aussi causé beaucoup de maux de tête à Boeing. Plusieurs éléments de la CSeries, dont le fuselage arrière, sont faits de composites, mais M. Beaudoin soutient que Bombardier bénéficie des essais et erreurs de Boeing, notamment par le truchement des fournisseurs,*

⁵ Identique note 3

*qui ont souvent pour clients tous les avionneurs »*⁶. Les fournisseurs de sous-systèmes du domaine aéronautique offrent leurs services à plusieurs maîtres d'œuvre du domaine de l'aérospatiale. L'entreprise sherbrookoise Mesotec qui œuvre pour Bombardier ainsi que pour Pratt & Whitney en est un exemple éloquent⁷. De ce fait, certains clients peuvent profiter des améliorations apportées à leurs produits lors des contrats précédents. Les sous-traitants ne peuvent se permettre de commettre la même erreur à répétition sur un produit ou une composante afin d'être équitables envers les clients précédents avec qui ils ont eu des problèmes similaires.

1.2.6 Coût de la main-d'œuvre inférieur

Lorsque la sous-traitance est effectuée dans des pays émergents comme la Chine, l'Inde, le Maroc ou le Mexique, nous trouvons une multitude de raisons pour lesquelles les entreprises font affaire avec ces pays. C'est toutefois le faible coût de la main-d'œuvre qui les attire principalement.

1.3 Les risques liés à la sous-traitance

1.3.1 Perte de propriété intellectuelle

Lorsqu'un fournisseur participe à la conception d'une composante d'un aéronef, une partie de la propriété intellectuelle lui revient. Cependant, une entreprise comme Bombardier tente d'avoir des ententes à long terme avec

⁶ Le Devoir <http://www.ledevoir.com/economie/actualites-economiques/369075/bombardier-tire-les-lecons-des-rates-du-dreamliner>

⁷ <http://mesotec.ca/qualite/>

ses fournisseurs clefs de façon à limiter la perte de propriété intellectuelle. En effet dans son rapport annuel 2012 Bombardier mentionne que : « *La progression de plusieurs de nos programmes de développement de nouveaux produits repose également sur le rendement de ces principaux fournisseurs et, par conséquent, tout retard de leur part que nous ne pouvons compenser pourrait retarder l'avancement d'un programme dans son ensemble. Par la suite, ils nous livrent des composants importants et détiennent une partie de la propriété intellectuelle à l'égard des composantes clefs qu'ils ont développées. Par conséquent, nous concluons des contrats à long terme avec ces fournisseurs.* » (Rapport annuel 2012 de Bombardier, page 111).

1.3.2 Dépendance envers les fournisseurs

Lorsqu'un fournisseur produit et conçoit un sous-système pour les maîtres d'œuvre, il existe un contrat entre les deux entités. Par contre, lorsqu'il y a un problème avec le fournisseur clef, il s'avère difficile de changer de fournisseur, puisque ce dernier possède une partie de la propriété intellectuelle du sous-système. Il se crée donc une dépendance mutuelle entre le constructeur et le fournisseur des sous-systèmes clefs d'un aéronef. Ainsi, pour plusieurs composantes ou certains sous-systèmes d'un avion, les maîtres d'œuvre n'auraient pas la capacité de remplacer rapidement certains fournisseurs clefs qui ont une expertise de pointe et possèdent une partie de la propriété intellectuelle liée aux produits sous-traités. Pensons simplement aux moteurs, qui relèvent de la compétence des constructeurs spécialisés dans la production de ces sous-systèmes comme Pratt & Whitney, General Electric et Rolls Royce.

1.3.3 Problème de qualité ou de livraison

Lorsqu'il y a un problème de qualité ou de délai, le maître d'œuvre est en quelque sorte aux prises avec le fournisseur, puisqu'ils ont développé ensemble le sous-système en question. Cette façon de faire émane du fait que le fournisseur possède une grande partie du savoir technique et qu'il dispose des installations physiques de production. Le maître d'œuvre peut subir de grosses pertes si la qualité n'est pas présente. Ainsi, lorsqu'un fournisseur fabrique une composante importante d'un avion comme le fuselage, le constructeur final sera ultimement tenu responsable des retards de livraison ou des manquements dans la qualité. En effet, le retard final de livraison d'un appareil résulte de l'ensemble des retards accumulés tout au long des phases de conceptualisation et de construction de l'avion.

À l'occasion, les constructeurs aérospatiaux prévoient de tels problèmes, comme l'a fait Bombardier pour une pièce de grande importance de son nouvel avion CSeries. Pour s'assurer que son fuselage central soit construit selon les règles de l'art, Bombardier a déplacé la production de la partie centrale de son fuselage de son fournisseur chinois vers ses propres installations de Belfast, en Irlande. Bombardier ne voit aucun problème avec ce comportement et mentionne qu'il est tout à fait normal que le travail soit effectué à l'usine de l'entreprise.⁸ Cette déclaration semble contradictoire : d'un côté, Bombardier mentionne qu'elle développe des produits en collaboration avec les fournisseurs et de l'autre, elle retire l'assemblage d'une partie névralgique de la CSeries à l'un de ses fournisseurs. Bien qu'elle affirme le contraire,

⁸ 6 juillet 2012 <http://www.radio-canada.ca/nouvelles/Economie/2012/07/06/008-bombardier-cseries-fabrication-fuselage-belfast.shtml>

Bombardier éprouvait peut-être des craintes quant au fait que son fournisseur ne soit pas en mesure de respecter leur entente ou encore les normes de qualité imposées.

1.4 Les impacts des retards de livraison d'un nouveau modèle d'avion

1.4.1 Les impacts pour l'entreprise

Lorsqu'il y a des retards de livraison causés par un problème de qualité ou un problème technique, l'incertitude se manifeste chez les investisseurs. En effet, à la suite de l'annonce du retard de la livraison du premier appareil de la C Series de Bombardier en janvier 2014, le titre du constructeur a chuté sur les marchés boursiers.⁹

Ainsi, lorsque le titre boursier d'une entreprise est malmené à moyen terme, c'est la survie même de l'avionneur qui est mise en doute : l'histoire de l'industrie aéronautique montre que des centaines de producteurs d'avions ont dû cesser leurs activités au 20^e siècle à la suite de retards ou en raison de certains défauts de leurs appareils (Zhegu 2007). Le développement d'un nouveau modèle d'avion est un investissement de plusieurs milliards de dollars. Le maître d'œuvre risque gros dans l'éventualité où survient un important retard. Les entreprises ne disposent généralement pas de milliards de dollars en trésorerie pour développer un produit et doivent emprunter pour investir de telles sommes. Ainsi, plus la date de mise en service d'un modèle est retardée, plus les revenus issus de ce produit sont également reportés. L'entreprise peut donc avoir à composer avec un manque de liquidités, voir sa

⁹ 16 janvier 2014 <http://affaires.lapresse.ca/economie/transports/201401/16/01-4729238-cseries-bombardier-la-mise-en-service-est-reportee.php>

cote de crédit baisser et être aux prises avec de sérieux problèmes financiers. Ainsi, les mises en service retardées causent des coûts supplémentaires sur le plan du développement. Pour Bombardier, ces coûts sont évalués à plus de 100 millions de dollars, selon K. Moore, professeur en gestion à l'université McGill.¹⁰

1.4.2 Pour les clients et futurs clients

Du côté des clients, les problèmes de qualité et les retards de livraison risquent nécessairement de créer un manque de confiance envers l'avionneur en question. Plusieurs ripostes du client peuvent découler de cette situation, comme l'annulation des options qu'il a prises sur ses commandes antérieures ou encore l'annulation de nouvelles commandes. Les futurs clients auront tendance à attendre la mise en service du modèle en particulier pour réduire leurs propres risques. Il n'est pas évident de procéder à l'achat d'un avion lorsque la date de livraison est aléatoire.

Cela dit, Airbus, Boeing et Bombardier, ont toutes accusé des retards de livraison dans la mise en production de leurs nouveaux modèles respectifs.

Dans le prochain chapitre, nous présenterons les objectifs du présent mémoire ainsi que les hypothèses qui y sont rattachées. Ensuite, nous abordons les différentes normes de management de la qualité dans le milieu de l'aérospatiale. Par la suite, nous présentons un inventaire des écrits liés au

¹⁰ Identique à note 8

management de la qualité exercé par maîtres d'œuvre aéronautiques avec leurs sous-traitants de sous-systèmes. Pour terminer, nous effectuerons une évaluation visant à comprendre si les composantes sont de même qualité, qu'elles soient produites par le maître d'œuvre ou bien par le sous-traitant.

CHAPITRE 2 ANALYSE

2.1 Les objectifs et les hypothèses de l'étude

2.1.1 Objectifs de l'étude

Ce mémoire comporte quatre objectifs de recherche :

1. comprendre si la qualité de l'assemblage et de l'ingénierie est la même, peu importe l'endroit dans le monde où un avion est conceptualisé ou assemblé;
2. déterminer si la norme ISO-9001 est la plus importante en ce qui a trait au management de la qualité dans le secteur de l'aérospatiale ou bien s'il existe d'autres normes de qualité qui la supplantent;
3. identifier les grands pays exportateurs en aérospatiale et voir si la présence des différentes normes de management de la qualité sont plus présentes chez les grands pays exportateurs.
4. dresser un portrait de l'intérieur de l'industrie aérospatiale grâce à une entrevue réalisée auprès d'un grand avionneur mondial.

2.1.2 Hypothèses de l'étude

Dans le cadre de ce mémoire, nous poserons trois hypothèses que nous allons valider dans la suite de cet ouvrage. Nous estimons que ce travail apportera une perspective avant-gardiste quant à la compréhension d'un domaine de premier plan pour Montréal, le Québec et le Canada.

Les trois hypothèses :

- La présence de management de la qualité en aérospatiale est plus présente chez les grands pays exportateurs aérospatiaux.
- La littérature actuelle est très limitée concernant l'implication des maîtres d'œuvre sur le contrôle qualité effectué chez les sous-traitants.
- Le contrôle qualité des entreprises qui œuvrent pour les grands constructeurs est semblable à celui effectué dans les centres de fabrication propre aux grands constructeurs.

2.2 Les normes de management de la qualité

Dans cette section, nous décrivons les principales normes de management de la qualité qui régissent le milieu de l'aérospatiale. Nous dressons ensuite un inventaire des principales normes par pays, lequel sera suivi par une analyse de la présence du management de la qualité selon les différents pays dans le monde. Pour terminer, nous analyserons la présence des normes de management de la qualité en fonction des grands pays exportateurs de produits aérospatiaux.

Il importe tout avant tout de différencier les normes de management de la qualité et la qualité du produit. Les différents types de normes de qualité accréditent les entreprises sur le plan du management de la qualité. Ils attendent ainsi la présence de procédures de management pour qu'un produit de qualité soit produit par ladite entreprise. Par contre, à l'intérieur même de l'entreprise, d'autres moyens peuvent être mis en place pour améliorer la qualité des produits, comme Six Sigma, la production « lean », Six « Sigma lean », « Total quality management » (TQM), Kaizen, et autres.

Nous décrivons donc brièvement les deux certifications qui selon nous sont les principales normes de management de la qualité du secteur aéronautique, soit les normes de management de qualité de la série IAQG-9000 ainsi que la norme ISO-9001.

2.2.1 IAQG-9100

Avant qu'une norme spécifique au secteur de l'aérospatiale ne voie le jour, les entreprises manufacturières de ce secteur s'appuyaient essentiellement sur la norme ISO-9000 ainsi que sur les normes propres à leur entreprise. Cette façon de procéder a souvent causé des conflits entre la norme ISO et les normes propres à l'entreprise (ABS_quality_evaluations 2012). Il fallait mettre de l'ordre dans le milieu de l'aérospatiale en ce qui a trait aux normes ou *standards* de qualité.

En 1997 l'industrie de l'aérospatiale a emboîté le pas à l'industrie de l'automobile et a élaboré une norme spécifique au secteur qui s'appuyait à l'époque sur la norme ISO-9000 (Bravener 2005).

Les différents acteurs du domaine se sont donc réunis sous l'égide de « L'International Aerospace Quality Group » (IAQG) pour créer la norme AS-9000 qui est plus tard devenue la norme AS-9100 (ABS_quality_evaluations 2012). Cette dernière repose sur la norme ISO-9001 de 2008.

Pour la présente étude, nous l'identifierons comme étant la norme IAQG. Par contre, elle se décline en quatre groupes, soit en Europe (EN), en Amérique du Nord (AS), en Amérique du Sud (NBR15100) et en Asie (JISQ). Il importe

de noter qu'il s'agit bel et bien de la même norme et qu'elle a seulement une appellation différente selon la région du monde. Pour des fins statistiques, nous allons regrouper les trois dénominations de cette norme.

Les normes de la série 9100 se séparent en trois principales catégories

- 9100 – Systèmes de management de la qualité – Exigences pour l'aviation, l'espace et les organisations de défense

Cette norme, qui est la plus courante dans ce secteur, s'adresse aux organisations qui effectuent la conception et la construction de produits aéronautiques ainsi qu'aux organisations qui effectuent la maintenance, fournissent des pièces de rechange ou bien des matériaux pour les produits qui ont été développés par leur entreprise. (IAQG 2009). (En avril 2014, quelque 14 304 entreprises utilisent cette norme dans le monde.)

- 9110 – Systèmes de management de la qualité – Aéronautique – Exigences pour les organismes de maintenance

Cette norme homologue les entreprises qui œuvrent dans le domaine de l'entretien, de la réparation, et de la révision des services du milieu de l'aérospatiale. (IAQG 2009). (En avril 2014, quelque 491 entreprises utilisaient cette norme dans le monde.)

- 9120 – Systèmes de management de la qualité – Aéronautique – Exigences pour les distributeurs

Cette norme est uniquement conçue pour les entreprises qui œuvrent dans le secteur de l'achat et de la revente de pièces et de matériaux et d'assemblage. Elles revendent leurs produits à l'industrie aéronautique, spatiale et de la défense. Si ces dernières effectuent des opérations qui peuvent affecter la conformité du produit, elles doivent utiliser la norme 9100.(IAQG 2009). (En avril 2014, quelque 1 226 entreprises utilisaient cette norme dans le monde.)

2.2.2 ISO-9001 (International Organization for Standardization)

Bien qu'une norme de qualité spécifique au secteur de l'aérospatiale existe, plusieurs entreprises du milieu sont homologuées en fonction de la norme ISO-9001. Cette norme a comme exigence d'accroître la satisfaction des clients, et ce, grâce à bon système d'amélioration continue et de conformité aux demandes des clients et à l'environnement réglementaire de l'entreprise. Plus particulièrement, selon l'ISO et le forum international des accréditations¹¹, une entreprise qui veut obtenir la certification ISO-9001 doit démontrer qu'elle dispose d'un système de management de la qualité qui respecte certains points précis de la norme ISO-9001 soit :

- elle doit posséder un système de management de la qualité qui concorde avec ses produits ou services;
- elle comprend les besoins et les attentes de ses clients, les exigences réglementaires et la loi régissant son champ d'expertise;

¹¹ http://www.iso.org/iso/definitive_expected_outcomes_iso9001.pdf

- elle s'assure que les caractéristiques de ses produits ont été définies en fonction de la clientèle, et ce, toujours en respectant les exigences réglementaires et légales;
- elle a mis en place et effectue la gestion des processus nécessaires à l'atteinte des résultats espérés et gère les processus nécessaires pour atteindre les résultats escomptés par la clientèle;
- elle s'assure que les ressources sont suffisantes pour assurer le bon fonctionnement et la surveillance des différents procédés de qualité mis en place;
- elle contrôle et surveille les caractéristiques du produit;
- elle prévient les non-conformités et dispose d'un système d'amélioration continue;
 - o elle corrige les non-conformités qui se produisent (incluant les produits finis qui ont été acheminés au client);
 - o elle analyse les causes de la non-conformité et met en place des mesures correctives pour éviter que le problème ne soit récurrent;
 - o elle reçoit et analyse les plaintes de la clientèle;
- elle met en place des processus de contrôle de la gestion ainsi qu'un processus de vérification interne;
- elle s'assure de suivre, de mesurer et de continuellement améliorer l'efficacité du management de la qualité.

N'oublions pas que la norme ISO-9001 établit les exigences pour le management de la qualité d'une organisation, et non pas pour la qualité des produits fabriqués.

2.2.3 Autres normes aérospatiales de management de la qualité

Il existe peu d'autres normes de management de la qualité dans le milieu de l'aérospatiale. En effet, une grande organisation comme l'AFNOR, par l'entremise de son bureau de normalisation de l'aéronautique et de l'espace (BNAE) offrent les certifications ISO-9001 ainsi que la norme IAQG-9100¹². L'AFNOR est une organisation qui s'occupe entre autres de la certification en entreprise. Elle s'appuie sur plus de 1 200 collaborateurs et est présente dans plus de 90 pays, pour un total de plus de 50 000 clients¹³. Cette organisation propose seulement un autre type de certification sur le management de la qualité : la certification AQAP qui certifie les entreprises pour la production aérospatiale de défense selon les normes de l'OTAN (Organisation du Traité de l'Atlantique du Nord). Nous ne tiendrons pas compte de cette norme, puisqu'elle s'appuie sur les normes ISO-9001 et IAQG-9100 avec les spécifications concernant l'OTAN. Il est toutefois pertinent de mentionner que si d'autres normes de qualité étaient présentes dans le secteur de l'aérospatiale, l'AFNOR les proposerait dans son offre de service présente sur son site internet¹⁴.

Pour la suite de cette étude, nous allons nous concentrer sur les normes ISO et IAQG, puisqu'elles sont pratiquement les seules qui traitent de management de la qualité en aéronautique. Pour des fins de comparaison entre les

¹² <http://www.afnor.org/profils/activite/aeronautique-et-spatial/certification-et-evaluation/certification>

¹³ <http://www.afnor.org/groupe/a-propos-d-afnor/qui-sommes-nous>

¹⁴ <http://www.afnor.org/profils/activite/aeronautique-et-spatial/certification-et-evaluation/certification>

deux normes, nous allons seulement comparer les données sur la norme IAQG-9100, puisque cette dernière est la plus répandue des normes IAQG et qu'elle est aussi plus générique que les autres normes IAQG. La comparaison avec la norme ISO-9001 sera ainsi plus facile, car cette dernière est également plus générique.

Une des présuppositions de cette étude veut que « *La tendance ou la présence de contrôle qualité soit la même pour la norme IAQG-9100 que pour la norme ISO-9001* ». Nous analyserons la tendance du marché de l'aérospatiale sur le plan de la certification du management de la qualité. Pour ce faire, nous dresserons un portrait du nombre des certifications du milieu de l'aérospatiale et établirons une comparaison entre les deux principales certifications du secteur : IAQG-9100 et ISO-9001, et ce, par pays.

2.3 Les normes de management de la qualité par pays

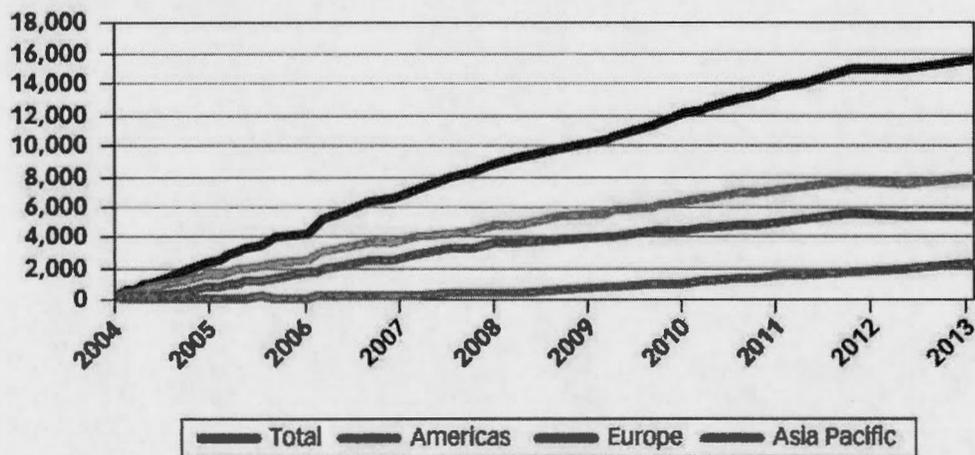
Nous allons donc dresser un inventaire par pays des normes ISO-9001 et IAQG-9100. Il aurait été intéressant de ventiler l'inventaire par région ou bien par ville, mais les données disponibles pour les deux normes ne nous permettaient pas un tel niveau de précision. Les données que nous avons utilisées proviennent de l'enquête ISO de 2012 pour la norme ISO et d'une extraction réalisée le 15 avril 2014 de la base de données OASIS que l'International Aerospace Quality Group met à notre disposition sur leur site internet pour la norme IAQG-9100.

2.3.1 Représentation géographique de la norme IAQG-9100

Avec l'aide du graphique ci-dessous, nous pouvons constater que la norme IAQG est en constante évolution depuis 2004 et que l'industrie de l'aérospatiale s'appuie de plus en plus sur cette norme.

Figure 2.1 Évolution des normes de la série AS-9100

Total AS9100 series standard-certified sites / FIGURE 1



Source : (Cressionnie 2013)

De plus, le graphique ci-dessous vient appuyer le fait que la norme IAQG-9100 est de plus en plus utilisée puisqu'elle se retrouve dans 70 pays. Pour des fins de présentation, le graphique présente les 20 pays où la norme est la plus présente. Vous trouverez, en annexe A, la liste de tous les pays qui ont au moins une entreprise qui possède la certification IAQG-9100.

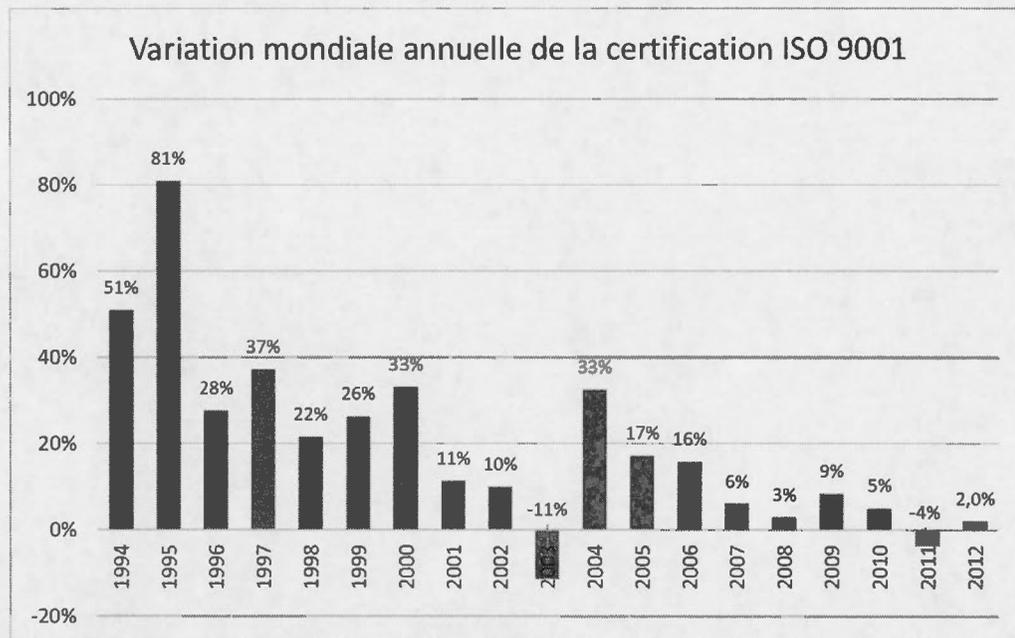
Comme vous allez le constater, les dix premiers pays sont des pays reconnus pour la fabrication aéronautique. Notons en outre la présence du Brésil en 17^e position du classement pour cette norme. On serait portés à croire que le troisième ou quatrième producteur mondial d'avions ait reçu un plus grand nombre de certifications. Nous pensons que le fait qu'EMBRAER est le seul producteur brésilien d'aéronefs et que ses avions sont en quasi-totalité produits ailleurs et assemblés au Brésil, doit expliquer ce rang. Finalement, il importe de souligner que les États-Unis dominent largement le classement avec plus de 46 % des certifications pour la norme IAQG-9100.

Figure 2.2 Nombre de certifications IAQG-9100 par pays dans le secteur de l'aérospatiale



Source : Enquête ISO 2012

Figure 2.3 Évolution annuelle de la norme ISO-9001

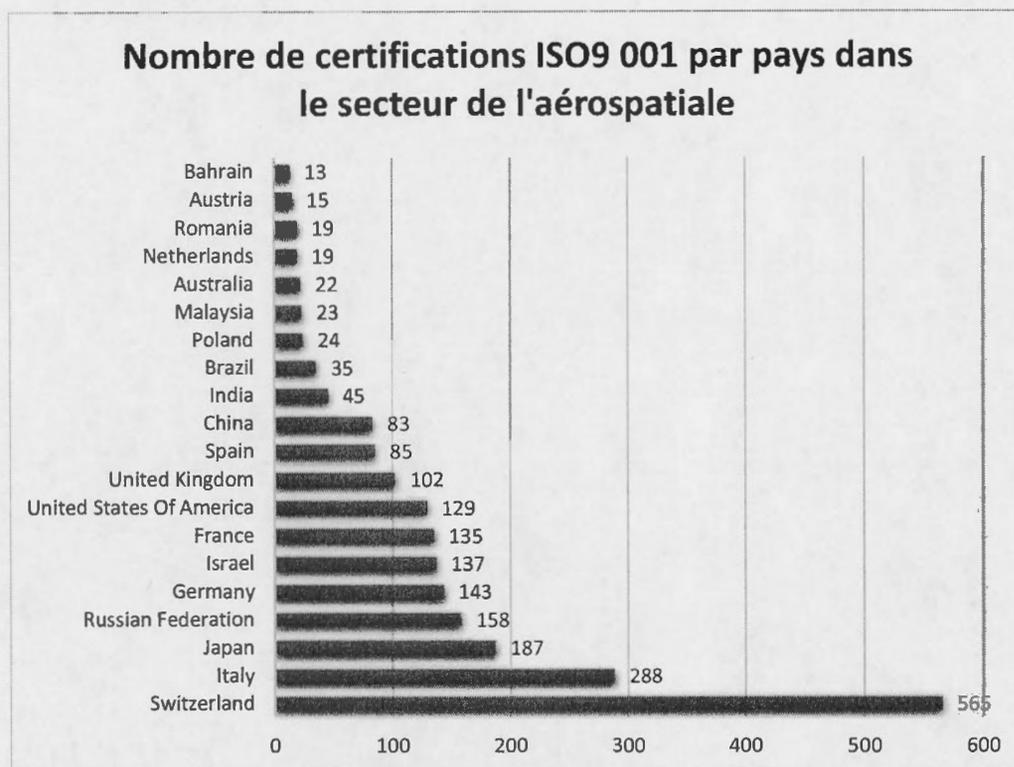


Source : Enquête ISO 2012

Le graphique ci-dessus démontre que la croissance de la norme ISO-9001 est en perte de vitesse depuis plusieurs années, et ce, pour l'ensemble des secteurs de l'économie.

Nous avons recensé un total de 2 367 entreprises du secteur de l'aérospatiale certifiées par la norme ISO-9001. Ces dernières données sont réparties dans 62 pays. (la liste complète des pays se trouve en annexe B). Le classement est dominé par la Suisse qui représente plus de 23 % des certifications ISO-9001 du secteur. Du côté des États-Unis qui dominent le classement de la norme IAQG, le pays occupe le huitième rang avec 129 certifications, ce qui représente un peu plus de 5 % des certifications du secteur.

Figure 2.4 Nombre de certifications ISO-9001 par pays dans le secteur de l'aérospatiale



Source : Enquête ISO 2012

À la lecture des tableaux présentés, les représentations géographiques de la norme ISO et de la norme IAQG ne suivent pas la même tendance pour la plupart des pays. Quant à la Suisse qui domine le classement de la norme ISO-9001, elle se situe au 21^e rang en ce qui a trait à la norme IAQG-9100 avec moins de 1 % des certifications dans le secteur. De ce fait, il y a une grande différence de tendance entre les pays où une norme est plus présente : ceux-ci ont tendance à voir la présence de l'autre norme être en forte baisse. Cette situation pourrait être expliquée par le fait que les entreprises de ce pays ne sont pour la plupart pas des sous-traitants directs des maîtres d'œuvre. Ces

sous-traitants ne sont pas dans l'obligation de se conformer la norme IAQG-9100. Pour plus de détails au sujet des exigences des maîtres d'œuvre, nous vous invitons à consulter la section sur le point de vue de l'industrie.

On constate en outre que la norme IAQG est maintenant la norme de management de la qualité la plus exigée dans l'industrie de l'aérospatiale. En effet, tous les grands acteurs de l'industrie font confiance à la norme IAQG-9100. La liste qui suit énumère les plus grandes entreprises du secteur et le nombre de certifications IAQG-9100 qui leur sont associées directement.

- Boeing : 25 sites
- Airbus : 16 sites
- Mitsubishi 15 sites
- Pratt & Whitney : 22 sites
- Rolls-Royce : 22 sites
- Bombardier 3 sites
- COMAC : 3 sites
- EMBRAER : 2 sites
- General Electric : 1 site

Source : Base de données OASIS de l'IAQG en date du 25 septembre 2014

De plus, l'Annexe C présente la liste des entreprises qui sont membres de l'IAQG. Une fois encore, vous y retrouverez les grands constructeurs de l'industrie aérospatiale.

À la suite de la lecture des graphiques présentés précédemment et compte tenu de la présence de la norme IAQG-9100 chez les grandes entreprises de l'industrie de l'aéronautique, nous pouvons conclure que cette norme domine

maintenant la certification sur le plan du management de la qualité dans le secteur de l'aéronautique.

Pour conclure cette sous-section, nous pouvons donc affirmer, selon la tendance observée, que l'utilisation des normes ISO-9001 (secteur de l'aérospatiale) IAQG-9100 est plutôt partagée. Effectivement, les deux certifications au chapitre du pourcentage de la représentativité sont assez différentes, et la tendance s'inverse même d'une norme à l'autre. En effet, les deux pays qui dominent la norme IAQG-9100, soit les États-Unis et la France, sont respectivement 8^e et 7^e en ce qui a trait à la norme ISO-9001. Du côté de la Suisse et de l'Italie, qui dominent le classement de la norme ISO-9001, elles sont respectivement au 21^e et 8^e rang en ce qui a trait à la norme IAQG-9100. Comme nous l'avons expliqué précédemment, cette situation pourrait s'expliquer par le fait que la France et les États-Unis davantage de sous-traitants directs qui œuvrent pour les maîtres d'œuvre.

Dans la prochaine section, nous identifierons les plus grands pays exportateurs aérospatiaux ainsi que les principales normes de qualité utilisées par ces derniers.

De plus, selon les recherches effectuées dans le cadre de ce mémoire, nous avons constaté qu'aucune étude ne fait le rapprochement entre la présence des normes de management de la qualité et les grands pays producteurs aérospatiaux.

2.4 Les normes de management de la qualité par grands pays exportateurs du secteur de l'aérospatiale

Dans cette section, nous établirons la relation entre les grands pays producteurs aérospatiaux et la présence des normes de management de la qualité. Cela permettra de voir s'il y a une corrélation entre le nombre de certifications et l'importance de l'industrie aéronautique dans ces pays. L'hypothèse de départ selon laquelle la présence de management de la qualité en aérospatiale est plus présente dans les grands pays producteurs d'aéronautique sera testée.

Pour identifier les grands pays producteurs aéronautiques, nous allons nous baser sur les exportations aéronautiques par pays en dollars américains courants. Comme vous pourrez le constater, la figure 1 ci-dessous présente les plus grands pays exportateurs sur le plan des produits aéronautiques en milliard de dollars US. Nous analyserons le volume d'exportation de chacun de ces pays en fonction de la présence de normes de management de la qualité. Pour être en mesure d'obtenir des données comparables d'un pays à l'autre, un ratio représentant le nombre de normes de management en fonction des milliards de dollars d'exportation est présenté. De cette façon, les petits pays exportateurs comme l'Argentine pourront être comparés à de grands pays exportateurs en aérospatiale. Pour obtenir un ratio unique sans tenir compte de la popularité d'une ou l'autre des normes de management de la qualité (ISO-9001 ou IAQG-9100) dans certains pays, ces dernières ont été additionnées pour avoir le total de normes de management de qualité du secteur aéronautique par pays.

Figure 2.5 Normes de qualité de management en fonction des exportations en aérospatiale (classé selon les exportations)

Pays	Exportation en milliard 2013 (US)	Norme IAQG9100 2014	Norme ISO9001 2012	Total	Normes par milliard de dollar d'exportation
États-Unis	115,38 \$	6 619	129	6 748	58,5
France	56,45 \$	1 366	135	1 501	26,6
Allemagne	43,93 \$	687	143	830	18,9
Royaume-Uni	17,85 \$	1 214	102	1 316	73,7
Canada	10,48 \$	377	8	385	36,7
Espagne	6,91 \$	441	85	526	76,1
Singapour	6,58 \$	95	5	100	15,2
Italie	5,97 \$	440	288	728	122,0
Russie	5,56 \$	70	158	228	41,0
Japon	4,37 \$	603	187	790	180,7
Brazil	4,37 \$	72	35	107	24,5
Inde	4,15 \$	387	45	432	104,1
Autriche	2,09 \$	40	15	55	26,3
Suisse	2,08 \$	51	565	616	295,5
Israël	1,98 \$	194	137	331	167,3
Pays-Bas	1,96 \$	71	19	90	45,9
Chine	1,94 \$	486	83	569	293,3
République de Corée	1,75 \$	218	1	219	125,3
Belgique	1,43 \$	55	7	62	43,4
Australie	1,34 \$	43	22	65	48,6
Argentine	1,18 \$	2	4	6	5,1
Thaïlande	1,09 \$	23	4	27	24,7
Pologne	1,05 \$	67	23	90	86,0
Mexique	0,88 \$	168	8	176	199,1
Malaisie	0,76 \$	37	23	60	79,0
Total	301,54 \$	13 826	2 231	16 057	53,2
Exportation en fonction du ratio de normes par milliard de dollars				-0,22	
Exportation en fonction du nombre total de normes				0,93	

Sources:

Volume d'exportation: base de données COMTRADE de l'Organisation des Nations Unies
 IAQG9100: Base de données Oasis de l'IAQG
 ISO9001: Enquête ISO 2012

Lorsque les données sont analysées en fonction du nombre total des normes de management de la qualité par pays, il est évident que les États-Unis dominent le classement avec près de 50 % des normes des 25 plus grands pays exportateurs d'aéronautique. Pour la liste complète des pays exportateurs, veuillez vous référer à l'annexe D.

L'analyse par ratio présente une tout autre image des données présentées précédemment. En analysant les ratios de norme de qualité par milliard de dollars, on constate que les États-Unis ne sont pas en tête de liste. Par contre, ils ont le ratio le plus élevé parmi les pays qui exportent plus de dix milliards de dollars annuellement. Le pays qui affiche le meilleur ratio de norme est la Suisse, où 616 normes de management ont été recensées avec un ratio de 295,1 normes par milliard de dollars d'exportation.

Pour mieux comprendre la différence entre le nombre de normes et le ratio de normes de management de la qualité par milliard de dollars, le tableau ci-dessous présente le classement des pays en fonction du ratio de certification de management de la qualité par milliard de dollars d'exportation.

Figure 2.6 Normes de qualité de management en fonction des exportations en aérospatiale (classées selon le ratio)

Pays	Exportation en milliard 2013 (US)	Norme IAQG9100 2014	Norme ISO9001 2012	Total	Normes par milliard de dollar d'exportation
Suisse	2,08 \$	51	585	616	295,5
Chine	1,94 \$	486	83	569	293,3
Mexique	0,88 \$	188	8	176	199,1
Japon	4,37 \$	603	187	790	180,7
Israël	1,98 \$	194	137	331	167,3
République de Corée	1,75 \$	218	1	219	125,3
Italie	5,97 \$	440	288	728	122,0
Inde	4,15 \$	387	45	432	104,1
Pologne	1,05 \$	67	23	90	86,0
Malaisie	0,76 \$	37	23	60	79,0
Espagne	6,91 \$	441	85	526	76,1
Royaume-Uni	17,85 \$	1 214	102	1 316	73,7
États-Unis	115,38 \$	6 619	129	6 748	58,5
Australie	1,34 \$	43	22	65	48,6
Pays-Bas	1,96 \$	71	19	90	45,9
Belgique	1,43 \$	55	7	62	43,4
Russie	5,58 \$	70	158	228	41,0
Canada	10,48 \$	377	8	385	36,7
France	56,45 \$	1 368	135	1 501	26,6
Autriche	2,09 \$	40	15	55	26,3
Thaïlande	1,09 \$	23	4	27	24,7
Brésil	4,37 \$	72	35	107	24,5
Allemagne	43,93 \$	687	143	830	18,9
Singapour	6,58 \$	95	5	100	15,2
Argentine	1,18 \$	2	4	6	5,1
Total	301,54 \$	13 826	2 231	16 057	53,2
Exportation en fonction du ratio de normes par milliard de dollars				-0,22	
Exportation en fonction du nombre total de normes				0,93	

Sources:

Volume d'exportation: base de données COMTRADE de l'Organisation des Nations Unies
 IAQG9100: Base de données Oasis de l'IAQG
 ISO9001: Enquête ISO 2012

Les données présentées plus haut permettent aussi de mieux comprendre le type de production des pays présentant des ratios plus faibles sur le plan du management de la qualité. Le fait qu'un pays ait un ratio plus faible ne signifie pas nécessairement que ce dernier ne se livre à aucune pratique de management de qualité. En prenant le Canada comme exemple, il y a seulement 36,7 sites certifiés par milliard de dollars d'exportation. Puisque

celui-ci figure parmi les quatre plus grands pays exportateurs, cela nous indique que le Canada a beaucoup moins de petits sous-traitants et effectue beaucoup d'assemblage final, et ce, dans de plus grosses entreprises. De plus, les deux plus grands pays exportateurs sont les pays où sont fabriqués les avions les plus populaires comme Boeing (États-Unis) et Airbus (France). En effet, ces pays effectuent la plupart de l'assemblage final de leurs modèles d'avions respectifs. C'est donc normal de les retrouver en tête de classement sur le plan des milliards de dollars d'exportation, puisque la valeur totale d'un avion englobe la somme de toutes les pièces assemblées et fabriquées par le maître d'œuvre ainsi que de toutes les pièces ou sous-système fabriqués par les sous-traitants. L'avion étant le produit final, il possède la plus grande valeur en matière d'exportations, et cette situation place les États-Unis et la France en tête de liste sur le plan des exportations totales en produits aérospatiaux. Ces derniers étant situés respectivement aux 13^e et 19^e rangs quant au ratio de normes par milliard de dollars, et ce malgré un très grand nombre de normes de management de la qualité. Comme nous l'avons mentionné précédemment pour le Canada, la structure de l'industrie regroupe majoritairement des entreprises qui effectuent de l'assemblage final de sous-systèmes pour les grands exportateurs comme Boeing et Airbus.

À l'inverse, la Chine, qui enregistre tout de même près de deux milliards de dollars d'exportation, affiche un ratio de 293,3 certifications par milliard. En considérant le nombre de certifications et d'exportations de ce pays, on constate que l'économie aérospatiale de ce pays s'appuie sur de nombreux petits et moyens sous-traitants. Un autre point qui pourrait à première vue expliquer la présence de plusieurs pays émergents en tête du classement est le fait que ces derniers accordent une bien plus grande importance à la

normalisation en management de la qualité, puisque sur le plan historique, les pays émergents ne sont pas reconnus pour la qualité de leurs produits.

Au regard de ce qui a été présenté plus haut, il existe proportionnellement beaucoup plus de normes de management de la qualité dans les pays qui effectuent surtout l'assemblage et la production de sous-systèmes. Ainsi, des pays comme la Chine, l'Inde et le Mexique ont des taux normes/exportations beaucoup plus élevés que les États-Unis, la France ou encore le Canada. Ainsi, toutes proportions gardées, ce ne sont pas les plus grands pays producteurs en aérospatiale qui pratiquent le management de la qualité dans une plus grande mesure.

Le fait que les nouveaux pays exportateurs en aéronautique soient en mode de rattrapage quant à la confiance des grands constructeurs aéronautiques pourrait également expliquer cette différence. En effet, des pays comme la Chine et l'Inde qui jadis étaient perçus comme étant des pays producteurs de vêtements et de petits produits de consommation avec une qualité variable ont beaucoup plus de difficulté à faire valoir la qualité de leurs assemblages ou de leurs produits. Par comparaison, un pays comme l'Allemagne a toujours été reconnue pour la qualité de ses produits, et ce, peu importe le secteur de l'économie. Le fait que la Suisse arrive au premier rang du classement atténue l'importance accordée au fait que les pays émergents soient en rattrapage sur le plan de la confiance. La structure de l'économie aérospatiale explique en fait beaucoup mieux la différence entre les ratios de normes de qualité et la valeur des exportations que le rattrapage en matière de normes de qualité ne peut le faire.

Pour conclure de cette section, on peut affirmer que la norme de management de la qualité qui domine maintenant le secteur de l'aéronautique est la norme IAQG-9100. En effet, avec plus de 14 000 sites certifiés dans 70 pays par rapport à près de 2 300 sites certifiés ISO-9001, il est évident que la norme IAQG fait figure de chef de file du milieu aéronautique. Tous les grands maîtres d'œuvre et équipementiers sont par ailleurs membres de cette organisation. L'hypothèse de départ qui mentionne que la présence de management de la qualité en aérospatiale est plus présente chez les grands pays exportateurs aérospatiaux ne peut être confirmée, puisque lorsque nous regardons le ratio des normes de management de la qualité en fonction des milliards d'exportations, ce sont les pays les plus petits exportateurs qui dominent le classement. Les États-Unis qui ont exporté pour plus de 115 milliards de dollars en 2013 se retrouvent seulement au 13^e rang sur le plan du ratio de normes par milliard de dollars d'exportations, ce qui vient encore rejeter l'hypothèse de départ. Par contre, le coefficient de corrélation faible (- 0,22) qui met en relation les exportations en fonction des ratios de normes de management indique qu'il ne faut pas seulement être un petit exportateur pour disposer d'un bon ratio : on doit aussi tenir compte d'autres facteurs comme la volonté de l'industrie du pays en question d'accorder de l'importance aux normes de management de la qualité.

Le management de la qualité est aussi très important chez les grands pays producteurs, et c'est la structure de l'économie aérospatiale de ces pays qui tend à faire diminuer le ratio normes/valeur des exportations. Il faut tout de même indiquer que plus les exportations sont importantes, plus le nombre de normes de management de la qualité est élevé dans les différents pays, comme l'indique le ratio des exportations sur le nombre total de normes (0,93). Mais lorsqu'un pays donne davantage de sous-traitance

d'assemblage ou de sous-systèmes, le ratio sera plus élevé, puisque plusieurs petites entreprises reçoivent une certification. Il ne faut toutefois pas oublier que certains pays sont en mode rattrapage technologique et certifient beaucoup plus d'entreprises afin de prouver qu'ils mettent de l'avant le management de la qualité pour inciter l'industrie à leur accorder leur confiance.

Dans la prochaine section, nous présenterons une revue de littérature sur la participation des maîtres d'œuvre ou des grands équipementiers chez les sous-traitants.

2.5 La revue de littérature

Bien que la littérature actuelle au sujet du contrôle qualité et du management de la qualité soit abondante, bien peu d'études se sont penchées sur les procédures ou processus mis en place chez les maîtres d'œuvre du milieu de l'aéronautique pour s'assurer que les sous-systèmes provenant des sous-traitants respectent les mêmes critères de qualité que s'ils étaient produits chez le maître d'œuvre.

La recherche d'article décrite en annexe E a permis d'identifier 51 articles pouvant liés au rôle du maître d'œuvre dans la procédure de management de la qualité mis en place chez le sous-traitant. De cette recherche d'articles, les auteurs les plus pertinents vont apparaître dans cette revue de littérature, et d'autres articles qui ne proviennent pas de cette recherche viendront se greffer à cette recension des écrits. Selon une des hypothèses de départ, la littérature actuelle est très limitée concernant la participation des maîtres d'œuvre au contrôle qualité effectué chez les sous-traitants. Dans la section qui suit, nous vérifierons cette hypothèse sera testée.

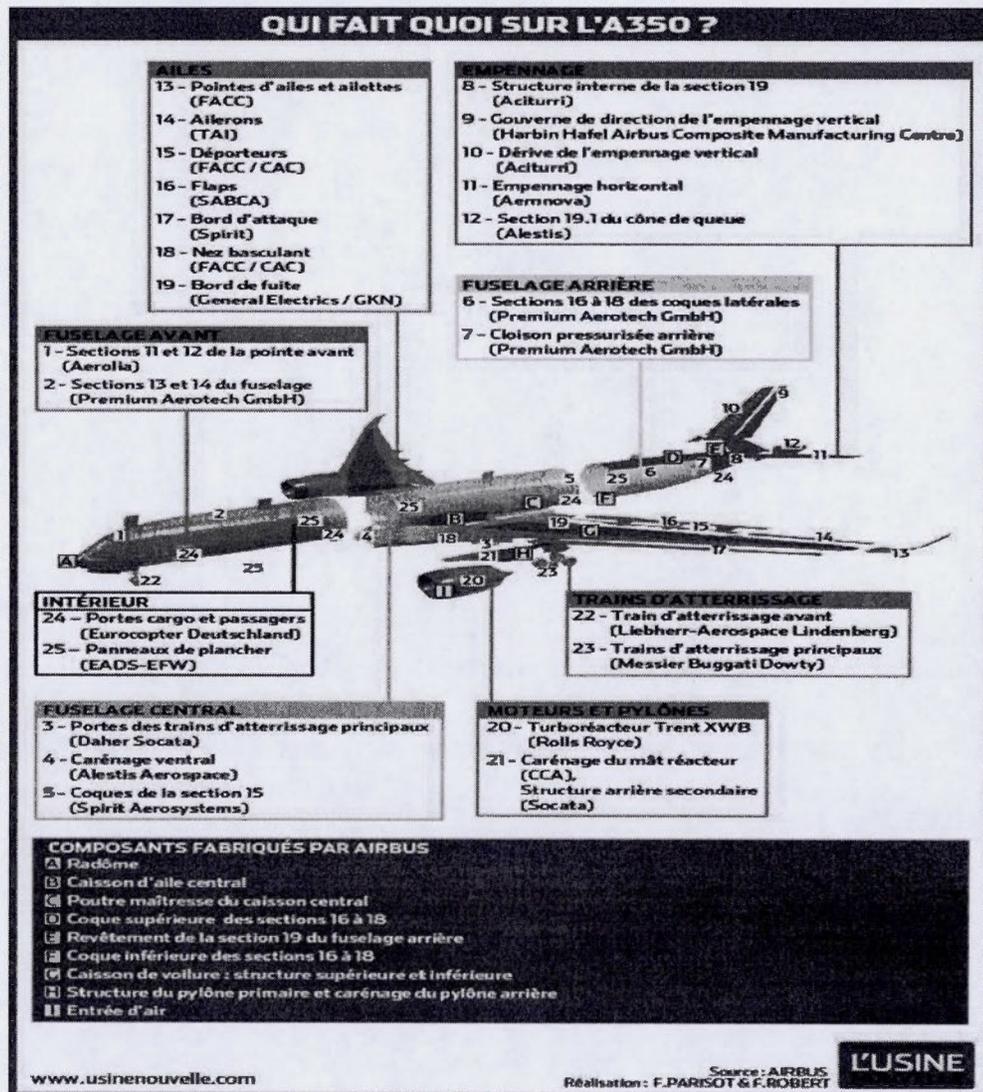
Jusqu'au milieu du 20^e siècle, les manufacturiers effectuaient la totalité de la construction des aéronefs. La production des moteurs s'est d'abord spécialisée, et ces derniers ont été conçus par des entreprises comme General Electric, Pratt & Whitney et Rolls Royce. Finalement, ce sont les systèmes de train d'atterrissage qui sont devenus des modules indépendants. (Niosi 2013) Autant de modules indépendants sont d'autant de donneurs d'ordres qui disposent d'un réseau complexe de sous-traitants.

De nos jours et pour ces raisons, ce ne sont plus simplement les entreprises qui se livrent concurrence, mais bien l'ensemble de leur chaîne logistique ainsi que celle de leurs fournisseurs respectifs. (Cagliano, Caniato et al. 2005) Un des aspects des plus importants qui assure le rendement de la chaîne logistique est l'aspect de la qualité des produits fabriqués, et ce, surtout dans le secteur de l'aérospatiale, où les normes de sécurité sont très strictes. Il y a aussi plusieurs études qui discutent des effets de la collaboration sur le rendement des sous-systèmes. Compte tenu de l'affirmation précédente, nous pouvons donc conclure que lorsqu'il y a une bonne collaboration, les produits sous-traités sont plus performants. (Petersen, Handfield et al. 2005).

La tendance de fond pour la plupart des industries est la suivante : lorsqu'une activité ne fait pas partie de leurs compétences de base (« core competency »), les entreprises vont se tourner vers la sous-traitance pour les activités à valeur ajoutée (Kumar and Krob 2005). De plus, depuis plus d'une décennie, l'industrie de l'aéronautique a vu la concurrence augmenter et elle a dû s'adapter aux changements technologiques (Martínez-Jurado and Moyano-Fuentes 2014). Pour réduire les coûts, les grands constructeurs deviennent de plus en plus des intégrateurs de systèmes et de sous-systèmes, ce qui ajoute

de la pression sur la chaîne logistique de ces derniers. Comme vous pourrez le constater avec la figure ci-dessous, les grands constructeurs sous-traitent pratiquement la totalité de l'avion.

Figure 2.7 Site de production de l'Airbus-350



Source : <http://www.usinenouvelle.com/article/infographie-les-principaux-fournisseurs-de-l-a350.N199301>

Selon certains auteurs, il existe un besoin de recherche en lien avec les nouvelles relations établies entre les différents partenaires de la chaîne logistique, et ceux-ci mentionnent par ailleurs que l'industrie aéronautique présente une carence importante sur le plan des études traitant de l'intégration de la chaîne logistique, comparativement à d'autres secteurs de l'industrie (Alfalla-Luque, Medina-Lopez et al. 2012). Ce besoin est d'autant plus important, puisque les entreprises affichent une plus grande indépendance, surtout depuis que le rendement d'une seule entreprise peut avoir un impact sur l'efficacité de l'ensemble de la chaîne logistique (Sinha, Whitman et al. 2004, Cigolini and Rossi 2008).

De plus, la chaîne d'approvisionnement de l'industrie aéronautique est dotée d'une structure hiérarchique produisant des systèmes complexes qui sont fabriqués avec un grand nombre de composantes reliées l'une à l'autre et qui disposent de différents types de technologie. (Acha, Brusoni et al. 2007, Rebolledo and Nollet 2011).

De ce fait, la capacité technologique ainsi que l'envergure des différents sous-traitants représentent les facteurs les plus importants pour devenir les sous-traitants clefs des grands constructeurs (Parker, Zsidisin et al. 2008, Wynstra, Von Corswant et al. 2010, Cagli, Kechidi et al. 2012). La qualité des produits fabriqués et assemblés dans le milieu de l'aéronautique est donc d'une importance primordiale.

Beaucoup d'études se sont penchées sur l'intégration de la chaîne d'approvisionnement dans l'industrie en général (Flynn, Huo et al. 2010), mais peu d'études ont porté sur la l'intégration de la chaîne d'approvisionnement en fonction du management de la qualité (Huo, Zhao et al. 2014). Cela revêt une

importance toute particulière, puisque le constructeur final est responsable de la qualité de l'avion qu'il met en vol; il importe donc d'étudier la gestion de la chaîne d'approvisionnement en fonction du management de la qualité.

Selon (Chang, Liu et al. 2009), plusieurs auteurs ont consacré leurs recherches aux problèmes de qualité et de contrôle de qualité en matière de production manufacturière. Par contre, peu d'études portaient sur le management de la qualité en fonction du développement de produits en intégrant les systèmes de plusieurs fournisseurs (Chang, Liu et al. 2009). Avec l'accroissement de la sous-traitance des systèmes et sous-systèmes d'un avion, l'échange d'information et de matériel entre les clients, les fournisseurs et le maître d'œuvre a crû en importance et est même crucial au succès de la chaîne logistique. (Premaratne 2005, Rose-Anderssen, Baldwin et al. 2011).

Les donneurs d'ordres ont depuis environ vingt ans réduit la taille de leurs chaînes logistiques pour sous-traiter la fabrication de plus gros sous-systèmes, et ce, avec des fournisseurs clefs avec qui ils ont conclu des ententes à long terme. (Cagli, Kechidi et al. 2012). Par contre, lorsqu'on regarde l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement qui inclut la totalité des fournisseurs des sous-traitants travaillant pour les maîtres d'œuvre, leur nombre est important, et il est devenu crucial de trouver une façon de contrôler la qualité de ces derniers (Chang, Liu et al. 2009).

Il est donc difficile d'assurer de la traçabilité des produits fabriqués, puisque l'information sur la qualité des produits sous-traités avec plusieurs fournisseurs de plusieurs niveaux est très limitée, voire inexistante (Chang, Liu et al. 2009).

De plus, le degré de participation des sous-traitants variera dans le temps lors de la production de système ou sous-système complexes. (Petersen, Handfield et al. 2005, McIvor, Humphreys et al. 2006, Parker, Zsidisin et al. 2008) Aussi, le degré de partage des connaissances et d'intégration avec les sous-traitants variera selon les donneurs d'ordres. (Cagli, Kechidi et al. 2012).

Le management de la qualité est une philosophie ayant pour objectif l'amélioration continue de la performance (Ebrahimi and Sadeghi 2013). Il y a pourtant peu de recherches qui portent sur le management de la qualité dans les produits développés avec l'aide de plusieurs niveaux de sous-traitance (Chang, Liu et al. 2009).

Le management de la qualité doit s'étendre à la chaîne logistique des différentes entreprises, puisque la plupart des produits sont conçus et produits le long d'une chaîne logistique de plus en plus complexe et présente dans plusieurs régions géographiques. (Flynn and Flynn 2005) C'est pourquoi l'équipe de (Huo, Zhao et al. 2014) propose le concept de « supply chain quality integration (SCQI) qui conceptualise et définit l'intégration de la gestion de la qualité chez les fournisseurs en amont, en aval, les clients et les unités fonctionnelles sein d'une organisation ». Bien que ce concept ne soit pas directement lié au milieu de l'aérospatiale, il s'agit de la seule étude recensée qui définit l'intégration de la chaîne logistique en fonction de la gestion de la qualité. De plus, cela est directement lié au sujet de la présente étude qui explore la relation entre les maîtres d'œuvre aéronautiques et le management de la qualité le long de leur chaîne logistique. En accord avec plusieurs auteurs qui reconnaissent l'importance du contrôle de la qualité, il y a peu d'études

empiriques portant sur la vision de la qualité en fonction de l'intégration de la chaîne d'approvisionnement (Foster and Ogden 2008, Huo, Zhao et al. 2014).

Avec le concept de la SCQI (Huo, Zhao et al. 2014) qu'il identifie comme étant le niveau auquel une organisation et ses partenaires vont collaborer en matière de management de la qualité, des communications ou des processus, et ce, dans un objectif d'avoir un haut niveau de qualité à un prix raisonnable. De plus la SCQI comporte trois niveaux d'intégration, soit à l'interne, avec les fournisseurs et finalement avec les clients. Les auteurs ont démontré que l'intégration interne améliorerait l'intégration des fournisseurs et des clients. Elle a aussi montré que la culture de qualité d'une entreprise ainsi que la participation des employés étaient des éléments facilitateurs lorsque vient le moment d'intégrer les autres niveaux de la chaîne logistique. De plus, il a été démontré que la participation des sous-traitants favorisait la qualité des produits, mais n'améliorait pas significativement la flexibilité et le délai de livraison. En conclusion de leur étude, (Huo, Zhao et al. 2014) indiquent que la SCQI est un véhicule efficace pour améliorer la qualité sur le plan de la chaîne logistique des entreprises.

Avant l'adoption de normes internationales sur le plan du management de la qualité, l'industrie aérospatiale n'était pas efficiente quant à la transmission des exigences en matière de qualité à ces sous-traitants (Cressionnie 2007). Il était d'autant plus difficile d'effectuer une gestion en fonction de la qualité lorsque les sous-traitants n'appliquaient pas tous les mêmes normes de management de la qualité.

Bien que les recherches d'articles effectuées n'ont pas permis d'identifier des études qui se sont concentrées sur l'échange des méthodes de management

de la qualité entre les fournisseurs de pièces ou systèmes aéronautiques et les maîtres d'œuvre, l'implantation des normes de management de la qualité communes à toute l'industrie de l'aérospatiale peut être vue comme un très bon début quant à la participation des maîtres d'œuvre chez les sous-traitants en matière de management de la qualité.

En effet, la norme de l'IAQG a permis aux maîtres d'œuvre, fournisseurs et sous-traitants de s'entendre sur des normes de management de la qualité communes à toute l'industrie, et celle-ci est d'autant plus reconnue par les plus grands manufacturiers du secteur. Cette évolution a permis aux fournisseurs de réduire le nombre d'audits de qualité et aux clients de réaliser des économies (Cressionnie 2007).

Les normes de qualité permettent aussi d'avoir un langage commun dans l'industrie de l'aéronautique qui à l'instar des autres industries, attribue souvent les défauts aux erreurs de communication (Gordon 2007).

Avec la recherche bibliographique qui a été effectuée dans le cadre de cette revue de littérature, on peut donc confirmer l'hypothèse de départ indiquant que la littérature actuelle est très limitée en ce qui a trait à la participation des maîtres d'œuvre au contrôle qualité effectué chez les sous-traitants. En effet, la littérature est très limitée quant à la participation des maîtres d'œuvre aéronautiques sur le plan du management de la qualité chez leurs fournisseurs.

La prochaine section complétera ce qui a été présenté jusqu'ici dans ce mémoire. En effet, nous avons réalisé une entrevue avec le directeur de la

qualité et de la sécurité de Bombardier Aéronautique, et celle-ci permettra de valider ce qui a été observé dans la littérature ainsi que dans les données qui ont été étudiées. En fin de compte, la prochaine section permettra d'obtenir le point de vue de l'industrie sur le management de la qualité.

2.6 Le point de vue de l'industrie aéronautique

Dans cette section, nous présentons un résumé de l'entrevue¹⁵ qui a été réalisée avec le directeur de la qualité et de la sécurité de Bombardier Aéronautique. Ce résumé est divisé en trois sections pour faciliter la compréhension de ce qui a été mentionné lors de cette rencontre. Ces sections porteront sur les sujets suivants : premièrement, le contrôle qualité au sein de l'entreprise, deuxièmement la stratégie en matière de partenariat, de sous-traitance et de contrôle qualité chez les sous-traitants ou partenaires et finalement les cibles ou objectifs futurs en matière de management de la qualité. Cette entrevue avec un représentant de Bombardier dresse un bon portrait de l'industrie aéronautique sur le plan de la relation en matière de management de la qualité avec les sous-traitants, puisque l'entreprise fait partie des principaux avionneurs mondiaux derrière Airbus et Boeing. De plus, cette entrevue permettra de venir valider les informations qui ont été recueillies dans le cadre de cet ouvrage. Ainsi, nous pourrons nous assurer que les constats qui auront été faits sont corroborés par l'industrie. Ce qui est primordial pour ajouter une dimension pratique à cette étude.

¹⁵ Vous pouvez consulter le compte-rendu de l'entrevue en annexe F

2.6.1 Contrôle qualité au sein de votre entreprise

Il importe tout d'abord de spécifier pourquoi Bombardier effectue du contrôle qualité. En effet, l'entreprise souligne l'importance du contrôle qualité pour être en mesure de satisfaire pleinement sa clientèle. Ensuite, l'entreprise veut s'assurer que tous les utilisateurs des avions, les passagers et les équipages soient en sécurité tout comme le personnel au sol. Finalement, Bombardier doit se soumettre aux exigences de Transport Canada relativement au Règlement sur l'aviation civile 561 (RAC -561). Les entreprises qui œuvrent dans la construction aéronautique doivent se plier à cette réglementation s'ils veulent recevoir leurs accréditations. Il est aussi important de souligner qu'une norme comme IAQG-9100 n'est pas reconnue comme équivalente au RAC -561 par les autorités fédérales.

Pour répondre à ses besoins sur le plan de la gestion de la qualité, Bombardier utilise la norme IAQG-9100. Depuis la création de cette norme, Bombardier fait partie des entreprises qui participent à son élaboration. En effet, lorsqu'il a été question de créer une norme (IAQG-9100) commune de management de la qualité pour le secteur de l'aéronautique, quelque vingt entreprises membres de l'IAQG ont participé à la création de la norme comparativement à plus de 70 membres aujourd'hui lors des révisions. Ces fondateurs ont décidé de créer une norme commune pour éviter que tous les maîtres d'œuvre effectuent des audits de qualité répétitifs chez les fournisseurs. Effectivement avant la création de cette norme, un fournisseur pouvait avoir plusieurs dizaines d'audits annuellement, soit un pour chacun de ses clients. La création de cette norme, que toutes les entreprises membres de l'IAQG reconnaissent, permet aux fournisseurs de se conformer une seule fois, et à la suite de leur

certification, ceux-ci peuvent faire affaire avec toutes les entreprises qui reconnaissent la norme IAQG-9100.

Quant à ses propres certifications, Bombardier a homologué chacune de ces usines en fonction de la norme de management de la qualité IAQG-9100. Cela permet à l'entreprise de sous-traiter des pièces pour d'autres constructeurs aéronautiques dans chacune de ses usines. Il ne faut pas oublier qu'il est relativement facile pour Bombardier de faire adopter certaines normes de qualité par ses sous-traitants lorsqu'elle les applique elle-même.

Concernant le nombre de fonctions où le management de la qualité est présent à Bombardier, le gestionnaire a mentionné que le management de la qualité concernait et demandait la participation de tous les employés de l'entreprise, de la haute direction aux employés qui œuvrent sur le plancher de l'usine et qui assemblent les différents modèles d'avions de l'entreprise.

2.6.2 Stratégie en matière de partenariat, de sous-traitance et de contrôle qualité chez vos sous-traitants ou partenaires

En ce qui concerne la stratégie quant à la relation avec ses fournisseurs, Bombardier privilégie les relations de long terme. L'entreprise travaille maintenant de plus en plus avec des intégrateurs de systèmes, ce qui lui permet de réduire de façon considérable son nombre de fournisseurs directs. L'entreprise avait par le passé plus de 400 fournisseurs directs pour ses autres modèles d'avions. Maintenant et grâce à sa nouvelle approche avec les fournisseurs, l'entreprise a réduit ce nombre à 47 fournisseurs pour la construction de la C Series.

Avec un nombre restreint de fournisseurs, l'entreprise compte sur des alliés importants pour la construction de ses avions. Effectivement, Bombardier mentionne que ses alliés les plus importants sont les suivants :

- les constructeurs de moteurs;
- les entreprises d'avionique;
- les constructeurs de trains d'atterrissage;
- les constructeurs d'ailes;
- les constructeurs de structure;
- les entreprises d'hydrauliques.

La participation des sous-traitants au contrôle de la qualité passe d'abord par les processus de certification comme IAQG-9100. Effectivement, mis à part les cas d'exception, Bombardier exige que tous ses fournisseurs soient certifiés IAQG-9100. Pour l'essentiel, Bombardier fait confiance à la certification IAQG-9100 pour l'application de méthodes de management de la qualité chez le fournisseur. Par contre, elle valide la qualité en effectuant des tests de conformité ainsi que des tests fonctionnels à la suite de la réception des pièces ou sous-systèmes sous-traités.

Lorsque Bombardier détecte un problème de qualité sur des pièces sous-traitées, l'entreprise évalue si cela est dû à la conception de la pièce ou à un problème de fabrication du sous-traitant. Dans le premier cas, Bombardier demande à son sous-traitant d'améliorer la pièce et dans le deuxième cas, elle demande au fournisseur qu'il apporte des actions correctives.

Selon l'entreprise, le développement d'un avion est de plus en plus complexe, et les maîtres d'œuvre réduisent leurs risques en sollicitant la participation de

leurs alliées (fournisseurs importants) dans la recherche et développement (R-D) pour réduire leurs risques. Effectivement, pour les systèmes plus complexes d'un avion, les fournisseurs participent dès le début aux efforts de R-D de ces systèmes. Pour les pièces moins complexes, Bombardier définit elle-même les exigences pour les pièces ou systèmes et le fournisseur les fabrique.

Auparavant, surtout avant l'arrivée des normes de management communes au secteur de l'aéronautique, Bombardier déployait souvent des employés de l'entreprise chez ses sous-traitants. Maintenant, il s'assure que les fournisseurs sont certifiés en vertu des différentes normes exigées par l'entreprise. Il arrive toutefois à l'occasion qu'un employé de l'entreprise doive travailler chez un fournisseur pour l'aider à améliorer la qualité des produits fabriqués.

Comme mentionné plus haut, Bombardier s'assure que la norme de management de qualité IAQG-9100 ainsi que la norme NADCAP (National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program) soient appliquées par ses sous-traitants¹⁶. Avant d'approuver un fournisseur, l'entreprise fait en premier lieu un audit avec l'aide de la base de données Oasis de l'IAQG pour voir si le fournisseur est certifié selon la norme IAQG-9100. Avec cette base de données, Bombardier a accès aux rapports d'audits qui indiquent les anomalies en matière de la qualité qui auraient pu être soulevées lors de la certification du fournisseur. Le choix se fait aussi en fonction des expériences passées, de la taille du fournisseur et du type de pièce demandée. À l'occasion,

¹⁶ Bombardier exige cette norme dans le cas où il y a présence de procédés spéciaux comme le traitement thermique, les soudures, etc.

l'entreprise peut aussi aller visiter les fournisseurs avant d'approuver les fournisseurs. De façon générale, environ 75 % des contrôles sont effectués à l'interne et 25 % des contrôles sont effectués sur place, surtout dans le cas des procédés spéciaux. Lorsque le fournisseur est accrédité par l'équipe de qualité, les inspections de qualité auront lieu lors de la réception de la première pièce fabriquée. À la suite de l'accréditation, Bombardier est tenue de visiter ses fournisseurs minimalement une fois tous les trois ans ou à une fréquence plus rapprochée selon les risques.

De par la réglementation RAC 561.13 qui stipule que l'intégrateur de systèmes doit contrôler sa chaîne logistique, Bombardier doit s'assurer que ses fournisseurs sont certifiés conformément aux normes et aux pratiques du secteur aéronautique. C'est ce que l'entreprise fait, en exigeant la norme IAQG -9100 pour ses fournisseurs directs. Par contre, le maître d'œuvre n'exige pas que les sous-traitants de ses fournisseurs soient certifiés IAQG-9100, mais elle exige qu'ils soient certifiés NADCAP pour les procédés spéciaux. Par ailleurs, et toujours dans l'optique de contrôler sa chaîne logistique, Bombardier exige de ses fournisseurs directs qu'ils lui remettent la liste de tous leurs sous-traitants. Ainsi, l'entreprise s'assure de contrôler et de connaître sa chaîne logistique.

2.6.3 Cibles ou objectifs futurs sur le plan du management de la qualité

Bombardier veut changer sa façon de gérer la qualité. Autrefois, lorsque survenaient des problèmes de qualité, l'entreprise était très réactive : au lieu de corriger le problème à la source, elle corrigeait les anomalies, une à la fois. Depuis environ six ou sept ans, l'entreprise met de l'avant l'amélioration continue ainsi que la résolution de problèmes, et ce, avec un meilleur suivi

statistique. L'entreprise veut aussi intervenir sur un autre plan, soit solliciter de plus en plus la participation de ses employés quant à de la qualité. Une des problématiques était qu'au début des années 1990, il y avait un nombre important d'appels d'inspections sur un avion. De cela découlaient des problèmes d'engagement des employés d'opération, puisqu'ils étaient moins concernés du point de vue de la qualité, car il y avait toujours une autre personne qui regardait leur travail. En mobilisant davantage ses employés autour du thème de la qualité, l'entreprise veut mettre de l'avant l'imputabilité. Pour cela, elle n'effectuera pas seulement du contrôle qualité pour faire du contrôle qualité, elle veut mettre de l'avant le contrôle qualité à valeur ajoutée. Toujours dans un souci de qualité, Bombardier veut mettre de l'avant une culture de la qualité autant au sein de son entreprise que d'un bout à l'autre de sa chaîne logistique.

Pour conclure cette section, l'entrevue a permis de valider que la norme de management de la qualité la plus présente dans le secteur de l'aéronautique est la norme IAQG-9100. De plus, nous comprenons aussi pourquoi la littérature n'est pas abondante concernant la collaboration en matière de management de la qualité entre les maîtres d'œuvre puisque cette dernière est pratiquement inexistante. Effectivement l'entreprise accorde beaucoup d'importance à la norme IAQG-9100, ce qui fait qu'elle n'intervient que très rarement sur le plan du management de la qualité avec ces fournisseurs.

CONCLUSION

Ce mémoire avait plusieurs objectifs qui avaient tous comme but commun de mieux comprendre la collaboration en matière de management de la qualité entre les maîtres d'œuvre de l'industrie de l'aérospatiale et leurs sous-traitants.

Ces objectifs étaient :

- 1- comprendre si la qualité de l'assemblage et de l'ingénierie est la même, peu importe l'endroit dans le monde où un avion est conceptualisé ou assemblé;
- 2- déterminer si la norme ISO-9001 est la plus importante en ce qui a trait au management de la qualité dans le secteur de l'aérospatiale ou bien s'il existe d'autres normes de qualité qui la supplantent;
- 3- identifier les grands pays exportateurs en aérospatiale et voir si la présence des différentes normes de management de la qualité sont plus présentes chez les grands pays exportateurs.
- 4- dresser un portrait de l'intérieur de l'industrie aérospatiale grâce à une entrevue réalisée auprès d'un grand avionneur mondial.

Nous avons atteint partiellement le premier objectif et nous avons réaliser les trois autres objectifs de ce mémoire. Effectivement, l'importance de la norme de management de la qualité ISO-9001 dans le secteur de l'aérospatiale a été vérifiée. Nous avons observé que c'est la norme IAQG-9100 qui domine maintenant les normes de management de qualité au sein de l'industrie aéronautique avec plus de 14 000 certifications selon les données observées.

De plus, les grands pays exportateurs en aéronautique ont été identifiés tout en y précisant le nombre de normes de management de qualité en aérospatiale

présentes dans ces pays. Lorsque les données ont été analysées en fonction d'un ratio de normes de management de la qualité par milliard de dollars d'exportation, les grands pays exportateurs n'étaient pas présents parmi les dix pays possédant les meilleurs ratios. Cela a permis d'infirmer l'hypothèse de départ selon laquelle la présence de normes de management de la qualité en aérospatiale est plus importante chez les grands pays exportateurs aérospatiaux. Il importe de noter que la présence par ratio a été analysée et qu'en nombre absolu ce sont les grands pays exportateurs qui dominent le nombre de normes de management de la qualité.

Dans l'objectif de bien comprendre la relation de collaboration entre les maîtres d'œuvre du milieu et leurs fournisseurs sur le plan du management de la qualité, un inventaire des écrits a été dressé et a permis d'identifier des lacunes importantes dans la littérature concernant le sujet de ce mémoire. En effet, très peu d'auteurs se sont intéressés à la collaboration en matière de management qualité le long de la chaîne logistique des grands manufacturiers. Nous n'avons recensé qu'une seule étude de (Huo, Zhao et al. 2014) faisant le lien direct avec l'intégration de la chaîne logistique en fonction du management de la qualité. Par contre, elle n'était pas reliée au domaine de l'aéronautique. Cette revue de littérature a permis de confirmer l'une des hypothèses de départ qui était que la littérature actuelle au sujet de la participation des maîtres d'œuvre au contrôle qualité effectué chez les sous-traitants du domaine de l'aéronautique s'avère très limitée.

Pour permettre d'apporter des réponses supplémentaires au sujet du milieu de l'industrie aéronautique, nous avons réalisé une entrevue avec un grand avionneur mondial. Les informations recueillies viennent soutenir les observations qui ont été faites dans le cadre de ce mémoire. Cette entrevue a

permis de confirmer le fait que c'est maintenant la norme IAQG-9100 qui domine le secteur aéronautique et qu'il est quelque peu normal qu'il y ait peu de collaboration entre les maîtres d'œuvre et les fournisseurs sur le plan du management de la qualité, puisque les entreprises exigent la norme IAQG-9100 concernant le management de la qualité et qu'ils interviennent que très rarement à sur ce plan chez leurs fournisseurs. Avant l'instauration de cette norme commune, il pouvait par contre y avoir une plus grande intervention en matière de management de la qualité dans le milieu de l'aéronautique.

En ce qui a trait au premier objectif de ce mémoire, qui voulait évaluer si la qualité de l'assemblage était identique partout dans le monde, il n'a pas complètement été atteint. Par contre, nous avons été en mesure d'observer qu'un avionneur comme Bombardier exige que tous ses sous-traitants soient certifiés avec la même norme de management de qualité, soit la norme IAQG-9100. Ce constat prouve que des systèmes de management de la qualité sont présents pour la totalité des sous-traitants avec qui l'entreprise fait affaire. Par contre, cette dernière ne contrôle pas la totalité de sa chaîne logistique puisqu'elle demande seulement d'obtenir la liste des entreprises qui font des affaires avec leurs sous-traitants, pour cette raison nous ne pouvons avancer que le management de la qualité est identique tout au long de la chaîne logistique. De plus, Bombardier n'exige pas que la totalité de la chaîne logistique de ses sous-traitants soit certifiée par la norme IAQG-9100. C'est seulement dans le cas de certains procédés spéciaux, elle exige certaines normes pour la totalité de la chaîne logistique des sous-traitants. Avec les données que nous avons recueillies, nous ne pouvons pas affirmer que la qualité de l'assemblage et de l'ingénierie est égale, peu importe, ou un avion ou un sous-système est fabriqué. Par contre, nous pouvons affirmer que les normes de management de la qualité ne sont pas identiques sur la totalité de

la chaîne logistique des maîtres d'œuvre ce qui peut certainement avoir un impact sur la qualité des produits fabriqués ainsi que sur leurs ingénieries.

Quant à l'hypothèse de départ voulant que le contrôle qualité des entreprises qui œuvrent pour les grands constructeurs soit semblable à celui effectué dans les centres de fabrication propre aux grands constructeurs, nous ne pouvons pas l'infirmier ni l'affirmer. En effet, nous ne pouvons pas y répondre puisque, nous n'avons pas de données empiriques concernant les anomalies de production selon les pays ou régions de provenance. Par contre, nous pouvons conclure que les entreprises exigent maintenant la mise en place de systèmes de management de la qualité qui favorisent une qualité uniforme des produits fabriqués, soit la norme IAQG-9100 dans la plupart des cas. Nous ne pouvons donc pas confirmer l'hypothèse de départ. Néanmoins, l'industrie a fait un grand pas en avant en instaurant une norme de management de la qualité qui est reconnue par tous les grands constructeurs du milieu de l'aéronautique. Le fait que ces derniers soient aussi membres de l'organisation qui rédige ces normes favorise grandement leurs applications.

Certaines limites ont été observées lors de la réalisation de ce mémoire, et ce, en dépit du fait que nous avons été en mesure de rencontrer le représentant d'un des plus grands constructeurs aéronautiques mondiaux. Nous aurions souhaité pouvoir rencontrer plusieurs autres intervenants du milieu qui utilisent des normes de management de la qualité. De plus, le manque de données concernant les anomalies de production reliées à une mauvaise gestion de la qualité a été soulevé.

Pour l'avenir, les limites de ce mémoire pourraient constituer de très bonnes idées de recherche, puisque la rencontre avec plusieurs acteurs du milieu

aéronautique et l'obtention de données concernant les anomalies de production pourraient venir appuyer les constats que nous avons dressés dans le cadre de ce mémoire. . De plus il serait intéressant d'ajouter les nouvelles tendances de l'industrie de l'aéronautique en termes de nouvelle technologie. En effet, plusieurs nouvelles technologies vont graduellement faire leur entrée sur le marché. Nous pouvons penser par exemple à la technologie d'impression tridimensionnelle. L'industrie de l'aéronautique investit déjà des sommes importantes dans cette technologie bien que plusieurs faiblesses aient été soulevées, comme la vitesse, la fiabilité, le type d'objet pouvant être fabriqué, ainsi que le type de matériaux qui peuvent être utilisés (PwC 2013, Allard 2014, Allard 2015). Pour palier, à ces faiblesses une nouvelle version de ce type d'impressions est déjà annoncée (Tumbleston, Shirvanyants et al. 2015). L'arrivée de ces nouvelles technologies va transformer de façon importante le type de pièces sous-traitées, la relation avec les fournisseurs et par le fait même avoir un impact important sur les normes de qualité du secteur de l'aéronautique. D'autres facteurs peuvent venir changer le mode de fonctionnement de la chaîne d'approvisionnement, la collaboration et ainsi avoir un impact sur les normes de qualité. Les cyberattaques sont parmi les facteurs qui peuvent influencer le mode de fonctionnement de la chaîne logistique et les conséquences peuvent même être dévastatrices pour une entreprise. La sécurité des systèmes informatiques devient donc un énorme défi pour l'industrie de l'aérospatiale (E2Open 2014, PwC 2015). Il serait donc intéressant d'ajouter les points ci-dessus aux limites de cet ouvrage dans le contexte d'une nouvelle recherche. Ceci dit, il sera intéressant de voir l'évolution des normes de qualité dans un contexte où une multitude de points viennent influencer la performance des entreprises du milieu, comme la gouvernance de la chaîne de valeur, le bon design jumelé à une bonne qualité, qui combinés viendront éviter de coûteux retard de livraison et assurer la performance d'une entreprise. (PwC 2012, PwC 2014)

Pour conclure, ce mémoire vient, avec une approche originale, faire la lumière sur l'importance des normes de management de la qualité dans le domaine de l'aéronautique, et ce, peu importe la région du monde. Nous avons de plus évalué la relation entre les maîtres d'œuvre et leurs fournisseurs sur le plan du management de la qualité et avons constaté qu'elle a principalement trait à l'exigence des normes de management de la qualité de la part des maîtres d'œuvre.

ANNEXE A
CERTIFICATION DES LIEUX PAR PAYS DE LA NORMES IAQG-9100

Pays	Lieux certifiés	Pourcentage
États-Unis	6 619	46,3 %
France	1 366	9,5 %
Royaume-Uni	1 214	8,5 %
Allemagne	687	4,8 %
Japon	603	4,2 %
Chine	486	3,4 %
Espagne	441	3,1 %
Italie	440	3,1 %
Inde	387	2,7 %
Canada	377	2,6 %
Corée du Sud	218	1,5 %
Israël	194	1,4 %
Mexique	168	1,2 %
Taiwan	101	0,7 %
Singapour	95	0,7 %
Brésil	72	0,5 %
Pays-Bas	71	0,5 %
Russie	70	0,5 %
Pologne	67	0,5 %
Belgique	55	0,4 %
Suisse	51	0,4 %
Turquie	44	0,3 %
Australie	43	0,3 %
Autriche	40	0,3 %
République tchèque	39	0,3 %
Malaisie	37	0,3 %
Maroc	31	0,2 %
Roumanie	23	0,2 %
Thaïlande	23	0,2 %
Tunisie	23	0,2 %
Irlande	22	0,2 %
Portugal	21	0,1 %
Hongrie	20	0,1 %
Danemark	15	0,1 %
Suède	15	0,1 %
Afrique du Sud	14	0,1 %
Indonésie	9	0,1 %

Norvège	9	0,1 %
Ukraine	8	0,1 %
Hong Kong	7	0,0 %
Philippines	6	0,0 %
Arabie Saoudite	6	0,0 %
Viêt Nam	6	0,0 %
Finlande	5	0,0 %
Luxembourg	5	0,0 %
Nouvelle-Zélande	5	0,0 %
Pakistan	5	0,0 %
Grèce	4	0,0 %
Slovaquie	4	0,0 %
Sri Lanka	4	0,0 %
Émirats arabes unis	4	0,0 %
Croatie	3	0,0 %
Argentine	2	0,0 %
Chili	2	0,0 %
Costa Rica	2	0,0 %
Monaco	2	0,0 %
Serbie	2	0,0 %
Biélorussie	1	0,0 %
Bosnie-	1	0,0 %
Colombie	1	0,0 %
République dominicaine	1	0,0 %
Estonie	1	0,0 %
Éthiopie	1	0,0 %
Guyane	1	0,0 %
Kazakhstan	1	0,0 %
Laos	1	0,0 %
Lettonie	1	0,0 %
Malte	1	0,0 %
Slovénie	1	0,0 %
Ouzbékistan	1	0,0 %
Total	14 305	100,0 %
* Données provenant de la base oasis en date du 17 avril 2014		

ANNEXE B
CERTIFICATION DES LIEUX PAR PAYS DE LA NORME ISO-9001

ISO-9001 secteur aérospatial		
Pays	Nombre de certifications	Pourcentage
Suisse	565	23,9 %
Italie	288	12,2 %
Japon	187	7,9 %
Russie	158	6,7 %
Allemagne	143	6,0 %
Israël	137	5,8 %
France	135	5,7 %
États-Unis	129	5,4 %
Royaume-Uni	102	4,3 %
Espagne	85	3,6 %
Chine	83	3,5 %
Inde	45	1,9 %
Brésil	35	1,5 %
Pologne	24	1,0 %
Malaisie	23	1,0 %
Australie	22	0,9 %
Pays-Bas	19	0,8 %
Roumanie	19	0,8 %
Autriche	15	0,6 %
Bahreïn	13	0,5 %
Dinde	12	0,5 %
Chili	10	0,4 %
République tchèque	10	0,4 %
Canada	8	0,3 %
Mexique	8	0,3 %
Belgique	7	0,3 %
Ukraine	6	0,3 %
Colombie	5	0,2 %
Hong Kong (Chine)	5	0,2 %
Pakistan	5	0,2 %
Singapour	5	0,2 %
Afrique du Sud	5	0,2 %

Argentine	4	0,2 %
Portugal	4	0,2 %
Taipei chinois	4	0,2 %
Thaïlande	4	0,2 %
Danemark	3	0,1 %
Grèce	3	0,1 %
Hongrie	3	0,1 %
Lituanie	3	0,1 %
Croatie	2	0,1 %
Finlande	2	0,1 %
Tunisie	2	0,1 %
Émirats arabes unis	2	0,1 %
Arménie	1	0,0 %
Azerbaïdjan	1	0,0 %
Biélorussie	1	0,0 %
Bulgarie	1	0,0 %
Égypte	1	0,0 %
El Salvador	1	0,0 %
République islamique d'Iran	1	0,0 %
Jordanie	1	0,0 %
Corée	1	0,0 %
Luxembourg	1	0,0 %
Malte	1	0,0 %
Maroc	1	0,0 %
Nouvelle-Zélande	1	0,0 %
Arabie Saoudite	1	0,0 %
Serbie	1	0,0 %
Suède	1	0,0 %
Ouzbékistan	1	0,0 %
Viêt Nam	1	0,0 %
Total	2 367	100,0 %

Source : Données provenant de l'Enquête ISO 2012

ANNEXE C
IAQG ENTREPRISES MEMBRES

Entreprises membres de l'IAQG	
Organisation	Emplacement
Advanced Electronics Company (AEC)	Riyadh, Saudi Arabia
AgustaWestland	Cascina Costa di Samarate, Italy
Aerospace Industrial Development Corp	Kaohsiung Taiwan 820, China
Airbus Helicopters	Marignane Cedex, France
Airbus SAS	Blagnac Cedex, France
Alenia Aermacchi	Venegono Superiore (VA), Italy
ASD	Brussels, Belgium
ASD-CERT	Brussels, Belgium
ASD-STAN	Brussels, Belgium
Avio S.p.A	Rivalta di Torino, Italy
BAE Systems	Lancashire, United Kingdom
BMUQ Airbus Company	Filton Bristol, United Kingdom
Boeing	St. Louis, MO United States
Bombardier Inc.	Montreal, QC Canada
China Aviation Industrial Co	Beijing, Hong Kong
COMAC	Shanghai, China
Dassault Aviation	Saint-Cloud, Cedex 300, France
Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAKKS)	Frankfurt am Main, Germany
EADS	Paris Cedex 16, France
EADS Astrium	Paris, France
EADS Astrium	Cedex 16 Paris, France
EADS CASA	Madrid Getafe, Spain
EADS Military	Munich, Germany
EAQG-EASE	Brussels, Belgium
Elbit Systems Ltd	Haifa, Israel
Embraer	Sao Jose Dos Campos SP, Brazil
FACC AG	Ried im Innkreis, Austria
Fuji Heavy Industries	Utsonomiya Tochigi-Pre, Japan
GE Aircraft Engines	Cincinnati, OH United States
GE Aviation Systems Ltd	Southampton, United Kingdom
Goodrich Corporation	Charlotte, NC United States
Gulfstream Aerospace Corp	Savannah, GA United States

Harbin Embraer Aircraft IndustryCo. Ltd.	Harbin, China
Hispano Suiza	Mossy Cramayel, France
Honeywell Aerospace	Phoenix, AZ United States
IHI Co Ltd	Tokyo, Japan
Indonesian Aerospace	Bandung, Indonesia
Israel Aerospace Industries Ltd	Lod, Israel
ITP (Industria de Turbo Propulsores) / HEGAN	Zamudio, Spain
Kawasaki Heavy Industries Ltd	Kakamigahara Gifu-Pref, Japan
Korea Aerospace Industries Ltd	Kyungnam Sachon, South Korea
Korean Air	Gangseo-gu Busan, South Korea
Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH	Lindenberg im Allgaeu, Germany
Lockheed Martin Corp.	Bethesda, MD United States
MBDA	Le Plessis-Robinson cedex, France
Meggitt PLC	Christchurch Dorset, United Kingdom
Messier Bugatti	Velizy Villacoublay, France
Messier-Dowty International	Velizy Villacoublay, France
Mitsubishi Heavy Industries Ltd.	Nagoya, Japan
Moog Inc	East Aurora, NY United States
MTU Aero Engines GmbH	Munich, Germany
Northrop Grumman Corp.	El Segundo, CA United States
Parker Hannifin Corp.	Irvine, CA United States
PFW - Pfalz Flugzeugwerke GmbH	Speyer, Germany
Rafael, Advanced Defense Systems Ltd	Haifa, Israel
Raytheon	Sudbury, ME United States
Rockwell Collins Inc	Cedar Rapids, IA United States
Rolls-Royce Corp	Indianapolis, IN United States
Rolls-Royce PLC	Derby, United Kingdom
Saab AB	Linkoping, Sweden
SAE International	Warrendale, PA United States
SAFRAN	75015 Evry Cedex, France
Shin Maywa Industries Ltd	Kobe Hyogo Prefecture, Japan
SJAC	Tokyo, Japan
Smiths Aerospace	Cheltenham, United Kingdom
SNECMA Moteurs	Evry Cedex, France
Sonaca	Gosselies 6041, Belgium
Spirit AeroSystems	Wichita, KS United States
Stork Fokker	Papendrecht, Netherlands

Textron - Bell & Cessna	Wichita, KS United States
Thales Avionics	Velizy Villacoublay Cedex, France
Triumph Group, Inc.	Wayne, PA United States
Turbomeca	Bordes Cedex, France
United Launch Alliance	Centennial, CO United States
United Technologies Corp	Hartford, CT United States
Volvo Aero Corp	Trollhattan, Sweden
Zodiac Aerospace	Plaisir Cedex, France

Source : Base de données OASIS, 15 avril 2014

ANNEXE D
EXPORTATION DE PRODUITS DE L'AÉROSPATIAL PAR PAYS

Pays	Milliards de dollars US	Dollars US 2014
États-Unis	115,38 \$	115 380 944 112 \$
France	56,45 \$	56 452 180 754 \$
Allemagne	43,93 \$	43 933 480 929 \$
Royaume-Uni	17,85 \$	17 851 773 595 \$
Canada	10,48 \$	10 477 703 658 \$
Espagne	6,91 \$	6 913 275 929 \$
Singapour	6,58 \$	6 578 870 045 \$
Italie	5,97 \$	5 969 205 412 \$
Russie	5,56 \$	5 559 152 506 \$
Japon	4,37 \$	4 372 877 071 \$
Brésil	4,37 \$	4 370 314 055 \$
Inde	4,15 \$	4 151 795 279 \$
Autriche	2,09 \$	2 090 852 228 \$
Suisse	2,08 \$	2 084 448 127 \$
Israël	1,98 \$	1 978 179 000 \$
Pays-Bas	1,96 \$	1 959 997 837 \$
Chine	1,94 \$	1 939 709 861 \$
Rép. De Corée	1,75 \$	1 748 252 538 \$
Belgique	1,43 \$	1 428 730 397 \$
Australie	1,34 \$	1 336 809 440 \$
Argentine	1,18 \$	1 181 047 335 \$
Thaïlande	1,09 \$	1 094 258 897 \$
Pologne	1,05 \$	1 046 772 465 \$
Mexique	0,88 \$	884 088 941 \$
Malaisie	0,76 \$	759 073 095 \$
Turquie	0,69 \$	688 549 329 \$
Suède	0,65 \$	654 530 527 \$
République tchèque	0,60 \$	602 404 885 \$
Irlande	0,60 \$	595 510 583 \$
Arabie Saoudite	0,55 \$	545 919 941 \$
Danemark	0,50 \$	495 190 603 \$
Philippines	0,43 \$	433 601 717 \$
Autres Asie, nda	0,43 \$	430 723 840 \$
Norvège	0,38 \$	379 549 484 \$

Afrique du Sud	0,35 \$	351 858 465 \$
Tunisie	0,33 \$	325 655 213 \$
Ukraine	0,31 \$	313 690 056 \$
Finlande	0,27 \$	273 842 820 \$
Portugal	0,24 \$	243 289 917 \$
Roumanie	0,23 \$	231 974 569 \$
Chypre	0,21 \$	211 648 602 \$
Kazakhstan	0,19 \$	192 984 422 \$
Luxembourg	0,18 \$	182 417 123 \$
Indonésie	0,16 \$	164 223 186 \$
Grèce	0,13 \$	133 237 538 \$
Malte	0,11 \$	106 037 915 \$
Slovénie	0,08 \$	76 461 554 \$
Nouvelle-Zélande	0,07 \$	71 414 803 \$
Oman	0,06 \$	64 649 349 \$
Jordanie	0,06 \$	62 726 129 \$
Azerbaïdjan	0,05 \$	50 829 133 \$
Madagascar	0,04 \$	40 064 524 \$
Lituanie	0,04 \$	40 046 225 \$
Équateur	0,04 \$	38 308 633 \$
Bulgarie	0,04 \$	35 325 012 \$
Chili	0,03 \$	30 801 268 \$
Ouganda	0,03 \$	30 687 791 \$
Slovaquie	0,03 \$	30 109 772 \$
Hongrie	0,03 \$	29 569 564 \$
Yémen	0,03 \$	27 875 861 \$
Fidji	0,03 \$	27 621 449 \$
Croatie	0,03 \$	25 770 014 \$
Rép. De Tanzanie	0,02 \$	23 567 514 \$
Costa Rica	0,02 \$	22 757 427 \$
Arménie	0,02 \$	22 710 061 \$
Brunei Darussalam	0,02 \$	19 177 854 \$
Burkina Faso	0,02 \$	17 795 994 \$
Mongolie	0,02 \$	17 651 344 \$
Mozambique	0,02 \$	17 458 288 \$
Namibie	0,01 \$	14 987 821 \$
Zimbabwe	0,01 \$	14 921 191 \$
Congo	0,01 \$	14 796 767 \$

Sri Lanka	0,01 \$	13 989 776 \$
Serbie	0,01 \$	11 838 959 \$
Colombie	0,01 \$	10 288 913 \$
Kirghizstan	0,01 \$	8 776 184 \$
Estonie	0,01 \$	8 401 499 \$
Polynésie française	0,01 \$	8 113 082 \$
Lettonie	0,01 \$	7 394 011 \$
Niger	0,01 \$	6 305 210 \$
Pérou	0,01 \$	5 723 863 \$
Rép. De Moldavie	0,01 \$	5 515 836 \$
Algérie	0,00 \$	4 654 014 \$
Ile Maurice	0,00 \$	3 600 538 \$
Timor-Leste	0,00 \$	3 495 021 \$
Géorgie	0,00 \$	3 272 868 \$
Jamaïque	0,00 \$	2 984 223 \$
Liban	0,00 \$	2 619 705 \$
Pakistan	0,00 \$	2 514 203 \$
Monténégro	0,00 \$	2 168 800 \$
Ghana	0,00 \$	2 093 995 \$
Bermudes	0,00 \$	1 913 265 \$
Bahamas	0,00 \$	1 875 769 \$
Albanie	0,00 \$	1 801 162 \$
Zambie	0,00 \$	1 747 122 \$
Guatemala	0,00 \$	1 229 426 \$
Malawi	0,00 \$	748 184 \$
Salomon ISDS	0,00 \$	699 881 \$
Barbade	0,00 \$	530 621 \$
Bosnie-Herzégovine	0,00 \$	429 239 \$
El Salvador	0,00 \$	309 501 \$
Ex-République yougoslave de Macédoine	0,00 \$	297 545 \$
Belize	0,00 \$	257 598 \$
Rwanda	0,00 \$	141 303 \$
Islande	0,00 \$	123 538 \$
Uruguay	0,00 \$	113 342 \$
Cambodge	0,00 \$	102 916 \$
Antigua-et-Barbuda	0,00 \$	95 902 \$

Paraguay	0,00 \$	92 825 \$
Groenland	0,00 \$	59 137 \$
Guyane	0,00 \$	23 817 \$
Samoa	0,00 \$	22 510 \$
Montserrat	0,00 \$	2 981 \$
Égypte	0,00 \$	59 \$
Total général	310,10 \$	310 095 087 926 \$
Sources : Volume d'exportation : base de données COMTRADE de l'Organisation des Nations Unies		

ANNEXE E
RECHERCHE D'ARTICLES

Bases de données utilisées (en date du 17 mars 2014)

- Scopus
- ABI / INFORM

Mots clefs utilisés

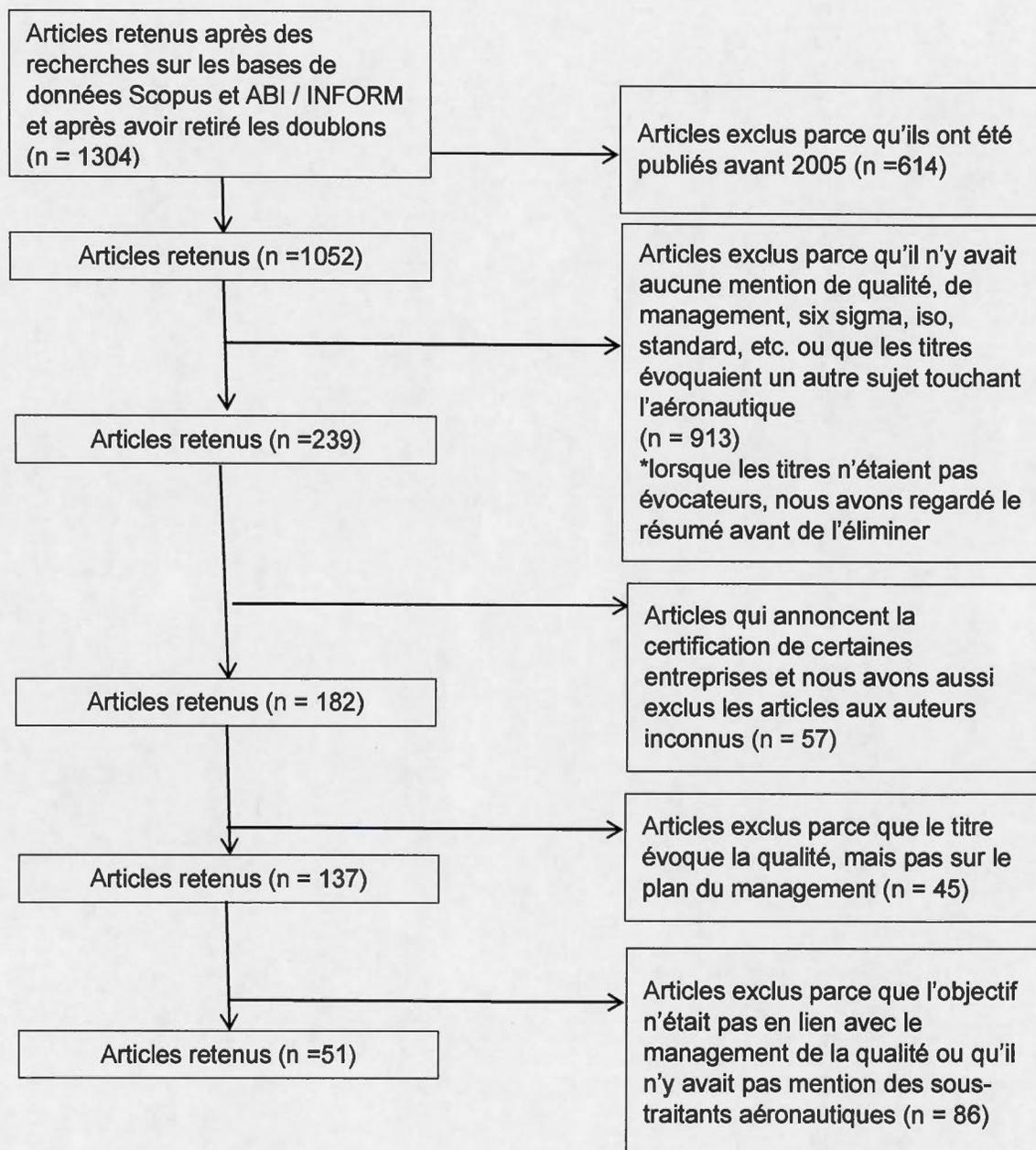
- "aerospace" and "quality control"
- "aerospace" and "quality management"
- aerospace and ISO
- aerospace and quality control
- aerospace and quality management
- Aerospace and six sigma
- aerospace supplier and quality control
- aerospace supplier and quality management
- Aerospace supplier and six sigma
- Aerospace supplier quality control management
- Aerospace and quality control management
- quality control in aerospace suppliers
- "aircraft" et "quality control"

Nombre de références trouvées par regroupement incluant les doublons :

Base de données	Mots clefs	Nombre d'articles
SCOPUS (mots clefs)	"Aerospace" and "quality control"	384
	"Aerospace" and "quality management"	108
	Aerospace and ISO	0
	Aerospace and quality control	611
	Aerospace and quality management	282
	Aerospace and six sigma	23
	Aerospace supplier and quality control	5
	Aerospace supplier and quality management	5
	Aerospace supplier and six sigma	1

	Aerospace supplier quality control management	3
	Aerospace and quality control management	138
	Quality control in aerospace suppliers	51
	"Aircraft" et "quality control"	484
	Total	2095
ABI / INFORM (sujet)	"Aerospace" and "quality control"	348
	"Aerospace" and "quality management"	1
	Aerospace and ISO	112
	Aerospace and quality control	365
	Aerospace and quality management	76
	Aerospace and six sigma	15
	Aerospace supplier and quality control	27
	Aerospace supplier and quality management	6
	Aerospace supplier and six sigma	1
	Aerospace supplier quality control management	6
	Aerospace and quality control management	64
	Quality control in aerospace suppliers	27
		1048

Arbre de décision



ANNEXE F
COMPTE-RENDU D'ENTREVUE

Bombardier

Compte-rendu d'entrevue

Personne rencontrée : Mario Langlois, directeur de la qualité et du bureau de la sécurité

Interviewers : M.-A. Blais et J. Niosi

1. Brève présentation de notre étude portant sur le management de la qualité effectué par les maîtres d'œuvre du milieu aéronautique chez leurs sous-traitants

- Nous avons brièvement expliqué notre étude.
- Monsieur Langlois a expliqué sur quels plants il pourrait nous aider, soit le management de la qualité. Pour toute question relative aux contrats, il nous aurait redirigés vers une autre ressource de l'entreprise.

2. Pourquoi et dans quelles circonstances, votre entreprise a-t-elle décidé de faire du contrôle qualité?

- Il y a trois principales raisons pour lesquelles Bombardier effectue du contrôle qualité :
 - o pour la satisfaction de la clientèle;
 - o pour la sécurité des utilisateurs des appareils;
 - o pour satisfaire aux exigences de transport Canada relativement au Règlement sur l'aviation civile 561 (RAC-561).

- Les constructeurs aéronautiques doivent se plier aux exigences du règlement pour obtenir leur accréditation.
- La norme IAQG-9100 est acceptée, mais n'est pas reconnue par les autorités fédérales comme équivalente au RAC-561.

3. Contrôle qualité au sein de votre entreprise

- Certifications en management de la qualité du type ISO-9001, IAQG-9100, etc.
 - o Nombre d'usines
 - Toutes les usines de Bombardier sont certifiées IQAQ-9100.
 - Ainsi, lorsque Bombardier sous-traite pour une autre entreprise, elle dispose de sa certification, peu importe l'endroit où elle produit le sous-système ou la pièce.
 - De plus, sur le plan de la relation avec les fournisseurs, il est plus facile d'exiger certaines normes de qualité lorsque le maître d'œuvre les respecte aussi.
 - o Date d'adoption
 - Bombardier était membre l'IAQG dès le tout début (environ 1998). L'entreprise figurait parmi les 20 entreprises fondatrices de la norme IAQG-9100. Ensuite les certifications en usines ont commencé vers 2000-2001.

- Les grands constructeurs de l'industrie aérospatiale ont décidé de créer une norme commune pour s'assurer que tous les fournisseurs respectent la norme et ainsi éliminer le besoin pour les maîtres d'œuvre d'effectuer des audits répétitifs.
 - Avant la création de cette norme, un fournisseur pouvait avoir plusieurs dizaines d'audits annuellement soit pour chacun des clients.
 - La création de cette norme que toutes les entreprises membres de l'IAQG reconnaissent permet aux fournisseurs de se conformer une seule fois. À la suite de leur certification, elles peuvent faire affaire avec toutes les entreprises qui reconnaissent cette norme.
- Nombre de fonctions
 - L'implication du management de la qualité commence par le président et descend jusqu'aux employés qui œuvrent sur le plancher de l'usine et qui assemblent les différents modèles d'avion de l'entreprise.

4. Stratégie en matière de partenariat ou de sous-traitance

- Qui sont vos alliés?
 - Les plus grands alliés ou fournisseurs selon Bombardier sont les suivants :
 - les constructeurs de moteurs;

- les entreprises d'avionique;
 - les constructeurs de trains d'atterrissage;
 - les constructeurs d'ailes;
 - les constructeurs de structure;
 - les entreprises d'hydrauliques.
-
- Développement de relation de long terme vs court terme;
 - o Bombardier privilégie de plus en plus les relations à long terme. De plus, Bombardier travaille de plus en plus avec des intégrateurs de système et a réduit de façon importante le nombre de fournisseurs directs. L'entreprise avait par le passé plus de 400 fournisseurs directs pour ses autres modèles d'avions. Elle a réduit ce nombre à 47 fournisseurs pour la construction de la CSeries.

 - Participation du sous-traitant au contrôle qualité
 - o Il doit être certifié IAQG-9100 dans tous les cas sauf quelques exceptions.
 - o Il doit être certifié NADCAP pour les procédés spéciaux.

 - Participation du sous-traitant aux efforts de recherche et développement
 - o Bombardier définit les exigences pour les différents sous-systèmes et pièces, ensuite le sous-traitant les fabrique.
 - o Pour les systèmes plus complexes, les fournisseurs participent aux efforts de recherche et développement.

- Le développement d'un avion est de plus en plus complexe, et le maître d'œuvre réduit leurs risques en sollicitant la participation d'alliés (fournisseurs importants) dans la recherche et développement pour réduire ses risques.
- Lorsqu'il y a un problème avec la conception de Bombardier, par exemple le poids d'un sous-système, l'entreprise demande des améliorations au fournisseur.
- Dans le cas d'anomalies qui ne sont pas dues à Bombardier, l'entreprise demande des actions correctives au fournisseur.

5. Contrôle qualité chez vos sous-traitants ou partenaires

- Le contrôle qualité de pièces sous-traitées se fait-il en amont ou bien en aval, ou dans les deux sens?
 - Le contrôle qualité s'effectue en aval en effectuant des tests de conformité ainsi que des tests fonctionnels sur les pièces ou sous-systèmes sous-traités.
- Des employés de votre entreprise œuvrent-ils chez vos principaux sous-traitants?
 - Par le passé, Bombardier avait souvent des employés en place chez les sous-traitants.
 - L'entreprise s'assure maintenant que le management de la qualité soit en place avec la norme AS-9100 et NADCAP pour les procédés spéciaux.

- Il arrive qu'un employé de Bombardier doive travailler dans une usine d'un fournisseur pour l'aider à améliorer la qualité.
- Avez-vous des exigences concernant les normes de management de la qualité présentes chez vos partenaires?
 - Les fournisseurs doivent être certifiés par la norme IAQG-9100.
 - Il y arrive qu'il y ait quelques exceptions pour de petits fournisseurs qui produisent des composantes de moindre importance, cela est au cas par cas.
 - NADCAP pour les entreprises qui effectuent des procédés spéciaux comme le traitement thermique, les soudures, etc.
 - Pour les sous-traitants des fournisseurs de Bombardier, l'entreprise exige que ces derniers soient certifiés NADCAP lorsque des procédés spéciaux sont requis, par contre l'entreprise n'exige pas la norme IAQG-9100, elle laisse cela aux soins de ses fournisseurs. L'entreprise exige par contre de voir la liste des sous-traitants de ses fournisseurs. Cela est toujours dans l'optique de contrôler sa chaîne logistique.
- Participez-vous au management de la qualité chez vos partenaires?
 - Avec les forums sur la qualité.
 - La réglementation RAC 561.13 stipule que l'intégrateur de système doit contrôler sa chaîne logistique. Bombardier doit donc s'assurer que ses fournisseurs soient certifiés conformément aux normes et pratiques du secteur aéronautique.

- Pour choisir ses fournisseurs, Bombardier fait en premier lieu un audit avec l'aide de la base de données Oasis de l'IAQG pour voir si le fournisseur est certifié IAQG-9100. Avec cette base de données, Bombardier a accès aux rapports d'audits qui indiquent les anomalies en matière de qualité qu'on aurait pu soulever lors de la certification du fournisseur.
 - Bombardier se fie aussi aux expériences passées avec le fournisseur et la relation de confiance qu'elle a avec ce dernier.
 - L'évaluation se fait aussi selon la taille du fournisseur ainsi que du type de pièce demandée.
 - L'entreprise peut aussi aller visiter les fournisseurs avant d'approuver les fournisseurs.
 - Environ 75 % des contrôles sont effectués à l'interne.
 - Environ 25 % des contrôles sont effectués sur place, surtout dans le cas des procédés spéciaux.
- Règle générale après que la qualité du fournisseur est approuvée, les inspections suivantes s'effectuent à la suite de la réception des premières pièces.
- Bombardier est tenue de visiter ses fournisseurs minimalement une fois tous les trois ans ou à une fréquence plus rapprochée selon les risques.

6. Relation avec votre clientèle

- La présence management de la qualité au sein de votre entreprise est-elle jugée comme un avantage concurrentiel pour vous?
 - o La première raison pour laquelle Bombardier effectue du contrôle qualité est pour satisfaire sa clientèle. C'est donc très important pour l'entreprise de montrer qu'elle met la qualité de l'avant pour s'assurer une bonne relation avec sa clientèle.

7. Cibles ou objectifs futurs en matière de management de la qualité en lien avec vos sous-traitants

- Par le passé, l'entreprise abordait les problèmes de qualité de façon réactive : au lieu de corriger le problème à la source, elle le corrigeait continuellement.
 - o Depuis environ six ou sept ans, il y a un meilleur suivi statistique, et l'amélioration continue est mise de l'avant, tout comme la résolution de problème.
- Au début des années 1990, il y avait un nombre important d'appels d'inspections de qualité sur un avion.
 - o Cela causait des problèmes sur le plan de l'engagement des employés d'opération, qui étaient participaient moins à la qualité, puisqu'il y avait toujours une autre personne qui regardait le travail.
 - o Bombardier veut solliciter la participation de plus en plus d'employés quant à la qualité dans les prochaines années, et

souhaite mettre de l'avant l'imputabilité pour que ces derniers se sentent encore plus concernés par la qualité de l'avion.

- Avec l'imputabilité des employés, Bombardier veut effectuer des contrôles qualité à valeur ajoutée.

- Bombardier veut mettre de l'avant la culture de la qualité autant au sein de son entreprise et aussi tout au long de sa chaîne logistique.
- 20 % du temps d'un directeur de qualité devrait être utilisé à instaurer une culture de qualité au sein de l'entreprise.

BIBLIOGRAPHIE

- ABS_quality_evaluations (2012). "Recent change in aerospace standards."
- Acha, V., S. Brusoni and A. Prencipe (2007). "EXPLORING THE MIRACLE:: STRATEGY AND MANAGEMENT OF THE KNOWLEDGE BASE IN THE AERONAUTICS INDUSTRY." International Journal of Innovation & Technology Management 4(1): 15-39.
- Alfalla-Luque, R., C. Medina-Lopez and H. Schrage (2012). "A study of supply chain integration in the aeronautics sector." Production Planning & Control 24(8-9): 769-784.
- Allard, F. (2014). "GE annonce sa 1ère usine de production par impression 3D."
- Allard, F. (2015). "Airbus annonce son souhait de recourir plus à l'impression 3D."
- Bravener, L. C. (2005). "AS9003: An aerospace standard for the little guy." Quality Progress 38(3): 39-43.
- Cagli, A., M. Kechidi and R. Levy (2012). "Complex product and supplier interfaces in aeronautics." Journal of Manufacturing Technology Management 23(6): 717-732.
- Cagliano, R., F. Caniato, M. Corso and G. Spina (2005). "Collaborative improvement in the extended manufacturing enterprise: lessons from an action research process." Production Planning & Control 16(4): 345-355.
- Chang, H., H. Liu, H. Yang and J. Hou (2009). A study on quality management for aerospace product with multilevel suppliers, Colmar.
- Christopher, M. (2000). "The agile supply Chain: Competing in volatile markets." Industrial Marketing Management 29(01): 37-44.
- Cigolini, R. and T. Rossi (2008). "Evaluating supply chain integration: a case study using fuzzy logic." Production Planning & Control 19(3): 242-255.
- Cressionnie, L. L. (2007). "AS&D Standards' Revisions To Improve Supplier Performance." Quality Progress 40(7): 66-68.

- Cressionnie, L. L. B. (2013). "Road to Revision." Quality Progress **46**(7): 47-49.
- E2Open. (2014). "More, Faster and On Time: Addressing Today's Supply Chain Challenges in Aerospace and Defense."
- Ebrahimi, M. and M. Sadeghi (2013). "Quality management and performance: An annotated review." International Journal of Production Research **51**(18): 5625-5643.
- Flynn, B. B. and E. J. Flynn (2005). "Synergies between supply chain management and quality management: emerging implications." International Journal of Production Research **43**(16): 3421-3436.
- Flynn, B. B., B. Huo and X. Zhao (2010). "The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach." Journal of Operations Management **28**(1): 58-71.
- Foster, S. T. and J. Ogden (2008). "On differences in how operations and supply chain managers approach quality management." International Journal of Production Research **46**(24): 6945-6961.
- Goffin, K., F. Lemke and M. Szejcowski (2006). "An exploratory study of 'close' supplier-manufacturer relationships." Journal of Operations Management **24**(2): 189-209.
- Gordon, D. K. (2007). "Changes Coming in Aerospace Standards." Quality Progress **40**(1): 74-75.
- Hsieh, C.-C. and Y.-T. Liu (2010). "Quality investment and inspection policy in a supplier-manufacturer supply chain." European Journal of Operational Research **202**(3): 717-729.
- Huo, B., X. Zhao and F. Lai (2014). "Supply Chain Quality Integration: Antecedents and Consequences." Engineering Management, IEEE Transactions on **61**(1): 38-51.
- IAQG (2009). "9100, 9110, 9120 Quality Management System Standards."
- Ismail, S., E. Maling and B. Christiane (2006). "Quality in supply chains: an empirical analysis." Supply Chain Management **11**(6): 491-502.

- Jean, R.-J. B., R. R. Sinkovics and T. P. Hiebaum (2014). "The Effects of Supplier Involvement and Knowledge Protection on Product Innovation in Customer–Supplier Relationships: A Study of Global Automotive Suppliers in China." Journal of Product Innovation Management **31**(1): 98-113.
- Kumar, S. and W. Krob (2005). "Supply chain management challenges for aerospace control technologies leader." Technovation **25**(1): 53-58.
- Lau, A. K. W., E. Tang and R. C. M. Yam (2010). "Effects of Supplier and Customer Integration on Product Innovation and Performance: Empirical Evidence in Hong Kong Manufacturers." Journal of Product Innovation Management **27**(5): 761-777.
- Li, S., B. Ragu-Nathan, T. S. Ragu-Nathan and S. Subba Rao (2006). "The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance." Omega **34**(2): 107-124.
- Martínez-Jurado, P. J. and J. Moyano-Fuentes (2014). "Key determinants of lean production adoption: evidence from the aerospace sector." Production Planning & Control **25**(4): 332.
- McIvor, R., P. Humphreys and T. Cadden (2006). "Supplier involvement in product development in the electronics industry: A case study." Journal of Engineering and Technology Management **23**(4): 374-397.
- Niosi, J. (2013). "Catching up in aeronautics: Introduction to the special issue." International Journal of Technology and Globalisation **7**(1-2): 1-7.
- Parker, D. B., G. A. Zsidisin and G. L. Ragatz (2008). "TIMING AND EXTENT OF SUPPLIER INTEGRATION IN NEW PRODUCT DEVELOPMENT: A CONTINGENCY APPROACH." Journal of Supply Chain Management **44**(1): 71-83.
- Petersen, K. J., R. B. Handfield and G. L. Ragatz (2005). "Supplier integration into new product development: coordinating product, process and supply chain design." Journal of Operations Management **23**(3–4): 371-388.
- Premaratne, S. (2005). "A conceptual framework for supply chain management: a structural integration." Supply Chain Management: An International Journal **10**(1): 47-59.
- PwC. (2012). "Soaring or stalling Can aircraft manufacturers prevent rate ramp-up problems?"

- PwC (2013). "3D printing: A potential game changer for aerospace and defense." Gaining altitude with pwc(7).
- PwC. (2014). "Aerospace & defense 2013 year in review and 2014 forecast."
- PwC. (2015). "Managing cyber risks in an interconnected world."
- Rebolledo, C. and J. Nollet (2011). "Learning from suppliers in the aerospace industry." International Journal of Production Economics **129**(2): 328-337.
- Rose-Anderssen, C., P. M. Allen, C. Tsinopoulos and I. McCarthy (2005). "Innovation in manufacturing as an evolutionary complex system." Technovation **25**(10): 1093-1105.
- Rose-Anderssen, C., J. S. Baldwin and K. Ridgway (2011). "Commercial aerospace supply chains." Journal of Manufacturing Technology Management **22**(1): 66-89.
- Sinha, P. R., L. E. Whitman and D. Malzahn (2004). "Methodology to mitigate supplier risk in an aerospace supply chain." Supply Chain Management **9**(2): 154-168.
- Tumbleston, J. R., D. Shirvanyants, N. Ermoshkin, R. Januszewicz, A. R. Johnson, D. Kelly, K. Chen, R. Pinschmidt, J. P. Rolland, A. Ermoshkin, E. T. Samulski and J. M. DeSimone (2015). "Continuous liquid interface production of 3D objects." Science **347**(6228): 1349-1352.
- Van Echtelt, F. E. A., F. Wynstra, A. J. Van Weele and G. Duysters (2008). "Managing Supplier Involvement in New Product Development: A Multiple-Case Study*." Journal of Product Innovation Management **25**(2): 180-201.
- Wynstra, F., F. Von Corswant and M. Wetzels (2010). "In Chains? An Empirical Study of Antecedents of Supplier Product Development Activity in the Automotive Industry*." Journal of Product Innovation Management **27**(5): 625-639.
- Zhegu, M. (2007). La coevolution des industries et des systemes d'innovation: L'industrie aeronautique.