PolyPublie
Polytechnique Montréal

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL
UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE

| | |
|---|---|
| **Titre:** Title: | Élaboration et test d'un protocole d'évaluation subjective du confort de sièges d'avion pour passagers |
| **Auteur:** Author: | Noémie Séguin-Tremblay |
| **Date:** | 2012 |
| **Type:** | Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis |
| **Référence:** Citation: | Séguin-Tremblay, N. (2012). Élaboration et test d'un protocole d'évaluation subjective du confort de sièges d'avion pour passagers [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie. https://publications.polymtl.ca/861/ |

**Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

| | |
|---|---|
| **URL de PolyPublie:** PolyPublie URL: | https://publications.polymtl.ca/861/ |
| **Directeurs de recherche:** Advisors: | Jean-Marc Robert |
| **Programme:** Program: | Génie industriel |

**Ce fichier a été téléchargé à partir de PolyPublie, le dépôt institutionnel de Polytechnique Montréal**
This file has been downloaded from PolyPublie, the institutional repository of Polytechnique Montréal

https://publications.polymtl.ca

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

# ÉLABORATION ET TEST D'UN PROTOCOLE D'ÉVALUATION SUBJECTIVE DU CONFORT DE SIÈGES D'AVION POUR PASSAGERS

NOÉMIE SÉGUIN-TREMBLAY

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES

(GÉNIE INDUSTRIEL)

JUIN 2012

© Noémie Séguin-Tremblay, 2012.

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

# ÉLABORATION ET TEST D'UN PROTOCOLE D'ÉVALUATION SUBJECTIVE DU CONFORT DE SIÈGES D'AVION POUR PASSAGERS

Présenté par : SÉGUIN-TREMBLAY Noémie

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. IMBEAU Daniel, ing., Ph. D., président

M. ROBERT Jean-Marc, Doct., membre et directeur de recherche

M. BASSETTO Samuel-Jean, Doct., membre

# REMERCIEMENTS

Je remercie les employés de Bombardier qui m'ont permis de réaliser ce projet. Parmi eux, merci à Ben Pownall qui est à l'origine de la thématique du confort. Merci aux membres de l'équipe de Facteurs Humains sous la direction de Sophie Duchesne qui m'ont intégrée dans leur groupe, soutenue et qui m'ont transmis leurs connaissances. Merci à Yannick Larouche, Louis Samson et Robert Grant de m'avoir aidé à concrétiser ma recherche en me donnant accès à leurs documents techniques et à la maquette du CSeries. Merci aussi aux employés qui ont accepté de participer aux tests de confort de sièges.

Je remercie ma famille et mes amis pour leur soutien moral ainsi que ma collègue Naseem Ahmadpour, étudiante au doctorat, avec qui j'ai eu des discussions qui m'ont permis de mieux définir et comprendre mon domaine de recherche.

En terminant, je remercie tout particulièrement mon superviseur Jean-Marc Robert pour son soutien et son enthousiasme.

# RÉSUMÉ

Cette recherche vise à réaliser l'évaluation subjective du confort d'un siège passager pour avion dans le cadre d'un processus de conception itératif centré sur l'usager. Les résultats de ce type d'évaluation servent à guider les concepteurs en identifiant les caractéristiques du siège les plus importantes pour l'usager en termes de confort.

Tout d'abord, une revue de littérature permet de donner une définition du concept de confort en général et plus particulièrement dans le cas des sièges, puis de passer en revue différentes méthodes d'évaluation du confort d'un siège. Cette revue de littérature nous guide aussi dans l'élaboration d'un protocole d'évaluation subjective du confort des sièges passagers ainsi que d'un questionnaire servant au recueil de données. Dans le cas du protocole d'évaluation, les références consultées nous aident à déterminer les paramètres liés au contexte d'évaluation, aux tâches réalisées par les sujets ainsi qu'à la durée de chacune de ces tâches. Dans le cas du questionnaire, les références nous guident sur sa structure et son contenu. Ainsi, on choisit d'évaluer séparément le confort et l'inconfort. On recueille aussi les impressions de confort et d'inconfort des sujets à plusieurs moments. Le confort est donc évalué par les sujets en fonction de leur première impression, leur impression finale, leur expérience globale ainsi que pendant la réalisation des tâches. L'inconfort est évalué avant et pendant la réalisation des tâches.

Nous réalisons par la suite des tests en utilisant le protocole d'évaluation et le questionnaire lors de six séances comprenant chacune trois sujets, pour un total de 18 sujets. Ces tests ont lieu dans une maquette statique, de taille réelle, d'une cabine d'avion pour passagers de marque Bombardier CSeries.

Une analyse des données de tous les questionnaires nous permet de tirer des conclusions concernant la première impression ainsi que l'impression finale et l'expérience globale de confort des sujets. De plus, cette analyse nous permet d'identifier les commentaires les plus importants selon leur répétition et leur degré de sévérité d'inconfort.

Finalement, un tableau résumé de l'analyse des données permet de relier les commentaires à la fois positifs et négatifs sur le confort aux composantes et attributs du siège et de les classer en fonction de leur importance. Ce tableau devrait guider les concepteurs dans le choix des modifications prioritaires à apporter au siège afin d'en améliorer le confort.

# ABSTRACT

The goal of this research is to conduct the subjective evaluation of an airplane passenger seat in the framework of a user centered iterative design process. The results of this type of evaluation are used to guide the designers by identifying the seat characteristics that are most important to the user in relation to comfort.

First, a survey of the literature allows us to define the concept of comfort in general and in particular in the case of seats. It also gives an overview of different methods for assessing the comfort of a seat. This literature survey also guides us in developing a protocol for conducting the subjective evaluation of an airplane passenger seat and also for developing a questionnaire used as a data collection tool. In the case of the protocol, the references consulted help us to determine the parameters related to the evaluation context, the tasks performed by the subjects and the duration of each task. The scientific literature also guides us to elaborate the questionnaire's structure and content. Thus, the questionnaire evaluates comfort and discomfort separately. It also collects impressions of comfort and discomfort of the subjects at several points in time. The comfort is evaluated by the subjects according to their first impression, final impression, overall experience and during the tasks. The discomfort is evaluated before and during the tasks.

Then we conduct tests using the evaluation protocol and the questionnaire during six sessions, each comprising three subjects, for a total of 18 subjects. These tests are conducted in an actual size, static model, of a Bombardier CSeries airplane passenger cabin.

An analysis of the data from all questionnaires allows us to draw general conclusions regarding the first and final impressions and the overall experience of comfort of the seat. In addition, this analysis identifies the most important comments based on their repetition by different subjects and by the severity of discomfort.

Finally, a summary table of the data analysis links both positive and negative comments on comfort, to components and attributes of the seat and classifies them according to their importance. This table should guide designers in establishing which changes to the seat should be prioritized in order to improve comfort.

# TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS ..... iii

RÉSUMÉ ..... iv

ABSTRACT ..... v

TABLE DES MATIÈRES ..... vi

LISTE DES TABLEAUX ..... ix

LISTE DES FIGURES ..... xi

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS ..... xiii

LISTE DES ANNEXES ..... xiv

INTRODUCTION ..... 1

CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LE CONFORT DES SIÈGES D'AVION ... 3

1.1 Le confort : un désir et son évaluation ..... 3

1.1.1 Confort en tant que construit ..... 4

1.2 Évaluation d'ingénierie ..... 10

1.2.1 Critères anthropométriques ..... 10

1.2.2 Directives et recommandations ergonomiques ..... 12

1.2.3 Normes et certifications ..... 14

1.3 Évaluation par les usagers ..... 14

1.3.1 Mesures objectives ..... 15

1.3.2 Mesures subjectives ..... 18

1.4 Construction de l'évaluation ..... 22

1.5 Élaboration du protocole d'évaluation ..... 23

1.5.1 Choix des sujets ..... 23

1.5.2 Contexte ..... 35

1.5.3 Tâche ..... 36
1.5.4 Temps ..... 37
1.6 Élaboration du questionnaire ..... 37
1.6.1 Section – 0 : Dimensions anthropométriques ..... 38
1.6.2 Section – 1 : Informations personnelles ..... 40
1.6.3 Section – 2 : Première impression ..... 41
1.6.4 Section – 3 : Évaluation de l'inconfort – *pendant le test* ..... 42
1.6.5 Section – 4 : Confort ..... 44
1.6.6 Section – 5 : Expérience globale et impression finale ..... 47
1.7 Réponse à la demande initiale de Bombardier ..... 50
CHAPITRE 2 … MÉTHODOLOGIE DE L'ÉVALUATION DU SIÈGE POUR UN PROCESSUS DE CONCEPTION ITÉRATIF ..... 51
2.1.1 Maquette et siège ..... 51
2.1.2 Dimensions anthropométriques ..... 53
2.1.3 Sujets ..... 53
2.1.4 Contexte d'évaluation ..... 55
2.1.5 Activités réalisées par les sujets ..... 55
2.1.6 Temps d'évaluation ..... 55
2.1.7 Séance de test ..... 56
2.1.8 Contraintes ..... 57
2.1.9 Méthode d'analyse des résultats ..... 58
2.1.10 Validité de l'évaluation ..... 60
CHAPITRE 3 ..... ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION DE L'ÉVALUATION DU SIÈGE ..... 62
3.1 Résultats et Analyse ..... 62

3.1.1 Section – 1 : Informations personnelles et inconfort avant le test ..... 62
3.1.2 Section – 2 : Première impression ..... 64
3.1.3 Section – 2 : Première impression et Section – 5 : Expérience globale ..... 65
3.1.4 Section – 3 : Évaluation de l'inconfort – *pendant le test* ..... 68
3.1.5 Section – 4 : Confort ..... 69
3.2 Résumé de l'analyse ..... 85
3.3 Discussion générale ..... 88
3.3.1 Résultats de l'évaluation ..... 88
3.3.2 Protocole d'évaluation ..... 89
3.3.3 Modifications apportées au questionnaire ..... 92
CONCLUSION ..... 96
RÉFÉRENCES ..... 98
ANNEXES ..... 102

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Dimensions basées sur des données anthropométriques pour les besoins de conception liés au siège extrait de (The Eastman Kodak Company, 2004, table 1.9 page 56) .....12

Tableau 1-2 : Dimensions cruciales et cas défavorables .....27

Tableau 1-3 : Valeurs des dimensions anthropométriques cruciales pour les hommes et femmes du 99$^{e}$, 95$^{e}$, 5$^{e}$ et 1$^{er}$ centile (Harrison & Robinette, 2002; The Eastman Kodak Company, 2004).....28

Tableau 1-4 : Valeurs des dimensions (en mm) correspondant aux cas extrêmes .....33

Tableau 1-5 : Composition idéale de l'échantillon à partir des dimensions anthropométriques cruciales conflictuelles et évaluées individuellement. .....35

Tableau 1-6 : Dimensions recueillies lors de l'évaluation (nouvelle version).....39

Tableau 2-1 : Sommaire des données biographiques .....54

Tableau 2-2 : Répartition des sujets selon le sexe et l'âge .....55

Tableau 2-3 : Détails des activités réalisées lors de l'évaluation.....57

Tableau 3-1 : Informations personnelles concernant l'expérience de vol.....63

Tableau 3-2 : Informations personnelles concernant l'expérience de vol (suite) .....63

Tableau 3-3 : Première impression visuelle et en position assise .....64

Tableau 3-4 : Première impression et impression finale en position assise .....66

Tableau 3-5 : Expérience globale.....67

Tableau 3-6 : Inconforts de sévérité 3 (inconfort modéré) et plus .....69

Tableau 3-7 : Commentaires liés à l'assise.....71

Tableau 3-8 : Commentaires liés au dossier.....73

Tableau 3-9 : Commentaires liés aux appuis-bras .....75

Tableau 3-10 : Commentaires liés à l'appui-tête .....77

Tableau 3-11 : Commentaires liés à la liberté de mouvement ..... 79

Tableau 3-12 : Commentaires liés au matériau et revêtement ..... 80

Tableau 3-13 : Commentaires liés aux ajustements ..... 81

Tableau 3-14 : Commentaires dans la section "Autres" ..... 82

Tableau 3-15 : Autres suggestions et commentaires ..... 84

Tableau 3-16 : Tableau résumé de l'analyse ..... 87

Tableau 3-17 : Liste complète des caractéristiques du siège liées au confort suite à la revue de littérature ..... 148

Tableau 3-18 : Dimensions principales du siège ..... 163

# LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Types d'évaluation du confort d'un siège ....4

Figure 1-2 : Schéma générique d'un construit ergonomique (Annett, 2002) ....5

Figure 1-3 : Liens entre le confort et le plaisir (Dahlman & Coelho, 2002) ....6

Figure 1-4 : Schéma du confort, de l'inconfort et du bien-être en position assise (Kyung, et al., 2008) ....7

Figure 1-5 : Représentation graphique de la relation entre le confort et l'inconfort (Zhang, et al., 1996) ....9

Figure 1-6 : Situations de confort et d'inconfort d'un sujet assis dans notre recherche ....10

Figure 1-7 : Courbes du dos (Zhao & Tang, 1994) ....16

Figure 1-8 : Montage expérimental (Vergara & Page, 2000) ....17

Figure 1-9 : Types de postures (Vergara & Page, 2000) ....17

Figure 1-10 : Échelles graduées pour mesurer le niveau général de confort d'outil manuel (Kuijt-Evers, et al., 2005) ....20

Figure 1-11 : Régions de la main de l'échelle LPD (Kuijt-Evers, et al., 2007) ....21

Figure 1-12 : Régions du corps de l'échelle BPD (Corlett & Bishop, 1976) ....21

Figure 1-13 : Distribution bivariée pour la longueur des fesses aux genoux (*Buttock-Knee Length*) et la hauteur des yeux en position assise (*Eye Height, Sitting*) pour un échantillon féminin provenant de CESAR U.S. (N = 1263) avec une ellipse de probabilité de 90%, pondéré en fonction du NHANES (HFES 300 Committee, 2004) ....25

Figure 1-14 : Distribution bivariée pour la longueur des fesses aux genoux (*Buttock-Knee Length*) et la hauteur des yeux en position assise (*Eye Height, Sitting*) pour un échantillon féminin (N = 1263) et masculin (N = 1127) provenant de CESAR U.S. avec une ellipse de probabilité de 90%, pondéré en fonction du NHANES (HFES 300 Committee, 2004) ....26

Figure 1-15 : Distribution bivariée pour la hauteur du creux poplité (axe x, en mm) et la longueur fesses – creux poplité (axe y, en mm), sujets masculins. ....30

Figure 1-16 : Distribution bivariée pour la hauteur du creux poplité (axe x, en mm) et la longueur fesses – creux poplité (axe y, en mm), sujets féminins. ....31

Figure 1-17 : Distribution bivariée pour la hauteur des genoux (axe x, en mm) et la hauteur du coude en position assise (axe y, en mm), sujets masculins. ....32

Figure 1-18 : Distribution bivariée pour la hauteur des genoux (axe x, en mm) et la hauteur du coude en position assise (axe y, en mm), sujets féminins. ....33

Figure 1-19 : Anthropomètre....39

Figure 1-20 : Évaluation de sièges de train (Bronkhorst & Krause, 2004)....46

Figure 1-21 : Chair Feature Checklist (Shackel, et al., 1969)....47

Figure 1-22 : Extrait du questionnaire de confort de l'étude de Kuijt-Evers et al. (2005) ....49

Figure 2-1 : Sièges d'avion utilisés lors du test ....52

Figure 2-2 : Bouton sur l'appui-bras pour l'inclinaison du dossier ....52

Figure 2-3 : Détermination de l'importance des commentaires....59

Figure 3-1 : Comfort questionnaire for handtools (Kuijt-Evers, et al., 2005)....104

Figure 3-2 : Dimensions anthropométriques telles qu'illustrées dans le rapport CAESAR (Harrison & Robinette, 2002)....136

Figure 3-3 : Questionnaire d'inconfort au travail (Cameron, 1996)....139

Figure 3-4 : Formulaire d'évaluation ergonomique d'un siège (Hedge, 2007)....140

Figure 3-5 : Extrait d'une étude anthropométrique (Quigley, et al., 2001)....141

Figure 3-6 : Modèle 3D numérique....162

# LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

| | |
|---|---|
| CQH | Comfort questionnaire for handtools |
| CEC | Chair evaluation checklist |
| LPD | Localized postural discomfort |
| TTL | Taxi, takeoff and landing |

# LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : DIRECTIVES DE CONFORT DE BOEING ..... 102

ANNEXE 2 : COMFORT QUESTIONNAIRE FOR HANDTOOLS ..... 104

ANNEXE 3 : QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION SUBJECTIVE DU CONFORT DE SIÈGES D'AVION POUR PASSAGERS – VERSIONS FRANÇAISE ET ANGLAISE ..... 105

ANNEXE 4 : DIMENSIONS ANTHROPOMÉTRIQUES ..... 136

ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE D'INCONFORT AU TRAVAIL ..... 139

ANNEXE 6 : ÉVALUATION ERGONOMIQUE D'UN SIÈGE ..... 140

ANNEXE 7 : EXTRAIT D'UNE ÉTUDE ANTHROPOMÉTRIQUE ..... 141

ANNEXE 8 : QUESTIONNAIRES DE CONFORT DES SIÈGES D'AVION POUR PASSAGERS UTILISÉS DANS L'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE ..... 142

ANNEXE 9 : CARACTÉRISTIQUES DU SIÈGE LIÉES AU CONFORT ..... 148

ANNEXE 10 : DÉROULEMENT D'UNE SÉANCE DE TEST ..... 150

ANNEXE 11: DOCUMENT D'INGÉNIERIE DE LA MAQUETTE DE CABINE D'AVION ET DES SIÈGES ..... 153

ANNEXE 12: MODÈLE TRIDIMENSIONNEL ET DIMENSIONS PRINCIPALES DU SIÈGE ..... 162

ANNEXE 13 : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ..... 164

ANNEXE 14: NOUVELLE VERSION DU QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION SUBJECTIVE DU CONFORT DE SIÈGES D'AVION POUR PASSAGERS – VERSIONS FRANÇAISE ET ANGLAISE ..... 173

ANNEXE 15 : CERTIFICAT D'APPROBATION DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE SUR DES SUJETS HUMAINS ..... 202

# INTRODUCTION

Dans un contexte de forte concurrence, la stratégie qu'adopte l'industrie aéronautique pour répondre au désir de confort du passager a un impact sur sa loyauté. Le confort étant en très grande partie lié au siège, on doit tenir compte de ce désir lors de la conception du siège passager. Lorsque l'on souhaite adapter un produit aux désirs de l'usager, un processus de conception itératif centré sur l'usager est privilégié. Des prototypes sont réalisés successivement et chaque fois améliorés entre autres grâce à une évaluation par les usagers. Les résultats de l'évaluation orientent les modifications à apporter au siège afin que le prochain prototype corresponde davantage aux désirs de l'usager.

Le projet faisant l'objet de ce mémoire a vu le jour lorsque la compagnie Bombardier, division aéronautique, nous a fait part de son désir d'obtenir une méthode d'évaluation subjective du confort de sièges passagers pour avion adaptée à un processus de conception itératif. De façon pratique, pour être adaptée à cette forme de conception, l'évaluation du confort de sièges doit pouvoir être exécutée à répétition tout au long du processus. Permettre une exécution fréquente de l'évaluation implique une réduction des moyens mis en place pour sa réalisation en termes de durée de réalisation, de complexité de l'analyse des résultats, de nombre de participants et de coûts associés. Une telle évaluation doit aussi permettre de guider les concepteurs dans la conception du prototype suivant afin d'améliorer le confort perçu par les usagers.

Répondant à la demande exprimée par la compagnie Bombardier, cette recherche poursuit les quatre objectifs suivants :

1 – Passer en revue les méthodes d'évaluation du confort d'un siège;

2 – Développer et tester un protocole ou démarche d'une évaluation subjective du confort d'un siège passager pour avion;

3 – Développer et tester un questionnaire d'évaluation subjective du confort d'un siège passager pour avion;

4 – Guider les concepteurs dans la conception du prochain prototype de siège en identifiant les caractéristiques du siège les plus importantes pour l'usager en termes de confort.

Ce mémoire se divise en trois chapitres. Le premier présente une revue de littérature et a permis l'élaboration, à partir de références, du protocole d'évaluation subjective du confort des sièges passagers ainsi que du questionnaire qu'il comporte. Le second décrit la méthodologie d'évaluation subjective du siège, puis le troisième, les résultats obtenus.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** sur la revue de littérature présente d'abord le confort en tant que désir de l'usager, puis donne la définition du concept de confort en général et plus particulièrement dans le cas des sièges. On y fait par la suite la revue des méthodes d'évaluation du confort d'un siège pour mieux situer l'évaluation réalisée et en faire ressortir la pertinence. On y présente enfin diverses références consultées ainsi que la façon dont elles ont guidé l'élaboration du protocole et celle du questionnaire d'évaluation du confort adaptés au processus de conception itératif.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** sur la méthodologie explique comment nous avons procédé pour faire l'évaluation subjective des sièges. On y décrit la maquette de cabine de passager et le prototype de siège utilisés, la prise de dimensions anthropométriques, les caractéristiques des sujets ayant participé à l'évaluation, les éléments liés au contexte et au déroulement de l'évaluation ainsi que les contraintes ayant limité cette dernière. On y présente aussi la méthode d'analyse des résultats ainsi que notre avis sur la validité de l'évaluation.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** sur l'analyse des résultats comporte une analyse des données de tous les questionnaires suivie d'un résumé de cette même analyse. Ce résumé comprend un tableau guidant les concepteurs dans le choix des modifications à apporter au siège afin d'en améliorer le confort. Une discussion porte sur les résultats, le protocole ainsi que les modifications apportées au questionnaire suite aux remarques des sujets et aux constats tirés de l'analyse des résultats.

En conclusion, on souligne le travail accompli lors de cette recherche et l'on propose quelques pistes pour y donner suite.

# CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LE CONFORT DES SIÈGES D'AVION

## 1.1 Le confort : un désir et son évaluation

Il est important de fournir des sièges passagers confortables dans les cabines d'avion. Déjà en 1973, Oborne et Clarke (1973) affirment que le transport de passagers est un commerce hautement compétitif et que la survie du système de transport dépend de la considération des désirs des usagers. Cette affirmation s'applique encore aujourd'hui à l'industrie aéronautique. L'étude de Brauer (2004, dans (Vink & Brauer, 2011)) montre que le confort du passager est fortement lié à sa loyauté envers la compagnie aérienne. Bien que plusieurs éléments influent sur le confort du passager, une vaste étude à laquelle ont participé 123 compagnies d'aviation et 10,032 passagers a démontré une corrélation positive entre le confort en vol et les éléments « siège » (coefficient de 0.32) et « espace pour les jambes » (coefficient de 0.72) (Vink & Brauer, 2011, figure 3.2).

Après avoir identifié le désir de confort lié au siège et à l'espace individuel en avion, il est à se demander comment on peut y répondre. Tel que l'énoncent Vink et Brauer (2011), ce n'est pas en posant la question « Est-ce confortable? » que l'on obtient l'information nécessaire pour modifier la conception. L'évaluation du confort d'un siège est plus complexe et pour mieux la présenter, on la divise en deux grandes catégories : l'évaluation d'ingénierie et l'évaluation par les usagers. La première est réalisée par des experts (ingénieurs, ergonomes, etc.) alors que la seconde nécessite la conduite de tests avec des usagers.

Un préalable essentiel à l'évaluation est la définition de ce qui est évalué. C'est pourquoi la Section 1.1.1 présente l'approche ergonomique du concept de confort en général et plus particulièrement dans le cas des sièges.

La Figure 1-1 représente les sous-divisions de l'évaluation d'ingénierie ainsi que de l'évaluation par les usagers, détaillées dans ce mémoire de la Section 1.2 à la Section 1.3 inclusivement. Ceci permettra de mieux situer notre recherche dans le contexte général de l'évaluation du confort de siège.

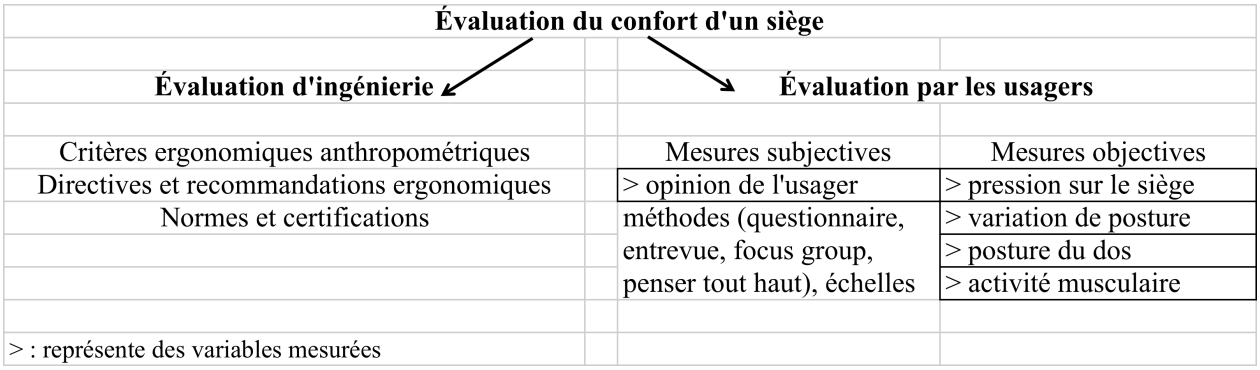



Figure 1-1 : Types d'évaluation du confort d'un siège

La section 1.4 explique comment nous avons choisi de construire l'évaluation à partir des références consultées. Les sections 1.5 et 1.6 de ce chapitre présentent les références liées à l'élaboration du protocole d'évaluation ainsi qu'à la construction de chacune des sections du questionnaire. Pour terminer, la section 1.7 résume la façon dont cette revue de littérature répond à la requête de Bombardier.

### 1.1.1 Confort en tant que construit

Quelques définitions tirées d'ouvrages considérant le confort dans une perspective ergonomique sont présentées ci-dessous. Ces définitions soulignent l'aspect subjectif du confort en énonçant le fait qu'il est une réaction physique, psychologique et physiologique à l'environnement.

Dans son livre intitulé *Human Comfort*, Slater (1985), professeur de sciences du textile à l'université de Guelph (Ontario), définit le confort comme un « état physiologique, physique, et psychologique harmonieux et plaisant entre un être humain et son environnement » (traduction libre).

Dans un article sur la psychologie du confort du passager, Richards (1980), professeur de génie civil à l'université de Virginie (Charlottesville) présente le confort comme un état impliquant « un bien-être subjectif en réaction à un environnement ou une situation» (traduction libre).

De Looze, Kuijt-Evers et van Dieen (2003), dans une étude concernant le confort assis, soulèvent des particularités qui sont généralement associées à la notion de confort : 1) il constitue une expérience intime de nature subjective, 2) il est influencé par des facteurs physiques, physiologiques et psychologiques, 3) il survient en réaction à l'environnement.

Le confort relève donc d'une expérience individuelle : il est subjectif. Il ne constitue pas une caractéristique directement observable telle que le serait la couleur des cheveux ou la taille d'un individu. Puisqu'il survient en réaction à l'environnement, sa définition est fortement dépendante du contexte. Le confort est donc un construit qui possèdera une signification différente selon le domaine dans lequel il est considéré, que ce soit par exemple en médecine ou en ergonomie.

Le schéma de la Figure 1-2 (Annett, 2002) montre comment il est possible d'envisager de façon générique un construit ergonomique (tel la charge de travail, l'utilisabilité ou le confort) sans le définir au préalable. Selon ce schéma, le construit est une réponse (*response*) à un défi (*challenge*), ce dernier comprenant des attributs de tâche, d'objet et ou d'environnement. La réponse est constituée de variables observables (comportement, données physiologiques, énoncés verbaux) qui découlent d'une ou plusieurs variables latentes formant le construit. Par exemple, on pourrait dénoter un lien entre la variable observable qu'est la performance et le construit de charge de travail.

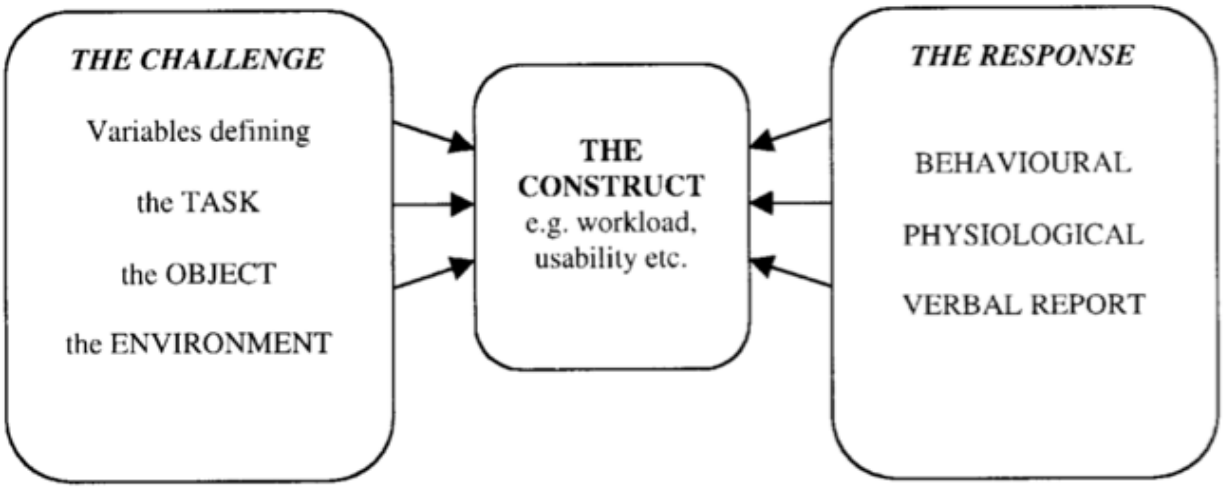



Figure 1-2 : Schéma générique d'un construit ergonomique (Annett, 2002)

Une bonne identification du défi permet de déterminer les facteurs influant sur le construit en question et, conséquemment, de choisir les mesures de réponses appropriées. L'emploi d'outils de mesure fiables et valides permet d'établir des liens entre les variables latentes du construit et les données recueillies à partir des variables observables (Annett, 2002).

Il est toutefois difficile d'isoler un construit. L'étude théorique de Dahlman & Coelho (2002) a pour cadre de référence le plaisir dans l'utilisation de produit et vise à positionner les construits

de confort, d'utilisabilité et de plaisir les uns par rapport aux autres. Dans le domaine des sièges automobiles, les chercheurs énoncent que ces construits se superposent. En effet, les frontières entre ces différents construits dépendent du domaine auquel on les applique. De l'établissement des liens entre le confort et le plaisir, les chercheurs ont conclu que les frontières de ces construits sont indistinctes dans l'utilisation de produit. Ceci est illustré à la Figure 1-3 en reliant les mots décrivant le confort, situés sur la ligne horizontale, aux mots décrivant le plaisir dans les encadrés sur la diagonale de cette même figure. En pratique, cela signifie que quelque chose de confortable sera nécessairement plaisant. De l'avis des chercheurs, le plaisir comporte toutefois certaines dimensions qui ne sont pas incluses dans le confort. Les descripteurs de confort forment donc un sous-ensemble des descripteurs du plaisir. De façon concrète, cela signifie que plusieurs objets, tels des sièges, pourraient permettre une expérience de confort comparable mais différentes expériences de plaisir.

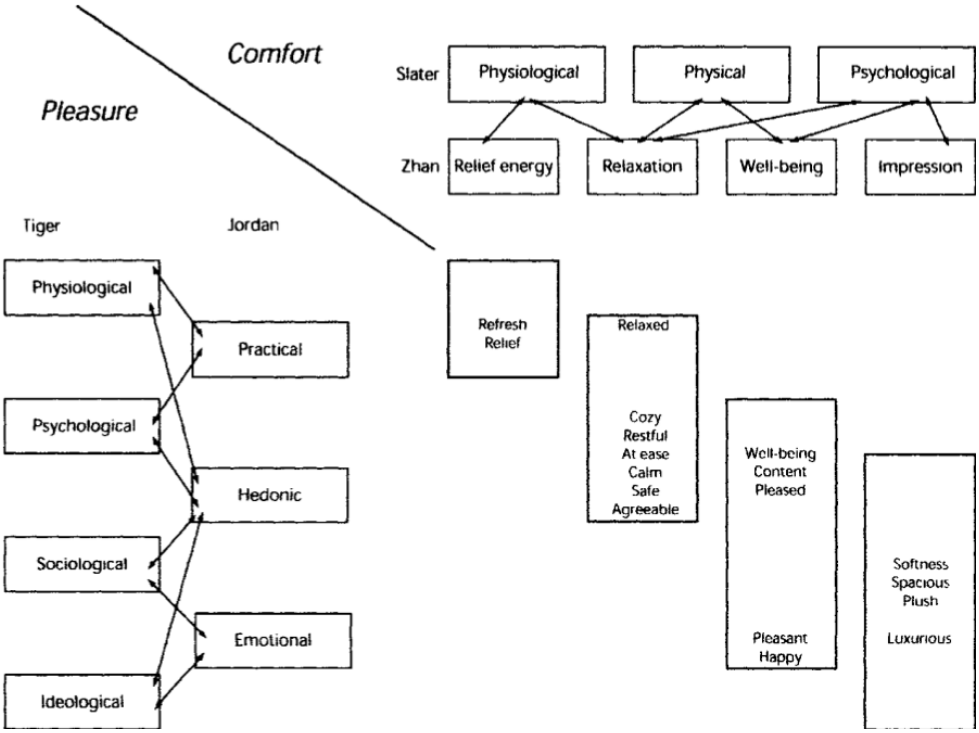



Figure 1-3 : Liens entre le confort et le plaisir (Dahlman & Coelho, 2002)

Le confort est aussi lié de près au bien-être. L'étude de Kyung, Nussbaum et Babski-Reeves (2008) reprend le schéma de Zhang, Helander et Drury (1996) et le combine à celui du bien-être de Warr (1999, dans (Kyung, et al., 2008)) afin d'offrir le schéma présenté à la Figure 1-4. Or, on qualifie d'ergonomique un produit ou un système qui favorise le bien-être et la performance

optimale de son usager (International Ergonomics Association, 2010). L'importance du confort dans le domaine de l'ergonomie vient donc du fait que ce construit est intimement lié au bien-être.

Le schéma de la Figure 1-4 indique aussi la proximité des construits de confort et d'inconfort. La relation entre ces deux construits a suscité beaucoup d'intérêt de la part des chercheurs dans le domaine du confort de divers produits. Les conclusions principales utilisées dans notre recherche sont présentées ci-dessous.

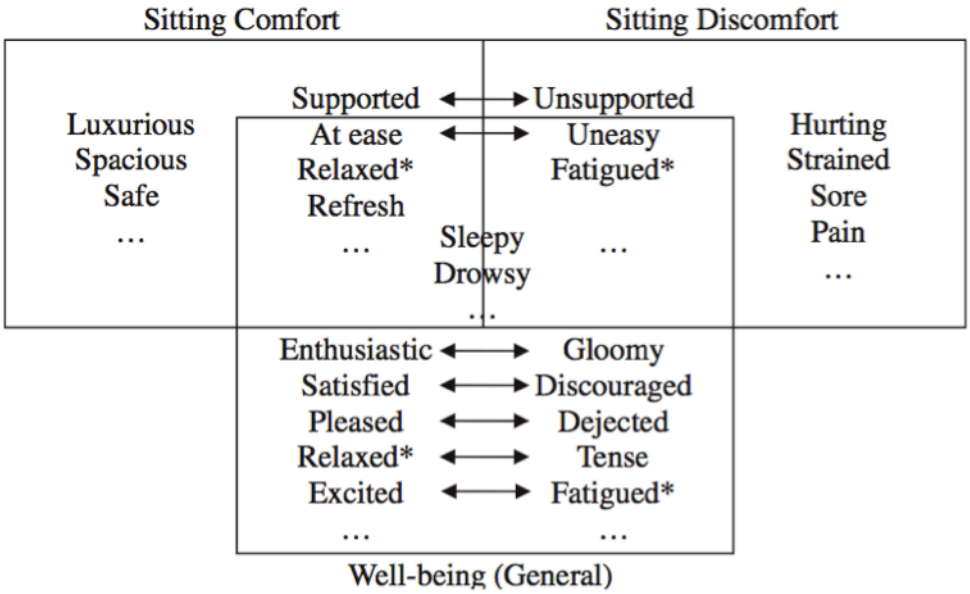



Figure 1-4 : Schéma du confort, de l'inconfort et du bien-être en position assise (Kyung, et al., 2008)

**Confort et inconfort**

L'étude de Kolich (2008) vise à produire un cadre théorique et méthodologique permettant le développement d'une science du confort du siège automobile. Il y cite Lueder (1983, dans (Kolich 2008)) énonçant qu'aucune définition opérationnelle du confort n'a été acceptée au sein de la communauté scientifique. Si cet énoncé demeure vrai 25 ans après son expression par Lueder, c'est qu'il traite d'un problème complexe. Une partie de cette complexité réside dans la question de la distinction entre le confort et l'inconfort. Hertzberg (1972) caractérise le confort comme l'absence d'inconfort. Pour sa part, Branton (1969, dans (Oborne, 1993)) juge que le confort est un état de bien-être auquel l'absence d'inconfort ne conduit pas automatiquement. Son

étude considère le comportement et les motivations de l'humain en lien avec l'inconfort de certains types de sièges (chaises de bureau, de salle d'attente, de salle de concert, sièges de passagers). Branton énonce que lorsqu'il est assis dans de tels types de siège, l'humain ne cherche pas à atteindre le confort mais plutôt un état optimal pour la réalisation de ses activités. Il lui semble improbable qu'un siège puisse procurer l'état de bien-être qui est lié à la définition générale du confort. Il juge donc plus adéquat de n'évaluer que la présence ou l'absence d'inconfort.

Dans un ouvrage dédié au design pour le confort, Vink, de Looze et Kuijt-Evers (2005) présentent un modèle établi dans le contexte de l'utilisation d'un produit. Ce modèle comporte trois manifestations du confort, soit le confort, l'absence d'inconfort et l'inconfort. L'inconfort est causé par une perturbation physique. L'usager peut aussi ne ressentir aucune perturbation physique sans toutefois être conscient d'une sensation de confort. L'auteur précise que les facteurs qui agissent sur l'inconfort et le confort ainsi que les relations entre le confort, l'inconfort et l'absence d'inconfort varient en fonction du produit étudié.

Le confort et l'inconfort ont été considérés comme les extrémités d'un même continuum (Vergara et Page, 2000; Jianghong et Long, 1994; Wilder et al., 1994; Jensen et Bendix, 1992, dans (Kuijt-Evers, Groenesteijn, de Looze, & Vink, 2004)). L'étude de Kuijt-Evers et al. (2004) concernant le confort des outils manuels (pinces et tournevis) ne révèle aucune différence significative entre les mots employés par les usagers pour décrire le confort et l'inconfort et les représente donc comme les deux pôles d'un continuum.

Dans le cas spécifique des sièges, Zhang, Helander et Drury (1996) ont prouvé que le confort et l'inconfort ne peuvent pas être évalués simultanément par l'emploi d'une échelle unique. Ils s'appuient sur leurs observations à l'effet que des facteurs physiologiques et biomécaniques sont liés à l'inconfort alors que les états de relaxation, de bien-être et d'autres facteurs esthétiques se rapportent au confort. Helander et Zhang (1997) ont poursuivi cette étude et développé une représentation graphique, présentée à la Figure 1-5, traduisant trois aspects du confort et de l'inconfort : ce sont des variables continues, distinctes et exerçant une influence l'une sur l'autre. Le confort et l'inconfort sont qualifiés de distincts puisque l'absence des facteurs associés à l'un des états n'implique pas l'existence de l'autre état. Leur influence mutuelle est perceptible puisque l'accroissement de l'inconfort fait décroître l'état de confort.

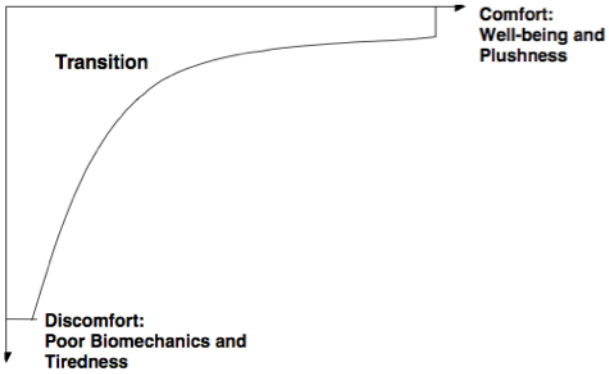



Figure 1-5 : Représentation graphique de la relation entre le confort et l'inconfort (Zhang, et al., 1996)

Suite à leur expérimentation sur le confort d'un siège de conducteur automobile, Kyung, Nussbaum et Babski-Reeves (2008) confirment que le confort et l'inconfort doivent être évalués séparément pour permettre une meilleure intervention ergonomique. En effet, l'utilisation d'une seule échelle résulte en un mélange des niveaux de confort et d'inconfort. Évalué individuellement, l'inconfort fournit un indice de la qualité du design biomécanique d'un siège. Les sens proprioceptifs de l'être humain n'offrent toutefois pas une résolution correspondant à celle qui est permise par les ajustements de sièges (Helander, 2003). Lorsque le siège atteint une certaine qualité biomécanique, la discrimination sur la base de l'inconfort devient difficile. C'est donc l'évaluation distincte du confort qui permet cette discrimination par l'identification des différences entre autres en termes de bien-être et d'aspects esthétiques. Une bonne qualité biomécanique de l'assise n'augmentera pas le niveau de confort, mais il est possible de changer le confort en inconfort si la qualité biomécanique du siège est mauvaise (Quehl, 2001).

À la lumière des études présentées plus haut, on crée une représentation des quatre situations dans lesquelles un sujet pourra se retrouver dans sa relation avec le siège d'avion. Ces situations sont illustrées à la Figure 1-6, de haut en bas : sensation de confort, sensation simultanée de confort et d'inconfort, sensation d'inconfort (trop grande pour permettre la sensation de confort), situation où ni le confort ni l'inconfort ne sont ressentis. Elles sont représentées par des barres horizontales, la couleur rouge étant attribuée à la sensation d'inconfort et la couleur verte à la sensation de confort. La figure précise que le confort est lié à des facteurs esthétiques et de bien-être alors que l'inconfort est plutôt lié à des facteurs physiologiques et biomécaniques.

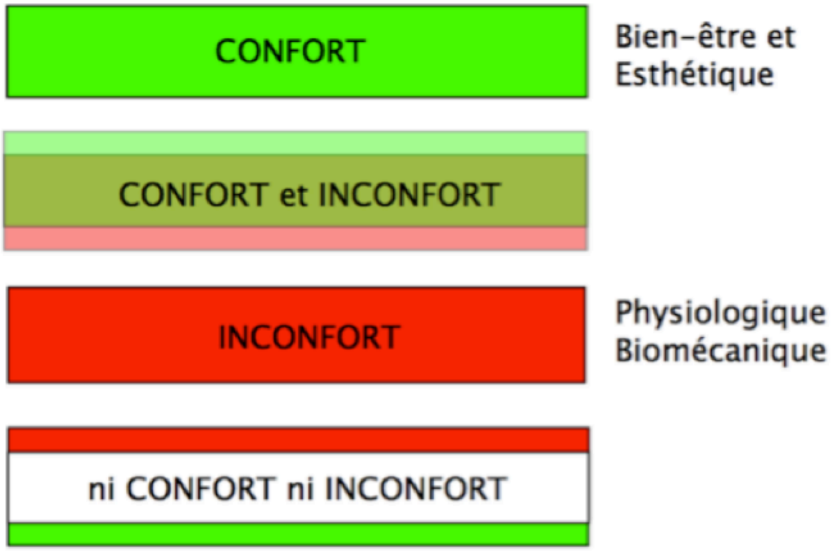



Figure 1-6 : Situations de confort et d'inconfort d'un sujet assis dans notre recherche

## 1.2 Évaluation d'ingénierie

L'évaluation d'ingénierie est conduite par des experts, soit des ingénieurs, ergonomes ou designers industriels. Les paragraphes ci-dessous présentent trois bases servant à l'évaluation d'ingénierie, soit les critères anthropométriques, les directives et recommandations ergonomiques et les normes et certifications. Les deux premières se présentent sous formes de lignes guides pour la conception de sièges confortables alors que les normes et certifications s'imposent comme des contraintes restreignant les choix de conception.

### 1.2.1 Critères anthropométriques

On associe souvent le respect des différents critères anthropométriques à une garantie de confort. Cependant, dès 1969, Shackel, Chisdey et Shipley (1969) montrent qu'il existe des corrélations significatives et des différences entre les résultats d'évaluations subjectives du confort par les usagers et les rangs attribués aux chaises d'après le classement des dimensions préconisées par le B.S.I., l'organisme national de normalisation du Royaume-Uni. Lors de l'étude de Kolich (2003) des sièges automobiles respectant les mêmes critères liés à l'anthropométrie obtiennent des résultats d'évaluations subjectives par les usagers différents en termes de confort. En testant des sièges dédiés à la détente, Le Carpentier (1969) constate que les préférences individuelles à l'égard des profondeurs et hauteurs de sièges ne peuvent pas être corrélées aux mesures

anthropométriques correspondantes. De Rosario et al. (2006, dans (Groenesteijn, Vink, de Looze, & Krause, 2009)) observent quant à eux que les hauteurs de supports lombaires préférées et jugées plus confortables ne sont pas celles qui sont suggérées par les critères ergonomiques basées uniquement sur l'anthropométrie. Lors d'une étude comparative de deux sièges de bureaux, tous deux conçus selon les normes hollandaises (NPR-1813) et européennes (EN-1335), Groenesteijn et al. (2009) mettent en évidence une différence d'appréciation du confort en lien avec les caractéristiques des sièges qui ne sont pas soumises aux directives ergonomiques énoncées par ces mêmes normes. De plus, le degré d'inconfort attribué par les sujets aux deux sièges est non seulement faible mais surtout identique.

De toutes ces constatations tirées de diverses études et mentionnées précédemment, on retient que les critères basés sur l'anthropométrie ne sont pas une garantie de confort. Ils peuvent toutefois servir à minimiser l'inconfort d'un large spectre de la population de passagers (Jung, Han, Jung, & Choe, 1998)

Le livre Kodak's Ergonomic Design for People at Work (The Eastman Kodak Company, 2004) fournit des recommandations de dimensions basées sur des données anthropométriques répondant à des besoins de conception spécifiques. Le Tableau 1-1 présente la portion de ces recommandations touchant les besoins de conception liés au siège. La formulation originale anglaise de la mesure est conservée. La dimension suggérée provient des tableaux 1.7 et 1.8 du même ouvrage, contenant des données anthropométriques provenant de différents groupes ethniques. Afin de pouvoir adapter les recommandations à la population de notre choix, nous avons ajouté la dernière colonne de droite expliquant la provenance de chaque dimension.

Tableau 1-1 : Dimensions basées sur des données anthropométriques pour les besoins de conception liés au siège extrait de (The Eastman Kodak Company, 2004, table 1.9 page 56)

| Mesure | Utilité en conception | Dimension suggérée, cm (po) | Provenance |
|---|---|---|---|
| *Stature* | Dégagement pour l'accès debout | 203 (80) | ajouter 13cm (5po) pour mouvement et vêtements à la dimension de l'homme du 99è centile |
| *Sitting elbow height, above seat height* | Hauteur des mains dans une tâche d'assemblage ou de typographie, hauteur d'appui-bras | 17 à 20 (8 à 9) | 5è centile, compromis femme et homme |
| *Buttocks-to-knee length* | Distance de dégagement minimale en avant des jambes en position assise | 67 (26) | homme 95è centile |
| *Buttocks-to-popliteal length* | Longueur maximale du siège pour accomoder les cuisses courtes | 44 (17) | femme et homme 5è centile (ou le plus petit) |
| | Longueur mimimale du siège pour que les longues cuisses soient supportées à 70% | 38 (15) | 70/100 * homme 95è centile |
| *Knee height, seated* | Hauteur minimale à partir du bas d'une surface de travail assis | 61 (24) | homme 95è centile |
| *Popliteal height, seated* | Hauteur minimale d'ajustement d'un siège pour les petites personnes | 36 (14) | femme 5è centile |
| | Hauteur minimale d'ajustement d'un siège pour les grandes personnes | 52 (20) | homme 95è centile |

### 1.2.2 Directives et recommandations ergonomiques

Dans le domaine des Interfaces Humain-Machine (IHM) ou interfaces utilisateur, il existe des listes de règles empiriques appelées heuristiques. Ces dernières servent de référence pour l'évaluation d'une interface par un petit nombre d'experts. Ceux-ci identifient des problèmes plus ou moins graves en se référant à la liste d'heuristiques (Bastien & Scapin, 1995). Puisqu'elle nécessite peu de ressources et peut être utilisée rapidement, une telle méthode est adaptée à un processus de conception itératif et fournit une alternative à l'évaluation avec des usagers. Notons qu'il n'en demeure pas moins essentiel de réaliser l'évaluation avec les usagers à un stade plus avancé du processus de conception.

Certains auteurs ont créé des directives et recommandations liées au confort des sièges. Leur usage est comparable à celui des heuristiques dans le domaine des IHM. Appliquées tôt dans le processus de conception itératif, elles diminuent la quantité de tests à réaliser avec les usagers, ce qui réduit les ressources nécessaires. La compagnie Boeing a émis des directives de confort portant sur les dimensions du siège ayant une influence sur l'espace disponible tant au niveau des jambes, du dos et des épaules qu'à celui de l'espace visuel et de l'espace accordé pour manger et travailler (voir Annexe 1). Basées principalement sur les données de CAESAR (CAESAR, 2000), ces directives ne tiennent toutefois pas compte d'autres caractéristiques ne pouvant pas être quantifiées mais ayant un impact sur le confort du siège. Dans leur livre intitulé « Aircraft interior comfort and design », Vink et Brauer (2011) rapportent les résultats de nombreuses études en lien avec le confort du passager aérien et aussi, plus précisément, de divers types de sièges. Cette perspective globale sur l'état actuel des recherches leur permet de construire la liste de recommandations suivantes concernant les caractéristiques d'un siège pour passager aérien confortable : «

- Permet la lecture dans le siège avec un dossier qui s'incline vers l'arrière
- Permet de varier la posture assise
- S'adapte à plusieurs tailles d'individus
- Permet une distribution de pression idéale (peut être grâce à un siège intelligent muni de capteurs qui s'adapte à la pression exercée)
- Ne crée aucun effort de cisaillement entre le recouvrement du siège et le passager
- Permet de faire différentes activités confortablement
- Procure une expérience « wow » à première vue
- Inclut l'option de soulever ses pieds du sol
- Procure la sensation que le dossier suit la courbe du corps
- S'ajuste facilement (peut-être de façon électronique) » (traduction libre) (Vink & Brauer, 2011, p.47)

### 1.2.3 Normes et certifications

Les concepteurs aériens se trouvent souvent en situation où ils cherchent à minimiser les coûts de fabrication du siège et à rentabiliser les voyages, réduisant ainsi l'espace entre les sièges. De plus, dans le domaine de l'aviation, les sièges doivent remplir des critères de sécurité (ex : résistance aux chocs, inflammabilité) et de performance (ex : poids), et sont soumis à une certification. Les organismes de normalisation et de certification tels la SAE International fournissent donc des directives pour guider la conception (SAE Aerospace, 2003) et établir des standards de performance (SAE Aerospace, 1997). Ce cadre strict restreint la liberté du concepteur en ce qui a trait à la modification des caractéristiques du siège et à la détermination de l'espace individuel.

## 1.3 Évaluation par les usagers

Les experts peuvent juger du respect des critères anthropométriques ainsi que des directives et des recommandations ergonomiques sans avoir recours à une évaluation par les usagers. Cependant, le fait d'appliquer les critères basés sur l'anthropométrie pour concevoir un seul modèle de siège pour toute la population d'usagers permet de minimiser l'inconfort d'un grand nombre sans garantir le confort. De plus, les directives et recommandations existantes mentionnées plus haut ne peuvent pas toujours être mises en place étant donné les contraintes imposées par les normes et certifications (ex : sécurité, performance) ainsi que par les diverses parties prenantes telles la direction de la compagnie et les clients (ex : coût, espace, délai de livraison). Bien que le concepteur puisse baser ses décisions sur des considérations liées au confort, il lui est difficile de prévoir si le siège sera confortable étant donné l'influence de ses diverses composantes les unes sur les autres. À cet effet, Vink et Brauer (2011) précisent qu'il est impossible de prévoir l'effet de l'interaction de divers facteurs de confort. De plus, Jung et al. (1998) ont élaboré une approche systématique pour la conception et la disposition de sièges passagers d'autocar. Ils affirment que les caractéristiques du siège ne devraient pas être déterminées indépendamment puisqu'elles sont reliées entre elles par des relations de précédence, d'égalité et de restriction.

Dans ce contexte, il est pertinent de faire évaluer le confort du siège par des usagers à plusieurs stades de la conception afin de guider les concepteurs et leur permettre d'effectuer les modifications graduellement, d'un prototype à l'autre. On divise l'évaluation par les usagers en

deux grandes catégories, soit celle impliquant des mesures objectives (Section 1.3.1) et celle impliquant des mesures subjectives (Section 1.3.2).

## 1.3.1 Mesures objectives

Les mesures objectives d'évaluation du confort requièrent peu de participants, sont applicables tôt au cours du processus de développement et sont moins sujettes aux biais et erreurs que les mesures subjectives. Elles sont toutefois des mesures indirectes du confort et doivent donc être corrélées aux mesures subjectives (de Looze, et al., 2003). De plus, elles peuvent nécessiter un matériel coûteux, spécialisé et difficile à manipuler, ce qui alourdit le protocole d'évaluation. Cette section présente certains exemples de mesures objectives de confort de sièges.

### 1.3.1.1 Pression sur le siège

De Looze et al. (2003) ont fait une revue de 21 études ayant mesuré un paramètre objectif tout en recueillant une évaluation subjective du confort en position assise. Il en ressort que de toutes les mesures objectives réalisées, la distribution de pression est celle ayant le plus de lien avec les évaluations subjectives.

Les auteurs Noro, Fujimaki et Kishi (2005) ont réalisé une étude visant à expliquer le lien entre la variation de l'angle du pelvis et la distribution de pression sur un siège au cours du temps. Cette relation a été étudiée pendant 50 minutes de travail à l'ordinateur en mesurant la pression sur le siège et les angles de roulis, lacet et tangage du pelvis d'un sujet. L'étude identifie une valeur de pression sur les fesses au-dessus de laquelle les mouvements de tangage, roulis et lacet du bassin sont effectués. Ceci démontre que l'inconfort est associé à la tolérance à un certain niveau de pression sur l'assise.

Dans une étude comparant des chaises de bureau à sièges inclinables, Bendix, Winkel et Jessen (1985) ont recueilli une mesure de pression moyenne par un brassard pneumatique de 14 x 28 cm placé dans une pochette au milieu du dossier et connecté à un amplificateur de pression. Cette mesure de pression du dossier est faite pour trois types de chaises (différentes inclinaisons du siège) et deux tâches (travail de bureau et dactylographie) en fonction du temps, soit une heure pour chaque chaise. Toutefois, aucune relation entre ce type de mesure de pression et le confort/inconfort n'a pu être établie.

#### 1.3.1.2 Variation de posture

Dès 1969, Branton suggère qu'un changement de posture peut être associé à l'atteinte d'un certain niveau d'inconfort. L'étude de Konijn et al. (2008, dans (Van Rosmalen, Groenesteijn, Boess, & Vink, 2009)) s'inscrit dans cette logique en prouvant que la variation de posture réduit l'inconfort local. Liao et Drury (2000, dans (Sondergaard, Olesen, Sondergaard, de Zee, & Madeleine, 2010)) relient la fréquence du changement de posture à l'inconfort lors du travail à l'ordinateur : une augmentation de l'inconfort entraîne une augmentation de la fréquence à laquelle le sujet change de position sur son siège. Il est donc possible de mesurer l'accroissement de l'intensité de l'inconfort en suivant la variation de la fréquence de changement de posture.

#### 1.3.1.3 Posture du dos

Au cours de leur étude d'évaluation du confort d'un siège d'autobus, Zhao et Tang (1994) ont procédé à des mesures de la courbure du dos. Cinq courbes furent mesurées le long du dos de chaque sujet, courbes démontrées à la Figure 1-7, en position droite et affaissée. Ceci leur a permis d'établir une relation entre la courbure du dos des sujets, le profil du siège et une mesure subjective du confort. Cette dernière prenait la forme d'un choix entre les cinq catégories : very uncomfortable, quite uncomfortable, median, quite comfortable, very comfortable. Les chercheurs en ont déduit qu'un niveau de confort plus élevé était lié à une meilleure correspondance entre la courbure du siège et celle du dos humain, une telle courbure de siège offrant plus de soutien pour le bas du dos en position affaissée.

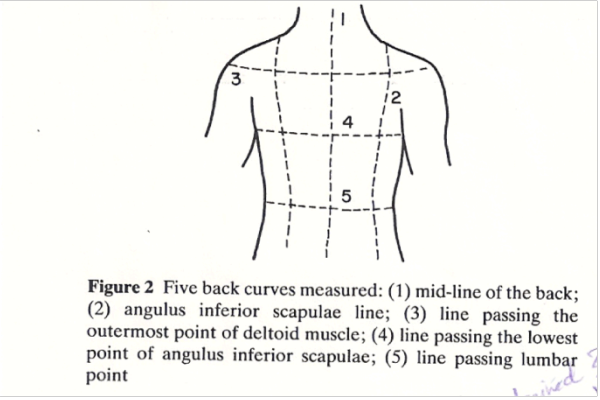



**Figure 2** Five back curves measured: (1) mid-line of the back; (2) angulus inferior scapulae line; (3) line passing the outermost point of deltoid muscle; (4) line passing the lowest point of angulus inferior scapulae; (5) line passing lumbar point

Figure 1-7 : Courbes du dos (Zhao & Tang, 1994)

Vergara et Page (2000) ont utilisé des électrodes pour mesurer la variation du contact entre le dossier du siège et les régions du haut et du bas du dos en fonction du temps. Ces électrodes sont installées au haut et au bas du dos ainsi que le long de l'axe vertical du dossier, positionnements indiqués par les lettres a, b et c à la Figure 1-8. Les lettres d, e et f représentent respectivement l'équipement de traitement de signal, l'ordinateur et la carte d'acquisition. Les mesures ont été faites sur six chaises avec ajustements différents. Le pourcentage d'utilisation du dossier s'est avéré être un indicateur des positions lombaires et pelviennes, ce qui a permis l'identification de quatre types de postures spontanées (voir Figure 1-9). Cette étude conclut que l'inconfort lombaire correspond de façon significative aux postures de types 1 et 3 indiquées à la Figure 1-9, soit celles pour lesquelles on n'observe aucun contact du haut du dos ou aucun contact avec le dossier. Le pourcentage d'utilisation du dossier serait donc une mesure objective de la perception du confort et de l'inconfort dans la région lombaire.

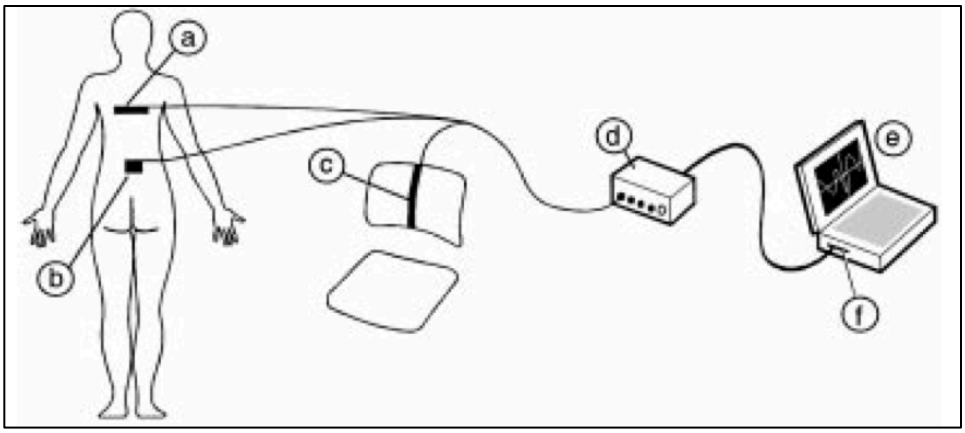



Figure 1-8 : Montage expérimental (Vergara & Page, 2000)

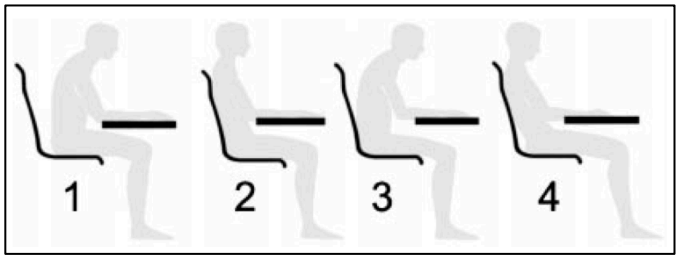



Figure 1-9 : Types de postures (Vergara & Page, 2000)

#### 1.3.1.4 Activité musculaire

L'électromyographie (EMG) peut être utilisée comme mesure objective de l'activité musculaire. Des études dont les conclusions sont présentées dans la revue de littérature de De Looze et al. (2003) ont tenté de relier le confort de sièges à diverses mesures d'activité musculaire telles l'activation musculaire, la fatigue musculaire et les variations d'activation musculaire. Les chercheurs citent l'étude de Lee et al. (1993) dans laquelle la faible activation des muscles du cou, des épaules et de l'arrière des cuisses prédit les sièges de voiture les mieux évalués en termes de confort sur une échelle de dix points. Lee, Waikar et Wu (1988) ont trouvé une corrélation significative entre l'inconfort et la fatigue des muscles des épaules et du dos ($R = 0.98$ et $R = 0.83$) de 12 sujets effectuant une tâche assise au microscope. Dans leur étude du confort de chaises de bureau, Bendix et al. (1985) ont installé des EMG sur les muscles érecteurs du rachis au niveau de la troisième vertèbre lombaire de 10 sujets. Ces derniers devaient tester trois chaises possédant différentes inclinaisons de sièges et en évaluer le confort et l'inconfort sur une échelle de cinq points. Les chercheurs n'ont toutefois constaté aucune variation significative d'activation musculaire pour les différents modèles de chaises.

### 1.3.2 Mesures subjectives

La subjectivité du confort implique qu'il relève de l'expérience de l'usager, expérience qui ne peut être décrite que par l'usager lui-même. Ceci fait de l'évaluation subjective une mesure directe du confort. Cette section présente les méthodes d'évaluation subjective du confort.

#### 1.3.2.1 Méthodes

Le questionnaire et l'entrevue sont à la base de l'évaluation subjective. Pour chaque différent produit et contexte d'utilisation, l'évaluateur doit définir le confort des usagers. Ceci est souvent réalisé par l'intermédiaire de mots ou expressions liées au confort ou à l'inconfort que l'on nomme descripteurs. Le questionnaire et l'entrevue sont deux méthodes très employées afin de recueillir ces descripteurs. L'expérimentateur pourra aussi se servir des questionnaires afin d'évaluer si les descripteurs qu'il a lui-même recueillis dans la littérature sont associés au confort par l'usager. Lors de leur étude sur l'identification des facteurs de confort dans l'usage d'outils manuels, Kuijt-Evers et al. (2004) ont recueilli une multitude de descripteurs de confort par entrevues et revue de littérature. Des questionnaires ont par la suite permis de raffiner la sélection

des descripteurs de confort puis de les regrouper en catégories nommées facteurs. Cette étude a mené au développement d'un autre questionnaire, le *Comfort Questionnaire for Handtools* (CQH) (Kuijt-Evers, Twisk, Groenesteijn, De Looze, & Vink, 2005). On constate que le questionnaire et l'entrevue sont des méthodes de recueil utilisées dans le but de construire un questionnaire. Le *Chair Evaluation Checklist* (CEC) (Helander & Zhang, 1997) est aussi un outil d'évaluation subjective du confort, cette fois dans le domaine des sièges de bureau, dont le développement, la validation et l'utilisation ont été réalisés par questionnaire.

Dans son livre *Designing Pleasurable Products*, Jordan (2000) décrit des méthodes employées lors du processus de création et d'évaluation de produit. Les méthodes d'évaluation qu'il nomme « empiriques », servent à mieux comprendre les désirs de l'usager et y faire correspondre le produit. L'ouvrage explique les méthodes de : conversation à la caméra, co-découverte, journal de bord, goupe-cible, penser tout haut, liste de réactions, observations terrain, questionnaire, entrevue, immersion, questions en échelle et création participative. Nous choisissons de décrire plus spécifiquement l'évaluation par groupe-cible ainsi que le « penser tout haut » puisque ce sont celles que nous intégrerons au protocole d'évaluation subjective du confort d'un prototype de siège d'avion. Lors de l'évaluation par groupe-cible, les usagers parlent de leur expérience avec un produit. Un animateur, dans ce cas-ci l'expérimentateur, sollicite les interventions et oriente la discussion sur le thème du confort. Lors de la méthode du « penser tout haut », on demande aux sujets de verbaliser leurs pensées lors de l'interaction avec le produit. Ceci augmente la quantité de données recueillies comparativement à une collecte de données écrites seulement.

#### 1.3.2.2 Échelles

L'évaluation subjective implique fréquemment l'utilisation d'échelles de mesure ou d'évaluation. De telles échelles servent à transformer un concept abstrait en unité numérique. L'échelle de Likert, inventée par le psychologue Rensis Likert (1932), est une échelle bipolaire mesurant le degré d'accord avec une affirmation, aussi appelée item de Likert. Ce degré d'accord est généralement défini par cinq niveaux : 1- Pas du tout d'accord, 2- Pas d'accord, 3- Ni en désaccord ni d'accord, 4- D'accord, 5- Tout à fait d'accord.

L'échelle de Likert est aussi appelée échelle sommative puisque le score final d'un répondant au questionnaire est la somme des valeurs de niveaux attribuées pour chacun des items. On voit

parfois des échelles à 4,7, ou 9 niveaux. Soulignons qu'un nombre impair de niveaux offre le choix de réponse neutre (ni en désaccord, ni d'accord). On s'expose alors à la possibilité d'avoir beaucoup d'avis neutres et donc peu de conclusions à tirer des résultats. Un nombre pair de niveaux force le répondant à trancher en affirmant s'il est plutôt en accord ou en désaccord avec l'énoncé (Trochim, 2006). Il est toutefois possible que le sujet n'ait pas d'avis concernant une affirmation (item de Likert). L'obliger à choisir l'accord ou le désaccord donnerait des résultats ne reflétant pas la réalité.

Des échelles graduées servent aussi à mesurer le niveau général de confort. La Figure 1-10 présente les échelles utilisées dans le questionnaire CQH, mentionné plus haut, afin de mesurer le confort attendu à la vue d'un outil à main ainsi que le confort général après une courte période d'utilisation. Les notes attribuées sur une échelle de Likert aux descripteurs de confort, (*Comfort descriptors*, Annexe 2), ont été corrélées avec ces mesures de confort général.

**Expected comfort at first sight**

| | Very uncomfortable | • | A little uncomfortable | • | A little comfortable | • | Very comfortable |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I think this hand tool is: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Overall comfort after short time use**

| | Very uncomfortable | • | A little uncomfortable | • | A little comfortable | • | Very comfortable |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I think this hand tool is: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Figure 1-10 : Échelles graduées pour mesurer le niveau général de confort d'outil manuel (Kuijt-Evers, et al., 2005)

L'échelle *Localized Perceived Discomfort* (LPD) est utilisée dans l'évaluation de l'inconfort au niveau de la main et du bras lors de l'utilisation d'outils manuels (Kuijt-Evers, Bosch, Huysmans, de Looze, & Vink, 2007). Deux cartes sont présentées au sujet : une carte détaillée divisée en 23 régions de la main et du poignet (voir Figure 1-11) ainsi qu'une carte des extrémités supérieures divisées en quatre régions. Le sujet doit évaluer les sensations de douleur, pression, engourdissement et fatigue sur une échelle de 6 (0 = aucun inconfort, 5 = inconfort extrême) ressenties dans chacune des régions avant et après l'utilisation d'un outil manuel.



Figure 1-11 : Régions de la main de l'échelle LPD (Kuijt-Evers, et al., 2007)

Une mesure subjective de l'inconfort global, la *Body Part Discomfort (BPD) scale*, développée par Corlett and Bishop (1976), permet au sujet d'indiquer les sites d'inconfort ressenti dans son corps lorsqu'il effectue un travail. Les régions du corps sont définies par l'image présentée à la Figure 1-12. On demande à l'usager d'évaluer successivement les parties du corps les plus inconfortables sur une échelle de 5, la somme des valeurs d'inconfort constituant le BPD index. En procédant à cette évaluation avant le travail et en la répétant à intervalles au cours de la période de travail il est possible d'évaluer le déplacement des sites d'inconfort ainsi que la variation de son niveau global.

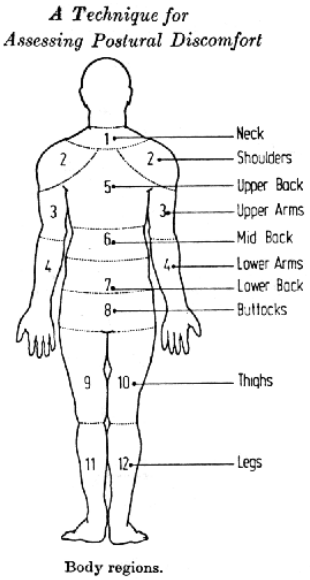



Figure 1-12 : Régions du corps de l'échelle BPD (Corlett & Bishop, 1976)

## 1.4 Construction de l'évaluation

Le confort est un désir du passager aérien qui est indéniablement associé au siège et à l'espace individuel. Dans un contexte de forte compétitivité tel que celui de l'industrie aéronautique, il est important de fidéliser la clientèle en répondant à ses désirs. Le processus de conception itératif et centré sur l'usager permet de développer un produit en tenant compte de ses désirs. Pour ce faire, l'usager évalue un prototype en fonction d'un désir spécifique, dans ce cas-ci le confort, et les résultats de cette évaluation sont appliqués pour améliorer les versions successives du produit.

Lors d'un examen de la littérature concernant le confort de sièges, nous n'avons pas trouvé d'études portant sur un protocole d'évaluation subjective du confort des sièges d'avion. De plus, le seul questionnaire spécifique aux sièges d'avion (Quigley, Southall, Freer, Moody, & Porter, 2001) concerne plutôt la santé et la sécurité des passagers. Les études consultées portent aussi bien sur des sièges de bureau, de voiture, de train, d'avion ainsi que le confort d'autres produits tels les outils manuels. Ces études analysent le confort selon divers angles et dans des buts variés, que ce soit pour la conception ou l'amélioration d'un prototype ou pour approfondir la compréhension du confort dans un domaine. Les méthodes d'analyse varient grandement, tant au niveau des tâches réalisées par l'usager, de la durée et fréquence d'évaluation, que des questionnaires ou des méthodes employés. C'est pourquoi il n'est pas possible de regrouper ces études sous un même thème et d'en faire une présentation succincte. On a donc voulu rassembler les informations recensées à travers cette revue de littérature afin de créer et tester un protocole ainsi qu'un questionnaire d'évaluation subjective du confort des sièges passagers pour avion.

Tous les éléments du protocole de l'évaluation du confort (matériel, sujets, contexte, tâche, temps, déroulement de l'évaluation), peuvent être liés au défi du schéma de la Figure 1-2 et visent à recréer de façon réaliste la relation siège d'avion – passager. Concernant la mesure des réponses, toujours en lien avec la Figure 1-2, puisque le confort est un construit de nature subjective, seule une évaluation subjective peut en constituer une mesure directe. On crée donc un outil de recueil de données subjectives, soit un questionnaire, accompagné lors du déroulement de l'évaluation d'autres méthodes telles que le « penser tout haut » et le recueil de commentaires faits par groupe-cible à la fin du test. Puisque le confort et l'inconfort sont liés à des facteurs différents, le questionnaire inclut une évaluation du confort distincte de celle de l'inconfort. Le protocole d'évaluation du confort étant réalisé dans un contexte de conception

itérative, on cherche à réduire les ressources nécessaires. Ainsi, aucune mesure objective n'est réalisée, ce qui diminue la quantité de matériel, le temps de préparation et d'installation ainsi que la complexité de l'analyse des résultats.

Les sections suivantes présentent les références consultées justifiant les choix liés à la construction du protocole d'évaluation (Section 1.5) ainsi que du questionnaire (Section 1.6).

## 1.5 Élaboration du protocole d'évaluation

### 1.5.1 Choix des sujets

Pour mieux choisir les sujets réalisant l'essai des aspects anthropométriques de produits industriels, le concepteur est guidé par la norme ISO 15537 (Association Française de Normalisation (AFNOR), 2005). Les sujets devront être sélectionnés parmi la population cible, cette dernière étant définie, toujours selon l'ISO 15537, par les critères suivants : l'origine géographique, l'âge, le sexe et la profession. Une fois cette population cernée, le concepteur doit identifier les tâches qui seront accomplies par l'utilisateur et sélectionner les dimensions cruciales du produit, soit celles qui rendent son utilisation difficile, inconfortable ou dangereuse. Puisque nous évaluons le confort et l'inconfort du siège, nous ne nous attarderons pas aux aspects de la norme concernant l'évaluation de la sécurité du produit. Une fois les dimensions cruciales du produit identifiées, le concepteur doit déterminer les dimensions anthropométriques correspondantes. Les cas les plus défavorables, soient ceux qui imposent le plus de restrictions aux sujets, sont formés en combinant les dimensions du produit et les dimensions anthropométriques, incluant les vêtements ou équipements additionnels, le cas échéant. Le cas le plus défavorable pour une dimension cruciale permet au concepteur de choisir les sujets et de mieux définir les conditions de l'essai. Un échantillon de trois personnes suffit à la réalisation d'un essai limité, un type d'essai permettant l'évaluation préliminaire de l'ergonomie de produits. L'utilisation d'un nombre minimal de sujets convient au contexte de limitation des ressources du processus de conception itératif dans lequel s'insère notre évaluation. Notons qu'un même sujet peut servir à l'évaluation de plus d'une dimension cruciale.

Certaines dimensions cruciales peuvent être évaluées individuellement. Toutefois, selon le *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (Robinette & Hudson, 2006) plus on augmente le nombre de dimensions évaluées, plus on restreint le pourcentage de la population qui sera

accommodé. Il est possible de remédier à cette situation en augmentant la plage de valeurs centiles utilisées. Par exemple, une plage du 1er au 99e centile permet d'accommoder 90% de la population sur 5 dimensions.

Il arrive que deux dimensions entrent en conflit. Par exemple, la hauteur et la profondeur du siège sont liées à deux parties de la jambe (hauteur du creux poplité et longueur fesses-creux poplité). Il ne suffit pas de considérer le sujet dont ces deux dimensions correspondent au 5$^{e}$ centile de la population et celui pour lequel elles correspondent au 95$^{e}$ centile puisqu'il existe aussi des sujets comportant des combinaisons de petites et grandes dimensions. Dans un tel cas, le livre *Guidelines for using anthropometric data in product design* (HFES 300 Committee, 2004) fournit une méthode de choix des sujets. À partir des dimensions conflictuelles, on identifie les dimensions anthropométriques correspondantes des sujets de la population cible. On trace alors le graphique illustrant la distribution bivariée de ces dimensions anthropométriques. La Figure 1-13 illustre le mode de sélection de quatre sujets dans le but d'accommoder 90% de la population féminine en fonction de la longueur des fesses aux genoux (*Buttock-Knee Length*) et de la hauteur de leurs yeux en position assise (*Eye Height, Sitting*). L'ellipse tracée englobe 90% des sujets de l'échantillon. Les points désignant les combinaisons de dimensions anthropométriques que doivent présenter les quatre sujets choisis sont les *Alternative Cases* indiqués par un cercle gris. Ils sont situés le plus près des points de tangence de droites imaginaires horizontales et verticales encadrant l'ellipse. Ces sujets possèdent les valeurs les plus faibles et les plus élevées des dimensions comprises dans l'ellipse. Les cas représentant les 5$^{e}$ et 95$^{e}$ centiles pour les deux dimensions à la fois sont représentés par des étoiles situées à l'intérieur de l'ellipse. Ceci nous permet de constater que si l'on ne faisait que choisir de tels sujets pour le test, le pourcentage de la population accommodé serait inférieur à 90%. La Figure 1-14 comporte une distribution des données de la population d'hommes et de femmes. L'ellipse tracée comprend donc 90% de la population globale mixte. Les cas de la population féminine sélectionnés à la Figure 1-13 y sont représentés à nouveaux par des cercles (*Female Alternative Cases)* contenant les numéros de 1 à 4 et ceux sélectionnés de façon similaire pour un échantillon masculin sont identifiés par des losanges contenant les numéros 5 à 8 *(Male Alternative Cases)*. Ont peut constater sur la Figure 1-14 que des sujets dont les dimensions correspondent aux cas 1, 4, (cercles, femmes) et 6, 7 (losanges, hommes) suffiront pour les essais puisqu'ils représentent les cas extrêmes des populations d'hommes et de femmes combinées.

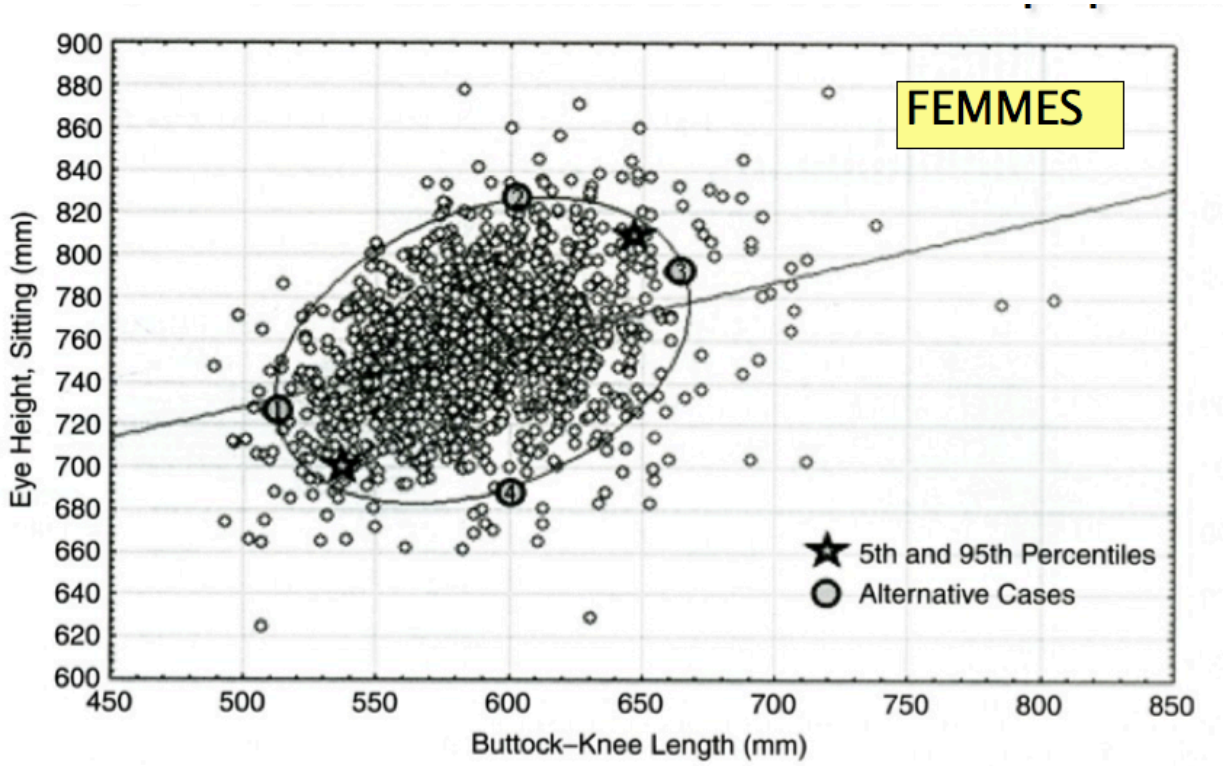



Figure 1-13 : Distribution bivariée pour la longueur des fesses aux genoux (*Buttock-Knee Length*) et la hauteur des yeux en position assise (*Eye Height, Sitting*) pour un échantillon féminin provenant de CESAR U.S. (N = 1263) avec une ellipse de probabilité de 90%, pondéré en fonction du NHANES (HFES 300 Committee, 2004)

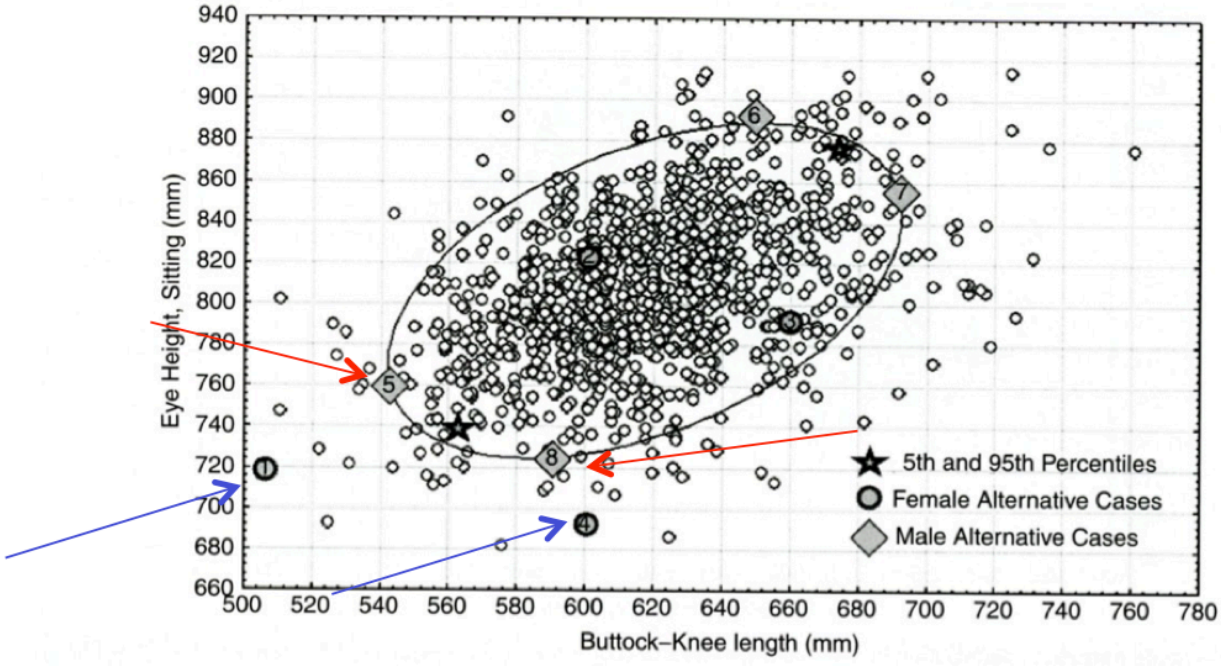



Figure 1-14 : Distribution bivariée pour la longueur des fesses aux genoux (*Buttock-Knee Length*) et la hauteur des yeux en position assise (*Eye Height, Sitting*) pour un échantillon féminin (N = 1263) et masculin (N = 1127) provenant de CESAR U.S. avec une ellipse de probabilité de 90%, pondéré en fonction du NHANES (HFES 300 Committee, 2004)

En se basant sur la procédure contenue dans la norme ISO 15537 (AFNOR, 2005), on établit les dimensions cruciales du siège à partir des activités qui seront réalisées par les sujets lors de l'évaluation. Le Tableau 1-2 présente les dimensions du produit ainsi que les mesures anthropométriques reliées. La première colonne identifie le type de dimension, soit conflictuelle, soit évaluée individuellement. Lorsque les dimensions présentent des contraintes d'espace ou d'accessibilité, il est possible d'établir le cas le plus défavorable, selon que ce soit l'homme ou la femme qui présente la dimension anthropométrique maximale ou minimale. Ce cas est décrit dans la dernière colonne de droite. Certaines dimensions ne donnent pas lieu à un cas plus défavorable mais doivent accommoder aussi bien les petites que les grandes personnes.

Tableau 1-2 : Dimensions cruciales et cas défavorables

| Dimensions cruciales | | | Cas le plus défavorable |
|---|---|---|---|
| **Type** | **Dimensions du produit** | **Dimensions anthropométriques** | |
| Dimensions conflictuelles | Hauteur d'appui-bras | Hauteur du coude assis | |
| | Hauteur de la tablette (à partir du bas) | Hauteur du genou - assis | Un homme 95e centile avec souliers |
| Dimensions conflictuelles | Longueur de l'assise pour accomoder les cuisses | Longueur fesses-creux poplité | |
| | Hauteur de l'assise | Hauteur du creux poplité | Une femme 5e centile sans souliers |
| Dimensions évaluées individuellement | Dégagement pour l'accès debout | Taille | Un homme 95e centile avec souliers |
| | Dégagement en avant des jambes en position assise | Longueur fesses-genou | Un homme 95e centile |
| | Largeur de l'assise | Largeur des hanches - assis | Trois femmes 95e centile assises côte à côte |
| | Largeur du dossier et espace individuel | Largeur bideltoide | Trois hommes 95e centile assis côte à côte |
| | Courbure du dossier | Hauteur des épaules assis | |
| | Hauteur de l'appui-tête | Hauteur assis | |

Le Tableau 1-3 présente les valeurs des dimensions anthropométriques cruciales reliées aux dimensions cruciales du produit. Ces valeurs sont données pour les hommes et les femmes du 99$^{e}$, 95$^{e}$, 5$^{e}$ et 1$^{er}$ centile, suivant la disponibilité des données, et sont tirées de deux sources (Harrison & Robinette, 2002; The Eastman Kodak Company, 2004), cette provenance étant indiquée à la dernière colonne de droite.

Tableau 1-3 : Valeurs des dimensions anthropométriques cruciales pour les hommes et femmes du 99$^{e}$, 95$^{e}$, 5$^{e}$ et 1$^{er}$ centile (Harrison & Robinette, 2002; The Eastman Kodak Company, 2004)

| Dimension cruciale | Valeurs pour chaque centile (mm) | | | | | | | | Provenance |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dimensions anthropométriques | 99 H | 95 H | 5 H | 1 H | 99 F | 95 F | 5 F | 1 F | |
| Hauteur du coude assis | 304,77 | 287,03 | 190,41 | 169,75 | 303,7 | 280,32 | 192,51 | 172,66 | CAESAR |
| Hauteur du genou - assis | 637,78 | 606,83 | 512,62 | 489,47 | 584,67 | 555,51 | 465,52 | 450,1 | CAESAR |
| Longueur fesses-creux poplité | | 550 | 440 | | | 530 | 440 | | Kodak |
| Hauteur du creux poplité | | 490 | 400 | | | 440 | 360 | | Kodak |
| Taille | 1964,99 | 1900,75 | 1650,23 | 1605,52 | 1824,98 | 1767,19 | 1525,98 | 1490,75 | CAESAR |
| Longueur fesses-genou | 707,87 | 673,06 | 561,83 | 543,81 | 694,76 | 647,7 | 533,15 | 507,42 | CAESAR |
| Largeur des hanches - assis | 483,99 | 435,42 | 328,96 | 310,53 | 556,62 | 501,04 | 348,43 | 331,48 | CAESAR |
| Largeur bideltoide | 592,43 | 550,31 | 440,08 | 422,17 | 554,86 | 492,95 | 384,76 | 371,57 | CAESAR |
| Hauteur des épaules assis | 686,98 | 655,85 | 549,15 | 521,29 | 640,85 | 615,05 | 522,99 | 500,82 | CAESAR |
| Hauteur assis | 1017,94 | 985,12 | 856,05 | 827,26 | 952,45 | 924,78 | 809,19 | 783 | CAESAR |

Explications :
99 H : Homme 99e centile
95 F : Femme 95e centile
CAESAR : (Harrison & Robinette, 2002)
Kodak : (The Eastman Kodak Company, 2004, table 1.7, p.54)

Ce protocole est élaboré dans un esprit de réduction des moyens nécessaires à sa réalisation pour mieux l'insérer dans un processus de conception itératif. C'est pourquoi on désire un faible nombre de sujets. Concernant les dimensions évaluées individuellement, on peut réaliser un essai limité, tel que défini par l'ISO 15537, en s'assurant que chacune des dimensions anthropométriques cruciales est représentée par trois sujets au sein de notre échantillon. Ceci s'applique pour une population mixte d'hommes et de femmes, au moins pour les 95$^{e}$ et 5$^{e}$ centile, et idéalement pour les 99$^{e}$ et 1$^{er}$ centiles, afin d'accommoder un plus grand pourcentage de la population. Pour mettre en situation tous les cas les plus défavorables, on doit aussi s'assurer de réaliser des évaluations en asseyant côte à côte trois sujets dont la largeur des hanches en position assise correspond au 95$^{e}$ centile de la population de femmes et trois sujets

dont la largeur bideltoïde correspond au 95$^{e}$ centile de la population d'hommes. Les valeurs de références des dimensions anthropométriques cruciales sont retrouvées au Tableau 1-3 ci-dessus.

Concernant les dimensions conflictuelles, on choisit quatre sujets selon la méthode expliquée à la Section 1.5.1. et illustrée de la Figure 1-15 à la Figure 1-18. Les ellipses tracées comportent 95% de la population et toutes les dimensions sont en millimètres. Sur chaque figure, les cas extrêmes sont encerclés et identifiés par les numéros 1 à 4. Les valeurs des dimensions correspondant à ces cas sont indiquées au Tableau 1-4. Les cas choisis pour faire partie de l'échantillon de test sont indiqués par des cases grisées. Ils comportent les combinaisons de dimensions aux valeurs extrêmes parmi les populations d'hommes et de femmes combinées, ce qui réduit donc de moitié le nombre de sujets nécessaires.

Les graphiques ont été construits à l'aide de données issues du *Anthropometric Survey of US Army Personnel* (Gordon, et al., 1988). Cette base de données est la seule à laquelle nous ayons eu accès. Elle est toutefois construite à partir d'une population de militaires, ce qui ne représente pas notre population cible. Un résultat plus approprié serait obtenu en se basant sur les données de CAESAR (2000).

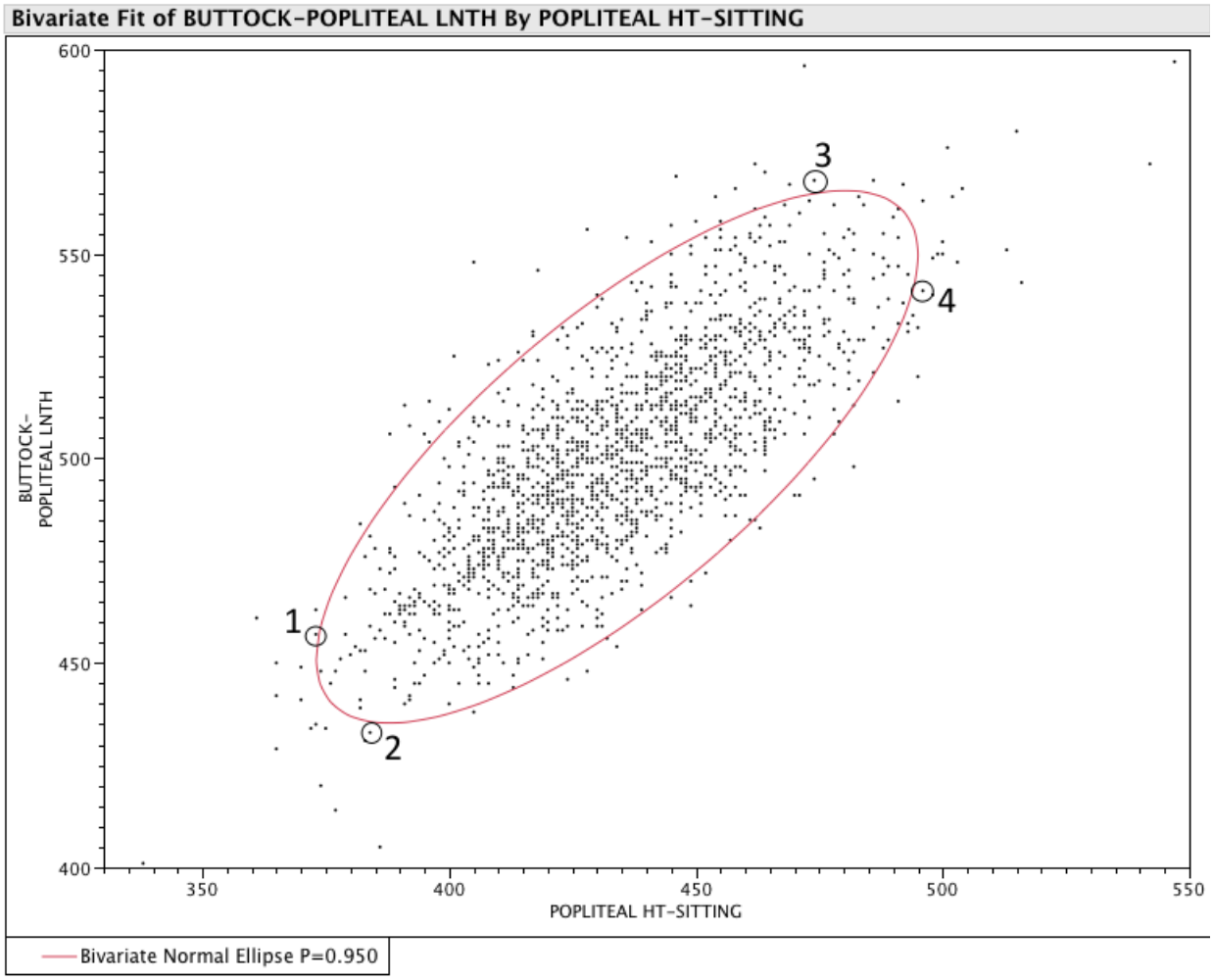



Figure 1-15 : Distribution bivariée pour la hauteur du creux poplité (axe x, en mm) et la longueur fesses – creux poplité (axe y, en mm), sujets masculins.

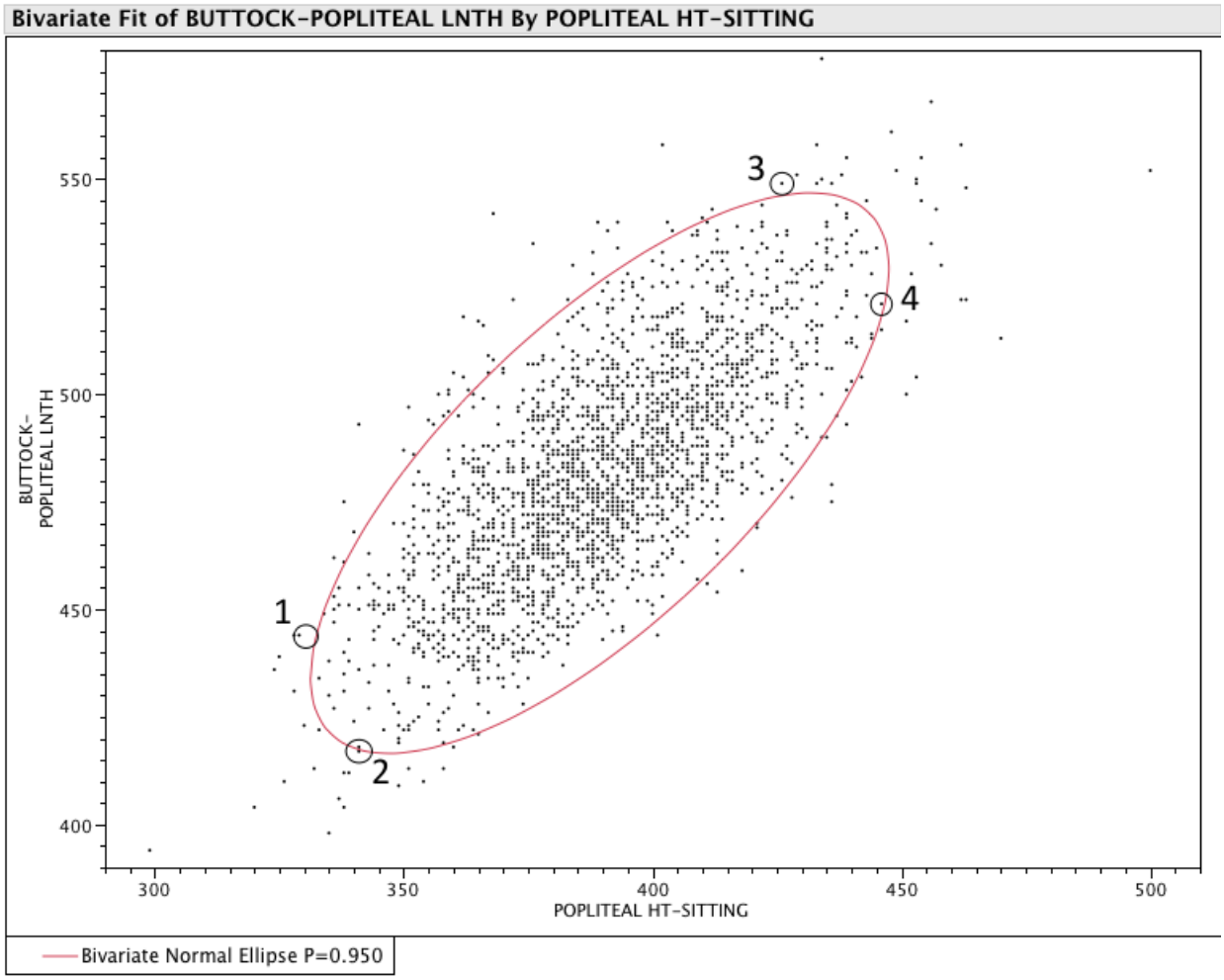



Figure 1-16 : Distribution bivariée pour la hauteur du creux poplité (axe x, en mm) et la longueur fesses – creux poplité (axe y, en mm), sujets féminins.

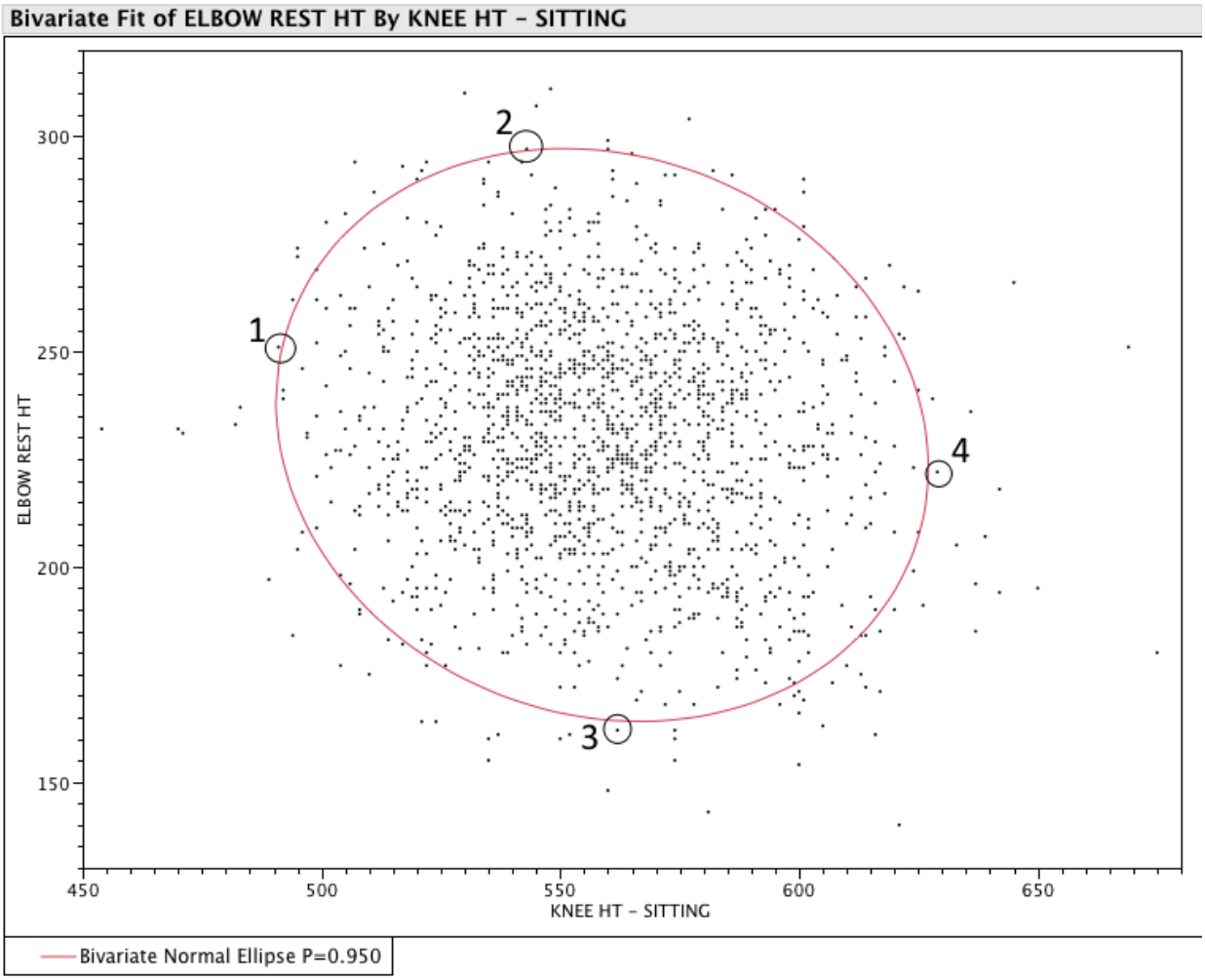



Figure 1-17 : Distribution bivariée pour la hauteur des genoux (axe x, en mm) et la hauteur du coude en position assise (axe y, en mm), sujets masculins.

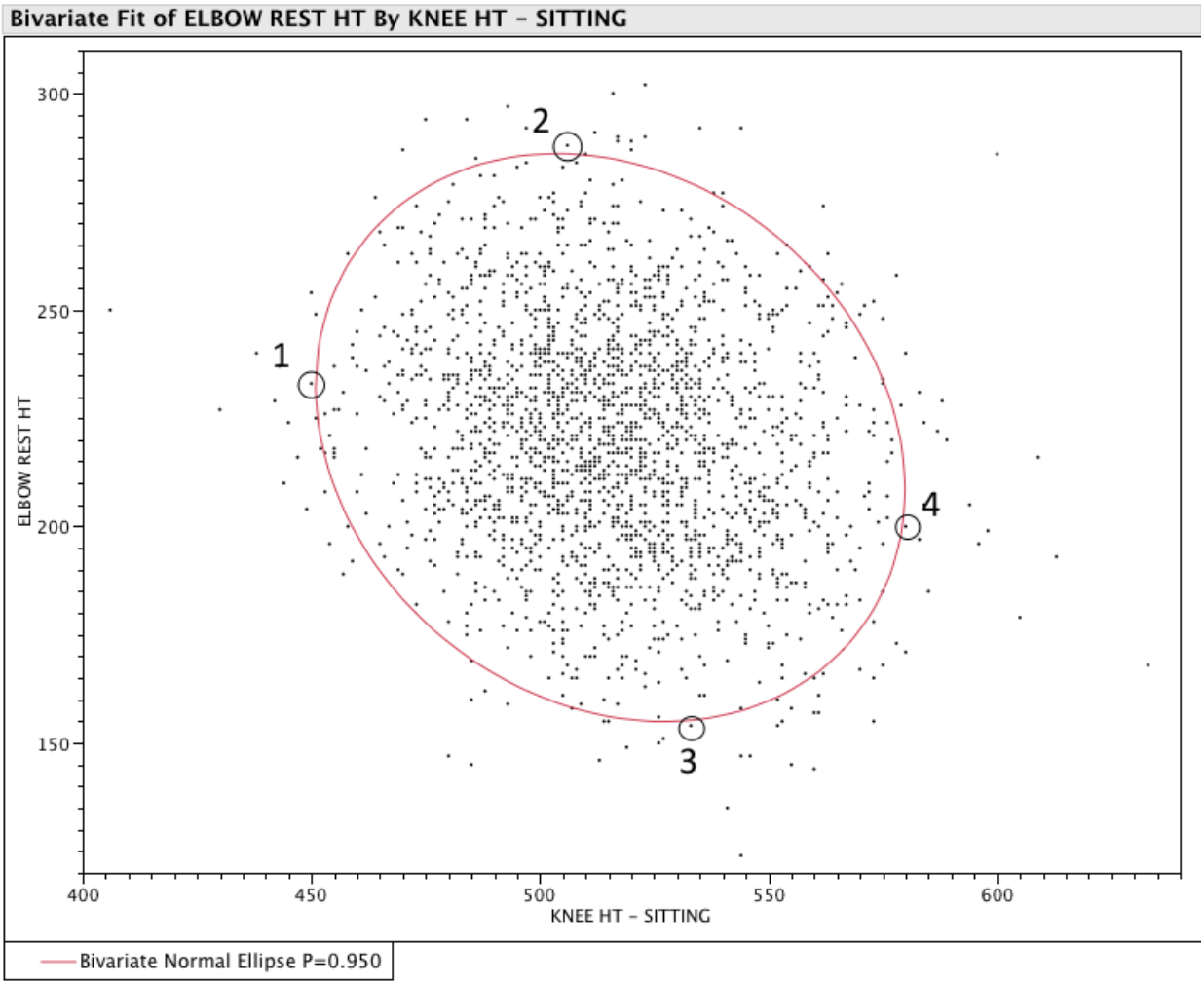



Figure 1-18 : Distribution bivariée pour la hauteur des genoux (axe x, en mm) et la hauteur du coude en position assise (axe y, en mm), sujets féminins.

Tableau 1-4 : Valeurs des dimensions (en mm) correspondant aux cas extrêmes

| Axe | Dimension | Hommes (points indiqués) | | | | Femmes (points indiqués) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| X | Hauteur du creux poplité | 372,5 | 484 | 475 | 495 | 329 | 340 | 425 | 440 |
| Y | Longueur fesses-creux poplité | 457 | 433 | 566,5 | 540 | 444 | 416 | 549 | 520 |
| X | Hauteur du genou assis | 490 | 544 | 562 | 629 | 450 | 510 | 534 | 580 |
| Y | Hauteur du coude assis | 250 | 296 | 162 | 221 | 233 | 287 | 155 | 200 |

Le Tableau 1-5 présente la composition idéale de notre échantillon afin de tester les dimensions cruciales, autant celles qui sont évaluées individuellement que celles qui sont conflictuelles. Dans le cas des dimensions évaluées individuellement, lorsqu'il existe un cas le plus défavorable, il est possible de n'évaluer que ce dernier sans tester pour les deux extrêmes de la population. Rappelons qu'un même sujet peut servir à l'évaluation de plus d'une dimension cruciale. Ainsi, le nombre total de sujets variera selon que ces derniers présentent une ou plusieurs dimension anthropométriques de valeur requise.

Tableau 1-5 : Composition idéale de l'échantillon à partir des dimensions anthropométriques cruciales conflictuelles et évaluées individuellement.

| **Type** | **Dimensions cruciales anthropométriques** | **Cas le plus défavorable** | **Composition idéale de l'échantillon** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Valeur maximale (mm) | Valeur Minimale (mm) | Nombre de sujets |
| Dimensions conflictuelles | Hauteur du coude assis | | Voir Tableau 1-4 pour connaître les combinaisons de dimensions que doivent présenter les sujets | | 8 |
| | Hauteur du genou - assis | Un homme 95e centile avec souliers | | | |
| Dimensions conflictuelles | Longueur fesses-creux poplité | | | | |
| | Hauteur du creux poplité | Une femme 5e centile sans souliers | | | |
| Dimensions évaluées individuellement | Taille | Un homme 95e centile avec souliers | 1900 | | 3 |
| | Longueur fesses-genou | Un homme 95e centile | 673 | | 3 |
| | Largeur des hanches - assis | Trois femmes 95e centile assises côte à côte | | 501 | 3* |
| | Largeur bideltoide | Trois hommes 95e centile assis côte à côte | 550 | | 3* |
| | Hauteur des épaules assis | | 656 | 523 | 3 hommes et 3 femmes |
| | Hauteur assis | | 985 | 809 | 3 hommes et 3 femmes |

* Dans ces cas, on ne fera le test qu'une fois avec trois sujets côte à côte plutôt que de le répéter trois fois, ce qui nécessiterait 9 sujets

## 1.5.2 Contexte

Plusieurs éléments influent sur la sensation de confort d'un passager. Dans une étude portant sur le confort d'un siège automobile, Kolich (2008) révèle les éléments suivants : l'interface siège-passager, la distribution de pression, le confort thermique, le microclimat, la fatigue, la

transmissibilité des vibrations, la fixité posturale. L'étude sur le confort des passagers rapportée par Vink et Brauer (2011) identifie les facteurs suivants : l'espace pour les jambes, l'hygiène, l'équipage, l'espace pour le bagage, le voisin, le siège, le temps de vol, le divertissement en vol, les délais, les bagages perdus, le type d'avion, le vol direct ou non. Ebe et Griffin (2001) divisent le confort en deux classes : le confort statique et le confort dynamique. Le confort statique est perçu lorsque le siège n'est soumis à aucune vibration et le confort dynamique lorsque les vibrations de l'appareil sont transmises au passager par l'intermédiaire du siège.

### 1.5.3 Tâche

Shackel et al. (1969) ont démontré que la tâche effectuée influence la préférence des sujets pour certains sièges en ce qui a trait au confort. En effet, la posture et la dynamique du corps ainsi que la pression ressentie varient selon la tâche (Groenesteijn, et al., 2009). Puisque le confort du sujet dépend des caractéristiques de la tâche, une évaluation du confort pour différentes tâches est donc requise.

Les préférences de postures en fonction des tâches peuvent toutefois varier d'un individu à l'autre. Il est possible de regrouper différentes tâches effectuées par un passager en avion pour mieux en dégager des postures générales. Jung et al. (1998) ont identifié les activités des passagers lors des voyages en train et en ont dégagé trois postures types, soit les positions verticale, (travailler, manger), détendue (lire, parler) et étendue (dormir, se reposer, écouter de la musique). Ceci a guidé le choix des tâches (appelées activités dans le questionnaire) qui devront être réalisées par les sujets lors de l'évaluation. On choisit les activités de façon à ce que chacune des postures type soit testée tout en laissant une certaine liberté au sujet dans le positionnement de son corps.

Lors des phases de TTL : Taxi, Takeoff and Landing (roulage, décollage, atterrissage) le passager aérien doit adopter une posture imposée pour un temps indéterminé. On sait toutefois qu'une posture prescrite peut compromettre le confort à long terme (Reed 1991, dans (Kolich, 2003)) puisqu'on empêche le sujet de faire les « macro-mouvements » nécessaires à la réduction de l'inconfort (Fujimaki et Noro 2005, dans (Groenesteijn, et al., 2009)). L'adoption par le sujet d'une posture fixe lors des phases mentionnées ci-dessus constitue donc une activité à part entière.

### 1.5.4 Temps

Puisque l'évaluation subjective du confort du siège sera utilisée lors des itérations de conception et donc sur des prototypes de sièges intermédiaires, il est important d'en minimiser la durée. Selon les études de Shackel et al. (1969) et Helander et Zhang (1997) établissant un ordre de préférence de chaises de bureau en termes de confort, cet ordre n'évolue pas en fonction du temps. Les chercheurs ont seulement observé une décroissance significative des notes attribuées au confort avec le temps. De ce résultat, on peut déduire une influence de la perception de l'inconfort croissant en fonction du temps et influant négativement sur la perception du confort. Il est donc nécessaire d'identifier un temps minimum d'adoption de la posture imposée de TTL afin de s'assurer que le sujet puisse ressentir un inconfort, de façon à identifier les caractéristiques du siège qui contribuent non seulement au confort mais aussi à l'inconfort. Dans le cas des sièges de voiture, une analyse des données provenant du *1990 U.S. Nationwide Personal Transportation Survey* a démontré que l'évaluation faite après avoir été assis 20 minutes comprend 82,5% de la variance du score de confort (Reed et Massie 1996, dans (Smith, Andrews, & Wawrow, 2006)). Ces données concernent les sièges de voiture et non les sièges d'avion et de plus, elles sont recueillies en conditions de conduite réelles alors que notre évaluation se déroulera dans une maquette de cabine d'avion pour passagers. Toutefois, parmi toute la littérature consultée, cette étude est la seule qui se prononce sur la variation de l'évaluation du confort en fonction du temps d'évaluation. On choisit donc ce se baser sur cette étude pour déterminer que le sujet demeurera dans la position correspondant aux phases de TTL pendant vingt (20) minutes.

## 1.6 Élaboration du questionnaire

Le questionnaire conçu spécifiquement dans le cadre de cette étude est présenté à l'Annexe 3 en versions française et anglaise. Les paragraphes qui suivent exposent les justifications associées au contenu de ce questionnaire.

Il a été mentionné plus haut que le confort est lié au bien-être et à l'esthétique alors que l'inconfort touche la physiologie et la biomécanique. On pourrait en déduire que l'évaluation du confort consisterait à recueillir une impression générale de bien-être et d'esthétique et que seule l'évaluation de l'inconfort serait reliée aux dimensions anthropométriques et aux caractéristiques du siège. Le questionnaire permet en effet de recueillir les impressions de l'usager (première

impression et impression finale, sections 1.6.3 et 1.6.6) ainsi que son avis sur des énoncés généraux se rapportant plutôt au bien-être et à l'esthétique (section 1.6.6). On choisit toutefois de lier autant le confort que l'inconfort aux caractéristiques du siège afin de remplir le quatrième objectif de la recherche, soit de guider les concepteurs. Pour ce faire, on demande à l'usager d'indiquer la cause des sensations physiques d'inconfort qu'il aura relevées tout au long du test (section 1.6.4), s'il y a lieu. On lui demande aussi de commenter directement le confort de diverses caractéristiques du siège (section 1.6.5). L'évaluation des premières impressions ainsi que de l'expérience globale demeure utile même lorsqu'elle n'est pas directement associée aux caractéristiques du siège. En effet, les sujets n'arrivent pas toujours à identifier la cause de telles perceptions générales et ne peuvent donc pas toujours isoler les caractéristiques du siège qui influent sur la perception de l'ensemble.

### 1.6.1 Section – 0 : Dimensions anthropométriques

Les dimensions anthropométriques à recueillir sur chaque sujet correspondent aux dimensions anthropométriques cruciales présentées au Tableau 1-2 de la Section 1.5.1. N'ayant pris connaissance des références mentionnées à la Section 1.5.1 qu'après test, les dimensions anthropométriques recueillies dans la première version du questionnaire ne correspondent pas toutes aux dimensions anthropométriques cruciales. Une correction est apportée à cet effet dans la seconde version du questionnaire (voir la Section 3.3.3).

Le Tableau 1-6 présente donc les dimensions correspondant aux dimensions anthropométriques cruciales et qui pourront être recueillies lors de l'emploi de la nouvelle version du questionnaire. La colonne de gauche donne le nom standardisé provenant du *Anthropometric data analysis sets manual*, ADAS (Human Systems Information Analysis Center, 1994), nom dont la colonne du centre fournit une traduction libre en français. La colonne de droite indique les numéros correspondants sur les images provenant de CAESAR, un résumé des statistiques recueillies auprès de la population adulte (18-65 ans) des États-Unis (Harrison & Robinette, 2002). Des illustrations des dimensions provenant du rapport CAESAR ainsi que leurs définitions standardisées provenant du ADAS, lorsque disponibles, sont présentées à l'Annexe 4.

Tableau 1-6 : Dimensions recueillies lors de l'évaluation (nouvelle version)

| ADAS | Traduction libre | CAESAR |
|---|---|---|
| *Stature* | Taille | 29 |
| *Elbow rest height* | Hauteur du coude assis | 13 |
| *Buttock-Knee Length* | Longueur fesses-genou | 10 |
| *Buttock-Popliteal Length* | Longueur fesses-creux poplité | |
| *Knee height - Sitting* | Hauteur du genou - assis | 25 |
| *Popliteal height - Sitting* | Hauteur du creux poplité - assis | |
| *Hip breadth - Sitting* | Largeur des hanches - assis | 22 |
| *Sitting Height* | Hauteur assis | 28 |
| *Bideltoid Breadth* | Largeur bideltoide | 27 |
| | Hauteur des épaules assis | 1 |

Les définitions standardisées soulignent le fait que certaines dimensions doivent être recueillies à l'aide d'un anthropomètre. Cet outil, illustré à la Figure 1-19 permet de mesurer la distance entre deux points à l'aide de deux bras parallèles, l'un fixe et l'autre coulissant sur une règle. Cet outil n'était pas disponible chez Bombardier au moment de notre évaluation. Son utilisation permettrait de recueillir des mesures de façon plus précise.



Figure 1-19 : Anthropomètre

Dans un but de simplicité et de rapidité du recueil de données il est important de choisir des dimensions anthropométriques pouvant être mesurées sur des points facilement repérables du corps humain.

Ces dimensions seront reliées aux critiques émises par les sujets à l'égard de diverses caractéristiques du siège. Par exemple, si un sujet dit trouver la hauteur de l'appui-bras

inconfortable, il est alors possible de se référer à la hauteur de son coude par rapport au siège. Le lien établi entre les dimensions anthropométriques et les commentaires des usagers fait intervenir le jugement de l'évaluateur et ultimement du concepteur. Ce dernier demeure donc libre de modifier la liste de mesures à prendre en fonction de ses critères de conception.

L'image d'un corps humain permet de fournir une information supplémentaire en indiquant certaines zones adipeuses.

### 1.6.2 Section – 1 : Informations personnelles

Dans la section des *Informations personnelles* remplies par l'évaluateur, le numéro du sujet est lié au siège qu'il occupe. Ainsi, le sujet 3 est près du hublot, le 2 est au milieu et le 1 est près de l'allée. Les *Données biographiques* sont un complément aux *Dimensions anthropométriques* de la SECTION – 0 et permettent de déterminer la répartition des sujets telle que décrite à la Section 2.1.3. La main préférée pour écrire est demandée pour identifier une possible interférence avec le bras du voisin.

L'*État de santé* ainsi que l'*Évaluation de l'inconfort - avant le test* servent à déterminer un état initial d'inconfort avant l'évaluation pouvant affecter la perception du confort du siège d'avion. On souligne ici certaines particularités de la portion *Évaluation de l'inconfort – avant le test*. Elle constitue une légère variante de la section *Évaluation de l'inconfort – pendant le test* dont le détail des justifications est présenté au paragraphe 1.6.3. Avant le test, on réfère non seulement à l'inconfort mais aussi à un mal ou un problème. Puisque chaque sujet possède sa propre conception de l'inconfort, on veut s'assurer d'inclure un large type d'inconforts dont des exemples de causes sont : une maladie, une douleur chronique, un handicap, etc. La chronicité ou récurrence possible de tels inconforts justifie l'inclusion d'une question sur leurs *fréquences*. Concernant l'échelle de sévérité, seule la description liée au niveau 7 diffère de l'*Évaluation de l'inconfort – pendant le test*. Un inconfort intolérable *pendant le test* a été défini comme l'impossibilité de demeurer assis sur le siège. Pour être identifié comme tel, un inconfort intolérable *avant le test* doit empêcher le sujet de penser à autre chose.

La suite des *Informations personnelles* permet d'identifier les habitudes de vol du sujet concernant la quantité de voyages effectués et la classe correspondante dans les trois dernières

années. Ces questions sont inspirées d'un questionnaire précédemment utilisé chez Bombardier ainsi que du questionnaire de Quigley et al. (2001).

### 1.6.3 Section – 2 : Première impression

Dans un ouvrage portant sur les principes de conception de produit liés au confort, Kuijt-Evers, de Looze et Vink (2004) précisent que le confort d'un produit est perçu à première vue, après usage à court terme et après usage à long terme. Vink (2005) identifie cinq moments cruciaux constituant l'expérience de confort du sujet : « les attentes, la première impression, l'utilisation à court terme, l'utilisation à long terme et la période après utilisation » (traduction libre). Le texte qui suit explique comment notre recherche tient compte de l'expérience de confort du sujet à divers moments. Les attentes ne sont pas évaluées précisément mais peuvent être liées aux habitudes de vol du sujet recensées à la SECTION – 1. Ainsi, un sujet voyageant habituellement en première classe sera susceptible de percevoir le siège de la classe économique comme étant moins confortable. Notons qu'il est difficile de dissocier ces attentes de l'évaluation du confort à différents moments puisque l'on demande au sujet de faire une évaluation absolue du confort du siège. Son jugement doit donc être basé sur ses expériences précédentes, expériences desquelles naissent les attentes. L'évaluation de la *Première impression* comporte deux sous-sections, soit la *Première impression visuelle* et la *Première impression assis*. La perception visuelle peut influer sur l'impression de confort tel que le démontre une expérience de Kuijt-Evers. Relatée par l'auteur Vink et Brauer (2011), cette expérience comporte quatre chaises identiques en tout points sauf pour la couleur : l'une est brune et les trois autres sont bleues. La chaise brune est évaluée comme moins confortable à première vue. Elle est aussi défavorisée dans l'évaluation du confort après utilisation à court terme. C'est seulement après plus d'une heure d'utilisation que le confort de la chaise brune est jugé égal à celui des autres. L'évaluation du confort effectuée lors du présent test et décrite à la Section 1.6.5 s'inscrit dans une évaluation à court terme. Notons que l'utilisation à long terme n'est pas considérée dans ce test, l'un des objectifs étant de limiter la durée de l'évaluation. L'évaluation du confort après la période d'utilisation est évaluée sous forme d'expérience globale et d'impression finale. Il n'est pas approprié dans ce cas-ci de considérer des facteurs comme le service après vente ou le soutien technique qui pourraient constituer une expérience de confort après la période d'utilisation puisque l'on s'attarde au rapport du sujet avec le siège et non à une expérience plus globale du confort.

### 1.6.4 Section – 3 : Évaluation de l'inconfort – *pendant le test*

La portion du questionnaire portant sur l'*Évaluation de l'inconfort* autant avant que pendant le test est principalement inspirée d'une revue de littérature faite par Cameron (1996). Cet ouvrage vise à définir l'inconfort lié au travail pour mieux en faire l'évaluation et utiliser les résultats de façon pertinente. À la lumière de ses recherches, l'auteure a produit un questionnaire mesurant l'inconfort au travail et présenté à l'Annexe 5.

Dans sa revue des outils d'évaluation de l'inconfort, Straker (2003) identifie les dimensions d'intensité, de qualité, d'emplacement (zone du corps) et d'évolution temporelle comme autant de paramètres nécessaires à une description complète de l'état d'inconfort. En outre, l'auteur recommande des modes d'évaluation propres au recueil de chacun de ces paramètres. Ainsi, l'intensité est jugée soit sur une échelle visuelle analogue ou une échelle verbale numérique ; l'emplacement est indiqué sur une représentation du corps ; l'évolution temporelle est évaluée à l'aide de mesures répétées. Plus de détails sur le choix des modes d'évaluation de chacun des paramètres sont donnés dans les paragraphes ci-dessous.

**Intensité**

Pour évaluer l'intensité de l'inconfort, Corlett (1990, dans (Cameron, 1996)) recommande l'utilisation d'une échelle à cinq (5) ou sept (7) points dont le point 0 représente l'absence d'inconfort et le point 7 un inconfort extrême. Les méthodes psychométriques standard divisent habituellement une échelle bipolaire en neuf (9) points, bien que des évaluateurs expérimentés puissent évaluer avec une précision correspondant à vingt-cinq (25) points (Guilfort 1954, dans (Shackel, et al., 1969)). Toutefois, Groenesteijn (2009) a remarqué qu'une échelle à six (6) points n'est pas suffisamment sensible pour détecter une différence entre le confort de divers sièges de bureau. Oborne et Clarke (1973) soulignent l'importance d'ajouter non seulement des adjectifs aux échelles numériques mais aussi de courtes phrases dénotant des expériences situationnelles. Ceci minimise les différences individuelles dans la conception de ce que représentent les chiffres en donnant un point de référence commun aux sujets pour évaluer leur perception. Par exemple, dans le cas d'une échelle d'évaluation du bruit, les chercheurs ont décrit la borne inférieure comme correspondant à être assis dans une pièce insonorisée et la borne supérieure comme le fait de se tenir près d'un camion montant une côte. De surcroît, l'ajout de mots sur des échelles a le double objectif de rappeler ce qui est évalué et de donner des ancres ou guides pour les jugements

qualitatifs (Shackel, et al., 1969). Il est à noter que puisque l'inconfort est un construit en lui-même, il est important de n'utiliser que ce terme afin d'éviter de transformer une échelle unidimensionnelle en échelle multidimensionnelle (Oborne & Clarke, 1975; Straker, 2003). La combinaison de ces sources a mené au choix d'une échelle de sévérité à sept points, les points 1, 3, 5 et 7 associés respectivement à un inconfort léger, modéré, sévère et intolérable et les points 2, 4 et 6 représentant des états intermédiaires. De courtes descriptions sont ajoutées pour mieux préciser chaque adjectif associé à l'inconfort lors de l'utilisation d'un siège d'avion. Puisque le sujet doit dénoter la présence d'un inconfort, on ne juge pas pertinent d'inclure les niveaux d'absence d'inconfort et d'inconfort minimal présents sur l'échelle de sévérité de Cameron (1996).

**Qualité**

La qualité réfère au type d'inconfort (pincement, douleur, picotement, chaleur) et est évaluée en demandant au sujet de décrire sa sensation.

**Emplacement**

La représentation du corps humain utilisée afin de désigner la zone d'inconfort est inspirée de celle utilisée par Cameron (1996). L'auteure justifie l'utilisation d'une telle illustration en soulignant que les membres et jointures ainsi que l'avant et l'arrière du corps y sont représentés, que les lignes divisent le corps en fonction de caractéristiques anatomiques et que ces mêmes lignes forment un nombre de régions à peu près équivalent pour le haut et pour le bas du corps. La représentation de l'avant du corps est justifiée dans le cas de l'évaluation d'un siège d'avion par l'utilisation de la tablette ainsi que la possible obstruction causée par le siège avant. Pour adapter l'illustration de Cameron davantage à l'évaluation d'un siège, certaines modifications ont été apportées aux zones. On a inclus tout le devant de la main dans une seule zone, un tel détail étant superflu dans notre cas. De plus, l'étendue des sections correspondant aux épaules a été diminuée pour mieux les distinguer des omoplates, deux zones sujettes à l'inconfort en position assise. Il est important de mentionner que ces zones servent de guide et que le sujet peut choisir de les élargir ou les préciser en en traçant de nouvelles. Le sujet doit indiquer la zone à l'aide d'une lettre pour éviter la confusion avec les chiffres utilisés pour l'échelle de sévérité.

**Évolution temporelle**

Lors de la présente évaluation, les sujets réalisent plusieurs activités expliquées plus en détail à la Section 1.5.3 portant sur les tâches. On mesure l'évolution temporelle de l'inconfort en demandant au sujet de le noter pendant et après l'activité. Lors de l'évaluation, le sujet peut à tout moment noter un inconfort perçu, d'où l'utilité de la case *Instant d'apparition*. Le caractère immédiat de l'évaluation est jugé nécessaire étant donné que la capacité de conserver les états biomécaniques et proprioceptifs en mémoire ne dure que quelques secondes (Helander, 2003). La conscience est aussi un acteur influent dans l'évaluation subjective. Seuls quelques-uns des multiples effets des stimuli présents lors de l'interaction avec un produit seront portés à la conscience de l'usager. Le fait de n'avoir pas prêté attention à l'effet provoqué par un stimulus nous rend inapte à l'évaluer (Nisbett & Wilson, 1977 dans (Annett, 2002)). C'est pourquoi on choisit de ne pas forcer le moment de l'évaluation de l'inconfort mais plutôt de laisser le sujet en prendre note lorsqu'il devient conscient ce type de sensation. Contrairement à l'évaluation de l'inconfort au travail faite par le questionnaire de Cameron (1996), l'échelle de fréquence n'est pas utilisée dans notre recherche. En effet, l'évaluation de l'inconfort du siège n'est faite qu'une seule fois, le sujet n'ayant donc pas l'opportunité de répéter les mêmes activités sur une période de plusieurs jours.

En plus d'évaluer les quatre dimensions de l'état d'inconfort, on demande au sujet s'il connaît la cause de sa sensation d'inconfort. Ceci peut permettre d'identifier les caractéristiques du siège qui sous-tendent la perception de l'inconfort plus directement, c'est-à-dire sans faire appel à une interprétation par l'évaluateur. Précisons en terminant que le présent questionnaire ne comporte pas de calcul d'un niveau global d'inconfort. Un tel niveau global résulte de l'addition des valeurs d'inconfort pour chaque région, opération que réalise une autre méthode fréquemment utilisée, le *Locally Perceived Discomfort* (LPD) (Kuijt-Evers, 2007). Elle n'est pas utilisée dans ce cas-ci puisque l'on ne souhaite pas obtenir un niveau global d'inconfort mais plutôt identifier les zones spécifiques d'inconfort.

### 1.6.5 Section – 4 : Confort

Tout comme pour l'évaluation de l'inconfort, on souhaite lier l'évaluation du *Confort* aux caractéristiques du siège dans le but de guider les concepteurs. Cependant, si l'on demande au sujet d'évaluer le confort de caractéristiques prédéterminées, on ne lui laisse pas la liberté d'identifier celles qui à son avis sont plus fortement liées au confort. D'un autre côté, si l'on ne

fournit qu'une page blanche au sujet, il risque de produire très peu de commentaires, n'étant pas aussi attentif aux détails qu'un expert en évaluation ergonomique le serait. De plus, si on lui demande d'évaluer seulement son expérience globale à l'aide d'énoncés généraux tels ceux de la *Chair Evaluation Checklist* (Helander & Zhang, 1997) (ex : I like the chair), il est impossible d'établir un lien direct entre les résultats et les caractéristiques du siège.

Ce raisonnement est à la base de l'élaboration de la SECTION - 4 du questionnaire portant sur l'évaluation du confort. En effet, les questionnaires consultés dans la littérature (énumérés ci-dessous) impliquent l'évaluation par les usagers de chacune des caractéristiques du siège énumérées. Notre évaluation laisse le soin à l'usager d'identifier les caractéristiques du siège qu'il considère les plus importantes en termes de confort. Notons qu'on inclut aussi une évaluation plus globale du confort du siège à la SECTION – 5 du questionnaire.

Ainsi, dans la SECTION – 4 du questionnaire, le sujet émet des commentaires sur ce qui, selon lui, compromet ou favorise le confort. Les caractéristiques énumérées dans la colonne de gauche ne sont que des guides ou aides mémoires : il n'est pas obligatoire de faire des commentaires sur chacun d'eux. Ces caractéristiques, loin d'avoir été choisies de façon aléatoire, sont le fruit d'une recherche exhaustive portant sur les caractéristiques et dimensions des sièges le plus souvent associées au confort. Les sources consultées proviennent autant du domaine de la recherche que du domaine industriel. De diverses études portant sur le confort de sièges de bureau (Groenesteijn, et al., 2009; Vergara & Page, 2000), de détente (Le Carpentier, 1969; Van Rosmalen, et al., 2009), de tracteur (Mehta & Tewari, 2000), d'avion (Vink & Brauer, 2011) et de voiture (Ebe & Griffin, 2001), on a retenu les caractéristiques importantes en termes de confort. Elles étaient soit mentionnées par les sujets soit évaluées par une méthode subjective. On a aussi compilé les caractéristiques de siège énumérées dans des études comportant des questionnaires reliés au confort ou à l'inconfort. Dans le domaine de l'automobile, mentionnons le *Automobile Seat Comfort Survey* (Kolich & Taboun, 2004) et le *Automotive Seating Discomfort Questionnaire* (ASDQ) (Smith, et al., 2006). D'autres questionnaires portent sur le confort de sièges de train, tel que celui élaboré par Bronkhorst et Krause (2004) présenté à la Figure 1-20 ainsi que le *Chair Feature Checklist* de Jung (1998, figure 6) ce dernier ayant servi à l'évaluation de deux prototypes de sièges de train haute vitesse en Corée. Concernant les sièges de bureau, on s'est inspiré du *Chair Feature Checklist* de Shackel et al (1969) à la Figure 1-21 ainsi que du formulaire d'évaluation ergonomique d'un siège de Hedge (2007), créé suite à une

revue de littérature. Des 50 items que ce formulaire comportait initialement, nous en avons retenu 21 qui sont présentés à l'Annexe 6. Dans le domaine des sièges d'avion, mentionnons le *Anthropometric Study to Update Minimum Aircraft Seating Standards* (Quigley, et al., 2001), une étude n'étant pas axée sur le confort mais plutôt sur les considérations de santé et sécurité liées à l'espace disponible. La portion du questionnaire pertinente pour la présente étude et disponible à l'Annexe 7 porte sur les dimensions et caractéristiques du siège qui pourraient causer des problèmes au sujet lors de l'entrée ou la sortie. L'Annexe 8 comporte les questionnaires utilisés dans l'industrie aéronautique et passés en revue, soit le *Ergonomic Seating Evaluation Form* de la compagnie Haworth (2002), le G5000 *Seat comfort check* utilisé par la compagnie C&D Zodiac (2006) ainsi que le *Global UCT Seat Evaluation* créé par la compagnie Bombardier (2008). Il est possible de questionner la valeur scientifique de l'association entre le confort et les critères recensés dans le milieu industriel. On a toutefois constaté que plusieurs des caractéristiques du siège reconnues comme étant liées au confort sur la base de l'expérience acquise en milieu industriel se retrouvent aussi dans la littérature consultée.

**TABLE 13.4**
**The Evaluation of Two Seats, S1 and S2, by End Users**

| Seat cushion criterion | S1 | S2 |
|---|---|---|
| Comfortable | +/– | – – |
| Height to floor | + | + |
| Width | ++ | ++ |
| Depth | +/– | +/– |
| Angle backward | + | + |
| Hardness of cushion | +/– | +/– |
| Support for legs and buttocks | +/– | +/– |
| Cushion cover | – | + |
| Postural constraints of row in front | – – | +/– |

**TABLE 13.5**
**Backrest and Entire Seat Evaluation Results of the Two Seats**

| Criterion | S1 | S2 |
|---|---|---|
| **Backrest** | | |
| Comfortable | +/– | – – |
| Width | ++ | ++ |
| Angle backwards | +/– | + |
| Hardness cushion | +/– | +/– |
| Lumbar support | +/– | +/– |
| Lumbar height | +/– | +/– |
| Lumbar swell | +/– | +/– |
| Upper back support | – – | – – |
| Head support | – – | – – |
| **Entire seat** | | |
| Comfortable | +/– | – – |

Figure 1-20 : Évaluation de sièges de train (Bronkhorst & Krause, 2004)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Seat height above the floor | too high *(chair presses on thighs)* | correct hight | too low *(thigh completely clear of chair)* |
| Seat depth (length) | too long *(presses into hollow behind knee)* | correct depth | too short *(overhang seat at back)* |
| Seat width | too narrow *(unable to move sideways)* | correct width | too wide *(unable to slide out of seat sideways)* |
| Slope of seat | slopes too far down towards the back *(slide down into the seat, wedged)* | correct slope | slopes down at front too much *(slide out of the seat)* |
| Seat shape | poor | adequate | good |
| Curvature of the back support (side to side) | too curved *(clamps the sides)* | correct | too flattened |

Figure 1-21 : Chair Feature Checklist (Shackel, et al., 1969)

L'Annexe 9 présente le Tableau 3-17 qui recense l'entièreté des caractéristiques du siège liées au confort suite à la revue de littérature. Une version simplifiée et adaptée au modèle du siège utilisé lors de l'évaluation est présentée dans le questionnaire.

En terminant, la section portant sur le confort comporte une page blanche consacrée aux commentaires afin de solliciter des remarques sortant du cadre imposé ou portant sur le format même du questionnaire afin de pouvoir l'améliorer.

### 1.6.6 Section – 5 : Expérience globale et impression finale

L'évaluation de l'*Expérience globale* du sujet s'inspire des facteurs de confort (Comfort factors) de la *Chair Evaluation Checklist* (CEC) de Helander et Zhang (1997). L'un des objectifs des chercheurs était de développer une échelle multidimensionnelle d'appréciation du confort et de l'inconfort d'une chaise de bureau. Les énoncés utilisés dans la CEC sont *: I feel relaxed, I feel refreshed, The chair feels soft, The chair is spacious, The chair looks nice, I like the chair, I feel comfortable*. Soixante-dix-neuf travailleurs de bureau ont évalué chacun de ces énoncés sur une échelle de neuf points où le 1 équivaut à être complètement en désaccord et le 9 à être complètement d'accord avec l'énoncé. En 2009, Van Rosmalen et al. (2009) l'ont appliqué à une recherche qualitative et quantitative visant la conception d'une chaise confortable pour regarder la télévision.

Pour la présente étude on a jugé que l'énoncé *I feel refreshed* (je me sens rafraîchi ou ravivé) était trop ambigu et que *The chair feels soft* (le siège est moelleux) évoquait plutôt le confort d'un

divan que celui d'un siège d'avion. Les énoncés retenus de la CEC ont donc fait l'objet de la traduction libre française suivante : *I feel relaxed* / Je me sens détendu dans ce siège, *The chair looks nice* / L'apparence de ce siège me plaît, *I like the chair* / Ce siège me plaît, *The chair is spacious* / Ce siège est suffisamment spacieux. Notons pour cette dernière traduction l'ajout du mot suffisamment puisque la notion d'espace individuel dans un avion en classe économique est différente de celle d'un bureau ou d'un salon. Dans l'étude originale, le facteur *I feel comfortable* de la CEC était utilisé afin de corréler chacun des autres facteurs au construit de confort. Dans ce cas-ci, l'objectif de l'évaluation n'est pas de compléter une étude statistique afin de vérifier le coefficient de corrélation de chacun des facteurs à la notion de confort. On cherche plutôt à évaluer l'opinion des sujets concernant différents facteurs qui ont été déterminés par des études précédentes comme étant apparentés au confort. On a donc consciemment choisi d'utiliser l'expression "expérience globale" et non "expérience globale de confort" pour ne pas biaiser le jugement du sujet en signalant un lien entre ces facteurs et la notion de confort. Il est toutefois essentiel de connaître aussi l'impression du sujet en terme de confort à proprement parler. La portion *Impression finale* remplit cette fonction en demandant au sujet de comparer son expérience de confort lors du test à son expérience des sièges d'avion, de la même façon que dans le cas de la *Première impression* (voir Section 1.6.3). Avant de terminer, il est important de souligner que deux énoncés ne provenant pas de la CEC ont été ajoutés à la section *Expérience globale*. C'est à la lumière de l'association de la notion de bien-être à celle du confort que font Kyung et al. (2008) (voir Figure 1-4, Section 1.1.1) que l'on a ajouté l'énoncé « Je ressens un bien-être dans ce siège ». Aussi, des différentes études portant sur le confort de sièges, citées à la Section 1.6.5, il ressort que la notion de simplicité d'utilisation est souvent associée au confort. Ceci justifie l'ajout de l'énoncé « Ce siège est simple d'utilisation ». Il est important de garder en tête que la validité de l'échelle ainsi créée pour cette évaluation n'a pas été démontrée. Toutefois, on n'emploiera pas d'outils statistiques d'analyse des données mais l'on vérifiera plutôt le niveau d'accord de chaque sujet avec chaque énoncé.

Plutôt que d'utiliser l'échelle verbale numérique de la CEC, on a choisi d'employer celle utilisée par Kuijt-Evers et al. (2005) pour leur étude sur l'identification des prédicteurs de confort et d'inconfort dans l'utilisation d'outils manuels. Ainsi, le sujet signifie sur une échelle de 1 à 7 s'il est totalement en désaccord, un peu en désaccord, un peu d'accord ou totalement d'accord avec chaque énoncé. Il est important de souligner que cette échelle, présentée à la Figure 1-22, ne nous

donne pas d'indication absolue : on ne peut assurer que l'expérience de chaque sujet en lien avec chaque facteur est similaire. Ce changement d'échelle est justifié par le fait que l'utilisation d'une échelle verbale numérique similaire à celle de la CEC aurait pu porter à confusion. Par exemple, dans le cas de l'affirmation « Ce siège est suffisamment spacieux » il serait malaisé d'associer l'adverbe suffisamment à une réponse en termes des critères : pas du tout, modérément, extrêmement.

**Comfort descriptors**

| | This hand tool: | Totally disagree | • | A little disagree | • | A little agree | • | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fits the hand | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | is functional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3 | Is very reliable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Figure 1-22 : Extrait du questionnaire de confort de l'étude de Kuijt-Evers et al. (2005)

La SECTION – 5 du questionnaire évalue donc l'expérience globale du sujet en termes de facteurs liés au confort ainsi que son impression finale directement liée à son expérience du confort de sièges d'avion.

## 1.7 Réponse à la demande initiale de Bombardier

Dans sa requête initiale, la compagnie Bombardier spécifie que l'évaluation du confort de sièges d'avion devra être faite par les usagers, ce qui n'est pas étranger au contexte dans lequel elle sera appliquée, soit le processus de conception itératif, ce processus ayant pour objectif de répondre aux désirs de ces mêmes usagers.

Cette revue de littérature a tenu toutefois à présenter autant les différents types d'évaluation que l'on a classés comme étant des évaluations d'ingénierie et des évaluations par les usagers. Force est de constater que les évaluations subjectives des usagers contredisent parfois les évaluations d'ingénierie. De plus, bien qu'il soit important d'appliquer les critères anthropométriques et les directives ergonomiques, ne serait-ce que pour minimiser l'inconfort, la latitude de décision que possède l'équipe de conception est limitée par les contraintes qu'imposent les normes, certifications, coûts et délais. L'évaluation subjective par les usagers est donc essentielle afin d'évaluer l'influence sur le confort des changements apportés à certaines caractéristiques du siège au fil de la conception de nouveaux prototypes.

Faute d'avoir trouvé une étude portant sur un protocole d'évaluation ou un questionnaire visant spécifiquement l'évaluation subjective d'un siège passager pour avion, nous avons choisi de les bâtir grâce aux informations colligées dans la littérature consultée. La nécessité d'adapter ces protocole et questionnaire au processus de conception itératif justifie plusieurs choix visant à restreindre les ressources nécessaires, soient entre autres de limiter la durée de l'évaluation, de ne prendre aucune mesure objective et d'utiliser un nombre minimal de sujets en réalisant un essai limité.

Notre évaluation doit servir de guide aux concepteurs et donc permettre de cibler les changements prioritaires à apporter au prototype. Notre questionnaire laisse donc au sujet la liberté d'identifier les caractéristiques du siège qui, selon lui, sont plus fortement liées au confort. À travers les commentaires les plus fréquents, on pourra faire ressortir les caractéristiques du siège les plus importantes en termes de confort pour les usagers.

# CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉVALUATION DU SIÈGE POUR UN PROCESSUS DE CONCEPTION ITÉRATIF

Ce chapitre présente les différents aspects de la méthodologie d'évaluation subjective du siège d'avion que nous avons suivie. Il décrit la maquette de cabine de passagers d'avion et le siège utilisés. On y explique aussi comment les dimensions anthropométriques des sujets ont été recueillies avant de présenter certaines données biographiques et catégorisations des sujets. On y présente ensuite les éléments méthodologiques de l'évaluation concernant la séance de test, soient le contexte, les activités réalisées par les sujets et le temps. Le détail du déroulement de la séance de test peut être consulté à l'Annexe 10. Les sous-sections suivantes du chapitre présentent les contraintes ayant déterminé certains paramètres de notre recherche, la méthode d'analyse des résultats ainsi que notre avis sur la validité de l'évaluation.

## 2.1.1 Maquette et siège

L'évaluation a lieu dans la maquette grandeur nature de la cabine d'avion CSeries, située dans les locaux de l'entreprise Bombardier à Montréal. La température ambiante y est de 21$^{o}$ Celcius. Le document d'ingénierie détaillant les dimensions des sièges et de la maquette est disponible à l'Annexe 11. La rangée de trois sièges utilisée correspond à la rangée triple appelée « Standard Triple Seat » sur ce même document. Elle fait partie de la classe économique.

Les dimensions principales du siège sont présentées au Tableau 3-18 de l'Annexe 12. Certaines proviennent du document de l'Annexe 11 et d'autres ont été mesurées directement sur le modèle numérique en trois dimensions dont on peut voir une image à la Figure 3-6 de l'Annexe 12.

**Composantes du siège**

La Figure 2-1 présente une image des sièges utilisés lors du test. Ses principales composantes sont les suivantes : une assise, un dossier, un appui-tête, deux appui-bras, une pochette pour magazines, une tablette repliable et un carré gris simulant un écran (non fonctionnel) sur l'arrière de l'appui-tête. Le siège ne possède pas de repose-pied. Il ne possède pas non plus de ceinture de sécurité. Un seul ajustement est possible, soit l'inclinaison du dossier. Un bouton à cet effet est situé sur la partie avant intérieure de l'appui-bras (voir Figure 2-2). Des magazines et couvertures remplissent les pochettes. Ils peuvent être utilisés respectivement lors des activités de lecture et

de repos dont il sera question à la Section 1.5.3. On accroche des écouteurs afin de permettre aux sujets d'en simuler l'utilisation. Le revêtement du siège est en cuir de couleur bleu foncé comprenant une portion grise au centre. Les appuis-bras sont gris ; la portion plus foncée est recouverte de caoutchouc et la portion pâle à l'extrémité est recouverte de métal.




Figure 2-1 : Sièges d'avion utilisés lors du test

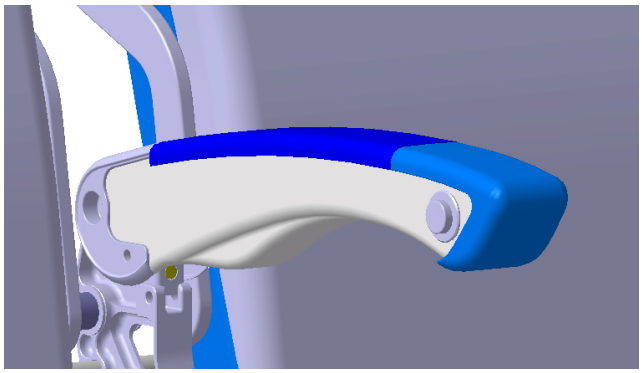


Figure 2-2 : Bouton sur l'appui-bras pour l'inclinaison du dossier

### 2.1.2 Dimensions anthropométriques

La prise des dimensions anthropométriques (SECTION – 0 du questionnaire) doit être simple et rapide. Ces dimensions ont été prises à l'aide d'un ruban à mesurer, faute de posséder un anthropomètre. Les sujets étaient assis sur un banc placé à l'extérieur de la maquette et ajustable en hauteur par la rotation de l'assise supportée par une vis,. Ils devaient retirer leurs chaussures, s'adosser au mur et plier leurs genoux à 90 degrés. On estime une erreur de plus ou moins 1 cm sur les mesures. Si l'on n'assoit pas le sujet directement dans le siège pour prendre ces mesures, c'est qu'il ne doit pas voir le siège d'avion avant le début de l'évaluation dans la maquette. Ceci pourrait en effet fausser sa première impression du siège et par conséquent sa réponse au questionnaire à la SECTION – 1 : Première impression.

### 2.1.3 Sujets[1]

Les participants à cette étude sont des employés de Bombardier ayant réalisé le test pendant leurs heures de travail. Le temps alloué au test a été compté comme du temps travaillé de sorte que les sujets n'ont pas reçu de compensation financière supplémentaire. Le seul critère d'exclusion était le fait de n'avoir jamais voyagé en avion. On souhaite en effet que les sujets jugent le confort du siège d'avion en fonction de leur expérience précédente.

Chaque test était réalisé par groupe de trois sujets, permettant une meilleure gestion par l'évaluatrice. Le numéro du sujet est lié au siège qu'il occupe. Ainsi, le sujet 3 est près du hublot, le 2 est au milieu et le 1 est près de l'allée. Des lettres sont ajoutées aux chiffres désignant chaque sujet afin de différencier la séance de test à laquelle chacun a pris part. On a dû faire un test à deux sujets et un à quatre sujets suite à l'absence non prévue d'un sujet. Ce fait peut être constaté au Tableau 2-1 rassemblant les données biographiques des sujets selon l'horaire de la séance de test à laquelle ils ont participé. Le sujet supplémentaire lors de la dernière séance y est identifié par le nombre 3* et l'on explique qu'il était assis près du hublot et seul sur la rangée de sièges

1 Le certificat d'approbation du comité d'éthique de la recherche sur des sujets humains est présenté à l'Annexe 15.

(correspondant aussi au *Standard Triple Seat* de l'Annexe 11) immédiatement en arrière des trois autres sujets.

Tableau 2-1 : Sommaire des données biographiques

| **Test** | | **Données biographiques** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Date | Heure | Sujet # | Sexe | Âge (ans) | Écrit avec la main |
| Pré-test | | 1 | M | 39 | - |
| | | 2 | M | 58 | - |
| | | 3 | F | 24 | - |
| 01/08/11 | 13h30-15h30 | 1A | F | 42 | Droite |
| | | 2A | M | 25 | Droite |
| | | 3A | M | 28 | Gauche |
| 02/08/11 | 14h00-16h00 | 1B | F | 26 | Droite |
| | | 2B | F | 61 | Droite |
| | | 3B | F | 32 | Gauche |
| 05/08/11 | 13h30-15h30 | 1C | F | 30 | Droite |
| | | 2C | M | 42 | Gauche |
| | | 3C | M | 63 | Droite |
| 08/08/11 | 13h30-15h30 | 1D | M | 28 | Droite |
| | | 2D | F | 34 | Droite |
| 09/08/11 | 9h00-11h00 | 1E | M | 24 | Droite |
| | | 2E | M | 41 | Droite |
| | | 3E | F | 28 | Droite |
| 09/08/11 | 14h00-16h00 | 1F | F | 26 | Droite |
| | | 2F | M | 34 | Droite |
| | | 3F | M | 28 | Droite |
| | | 3*F | F | 32 | Gauche |
| | | | | | |

* Le sujet était assis près du hublot et seul sur la rangée de sièges située derrière la rangée où étaient assis les trois autres sujets

Le siège de l'avion CSeries est destiné à une population nord américaine, d'âge adulte et de diverses professions. Il est aussi souhaitable d'avoir quelques sujets gauchers pour tester l'interférence des voisins lors de différentes activités nécessitant l'usage de la main dominante.

Le Tableau 2-2 présente la répartition des sujets en fonction du sexe et de l'âge. Le nombre de 10 femmes et 8 hommes s'approche de façon acceptable de l'objectif d'un groupe constitué d'une moitié d'hommes et d'une autre moitié de femmes. L'échantillon possède beaucoup de sujets dans la tranche de 20-30 ans et aucun dans la tranche des 50-60 ans. Cette répartition s'explique par le fait que les jeunes employés de Bombardier ont plus de temps à accorder à des activités externes à leur travail puisqu'ils ont moins de responsabilités.

Tableau 2-2 : Répartition des sujets selon le sexe et l'âge

| | Sexe | | Âge (ans) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | M | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60+ |
| Nombre de sujets * | 10 | 8 | 8 | 5 | 3 | 0 | 2 |
| * Sujets du test seulement et non du pré test | | | | | | | |

### 2.1.4 Contexte d'évaluation

Le fait que le test se déroule dans une maquette et non en vol réel ainsi que la configuration de cette même maquette limite les éléments du contexte qu'il est possible d'évaluer en fonction du confort. Par exemple, on peut seulement évaluer le confort statique. Le climat est différent du climat en vol, autant en termes de bruit, de température, de pression et de luminosité. Il n'est pas non plus possible de reproduire l'inclinaison de l'appareil lors des phases de décollage et d'atterrissage. Soulignons que l'évaluation du confort dans cette recherche s'attarde au rapport avec le siège et non à une expérience globale de confort qui inclut les services en vol (divertissement, nourriture), l'interaction avec le personnel de bord, les transferts, la récupération des bagages et les délais.

### 2.1.5 Activités réalisées par les sujets

Les activités réalisées lors de l'évaluation sont: 1- position TTL, 2- manger, 3- lire et écrire à l'ordinateur (on passera l'ordinateur aux sujets à tour de rôle), 4- dormir, 5- entrer et sortir du siège et 6- écrire à la main. L'activité d'écriture à la main est prise en compte par le simple fait que les sujets remplissent le questionnaire. Elle est effectuée simultanément aux autres activités ; on n'alloue donc pas de moment spécifique à sa réalisation. L'ordinateur portable étant fréquemment utilisé par les passagers en avion, il est important d'inclure cette activité. Notons que la présence d'écouteurs permettra aux sujets de tester leur utilisation lors des différentes activités.

### 2.1.6 Temps d'évaluation

L'activité de TTL est d'une durée de 20 minutes. Les trois activités subséquentes ne dureront que cinq minutes chacune puisque l'on souhaite restreindre la durée totale du test. L'activité d'entrée et sortie est d'environ 30 secondes.

### 2.1.7 Séance de test

Le déroulement du test comporte une phase de préparation avant l'arrivée des sujets, puis une portion réalisée à l'extérieur de la maquette suivie de la dernière portion réalisée à l'intérieur de la maquette. La séquence décrivant précisément le déroulement d'une séance de test ainsi que la préparation qui la précède est disponible à l'Annexe 10. La durée totale de la séance de test, sans inclure la préparation, est d'environ deux heures.

Dans le cas d'un siège d'avion, certaines contraintes supplémentaires peuvent affecter l'espace disponible et causer des cas défavorables qui s'ajoutent à ceux décrits au Tableau 1-2 et qu'il est impératif d'évaluer. C'est pour cette raison que l'on choisit d'ouvrir le porte-bagage situé au-dessus des sujets. Ceci restreint au maximum l'espace disponible lors de l'activité d'entrée et sortie du siège. La position du dossier du siège avant est un autre facteur affectant grandement aussi bien l'espace disponible pour les jambes que les possibilités d'utilisation de la tablette. Il est donc essentiel que pour chaque activité du sujet, l'expérimentateur permette l'évaluation du confort autant avec le dossier du siège avant relevé qu'incliné. L'expérimentateur peut facilement incliner ou redresser manuellement chacun des dossiers des sièges. Tous les dossiers doivent cependant être en position relevée lors de l'activité de TTL puisque dans ce cas, la position du dossier est imposée par les règles de sécurité. Le fait de remplir au maximum la pochette du siège avant en utilisant une couverture et des magazines simule une situation plausible où l'espace disponible pour les jambes est réduit.

Le Tableau 2-3 résume l'organisation liée à chacune des activités réalisées par le sujet lors de l'évaluation.

Tableau 2-3 : Détails des activités réalisées lors de l'évaluation

| Activité | Durée (minutes) | Sujet | Siège avant | Siège du sujet | Tablette | Utilisation d'accessoires | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTL | 20 | En silence, remplit SECTION - 3 et - 4 | Dossier relevé | Dossier relevé | Relevée | Aucun | |
| Manger | 5 | Peut parler, remplit SECTION - 3 et - 4 | Dossier incliné et relevé | Au choix (plus souvent relevé) | Baissée | Verre d'eau et sac de bretzels | Écouteurs |
| Lire + Écrire à l'ordinateur | 5 | Peut parler, remplit SECTION - 3 et - 4 | Dossier incliné et relevé | Au choix | Au choix | Revues et livres (dans la pochette avant), ordi portable passé à tour de rôle aux sujets par l'évaluatrice | Écouteurs |
| Dormir | 5 | En silence, tente de dormir | Dossier relevé si dossier du sujet incliné ; Dossier incliné si dossier du sujet relevé | Au choix (plus souvent incliné) | Relevée | Couverture (dans la pochette avant) | Écouteurs |
| Entrée-Sortie | Environ 30 sec | Peut parler | Dossier incliné pour le siège près de l'allée, autres dossiers relevés | Au choix | Relevée | Aucun | |
| Écrire | Tout au long de l'évaluation | Remplit le questionnaire | - | - | - | Tablette rigide supportant le questionnaire | |

Une caméra vidéo est utilisée pour filmer le déroulement de la séance et une horloge permet d'indiquer l'heure aux sujets, information nécessaire pour remplir le questionnaire d'inconfort.

Un formulaire de consentement, disponible à l'Annexe 13, ainsi qu'un questionnaire, présenté à l'Annexe 3, sont distribués aux sujets en version française ou anglaise.

### 2.1.8 Contraintes

Pour des raisons de confidentialité, l'accès aux locaux de Bombardier est restreint. Ainsi, les sujets de la recherche sont tous des employés de Bombardier, soit des professionnels en majeure partie ingénieurs, ce qui n'est pas représentatif de la population cible.

Le choix des sujets était aussi limité par la correspondance entre les heures de disponibilité des employés et la disponibilité de la maquette.

Afin de pouvoir appliquer l'évaluation à répétition lors du processus de conception itératif, on réalise des choix tendant à minimiser les ressources nécessaires. C'est pourquoi on choisit un faible nombre de participants et l'on détermine le temps d'évaluation en fonction du minimum nécessaire à l'évaluation de l'inconfort (voir Section 1.5.4). De plus, l'analyse des résultats sera répétée à chaque évaluation et devra être effectuée rapidement. Elle ne peut donc pas comporter d'analyse statistique complexe.

Notons aussi que la reproduction de l'environnement réel de vol est limitée par ce qu'offre la maquette.

### 2.1.9 Méthode d'analyse des résultats

Nous préciserons ici la méthode d'analyse des résultats des sections du questionnaire évaluant l'*Inconfort pendant le test* et du *Confort*. Rappelons que dans le but de permettre une exécution du test pour chaque itération de conception, on cherche à rendre l'analyse des résultats simple et rapide. Ceci doit être fait en s'assurant de respecter le quatrième objectif de la recherche qui est de guider les concepteurs dans la conception du prototype suivant. L'analyse des résultats révèlera donc les commentaires les plus importants ainsi que leur lien avec les caractéristiques du siège. La Figure 2-3 résume la façon dont on détermine l'importance des commentaires après le recueil de ce que les sujets ont écrit dans leurs questionnaires dans les sections d'évaluation de l'*Inconfort pendant le test* et du *Confort*. Les critères que nous utilisons pour déterminer l'importance des commentaires sont les suivants :

Niveau de détail : le sujet formule son opinion sur une caractéristique par une description plus détaillée plutôt que par quelques mots ou un crochet.

Répétition : le même commentaire est mentionné par plusieurs sujets ou le même sujet mentionne un commentaire à la fois dans la grille d'inconfort et dans la feuille d'évaluation du confort.

Degré de sévérité : l'échelle de sévérité utilisée lors de l'évaluation de l'inconfort permet d'identifier les inconforts les plus sévères (de 3 : inconfort modéré à 7 : inconfort intolérable) et donc méritant l'attention du concepteur, et ce même s'ils n'ont été relevés que par un sujet.

La Figure 2-3 désigne aussi deux étapes où notre jugement intervient :

Regrouper et classifier les commentaires : les sujets font des descriptions écrites semblables qu'ils formulent différemment mais que l'on regroupe sous une même expression.

Niveau de détail : les commentaires trop vagues ou constitués d'une simple marque tel un crochet ou une croix et non de mots ne sont pas pris en considération.

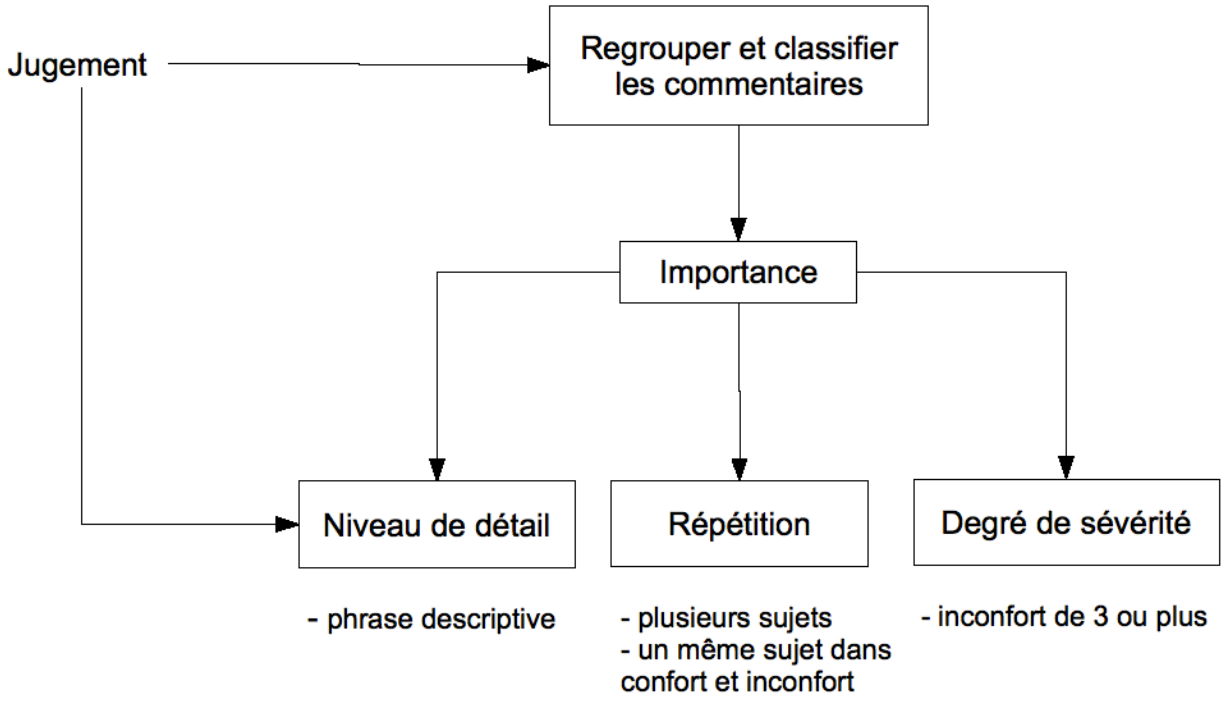



Figure 2-3 : Détermination de l'importance des commentaires

Les commentaires recueillis dans les sections d'évaluation de l'*Inconfort pendant le test* et du *Confort* sont regroupés du Tableau 3-7 au Tableau 3-14 à la Section 0 selon la composante du siège à laquelle ils font référence. Ces tableaux regroupent les numéros de sujets ayant émis des commentaires semblables. Puisque chaque sujet rédige ses commentaires de façon différente, nous avons dû trouver une formulation générale. Nous avons aussi rassemblé les commentaires des sujets selon la composante du siège la plus appropriée. Par exemple lorsqu'un sujet a écrit une opinion concernant le dossier sous la composante « liberté de mouvement», elle sera présentée dans le tableau des commentaires liés au dossier. Précisons que l'on n'a pas répertorié le fait qu'un sujet ait simplement mis un crochet ou son équivalent à côté d'une caractéristique du siège. En effet, on cherche à recenser ce à quoi les sujets accordent le plus d'importance et donc ce qu'ils prennent le temps de commenter plus en détail.

### 2.1.10 Validité de l'évaluation

**Du point de vue ergonomique**

Notre évaluation s'attarde au rapport de l'usager avec le siège. Bien que les conditions dans la maquette ne soient pas celles d'un vol réel, ce paragraphe précise comment les principales conditions touchant l'environnement, la tâche et le temps recréent de façon réaliste cette portion de l'expérience de vol qu'est la relation de l'usager avec le siège.

Le bruit, la température, la pression, la vibration, la luminosité et l'inclinaison (lors du décollage et de l'atterrissage) sont des facteurs qui peuvent influer sur la perception du confort du siège (tel que mentionné à la Section 1.5.2). La maquette utilisée lors de notre expérimentation ne peut ni vibrer, ni s'incliner et les conditions ambiantes de température et de pression sont celles d'une pièce normale. À notre avis, cette ambiance habituelle pour le sujet lui permet de se concentrer sur ses sensations liées au confort et à l'inconfort du siège. De plus, la maquette recrée la cabine des passagers dans son aspect et sa taille réels. Le protocole d'évaluation vise aussi à recréer les activités réalisées en vol et par conséquent les postures adoptées. En effet, la tâche effectuée par le sujet a un impact sur sa posture et la dynamique de son corps, ce qui influence son évaluation du confort du siège (voir Section 1.5.3). Aussi, le temps d'évaluation ne correspond pas au temps réel de vol, ce qui est aussi imposé par les restrictions dues au contexte de conception itérative. Nous avons donc choisi un temps d'évaluation suffisant pour permettre au sujet d'évaluer à la fois le confort et l'inconfort, sachant que l'évaluation faite après une période assise de 20 minutes comprend 82,5% de la variance du score de confort (voir Section 1.5.4). Nous croyons ainsi avoir tenu compte de suffisamment d'éléments pour recréer de façon réaliste le rapport de l'usager avec le siège et lui permettre d'identifier des caractéristiques du siège liées au confort et à l'inconfort . Nous estimons donc que l'évaluation subjective du confort et de l'inconfort réalisée est valide. Si toutefois l'on disposait d'une maquette reproduisant un environnement de vol de façon encore plus réaliste, il serait pertinent de l'utiliser dans la conduite de l'évaluation.

**Du point de vue des objectifs de la recherche**

Jusqu'à maintenant, les évaluations de confort de sièges de Bombardier ont été réalisées sur un modèle dont la conception est presque finalisée. Ainsi, les résultats ne seront applicables en majeure partie que sur le prochain modèle de siège. Notre évaluation étant réalisée en cours de

conception sur divers prototypes intermédiaires, elle permettra d'améliorer le confort du siège à plus courte échéance. Le *Global UCT Seat Evaluation*, créé par Bombardier (2008) et présenté à l'Annexe 8, fut réalisé avec 26 sujets, nécessitant beaucoup de ressources en termes de personnel (seul les employés peuvent servir de sujets) et de temps dédié à l'évaluation. On peut aussi questionner les résultats de l'analyse de ce questionnaire qui est réalisée en regroupant les réponses sous forme de pourcentages et de moyennes. De plus, ce questionnaire demande aux sujets soit d'évaluer des caractéristiques prédéterminées du siège, soit de donner une opinion générale du confort du siège. Notre questionnaire a l'avantage de laisser au sujet la liberté d'identifier les caractéristiques du siège qui selon lui sont plus fortement liées au confort. À travers les commentaires les plus fréquents, on pourra ainsi faire ressortir les changements prioritaires à apporter au prototype dans l'optique de concevoir un siège confortable.

# CHAPITRE 3 ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION DE L'ÉVALUATION DU SIÈGE

Les résultats sont présentés dans un ordre correspondant à celui du questionnaire et suivis de notre interprétation. Lorsque certaines sections du questionnaire contiennent des données qui sont utilisées conjointement dans l'interprétation des résultats, le sous-titre du paragraphe contient le nom des sections regroupées. On présente ensuite un résumé de l'analyse puis une discussion générale portant sur les résultats de l'évaluation, le protocole d'évaluation ainsi que sur les modifications apportées au questionnaire.

## 3.1 Résultats et Analyse

### 3.1.1 Section – 1 : Informations personnelles et inconfort avant le test

Concernant l'évaluation de l'inconfort avant le test, seulement deux sujets ont fait part respectivement d'un mal de cheville ou d'épaule. Les zones du corps qui sont le siège de ces inconforts n'ont toutefois pas été identifiées à nouveau lors de l'évaluation de l'inconfort pendant le test. Les sujets n'y ont pas non plus fait référence dans leurs commentaires. Ces inconforts au départ ne semblent donc pas avoir influencé l'évaluation de l'inconfort du siège.

Le Tableau 3-1 et le Tableau 3-2 présentent les informations personnelles concernant l'expérience de vol.

Tableau 3-1 : Informations personnelles concernant l'expérience de vol

| | Combien de vols différents au cours des 3 dernières années ? | | | | Habituellement, dans quelle classe voyagez-vous ? | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sujets | 0 | 1 max | 1 à 5 | Plus de 5 | Économique | Affaires | Première | Autre |
| 1A | | | | x | x | | | |
| 2A | x | | | | x | | | |
| 3A | | | x | | x | | | |
| 1B | | | | x | x | | | |
| 2B | | | | x | x | | | |
| 3B | | | | x | x | | | |
| 1C | | | | x | x | | | |
| 2C | | | | x | x | | | |
| 3C | | | x | | x | | | |
| 1D | | | | x | x | | | |
| 2D | | | | x | x | | | |
| 1E | | | x | | x | | | |
| 2E | | | | x | x | | | |
| 3E | | | | x | x | | | |
| 1F | | | | x | x | | | |
| 2F | | | | x | x | | | |
| 3F | | | x | | x | | | |
| 3*F | | | | x | x | | | |
| Total | 1 (6%) | | 4 (22%) | 13 (72%) | 18 (100%) | | | |

Tableau 3-2 : Informations personnelles concernant l'expérience de vol (suite)

| | Déjà voyagé dans une autre classe ? | | Si oui, la ou lesquelles ? | | | Si oui, combien de fois ? | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sujets | Oui | Non | Affaires | Première | Autre | 1 fois max | 1 à 5 fois | Plus de 5 fois |
| 1A | x | | x | x | | | x | |
| 2A | | x | | | | | | |
| 3A | | x | | | | | | |
| 1B | x | | x | | | x | | |
| 2B | | x | | | | | | |
| 3B | x | | | x | | x | | |
| 1C | x | | | x | | x | | |
| 2C | x | | x | x | | | | x |
| 3C | | x | | | | | | |
| 1D | x | | x | | | | | x |
| 2D | | x | | | | | | |
| 1E | | x | | | | | | |
| 2E | | x | | | | | | |
| 3E | | x | | | | | | |
| 1F | x | | x | x | | | x | |
| 2F | x | | x | | | x | | |
| 3F | | x | | | | | | |
| 3*F | x | | x | x | | | x | |
| Total | 9 (50%) | 9 (50%) | | | | | | |

On constate que la majeure partie des sujets, soit treize (13) d'entre eux, ont effectué plus de cinq (5) vols dans les trois (3) dernières années. De plus, tous voyagent habituellement en classe économique et la moitié d'entre eux ont déjà voyagé dans une classe supérieure. Les résultats de l'évaluation de la première impression (SECTION – 2) ainsi que de l'expérience globale et de l'impression finale (SECTION – 5) pourront être comparés à l'expérience de vol afin de voir si l'on peut détecter une influence de cette expérience sur l'évaluation du siège par les sujets.

### 3.1.2 Section – 2 : Première impression

On a comparé la première impression visuelle à la première impression en position assise du sujet par rapport à son expérience du confort des sièges d'avions. Le Tableau 3-3 juxtapose les réponses obtenues dans les deux cas. La dernière colonne de droite indique s'il y a eu une variation entre la première impression visuelle et la première impression en position assise. Lorsque l'impression s'est « dégradée », le sujet trouve le siège moins confortable que ce qu'il avait jugé en le regardant. L'inverse est indiqué par le mot « améliorée ». On a aussi inclus les commentaires des sujets lorsqu'ils en ont écrits. Ces commentaires recoupent ceux qui ont été faits dans les sections d'évaluation de l'inconfort et du confort. Ils sont donc inclus dans les résultats présentés aux Sections 3.1.4 et 3.1.5.

Tableau 3-3 : Première impression visuelle et en position assise

| | **Première impression visuelle** | | | | **Première impression assis** | | | | **Variation** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sujets | Moins | Aussi | Plus | Ne sais pas | Moins | Aussi | Plus | Ne sais pas | |
| 1A | x | | | | x | | | | |
| 2A | x : Il est mince | | | | x : Il est dur | | | | |
| 3A | x | | | | x | | | | |
| 1B | | x | | | x | | | | dégradée |
| 2B | x | | | | x | | | | |
| 3B | | x | | | x : rigidité de l'assise | | | | dégradée |
| 1C | | x | | | x : principalement le dos | | | | dégradée |
| 2C | x : le dossier a l'air trop plat, trop étroit dans la région lombaire | | | | x : pression au bas du dos, assise courte | | | | améliorée |
| 3C | x | | | | | x | | | améliorée |
| 1D | | x | | | x | | | | dégradée |
| 2D | x | | | | x | | | | |
| 1E | | x | | | x | | | | dégradée |
| 2E | x | | | | x | | | | |
| 3E | x | | | | x | | | | |
| 1F | | x | | | | x | | | |
| 2F | x | | | | | x | | | améliorée |
| 3F | x | | | | x | | | | |
| 3*F | x | | | | x | | | | |
| Total | 12 (67%) | 6 (33%) | | | 14 (78%) | 4 (22%) | | | |

On constate que trois (3) sujets ont perçu une amélioration alors que cinq (5) ont perçu une dégradation. C'est donc que pour huit (8) sujets sur dix-huit (18), leur première impression visuelle ne concorde pas avec leur première impression lorsqu'ils s'assoient. Ces variations se maintiennent toutefois entre des impressions d'un confort moindre ou égal à ce qui a déjà été expérimenté. Bien que six (6) sujets sur dix-huit (18) trouvent le siège aussi confortable que ce qu'ils ont expérimenté à première vue, la grande majorité, soit quatorze (14) sur dix-huit (18) le trouvent moins confortable une fois qu'ils y prennent place. Cette conclusion est valable autant pour les sujets qui ont déjà voyagé en classe affaires ou première classe (la moitié des sujets selon le Tableau 3-1) que pour les sujets qui ont toujours voyagé en classe économique. La première impression des sujets ne semble pas influencée par leur position, soit près du hublot, au centre ou près de l'allée.

### 3.1.3 Section – 2 : Première impression et Section – 5 : Expérience globale

Le Tableau 3-4 présente l'impression finale de confort en position assise des sujets par rapport à leur expérience des sièges d'avion. Les sujets ont rempli cette portion du formulaire à la fin de l'évaluation alors qu'une heure (plus ou moins dix minutes) s'était écoulée depuis qu'ils avaient donné leur première impression en position assise. Le Tableau 3-4 comporte aussi les réponses aux questions concernant cette première impression en position assise. Les colonnes « Plus » et « Ne sais pas » ne comportent pas de réponses et sont donc éliminées pour faciliter la comparaison avec l'impression finale. La colonne « Variation» désigne la variation entre la première impression en position assise et l'impression finale.

Tableau 3-4 : Première impression et impression finale en position assise

| | **Première impression assis** | | **Impression finale assis** | | | | **Variation** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sujets | Moins | Aussi | Moins | Aussi | Plus | Ne sais pas | |
| 1A | x | | x | | | | améliorée |
| 2A | x | | | x | | | améliorée |
| 3A | x | | x | | | | |
| 1B | x | | x | | | | |
| 2B | x | | | x | | | améliorée |
| 3B | x | | | x | | | améliorée |
| 1C | x | | | x | | | améliorée |
| 2C | | x | x | | | | dégradée |
| 3C | | x | x | | | | dégradée |
| 1D | x | | x | | | | |
| 2D | x | | x | | | | |
| 1E | x | | x | | | | |
| 2E | x | | x | | | | |
| 3E | x | | x | | | | |
| 1F | | x | | | x | | améliorée |
| 2F | | x | | x | | | |
| 3F | x | | x | | | | |
| 3*F | x | | x | | | | |
| Total | 14 (78%) | 4 (22%) | 11,5 (64%) | 5,5 (30%) | 1 (6%) | | |

En ce qui a trait à l'impression finale, onze (11) des dix-huit (18) sujets, et donc la majorité de ces derniers, trouve le siège moins confortable que ceux dont ils ont précédemment fait l'expérience. Seulement un sujet le trouve plus confortable. Concernant les variations observées dans l'évaluation de l'impression de confort entre la première impression en position assise et l'impression finale, on dénote six (6) cas où l'impression de confort s'est améliorée et deux (2) cas où elle s'est dégradée. C'est donc que pour huit (8) sujets sur dix-huit (18), la première impression en position assise ne concorde pas avec l'impression finale. Ces variations sont partagées entre les sujets qui ont déjà voyagé en classe affaires ou première classe et ceux qui ont toujours voyagé en classe économique (voir Tableau 3-1). Ces expériences précédentes n'ont pas une influence apparente sur les résultats présentés ici. L'impression finale des sujets ne semble pas influencée par leur position, soit près du hublot, au centre ou près de l'allée.

En ce qui concerne l'impression finale, le siège est jugé moins confortable que ce que les sujets ont déjà vécu en rapport avec un siège d'avion.

Les évaluations de l'*Expérience globale* par chacun des sujets sont regroupées au Tableau 3-5. Nous avons construit l'échelle d'évaluation tel qu'expliqué au **Erreur ! Source du renvoi**

**introuvable.**, Section 1.6.6. Des études ont démontré l'importance de chacun des énoncés évalués en lien avec le confort. C'est pourquoi nous avons choisi de cibler rapidement, à travers l'ensemble des résultats, un certain niveau d'accord avec un énoncé en relevant les chiffres entre 5 et 7. Ces chiffres correspondent aux réponses variant de « un peu d'accord » à « totalement d'accord » avec l'énoncé. Ils ont été mis en gris au Tableau 3-5.

Tableau 3-5 : Expérience globale

| Sujets | Ce siège est simple d'utilisation | L'apparence de ce siège me plaît | Je ressens un bien-être dans ce siège | Je me sens détendu dans ce siège | Ce siège me plaît | Ce siège est suffisamment spacieux |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1A | 7 | 1 | 2 | 6 | 1 | 2 |
| 2A | 6 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 |
| 3A | 7 | 5 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1B | 6 | 6 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 2B | 7 | 5 | 5 | 3 | 3 | 7 |
| 3B | 7 | 5 | 4 | 4 | 4 | 7 |
| 1C | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 2C | 7 | 2 | 3 | 3 | 2 | 6 |
| 3C | 6 | 6 | 4 | 3 | 5 | 7 |
| 1D | 6 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2D | 6 | 3 | 1 | 6 | 1 | 5 |
| 1E | 7 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 2E | 5 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 3E | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 1F | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 |
| 2F | 6 | 6 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| 3F | 7 | 3 | 5 | 4 | 4 | 6 |
| 3*F | 6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 |

Chiffres : 1 - Totalement en désaccord, 3 - Un peu en désaccord, 5 - Un peu d'accord, 7 - Totalement d'accord
Cases grises = chiffres entre 5 et 7 inclusivement

Les trois énoncés avec lesquels les sujets semblent le plus en accord sont «  Ce siège est simple d'utilisation » (17/18 sujets), « L'apparence de ce siège me plaît » (10/18 sujets) et « Ce siège est suffisamment spacieux » (9/18 sujets). Notons que bien que l'apparence du siège plaise aux sujets, le siège dans son ensemble ne leur plaît pas puisque peu d'entre eux (3/18) montrent un certain degré d'accord avec l'énoncé « Ce siège me plaît ». Pour chacun des énoncés « Je ressens

un bien-être dans ce siège » et « Je me sens détendu dans ce siège », seuls trois sujets sont un peu ou modérément d'accord.

### 3.1.4 Section – 3 : Évaluation de l'inconfort – *pendant le test*

Le Tableau 3-6 présente plus précisément les inconforts auxquels les sujets ont accordé une note de trois (3 : inconfort modéré : l'inconfort est clairement ressenti mais peut être toléré) ou plus sur l'échelle de sévérité. Ils sont classés selon la « Cause », qui décrit la caractéristique du siège causant cet inconfort. La colonne « Sensation » décrit l'inconfort et la colonne « Évolution » est ajoutée en complément à la colonne de « Sévérité » afin de donner un peu plus de détail sur l'évolution de la sensation d'inconfort, à savoir si elle a persisté au long du test, si elle a augmenté ou diminué ou si elle n'a été que temporaire. Ce tableau nous permet de dénoter trois causes récurrentes d'inconfort. Celle qui est mentionnée par le plus grand nombre de sujets, soit cinq (5) sujets, est le fait que le coussin du dossier soit trop ferme. La sévérité maximale de l'inconfort qui est attribuée à cette cause est de 5. Trois (3) sujets ont éprouvé un inconfort persistant dû à un manque de soutien du dossier et la sévérité maximale attribuée est de 6. Ce niveau de sévérité est le plus élevé de tous les niveaux attribués aux inconforts. Trois (3) sujets ont ressenti un inconfort causé par un coussin de l'assise trop ferme. Les autres causes d'inconfort n'ont été mentionnées que par un (1) ou deux (2) sujets et ont obtenu un degré de sévérité maximal de 4.

Rappelons que tous les commentaires provenant de la portion d'évaluation de l'inconfort pendant le test (SECTION – 3) seront aussi présentés du Tableau 3-7 au Tableau 3-14 et identifiés en mettant le numéro du sujet en gras.

Tableau 3-6 : Inconforts de sévérité 3 (inconfort modéré) et plus

| Cause | Sensation | Sujet | Sévérité* | Évolution |
|---|---|---|---|---|
| Coussin du dossier trop ferme | Pression dans le bas du dos | 3E | 3 | Persistant |
| | Douleur au bas du dos | 3C | 3 | Persistant |
| | Mal au milieu du dos en position assise droite | 2D | 5 | Temporaire |
| | Mal au milieu du dos en position couchée | 2D | 3 | Temporaire |
| | Tension au cou et épaules | 1D | 3 | Persistant |
| Dossier manque de soutien | Tension au milieu du dos | 3A | de 4 à 6 | Persistant |
| | Pincements au bas du dos | 3B | de 3 à 3+ | Persistant |
| | Douleur au bas du dos | 1C | de 3 à 4 | Persistant |
| Coussin de l'assise trop ferme | Inconfort sous la fesse | 3E | 3 | Temporaire |
| | Douleur au bas du dos | 1C | de 3 à 4 | Persistant |
| | Pression sous les fesses | 3F | 3 | Temporaire |
| Courbure du dossier n'épouse pas la forme du dos | Tension dans les épaules et dans le cou (épaules repoussées vers l'avant) | 3A | de 3 à 4 | Persistant |
| | Inconfort dans le bas du dos | 2F | 3 | Persistant |
| Appui-tête trop bas | Tension dans le cou | 3A | 4 | - |
| | Tension au cou et épaules | 1D | 3 | Persistant |
| Dossier trop droit en position assise | Pincements au bas du dos | 3B | de 3 à 3+ | Persistant |
| Coffre à bagages trop bas | S'est cogné la tête en s'asseyant | 1A | 3 | Temporaire |
| Assise trop haute | Fourmillement dans les jambes | 2B | de 3 à 4 | Persistant |
| Matériau ne favorisant pas l'aération | Chaleur au bas du dos | 2A | 4 | Diminue en changeant de position |
| Assise trop profonde | Inconfort au bas du dos | 2B | 4 | Augmente avec le dossier incliné |
| Manque de soutien sur le côté de l'assise | Inconfort sous la fesse | 3E | 3 | Temporaire |
| Utilisation de l'ordinateur | Mal au bas du dos | 2D | 3 | Temporaire |
| * Échelle de sévérité d'inconfort : 1 - Léger, 3 - Modéré, 5 - Sévère, 7 - Intolérable | | | | |

### 3.1.5 Section – 4 : Confort

Les commentaires recueillis dans les sections d'évaluation de l'*Inconfort pendant le test* et du *Confort* sont regroupés dans des tableaux selon les principales composantes du siège telles que divisées dans le questionnaire, soit l'assise, le dossier, l'appui-bras, l'appui-tête, le repose-pied, la liberté de mouvement, le matériau et revêtement, les ajustements et les autres (Tableau 3-7 à Tableau 3-14). L'objectif de cet exercice est d'identifier les commentaires importants liés aux caractéristiques du siège. Des précisions sur la méthode d'analyse de ces commentaires ont été fournies à la Section 2.1.9.

Lorsqu'une partie du commentaire du sujet n'est pas incluse dans la formulation générale à la colonne « Commentaires et dimensions anthropométriques » et qu'elle est jugée pertinente, elle est conservée entre parenthèses à côté du chiffre désignant ce même sujet à la colonne « Sujets ayant émis ce commentaire ».

Les sujets n'ont pas émis de commentaires sur tous les aspects du siège. Ainsi, le total apparaissant à la colonne de droite de chaque tableau représente le nombre de sujets ayant écrit le commentaire.

Les commentaires provenant du questionnaire d'inconfort sont tirés de la case « Selon vous, quelle en est la cause » de la grille d'évaluation puisque ces causes d'inconfort font référence aux caractéristiques du siège. Lorsque le **numéro de sujet est mis en gras**, c'est qu'il a exprimé ce commentaire dans la grille d'inconfort. Lorsque le numéro de sujet est souligné, le commentaire apparaît à la fois dans la grille d'inconfort et dans les feuilles d'évaluation du confort pour ce même sujet. Lorsque certaines dimensions anthropométriques sont en lien avec un commentaire, elles ont été ajoutées pour chaque sujet ayant émis la remarque dans une zone grise du tableau.

Les tableaux regroupent les commentaires « Positifs (+) » et « Négatifs (-) ». Dans chacune de ces catégories, les commentaires sont classés de haut en bas en fonction de ceux qui ont un plus grand total de sujets, dans le but de faciliter l'interprétation des résultats et les recommandations.

Chaque tableau est suivi de notre interprétation. Certains commentaires ne font pas l'objet d'interprétation. Ceci est dû au fait qu'ils sont clairs et directs.

**Assise**

Le Tableau 3-7 regroupe les commentaires positifs et négatifs concernant l'assise.

Tableau 3-7 : Commentaires liés à l'assise

| Commentaires et dimensions anthropométriques | Sujets ayant écrit ce commentaire | Total |
|---|---|---|
| **Positifs (+)** | | |
| Bonne hauteur de l'assise | 2A, 3C, 2E, 1F, 3F | 5 (28%) |
| Hauteur genou (mm) | 2A = 570 | |
| | 3C = 560 | |
| | 2E = 570 | |
| | 1F = 510 | |
| | 3F = 480 | |
| Aime la fermeté de l'assise | 3A, 1C (n'est pas trop ferme), 3B (en position allongée), 3F (on s'habitue) | 4 (22%) |
| Bonne largeur | 2A, 3A, 1C, 2E (minimum acceptable), 1F | 5 (28%) |
| Largeur des hanches assis (manquante) | ? | |
| **Négatifs (-)** | | |
| Coussin trop ferme | 1A, 2A, 2B, 3B (en position assise), 3C, **1D**, 2D, 1E, 2E, **3E**, 2F, **3F** | 12 (67%) |
| Assise trop peu profonde | 3A (n'offre pas assez de soutien), 3B, 2C, 1E, **2E** | 5 (28%) |
| Genoux à l'arrière des fesses assis (mm) | 3A = 680 | |
| | 3B = 600 | |
| | 2C = 610 | |
| | 1E = 630 | |
| | **2E = 650** | |
| Manque de support sous les genoux | 2C,2E (pas assez inclinée), 3E | 3 (17%) |
| Hauteur genou (mm) | 2C = 540 | |
| | 2E = 570 | |
| | 3E = 540 | |
| Assise trop haute | 2B, 1C | 2 (11%) |
| Hauteur genou (mm) | 2B = 400 | |
| | 1C = 500 | |
| Assise trop profonde | 2B | 1 (5%) |
| Genoux à l'arrière des fesses assis (mm) | 2B = 530 | |
| Assise trop inclinée vers l'avant | 2C | 1 (5%) |
| | Souligné = commentaire dans confort et inconfort | |
| | **En gras = commentaire dans inconfort seulemen** | |

Presque tous les sujets, soit seize (16) sur dix-huit (18) ont fait des commentaires au sujet de la fermeté de l'assise. Douze (12) d'entre eux la considèrent trop ferme. Deux (2) sujets dont la hauteur des genoux est de 480 mm et 510 mm respectivement ont apprécié la hauteur de l'assise alors qu'un (1) sujet ayant une hauteur de genoux à 500 mm l'a trouvée trop haute. La hauteur de l'assise semble plus adaptée aux sujets dont la hauteur de genoux est d'environ 500 mm ou plus. Il

aurait toutefois été plus adéquat de lier la hauteur de l’assise à la hauteur de la zone située à l’arrière des genoux que l’on nomme creux poplité, une modification apportée dans la seconde version du questionnaire. Des sujets dont la mesure des genoux à l'arrière des fesses est de 600 mm ou plus auraient préféré une assise plus profonde alors qu'un (1) sujet pour qui cette même dimension est de 530 mm a trouvé l'assise trop profonde. La nouvelle version du questionnaire recommande plutôt la mesure de la longueur des fesses au creux poplité, plus adéquate pour considérer la portion de la jambe supportée par l’assise. Cinq (5) sujets ont apprécié la largeur de l’assise, dont un (1) ayant mentionné que c’était toutefois le minimum acceptable. Il aurait été pertinent de recueillir aussi des données anthropométriques sur la largeur maximale des hanches lorsque le sujet est assis. Ceci aurait permis d’évaluer pour quelle largeur de hanches l’assise devient trop étroite. Cet ajout est fait dans la nouvelle version du questionnaire dont les versions française et anglaise sont présentées à l’Annexe 14.

## Dossier

Le Tableau 3-8 regroupe les commentaires positifs et négatifs concernant dossier.

Tableau 3-8 : Commentaires liés au dossier

| Commentaires et dimensions anthropométriques | Sujets ayant écrit ce commentaire | Total |
|---|---|---|
| **Positifs (+)** | | |
| Dossier assez large | 3A, 2B, 3B, 3C | 4 (22%) |
| Largeur des épaules (mm) | 3A = 470 | |
| | 2B = 340 | |
| | 3B = 400 | |
| | 3C = 450 | |
| Position inclinée confortable | 2A (ok pour dormir), 1C, 3C | 3 (17%) |
| Aime la fermeté du coussin | 3A | 1 (5%) |
| **Négatifs (-)** | | |
| Manque de soutien au bas du dos | **1A**, 2A, 3A, **1B**, 2B, 3B, **1C**, 2C (fesses pas appuyées), 2E - 3*F - 3C (inconfort lorsque incliné), 1E, 2E, **2F**, 3*F (mauvais support du dos en général) | 15 (83%) |
| Coussin trop ferme | **1A** (niveau de la tête), 1B, 3B, 3C (particulièrement au milieu du dos), 1D (haut), 2D, 2E, 3E, 1F, 2F (particulièrement au bas du dos), 3F (on s'habitue après 30 min), 3*F | 12 (67%) |
| Position assise trop droite lorsque dossier relevé | 1A, 1B, 2B, **3B**, 2C, 2D, 1F | 7 (39%) |
| Dossier trop étroit | 1A, 2E (niveau épaules) | 2 (11%) |
| Largeur des épaules (mm) | 1A = 410 | |
| | 2E = 460 | |
| Dossier repousse les épaules vers l'avant | 3A, 2E | 2 (11%) |
| Hauteur épaules assis (mm) | 3A = 700 | |
| | 2E = 620 | |
| Haut du dossier trop reculé | 3C | 1 (5%) |
| Hauteur épaules assis (mm) | 3C = 600 | |
| Pas d'appuis latéraux | 2C | 1 (5%) |
| | Souligné = commentaire dans confort et inconfort | |
| | **En gras = commentaire dans inconfort seuleme** | |

Les préférences concernant la largeur du dossier ne semblent pas être en lien direct avec la largeur des épaules. En effet, la largeur d'épaules des deux (2) sujets ayant trouvé le dossier trop étroit (410 et 460 mm) est comprise dans la plage de largeur d'épaules (entre 340 et 470 mm) des quatre (4) sujets ayant apprécié la largeur du dossier. Les commentaires les plus fréquents concernent le manque de soutien au bas du dos, une trop grande fermeté du coussin ainsi qu'une position assise trop droite lorsque le dossier est complètement relevé (en TTL). Deux (2) sujets ont trouvé que le haut du dossier était trop avancé alors qu'un (1) sujet l'a trouvé trop reculé. La hauteur des épaules en position assise de ces sujets est respectivement de 700, 620 et 600mm. Suite à de tels commentaires, on peut considérer modifier la courbure du dossier. Il est à noter que trois (3) sujets ont trouvé la position inclinée confortable et qu'un (1) sujet a écrit qu'il aime la fermeté du coussin. Un (1) sujet a émis une remarque intéressante, soit qu'il n'y avait pas d'appuis latéraux. Ici nous estimons que par ce commentaire, le sujet affirme qu'un support du dos par des appuis latéraux rendrait le siège plus confortable.

## Appui-bras

Le Tableau 3-9 regroupe les commentaires positifs et négatifs concernant l'appui-bras.

Tableau 3-9 : Commentaires liés aux appuis-bras

| Commentaires et dimensions anthropométriques | Sujets ayant écrit ce commentaire | Total |
|---|---|---|
| **Positifs (+)** | | |
| Assez large | 2A (si on connaît le voisin), 2C, 3F | 3 (17%) |
| Bonne hauteur | 1F, 3F | 2 (11%) |
| Hauteur épaules assis - Épaules à coude (mm) | 1F = 230 | |
| | 3F = 180 | |
| Bon espace entre les deux appui-bras | 1B, 3C | 2 (11%) |
| Largeur des épaules (mm) | 1B = 360 | |
| | 3C = 450 | |
| Aime le revêtement en caoutchouc | 2E | 1 (5%) |
| **Négatifs (-)** | | |
| Trop bas | 2A, 3A, 1B, 3B, 1D, 1E, 2E, 3E, **3*F** | 9 (50%) |
| Hauteur épaules assis - Épaules à coude (mm) | 2A = 280 | |
| | 3A = 260 | |
| | 1B = 260 | |
| | 3B = 300 | |
| | 1D = 230 | |
| | 1E = 270 | |
| | 2E = 230 | |
| | 3E = 260 | |
| | 3*F = 250 | |
| Pas assez large pour deux | 1A, 1C, 3C, 1F | 4 (22%) |
| Trop ferme/dur | 2B, 1E, 3*F | 3 (17%) |
| Trop étroit | 3A, 2D | 2 (11%) |
| Appui-bras gênant lorsque le siège est incliné | 1C, 3E | 2 (11%) |
| Trop courts | 2C (coudes à l'extrémité), 3E(bras 90° ok, mais décontracté trop court) | 2 (11%) |
| Coude à la pointe du doigt du milieu (mm) | 2C = 490 | |
| | 3E = 470 | |
| Trop haut | 1C | 1 (5%) |
| Hauteur épaules assis - Épaules à coude (mm) | 1C = 240 | |
| Trop d'espace entre les deux appui-bras | 1F (mauvaise position lorsqu'on en utilise seulement un) | 1 (5%) |
| Largeur des épaules (mm) | 1F = 390 | |
| Revêtement glissant | 2C | 1 (5%) |
| Revêtement trop abrasif | 3*F | 1 (5%) |
| Appui-bras près de la fenêtre semble plus bas | 3*F | 1 (5%) |
| | Souligné = commentaire dans confort et inconfort | |
| | **En gras = commentaire dans inconfort seuleme** | |

Concernant la largeur des appuis-bras, les avis sont partagés. Ils ne sont toutefois pas assez larges lorsque deux personnes doivent y déposer leurs avant-bras. Neuf (9) sujets trouvent les appuis-bras trop bas. Un (1) sujet affirme les trouver trop hauts, ce qui semble être lié plutôt à une préférence de position puisque la mesure entre le dessous de ses cuisses et le coude (240 mm : mesurée en soustrayant la distance du coude à l'épaule de la hauteur des épaules assis) est

comprise dans la plage de mesures correspondantes pour les sujets ayant trouvé l'appui-bras trop bas (entre 230 et 280 mm). L'appui-bras est toutefois à une bonne hauteur pour deux (2) sujets plus petits (mesure entre le dessous de ses cuisses et le coude entre 180 et 230 mm). Il importe de souligner que l'on a dû faire une soustraction de mesures anthropométriques pour obtenir la hauteur du coude assis. Ceci peut induire des erreurs et il est donc préférable de mesurer directement la hauteur du coude en position assise, ce que l'on fait dans la nouvelle version du questionnaire. La préférence en terme de largeur entre les appuis-bras ne semble pas dépendre de la largeur des épaules du sujet mais plutôt d'une préférence personnelle sans doute liée à la position adoptée. Les appuis-bras sont jugés trop courts par un (1) sujet dont la mesure du coude à la pointe du doigt du milieu (mm) est de 490 mm. Un (1) autre sujet dont la même mesure est de 470 mm affirme que la longueur des appuis-bras lui convient, sauf lorsqu'il souhaite adopter une position décontractée en étirant ses bras vers l'avant plutôt qu'en gardant ses coudes près de lui. La position du sujet semble influencer davantage son appréciation de la longueur de l'appui-bras que la longueur de son coude à la pointe de son doigt du milieu. Les appuis-bras sont aussi trop fermes selon l'avis de trois (3) sujets et peuvent s'avérer gênants lors de l'inclinaison du siège. D'autres commentaires pertinents principalement en lien avec le revêtement de l'appui-bras sont aussi recueillis dans ce tableau.

**Appui-tête**

Le Tableau 3-10 regroupe les commentaires positifs et négatifs concernant l'appui-tête.

Tableau 3-10 : Commentaires liés à l'appui-tête

| Commentaires et dimensions anthropométriques | Sujets ayant écrit ce commentaire | Total |
|---|---|---|
| **Négatifs (-)** | | |
| Trop bas | 2A - 3A - 1B - 3C - 2E: inutilisable, 3B (un peu bas), 2C (ne le sent pas), **1D**, 1E, 3E, 2F (serait plus confortable s'il était plus haut) | 11 (61%) |
| Hauteur assis (mm) | 2A = 970 | trop bas, inutilisable |
| | 3A = 1000 | |
| | 1B = 920 | |
| | 3C = 950 | |
| | 2E = 930 | |
| | 3B = 890 | |
| | 2C = 810 | |
| | 1E = 950 | |
| | 3E = 930 | |
| | 2F = 840 | |
| Trop ferme | **1D**, 2D, 2F, **3E**, 3*F | 5 (28%) |
| Manque de soutien en position droite (TTL) | 2C, 2D, 1F, 2F | 4 (22%) |
| Hauteur assis (mm) | 2C = 810 | |
| | 2D = 810 | |
| | 1F = 840 | |
| | 2F = 840 | |
| Pas assez avancé | 1A, 1B, 3C | 3 (17%) |
| Hauteur assis (mm) | 1A = 910 | |
| | 1B = 920 | |
| | 3C = 950 | |
| Mauvais soutien | **1C**, **3*F** | 2 (11%) |
| Hauteur assis (mm) | 1C = 840 | |
| | 3*F = 800 | |
| Pas d'appui-tête | 3F | 1 (5%) |
| Hauteur assis (mm) | 3F = 660 | |
| Appui-tête devrait comporter un trou pour barettes ou queue de cheval | 3B | 1 (5%) |
| Aucun appui sur les côtés | 3E | 1 (5%) |
| Devrait pouvoir s'incliner | 2F | 1 (5%) |
| | Souligné = commentaire dans confort et inconfort | |
| | **En gras = commentaire dans inconfort seulemer** | |

Onze (11) sujets trouvent l'appui-tête trop bas (hauteur en position assise entre 810 et 1000 mm) et pour cinq (5) d'entre eux, dont la hauteur en position assise est de 930 mm ou plus, il était carrément inutilisable. Deux (2) des sujets ayant trouvé l'appui-tête trop bas ont aussi mentionné qu'il n'était pas assez avancé (1B et 3C). Si l'appui-tête ne convient pas aux sujets très grands, il ne semble pas non plus convenir au sujet 3F, plus petit, dont la hauteur en position assise est de 660 mm. Ce dernier dit qu'il n'y a "pas d'appui-tête", ce qu'on peut interpréter comme un manque

de soutien à la hauteur de sa tête. Six (6) autres sujets signalent un manque de soutien de l'appui-tête, dont deux (2) de façon générale et quatre (4) en position droite (activité de TTL). Les hauteurs assises de ces sujets varient entre 800 mm et 840 mm. Mentionnons que deux (2) des sujets ayant relevé un manque de soutien en position droite sont comptabilisés parmi les sujets ayant trouvé l'appui-tête trop bas. Cinq (5) sujets ont trouvé l'appui-tête trop ferme. De bonnes suggestions ont été émises à l'effet que cette partie du siège devrait permettre de s'appuyer sur les côtés, devrait pouvoir s'incliner et devrait pouvoir accommoder la tête malgré le port d'une queue de cheval, barrette ou autre accessoire.

**Repose-pied**

Certains sujets ont mentionné qu'il n'y avait pas de repose-pied et deux (2) seulement ont affirmé qu'ils en aurait voulu un.

**Liberté de mouvement**

Le Tableau 3-11 regroupe les commentaires positifs et négatifs concernant la liberté de mouvement des sujets.

Tableau 3-11 : Commentaires liés à la liberté de mouvement

| Commentaires et dimensions anthropométriques | Sujets ayant écrit ce commentaire | Total |
|---|---|---|
| **Positifs (+)** | | |
| Pour la sortie et l'entrée, assez d'espace au niveau de la tête | 3E | 1 (5%) |
| Taille (mm) | 3E = 1790 | |
| Espace pour la tête suffisant en position assise | 2E | 1 (5%) |
| Hauteur assis (mm) | 2E = 930 | |
| Espace entre les rangées de sièges ok en position couchée | 1C | 1 (5%) |
| Espace sous le siège avant suffisant pour les pieds | 1F | 1 (5%) |
| Assez d'espace avec le siège en face pour se baisser et récupérer un objet tombé sur le sol | 3F | 1 (5%) |
| **Négatifs (-)** | | |
| Espace pour les jambes insuffisant | 1A, 2A (pour étirer lorsque position assis), 3A - 3B - 2F - 3*F (pour étendre), 3C - 1E (lorsque couché), 2E (tibia dans pochette magazine), 1F (lorsque siège avant incliné) | 9 (50%) |
| Coffre à bagages trop bas | 1A, 2B, 2D, 3C (coin pointu) | 4 (22%) |
| Taille (mm) | 1A = 1670 | |
| | 2B = 1520 | |
| | 2D = 1560 | |
| | 3C = 1830 | |
| Difficile d'utiliser le laptop sur la tablette lorsque le siège avant est incliné | 1C, 1E, 3F | 3 (17%) |
| Difficile ou impossible de croiser les jambes | 2A, 1F | 2 (11%) |
| Assez d'espace sous le siège avant pour étendre ses jambes | 3F | 1 (5%) |
| Genoux touchent au siège avant | **3E** | 1 (5%) |
| Genou à l'arrière des fesses assis (mm) | 3E = 630 | |
| Espace restreint pour les bras et épaules | 1E | 1 (5%) |
| Largeur des épaules (mm) | 1E = 420 | |
| Inclinaison du siège avant restreint l'accès à la pochette | 2B | 1 (5%) |
| Distance entre les rangées de sièges nuit à l'entrée-sortie | 3B | 1 (5%) |
| Pas assez d'espace en largeur pour les jambes | 2C | 1 (5%) |
| Entrée-Sortie difficile lorsque le siège avant est incliné | 1D | 1 (5%) |
| Pas assez d'espace pour les coudes (si on travaille à l'ordinateur) | 2E | 1 (5%) |
| | Souligné = commentaire dans confort et inconfort | |
| | **En gras = commentaire dans inconfort seulem** | |

Neuf (9) sujets ont trouvé l'espace pour les jambes insuffisant. Ils ne décrivent pas la position qu'ils adoptent en émettant ce commentaire, position qui doit certainement influer sur leur appréciation de l'espace. Aussi, un (1) sujet a affirmé avoir assez d'espace pour étendre ses jambes. Deux (2) sujets s'étant plaints du manque d'espace pour les jambes (2A, 1F) ont aussi souligné qu'il est difficile ou impossible de croiser les jambes, sans toutefois donner plus de

précision. Notons aussi que quatre (4) sujets ont trouvé le coffre à bagages trop bas, dont un (1) sujet de 1,52 m, soit le plus petit sujet. Le tableau présente d'autres commentaires qui font plutôt allusion à des situations où le sujet est en mouvement ou adopte une position choisie. Des sujets ont souligné que l'inclinaison du siège avant restreint l'accès à la pochette pour magazines et nuit à l'utilisation de l'ordinateur portable ainsi qu'aux mouvements d'entrée et de sortie.

**Matériau et revêtement**

Le Tableau 3-12 regroupe les commentaires positifs et négatifs concernant le revêtement du siège. Il est pertinent considérer chacun d'eux puisqu'ils portent sur des aspects différents.

Tableau 3-12 : Commentaires liés au matériau et revêtement

| Commentaires | Sujets ayant écrit ce commentaire | Total |
|---|---|---|
| **Positifs (+)** | | |
| Apprécie globalement le revêtement | 1B, 1C, 3C, 1F, 3*F (reasonably) | 5 (28%) |
| Couleur de bon goût et neutre | 3B, 2C (seulement neutre) | 2 (11%) |
| On ne sent pas les coutures | 2C | 1 (5%) |
| Le matériau se réchauffe avec le temps et c'est confortable | 3F | 1 (5%) |
| **Négatifs (-)** | | |
| Mauvaise aération (chaleur, sudation) | 1A, **2A**, **3C** | 3 (17%) |
| Friction trop faible, matériau glissant | 3A (lorsque siège incliné), 1C, 2C | 3 (17%) |
| Pièces d'aluminium visibles sur le siège avant | 1E, 2C (sur siège avant) | 2 (11%) |
| Apparence de faible qualité | 1A, 2C | 2 (11%) |
| Apparence sévère, froide | 2B | 1 (5%) |
| N'aime pas la couleur | 1C | 1 (5%) |
| Coutures peu élégantes | 1A | 1 (5%) |
| | Souligné = commentaire dans confort et inconfort | |
| | **En gras = commentaire dans inconfort seuleme** | |

Plusieurs commentaires se contredisent. Deux (2) sujets aiment la couleur alors qu'un autre dit ne pas l'aimer. Cinq (5) sujets apprécient globalement le revêtement alors que deux (2) critiquent son apparence de faible qualité et un (1) son apparence sévère. Un (1) sujet dénote l'aspect peu élégant des coutures alors qu'un (1) autre affirme ne pas les sentir. Toutefois, tout commentaire négatif n'a pas nécessairement sa contrepartie positive. Ainsi, trois (3) sujets ont fait ressortir le manque d'aération du matériau et trois (3) autres ont jugé ce même matériau trop glissant. Deux sujets (2) ont remarqué des pièces d'aluminium apparentes sur le siège avant.

**Ajustements**

Le Tableau 3-13 regroupe les commentaires positifs et négatifs concernant les ajustements du siège.

Tableau 3-13 : Commentaires liés aux ajustements

| Commentaires | Sujets ayant écrit ce commentaire | Total |
|---|---|---|
| **Positifs (+)** | | |
| Facile à utiliser | 3B, 1C, 3C, 3E, 3F, 3*F | 6 (33%) |
| Aime que le siège s'avance lorsqu'on incline le dossier | 1C, 2C (en inclinant le siège et en avançant les fesses les jambes droites sous le siège avant je suis bien), 2F | 3 (17%) |
| La transition de position est fluide | 1E, 3E | 2 (11%) |
| Angle d'inclinaison suffisant | 2F | 1 (5%) |
| Inclinaison : apprécie plusieurs positions possibles | 1A | 1 (5%) |
| **Négatifs (-)** | | |
| Difficile d'actionner l'inclinaison du siège (effort +) | 1A, 3A | 2 (11%) |
| Tendance du dossier à se redresser complètement | 1A, 3B (trop brusque) | 2 (11%) |
| N'aime pas que l'assise s'avance lorsqu'on incline le dossier | 3A, 2E (fait disparaître l'espace pour les | 2 (11%) |
| Est étonné par le fait que le siège s'avance lorsqu'on incline le dossier | 3E | 1 (5%) |
| Impossible de relever l'appui-bras du côté de l'allée | 1C | 1 (5%) |
| Un jeu demeure après l'ajustement du dossier (n'aime pas) | 1F | 1 (5%) |
| Un jeu demeure dans la position droite (n'aime pas) | 3B (siège craque) | 1 (5%) |
| Angle d'inclinaison insuffisant | 3*F | 1 (5%) |
| | Souligné = commentaire dans confort et inconfort | |
| | **En gras = commentaire dans inconfort seuleme** | |

Sur ce modèle de siège, un seul ajustement est possible, soit l'inclinaison du dossier. Six (6) sujets ont confirmé la facilité d'utilisation de ce mécanisme. Deux (2) sujets trouvent toutefois que le fait de l'actionner demande un effort trop grand. Bien que deux (2) sujets trouvent la transition de position fluide, deux (2) autres mentionnent que le dossier a tendance à se redresser complètement de façon brusque. Les appuis-bras peuvent aussi être relevés, sauf l'appui-bras donnant sur l'allée. Le glissement vers l'avant de l'assise lors de l'inclinaison du dossier est une particularité de ce siège. Trois (3) sujets apprécient cette particularité, deux (2) ne l'apprécient pas et un (1) en est étonné. De l'avis du responsable des sièges du CSeries chez Bombardier, certains jeux et craquements sont dus au fait que le siège n'est qu'un prototype. La version finale doit se plier aux normes de sécurité et sera donc plus solide. Seuls deux (2) sujets ont commenté l'angle d'inclinaison du siège et leurs opinions sont contraires à savoir s'il est suffisant ou insuffisant.

**Autres**

Le Tableau 3-14 regroupe les commentaires positifs et négatifs concernant d'autres aspects du siège.

Tableau 3-14 : Commentaires dans la section "Autres"

| Commentaires | Sujets ayant écrit ce commentaire | Total |
|---|---|---|
| **Tablette** | | |
| **Positifs (+)** | | |
| Facile à utiliser | 2F, 3F | 2 (11%) |
| Taille ok pour collation | 2E, 3F (aussi pour lire) | 2 (11%) |
| Aime le fait que la tablette puisse glisser une fois ouverte | 1F, 2F | 2 (11%) |
| Bon positionnement de la tablette | 2D (lecture, ordinateur, confort dans la position inclinée vers la tablette lors du repas), 3F (Assez d'espace entre mon corps et la tablette ouverte) | 2 (11%) |
| Il y a assez d'espace entre les jambes et la tablette | 3E | 1 (5%) |
| Hauteur genou (mm) | 3E = 540 | |
| **Négatifs (-)** | | |
| Position inconfortable pour travail à l'ordi | 1A (mains trop écartées), 1B (il faut incliner le laptop), 3B (ordinateur doit être au bout de la tablette), 2C (ordi sur les genoux), 3C (angle d'écran), 1D - 2F : (trop près lorsque siège avant baissé) | 7 (39%) |
| Trop basse | 1A (difficile de voir écran ordi), 2A, 3A (nuit aux jambes), 3B (se relève sur les genoux), 2E, 1F (trop basse pour croiser les jambes) | 6 (33%) |
| Hauteur genou (mm) | 1A = 510 | |
| | 2A = 570 | |
| | 3A = 620 | |
| | 3B = 530 | |
| | 2E = 570 | |
| | 1F = 510 | |
| Difficile de la ranger | 2C (glisse mal), 3C (glisse mal - 1 seul côté, ne glisse pas), 1F, 2F | 4 (22%) |
| Ouverture trop rapide (semble tomber) | 3C, 3E, 1F, 2F | 4 (22%) |
| Trop petite | 1A (pour verre, snack et tablette / ordinateur), 1C, 3C (ok Ipad, laptop non), 3E (pour portable, particulièrement si siège avant incliné) | 4 (22%) |
| Semble fragile, bouge facilement, craque | 2A, 3B, 3C | 3 (17%) |
| Ouverture pas suffisamment intuitive / facile | 1B (clip difficile à relever), 1C (n'avait pas vu qu'elle pouvait glisser) | 2 (11%) |
| Relief pour verre d'eau trop centré | 2C, 3C | 2 (11%) |
| Support à verre trop peu profond | 2A | 1 (5%) |
| Relief pour verre d'eau prévu seulement pour droitiers | 3B | 1 (5%) |
| **Pochette pour magazine** | | |
| **Négatifs (-)** | | |
| Difficile d'accès lorsque la tablette est ouverte | 3B, 1C, 1D | 3 (17%) |
| Serrée et raide : difficile à ouvrir | 3B, 2F | 2 (11%) |
| | Souligné = commentaire dans confort et inconfort | |
| | **En gras = commentaire dans inconfort seulement** | |

De l’avis du responsable des sièges du CSeries chez Bombardier, le manque de solidité de la tablette ainsi que l’absence de fluidité dans son ouverture et son rangement sont dus au fait qu'elle est un prototype. Un (1) sujet dont la hauteur du genou est de 540 mm a mentionné qu'il y avait assez d'espace entre la tablette et les jambes  alors que six (6) sujets dont la hauteur du genou varie entre 510 et 620 mm la trouvent trop basse. Sept (7) sujets évoquent diverses raisons pour lesquelles le travail à l'ordinateur n'est pas confortable. Ce travail implique l'utilisation de la tablette ou même des genoux lorsque la tablette n'offre pas assez de place. On dénote que les seuls deux (2) sujets ayant apprécié le positionnement de la tablette (2D et 3F) sont un homme et une femme de petite taille. Il est souhaitable de considérer les diverses positions adoptées par des gens de tailles variées travaillant à l'ordinateur lors de la conception et du positionnement de la tablette par rapport au siège. Par exemple, il serait possible d’ajouter un ajustement en hauteur de la tablette permettant de positionner ses coudes à 90 degrés lorsque l’on tape au clavier en plus d’assurer un espace suffisant sur la tablette pour accueillir un ordinateur portable. Concernant la pochette pour magazines, deux (2) sujets l’ont trouvée difficile à ouvrir et trois (3) ont mentionné qu’elle est difficile d’accès lorsque la tablette est ouverte.

**Autres suggestions / Commentaires**

Le Tableau 3-15 présente les autres suggestions et commentaires qui ont été notés dans l'espace du questionnaire de confort réservé à cet effet. On remarque que certains sujets en ont profité pour préciser des commentaires faits dans d'autres sections. C'est pourquoi certains thèmes déjà abordés réapparaissent. Ces commentaires sont complets en eux-mêmes et ne sont donc pas discutés davantage.

Tableau 3-15 : Autres suggestions et commentaires

| Autres suggestions / Commentaires | Sujets |
|---|---|
| A l'air spacieux. L'allée est large entre les sièges. Lorsque d'autres veulent sortir, je dois me lever. | 1C |
| Manque de place pour mettre l'ordinateur sur la tablette | 2C |
| Le siège fait beaucoup de bruit ; compartiment à bagage très loin | 2C |
| La ceinture va toujours tomber dans la craque entre les sièges ; je me suis râpé la main en simulant le geste d'aller chercher la ceinture | 2C |
| Il est aisé de s'asseoir dans mon siège (gauche) rien n'est dans le chemin | 1E |
| La cabine dans son ensemble donne une impression d'espace et de lumière. On peut toutefois facilement constater que les sièges de la classe économique sont compactés. Le look "sardine" nous vient à l'esprit. Ceci est amplifié par le profil mince des dossiers de sièges. | 2E |
| Globalement, le siège paraît de piètre qualité (cheap) de style "chaise pliante" comme dans les sièges du RJ-200 | 2E |
| L'espace entre les rangées de sièges est étroit. Les autres passagers doivent donc se lever si celui du milieu ou du hublot veut sortir. | 2E |
| Je n'étais pas trop courbée comparativement aux autres avions. Il semble que l'angle des PSU (compartiment bagage) est ergonomique et permet de bien sortir. Il y a assez d'espace entre les bancs pour marcher et sortir / entrer | 3E |
| Lumières et autres contrôles sur le PSU (compartiment bagage) difficiles à atteindre | 1F |
| Entrée / sortie du siège : difficile lorsque les sièges devant sont abaissés | 2F |
| Mettre de plus grandes fenêtres dans le Cseries : ex une fenêtre qui serait large de 3 sièges | 3F |
| Je ne peux dormir confortablement dans le Cseries, tout comme dans les autres avions. | 3F |
| Serait-il possible que le banc ne soit pas légèrement incliné vers l'arrière? Je me sens "poussée" plus vers l'avant. Mes jambes sont tendues | **3E** |

## 3.2 Résumé de l'analyse

**Inconfort avant le test**

L'inconfort que le sujet ressent avant le test ne semble pas avoir eu d'influence sur l'évaluation de l'inconfort pendant le test dans les deux cas où il était présent. L'utilité de cette portion du questionnaire n'en demeure pas moins justifiée. En effet, tel que défini à la Section 0, on juge l'importance des commentaires entre autres à l'aide de l'échelle de sévérité de l'inconfort. Cette échelle comporte de courtes phrases dénotant des expériences situationnelles donnant un point de référence commun aux sujets. L'évaluation de l'inconfort avant le test établit donc un niveau initial permettant la comparaison entre les sujets.

**Première impression**

Concernant la première impression, presque la moitié des sujets n'ont pas perçu le siège de la même façon en le regardant qu'en s'y asseyant. Il est un peu mieux perçu à première vue qu'une fois en position assise. Généralement, en ce qui concerne la première impression, autant visuelle qu'en position assise, le siège est jugé moins confortable que ce que les sujets ont déjà vécu en rapport avec un siège d'avion, et ce peu importe s'ils ont fait ou non l'expérience d'un siège de classe affaires ou de première classe.

**Impression finale**

Dans le cas de l'impression finale, on constate aussi que presque la moitié des sujets n'ont pas perçu le siège de la même façon en s'y asseyant pour la première fois qu'après un certain temps, soit à la fin du test. Indépendamment de l'expérience précédente des sujets, à la fin de l'évaluation, soit après une heure plus ou moins 10 minutes, ils jugent en général le siège moins confortable que ce qu'ils ont déjà vécu en rapport avec un siège d'avion.

**Expérience globale**

Concernant l'expérience globale, on constate que :

- tous les sujets sauf un trouvent le siège simple à utiliser;

- l'apparence du siège plaît à environ la moitié des sujets;

- la moitié des sujets trouvent le siège suffisamment spacieux;

- le siège plaît globalement à très peu de sujets;

- un faible nombre de sujets se sent détendu ou ressent un bien-être dans le siège.

**Inconfort pendant le test et Confort**

L'analyse des commentaires dans les sections du questionnaire portant sur l'*Inconfort pendant le test* et le *Confort* nous permet de faire ressortir les commentaires les plus importants pour mieux cibler les caractéristiques du siège qui doivent être modifiées afin de diminuer l'inconfort et augmenter le confort du prototype suivant. Les caractéristiques du siège ayant causé un inconfort modéré ou plus sévère sont regroupées au Tableau 3-6 et méritent une attention particulière du concepteur en vue de la conception du prototype suivant. Du Tableau 3-7 au Tableau 3-14 les commentaires recueillis dans les sections d'évaluation de l'*Inconfort pendant le test* et du *Confort* sont regroupés selon les principales composantes du siège. La brève analyse suivant chaque tableau souligne les commentaires les plus fréquents ainsi que les liens que nous avons jugé bon d'établir avec les dimensions anthropométriques recueillies. Certains commentaires précis et émis par peu de sujets ne sont pas explicités davantage dans cette analyse. Ils demeurent importants puisque les sujets ont jugé bon de les formuler de façon détaillée.

Le Tableau 3-16 vise à regrouper les informations fournies par l'évaluation pour mieux aider le concepteur à établir les changements prioritaires au prototype. Ce tableau présente les résultats les plus importants en combinant les résultats du Tableau 3-6 au Tableau 3-14. Seuls les commentaires mentionnés par quatre sujets ou plus y sont inclus. Soulignons le fait que ce critère est subjectif et qu'on le fixe pour mieux résumer l'analyse. On peut choisir de considérer soit les commentaires émis par un plus grand nombre de sujets si l'on veut apporter moins de modifications au siège, soit les commentaires faits par un moins grand nombre de sujets si l'on désire apporter plus de modifications au siège. Le Tableau 3-16 prend aussi en considération le degré d'inconfort des sujets. Rappelons que l'importance des commentaires est reliée à leur répétition et au degré de sévérité d'inconfort qui leur est associé. Le Tableau 3-16 permet ainsi de cibler les changements qui auront le plus d'impact sur le confort des usagers.

Les commentaires du Tableau 3-16 sont classés en fonction de la composante du siège (ex., assise) et de l'attribut (ex., coussin) auxquels ils se rapportent. La colonne « Confort – Nombre de sujets » indique le nombre de sujets ayant formulé le commentaire à la section *Confort* du questionnaire et les deux colonnes sous le titre « Inconfort » indiquent respectivement le nombre de sujets ayant mentionné un inconfort en lien avec ce commentaire et le degré maximal de sévérité attribué parmi tous les sujets. Les cases grises indiquent les commentaires positifs.

Tableau 3-16 : Tableau résumé de l'analyse

| Composante | Attribut | Commentaire | Confort | Inconfort | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nombre de sujets | Nombre de sujets | Sévérité max* |
| **Assise** | Coussin | trop ferme | 12 | 3 | 4 |
| | Profondeur | insuffisante | 5 | | |
| | Largeur | adéquate | 5 | | |
| | Hauteur | bonne | 5 | | |
| | Coussin | fermeté appréciée | 4 | | |
| **Dossier** | Soutien | manquant au bas et milieu du dos + mauvaise courbure | 15 | 3 | 6 |
| | Coussin | trop ferme | 12 | 5 | 5 |
| | Dossier relevé | position assise trop droite | 7 | 1 | 3+ |
| | Largeur | suffisante | 4 | | |
| **Appui-bras** | Hauteur | insuffisante | 9 | | |
| **Appui-tête** | Hauteur | insuffisante | 11 | 2 | 4 |
| | Soutien | manquant | 6 | | |
| | Coussin | trop ferme | 5 | | |
| **Repose-pied** | Repose-pied | ajouter (il n'y en avait pas) | | | |
| **Liberté de mouvement** | Espace pour les jambes | insuffisant | 9 | | |
| **Revêtement** | Apparence globale | appréciée | 5 | | |
| **Ajustement (inclinaison du dossier)** | Utilisation | facile, intuitive | 6 | | |
| | Actionnement et contrôle | difficile, retour vertical brusque | 4 | | |
| **Tablette** | Travail à l'ordinateur | inconfortable | 7 | 1 | 3 |
| | Hauteur | trop basse | 6 | | |
| | Surface | trop petite | 4 | | |
| **Coffre à bagages** | Hauteur | trop bas | 4 | 1 | 3 |
| * Échelle de sévérité d'inconfort : 1 - Léger, 3 - Modéré, 5 - Sévère, 7 - Intolérable | | | | | |
| Les cases grises indiquent les commentaires positifs | | | | | |

## 3.3 Discussion générale

Dans cette section, nous discutons des résultats et du protocole d'évaluation, et proposons des modifications à apporter au questionnaire. Mais d'abord, l'encadré suivant énonce une recommandation applicable lorsque l'on initie la conception d'un siège.

La revue de littérature nous a révélé que la qualité biomécanique du siège ne pouvait pas garantir le confort, mais qu'elle pouvait changer ce dernier en inconfort. C'est pourquoi, dans un processus de conception itératif, il est essentiel que le tout premier prototype de siège soit construit en fonction de critères anthropométriques, tels que présentés au Tableau 1-1. Une analyse anthropométrique du siège peut être réalisée à partir du modèle numérique en trois dimensions en utilisant des mannequins anthropométriques auxquels on attribue les dimensions anthropométriques permettant de constituer un échantillon idéal de sujets tel qu'expliqué à la Section 1.5.1. Nous recommandons aux employés de Bombardier de faire ces vérifications avant de réaliser une évaluation du confort avec des usagers, et ce même si le siège provient d'un sous-traitant. Ces vérifications sont une façon de réduire l'inconfort rapidement et à moindre coût.

### 3.3.1 Résultats de l'évaluation

Les résultats du questionnaire sont qualitatifs et font donc intervenir le jugement de l'évaluateur. Toutefois, le questionnaire est fait de telle sorte que les usagers relient eux-mêmes leurs commentaires aux composantes et attributs du siège autant dans l'évaluation du confort que de l'inconfort. Ceci laisse peu de place à l'interprétation lors de l'analyse subséquente par l'évaluateur, par exemple lorsque l'on regroupe les commentaires de tous les sujets. Rappelons aussi que nous avons exclu les commentaires trop vagues ou constitués d'une simple marque tel un crochet ou une croix et non de mots.

Notons que notre échantillon de sujets n'a pas été bâti en considérant la procédure de l'ISO 15537 (AFNOR, 2005), ce qui nous aurait permis de cibler des sujets possédant les dimensions anthropométriques cruciales nécessaires à évaluer les cas les plus défavorables ainsi que les dimensions conflictuelles (voir Section 1.5.1). Ceci aurait donné plus de fondement théorique au lien que l'on fait ressortir entre les commentaires des sujets et les dimensions du siège.

On constate que l'évaluation a permis de recueillir une grande quantité de commentaires, dont plusieurs sont semblables autant à la section *Confort* qu'à la section *Inconfort* du questionnaire. Ceci nous a permis d'employer le critère de répétition des commentaires afin de déterminer leur importance.

Au Tableau 3-16 les commentaires mentionnés le plus fréquemment et ayant un degré élevé de sévérité à la section *Inconfort* correspondent à peu près aux commentaires négatifs les plus fréquents à la section *Confort*. Il est possible que les sujets aient confondu le confort et l'inconfort et que les aspects négatifs du confort soulignés soient plutôt en lien avec les dimensions biomécaniques et physiologiques qu'avec des facteurs esthétiques et de bien-être. Si l'on offrait l'opportunité aux sujets de noter le confort de chaque composante du siège (assise, dossier, appui-bras, etc.) non seulement en fonction de ses attributs (hauteur, longueur, fermeté, etc.) mais aussi de façon générale, cela pourrait leur laisser la liberté de penser en termes de bien-être et d'esthétique. Ceci est rendu possible en ajoutant une échelle d'évaluation du confort sous chacune des composantes principales du siège dans la nouvelle version du questionnaire (voir les modifications du questionnaire à la Section 3.3.3).

On constate aussi qu'il existe des différences individuelles importantes quant au nombre de commentaires. Certains sujets écrivent beaucoup plus volontiers leurs critiques, peu importe leur niveau d'inconfort.

### 3.3.2 Protocole d'évaluation

Nous avons développé un protocole d'évaluation simple. Les évaluateurs peuvent réaliser des tests en suivant les étapes décrites, sans recevoir de formation spécifique au préalable. Ceci représente un grand avantage.

L'activité d'écriture imposée par le fait de remplir le questionnaire entre en conflit avec notre souhait de recréer de façon réaliste les activités d'un sujet lors d'un vol. Notre expérience personnelle de vol nous indique qu'il est rare de voir des passagers choisir d'écrire à la main sur une tablette rigide tel que doit le faire le sujet lorsqu'il remplit le questionnaire. De plus, cette activité d'écriture à la main est faite en parallèle avec d'autres activités, puisque le sujet peut à tout moment choisir d'interrompre l'activité en cours afin d'écrire un commentaire. Il est toutefois important de conserver cet aspect de spontanéité dans l'énoncé des réponses lors de

l'évaluation, à la fois du confort et de l'inconfort, afin de souligner les aspects dont le sujet prend conscience. Une piste de solution à ce problème pourrait être d'équiper chaque sujet d'un micro et de recueillir verbalement tous les commentaires. Le sujet aurait toutefois de la difficulté à faire le suivi des inconforts dans le temps sans les voir écrits. Il faudrait aussi boucher les oreilles des sujets afin de s'assurer qu'ils ne se dérangent pas mutuellement en parlant, ce qui rendrait plus difficile la communication avec l'évaluateur. Une autre solution partielle serait d'empêcher les sujets d'écrire lors des activités d'une durée de cinq minutes. Il est important que l'activité d'écriture n'empiète pas sur ces dernières puisqu'elles n'offrent qu'un court laps de temps au sujet pour réfléchir à ses sensations.

Selon le niveau de détail d'analyse souhaité, le concepteur peut bénéficier du visionnement de la bande vidéo par exemple dans le cas où l'on voudrait analyser la position du sujet. L'analyse des résultats concernant la « liberté de mouvement » et les composantes « autres » révèle qu'il serait utile de considérer les diverses positions que les sujets adoptent par exemple lorsqu'ils se détendent et lorsqu'ils travaillent avec l'ordinateur portable. Bien que les sujets se plaignent de maux ou de manque d'espace, ils ne décrivent pas la position qu'ils adoptent. Il est toutefois difficile de lier directement les commentaires des sujets aux images observées sur la vidéo puisqu'on ne sait pas à quelle image ou moment précis correspond le commentaire écrit par le sujet. Une solution possible serait d'inviter le sujet à regarder la bande vidéo du test auquel il a participé et à la commenter. Ceci nécessiterait toutefois plusieurs heures de visionnement, ce à quoi les concepteurs ont rarement le temps de se soumettre entre les itérations de conception.

Puisque le repose-pied était absent, les sujets n'ont pas formulé de commentaires sur cette composante, bien que certains aient écrit qu'ils auraient souhaité qu'il y en ait un. Une façon de remédier à un tel problème est de poser directement la question « auriez-vous désiré un repose-pied ?» lors de la période de discussion. Questionner directement les sujets à voix haute est essentiel lors de l'évaluation. Cela peut permettre de recueillir plus de commentaires de la part des sujets qui écrivent moins. Cela peut aussi devenir très utile dans le cas où, après une succession de prototypes et d'évaluations, certaines composantes demeurent problématiques et les réponses écrites à leur sujet restent trop vagues. Questionner davantage les sujets à voix haute pourrait aussi s'avérer essentiel si l'on choisit de réduire le nombre de sujets. On s'assurerait alors d'avoir une quantité appréciable de commentaires permettant de faire ressortir les caractéristiques du siège les plus importantes en lien avec le confort. Notons qu'il est important

d'espacer les questions afin de laisser le temps aux sujets de mener une réflexion personnelle lors de la réalisation de chaque activité.

Nous pensons qu'il est important de demander aux sujets de ne pas se parler lors de la première activité d'une durée de 20 minutes (soit l'adoption de la position TTL). Ceci fait en sorte qu'ils se concentrent dès le départ sur l'évaluation du siège. Nous n'avions pas formulé cette règle de façon stricte au départ et lors de la troisième séance de tests, les sujets ont discuté lors de la première activité de TTL, diminuant ainsi l'attention prêtée au confort et à l'inconfort ainsi que le temps pour rédiger des commentaires. Cette première activité est celle au cours de laquelle les sujets disposent de plus de temps pour écrire leurs impressions et il est important d'en tirer avantage. Il se peut qu'en situation réelle ils soient distraits de leur confort et inconfort par une discussion ou autre chose. On souhaite toutefois évaluer la situation où ils en seront conscients afin d'identifier le plus d'aspects positifs et négatifs du siège possible.

Nous recommandons de réaliser l'évaluation par groupe de trois sujets pour reproduire la situation réelle ou toute la rangée de trois sièges est occupée et ainsi évaluer les places près de l'allée, au centre et près du hublot tout en simplifiant la tâche de l'évaluateur. Si l'on dispose de plus d'un évaluateur, il serait sans doute possible de mener l'évaluation avec plusieurs rangées de sièges et donc plus de trois sujets. On doit toutefois s'assurer qu'ils évaluent tous le même modèle de siège si l'on veut pouvoir regrouper les commentaires lors de l'analyse des résultats.

La durée de l'évaluation réalisée lors de cette étude, pour chaque séance d'évaluation avec trois sujets, est de deux heures, donc 12 heures au total pour évaluer 18 sujets. La durée de l'évaluation pourrait être raccourcie si le recueil des données à la SECTION – 0 : Dimensions anthropométriques et à la SECTION 1 - : Informations personnelles du questionnaire se faisait plus rapidement. Par exemple, l'évaluateur pourrait obtenir de l'aide pour recueillir les dimensions anthropométriques. Ces dernières mesures peuvent même être prises à un tout autre moment en dehors de la séance de test. L'important est de pouvoir compiler les données lors de l'analyse. On estime alors que la durée de l'évaluation pourrait être réduite à une heure et demie par séance. Tel que mentionné dans le paragraphe précédent, si l'on dispose de plus d'un évaluateur, on peut mener l'évaluation avec plus de trois sujets à la fois et réduire le temps total d'évaluation. Il est toutefois important de laisser suffisamment de temps aux sujets pour écrire

leurs commentaires entre les activités réalisées puisque notre évaluation du confort du siège repose sur ces commentaires.

### 3.3.3 Modifications apportées au questionnaire

L'évaluation menée avec les 18 sujets a permis de recueillir des appréciations du siège, mais aussi des appréciations du questionnaire et du déroulement du test. Nous avons voulu solliciter les commentaires sur le mode d'évaluation pour mieux l'améliorer, toujours dans le but de recueillir des résultats pertinents et d'offrir une présentation conviviale. Les prochains paragraphes présenteront les commentaires des sujets et nos constats ainsi que les modifications apportées au questionnaire. La nouvelle version de ce dernier est présentée à l'Annexe 14 en versions française et anglaise.

**Section – 0 : Dimensions anthropométriques**

On ajoute une silhouette de profil pour mieux prendre note des zones adipeuses du sujet. Notons aussi qu'on utilisera les dimensions anthropométriques cruciales présentées à la Section 1.5.1.

**Section – 2 : Première impression**

Des sujets ont fait des commentaires et d'autres ont manifesté le désir d'avoir un espace pour donner des précisions expliquant leur choix. L'un des objectifs de l'évaluation étant d'identifier les caractéristiques du siège les plus importantes pour l'usager en termes de confort, il est judicieux de recueillir tout commentaire pouvant lier une impression abstraite à une composante concrète. C'est pourquoi on ajoute un espace pour les commentaires sous l'évaluation de la *Première impression visuelle* et un autre sous l'évaluation de la *Première impression assis*.

**Section – 3 : Évaluation de l'inconfort – *pendant le test***

Le suivi d'un même inconfort tout au long de l'évaluation n'est pas facilité par le format de la grille de réponse. Le plus souvent, les sujets notent un inconfort puis le réévaluent à la fin de l'activité qu'ils étaient en train de faire lorsqu'ils ont ressenti ce même inconfort. Certains réévaluent un même inconfort après plusieurs activités mais ce sont des cas d'exceptions. Plutôt que de séparer l'évaluation de l'inconfort *Avant* et *Après* l'activité, la nouvelle grille comporte deux grandes catégories d'évaluation de l'inconfort : *Apparition de l'inconfort* et *Réévaluation*. La *Réévaluation* est divisée selon les grandes activités accomplies par le sujet lors du test (1-TTL

(taxi, takeoff and landing), 2-manger, 3-lire et écrire à l'ordinateur, 4-dormir, 5-entrer et sortir du siège).

Un format de questionnaire permettant le suivi d'un même inconfort tout au long de l'évaluation doit permettre de noter un même inconfort qui disparaît puis réapparait. L'exemple d'utilisation de la grille illustre cette situation par l'inconfort ressenti dans la zone A.

Il est aussi possible de ressentir plusieurs types d'inconforts apparaissant ou non à des instants différents dans une même zone (ex : chaleur et tension au bas du dos peuvent être identifiées comme deux inconforts différents, à des moments différents mais dans une même zone A). Il est donc souhaitable que le sujet identifie l'inconfort en fonction de ses caractéristiques et non de la zone où il le ressent. Pour ce faire, l'information recueillie dans la première colonne de gauche est maintenant la description de la sensation et non la zone.

L'exemple d'utilisation de la grille comporte aussi des cases rayées, une stratégie qui est donnée en exemple pour favoriser le repère dans le temps lorsque l'inconfort apparaît après qu'une ou plusieurs activités soient terminées. Toujours en référence au temps, le titre de la colonne « instant d'apparition » a été remplacé par « heure début », le mot « instant » ayant porté à confusion puisqu'un sujet avait noté le nombre de minutes depuis le début de l'expérience plutôt que l'heure actuelle montrée aux sujets sur un cadran.

Des sujets ont ajouté des commentaires sur les raisons de la disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort. Cette information est très pertinente. Elle peut entre autre permettre d'associer une variation du niveau d'inconfort à un moyen employé par le sujet tel un changement de position, ou même savoir que le siège ne permet pas l'emploi d'une telle stratégie, causant ainsi l'augmentation de l'inconfort. Pour recueillir ce type de commentaire, une ligne est ajoutée sous chaque ligne servant à noter un inconfort.

Quant à l'utilisation de l'échelle de sévérité, beaucoup de niveaux 1 et 3 ont été utilisés. Le niveau 4 n'a été utilisé que sept (7) fois et les niveaux 5 et 6, une seule fois chacun, le niveau 6 ayant été une augmentation du niveau d'inconfort à partir du niveau 4. Le niveau 7 (inconfort intolérable) n'a jamais été utilisé. Le nombre de 7 niveaux semble bon puisque les sujets ont utilisé toute l'étendue de l'échelle, à l'exception bien sûr du niveau 7 d'inconfort intolérable, niveau qui devrait être atteint très rarement puisqu'il signifie que le sujet ne peut plus tolérer d'être assis sur le siège.

Concernant les zones corporelles d'inconfort, plusieurs sujets ont redéfini une zone plus large ou plus précise et certains ont utilisé les zones déjà tracées. Cet élément du questionnaire n'a donc pas créé de confusion.

Certains sujets ont dit apprécier d'avoir un exemple d'utilisation de la grille d'évaluation de l'inconfort.

**Section – 4 : Évaluation du confort**

Par souci d'homogénéité avec la section précédente, on nommera la SECTION – 4 « Évaluation du confort » plutôt que « Confort »

Plusieurs sujets ont affirmé comprendre les diverses parties du siège avec l'image du haut seulement. On retire donc la seconde image, créant un espace pour l'ajout de consignes dont l'utilité est expliquée ci-dessous.

Certains commentaires concernant une caractéristique du siège ne sont liés qu'à une activité en particulier. Les consignes précisent donc au sujet que si c'est le cas pour un ou plusieurs de ses commentaires, il peut indiquer l'activité correspondante par le code **A1**, **A2**, **A3**, **A4** ou **A5**, chaque **A** indiquant une activité réalisée lors du test, dans l'ordre de la première à la cinquième. Notons que ceci permettra de mieux juger de la position globale du sujet liée au commentaire puisque chaque activité est liée à un type de posture.

Des sujets ont signalé qu'ils étaient plutôt portés à émettre des critiques négatives, un fait que nous avons pu remarquer lors de la compilation des résultats. Il est difficile pour l'évaluatrice de savoir quelle importance accorder aux critiques et lesquelles prioriser pour améliorer le confort du siège. Afin de savoir si le sujet trouve une certaine composante du siège confortable ou non, on ajoute une échelle d'évaluation du confort sous chacune des composantes principales du siège. Cette échelle est la même que celle employée à la SECTION – 5 afin de connaître *l'Expérience globale*. Il sera possible de mener l'analyse des notes obtenues sur ces échelles de façon semblable à l'analyse réalisée pour l'*Expérience globale*. On saura l'ensemble des notes accordées par les sujets pour chaque composante du siège, ce qui permettra d'évaluer au premier coup d'œil les composantes considérées comme plus ou moins confortables. Ceci permettra d'ajouter une classification de l'importance des commentaires en termes de composantes du siège pour mieux établir les modifications prioritaires lors de la conception du nouveau prototype. Une telle échelle d'évaluation du confort permettrait aussi aux sujets de considérer leur perception

générale du confort d'un attribut du siège (assise, dossier, etc.) en termes de bien-être et d'esthétique, tel que mentionné à la Section 3.3.1.

**Section – 5 : Expérience globale et impression finale**

Pour les mêmes raisons qu'à la SECTION – 2, mentionnées précédemment, on ajoute un espace pour les commentaires sous l'évaluation de l'*Expérience globale* et un autre sous l'évaluation de l'*Impression finale*.

# CONCLUSION

Dans le domaine compétitif du transport de passagers par avion, une compagnie d'aviation désireuse de fidéliser sa clientèle devra satisfaire ses désirs. Or, la loyauté des passagers est entre autres une conséquence du confort qui leur est fourni, ce dernier étant en grande partie lié au siège et à l'espace individuel. Il est donc important d'évaluer si le siège résultant des décisions prises au cours de la conception assure le confort des passagers.

Le premier objectif de ce mémoire était de passer en revue les grandes méthodes d'évaluation du confort d'un siège. Nous avons atteint cet objectif en présentant les différentes méthodes d'évaluations par les experts et par les usagers, tout en prenant soin d'abord de mieux définir le confort dans le domaine de l'ergonomie des sièges.

C'est dans le contexte de l'évaluation subjective par les usagers que s'inscrit le protocole d'évaluation d'un siège passager pour avion développé et testé avec un total de 18 sujets. Conjointement au protocole, on a aussi développé et testé un questionnaire comme outil de recueil de données subjectives. Ceci complète la réalisation des second et troisième objectifs.

Notre étude avait pour quatrième et dernier objectif de faire ressortir les caractéristiques du siège les plus importantes pour l'usager en termes de confort afin de guider les concepteurs dans la réalisation des changements qui auront les plus d'impacts positifs sur le confort des usagers. Notre analyse des résultats a permis non seulement d'identifier les commentaires positifs et négatifs les plus importants mais aussi de les relier aux composantes et attributs du siège, pour mieux aider le concepteur à établir la liste des modifications prioritaires à apporter lors de la conception du prochain prototype. Ceci nous a donc permis d'atteindre notre dernier objectif.

Lors d'une prochaine recherche, il serait intéressant de tester une nouvelle version du siège créée en tenant compte des résultats obtenus à partir du protocole et du questionnaire d'évaluation. Ceci permettrait de voir si les commentaires les plus importants suite à l'évaluation subséquente se distinguent ou s'apparentent aux commentaires les plus importants tirés de la première évaluation. On pourrait aussi vérifier si l'on dénote une amélioration de la première impression ainsi que de l'impression finale et de l'expérience globale. Ceci nous permettrait de confirmer l'utilité de cette évaluation subjective dans le but d'améliorer le confort du siège.

Suite aux tests réalisés, une nouvelle version du questionnaire est proposée. Il serait intéressant de tester à nouveau le protocole d'évaluation en employant cette fois la nouvelle version du questionnaire. Avec des sujets différents, on pourrait vérifier si la nouvelle version du questionnaire est bien comprise et si elle apporte des résultats tout aussi sinon plus pertinents que ceux de la première version.

Il serait aussi intéressant que le protocole d'évaluation soit appliqué par un même groupe de sujets sur deux sièges différents, l'un de ces sièges ayant été identifié comme plus confortable que l'autre par de précédents utilisateurs. On pourrait alors voir si les réponses au questionnaire nous permettent de détecter cette différence de niveau de confort entre les sièges et d'identifier, dans le cas de chacun des sièges, les caractéristiques auxquelles les éléments de confort et d'inconfort sont liés.

Pour réussir à développer et tester notre protocole, il a fallu fixer de nombreux paramètres. Pour n'en nommer que quelques-uns mentionnons : le temps d'évaluation, le nombre de sujets, les tâches, la maquette de cabine d'avion et le modèle de siège. Certaines décisions ont été prises en s'appuyant sur diverses références scientifiques alors que d'autres découlent de contraintes. D'autres décisions sont justifiées par le contexte de conception itérative centrée sur l'usager. Il serait intéressant d'évaluer l'influence d'un paramètre en particulier sur l'évaluation subjective du confort par les usagers. Un exemple de paramètre serait le temps au cours duquel le sujet demeure assis.

Sachant que les experts de disciplines pertinentes au domaine du confort (ex., ergonomie, design industriel) peuvent plus facilement identifier les caractéristiques du siège en lien avec le confort, il serait possible de faire réaliser l'évaluation subjective par des experts ne faisant toutefois pas partie de l'équipe de conception. Ces experts auraient alors une double compétence à la fois d'expert de leur discipline et d'usager. On comparerait ainsi les résultats des experts à ceux obtenus avec les sujets de la population en général. Il serait en effet intéressant de voir si les mêmes caractéristiques les plus importantes du siège en termes de confort ressortent avec un moins grand nombre de sujets experts, ce qui pourrait donner lieu à une évaluation requérant moins de sujets et donc moins de temps.

# RÉFÉRENCES


Annett, J. (2002). Subjective rating scales: science or art? *Ergonomics, 45*(14), 966-987.

Association Française de Normalisation (AFNOR). (2005). Principes de choix et d'utilisation de sujets d'essai pour l'essai des aspects anthropométriques des produits industriels et leur conception, *Organisation internationale de normalisation, EN ISO 15537:2004*.

Bastien, J. M. C., & Scapin, D. L. (1995). Evaluating a user-interface wth ergonomic criteria *International Journal of Human-Computer Interaction, 7*(2), 105-121.

Bendix, T., Winkel, J., & Jessen, F. (1985). Comparison of office chairs with fixed forwards or backwards inclining, or tiltable seats. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 54*(4), 378-385.

Bronkhorst, R., & Krause, F. (2004). Designing Comfortable Passenger Seats *Comfort and Design* (pp. 155-167): CRC Press.

CAESAR. (2000). Data from the Civilian American and European Surface Anthropometry Resource Project - CAESAR.

Cameron, J. A. (1996). Assessing work-related body-part discomfort: Current strategies and a behaviorally oriented assessment tool. [doi: 10.1016/0169-8141(95)00101-8]. *International Journal of Industrial Ergonomics, 18*(5-6), 389-398.

Corlett, E. N., & Bishop, R. P. (1976). A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics, 19*(2), 175-182.

Dahlman, S., & Coelho, D. (2002). Comfort and Pleasure *Pleasure With Products*: CRC Press.

de Looze, M. P., Kuijt-Evers, L. F. M., & van Dieen, J. (2003). Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. *Ergonomics, 46*(10), 985-997.

Ebe, K., & Griffin, M. J. (2001). Factors affecting static seat cushion comfort. *Ergonomics, 44*(10), 901 - 921.

Gordon, C. C., Bradtmiller, B., Churchill, T., Clauser, C. E., McConville, J. T., Tebbetts, I. O., et al. (1988). *Anthropometric Survey of US Army Personnel: Methods and Summary Statistics* (No. Technical Report NATICK/TR-89/044, AD A225 094).

Groenesteijn, L., Vink, P., de Looze, M., & Krause, F. (2009). Effects of differences in office chair controls, seat and backrest angle design in relation to tasks. *Applied Ergonomics, 40*(3), 362-370.

Harrison, C. R., & Robinette, K., M. (2002). *CAESAR: Summary Statistics for the Adult Population (Ages 18-65) of the United States of America*: AFRL-HEWP-TR-2002-0170, Human Effectiveness Directorate Crew System Interface Division, Wright Patterson AFB, Ohio.

Hedge, A. (2007). Cornell ergonomic seating evaluation v21 Retrieved from http://ergo.human.cornell.edu/ahSEATING.htm

Helander, M. G. (2003). Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort! *Ergonomics, 46*(13/14), 1306.

Helander, M. G., & Zhang, L. J. (1997). Field studies of comfort and discomfort in sitting. *Ergonomics, 40*(9), 895-915.

Hertzberg, H. T. E. (1972). Human buttocks in sitting. Pressure, patterns, and palliatives*, Society of Automotive Engineers, Paper 720005*.

HFES 300 Committee. (2004). *Guidelines for using anthropometric data in product design*. Santa Monica, CA.: Human Factors and Ergonomics Society.

Human Systems Information Analysis Center. (1994). Anthropometric data analysis sets manual. Retrieved from http://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=anthropometric%20data%20analysis%20sets%20manual&source=web&cd=1&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fmreed.umtri.umich.edu%2Fmreed%2Fdownloads%2Fanthro%2Fansur%2FADAS-Dimension_Definitions.pdf&ei=fskZT6-KN8GKgweu36H7Cw&usg=AFQjCNEpm0VmPj5F4bGOHlu92pedAoSYcA&cad=rja

International Ergonomics Association. (2010). What is ergonomics. Retrieved 13 février 2011, from http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html

Jordan, P. (2000). Methods *Designing Pleasurable Products* (pp. 136-204). London: CRC Press.

Jung, E. S., Han, S. H., Jung, M., & Choe, J. (1998). Coach design for the Korean high-speed train: a systematic approach to passenger seat design and layout. *Applied Ergonomics, 29*(6), 507-519.

Kolich, M. (2003). Automobile seat comfort: occupant preferences vs. anthropometric accommodation. *Applied Ergonomics, 34*, 177-184.

Kolich, M. (2008). A conceptual framework proposed to formalize the scientific investigation of automobile seat comfort. [doi: 10.1016/j.apergo.2007.01.003]. *Applied Ergonomics, 39*(1), 15-27.

Kolich, M., & Taboun, S. M. (2004). Ergonomics modelling and evaluation of automobile seat comfort. [Article]. *Ergonomics, 47*(8), 841-863.

Kuijt-Evers, L. F. M. (2007). *Comfort in Using Hand Tools, Theory, Design and Evaluation.* Université technique de Delft, Delft, Pays-Bas.

Kuijt-Evers, L. F. M., Bosch, T., Huysmans, M. A., de Looze, M. P., & Vink, P. (2007). Association between objective and subjective measurements of comfort and discomfort in hand tools. [doi: 10.1016/j.apergo.2006.05.004]. *Applied Ergonomics, 38*(5), 643-654.

Kuijt-Evers, L. F. M., de Looze, M. P., & Vink, P. (2004). Theory of Comfort *Comfort and Design* (pp. 13-32): CRC Press.

Kuijt-Evers, L. F. M., Groenesteijn, L., de Looze, M. P., & Vink, P. (2004). Identifying factors of comfort in using hand tools. [doi: 10.1016/j.apergo.2004.04.001]. *Applied Ergonomics, 35*(5), 453-458.

Kuijt-Evers, L. F. M., Twisk, J., Groenesteijn, L., De Looze, M. P., & Vink, P. (2005). Identifying predictors of comfort and discomfort in using hand tools. *Ergonomics, 48*(6), 692-702.

Kyung, G., Nussbaum, M. A., & Babski-Reeves, K. (2008). Driver sitting comfort and discomfort (part I): Use of subjective ratings in discriminating car seats and correspondence among ratings. [doi: 10.1016/j.ergon.2007.08.010]. *International Journal of Industrial Ergonomics, 38*(5-6), 516-525.

Le Carpentier, E. F. (1969). Easy chair dimensions for comfort--a subjective approach. *Ergonomics, 12*(2), 328-337.

Lee, K. S., Waikar, A. M., & Wu, L. (1988). Physical stress evaluation of microscope work using objective and subjective methods. [doi: 10.1016/0169-8141(88)90021-2]. *International Journal of Industrial Ergonomics, 2*(3), 203-209.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology, 22*(140), 1-55.

Mehta, C. R., & Tewari, V. K. (2000). Seating discomfort for tractor operators - a critical review. [doi: 10.1016/S0169-8141(99)00054-2]. *International Journal of Industrial Ergonomics, 25*(6), 661-674.

Noro, K., Fujimaki, G., & Kishi, S. (2005). A theory on pressure distribution and seat discomfort *Comfort and Design : Principles and Good Practice* (pp. 33-39). Boca Raton: CRC Press.

Oborne, D. J. (1993). *Person-centred ergonomics: a Brantonian view of human factors*: Taylor & Francis.

Oborne, D. J., & Clarke, M. J. (1973). The Development of Questionnaire Surveys for the Investigation of Passenger Comfort. *Ergonomics, 16*(6), 855 - 869.

Oborne, D. J., & Clarke, M. J. (1975). Questionnaire surveys of passenger comfort. [doi: 10.1016/0003-6870(75)90302-6]. *Applied Ergonomics, 6*(2), 97-103.

Quehl, J. (2001). *Comfort studies on aircraft interior sound and vibration.* Carl Von Ossietzky Universitat, Oldenburg, Allemagne.

Quigley, C., Southall, D., Freer, M., Moody, A., & Porter, M. (2001). Anthropometric Study to Update Minimum Aircraft Seating Standards: EC1270, ICE Ergonomics Ltd.

Richards, L. G. (1980). On the psychology of passenger comfort. In D. J. Oborne & J. A. Levis (Eds.), *Human Factors in Transport Research: User factors, comfort, the environment and behaviour* (Vol. 2). New York: Academic Press.

Robinette, K. M., & Hudson, J. A. (2006). Anthropometry. In Gavriel Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics, 3e Edition* (pp. 322-339). New Jersey: Wiley.

SAE Aerospace. (1997). Performance standard for seats in civil rotorcraft, transport aircraft and general aviation aircraft, *AS8049*. Warendale, PA: SAE International Group.

SAE Aerospace. (2003). Aircraft seat design guidance and clarifications, *ARP 5526*: SAE International Group.

Shackel, B., Chisdey, K. D., & Shipley, P. (1969). The assessment of chair comfort. *Ergonomics, 12*(2), 269-306.

Slater, K. (1985). *Human comfort*. Springfield, Illinois: C.C. Thomas.

Smith, D. R., Andrews, D. M., & Wawrow, P. T. (2006). Development and evaluation of the Automotive Seating Discomfort Questionnaire (ASDQ). [doi: 10.1016/j.ergon.2005.09.005]. *International Journal of Industrial Ergonomics, 36*(2), 141-149.

Sondergaard, K. H. E., Olesen, C. G., Sondergaard, E. K., de Zee, M., & Madeleine, P. (2010). The variability and complexity of sitting postural control are associated with discomfort. [doi: 10.1016/j.jbiomech.2010.03.009]. *Journal of Biomechanics, 43*(10), 1997-2001.

Straker, L. (2003). Body Discomfort Assessment Tools *Occupational Ergonomics* (pp. 26-21-26-14): CRC Press.

The Eastman Kodak Company. (2004). Kodak's Ergonomic Design for People at Work (2nd Edition): John Wiley & Sons.

Trochim, W. M. (2006). Likert Scaling, Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition. Retrieved 26 novembre 2010, from http://www.socialresearchmethods.net/kb/scallik.php

Van Rosmalen, D. M. K., Groenesteijn, L., Boess, S., & Vink, P. (2009). Using both qualitative and quantitative types of research to design a comfortable television chair. *Journal of Design Research, 8*(1).

Vergara, M., & Page, l. (2000). System to measure the use of the backrest in sitting-posture office tasks. [doi: 10.1016/S0003-6870(99)00056-3]. *Applied Ergonomics, 31*(3), 247-254.

Vink, P. (2005). *Comfort and design: principles and good practice*: CRC Press.

Vink, P., & Brauer, K. (2011). *Aircraft Interior Comfort and Design*: Taylor & Francis.

Vink, P., de Looze, M. P., & Kuijt-Evers, L. F. M. (2005). Theory of comfort *Comfort and Design : Principles and Good Practice* (pp. 13-32). Boca Raton: CRC Press.

Zhang, L. J., Helander, M. G., & Drury, C. G. (1996). Identifying factors of comfort and discomfort in sitting. *Human Factors, 38*(3), 377-389.

Zhao, J. H., & Tang, L. (1994). An Evaluation of Comfort of a Bus Seat. *Applied Ergonomics, 25*(6), 386-392.

# ANNEXE 1 : DIRECTIVES DE CONFORT DE BOEING

BOEING

## 4.1.4 Seat Space Measurements and Criteria

**Figure 4.1: Seat Space Measurement Criteria**

### Seat Space Measurements and Criteria

Economy / Tourist Class Seating

***Measurement Descriptions***

**Measurement Reference Point**

★ **Seat Measurement Reference Point (SMRP)** is the intersection of two extended planes:

1) The "compressed seat cushion height" plane runs parallel to the airplane floor at the point of maximum compression of the seat bottom cushion by a 170-pound passenger.
2) The "seatback plane": A six-inch wide plane parallel to the vertical center axis of the seatback; running through the front surface of the compressed seatback at points 3 and 23 inches above the "compressed seat height."

**Leg Space**

① Thickness of the seat at knee height: The distance between the "seatback plane" and a parallel plane on the back surface of the seat at 24.9 inches (95th percentile male knee height with a 1" thick shoe) above the airplane floor.

②③ Shin Clearance at 45 and 60 degrees: The shortest distance from the "seat comfort reference point" to a 45 or 60 degree plane touching the aft lower portion of the seat back, frame or shrouding.

**Back and Shoulder Space**

④ Lumbar depth: The distance from the front surface of the backrest to the "seatback plane".

⑤ Shoulder Obstruction Height: The distance from the "Compressed Seat Cushion Height" to the bottom of anything (generally a headrest) that projects forward from the upper seatback

**Working, Eating and Visual Space**

⑥ Upper Seatback thickness – The distance from the "seatback plane" to a plane representing the back of the seat between 24.9" above the floor and 25.8" above the SMRP.

⑦ Headrest Thickness – The distance between the front and back of the headrest, measured at the center of the headrest.

⑧ Space between seat backs – Distance between the sides of the seat backs, measured at a height of 27.6" above the SMRP (5th percentile female eye height.)

BOEING

**Figure 4.2: Seat Space Grading System**

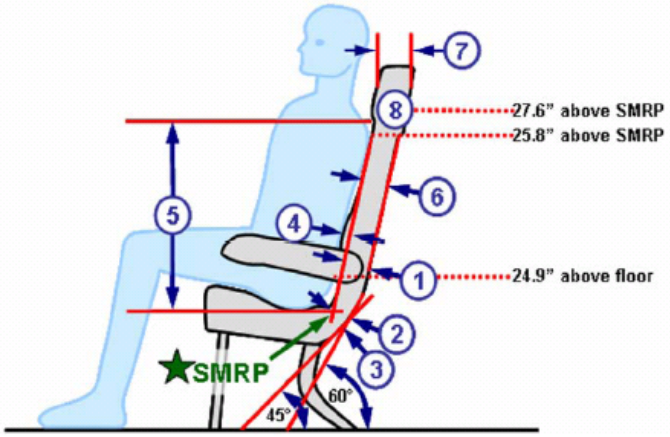
## Seat Space Measurements and Criteria

Economy / Tourist Class Seating

### *Seat Space Rating System*

| Grade: | "A" | "B" | "C" | "D" |
|---|---|---|---|---|
| **Legroom space** | | | | |
| ① Thickness at knee height (24.9" above floor) | < 1" | 1" to < 2" | 2" to 3" | > 3" |
| ② 60° shin clearance (from SMRP) | < 0.8" | 0.8" to < 1.7" | 1.7" to 2.5" | > 2.5" |
| ③ 45° shin clearance (from SMRP) | < 0.5" | 0.5" to < 1.2" | 1.2" to 1.9" | > 1.9" |
| **Back & Shoulder space** | | | | |
| ④ Lumbar depth | < 0.5" | 0.5" to < 0.8" | 0.8" to 1.1" | > 1.1" |
| ⑤ Shoulder obstruction height | > 25.8" | 24.8" to 25.8" | 23.7" to < 24.8" | < 23.7" |
| **Working, eating & visual space** | | | | |
| ⑥ Upper back thickness | < 1.5" | 1.5" to < 2.5" | 2.5" to 3.5" | > 3.5" |
| ⑦ Headrest thickness | < 1.5" | 1.5" to < 2.8" | 2.8" to 4" | > 4" |
| ⑧ Space between seat backs (27.6" above SMRP) | > 4.0" | 3" to 4" | 2" to < 3" | < 2" |

### *Measurement Illustration*



# ANNEXE 2 : COMFORT QUESTIONNAIRE FOR HANDTOOLS

**Expected comfort at first sight**

| | Very uncomfortable | • | A little uncomfortable | • | A little comfortable | • | Very comfortable |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I think this hand tool is: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Comfort descriptors**

| | This hand tool: | Totally disagree | • | A little disagree | • | A little agree | • | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fits the hand | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | is functional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3 | Is very reliable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 4 | is easy in use | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | Has a good force transmission | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6 | Has a solid design | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 7 | is safe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8 | Causes pressure on the hand | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 9 | Causes blisters | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 10 | is a high quality tool | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 11 | Has a nice-feeling handle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 12 | Offers a high task performance | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 13 | Causes body part ache | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 14 | Provides a high product quality | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 15 | Has a professional looks | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 16 | Has a functional colour | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 17 | Needs low hand grip force supply | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 18 | Has a good friction between handle and hand | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 19 | Provides a relaxed working posture | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 20 | Causes an inflamed skin of hand | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 21 | Has a handle surface whith good roughness | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 22 | Feels clammy | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 23 | Is easy to take along | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 24 | Has a nice colour | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25 | Causes pain | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 26 | Causes numbness and lack of tactile feeling in hand | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 27 | Causes cramped muscles | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Overall comfort after short time use**

| | Very uncomfortable | • | A little uncomfortable | • | A little comfortable | • | Very comfortable |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I think this hand tool is: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Figure 3-1 : Comfort questionnaire for handtools (Kuijt-Evers, et al., 2005)

# ANNEXE 3 : QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION SUBJECTIVE DU CONFORT DE SIÈGES D'AVION POUR PASSAGERS – VERSIONS FRANÇAISE ET ANGLAISE

SECTION – 0 Sujet # 1 - allée

**Dimensions Anthropométriques**

1- Coude à la pointe du doigt du milieu

_____ mm

2- Hauteur assis

_____ mm

3- Hauteur épaules assis

_____ mm

4- Genoux à l'arrière des fesses assis

_____ mm

5- Épaule à coude

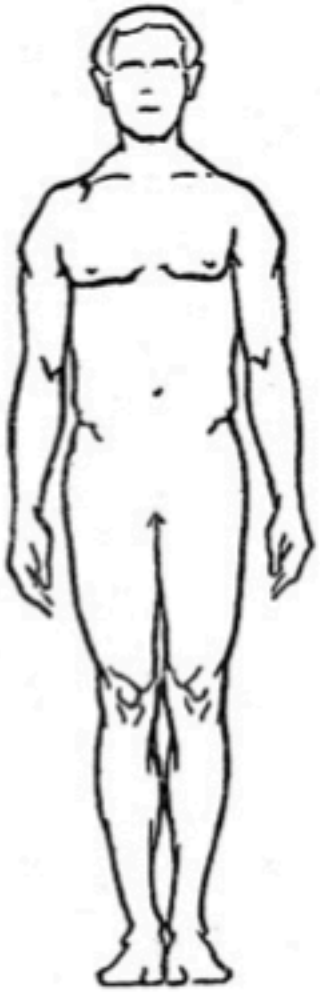
_____ mm

6- Hauteur genou

_____ mm

7- Largeur des épaules

_____ mm



SECTION - 1

Sujet # 1 - allée

## Informations personnelles

(À remplir par l'évaluateur)

# Sujet : ___

Date : _____

Heure : _____

Position : ☐ allée ☐ milieu ☐ hublot

### Données biographiques

Sexe : ☐ F ☐ M

Âge : _____ ans

Taille : _____

Poids : _____

De quelle main écrivez-vous ? ☐ droite ☐ gauche

### État de santé

> Souffrez-vous présentement d'inconfort, de maux ou de problèmes de santé qui pourraient, selon vous, affecter négativement votre perception du confort d'un siège d'avion?

☐ Oui

☐ Non

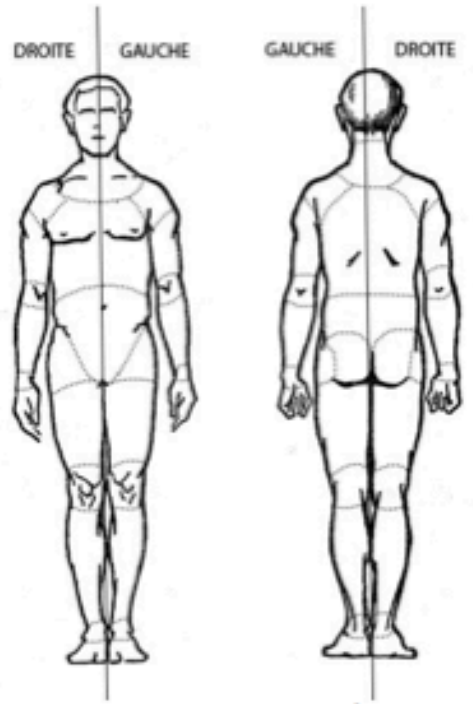
Si oui, remplissez la section "Évaluation de l'inconfort - avant le test".
Si non, rendez-vous à la page intitulée "Informations personnelles (suite)".

SECTION – 1 Sujet # 1 - allée

## Évaluation de l'inconfort – *avant le test*

**Zone**

Écrivez une lettre dans la zone approximative où l'inconfort, mal ou problème est ressenti
Définissez une zone plus précise si désiré




**Sévérité**

1 Inconfort, mal ou problème léger : présent mais peut être ignoré
2 .
3 Inconfort, mal ou problème modéré : est clairement ressenti mais peut être toléré
4 .
5 Inconfort, mal ou problème sévère : est difficilement tolérable
6 .
7 Inconfort, mal ou problème intolérable : est intolérable, il m'empêche de penser à autre chose

**Fréquence**

Temporaire : cet inconfort, ce mal ou ce problème est passager

Récurrent : cet inconfort, ce mal ou ce problème apparaît et disparaît

Permanent : je ressens toujours cet inconfort, ce mal ou ce problème

| Évaluation de l'inconfort | | | Commentaires |
|---|---|---|---|
| Zone | Sévérité | Fréquence | Décrivez votre sensation |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

SECTION - 1

Sujet # 1 - allée

## Informations personnelles (suite)

**Expérience de vol**

> Combien de vols différents avez-vous effectués au cours des trois dernières années? (1 transfert = 2 vols différents, 1 aller-retour = 2 vols différents)

- [ ] 0
- [ ] 1 max
- [ ] 1 à 5
- [ ] Plus de 5

> Habituellement, dans quelle classe voyagez-vous ? *(Cochez une seule réponse)*

- [ ] Classe économique (la moins dispendieuse)
- [ ] Classe affaires
- [ ] Première classe
- [ ] Autre (spécifiez) :

> Avez-vous déjà voyagé dans une classe de vol autre que votre classe habituelle ?

- [ ] Oui
- [ ] Non

> Si oui, la ou lesquelles ? *(Cochez une ou plusieurs réponses)*

- [ ] Classe économique (la moins dispendieuse)
- [ ] Classe affaires
- [ ] Première classe
- [ ] Autre (spécifiez) :

> Toujours si oui, combien de fois avez-vous voyagé dans une classe de vol autre que votre classe habituelle au cours des 3 dernières années ?

- [ ] 1 fois au maximum
- [ ] 1 à 5 fois
- [ ] Plus de 5 fois

SECTION - 2 Sujet # 1 - allée

## Première impression

**Première impression visuelle** -> avant de s'être assis dans le siège

Cochez une réponse

Par rapport à mon expérience du confort des sièges d'avion, à première vue ce siège me paraît être :

- [ ] Moins confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Aussi confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Plus confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Je ne sais pas

**Première impression assis** -> tout de suite après s'être assis pour la première fois

Cochez une réponse

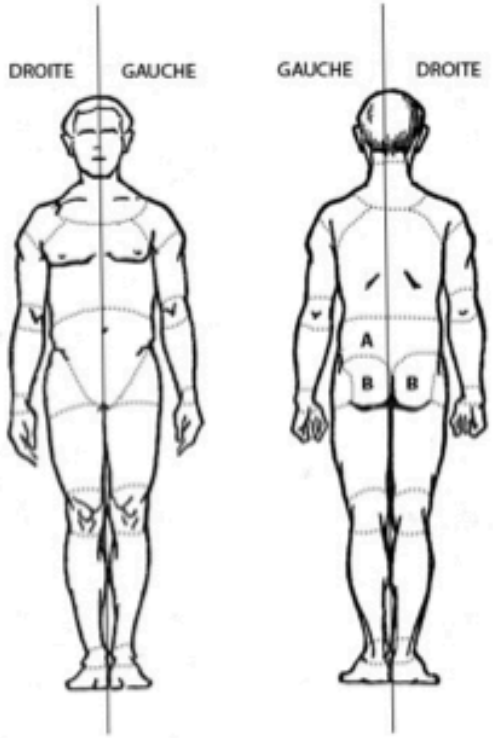
Par rapport à mon expérience du confort des sièges d'avion, dès que je m'assois dans le siège, je le juge :

- [ ] Moins confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Aussi confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Plus confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Je ne sais pas

SECTION – 3 Sujet # 1 - allée

**Évaluation de l'inconfort – *pendant le test***

**Exemple**

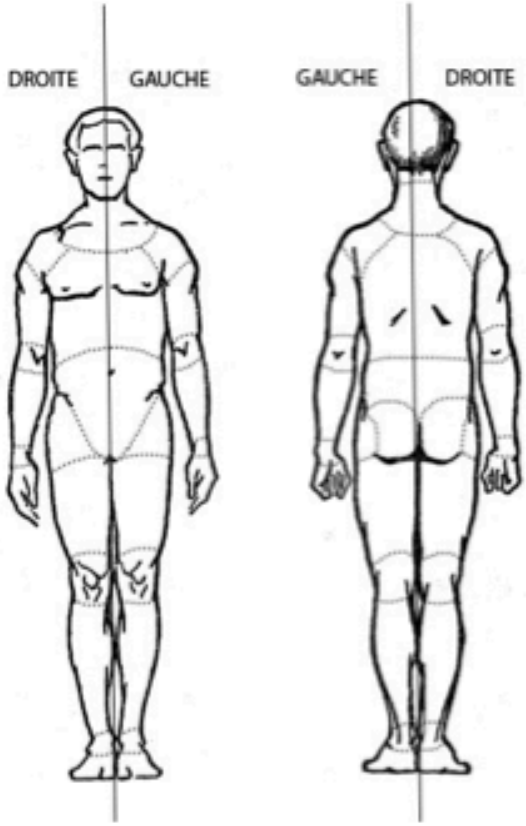



| Pendant l'activité | | | | | Après l'activité | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Évaluation de l'inconfort | | | Commentaires | | L'inconfort a-t-il persisté? | | Si oui |
| Zone | Sévérité | Instant d'apparition | Décrivez votre sensation | Selon vous, quelle en est la cause ? | Oui | Non | Sévérité |
| A | 3 | 11h05 | Je ressens une tension au bas du dos, particulièrement du côté gauche | Mon dos n'est pas bien supporté | x | | 5 |
| B | 2 | 11h30 | Pression, sensation d'être ankylosé | Le coussin de l'assise est trop ferme | | x | |

SECTION – 3 Sujet # 1 - allée

**Zone**

Écrivez une lettre dans la zone approximative où l'inconfort est ressenti
Définissez une zone plus précise si désiré




**Sévérité**

1 inconfort léger : l'inconfort est présent mais il peut être ignoré
2 .
3 inconfort modéré : l'inconfort est clairement ressenti mais peut être toléré
4 .
5 inconfort sévère : l'inconfort est difficilement tolérable
6 .
7 Inconfort intolérable : l'inconfort est intolérable, je souhaite me lever du siège

SECTION – 3

Sujet # 1 - allée

| Pendant l'activité | | | | | Après l'activité | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Évaluation de l'inconfort | | | Commentaires | | L'inconfort a-t-il persisté? | | Si oui |
| Zone | Sévérité | Instant d'apparition | Décrivez votre sensation | Selon vous, quelle en est la cause ? | Oui | Non | Sévérité |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

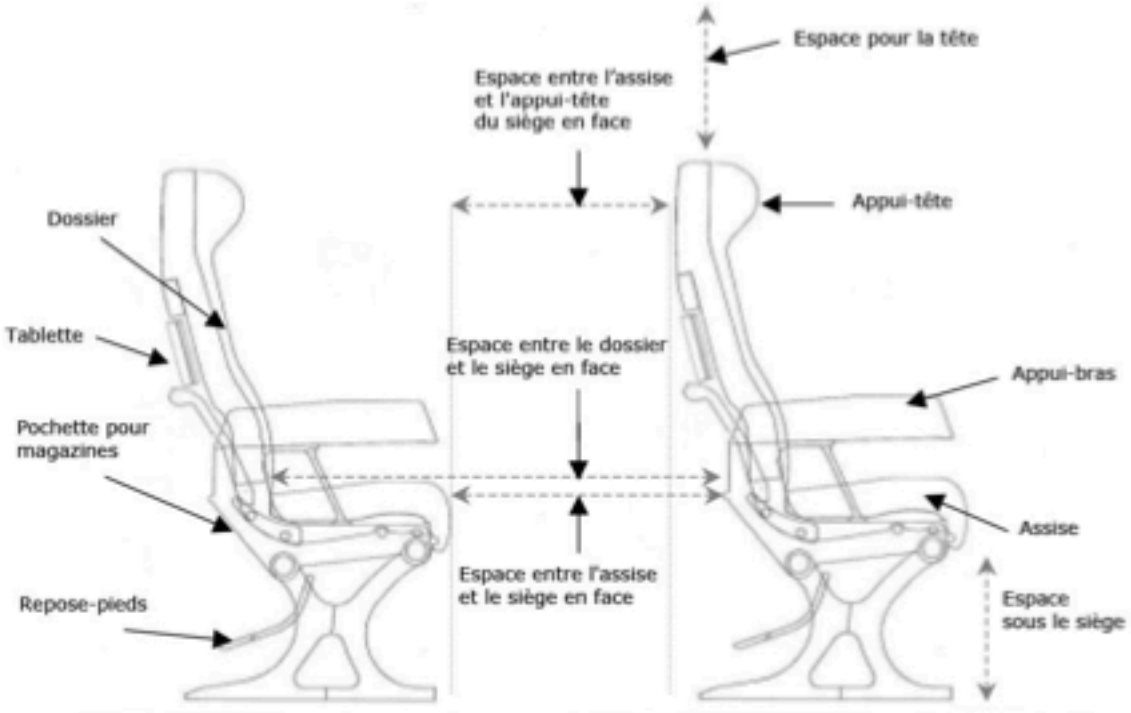
SECTION – 3

Sujet # 1 - allée

| Pendant l'activité | | | | | Après l'activité | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Évaluation de l'inconfort | | | Commentaires | | L'inconfort a-t-il persisté? | | Si oui |
| Zone | Sévérité | Instant d'apparition | Décrivez votre sensation | Selon vous, quelle en est la cause ? | Oui | Non | Sévérité |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

## Confort






SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

| **Assise** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Hauteur : par rapport au sol<br>Largeur<br>Profondeur : de l'arrière des genoux au dos<br>Angle : vers l'avant, vers l'arrière<br>Coussin : pression, fermeté, relief | |

| **Dossier** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Hauteur<br>Largeur<br>Support du dos<br>Inclinaison<br>Coussin : pression, fermeté, relief | |

| **Appui-bras** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Hauteur<br>Largeur<br>Longueur<br>Espace entre les deux appui-bras<br>Coussin : pression, fermeté, relief | |

SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

| **Appui-tête** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Positionnement en hauteur<br>Largeur<br>Inclinaison<br>Soutien<br>Position avant-arrière<br>Coussin : pression, fermeté, relief | |

| **Repose-pieds** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Hauteur<br>Angle<br>Positions permises<br>Soutien<br>Pression, relief | |

| **Liberté de mouvement** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Espace pour la tête<br>Espace entre l'assise et l'appui-tête du siège en face<br>Espace entre le dossier et le siège en face<br>Espace entre l'assise et le siège en face<br>Espace sous le siège<br>Espace pour pieds et mollets<br>Espace pour les bras et les épaules<br>Inclinaison du dossier<br>Proximité des voisins | |

SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

| **Matériau** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Friction<br>Aspect : couleur, motif<br>Sensation : toucher, aération<br>Coutures | |

| **Ajustements** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Facile à utiliser<br>Facile à atteindre : position, espace<br>Rapidité<br>Nombre<br>Amplitude | |

| **Autres** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Tablette : position, déploiement<br>Veste de sauvetage<br>Pochette pour magazines<br>Écouteurs<br>Écran<br>Etc... | |

SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

**Emettez vos suggestions concernant des points à améliorer, ou d'autres commentaires si désiré :**

SECTION - 5 Sujet # 1 - allée

## Expérience globale

Veuillez encercler le chiffre correspondant à votre degré d'accord avec chaque énoncé

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ce siège est simple d'utilisation | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| L'apparence de ce siège me plaît | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Je ressens un bien-être dans ce siège | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Je me sens détendu dans ce siège | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ce siège me plaît | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ce siège est suffisamment spacieux | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

## Impression finale

Cochez une réponse

Par rapport à mon expérience du confort des sièges d'avion, je juge ce siège :

- ☐ Moins confortable que ce que j'ai expérimenté
- ☐ Aussi confortable que ce que j'ai expérimenté
- ☐ Plus confortable que ce que j'ai expérimenté
- ☐ Je ne sais pas

SECTION – 0

Subject # 3 - window

**Anthropometric dimensions**

1- Elbow to middle finger

_____ mm

2- Sitting height

_____ mm

3- Shoulder height sitting

_____ mm

4- Knee buttock sitting

_____ mm

5- Shoulder elbow

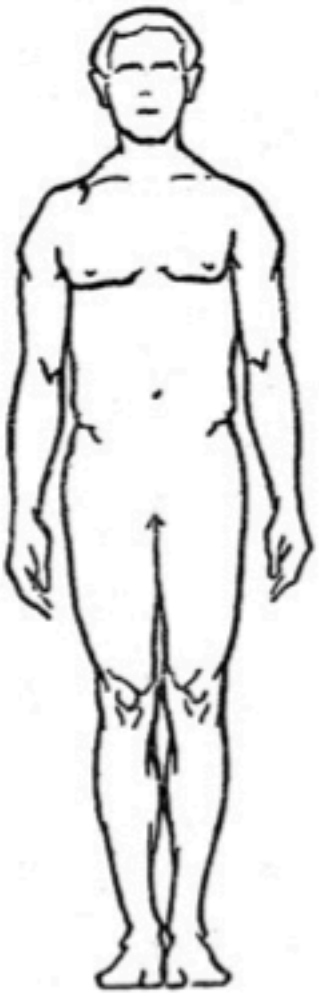
_____ mm

6- Knee height

_____ mm

7- Shoulder width

_____ mm



SECTION - 1

Subject # 3 - window

## Personal information

(To be filled by the researcher)

Subject #: ___

Date : _____

Time : _____

Position : ☐ aisle ☐ middle ☐ window

### Biographical data

Gender: ☐ F ☐ M

Age : _____ years

Height : _____

Weight : _____

With which hand do you write ? ☐ right ☐ left

### Health

> Do you currently feel a discomfort, pain or other health problem which could, according to you, negatively affect your perception of the comfort of an airplane seat?

☐ Yes

☐ No

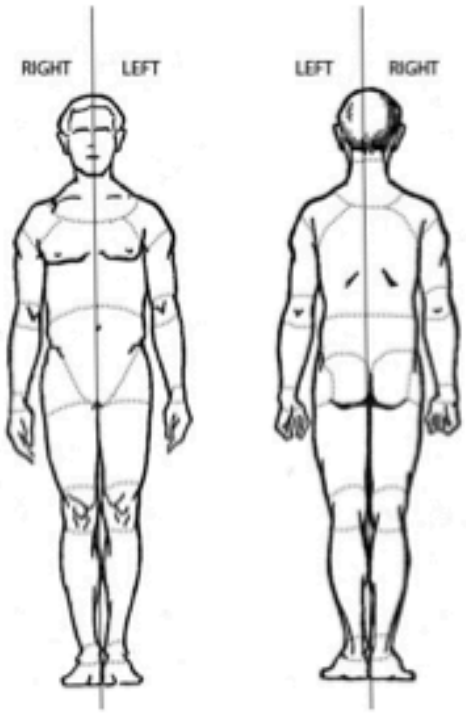
If your answer is yes, fill out the section titled "Discomfort evaluation - before test".
If your answer is no, go to the page titled "Personal information (continued)".

SECTION – 1 Subject # 3 - window

## Discomfort evaluation – *before test*

### Area

Write a letter in the approximate area where the discomfort, pain or problem is felt
Define a more precise area if desired




### Severity

1 Light discomfort, pain, problem: is present but can be ignored

2 .

3 Moderate discomfort, pain, problem: is clearly felt but can be tolerated

4 .

5 Severe discomfort, pain, problem: is hard to tolerate

6 .

7 Unbearable discomfort, pain, problem: is unbearable, I can't think of anything else

### Frequency

Temporary: this discomfort, pain or problem is transient

Recurring: this discomfort, pain or problem returns repeatedly

Permanent: I always feel this discomfort, pain or problem

| Discomfort evaluation | | | Comments |
|---|---|---|---|
| Area | Severity | Frequency | Describe your sensation |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

SECTION - 1

Subject # 3 - window

## Personal information (continued)

### Flight experience

> How many different flights have you been on during the last three years?
(1 transfer = 2 different flights, 1 return = 2 different flights)

- [ ] 0
- [ ] 1
- [ ] 1 to 5
- [ ] More than 5

> Usually, in which class do you travel? *(Check one answer only)*

- [ ] Economy (the least expensive)
- [ ] Business
- [ ] First class
- [ ] Other (specify) :

> Did you happen to travel in another class than the one you usually travel in?

- [ ] Yes
- [ ] No

> If your answer is yes, indicate which class or classes ? *(Check one or more answer)*

- [ ] Economy (the least expensive)
- [ ] Business
- [ ] First class
- [ ] Other (specify) :

> If your answer is yes, how many times have you travelled in another class than the one you usually travel in during the last three years ?

- [ ] 1 time
- [ ] 1 to 5 times
- [ ] More than 5 times

SECTION - 2 Subject # 3 - window

## First impression

**Visual first impression** -> before sitting in the seat

Check one answer

Compared to my previous experience of the comfort of airplane seats, this seat appears to be :

- [ ] Less comfortable than what I previously experienced
- [ ] As comfortable as what I previously experienced
- [ ] More comfortable than what I previously experienced
- [ ] I don't know

**Seated first impression** -> immediately after sitting for the first time in the seat

Check one answer

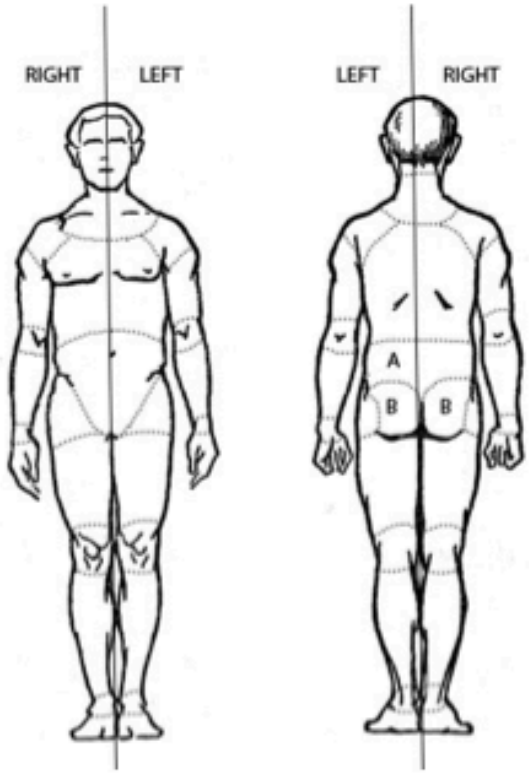
Compared to my previous experience of the comfort of airplane seats,
the moment I sit in this seat I think it is:

- [ ] Less comfortable than what I previously experienced
- [ ] As comfortable as what I previously experienced
- [ ] More comfortable than what I previously experienced
- [ ] I don't know

SECTION – 3 Subject # 3 - window

**Discomfort evaluation – *during test***

**Example**

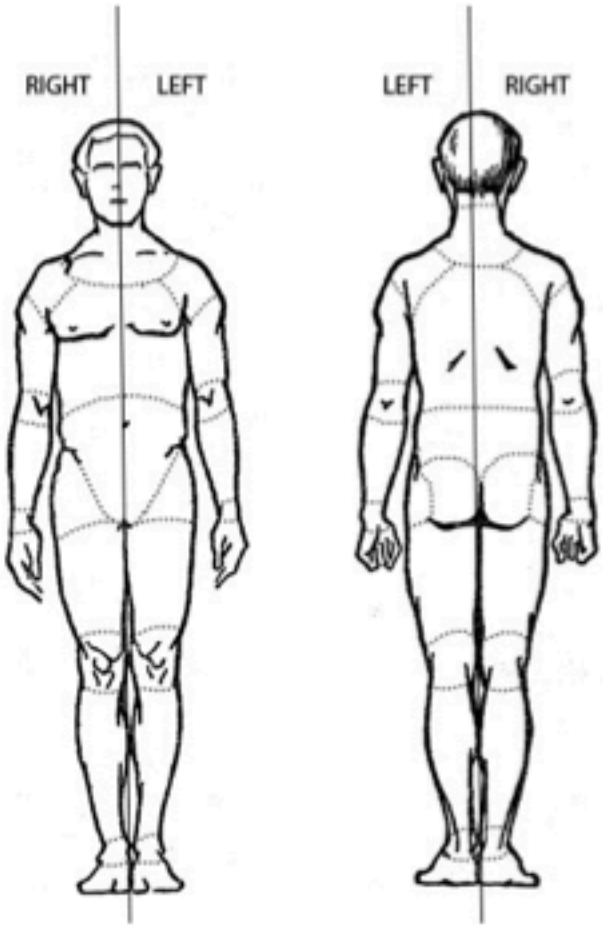



| During activity | | | | | After activity | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Discomfort evaluation | | | Comments | | Did the discomfort last? | | If yes |
| Area | Severity | Time of occurrence | Describe your sensation | According to you, what would be the cause? | Yes | No | Severity |
| A | 3 | 11h05 | I feel tense in the left part of the small of my back | My back is not well supported | x | | 5 |
| B | 2 | 11h30 | Pressure, I feel stiff | The seat cushion is too hard | | x | |

SECTION – 3 Subject # 3 - window

**Area**

Write a letter in the approximate area where the discomfort is felt
Define a more precise area if desired




**Severity**

1 Light discomfort: the discomfort is present but it can be ignored
2 .
3 Moderate discomfort: the discomfort is clearly felt but it can be tolerated
4 .
5 Severe discomfort: the discomfort is hard to tolerate
6 .
7 Unbearable discomfort: the discomfort is unbearable, I can't think of anything else

SECTION – 3

Subject # 3 - window

| During activity | | | | | After activity | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Discomfort evaluation | | | Comments | | Did the discomfort last? | | If yes |
| Area | Severity | Time of occurrence | Describe your sensation | According to you, what would be the cause? | Yes | No | Severity |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

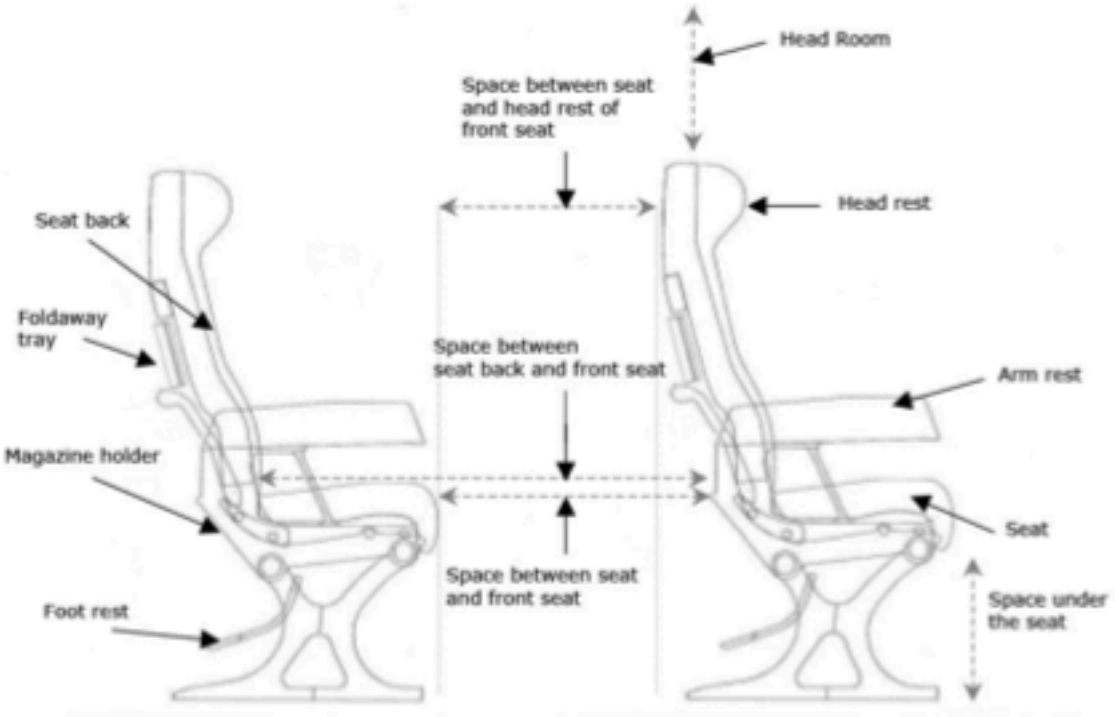
SECTION – 3

Subject # 3 - window

| During activity | | | | | After activity | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Discomfort evaluation | | | Comments | | Did the discomfort last? | | If yes |
| Area | Severity | Time of occurrence | Describe your sensation | According to you, what would be the cause? | Yes | No | Severity |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

SECTION - 4 Subject # 3 - window

## Comfort






SECTION - 4 Subject # 3 - window

| **Seat** | **Comments :** |
|---|---|
| Height: relative to floor<br>Width<br>Depth: from back to back of knees<br>Angle: towards front or back<br>Cushion: pressure, hardness, profile | |

| **Seat back** | **Comments:** |
|---|---|
| Height<br>Width<br>Back support<br>Angle<br>Cushion: pressure, hardness, profile | |

| **Arm rest** | **Comments:** |
|---|---|
| Height<br>Width<br>Length<br>Spacing between arm rests<br>Cushion: pressure, hardness, profile | |

SECTION - 4 Subject # 3 - window

| Head rest | Comments: |
|---|---|
| Height<br>Width<br>Angle<br>Support<br>Front and back position<br>Cushion: pressure, hardness, profile | |

| Foot rest | Comments: |
|---|---|
| Height<br>Angle<br>Leg / feet positions allowed<br>Support<br>Pressure, profile | |

| Freedom of movement | Comments: |
|---|---|
| Head room<br>Space between seat and head rest of front seat<br>Space between seat back and front seat<br>Space between seat and front seat<br>Space under the seat<br>Space for feet and calves<br>Space for arms and shoulders<br>Angle of seat back<br>Closeness of neighbors | |

SECTION - 4 Subject # 3 - window

| Material | Comments: |
|---|---|
| Friction<br>Aspect: color, pattern<br>Feeling: touch, aeration<br>Seams | |

| Adjustments | Comments: |
|---|---|
| Easy to use<br>Easy to reach : position, space<br>Quickness of use<br>Quantity of adjustments<br>Amplitude | |

| Others | Comments: |
|---|---|
| Foldaway tray : position, unfolding<br>Life jacket<br>Magazine holder<br>Headphones<br>Screen<br>Etc... | |

SECTION - 4 Subject # 3 - window

**Write your suggestions regarding further improvements, or other comments:**

SECTION - 5 Subject # 3 - window

## Global experience

Circle the number which corresponds to your degree of agreement with each statement

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This seat is simple to use | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| This seat looks nice | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I have a sensation of well-being in this seat | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I feel relaxed in this seat | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I like this seat | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| This seat is spacious enough | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

## Final impression

Check one answer

Compared to my previous experience of the comfort of airplane seats, I think this seat is :

☐ Less comfortable than what I previously experienced

☐ As comfortable as what I previously experienced

☐ More comfortable than what I previously experienced

☐ I don't know

# ANNEXE 4 : DIMENSIONS ANTHROPOMÉTRIQUES

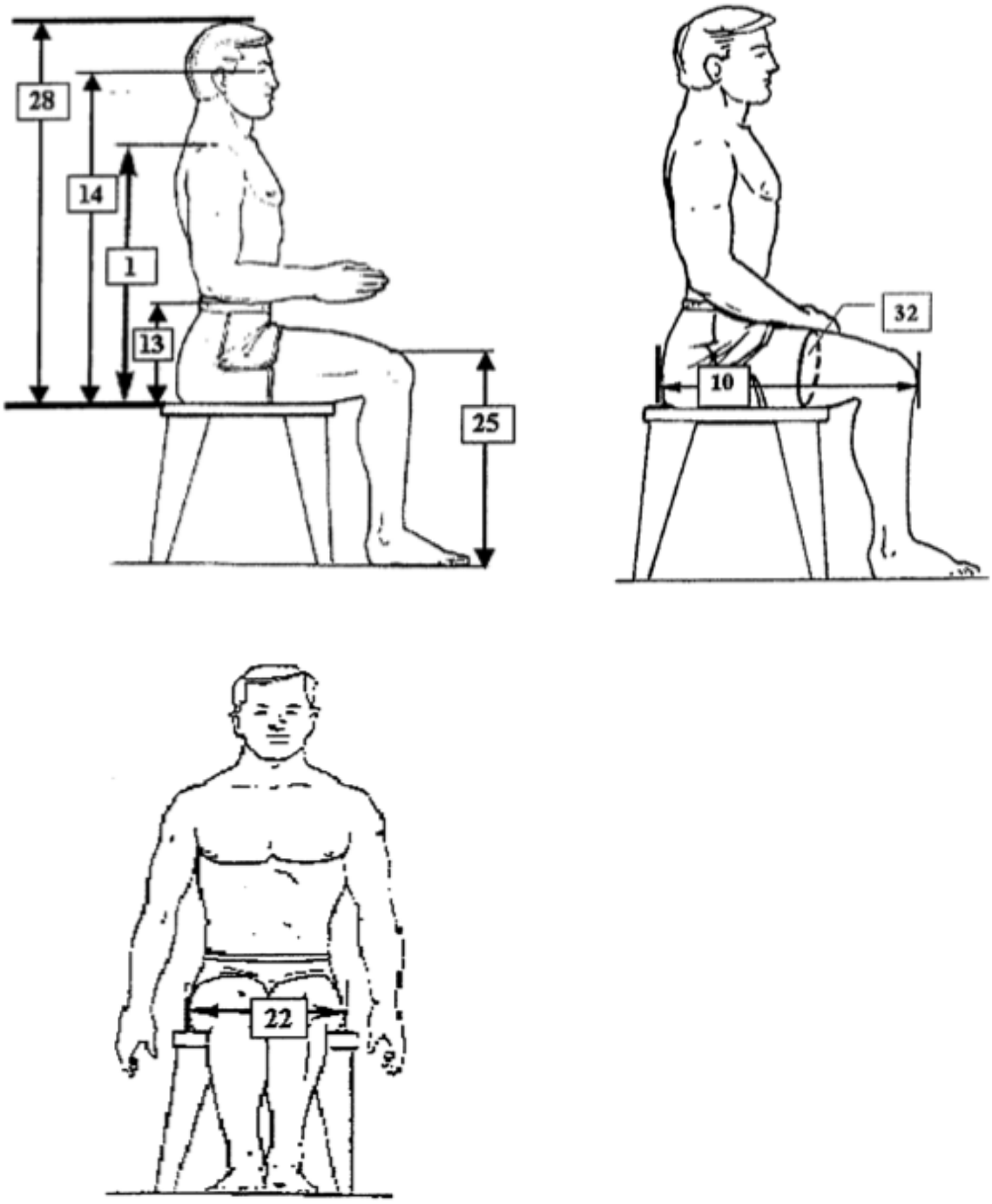



Figure 3-2 : Dimensions anthropométriques telles qu'illustrées dans le rapport CAESAR (Harrison & Robinette, 2002)

Définitions standardisées tirées du Anthropometric Data Analysis Sets Manual (Human Systems Information Analysis Center, 1994) :

73. Popliteal Area - The hollowed out region of the leg directly behind the knee, involving both the bottom of the thigh and the top of the calf.

78. Radiale - The highest point on the proximal head of the radius, near the midpoint of the elbow joint on the posterior side of the arm.

805. Stature - The vertical distance from a standing surface to the top of the head. Measured with an anthropometer. The subject stands erect with the head in the Frankfort plane. The heels are together with the weight distributed equally on both feet. The shoulders and upper extremities are relaxed. The measurement is taken at the maximum point of quiet respiration.

312. Elbow-Rest Height - The vertical distance between a sitting surface and the olecranon landmark on the bottom of the flexed right elbow is measured with an anthropometer. The subject sits erect looking straight ahead. The shoulders and upper arms are relaxed and the forearms and hands are extended forward horizontally with the palms facing each other.

194. Buttock-Knee Length - The horizontal distance between a buttock plate placed at the most posterior point on either buttock and the anterior point of the right knee is measured with an anthropometer. The subject sits erect. The thighs are parallel and the knees flexed 90° with the feet in line with the thighs.

200. Buttock-Popliteal Length - The horizontal distance between a buttock plate placed at the most posterior point on either buttock and the back of the right is measured with an anthropometer. The subject sits erect. The thighs are parallel and the knees flexed 90° with the feet in line with the thighs.

529. Knee Height - Sitting - The vertical distance between a footrest surface and the suprapatella landmark at the top of the right knee. Measured with an anthropometer. Subject sits with the thighs parallel, knees flexed to 90° and the feet in line with the thighs.

678. Popliteal Height - Sitting - The vertical distance from a footrest surface to the back of the right knee. Measured with an anthropometer. The subject sits with the thighs parallel, the feet in line with the thighs, and the knees flexed 90°.

459. Hip Breadth (Sitting) - The distance between the lateral points of the hips or thighs (whichever are broader) is measured with a beam caliper. The subject sits erect with the feet and knees together.

758. Sitting Height - The vertical distance between a sitting surface and the tip of the head. Measured with an anthropometer. The subject sits erect with the head in the Frankfort plane. The shoulders and upper arms are relaxed and the forearms and hands are extended forward horizontally with the palms facing each other. The thighs are parallel and the knees are flexed **90°** with the feet in line with the thighs

122. Bideltoid Breadth - The maximum horizontal distance between the lateral margins of the upper arms on the deltoid muscles is measured with a beam caliper. The subject sits erect looking straight ahead. The shoulders and upper arms are relaxed and the forearms and hands are extended forward horizontally with the palms facing each other.

# ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE D'INCONFORT AU TRAVAIL

J.A. Cameron / International Journal of Industrial Ergonomics 18 (1996) 389–398

**INTRODUCTION**

Work-related activities can sometimes result in physical discomfort, and a variety of terms are used to describe the physical sensations associated with this discomfort. For purposes of this survey, consider that physical discomfort may include one or more of the following sensations: pain, tenderness, numbness, tingling, tension, fatigue, soreness, heat, cold tremor, aching, burning, tiredness, cramping, stiffness, swelling, weakness, and loss of color.

**INSTRUCTIONS**

As you complete this work-related-body-part discomfort survey, please read the descriptions of discomfort very carefully (see below). Then complete this part of the survey as honestly and as accurately as you can. For each body-part where you CURRENTLY experience work-related-body-part discomfort, write a number from the SEVERITY SCALE in the left-hand (S) response box, a number from the FREQUENCY SCALE in the middle (F) response box, and a number from the DURATION SCALE in the right-hand (D) response box.

Frequency

Severity → [S] [F] [D] ← Duration

For each body part where you DO NOT CURRENTLY experience any work-related body-part discomfort, draw a horizontal line through all three boxes of the three-part response block like this:

[S] [F] [D]

**SEVERITY SCALE**

How much does this discomfort affect your ability to work and to engage in activities of daily living (e.g., eating, dressing)?

- = *NO DISCOMFORT*
1 = *MINIMAL*
2 = *SLIGHT (discomfort is present, but I can ignore it)*
3 = *MODERATE (discomfort affects my ability to work and to concentrate)*
4 = *SEVERE (discomfort affects not only my ability to work, but also many of may activities of daily living)*
5 = *INTOLERABLE (discomfort makes work and activities of daily living nearly impossible)*

**FREQUENCY SCALE**

How often do you experience work-related body-part discomfort?

- = *NEVER*
1 - *NOT VERY OFTEN (a few times a month or less)*
2 - *SOMETIMES (a few times a week)*
3 - *QUITE OFTEN (nearly every day)*
4 = *ALWAYS (it never goes away)*

**DURATION SCALE**

How long does this work-related body-part discomfort last when it occurs?

- = *I DO NOT HAVE ANY DISCOMFORT*
1 = *IT DOESN'T LAST LONG (my discomfort usually goes away as soon as I stop what seems to cause it, or shortly thereafter)*
2 = *IT LASTS SEVERAL HOURS (my discomfort usually does away within hours of stopping the activity that seems to cause it)*
3 = *IT LASTS OVERNIGHT (my discomfort usually does not go away overnight)*
4 = *IT RARELY GOES AWAY (my discomfort may go away over weekends, and it usually goes away over vacations*
5 = *IT DOESN'T GO AWAY*

**EXAMPLE**

A computer operator uses a keyboard for 5 or 6 hours a day. By the end of most days, this person usually has a lot of tension and soreness in his/her neck. This discomfort is impossible to ignore, but it does not really affect work performance. it also seems to go away overnight. however, this person is concerned because it has continued for over a year. This person would complete the response boxes describing his/her neck using a "2" for severity, a "3" for frequency, and a "2" for duration as shown below.

[2S] [3F] [2D]

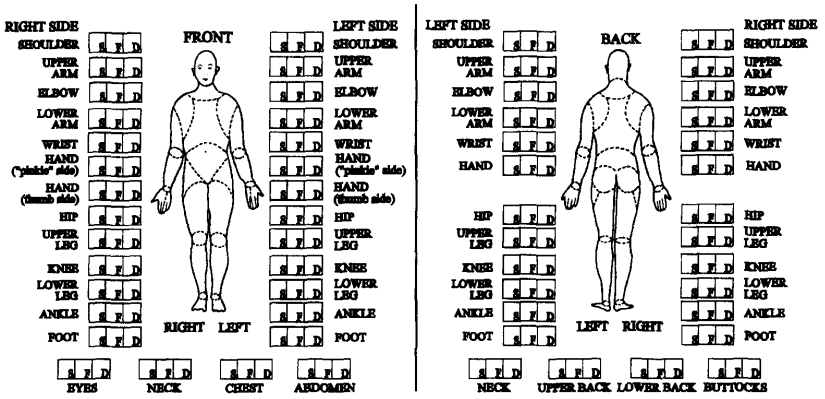



Fig. 2. A body map and three scales for assessing work-related body-part discomfort.

Figure 3-3 : Questionnaire d'inconfort au travail (Cameron, 1996)

# ANNEXE 6 : ÉVALUATION ERGONOMIQUE D'UN SIÈGE

## CORNELL ERGONOMIC SEATING EVALUATION FORM v21

This form was revised and updated in 2007. The form can help you to evaluate the ergonomic design of a chair. You should answer each question by giving a rating out of 10, with higher scores indicating better performance. This form can be used as part of your chair evaluation process and to compare the designs of different chairs. You can copy this form without permission for noncommercial and educational purposes. If you have any questions or comments please contact Professor Alan Hedge at the Department of Design & Environmental Analysis at Cornell University (ah29@cornell.edu).

**Evaluator Name:** _____ **Date:** _____

**Chair Manufacturer** _____ **Model** _____

| Evaluation Criteria | Marks out of 10 |
|---|---|
| **A: Chair Adjustments (are these available and how usable are they?)** | **Unacceptable(0) ----- Average(5) ---- Excellent(10)** |
| 1. Usability and range of seat pan depth adjustment | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 2. Usability and range of back height adjustment while sitting | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 3. Usability and range of backrest recline adjustment while sitting | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 4. Arm support range of adjustability | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 5. Chair seat, back and arms adjust independently to allow comfortable sitting | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| | **A: Chair Adjustments Score =** |
| **B: Seat Comfort** | **Unacceptable(0) ----- Average(5) ---- Excellent(10)** |
| 6. Seat pan/cushion comfort (evaluate after at least 90 min. of sitting) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 7. Seat edge contour comfort (no pressure points under buttocks, thighs, knees) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 8. Backrest cushion comfort (evaluate at various recline positions) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 9. Armrest comfort (when sitting back and resting arms) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| | **B: Seat Comfort Score =** |
| **C: Ease of Use** | **Unacceptable(0) ----- Average(5) ---- Excellent(10)** |
| 10. Ease of chair seat height adjustment while sitting | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 11. Ease of seat pan depth adjustment while sitting | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 12. Ease of armrest height adjustment while sitting | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 13. Ease of backrest recline adjustment while sitting | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 14. Ease of cleaning chair parts and materials | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| | **C: Ease-of-use Score =** |
| **D: Body Support** | **Unacceptable(0) ----- Average(5) ---- Excellent(10)** |
| 15. Mid/Upper back support at various recline positions (no forward push or fall back) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 16. Lumbar (low back) support (evaluate at various recline positions) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 17. Seat pan support at various backrest recline positions | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 18. Armrest height support range (below thigh level to above seated elbow height) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| | **D: Body Support Score =** |
| **E: Overall Chair Experience** | **Unacceptable(0) ----- Average(5) ---- Excellent(10)** |
| 19. Overall ease of use of the chair and controls (include training & adjustment time, # movements) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 20. Overall appearance of the chair | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| 21. Overall comfort of the chair | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| | **E: Overall Chair Experience Score =** |
| **TOTAL % ERGONOMIC DESIGN SCORE (%EDS) = ((A+B+C+D+E)/210) x 100 =** | |

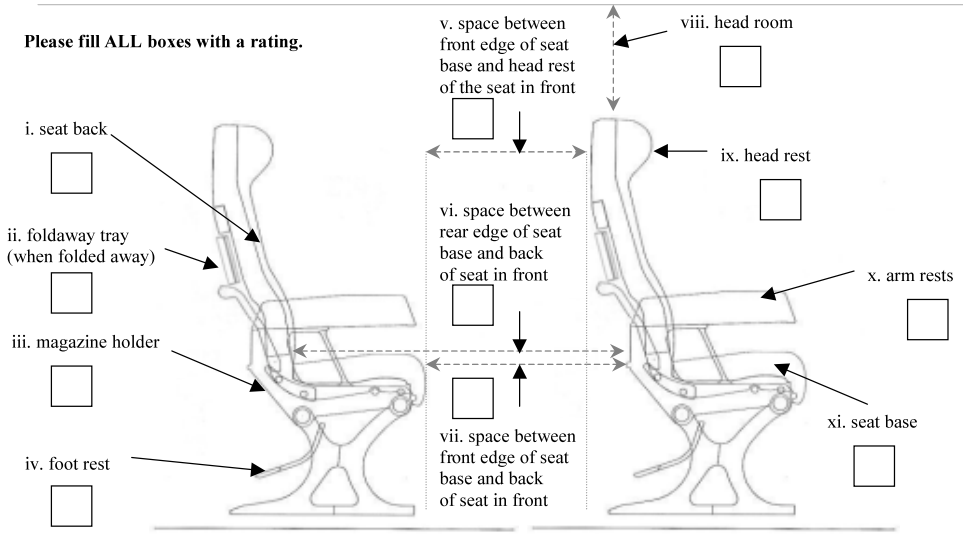
Figure 3-4 : Formulaire d'évaluation ergonomique d'un siège (Hedge, 2007)

# ANNEXE 7 : EXTRAIT D'UNE ÉTUDE ANTHROPOMÉTRIQUE

**A16 Thinking about getting '<u>to</u>' and '<u>from</u>' your seat easily, use the scale opposite to show how important you think the design of each of the seat features are.**
*For example, if you find the design of the arm rests 'very important' when it comes to getting 'to and from' your seat with ease, enter a '4' into the appropriate box on the diagram.*

| | |
|---|---|
| 1 | Not at all important |
| 2 | Slightly important |
| 3 | Important |
| 4 | Very important |

**Please fill ALL boxes with a rating.**




**A17 How easy or difficult did you find it to get to and from your seat during your flight? Please rate by circling a number on the scale below:**

**Very easy** — **Very difficult**

**1** — **2** — **3** — **4** — **5**

**A18 Still thinking about getting to and from your seat during your flight, please state whether or not you experienced problems with the following seat features/dimensions by ticking the appropriate box, and where problems did occur, give details about the specific problems you experienced.**

| Seat feature/dimension | No problem | Problem | If problem, give details (e.g. too short, high, narrow, little space etc.) | Was the problem when getting **to** the seat, **from** the seat or **both**? |
|---|---|---|---|---|
| | *Please tick appropriate box* | | | |
| seat back (your own) | | | | |
| seat back (the seat in front) | | | | |
| foldaway tray | | | | |
| magazine holder | | | | |
| foot rest | | | | |
| space between front edge of seat base and head rest of seat in front | | | | |
| space between rear edge of seat base and back of seat in front | | | | |
| space between front edge of seat base and back of seat in front | | | | |
| head room | | | | |
| head rest (your own) | | | | |
| head rest (the seat in front) | | | | |
| arm rests | | | | |
| seat base | | | | |
| other ***(please give details)*** | | | | |

112

Figure 3-5 : Extrait d'une étude anthropométrique (Quigley, et al., 2001)

# ANNEXE 8 : QUESTIONNAIRES DE CONFORT DES SIÈGES D'AVION POUR PASSAGERS UTILISÉS DANS L'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE



## ERGONOMIC SEATING EVALUATION FORM

| Evaluator Name:_____ | Manufacturer: | Manufacturer: | Manufacturer: | Manufacturer: | Manufacturer: |
|---|---|---|---|---|---|
| Title:_____ | Model#: | Model#: | Model#: | Model#: | Model#: |
| Date:_____ | | | | | |
| **EVALUATION CRITERIA** | **MARKS OUT OF 5** | **MARKS OUT OF 5** | **MARKS OUT OF 5** | **MARKS OUT OF 5** | **MARKS OUT OF 5** |
| **A. Chair Features** | **No (1) or Yes (5)** | **No (1) or Yes (5)** | **No (1) or Yes (5)** | **No (1) or Yes (5)** | **No (1) or Yes (5)** |
| 1. Seat height adjusts so user can sit with his/her feet comfortably on the floor or footrest. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 2. Seat pan depth adjusts so thighs and back are supported but no pressure is created on the back of the knees. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 3. Seat pan angle allows the user to keep his/her torso-to-thigh angle at 90° or greater. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 4. Seat angle allows the user to vary their posture forward and backward. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 5. The user can move his/her arms and shoulders without interference from the backrest. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 6. Backrest provides adequate buttocks clearance. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 7. Lumbar support is adjustable (i.e., up/down, in/out). | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 8. Armrest height is adjustable. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 9. The inside distance between the armrests allows the user to easily enter and exit the chair. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| **A: Chair Features Score =** | | | | | |
| **B. Chair Comfort** | | | | | |
| 10.Seat pan has a waterfall or declining front edge to reduce pressure on the back of the knees. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 11.The chair's seat pan has soft edges. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 12.The chair's seat pan is comfortable. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 13.The chair's backrest has soft edges. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 14.The chair's backrest is comfortable. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 15.The chair's lumbar support is comfortable. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 16.Armrests are padded (i.e., gel, foam). | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 17.The chair's fabric feels soft. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| **B: Chair Comfort Score =** | | | | | |
| **C. Ease of Use** | | | | | |
| 18.Chair height adjusts easily. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 19.Armrest height adjusts easily. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 20.The lumbar support can be adjusted from a seated position. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 21.User can easily adjust the angle of the backrest relative to the seat surface. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 22.User can recline easily. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 23.Controls can be easily reached from a sitting position. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |

For questions or information, please contact the Haworth, Inc. Corporate Ergonomist, Teresa A. Bellingar, Ph.D. at teresa.bellingar@haworth.com or (616) 393-4224.

August 20, 2002

HAWORTH®

| | Manufacturer: Model#: | Manufacturer: Model#: | Manufacturer: Model#: | Manufacturer: Model#: | Manufacturer: Model#: |
|---|---|---|---|---|---|
| 24. Controls are clear in their function. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 25. Controls can be operated easily by the user. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 26. Controls have smooth edges. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 27. Controls have enough clearance room around them for the user's hands. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| **C: Ease of Use =** | | | | | |
| **D. Body Support** | | | | | |
| 28. While working, a user can sit with his/her back firmly pressed against the backrest. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 29. Chair has stable back support at various recline positions (no forward push or fall back). | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 30. Chair has consistent lumbar support at various recline positions. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 31. The armrests can support the forearms in a variety of postures and angles. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 32. Armrest length allows the user proximity to work surface while maintaining contact with the backrest. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| **D. Body Support =** | | | | | |
| **E. Overall Chair Experience** | Bad (1) or Good (5) | Bad (1) or Good (5) | Bad (1) or Good (5) | Bad (1) or Good (5) | Bad (1) or Good (5) |
| 33. Chair controls integrate well into the overall design of the chair. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 34. Overall appearance of the chair. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 35. Overall adjustability of the chair. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 36. Overall ease of use of the chair. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| 37. Overall comfort of the chair. | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| **E. Overall Chair Experience =** | | | | | |
| **TOTAL SCORE (A+B+C+D+E) =** | | | | | |
| **Comments:** | | | | | |

For questions or information, please contact the Haworth, Inc. Corporate Ergonomist, Teresa A. Bellingar, Ph.D. at teresa.bellingar@haworth.com or (616) 393-4224.

# G5000 SEAT COMFORT CHECK

C&D ZODIAC

| AIRCRAFT S/N: 9XXX XXX | REFERENCE: MPXXXX-0017 | DATE: 4/10/2006 |
|---|---|---|

| CUSTOMER/REPRESENTATIVE | BA | C&D |
|---|---|---|
| | Designer: | Upholstery Manager: |
| | CAM: | Project Manager: |
| | Procurement: | Other: |

**SEAT REVIEWED:** SINGLE WIDE ☐ STYLING ☐ BASELINE ☐ OPTION 3
OTHER ☐ ☐ OPTION 1 ☐ OPTION 4
_____ ☐ OPTION 2 ☐ CUSTOM

| DESCRIPTION | CONFORMITY | AESTHETICS | COMFORT | QUALITY | COMMENTS |
|---|---|---|---|---|---|
| **SEAT CUSHION** | | | | | |
| **SEAT BACKREST** | | | | | |
| **ARMREST** | | | | | |
| **HEADREST** INTEGRAL ☐ PLUG-IN ☐ PLUG-IN/FLEX WINGS ☐ | | | | | |
| **LEGREST** | | | | | |
| **SWITCHES** | | | | | |
| **BERTHING** | | | | | |
| **TRACKING** | | | | | |
| **RECLINING** | | | | | |
| **LUMBAR SUPPORT** | N/A | N/A | | N/A | |
| **MISCELLANEOUS** | | | | | |

Approved ☐

Approved with modification ☐

RFQ Required ☐ Yes ☐ No

Not Approved ☐

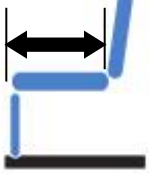
CUSTOMER / REPRESENTATIVE DATE

BA REPRESENTATIVE DATE

QC-128 NC

## Seat Geometry (Seat size) Rate seat in level of comfort

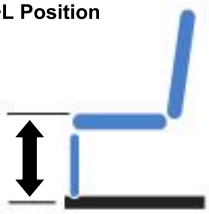
### Seat Pan Dept:
TT+L Position



❑ Comfortable
❑ Too Short
❑ Too Long

Comments:

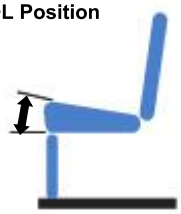
### Seat Pan Height:
TT+L Position



❑ Comfortable
❑ Too Low
❑ Too High

Comments:

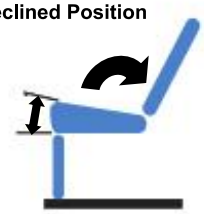
### Seat Pan Angle:
TT+L Position



❑ Comfortable
❑ Too Flat
❑ Too Steep

Comments:

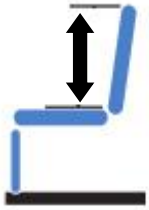
### Seat Pan Angle:
Reclined Position



❑ Comfortable
❑ Too Flat
❑ Too Steep

Comments:

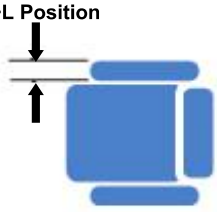
### Backrest Height:
TT+L Position



❑ Comfortable
❑ Too Short
❑ Too Tall

Comments:

### Armrest Width:
TT+L Position



❑ Comfortable
❑ Too Narrow
❑ Too Wide

Comments:

### Armrest Length:
TT+L Position



❑ Comfortable
❑ Too Short
❑ Too Long

Comments:

### Headrest Size:
TT+L Position

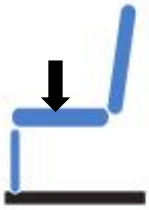


❑ Comfortable
❑ Too Narrow
❑ Too Wide

Comments:

## Seat Cushion Comfort (Cushion density) Rate seat in level of comfort

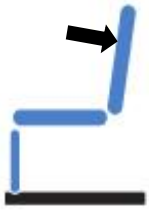
### Bottom Cushion:
TT+L Position



❑ Comfortable
❑ Too Soft
❑ Too Firm

Comments:

### Backrest Cushion:
TT+L Position



❑ Comfortable
❑ Too Soft
❑ Too Firm

Comments:

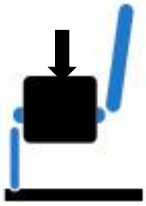
### Backrest Cushion:
Reclined Position



❑ Comfortable
❑ Too Soft
❑ Too Firm

Comments:

### Armrest Cushion:
TT+L Position



❑ Comfortable
❑ Too Soft
❑ Too Firm

Comments:

## Seat Support Rate seat in level of comfort

### Backrest Support:
TT+L Position



- ❑ Comfortable
- ❑ Lack of Support
- ❑ Pressure Point

Comments:

### Backrest Support:
Reclined Position



- ❑ Comfortable
- ❑ Lack of Support
- ❑ Pressure Point

Comments:

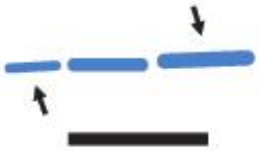
### Backrest Support:
From TT+L to a Reclined Position



- ❑ Comfortable
- ❑ Lack of Support
- ❑ Pressure Point

Comments:

### Bed Surface:
Sleep Position



- ❑ Comfortable
- ❑ Lack of Support
- ❑ Pressure Point

Comments:

### Lower Back Support:
TT+L Position



- ❑ Comfortable
- ❑ Lack of Support
- ❑ Pressure Point

Comments:

### Lumbar Support:
TT+L Position



- ❑ Comfortable
- ❑ Lack of Support
- ❑ Pressure Point

Comments:

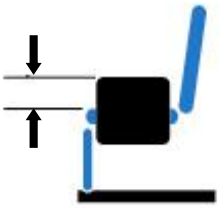
### Legrest Support:
Relaxed Position



- ❑ Comfortable
- ❑ Lack of Support
- ❑ Pressure Point

Comments:

### Elbow Support:
TT+L Position



- ❑ Comfortable
- ❑ Lack of Support
- ❑ Armrest Too High

Comments:

## Overall Chair Experience

### Functionality:



1 (Dislike) 5 (Excellent)

**1 2 3 4 5**

Comments:

### Appearance :



1 (Dislike) 5 (Excellent)

**1 2 3 4 5**

Comments:

### Comfort:



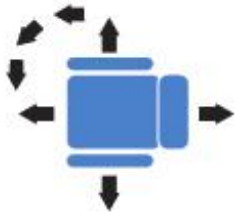
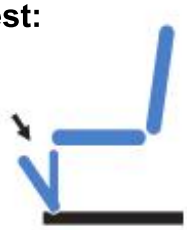
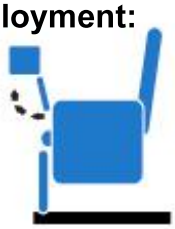
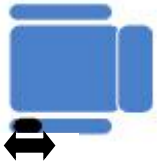
1 (Dislike) 5 (Excellent)

**1 2 3 4 5**

Comments:

**Verso…**

**Seat Functionnability** Rate seat in level of ease of Functionality

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Track and Swivel:**  1 (Unacceptable) 5 (Excellent) **1 2 3 4 5** | **Floor tracking:**  1 (Unacceptable) 5 (Excellent) **1 2 3 4 5** | **Recline:**  1 (Unacceptable) 5 (Excellent) **1 2 3 4 5** | **Access to life vest:**  1 (Unacceptable) 5 (Excellent) **1 2 3 4 5** |
| **Monitor Deployment:**  1 (Unacceptable) 5 (Excellent) **1 2 3 4 5** | **Touch screen Placement:**  1 (Unacceptable) 5 (Excellent) **1 2 3 4 5** | **User friendly Menu:**  1 (Unacceptable) 5 (Excellent) **1 2 3 4 5** | |

## General Comments:

# ANNEXE 9 : CARACTÉRISTIQUES DU SIÈGE LIÉES AU CONFORT

Tableau 3-17 : Liste complète des caractéristiques du siège liées au confort suite à la revue de littérature

| Caractéristiques | Commentaires et Recommandations |
|---|---|
| **Siège** | |
| Mouvement | Latéral, Avant-arrière et pivot, Inclinaison |
| Surface de lit | Confortable, Soutien, points de pression |
| Esthétique | Couleur, aspect extérieur |
| | |
| **Assise** | |
| Hauteur | S'ajuste de façon à ce que les pieds soient confortablement posés sur le sol ou l'appui-pieds |
| Profondeur | S'ajuste de façon à ce que les cuisses et le dos soient supportés mais qu'aucune pression ne soit créée derrière les genoux |
| Largeur | |
| Inclinaison | Permet de garder l'angle entre le torse et les cuisses à 90degrés ou plus ; |
| Forme | Le bord avant est arrondi pour réduire la pression derrière les genoux ; les bords sont souples |
| Coussin / Pression, Fermeté | |
| | |
| **Dossier** | |
| Hauteur | |
| Largeur | |
| Support lombaire | Ajustable (haut - bas ; ressorti - rentré) ; Constant malgré l'inclinaison du dossier ; Suit la courbure lombaire ; Facilité d'ajustement en hauteur lorsqu'assis |
| Forme | Correspondà la forme du dos ; Donne assez d'espace au haut des fesses ; Les bords sont souples (soft edges) ; Permet d'appuyer fermement le dos |
| Courbure du dossier (section en largeur) | Soutien latéral ; Permet d'appuyer fermement le dos |
| Inclinaison | Confort à plusieurs positions inclinées ; Angle entre le dos et les cuisses, Inclinaison max |
| Coussin / Pression, Fermeté | |
| Dossier du siège avant | |
| | |
| **Liberté de mouvement** | |
| Contraintes posturales | |
| Espace entre le bord avant de l'assise et l'appuie-tête du siège en face | |
| Espace entre la surface du dossier et le bord arrière de l'assise du siège d'avant | |
| Espace entre le bord avant de l'assise et et le bord arrière de l'assise du siège d'avant | |
| Espace pour la tête | |
| Espace pour pieds et mollets sous le siège | |
| Possibilité de bouger les bras et épaules sans interférence du dossier | |
| Angle du siège permet à l'utilisateur de varier sa position d'avant à arrière | |
| | |

| | |
|---|---|
| **Appui-bras** | Peuvent supporter les bras dans une variété de positions et d'angles ; Facilement ajustable ; Permet d'entrer et sortir facilement du siège |
| Hauteur | Facilement ajustable ; La plage d'ajustement en hauteur s'étend sous le niveau des cuisses jusqu'au-dessus du niveau du coude en position assise |
| Largeur | |
| Longueur | |
| Espacement | Largeur adéquate ou ajustement en largeur adéquat |
| Coussin / Pression, Fermeté | Les appui-bras sont coussinés (gel, mousse, etc) |
| | |
| **Appui-tête** | Doit pouvoir être avancé-reculé en plus de monté-descendu ; peut être intégral, détachable, détachable avec ailes flexibles; Permet le repos total des muscles du cou |
| Hauteur | |
| Longueur | |
| Largeur | |
| Inclinaison | |
| Forme | |
| Position avant-arrière | |
| Coussin / Pression, Fermeté | |
| Appui-tête du siège avant | |
| | |
| **Repose-pieds / support jambes** | |
| Hauteur | |
| Angle | |
| Diversité des positions permises, possibilité de ne pas l'utiliser | |
| Soutien / Pression | |
| | |
| **Matériau** | |
| Friction (corps/siège) | |
| Matériau (aspect, sensation) | |
| | |
| **Ajustements** | Minimiser le nombre de parties ajustables |
| Facilité | Hauteur de l'assise s'ajuste facilement ; la hauteur des appui-bras s'ajuste facilement ; le support lombaire peut être ajusté à partir d'une position assise ; il est facile d'ajuster l'angle du dossier par rapport à la surface de l'assise ; l'utilisateur peut s'incliner facilement ; les contrôles ont une fonction claire / peuvent être opérés facilement par l'utilisateur |
| Atteinte des contrôles | Les contrôles peuvent être atteints à partir de la position assise ; |
| Format (espace pour la main) | Les contrôles ont des bords lisses et offrent suffisamment d'espace pour la main de l'utiilisateur |
| Rapidité | |
| Nombre | |
| | |
| **Autres** | |
| Tablette | L'utilisateur peut avoir accès à la tablette en maintenant le contact avec le dossier |
| Déploiement du moniteur | |
| Position de l'écran tactile | |
| Utilisabilité du menu | |
| Accès veste de sauvetage | |
| Pochette pour magazines | |
| | |
| **Expérience globale** | Intégration des contrôles dans le design de la chaise ; apparence globale ; ajustabilité globale ; facilité d'utilisation globale ; confort global |
| Fonctionnalité | |
| Facilité d'utilisation | |
| Apparence | |
| Confort | |

# ANNEXE 10 : DÉROULEMENT D'UNE SÉANCE DE TEST

Les étapes soulignées sont réalisées par l'expérimentateur.

**Préparation avant l'arrivée des sujets**

- Placer la caméra vidéo

- Placer les écouteurs

- Placer couvertures et livres dans les pochettes avant

- Ouvrir le porte-bagages

- Remplir la section des *Informations personnelles* (À remplir par l'évaluateur) SECTION – 1

**Déroulement du test – en dehors de la maquette**

- Distribuer le formulaire de consentement et la SECTION – 1 du questionnaire

- Recueillir les dimensions anthropométriques de la SECTION – 0 (pendant ce temps, les sujets remplissent la SECTION – 1)

- Reprendre le formulaire de consentement et la SECTION – 1

- Mise en contexte concernant la mission du siège : expliquer aux sujets que l'appareil effectue des vols de moins de 3 heures

- Distribuer et expliquer la SECTION – 2 et rentrer dans la maquette (par l'avant)

**Déroulement du test – dans la maquette**

- Entrer la cabine par l'avant

- Remplir la portion *Première impression visuelle* de la SECTION – 2 (avant de s'asseoir)

- Noter le moment où les sujets s'assoient : ____hrs _____min

- Remplir portion *Première impression assis* de la SECTION – 2 / Reprendre la SECTION - 2

- Dire aux sujets de se mettre à l'aise en commençant (enlever ou mettre veste, souliers, etc.)

- Distribuer et expliquer la SECTION – 3

Inscrire dès que l'inconfort est ressenti, à tout moment au cours de l'activité. Une réévaluation de chaque inconfort se fait à la fin de chaque activité. Si aucun inconfort n'a été noté pendant l'activité, il est toujours temps de le noter à la fin.

- Distribuer et expliquer la SECTION – 4

Commenter sur ce qui nuit ou favorise le confort ; il n'est pas obligatoire de faire des commentaires sur tout : les caractéristiques énumérées ne sont que des guides. Les SECTION – 3 et SECTION – 4 pourront être remplies tout au long du test.

- Donner la consigne pour la première activité de simulation de roulage décollage et atterrissage (Taxi, Take-off and Landing : TTL)

Relever le dossier du siège pour simuler la position TTL. Les sujets ne peuvent pas se parler pour ne pas influencer leurs opinions respectives du confort et ne pas être distraits de leur tâche d'évaluation.

- Adopter la position TTL : dossier relevé et tablette relevée

- Noter le début du test TTL (20 min) : ____hrs _____min

- Après 20 minutes, remplir les colonnes *Après l'activité* de la SECTION – 3 et prendre plus de temps pour remplir la SECTION – 4 si désiré

- Expliquer la séquence de trois activités de chacune cinq (5) minutes

À partir de maintenant, on pourra laisser les sujets parler à voix haute, car les commentaires recueillis sont utiles. Aussi, en parlant, les sujets s'incitent l'un l'autre à tester différents ajustements. (technique du « penser tout haut »). Il est important de questionner les sujets sur leur confort et inconfort et de recueillir les commentaires émis à voix haute.

- Adopter la position pour manger : tablette baissée

- Distribuer les verres d'eau et sacs de collation

- Noter le début du test manger (5 min) : ____hrs _____min

- Régler le dossier du siège avant en position relevée et inclinée pour que chaque sujet puisse tester l'activité dans chacune de ces conditions

- Après 5 minutes, remplir les colonnes *Après l'activité* de la SECTION – 3 et prendre plus de

temps pour remplir la SECTION – 4 si désiré

- Adopter la position pour lire et écrire à l'ordinateur : position désirée par le sujet

- Noter le début du test lire et écrire à l'ordi (5 min) : ____hrs _____min

- Demander à chaque sujet de tester l'écriture avec un ordinateur portable

- Régler le dossier du siège avant en position relevée et inclinée pour que chaque sujet puisse tester l'activité dans chacune de ces conditions

- Après 5 minutes, remplir les colonnes *Après l'activité* de la SECTION – 3 et prendre plus de temps pour remplir la SECTION – 4 si désiré

- Adopter la position pour dormir : le siège avant relevé est le pire cas pour ce modèle de siège puisque l'assise s'avance en inclinant le dossier ce qui réduit l'espace pour les jambes lorsque le siège avant est redressé. On peut incliner le siège avant si le sujet choisit de ne pas incliner le sien pour dormir, par exemple s'il utilise la tablette. L'objectif est de tester le pire cas.

- Noter le début du test dormir (5 min) : ____hrs _____min

- Après 5 minutes, remplir les colonnes *Après l'activité* de la SECTION – 3 et prendre plus de temps pour remplir la SECTION – 4 si désiré

- Faire sortir et entrer (se rasseoir) chaque passager (le porte-bagages est déjà ouvert)

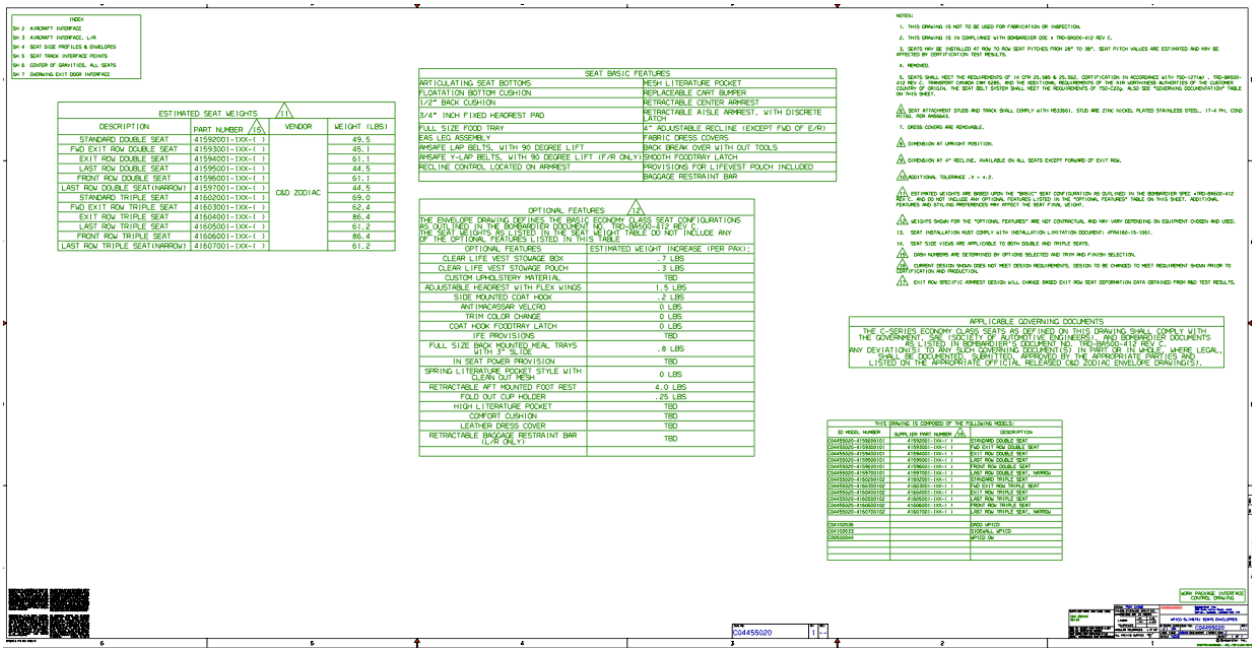
- Incliner le dossier du siège près de l'allée pour que chaque passager essaie de sortir dans cette condition

- Après l'exercice de sortie et d'entrée, remplir les colonnes *Après l'activité* de la SECTION – 3 et prendre plus de temps pour remplir la SECTION – 4 si désiré

- Distribuer, expliquer et remplir la SECTION – 5 : les sujets demeurent assis dans les sièges

- Discussion dirigée (en groupe-cible) sur l'impression des sujets concernant le confort et l'inconfort du siège ainsi que sur les liens qu'ils établissent entre ces impressions et les caractéristiques du siège. La discussion peut aussi porter sur les améliorations potentielles au questionnaire.

# ANNEXE 11: DOCUMENT D'INGÉNIERIE DE LA MAQUETTE DE CABINE D'AVION ET DES SIÈGES



INDEX


SH 2 AIRCRAFT INTERFACE
SH 3 AIRCRAFT INTERFACE, L/R
SH 4 SEAT SIDE PROFILES & ENVELOPES
SH 5 SEAT TRACK INTERFACE POINTS
SH 6 COVER OF GRAYTOOL, ALL SEATS
SH 7 OVERWING EXIT DOOR INTERFACE


ESTIMATED SEAT WEIGHTS 11

| DESCRIPTION | PART NUMBER 15 | VENDOR | WEIGHT (LBS) |
|---|---|---|---|
| STANDARD DOUBLE SEAT | 41592001-13X-( ) | C&D ZODIAC | 49.5 |
| FWD EXIT ROW DOUBLE SEAT | 41593001-13X-( ) | | 45.1 |
| EXIT ROW DOUBLE SEAT | 41594001-13X-( ) | | 61.1 |
| LAST ROW DOUBLE SEAT | 41595001-13X-( ) | | 44.5 |
| FRONT ROW DOUBLE SEAT | 41596001-13X-( ) | | 61.1 |
| LAST ROW DOUBLE SEAT(NARROW) | 41597001-13X-( ) | | 44.5 |
| STANDARD TRIPLE SEAT | 41602001-13X-( ) | | 69.0 |
| FWD EXIT ROW TRIPLE SEAT | 41603001-13X-( ) | | 82.4 |
| EXIT ROW TRIPLE SEAT | 41604001-13X-( ) | | 86.4 |
| LAST ROW TRIPLE SEAT | 41605001-13X-( ) | | 61.2 |
| FRONT ROW TRIPLE SEAT | 41606001-13X-( ) | | 86.4 |
| LAST ROW TRIPLE SEAT(NARROW) | 41607001-13X-( ) | | 61.2 |

SEAT BASIC FEATURES

| | |
|---|---|
| ARTICULATING SEAT BOTTOMS | MESH LITERATURE POCKET |
| FLOATATION BOTTOM CUSHION | REPLACEABLE CART BUMPER |
| 1/2" BACK CUSHION | RETRACTABLE CENTER ARMREST |
| 3/4" INCH FIXED HEADREST PAD | RETRACTABLE AISLE ARMREST, WITH DISCRETE LATCH |
| FULL SIZE FOOD TRAY | 4" ADJUSTABLE RECLINE (EXCEPT FWD OF E/R) |
| EAS LEG ASSEMBLY | FABRIC DRESS COVERS |
| AMSAFE LAP BELTS, WITH 90 DEGREE LIFT | BACK BREAK OVER WITH OUT TOOLS |
| AMSAFE Y-LAP BELTS, WITH 90 DEGREE LIFT (F/R ONLY) | SMOOTH FOODTRAY LATCH |
| RECLINE CONTROL LOCATED ON ARMREST | PROVISIONS FOR LIFEVEST POUCH INCLUDED |
| | BAGGAGE RESTRAINT BAR |

OPTIONAL FEATURES 12

THE ENVELOPE DRAWING DEFINES THE BASIC ECONOMY CLASS SEAT CONFIGURATIONS AS OUTLINED IN THE BOMBARDIER DOCUMENT NO. TRD-BA9001-412 REV C. THE SEAT WEIGHTS AS LISTED IN THE SEAT WEIGHT TABLE DO NOT INCLUDE ANY OF THE OPTIONAL FEATURES LISTED IN THIS TABLE

| OPTIONAL FEATURES | ESTIMATED WEIGHT INCREASE (PER PAX): |
|---|---|
| CLEAR LIFE VEST STOWAGE BOX | .7 LBS |
| CLEAR LIFE VEST STOWAGE POUCH | .3 LBS |
| CUSTOM UPHOLSTERY MATERIAL | TBD |
| ADJUSTABLE HEADREST WITH FLEX WINGS | 1.5 LBS |
| SIDE MOUNTED COAT HOOK | .2 LBS |
| ANTIMACASSAR VELCRO | 0 LBS |
| TRIM COLOR CHANGE | 0 LBS |
| COAT HOOK FOODTRAY LATCH | 0 LBS |
| IFE PROVISIONS | TBD |
| FULL SIZE BACK MOUNTED MEAL TRAYS WITH 3" SLIDE | .8 LBS |
| IN SEAT POWER PROVISION | TBD |
| SPRING LITERATURE POCKET STYLE WITH CLEAR OUT MESH | 0 LBS |
| RETRACTABLE AFT MOUNTED FOOT REST | 4.0 LBS |
| FOLD OUT CUP HOLDER | .25 LBS |
| HIGH LITERATURE POCKET | TBD |
| COMFORT CUSHION | TBD |
| LEATHER DRESS COVER | TBD |
| RETRACTABLE BAGGAGE RESTRAINT BAR (L/R ONLY) | TBD |

NOTES:

1. THIS DRAWING IS NOT TO BE USED FOR FABRICATION OR INSPECTION.
2. THIS DRAWING IS IN COMPLIANCE WITH BOMBARDIER SDC + TRD-BA9001-412 REV C.
3. SEATS MAY BE INSTALLED AT ROW TO ROW SEAT PITCHES FROM 28" TO 38". SEAT PITCH VALUES ARE ESTIMATED AND MAY BE AFFECTED BY CERTIFICATION TEST RESULTS.
4. REVISED.
5. SEATS SHALL MEET THE REQUIREMENTS OF 14 CFR 25.562 & 25.562. CERTIFICATION IN ACCORDANCE WITH TSO-127(a) , TRD-BA9001-412 REV C, TRANSPORT CANADA CAR X.562, AND THE ADDITIONAL REQUIREMENTS OF THE AIR WORTHINESS AUTHORITIES OF THE CUSTOMER COUNTRY OF ORIGIN. THE SEAT BELT SYSTEM SHALL MEET THE REQUIREMENTS OF TSO-C22g. ALSO SEE "ENGINEERING DOCUMENTATION" TABLE ON THIS SHEET.
6. SEAT ATTACHMENT STUDS AND TRACK SHALL COMPLY WITH MS33601. STUD ARE ZINC NICKEL PLATED STAINLESS STEEL, 17-4 PH, COND RH150, ROH #A08645.
7. DRESS COVERS ARE REMOVABLE.
8. DIMENSION AT UPRIGHT POSITION.
9. DIMENSION AT 4° RECLINE, AVAILABLE ON ALL SEATS EXCEPT FORWARD OF EXIT ROW.
10. ADDITIONAL TOLERANCE .X = ±.2.
11. ESTIMATED WEIGHTS ARE BASED UPON THE "BASIC" SEAT CONFIGURATION AS OUTLINED IN THE BOMBARDIER SPEC #TRD-BA9001-412 REV C, AND DO NOT INCLUDE ANY OPTIONAL FEATURES LISTED IN THE "OPTIONAL FEATURES" TABLE ON THIS SHEET. ADDITIONAL FEATURES AND STYLING PREFERENCES MAY AFFECT THE SEAT FINAL WEIGHT.
12. WEIGHTS SHOWN FOR THE "OPTIONAL FEATURES" ARE NOT CONTRACTUAL AND MAY VARY DEPENDING ON EQUIPMENT CHOSEN AND USED.
13. SEAT INSTALLATION MUST COMPLY WITH INSTALLATION LIMITATION DOCUMENT: #PM1160-15-1001.
14. SEAT SIZE VIEWS ARE APPLICABLE TO BOTH DOUBLE AND TRIPLE SEATS.
15. DASH NUMBERS ARE DETERMINED BY OPTIONS SELECTED AND TRIM AND FINISH SELECTION.
16. CURRENT DESIGN SHOWN DOES NOT MEET DESIGN REQUIREMENTS. DESIGN TO BE CHANGED TO MEET REQUIREMENT SHOWN PRIOR TO CERTIFICATION AND PRODUCTION.
17. EXIT ROW SPECIFIC ARMREST DESIGN WILL CHANGE BASED EXIT ROW SEAT DEFORMATION DATA OBTAINED FROM R&D TEST RESULTS.

APPLICABLE GOVERNING DOCUMENTS

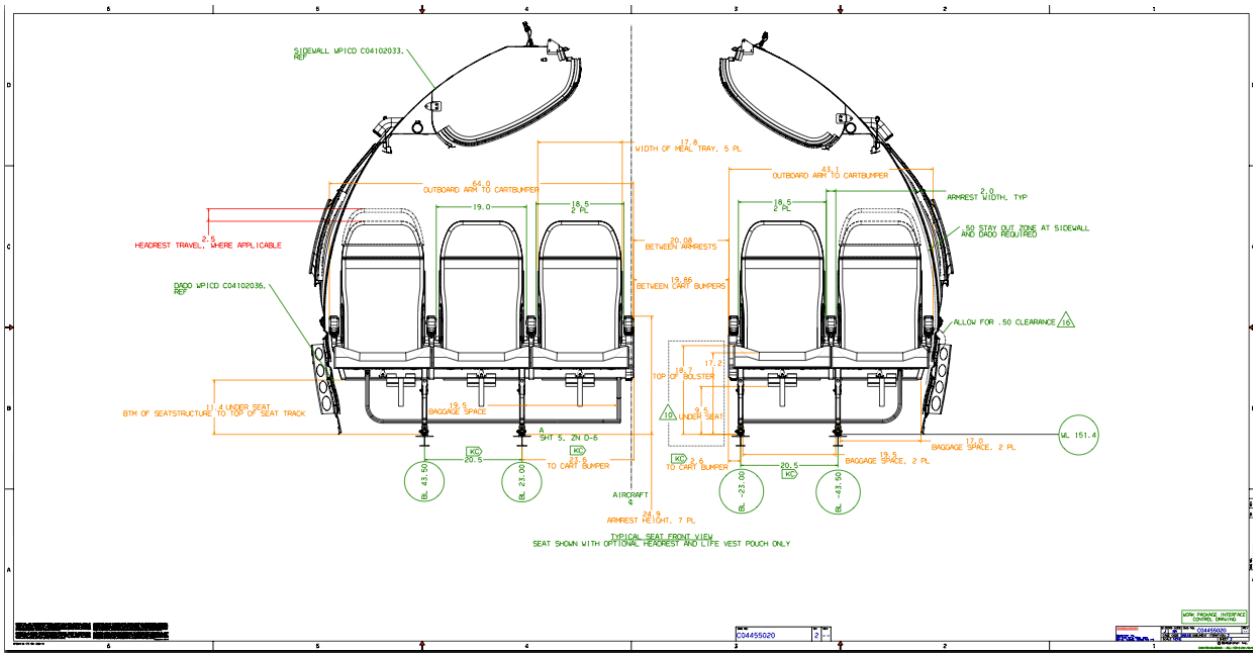
THE C-SERIES ECONOMY CLASS SEATS AS DEFINED ON THIS DRAWING SHALL COMPLY WITH THE GOVERNMENT, SAE (SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS), AND BOMBARDIER DOCUMENTS AS LISTED IN BOMBARDIER'S DOCUMENT NO. TRD-BA9001-412 REV C. ANY DEVIATION(S) TO ANY SUCH GOVERNING DOCUMENT(S) IN PART OR IN WHOLE, WHERE LEGAL, SHALL BE DOCUMENTED, SUBMITTED, APPROVED BY THE APPROPRIATE ENTITIES AND LISTED ON THE APPROPRIATE OFFICIAL RELEASED C&D ZODIAC ENVELOPE DRAWING(S).

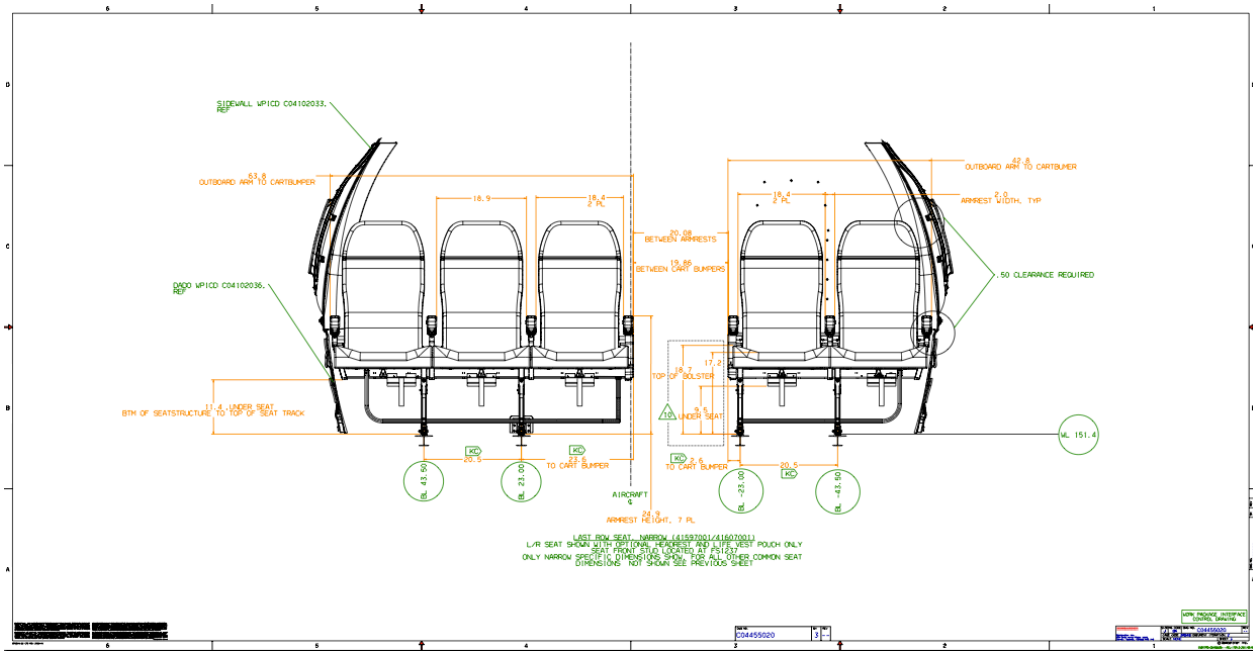
THIS DRAWING IS COMPOSED OF THE FOLLOWING MODELS:

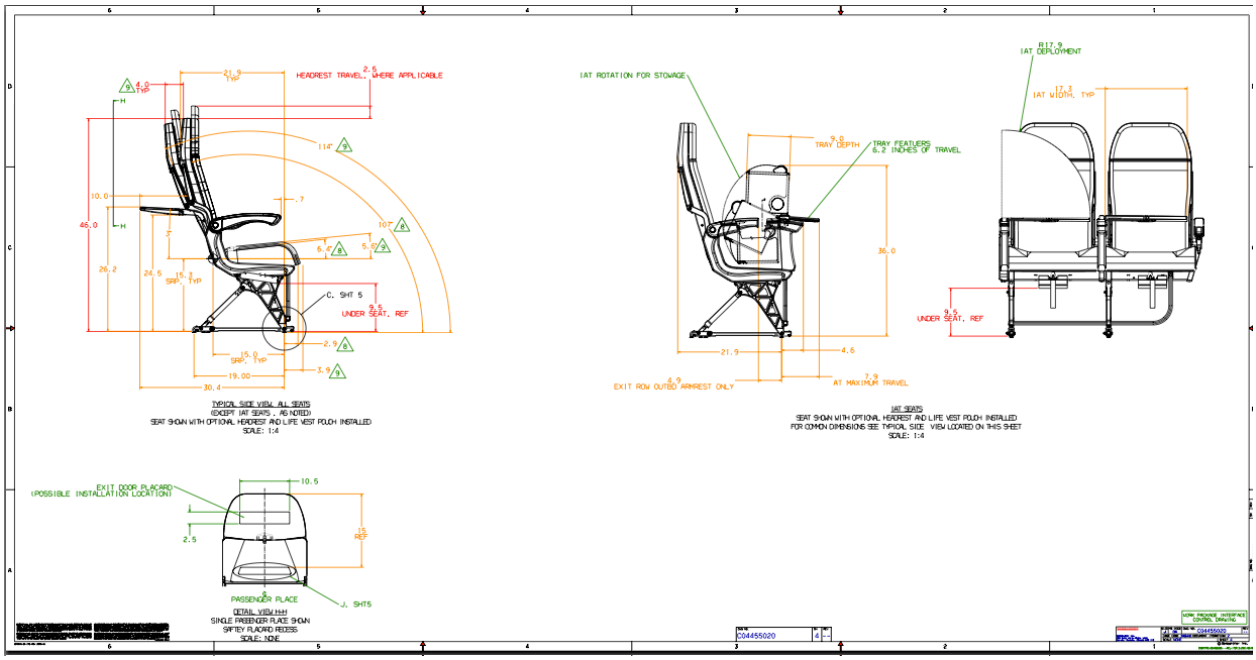
| 3D MODEL NUMBER | SUPPLIER PART NUMBER 15A | DESCRIPTION |
|---|---|---|
| C04455020-41592001 | 41592001-13X-( ) | STANDARD DOUBLE SEAT |
| C04455020-41593001 | 41593001-13X-( ) | FWD EXIT ROW DOUBLE SEAT |
| C04455020-41594001 | 41594001-13X-( ) | EXIT ROW DOUBLE SEAT |
| C04455020-41595001 | 41595001-13X-( ) | LAST ROW DOUBLE SEAT |
| C04455020-41596001 | 41596001-13X-( ) | FRONT ROW DOUBLE SEAT |
| C04455020-41597001 | 41597001-13X-( ) | LAST ROW DOUBLE SEAT, NARROW |
| C04455020-41602001 | 41602001-13X-( ) | STANDARD TRIPLE SEAT |
| C04455020-41603001 | 41603001-13X-( ) | FWD EXIT ROW TRIPLE SEAT |
| C04455020-41604001 | 41604001-13X-( ) | EXIT ROW TRIPLE SEAT |
| C04455020-41605001 | 41605001-13X-( ) | LAST ROW TRIPLE SEAT |
| C04455020-41606001 | 41606001-13X-( ) | FRONT ROW TRIPLE SEAT |
| C04455020-41607001 | 41607001-13X-( ) | LAST ROW TRIPLE SEAT, NARROW |
| C04455036 | | EMDO VP120 |
| C04455033 | | STOWALL VP120 |
| C04455064 | | VP120 CM |

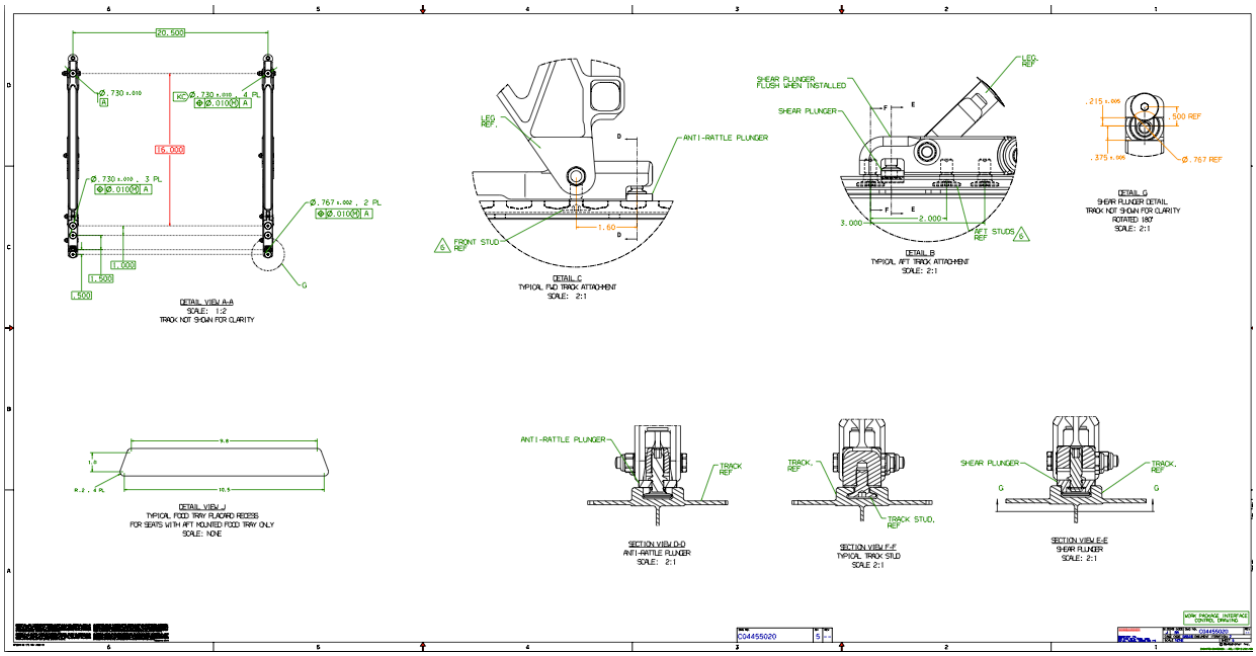
WORK PACKAGE INTERFACE CONTROL DRAWING

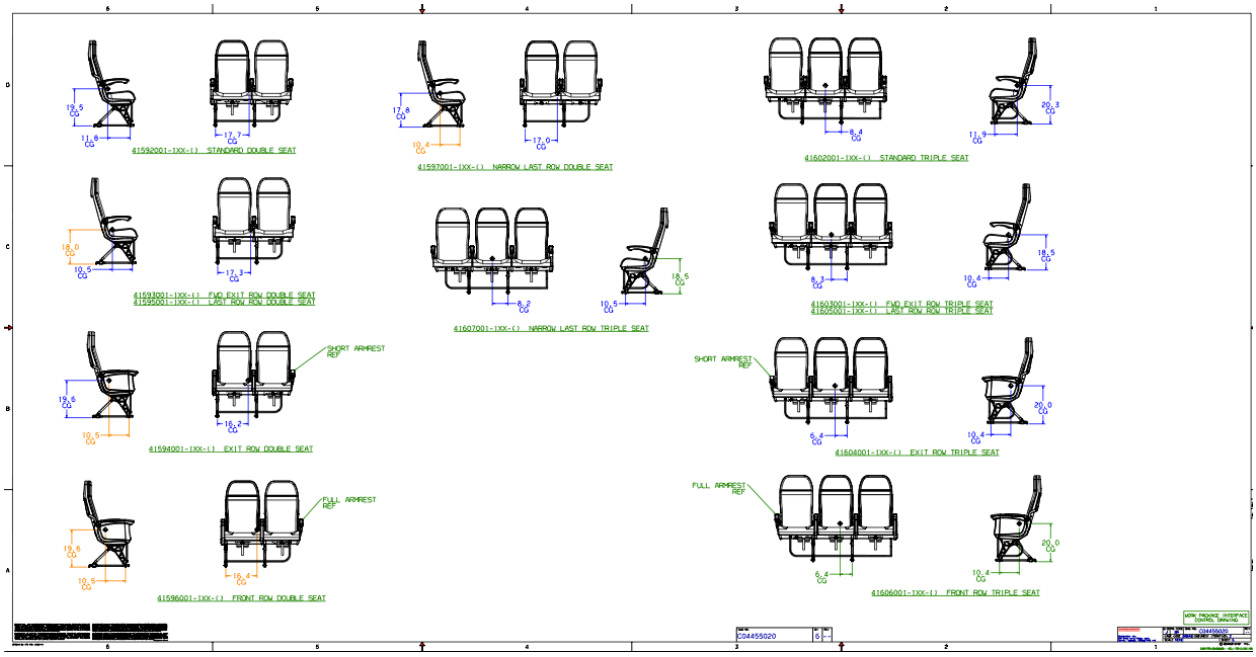
DATE C04455020 SH 1

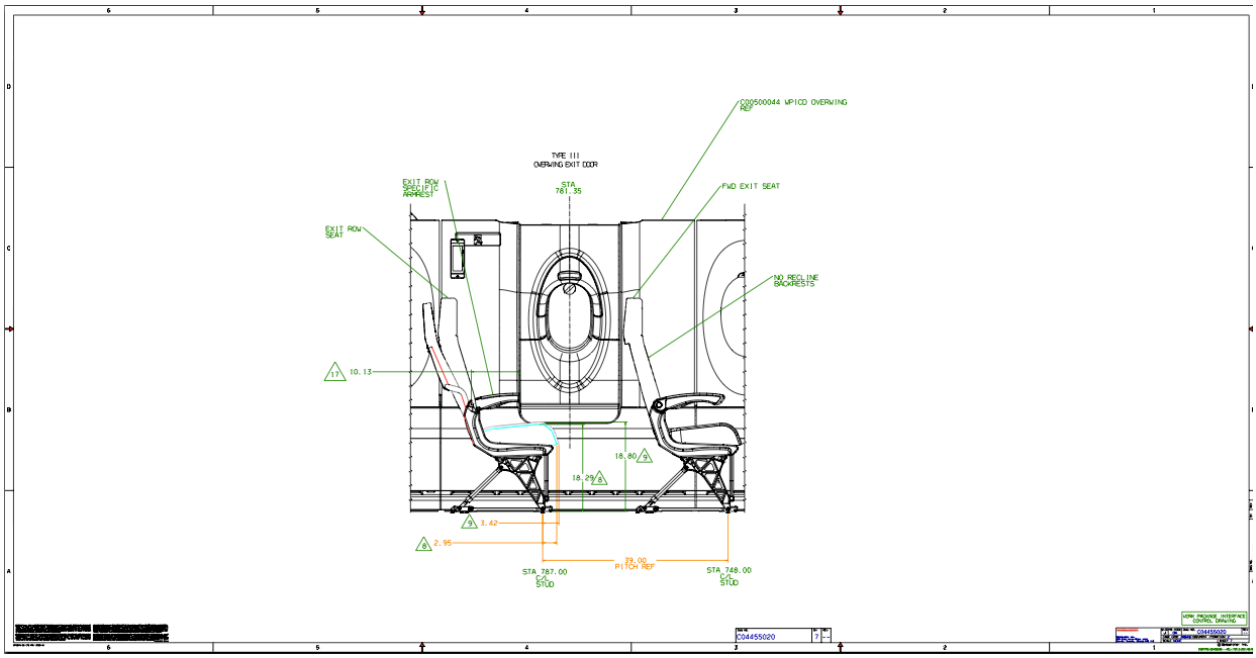

SIDEWALL MPICD C04102033, REF
WIDTH OF MEAL TRAY, 5 PL
64.0
OUTBOARD ARM TO CARTBUMPER
19.0
18.5
2 PL
2.5
HEADREST TRAVEL, WHERE APPLICABLE
DADO MPICD C04102035, REF
20.08
BETWEEN ARMRESTS
19.85
BETWEEN CART BUMPERS
17.4
BTM OF SEATSTRUCTURE TO TOP OF SEAT TRACK
19.5
BAGGAGE SPACE
SHT 5, ZN D-6
20.5
TO CART BUMPER
BL 43.50
BL 23.00
AIRCRAFT
24.9
ARMREST HEIGHT, 7 PL
TYPICAL SEAT FRONT VIEW
SEAT SHOWN WITH OPTIONAL HEADREST AND LIFE VEST POUCH ONLY
43.1
OUTBOARD ARM TO CARTBUMPER
2.0
ARMREST WIDTH, TYP
18.5
4 PC
50 STAY OUT ZONE AT SIDEWALL AND DADO REQUIRED
ALLOW FOR .50 CLEARANCE
19.3
TOP OF BOLSTER
9.5
UNDER SEAT
2.6
TO CART BUMPER
20.5
BAGGAGE SPACE, 2 PL
17.0
BAGGAGE SPACE, 2 PL
WL 151.4
BL -23.00
BL -43.50
C04455020

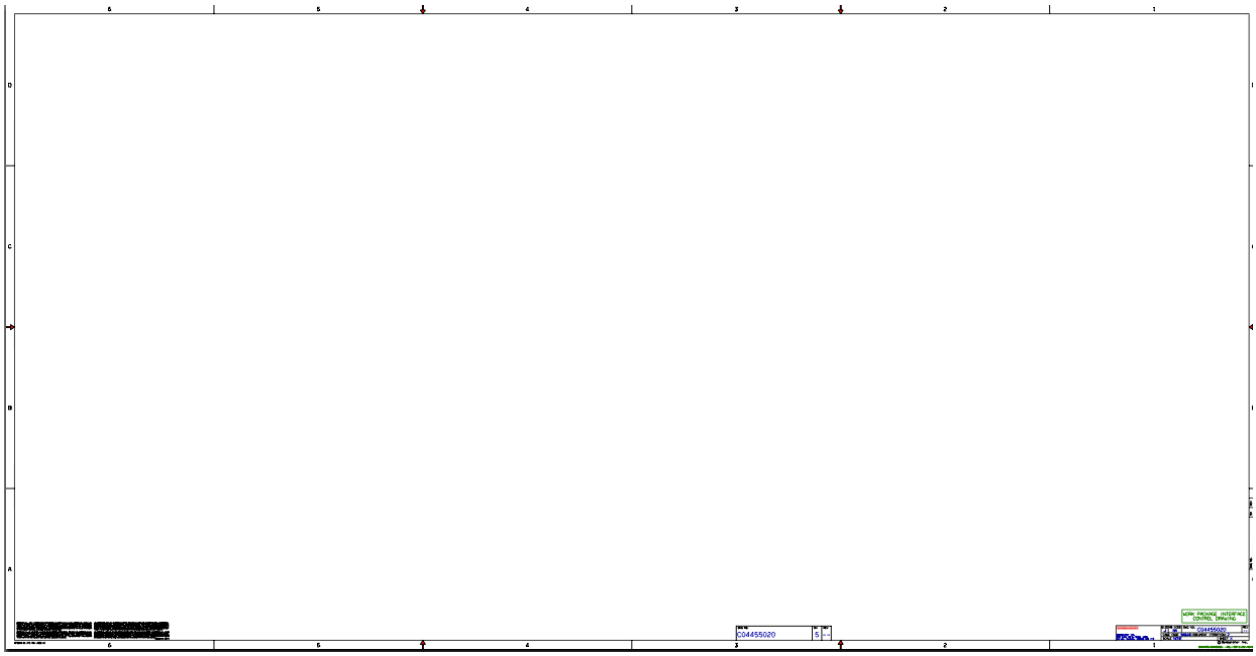

SIDEWALL WPICD C04102033, REF
OUTBOARD ARM TO CARTBUMPER
63.8
18.9
18.4
2 PL
20.08
BETWEEN ARMRESTS
19.86
BETWEEN CART BUMPERS
OUTBOARD ARM TO CARTBUMER
52.6
18.4
2 PL
2.0
ARMREST WIDTH, TYP
.50 CLEARANCE REQUIRED
DADO WPICD C04102036, REF
17.4
UNDER SEAT
BTM OF SEATSTRUCTURE TO TOP OF SEAT TRACK
TOP OF BOLSTER
19.7
17.4
9.1
UNDER SEAT
WL 151.4
KD
20.5
KD
23.6
TO CART BUMPER
KD
2.6
TO CART BUMPER
KD
20.5
BL 43.50
BL 23.00
BL -23.00
BL -43.50
AIRCRAFT
0
24.9
ARMREST HEIGHT, 7 PL
LAST ROW SEAT, NARROW (41597001/41607001)
L/R SEAT SHOWN WITH OPTIONAL HEADREST AND LIFE VEST POUCH ONLY
SEAT FRONT STUD LOCATED AT FS1237
ONLY NARROW SPECIFIC DIMENSIONS SHOW, FOR ALL OTHER COMMON SEAT
DIMENSIONS NOT SHOWN SEE PREVIOUS SHEET
C04455020
3


HEADREST TRAVEL, WHERE APPLICABLE
C. SHT 5
UNDER SEAT, REF
TYPICAL SIDE VIEW ALL SEATS
(EXCEPT IAT SEATS , AS NOTED)
SEAT SHOWN WITH OPTIONAL HEADREST AND LIFE VEST POUCH INSTALLED
SCALE: 1:4
IAT ROTATION FOR STOWAGE
TRAY DEPTH
TRAY FEATURES
6.2 INCHES OF TRAVEL
EXIT ROW OUTBD ARMREST ONLY
AT MAXIMUM TRAVEL
IAT DEPLOYMENT
IAT WIDTH, TYP
UNDER SEAT, REF
IAE SEATS
SEAT SHOWN WITH OPTIONAL HEADREST AND LIFE VEST POUCH INSTALLED
FOR COMMON DIMENSIONS SEE TYPICAL SIDE VIEW LOCATED ON THIS SHEET
SCALE: 1:4
EXIT DOOR PLACARD
(POSSIBLE INSTALLATION LOCATION)
PASSENGER PLACE
J, SHT5
DETAIL VIEW HH
SINGLE PASSENGER PLACE SHOWN
SAFTEY PLACARD RECESS
SCALE: NONE
C0455020


20.600
16.000
1.000
1.500
.300
Ø .730 +.010 A
Ø .730 +.005 -.000 4 PL
Ø.010 M A
Ø .730 +.000 -.000 3 PL
Ø.010 M A
Ø .767 +.002 -.000 2 PL
Ø.010 M A
G
DETAIL VIEW A-A
SCALE: 1:2
TRACK NOT SHOWN FOR CLARITY
LEG REF.
ANTI-RATTLE PLUNGER
D
1.60
FRONT STUD REF
DETAIL C
TYPICAL FWD TRACK ATTACHMENT
SCALE: 2:1
SHEAR PLUNGER FLUSH WHEN INSTALLED
SHEAR PLUNGER
LEG REF.
F
E
3.000
2.000
AFT STUDS REF
DETAIL B
TYPICAL AFT TRACK ATTACHMENT
SCALE: 2:1
.215 +.005
.500 REF
.375 +.005
Ø .767 REF
DETAIL G
SHEAR PLUNGER DETAIL
TRACK NOT SHOWN FOR CLARITY
ROTATED 180°
SCALE: 2:1
9.8
1.0
R.2 , 4 PL
10.5
DETAIL VIEW J
TYPICAL FOOD TRAY PLACARD RECESS
FOR SEATS WITH AFT MOUNTED FOOD TRAY ONLY
SCALE: NONE
ANTI-RATTLE PLUNGER
TRACK REF
SECTION VIEW D-D
ANTI-RATTLE PLUNGER
SCALE: 2:1
TRACK, REF
TRACK STUD, REF
SECTION VIEW F-F
TYPICAL TRACK STUD
SCALE 2:1
SHEAR PLUNGER
TRACK, REF
G
SECTION VIEW E-E
SHEAR PLUNGER
SCALE: 2:1
C04455020
5


41592001-1XX-() STANDARD DOUBLE SEAT
41597001-1XX-() NARROW LAST ROW DOUBLE SEAT
41602001-1XX-() STANDARD TRIPLE SEAT
41593001-1XX-() FWD EXIT ROW DOUBLE SEAT
41598001-1XX-() LAST ROW ROW DOUBLE SEAT
41607001-1XX-() NARROW LAST ROW TRIPLE SEAT
41603001-1XX-() FWD EXIT ROW TRIPLE SEAT
41605001-1XX-() LAST ROW ROW TRIPLE SEAT
SHORT ARMREST REF
41594001-1XX-() EXIT ROW DOUBLE SEAT
41604001-1XX-() EXIT ROW TRIPLE SEAT
FULL ARMREST REF
41596001-1XX-() FRONT ROW DOUBLE SEAT
41606001-1XX-() FRONT ROW TRIPLE SEAT
C04455020


C005000044 MPICD OVERWING REF
TYPE III
OVERWING EXIT DOOR
STA 761.35
EXIT ROW SPECIFIC ARMREST
EXIT ROW SEAT
FWD EXIT SEAT
NO RECLINE BACKRESTS
17
10.13
18.80
3
18.29
8
3
1.42
6
2.95
39.00
PITCH REF
STA 787.00
S/C STUD
STA 748.00
S/C STUD
C04455020



# ANNEXE 12: MODÈLE TRIDIMENSIONNEL ET DIMENSIONS PRINCIPALES DU SIÈGE



Figure 3-6 : Modèle 3D numérique

Tableau 3-18 : Dimensions principales du siège

| **Composante du siège** | |
|---|---|
| Mesures en mm (± 1) sauf indication contraire | |
| **Assise** | |
| Hauteur à partir du sol (au point le plus bas de l'assise) | 437 |
| Largeur | 521 |
| Profondeur | 373 |
| Angle avec dossier relevé (en degrés ± 1) | 6 |
| Angle avec dossier incliné au maximum (en degrés ± 1) | 6 |
| Avance de l'assise lorsqu'on incline le dossier au maximum | 25 |
| **Dossier** | |
| Hauteur à partir du sol | 1168 |
| Largeur (à 877 mm du sol) : près de l'appui-tête | 437 |
| Largeur (à 566 mm du sol) : région lombaire | 413 |
| Angle avec dossier relevé (en degrés ± 1) | 107 |
| Angle avec dossier incliné au maximum (en degrés ± 1) | 114 |
| **Appui-bras** | |
| Hauteur a partir du sol | 632 |
| Largeur | 51 |
| Longueur | 365 |
| Espace entre les deux appuis-bras | |
| siège du milieu | 483 |
| siège du hublot et de l'allée | 470 |
| **Appui-tête** | |
| Hauteur du bas | 877 |
| Hauteur du haut | 1168 |
| Largeur (à 877 mm du sol) | 437 |
| Largeur (à 1099 mm du sol) | 347 |
| Angle (en degrés ± 1) | 90 |
| **Liberté de mouvement** | |
| Espace sous le siège | |
| avec veste de sauvetage | 241 |
| sans veste de sauvetage | 290 |
| Espace entre les rangées (distance aux extrémités des appui-bras correspondants) | 787 |
| **Tablette** | |
| Largeur | 451 |
| Profondeur | 254 |
| Hauteur à partir du sol | 665 |

# ANNEXE 13 : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

ÉCOLE POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

**Formulaire d'information et de consentement**

## Invitation

Le présent document fournit des informations concernant la réalisation du projet de recherche auquel vous allez prendre part. Il s'inscrit dans le domaine de l'ergonomie et concerne plus précisément l'évaluation des facteurs humains dans la conception de sièges passagers pour avions.

## Informations sur le projet de recherche

Titre du projet de recherche

Élaboration et test d'un protocole d'évaluation subjective du confort des sièges passagers pour avions.

But de la recherche

Le but de la recherche est d'élaborer et tester un protocole d'évaluation subjective du confort qui pourra être utilisé lors des itérations de conception du siège passager. Ce protocole limite la durée de l'évaluation ainsi que le nombre de participants tout en appliquant des scénarios d'utilisation réalistes ciblant les pires cas. Le test auquel vous participerez permettra d'évaluer la faisabilité du protocole d'évaluation ainsi que la pertinence des résultats obtenus.

## Informations sur la session de travail

Lieu, durée

La séance d'évaluation du siège dure environ 1 heure 30 minutes (introduction, exécuter les scénarios et remplir les questionnaires) et se déroule dans les locaux de Bombardier. À cette session s'ajoute une prise de mesures anthropométriques (ex : hauteur assis, hauteur des genoux, largeur des épaules) d'environ 15 minutes.

Déroulement de la séance d'évaluation du siège, données recueillies et confidentialité

1. Compléter un questionnaire vous demandant votre sexe, âge, taille, poids, état de santé (en lien avec la présence d'inconfort, de maux ou de problèmes pouvant

nuire à la perception du confort d'un siège d'avion), et des questions sur votre expérience de vol. Durée : 5 minutes environ.

2. Répondre à deux questions concernant votre première impression du confort du siège, soient votre première impression visuelle et votre première impression une fois assis. Durée : 2 minutes environ.

3. Demeurer assis sans effectuer aucun ajustement du siège afin de simuler la position d'envol, d'atterrissage et de circulation sur la piste. Durée : 20 minutes.

4. Réaliser ou simuler trois activités imposées, d'une durée chacune de 5 minutes : 1- Manger 2- Soit lire ou écrire à l'ordinateur 3 – Enlever ses souliers et sa veste, dormir, remettre ses souliers et sa veste. Durée totale : 15 minutes.

5. Entrer et sortir des sièges. Durée : environ 5 minutes.

6. Remplir des questionnaires d'inconfort et de confort au cours des étapes 3, 4 et 5. Plus de directives seront données concernant le moment prévu pour remplir ces questionnaires. Durée totale : environ 10 minutes.

7. Discussion de groupe semi-structurée pendant laquelle on vous demandera votre avis sur le confort du siège (points saillants, améliorations à apporter), le déroulement du test ainsi que le contenu et le format des questionnaires. Durée : 10 minutes environ.

Vous serez filmé lors de ce test afin de permettre au chercheur d'avoir accès à des informations pertinentes subséquemment. Les images et les données recueillies sont anonymes, confidentielles et ne sont jamais associées à un nom ni à aucune information personnelle. Elles sont stockées de manière sécuritaire et ne sont accessibles qu'au chercheur principal.

Risques et mesures de sécurité

Aucune mesure de sécurité spéciale n'est mise en place durant la session de travail.

**Informations générales**

Liberté de participation et de retrait

Votre participation à l'étude se fait sur la base du volontariat. Vous pouvez vous retirer à n'importe quel moment sans préjudice, et demander une suppression partielle ou totale de vos données. Vous pouvez demander en tout temps des éclaircissements et des renseignements au chercheur principal.

Avantages de votre participation

Votre participation vous permettra de vous familiariser avec l'évaluation subjective permettant la prise en compte de facteurs humains lors de la conception ou l'amélioration d'un siège d'avion pour passagers. Elle permettra au chercheur de concevoir un protocole d'évaluation opérationnel.

Critères d'exclusion

- Personnes ne voyageant pas en avion.

Rémunération

Aucune.

Pour des questions relatives au projet

Noémie Séguin-Tremblay,
Étudiante à la maîtrise
Bombardier Aéronautique
Tél : 514-855-5001 poste 62159

Pour des questions sur la participation

Bernard Lapierre,
Président du Comité d'Éthique de la Recherche
École Polytechnique
Tél : 514-340-4711 poste 4567

**Signatures**

En signant ce document, vous admettez avoir pris connaissances de toutes les informations jugées utiles à votre participation et consentez à prendre part à la session de travail.

| | |
|---|---|
| Nom du participant | Nom du chercheur |
| Date | Date |
| Signature du participant | Signature du chercheur |

ÉCOLE POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

**Information and consent form**

## Invitation

This document provides information on the implementation of the research project in which you will participate. This project is in the field of ergonomics and more specifically the assessment of human factors in the design of passenger seats for aircraft.

## Information on the research project

Research project title

Development and testing of a protocol for the subjective evaluation of comfort in aircraft passenger seats.

Purpose of the research

The aim of the research is to develop and test a protocol for the subjective assessment of comfort that can be used during the design iterations of the passenger seat. This protocol limits the duration of the evaluation and the number of participants while applying realistic usage scenarios targeting the worst cases. The test you'll attend will assess the feasibility of the evaluation protocol and the relevance of the results.

## Information on the work session

Site, duration

The evaluation session of the seat takes about 1 hour 30 minutes (introduction, run scenarios and complete the questionnaires) and takes place on the premises of Bombardier. To this are added some anthropometric measurements (e.g. sitting height, knee height, shoulder width) lasting for about 15 minutes.

Course of the seat evaluation session, data and confidentiality

1. Complete a questionnaire asking for your gender, age, height, weight, health status (related to the presence of discomfort, pain or problems that may affect your perception of comfort of an airplane seat), and questions about your flying experience. Time: 5 minutes.

2. Answer two questions about your first impression of comfort of the seat: your first visual impression and your first impression when seated. Duration: 2 minutes.

3. Sit upright without making any adjustment to the seat, simulating the taxi, takeoff and landing position. Duration: 20 minutes.

4. Perform or simulate three imposed activities lasting 5 minutes each: 1- Eat, 2 - Read or write with a laptop computer, 3 - Remove shoes and jacket, sleep, put back shoes and jacket. Total time: 15 minutes.

5. Test seat ingress and egress. Total time : about 5 minutes.

6. Complete discomfort and comfort questionnaires during steps 3, 4 and 5. More guidance will be given regarding the expected timing for completing the questionnaires. Total time: about 10 minutes.

7. Semi-structured group discussion during which you will be asked your opinion on the comfort of the seat (highlights, improvements), the test sequence and the content and format of the questionnaires. Duration: 10 minutes.

You will be filmed during this test so that the researcher can have access to relevant information subsequently. Images and data are anonymous, confidential and are never associated with a name or any personal information. They are stored safely and are accessible to the principal investigator only.

Risks and safety measures

No special safety measure is put in place during the work session.

**General information**

Freedom of participation and withdrawal

Your participation in the study is done on a voluntary basis. You may withdraw at any time without prejudice, and request a partial or total removal of your data. You may ask the principal investigator for clarification and information at any time.

Benefits of your participation

By participating in this test, you will familiarize yourself with the subjective evaluation that is done to consider human factors when designing or improving an airplane passenger seat. It will allow the researcher to design a subjective evaluation protocol of comfort in aircraft passenger seats.

Exclusion criteria

- Individuals not traveling by plane

Remuneration

None.

For questions regarding the project

Noémie Séguin-Tremblay,
Master's Student
Bombardier Aeronautics
Phone : 514-855-5001 ext 62159

For questions regarding your participation

Bernard Lapierre,
Chair of the Research ethics committee
École Polytechnique
Phone : 514-340-4711 ext 4567

**Signatures**

By signing this document, you acknowledge having read all the information deemed useful to your participation and consent to take part in the work session.

| | |
|---|---|
| Name of participant | Name of researcher |
| Date | Date |
| Participant's signature | Researcher's signature |

# ANNEXE 14: NOUVELLE VERSION DU QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION SUBJECTIVE DU CONFORT DE SIÈGES D'AVION POUR PASSAGERS – VERSIONS FRANÇAISE ET ANGLAISE

SECTION – 0

Sujet # 1 - allée

**Dimensions Anthropométriques**

Taille

_____ mm

Hauteur du coude assis

_____ mm

Longueur fesses - genou

_____ mm

Longueur fesses – creux poplité

_____ mm

Hauteur du genou - assis

_____ mm

Hauteur du creux poplité - assis

_____ mm

Largeur des hanches - assis

_____ mm

Hauteur assis

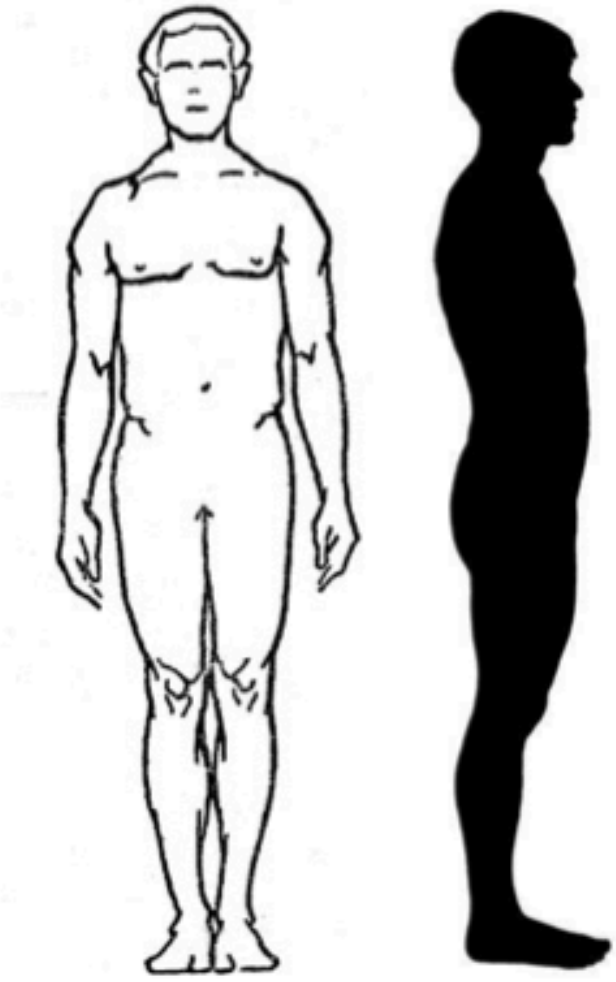
_____ mm

Largeur bideltoide

_____ mm

Hauteur des épaules assis

_____ mm



SECTION - 1

Sujet # 1 - allée

## Informations personnelles

(À remplir par l'évaluateur)

# Sujet : ___

Date : _____

Heure : _____

Position : ☐ allée ☐ milieu ☐ hublot

### Données biographiques

Sexe : ☐ F ☐ M

Âge : _____ ans

Taille : _____

Poids : _____

De quelle main écrivez-vous ? ☐ droite ☐ gauche

### État de santé

> Souffrez-vous présentement d'inconfort, de maux ou de problèmes de santé qui pourraient, selon vous, affecter négativement votre perception du confort d'un siège d'avion?

☐ Oui

☐ Non

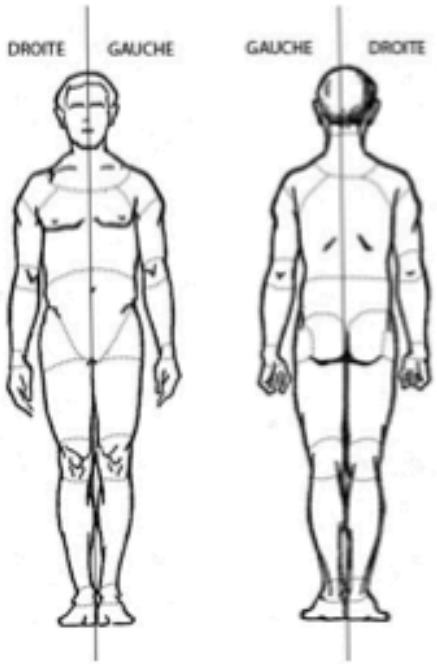
Si oui, remplissez la section "Évaluation de l'inconfort - avant le test".
Si non, rendez-vous à la page intitulée "Informations personnelles (suite)".

SECTION – 1 Sujet # 1 - allée

## Évaluation de l'inconfort – *avant le test*

### Zone

Écrivez une lettre dans la zone approximative où l'inconfort, mal ou problème est ressenti
Définissez une zone plus précise si désiré




### Sévérité

1 Inconfort, mal ou problème léger : présent mais peut être ignoré

2 .

3 Inconfort, mal ou problème modéré : est clairement ressenti mais peut être toléré

4 .

5 Inconfort, mal ou problème sévère : est difficilement tolérable

6 .

7 Inconfort, mal ou problème intolérable : est intolérable, il m'empêche de penser à autre chose

### Fréquence

Temporaire : cet inconfort, ce mal ou ce problème est passager

Récurrent : cet inconfort, ce mal ou ce problème apparaît et disparaît

Permanent : je ressens toujours cet inconfort, ce mal ou ce problème

| Évaluation de l'inconfort | | | Commentaires |
|---|---|---|---|
| Zone | Sévérité | Fréquence | Décrivez votre sensation |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

SECTION - 1

Sujet # 1 - allée

## Informations personnelles (suite)

**Expérience de vol**

> Combien de vols différents avez-vous effectués au cours des trois dernières années? (1 transfert = 2 vols différents, 1 aller-retour = 2 vols différents)

- [ ] 0
- [ ] 1 max
- [ ] 1 à 5
- [ ] Plus de 5

> Habituellement, dans quelle classe voyagez-vous ? *(Cochez une seule réponse)*

- [ ] Classe économique (la moins dispendieuse)
- [ ] Classe affaires
- [ ] Première classe
- [ ] Autre (spécifiez) :

> Avez-vous déjà voyagé dans une classe de vol autre que votre classe habituelle ?

- [ ] Oui
- [ ] Non

> Si oui, la ou lesquelles ? *(Cochez une ou plusieurs réponses)*

- [ ] Classe économique (la moins dispendieuse)
- [ ] Classe affaires
- [ ] Première classe
- [ ] Autre (spécifiez) :

> Toujours si oui, combien de fois avez-vous voyagé dans une classe de vol autre que votre classe habituelle au cours des 3 dernières années ?

- [ ] 1 fois au maximum
- [ ] 1 à 5 fois
- [ ] Plus de 5 fois

SECTION - 2 Sujet # 1 - allée

## Première impression

**Première impression visuelle** -> avant de s'être assis dans le siège

Cochez une réponse

Par rapport à mon expérience du confort des sièges d'avion, à première vue ce siège me paraît être :

- [ ] Moins confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Aussi confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Plus confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Je ne sais pas

**Commentaires :**

**Première impression assis** -> tout de suite après s'être assis pour la première fois

Cochez une réponse

Par rapport à mon expérience du confort des sièges d'avion, dès que je m'assois dans le siège, je le juge :

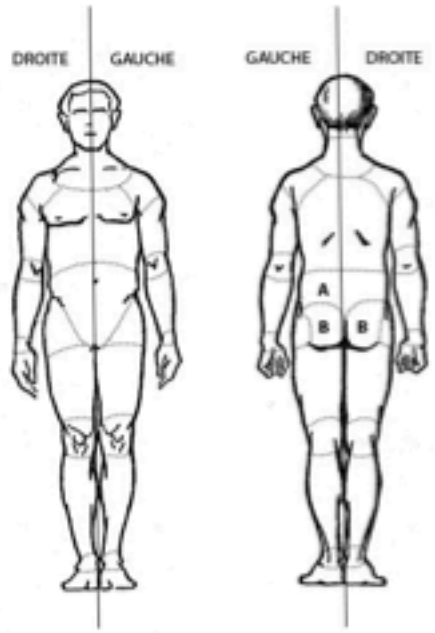
- [ ] Moins confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Aussi confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Plus confortable que ce que j'ai expérimenté
- [ ] Je ne sais pas

**Commentaires :**

SECTION – 3 Sujet # 1 - allée

## Évaluation de l'inconfort – *pendant le test*

### Exemple

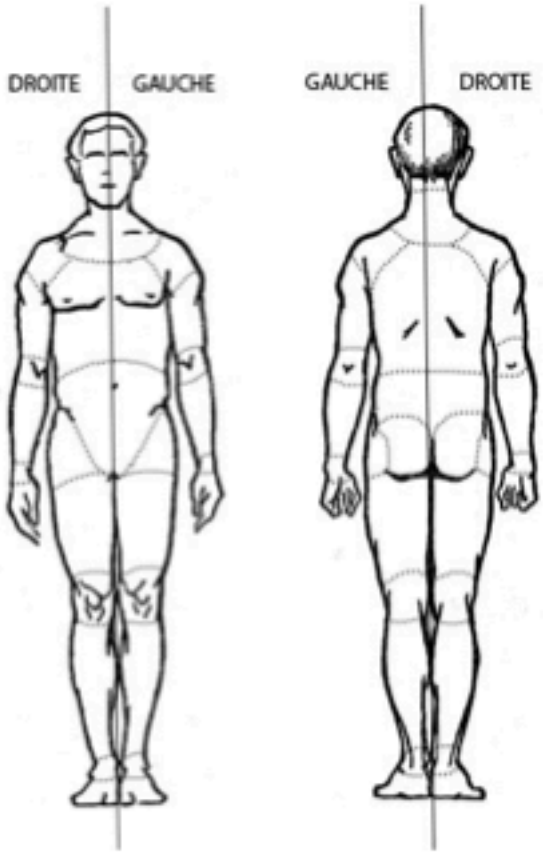



| **Apparition d'inconfort** | | | | | **Réévaluation** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Évaluation de l'inconfort | | | | | **A1** : TTL | | **A2** : Manger | | **A3** : Lire et écrire à l'ordi | | **A4** : Dormir | | **A5** : Entrée-Sortie | |
| Décrivez votre sensation | Zone | Sévérité | Heure début | Selon vous, quelle en est la cause ? | Oui, Sévérité | Non | Oui, Sévérité | Non | Oui, Sévérité | Non | Oui, Sévérité | Non | Oui, Sévérité | Non |
| Je ressens une tension au bas du dos, particulièrement du côté gauche | A | 3 | 11h05 | Mon dos n'est pas bien supporté | 5 | | | x | | | | | | |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | Mon inconfort est disparu après l'activité manger parce que j'ai pu bouger | | | | | | | | | | | | | |
| Pression, sensation d'être ankylosé | B | 2 | 11h30 | Le coussin de l'assise est trop ferme | | | 5 | | 6 | | 7 | | | x |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | Mon inconfort est disparu après l'activité d'entrée-sortie parce que je me suis levé | | | | | | | | | | | | | |
| Je ressens une tension au bas du dos, particulièrement du côté gauche | A | 3 | 11h50 | Mon dos n'est pas bien supporté | | | | | | | 5 | | | x |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | Cet inconfort était disparu mais il est réapparu lorsque j'ai adopté la position couchée. Il est disparu lorsque j'ai pu me lever pour sortir et entrer du siège. | | | | | | | | | | | | | |

SECTION – 3 Sujet # 1 - allée

**Zone**

Écrivez une lettre dans la zone approximative où l'inconfort est ressenti
Définissez une zone plus précise si désiré




**Sévérité**

1 inconfort léger : l'inconfort est présent mais il peut être ignoré
2
3 inconfort modéré : l'inconfort est clairement ressenti mais peut être toléré
4
5 inconfort sévère : l'inconfort est difficilement tolérable
6
7 Inconfort intolérable : l'inconfort est intolérable, je souhaite me lever du siège

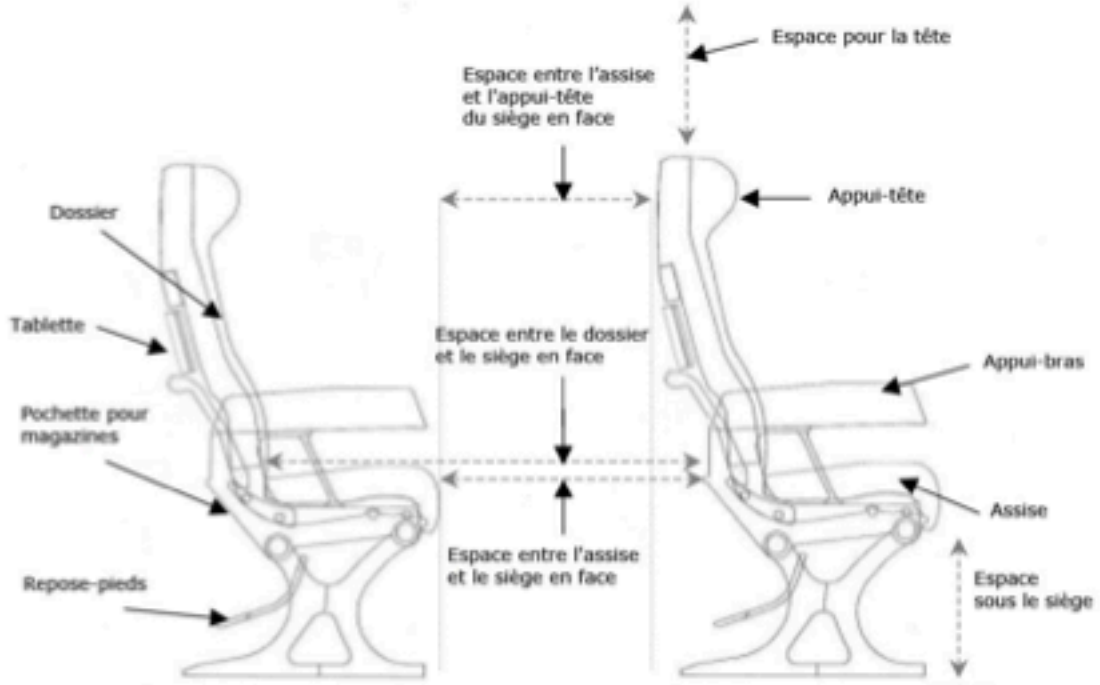
SECTION – 3

Sujet # 1 - allée

| **Apparition d'inconfort** | | | | | **Réévaluation** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Évaluation de l'inconfort | | | | | **A1** : TTL | | **A2** : Manger | | **A3** : Lire et écrire à l'ordi | | **A4** : Dormir | | **A5** : Entrée-Sortie | |
| Décrivez votre sensation | Zone | Sévérité | Heure d'apparition | Selon vous, quelle en est la cause ? | Oui, Sévérité | Non | Oui, Sévérité | Non | Oui, Sévérité | Non | Oui, Sévérité | Non | Oui, Sévérité | Non |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres commentaires : (ex: raison de disparition, diminution ou augmentation de l'inconfort) | | | | | | | | | | | | | | |

SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

## Évaluation du confort




Consignes

Si vous avez des commentaires spécifiques à une activité, veuillez écrire **A1**, **A2**, **A3**, **A4** ou **A5** à côté du commentaire correspondant en respectant le code suivant :

**A1** : TTL (Taxi, takeoff and landing) - 20 min
**A2** : Manger - 5 min
**A3** : Lire et écrire à l'ordi - 5 min
**A4** : Dormir - 5 min
**A5** : Entrée-Sortie

Lorsque vous verrez l'échelle suivante,
veuillez encercler le chiffre correspondant à votre degré d'accord avec chaque énoncé

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

| **Assise** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Hauteur : par rapport au sol | |
| Largeur | |
| Profondeur : de l'arrière des genoux au dos | |
| Angle : vers l'avant, vers l'arrière | |
| Coussin : pression, fermeté, relief | |

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| **Dossier** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Hauteur | |
| Largeur | |
| Support du dos | |
| Inclinaison | |
| Coussin : pression, fermeté, relief | |

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| **Appui-bras** | **Commentaires :** |
|---|---|
| Hauteur | |
| Largeur | |
| Longueur | |
| Espace entre les deux appui-bras | |
| Coussin : pression, fermeté, relief | |

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

**Appui-tête**

Positionnement en hauteur
Largeur
Inclinaison
Soutien
Position avant-arrière
Coussin : pression, fermeté, relief

**Commentaires :**

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Repose-pieds**

Hauteur
Angle
Positions permises
Soutien
Pression, relief

**Commentaires :**

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Liberté de mouvement**

Espace pour la tête
Espace entre l'assise et l'appui-tête du siège en face
Espace entre le dossier et le siège en face
Espace entre l'assise et le siège en face
Espace sous le siège
Espace pour pieds et mollets
Espace pour les bras et les épaules
Inclinaison du dossier
Proximité des voisins

**Commentaires :**

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

**Matériau et revêtement**
Friction
Aspect : couleur, motif
Sensation : toucher, aération
Coutures

**Commentaires :**

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Ajustements**
Facile à utiliser
Facile à atteindre : position, espace
Rapidité
Nombre
Amplitude

**Commentaires :**

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Autres**
Tablette : position, déploiement
Veste de sauvetage
Pochette pour magazines
Écouteurs
Écran
Etc...

**Commentaires :**

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cette partie du siège est confortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

SECTION - 4 Sujet # 1 - allée

**Émettez vos suggestions concernant des points à améliorer, ou d'autres commentaires si désiré :**

SECTION - 5 Sujet # 1 - allée

## Expérience globale

Veuillez encercler le chiffre correspondant à votre degré d'accord avec chaque énoncé

| | Totalement en désaccord | | Un peu en désaccord | | Un peu d'accord | | Totalement d'accord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ce siège est simple d'utilisation | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| L'apparence de ce siège me plaît | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Je ressens un bien-être dans ce siège | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Je me sens détendu dans ce siège | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ce siège me plaît | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ce siège est suffisamment spacieux | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Commentaires :**

## Impression finale assis

Cochez une réponse

Par rapport à mon expérience du confort des sièges d'avion, je juge ce siège :

- ☐ Moins confortable que ce que j'ai expérimenté
- ☐ Aussi confortable que ce que j'ai expérimenté
- ☐ Plus confortable que ce que j'ai expérimenté
- ☐ Je ne sais pas

**Commentaires :**

SECTION – 0 Subject # 3 - window

**Anthropometric dimensions**

Stature

_____ mm

Elbow rest height

_____ mm

Buttock – knee length

_____ mm

Buttock – Popliteal length

_____ mm

Knee height - Sitting

_____ mm

Popliteal height - Sitting

_____ mm

Hip breadth - Sitting

_____ mm

Sitting height

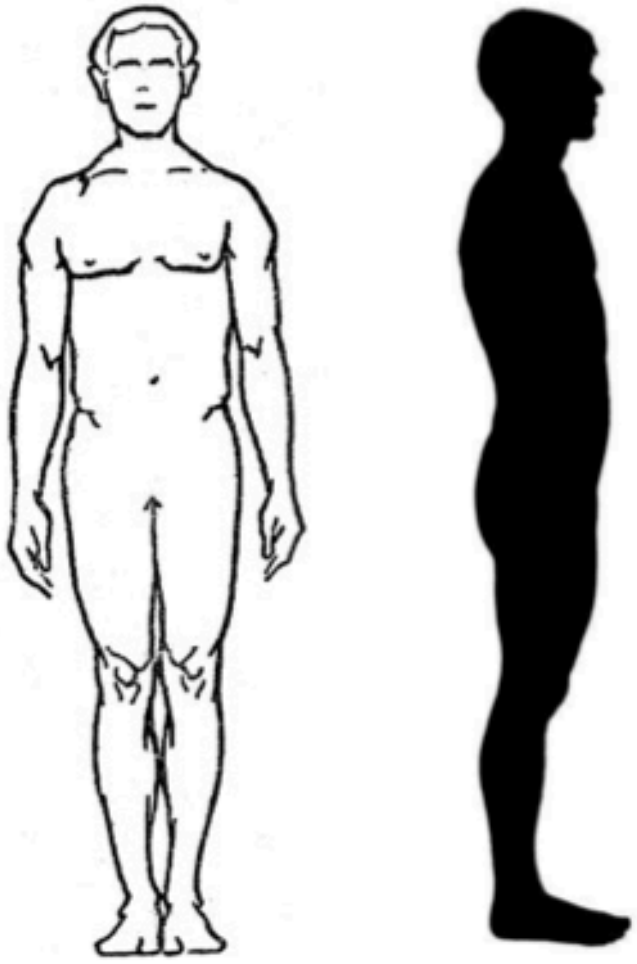
_____ mm

Bideltoid breadth

_____ mm

Shoulder height - Sitting

_____ mm



SECTION - 1

Subject # 3 - window

## Personal information

(To be filled by the researcher)

Subject #: ___

Date : _____

Time : _____

Position : ☐ aisle ☐ middle ☐ window

### Biographical data

Gender: ☐ F ☐ M

Age : _____ years

Height : _____

Weight : _____

With which hand do you write ? ☐ right ☐ left

### Health

> Do you currently feel a discomfort, pain or other health problem which could, according to you, negatively affect your perception of the comfort of an airplane seat?

☐ Yes

☐ No

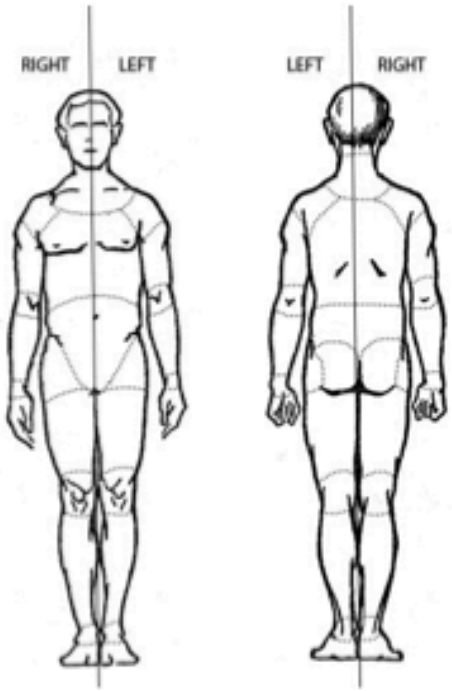
If your answer is yes, fill out the section titled "Discomfort evaluation - before test".
If your answer is no, go to the page titled "Personal information (continued)".

SECTION – 1 Subject # 3 - window

## Discomfort evaluation – *before test*

### Area

Write a letter in the approximate area where the discomfort, pain or problem is felt
Define a more precise area if desired




### Severity

1 Light discomfort, pain, problem: is present but can be ignored
2 .
3 Moderate discomfort, pain, problem: is clearly felt but can be tolerated
4 .
5 Severe discomfort, pain, problem: is hard to tolerate
6 .
7 Unbearable discomfort, pain, problem: is unbearable, I can't think of anything else

### Frequency

Temporary: this discomfort, pain or problem is transient

Recurring: this discomfort, pain or problem returns repeatedly

Permanent: I always feel this discomfort, pain or problem

| Discomfort evaluation | | | Comments |
|---|---|---|---|
| Area | Severity | Frequency | Describe your sensation |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

SECTION - 1

Subject # 3 - window

## Personal information (continued)

### Flight experience

> How many different flights have you been on during the last three years?
(1 transfer = 2 different flights, 1 return = 2 different flights)

- [ ] 0
- [ ] 1
- [ ] 1 to 5
- [ ] More than 5

> Usually, in which class do you travel? *(Check one answer only)*

- [ ] Economy (the least expensive)
- [ ] Business
- [ ] First class
- [ ] Other (specify) :

> Did you happen to travel in another class than the one you usually travel in?

- [ ] Yes
- [ ] No

> If your answer is yes, indicate which class or classes ? *(Check one or more answer)*

- [ ] Economy (the least expensive)
- [ ] Business
- [ ] First class
- [ ] Other (specify) :

> If your answer is yes, how many times have you travelled in another class than the one you usually travel in during the last three years ?

- [ ] 1 time
- [ ] 1 to 5 times
- [ ] More than 5 times

SECTION - 2

Subject # 3 - window

## First impression

**Visual first impression** -> before sitting in the seat

Check one answer

Compared to my previous experience of the comfort of airplane seats, this seat appears to be :

- [ ] Less comfortable than what I previously experienced
- [ ] As comfortable as what I previously experienced
- [ ] More comfortable than what I previously experienced
- [ ] I don't know

**Comments :**

**Seated first impression** -> immediately after sitting for the first time in the seat

Check one answer

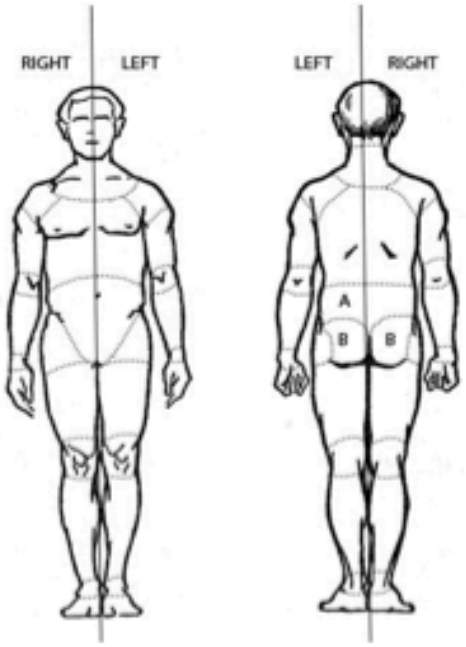
Compared to my previous experience of the comfort of airplane seats,
the moment I sit in this seat I think it is:

- [ ] Less comfortable than what I previously experienced
- [ ] As comfortable as what I previously experienced
- [ ] More comfortable than what I previously experienced
- [ ] I don't know

**Comments :**

## Discomfort evaluation – *during test*

### Example

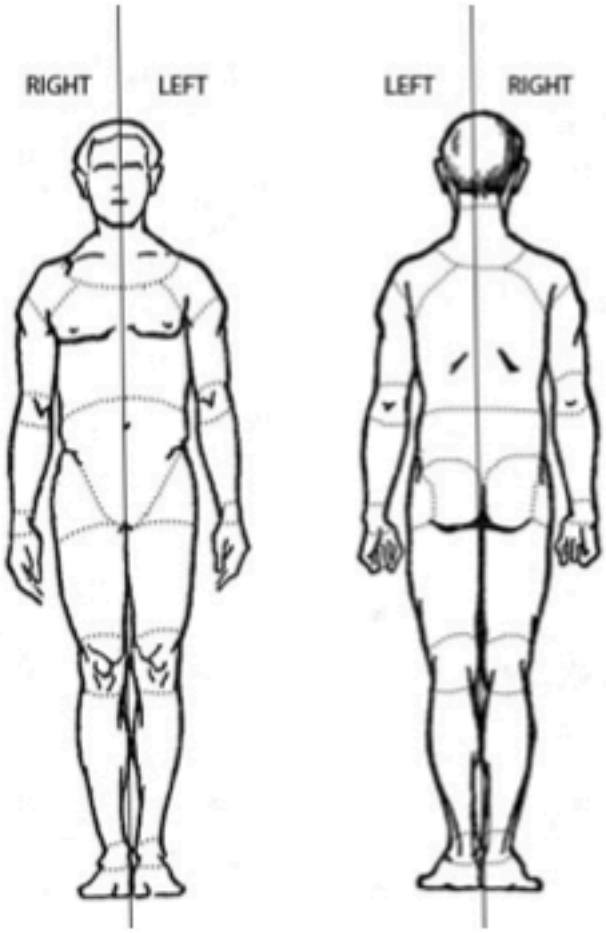



| Discomfort appearance | | | | | Subsequent evaluation | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Discomfort evaluation | | | | | **A1** : TTL | | **A2** : Eat | | **A3** : Read and computer | | **A4** : Sleep | | **A5** : Ingress-Egress | |
| Describe your sensation | Area | Severity | Hour when it begins | According to you, what would be the cause? | Yes, Severity | No | Yes, Severity | No | Yes, Severity | No | Yes, Severity | No | Yes, Severity | No |
| I feel tense in the left part of the small of my back | A | 3 | 11h05 | My back is not well supported | 5 | | | x | | | | | | |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | My discomfort disappeared after eating because I could move | | | | | | | | | | | | | |
| Pressure, I feel stiff | B | 2 | 11h30 | The seat cushion is too hard | | | 5 | | 6 | | 7 | | | x |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | Mon inconfort est disparu après l'activité d'entrée-sortie parce que je me suis levé | | | | | | | | | | | | | |
| I feel tense in the left part of the small of my back | A | 3 | 11h50 | My back is not well supported | | | | | | | 5 | | | x |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | Cet inconfort était disparu mais il est réapparu lorsque j'ai adopté la position couchée. Il est disparu lorsque j'ai pu me lever pour sortir et entrer du siège. | | | | | | | | | | | | | |

SECTION – 3 Subject # 3 - window

**Area**

Write a letter in the approximate area where the discomfort is felt
Define a more precise area if desired




**Severity**

1 Light discomfort: the discomfort is present but it can be ignored
2
3 Moderate discomfort: the discomfort is clearly felt but it can be tolerated
4
5 Severe discomfort: the discomfort is hard to tolerate
6
7 Unbearable discomfort: the discomfort is unbearable, I can't think of anything else

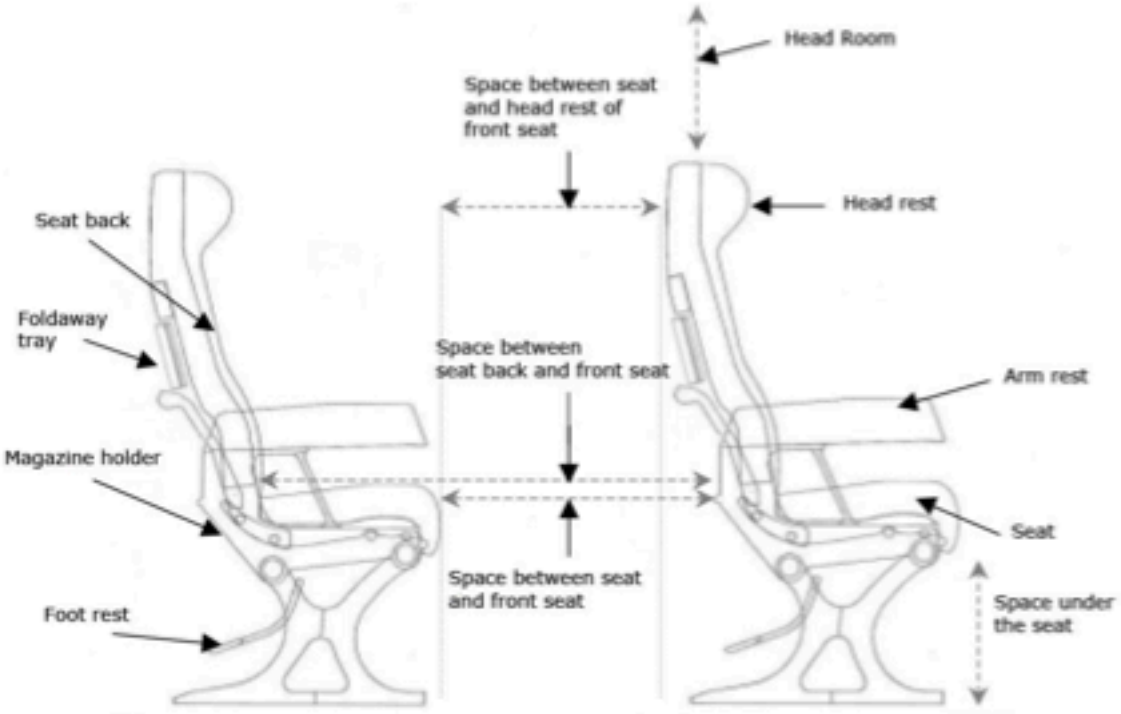
SECTION – 3

Subject # 3 - window

| **Discomfort appearance** | | | | | **Subsequent evaluation** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Discomfort evaluation | | | | | **A1** : TTL | | **A2** : Eat | | **A3** : Read and computer | | **A4** : Sleep | | **A5** : Ingress-Egress | |
| Describe your sensation | Area | Severity | Hour when it begins | According to you, what would be the cause? | Yes, Severity | No | Yes, Severity | No | Yes, Severity | No | Yes, Severity | No | Yes, Severity | No |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Other comments : (ex: reason for disappearance, decrease or increase of discomfort) | | | | | | | | | | | | | | |

SECTION - 4 Subject # 3 - window

## Comfort evaluation




Instructions

If some of your comments relate to a specific activity, please write **A1**, **A2**, **A3**, **A4** or **A5** beside the corresponding comment, according to the following code :

**A1** : Taxi, takeoff and landing (20 min)
**A2** : Eating (5 min)
**A3** : Reading and writing on the computer (5 min)
**A4** : Sleeping (5 min)
**A5** : Ingress-Egress

When you see the following image,
circle the number which corresponds to your degree of agreement with each statement

| | Totally disagree | | A little disagree | | A little agree | | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

SECTION - 4 Subject # 3 - window

| Seat | Comments : |
|---|---|
| Height: relative to floor | |
| Width | |
| Depth: from back to back of knees | |
| Angle: towards front or back | |
| Cushion: pressure, hardness, profile | |

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| Seat back | Comments : |
|---|---|
| Height | |
| Width | |
| Back support | |
| Angle | |
| Cushion: pressure, hardness, profile | |

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| Arm rest | Comments : |
|---|---|
| Height | |
| Width | |
| Length | |
| Spacing between arm rests | |
| Cushion: pressure, hardness, profile | |

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

SECTION - 4 Subject # 3 - window

| Head rest | Comments : |
|---|---|
| Height | |
| Width | |
| Angle | |
| Support | |
| Front and back position | |
| Cushion: pressure, hardness, profile | |

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| Foot rest | Comments : |
|---|---|
| Height | |
| Angle | |
| Leg / feet positions allowed | |
| Support | |
| Pressure, profile | |

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| Freedom of movement | Comments : |
|---|---|
| Head room | |
| Space between seat and head rest of front seat | |
| Space between seat back and front seat | |
| Space between seat and front seat | |
| Space under the seat | |
| Space for feet and calves | |
| Space for arms and shoulders | |
| Angle of seat back | |
| Closeness of neighbors | |

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

SECTION - 4 Subject # 3 - window

| Cover and material | Comments : |
|---|---|
| Friction | |
| Aspect: color, pattern | |
| Feeling: touch, aeration | |
| Seams | |

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| Adjustments | Comments : |
|---|---|
| Easy to use | |
| Easy to reach : position, space | |
| Quickness of use | |
| Quantity of adjustments | |
| Amplitude | |

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| Others | Comments : |
|---|---|
| Foldaway tray : position, unfolding | |
| Life jacket | |
| Magazine holder | |
| Headphones | |
| Screen | |
| Etc... | |

| | Totally disagree | . | A little disagree | . | A little agree | . | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This part of the seat is comfortable | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

SECTION - 4 Subject # 3 - window

**Write your suggestions regarding further improvements, or other comments:**

SECTION - 5 Subject # 3 - window

## Global experience

Circle the number which corresponds to your degree of agreement with each statement

| | Totally disagree | | A little disagree | | A little agree | | Totally agree |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| This seat is simple to use | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| This seat looks nice | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I have a sensation of well-being in this seat | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I feel relaxed in this seat | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I like this seat | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| This seat is spacious enough | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

**Comments :**

## Final impression seated

Check one answer

Compared to my previous experience of the comfort of airplane seats, I think this seat is :

☐ Less comfortable than what I previously experienced

☐ As comfortable as what I previously experienced

☐ More comfortable than what I previously experienced

☐ I don't know

**Comments :**

# ANNEXE 15 : CERTIFICAT D'APPROBATION DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE SUR DES SUJETS HUMAINS

ÉCOLE
**POLYTECHNIQUE**
MONTRÉAL

**Comité d'éthique de la recherche avec des sujets humains**

**Adresse civique :**
Campus de l'Université de Montréal
2900, boul. Édouard-Montpetit
École Polytechnique
2500, chemin de Polytechnique
H3T 1J4

**Adresse postale :**
C.P. 6079, succursale Centre-ville
Montréal (Québec) Canada
H3C 3A7

Téléphone : (514) 340-4990
Télécopieur : (514) 340-4992

**École affiliée à l'Université de Montréal**

Membres réguliers du comité :

Marie-Josée Bernardi, juriste et éthicienne
Ginette Denicourt, IRSST
Daniel Imbeau, génie industriel
Bernard Lapierre, éthicien*
Delphine Périé-Curnier, génie mécanique
Élodie Petit, juriste et éthicienne
André Phaneuf, UdeMontréal
Farida Cheriet, génie informatique et génie logiciel

Céline Roehrig, secrétaire

* président du Comité

CERTIFICAT D'ACCEPTATION D'UN PROJET DE RECHERCHE PAR LE COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES SUJETS HUMAINS DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Montréal, le 31 août 2011

Mme Noémie Séguin-Tremblay
M. Jean-Marc Robert
Département de mathématiques et génie industriel
École Polytechnique de Montréal

N/Réf : Dossier CÉR-10/11-27

Madame, Monsieur,

J'ai le plaisir de vous informer que les membres du Comité d'éthique de la recherche ont procédé à l'évaluation en comité restreint de votre projet de recherche intitulé « *Élaboration et test d'un protocole d'évaluation subjective du confort des sièges passagers pour avions* » et en ont recommandé l'approbation sur la base des documents transmis le 14 juillet dernier à Mme Roehrig.

Veuillez noter que le présent certificat est valable pour le projet tel que soumis au Comité d'éthique de la recherche avec des sujets humains. La secrétaire du Comité d'éthique de la recherche avec des sujets humains devra immédiatement être informée de toute modification qui pourrait être apportée ultérieurement au protocole expérimental, de même que de tout problème imprévu pouvant avoir une incidence sur la santé et la sécurité des personnes impliquées dans le projet de recherche (sujets, professionnels de recherche ou chercheurs).

Nous vous prions également de nous faire parvenir un bref **rapport annuel** ainsi qu'un avis à la fin de vos travaux.

Je vous souhaite bonne chance dans vos travaux de recherche,

Bernard Lapierre, président
Comité d'éthique de la recherche avec des sujets humains

c.c.: Céline Roehrig, DRI