

Systems Engineering

Abdellatif MEGNOUNIF

Exemple

Systeme Avion

Exemple Mercredi 09.12.2009

INTRODUCTION

Un opérateur de grands avions (ACME air) a identifié un besoin pour un avion de taille moyenne pour remplacer la plate forme existante qui devient de plus en plus vieille. Cette plate forme est opérationnelle sur des circuits domestiques et sur certains circuits internationaux courts.

La compagnie veut utiliser l'engineering des systèmes pour s'assurer que le **système avion** qui sera produit convient bien et que la viabilité commerciale du projet est assurée.

Différentes Ressources Possibles

L'analyse des différentes ressources d'un système conduit généralement aux exigences fonctionnelles et de performance du système.

Pour notre système **AVION**, ces ressources peuvent se résumer comme suit (à titre indicatif):

- 1. Humaines:** membres d'équipage pour faire fonctionner le système et le personnel à l'aéroport pour maintenir et supporter le système.
- 2. Matérielles:** Pour le fonctionnement du système, Essence, lubrifiants, Pneus, pièces détachées, consommables...
- 3. Moyens:** le système a besoin d'un réseau de moyens de maintenance et réparations tout au long de son cycle de vie. Les terminaux sont aussi exigés pour fonctionner le système.

4. **Données:** Les données sont nécessaires pour la phase opérationnelle, comme les guides d'utilisateurs et les instructions et de maintenance et support du système, comme les spécifications et les plans.
5. **Hardware:** C'est la partie la plus tangible du système. L'avion va être produit, distribué et vendu à d'autres opérateurs qui vont l'utiliser de différentes façons, comme vols domestiques ou internationaux, pour transporter les personnes ou le fret...
6. **Software:** Utilisé souvent pour contrôler certaines fonctions allant du management du moteur aux systèmes de communication et de control de vol en passant par les systèmes de control de navigation et d'environnement.

Partie I: Design Conceptuel

1. Identification des exigences des intervenants (Stakeholder requirements)

- Avant tout développement, il faut bien identifier les exigences des différents intervenants. L'idée des besoins à atteindre doit être très claire et bien comprise bien avant.
- Pour notre système, on peut trouver ces exigences dans les documents de ACME air dans un langage de consommateurs/utilisateurs. Par exemple (parmi plusieurs):
 1. L'avion doit être capable de fonctionner dans n'importe quel aéroport de classe X dans le monde.
 2. L'avion doit assurer un certain confort pour les passagers (class-leading).
 3. L'avion doit être capable de faire demi tour pour un nouveau vol dans 30 minutes.

1.1 Identification des intervenants (Stakeholder)

- Les intervenants peuvent aider à fournir des informations très intéressantes liées aux exigences de fonctionnement et de performance du système AVION.
- Les propriétaires ont une idée claire sur la partie commerciale du système: Optimisation de consommation de carburant, capacité de transport voyageurs et fret...
- Les utilisateurs, y compris l'équipage et les gens travaillant à l'aéroport vont fournir des données sur les exigences de fonctionnement et de performance.
- Les spécialistes du marketing...
- Les spécialistes de maintenance vont influencer le design dans la limite du cout et de la durée. L'accessibilité, la fiabilité et la maintenabilité seront hautement prioritaires .
- Enfin, supportabilité et logistiques seront nécessaires.

1.2 Définir l'état de besoin

- Doit être clair, simple et bien présenté. Doit être court (en quelques lignes) et doit avoir un mot ou une phrase pour chaque aspect important du système. Exemple:

Pour acquérir un avion de taille moyenne qui assure un confort « class leading » pour les passagers entre des aérodomes de classe X sur des vols domestiques ou internationaux.

Après, il faut ajouter les buts et objectifs du système.

Dans notre cas, ça doit tourner autour de

Qu'est ce que ça veut dire « Class-leading », « taille moyenne »... combien de passagers on va transporter, pilotage ou maintenance...

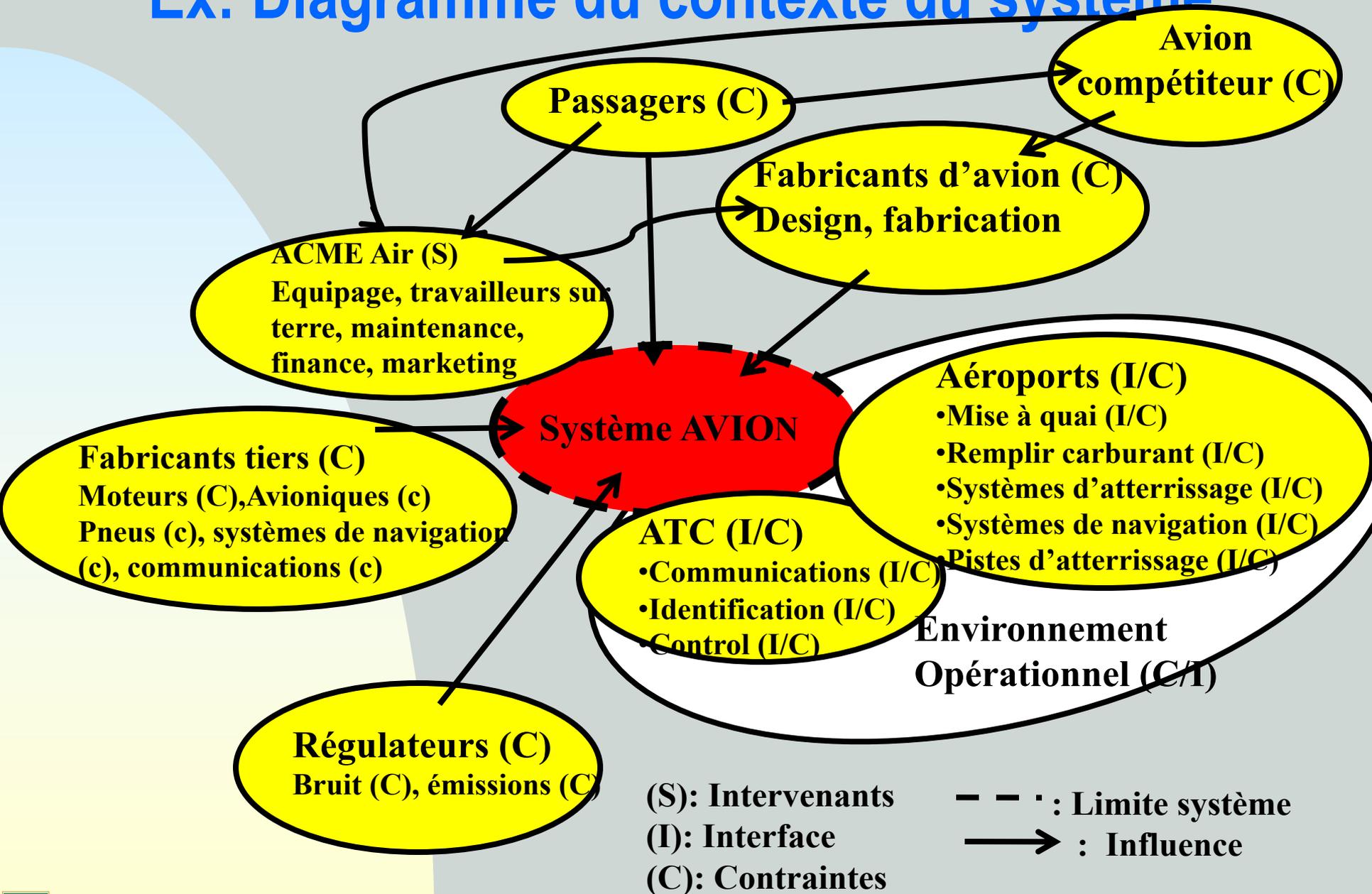
1.3 Diagramme du contexte du système (scoping the system)

- L'analyse des exigences nécessite une compréhension de la portée de l'effort du développement du système (scoping). Ça permet de comprendre ce que va faire le système en sollicitant, déterminant et détaillant les contraintes du design, les interfaces externes et les limites du système.
 1. **Contraintes de design: ex Poids (atterrissant sur une certaine classe d'aérodrome)**
 2. **Interfaces externes: lois régissant le trafic aérien.**
 3. **Limites du système: définir ce qui est à l'intérieur et ce qui est à l'extérieur du système.**

Utilisons

le diagramme du contexte du système.

Ex: Diagramme du contexte du système



Définitions

- **Régulateurs:** Ce sont les faiseurs de lois (vols domestique ou international) qui contribuent aux exigences de fonctionnement et de performance. Leurs données constituent des contraintes sur le système en termes de taille, poids, restrictions sur la puissance, control d'émissions, limites du bruit et exigences de sécurité.
- **Fabricants:** Définir des contraintes dans le but d'assurer la productibilité. (doivent être impliqués dans le design très tôt)
- **Fabricants tierce personne:** Qui fabriquent et vendent des composants complets d'avion comme les moteurs, les avioniques, les pneus...

Définitions (Suite)

- **Environnement opérationnel:** est défini par la mission du système et inclut les aérodromes, les moyens de l'aéroport, les conditions climatiques, les fourchettes de température et le temps du jour.
- **Passagers et avion compétiteur:** Fournissent des contraintes au système, si notre avion doit fournir « class-leading » confort le succès sera défini par le passager et la performance relative à un autre avion.

2. Analyse de faisabilité

- **Les alternatives faisables doivent être considérées en termes de disponibilité de ressources, l'argent, le temps, le personnel et le matériel. Il faut:**
 - 1. Identifier** les solutions possibles (à l'échelle du système) capable de satisfaire le besoin
 - 2. Confirmer** que les exigences peuvent être accomplies sinon, quel est leur degré d'accomplissement.
 - 3. Evaluer** les solutions en termes de faisabilité, performance, efficacité, risque technique et autres paramètres de mesure de performance.
 - 4. Recommander** la meilleure solution possible.

Ex: Alternatives Faisables

- **Supposons que ACME n'a pas de cellule (airframe) pour son système, les alternatives faisables sont:**
 - 1. Louer ou acheter un avion existant**
 - 2. Louer ou acheter et modifier un avion existant**
 - 3. Contractant pour avoir un nouvel avion développé**
 - 4. Sous traitant l'opération à une autre compagnie**
 - 5. Ne pas desservir ces itinéraires (vols) moyens (abandonner le projet)**

3. Analyse des exigences du Système

- Commencer d'abord par définir une structure des exigences (RBS: requirements breakdown structure, groupés plutôt par fonctions)

3.1 RBS

(Il est défini par tous les intervenants)

Exemple RBS

Environnemental

- Atmosphérique
- Température
- Humidité
- Terrain
- Pluie
- Electromagnétique
- Chimique
- Nucléaire
- Biologique
- Physique (contrainte, vibration...)

Physique

- Taille
- Masse
- Volume
- Forme
- Matériaux
- Centre de Gravité
- Moment d'inertie

Fonctionnel

- Mission
- Etats du système et modes
- Fonctions du système
- Fonctions Hardware
- Performance Hard
- Fonctions soft
- Performance Soft

Support

•...

Contraintes

- Temps
- Finance
- Règlements
- Contractuels
- Ressources humaines
- Santé
- Technologie
- Normes

Qualité

- Fabrication
- Fiabilité
- Maintenabilité
- Disponibilité
- Utilisabilité
- Testabilité
- Transportabilité
- Efficacité

Vérification

- Méthodologies
- Méthodes
- Niveaux
- Responsabilités
- Support

Exemple RBS (Suite)

Support

- Moyens
- Maintenance
- Fourniture
- Formation
- Personnel
- Publications
- Logistiques

Configuration

- Composantes principales
- Modularité
- Interchangeabilité
- Accessibilité

Interfaces

- Externe
- Interne
- Autres systèmes
- Autres plate formes
- humaines

Pour notre AVION

- On peut définir cinq états d'exigences:

1. Fonctionne de n'importe quel aéroport de classe X
2. Permet un confort « class-leading » pour passagers
3. Possibilité de faire tourner l'avion et la préparer pour le prochain vol en moins de 30 mn
4. Etre un système avion commercialement viable
5. Se conformer à toutes les exigences de la réglementation

SRD (system requirement document)

Pour notre AVION

- **On peut définir cinq états d'exigences:**

1. Fonctionne de n'importe quel aéroport de classe X

1.1 Longueur minimale de la piste d'atterrissage

1.2 Surfaces de la piste d'atterrissage

1.3 Poids maximum acceptable de l'avion

1.4 Assistance de navigation essentielles

1.5 Systèmes d'atterrissage automatique essentiels

1.6 Systèmes de communication essentiels

Pour notre AVION

2. Permet un confort « class-leading » pour passagers

2.1 Un espace minimal pour pieds

2.2 Dimensions minimales du siège

2.3 Exigences minimales du support du siège

2.4 Systèmes de divertissement

2.5 salles d'eau

2.6 services de restauration

Pour notre AVION

3. Possibilité de faire tourner l'avion et la préparer pour le prochain vol en moins de 30 mn

3.1 Conduire les opérations de remplissage du kérosène

3.2 Exigences de chargement des passagers, bagages et nourriture

3.3 exigences de déchargement des passagers, bagages et nourriture

3.4 Exigence de maintenabilité opérationnelle

4. Etre un système avion commercialement viable

4.1 Autonomie minimale de l'avion

4.2 Vitesse minimale de vol

4.3 Exigences d'économie du kérosène

4.4 Capacité minimale (passager/cargo)

4.5 Nombres maximales exigés de l'équipage/cabin crew/ground crew

Pour notre AVION

5. Se conformer à toutes les exigences de la réglementation

5.1 Taux de montée/descente

5.2 Niveaux minimaux des équipement de sécurité

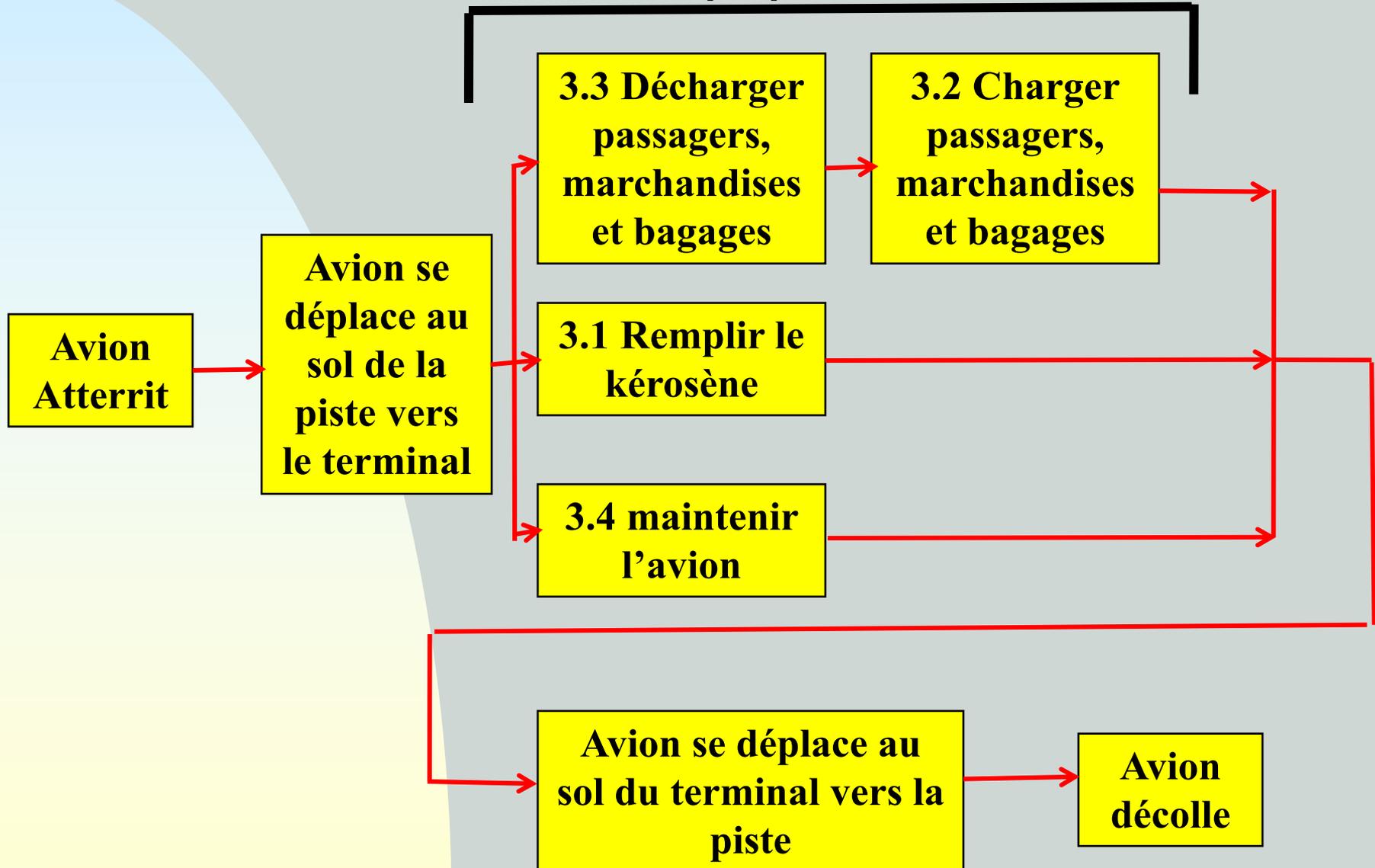
5.3 nombres minimaux des moteurs pour des opérations au dessus de l'eau

5.4 Possibilités d'enregistrement de vols

5.5 Exigences d'urgence

Exemple de diagramme

3.0 Tourner et se préparer en moins de 30 mn



Processus d'allocation pour notre AVION

**Processus d'allocation et de groupement conduit au RBS
(Requirement Breakdown structure)**

C'est de définir des relations entre les différentes exigences.

AVION

1. Fonctionnel

- 1.1 Longueur de la piste (1.1)
- 1.2 Support du siège (2.3)
- 1.3 Divertissement (2.4)
- 1.4 Salles d'eau (2.5)
- 1.5 restauration (2.6)
- 1.6 Remplir Kérosène (3.1)
- 1.7 Chargement (3.2)
- 1.8 Déchargement (3.3)
- 1.9 Autonomie (4.1)
- 1.10 Vitesse (4.2)
- 1.11 Economie kérosène (4.3)
- 1.12 taux de montée/descente (5.1)
- 1.13 Enregistrement Vols (5.4)

2. Configuration

- 2.1 Equipement sécurité (5.2)
- 2.2 Exigences d'urgences (5.5)

3. Interface

- 3.1 assistance de navigation (1.4)
- 3.2 systèmes d'atterrissage (1.5)
- 3.3 Systèmes de communication (1.6)

4. Physique

- 4.1 Poids de l'avion (1.3)
- 4.2 Espace minimal pieds (2.1)
- 4.3 Dimensions du siège (2.2)
- 4.4 Espace pour casiers (2.7)
- 4.5 capacité passager/cargo (4.4)

AVION

5. Environnemental

5.1 Surface de la piste (1.2)

6. Qualité

6.1 Maintenance opérationnelle (3.4)

6.2 Nombres du personnel (4.5)

7. Contraintes

7.1 Nombres de moteurs (5.3)

Rem: les 02 numérotations utilisées sont nécessaires pour faciliter la traçabilité

3.2 Définition des TPM

Pour cela, il faut:

1. Identifier les différents paramètres (TPM)
2. Les classer par ordre d'importance
3. Leur donner des valeurs

Exemple pour notre système:

TPM1 = Taux de montée (Ascension)

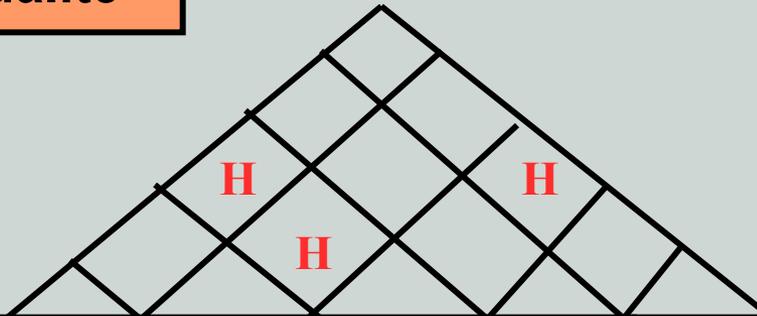
TPM2 = vitesse

TPM3 = Poids

TPM4 = Taille...

Exemple de la Maison de la Qualité

H: relation positive



> Notre produit est supérieur
 = même
 < notre produit est inférieur à celui du concurrent

	Degré d'importance	Vitesse	Taux de montée	poids	Disponibilité	Cout Total	Poids demandé	Poids demandé relatifs	Équipe A	Équipe B
Aéroport Classe X	20	1	1	7		1	200	19.23%	=	=
Confort « Class-Leading »	20	4	2	1			140	13.46%	=	=
Se préparer en 30 mn	10				2	1	30	2.88%	>	=
Commercialement viable	30	8		5			390	37.50%	>	>
Se conformer à la réglementation	20	3	7	4			280	26.92%	=	=
IMPORTANCE TECHNIQUE	ABSOLUE	400	200	390	20	30	1040			
	RELATIVE	38.46%	19.23%	37.50%	1.92%	2.88%	0			
Valeurs de la cible objectifs		Plus rapide	Important	Plus lourd	Maximale	Plus cher				

4. Synthèse, Evaluation et Révision

A l'échelle du système

Ce sont les dernières étapes pour clôturer le design conceptuel.

ALLER VERS

DESIGN PRELIMINAIRE

1. Analyse des Exigences à l'échelle des sous systèmes

Analyse Fonctionnelle

- Elle sera plus détaillée que celle du design fonctionnelle, en allant vers les niveaux inférieurs...

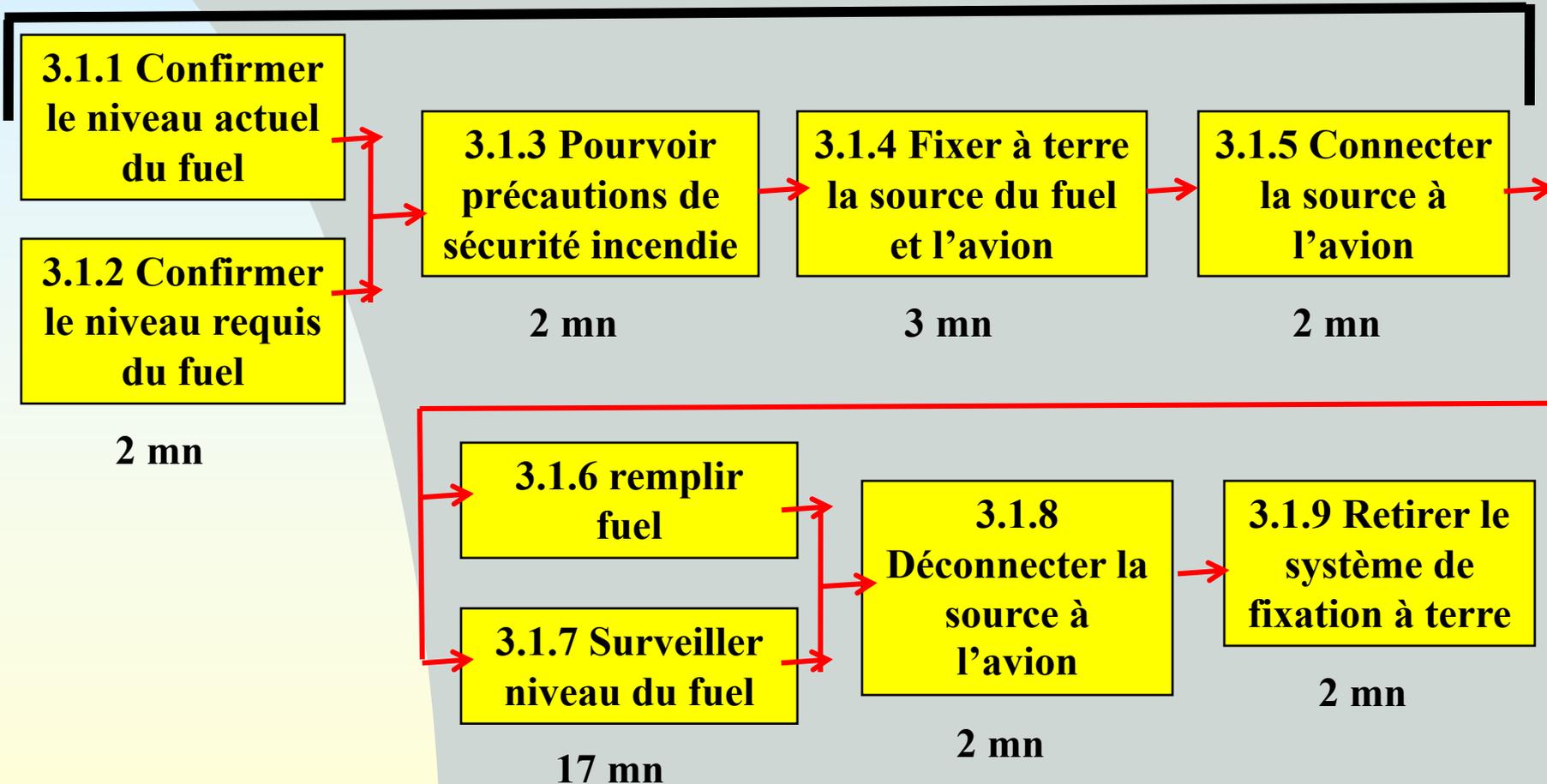
A ce niveau, chaque bloc diagramme est considéré individuellement pour déterminer le input nécessaire, output attendue, les contraintes et enfin les ressources de chaque fonction.

A cette étape, c'est le début de la conversion des « Whats » en « How » (**du fonctionnel à l'architectural**)

Exemple de diagramme détaillé

Fonction 3.1 de la fonction 3.0 Tourner et se préparer en moins de 30 mn

3.1 Remplir le kérosène



Et ça continue aux niveaux inférieurs

2. Allocation des exigences

Au niveau **préliminaire**, l'allocation des exigences se fera autour d'une architecture physique (les **sous systèmes**) et non comme au **conceptuel** où on utilise **RBS**.

Ça demande de l'expérience et de l'expertise dans le domaine.

Dans notre cas, il faut connaître un peu les parties importantes du système AVION (demander à un connaisseur).

Les composantes et les sous systèmes sont généralement appelés **articles de configuration** (Configuration items **CI**)

Exemple de sous systèmes

Sous système 1: Cellule de l'avion, qui consiste en:

- 1. Sous système train d'atterrissage** qui comprend les structures, les pneus et les freins pour supporter l'avion sur le sol.
- 2. Sous système ailes/fuselage** pour former la partie aérodynamique de l'avion
- 3. Sous système Fuel**, qui comprend les réservoirs, pompes, récipients de remplissage et vidange, lignes de fuel pour supporter les moteurs.
- 4. Sous système hydraulique**, pompes hydrauliques, lignes et support pour donner la puissance hydraulique aux autres tels que les contrôles de vols et celui du train d'atterrissage
- 5. Sous système de control de vol** (sur terre et en air)

Exemple de sous systèmes

Sous système 2: Moteur, qui consiste en:

1. Sous système moteur et toutes les autres composantes pour former le moteur tels que les turbines, boites de vitesse, les systèmes de contrôles du moteur...

Sous système 3: Avionique, (Partie électronique de l'avion) qui consiste en:

1. Ordinateurs (hard et soft)
2. Sous systèmes de navigation (hard et soft)
3. Sous systèmes de communications (Hard et soft)
4. Sous systèmes de contrôle de vol automatique
5. Sous système de génération et de distribution électrique

Exemple de sous systèmes

Sous système 4: Intérieur, qui consiste en:

- 1. Cockpit**
- 2. Espace passagers**
- 3. Espace cargo**
- 4. Espace de stockage de nourriture, boissons...**

ETC...

Après, il faut relier les exigences fonctionnelles (RBS) aux sous systèmes définis

Exemple d'allocation

- 1.1 Longueur de la piste
- 2.3 Support siège
- 2.4 Divertissement
- 2.5 Salles d'eau
- 2.6 Restauration
- 3.1 remplissage fuel
- 3.2 Chargement
- 3.3 déchargement
- 4.1 Autonomie
- 4.2 Vitesse
- 4.3 Economie fuel
- 5.1 Taux de montée/descente
- 5.4 Enregistrement vols
- 5.2 équipement sécurité
- 5.5 Exigences urgences
- 1.4 Assistance navigation
- 1.5 systèmes d'atterrissage
- 1.6 systèmes de communications

Train d'atterrissage

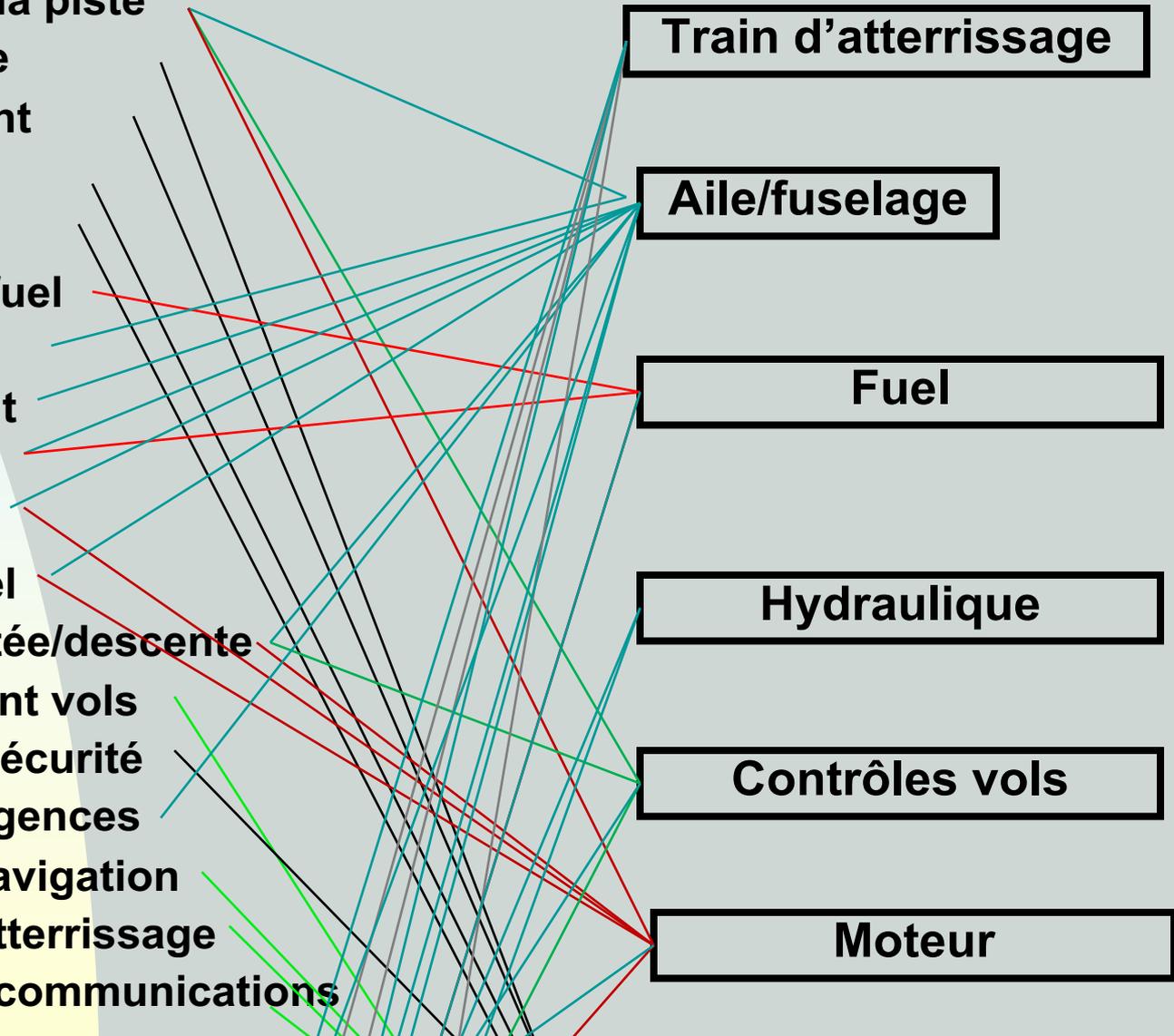
Aile/fuselage

Fuel

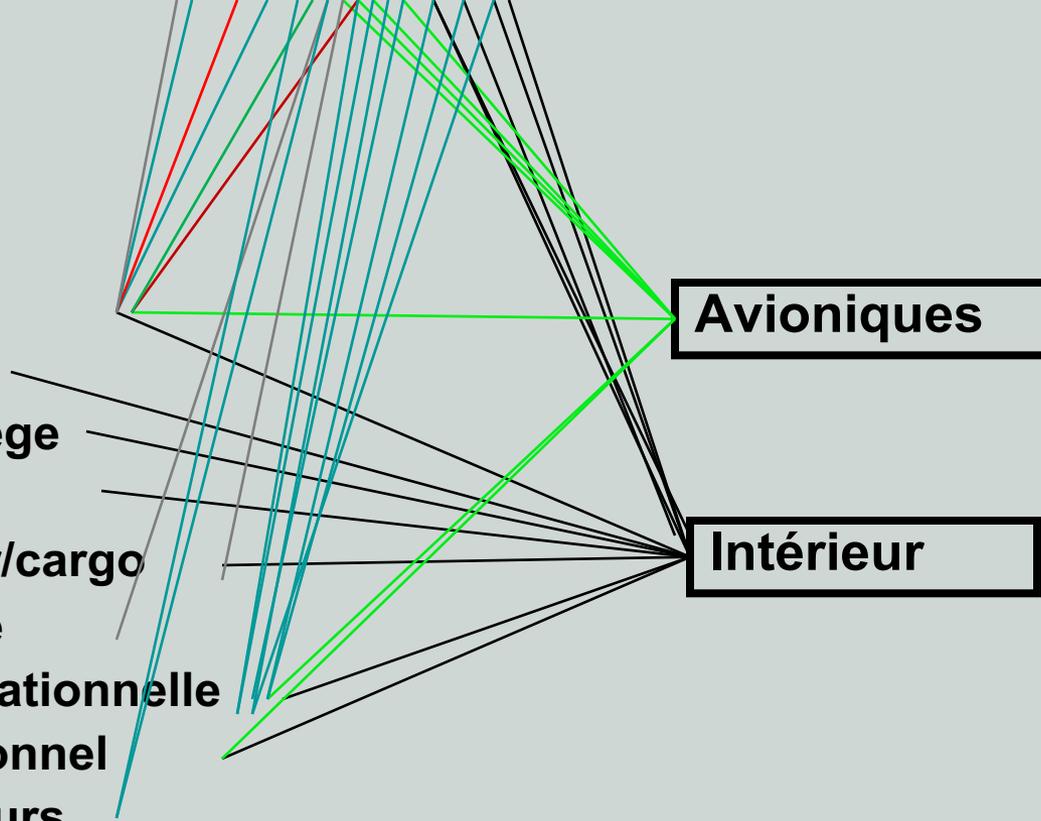
Hydraulique

Contrôles vols

Moteur



- 1.3 Poids de l'avion
- 2.1 espace pieds
- 2.2 dimensions du siège
- 2.7 espace casiers
- 4.4 capacité passager/cargo
- 1.2 surface de la piste
- 3.4 maintenance opérationnelle
- 4.5 Nombres du personnel
- 5.3 Nombres de moteurs



Ça se complique et la lecture devient difficile. On utilise alors,

**la matrice d'allocation ou
matrice de traçabilité**

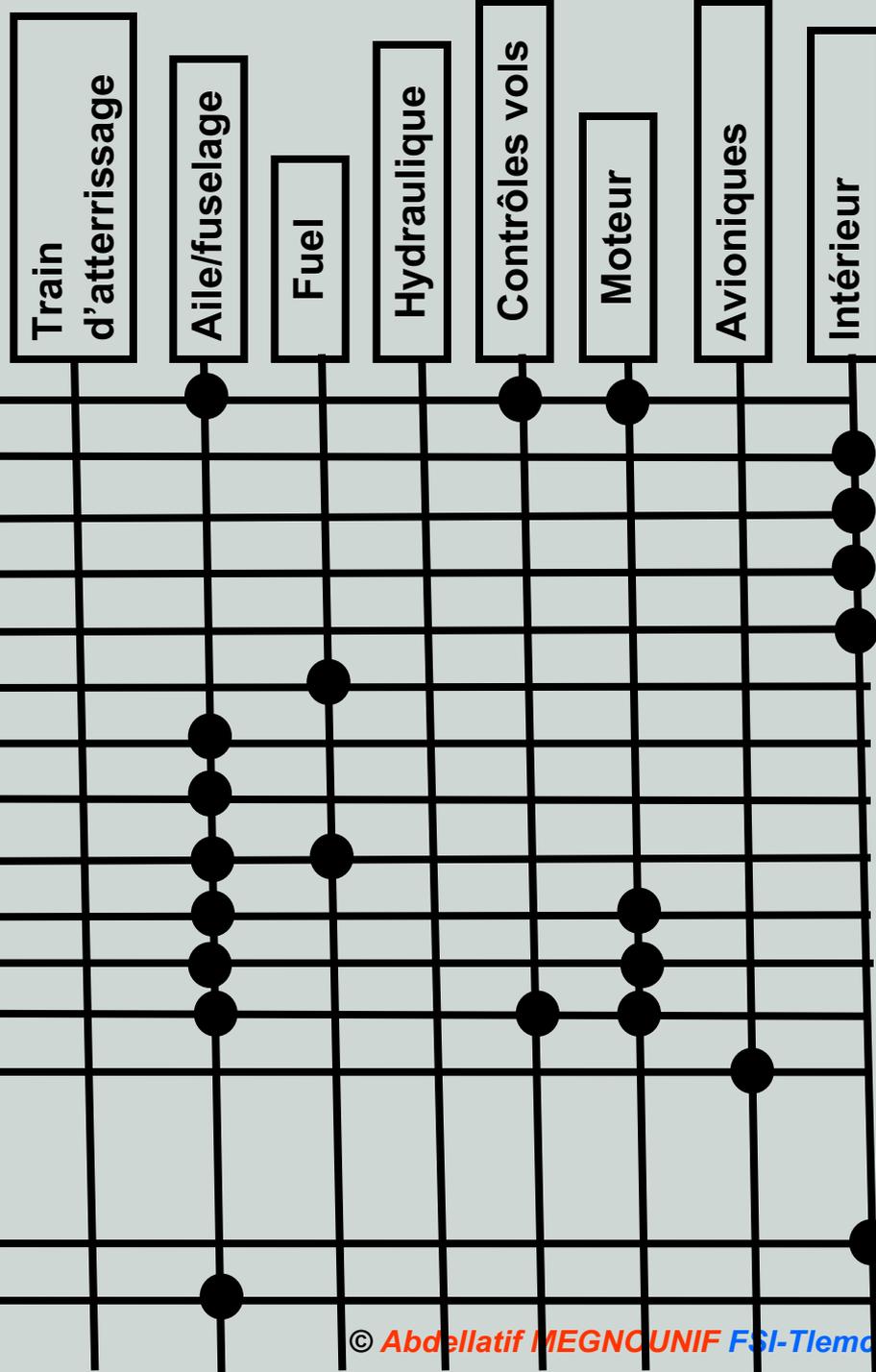
Matrice d'allocation

1. Fonctionnel

- 1.1 Longueur de la piste (1.1)
- 1.2 Support du siège (2.3)
- 1.3 Divertissement (2.4)
- 1.4 Salles d'eau (2.5)
- 1.5 restauration (2.6)
- 1.6 Remplir Kérosène (3.1)
- 1.7 Chargement (3.2)
- 1.8 Déchargement (3.3)
- 1.9 Autonomie (4.1)
- 1.10 Vitesse (4.2)
- 1.11 Economie kérosène (4.3)
- 1.12 taux de montée/descente (5.1)
- 1.13 Enregistrement Vols (5.4)

2. Configuration

- 2.1 Equipement sécurité (5.2)
- 2.2 Exigences d'urgences (5.5)



Lecture de la matrice horizontalement et verticalement

Il est clair de la matrice que certaines exigences fonctionnelles sont assignées à un ou plusieurs sous système (CI) en même temps. Dans ce cas, l'ensemble de ces sous systèmes sont responsables de la satisfaction de ces exigences.

HORIZONTAL

Exemple: Le cas du sous système Moteur.

En lisant la matrice, et prenons le cas du poids de l'avion (4.1), on remarque que tous les sous systèmes contribuent à l'exigence du poids et donc chacun va avoir une partie du poids. Exemple, le moteur aura 15% du poids total de l'avion et donc le design du moteur doit respecter ceci.

VERTICAL

Pour comprendre que nécessite le design d'un sous système, il faut lire la matrice verticalement. Exemple, pour le moteur, les designers ont besoin que le moteur soit capable de, en plus de son poids:

- 1. Propulser l'avion de façon à décoller sur une piste d'une certaine longueur.**
- 2. D'assurer et de maintenir une vitesse minimale de croisière**
- 3. D'assurer une certaine économie du carburant.**
- 4. Permet à l'avion d'accomplir des taux minimums de montée/descente.**
- 5. Etre suffisamment maintenable et fiable pour permettre un niveau de maintenance opérationnel à faire dans un lapse de temps très court.**

Maintenant des exigences allouées au sous système MOTEUR, les designers doivent s'intéresser maintenant aux exigences spécifiques du (CI) MOTEUR. Ils doivent aboutir au type de MOTEUR à utiliser (exemple un turbo jet Vs autre moteur), aux niveaux de poussée (force) exigées, et d'autres impératifs de performance, exigences d'admission d'air, exigences électriques, exigences d'interface et de support, etc...

Ces exigences dérivées spécifiques au sous système MOTEUR et les exigences d'allocation au niveau système forment une partie de spécification de développement du CI, MOTEUR, qui lorsqu'elle est complète sera appelée Ligne de base d'allocation du sous système (CI) MOTEUR.

Lecture de la matrice horizontalement et verticalement

HORIZONTAL

(TOP-DOWN)

De l'analyse fonctionnelle



Architecture du système

(Design Fonctionnel)

(Design Physique)

VERTICAL

(BOTTOM-UP)

Définit la responsabilité de chaque Composante/sous système (CI)
pour satisfaire les exigences allouées.

Montre aussi, comment les exigences fonctionnelles du système
conduisent au design des différents CI.



3. Identification des Interfaces

Après l'identification des sous systèmes/composantes (CI), il faut définir les interfaces qui existent entre eux.

C'est la partie critique du design préliminaire. Elle conduit à la réussite du système une fois intégré et aussi ajoute des limitations et des exigences additionnelles sur chaque CI.

Il faut s'inspirer du diagramme fonctionnel (du conceptuel et du préliminaire) pour définir les interfaces.

Les différents types d'interface sont:

1. Interfaces physiques: Ce sont les plus évidentes, puisqu'elles sont réelles. Exemple, des tuyaux de fluide ou de gaz, des câbles de fibres optiques (Information digitale). Les caractéristiques à définir, type de connexion mécanique, dimension (diamètre)...

Identification des Interfaces (Suite)

- 2. Interfaces électroniques:** Pour la circulation des signaux électroniques (digital ou analogue) entre 02 points. Les signaux peuvent utiliser une interface physique (câble ou fibre), ou bien une transmission par fréquence radio, par micro onde ou bien par satellite. Les caractéristiques à définir sont , méthode de modulation, fréquence, format de donnée et taux de données.
- 3. Interfaces Electriques:** Normalement associées aux interfaces physiques, comme le câble électrique ou câble de données. Caractéristiques à définir le type de voltage, le niveau de voltage (220 V 60 Hz)...

Identification des Interfaces (Suite)

4. Interfaces hydrauliques: c'est la partie mécanique équivalente aux interfaces électroniques et électriques. A définir le taux d'écoulement, la pression, la température et le type de fluide
5. Interfaces Software: Permet de faire passer des données entre 02 logiciels de CI (composante ou sous système). Ça peut être dans un même hardware ou 02 hardwares différents auquel cas il faut aussi définir une interface physique. A définir, input, output, format des messages, taux de donnée, détection et correction d'erreurs...
6. Interfaces Environnementales: Entre le système et son environnement externe (données du vent, vibration, choc, acoustique, température...)

Exemple de notre système AVION

Considérons le cas du sous système MOTEUR.

On peut définir plusieurs interfaces avec les autres CI, plus spécialement avec le sous système FUEL. Il faut définir les facteurs de performance critiques comme le taux maximum d'écoulement, pressions, et le moyen de connexion physique. Ceci ajoute des contraintes supplémentaires pour le design des 02 CI (moteur et Fuel) et donc des exigences additionnelles à prendre en considération.

4. Synthèse et Evaluation à l'échelle des sous systèmes

Examiner d'abord les alternatives du design préliminaires.

A ce moment, il faut choisir entre;

utiliser un produit (CI) existant, modifier un produit existant ou créer un nouveau produit

Faire une utilisation optimale de l'espace design.

(C'est-à-dire faire études de trade-offs). Il faut savoir que la performance du système est très importante et non pas la performance individuelle des composantes ou des sous systèmes.

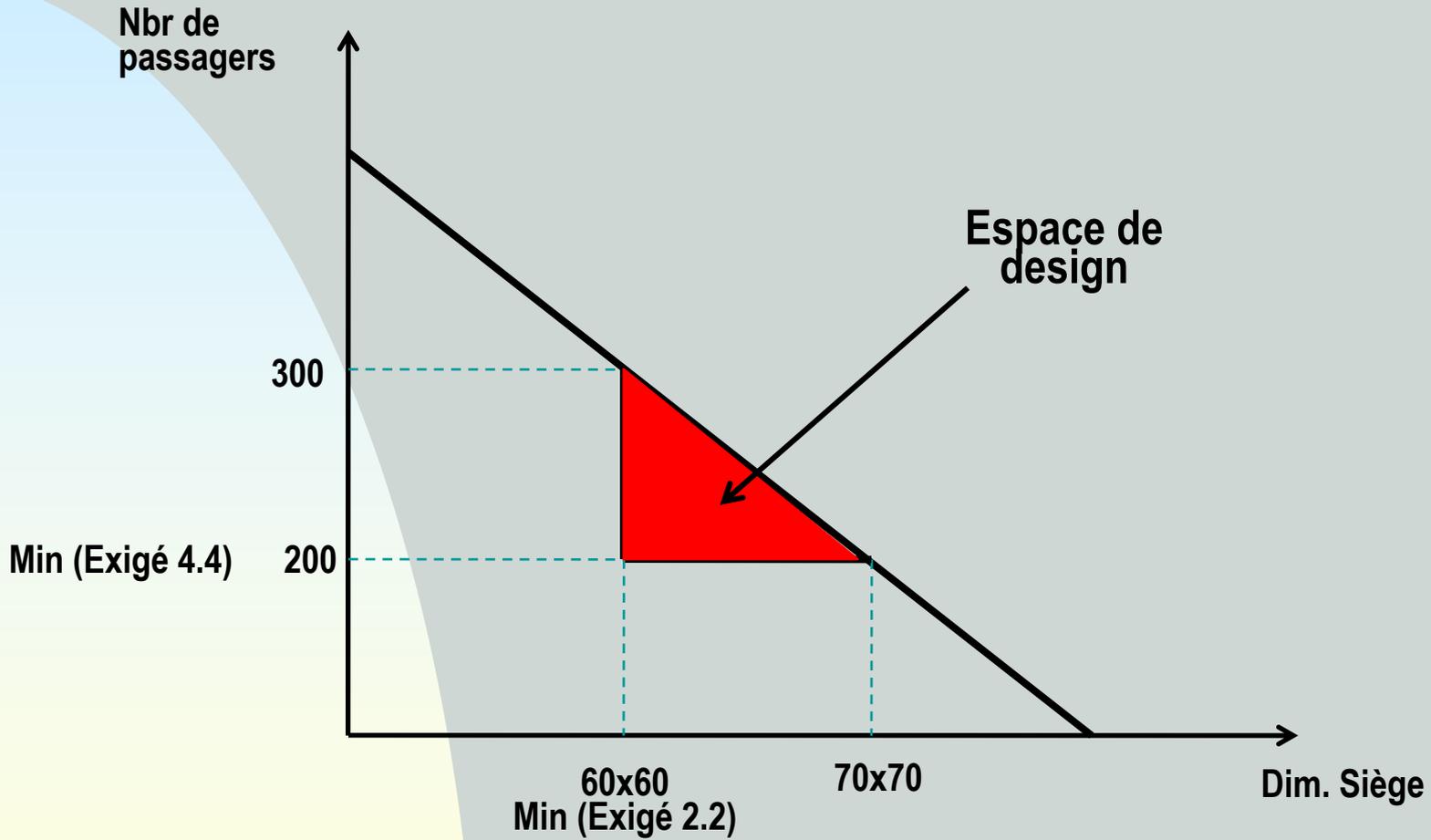
Exemple de notre système AVION

Considérons le cas du sous système INTERIEUR. Et plus précisément la composante siège du passager.

Dimension minimale du siège: Du à la traçabilité, on sait que les dimensions du siège sont définies pour satisfaire l'exigence du confort de niveau « class-leading ». Disons dans notre cas que le min. acceptable du siège est de (60x60 cm²).

Mais la dimension du siège est aussi reliée au nombre de passager à transporter (4.4 capacité passager/cargo). Disons dans notre cas, qu'il faut transporter 200 passagers.

Maintenant, l'équipe qui s'intéresse du sous système « INTERIEUR » a défini la relation suivante entre le nbr de passagers et les dimensions du siège (voir graphe):



En considérant ce graphe, on remarque que les 02 exigences sont vérifiées (Confort et capacité). En réalité, on peut aussi pousser un peu plus soit aller vers 300 passagers ou bien augmenter le siège de 70x70 (les exigences sont aussi vérifiées). Dans ce cas, on priorise la notion commerciale que la partie confort, on augmente donc le nombre de passager.

On opte donc pour 300 passagers avec 60x60 cm² comme siège.

Rem: L'idée n'est pas d'opter pour une exigence au détriment de l'autre mais plutôt de chercher une balance entre les deux en utilisant l'espace de design.

Exemple de notre système AVION

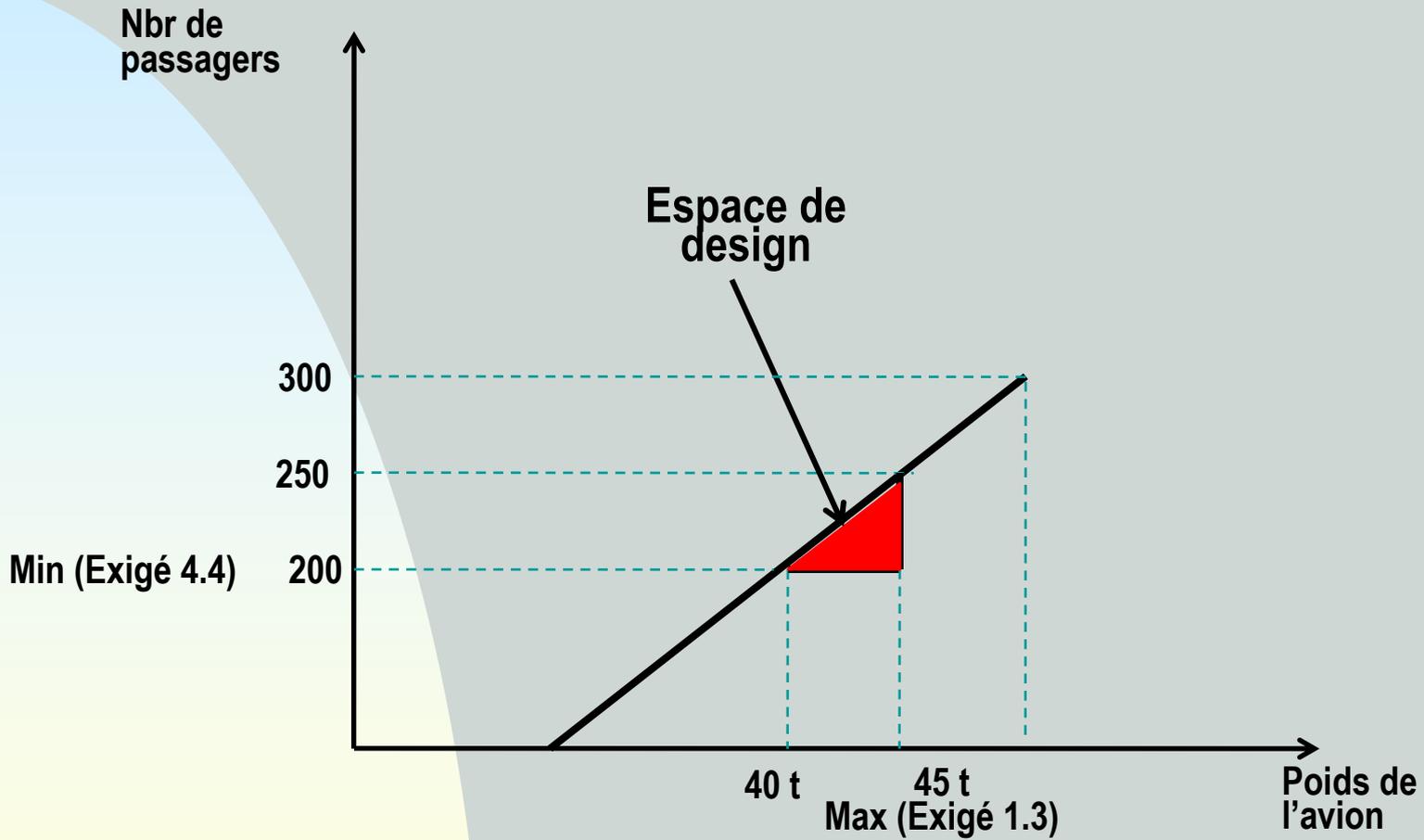
Considérons le cas de l'exigence du « Fonctionne de n'importe quel aéroport de classe X »

. Et plus précisément le poids de l'avion.

Poids max. de l'avion: **supposons qu'il devrait être égal à: 45 t.**

Le poids est alloué à tous les CI, y compris le sous système INTERIEUR.

La figure suivante relie le poids de l'avion au nombre de passagers.



En se basant tout à l'heure sur les dimensions du siège, on a trouvé 300 passagers, or avec ce nombre, l'exigence du poids de l'avion est dépassé. Il faut donc, considère uniquement 250 passagers. Dans ce cas, les dimensions du siège sont revues à la hausse, avec ce nouveau chiffre.

Trade-Offs doivent être appliqués à tous les sous systèmes
Choisir ensuite la solution préférée, dont les éléments vont satisfaire le maximum d'exigence.

5. Révision du design préliminaire.

Utilisée surtout pour approuver la partie technique de la solution proposée en termes de risques techniques et la satisfaction de la ligne de base fonctionnelle. De plus, permet d'examiner l'identification des différentes interfaces des sous systèmes et la compatibilité de chaque CI.

ALLER VERS

DESIGN DETAILLE

Merci. Fin de l'exemple