



Les simulateurs

1. LES SIMULATEURS.....	2
1.1. LE BESOIN DE LA SIMULATION.....	2
1.2. LES AVANTAGES DE LA SIMULATION.....	2
1.3. EVOLUTION DE LA SIMULATION.....	2
1.4. LES PHÉNOMÈNES SIMULÉS.....	3
1.4.1. Les sons.....	3
1.4.2. Les efforts.....	3
1.4.3. La sensation de mouvement.....	3
1.4.4. Le visuel.....	3
1.5. LES APPLICATIONS DE LA SIMULATION.....	4
1.5.1. Les simulateurs d'aéronefs.....	4
1.5.2. Structure d'un simulateur d'aéronef.....	4
2. LA CERTIFICATION DES SIMULATEURS D'AERONEFS.....	5
2.1. CERTIFICATION DE BASE.....	5
2.2. CERTIFICATION PHASE I.....	5
2.3. CERTIFICATION PHASE II.....	5
1. ANNEXES.....	6

1. LES SIMULATEURS

La simulation a été utilisée dans les domaines les plus divers pour étudier des phénomènes ou des processus physiques, industriels, économiques, ou pour évaluer une stratégie ou une tactique dans le domaine militaire.

Le document qui suit se limite à la présentation de la simulation "didactique" dont l'objectif est de former et d'entraîner des personnels à l'utilisation d'un système complexe (aéronef) au sein d'un environnement imposé.

1.1. LE BESOIN DE LA SIMULATION

La complexité actuelle de certains systèmes, la diversité des situations dans lesquelles ils peuvent se trouver, leur coût très élevé, rend l'utilisation de matériels réels à des fins de formation, mal adaptée et extrêmement coûteuse.

En effet, en plus de l'aspect strictement économique, l'apprentissage réalisé sur des matériels et dans un environnement réels, ne permet pas de créer aisément et à la demande, certains comportements du système (pannes) ou certains états de l'environnement (tempêtes ou brouillard pour un navire ou un avion).

Dans le domaine militaire, où la formation au combat s'ajoute à l'entraînement à la conduite, il ne peut être question de gaspiller obus ou missiles, ou de sacrifier des cibles réelles. Ainsi a-t-on tenté de réaliser des simulateurs recréant, le plus fidèlement possible, un système et son milieu de manière à reproduire au maximum, l'entraînement sur matériels réels.

1.2. LES AVANTAGES DE LA SIMULATION

Les principaux avantages de la simulation sont les suivants :

- le coût d'un simulateur est inférieur à la mise en oeuvre du matériel, en particulier, lorsqu'on y intègre les coûts de l'exploitation : consommation d'énergie, mais aussi nécessité de contrôles aériens et de moyens de transmissions pour les avions civils...
- la disponibilité d'un simulateur est supérieure à celle du matériel lui-même, qui doit subir des contraintes liées à son exploitation (périodes de maintenance) ou à son environnement (encombrement des pistes ou de l'espace aérien, mauvaises conditions météorologiques dans le cas d'aéronefs).
- l'efficacité du simulateur est plus grande dans la mesure où il permet de recréer, à la demande, le comportement du matériel ou un état particulier de l'environnement.
- la sécurité du simulateur est absolue et toutes les situations peuvent être envisagées sans risque d'endommager le matériel.
- le rapport du coût entre l'heure de simulation et l'heure réelle atteignait en 1981,
 - 1/10, pour les avions civils gros porteurs,
 - 1/1000 pour les avions militaires avec simulation de combat

1.3. EVOLUTION DE LA SIMULATION

L'origine de la simulation est ancienne mais il a fallu attendre 1930 pour voir apparaître des entraîneurs pour, par exemple la navigation aérienne sans visibilité.

Cependant, les premiers véritables simulateurs ne virent le jour qu'en 1960. Depuis cette date, l'introduction de l'électronique et de l'informatique a accéléré l'évolution de la simulation dont les principales étapes ont été:

- 1961 Simulation transistorisée.
- 1965 Simulation utilisant un ordinateur numérique.
- 1981 : Simulation avec visuel de jour à génération synthétique d'image en temps réel.

1.4. LES PHÉNOMÈNES SIMULÉS

1.4.1. Les sons

Les sons constituent les phénomènes les plus faciles à simuler, et dès 1961, les simulateurs comprenaient une restitution sonore.

1.4.2. Les efforts

Par exemple, dans le domaine aéronautique, les commandes manipulées par le pilote doivent lui paraître plus ou moins résistantes en fonction des opérations effectuées.

1.4.3. La sensation de mouvement

Cette sensation est recréée, dans le cas d'accélération faibles, par les mouvements de la cabine dans laquelle se trouve l'élève, qui peut être montée sur vérins et possédée jusqu'à six degrés de liberté.

(Voir annexe : fig 3)

Cependant, pour un simulateur, le dispositif de mouvement a pour but de recréer la naissance des accélérations, afin de permettre au pilote d'élaborer la réaction correspondante ce qui signifie que le fait

essentiel est la simulation de la naissance des accélérations et que l'on peut admettre une limitation de ces valeurs, les accélérations à long terme étant simulées par des artifices.

Par exemple : dans le cas d'accélération plus forte, on utilise un siège déformable (gravisiege) dont certaines parties sont mises sous pression pour donner à l'élève la sensation d'être plaqué contre le siège.

1.4.4. Le visuel

Dès les premiers simulateurs, les constructeurs se sont efforcés de reproduire le plus fidèlement, possible le matériel: commandes, cadrans, voyants, ...

Le problème du visuel devient plus complexe lorsque le système simulé (avion, char) se déplace dans un environnement (piste, terrain) qui doit évoluer en fonction des actions du pilote.

Certains simulateurs comprennent une maquette du terrain, dont les dimensions peuvent dépasser une dizaine de mètres, et une caméra de télévision dont la position et l'orientation par rapport à la maquette varient en fonction du déplacement présumé du système. L'imagerie produite par la caméra est affichée en face de l'opérateur, sur un ou plusieurs écrans.

Cette méthode, toujours utilisée lorsqu'une grande précision de détails est indispensable, a été récemment remplacée, dans certaines applications par des systèmes dans lesquels l'environnement est défini en forme, couleur, éclairage, dans la mémoire de masse de l'ordinateur.

En fonction de la position et de l'orientation du matériel simulé, une image est synthétisée à partir des informations mises en mémoire et visualisée sur des écrans vidéo ou projetée.

Il convient d'insister sur la complexité du problème: en effet, il ne s'agit pas, comme pour la réalisation de dessins animés par ordinateur, de générer une image en quelques secondes voire plusieurs minutes. L'image synthétique doit être créée dans un temps inférieur à 1/25 seconde pour donner une impression de continuité à l'oeil humain.

Ainsi, si l'on prend comme référence un ordinateur réalisant la génération d'une image en quelques minutes, les systèmes utilisés pour les visualisations de nuit sont près de 50 fois plus rapides. Pour les visualisations de jour, les systèmes doivent être 10 000 fois plus puissants.

1.5. LES APPLICATIONS DE LA SIMULATION

1.5.1. Les simulateurs d'aéronefs

Il convient de distinguer les applications civiles des applications militaires.

Dans le domaine civil, un des aspects les plus importants est l'entraînement des pilotes aux décollages et atterrissages, en particulier la nuit, ce qui nécessite la visualisation de la piste et de la signalisation.

Les applications militaires comprennent deux aspects: la formation à la conduite de l'aéronef et l'entraînement au combat. Ces applications exigent des visualisations de jour qui ne sont pas limitées à une piste mais qui doivent prendre en compte une zone de terrain étendue, son relief, ses couleurs, ...

La formation au combat, compte tenu de la variété des situations et des actions qui peuvent se présenter au cours d'un combat, nécessite les simulateurs les plus complexes.

Le but de tels simulateurs est d'entraîner les équipes, d'une part au pilotage de l'avion, d'autre part aux différentes procédures d'utilisation.

Son intérêt est triple :

- la simulation permet des entraînements difficiles à reproduire dans la réalité, voire dangereux: arrêt moteur, blocage commandes de vol, ...
- l'efficacité est augmentée par les fonctions spécifiques suivantes:
 - Initialisation : positionnement dans une situation donnée.
 - Gel : arrêt de l'avion dans une position d'attente.
 - Play-back: reproduction de l'entraînement précédent du pilote.
- reproduction de conditions atmosphériques variées.

1.5.2. Structure d'un simulateur d'aéronef

- La cabine (Voir annexes : fig 1) reproduite à l'échelle 1, munie d'un visuel (générateur d'images de synthèse). Cette cabine est montée sur un système hydraulique à six vérins permettant la reproduction des accélérations et des vibrations.
- Un poste instructeur (Voir annexes : fig 2), pouvant être embarqué dans la cabine (pour les gros porteurs) ou au sol (avions militaires).
- Une interface composée de cartes électroniques (analogiques, numériques) permettant la mise en forme des signaux.
- Un (ou plusieurs) calculateur(s) comprenant les logiciels de simulations, ainsi que les bases de données nécessaires.

Les logiciels de simulations se divisent en trois catégories:

- Reproduction du fonctionnement des systèmes avion:
 - moteurs,
 - pilote automatique,
 - servitudes,
 - commandes de vol,
 - radio-navigation,
 - radio-communication,
 - vol.

- Reproduction de l'environnement de l'avion:
 - atmosphère,

- mouvement de la cabine (cet aspect de la simulation, nous intéressant ici plus particulièrement),
- sonorisation,
- balises.

-Gestion du poste instructeur.

Tous ces logiciels fonctionnent en temps réel (le temps de cycle de simulation étant de 33 ms ou 66 ms suivant les systèmes) et sont multiplexés.

2. LA CERTIFICATION DES SIMULATEURS D'AERONEFS

Plusieurs niveaux de certification sont proposés aux clients, la certification de base qui tient compte des possibilités essentielles du visuel et du rendu de l'environnement.

Celle-ci est généralement suivie des certifications PHASE I et PHASE II, ce qui permet aux clients d'avoir des pilotes opérationnels avec seulement dix heures de vol réel, après l'apprentissage sur le simulateur.

La PHASE III, appelée encore "qualification de ligne" donne au pilote un apprentissage complet et le rend opérationnel immédiatement.

2.1. CERTIFICATION DE BASE.

- tests fonctionnels du système visuel.

2.2. CERTIFICATION PHASE I.

Système mouvement :

- caractéristiques de piste,
- limites des enfoncements des atterrisseurs,
- touch down,
- freinage.
- système visuel:
- vérification des scénarios au niveau des aéroports,
- surfaces des taxiways et pistes,
- compatibilité avec l'aérodynamique,
- évolution à l'atterrissage.

2.3. CERTIFICATION PHASE II.

Système mouvement:

- représentations dynamiques des défauts sur les freins et les pneus,
- sons,
- moteurs,
- spoilers,
- volets,
- trains d'atterrissage,
- reverse,
- crash.

Système visuel:

- possibilité de crépuscule et de nuit,
- minimum de trois scènes d'aéroport,
- caractéristiques atmosphériques, sur un certain rayon et jusqu'à une certaine altitude.

Certification PHASE III.

système visuel:

- capacité du visuel à représenter des scènes plus spécifiques telles que:
 - neige sur la piste, pluie, orage, dans les limites définies en PHASE II.
- couleurs et directionnalité des éclairages de piste.
- radar météo en corrélation avec celui de l'avion

ANNEXES



Figure 1 : Mouvement cabine Six axes

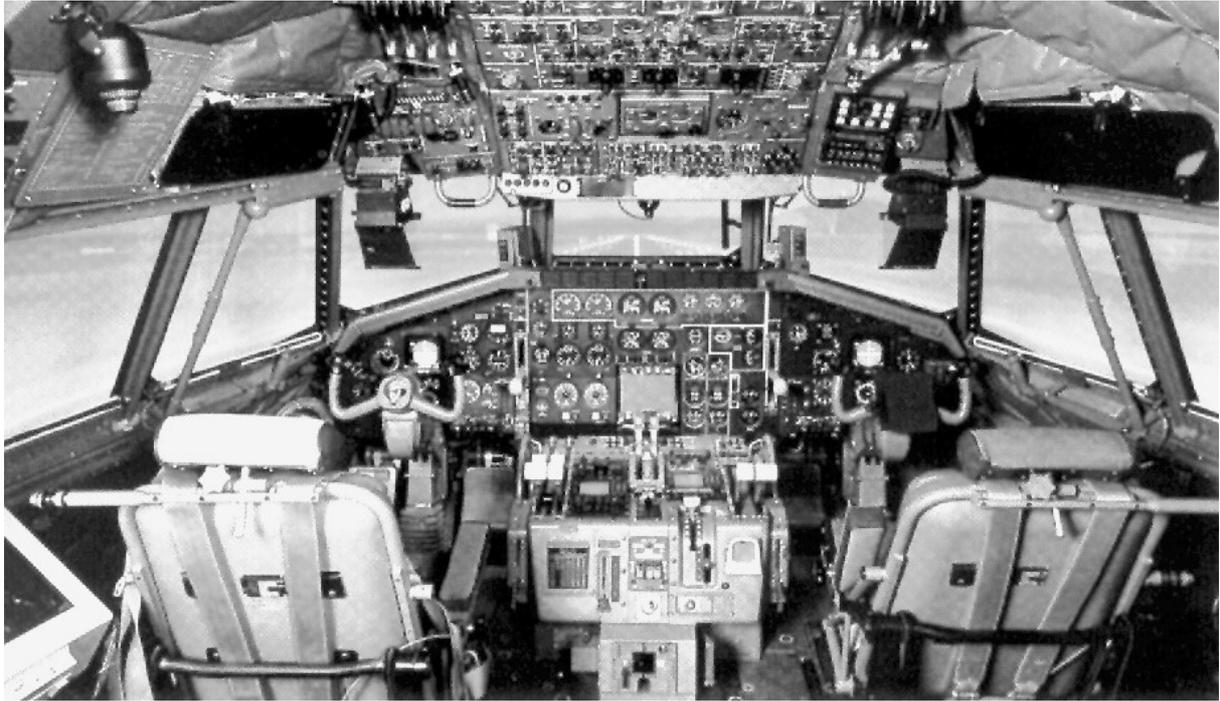


Figure 2 : Poste de simulation de pilotage

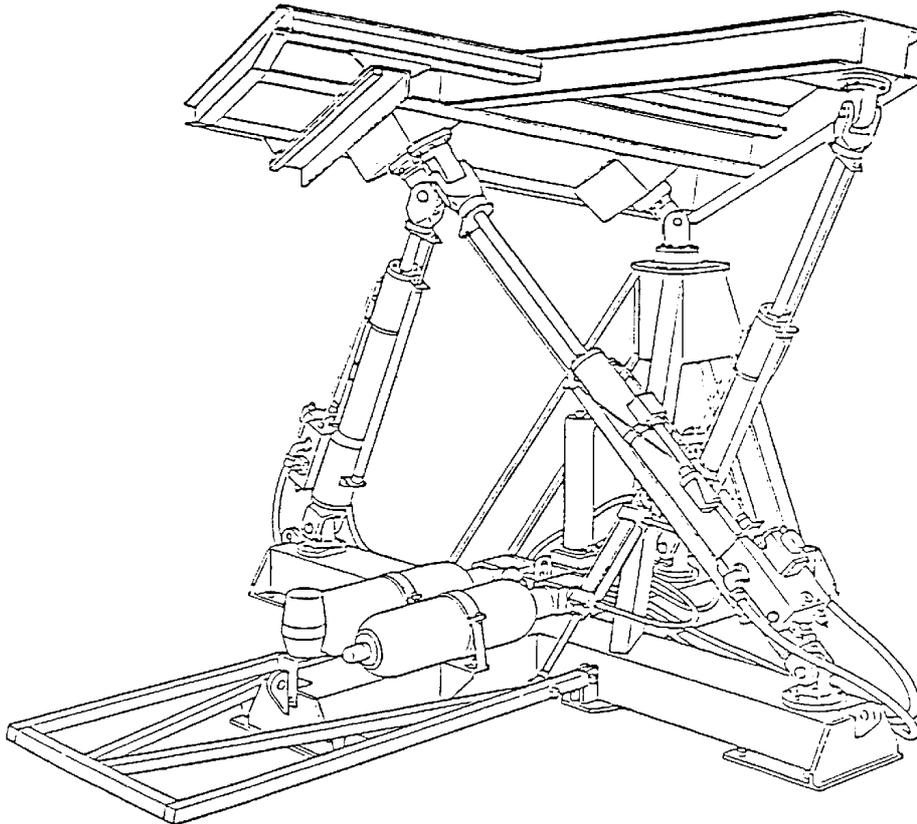


Figure 3 : Bâti de mouvement cabine 3 axes