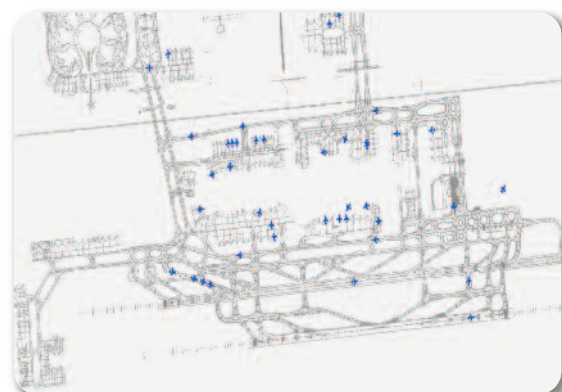


Capacité de l'aéroport et de son espace aérien

Évaluation de la capacité par simulation en temps accéléré

Note d'information technique

Les études de capacité aéroportuaire ont pour objet d'évaluer les performances d'un aéroport, notamment par la détermination du débit maximal de trafic qu'il est en mesure d'écouler dans des conditions satisfaisantes pour les exploitants. Elles peuvent également évaluer, y compris du point de vue environnemental, certains concepts innovants modifiant les règles d'exploitation. Ce débit est habituellement exprimé en nombre de mouvements d'avions ou de passagers par unité de temps. La capacité aéroportuaire constitue un élément d'aide à la décision dans le cadre de la planification de l'infrastructure et dans celui de la coordination des aéroports.



Qu'est-ce que la capacité aéroportuaire ?

La capacité aéroportuaire est celle du maillon le plus faible

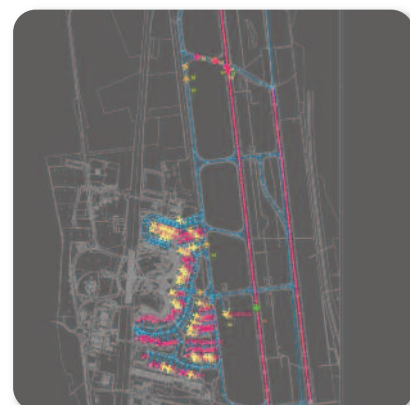
Capacité de l'aéroport dans son ensemble

La capacité de l'aéroport est celle du maillon le plus faible de la chaîne aéroportuaire. La capacité doit donc faire l'objet d'une analyse globale sur l'ensemble des maillons de cette chaîne, à savoir : l'espace aérien terminal, le système de piste(s), les voies de circulation, l'aire de stationnement des avions, l'aérogare (traitement des passagers) et même l'accès à l'aéroport (voies d'accès et parkings).

Capacité du système de piste(s)

Le système de piste(s) constitue en général l'élément limitant de la capacité aéroportuaire en raison de sa fonction particulière : permettre aux avions d'atterrir et de décoller en toute sécurité. Sa capacité tient compte de trois éléments principaux :

- ✓ la structure du trafic aérien ;
- ✓ la gestion du trafic par le service de la navigation aérienne ;
- ✓ les caractéristiques géométriques de l'infrastructure.



Les définitions de la capacité

La capacité technique

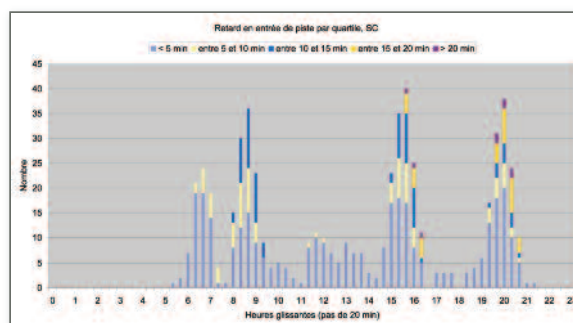
C'est le nombre de demandes pouvant être traitées dans une période de temps avec une infrastructure donnée, en respectant la réglementation et compte tenu de contraintes et d'exigences de ponctualité des vols.

Les demandes peuvent aussi bien correspondre à un nombre de mouvements sur une piste qu'au taux d'occupation de postes de stationnement ou encore à l'utilisation d'aires de dégivrage, etc.

La période de temps choisie peut aller de la minute à l'année selon le problème traité.

La détermination de la capacité technique dépend :

- ✓ d'une pointe de trafic donnée caractérisée par sa durée et sa structure (typologie des avions, mélange arrivé/départs);
- ✓ des pratiques d'utilisation du système de piste(s), qui dépendent de la qualité de son alimentation, des marges de sécurité;
- ✓ d'un niveau de qualité de service (retard moyen des vols) acceptable pour les exploitants.



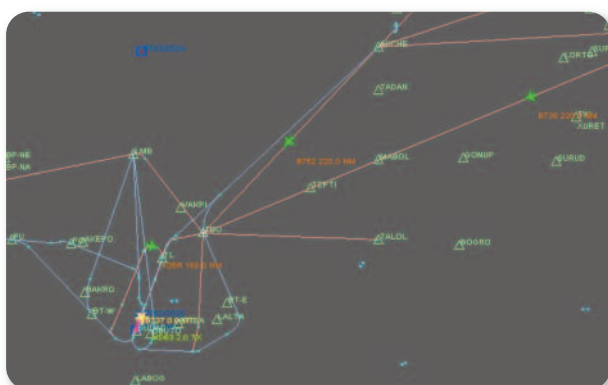
La capacité déclarée

Elle fixe le débit maximal de trafic qu'un aéroport est en mesure d'accepter, en prenant en compte l'ensemble des éléments de la chaîne aéroportuaire ainsi que de certaines contraintes extérieures (principalement la protection des riverains et les interférences avec le trafic d'un autre aéroport). Il s'agit d'une valeur représentant un objectif affiché par un aéroport. Elle est nécessairement inférieure ou égale à la capacité technique.

Les études que la division Capacité et Simulation du STAC réalisent portent sur l'aire de mouvement des avions (aires de trafic et de manœuvre) et sur l'espace aérien proche d'un aéroport (TMA).

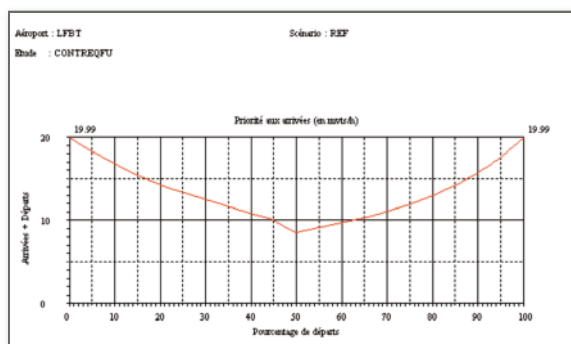
Pour réaliser ses études de capacité, le STAC utilise actuellement différents outils : un outil de calcul analytique développé en interne, MACAO (Modèle Analytique de Calcul aéroportuaire), et trois outils de simulation en temps accéléré : CAST (*Comprehensive Airport Simulation Technology*) logiciel conçu par une société allemande, Simmod PRO! logiciel originellement conçu par la FAA (*Federal Aviation Administration*) et OPAS (Outil de Planification ATM et Simulation), conçu par la Direction de la Technique et de l'Innovation (service technique de la Direction des Services de la Navigation Aérienne) et utilisé ponctuellement au STAC.

Fort de son expertise dans le domaine de la simulation aéroportuaire, le STAC participe activement aux groupes de réflexion européens sur l'amélioration et l'utilisation de ces logiciels.



Différences entre méthode analytique et méthode par simulation

La détermination de la capacité d'un aéroport peut se faire de deux manières radicalement différentes : de façon analytique en déduisant la capacité directement à partir des caractéristiques d'un aéroport et du trafic qu'il reçoit, ou de façon moins théorique en simulant l'écoulement du trafic sur un modèle numérique de l'infrastructure de l'aéroport étudié puis en mesurant les débits simulés.

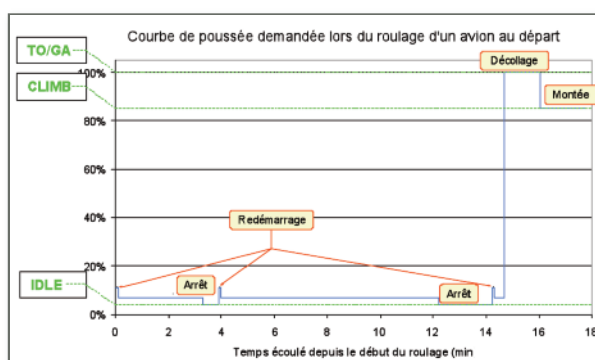


La méthode analytique nécessite de mettre en équation la capacité comme étant une fonction des paramètres que l'on souhaite faire varier. Il est donc nécessaire de connaître intégralement la relation qu'il existe entre les paramètres variables et la capacité. La simulation, au contraire, ne nécessite pas de pouvoir expliciter cette relation. Dès lors que les interactions des avions entre eux et avec l'infrastructure sont correctement modélisées, les simulations seront suffisamment réalistes pour qu'il soit possible de considérer que l'impact de la variation des paramètres étudiés dans la simulation sera comparable à ce même impact dans la réalité.

Possibilités offertes par le recours à la simulation

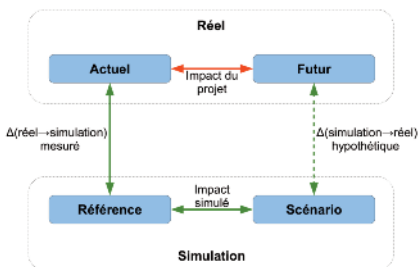
La simulation présente plusieurs avantages majeurs par rapport au calcul analytique :

- ✓ elle offre une meilleure souplesse d'utilisation, le niveau de détail et le nombre de maillons modélisés peuvent être variables.
- ✓ son niveau de détail est plus fin. En effet, alors que le calcul analytique se limite à une analyse macroscopique de la capacité, la simulation permet de s'intéresser aux conditions de circulation de façon microscopique.
- ✓ elle permet de modifier des paramètres tels que les sens d'atterrissage ou de circulation au sol durant la période étudiée, respectant ainsi la réalité de l'exploitation.
- ✓ la simulation permet de travailler sur la gestion du trafic. Il s'agit de mettre en évidence dans quelles mesures des modifications de procédures (règles de circulation, de dégivrage des avions, etc.) ou de « manière de faire » (gestion des traversées de pistes, du séquençement des avions au décollage, etc.) permettent d'optimiser l'écoulement du trafic.
- ✓ la simulation de l'écoulement d'un trafic peut être utilisée pour évaluer non seulement la capacité mais également les aspects socio-économiques et environnementaux associés. Le STAC a développé une méthode et un outil permettant, à partir de simulations de trafic aéroportuaire, d'évaluer les quantités de carburant consommées ainsi que les émissions polluantes générées par les avions au roulage. Ce modèle s'appuie sur les données de simulation afin de reconstituer les courbes de poussée des avions simulés et d'en déduire les consommations et émissions de leurs moteurs d'après les données de certification des moteurs que publie l'OACI.



Principe d'une étude de capacité par simulation

Principes de modélisation



On ne peut pas comparer une situation réellement observée à une situation future simulée. La première étape consiste à comparer la situation réellement observée à son équivalent simulé, permettant à la fois de valider le modèle et de quantifier le biais entre la réalité et la simulation. Il est alors pertinent de comparer la situation réelle simulée à la situation future simulée.

La difficulté réside dans l'estimation de la différence entre le futur simulé et futur tel qu'il serait observé en cas de réalisation.

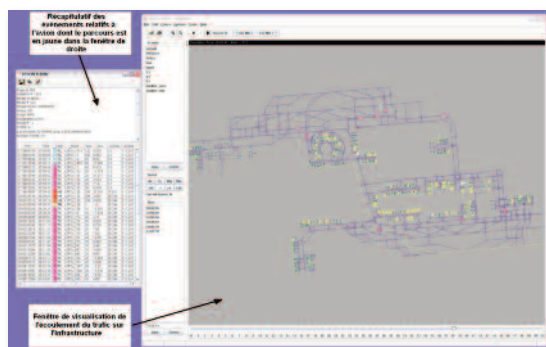
Cela permet alors d'évaluer l'impact réel (la flèche rouge de l'illustration ci-contre) à l'aide de simulations (les trois flèches vertes).

Simulation avec Simmod PRO!

Simmod PRO! (SIMulation MODEL) est un simulateur de trafic aéroportuaire en temps accéléré qui fonctionne en prenant en compte des événements discrets. Cela signifie en pratique qu'une infrastructure est modélisée dans Simmod PRO! en tant que graphe constitué de nœuds et de liens et que seuls les horaires de passage des avions aux nœuds sont calculés, en fonction des caractéristiques des liens.

En faisant l'économie de la simulation des avions en tout point des liens, la simulation par événements discrets présente l'avantage de ne nécessiter que de faibles temps de calcul.

Simmod PRO! permet donc d'obtenir l'historique des horaires de passage de chaque avion simulé à chaque nœud de l'infrastructure qu'il a parcouru et par la suite de déduire de ces données un vaste éventail de statistiques concernant l'écoulement du trafic telles que les durées et distances de parcours, les nombres d'arrêts, les taux de fréquentation d'une portion spécifique de l'infrastructure, les débits des pistes, etc.



Principales études effectuées récemment par le STAC

- * Lyon-Saint Exupéry
 - capacité horizon éloigné
 - bretelles de sortie rapide
 - capacité TMA
- * Marseille-Provence
 - expertise sur appel d'offres
- * Nantes/Notre-Dame-des-landes
 - capacité horizon éloigné
 - changement de sens de circulation au sol
 - croisements de nuit en TMA
 - impacts liés aux turbulences de sillage
 - roulage par moyens alternatifs
- * Paris-Charles de Gaulle
 - capacité sol et TMA
- * Tarbes-Lourdes-Pyrénées



service technique de l'Aviation civile
31, avenue du Maréchal Leclerc
94381 BONNEUIL-SUR-MARNE CEDEX
Tél. 33 (0) 1 49 56 80 00
Fax 33 (0) 1 49 56 82 19

Site de Toulouse
9, avenue du Docteur Maurice Grynfolgel - BP 53735
31037 TOULOUSE CEDEX
Tél. 33 (0) 1 49 56 83 00
Fax 33 (0) 1 49 56 83 02

Centre de test de Biscarrosse
Centre d'essais de lancement de missiles - BP 38
40602 BISCARROSSE CEDEX
Tél. 33 (0) 5 58 83 01 73
Fax 33 (0) 5 58 78 02 02