

OUVERTURE DU SEMINAIRE

« Quelles capacités disponibles pour un développement durable du transport aérien » : les enjeux économiques, environnementaux et politiques

Patrick GANDIL, Directeur Général de l'Aviation Civile, DGAC/MEEDAAT

« L'aviation commerciale connaît, depuis quatre ans, un développement important, supérieur à celui du reste de l'économie, et les experts s'accordent à penser que la croissance du secteur restera soutenue pendant les vingt prochaines années avec un taux estimé de 4% à 5% par an. La mondialisation et la construction Européenne, en accélérant les échanges contribuent à cette croissance. Mais celle-ci est également stimulée par l'aspiration des Européens à voyager qui correspond de façon générale à l'extension de la demande de produits culturels. Malgré ce contexte favorable aux acteurs du transport aérien, ceux-ci demeurent inquiets face à l'instabilité politique de certaines régions, aux risques sanitaires (la grippe aviaire, le SRAS) et aux risques liés à l'évolution économique mondiale.

Des tensions sont perceptibles dans le fonctionnement quotidien.

Des capacités insuffisantes et la congestion des zones aéroportuaires qui en résulte aux heures de pointe en est une ; les contraintes environnementales exprimées par des citoyens de plus en plus sensibles à ces problèmes en sont d'autres.

Au niveau européen, la Commission estime que la congestion est croissante et que de nombreux vols ne pourront se réaliser. A partir de ce constat, il est légitime de s'interroger sur les capacités du système à satisfaire, à l'avenir, une demande en forte augmentation.

L'inquiétude naît également des enjeux financiers au sein du secteur. Qu'advierait-il si le secteur était freiné dans sa croissance, voire stoppé, plus ou moins brutalement ? Comment investir dans une activité si l'on pressent que son avenir est hypothéqué ? Le séminaire devra apporter une réponse à ces questions.

Les acteurs du transport aérien s'interrogent non seulement sur les capacités physiques et techniques du système, mais aussi sur la prise en compte de la dimension environnementale du transport aérien dans tous ses aspects, dans le cadre d'un développement durable.

L'environnement est, aujourd'hui, au centre des préoccupations de tous, notamment dans le contexte de l'évolution des politiques publiques nationales, européennes, ou mondiales. Ces débats se généralisent au niveau de la planète et la conférence de Bali qui a lieu actuellement aborde des sujets qui concernent directement le transport aérien.

Il y a une quinzaine d'années, les problèmes d'environnement étaient limités à des débats d'experts et n'apparaissaient pas au niveau professionnel. Tous les acteurs de la chaîne du transport sont maintenant concernés, sans exception, par cette problématique de l'environnement. Les compagnies aériennes, les aéroports, les passagers, les opérateurs de navigation aérienne, les riverains, les constructeurs, les collectivités, et l'ensemble de la société civile.

Face à ce sujet, il convient de savoir quelle réponse l'aviation civile peut apporter.

En premier lieu, une dynamique a été introduite, en France, par le Grenelle de l'environnement. Parmi les orientations énoncées, la première est de privilégier un usage plus rationnel de la capacité, avant d'envisager un accroissement de celle-ci par de nouvelles infrastructures. Ceci est d'ailleurs vrai pour la totalité des modes de transport.

De ce point de vue, l'aérien est dans une situation un peu particulière, puisque la seule nouvelle infrastructure en projet, en métropole et pour longtemps, est la construction de l'aéroport de Notre-

Dame-des-Landes. Ce n'est pas un manque de capacité sur Nantes-Atlantique qui conduit à réaliser cette opération, mais des raisons environnementales et, notamment, l'importance des survols intensifs et à très basse altitude au centre même de la ville.

Sur le long terme, l'enjeu essentiel du transport aérien est la cohérence entre investissements en infrastructures et en avions. Ce mode de transport est, de ce point de vue, différent des autres modes puisque le coût des infrastructures y est faible par rapport au coût du moyen de transport, l'avion. Il ne faut donc pas aboutir à une situation économique où la capacité en termes de flottes d'avion serait très supérieure à la capacité des infrastructures au sol. Cela signifierait que l'investissement très important, financé en fin de compte par les usagers, deviendrait inopérant du fait d'un manque de capacité des infrastructures au niveau national ou même international. Ce qui est raisonnable, c'est d'aboutir à une capacité au sol qui soit légèrement excédentaire, par rapport à cet investissement de la flotte mondiale. L'Etat, notre Ministère, et plus précisément la DGAC ont une mission particulièrement importante dans la réalisation de ces objectifs.

Le rôle de l'Etat a considérablement évolué ces dernières années.

L'Etat s'est fortement désengagé de l'univers des compagnies aériennes et de celui des aéroports, pour se recentrer sur son rôle régalien et de régulateur. L'Etat s'est également désengagé dans le transport routier puisque les sociétés d'autoroutes sont devenues privées.

Dans le transport aérien, la DGAC est passé d'un rôle de tutelle (administration directe ou indirecte) à un rôle de régulation de l'ensemble du secteur. Avec la forte sensibilisation des citoyens aux problèmes environnementaux, la DGAC est devenue, dans le domaine aérien, le conciliateur entre le développement économique, la préservation de l'environnement et les attentes de la société. Il s'agit là du triptyque du développement durable où l'Etat agit comme régulateur et préserve l'équilibre de l'ensemble.

Le second rôle de la DGAC est de préparer l'avenir, par le développement de la recherche, avec les projets stratégiques que sont SESAR pour le domaine de la navigation aérienne et Cleansky, une initiative européenne qui devrait contribuer à une aviation plus respectueuse de l'environnement. Ce projet a l'ambition d'agir sur les différents facteurs qui constituent l'essentiel des nuisances du transport aérien. Il est question dans le projet Cleansky de gagner un facteur 2 sur les émissions de CO₂, mais aussi de gagner 80% sur les NOX et enfin de diminuer le bruit.

Dans ce contexte totalement remanié, la collaboration, le partage des connaissances et des problématiques, la pédagogie, la concertation sont les outils de plus en plus privilégiés, de résolution des problèmes.

Les objectifs affichés de l'Etat en matière de la lutte contre le bruit et contre les émissions gazeuses existent déjà dans les réglementations, qui pour certaines se transformeront petit à petit et deviendront de plus en plus contraignantes, non pas pour aboutir à une situation où l'évolution du secteur serait bridée, mais pour conduire le secteur à des évolutions compatibles avec les enjeux environnementaux, et pour orienter la recherche vers une technologies des avions et de la navigation aérienne qui respecte l'ensemble de ces objectifs.

En résumé, il faudrait arriver à un système qui privilégie de façon très efficace la lutte contre le bruit à proximité des aéroports, à très basse altitude et qui diminue significativement les consommations à plus haute altitude. Ces exigences conduisent à imaginer l'architecture et les contraintes qui seront à l'origine des prochaines générations d'avions.

Ce séminaire, le troisième organisé par la Direction des Affaires Stratégiques et Techniques, rassemble aujourd'hui une grande diversité de participants, représentant l'ensemble des experts, des gestionnaires d'infrastructures, des représentants d'administrations, des compagnies aériennes, des associations de riverains.

Autour de trois sessions successives, nous avons pour objectif d'évaluer ensemble les capacités disponibles pour un développement durable du transport aérien, d'identifier les marges de manœuvre possibles de chacun des acteurs, et enfin, d'estimer quels pourraient être les impacts d'un manque de capacité. Une table ronde finale rassemblera les acteurs issus de tous ces horizons et permettra, à partir

d'un partage d'expériences, de nous aider à identifier des pistes possibles de réflexions, d'actions, de travaux ultérieurs de recherche, voire d'approfondissement ultérieur sous forme de colloques.

La capacité est un sujet stratégique pour le Ministère de l'Ecologie et pour la DGAC. Elle doit faire l'objet de toute notre attention, car elle recouvre des enjeux sociétaux, financiers, particulièrement forts, tant pour les opérateurs que pour les usagers et les riverains, et le tout, dans une logique de développement durable ».

I - COMMENT DEFINIR ET PRENDRE EN COMPTE LA NOTION DE « CAPACITE » ?

1.1 Définition et mesure de la capacité

1.1.1 Définir la capacité

Philippe AYOUN, Sous-Directeur de la Prospective, du Développement et de l'Environnement, DIRECTION DES Affaires Stratégiques, DGAC

« Avant tout débat sur la **problématique de la capacité**, il convient de rappeler **quelques déclarations** faites sur le sujet.

La Commission européenne a exprimé son inquiétude sur la capacité aéroportuaire de l'Union. D'ores et déjà, en 2007, 70% des 50 principaux aéroports d'Europe ne sont pas loin de leurs limites de capacité. A l'horizon 2025, celle-ci estime qu'une quantité importante de la demande (17%) ne serait pas satisfaite en l'absence d'investissements importants de capacité.

Aux Etats-Unis, de nombreux rapports ont été faits sur les capacités du système de contrôle aérien. Le rapport du General Accounting Office (GAO), la Commission d'évaluation du congrès, sur la FAA et la navigation aérienne, montre qu'un grand nombre de vols connaissent des retards importants (un sur quatre).

Enfin, les premiers travaux du projet SESAR annoncent que des progrès substantiels sont possibles pour améliorer la capacité.

● **Le secteur aérien n'est pas le seul à être confronté à cette problématique de capacité** : l'ensemble des gestionnaires d'infrastructures se posent finalement les mêmes questions, qu'il s'agisse de Gaz de France ou des responsables des routes ou du rail, et une des interrogations partagées de ces secteurs, est la définition de cette **notion de capacité**. Par exemple, la capacité annuelle ne correspond pas à la capacité horaire ; de même la capacité maximum et la capacité pratique sont deux notions totalement différentes.

Dans le cas de la route, la capacité en un point d'une route est le nombre maximal de véhicules pouvant être écoulés, en ce point, pendant un intervalle de temps de référence (l'heure). **La capacité sur un itinéraire** est une notion différente définie par la citation de Simon Cohen (INRETS) : « La capacité sur un itinéraire est le minimum des capacités en chacun de ses points ». Dans sa définition concernant le **gaz**, GDF parle de la charge maximale admissible par un moyen de production en tenant compte de la stabilité des paramètres d'exploitation et de la pression du gaz. Dans le cas des **transports ferroviaires**, la capacité est le nombre maximum de trains qu'il est possible de faire circuler pendant une période de temps, compte tenu des contraintes de la voie. Cette définition est complétée par les notions de robustesse, qui est la capacité de résister à des aléas, et d'ordonnancement qui intervient sur les résultats selon la façon dont vont se présenter les trains. Des notions identiques interviennent dans le transport aérien.

De façon générale, des notions identiques s'appliquent à chaque « système » qui fait intervenir l'idée de capacité : intervalle de temps pris en compte, capacité réalisable compte tenu des aléas « normaux », capacité des éléments et capacité d'un ensemble.

- **La limitation d'une capacité a un impact sur l'évolution du trafic** en termes de passagers et de mouvements pour le transport aérien. Ainsi, à Orly, fin 1994, un arrêté a défini un maximum de 250 000 créneaux par an. En l'absence de limitation, le nombre de passagers, comme celui des mouvements, aurait probablement crû régulièrement. Cependant la limite introduite entraîne une stagnation du nombre de mouvements, alors que celui des passagers continue à croître légèrement en raison de la croissance de l'emport, mais moins rapidement qu'en l'absence de limitation.

- **La capacité d'un aéroport renvoie à des notions complexes de capacité horaire ou de capacité annuelle** et pour passer de l'une à l'autre, il faut entrer dans des analyses assez fines de la succession des heures creuses et des heures de pointe. Tel est le cas de la notion de capacité horaire technique maximum, qui ne peut être atteinte que quelques minutes, et en pratique, pendant une petite partie de l'heure de pointe. La capacité technique sur une heure est un petit peu moins élevée et la capacité globale moins forte encore. Enfin il existe un certain nombre de formules empiriques pour passer de la capacité journalière à la capacité annuelle qui dépendent de la distribution du trafic.

- **Des enjeux considérables se cachent derrière ces définitions théoriques ou pratiques de la capacité.** Ils sont de nature économique et concernent les rendements décroissants à l'approche de la saturation, la tarification optimale et le financement du mode de transport, mais ils sont aussi opérationnels lorsqu'ils mettent en œuvre des stratégies dans l'attribution de créneaux ou lorsqu'il faut faire face à des situations inhabituelles.

On définit à l'avance une certaine situation, et puis en opérationnel, on la gère. Il faut bien comprendre finalement comment s'analysent les écarts entre le prévu et l'opérationnel. C'est tout l'enjeu de la gestion des situations perturbées. Les enjeux stratégiques sont la recherche et les investissements. Enfin, les enjeux contractuels et juridiques existent puisque il y a des engagements derrière l'offre de capacités, entre le gestionnaire de l'infrastructure au sens large, qu'il s'agisse d'aéroports ou de navigation aérienne, et ceux qui les utilisent, en l'occurrence les opérateurs.

- Au-delà de la capacité technique, il y a la **capacité « environnementale »**. Cette nouvelle notion est légitime puisque il existe des seuils d'acceptabilité environnementale dans le développement de tout moyen de transport. Le dispositif mis en place depuis 2002 sur l'aéroport de Roissy en est un exemple, avec le plafonnement du volume sonore, exprimé par l'IGMP (Indice Global Mesuré Pondéré). Un autre exemple concerne l'aéroport de Nantes qui va être déplacé de Nantes Atlantique vers Notre-Dames-des-Landes. Le trafic de 3 millions de passagers, qui aurait été atteint vers 2012, constitue le seuil de tolérance environnementale à ne pas trop dépasser pour des considérations de bruit et de développement urbain. Enfin, Orly est un exemple de capacité environnementale limitée, qu'il s'agisse du couvre-feu nocturne ou du plafond en nombre de créneaux ; les quotas « counts » de Londres en sont un autre.

Les limites environnementales ne concernent pas que le bruit et le développement urbain mais aussi la pollution atmosphérique. Toutes ces nuisances sont au centre du débat sur le projet de la troisième piste de l'aéroport de Londres Heathrow. Les problèmes environnementaux interviennent d'une façon encore plus générale lorsqu'il s'agit du réchauffement climatique et de la problématique du « peak oil » puisque ces deux facteurs pourraient conduire à une limitation du transport aérien qui dépend, via le kérosène, exclusivement du pétrole.

- Enfin, **la capacité pose aussi des problèmes de compromis**. La définition de la capacité peut être différente selon les objectifs de qualité de service que l'on se fixe en termes de régularité des vols ou de retard. Inversement il ne peut y avoir en aucun cas de **compromis entre capacité et sécurité**. »

Définir et évaluer la capacité aéroportuaire



P.Ayoun O.Catelo - Séminaire de la DAST du 13 décembre 2007



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Définir la capacité



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Quelques déclarations sur la capacité aérienne...

- « 70% des 50 principaux aéroports ont atteint ou vont atteindre leur limite de capacité au sol ... En 2025, 17% de la demande et 3,7 millions de vols ne seront pas assurés du fait des contraintes de capacités au sol » (*commission UE « airport capacity, efficiency and safety in Europe*)
- « The NAS is facing significant capacity problems; last year, more than 1 out of every flights nationwide was canceled, delayed or diverted » (*rapport GAO sur la FAA*)
- « To accomodate a 3-fold increase in capacity, the ATM Target considers promising further developments » (*EUROCONTROL-SESAR*)



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Quelques définitions de la capacité

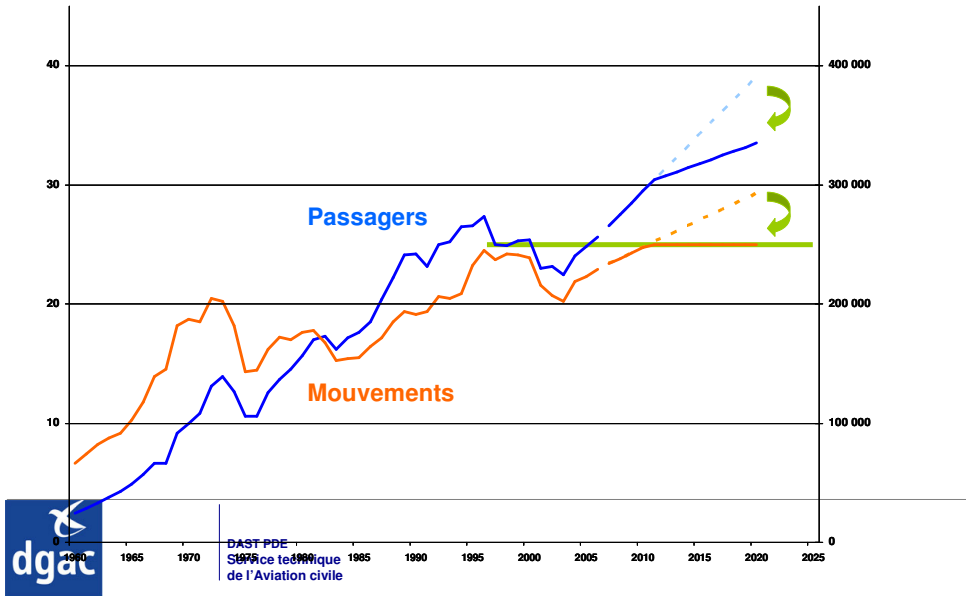
- **Capacité de transport (GDF):** Charge maximale admissible en permanence d'un moyen d'exploitation en tenant compte de la stabilité de ses paramètres de fonctionnement et de la chute de pression (GDF)
- **La capacité en un point d'une route** est (...) le nombre maximal de véhicules pouvant être écoulés en ce point, pendant un intervalle de temps de référence correspondant en général à l'heure et selon les caractéristiques d'infrastructure et de trafic existantes...**La capacité d'un itinéraire routier, sans entrée ni sortie, est le minimum des capacités ponctuelles le long de l'itinéraire.** (S.Cohen, INRETS)
- La définition intuitive de la **capacité ferroviaire** est le nombre maximum de trains qu'il est possible de faire circuler pendant une période de temps, compte tenu des contraintes de la voie. Une telle définition n'est ni opérationnelle ni opératoire, et conduit à surestimer la capacité pour deux raisons principales: **la robustesse et l'ordonnancement** (P.Ayouin in « STI gestion de l'infrastructure »)

Derrière de telles définitions: on retrouve quelques notions essentielles: intervalle de temps pris en compte, capacité maximale ou réalisable compte tenu des aléas « normaux », capacité des éléments ou d'un ensemble.

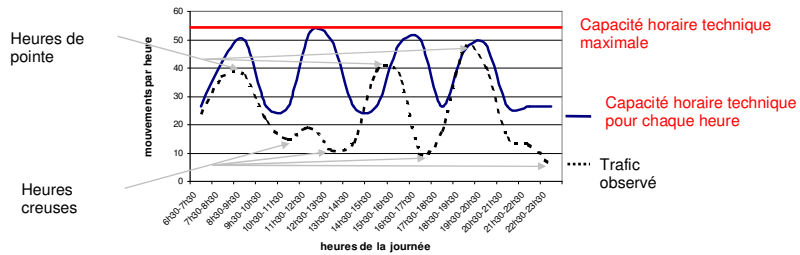


DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Impact d'une limite de capacité



De la capacité horaire à la capacité annuelle



- Nombre d'heures de pointe sur la journée,
- Rapport heures de pointe/heures creuses,
- Nombre de jours de pointe sur la semaine,
- Rapport jours de pointe/jours creux,
- Nombre de semaines de pointe dans l'année,
- Rapport semaines de pointe/semaines creuses

• Formule de la 40ème heure ou son principe à une autre heure

Les enjeux des définitions de la capacité

- Enjeux opérationnels: planifier et mettre en œuvre des stratégies pour faire face aux situations inhabituelles ou perturbées
- Enjeux économiques: rendements décroissants à l'approche de la saturation, tarification optimale, financement..
- Enjeux stratégiques: investissements, recherche
- Enjeux contractuels et juridiques: engagements mutuels, documents de référence, régime de performance...

dgac

DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Traduction de ces enjeux sur les définitions: exemples

- La capacité technique/opérationnelle représente le trafic qui peut être écoulé pendant l'unité de temps considérée
- En revanche, la capacité déclarée, qui peut conduire à une capacité de programmation renvoie implicitement à une notion d'engagement: celui d'accorder sous certaines conditions le créneau horaire
- Capacité horaire/journalière/ annuelle: comment passer de l'une à l'autre
- La capacité dépend de la structure de la demande: dans le ferroviaire, ce qui est structurant est le différentiel de vitesse, les arrêts, les capacités de freinage. D'autres paramètres sont à prendre en compte dans l'aérien (cf. exposé M. Cateloy)

dgac

DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Peut-on parler de capacité environnementale? (1)

- Il existe un (ou des seuils) d'acceptabilité environnementale: c'est l'analogue d'une notion de capacité.
- Exemples :
 - plafond de volume sonore à CDG (IGMP)
 - limite « environnementale » de 3 M de passagers à Nantes - Atlantique (combinaison de considérations sur le bruit et le développement urbain)
 - plafond de mouvement et couvre-feu nocturne à Orly
 - « quota counts » de bruit à Londres...



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Peut-on parler de capacité environnementale? (2)

- La problématique de la pollution locale tend à prendre la même importance que celle du bruit: elle peut se traduire en enjeu de capacité (cf. projet de 3^{ème} piste d'Heathrow).
- Le réchauffement climatique et la problématique du « peak oil » conduisent à des considérations sur les limites du transport aérien dans son ensemble, du moins tant qu'il dépend exclusivement du pétrole.



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Compromis capacité/ qualité de service

- Dans une mesure compatible avec la sécurité, on peut augmenter la capacité en acceptant de résorber moins bien les aléas: impact sur la régularité et les retards;
- Éviter les retards trop importants : aéroport coordonné...
- Avec une mise en place des créneaux par COHOR
- Par ailleurs des compromis existent entre la capacité et les considérations environnementales

- Exemples de gestion de ce problème : cf. présentation de M.McLaren

Ces compromis invitent les acteurs à une bonne analyse économique et à une réelle concertation pour se mettre d'accord sur les définitions et les objectifs de capacité.



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Évaluer la capacité



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

1.1.2 Evaluer la capacité

Olivier CATELOY, Responsable du groupe capacité, Service Technique de l'Aviation Civile, DGAC

« La gestion du trafic aérien, repose sur des contraintes, des pré-requis et plus généralement sur **quatre séries d'objectifs** quantifiables. Ces objectifs concernent la sécurité (turbulences de sillage entre avions, mesures de sûreté, sécurité incendie), la régularité des vols (minimiser les retards, qualité de service) mais aussi le respect de l'environnement (maîtrise des impacts sonores et des émissions polluantes) et enfin, l'efficacité technique et économique.

Le champ d'application de la présentation porte sur les « **maillons** » utilisés dans le cas du transport aérien traitant des principaux flux d'avions, passagers, bagages, frets, accompagnants, personnels, et véhicules. Les maillons concernés vont de l'aéroport jusqu'à l'en route. La présentation portera essentiellement sur l'aire de manœuvre terminale (TMA), l'aire de mouvements des avions et l'aérogare. Les principes de simulation et les paramètres techniques associés peuvent être facilement transposés aux autres maillons : l'accès à l'aéroport et l'en route, ce dernier maillon étant connu depuis longtemps.

- **La modélisation** est l'utilisation d'un outil paramétrable qui permet, dans le cas des aéroports, d'évaluer leur capacité. Il existe une relation entre la précision de la simulation, le nombre de paramètres pris en compte et les ressources humaines et financières nécessaires. Plus un outil de simulation est précis, plus le nombre de paramètres utilisés est important ainsi que les ressources humaines et financières qui lui sont affectées. Le modèle d'évaluation de capacités aéroportuaires comporte trois niveaux.

Le plus simple utilise deux à trois paramètres, le nombre de pistes par exemple, et l'évaluation est instantanée, mais très peu précise.

Le second niveau comporte notamment les outils algorithmiques qui sont plus précis. Le nombre de paramètres pris en compte va de 10 à 30 et l'évaluation peut prendre quelques minutes à plusieurs heures. Dans ce cas-là, on peut tester un certain nombre de scénarios.

Enfin il est possible de faire des simulations avec un très grand nombre de paramètres. A ce niveau, la mise en œuvre des modèles prend plusieurs jours à plusieurs semaines et nécessite des ressources élevées.

Les simulations de capacité (flux et retards) peuvent se faire en temps accéléré ou en temps réel. Il s'agit surtout, dans notre cas, de temps accéléré. Les paramètres sont pris en compte sous la forme de moyennes, peu précises, ou sous la forme de statistiques. Dans ce dernier cas, quelques milliers de mesures sont nécessaires et permettent un paramétrage beaucoup plus précis de la simulation. Tous les graphes présentés dans les transparents sont décrits dans le manuel de détermination de la capacité d'un aéroport du STAC (téléchargeable sur le site du STAC).

- Les paramètres techniques sont les paramètres qui sont mesurables et qui permettent d'évaluer le niveau de capacité. Il en existe trois types : **l'infrastructure, les procédures et le trafic**.

Pour le sol, **l'infrastructure** est par exemple le nombre de pistes. Pour la TMA, qui est l'aire de manœuvre terminale, cela concerne notamment le nombre de routes d'approche. On définit les paramètres de ces infrastructures suivant trois critères : le nombre d'éléments d'infrastructure, la

configuration et la distribution spatiale et enfin la nature ou la vocation de l'infrastructure (piste à l'arrivée ou au départ, une zone d'embarquement pour une aérogare).

Les procédures sont les règles d'exploitation du trafic qui tiennent compte des performances du mode de transport et de l'infrastructure (procédures aériennes, turbulences de sillage, espacement radar). Les procédures concernent également les temps d'occupation des systèmes, les caractéristiques du trafic et des caractéristiques des infrastructures.

Le trafic regroupe les éléments utilisant les infrastructures de l'aéroport (avions, passagers, bagages, accompagnant, personnel, fret) et leurs caractéristiques qui sont pris en compte pour évaluer la capacité (vitesse, masse, origine/destination, Schengen / Non Schengen...)

Ces trois groupes de paramètres (infrastructures, procédures, trafics) interagissent entre eux et dépendent de **paramètres plus généraux**, d'ordres politique, stratégique, humain et environnemental, qui évoluent dans le temps :

- La météo : avec notamment la diminution des minima en fonction des conditions météorologiques, l'état glissant de la piste, etc. ;
- Les facteurs humains : pour un pilote donné, c'est par exemple la connaissance de la plateforme avec ses temps de réaction aux clairances, etc. ;
- Le contexte géographique local : présence ou non de relief, ce qui a un impacte sur les procédures, etc. ;
- La nature de l'offre de transport des compagnies aériennes. Ces compagnies peuvent choisir de desservir un marché, de s'organiser en hub, et cela a un impact sur la structuration du trafic, etc. ;
- La stratégie de l'aéroport : la volonté d'attirer une compagnie low cost par exemple, peut changer la structure du trafic, voire même l'infrastructure de l'aéroport, etc. ;
- >L'environnement : afin de minimiser l'impact sonore, on peut changer les procédures et les types de trafic. La réduction des émissions polluantes peut avoir les mêmes conséquences, etc.

Les principaux paramètres techniques de la **TMA et des pistes** sont fortement liés. Par exemple le nombre de routes d'arrivée dépend du nombre de pistes. Ou encore l'espacement entre avions peut être minimal à condition d'avoir les bretelles de sorties de piste qui fluidifient assez le flux des avions qui viennent d'atterrir.

Pour l'infrastructure (TMA et pistes), on peut citer parmi les paramètres : le nombre d'IAF, le nombre de points d'entrée dans la TMA, le nombre et la répartition des routes d'arrivée ou de départ, les équipements de radionavigation et le nombre de pistes, leur configuration (doublets de pistes sécantes, doublets parallèles) et l'alimentation au sol des pistes, qui fluidifie l'arrivée des avions et améliore les cadences de départs.

La TMA est la zone aérienne qui fait converger les avions à l'arrivée vers la piste et qui permet de faire décoller les avions au départ et de les livrer aux centres de contrôle en route. En anglais : Terminal manoeuvring area.

Pour les procédures (TMA et pistes), les paramètres techniques sont les procédures qui induisent un espacement temporel ou spatial (surtout temporel) entre les avions (turbulences de sillage, espacement radar, verrous, séparation lors de la livraison des avions aux centres en route...). D'autres procédures techniques et mesurables sont à prendre en compte (procédures de remise de gaz, décalage des seuils...).

Le trafic : les avions sont classés en catégories (lourds, moyens, légers) et sont espacés entre eux, réglementairement, pour des raisons de sécurité. Entre un gros porteur suivi d'un petit avion de moins de 7 tonnes, il faut six miles nautiques (12 km). Inversement entre un petit avion et un gros, il faut trois

miles nautiques. Le paramètre technique « trafic » correspond au mélange de catégories d'avions, mais aussi au mélange des arrivées et des départs.

Enfin, il y a mélange également dans la répartition des provenances et des destinations. Cette mixité dépend du programme des vols et peut, par exemple, engorger ou non certaines parties de la TMA.

- La « **capacité opérationnelle** » d'un aéroport est un graphique théorique, d'un aéroport théorique. Les histogrammes, représentent les arrivées et les départs de cet aéroport, par heure glissante, donc à chaque moment de la journée. Une courbe rouge représente la valeur de la capacité mesurée. On se rend compte que les capacités varient, à chaque instant, justement à cause de la mixité du trafic, en gros porteurs, en moyens porteurs et avions légers, mais aussi en arrivées/départs.

Concernant la notion de capacité : ce qui est représenté, c'est la capacité opérationnelle, technique, celle qui a lieu en temps réel avec une capacité maximale, en fonction d'une configuration de trafic favorable (arrivées/départs et mixité) et compte tenu de la capacité de programmation qui est une valeur sur laquelle l'allocation des créneaux horaires va se faire.

Pour déterminer la capacité de programmation, on doit choisir une valeur parmi l'ensemble des capacités opérationnelles possibles. Le paramètre retenu est alors le fruit d'une négociation qui prend en compte un compromis entre la quantité de services, c'est à dire le nombre de mouvements, et la qualité de service comme les retards.

Les paramètres techniques (infrastructures, procédures et trafic) concernant les **voies de circulation** sont à peu près identiques à ceux des pistes et de la TMA. Concernant l'infrastructure, il y a notamment les nombres et formes des voies de circulation, nombre de croisements, nombre et formes des voies d'alimentation des aires de stationnements.

Les procédures concernent les espacements entre les avions, leur vitesses de roulage, le plan de circulation avec des sens uniques ou non, des giratoires, la présence de la SMGCS qui permettent de pérenniser un certain niveau de capacités quels que soient les aléas climatiques.

Pour le trafic, il y a le mélange des catégories d'avions, lourds, moyens, légers, en fonction de leur vitesse, de leur masse, et mélange aussi des arrivées et des départs.

- Pour les **aires de stationnement** l'analyse est de même type. Les infrastructures font intervenir les notions de nombre et de nature des postes, le type de postes (Schengen, non Schengen), en prenant en compte l'interaction avec les circulations de passagers dans l'aérogare, la répartition des postes par compagnie, la répartition des postes par aérogare et les temps d'occupation des postes.

En matière de procédures, le temps d'occupation des postes est influencé par les procédures de repoussage ou non, le temps de repoussage, le temps de chargement, le temps de traitement par les agents etc.

Le trafic concerne le mélange des catégories d'avions par envergure cette fois-ci (la largeur est très importante pour le stationnement) le mélange des arrivées et des départs et le type de compagnies : origine et destination.

- Pour les **aérogares**, la segmentation des paramètres en infrastructures, procédures et trafics est la même. Pour les infrastructures, sont concernés le nombre et les caractéristiques des ressources utilisées (comme les banques d'enregistrement, les portes d'embarquement, les tapis de livraison bagages etc.), les surfaces, les vocations des zones, l'agencement, la configuration, la distribution spatiale pour le croisement des flux.

Pour les procédures : spécificités d'exploitation des aérogares, le référentiel de qualité de services. Le fonctionnement des ressources, la performance des ressources, le temps de traitement, le cheminement des passagers, temps d'occupation des zones etc.

Pour le trafic, sont concernés le programme des vols, les caractéristiques des passagers, le profil de présentation des passagers, le régime des passagers (Schengen, Non Schengen), le nombre de bagages par type de passagers : passagers affaires, passagers touristiques, le nombre d'accompagnants ainsi que, le taux de remplissage des avions, le taux de correspondance etc.

Les paramètres mesurés avec les modèles à partir des paramètres techniques concernent la quantité de service, les flux. On peut donc évaluer une capacité par heure, le nombre de mouvements par heure, des flux d'avions, de passagers, des tonnes de fret par heure. On mesure aussi la qualité de services, comme des temps pour les retards, mais aussi le confort : passagers par m² ou m² par passager.

Une courbe théorique représente, en abscisses le nombre de mouvements horaires et en ordonnées les retards. Lorsqu'on approche la capacité opérationnelle maximale les retards augmentent ; ainsi une faible augmentation du nombre de mouvements peut faire augmenter de manière très importante les retards. Ce genre de courbes peut être utilisé pour déterminer justement la capacité de programmation.

Pour conclure, la capacité peut s'évaluer par maillon : TMA, piste, voies de circulation, aire de stationnement, et aérogare. L'approche par maillon est possible mais il ne faut pas oublier l'interaction entre les maillons et entre les paramètres, donc entre la TMA et la piste, entre la piste et les voies de circulation, entre les voies de circulation et les aires de stationnement, et entre les aires de stationnement et l'aérogare. »

Evaluer la capacité

- Les objectifs
- Le champ d'application
- La définition des paramètres techniques
- Les paramètres plus globaux
- L'ensemble des paramètres techniques
- Les paramètres mesurés
- L'interaction entre les maillons



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

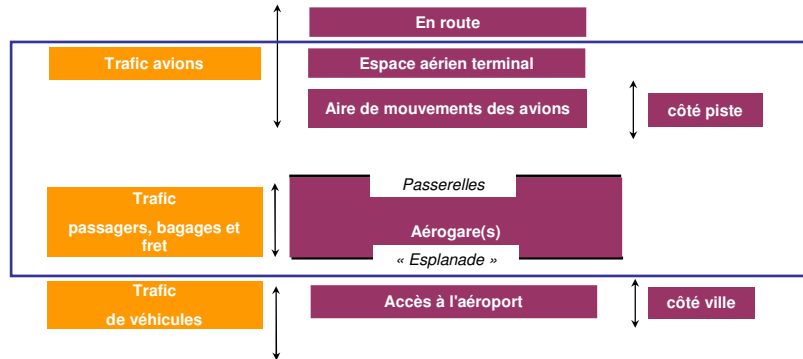
Les objectifs

- Sécurité (avions, passagers)
- Régularité/qualité de service (retards, attente, confort)
- Environnement (minimiser les impacts)
- Efficacité (technique et économique)



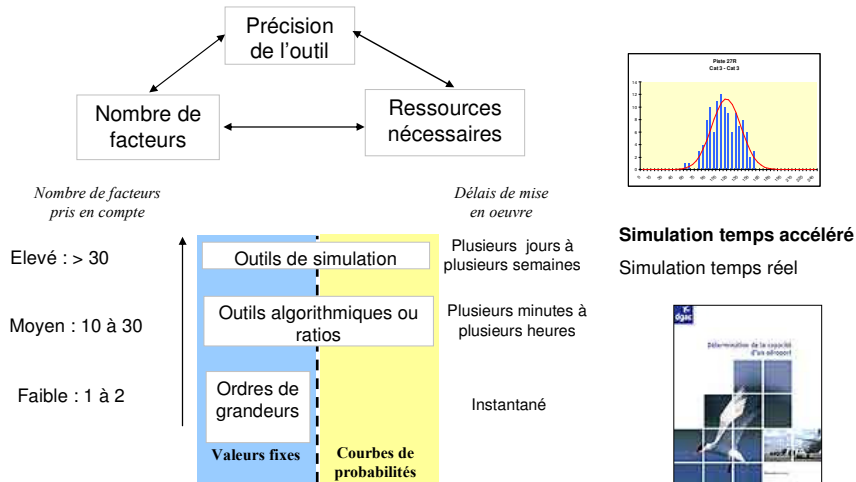
DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Le champ d'application : les maillons



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Le champ d'application : la modélisation



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Détermination de la capacité d'un aéroport – 2005, STAC ACE

<http://www.stac.aviation-civile.gouv.fr>

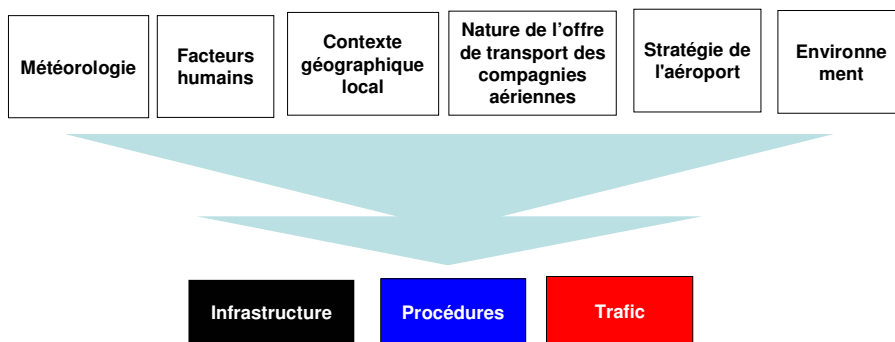
Définition des paramètres techniques

- **Infrastructure**
 - Nombre
 - Configuration/Distribution spatiale
 - Nature/vocation (piste arrivée/piste départ, zone d'embarquement...)
- **Procédures**
 - Règles d'exploitation/gestion du trafic compte tenu des ses caractéristiques/performances et de l'infrastructure (procédures de navigation aérienne, de traitement du passagers...)
 - Utilisation de l'infra (Temps d'occupation...)
- **Trafic**
 - Avions/passagers/fret avec leurs caractéristiques : masses, statut (Sch/NSch), compagnie (low cost...), vitesses



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Des paramètres plus généraux

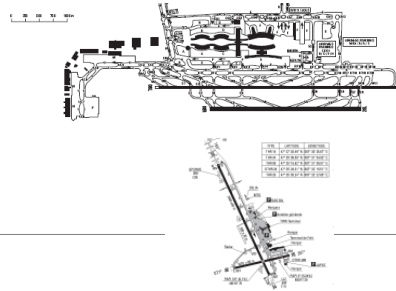


DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

TMA et pistes

Infrastructure :

- Nombre d'IAF
- Nombre et répartition des SID et des STAR
- Équipement de radio-navigation
- Nombre de pistes
- Configuration des systèmes de pistes
- Alimentation sol des pistes
 - Nombre et nature des sorties
 - Distribution des sorties
 - Nombre et distribution des entrées
 - bypass

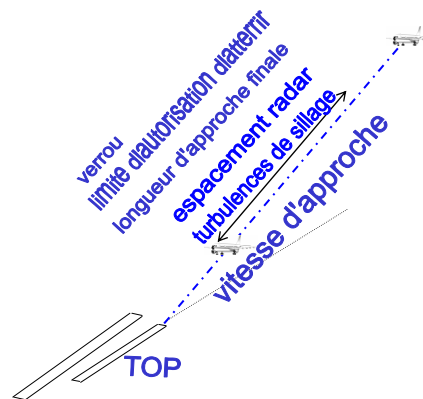


DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

TMA et pistes

Procédures :

- Turbulences de sillage
- Espacement radar
- Verrou...
- Séparation pour livraison au centre en-route
- Procédure de remise de gaz
- Décalages des seuils
- Séparation dues aux axes d'approches...



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

TMA et pistes

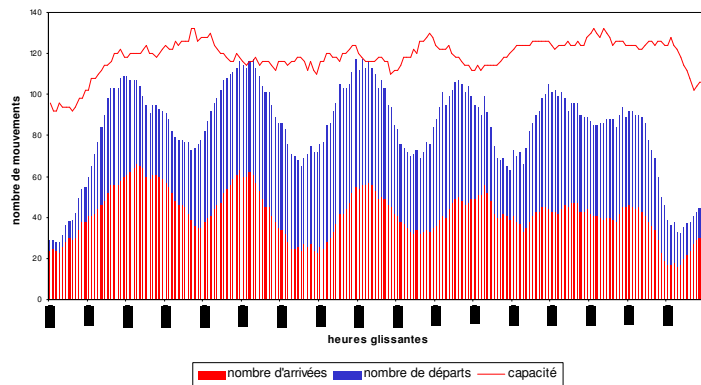
Trafic :

- Mélanges de catégories d'avions Heavy, Medium et Light
- Mélanges des arrivées et des départs
- Répartition des provenances et des destinations



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

La capacité opérationnelle varie



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Voies de circulation

Infrastructure :

- Nombre et forme de voies de circulation
- Nombre de croisements
- Nombre de voies d'alimentation des pistes
- Nombre de voies d'alimentation des aires de stationnement
- Obstacle
- Balisage
- Équipement ASMGCS



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Voies de circulation

Procédures :

- Espacement entre avions
- Vitesse de roulage
- Plan de circulation (sens unique, giratoire...)



Trafic :

- Mélanges de catégories d'avions Heavy, Medium et Light (vitesse, masse...)
- Mélanges des arrivées et des départs



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Aires de stationnement

Infrastructure :

- Nombre de postes
- Type de postes
- Nature de postes (Sch, Non Sch)
- Répartition des postes par compagnie ou alliance
- Répartition des postes par aérogare



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Aires de stationnement

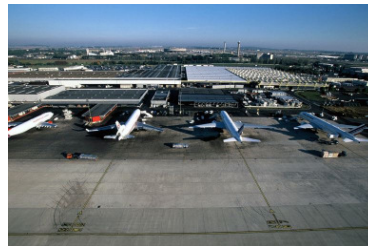
Procédures :

- Temps d'occupation des postes (procédures de repoussage, de chargement...)



Trafic :

- Mélanges de catégories d'avions par envergure
- Mélanges des arrivées et des départs
- Type de compagnie
- Origine/destination

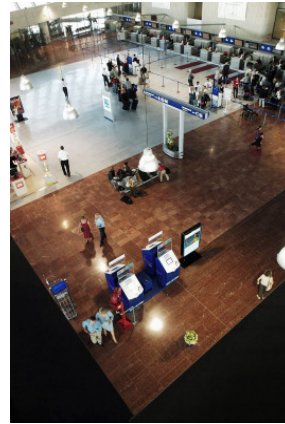


DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Aérogares

Infrastructure :

- Nombre et caractéristiques de ressources (banque d'enregistrement, portes d'embarquement, tapis de livraison bagages...)
- Surface et vocation des zones (hall d'accueil, files d'attente...)
- Configuration/agencement



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Aérogares

Procédures :

- Spécificité d'exploitation des aérogares
- Référentiel de qualité de service
- Fonctionnement des ressources (performance/temps de traitement)
- Cheminement des pax
- Temps d'occupation des zones



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Aérogares

Trafic :

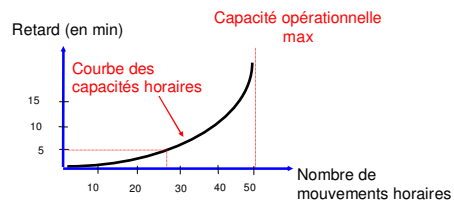
- Programme de vols
- Caractéristiques des passagers : profils de présentation, régime, nb de bagages, nb d'accompagnants...
- Taux de remplissage des avions
- Taux de correspondance



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Paramètres mesurés

- Flux (avions/heure, pax/heure, tonnes de fret/heure...)
- Qualité de service (retards, confort pax/m²...)
- Charge de travail / nombre de conflits



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Interaction entre maillons

- Approche par maillon possible mais...
- ...interactions entre maillons :
 - TMA et pistes
 - Pistes et voies de circulation
 - Voies de circulation et aires de stationnement
 - Aires de stationnement et aérogare



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

1.1.3 La capacité de l'espace aérien

Yann LE FABLEC, Chef de pôle, Direction des Services de la Navigation Aérienne, Direction de la Technique et de l'Innovation (DTI/EOS/PER), DGAC

« Le trafic est en augmentation constante en France et dans le monde. Les chiffres qui nous proviennent du projet SESAR nous indiquent qu'en 2020 le trafic aura augmenté de l'ordre de 73% par rapport au niveau observé en 2006. La première idée est alors de chercher à accroître la capacité d'une valeur similaire, soit à peu près 73%. L'objectif plus lointain, après 2020, est d'essayer de tripler la capacité afin de permettre d'absorber la croissance du transport aérien et maîtriser ainsi les retards.

Un grand nombre de concepts opérationnels ont été définis dans le projet SESAR qui doit permettre d'accroître la capacité. Il est nécessaire de valider ces concepts afin de voir s'ils peuvent effectivement apporter une solution pour absorber le trafic. Pour évaluer si les concepts répondent aux besoins, une approche possible consiste à les modéliser, puis à les simuler.

● **L'évaluation de la capacité peut se faire grâce à une simulation** en temps accéléré (dite aussi simulation arithmétique). A la différence des simulations en temps réel, il n'y a pas d'intervention humaine pendant les simulations elles-mêmes. Evidemment, il y a malgré tout des opérateurs humains, en particulier des experts contrôleurs, qui interviennent avant, c'est-à-dire pendant la phase de modélisation et aussi, après la simulation, pour l'exploitation des résultats. La modélisation s'effectue donc au préalable en tenant compte de tout ce qui a un caractère opérationnel.

Quels sont les avantages de la simulation en temps accéléré ? Une telle simulation consiste à exécuter un programme informatique afin d'évaluer le comportement du trafic, les actions des contrôleurs et éventuellement celles des pilotes. L'exécution de ce type de programme est rapide, beaucoup plus rapide que le temps nécessaire à réaliser une simulation en temps réel. La rapidité de calcul présente donc l'avantage de permettre des simulations à grande échelle, qu'elles soient temporelles ou spatiales. Il est possible, par exemple, de réaliser des simulations sur l'ensemble de l'Europe et de construire de multiples indicateurs qui auront une grande valeur statistique. Il n'est pas concevable de réaliser une simulation « temps réel » à cette échelle géographique. De la même manière, une simulation « temps accéléré » peut porter sur plusieurs mois de trafic alors qu'en temps réel, nous sommes limités à quelques heures de trafic.

Une simulation arithmétique a malgré tout l'inconvénient de ne pas tenir compte de manière fine du ressenti des opérationnels : le degré de précision obtenu sur certains indicateurs est par conséquent moins bon que dans le cadre de simulations « temps réel ». Cependant, la possibilité d'évaluer à grande échelle avec un trafic très important fournit de précieuses informations et constitue un intérêt certain.

● Les **outils de simulation** arithmétiques sont nombreux. Certains sont des outils commerciaux tels RAMS, TAAM ou SIMMOD. D'autres sont développés à la DTI : il s'agit des outils de la famille OPAS. La famille d'outils en question comprend plusieurs simulateurs. Il y a ainsi un OPAS « En route », un OPAS TMA pour les zones d'approche, et le futur OPAS « Sol » qui devrait être disponible dans le courant de cette année et qui est développé en coopération avec le STAC.

La DSNA a ainsi développé ses propres simulateurs dont elle connaît le fonctionnement interne et la marge d'erreur possible sur les résultats. Cela est très important car un simulateur commercial fonctionne comme une boîte noire dont les résultats doivent être interprétés sans connaître leur fonctionnement, ni les marges d'erreurs sur les chiffres produits. Il est nécessaire de maîtriser les outils et donc de connaître leur précision afin de pouvoir fournir des indications de qualité lors de l'évaluation

d'un concept ou d'un dispositif opérationnel. Il est également utile de savoir les faire évoluer, en particulier pour intégrer facilement et de manière efficace de nouveaux concepts dans la simulation.

- Quelles sont **les données en entrée** utilisées par ces outils ?

Il s'agit pour commencer d'échantillons de trafic. Les données relatives à l'environnement interviennent ensuite. Elles comprennent : la position des balises et des aéroports, la position des pistes, la position des circuits d'attente, la définition des secteurs, la définition éventuelle des volumes de protection environnementale aux abords de certains aéroports, etc.

On modélise aussi les procédures d'arrivée et de départ d'une zone d'approche ainsi que les lettres d'accord qui régissent la façon dont les contrôleurs d'un secteur fournissent les avions au secteur suivant. La modélisation est utilisée lors de la simulation.

Enfin, pour réaliser une simulation sur un échantillon de trafic, il faut disposer d'un modèle de performance avion qui indique, pour les types d'avions les plus représentatifs, leurs caractéristiques de vol. Connaissant, l'échantillon de trafic, la route que veut suivre un avion, le type de chaque avion et sa masse au départ, on est alors capable de simuler chaque vol de son point de départ à son point d'arrivée en suivant la route définie.

- **Le résultat des simulations** est constitué entre autres d'un ensemble de trajectoires qu'il est possible de visualiser et de rejouer. Des cartes de densité sont également dressées, que ce soit en nombre d'avions ou en nombre de conflits. Elles permettent de voir dans l'espace comment sont répartis les avions et où se trouvent les problèmes. La simulation produit également deux types **d'indicateurs**, dont certains sont liés à la capacité.

Les **indicateurs simples** incluent : le temps de vol, la distance volée, la consommation de carburant, le nombre de vols qui ont traversé un secteur donné et les délais observés. Le nombre d'utilisation des circuits d'attente fait partie des indicateurs simples ainsi que le temps d'attente des avions dans ces circuits. Les conflits font également partie des indicateurs produits. De manière plus générale, tout élément qui est de nature géométrique peut être mesuré puisque l'on manipule ici des mobiles qui se déplacent dans l'espace et qui traversent des volumes.

Sur la base de ces indicateurs simples, on peut définir des **indicateurs composites**, qui sont en fait un mélange de ces indicateurs simples. Parmi ceux-ci, on peut parler de l'évaluation de la charge de travail du contrôleur ainsi que de l'évaluation de la complexité du trafic aérien.

Une simulation permet d'évaluer **la charge de travail**. Celle-ci est composée de trois parties :

- **la charge dite de surveillance**, qui est la part de la charge de travail du contrôleur nécessaire pour surveiller les avions qui sont dans son secteur à un moment donné ;
- **la charge liée à la coordination** qui dépend des entrées et des sorties des avions d'un secteur ;
- enfin, **la charge de travail liée à la détection et à la résolution des conflits**.

Les composantes de la charge de travail peuvent être représentées par un graphique à trois branches représentant chacune une des composantes de la charge de travail. Cette représentation permet de faire une typologie des secteurs. En effet, les représentations prendront des formes différentes suivant que la charge de travail des contrôleurs est davantage due aux conflits, à la coordination ou à la surveillance. La charge de travail est la somme pondérée de ces trois composantes. Cette somme pondérée est définie suivant des paramètres qu'il faut définir avec l'aide d'experts contrôleurs avant la simulation afin que les valeurs produites soient réalistes.

Un grand nombre d'études a été réalisé à l'aide des outils OPAS. Certaines des études ont porté sur des concepts du projet SESAR et d'autres sur des dispositifs de circulation aérienne, notamment en route et en approche, sur des aéroports tels que Nice, Roissy, Orly ou Toulouse.

● **La notion de capacité**, est définie par la possibilité pour le système ATM de faire face à la demande en nombre d'avions, à la fois dans le temps et dans l'espace. Cette définition est issue des documents SESAR.

Il existe cependant plusieurs définition au terme « capacité ».

On parle ainsi de la **capacité déclarée** qui est celle annoncée par les contrôleurs et qui correspond à un nombre maximum d'avions pris en compte par heure et pour un secteur ou regroupement de secteurs. Elle ne correspond pas à la **capacité réelle**, qui est généralement plus élevée. La capacité déclarée, est une forme de protection contre les surcharges. C'est la capacité déclarée qui est prise en compte dans le système CASA de la CFMU qui permet d'allouer les créneaux de décollage. Il est possible d'observer une charge de travail réelle avec un nombre d'avions supérieur à la capacité déclarée initiale, c'est la raison pour laquelle cette capacité déclarée est souvent inférieure à la capacité réelle pour un volume d'espace donné.

La capacité peut être définie par secteur, par groupe de secteurs et même par centre de contrôle. Cette dernière notion est utilisée par la PRU (Performance Review Unit d'Eurocontrol) et sert à évaluer le travail des différents prestataires de services de la navigation aérienne (ANSP) en Europe.

Il est également possible de parler de capacités horaires, journalières ou encore annuelles. La notion possède nous le voyons plusieurs définitions.

La capacité peut difficilement être réduite à un simple chiffre brut, un nombre d'avions par exemple, puisque elle dépend en fait de la complexité du trafic. La difficulté n'est évidemment pas la même si on a dans un secteur deux flux parallèles où les avions sont bien espacés, et un autre secteur où ces deux flux se croisent et où la répartition n'est pas homogène. La capacité utilisable d'un secteur dépend aussi de la météo, de l'activité militaire ou encore de la performance des avions.

● **La modélisation permet de mesurer des capacités.** Il est important de modéliser et simuler puisque le trafic augmente et qu'il est important de savoir s'il est possible de l'absorber. Les chiffres qui viennent de la cellule STATFOR d'Eurocontrol donnent des indications sur la croissance du trafic en Europe. Compte tenu des taux de croissance annoncés, il est admis que de nouveaux concepts et dispositifs de circulation aérienne sont indispensables pour faire face aux augmentations prévues du trafic. Ces concepts et ces dispositifs de circulation aérienne nouveaux doivent alors être préalablement validés par un modèle afin de savoir s'il est intéressant de les mettre en place, c'est à dire s'ils apportent un gain de capacité tout en conservant un bon niveau de sécurité. Parmi ces concepts on peut citer l'ASAS.

La croissance du trafic aérien soulève de nombreuses questions. Le processus d'analyse choisi consiste à définir des scénarios qui sont censés répondre à un problème donné. Les différents scénarios sont alors modélisés puis font l'objet d'une simulation. Parmi les scénarios, on inclut la modélisation de la situation existante qui servira de base de référence afin d'évaluer les scénarios alternatifs. La comparaison avec le scénario de référence permet alors d'écarter les hypothèses qui paraissent les moins viables. L'étape suivante consiste à réaliser des simulations en temps réel sur les scénarios qui seront finalement retenus afin d'avoir des chiffres plus précis, notamment en ce qui concerne la charge de travail du contrôleur.

● **Les paramètres influant sur la capacité** qui sont pris en compte généralement dans les simulations arithmétiques, sont nombreux et concernent :

- les normes de séparation, ainsi que toute distance à respecter quand on passe d'un secteur à un autre,
- la turbulence de sillage aux abords des aéroports,
- la sectorisation,
- l'activation des zones militaires,
- les performances des avions.

Le bruit aux abords des aéroports est un paramètre particulièrement important dans le cadre du respect de l'environnement. Il est pris en compte en utilisant les volumes de protection environnementale et en s'assurant que tous les avions traversent ces volumes d'une manière correcte (ces volumes ont pour objectifs de focaliser le bruit dans des zones bien définies). La modélisation montre que le respect des paramètres environnementaux a un effet sur les trajectoires et par conséquent sur les capacités. D'autres paramètres liés à la capacité seront à prendre en compte à l'avenir, notamment ceux concernant les émissions de dioxyde de carbone et autres polluants.

• **Les indicateurs intervenant dans la notion de capacité** mesurés lors des simulations comprennent les retards, les conflits, la complexité et la charge de travail du contrôleur. Une méthode existe pour mesurer une capacité à partir de ce dernier indicateur seul. On considère dans cette méthode que, pour un élément d'espace donné, la capacité est atteinte lorsque le contrôleur est occupé à plus de 70 % de son temps (i.e 42 minutes par heure). Le nombre d'avions qui correspond à cette limite est alors la capacité maximale du secteur étudié. Sous la barre des 70% de la charge de travail, il sera possible d'augmenter dans le secteur, soit de manière homogène, soit différemment suivant les flux afin d'atteindre la limite fixée et déterminer un chiffre de capacité. Il y a donc des choix à faire sur la façon de faire varier le trafic. Ces choix influent sur les chiffres de capacité mesurés avec la méthode. En général, nous évitons d'appliquer cette méthode de mesure de la capacité car elle ne prend pas en compte tous les paramètres qu'il faudrait et la marge d'erreur est importante.

La capacité et la modélisation feront probablement l'objet, dans le futur, de nouvelles contraintes d'ordre environnemental. Ces contraintes porteront surtout sur le bruit et les émissions de polluants. La mesure de ces émissions est difficile. Cependant, quelques modèles tels que ceux produits par Eurocontrol commencent à apparaître. Ils seront à utiliser si des limites environnementales viennent contraindre le trafic et donc la capacité. »

Capacité et modélisation

Cas de l'espace aérien

Yann Le Fablec DSNA/DTI/PER



Capacité et modélisation

Plan de l'exposé

- Introduction
- Modélisation et simulations arithmétiques
- Capacité
- Capacité et modélisation/simulation
- Conclusion

Capacité et modélisation

- Introduction
- Modélisation et simulations arithmétiques
- Capacité
- Capacité et modélisation/simulation
- Conclusion

Introduction

- Des objectifs
 - Faire passer le trafic qui est en augmentation (SESAR : en 2020, trafic +73%)
 - Cible SESAR : capacité x 3 en 2020+
 - Des concepts : CONOPS SESAR
- Besoin de quantifier la capacité apportée par ces concepts et voir si la cible est atteinte

Capacité et modélisation

- Introduction
- Modélisation et simulations arithmétiques
- Capacité
- Capacité et modélisation/simulation
- Conclusion

Simulation

- Simulation arithmétique :
 - Temps accéléré
 - Pas d'intervenant humain pendant la simulation (\neq simulation temps réel)
 - Modélisation préalable (procédures, LOA, ...)
- Avantages :
 - Rapidité (de simulation et de mise en œuvre)
 - Possible à grande échelle (temporelle et spatiale)
 - Produit de multiples indicateurs
- Inconvénients :
 - Moins précis sur certains points que les simulations temps réel car pas d'humain dans la boucle

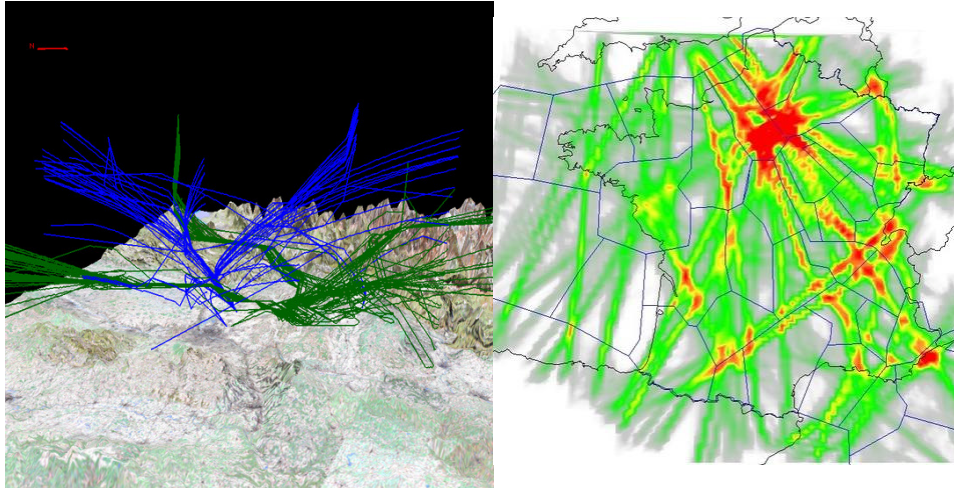
Simulation – Outils

- Outils de simulation arithmétique :
 - Commerciaux : RAMS, TAAM, SIMMOD, ...
 - Développés par la DTI : famille OPAS
- Famille OPAS :
 - Code source disponible : évolutions possibles et meilleure compréhension des résultats (marge d'erreur, etc)
 - Outils flexibles et légers
 - Outils maîtrisés par la DTI
- OPAS-En-route (1995), OPAS-TMA (2001), OPAS-Sol (2008? Coopération STAC)

Simulation – Données

- En entrée :
 - Echantillon(s) de trafic
 - Données environnement (balises, pistes, stacks, secteurs, VPE, ...)
 - Modélisation des procédures d'arrivée/départ et LOA avec l'aide de contrôleurs
 - Modèle de performances avion (BADA)
- En sortie :
 - Trajectoires simulées
 - Cartes de densité (avions et conflits) et enveloppes de trajectoires
 - Indicateurs

Simulation – Sorties



Simulation – Indicateurs

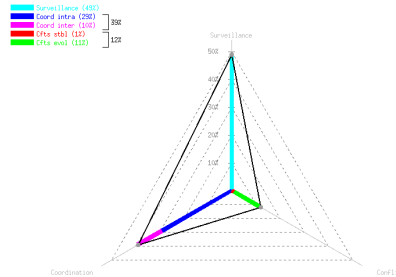
- Indicateurs liés à la capacité mais pas seulement

- Indicateurs simples :
 - Temps de vol/distance volée par secteur, par procédure, ...
 - Consommation carburant par secteur, par procédure, ...
 - Nombre de vols par secteur (total et graphes de charge)
 - Délais et utilisation des stacks
 - Conflits
 - ...

- Potentiellement tout ce qui est de nature géométrique

Simulation – Indicateurs

- Indicateurs composites :
 - Evaluation de la charge de travail
 - Complexité du trafic
- Charge de travail, somme pondérée de 3 composantes :
 - Surveillance
 - Coordination
 - Conflits



- Des paramètres (poids) intervenant dans chaque composante

Simulation – Etudes

- Exemples d'études réalisées avec OPAS
 - Concepts : RVSM, Free-route (MFF), ASAS C&P (MFF, SESAR), ASAS Spacing (G2G), ...
 - Dispositifs : Clarines, SIV/SO, RFUE, Harmonie, Départs Sud Orly, CDG et Orly en 2012/2020, Nice v3, impact turbulence A380 à CDG, ...

Capacité et modélisation

- Introduction
- Modélisation et simulations arithmétiques
- Capacité
- Capacité et modélisation/simulation
- Conclusion

Capacité

- Une définition :
 - Possibilité pour le système ATM de faire face à la demande (en nombre et en distribution spatiale et temporelle)

- Mais des capacités :
 - Capacité déclarée (outil transactionnel, CFMU)



- Capacité réelle
- Capacité secteur/capacité centre (cf PRU)
- Capacité horaire/journalière/annuelle

Capacité

- Limites : un nombre d'avions par heure est insuffisant. La capacité dépend entre autres
 - de la complexité du trafic à gérer (flux, géométrie) et peut donc varier au cours du temps
 - de la météo
 - de l'activité militaire
 - des performances avion
 - ...

Capacité et modélisation

- Introduction
- Modélisation et simulations arithmétiques
- Capacité
- Capacité et modélisation/simulation
- Conclusion

Capacité et modélisation

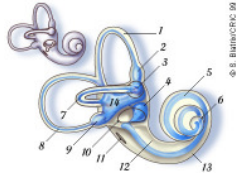
- Pourquoi modéliser ?
 - Croissance du trafic (STATFOR)
 - Nouveaux concepts (ASAS, Free-Route, ...)
 - Nouveaux dispositifs CA (Secteurs, routes, procédures)
- Processus général :
 - Définition de multiples scénarios pour résoudre un problème
 - Modélisation de ces scénarios
 - Simulations arithmétiques pour les évaluer et sélectionner les plus pertinents. Il y a toujours une référence (situation actuelle) qui sert pour valider le modèle puis pour évaluer les scénarios
 - Simulation temps réel du/des scénario(s) choisi(s) pour feedback contrôleurs

Paramètres de capacité

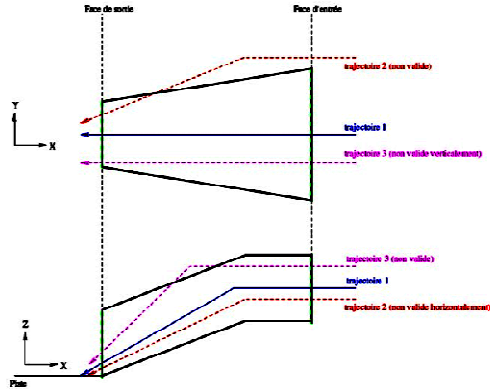
- Les principales contraintes prises en compte :
 - Normes de séparation
 - Turbulence de sillage
 - Sectorisation / Zones activées \Rightarrow volume disponible pour les trajectoires
 - Performances avion

Paramètres de capacité

– Bruit - VPE



© S. BARRACLOUGH 99



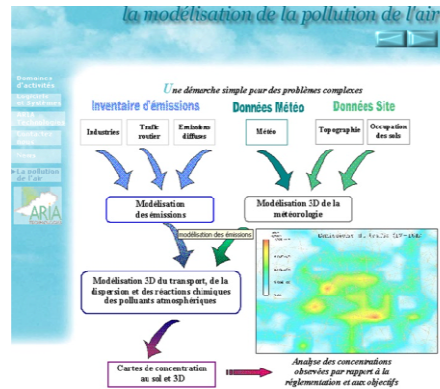
Paramètres de capacité



FIG. 3 – Volume de protection environnementale élargi. A gauche sans prise en compte de ce volume, à droite trajectoires le respectant

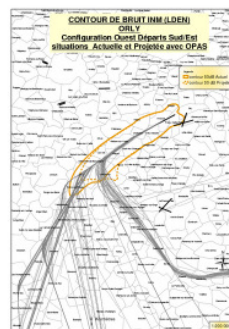
Paramètres de capacité

- Contraintes qu'il faudra prendre en compte :
 - Émissions (CO₂, ...)



Indicateurs de capacité

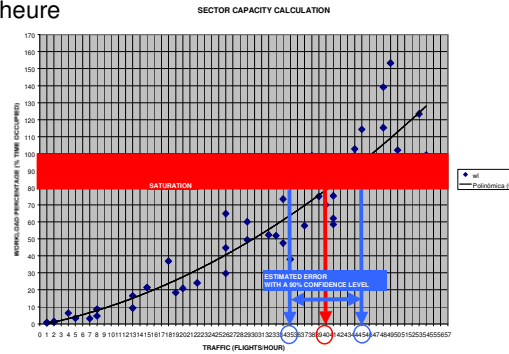
- Indicateurs liés à la capacité et évalués par modélisation/simulation
 - Charge secteur
 - Retards / délais
 - Conflits (nombre, type et localisation géographique)
 - Complexité
 - Charge de travail
 - Bruit



- Consommation carburant (cf émissions)

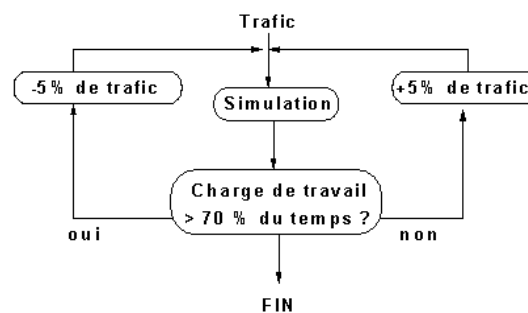
Mesure de la capacité

- Une méthode pour évaluer un chiffre de capacité par simulation :
 - On considère que, pour un élément d'espace, la capacité est atteinte lorsque le contrôleur est occupé plus de 70% de son temps
 - On mesure la charge de travail puis capacité = quand cette charge atteint 42 minutes par heure



Mesure de la capacité

- Processus :



- Mais le trafic peut être modifié différemment selon les flux (pas forcément de manière équilibrée)

Mesure de la capacité

- Pour améliorer la valeur des chiffres produits :

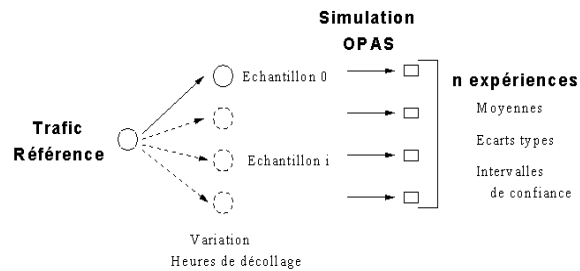


FIG. 6 – Simulation de Monte-Carlo

Mesure de la capacité

- Cependant, la méthode a ses limites :
 - Pourquoi 70%, même si c'est une valeur communément admise
 - Quelle méthode utiliser pour modifier les flux ?
 - Les poids utilisés dans l'évaluation de la charge de travail ne sont pas forcément précis
- on préfère en général donner les indicateurs élémentaires aux opérationnels

Capacité et modélisation

- Introduction
- Modélisation et simulations arithmétiques
- Capacité
- Capacité et modélisation/simulation
- Conclusion

Conclusion

- De nouvelles contraintes sur la capacité = environnement
- Des défis à relever avec l'augmentation prévue pour le trafic

- Des techniques d'évaluation de la capacité sont disponibles et utilisables par modélisation, mais elles ont leurs limites

1.2 Comment quantifier et modéliser ?

1.2.1 Les outils de dimensionnement des composantes d'un aéroport

Isabelle WALLARD, Adjoint au directeur, Direction de l'Aménagement et des Programmes, Aéroports de Paris

« Un aéroport est un système dynamique qui gère des flux d'avions, de piétons, de bagages et de véhicules au travers de sous-systèmes et de liaisons (système de pistes et taxiways, postes avions, terminaux passagers, accès ...). Comme un aéroport fonctionne à différents niveaux de saturation et de délais, la capacité est associée à un niveau de qualité et de service pour chaque sous-système qui le compose.

• **La capacité est une limite**, qui atteinte ou dépassée, affectera la fluidité des opérations aéroportuaires et ne correspondra pas au niveau de qualité de service prédéfini.

Comment l'estimer ? Une aérogare est une zone terminale à laquelle est rattaché l'ensemble des postes avions au contact qui lui sont nécessaires. L'évaluation de sa capacité partira d'ordres de grandeur généraux pour aller vers les calculs les plus fins et les plus précis. Un benchmark international a été réalisé pour comparer la superficie des zones terminales, aérogares et postes avions, à leur capacité en millions de passagers annuels traités. Les ratios obtenus, relativement cohérents, varient dans une fourchette faible de 0,17 à une forte de 0,33. La moyenne retenue se situe entre 0,20 et 0,25 (elle est de 0,20 sur Paris -CDG).

La capacité en millions de passagers annuels est liée à la superficie la zone terminale L'ordre de grandeur (en millions de passagers) est de 0,2 fois la superficie en ha. Ainsi, la capacité en millions de passagers annuels de la zone disponible à l'Ouest du terminal 1 de CDG (une superficie comprise entre 120 et 140 ha), sans tenir compte de l'aérogare provisoire T3, serait comprise entre 24 et 28 millions de passagers.

Il est possible, également, de projeter les empreintes au sol de différentes aérogares, Hong Kong, Shanghai, Osaka et Singapour et d'associer, dans chaque cas, la capacité de l'aérogare (en millions de passagers annuels), la superficie au sol de sa zone terminale et le ratio.

Le dimensionnement de l'aérogare proprement dite doit être très précis et répondre à de nombreux objectifs :

- équilibrer les capacités des sous-systèmes (il ne sert à rien d'avoir trop de banques d'enregistrement s'il n'y a pas, derrière, assez de portes d'embarquement),
- assurer une qualité de services déterminée,
- permettre une flexibilité maximale pour l'opérateur aéroportuaire mais aussi pour les compagnies aériennes,
- faciliter les opérations des compagnies aériennes,
- respecter les contraintes réglementaires,
- assurer la faisabilité et la constructibilité,
- enfin, dernière étape fondamentale, respecter les coûts de construction puisque la phase de programmation sert à définir un premier échéancier d'investissements (business plan) et les coûts d'exploitation associés au projet. C'est une étape où il faut éviter les erreurs parce qu'elles peuvent coûter assez cher.

Comment dimensionner un terminal passager ? Trois étapes sont nécessaires.

Il faut tout d'abord, définir des hypothèses de trafic (annuel, horaire) et ses caractéristiques, domestique ou international (Schengen ou non), trafic gros porteurs ou moyens porteurs, taille des avions et emport moyen mais également, caractériser la typologie des futurs passagers.

La seconde étape revient à réaliser une analyse fonctionnelle qui consiste à décomposer l'aérogare en sous-ensembles qu'il va falloir dimensionner.

La dernière étape, doit dimensionner chacun des sous-systèmes identifiés lors de l'étape précédente. Il y a quatre méthodes d'analyse dimensionnelle :

- la comparaison avec des aérogares existantes est une méthode peu fiable, puisque la typologie des trafics et des passagers est très variable. C'est une méthode qui n'est utilisée que pour définir les tous premiers ordres de grandeur ;
- la méthode des ratios ou calculs statiques ;
- la construction de scénario par calculs dynamiques ;
- la simulation informatique des flux.

Il est important de faire une vérification de cohérence en comparant les résultats d'au moins deux méthodes. La méthode des ratios et le calcul dynamique sont les deux méthodes les plus utilisées par Aéroports de Paris qui réalise en complément des simulations informatiques de flux.

Deux points importants concernent les hypothèses de trafic. Tout d'abord, le dimensionnement est réalisé sur une prévision de la demande à un horizon déterminé, cohérent avec la nature du projet. Pour un nouvel aéroport, les prévisions de trafic porteront sur 25 ans ; pour un nouveau terminal, sur cinq à dix ans ; enfin, il suffira de trois à cinq ans pour la réhabilitation d'une partie d'un terminal. Deuxième point, il serait inapproprié de dimensionner des installations « terminal » pour une pointe horaire isolée ou pour un jour de pointe exceptionnel. Les calculs se font donc sur des données telles que la 40^{ème} heure de pointe (la 30^{ème} pour ADP), le 40^{ème} jour de pointe ou le 30^{ème}, enfin le 85^{ème} percentile. Une journée-type, selon une définition qui peut varier, est également utilisable, ou une semaine-type du mois le plus chargé (ADP utilise beaucoup la semaine type de la saison été IATA).

Concernant **les sous-systèmes d'un terminal passager**, l'analyse fonctionnelle doit être aussi exhaustive et précise que possible. Elle doit prendre en compte les fonctionnalités nécessaires au départ du passager et à son arrivée, les processus de traitement des bagages, les correspondances, les services, le fonctionnement technique des installations (chauffage, climatisation, tension électrique) mais aussi la sûreté et la sécurité ainsi que les interfaces aérogare/accès ville et aérogare/poste avion. Chacune de ces fonctions est ensuite décomposée en quatre catégories de zones : zone de traitement, zone de stockage, zone de liaison et zone inerte qui dépend moins directement du trafic, comme par exemple des bureaux de compagnies aériennes.

IATA a défini cinq niveaux de qualité de service, (source : ADRM édition 2004), depuis le niveau « A » excellent jusqu'au niveau F : inacceptable (attentes longues, blocages de circulation, mauvais niveau de confort). Ces niveaux sont rédigés en termes relativement généraux. IATA recommande le niveau C comme objectif minimal de programmation pour un projet fonctionnel avec des coûts raisonnables.

Pour chacune des principales ressources du terminal passagers, les niveaux de qualité A, B, C, D et E de l'ADRM sont explicités. Les nouvelles installations à Paris sont programmées sur un niveau de qualité « B » plus exigeant que le niveau « C » recommandé par IATA.

Dans **la méthode des calculs dynamiques**, les flux sont cumulés à partir de feuilles de mouvements prévisionnels donc de scénarios d'avions (arrivées/départs) et de scénarios passagers.

A un instant déterminé, le nombre de personnes présentes dans chacune des zones est calculé par intervalles de temps relativement fin qui peut être un « pas » de 10 minutes. A l'intérieur d'un « pas » de 10 minutes, pour des arrivées d'avions, il est possible d'introduire une règle de distribution aléatoire du type « Loi de Poisson ». Le dimensionnement se fait par application de ratios aux valeurs maximales

ainsi trouvées. ADP souhaite améliorer cette méthode et procède pour cela à des enquêtes sur la distribution du temps de traitement pour chaque étape du processus.

Dans la distribution des passagers, ADP prend en compte les classes de voyage, le nombre de bagages, la compagnie et espère ainsi « coller » le mieux possible à la demande.

Deux autres méthodes permettent de déterminer **la capacité annuelle du terminal passager**. Il ne s'agit plus de dimensionnement mais de capacité d'un terminal en exploitation. Ce sont des méthodes classiques.

La première, est appelée **l'approche Airside** parce qu'elle se fonde sur le calcul du rendement moyen par type de poste avions et sur le nombre de circuits d'embarquement par terminal. Les types de circuit sont identifiés en tant que « gros porteur », « moyen porteur », international ou non et Schengen ou non. La capacité de l'aérogare, une fois connue, le nombre de circuits d'embarquement pour ce terminal et pour chacun des types d'avions concernés, est la somme du nombre de circuits de type I, par le rendement des postes avions du même type.

La seconde méthode est appelée **Landside** parce qu'elle se fonde sur le nombre de passagers qui entrent dans l'aérogare côté ville ; elle tire partie de la relation entre pointe horaire et capacité annuelle. Cette méthode est affinée par ADP en utilisant les seuils COHOR qui sont liés à un mécanisme d'alerte de capacité aérogare utilisé pour l'attribution des créneaux horaires à Paris CDG.

Le taux de pointe horaire est calculé à partir du seuil de capacité COHOR qui prend en compte les courbes de présentation des passagers à l'enregistrement.

La formule classique de la capacité est alors égale à :

Capacité = pointe horaire/taux de pointe du terminal x 2 x 365

Pour conclure sur la capacité du terminal passager, il est possible de dire qu'elle dépend du programme des vols et de leur nature, du choix de la période de pointe et de la qualité de service requis pendant la période de pointe. La capacité de chacun des sous-systèmes doit être homogène avec la capacité globale du système. ADP travaille beaucoup sur la détection et l'élimination des goulets d'étranglement afin d'améliorer la capacité de chacun de ses terminaux.

Le calcul du nombre de postes avions doit prendre en compte tout à la fois les principes ADRM (capacité maximale des pistes, temps de traitement au sol des avions, stationnement de nuit), la stratégie des compagnies aériennes qui requiert des temps de retournement rapide ou bien des temps de correspondance courts (stratégie de Hub) et enfin, des conditions météorologiques parfois difficiles.

Plusieurs organismes, dont l'OACI, et les Instructions Techniques de l'Aviation Civile (ITAC) (fascicule 5) proposent des formules du calcul du nombre de postes avion, qui font toutes intervenir les mêmes concepts de base à savoir, le temps d'occupation au sol pour les avions d'un groupe déterminé, le nombre maximal d'arrivées d'avions par pointe horaire et dans le cas de l'OACI, un nombre de postes de stationnement supplémentaire en réserve.

L'ITAC donne trois formules et conseille de retenir le chiffre le plus élevé. La formule de Horonjeff (Airport Design Manual) part des mêmes concepts et fait intervenir le plus grand nombre d'arrivées ou de départs à la 40^{ème} heure de pointe, le temps d'utilisation moyen en heure et le coefficient d'utilisation.

En conclusion, l'expérience et l'expertise du programmiste sont absolument déterminantes. Il est toujours prudent d'approcher un dimensionnement par deux méthodes indépendantes ce qui permet de fiabiliser le résultat et d'éviter des erreurs lourdes de conséquences.

Les principes sont les mêmes pour la **zone de fret** : analyse trafic, analyse fonctionnelle, analyse dimensionnelle. La zone de fret peut se décomposer en plusieurs fronts (compagnies aériennes, handling, commissionnaires en transport, stationnement ...) dont un front inter modalité. Le ratio « plan de masse » qui en découle varie de 8 tonnes/ha pour un aéroport comme Memphis jusqu'à 53 tonnes/ha. En Europe à partir de 12 tonnes/ha, on considère que la zone est en voie de saturation.

● ADP a, par ailleurs, développé des **modèles de simulation** à partir du logiciel Aréna pour l'analyse des flux de passagers et de circulation des avions sur les aires de manœuvre. Ces outils permettent soit

de modéliser le comportement des ressources en charge permanente pour apprécier leur capacité nominale, soit la qualité de service pour un profil de trafic en entrée. Il est possible d'en déduire des temps d'attente et des valeurs de stock. Aéroports de Paris a également développé des modèles génériques pour des Postes d'Inspection Filtrage (PIF), des tapis de livraison bagages, des files d'attente, allées de ressources communes en parallèle, des échanges bagages entre trieurs.

Divers organismes ont développé des outils de simulation. Ils permettent de vérifier l'adéquation des dimensionnements calculés aux besoins du client ; ils sont également utiles pour optimiser le positionnement relatif des différentes installations. Par exemple, il est possible de se rendre compte que les comptoirs de correspondance sont trop près des comptoirs d'information. Enfin, les outils de simulation sont précieux pour faire apparaître certaines composantes du trafic, par exemple des hyper pointes liées à des concentrations de correspondance. Par contre, ils sont considérés comme des outils de vérification, et pas comme des outils de calcul de dimensionnement. Ils ont de grands mérites, mais ne peuvent se substituer à la phase de programmation basique avec les ratios et les calculs dynamiques qui est un préalable absolument nécessaire. »

Comment définir et prendre en compte la notion de capacité ?

Les outils de dimensionnement des différentes composantes d'un aéroport.

Isabelle Wallard.

1 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



UNE CAPACITE INTRINSEQUE ?

➤ Pour un aéroport:

- sa superficie,
- la capacité de son système de pistes,

Sont 2 données fondamentales, mais pas suffisantes, pour définir sa capacité.

*« For existing and proposed airports, the land available for development either between or adjacent to the runways, when coupled with the annual capacity of the runway system, will determine the ultimate capacity of the airport. »**

**(ADRM-IATA-Edition 2004)*

2 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LES DIFFERENTES COMPOSANTES D'UN AEROPORT

Un aéroport est un **système dynamique** qui gère des flux d'avions, de piétons, de bagages et d'automobiles au travers de sous-systèmes et de liaisons.

- Le système de pistes et taxiways
- Les postes avions
- Les terminaux passagers
- Les aérogares de fret
- Les accès

Comme un aéroport peut fonctionner à différents niveaux de saturation et de délais, pour chaque sous-système qui le compose, **la capacité doit être associée à un niveau de qualité de service.**

3 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LA CAPACITE (des sous-systèmes et liaisons) : PLUSIEURS DEFINITIONS

La **capacité** est une limite, qui atteinte ou dépassée, affectera la fluidité des opérations aéroportuaires et un niveau de qualité de service prédéfini.

- La capacité dynamique:** flux maximal de personnes à travers un sous-système par unité de temps.
- La capacité statique:** capacité de stock d'un nombre de personnes dans une installation ou bien une zone, s'exprime en m2 par occupant.
- La capacité durable:** décrit la capacité globale d'un sous- système à traiter le trafic durablement à un niveau de qualité déterminé.
- La capacité maximale:** flux maximum pouvant être traité pendant une certaine période limitée de temps, mais avec des délais ou bien une qualité dégradée.
- La capacité déclarée:** capacité limitée spécifique à un site, relative à une installation ou une ressource.

4 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LES TEXTES DE REFERENCE

Les principaux textes et ouvrages regroupant des recommandations ou bien des standards de dimensionnement:

- L'annexe 14 de L'OACI
- Le manuel de planification d'aéroport de l'OACI (édition de 1987)
- L'ADRM de IATA (éditions 8 et 9)
- Les ITAC

ATTENTION : cet exposé ne traite que de la phase de programmation des projets d'installations aéroportuaires!

Des études plus poussées sont bien entendu réalisées aux stades ultérieurs de définition des projets.

5 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



PLAN DE L'EXPOSE

- La capacité d'une zone terminale en M Passagers annuels
- Le terminal passagers :dimensionnement
- Le terminal passagers: détermination de la capacité annuelle
- Le calcul du nombre de postes avion
- La zone de fret
- Le terminal fret
- Les outils de simulation

Ne sont pas abordées:

- La capacité du système de pistes
- La capacité des accès terrestres.

6 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LA CAPACITE D'UNE ZONE TERMINALE

Un benchmark des ratios de la capacité des aéroports, rapportée à leur superficie au sol, postes avions au contact inclus, a été réalisé:

Les chiffres varient de 0.17 à 0.33, avec une moyenne entre 0.20 et 0.25.

En première approximation, pour une zone terminale pas encore développée,

Capacité (en Mpax annuels) = 0.20 * superficie (en ha).

7 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007

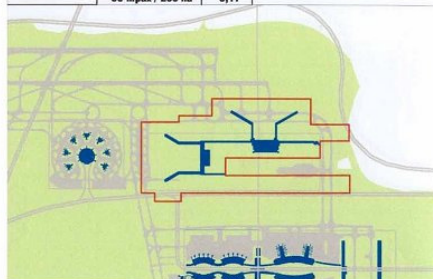
 **AÉROPORTS DE PARIS**

Aéroports existants

Osaka Kansai	Capacité / Surface	Ratio
	30 Mpax / 113 ha	0,27



Singapour	Capacité / Surface	Ratio
	35 Mpax / 206 ha	0,17



Hong Kong	Capacité / Surface	Ratio
	35 Mpax / 105 ha	0,33



Shanghai Pudong	Capacité / Surface	Ratio
	20 Mpax / 86 ha	0,23



LE TERMINAL PASSAGERS: DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement a pour objectifs:

- D'équilibrer la capacité des sous-systèmes,
- D'assurer une qualité de service déterminée,
- De permettre une flexibilité maximale,
- De faciliter les opérations des compagnies aériennes,
- De respecter les contraintes réglementaires,
- D'assurer la faisabilité et la constructibilité,
- De respecter les coûts de construction et d'exploitation pris en compte dans le business plan.

9 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LE TERMINAL PASSAGERS: DIMENSIONNEMENT

3 ETAPES:

- A. Définir les hypothèses de trafic, annuel, horaire, et ses caractéristiques (domestique, international, paramètres divers...).
- B. Réaliser une analyse fonctionnelle, qui consiste à décomposer l'aérogare en sous-ensembles que l'on va savoir dimensionner.
- C. Réaliser une analyse dimensionnelle pour chaque sous-système.
 - C0: comparaison avec des aérogares existantes,
 - C1: méthode des ratios (ou calculs statiques),
 - C2: méthode des scénarios (ou calculs dynamiques),
 - C3: simulation informatique des flux.

Vérification de cohérence en comparant les résultats d' au moins 2 méthodes .

10 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



A- LES HYPOTHESES DE TRAFIC

Le dimensionnement se fait sur une prévision de demande, ou **prévision de trafic, à un horizon de temps déterminé par la nature du projet.**

(25 ans pour un nouvel aéroport, 5 à 10 ans pour un nouveau terminal, 2 à 3 ans pour une réhabilitation d'une partie d'un terminal, etc...)

Il serait inapproprié de dimensionner des installations terminales pour une pointe horaire isolée ou pour un jour de pointe exceptionnel:

Sont communément utilisés:

- **La 40 ième, ou 30 ième heure de pointe de l'année,**
- **Le 40ième jour de pointe de l'année, ou le 30 ième,**
- **Le 85 ième percentile,**
- **Le deuxième jour le plus chargé d'une semaine d'activité moyenne du mois le plus chargé, ou journée type,**
- **Une semaine type du mois le plus chargé,**
- ...

11 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



B- LES DIFFERENTS SOUS-SYSTEMES D'UN TERMINAL PASSAGERS

L'analyse fonctionnelle doit être aussi exhaustive et précise que possible.

- 1- embarquement passagers
- 2- débarquement des passagers
- 3- acheminement des bagages au départ
- 4- livraison des bagages à l'arrivée
- 5- les correspondances
- 6- les services aux pax: boutiques, restauration, salons,...
- 7- l'exploitation commerciale des installations
- 8- le fonctionnement technique des installations
- 9- le fonctionnement et le personnel des différents organismes utilisateurs;
- 10- la sûreté et la sécurité

Interfaces aérogare/ accès ville (esplanades, parkings voitures, quais ...)

Interfaces aérogares/ aires de stationnement des avions.

Chacune des fonctions est décomposée en 4 catégories de zones:

traitement, stockage, liaison, inertes.

12 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LES NIVEAUX DE QUALITE DE SERVICE SELON IATA *

A	Niveau de service excellent. Fluidité des parcours, pas d'attente et niveau de confort excellent.
B	Niveau de service élevé. Flux stables, très peu d'attente et niveau de confort élevé.
C	Bon niveau de qualité. Flux stables, attentes acceptables et bon niveau de confort.
D	Niveau de service convenable. Flux irréguliers, attentes longues peu fréquentes et niveau de confort convenable.
E	Niveau de service insuffisant. Flux irréguliers, attentes longues trop fréquentes et niveau de confort insuffisant.
F	Niveau de service inacceptable. Flux se croisant, attentes inacceptables et blocage des circulations, et niveau de confort inacceptable.

Le niveau C est recommandé comme objectif minimal de programmation, pour un projet fonctionnel à des coûts raisonnables .

* ADRM édition 2004

13 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



C: LE DIMENSIONNEMENT DES RESSOURCES AÉROPORTUAIRES PAR LES RATIOS

Pour chacune des principales ressources du terminal passagers, les niveaux de qualité A,B,C,D, et E de l'ADRM sont explicités:

- Dimensionnement des zones d'attente à l'enregistrement (en m2 par occupant).
- Contrôles d'émigration et d'immigration (en m2 par occupant dans la file d'attente).
- Salles d'embarquement (en pourcentage d'occupation du sol).
- Salles de livraison des bagages (en m2 par occupant).

Des formules permettent de calculer le nombre de ressources nécessaires, en fonction du **temps de traitement standard**, et de la **demande en pointe** sur 30 minutes ou 10 minutes. Le **temps d'attente moyen** est également pris en compte.

14 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



EXEMPLES DE RATIOS ISSUS DE L'ADRM (IATA)

A : Excellent level of service ; condition of free flow ; excellent level of comfort
 B : High level of service ; condition of stable flow ; very few delays ; high level of comfort.
 C : Good level of service ; condition of stable flow ; acceptable delays ; good level of comfort
 D : Adequate level of service ; condition of unstable flow ; acceptable delays for short periods of time ; adequate level of comfort.
 E : Inadequate level of service conditions of unstable flow ; unacceptable delays ; inadequate level of comfort.
 F : Unacceptable level of service ; condition of cross-flows, system breakdown and unacceptable delays ; unacceptable level of cor

	A	B	C	D	E	F
WAITING AREAS						
Check-in Queue Area	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	
Wait/Check-ins	2,7	2,3	1,9	1,5	1,0	System
Hold room	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	Breakdown
Bag Claim Area	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	
Government Inspection Services	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	
<i>Based on 100 students</i>						
SEATING AREAS						
Area per Seat	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5	Breakdown
<i>Based on 100 students</i>						
SEATS AVAILABILITY						
Departure Hall	10%	5%	3%	1%	0%	
Domestic Waiting Lounge	90%	10%	60%	50%	40%	System
International Waiting Lounge	100%	95%	75%	65%	50%	Breakdown
Baggage Delivery Hall	5%	3%	1%	0%	0%	
Arrival Hall	20%	10	6%	3%	1%	
<i>Based on 100 students</i>						
MAXIMAL WAITING TIME						
Check-in	3	7	10	15	20	
Emigration <i>Maxwell</i>	2	3	4	5	8	System
Baggage Security Control	2	3	4	5	8	Breakdown
Customs	2	3	4	5	8	
Immigration <i>Maxwell</i>	3	7	10	15	20	
<i>Based on 100 students</i>						
EQUIPMENT AVAILABILITY						
Available Carrousel Isobelt / Bag	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	Breakdown
<i>Based on 100 students</i>						
PASSAGEWAYS						
Corridors	10	12,5	20	28	37	Breakdown
Stairs	8	10	12,5	20	20	

Level C is worldwide commonly applied as general planning process

C- LE TERMINAL PASSAGERS: METHODE DES RATIOS

LES STANDARDS DE PROGRAMMATION D' AEROPORTS DE PARIS:

- Plus complets et plus détaillés que les standards de l'ADRM, prenant en compte l'ensemble des éléments produits à l'issue de l'analyse fonctionnelle.
- Les calculs de dimensionnement sont faits essentiellement sur la 40^{ème} heure de pointe. Ce choix permet d'assurer le niveau de qualité souhaité B à 95 à 98% des passagers annuels.
- La capacité annuelle en passagers est également utilisée.
- Les standards de programmation sont adaptés à chaque projet, pour chaque profil de trafic prévu.

C- LE TERMINAL PASSAGERS: CALCULS DYNAMIQUES

Dans cette méthode, les flux sont évalués à partir de **scénarios d'avions**, décrits dans une feuille de mouvements prévisionnelle, et de **courbes de présentation des passagers** provenant d'enquêtes sur les habitudes de déplacement des passagers.

Le **nombre de personnes présentes** dans les différentes zones est calculé, par pas de temps relativement fin (10 minutes).

A l'intérieur du pas de 10 min. il est possible d'introduire des règles de distribution aléatoires (loi de Poisson).

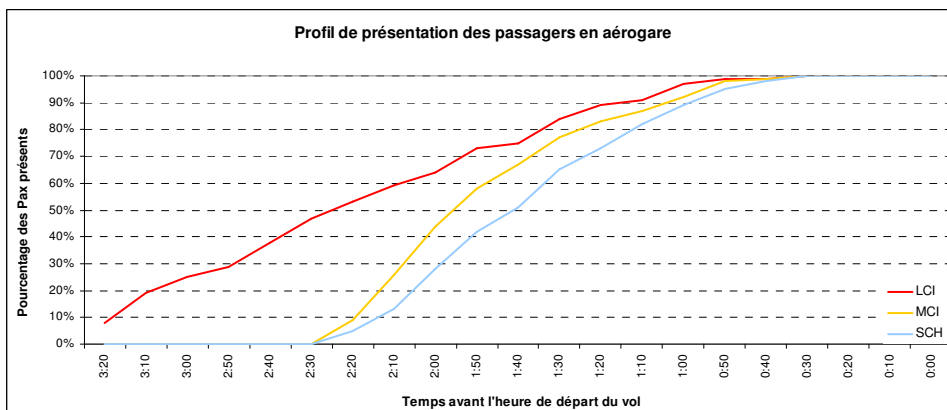
Le **dimensionnement** se fait par application de ratios aux valeurs maximales ainsi trouvées.

Pour améliorer cette méthode, ADP mène des enquêtes sur la **distribution des temps de traitement à chaque étape du process**.

17 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



C- UN EXEMPLE DE COURBE DE PRESENTATION



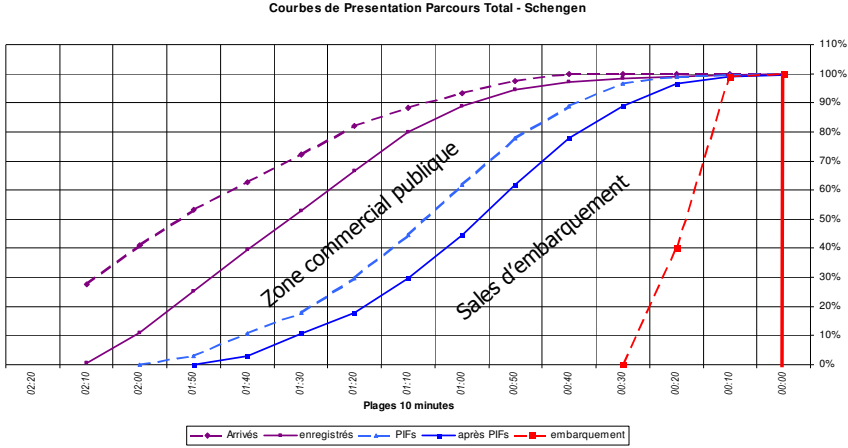
Ce type de profil peut être fait à chaque étape du process départ et arrivée.

18 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007

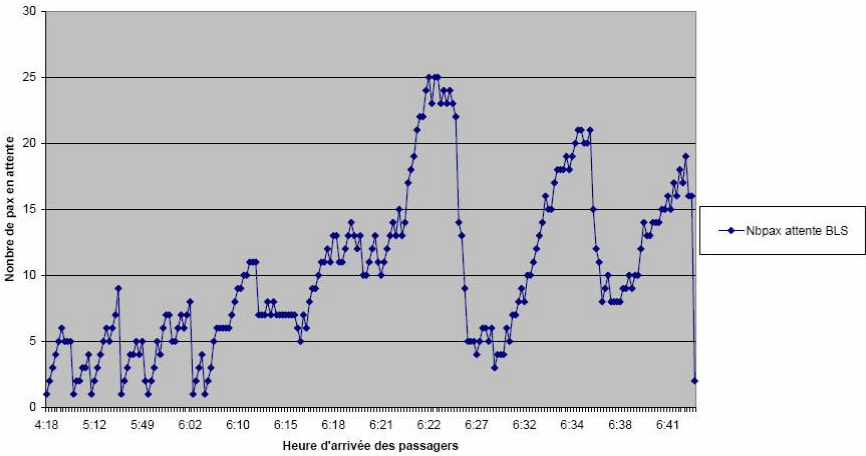


C- UN EXEMPLE DE COURBE DE PRESENTATION

Courbes de Présentation Schengen



C- UN EXEMPLE DE CALCUL DYNAMIQUE



Simulation dynamique du stock de passagers en attente aux BLS correspondance du futur S4: file d'attente par pas de 1 min. en pointe arrivée P1.

LE TERMINAL PASSAGERS: LA CAPACITE ANNUELLE

→ Deux méthodes différentes existent :

- **Méthode n°1 : « approche Airside »**
Calcul du rendement moyen par type de postes avions.
Détermination du nombre de circuits d'embarquement par terminal.

$$\text{Capacité} = \sum(\text{rendement}(i) * \text{nombre circuits}(i))$$

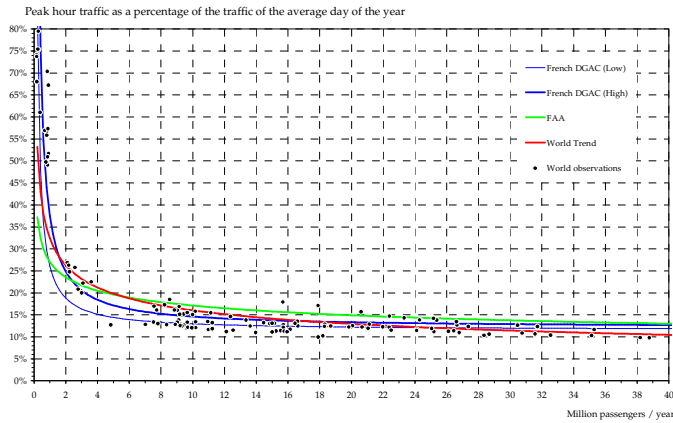
i = type de circuit

Type de circuit	
C	Gros Porteur contact
R	Gros Porteur éloigné
ic	Moyen Porteur international contact
sc	Moyen Porteur schengen contact
ir	Moyen Porteur international éloigné
sr	Moyen Porteur schengen éloigné
rj	3ième Niveau

21 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LA RELATION ENTRE POINTE HORAIRE ET CAPACITE ANNUELLE



Benchmark international.

22 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LE TERMINAL PASSAGERS: CAPACITE ANNUELLE

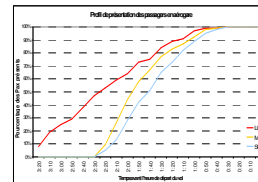
- **Méthode n°2 : « approche Landside »**

Utilisation des seuils COHOR : mécanisme d'alerte de capacité aéroport utilisé pour l'attribution des créneaux horaires à Paris-CDG:

Capacité = pointe horaire / tx pointe départ (terminal) * 365 * 2

avec pointe horaire = seuil capacité / lissage enregistrement

Le coefficient de lissage traduit la courbe de présentation des passagers:



23 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LE TERMINAL PASSAGERS: CONCLUSION

La capacité d'un terminal passagers dépend:

- Du programme des vols qui doivent y être traités, et de leur nature,
- Du choix du niveau de pointe pris en compte,
- Du niveau de qualité de service attendu pendant cette période de pointe.

Idéalement la capacité de chacun des sous-systèmes doit être homogène avec la capacité globale du terminal.

Proposition de IATA:

La capacité durable d'un terminal passagers est basée sur le niveau de qualité C de IATA pour chaque sous-système pendant les 10 minutes de pointe du jour type chargé (typical busy day).

24 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LE CALCUL DU NOMBRE DE POSTES AVION

Principes ADRM (éd. 9)

Le nombre de postes avions doit être calculé en fonction de

- La capacité maximale du système de pistes, **ou bien** les mouvements prévisionnels à l'horizon considéré,
- Le temps de traitement au sol de chaque avion,
- Les stationnements de nuit des avions basés.

Pour chaque type d'avions.

Un pourcentage élevé de postes au contact est nécessaire quand

- 1: la stratégie de la compagnie requiert des temps de retournement rapides
- 2: la stratégie de la compagnie requiert des temps de correspondance courts, (exploitation en « hub »),
- 3: les conditions météorologiques sont souvent difficiles.

Pour un « World Class Airport »: 90 à 95% de taux de contact en passagers.

25 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LE CALCUL DU NOMBRE DE POSTES AVIONS

Méthode: Manuel de planification d'aéroport, partie 1, OACI, 2nde édition.

N est le nombre de postes avion nécessaire:

Les avions sont classés selon leur typologie (LC, MC, 3^{ième} niveau....):i

$$N = \sum (T_i / 60 * N_i) + a$$

T_i = temps d'occupation en minutes pour les avions du groupe i.

N_i = nombre d'avions du groupe i à l'arrivée pendant l'heure de pointe.

a = nombre de postes de stationnement supplémentaires en réserve.

26 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LE CALCUL DU NOMBRE DE POSTES AVIONS

Méthode ITAC (fascicule 5):

N est le nombre de postes nécessaire

$N = 1.6 m$ (m est le plus grand du nombre de mouvements d'arrivée ou du nombre de mouvements départs prévu en 40 ième heure de pointe).

$N = m'$ (m' est le nombre total de mouvements commerciaux prévu en 40 ième heure de pointe).

$N = M / 2000$ (M est le nombre annuel des mouvements commerciaux).

- Retenir le chiffre le plus élevé.
- formules établies sur la base d'observations sur des aéroports de 1 à 4 MPax annuels.

27 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LE CALCUL DU NOMBRE DE POSTES AVION

Formule de Horonjeff *:

$$N = C * T / U$$

C est le plus grand du nombre d'arrivées ou de départ, à la 40 ième heure de pointe, en mouvements par heure.

T est le temps moyen d'utilisation du poste, en heure.

U est un coefficient d'utilisation, varie usuellement de 0,7 à 0,85.

Conclusions:

1- L'expérience et l'expertise du programmiste sont déterminantes.

2- Il est prudent d'approcher un dimensionnement par deux méthodes indépendantes, ce qui permet de fiabiliser le résultat.

28 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LA ZONE DE FRET

La zone de fret pour être « fonctionnelle - fluide » doit intégrer :

Pour chacune des gares qui la compose :

- la gestion du stationnement de ses employés (VL, à plat ou en silo)
- La gestion du stationnement de ses visiteurs
- La gestion du stationnement de ses poids lourds

- Le contrôle d'accès au différentes étapes du process
 - Contrôle documentaire des personnes
 - Contrôle physique des personnes et des marchandises

Pour l'ensemble de la zone :

- Parkings complémentaires PL/VL (base arrière par ex)
- Installations spécifiques (animalerie, terminal frigorifique, fleurs....)
- PARIF
- Adéquation du système routier et de transports en commun

29 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LA ZONE DE FRET: DIMENSIONNEMENT

La zone de fret suivant sa taille globale peut se décomposer en :

- **1^{er} FRONT**
 - Compagnies aériennes / agents de Handling
 - Eventuellement Postes de Stationnement Avions
 - PARIF
- **2nd FRONT**
 - Commissionnaires en transport
- **3^{ème} FRONT**
 - Services
 - Zones tertiaires
- **Inter modalité**
 - TGV Fret, par exemple...



Le ratio PDM qui en découle varie de 8T/Ha (MEM) à 53T/Ha (NRT)...
en Europe à partir de 12T/Ha, on considère la zone en voie de saturation (développement classique)

30 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007



LE TERMINAL FRET : DIMENSIONNEMENT

Le Terminal Fret (comme le Terminal Passagers) est l'interface des Zones Publiques et Zones Réservées Sûreté pour ce qui est du traitement du « Cargo » ; C'est un bâtiment « frontière ».

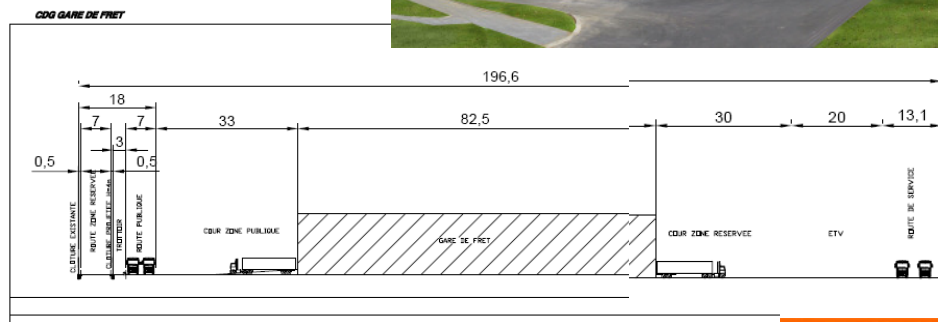
Analyse fonctionnelle et dimensionnement :

- Zone de traitement
en moyenne 7-8t / m2 (pour le General Cargo), « développement à plat ».
14T/m2 pour 20m de hauteur sous poutre (exemple de Dubaï).
- Bureaux et circulations
30% de la zone de traitement, en RDC ou en mezzanine.
- Quais et cours de manœuvres (ZP seulement ou ZP & ZRS – réf. CDG)
35m de profondeur + voirie

31 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007

 AÉROPORTS DE PARIS

UN EXEMPLE DE TERMINAL FRET : LA GB2 DE CDG



32 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007

 AÉROPORTS DE PARIS

LES MODELES DE SIMULATION UTILISES PAR AEROPORTS DE PARIS

ADP a développé des modèles de simulation à partir du logiciel ARENA pour l'analyse de flux de passagers et de circulations avion sur les aires de manœuvre.

Cet outil permet de modéliser le **comportement de ressources en charge permanente** (débit régulier) pour apprécier leur capacité nominale, ou bien la **qualité de service** (temps d'attente et stock) sur un **profil de trafic en entrée**.

• Le paramétrage de l'outil permet de tester facilement la sensibilité des résultats aux paramètres d'entrée.

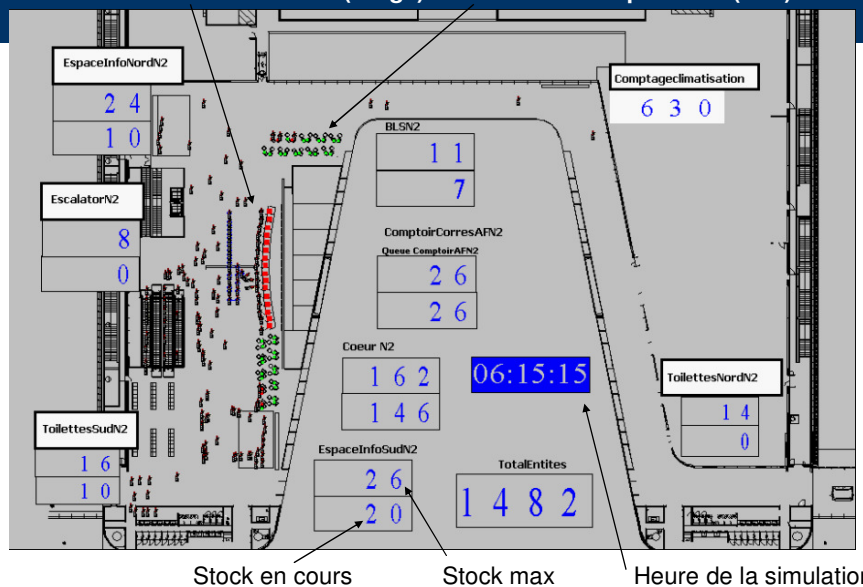
• Les résultats sont souvent présentés sur fond de plan pour une meilleure compréhension des phénomènes de flux mis en évidence.

• Des modèles génériques ont été développés pour pouvoir être adaptés au cas par cas selon la configuration locale : P.I.F optimisé, tapis de livraison bagage, file d'attente commune à N ressources en parallèle (par exemple, passage frontière), échanges bagage entre trieurs...

33 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007

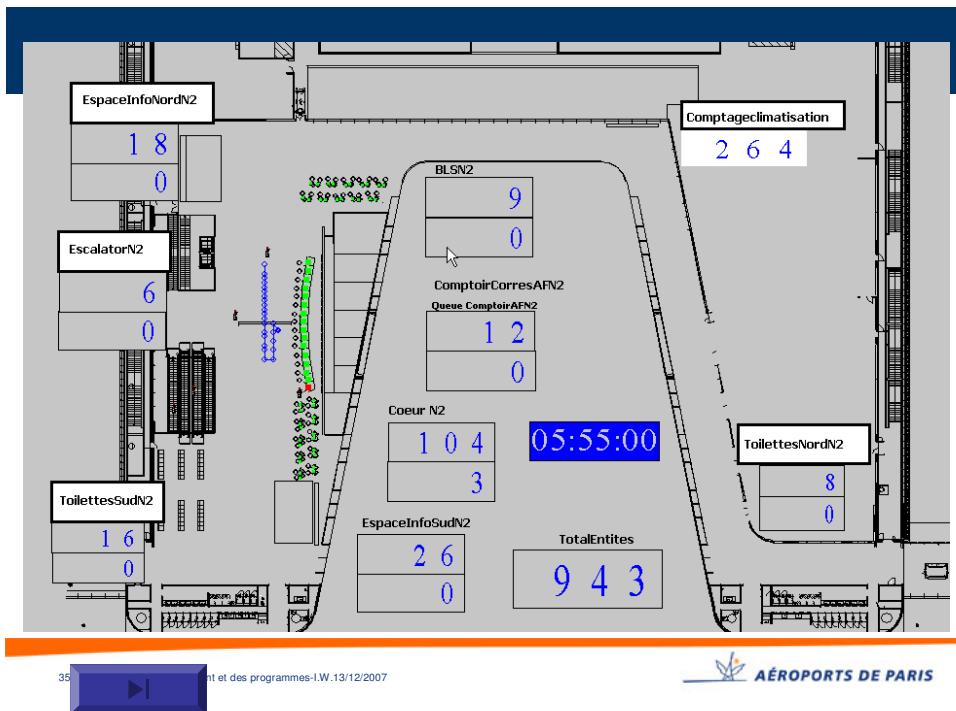


Ressources utilisées (rouge) Ressources disponibles (vert)



34 - Direction de l'Aménagement et des programmes-I.W.13/12/2007





LES OUTILS DE SIMULATION

Divers organismes publics ou privés ont développé des outils de simulation:

- Eurocontrol, la FAA, la DGAC (STBA), Aéroports de Paris, IATA, etc....

Une analyse bibliographique en est faite dans le document « Détermination de la capacité d'un aéroport » (DGAC/STAC novembre 2005).

Les outils de simulation permettent de vérifier l'adéquation des dimensionnements calculés aux besoins exprimés par le client, et d'optimiser le positionnement relatif des différentes installations et sous-systèmes d'un système plus global.

Ils sont également précieux pour mettre en évidence certaines composantes du trafic, par exemple les hyper pointes liées à des concentrations de correspondances.

1.2.2 Le cas de l'espace aérien du Royaume-Uni

Mark McLAREN, Head of Capacity & Environment Analysis, Navigation Air Transport Services - Royaume-Uni

« Comment définir ce qu'est une capacité aéroportuaire et comment l'intégrer dans un modèle général appliqué aux grands aéroports du Royaume Uni où la capacité fait défaut ? L'aéroport d'Heathrow, en particulier, est en limite de capacité, ce qui met au défi les gestionnaires pour trouver une capacité additionnelle dans un délai raisonnable.

● **La définition de la capacité aéroportuaire**, en matière de pistes, est le nombre de mouvements d'avion réalisés régulièrement, sur l'aéroport, compte tenu d'un niveau de retard prévu et accepté par tous les acteurs du transport aérien (aéroports, compagnies de transport, navigation aérienne). Avec ce seuil de retard acceptable, il est possible de calculer la capacité de chaque aéroport. Cette approche tient compte des pics de trafic qui ont lieu pendant la journée, principalement le matin, à midi et le soir. Une autre mesure est pratiquée pour déterminer la capacité journalière, sur une période de temps donnée et compte tenu des pics de trafic. Elle prend en compte un retard maximum de 10 minutes, au cours de la journée, pour un avion au sol, en attente de décollage, ou pour un avion en attente d'un atterrissage. Ce retard n'inclut pas les délais « en route » ou ceux qui résultent de problème d'infrastructures ou de passagers (aérogare) et ne concerne que l'efficacité de la piste elle-même.

Des contraintes s'imposent à chaque aéroport et influent sur la capacité opérationnelle d'une piste.

Le premier type de contrainte concerne la sécurité : les distances à respecter entre les avions, les risques de turbulences, les intervalles en approche, les incertitudes météorologiques. Le deuxième type de contrainte est la charge de travail des contrôleurs aériens, limitée par leurs capacités physiques. Des considérations commerciales enfin imposent que les délais d'attente soient les plus courts possibles pour les voyageurs. Il est donc nécessaire pour le transport aérien de concilier à la fois des impératifs de sécurité, la charge de travail des contrôleurs et les exigences commerciales en matière de délai.

Les facteurs opérationnels tels que la mixité du trafic entre des vols longs, moyens et courts courriers sont également significatifs dans la capacité aéroportuaire. A Heathrow, par exemple, les contrôleurs peuvent utiliser les files d'attente en vol et grouper les avions par catégorie pour minimiser l'espace entre eux et optimiser le trafic. La réactivité des pilotes intervient également : elle permet de libérer rapidement les pistes. **Les infrastructures** peuvent être également un facteur limitant : la configuration de l'aéroport avec une, deux pistes ou plus, tout comme leur emploi (l'une pour les arrivées, l'autre pour les départs ou leur emploi alternatif en arrivée/départ) et enfin, les contraintes environnementales, en particulier le bruit et les rejets polluants, sans oublier les conditions météorologiques qui peuvent également limiter le trafic.

● Quel est l'intérêt d'une **procédure officielle de déclaration de la capacité** ? Seize à dix-sept aéroports britanniques sont coordonnés par « l'Airport Coordination Limited » qui régule le trafic entre ces aéroports et veille à utiliser au mieux leur capacité disponible afin que n'apparaissent pas un trafic excédentaire sur l'un d'eux et une insuffisance de capacité sur les autres. Avec cette déclaration, les compagnies qui opèrent des vols au Royaume-Uni doivent avoir des « slots » qui sont attribués par le « National Allocating Coordination Group ».

Celui-ci tient compte des droits historiques acquis par certaines compagnies. En parallèle à cette organisation, le Royaume-Uni va faire l'objet, à travers l'expérience du « Ciel ouvert », d'un accord qui permettra un libre accès aérien aux Etats-Unis. Les « slots », en particulier à Heathrow ou Gatwick, constituent donc un enjeu fondamental pour les compagnies aériennes.

Les études du NATS concernent la capacité offerte par les grands aéroports, Heathrow, Gatwick, Stanstead, Manchester, Birmingham et même Dublin en Irlande. Ces grands aéroports manifestent un grand intérêt pour ces études alors que le trafic s'accroît et que la demande est parfois excédentaire à leur capacité.

- **Des études de saisonnalité du trafic** sont menées. Elles portent sur les douze mois de l'année pour les six grands aéroports dont Dublin Manchester et Birmingham et sur les six mois d'hiver pour les aéroports londoniens : Stanstead, Gatwick et Heathrow. Les études sont faites avec un an d'avance sur la saison et les chiffres et résultats sont disponibles pour la modélisation développée par le NATS afin de traiter et stocker l'information opérationnelle, notamment à l'affectation des « slots ». Ces études permettent de modéliser les horaires qui sont soumis aux compagnies et opérateurs afin de répondre au mieux à leurs demandes.

- En Grande Bretagne, la capacité aéroportuaire est répartie par le « **Runway Scheduling Committee** » qui joue un rôle de coordinateur entre les différents acteurs du transport aérien :

- la navigation aérienne, qui a la connaissance « opérationnelle » des capacités des aéroports et qui est apte à réguler au mieux le trafic dans sa dimension technique (distances de séparation des avions en vols, arrivées et départs) mais aussi à tirer parti, au mieux, des capacités existantes ;
- les compagnies aériennes, qui veulent préserver leur activité commerciale mais sans perdre de vue l'intérêt général du transport aérien et la nécessité de la coordination de tous pour le partage de la capacité ;
- le comité de coordination des « slots » (ACL) qui est responsable de leur attribution et de la part faite à chaque compagnie ;
- enfin les aéroports eux-mêmes, qui veulent maximiser leurs revenus à partir du service qu'ils rendent en termes de capacité de piste.

- **Le NATS utilise des paramètres** et des méthodes pour arriver à **une simulation** capable de rendre compte de la réalité. Les membres du NATS collectent les informations, au moins un an à l'avance, afin de fournir des chiffres aux modèles de simulation en temps accéléré. Ces informations concernent les données radar, aéroportuaires, météo, les données des pistes et de navigation aérienne. Des systèmes de reconnaissance vocal sont capables de mesurer le temps de réaction des pilotes aux instructions des contrôleurs aériens. Ces modèles ont été créés par le NATS et fonctionnent grâce à une base de données qui rassemble l'ensemble des informations. Ce modèle permet de déterminer quelle a été l'importance de l'occupation des pistes, quel est l'élément fondamental de la régulation du trafic, ainsi que le nombre d'avions susceptibles d'atterrir et de décoller. D'autres facteurs sont à prendre en compte comme l'accueil des passagers (accueil, bagages ...). La capacité d'un aéroport dépend de tous ces facteurs et caractérise le nombre d'avions qui peuvent arriver et partir de l'aéroport.

Les données sont ensuite clarifiées, validées, éventuellement complétées de façon à ce que chaque vol et chaque arrivée ou départ donne lieu à une information complète et fiable. Dans le cas d'Heathrow où il y a 1400 mouvements par jour pour deux pistes, soit à peu près 88 à 89 mouvements à l'heure, la performance est excellente par rapport au niveau mondial. **Une base de données appelée AMACS** (Airport Monitoring And Capacity System) recueille cet ensemble de données et les prépare pour une utilisation ultérieure dans le modèle Hermes de NATS. A partir de ces données, il est possible de déterminer les paramètres clefs de chaque aéroport, d'en faire un résumé opérationnel qui est présenté, en retour, aux compagnies aériennes, aux gestionnaires d'aéroports, et aux allocataires de « slots » pour indiquer l'efficacité de chaque aéroport et montrer en quoi il est possible de réduire le temps de réaction des pilotes. Le modèle peut décrire l'utilisation des pistes (arrivées, départs) et indiquer s'il y a des ressources qui sont inexploitées.

Avec ce modèle, il est possible de valider un retard acceptable, après simulation. Il est également possible de prévoir une certaine flexibilité dans les délais de façon à réguler la capacité tout au long de la journée et à gérer les pics de capacité. Après avoir intégré les séries de données itératives, trois réunions au cours de l'année permettent de caractériser les bases du modèle, de présenter la synthèse en cours, les « slots » demandés » et la simulation du modèle. Après avoir trouvé un accord, les caractéristiques de capacité sont dévoilées et les coordinateurs peuvent annoncer les capacités des aéroports (Conférence IATA).

● **En conclusion**, le processus de la déclaration de capacité est un objectif important pour atteindre un équilibre entre la sécurité d'une part et un niveau acceptable de retard compte tenu de très nombreux paramètres qui entrent en jeu dans la détermination des capacités. La méthode Hermes, utilisée par NATS depuis plusieurs années, est un outil de prévision remarquable qui fait l'unanimité chez les professionnels qui traitent de la capacité aéroportuaire. »



NATS

Runway Capacity Declaration

Mark McLaren
Head of Capacity & Environmental Analysis

13 December 2007



Outline

1. What is Runway Capacity?
2. The Runway Capacity Declaration process
3. Airport Studies support to the Capacity Declaration process
 - (i) Operational Summary
 - (ii) HERMES modelling



Runway Capacity definition:

The number of aircraft movements that may be scheduled to use a runway such that:

- the **average delay**, measured over a period of given length, does not exceed a specified value
- nor does the **peak delay**, measured over the same period, exceed another specified value

INCLUDE

Delays occurring from ensuring safe separation of a/c using runway

Arrivals: Holding Stack Delays

Departures: Holding Point Delays

EXCLUDE

External problems outside of airport ATC influence

Arrivals: en route delay

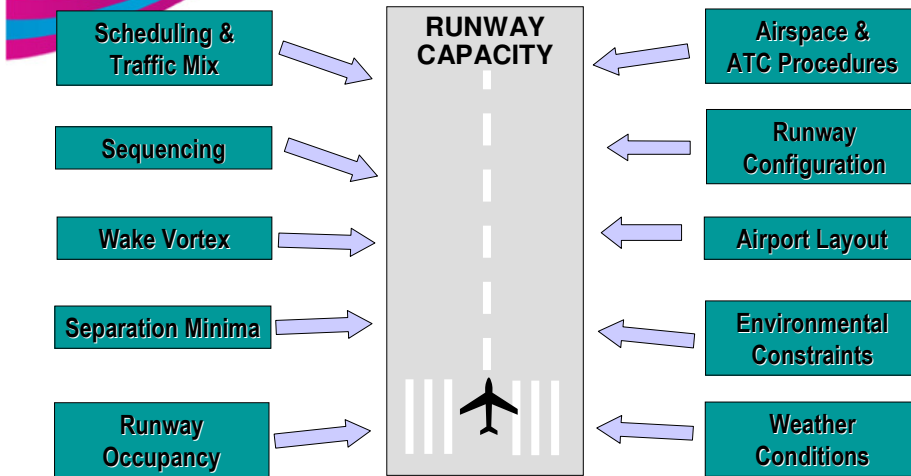
Departures: on stand (airline/ passenger / airport infrastructure problems)



Runway capacity is limited by:

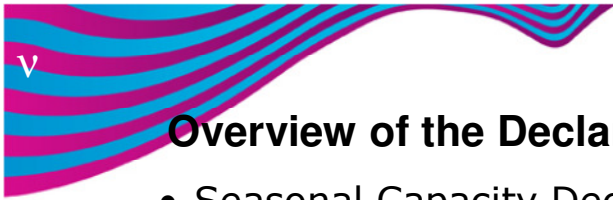
- Safety
 - Safe separations between aircraft
 - Controller workload
- Commercial acceptability
 - Minimal delay

Factors Affecting Runway Capacity



Why a Capacity Declaration Process?

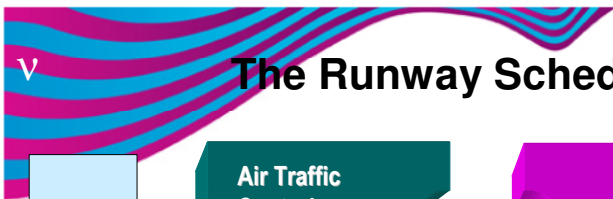
Title	Description	Characteristics
Fully co-ordinated (e.g. Heathrow, Gatwick, Stansted, Manchester)	Demand exceeds capacity during relevant period and can only be resolved through formal procedures to allocate available capacity and co-ordinate schedules	<ul style="list-style-type: none"> • Airlines must have a slot to operate • Slots allocated by co-ordinator • Historic rights exist • Slot exchange occurs



v

Overview of the Declaration Process

- Seasonal Capacity Declaration
 - Summer studies for 6 Airports
 - Winter studies for 3 London Airports
- Process starts a year in advance of the season in question
- Modelling of proposed schedules identifies associated delay and schedule feasibility



v

The Runway Scheduling Committee



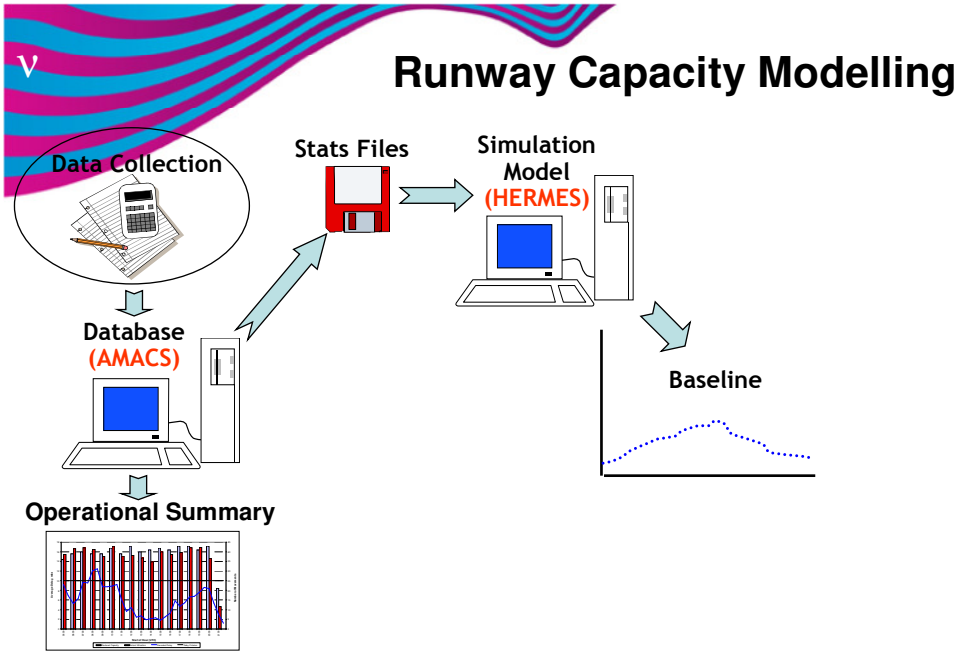
NATS Airport Capacity Studies team provide operational analysis and delay modelling to facilitate the discussions and the declaration of runway capacity

Runway Capacity Modelling

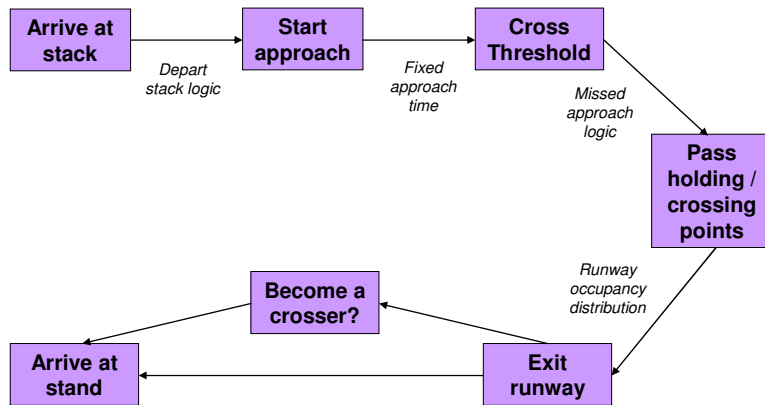


Key Data Sources

- Data Sources:
 - ADCS, SMR, Runway Logs, DVI, ARDAT, UKFDB, PLOG, MET Data, Watch Manager logs, Schedules
- Information collected:
 - Departure and landing times
 - Runway exit and entry times
 - Block times
 - Separation Times (AA, ADA, DD)
 - Pilot Reaction Times to clearances
 - Aircraft leave stand times
 - Cordon times
 - CFMU Flow Regulation

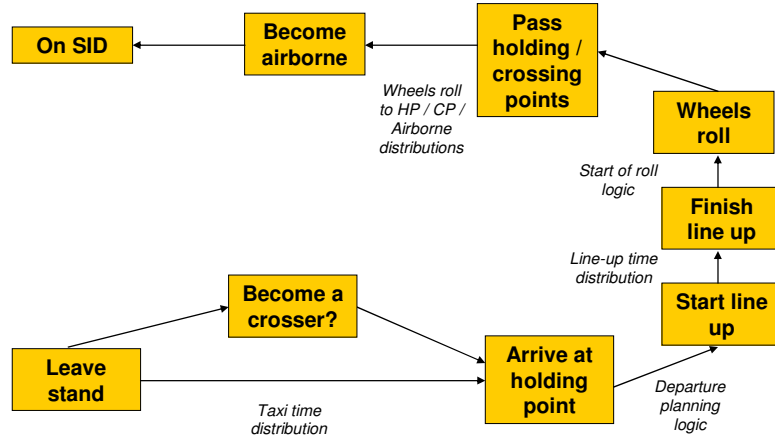


HERMES Simulation of Arrival Events

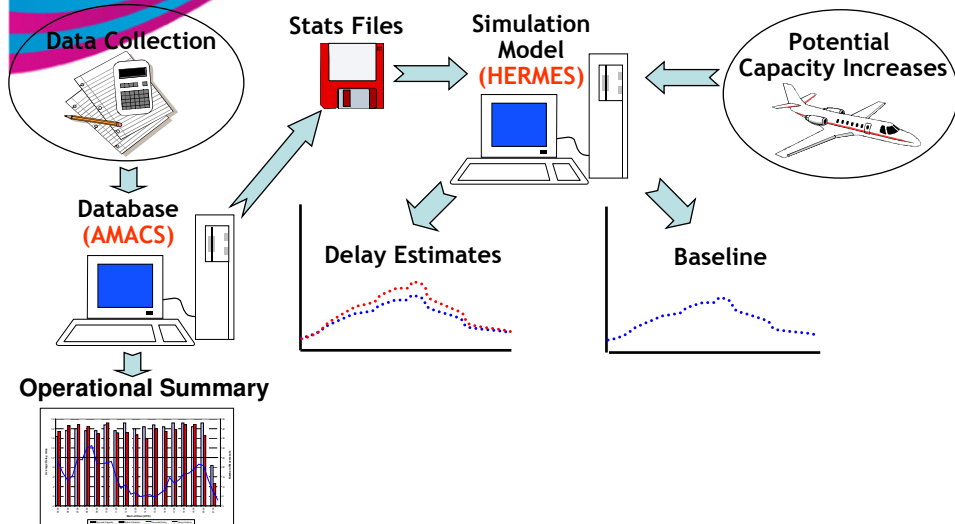


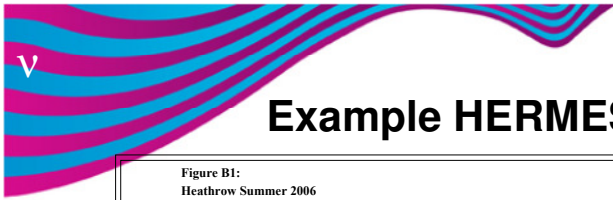


HERMES Simulation of Departure Events

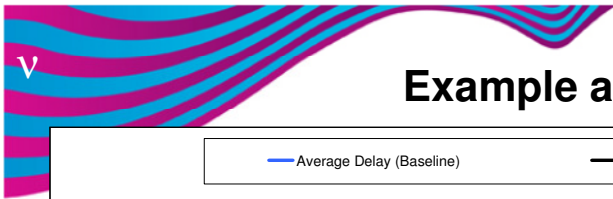
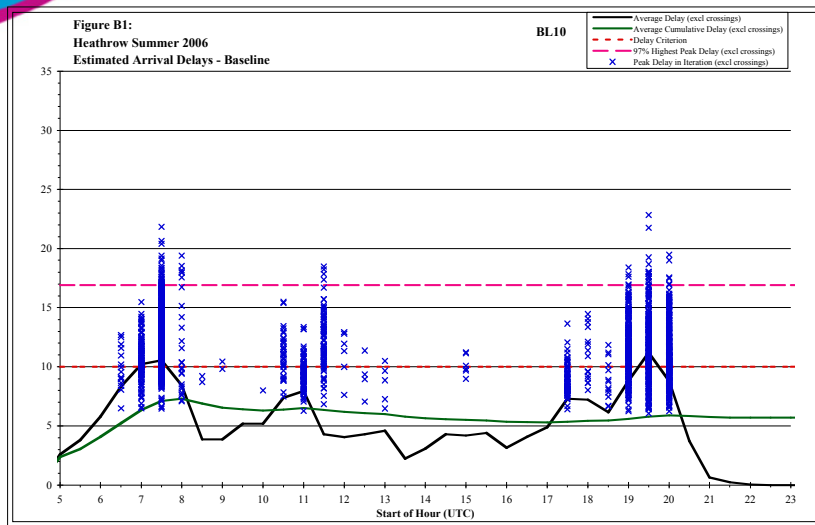


Runway Capacity Modelling

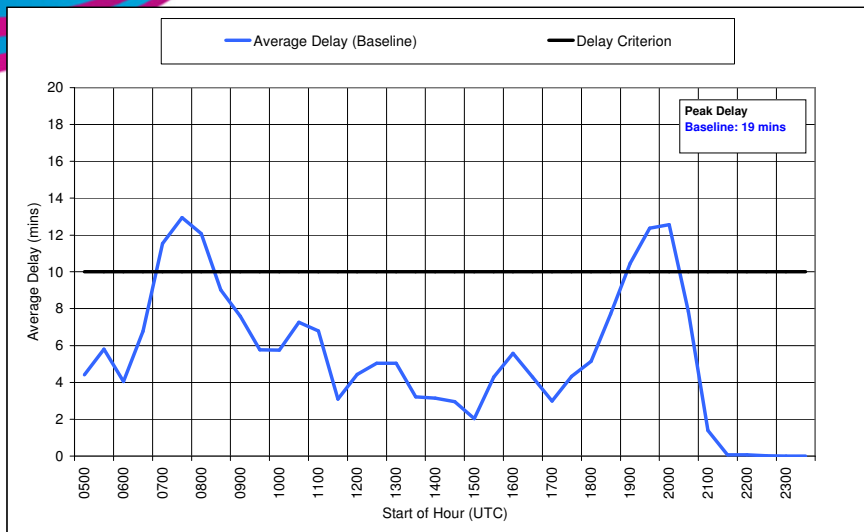


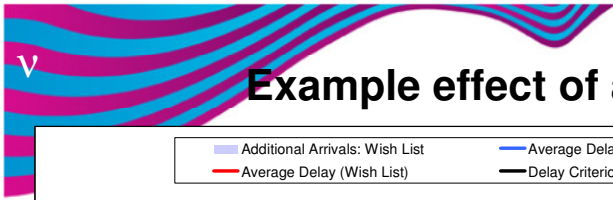


Example HERMES output chart:

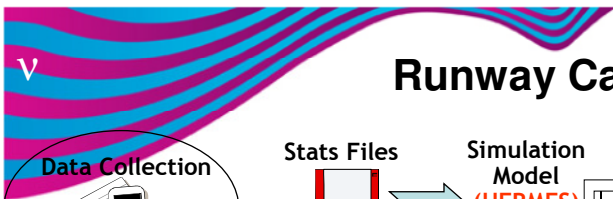
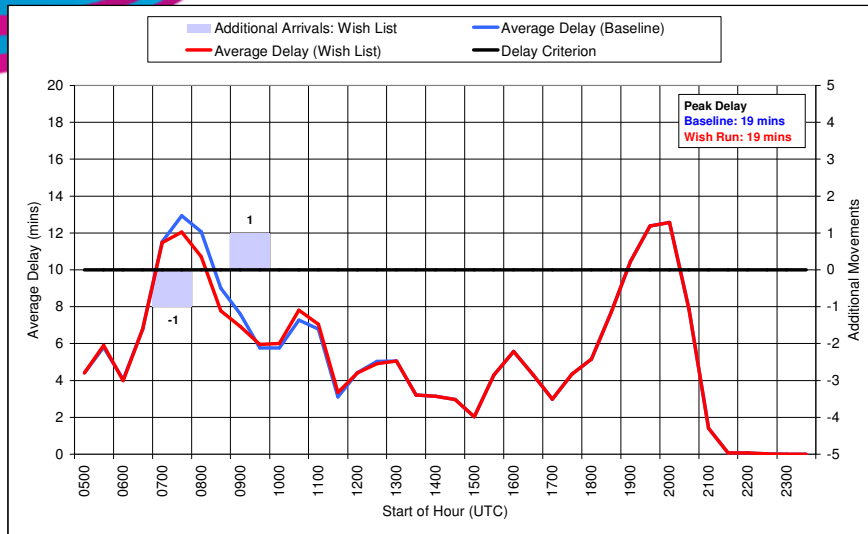


Example agreed baseline

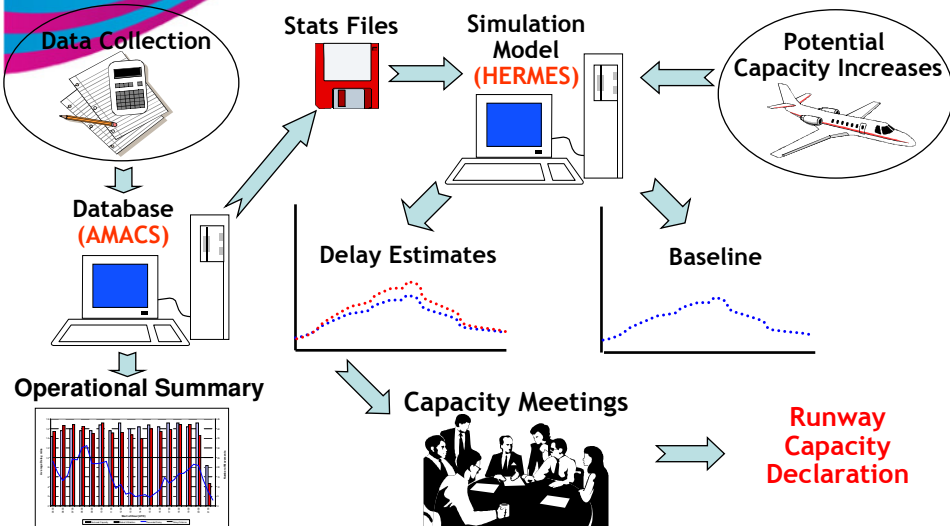




Example effect of a wish scenario



Runway Capacity Modelling





Summary

- Runway capacity declaration process required to reach a balance between SAFETY and MINIMISING DELAY amidst factors affecting runway capacity.
- HERMES is a useful tool to provide delay estimates in facilitating discussions towards the declaration of runway capacity.

II - QUELLES MARGES DE MANŒUVRE POUR LES DIFFÉRENTS ACTEURS ?

2.1 La régulation économique et environnementale

2.1.1 Rôle responsabilités, et difficultés du régulateur

Florence ROUSSE, Directrice de la Régulation économique, DGAC

« Dans l'environnement très concurrentiel du transport aérien, le régulateur a un rôle d'arbitre économique et environnemental. Son action est décisive en matière de capacité aéroportuaire car certains acteurs du transport aérien sont toujours désireux d'une augmentation de capacité.

La régulation fait intervenir de multiples facteurs et son domaine d'action est vaste. Parmi ces facteurs, la réglementation en matière de sécurité aérienne est déterminante et influe effectivement sur la capacité. Mais la régulation concerne également des domaines qui dépassent largement l'aviation civile, lorsqu'il s'agit par exemple des accès aux aéroports ou des transports terrestres routier et ferroviaire, qui sont souvent très liés à l'aviation civile et pour lesquels la DGAC a pourtant un rôle secondaire. Enfin, la DGAC est aussi le prestataire de service en matière de navigation aérienne.

Le domaine relevant du régulateur étant considérable, l'exposé sera limité à la partie la plus générale de la régulation. Les questions environnementales et les actions qui sont menées dans ce domaine seront abordées ensuite.

- **La régulation économique et environnementale a quatre domaines d'action touchant à la problématique « capacité ».**

Le premier consiste à **promouvoir l'augmentation des capacités** en incitant les gestionnaires d'aéroport à davantage d'initiatives en matière d'investissements. Ce problème qui touche l'Europe et le monde est peut être moins aigu en France.

L'optimisation de **l'utilisation des capacités** avec notamment, comme à Londres, la gestion des créneaux horaires (voir l'exposé de M. MacLaren). Un règlement européen encadre cette volonté d'optimisation.

Le troisième domaine d'action consiste à **mettre en place des mesures incitatives pour améliorer la performance environnementale de l'activité, et donc l'utilisation des infrastructures** ; par exemple, l'utilisation par les compagnies d'avions moins bruyants, ce qui augmente de facto la capacité. Au-delà de la capacité physique, il y a en effet une capacité environnementale (exemple : Paris-CDG).

Les **mesures réglementaires** sont un dernier domaine d'intervention. L'utilisation du couvre-feu, par exemple, signifie souvent une diminution de la capacité mais aussi le moyen de faire évoluer un aéroport et donc finalement de favoriser son développement.

- **La réglementation a considérablement évolué en une dizaine d'années, passant d'une planification centralisée à un environnement concurrentiel encadré par un régulateur, disposant d'une multitude d'outils.**

Il y a 20 ou 30 ans, le dispositif était extrêmement contrôlé par l'Etat :

- les aéroports étaient gérés par des structures publiques et les compagnies aériennes travaillaient dans un marché non concurrentiel, avec une compagnie nationale publique dominante ;
- l'Etat avait la haute main sur la planification du développement des aéroports ;
- les programmes d'investissements aéroportuaires étaient décidés par l'Etat ainsi que les modalités de leur financement. Ces dernières dépendaient du comité des investissements à caractère économique et social (CIES) qui se prononçait sur les demandes d'investissement. Cette procédure continue d'ailleurs pour certains aéroports ;
- les tarifs des redevances étaient fixés par l'Etat ;
- l'affectation des compagnies aériennes sur les aéroports et entre les terminaux était décidée par l'Etat, en particulier pour les aéroports parisiens.

En reprenant les quatre domaines d'action précédemment évoqués, le contexte, aujourd'hui est le suivant.

Il s'agit d'inciter les aéroports à faire les bons choix d'investissements, au bon moment. La planification des investissements aéroportuaires doit être prévue plusieurs années à l'avance, de façon à anticiper l'évolution du trafic. Le manque de planification des investissements est à l'origine des difficultés rencontrées par les aéroports face à l'accroissement du trafic. En matière de programme d'investissements, la DGAC ne s'occupe plus que des principaux aéroports français, les autres ayant fait l'objet d'un vaste mouvement de décentralisation. De nombreux aéroports de province sont gérés par des collectivités qui en sont les propriétaires et qui décident de leur stratégie de développement. Certains d'entre eux sont de grands aéroports, comme Beauvais ou Lille.

Ces aéroports ont vocation à passer avec l'Etat un contrat de régulation économique (CRE) pluriannuel, où il est demandé au gestionnaire de l'aéroport de prévoir et de s'engager fermement sur un programme d'investissement minimal. Le premier contrat de régulation économique a été signé entre l'Etat et ADP en février 2006.

L'intérêt de cette formule est de permettre une visibilité sur le niveau des redevances qui permettra à long terme de couvrir le coût des investissements. Nous sommes en France dans un système de simple caisse. Cela signifie que le contrat de régulation économique ne porte pas uniquement sur les domaines d'activité aéronautique de l'aéroport, qui sont liés aux redevances aéroportuaires, mais sur un périmètre plus vaste, permettant à l'aéroport de faire bénéficier à la partie purement aéronautique des bénéfices qui peuvent être retirés de ses activités extra aéronautiques.

Les contrats de régulation économique peuvent inclure des mécanismes incitatifs particuliers. Le contrat de régulation d'Aéroports de Paris prévoit par exemple une pénalisation financière si un minimum d'investissement n'a pas été mis en place.

Par ailleurs, une certaine liberté est laissée à l'aéroport pour introduire des modulations, prévues par la loi d'avril 2005, pour motif d'optimisation de la capacité. Les modulations peuvent être liées à la congestion. Cet outil, difficile à mettre en œuvre, n'est pour l'instant, pas utilisé. Il existe également une possibilité de modulation de certaines redevances en fonction du bruit des avions.

Une alternative, utilisée par les aéroports de province, est la modulation des tarifs pour création de nouvelles liaisons. Elle a un effet sur la répartition et l'optimisation des capacités entre Paris et la province. C'est un outil assez largement utilisé, mais très encadré par les règles de concurrence communautaire.

Un dernier point : les créneaux horaires. Ils permettent d'optimiser les capacités existantes. Cela permet aussi, de mettre en œuvre des dispositions environnementales, qui sont réglementaires ou incitatives. Par exemple, le plafond du trafic d'Orly est géré par l'attribution des créneaux horaires dont le nombre est plafonné. De même à Charles-de-Gaulle, un dispositif vise à diminuer progressivement le nombre de créneaux nocturnes attribués. Dans ce cadre, une compagnie aérienne qui n'a pas exploité un vol pendant plus d'une saison perd ses créneaux qui sont définitivement retirés du « pool » de créneaux disponibles de nuit.

● **Les difficultés rencontrées par le régulateur sont multiples.**

Un des problèmes majeurs est l'absence de visibilité sur la stratégie des acteurs et en particulier sur la stratégie des compagnies aériennes. Il y a des distorsions entre l'horizon des investissements et des capacités et la stratégie de croissance des compagnies. L'actualité nous le montre, avec la procédure d'achat d'Alitalia.

Des contentieux de plus en plus fréquents sont portés devant les tribunaux, au fur et à mesure que s'installe une grande souplesse dans l'utilisation des multiples outils tarifaires.

Une autre difficulté vient de la multiplication des outils de régulation, de gestion des créneaux, de réglementation et de modulation des redevances. Ce caractère morcelé finit par masquer l'impact et l'efficacité réelle de chaque instrument.

Il y a également un problème spécifique d'évaluation des acteurs pour les inciter à améliorer leur performance. Il est difficile d'évaluer, en particulier, la qualité de service spécifique de chacun des nombreux acteurs qui interviennent dans le cadre de l'aéroport et dont les activités sont interdépendantes. Enfin, il faut s'adapter en permanence à l'évolution du contexte du marché (regroupements de grandes entreprises, manque de visibilité). Le phénomène de croissance des compagnies bas coût, qui a des effets importants et immédiats sur les aéroports sur lesquels ces compagnies s'implantent, en est un exemple assez pertinent

● **Quelles évolutions en matière de régulation** alors que la palette d'outils pour la régulation est déjà largement utilisée ? Trois pistes peuvent être explorées :

La première concerne **les créneaux environnementaux** et consiste à moduler l'attribution des créneaux en fonction de la performance environnementale des avions. C'est une piste déjà utilisée la nuit à Londres. Elle est à l'étude en France mais s'avère peu intéressante puisque, la nuit, nos créneaux sont en décroissance.

La tarification de congestion est une seconde voie qui paraît difficile à mettre en œuvre. Aucun exemple d'application de cette solution à l'heure actuelle n'existe. Il serait nécessaire, dans ce cas, de choisir entre une tarification à visée environnementale, une tarification de congestion et d'autres facteurs. Pour être incitative cette tarification ne devrait pas compenser les effets d'une autre et éviter les effets induits. La réflexion devra se poursuivre sur ce point.

Troisièmement, la **directive communautaire sur les redevances aéroportuaires**. Elle n'apporte pas de grandes nouveautés par rapport au cadre de régulation nationale, mais elle a un effet d'harmonisation potentiellement important en Europe. Elle insiste notamment sur les procédures de consultation entre aéroports et compagnies aériennes, ainsi que sur la transparence des informations échangées.»



direction générale
de l'Aviation civile

Direction de la
Régulation Economique

Séminaire : « Quelles capacités disponibles pour un développement durable du transport aérien ? »

13 décembre 2007

**Régulation économique et
environnementale**

Florence Rousse



direction générale
de l'Aviation civile

direction de la régulation
économique

Régulation économique et environnementale

- 1) Rôles du régulateur français
- 2) L'évolution de la régulation : de la planification centralisée à la multiplication et complexification des outils utilisés
- 3) Les difficultés rencontrées par le régulateur
- 4) Des nouvelles pistes ?

Rôles du régulateur français

- Inciter à l'augmentation des capacités par les investissements
- Mieux gérer les infrastructures existantes pour optimiser les capacités (exemple des créneaux horaires)
- Mesures incitatives pour améliorer la performance environnementale de l'activité / donc l'utilisation des infrastructures
- Mesures règlementaires

L'évolution de la régulation : de la planification centralisée à la multiplication et complexification des outils de régulation utilisés (1/4)

- Autrefois, un dispositif complètement contrôlé par l'État :
 - aéroports d'État gérés par des structures publiques, compagnie aérienne nationale publique
 - planification par l'État des développements aéroportuaires
 - programmes d'investissements aéroportuaires et leurs modalités de financement décidés par l'État (procédure CIES)
 - les tarifs des redevances fixés par l'État
 - Affectation des créneaux sur les aéroports et entre les terminaux

L'évolution de la régulation : de la planification centralisée à la multiplication et complexification des outils de régulation utilisés (2/4)

- Les principaux dispositifs actuels : en matière de **programmes d'investissement des aéroports**
 - L'État ne s'occupe plus que des principaux aéroports (les autres ont été décentralisés).
 - Les exploitants ont des cahiers des charges avec obligations de résultats.
 - Les programmes d'investissements ont maintenant vocation à être définis de manière pluriannuelle dans le cadre des contrats de régulation économique contenant des facteurs incitatifs.

L'évolution de la régulation : de la planification centralisée à la multiplication et complexification des outils de régulation utilisés (3/4)

- Les principaux dispositifs actuels : en matière de **tarification des redevances des aéroports**
 - Une incitation de base à la réalisation des investissements : rentabilité des investissements « garantie » ; principe de juste rémunération de l'exploitant ; principe de la simple caisse
 - Les contrats de régulation peuvent inclure des mécanismes incitatifs particuliers : exemple du facteur « INV » du contrat de régulation d'ADP
 - Des modulations pour motif d'optimisation de la capacité sont possibles, notamment depuis la nouvelle loi des aéroports avril 2005.

L'évolution de la régulation : de la planification centralisée à la multiplication et complexification des outils de régulation utilisés (4/4)

- Les principaux dispositifs actuels : **en matière de créneaux horaires** (gestion de la capacité existante)
 - Les aéroports de Paris - Charles-de-Gaulle, Paris - Orly, Lyon - Saint-Exupéry et Nice – Côte - d'Azur sont coordonnés en application du règlement communautaire afin de garantir, notamment, une concurrence équitable entre les différents acteurs.
 - A CDG et Orly, il y a des dispositifs à visée environnementale appuyés sur les créneaux :
 - plafond de 250 000 créneaux annuels à Orly
 - dispositif depuis 2002 à CDG pour réduire le nombre de mouvements nocturnes (tout créneau non utilisé est retiré)

Les difficultés rencontrées par le régulateur

- Le régulateur manque d'information et de visibilité sur la stratégie des différents acteurs : problème de l'asymétrie d'information
- Des contentieux devant les tribunaux de plus en plus fréquents
- Le caractère morcelé des différents outils de régulation
- L'évaluation des mesures est problématique
- Il y a un problème spécifique concernant les sujets incluant différents acteurs
- Le régulateur doit s'adapter en permanence à l'évolution du contexte (exemple de l'émergence des compagnies low-cost)

Des nouvelles pistes ?

- Les créneaux environnementaux ?
- Qu'apporterait dans le cas européen une tarification de congestion ?
- Impact du projet de directive communautaire sur les redevances aéroportuaires ?

2.1.2 Les enjeux de la régulation et de la réglementation

Philippe AYOUN, Sous-Directeur de la Prospective, du Développement et de l'Environnement, Direction des affaires Stratégiques et Techniques, DGAC

« **Le bruit ou la pollution sont l'objet de la réglementation environnementale spécifique au secteur aérien**, mais d'autres textes, de portée plus générale, portant par exemple sur l'eau ou les déchets concernent également le secteur.

Cette réglementation est régie par quelques principes généraux :

- au niveau international, le transport aérien est réglementé par la convention de Chicago ;
- à l'échelon national, la réglementation définit les règles du jeu et repose sur deux principes fondamentaux : la concertation et la transparence ; si des restrictions à l'activité aérienne doivent être posées, elles doivent être définies et évaluées aéroport par aéroport, selon le principe de l'approche équilibrée.

L'Union Européenne joue un rôle émergent et croissant en la matière.

Quelques exemples permettent d'illustrer les dimensions environnementales de la réglementation.

Dans le domaine du bruit, les compagnies procèdent au retrait des catégories d'avions les plus bruyants, respectent des trajectoires définies (VPE) et des restrictions d'horaires (pouvant aller jusqu'à un couvre-feu).

Depuis 2001, tous les avions relèvent du chapitre 4 et la construction aéronautique applique des normes figurant dans l'annexe 16 de la convention de Chicago comprenant un volet bruit (Volume 1) et un volet pollution (Volet 2).

Les réglementations environnementales à portée économique permettent de moduler les redevances aéroportuaires pour le bruit ou la pollution, disposition appliquée (pour la pollution) à Zurich ou Stockholm, mais pas encore en France.

Les taxes affectées (TNSA) relèvent également de la réglementation ainsi que le projet d'intégration de l'aviation dans le système d'échange de droits CO₂.

Enfin, des réglementations permettent d'organiser la transparence, le contrôle et la concertation entre les acteurs. Elles précisent le rôle de l'ACNUSA dans la prévention du bruit, celui de la commission consultative de l'environnement et de la commission pour l'aide aux riverains, mais aussi l'application de la nouvelle directive sur la cartographie du bruit dans le domaine aérien.

● **Le cadre réglementaire est, bien sûr, appelé à évoluer.**

Il a dans un premier temps concerné exclusivement le bruit, mais peut s'étendre à d'autres domaines, comme la pollution de l'air qui devient une préoccupation réelle dans l'esprit des citoyens. Une réglementation est, par exemple, envisagée en faveur d'une moindre utilisation des unités auxiliaires de puissance, les APU dès lors que les aéroports proposent une alimentation électrique alternative.

Au-delà de l'évolution du champ d'application, il est possible d'envisager une autre manière de réglementer en particulier sur la prise en compte de critères environnementaux dans l'attribution des créneaux. Ce sujet est discuté dans plusieurs pays européens.

Les dimensions économiques, territoriales et sociales, devraient enfin être systématiquement plus systématiquement abordées.

● **Une meilleure évaluation de la réglementation est nécessaire.**

Des exigences essentielles sont à prendre en compte parmi lesquelles la non discrimination des règles et la vérification que l'on puisse véritablement les faire appliquer. L'adaptabilité s'impose également comme un aspect majeur de la réglementation. Celle-ci doit pouvoir évoluer par rapport à un nouveau contexte ou faire marche arrière lorsque cela s'impose. C'est un grand sujet auquel il faut penser avant même d'avoir commencé à rédiger une ligne de loi ou de décret.

Des tentations contradictoires sont aussi à éviter : être trop simpliste (au risque d'ignorer la diversité des cas ou de passer à côté de dimensions incitatives) ou être trop détaillé et trop compliqué. La TNSA (taxe sur les nuisances aériennes) en est un bon exemple puisque certains acteurs prônent une modulation accrue (complexe) au nom du principe pollueur-payeur alors que d'autres critiquent la complexité du dispositif existant.

• Quelles pistes de progrès peut-on suivre ?

L'évaluation de la réglementation doit tenir compte de multiples dimensions. Il est possible d'évoquer à ce sujet le cas des contraintes d'urbanisme du PEB qui doit s'adapter aux nouvelles exigences sociales en matière de logement et d'environnement mais aussi préserver l'activité aérienne.

L'aide apportée aux riverains devrait être optimisée en particulier au niveau de l'insonorisation, en tenant compte également de la dimension thermique.

Il faut également disposer d'études et utiliser toutes les connaissances, les analyses et la réflexion réglementaire et scientifique. Il est intéressant, par exemple, de savoir quel est le véritable impact du bruit ou de la pollution sur la santé et la qualité de la vie.

Une autre piste de progrès essentielle est de considérer que les services de l'Etat ne sont pas les seuls à détenir le savoir. Cette piste renvoie à l'idée de la pluralité de l'expertise : il faut effectivement beaucoup plus travailler avec les acteurs, les professionnels, les territoires.

Privilégier les démarches volontaires chaque fois que cela est possible. La réglementation imposée n'est pas la seule méthode à envisager. D'autres sont possibles, comme les chartes de l'environnement qui se mettent en place. Il y en existe une au Bourget qui vient d'être signée. L'aéroport de Paris-CDG devrait suivre. D'autres démarches volontaires existent, pour l'aviation générale, dans le cadre de petits ou de grands aéroports.

Enfin une réflexion globale doit être menée en intégrant les dimensions environnementales, économiques et sociales, et en s'inspirant des expériences étrangères. »

Régulation et réglementation environnementales: quels enjeux?

P.Ayoun - Séminaire de la DAST du 13 décembre 2007



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Les objets de la réglementation environnementale

- *Réglementations spécifiques: bruit, survol*
- *Réglementations générales (eaux, déchets, études d'impact...)*
- *Sujets émergents: pollution locale, réchauffement climatique*
- Des principes généraux:
 - cadre fixé par la convention de Chicago
 - au niveau national: notamment l'organisation économique, de la concertation et de la transparence
 - les restrictions doivent être fixées aéroport par aéroport selon le principe de l'approche équilibrée
 - un rôle croissant dans ce domaine du niveau européen et l'émergence d'initiatives locales



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Exemples de réglementations

- Bruit - restrictions d'usage (chapitres 2, 3 les plus bruyants); trajectoires à respecter (VPE); utilisations « bruyantes », restrictions horaires (limitations, couvre-feu..)
- Normes constructives: Annexe 16 convention de Chicago Vol1 (bruit) et 2 (polluants locaux)
- Réglementations environnementales à portée économique: TNSA, modulation des redevances pour le bruit ou la pollution (comme à Zürich ou Stockholm), intégration de l'aviation dans le système d'échanges de droit CO2
- Exigences de transparence, de concertation, de contrôle: CCE, CCAR, ACNUSA, Cartographie bruit, y compris dans des cadres plus larges (PPA, PRES...)

Quelques évolutions possibles du cadre réglementaire

- La prise en compte de la pollution de l'air (APU..)
- De la réglementation à la régulation, notamment pour concilier et croissance et stabilité ou diminution des nuisances

vers la prise en compte de critères environnementaux pour l'attribution des créneaux?

- Aborder simultanément les dimensions économiques et territoriales et les dimensions sociales

Une nécessité: mieux évaluer la réglementation

- Des exigences essentielles:

non discrimination, égalité de traitement

ne rien imposer qu'on ne puisse faire respecter

transparence, concertation pour les objectifs et la mise en œuvre
adaptabilité

- Des tentations à éviter:

des règles trop frustes face à la diversité des situations et des acteurs

des règles trop compliquées (manque de clarté, effets pervers,
difficulté de prévoir les conséquences)



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Quelques pistes de progrès (1)

- L'évaluation:

ex: comment faire évoluer les contraintes d'urbanisme (PEB) compte tenu des nouvelles exigences sociales mais aussi dans un souci de préserver l'activité aérienne

comment optimiser l'aide apportée aux riverains (de l'aide à l'insonorisation à la participation au renouvellement urbain, aux économies d'énergie...)

disposer de méthodes objectives et dépassionnées de l'impact du bruit ou de la pollution aériennes sur la santé, sur les coûts et avantages des restrictions nocturnes...



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

Quelques pistes de progrès (2)

- Travailler avec les acteurs et les territoires:

pluralité de l'expertise (G. Faburel)

- Privilégier, à chaque fois que c'est possible, les démarches volontaires
(chartes de l'environnement..)

- Intégrer à la réflexion environnementale les dimensions économiques et
sociales, évaluer les expériences locales et étrangères



DAST PDE
Service technique
de l'Aviation civile

2.1.3 Quelles solutions à la congestion des aéroports ?

Kurt VAN DENDER, Transport Policy Forum, OCDE

« **Malgré un contexte différent, les Etats-Unis et l'Europe font face à un même problème de pénurie de capacité aéroportuaire.** Les recommandations qui sont faites, de part et d'autre de l'Atlantique, pour décongestionner les aéroports, sont néanmoins très marquées par les spécificités de chaque continent.

- **La problématique générale est de savoir comment satisfaire une demande croissante** avec des capacités aéroportuaires à peu près stables. Dans la pratique, cela revient le plus souvent à ne pas satisfaire la demande.

Quelles solutions peut-on apporter au problème du manque de capacités ? En faisant abstraction du contrôle aérien et de l'impact des conditions météorologiques, il y a deux sortes de mesures : construire plus de capacités ou améliorer les capacités disponibles. Il est possible évidemment de combiner les deux types de mesures. Enfin, ne rien faire est également possible, mais cela s'avère être la pire des solutions.

Il est justifié dans certains cas **d'offrir davantage de capacité**, malgré les coûts élevés des terrains, des infrastructures et des nuisances environnementales. Dans le cas des aéroports du Sud-est du Royaume Uni, les analyses coûts/bénéfices montrent que l'ajout d'une piste à Stansted produirait des bénéfices quatre fois supérieurs aux coûts. Le raisonnement vaut également pour une troisième piste à Heathrow et avec une utilisation maximale des capacités actuelles. Dans ce calcul, les coûts environnementaux ont une grande importance. La tonne de CO₂ est valorisée à 30 euros, elle est de l'ordre de 350 euros par tonne dans le rapport Stern. Malgré tout le rapport coûts/bénéfices continue d'être favorable à l'accroissement de capacité dans certains cas.

Il est possible également de palier le manque de capacité par **une meilleure utilisation de la capacité disponible**. Beaucoup de recherches sont faites sur le sujet. Une distinction est faite entre les Etats-Unis et l'Europe parce que le système d'allocation de créneaux est différent. Il n'y a pas de rationnement de la demande en matière de pistes aux Etats-Unis. Les compagnies aériennes planifient leurs horaires, puis se mettent sur une liste d'attente pour un créneau aéroportuaire. En Europe, les créneaux sont pré-assignés et le nombre de créneaux est fixé à l'avance. Il est intéressant de savoir si chacun de ces mécanismes d'allocation conduit à une utilisation optimale de la capacité.

- Aux **Etats-Unis**, le nombre de créneaux n'est pas limité, aussi un manque de capacité conduit souvent à une congestion. Celle-ci apparaît dès lors qu'une compagnie aérienne ajoute un vol à un système de vols déjà très dense. Le vol supplémentaire va augmenter le retard de tous les autres vols. La compagnie tiendra compte de l'impact en termes de retards sur ses autres vols (effet négatif sur ses résultats) mais négligera les retards imposés aux autres compagnies. L'ensemble de ces retards nuit à l'efficacité du système. L'utilisation des capacités est inefficace. Dans ce cas de figure, le rôle de la structure du marché est complexe. En bref, plus la concurrence entre les compagnies aériennes à l'aéroport est intense moins les compagnie tiendront compte des délais imposés à ses propres vols. L'intensité de la compétition n'engagera pas une compagnie à réduire le nombre de ses vols parce que cette réduction profitera à une compagnie concurrente. Pour que les compagnies n'ignorent pas les retards induits, le système utilise des **redevances de congestion**. Le potentiel de redevances est malgré tout plus limité pour les aéroports que pour la route. Un usager de la route se trouve dans une situation

de concurrence parfaite, donc il ignore tout des délais imposés sur les autres usagers. Cela n'est pas toujours le cas pour les compagnies aériennes.

● **La situation européenne** est un peu plus complexe. En Europe, les compagnies aériennes utilisent des créneaux pré assignés qui sont attribués selon les systèmes de droits historiques ou de « droit du grand-père ». Ce système ne constitue pas une garantie d'utilisation efficace. Parmi les sources d'inefficacité, on peut citer l'utilisation d'avions trop petits pour un créneau ou la mauvaise allocation entre les compagnies. Certains aéroports américains (Chicago O'Hare, La Guardia, JFK) qui fonctionnent avec un système de créneaux identiques aux règles européennes, illustrent bien cette situation. A la Guardia par exemple, l'utilisation des « Regional Jets » a fortement augmenté. La conséquence en est une réduction du nombre de sièges par vol de 143 à 94, en seulement 9 ans. Le FAA s'inquiète de cette évolution parce que ceci contribue à la congestion et à une sous utilisation des capacités. Le système des créneaux alloués (système des droits historiques) est donc peu efficace.

Un marché de revente peut réduire ces inefficacités mais sans les éliminer. De multiples raisons expliquent les causes de l'imperfection de ce système. Ces marchés sont étroits et les volumes de l'offre et de la demande sont limités. Une compagnie peut choisir, pour des raisons stratégiques, d'utiliser un créneau pour un vol, même si c'est moins rentable que les revenus d'une vente. C'est la solution nommée « baby-sitting ». Des problèmes de droits et de propriété s'ajoutent aux problèmes déjà listés. Le marché de revente devrait fonctionner au niveau du système des aéroports et non pas au niveau d'un aéroport. Tel qu'il fonctionne actuellement, les volumes d'échanges de ce marché sont fortement limités. C'est le cas à London Heathrow où seulement 1 à 2% des créneaux hebdomadaires sont revendus. Le volume est donc très limité.

Le système Européen est non seulement peu efficace, mais il est aussi un obstacle à la transformation des réseaux et en particulier à l'évolution vers des réseaux en étoile. Cette inefficacité se traduit par des coûts de transport aérien trop élevés, ce qui perturbe les décisions en matière d'investissement et se traduit par des surcapacités inutiles sur certains aéroports. L'utilisation actuelle des capacités aéroportuaires, en Europe, manque donc d'efficacité. Le système reste néanmoins, à l'inverse des Etats-Unis, largement façonné par le mécanisme de l'allocation des créneaux. Un marché des reventes peut être très utile ainsi qu'une l'allocation primaire aussi proche que possible de l'allocation efficiente, point qui est un peu ignoré dans les débats Européens. Enfin, Un système d'enchères pourrait améliorer l'allocation des capacités aéroportuaires en Europe. »

Quelles solutions à la congestion des aéroports ?

Séminaire DGAC/DAST

“Quelles capacités disponibles pour un développement durable
du transport aérien ?”

13 décembre 2007

Kurt Van Dender

Centre Conjoint de Recherche sur les Transports
de l'OCDE et du FIT

et

University of California, Irvine

1. La question
2. Deux types de réponses
3. Capacité additionnelle ?
4. Meilleure utilisation de la capacité disponible ?
5. Redevance de congestion : le cas des Etats-Unis
6. Redevance de congestion : le cas européen
7. Remarques en conclusion

La question:

Augmentation de la demande pour le transport aérien.
Capacité des aéroports grosso modo invariable.

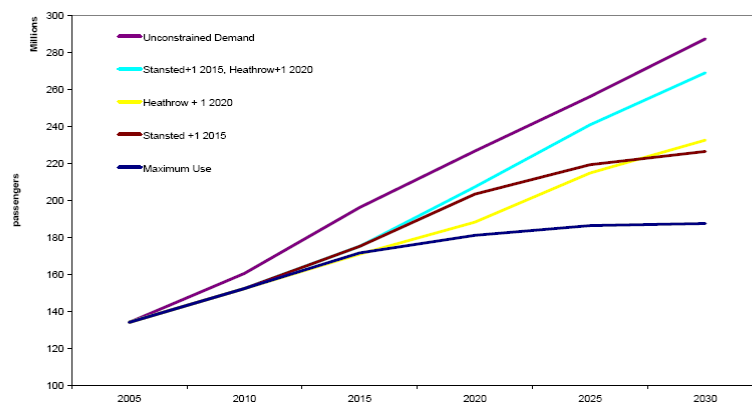
→ augmentation de la congestion, des retards
et/ou

→ augmentation de la fraction de la demande non
satisfaite

Comment résoudre ce problème ?

Abstraction faite du contrôle aérien et des retards liés aux conditions climatiques.

Constrained terminal passenger demand forecasts at main South East airports, by capacity scenario



Source: Presentation by David Thompson, UK DfT, Mannheim, 25-26 November 2007

Deux sortes de mesures en réponse à la “rareté de la capacité”

- Construire plus de capacités,
- Assurer une meilleure utilisation de la capacité disponible.

Ces réponses sont complémentaires, et non incompatibles l’une avec l’autre.

Offrir plus de capacités ?

Justifié dans certains cas,
malgré les coûts élevés des terrains, des infrastructures, et des impacts environnementaux .

Exemple: Analyse coûts-bénéfices des “South-East airports” dans le Royaume-Uni.

Des avantages nets, même avec les valeurs du “Stern report” pour les dommages liés aux émissions de CO2.

**Net Benefits of South East Airport Development
Scenarios, £bn, Net Present Value, 2006 prices**

Scenario	Base case	Benefits	Infrastructure Costs	Net Benefit	Benefit-Cost Ratio
Maximum Use	Planning case	£3.9	£1.6	£2.3	2.4
Stansted R2 (480k in 2015)	Maximum Use	£18.3	£4.3	£14.0	4.3
Stansted R2 (480k in 2015), Heathrow R3 (605k in 2020), rising to 702k in 2030)	Stansted R2 2015	£12.0	£6.8 to £7.6	£4.4 to £5.2	1.6 to 1.8

Source: Presentation by David Thompson, UK DfT, Mannheim, 25-26 November 2007

Mieux utiliser la capacité disponible ?

Beaucoup de recherches (théoriques) sur ce sujet.

Etats-Unis: pas de rationnement de la demande;
les vols font la queue pour un créneau;

Europe: les vols utilisent des créneaux pré-assignés

Ces mécanismes d'allocation produisent-ils une utilisation efficace de la capacité ?

Etats-Unis: pas de rationnement de la demande

- Manque de capacités → ajouter un vol augmente les retards pour tous les autres vols (congestion)
- En décidant d'ajouter un vol supplémentaire, une compagnie aérienne tient compte de l'impact en termes de retards sur ses autres vols, *si la structure du marché à l'aéroport le permet.*
- Mais, cette compagnie aérienne ne tient pas compte des retards imposés aux autres compagnies.

Etats-Unis: pas de rationnement de la demande

- Quand les compagnies ignorent les délais supplémentaires, l'utilisation de la capacité est inefficace (trop de retards).
- Structure du marché: plus la concurrence est intense, plus les retards sont ignorés.

Solution : redevances de congestion pour “les retards ignorés”.

Note : le potentiel des redevances s'avère plus limité que pour les usagers de la route !

UE: les compagnies utilisent des créneaux pré-assignés

- Les droits du grand-père ne constituent pas une garantie d'utilisation efficace (avions trop petits, mauvaise allocation entre les compagnies aériennes)

Jets régionaux aux USA; La Guardia (créneaux attribués):
143 sièges par avion in 1998, 94 sièges par avion au
premier trimestre de 2007

UE: des créneaux pré-assignés

- Un marché de revente est utile, mais il n'est pas une solution intégralement satisfaisante: "marchés étroits", des préoccupations stratégiques ("babysitting"), absence de droits de propriété transparents, besoin d'échanges entre aéroports.

Les reventes de créneaux aux aéroports avec créneaux attribués aux USA sont très limités ("une poignée").

Idem pour London Heathrow:

été 2003: 2.5% des créneaux hebdomadaires revendus

hiver 2005: 1.4% des créneaux hebdo. revendus

UE : des créneaux pré-assignés

- Le système européen d'allocation n'induit pas une utilisation efficace des capacités.
- Ceci est aussi un obstacle à la transformation des réseaux (p.e. configuration "hub-and-spoke"). Des réseaux inefficaces délivrent des signaux inappropriés en matière d'investissements (ajouter des capacités là où cela n'est pas pertinent).

UE: des créneaux pré-assignés

- Donc, des réformes sont justifiées. Mais, le point de départ diffère de celui des États-Unis.
- Un marché actif de revente pour le système des aéroports est souhaitable.
- Mais l'allocation primaire des créneaux est très importante.
- La situation pourrait être améliorée par des enchères.

Remarques en conclusion

- Nécessité (1) d'augmenter la capacité, et (2) de mieux utiliser celle existante.
- Pour (2), une forme de redevances de congestion est souhaitable aux Etats Unis.
- Mais le rôle des redevances demeure plus limité en Europe qu'aux Etats-Unis.
- En Europe, il y a besoin de mécanismes plus flexibles pour allouer et ré-allouer les créneaux.
- La congestion ne sera pas éliminée, mais elle sera amenée à des niveaux plus ou moins efficaces.

2.1.4 La régulation économique en Grande Bretagne

Nick FINCHAM, Director of Economic regulation and competition policy, Civil Aviation Authority - Royaume-Uni

« A l'image de ce qui existe en France, le transport aérien en Grande Bretagne est soumis à un système historique de régulation. Dans le contexte concurrentiel du marché, un des rôles importants du régulateur est d'inciter les aéroports, en particulier Heathrow et Gatwick à investir.

● A quelques différences près, **les objectifs de la CAA (Civil Aviation Authority) sont sensiblement identiques à ceux de la DGAC**. S'agissant des aéroports, la CAA essaie de trouver un équilibre entre des investissements nécessaires et des prix raisonnables. En d'autres termes, il doit être sûr que les prix jouent bien leur rôle d'incitation à l'investissement, sans pour autant que les profits réalisés soient injustes et ne conduisent à abus de position dominante sur le marché.

Le CAA agit également pour limiter l'augmentation des charges des aéroports et en particulier de quatre d'entre eux : Heathrow, Gatwick, Stanstead et Manchester, sur des périodes de cinq ans.

Le marché britannique comprend 50 aéroports dont le revenu annuel dépasse le million de £. Dans cet important marché, seuls quatre aéroports font l'objet d'une régulation de la CAA.

Or le marché des aéroports régionaux croît beaucoup plus vite que celui des aéroports régulés : le nombre de passagers internationaux y a doublé en quatre ans ; actuellement, huit aéroports régionaux offrent des vols journaliers vers plus de 12 destinations, alors que seuls Birmingham et Manchester le faisaient vers 1990 ; l'augmentation des vols réguliers vers les Etats Unis et le Moyen Orient est particulièrement net et confirme la bonne tenue du marché des longs courriers à partir des aéroports régionaux.

● **L'investissement des aéroports** soulève deux questions essentielles auxquelles il faut apporter une réponse :

- la première concerne le montant et la nature des investissements à réaliser mais aussi l'instance qui décide de leur réalisation,
- une fois l'investissement décidé, la seconde question est de savoir comment le régulateur peut s'assurer que l'investissement est réalisé.

La décision est prise sur la base d'un engagement appelé « Constructive Engagement » où les aéroports et les passagers débattent des aménagements à faire. Ce dialogue permet de définir un plan d'investissement, accepté par les différents partenaires. C'est le cas, en particulier, à Heathrow et Gatwick, où les plans d'investissement sont en passe d'être acceptés.

Dans ce processus, le régulateur (CAA) doit confirmer que le programme d'investissement correspond au mieux aux intérêts des passagers et des compagnies aériennes, même de celles qui ont été absentes des discussions.

La seconde question porte sur l'aptitude du régulateur à s'assurer que l'investissement sera réalisé. Le régulateur utilise pour cela des méthodes incitatives ou coercitives. L'aéroport doit être assuré que le retour sur investissement sera largement positif et le financement assuré. A l'inverse le coût du financement pourra être pénalisant en cas de retard. Des pénalités peuvent alors être utilisées pour sanctionner le non respect du plan d'investissement.

Ces mesures, appliquées à Heathrow et Gatwick, ont permis d'assurer la continuité des investissements sur plusieurs périodes de cinq ans. Elles témoignent de leur efficacité pour stimuler l'investissement et constater l'avantage qu'il y a le respecter.

● **Le régulateur pourra faire intervenir également les avantages liés à la qualité de service.** Ce système a été remis en cause et largement corrigé depuis deux ans, en élargissant le nombre des services où des avantages peuvent être accordés aux aéroports qui les mettent en place. Ainsi, des bonus ou des amendes sont également mis en place pour inciter à l'amélioration de la qualité du service rendu. La congestion est également prise en compte et donne lieu à une prime de congestion perçue par l'aéroport en cas de bonne gestion de ses capacités aéroportuaires (mise à disposition rapide des pistes) et qui représente environ 1% des revenus de Heathrow et Gatwick.

● Un certain nombre de **conclusions** peuvent être esquissées :

- le modèle britannique montre que la compétition entre aéroports donne de meilleurs résultats qu'un système sans concurrence ;
- dans le cas où la compétition joue entre les aéroports, il est intéressant de s'interroger sur l'évolution du trafic avant toute intervention ou régulation ;
- même si la régulation intervient, c'est la pression commerciale entre les aéroports et les compagnies aériennes qui aboutit à de bons résultats ;
- le système d'avantages financiers incitatifs sera maintenu tant que la régulation sera appliquée pour Heathrow et Gatwick ;
- le cadre du transport aérien au Royaume-Uni n'est pas figé. En particulier, il est possible de mettre en doute l'efficacité d'un système où une entreprise, BAA, possède et gère tous les aéroports britanniques. La question se pose, également, de savoir quelle est l'instance qui doit prendre la décision de construire une piste : le gouvernement, la CAA ou à l'opérateur aéroportuaire ?
- les prix fixés, qui ont fait l'objet de nombreuses discussions entre responsables britanniques et français, sont-ils efficaces dans le cas d'une capacité maximale ? »



Investment in airport capacity – the role of economic regulation in the UK

Nick Fincham
Director, Economic Regulation & Competition Policy
UK, CAA
13 December 2007

Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 1



Outline

What is the economic regulator trying to achieve?

Investment in capacity in a competitive environment

Investment in capacity under regulation

Investment incentives as part of the CAA's recent proposals for Heathrow & Gatwick

Some conclusions

Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 2

The CAA's statutory objective



To carry out functions in the manner best calculated by the CAA to:

- further **reasonable interests of users** of airports within the UK;
- promote the **efficient, economic and profitable operation of such airports**;
- **encourage investment in new facilities in time** to satisfy anticipated demands by the users of such airports; and
- impose the **minimum of restrictions** consistent with the performance by the CAA of its functions;

and in doing so, to take into account such of the international obligations of the UK as may be notified to it by the Secretary of State.

Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 3

Investment in a competitive environment



Vast majority of UK airports are unregulated & this market is thriving:

regional airports growing much faster than London airports

number of passengers using international scheduled services has doubled between 2002 and 2006

eight regional airports now offer daily scheduled flights to 12 or more international destinations, whereas only Birmingham and Manchester did in 1990

six regional airports now offer regular direct scheduled flights to the US and four offer regular direct scheduled flights to the Middle East, thereby giving access via these hubs to many points beyond

Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 4

Investment in a regulated environment



Two major questions:

1. how does the regulator decide what investment is required?
2. how does the regulator ensure the investment takes place?

Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 5

How does the regulator decide what investment is required?



CAA has promoted 'Constructive Engagement'

Decision making 'delegated' to airports and users

Airports and users charged with developing investment programme subject to the CAA's statutory duties

CAA's role limited to:

check that statutory duties have been adequately taken into account, and
review/decision on areas of disagreement

Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 6

How does the regulator ensure the investment takes place?



Carrots:

allowed returns exceed weighted average costs of capital

sense check carried out to ensure investment would be 'financeable'

service quality bonuses

Sticks:

capital expenditure triggers applied to investment programme

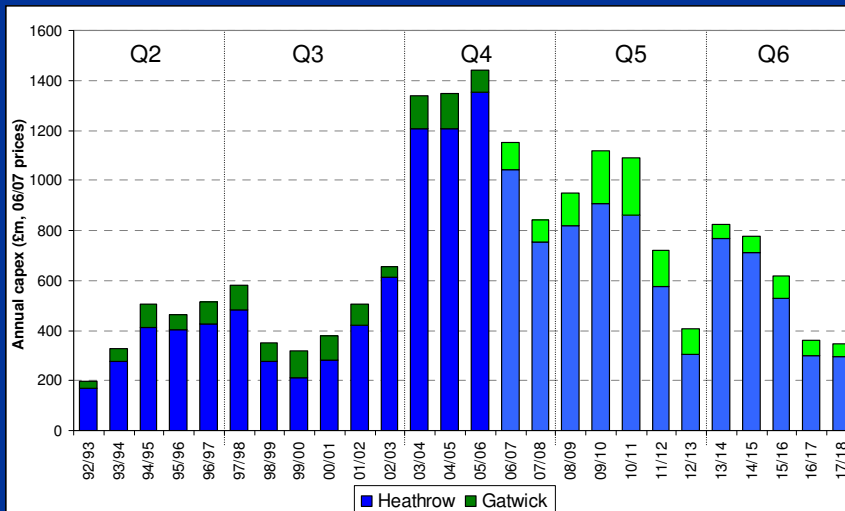
'ex post' review to claw back returns if under-investment for financial reasons

service quality penalties

Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 7

The result is significant continuing investment at Heathrow and Gatwick ...



Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 8

... and a framework of investment incentives



Allowed returns of:

Heathrow: 6.2% pre-tax real

Gatwick: 6.5% pre-tax real

following examination by two regulatory authorities
set in context of realistic assumptions on other
parameters

Capex triggers

effectively payments tied to project performance
represent 3-4 per cent of total revenues

Possibility of clawback of excess returns ...

Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 9

... and service quality incentives



Current service quality regime

13 elements of service performance – both airline- and
passenger-facing

rebates up to 3 per cent of airport charges

New service quality regime

19 elements

enhanced standards

security queuing

passenger sensitive equipment

rebates up to 7 per cent of airport charges

bonuses up to 3 per cent of airport charges

Key themes

improving passenger experience

enhanced capacity a crucial enabler

its not BAA alone – airlines and government agencies

Seminaire DAST – 13 December 2007

Slide 10

Some conclusions



Competition generally better than regulation at delivering investment reflecting users' requirements

Even under regulation, commercial pressures can assist in arriving at outcomes

If regulatory framework continues, the CAA will apply clear framework of incentives

But the regulatory framework could change – e.g. from Competition Commission inquiry or Government strategic review – so watch this space ...

2.1.5 Le cas de Schiphol

M. Rob MORSINK, Ministerie van Verkeer en Waterstaat - Pays-Bas
(Intervention faite par Monsieur Marco Kouwenhoven, Significance - Pays-Bas)

« Le gouvernement des Pays-Bas est confronté, dans le cas de l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol au problème de la capacité disponible dans un environnement urbain très sensible aux pollutions et en particulier au bruit. La politique menée actuellement s'appuie sur une régulation définie par la « loi Schiphol » et différents mécanismes tels que la taxation des billets et la mise en place de redevances.

En matière de transport aérien et de politique aéroportuaire, les Pays-Bas, avec Schiphol, connaissent le même dilemme que la plupart des autres aéroports dans le monde. D'un côté les compagnies aériennes, les aéroports et le pouvoir régional soutiennent la croissance du secteur, en ce qu'il est profitable à l'économie locale, à l'emploi et au développement aérien, et d'un autre côté les riverains subissent les nuisances (bruit, pollutions et insécurité) et sont opposés à ce développement.

- En 2003, la régulation a été codifiée par la « **loi Schiphol** » qui identifie tous les acteurs du transport aérien : aéroports, compagnies aériennes et allocataires de slots. Cette loi est le reflet des réflexions de tous ces acteurs face au problème de capacité de l'aéroport. Elle traduit l'idée que le gouvernement doit simplement instituer des limites environnementales aux acteurs du transport aérien qui en retour, doivent s'engager à optimiser leur trafic.

Depuis cinq ans, cette loi a été appliquée sans grands changements. Parmi les nuisances, le bruit s'avère être la pollution la plus gênante et donne lieu à deux types de limites. Celle qui concerne le niveau global du bruit des avions et celle qui concerne des « **points de limite sonore** » autour de l'aéroport de Schiphol (35 points particuliers où le bruit est limité et qui concernent des zones habitées ou des villages).

Ces 35 points de limite sonore autour de Schiphol sont définis de façon précise utilisant un scénario de trafic accepté. Des règles juridiques indiquent les niveaux annuels de bruit à ne pas dépasser de jour et de nuit. Ainsi les acteurs du transport aérien et en particulier l'aéroport et le contrôle aérien optimisent le trafic en tenant compte de ces limites. Certaines pistes sont fermées la nuit et certaines sont utilisées préférentiellement de jour. Les avions de catégorie 3 ne sont pas interdits sur l'aéroport mais très strictement limités.

- Cette loi a suscité de nombreuses **attentes**, parmi lesquelles le remplacement des avions les plus bruyants (Ch. 3) par les compagnies et l'incitation à éviter les vols en soirée et de nuit. Ces mesures ont été mises en place pour soulager les riverains et diminuer leurs doléances vis-à-vis de l'aéroport. Après cinq ans de mise en pratique, il est possible de dire que **cette loi n'est pas pleinement satisfaisante**. Le cas des avions les plus bruyants, en particulier, est loin d'être réglé. En effet, pour les compagnies, l'investissement dans des avions moins polluants et moins bruyants est un processus long dont les effets ne sont pas immédiats. D'autre part, les compagnies qui achètent des avions plus modernes réduisent effectivement le bruit ce qui permet d'allouer des slots pour elles mais aussi pour leurs concurrentes, ce qui pénalise leurs efforts. Il n'y a pas de retombées financières immédiates pour l'entreprise qui fait des efforts vis-à-vis du bruit. Pour les vols en soirée et de nuit, le constat est également mitigé, puisque leur nombre est resté constant. Certes, ils n'ont pas suivi le mouvement de croissance du trafic mais ils n'ont pas diminué non plus. La loi est par conséquent difficile à mettre en œuvre et les riverains ne sont pas satisfaits.

D'autres critiques portent sur les méthodes de calcul du bruit qui ne reflètent pas toujours la réalité de la pollution sonore endurée par les riverains de l'aéroport. Les modèles mathématiques et leurs systèmes d'équations ne tiennent pas compte des procédures d'atterrissage et de décollage qui sont à l'origine

d'une partie importante de la pollution sonore. En particulier, les procédures de roulage au sol sont à l'origine d'un bruit important surtout lorsque les pistes sont loin des terminaux, ce qui est le cas de la dernière piste ouverte en 2003 à Schiphol.

● **Des problèmes ont été soulevés par les « points de limitation du bruit »** où existe une limite sous la forme d'un niveau maximum spécifique de bruit à ne pas dépasser dans une année. Néanmoins, au cours de l'année 2006, cette limite a été franchie à propos de trois points sur les 35 mis en place par la loi.

L'expérience montre que les autorités et particulièrement le régulateur essaient, surtout en fin d'année, de jouer sur les différents points géographiques de limitation pour ne pas dépasser les limites instituées. Cependant dans le cas de conditions climatiques défavorables, des routes aériennes sont parfois modifiées et empiètent sur certains des 35 points de limitation. Ainsi, en 2006, les limites imposées par la loi ont été dépassées, ce qui aurait pu amener les autorités à fermer l'aéroport avant la fin d'année. Cette sanction est évidemment inacceptable du point de vue économique et montre que les autorités n'ont pas une grande marge de manœuvre lorsque les limites sont atteintes. Une réflexion est donc menée pour améliorer la loi afin de mieux respecter les limites en matière de bruit et la rendre conforme aux attentes initiales des riverains.

● Depuis novembre 2007, l'aéroport a amélioré un système de **charge aéroportuaire différenciée** selon les caractéristiques de l'avion et en particulier de sa taille. Un tarif de base est donc fixé selon un critère de chargement maximum au décollage (« Maximum Take Off Weight »). La redevance est également plus élevée selon l'heure du mouvement, notamment le soir ou la nuit. Enfin, des pénalités sont instituées pour les avions les plus bruyants. Ces mesures ont été introduites récemment et il est trop tôt pour en évaluer leur effet. Malgré tout, les compagnies sont incitées à introduire des avions de plus en plus silencieux, surtout pour celles qui ont plus de facilités dans le renouvellement de leurs flottes. Il faut cependant relativiser la portée de ces aménagements car les charges dues aux aéroports ne constituent qu'une faible partie des charges opérationnelles des compagnies.

● **L'avenir de l'aéroport** passe par quatre grandes orientations possibles :

- les règles locales d'allocation des slots pourront être aménagées pour privilégier les avions les plus silencieux et ceux qui s'intègrent bien dans les fonctions de l'aéroport, en particulier dans son rôle de hub ;
- l'aéroport pourrait davantage jouer un rôle de système multi transport, un peu à l'image de ce qui se passe à l'aéroport Charles de Gaulle, ou à Orly ;
- les procédures aériennes devront être optimisées, avec des descentes continues ;
- et enfin, l'aéroport devra optimiser son trafic de façon plus sélective dans le choix de ses destinations et de ses compagnies.

Le futur est également envisagé à travers un très large débat avec toutes les parties prenantes de l'aéroport (autorités aéroportuaires, compagnies, riverains ...) pour le court terme et le long terme. Ce débat a débuté en 2006 sous le nom de « Futur of Schiphol » sous la présidence de Monsieur Alders.

La décision a été prise de limiter le trafic à un maximum de 480 000 mouvements en 2010, alors que, à titre de référence, le chiffre de 2006 est de 420 000 mouvements. Cette limite de trafic étant admise, toutes les méthodes de réduction des gênes et des nuisances devront être mises en œuvre. Enfin, des discussions sont également menées pour avoir une idée du plus long terme (vers 2020), ce qui inclut l'idée de la construction éventuelle d'une nouvelle piste. »



Capacity management at Schiphol Airport

economic and environmental incentives

Titus Ahrens (Head of Airport Development)

13 december 2007

Capacity management at Schiphol Airport 2
13 december 2007

Outline

- The problem
- The Schiphol-law
- Experiences with noise system
- Differentiation of airport dues
- Ticket taxation
- Potentials for the future

The problem

- Capacity limitations frustrate growth perspective in aviation
- Fear for loss of competitive position:
 - As an airport and its 'home carrier' vis-à-vis other airports => loss in 'connectivity', unviable yields
 - As an airport region vis-à-vis other conurbations in Europe => quality loss in business environment
- As a consequence: fear for loss of an important driver behind income and employment in the Netherlands
- Aviation causes nuisance in surrounding areas: noise, emissions, safety and security hazards.

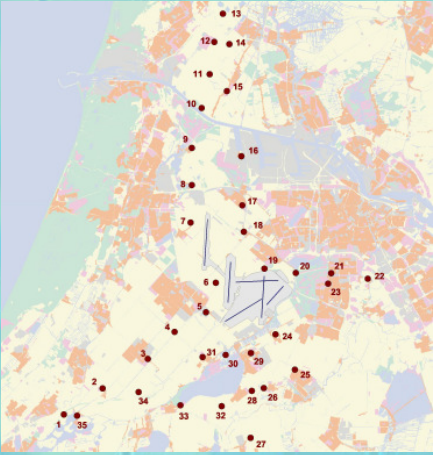
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

The Schiphol-law

- Defines responsibilities of stakeholders
- Provides protection for people in surrounding area
- Policy thought: 'Schiphol operates as a private company':
 - Clear specification of environmental limits
 - Aviation is free to operate within these limits
 - Aviation industry is able to optimise the available capacity without public intervention
- Main system:
 - Maximum annual noise load in total and in so called 'noise enforcement points'
 - Maxima for emissions (CO, NOx, SOx, VOS, PM10)

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Noise load enforcement points



Enforcement of *different* noise load values in 35 points *in residential areas*

Political compromise: the environmental protection of the area around Schiphol in the new system is equivalent to the old system (before Schiphol law).

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

System characteristics

- Design criteria for the maximum noise load limits:
 - Max 12.300 houses within 58 dB(A) Lden contour
 - Max 11.700 houses within 48 dB(A) Lnight contour
 - Max 239.500 people highly annoyed within 48 dB(A) Lden contour
 - Max 66.500 people sleep disturbance within 40 dB(A) Lnight contour
- Margin in limits for uncertainties caused by weather
- Noise preferential use of runways by ATC
- Closure of certain runways during the night
- Regulation of airspace use for departures (departure corridors)
- Operational restrictions for “marginal chapter 3 aircraft” during the night

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Noise system

- Noise volume is only calculated, not measured
- Each aircraft landing or take-off means:
 - Adding noise volume X to the total
 - Noise volume X depends on aircraft type
- Noise volume X is multiplied by:
 - 1 during the day
 - 3 during the evening
 - 10 during the night
- So 1 flight less of aircraft A during the night allows 10 flights of aircraft A during the day!

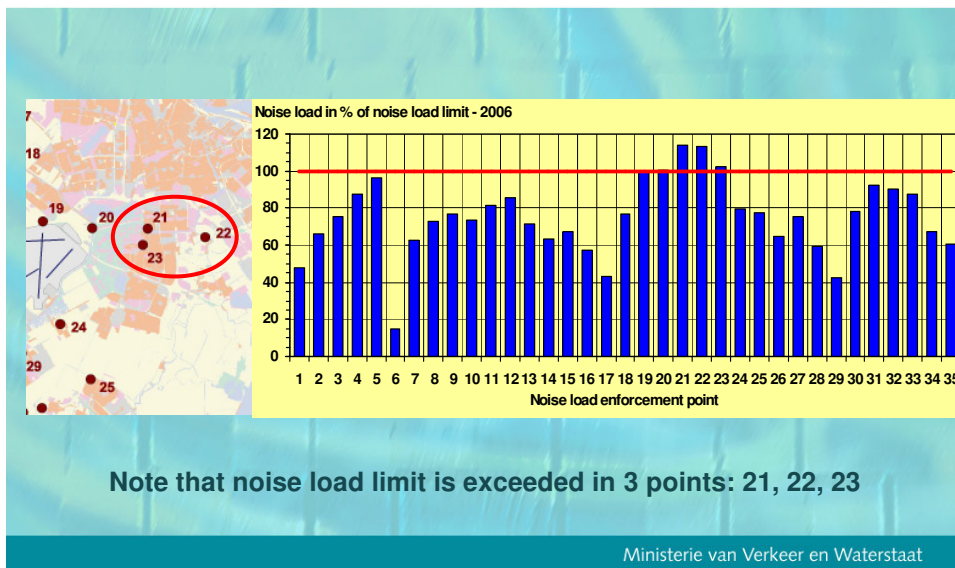
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Experiences with the Schiphol law

- Expectations:
 - More flights with environmentally friendly aircraft
 - Incentives for less flights during evening / night
 - Clear environmental restrictions lead to less complaints
- Experiences:
 - Investments made in environmentally friendly aircraft have long lead times
 - New slots not for the investor, but for the competitor
 - No financial incentive: 'noise' is effectively free of charge
 - Flights during evening / night not diminished
 - Noise in enforcement points is the only restriction
 - System is highly complex, inflexible
 - Citizens feel disappointed and don't understand
 - Number of complaints continues to grow

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Actual noise load in 2006



Political experience

- Aviation industry complains about reaching the maximum noise volume at the end of each operational year (Nov 1st - Oct 31st)
- Strict interpretation of the law: if maximum noise volume is reached, Schiphol should be closed down!!
- Politically unacceptable:
 - Strong political turmoil
 - Adaptation of procedures and operations for better use of environmental capacity
 - To be included in the Schiphol law
 - After long decision making procedures prescribed by the Schiphol law

Differentiation of airport dues

- New system per 1st november 2007
- Base rate of € 4,19 per ton (MTOW) for landing and take off charges
- Surcharge for night (23.00-06.00):
 - Landing: + 27 %
 - Take off: + 50 %
- Discount for silent aircraft: - 15 %
- Surcharge for noisy aircraft: + 40 %
- Night surcharge for MCC3 aircraft on top of noisy aircraft surcharge: + 50 %

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Experiences with airport dues

- It is helpful:
 - Some Dutch aviation companies invest in silent aircraft
 - Some foreign companies favour use of silent aircraft on their flights to AMS
- However, airport dues are only a small percentage in an airline's operational costs

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Ticket taxation

- New tax per 1st July 2008
- Passenger tax on tickets sold of:
 - € 11,25 within Europe
 - € 45 outside Europe
- Only OD; transfer and air freight exempted
- Motive was purely political:
 - Internalisation of (perceived) external costs
 - Incentive for users to make a more environmentally friendly consideration about the need of their flights
 - New funding for state budget of € 350 mln needed

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Experiences with ticket taxation

- Analyses made with an aviation economics model:
 - Impact is likely to be substantial: demand may drop by 10 to 20%
 - Impact is largest in low cost and charter
 - Impact in air freight and transfer disastrous
- Already less demand for slots for the summer season of 2008!!

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Potentials for the future

- Local rules in slot allocation:
 - Preferential rules for silent aircraft
 - Preferential rules for 'mainport' traffic
- Multi airport system:
 - One system including Lelystad, Rotterdam and – maybe also – Eindhoven
 - New EU-regulation may complicate its institution
- Optimisation of flight procedures:
 - Continuous Decent Approach
 - Less wide take off routes
- Other measures:
 - Selective acquisition by Schiphol Airport
 - Selectivity measures in Air Service Agreements

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Present Process

- In december 2006 the conference table "Future of Schiphol" was started, under presidency of Mr. Alders
- Stakeholder representation:
 - Airlines, airport and ATC
 - Regional and local authorities
 - Representatives of the local population
 - Government
- Negotiate "license to operate":
 - Growth in the number of aircraft movements
 - Contract on noise reduction measures
 - Contract on local investments

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Present Process (continued)

- On June 11 first advice was formulated for the minister of transport for the period until 2010:
 - Maximum of 480.000 movements up to 2010
 - Agreement on hinder reducing measures
 - Agreement on area improvement measures (€ 20 mln.)
- This advice was followed and discussed with parliament. Advice has been transposed in legislation (Schiphol law).
- Preparations have started for next round which should result in advice for the period until 2018/2020

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

2.2 La capacité, un défi pour les opérateurs

2.2.1 Quelles marges de manœuvre pour les compagnies aériennes : L'approche d'Air France

M. Gilles BORDES-PAGES, Directeur du développement, Air France/KLM

« Dans ce débat, il convient tout d'abord de rappeler que **ce ne sont pas les compagnies aériennes qui décident de la croissance, ce sont les clients** ; la demande ne se crée pas, elle correspond à un besoin auquel répondent les compagnies classiques.

La croissance du trafic est très liée à celle de l'économie. Il existe en effet une forte corrélation entre le transport aérien et l'activité économique qui sont dans un rapport de facteur 2. Celui-ci représente l'élasticité de la demande de transport aérien au Produit Intérieur Brut (PIB) et traduit le fait que lorsque la richesse des pays augmente, et donc les revenus, l'une des premières préoccupations des individus en termes de loisir ou d'affaires, est de voyager ; les compagnies sont là pour répondre à cette demande. D'une façon générale, le transport aérien a une croissance de 6 % par an alors que la croissance du PIB mondial, depuis de très nombreuses années est de 3%. Par ailleurs, la contribution du transport aérien à l'économie des nations est importante et s'établit à 8 % du PIB mondial.

Les compagnies majors, ou compagnies de réseaux, **ont très majoritairement une stratégie de hub** c'est-à-dire d'organisation de leur réseau autour d'une plate-forme de correspondance qui permet aux passagers de changer rapidement de vol. D'un point de vue à la fois économique, écologique et social, c'est la meilleure façon d'avoir un bon rapport qualité-prix. Par exemple : entre les aéroports de Pau et de Paris-CDG, un avion peut accueillir des passagers qui vont à Paris, mais également des passagers qui doivent aller plus loin. En termes d'aménagement du territoire, et pour une ville comme Pau, l'accès au réseau long courrier, est rendu possible par le raccordement au hub de Paris-CDG. Sur un vol Pau-CDG, on a ainsi (estimation moyenne) 1,9 passagers pour Luanda, 0,5 pour Johannesburg, 0,2 pour Londres, 0,1 pour Bombay, les autres passagers font du point à point de Pau à Paris. Pour les vols internationaux, par exemple sur un Paris-Hong-Kong, 150 passagers viennent de l'Île de France auxquels vont s'ajouter des passagers qui viennent des 35 escales françaises et quelques passagers qui viennent d'escales européennes. Parmi les passagers venant d'escales françaises, 0,2 passager par jour veulent aller de Brest à Hong-Kong, 0,5 de Pau à Hong-Kong, une petite dizaine veut aller de Toulouse à Hong-Kong etc. Il serait impossible d'établir des lignes directes pour des flux aussi petits.

La France est caractérisée comme beaucoup de pays d'Europe par de tous petits flux et c'est la somme de ces petits flux qu'il faut réunir, de la façon la plus économique et écologique, donc en maximisant le remplissage des avions par cette forme de « covoiturage ».

● **La préoccupation des compagnies est d'augmenter la taille des avions**, ce faisant elles limitent les émissions au passager transporté tout en optimisant leur rentabilité économique. A titre d'exemple, un avion d'affaires de type CRJ coûte deux fois plus cher par siège qu'un avion de type A320. L'intérêt des compagnies est donc d'exploiter des modules de grande capacité sur une liaison donnée afin de minimiser leurs coûts. L'enjeu est donc bien d'accroître le nombre de passagers par avion, ce qui diminue l'impact sur l'environnement et résout partiellement les problèmes de capacité des aéroports. Cette stratégie vaut aussi sur long-courrier et justifie à elle seule l'arrivée des A380. L'arrivée des avions de nouvelle génération biréacteur comme le Boeing 777 permet l'emport de 472 passagers en

haute densité. Ainsi, le Boeing 777 qui dessert les Antilles, emporte autant de passagers qu'un Boeing 747, mais avec 26% de consommation de carburant en moins, donc 26% d'émissions de CO2 en moins.

● **Le développement durable est une des préoccupations majeures d'Air France** qui publie chaque année un rapport annuel sur les actions engagées et en particulier sur le renouvellement de la flotte qui a commencé il y a plus de dix ans. Cette politique a plusieurs objectifs :

- le respect de l'environnement qui est une préoccupation incontournable,
- la maîtrise de la consommation qui est un objectif écologique et économique (moindres coûts),
- la préoccupation sociétale par la mise en œuvre de la sécurité et le développement d'un transport respectueux de tous.

Dans le développement durable, il est important de mettre en œuvre l'équilibre entre l'économique, l'écologique et le social. Préserver cet équilibre, c'est respecter l'environnement mais aussi renforcer le tissu économique et social qui est le garant des nombreux emplois offerts par le transport aérien. Ce raisonnement s'appuie sur des arguments de poids à savoir qu'un million de passagers permet la création de 4 500 emplois directs, indirects, induits et catalysés et que le transport aérien représente 8% du produit national de la planète.

● **La tendance actuelle sur les aéroports européens va plutôt vers une limitation de la capacité.** De multiples raisons expliquent cette situation de pénurie ; parmi elles, les contraintes environnementales liées aux nuisances subies par la population locale et le manque d'anticipation des autorités ou des partenaires qui ont différé la mise en place d'infrastructures adaptées à la forte croissance du transport aérien mondial. Quoi qu'il en soit, face à cette croissance, la pénurie de capacité aéroportuaire aura des conséquences négatives sur le développement d'un pays comme la France.

● **Quelles que soient les anticipations que l'on peut faire sur l'avenir, on reste malgré tout sur des perspectives qui sont à peu près celles que l'on connaît depuis une cinquantaine d'années.** Face à cette croissance, des estimations de croissance sont faites pour les aéroports de Roissy, Amsterdam, Londres et Francfort jusqu'à l'horizon 2015 ⁽¹⁾.

Quelle est la situation actuelle de ces aéroports ? **A Francfort**, deux pistes parallèles sont actuellement utilisées et une troisième coupe les deux premières perpendiculairement. Une troisième piste parallèle est prévue pour après 2012. La capacité sera de l'ordre de 120 mouvements par heure ⁽¹⁾. **A Londres**, il a été décidé de construire une troisième piste, pour une capacité estimée de 120 mouvements par heure. Face à ces chiffres, la limitation à 120 mouvements par heure de la capacité de Paris-CDG, avec 4 pistes, paraît être une limite théorique ne correspondant pas forcément à la situation réelle. Cette situation montre que les problèmes de capacité procèdent d'un compromis entre ce qui est faisable techniquement, économiquement et d'un point de vue environnemental.

● **Comment gérer la pénurie**, s'il n'y a pas eu d'anticipation sur la croissance à venir ou si aucun accord n'a été trouvé ?

⁽¹⁾ En faisant abstraction des multiples problèmes rencontrés lors de cette exploitation (problèmes géographiques, variété de trafics, types d'avions différents, voisinage d'autres aéroports, proximité de frontières) la capacité d'une piste est de l'ordre de 60 mouvements par heure. En ajoutant une seconde piste parallèle à la première, la capacité maximale n'est pas doublée, mais de l'ordre de 90 mouvements par heure. Si enfin deux pistes parallèles sont ajoutées aux deux premières on aboutit à 180 mouvements par heure. Ce chiffre est tout à fait réaliste puisque, c'est ce que l'on observe à l'aéroport d'Atlanta, où les 180 mouvements sont parfois dépassés.

Il faudra, à moyen terme, procéder à des arbitrages entre les lignes, les modules et les fréquences, avec un nombre de mouvements défini. C'est ce qui est fait à Londres depuis des années avec un problème de capacité endémique pour British Airways et pour le British Airport Authority. Mais la solution à ce problème est la construction de la troisième piste.

Il faudra également éviter les fausses bonnes idées.

- Pour la Région Parisienne, **une troisième plate-forme pour la région**. Cette « fausse bonne idée » a été présentée comme un hub sur lequel les compagnies pourraient organiser un réseau de correspondances, alors que Roissy et Orly ne feraient que du point à point. Ce système ne pourrait pas fonctionner, de même qu'il ne faut pas construire un hub dans le désert. Des expériences ont été tentées aux Etats-Unis et se sont soldées par des catastrophes, quand on ne peut pas conjuguer les vols point à point qui font la rentabilité du réseau avec les compléments de trafic induits par les vols en correspondance (sixième liberté).

- **Le lissage des pointes** fait partie des mécanismes d'optimisation de l'outil de production qui permet de mieux répartir les charges entre les pointes et les creux de production. Mais ces mécanismes ne fonctionnent pas dans le cas d'un hub où les correspondances doivent laisser la possibilité d'avoir des plages de vols possibles dans des périodes qui sont connues. Il y en a 6 plages sur le hub de Roissy. Pour une liaison de Madrid à Shanghai, par exemple, il n'y a pas de vol direct. Le client a le choix de passer par Roissy, Londres, Amsterdam ou Francfort. Le client effectuera son choix en regardant sur les systèmes de réservation sur internet, la qualité de la correspondance, c'est-à-dire le temps qui aura été retenu sur chaque hub. Il choisira le hub qui lui est le plus favorable. Dans un système où chaque hub est en compétition avec les autres, le lissage des pointes reviendrait à détruire le « travail d'orfèvres » qui a été fait pour avoir de bonnes correspondances et donc à peser sur les performances de Paris-CDG.

- **Le point à point régional pour des vols long courrier**, est une vue de l'esprit pour essayer de trouver une réponse au manque de capacités sur les grandes plateformes. L'idée revient à faire du « Hong Kong » direct. Ceci n'est possible que si les flux le permettent. Aux Etats-Unis, il existe des flux pour faire quelques vols longs courriers en point à point mais sur des pays aussi petits que la France, ces flux n'existent pas. La deuxième ville qui le permettrait en France avec une zone de chalandise de plus de 10 millions d'habitants, c'est Lyon. Or il est très difficile d'y organiser une simple liaison vers New York. Un Marseille-Singapour ou un Lyon-Bombay est donc tout à fait impossible. Si les passagers entre Marseille et Singapour ne passent plus par Paris, ils passeront par Francfort ou même Doubaï, mais pas par Lyon.

- Le dernier point concerne **l'intermodalité**. Nous (Air France) y croyons, mais modérément. Les calculs montrent en particulier que la capacité de la gare TGV de Roissy est limitée à 9 trains à l'heure, soit au maximum à 9 TGV en rames doubles, alors que les vols régionaux agrègent les flux de 60 avions par heure pour permettre à l'aéroport de Roissy de jouer totalement son rôle de hub. Partant de ce constat, l'intermodalité sur Roissy ne peut être la bonne solution aux problèmes de capacité que connaît l'aéroport. Enfin, lorsqu'on évoque l'intermodalité, le TGV est présenté comme une alternative à l'avion, mais le débat passe sous silence plusieurs dimensions du problème :

- l'opérateur du TGV bénéficie d'un monopole sur une infrastructure construite par l'Etat avec l'argent du contribuable, ce qui fausse la concurrence en matière de transport ;
- il conviendrait d'ouvrir le réseau ferré à la concurrence entre tous les opérateurs pour pouvoir l'optimiser ;
- l'effort fait au niveau du train privilégie les grands trajets pour être compétitif par rapport à l'aérien et saute pour ce faire les arrêts intermédiaires dégradant de fait la desserte de villes à moyenne distance de Paris.

- **Sur le long terme, si la France décidait de renoncer à la croissance** du Transport Aérien dont elle a pourtant besoin pour soutenir son économie, la compagnie Air France serait contrainte à se développer dans des zones de forte croissance, comme il en existe plusieurs au niveau de la planète et qui sont ouvertes aux compagnies aériennes. Cette alternative montre que ce n'est pas le problème de la

croissance d'une compagnie qu'il faut poser, mais celui des choix collectifs au niveau français. Ces choix reposent sur l'équilibre à trouver entre des impératifs économiques, environnementaux et sociaux. »

Quelles marges de manœuvre pour les compagnies aériennes face à la limitation des capacités ?



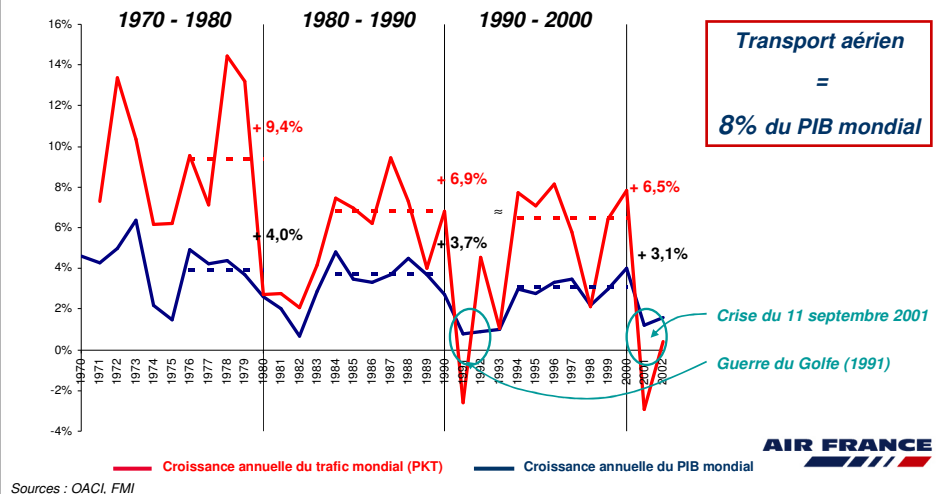
Gilles BORDES-PAGES
 Directeur du Développement

AIR FRANCE
 Décembre 2007

Un rappel : le transport aérien est fortement corrélé à l'activité économique

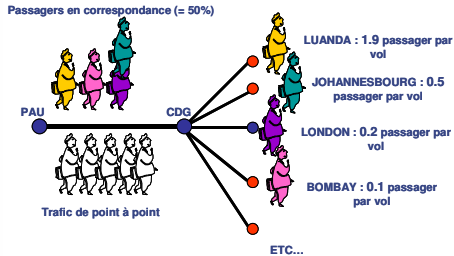


Croissance du Transport aérien ≈ 2 x croissance du PIB



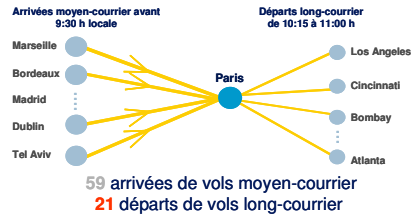
Le Hub, comment ça marche ?

Rassembler de très petits flux en faisant du covoiturage



Optimiser l'utilisation des moyens

Ex sur la plage 2 de CDG : plus de **1.300 possibilités** de connexions offertes avec seulement **80 avions**



AIR FRANCE

Le Hub, comment ça marche ?

Un cercle vertueux

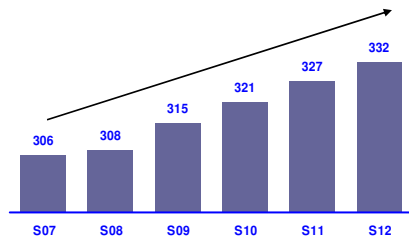
produit plus attractif, moins cher à produire



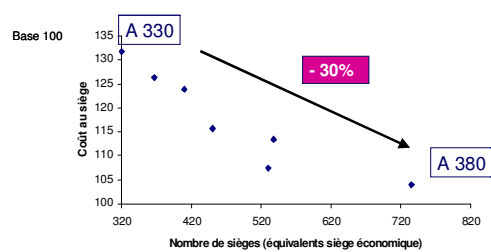
augmentation des fréquences et/ou hausse de la taille du module

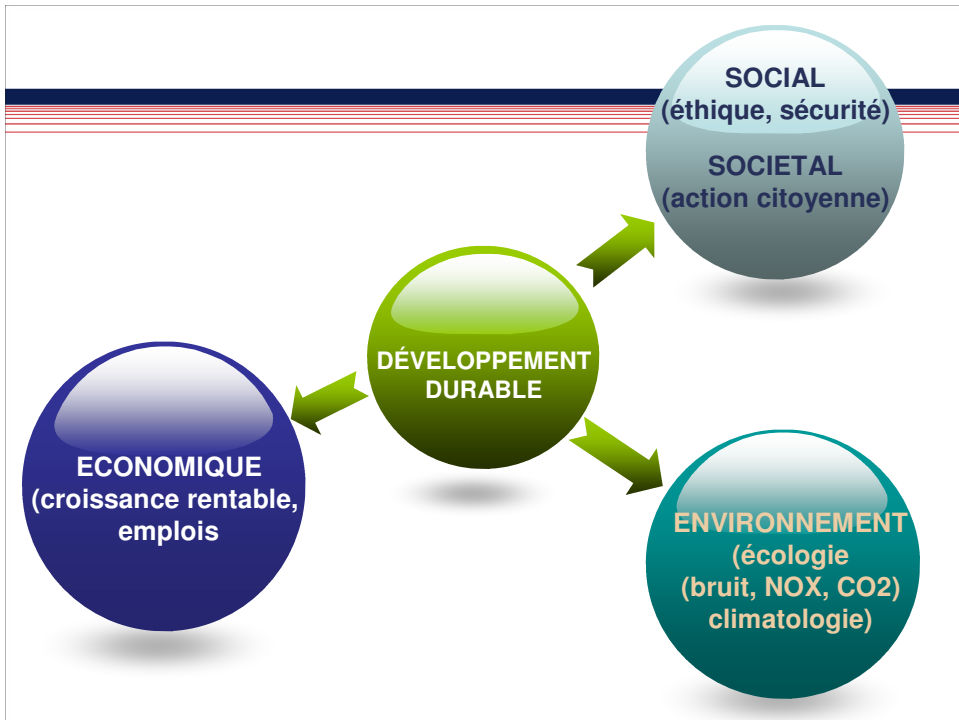
trafic point à point
trafic en correspondance

Evolution du module moyen Long-courrier AF



Evolution du coût au siège





Organiser la gestion de la pénurie est toujours possible...

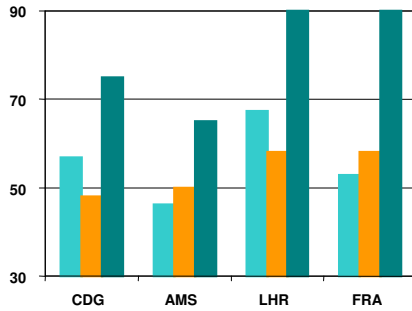
... mais est-ce la meilleure solution ?

AIR FRANCE

Gérer la pénurie

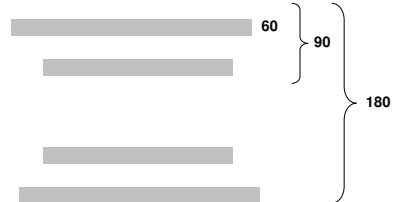
1. A court terme en refusant les faux diagnostics

Evolution des capacités des terminaux de CDG.
AMS, LHR et FRA



■ Nombre de passagers 2006
■ Capacité théorique des terminaux 2006
■ Capacité théorique des terminaux 2015

Capacités pistes (mvts/heure)



AIR FRANCE

Gérer la pénurie

2. A moyen terme

- ❑ En procédant aux arbitrages lignes / modules / fréquences
- ❑ En évitant les fausses bonnes idées :
 - le Hub en plein désert
 - le lissage des pointes
 - les points à points régionaux Long Courrier
 - l'intermodal miraculeux

AIR FRANCE

1. A long terme

**en allant faire la croissance
là où elle est possible**



2.2.2 Capacité durable et navigation aérienne

Dominique COLIN DE VERDIERE, Conseiller scientifique, Direction des Services de la Navigation Aérienne, DGAC

« Le rôle de la navigation aérienne dans la problématique du manque de capacité et de la maîtrise des nuisances va être esquissé à partir de quatre thèmes : les performances actuelles du système de navigation aérienne, la planification des capacités, les objectifs et plans en cours en matière de navigation aérienne (en particulier le projet SESAR) et enfin, la réduction de l'impact environnemental.

• Les performances actuelles du système de navigation aérienne.

Les travaux du bureau de revue des performances d'Eurocontrol (PRC) permettent d'estimer le niveau d'efficacité actuel du système de navigation aérienne et les retards dus à la régulation du trafic en route diminuent. Ces retards traduisent un manque de capacité dans le réseau aérien européen. On considère souvent qu'une minute de retard par vol est un optimum économique. C'est sur cette base que sont faites les planifications des investissements pour le système de navigation aérienne.

L'espace aérien en Europe est découpé en différentes zones de contrôle aérien dont certaines ont une capacité insuffisante par rapport à la demande. Depuis 30 ans, le trafic a été structuré en le faisant passer sur des routes évitant les zones militaires ou encombrées. Cette méthode allonge les trajectoires en moyenne de 48 kilomètres par vol comme l'a évalué la PRC. Un des objectifs de la navigation aérienne est de diminuer cet allongement pour restreindre la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre. La pénalisation, due au niveau de vol non-optimum et des paliers en montée ou en approche est estimée de l'ordre de 0,6% pour certains experts, de 5% pour d'autres. La difficulté d'évaluation provient de l'imprécision des modèles de consommation de carburant des avions.

• La planification de la capacité.

La planification de la capacité consiste à mettre en place des capacités adaptées aux trafics prévus. Toute la difficulté vient de l'incertitude de la prévision du trafic, plus difficile pour le court terme que pour le long terme, et donc de prévoir la demande future qui demeure soumise à des variations aléatoires dans le temps et l'espace. Par exemple, pour 2007 la croissance du trafic avait été prévue à 4,3% alors qu'elle a été finalement de 6,1%. Certains événements comme la Coupe du Monde de Football, peuvent avoir des incidences importantes sur le transport aérien, en particulier pour les pays qui sont en finale vers la ville organisatrice, difficilement prévisible avant les demi-finales.

Une bonne planification est indispensable car la capacité est une denrée périssable, c'est-à-dire que toute production de capacité qui n'est pas « consommée » est une perte d'argent, ou une économie négative. Le manque de capacité a également un impact négatif. Il se traduit par des retards, non prévisibles et mesurés après coup. On ne mesure la capacité que par son insuffisance.

En matière de planification, la répartition de la capacité entre les différentes unités de contrôle d'un réseau, que ce soit les centres de contrôle en route ou les aéroports, en fonction d'un objectif de retard moyen d'une minute en Europe est déterminante. Un certain nombre de modèles permettent malgré tout d'évaluer ces grandeurs et de trouver le bon équilibre entre le manque de capacité et la surcapacité.

Eurocontrol définit des optimums de capacités à partir de prévisions de trafic en sachant qu'il existe une relation entre la capacité disponible et le coût des retards. Celui-ci augmente exponentiellement en fonction du manque de capacités. Un coût optimum correspond à une capacité donnée et à un certain niveau de retard. Un surplus de capacité permet de palier aux aléas du système.

Des prévisions de trafics à moyen terme, entre 2007 et 2012, sont établies par le groupe Statfor d'Eurocontrol. Elles font, par exemple, état d'une croissance forte pour les pays de l'Est et beaucoup plus faible pour la France. Statfor d'Eurocontrol fait également des prévisions à l'horizon 2030 en tenant compte des contraintes techniques et environnementales des aéroports. Les différents scénarios de croissance sur la période sont passés en revue entre une hypothèse « haute » et une hypothèse « basse ». Les contraintes sur la croissance montrent qu'il est possible de perdre, à l'horizon 2025, 0,4 million de vols. Ces différents scénarios sont évalués dans le projet SESAR.

• Objectifs et plans en cours en matière de navigation aérienne.

Le commissaire européen chargé des transports Jacques Barrot a fixé des chiffres pour 2020 : multiplier par 10 la sécurité, réduire de 10 % les émissions gazeuses, multiplier la capacité par 3 et diviser par 2 le coût de la navigation aérienne par vol. Ces objectifs sont dérivés du rapport « European aeronautics : a vision 2020 » de 2001.

Ces objectifs sont repris, tout en étant adaptés dans SESAR⁽¹⁾. Actuellement, pour un trafic multiplié par 1,7, le risque de collisions est multiplié par 3. Les objectifs du projet SESAR, sont d maintenir le nombre d'incidents graves dus à l'ATM a un niveau constant, le retard par vol dû à l'ATM à une minute en route et de diviser le coût par vol par 2.

Différents plans indiquent des améliorations à court et à moyen terme possibles : le plan DSNA à 5 ans, le plan Eurocontrol Local Convergence and Integration Plan 2008-2012 (LCIP-France) et enfin l'Implementation Package 1 de SESAR pour 2012 (IP1). Ils sont à peu près cohérents et construits sur une hypothèse de croissance de 17% entre 2007 et 2012.

Dans le cadre du plan LCIP, différents facteurs permettent des augmentations de capacité :

- l'amélioration de la gestion de l'espace et des procédures de gestion de capacité et de flux,
- le déploiement du personnel et la flexibilité des tableaux de services, pour l'adapter à la demande de trafic à un instant donné, à condition qu'elle soit prévisible,
- la réorganisation de l'espace aérien, des réseaux de routes et des secteurs,
- la création de secteurs de contrôle supplémentaires : aujourd'hui il y a 103 unités de contrôle espaces simultanément ouvertes dans les centres en routes. Il sera possible d'en rajouter 9, à condition qu'il y ait les fréquences radio disponibles,
- la délégation aux « approches », de certains espaces en dessous du niveau 145, afin d'alléger le travail dans les centres « en route »,
- et enfin, l'optimisation de l'utilisation des capacités et pistes existantes.

Le projet « Collaborative Decision Making » (CDM) à Charles de Gaulle a été initié il y a trois ans et doit être pleinement opérationnel en 2010. Il associe trois partenaires principaux : Aéroports de Paris, Air France et la DSNA. D'autres partenaires sont également sollicités : les autres compagnies aériennes, Météo France et les acteurs de la plateforme. Le but est d'améliorer l'utilisation des capacités en conditions normales et dégradées, par une meilleure coordination entre les différents acteurs. Des gains importants sont attendus en matière de sécurité, d'environnement et d'utilisation de la capacité. Le respect des créneaux départs CFMU est ainsi une des conditions du bon fonctionnement du système. Aujourd'hui, 20 à 30 % des avions qui partent de Paris-CDG sont « hors créneaux ».

Les travaux déjà menés dans le cadre de ce projet, concernent :

⁽¹⁾ Dans le cadre de l'initiative « Ciel unique européen », le projet SESAR est le programme de modernisation de l'infrastructure du contrôle du trafic aérien en Europe. Il a pour objectif de développer le système de gestion du trafic aérien de nouvelle génération pour assurer sa sécurité et la fluidité du trafic aérien mondial pour les 30 prochaines années. L'IP1 en 2013 constitue la première étape de mise en oeuvre.

- la connaissance partagée en temps réel de la situation de la plateforme en particulier par le biais d'internet,
- l'optimisation du processus de dégivrage pour éviter les files d'attente et bien séquencer les avions en sortie,
- la mise à jour du plan neige chaque hiver entre tous les partenaires et la mise en place d'équipements pour réduire le temps de déneigement des pistes,
- l'expérimentation du rééquilibrage du trafic « arrivée » entre le nord et sud. Aujourd'hui les avions qui arrivent du nord, se posent au nord et les avions qui arrivent du sud, se posent au sud. Un déséquilibre peut se produire dans les cas où il y a plus d'avions qui viennent du sud que du nord ou réciproquement,
- à l'avenir, le processus des départs pourra être optimisé par la gestion des départs assistée en liaison avec la CFMU, (Central Flow Management Unit) qui est à Bruxelles.

Le projet Link 2000 + consiste à pouvoir utiliser les liaisons de données air-sol entre le sol et le bord pour un certain nombre d'activités, en particulier certaines clairances. On considère que l'impact est limité parce qu'il n'y aura que 25% des avions équipés à cet horizon-là. Le programme SESAR devrait fixer une date d'obligation d'emport d'équipements de liaison de données.

Le projet SESAR 2020 est particulièrement concerné par la gestion des trajectoires. L'un des buts est de diminuer les contraintes sur les avions en minimisant l'usage des routes prédéfinies en laissant les avions sur leurs trajectoires optimum. IL s'agit aussi de mieux gérer l'espace aérien par des accords multinationaux tels que ceux qui définissent les blocs fonctionnels d'espace. La gestion des trajectoires permet également de réduire l'incertitude et d'accroître la capacité en anticipant les décisions à prendre. Enfin, la charge du travail du contrôleur est diminuée par l'utilisation d'outils d'assistance automatisée et par des échanges de données air-sol.

● Les pistes d'amélioration.

En résumé, depuis 30 ans, les gains de capacité proviennent de la meilleure organisation des flux de trafics sur un réseau de routes, l'orientation des trafics, la restriction de niveaux pour les vols à courte distance, la réduction des séparations verticales au niveau du 190. Les mécanismes de régulation ont permis d'éviter les surcharges et les attentes en vol en les remplaçant par les attentes au sol, moteurs arrêtés. Il faut souligner l'importance des effets réseaux.

L'amélioration de la capacité viendra, dans l'avenir, d'une meilleure utilisation de l'espace (trajectoires optimisées), du meilleur usage des équipements dans l'avenir et enfin de nouvelles procédures de contrôle.

Dans le cadre de SESAR, une analyse a été faite des gains de capacité en route pour la période 2013-2020 :

- 24% proviendrait de la diminution de la charge (ou de l'exigence) de travail des contrôleurs,
- l'organisation du trafic en amont permettrait un gain de 7%,
- L'ASAS ou les outils de séparation embarqués n'accroîtraient pas la capacité,
- la gestion de la configuration du réseau et la gestion de l'espace apporteraient 12% en capacité.

Le gain global estimé en capacité est de 43%. Pour les zones terminales, on a le même schéma et l'accroissement de capacité serait de 24%.

Sur un aéroport, l'utilisation maximum d'une piste est possible lorsque les flux sont exactement adaptés à sa capacité.

Une méthode consiste à gérer les arrivées le plus tôt possible, éventuellement juste après le décollage, avec des outils comme Maestro qui devraient être étendus au-delà du centre du contrôle en route alimentant directement l'aérodrome. Il est possible également de disposer d'un réservoir (stacks) pour alimenter en permanence la piste avec une pression suffisante. Ce sont des mécanismes utilisés

actuellement à Londres, mais pas en France. Les capacités de programmation doivent tenir compte des variations de capacité dues en particulier aux conditions météorologiques et au caractère aléatoire des heures d'arrivées pour éviter les stacks.

Les descentes continues sont également un progrès et permettent de diminuer la consommation de carburant et le bruit, mais elles posent un problème de capacité puisqu'on ne sait pas, aujourd'hui, gérer le croisement des avions en descente et en montée en cas de trajectoires sécantes.

L'idée de minimiser les attentes au sol, moteurs en route, par le tractage des avions jusqu'aux seuils de pistes a été envisagée, mais jamais mis en place. D'autres progrès sont possibles en disposant de capacités constantes ou moins dégradées qu'aujourd'hui, en cas de mauvaise visibilité. En effet, aujourd'hui, les systèmes d'atterrissages automatiques ne permettent pas d'avoir une capacité identique par faible visibilité et la capacité peut être réduite de 50% par très basse visibilité.

Il est nécessaire également de mieux gérer le temps d'occupation des pistes et enfin la question se pose de savoir comment minimiser les séparations dues aux turbulences de sillages.

Le gain de capacité au niveau des pistes

En 2003, les 100 premiers aéroports européens ont eu une capacité maximale en heure de pointe de 3 020 mouvements par heure. En 2020, la capacité maximale devra être de 3 444 mouvements. Selon le projet SESAR, la capacité additionnelle serait la suivante :

- les 23 nouvelles pistes européennes permettraient d'accueillir 391 mouvements supplémentaires,
- 2 148 mouvements seraient possibles, en appliquant les meilleures pratiques sur tous les aéroports,
- les améliorations dues à SESAR seraient à l'origine de 427 mouvements supplémentaires,
- il y aurait 478 mouvements non traités. La demande potentielle ne serait pas satisfaite. Ils pourraient éventuellement être accueillis par les aéroports régionaux non saturés qui ne font pas partie des 100 principaux aéroports européens,

L'efficacité en termes de carburants

Il est admis, aujourd'hui, que l'inefficacité générale du système en termes de carburant est de l'ordre de 12%. Le projet SESAR permettrait de passer à 9% d'inefficacité sur les différentes phases des vols en 2020, ce qui est un progrès assez faible, bien en dessous de ce que préconise le commissaire Barrot.

● **L'impact environnemental.**

Comment accroître la capacité pour la Navigation Aérienne tout en réduisant l'impact environnemental ?

Tous les documents d'Eurocontrol, de la Commission Européenne et du gouvernement français, montrent que l'approche « performance », pour la navigation aérienne est la seule possible. Les priorités pour la navigation aérienne, indiquées dans le plan DSNA, sont dans l'ordre : la sécurité, l'environnement, la capacité et éventuellement les coûts. La sécurité est intangible. C'est souvent en augmentant la sécurité qu'on peut augmenter la capacité. En effet les contrôleurs, derniers juges de la capacité possible, peuvent améliorer celle-ci si les marges de sécurité sont accrues. Pour prendre en compte l'aspect environnemental, une partie de la solution consisterait à minimiser les contraintes sur les trajectoires en route et à introduire, autour des aéroports, des procédures minimisant le bruit et les émissions gazeuses tout en utilisant au mieux les pistes. Enfin, au sol, sur les aéroports, il convient de minimiser les attentes, moteurs en marche. »

Capacité durable et navigation aérienne



Plan

1. Performances actuelles
2. Planification de la capacité
3. Des objectifs et des plans
4. Comment améliorer capacité et réduire l'impact environnemental ?

1) Performances actuelles

- PRC 2007
- Europe
 - Retard – manque de capacité
 - Rallongement des routes
- France

Évolution des retards

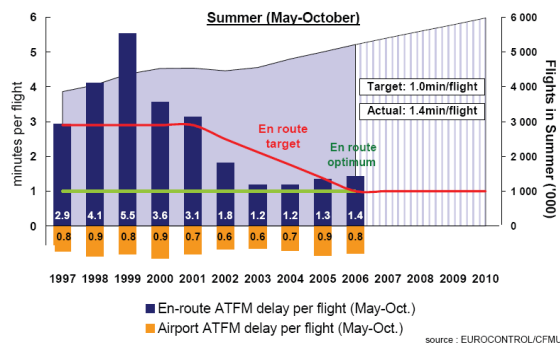
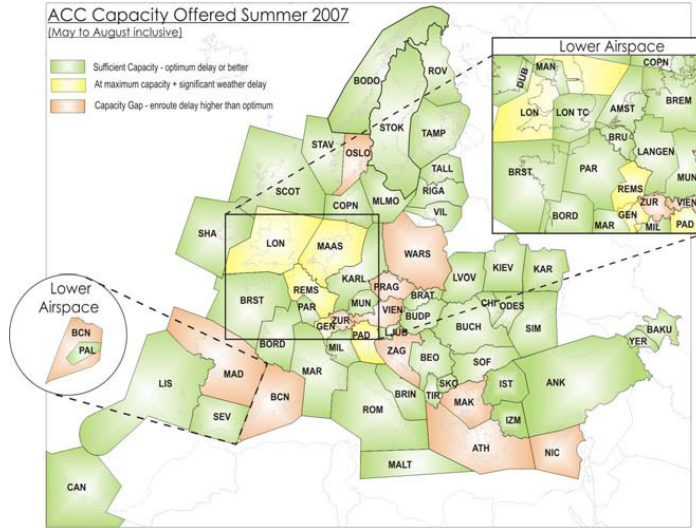


Figure 40: ATFM delays and en-route delay target

- Les retards ATFM sont le reflet d'un manque de capacité.

La capacité en Europe



Allongement des routes : pourquoi ?

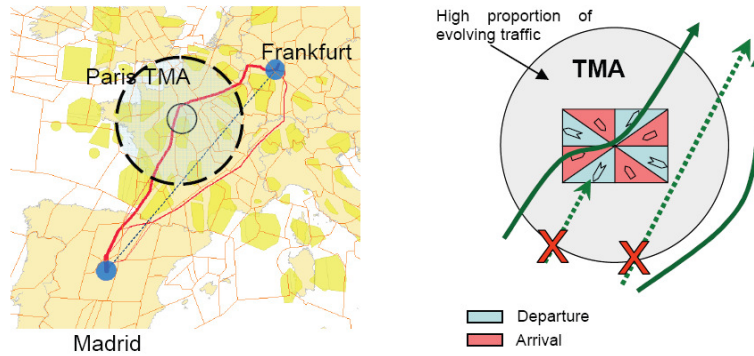


Figure 64: Impact of TMA on traffic flows

Source EUROCONTROL PRU

MOU : Un des points les plus contraignant

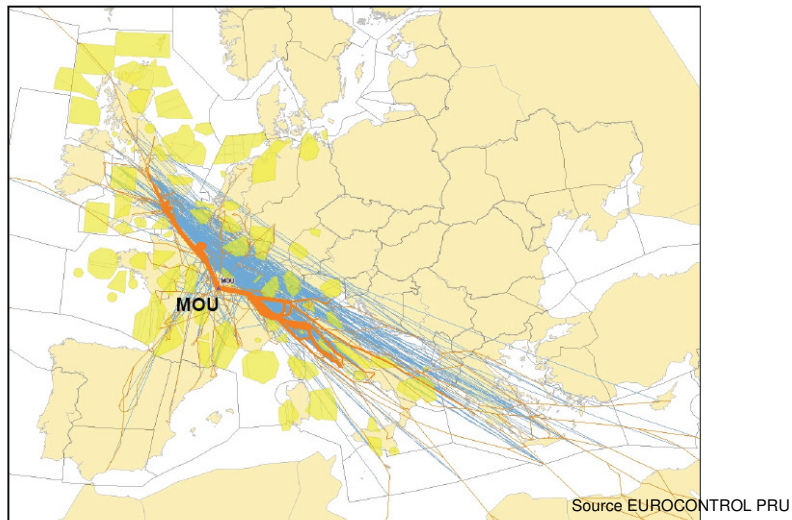
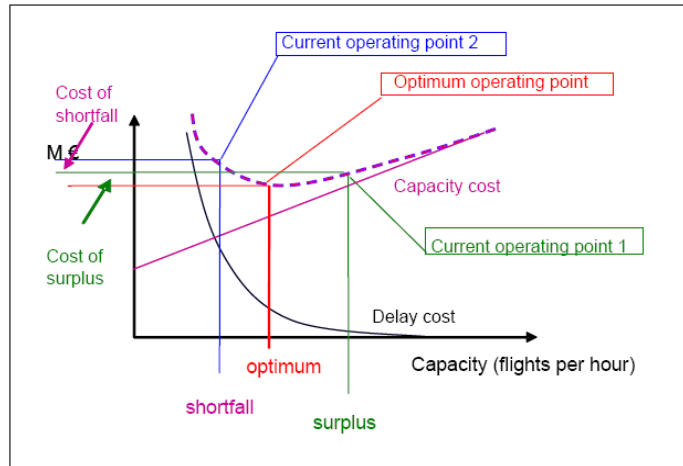


Figure 67: MOU: one of the “most constraining points”

2) Planification de la capacité

- Mettre en place les capacités adaptées au trafic prévu.
- La demande future est prévisible globalement, mais reste sujet à des variations dans le temps et l'espace.
- La capacité est une denrée périssable, on ne la mesure que par son insuffisance.
- Comment répartir l'objectif de capacité entre les différents centres de contrôle ? Utilisation de modèles.
- Le coût du manque de capacité se traduisant par des retards est élevé, mais la surcapacité l'est également. Quel est le bon équilibre?
- La distribution du trafic sur le réseau permet d'utiliser une capacité existante avec des trajectoires non optimales.



Prévision de trafic moyen terme

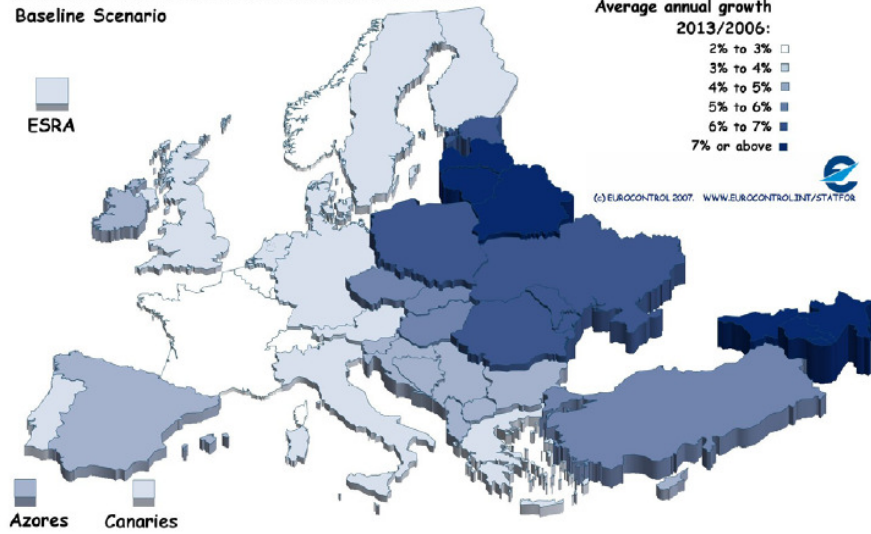
- Prévision France en février 2007 pour 2008—2012
(source Statfor-Eurocontrol)

Growth (%)		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2012 /2006
	High	4,3%	3,5%	3,6%	3,1%	3,3%	2,7%	22%
France	Baseline	3,0%	2,9%	2,8%	2,7%	2,7%	2,6%	18%
	Low	2,0%	2,1%	2,2%	2,3%	2,2%	2,1%	14%
ESRA	Baseline	3,7%	3,5%	3,3%	3,4%	3,5%	3,3%	23%

- Observé sur les 10 premiers mois de 2007 : **6,1%**

DSNA

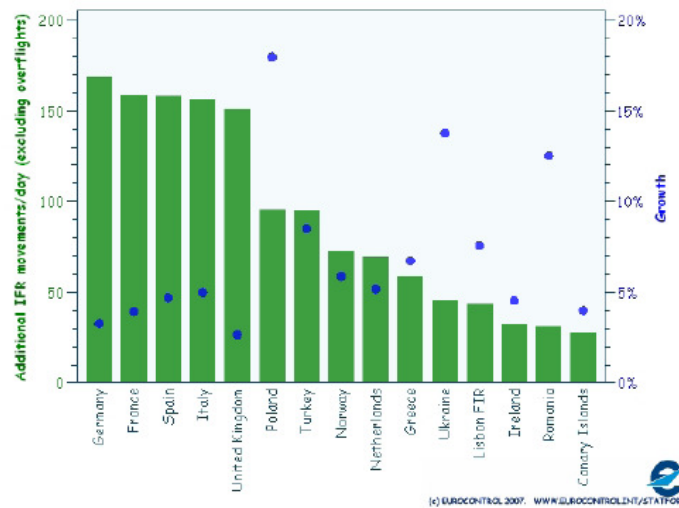
EUROCONTROL Medium-Term Forecast 2007-2013
Baseline Scenario



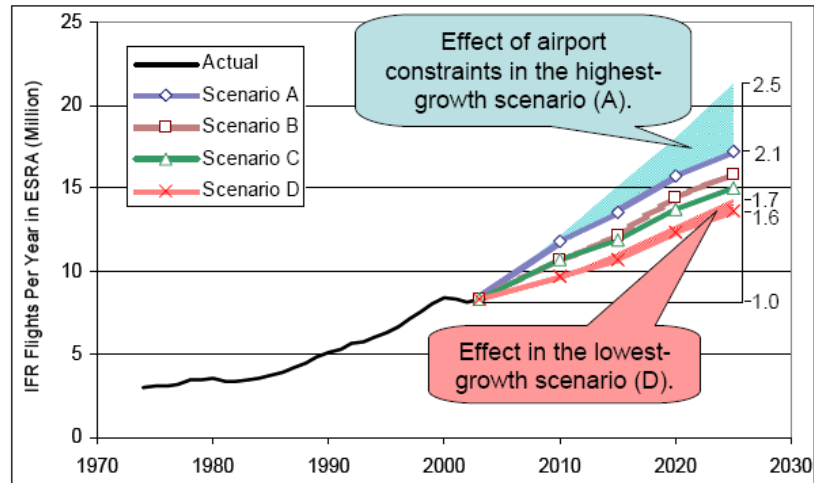
DSNA

Figure 3. Main contributors to the traffic network, 2006.

Units: Additional IFR movements/day compared to 2005, overflights excluded.



Prévision long terme



3) Des objectifs et des plans

	2006	SESAR 2013	FAB-EC 2018	SESAR 2020	SESAR 2020+
Sécurité				x 3	x 10
Diminuer nombre absolu accident et incident graves					
Environnement (émission)	48 km		-10 km		-10%
Capacité	Base 2006 1,4 min	+33-38%	+50%	+73%	x 3
Maintenir retard par vol du à l'ATM < 1 min en-route					
Coût par vol	800€		-17%		/ 2

3.1) Amélioration à court moyen terme (2013)

- Plan DSNA à 5 ans
- LCIP France 2008-2012 (Local Convergence Integration Plan)
- IP1 SESAR 2012 (Implementation Package)

LCIP France 2008-2012

- Hypothèse haute de croissance du trafic en de 17% en 2012 par rapport à 2007
- Les augmentations de capacité viennent
 - de l'amélioration de la **gestion de l'espace et des procédures ATFCM**
 - du déploiement du **personnel** et de la flexibilité dans les tableaux de service
 - de **réorganisation de l'espace aérien et de secteurs**
 - de **création de secteurs** supplémentaires (+9 UCESO : 103 à 112) à condition qu'il y ait des fréquences disponibles
 - de **délégation aux approches** de certains espaces en dessous du niveau 145
 - Optimisation de l'utilisation des capacités pistes
- Aucune augmentation en provenance de changements techniques

Projet CDM@CDG 2010 (1/2)

- **Structure de projet tripartite** : Aéroports de Paris – Air France – DSNA
- **Objectif** : améliorer l'utilisation des capacités, en conditions normales et dégradées
- **Gains visés en matière de** :
 - Sécurité
 - Environnement
 - Utilisation de la capacité
 - Respect des créneaux départ CFMU
 - Conditions de travail
 - Service aux passagers (ponctualité, régularité, correspondances...)
 - Marges économiques

CDM@CDG 2010 : (2/2)

- **Travaux déjà menés**
 - **Connaissance partagée de la situation de la plateforme**:
 - Optimisation du processus de **dégivrage**: réduction des temps d'attente à l'entrée et à la sortie des baies de dégivrage (actions compagnies)
 - **Plan neige** mis à jour chaque hiver entre tous les partenaires, nouveaux équipements achetés par ADP pour réduire le temps de déneigement des pistes
 - Expérimentation du **rééquilibrage du trafic arrivée entre les doublets Nord et Sud**, entre CFMU, la DSNA et les compagnies impliquées
- **Travaux Futurs**
 - **Gestion locale des départs**:



SESAR IP1 : impact performances

- Capacité au niveau réseau : 31 à 40% entre 2006 et 2012

Initiatives	Augmentation estimée de capacité	Référence
DMEAN et ATFCM - plan capacité - amélioration FUA - espace aérien - processus ASM/ATFCM	23 à 30%	SAAM studies DMEAN studies ATFM independant studies
LINK 2000+	4% (25% d'avions équipés)	Link 2000+ CBA Local capacity plan
FDPS avancé, outils FASTI, Mode S	4 à 6%	Local capacity plan

3.2 SESAR : 2020

- Le concept opérationnel
 - Diminuer les contraintes sur les avions
 - Réseau de routes où et quand et c'est nécessaire pour la capacité
 - Meilleure gestion de l'espace - FAB
 - Réduire l'incertitude
 - Diminuer la charge de travail du contrôleur par l'assistance automatisée et les échanges de données air-sol

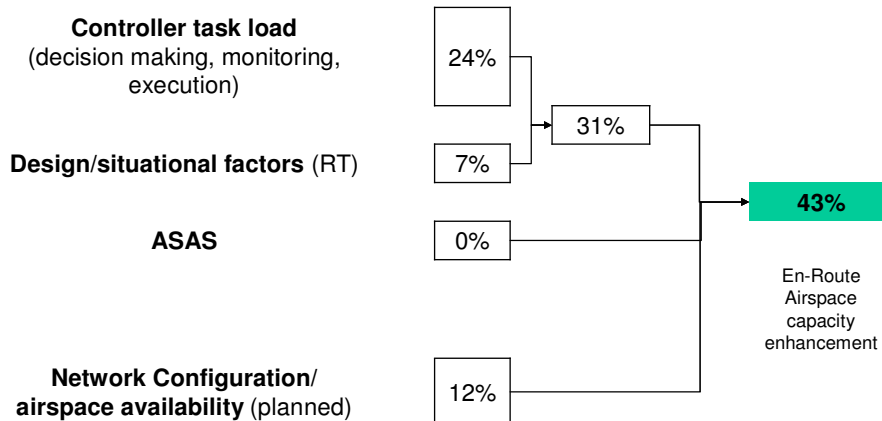
En-Route

- Depuis 30 ans, une part de la capacité est venue de la meilleure organisation des flux de trafic, pour les séparer stratégiquement :
 - Création de routes, orientation de trafic, restriction de niveau pour les vols à courte distance, réduction des séparations verticales au dessus du niveau 290
- Cela s'est traduit en partie par des trajectoires non optimales
- Les mécanismes de régulation ont permis d'éviter les surcharges et les attentes en vol en les remplaçant par des attentes au sol – moteurs arrêtés.
- Importance des effets réseaux

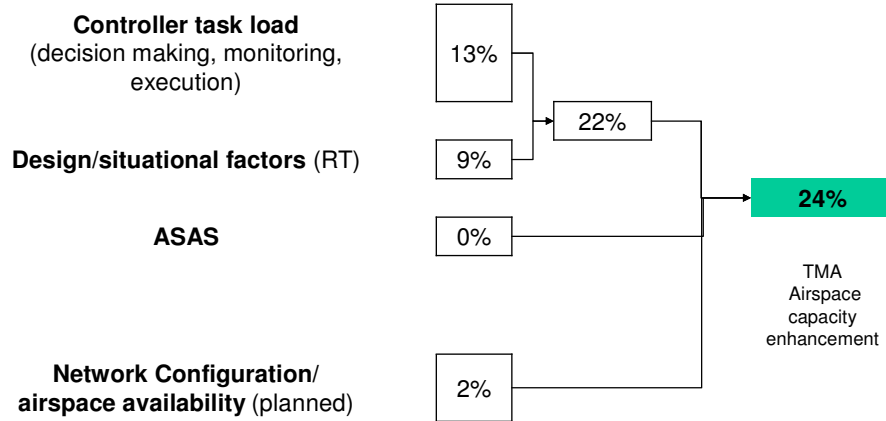
Les pistes d'amélioration

- Meilleure utilisation de l'espace (FAB, gestion de l'espace aérien et du réseau)
- Des trajectoires optimisées
- Meilleur usage des capacités/équipements des avions
- De nouvelles procédures et outils pour le contrôle

En-Route Capacity Enhancement (2013-2020)



TMA capacity enhancement (2013-2020)



Sur les aérodromes

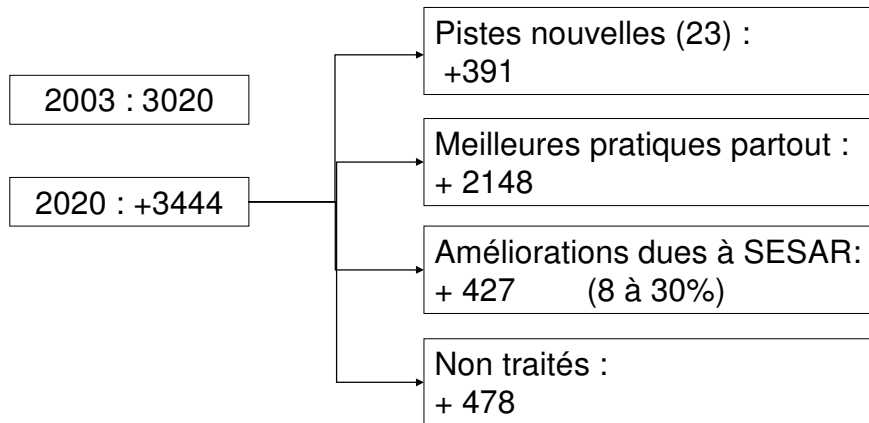
- Un bonne utilisation de la capacité piste suppose de disposer
 - soit d'un flux exactement adapté à la capacité disponible
 - C'est ce que permettent des outils de gestion des arrivées (AMAN) comme MAESTRO.
 - soit de disposer d'un réservoir permettant d'alimenter en permanence la piste.
 - Les capacités de programmation doivent tenir compte des variations de capacité dues aux conditions météorologiques et du caractère aléatoire des heures d'arrivées.

Les pistes d'amélioration

- Gérer les arrivées au plus tôt
- Effectuer des descentes continues
- Minimiser les attentes au sol moteur en route
- Disposer d'une meilleure capacité par mauvaise visibilité
- Mieux gérer le temps d'occupation piste
- Minimiser les séparations dues au turbulences de sillage

Capacité pistes

- Heure de pointe
- Sur les 100 premiers aéroports européens



Fuel Flight (in)efficiency

Flight Phase	% Fuel Burn	Base (2006) Inefficiency	Weighted Inefficiency	Improvement Judgement	SESAR 2020 Inefficiency
Ground Operations (departures)	6%	25%	1.9%	25%	1.3%
TMA Operations	27%	25%	4.3%	10%	3.9%
Air Queuing	(counted in TMA)	5%	0.3%	10%	0.27%
En-route Operations	68%	7%	5.2%	40%	3.3%
Total (rounded)	-	-	12%	-	9%

(Source estimation SESAR D4)

SESAR IP1-IP2 Performances

Indicateurs de Performances		2006	2012		2020		
		Référence	Référence	Référence +IP1	Référence	Référence +IP1	Référence IP1 + IP2
Trafic							
Demande satisfaite	M vols/an	9,6	12,6	12,6	15,5	15,5	15,8
Demande non satisfaite	M vols/an	-	-	-	0,3	0,3	-
QdS – Retards							
Total	Min./vol	2,2	2	1,3	3,4	3	1,2
En Route	Min./vol	1,4	1,5	0,9	2,3	2	0,7
Aéroports	Min./vol	0,8	0,5	0,4	1,1	1	0,5
QdS – Carburant							
In-efficacité carburant	% fuel total	11,6%	11,6%	10,6%	11,6%	10,6%	8,7%
QdS – Annulations des vols							
Vols annulés	%(a)	40%	40%	36,0%	40%	36,0%	20,0%
Coûts ANSP							
Coût par vol	€	800	810	720	960	720	630

a) % annuel des vols à partir ou vers les aéroports déclarés en conditions in "low visibility"
(Source estimation SESAR D4)

4) Comment accroître la capacité tout en réduisant l'impact environnemental ?

- L'approche performance pour la NA est une exigence.
- Parmi les objectifs de performance, les priorités pour la DSNA sont sécurité, environnement, capacité.
 - Minimiser les contraintes sur les trajectoires en-route, tout en augmentant la sécurité et la capacité.
 - Autour des aéroports, mettre en place des procédures minimisant le bruit et les émissions gazeuses, tout en utilisant au mieux les pistes.
 - Au sol sur les aéroports minimiser les attentes moteur en marche.

III - QUELS SERAIENT LES IMPACTS D'UNE CONTRAINTE DE CAPACITE ?

3.1 La modélisation des impacts des contraintes de capacité

Marco KOUWENHOVEN, Consultant, Significance - Pays-Bas

« Que se passe-t-il lorsqu'un aéroport arrive en limite de capacité ? La modélisation peut-elle apporter des réponses à de telles situations¹ ? Comment, à partir d'une simulation des effets de contrainte, peut-on limiter les aspects négatifs de ces contraintes ? Les mécanismes qui régissent la capacité étant très complexes, il est nécessaire de passer par des modèles pour comprendre la globalité d'un « système » aéroportuaire et pour prévoir les effets des politiques qui leur sont appliquées.

- **Différentes stratégies sont modélisées dans ces travaux.**

Les compagnies aériennes, confrontées à un manque de capacité, peuvent réaffecter leurs vols réguliers sur d'autres périodes de la journée, utiliser des avions plus gros, réduire leurs fréquences, mais aussi délocaliser leurs vols sur d'autres aéroports et même remplacer certaines rotations par des TGV, alternative qui est, malgré tout, limitée.

Les passagers, de leur côté, peuvent modifier leur comportement : entamer leur voyage au départ d'un aéroport différent ou bien choisir le train à l'avion, voir annuler leur voyage.

- **Le modèle de prévision des Aéroports de Paris** « Modèle pour les Aéroports Parisiens » (MAP) est en cours de réalisation.

Il s'agit d'un outil rapide et pragmatique qui permet d'avoir des prévisions de trafic en termes de mouvements d'avions, de volumes de passagers et de tonnes de fret. Il permet surtout de chiffrer les effets d'une politique de limitation de la capacité.

Les bases du modèle reposent sur deux entités simples et paramétrables, la demande de voyage et l'offre des compagnies aériennes. Chacune fonctionne comme des calculateurs capables de donner des prévisions sur le trafic et sa croissance au cours du temps. Le modèle prend en compte les stratégies possibles des compagnies aériennes et des passagers.

Les passagers ont trois niveaux de décision. Le premier est le mode de transport. Par exemple, pour aller de France en Italie, il est possible de prendre une voiture, un train ou un avion. Si l'avion est choisi, le second choix porte sur l'aéroport de départ, la compagnie aérienne, et le passage par un hub ou un vol direct. Enfin, le dernier choix concerne le mode d'accès à l'aéroport.

En fonction de ces choix, il est possible, grâce au modèle, d'alimenter les bases de données du modèle et d'avoir les résultats en termes de volumes de trafic.

La demande des passagers varie ainsi selon l'attractivité de chaque aéroport qui peut être mesurée à partir de plusieurs critères : le temps de vol et celui du transfert, le prix du billet, le nombre de fréquences et enfin l'accessibilité de l'aéroport par un moyen de transport urbain ou un véhicule privé. Les paramètres pris en compte peuvent être affectés par une pénalité s'ils dépassent une valeur limite, par exemple un temps de transfert trop long. Le passager choisissant la solution la plus attractive, ses choix sont traduits en équations.

¹ Des travaux, basés sur de la modélisation, menés récemment sur l'aéroport de Schiphol sont en train d'être déclinée pour les aéroports parisiens. L'objectif est de construire un modèle de simulation capable de mesurer et de prévoir les conséquences d'une contrainte de capacité sur l'activité des aéroports parisiens, et notamment en termes de limitation de la croissance et d'une baisse de la compétitivité.

L'offre des compagnies aériennes est également modélisée. Confrontée à une limitation de capacité, les compagnies peuvent modifier le type d'avion utilisé, le nombre de sièges, le coût au siège, mais également les classes de voyage et les périodes de vol. La modélisation fait intervenir les mêmes raisonnements que pour la demande du voyageur et est également formalisée en équations.

● **Que se passe-t-il lorsqu'un aéroport arrive en limite de capacité ?**

La modélisation permet de simuler l'effet de plusieurs réponses dont la plus appropriée semble être le prix de l'utilisation de l'aéroport. Il est possible en effet d'avoir recours à un « surcoût de pénurie » ou taxe, qui accroît légèrement le prix du billet et donc aura un effet dissuasif sur le voyageur qui n'utilisera plus, ou utilisera moins fréquemment l'aéroport. La demande va diminuer, alors que certains voyageurs auront tendance à se reporter sur un autre aéroport ou sur un autre mode de transport. Les compagnies aériennes, de même, seront incitées à utiliser des avions plus gros ou moins chers ou moins bruyants.

● **Les décisions prises par le Ministère des finances néerlandais en matière aéroportuaire constituent un cas d'école en matière d'utilisation d'un modèle.**

L'Etat a admis que le montant des « déséconomies » générées par le transport aérien (nuisances, congestion) soit pris en compte pour un montant de 350 millions d'euros par an. Il est admis que cette taxe doit être perçue par l'Etat. Le modèle permet de simuler différents scénarios. Tous les passagers doivent-ils acquitter cette taxe ? Quelle catégorie de passagers doit la payer ? Les passagers à l'arrivée ou au départ de l'aéroport ? Ou tous les passagers, y compris ceux qui sont en transfert ? Le fret pourrait-il être taxé ? Et les mouvements d'avion ? Sept variantes de paiement étant répertoriées, quels seraient les impacts dans chaque cas sur l'aéroport et son activité ?

Exemple : si la taxe était payée par les passagers au départ de l'aéroport, 10% de ceux-ci, soit 5 millions de passagers changeraient d'aéroport ou s'orienteraient vers le train ou la voiture ou ne voyageraient pas. Si la taxe était différenciée entre passagers européens (taxe peu élevée) et passagers internationaux (taxe élevée), l'impact serait moins grand.

Si la taxe est appliquée aux passagers en transfert, l'impact serait plus important, car ils ont davantage d'alternatives et peuvent choisir un autre aéroport de transfert.

Au final, le gouvernement néerlandais a choisi les options suivantes :

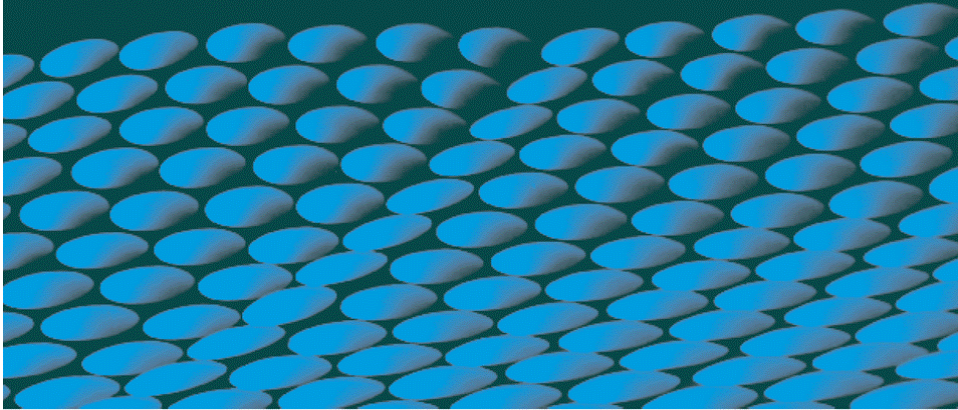
- la taxe portera sur les voyageurs au départ et à l'arrivée de l'aéroport ;
- une différence est introduite selon les passagers : la taxe pour les passagers européens sera de 11,25€ et celle pour les passagers intercontinentaux de 45€ ;
- La taxe ne concerne ni les passagers en transfert , ni le fret.

Les impacts seraient (selon la modélisation) : une diminution du nombre de passagers de 10%, une baisse du bruit de 0,3 dB(A), le nombre de particules en régression entre -3% et -9%, le CO2 diminuerait de 1,5 million de tonnes.

Lors de la mise en place de cette taxation (le texte de loi devrait paraître au 1^{er} juillet 2008), la baisse du trafic ne devrait pas être immédiate. C'est plutôt une stagnation provisoire du nombre de passagers avant une reprise de croissance qui est anticipée.

● **Le modèle MAP**, pour l'instant en phase de développement et de test, est très similaire à celui d'Amsterdam Schiphol et doit permettre de faire des prévisions sur le nombre futur de passagers et de mouvements sur les Aéroports de Paris. Ce modèle pourra simuler le choix fait par les passagers et les compagnies aériennes selon l'attractivité des différents aspects du transport aérien, comme le prix, les heures de départ et l'accessibilité aux aéroports (côté ville et côté aéroport). La compétition entre l'aérien et les autres moyens de transport interviendra également. Enfin l'aspect le plus important

concernera l'impact des décisions éventuelles en matière de limitation de capacité sur le nombre de passagers. »



Modelling the impacts of capacity constraints

13 december 2007

Marco Kouwenhoven, Eric Kroes
Jan Veldhuis

Significance
SEO Economisch Onderzoek

Introduction

- **Capacity constraints** (runway/noise) **may:**
 - limit growth of aviation,
 - reduce competitive position of airport,
 - have negative economic impact on region / country
- **Needed:**
 - quantitative analysis of effects,
 - evaluation of measures to reduce negative impact

Capacity constraints can have many effects

- **Airlines might:**
 - Reschedule flights to different periods of the day
 - Employ larger / less noisy aircraft
 - Reduce flight frequency
 - Outplace flights to other airports
 - Replace flights by TGV connections
- **Passengers might:**
 - Choose flights departing from different airport
 - Choose TGV or private car
 - Decide not to travel

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 3

A model can help understand these effects

- **But:**
 - When will capacity be reached?
 - What are the most important effects?
 - What possible policy measures could be used to reduce effects?
- **A model can:**
 - Help to understand the main mechanisms;
 - Assist policy makers to decide between policies.
- **Approach:**
 - development of aviation economic model with capacity constraints,
 - application to test different scenarios and policies.

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 4

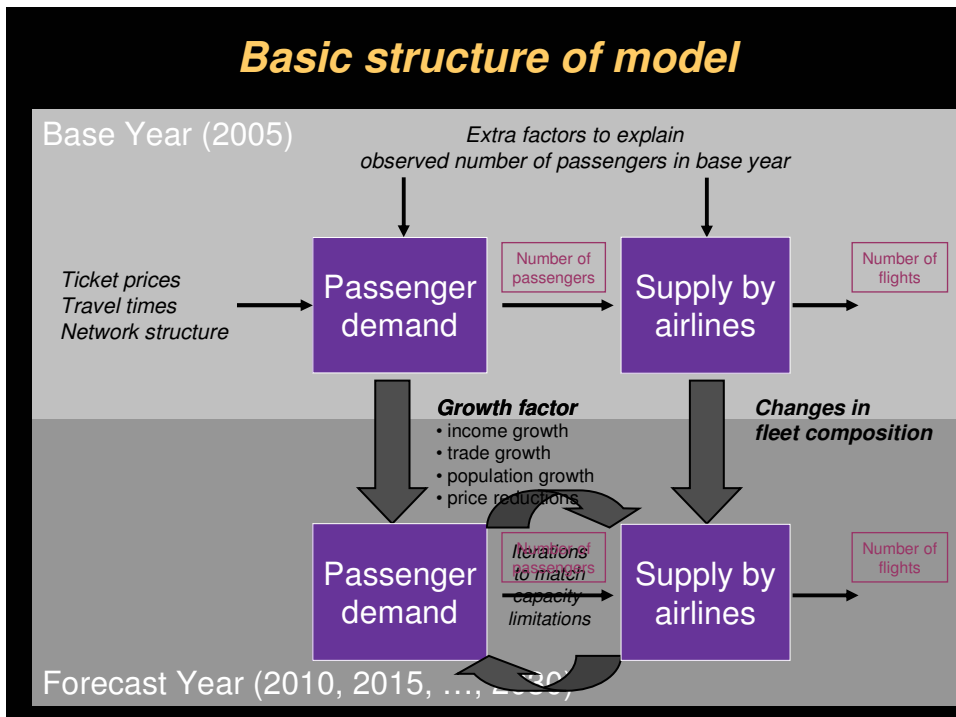
Modèle pour les Aéroports Parisiens MAP

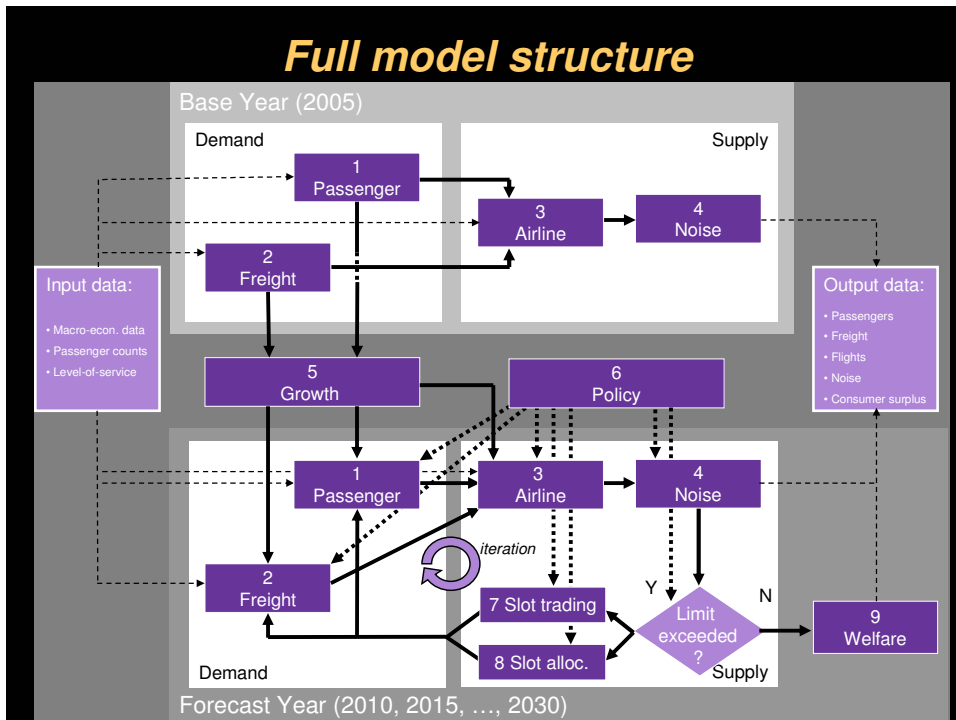
- **A model to assist airport policy makers**
 - Concept originally developed for Amsterdam/Schiphol Airport
 - Has now been adapted and extended for the Paris airports
- **Strategic, quick and pragmatic model**
- **Forecasts of expected future growth of air traffic**
 - Passenger numbers
 - Air freight volumes
 - Aircraft movements
 - Effects of capacity limits and policy effects.

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 5

Basic structure of model



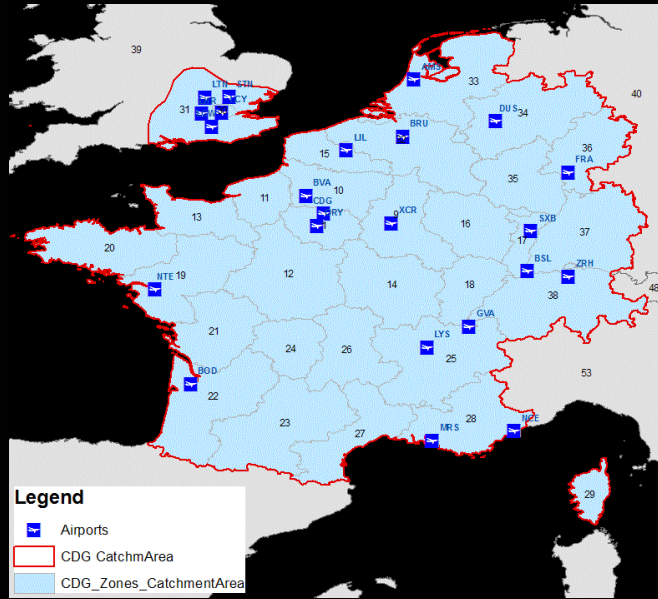


Two types of travellers are modelled

- **OD travellers departing/arriving from France** (and surroundings)
 - Choice between travel by air, car, train and TGV
 - Choice of departure/arrival airport
 - Choice of mode to access/egress the airport
- **Other travellers departing and arriving outside France** (and surroundings)
 - Only air travel is included
 - Choice between direct and indirect flight
 - Choice of hub (e.g. transfer at CDG)

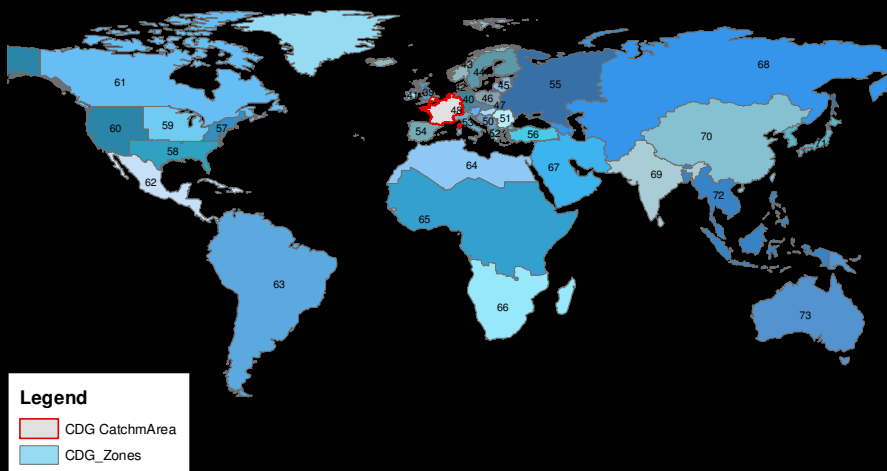
Catchment area of CDG & ORY

origin / destination of OD travellers



Other zones

origin & destination of other travellers



Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 10

Modelling the passenger demand

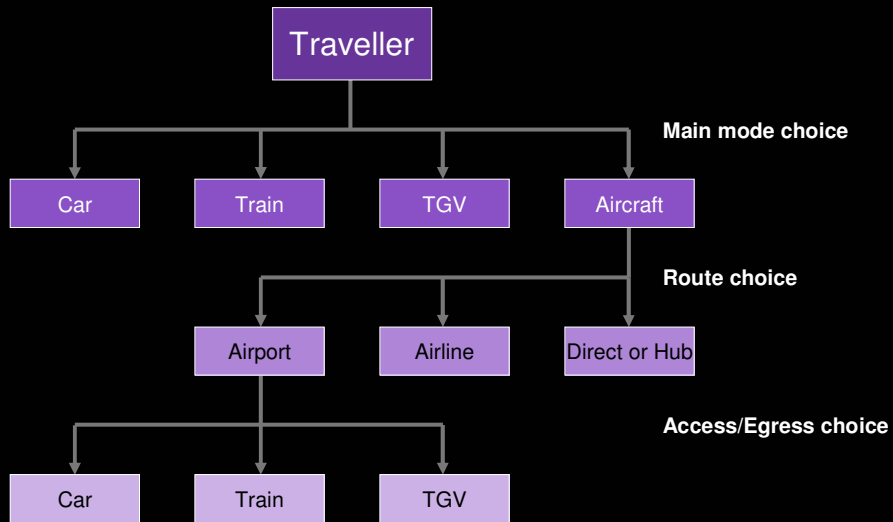
- **For each zone-zone combination**
 - Calculate total flow
 - Calculate market shares of all alternatives
- **Total flow:**
 - Base year: use observed demand pattern
 - Forecast year: apply growth factor to base year amount
 - GDP development
 - Trade development
 - Price development
 - Air network development
- **Market shares:**
 - Competition between alternatives
 - Model choice of traveller at three levels



Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 11

OD Traveller makes a three-step choice



Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 12

Modelling the passenger demand

- **Attractiveness of choice alternative is determined by:**
 - Travel time
 - Transfer time
 - Ticket price
 - Service frequencies
 - Airport, mode and destination specific preferences

$$\begin{aligned} \text{Attractiveness } U(i) &= \alpha \cdot \log(\text{Freq}) \\ &+ \beta \cdot (\text{TicketPrice} + \text{VoT} \cdot (\text{TravelTime} + \text{Penalty} \cdot \text{TransferTime})) \\ &+ \text{AlternativeSpecificConstant} \end{aligned}$$

- **Competition (nested logit) model applied to OD flows**

$$\text{MarketShare} = \frac{\exp U(i)}{\sum \exp U(i)}$$

- **Coefficients adjusted from other models**
 - Validated using base year airport statistics

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 13

Modelling the airline supply

- **Supply is described by three parameters**

- Aircraft size (9 classes)
 - Destination
 - Market size
 - Cost per seat
 - Degree of competition
- Technology (6 classes)
 - Fleet renewal
 - Fleet expansion
 - Available technology
- Time of day (6 periods)
 - Passenger preferences

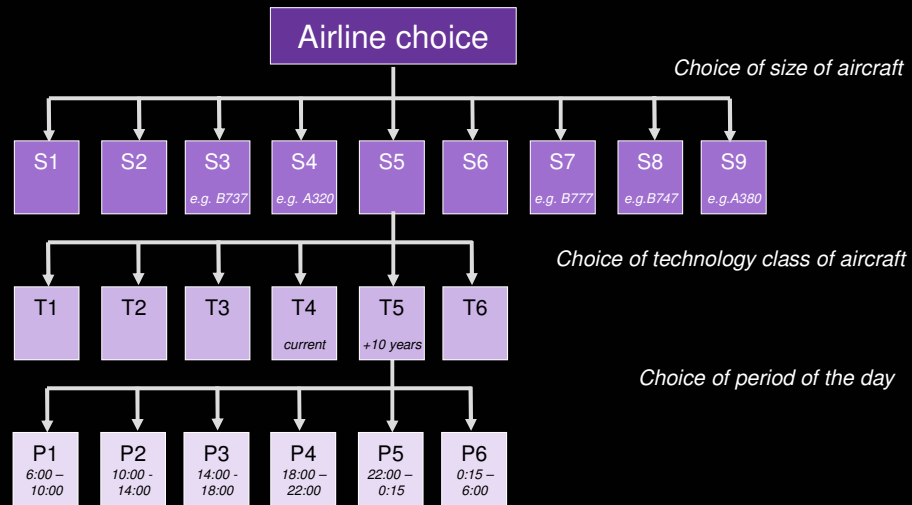


- **Use observed base year supply to model the existing preferences**

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 14

Airlines make a three-step choice



Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 15

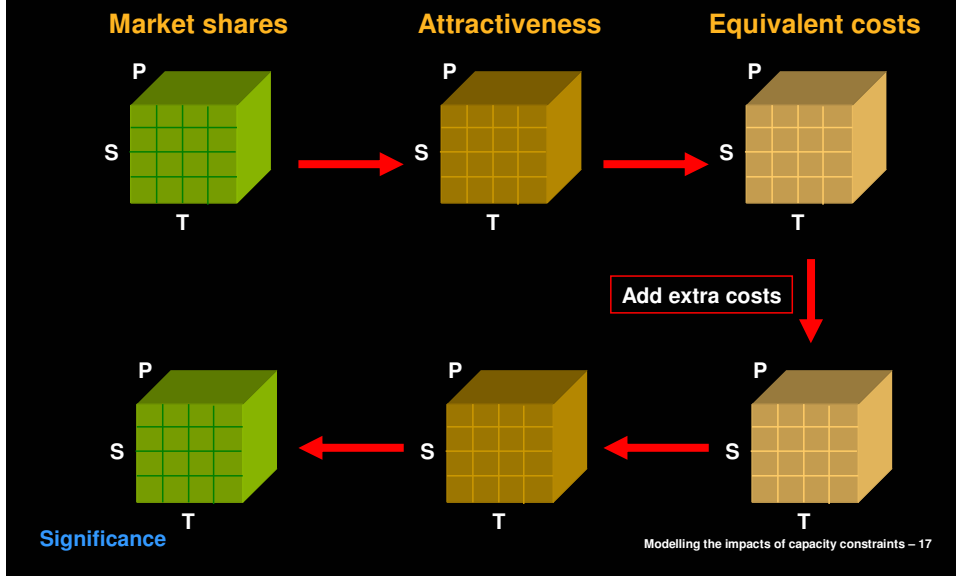
What happens if capacity limit is exceeded?

- **Introduction of shadow price**
- **Passengers: ticket price increases**
 - reduced demand
 - other travel modes become more attractive
 - other airports become more attractive
- **Airlines: usage of certain aircraft becomes more expensive**
 - larger aircraft become more attractive
 - more silent aircraft become more attractive
 - departing/arriving at other periods of the day more attractive

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 16

Effects of extra costs for airlines



Scenarios for MAP model

- **Reference scenario**
 - Network structure as now, increase of frequencies and seats capacity. Airfare decline of -0,5%/annum.
- **Scenario 1: priority to hub Paris CDG**
 - O/D traffic transferred from CDG to other airports, included Vatry
 - Air traffic from ORY to close-by TGV destinations suspended
 - Fares : idem as Reference sc
- **Scenario 2: priority to hub Paris CDG and LYS**
 - Part of Air France/KLM traffic relocated from CDG to Lyon
 - Fares : idem as Reference sc
- **Scenario 3: priority to Skyteam hubs CDG / AMS**
 - Part of Air France/KLM traffic relocated from CDG to Amsterdam
 - Fares : idem as Reference sc

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 18

Case study: Dutch Ministry of Finance

New government decided to introduce a ticket tax:

- to internalise (perceived) external costs
- to generate 350 million Euro per year

Policy question:

What would be the impact of different forms of a ticket tax in terms of:

- Passenger volumes Schiphol (depart/arrive versus transfer)
- Freight
- Aircraft movements
- Noise
- Emissions
- Passenger volumes Dutch regional airports

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 19

Ticket tax variants under study

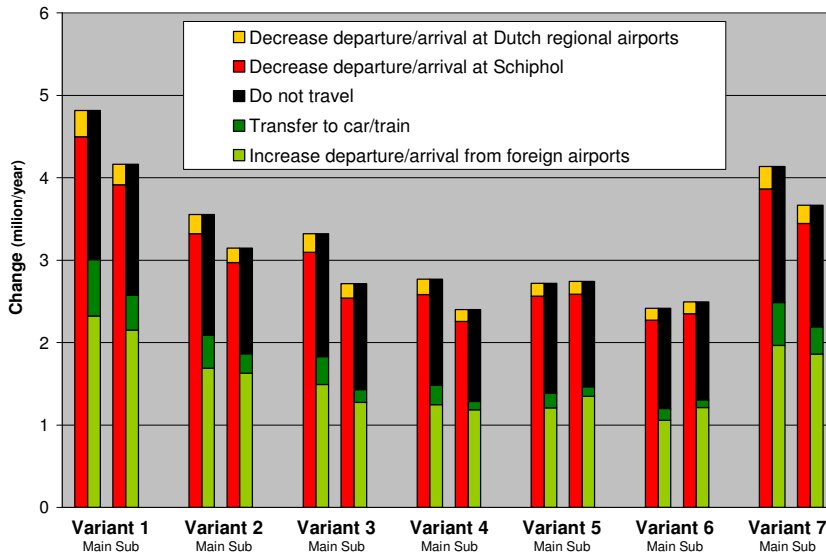
	Charges for	OD	Trans-fer	Freight	Move-ments
1	OD passengers	€ 23.00			
2	All passengers	€ 13.75	€ 13.75		
3	OD passengers and freight	€ 15.25		€ 7.63	
4	All passengers and freight	€ 10.50	€ 10.50	€ 5.25	
5	Aircraft movements				€ 16.50 / ton
6	Aircraft movements by techn. class				€ 11 to 21 / ton
7	All passengers and freight (equal effects)	€ 18.80	€ 2.50	€ 2.40	

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 20

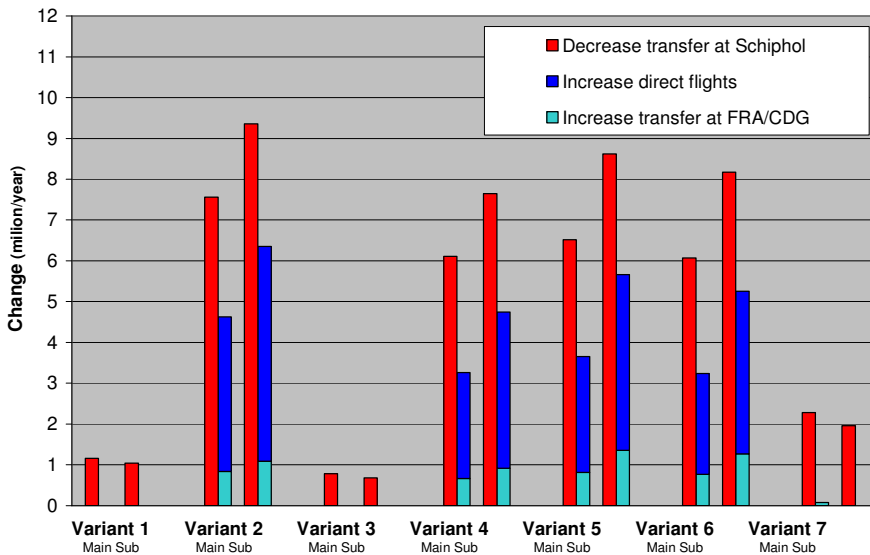
10% of OD passengers shift to foreign airports

Travellers to/from Netherlands (and surroundings)



Strong reduction if tax applies to transfer

Other travellers



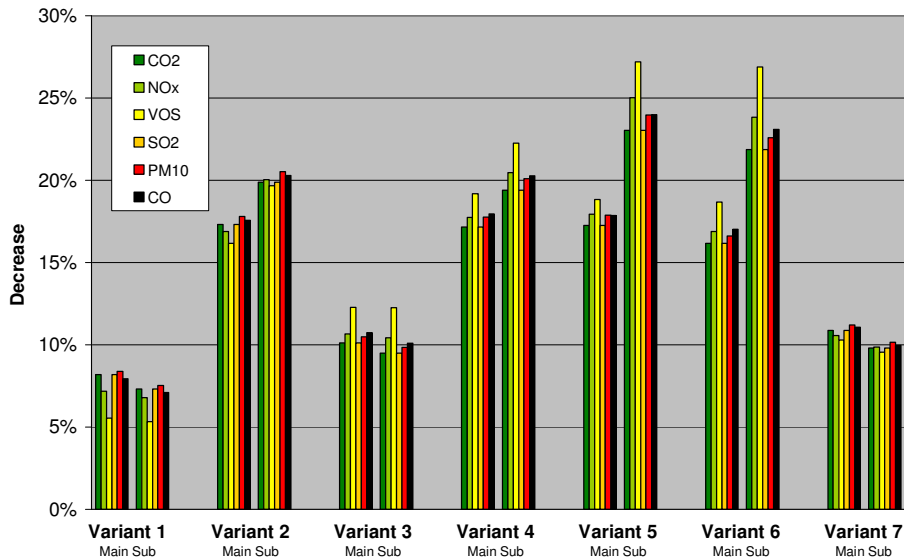
Dutch Government has decided to implement charging scheme July 2008

- OD passengers only
- Difference between European and intercontinental destinations:
 - Europe: €11.50 (return ticket)
 - Intercontinental: € 45 (return ticket)
- Predicted impacts:
 - Passengers: –10% (=3 years growth)
 - Noise: –0.3 dB(A)
 - Particles: –3 to –9%,
 - CO₂ –1.5 Megaton

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 23

Impact on emissions limited in Variant 1 (Landing and take-off only)



Conclusions (1)

- **The MAP model forecasts expected future numbers of passengers and aircraft movements for Paris airports**
 - Simulating choices of **individual travellers** and **airlines** between alternatives characterised by utility functions (attractiveness)
 - Taking both **airside and landside accessibilities** of airports into account
 - Including **competition** between modes of transport (*train, TGV, car*), different departure airports in the catchment area, and different airlines and routes (*direct flight versus transfers at hubs*)
 - Taking **capacity constraints into account** (*runway, noise*)
 - Including possibilities to simulate impact of **policy measures** (*e.g. charging schemes*)

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 25

Conclusions (2)

- **Model concept has been used successfully in The Netherlands for two major policy studies**
 - Schiphol airport capacity planning;
 - Ticket tax charging scheme that will be implemented in 2008.
- **MAP model is now being used by DGAC for Paris airport capacity planning**
 - Particularly looking at what the impact will be of airports reaching runway/noise capacity, and how negative effects can be minimised.

Significance

Modelling the impacts of capacity constraints – 26

3.2 Les impacts sur l'offre et la demande : le cas allemand

Marc GELHAUSEN, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) - Allemagne

« Les contraintes aéroportuaires ont pris une importance considérable depuis quelques années. Elles concernent tout autant les limitations physiques en termes de pistes et de capacité terminale, que les couvre feux nocturnes, les limitations en matière de bruit ou de pollution. Dans de nombreux cas, ces contraintes contribuent à réduire les effets négatifs du transport aérien sur les riverains des aéroports. Cela étant, du point de vue des aéroports, ces contraintes réduisent la capacité disponible pour satisfaire la demande des passagers. Ces éléments doivent donc être intégrés dans les modèles de simulation de trafic aéroportuaire, en situation de contraintes de capacités.

Ainsi, dans le choix des passagers pour utiliser tel ou tel aéroport de départ, les tarifs aériens et les contraintes de capacité sont très liés. Ainsi, à court terme, plus les capacités disponibles sur une plateforme sont faibles, plus les tarifs aériens sont élevés. Mais au-delà, dans une situation de contrainte environnementale, le premier choix d'un passager quant à son aéroport de départ ne pourra être satisfait.

Lorsque l'on cherche à modéliser le comportement des passagers, confrontés à de telles situations de contrainte, trois situations possibles doivent être prises en compte :

- si la désutilité pour le passager est importante et l'augmentation des capacités possibles, celle-ci se fera. C'est l'exemple, en Allemagne, de Francfort Hahn,
- si la désutilité du passager est faible et l'augmentation de capacité, impossible, la demande de transport excédentaire sera satisfaite par les aéroports voisins. C'est le cas de Düsseldorf,
- enfin, si à la fois la désutilité pour le passager est importante et l'augmentation de capacité, impossible, la demande sera probablement perdue. C'est l'exemple en Allemagne avec l'aéroport de Hof-Plauen.

Le réseau des aéroports allemands étant dense, l'analyse est plutôt focalisée sur le second cas où « la désutilité du passager est faible et l'augmentation de capacité, impossible » qui fait référence au cas où la demande excédentaire est satisfaite par les aéroports voisins.

Des enquêtes sont réalisées régulièrement sur la majorité des aéroports allemands. En 2003, plus de 200 000 voyageurs ont été interrogés sur 19 aéroports internationaux et 5 aéroports régionaux, comme par exemple Francfort Hahn. L'enquête a révélé que 67% des voyageurs avaient choisi comme aéroport de départ, celui qui était le plus proche. En général, les régions sont desservies, par trois aéroports au minimum et 14 au maximum, avec une moyenne de 8 aéroports par région. Bien que deux tiers des passagers choisissent l'aéroport le plus proche et que la compétition soit forte entre les aéroports pour capter la demande non satisfaite, une part de celle-ci est perdue.

● Aéroport et modélisation.

Le modèle est de type logit. Des caractéristiques spécifiques sont applicables à toutes les combinaisons d'aéroports et de modes d'accès, réels ou théoriques. Cela est particulièrement important pour évaluer l'impact d'un nouvel aéroport ou de nouveaux modes d'accès (comme les liaisons ferroviaires inter-city à grande vitesse). Enfin l'analyse des contraintes de capacité peut être abordée sous l'angle du concept de « prix généralisé ».

Le modèle optimise l'utilité du passager ; en d'autres termes, chaque passager aérien choisit son aéroport de départ et son mode d'accès selon ses préférences. Les critères significatifs de choix sont,

entre autres, le coût et le temps d'accès à l'aéroport, l'offre disponible en termes de vols directs et à bas-coûts sur la destination. Cela étant, du fait des contraintes environnementales, il n'est pas toujours possible, pour les passagers de partir de l'aéroport de leur choix. Dans ce cas, le modèle définit l'aéroport de départ qui se substituera le mieux à celui du premier choix. Le modèle intègre les différents « prix à payer » par les passagers pour partir de l'aéroport de leur choix, par exemple un tarif aérien plus élevé, une réservation anticipée.

Le « prix généralisé » est un moyen de prendre en compte l'idée suivante. Dans les aéroports contraints en capacité, le prix est majoré d'une possibilité, à un niveau tel qu'un « équilibre de marché » s'établit entre l'ensemble des aéroports, contraints et non contraints.

● L'exemple de Cologne.

La demande de transport aérien dans la région de Cologne est satisfaite principalement par les trois aéroports de Cologne/Bonn, Düsseldorf et Francfort, ce dernier permettant de satisfaire la demande des voyages intercontinentaux.

Le modèle est subdivisé en sept sous modèles spécifiques selon la destination et le motif du voyage : domestique, Europe, International, voyages pour motif personnel (segmentés selon la durée : - de quatre jours ; cinq jours et plus) et voyages pour motifs affaires. A titre d'exemple, Berlin peut être choisi comme une destination domestique, Barcelone comme une destination européenne et Dallas comme une destination internationale.

Deux scénarios peuvent être envisagés, l'un sans contrainte aéroportuaire et l'autre avec contraintes. Chaque scénario représente une hypothèse.

Les contraintes imaginées pour chaque aéroport sont respectivement de 100 passagers pour les aéroports de Cologne/Bonn et de Düsseldorf et de 300 passagers pour Francfort. Dans le scénario de base, la demande de transport aérien est satisfaite par les aéroports de Cologne, Düsseldorf et Francfort, plus quelques autres aéroports mais de façon marginale. Les aéroports de Cologne et Düsseldorf bénéficient d'un potentiel de demande supérieur à ce qu'ils peuvent accueillir, ce qui oblige des passagers à utiliser d'autres aéroports

Certains parmi eux choisissent Francfort, qui à son tour, devient contraint en capacité disponible

En résumé, les conséquences de contraintes de capacités aéroportuaires sont les suivantes :

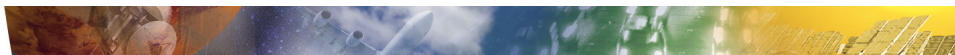
- elles pèsent sur la satisfaction du passager lorsqu'elles accroissent la durée et le coût du voyage,
- des effets secondaires ou de débordement peuvent se propager aux aéroports plus lointains,
- cela étant, la demande de voyage aérien peut être redistribuée vers d'autres aéroports et bénéficier à des aéroports moins attractifs,
- ce faisant, la concurrence entre aéroports finit par s'atténuer, conduisant à une augmentation des prix et moins d'innovation, ce qui réduit d'autant la satisfaction des passagers aériens ».



Paris, 13.12.2007

Impact of capacity constraints on airport choice of air travellers

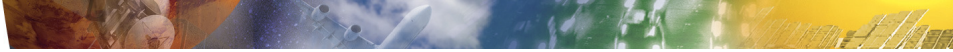
Dr. Marc Ch. Gelhausen



Agenda

- Introduction
- Airport and access mode choice model
- A hypothetical example
- Conclusions

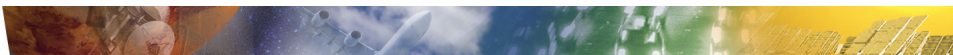




Introduction



 Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Why consider capacity constraints in airport choice?

Limited airport infrastructure:

- Runways
- Terminals
- Night curfews
- ...



Reduction of available capacity of an airport to handle passenger demand



 Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Why model capacity constraints in airport choice specific?

- Air fares do not reflect the capacity situation at airports fully, at least over a short time horizon
- **In an equilibrium of air fares and airport capacities, the first choice of an air traveller regarding the departure airport is not necessarily met**
- **Air fares are often not included in airport choice models due to data problems**

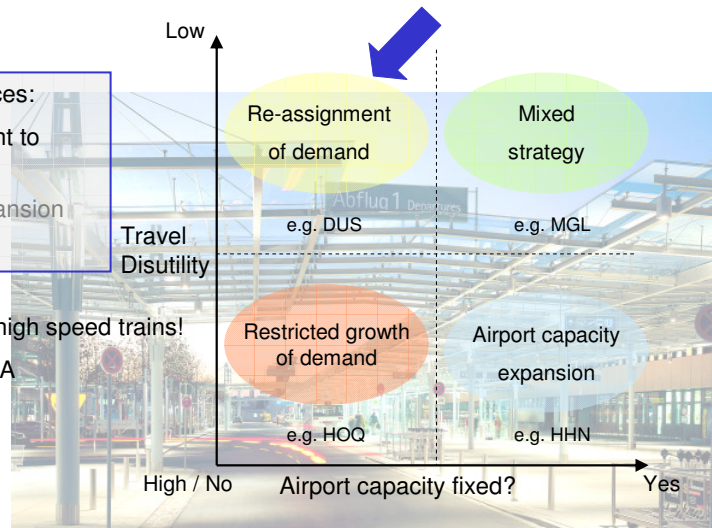


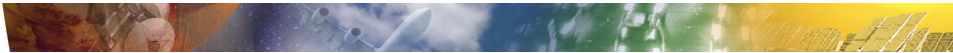
Most airport choice models assume unconstrained airport capacities

Possible consequences of capacity constraints at airports

- Three consequences:
 - Re-assignment to other airports
 - Capacity expansion
 - Lost demand

Importance of high speed trains!
e.g. CGN – FRA





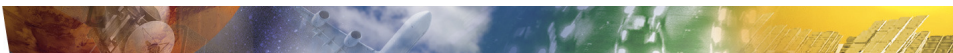
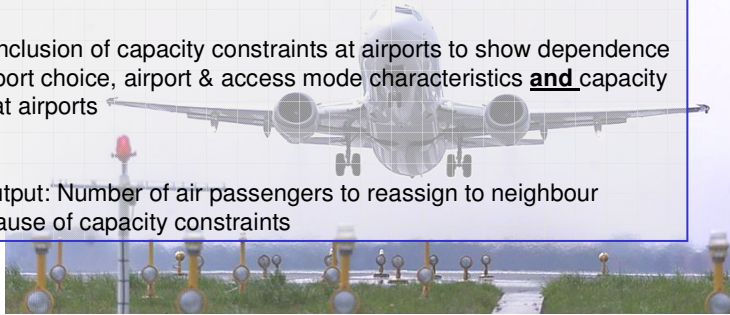
Airport choice and future avenues

- State of the art: Show the dependence between airport and access mode characteristics and airport choice

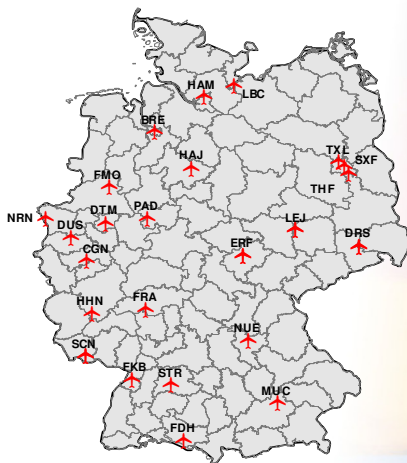


Model currently employed by Deutsche Bahn AG (Gelhausen 2006)

- Innovation: Inclusion of capacity constraints at airports to show dependence between airport choice, airport & access mode characteristics **and** capacity constraints at airports
- Additional output: Number of air passengers to reassign to neighbour airports because of capacity constraints



Airport system in Germany – airport choice



Some facts from the German Air Traveller Survey 2003:

- 19 international airports (2 Hubs)
- 5 regional airports
- 67 % choose nearest airport

No. of airports serving a SPR:

- Minimum 3 airports
- Maximum 14 airports
- On average 8 airports

SPR: Spatial Planning Region



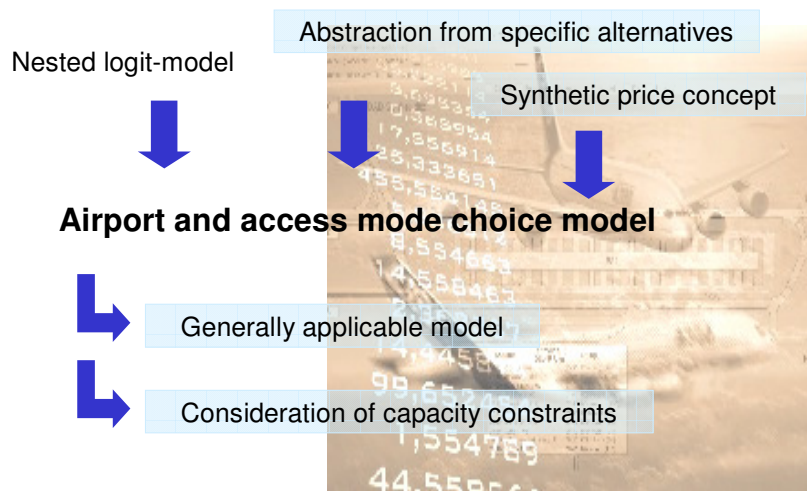
Airport and access mode choice model



 Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



„Key aspects“



 Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Forecasting philosophy of a nested logit-model

Traveler: „Which alternative is the best for me?“

↳ Evaluation of alternatives by means of utility

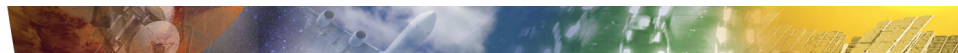
Lack of observability, measurement errors, ...

Forecaster: „Which alternative is most likely the best for him?“

↳ Choice probabilities

Summing up over homogenous populations

Market segment specific market shares of all alternatives

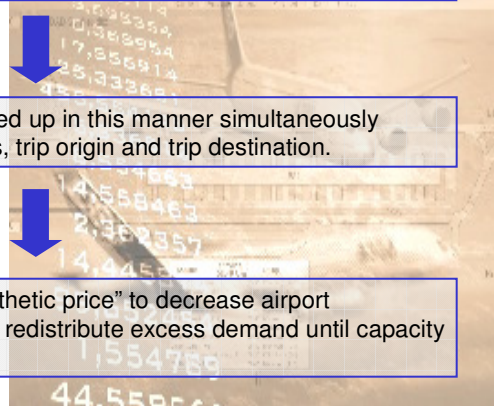


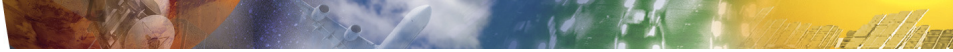
Modelling capacity constraints in airport choice

Idea: The higher the loss in personal welfare (utility) from alternative to alternative, the higher the efforts to get a “slot” for the best alternative, e.g. by early booking or paying higher prices.

Approach: Capacity at airports is filled up in this manner simultaneously across market segments, trip origin and trip destination.

Realisation: Increase so-called “synthetic price” to decrease airport attractiveness and thus redistribute excess demand until capacity constraints are met.

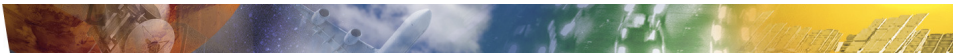




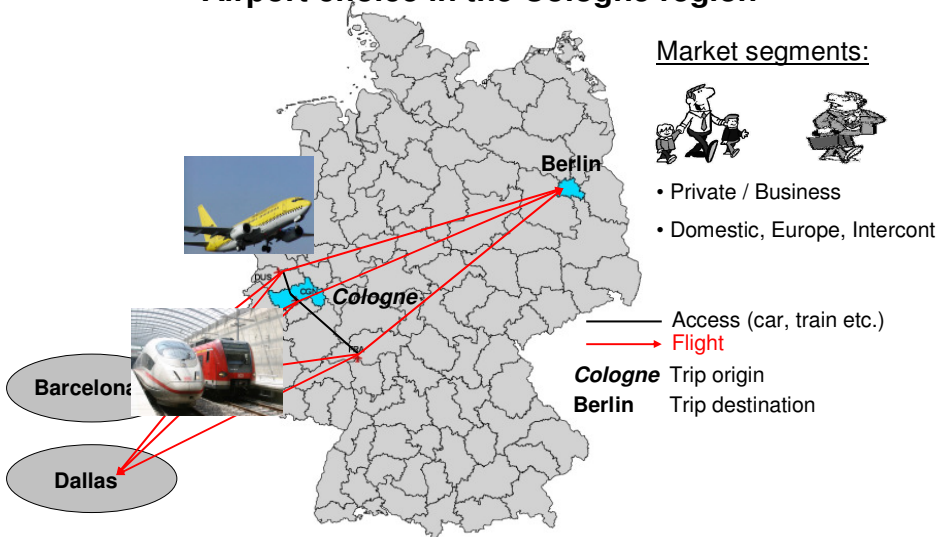
A simple hypothetical example



 Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

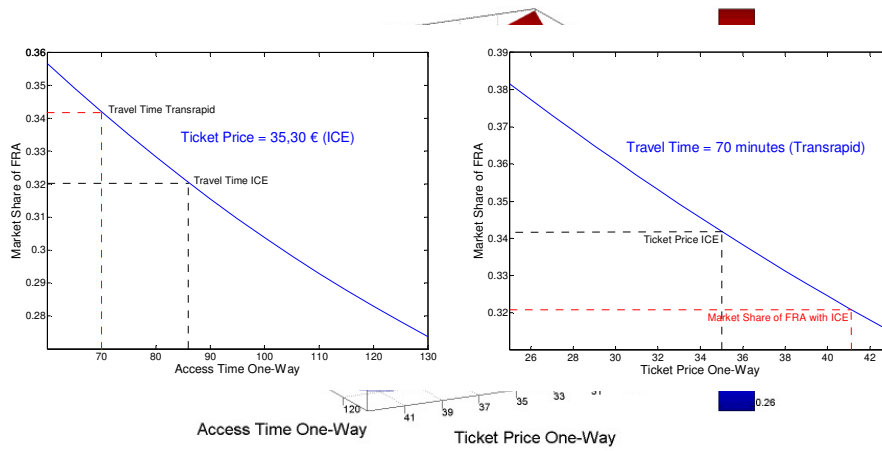


Airport choice in the Cologne region



 Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Airport choice and access quality



DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft

Airport choice – unconstrained and constrained

Market segment	Departing pax
BRD Private	100
BRD Business	100
EUR Short Stay	100
EUR Holiday	100
EUR Business	100
INT Private	100
INT Business	100
Sum	700

Airport	Capacity departing pax
Frankfurt/Main	300
Cologne	100
Düsseldorf	100
Sum	500

Airport choice unconstrained

Airport	Market share	Pax
Frankfurt/Main	9.26%	65
Düsseldorf	33.10%	232
Cologne	54.33%	380
Dortmund	1.13%	8
Niederrhein/Weeze	0.88%	6
Frankfurt Hahn	0.62%	4
Münster/Osnabrück	0.26%	2
Sum	99.58%	697

Airport choice constrained

Airport	Market share	Pax
Frankfurt/Main	42.86%	300
Düsseldorf	14.29%	100
Cologne	14.29%	100
Dortmund	13.51%	95
Niederrhein/Weeze	5.71%	40
Frankfurt Hahn	3.70%	26
Münster/Osnabrück	2.40%	17
Sum	96.76%	678

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft

Sensitivity to capacity constraints per market segment

- Sensitivity is much higher for domestic (190/30)* and European (216/236/11)** travel than for intercontinental (59/49)* travel.
- Sensitivity is much higher for private than for business travel.
- However, sensitivity depends also on the level of attractiveness of an airport → the higher the attractiveness, the less the sensitivity.
- However, demand is distributed among more airports with especially small airports increasing their market share significantly.



* (Private/business)

** (Short stay/holiday/business)

Increase of travel time as one reason of airport constraints

Market segment	Euro/minute	Increase of travel time from Cologne to (shortest travel time in minutes, single trip)				
		Frankfurt/Main	Dortmund	Niederrhein/Weeze	Frankfurt Hahn	Münster/Osnabrück
		64	70	81	82	131
BRD Private	0.32	20.48	22.40	25.92	26.24	41.92
BRD Business	0.75	48.00	52.50	60.75	61.50	98.25
EUR Short Stay	0.31	19.84	21.70	25.11	25.42	40.61
EUR Holiday	0.49	31.36	34.30	39.69	40.18	64.19
EUR Business	0.37	23.68	25.90	29.97	30.34	48.47
INT Private	0.39	24.96	27.30	31.59	31.98	51.09
INT Business	0.57	36.48	39.90	46.17	46.74	74.67

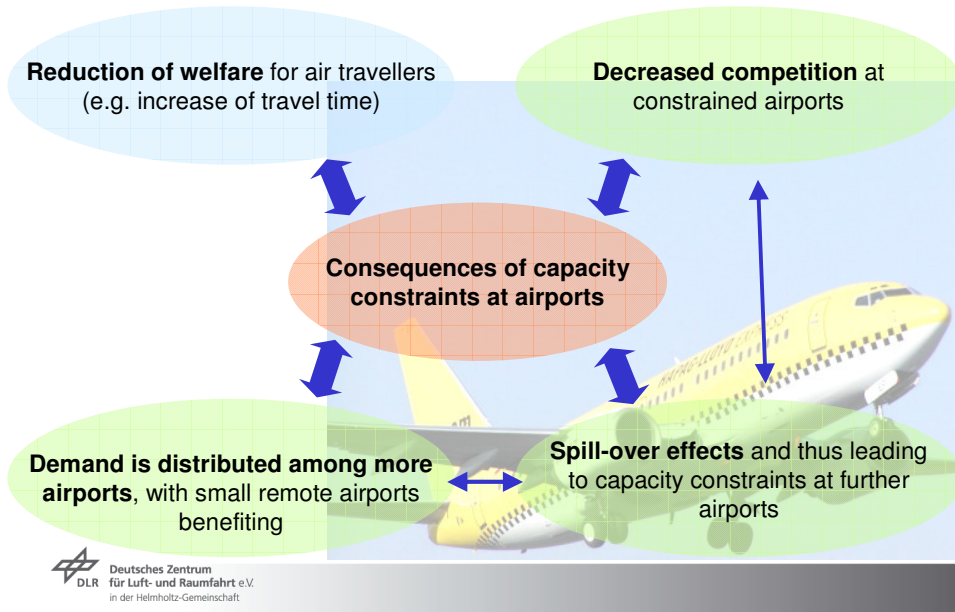
↑
Value of travel time in Euro

Further negative effects:

- Increase of travel cost, flight plan, etc.



Conclusions



Conclusion

Paul SCHWACH, Adjoint au Directeur Général, Directeur des affaires Stratégiques et techniques, DGAC

« Les contraintes de capacités aéroportuaires est un thème qui est évoqué depuis de longues années dans beaucoup d'instances, en particulier européennes, et qui fait l'objet d'enjeux particulièrement importants.

● Traditionnellement, on évoquait surtout les contraintes de capacités pour promouvoir la construction de nouveaux aéroports.

L'idée d'un manque de capacité qui s'est imposée à l'ensemble de l'Europe, se traduit par exemple dans l'étude d'Eurocontrol de 2004 par l'analyse qu'il manquera dix plates-formes majeures, en Europe, pour absorber le trafic des années à venir. Malgré le consensus sur ce genre de prévisions, il s'avère en fait extrêmement difficile de construire des aéroports, faute de volonté politique et de consensus social. La commission européenne elle-même a dû reconnaître qu'elle n'avait pas de levier pour favoriser la construction de nouvelles plates-formes en Europe. Elle s'est donc repliée sur la constitution d'un simple observatoire pour analyser les besoins en capacité en Europe.

● Une nouvelle approche visant à optimiser les capacités actuelles s'impose aujourd'hui partout en Europe.

Faute de capacité nouvelle, du moins suffisante eu égard au besoin, l'objectif central devient donc d'optimiser les capacités existantes. Cette optimisation fait intervenir les grandeurs fondamentales, comme le nombre de pistes ou d'aérogares, mais suscite aussi – comme on l'a vu lors de ce séminaire - des idées nouvelles, comme des parkings en silo plutôt qu'en surface à l'image de ce qui se fait à Nice. D'autres paramètres concernent l'accroissement de la taille des modules mis en service par les compagnies, l'augmentation des taux d'emport mais aussi, le regroupement des avions selon leur taille par les contrôleurs pour réduire les temps d'atterrissage.

● Quelle est l'attitude de la France face à ces questions ?

La situation française semble globalement moins critique que la moyenne européenne. Grâce à nos prédécesseurs, les réserves foncières ont été prévues assez larges, il y a une trentaine d'années, par exemple lors de la construction de certains aéroports (Lyon, Paris-CDG), ou en vue d'une construction future (Notre-Dame des Landes). Malgré tout, leur congestion interviendra à moyen terme sauf si de nouvelles technologies ou des sauts organisationnels deviennent disponibles. Beaucoup d'études sont faites sur le sujet et des projets commencent d'ailleurs à être mis en œuvre, comme OPERA au sein de la navigation aérienne, en Ile-de-France.

Dans le contexte de contraintes capacitaires, l'Etat intervient comme régulateur. Il n'a pas, néanmoins tous les leviers en main. Le transport aérien est un marché ouvert. L'Etat ne réglemente pas la stratégie des compagnies aériennes ; celles-ci agissent au mieux de leurs intérêts, en tenant compte de la régulation économique et de l'environnement aéroportuaire.

C'est dans cette perspective que l'Etat exerce deux responsabilités importantes :

- il assure la régulation économique du secteur, dont un des aspects essentiels est l'attribution des créneaux. Même si l'Etat n'intervient pas à ce niveau puisque c'est le régulateur indépendant COHOR qui les attribue, il a une influence majeure sur leur nombre et la politique qui les accompagne,

- la seconde relève d'un concept nouveau, mais validé aujourd'hui par plusieurs intervenants du séminaire, la capacité « environnementale ». L'Etat a un certain nombre de responsabilités pour mesurer, et renforcer cette capacité environnementale, qui pourrait aussi s'appeler l'acceptabilité sociale. Son action s'oriente vers la limitation ou la diminution des nuisances du transport aérien, sur une meilleure organisation de l'espace autour des aéroports et au-dessus des zones urbaines, en particulier par la définition des trajectoires et le relèvement des altitudes. Le plan d'exposition au bruit et l'insonorisation des logements font également partie des actions possibles en matière de protection des riverains.

Enfin, beaucoup d'espoirs sont placés dans le Grenelle de l'environnement, en particulier en matière de recherche scientifique qui doit apporter une partie des réponses aux défis posés à l'ensemble des actions publiques ou privées du transport aérien que ce soit aux constructeurs, aux aéroports et aux contrôleurs. »