

Aérogares passagers

par **Xavier BRUSSEAU**

Ingénieur des Travaux publics de l'État

Service technique des bases aériennes, département Bâtiment, groupe Programmation

1. L'aérogare et ses fonctions	C 4 120	-	3
1.1 L'aérogare et ses acteurs.....	—	—	3
1.2 Contrôles effectués sur le passager.....	—	—	4
1.3 Description du traitement du passager	—	—	5
1.4 Fonctions de l'aérogare.....	—	—	5
2. Notion sur le trafic	—	—	7
2.1 Trafic annuel.....	—	—	7
2.2 Trafics de pointe	—	—	7
3. Le programme	—	—	10
3.1 Définition et objectif	—	—	10
3.2 Éléments de programmation.....	—	—	10
3.3 Circuits. Proximités. Parties fonctionnelles.....	—	—	12
3.4 Liaisons entre l'aérogare et les avions pour les passagers	—	—	12
3.5 Évolutivité, flexibilité, extensibilité du bâtiment.....	—	—	12
3.6 Sûreté	—	—	12
4. Dimensionnement d'une aérogare	—	—	14
4.1 Choix du niveau de trafic de dimensionnement.....	—	—	14
4.2 Ratios	—	—	15
4.3 Dimensionnement des modules	—	—	15
5. Contraintes de construction	—	—	19
5.1 Servitudes	—	—	19
5.2 Plan de composition générale.....	—	—	20
6. Contraintes particulières de conception	—	—	20
6.1 Choix d'un parti architectural	—	—	20
6.2 Nombre de niveaux	—	—	21
6.3 Aires de stationnement des avions.....	—	—	21
6.4 Coûts de construction	—	—	23
7. Règlements généraux	—	—	23
Références bibliographiques	—	—	23

L'aérogare passagers est un maillon essentiel de l'ensemble des infrastructures d'un aéroport : c'est le bâtiment qui permet le transfert de personnes et de leurs bagages, d'un mode de transport terrestre, vers un autre, aérien, et réciproquement (cf. figure A). C'est donc le lieu du processus administratif et technique qui rend possible ce transfert (vente de billets, enregistrement des passagers et de leurs bagages, contrôles réglementaires de police, douane et sûreté). Mais c'est également un endroit où les gens changent de mode de déplacement : on arrive généralement dans une aérogare par petits groupes (bus, taxis, véhicules particuliers) d'horizons différents, pour se rendre vers une destination, accompagné de centaines d'autres passagers. L'infrastructure agit donc comme un fantastique "réservoir de passagers" qui alimente une flotte

d'avions. Chacune de ces caractéristiques de l'aérogare génère donc des besoins spécifiques en espace : des zones de circulation des passagers et de leurs bagages ; des filtres (administratifs ou techniques, pour le passager ou ses bagages) ; ainsi que des surfaces d'attente.

L'évolution du système de transport aérien vient constamment perturber cet équilibre des différents espaces de l'aérogare. Tout d'abord, la croissance prévisionnelle globale du trafic [estimée à 6 % par an en moyenne par IATA (Association Internationale du Transport Aérien)] oblige à concevoir des édifices qui seront, pour la plupart (la croissance doit être en effet modulée par secteur géographique), en constante expansion. La libéralisation du transport aérien (1997) a également bouleversé fortement la conception des aérogares (émergence de nouvelles compagnies aériennes, d'alliances commerciales diverses, générant de nouveaux besoins). Ce phénomène global a permis le développement de nouveaux types de trafics (compétition sur les tarifs et les prestations amenant de nouveaux profils de passagers aux comportements différents ; démocratisation du transport aérien). Dans ce contexte, les compagnies aériennes ont développé de nouvelles stratégies commerciales (système de « hub », de « navette », permettant de toucher un public plus large) impliquant des besoins différents en surface d'aérogare (quantitativement et qualitativement). Enfin, la compétition technologique à laquelle se livrent les constructeurs aéronautiques pour répondre aux besoins des compagnies risque de modifier encore le paysage des aérogares à court terme (mise en service de nouveaux gros porteurs, avions d'envergure et d'emport supérieurs à ceux des aéronefs actuels, par exemple).

L'objet de cet article est de présenter les éléments fondamentaux pour la programmation de ce type d'infrastructure terminale aéroportuaire. On étudiera donc successivement le fonctionnement d'une aérogare, les moyens de dimensionner cet équipement, ainsi que les contraintes de conception spécifiques à ce bâtiment. Il est néanmoins important de souligner, en conclusion de ce préliminaire, que la programmation d'une aérogare n'est pas une science exacte (cet équipement étant au cœur des interactions de différents environnements technique, politique, commercial et social, en perpétuelle évolution, comme tend à le montrer cette courte introduction). C'est sans doute pour cette raison qu'il n'existe que peu de documents de référence : les expériences du programmeur, du concepteur et du gestionnaire resteront primordiales. La solution demeurera le fruit d'un consensus et ne sera jamais décrite, pour un cas donné, dans un manuel, si complet soit-il.

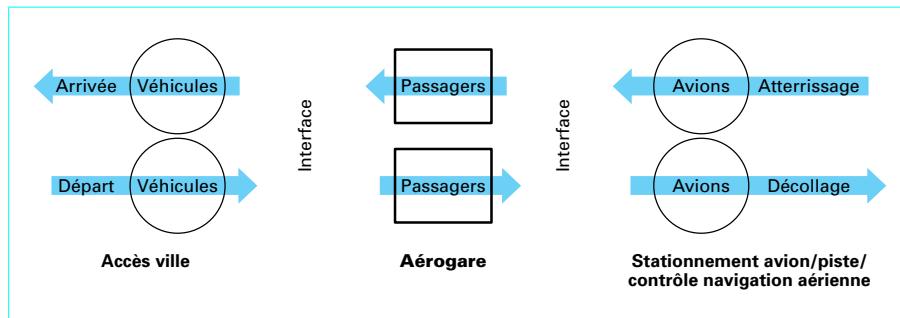


Figure A – Position de l'aérogare passagers dans le système aéroportuaire

1. L'aérogare et ses fonctions

1.1 L'aérogare et ses acteurs

1.1.1 Les intervenants

On distingue parmi eux deux catégories principales : les usagers et les utilisateurs. On utilisera la définition communément admise dans le domaine des constructions publiques.

On entend donc par **usager**, toute personne physique qui a recours au service rendu par l'équipement. La notion « d'usager » regroupe ainsi le public ciblé et ses accompagnateurs. En revanche, **l'utilisateur** comprendra toute personne physique ou morale qui, par sa profession, exploite au moins l'une des fonctions de l'ouvrage à un moment quelconque de son cycle de vie.

■ Les utilisateurs, intervenants qui font fonctionner l'aérogare

Leur importance peut être hiérarchisée.

● Utilisateurs directs

Le **gestionnaire** : c'est l'exploitant opérationnel et financier de l'aérogare. Il dispose de deux types de recettes :

- les redevances aéronautiques (atterrissement, passagers, balisage, stationnement des avions, carburants) ;
- les redevances extra-aéronautiques, à caractère purement commercial.

Le gestionnaire peut sous-traiter une partie des tâches d'exploitation et offrir des prestations complémentaires aux compagnies aériennes (services d'assistance des avions au sol, manutention des bagages, accueil et enregistrement des passagers et de leurs bagages) en faisant appel à des sociétés privées.

Les compagnies aériennes : elles ont à charge le transport des passagers et de leurs bagages.

Les services de contrôle réglementaire des passagers : ce sont les services de l'État qui assurent les différentes tâches impliquées par le passage des frontières ou applicables aux passagers et à leurs bagages d'une manière générale : police, douane, sûreté, santé.

Depuis 1997, le gestionnaire d'une plate-forme aéroportuaire peut utiliser les services d'une société privée (agrée par les services de l'État) pour l'inspection et le filtrage sûreté des passagers et de leurs bagages. L'activité de cet intervenant se fait dans ce cas sous le contrôle des services de l'État.

● Autres utilisateurs

Ceux qui offrent un service aux passagers : commerçants, restaurateurs, loueurs de voitures, transporteurs, services d'information, services de poste, de téléphone, établissements bancaires.

Les services des bases aériennes, qui sont responsables de l'infrastructure aéroportuaire : création, aménagement et entretien des pistes, des aires de manœuvre et de stationnement des avions, ainsi que des bâtiments techniques.

Les services de la Navigation aérienne, qui sont chargés d'assurer la régularité du trafic et la sécurité des aéronefs en vol et au sol. Ils sont responsables de la conception des moyens, de leur mise en place, de leur entretien et de leur exploitation.

■ Les usagers de l'aérogare

Ce sont :

- les passagers ;
- les visiteurs, n'ayant aucun lien direct avec le trafic, mais susceptibles d'utiliser les services et les commerces ;
- les accompagnateurs et attendants ;
- les personnels navigants, techniques ou commerciaux.

1.1.2 Les types de trafic passagers

Le transfert des passagers et de leurs bagages, d'un mode de transport terrestre à un mode de transport aérien ou réciproquement, s'assortit d'un certain nombre d'opérations qui sont différentes selon la destination ou la provenance des passagers, c'est-à-dire selon les types de trafic aérien empruntés.

■ Trafic national

Les passagers et les bagages ne quittent pas le territoire national. Ils ne sont soumis à aucune formalité de frontière, mais doivent (y compris les bagages de soute) pouvoir subir un contrôle de sûreté.

■ Trafic international

Les passagers et les bagages quittent ou arrivent sur le territoire national. Ils sont soumis aux formalités de frontière et subissent obligatoirement un contrôle de sûreté.

■ Trafic de transit

Les passagers peuvent arriver par un mode de transport terrestre pour prendre l'avion ou inversement, mais ils peuvent aussi arriver par avion pour repartir par avion : c'est ce qu'on appelle « le trafic de transit ».

On distingue :

— **le transit direct** : les passagers, arrivés par avion avec un numéro de vol, repartent avec le même numéro de vol et normalement, par le même avion. Les bagages de soute restent en général dans l'avion ;

— **le transit indirect ou correspondance** : les passagers et les bagages arrivés à bord d'un avion sous un numéro de vol déterminé repartent à bord d'un autre avion sous un autre numéro de vol ;

— **le transit rapide** : les passagers et les bagages, arrivés par un avion, repartent par le même avion sans en être descendus.

Le transit, qu'il soit direct ou indirect, présente les quatre combinaisons suivantes (arrivée/départ) :

- transit national/national ;
- transit international/international ;
- transit national/international ;
- transit international/national.

Par opposition au trafic de transit, les passagers des trafics national et international, dont l'origine ou le point final du voyage est l'aérogare considérée, constituent le trafic « local ».

■ Trafic régulier ou « charter »

Le trafic, qu'il soit national ou international, appartient par ailleurs à l'un de ces deux types de vol :

— les vols effectués à jours fixes et à horaires fixes par une compagnie aérienne qui utilise soit ses propres appareils, soit des avions loués à l'année pour lesquels il est possible d'acheter son billet et de prendre l'avion à n'importe quel moment dans la limite des places disponibles, ainsi que d'annuler sa réservation sans autre forme de procès (sous réserve d'une politique commerciale particulière). C'est ce qu'on appelle le **trafic régulier** ;

— les vols effectués occasionnellement, soit par avion de compagnie régulière, soit par un avion affrété spécialement pour le vol, pour lesquels il est impératif d'acheter le billet et de choisir son vol à l'avance avec peu ou pas de possibilités de désistement ou de changement de réservation. C'est ce qu'on appelle communément le **trafic charter** ou non régulier.

■ Trafics long-, moyen- ou court-courrier

La durée du vol et la longueur du parcours permettent d'établir une autre distinction :

- vols long-courriers : plus de 3 000 km ;
- vols moyen-courriers : de 1 000 km à 3 000 km ;
- vols court-courriers : moins de 1 000 km.

1.1.3 Influence du type de passager

Une aérogare peut fonctionner sans pour autant donner pleine satisfaction. Pour un bon fonctionnement, il faut obtenir une bonne qualité de service, qui dépendra :

- de la rapidité : il s'agit au départ de la rapidité de traitement du passager qui implique, en premier lieu, la rapidité de traitement du bagage ; il est important que le gain de temps gagné dans l'avion ne soit pas perdu dans l'aérogare ; à titre d'exemple, aujourd'hui, les compagnies annoncent des temps de correspondance (circuit très sensible pour un passager) de l'ordre de 30 min (voire 20 min pour certaines plates-formes de correspondance) (figure 1) ;

- du confort offert au passager : il regroupe des notions plus ou moins floues et subjectives de qualité des circuits (faible distance de marche à pied, itinéraires simples et directs, trajet avec bagages particulièrement court grâce à la configuration de l'aérogare), de surfaces disponibles (dimensions suffisantes des espaces d'attente), de services offerts qualitativement et quantitativement (toilettes en nombre suffisant, chariots à bagages, commerces, etc.), de nombre de sièges disponibles, de qualité d'ambiance des espaces (bruit, éclairage, ventilation, climatisation, sonorisation...), d'attente aussi brève que possible (vitesse de traitement des passagers et nombre suffisant de filtres tout au long du processus).

La qualité de service est une notion subjective : elle diffère selon le passager. On peut néanmoins essayer de dégager des idées générales par grande catégorie.

Le **passager habitué au transport aérien** connaît bien les formalités à accomplir et va trouver facilement l'emplacement correspondant. Ce qui compte, pour lui, c'est une bonne lisibilité des lieux.

Le **passager occasionnel** ne connaît pas toujours les formalités. Il est très souvent angoissé à l'idée de prendre l'avion. Ce qui compte, pour lui, c'est de trouver une atmosphère rassurante, un bureau d'accueil où il pourra être renseigné et une signalétique appropriée.

L'homme d'affaires arrivera au dernier moment, voudra accomplir ses formalités et accéder à l'avion le plus rapidement possible.

Le **touriste** dispose de temps pour découvrir l'aérogare. S'il est au départ, sa présence dans l'aérogare constitue le début de ses vacances ; il peut souhaiter prendre son temps, pour se dégager du rythme de travail. De plus, il est souvent accompagné d'enfants ou d'amis, et chargé de bagages (le nombre de bagages par passager peut varier de 0,3 pour un vol affaire régulier à 2 pour un vol charter touristique).

Les **étrangers** : ils ne seront peut-être pas en mesure de comprendre les indications qui leur sont données, s'ils ne savent lire ni l'anglais ni le français. Pour eux, la qualité de service pourra aller jusqu'à leur offrir un accueil personnalisé où l'on s'adressera à eux dans leur langue ;

Les **personnes du troisième âge** : elles auront tendance à rester groupées (voyages organisés) et vouloir trouver un bon accueil ; les longs trajets à pied pourront leur être difficiles.

Les **personnes à mobilité réduite** : une réglementation existe pour leur rendre l'aérogare accessible. Le principe général consiste à respecter une similitude des cheminements publics classiques avec ceux proposés aux personnes à mobilité réduite. Aucune ségrégation dans les circuits ne sera admise.

Les **passagers de vols charters** : en général, ils arrivent longtemps à l'avance (ils sont convoqués par les tours-opérateurs 2 à 3 h avant le vol pour la remise des billets) et restent fortement groupés. La plupart du temps, leur mode de traitement sera différent de celui du passager régulier et ils n'auront pas les mêmes critères d'appréciation de l'aérogare.

En conclusion, quels que soient le type de passager aérien et sa façon d'apprécier la qualité de service, aucune considération en matière de confort ne pourra être définitive. Néanmoins :

- plus le temps passé dans l'aérogare est court, plus l'appréciation sur le confort doit être nuancée. C'est ainsi que le traitement de passagers nationaux pour lesquels les formalités sont réduites réclamera, à trafic égal, moins de surface que le traitement de passagers internationaux ;

- plus le temps passé dans l'avion est court, plus le passager est sensible aux pertes de temps qu'il subit dans l'aérogare ;

- du point de vue de l'exploitation, la limite du temps passé à ne pas franchir est atteinte lorsque les attentes subies par le passager dans l'aérogare provoquent un retard opérationnel sur les vols.

Afin d'intégrer l'ensemble de ces nuances sur le comportement du passager lors du dimensionnement de l'aérogare, il serait idéal d'obtenir une répartition des passagers visés par l'infrastructure au regard des critères suivants : national/international ; régulier/charter ; local/transit ; tourisme/affaire ; intercontinental/court courrier.

1.2 Contrôles effectués sur le passager

1.2.1 Contrôles réglementaires

Le contrôle de police consiste à vérifier l'identité des passagers et les visas au moment du passage de la « frontière ». Il est effectué par la Direction centrale pour le contrôle de l'immigration et la lutte contre l'emploi clandestin (DICCILEC), qui a également la charge des fonctions de police dans l'aérogare et la zone publique alentour.

Le contrôle de douane vise l'entrée et la sortie de marchandises et devises du territoire national. Il est effectué par l'administration des Douanes.

Le contrôle de sûreté s'assure que le passager au départ ne transporte aucune arme ou objet dangereux sur lui-même ou dans ses bagages. L'inspection /filtrage du passager et de son bagage à main est du ressort de la DICCILEC. Le contrôle des bagages de soute est assuré par l'administration des Douanes. Le contrôle des bagages de soute sera obligatoire, pour tous les vols internationaux, à comp-

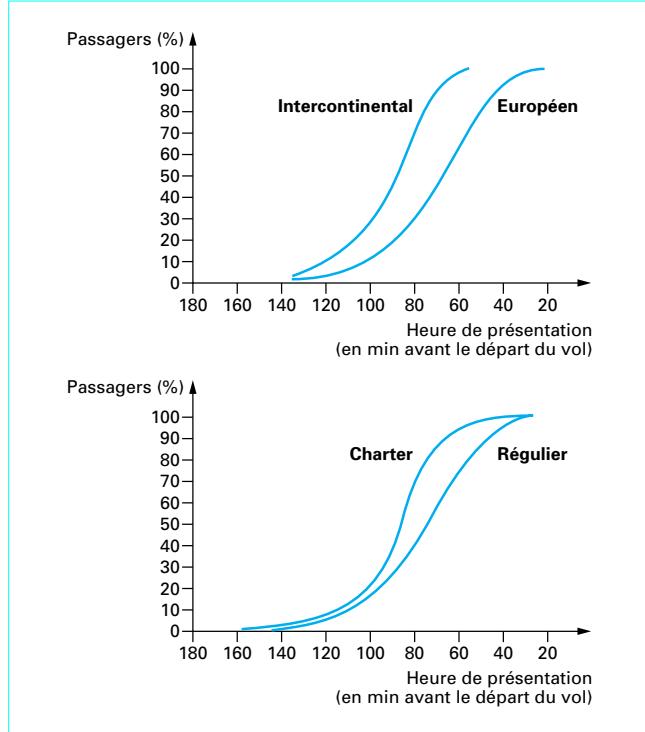


Figure 1 – Présentation des passagers à l'enregistrement : influence du type de vol (intercontinental/européen ; charter/régulier)

ter du 1^{er} janvier 2000, et à partir de 2002, pour les vols nationaux. Toutefois, ce dispositif est déjà en place sur plusieurs plates-formes, et l'Aviation civile française recommande de prévoir les espaces pour ce type de contrôle dès à présent, dans le cas d'extension, de réaménagement ou de construction d'aérogare.

Le contrôle de santé concerne les passagers en provenance de pays où sévissent des maladies dangereuses ou endémiques.

1.2.2 Contrôles des compagnies

L'enregistrement consiste en la prise en charge du passager et de ses bagages de soute par la compagnie.

Le contrôle d'accès à bord s'applique au passager, au moment d'accéder à l'avion. Il doit remettre au personnel de la compagnie sa carte d'accès à bord ou sa carte de transit.

La compagnie doit être capable, de par ses procédures d'embarquement, d'effectuer un rapprochement passager/bagage, afin d'éviter un acte illicite contre l'aviation civile par l'introduction et l'abandon par un passager n'embarquant pas, d'un colis piégé en soute.

1.3 Description du traitement du passager

Les divers types de trafic conduisent à distinguer, pour les passagers, trois positions vis-à-vis des formalités :

- les passagers dits « libres » qui ne sont assujettis à aucune formalité administrative de la part des services de l'État. C'est le cas des passagers, en temps normal (hors procédures d'urgence ou vols sensibles), des lignes nationales et des passagers en transit national/international. Ils doivent néanmoins subir un contrôle de sûreté ;
- les passagers soumis aux formalités de frontière lorsqu'ils pénètrent ou quittent le territoire national ;
- les passagers en transit international/international qui sont considérés comme n'ayant pas pénétré dans le territoire national.

En fonction de ces remarques, on peut identifier, pour un passager et ses bagages, les parcours types suivants.

Régime national

• Au départ :

- accès à l'aérogare dans une zone publique hors aérogare (aire de stationnement, esplanade) ;
- accès à un hall public où le passager peut utiliser tous les services à sa disposition (toilettes, commerces, bar, information, restaurant, téléphone...) ;
- achat ou délivrance du billet éventuellement ;
- enregistrement et traitement du bagage de soute ;
- contrôle de sûreté (bagages de soute) ;
- contrôle de sûreté (passager et bagage de cabine) ;
- regroupement en salle d'embarquement hors douane ;
- accès à l'avion.

• À l'arrivée

- accès à une zone hors douane de l'aérogare depuis l'avion ;
- accès à la salle de livraison bagages hors douane pour récupération du bagage de soute ;
- accès à un hall public hors douane.

Régime international (figure 2)

• Au départ :

- accès à l'enregistrement selon les mêmes formalités que le passager national au départ et traitement du bagage de soute après contrôle de sûreté (bagages de soute) ;
- contrôle de sûreté passager et bagage de cabine ;
- contrôle de police ;

- contrôle de douane ;
- accès en salle d'embarquement sous douane ;
- accès à l'avion.

• À l'arrivée :

- accès à une zone sous douane de l'aérogare depuis l'avion ;
- contrôle de santé ;
- contrôle de police ;
- accès à la salle de livraison des bagages sous douane ;
- contrôle de douane ;
- accès à un hall public hors douane.

Régime Union européenne

Mêmes formalités que le passager en régime international avec, en moins, les contrôles de douanes (accès aux commerces sous douane jusqu'en 1999 *a priori*).

Régime Schengen

Même formalité que le passager en régime Union européenne moins les contrôles d'identité (police).

Régime de transit

Il existe 3 possibilités :

- le passager débarque (procédure d'arrivée normale) et réenregistre comme un passager classique (selon le traitement déjà décrit) ;
- le passager accède directement en zone d'embarquement sans réenregistrer, en subissant uniquement les contrôles de sûreté ;
- le passager reste à bord de l'avion lors de l'escale (transit direct exclusivement).

1.4 Fonctions de l'aérogare

Compte tenu des attentes vis-à-vis de l'infrastructure aérogare passagers, on peut distinguer cinq fonctions principales qui permettent de concevoir les différents espaces de ce bâtiment :

- la fonction trafic (traitement du passager et de ses bagages) ;
- la fonction commerciale (boutiques, bars / restaurants, concessions diverses) ;
- la fonction opérationnelle (locaux d'exploitation aéroportuaire) ;
- la fonction administrative (bureaux ; salles de réunion...) ;
- la fonction technique (locaux techniques, installations de maintenance, zone de stockage).

Fonction trafic

Il s'agit des opérations de traitement du passager et de ses bagages (services gratuits rendus aux passagers et aux accompagnateurs).

- *Gare* : routière; ferroviaire ou de transport en site propre lié à la desserte de l'aérogare.
- *Parcs de stationnement* : véhicules particuliers ; taxis ; véhicules de location ; parcs privés...
- *Esplanade départ* : voie de circulation desservant le côté ville de l'aérogare ; stationnement de très courte durée ; trottoir assurant la liaison avec le bâtiment aérogare.
- *Hall public départ* : circulation ; desserte des différents modules ; accueil des passagers ; informations ; services offerts aux passagers.
- *Enregistrement* : banques d'enregistrement des passagers et des bagages ; zone d'accumulation de passagers ; zones de départ des bagages vers le tri ; bureaux des compagnies directement liés à cette fonction.
- *Contrôle des bagages de soute* : filtre de contrôle ; zone de circulation et file d'attente suivant le type de contrôle ; bureaux directement associés.
- *Tri bagage départ* : regroupement des bagages ; tri par destination ; chargement des chariots et conteneurs ; zone de circulation et de stockage.

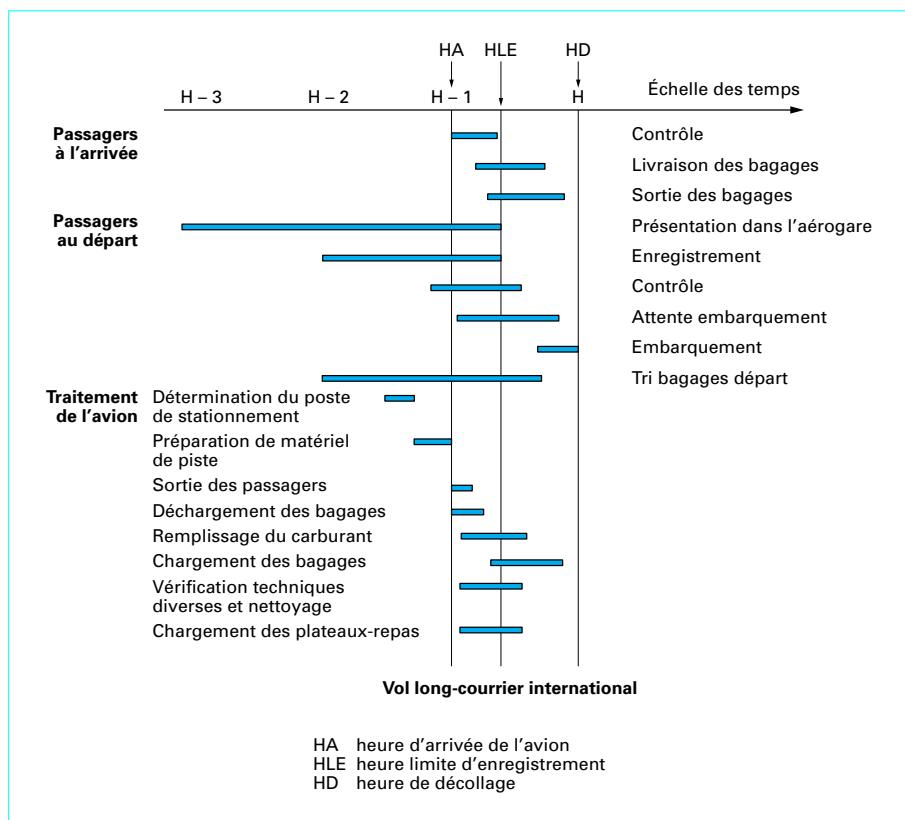


Figure 2 – Durée des opérations de traitement d'un vol

- *Contrôle police départ* : filtre de contrôle ; zone de circulation et file d'attente ; bureaux directement associés.
- *Contrôle douane départ* : filtre de contrôle ; zone de circulation et file d'attente ; bureaux directement associés.
- *Contrôle sûreté passager et bagage à main* : filtre de contrôle ; zone de circulation et file d'attente ; bureaux directement associés ; local de fouille.
- *Contrôle de santé* : filtre de contrôle ; zone de circulation et file d'attente ; bureaux directement associés.
- *Zone d'embarquement* : zone d'attente et de circulation ; salle d'embarquement ; salon VIP (*very important person*) et CIP (*commercial important person*) ; services offerts aux passagers ; portes d'embarquement ; prépasserelles / passerelles ; distinction national / Schengen / international.
- *Zone de transit* : zones d'attente et de circulation ; services offerts aux passagers.
- *Zone arrivée* : zone d'attente et de circulation ; services offerts aux passagers ; portes; prépasserelles / passerelles ; distinction national / international.
- *Contrôle police arrivée* : filtre de contrôle ; zone de circulation et file d'attente ; bureaux directement associés.
- *Traitements des bagages à l'arrivée* : zones de circulation et de stockage ; déchargement des chariots et conteneurs ; dépôse des bagages sur les tapis.
- *Livraison des bagages* : tapis de livraison des bagages ; zone de circulation et d'attente des passagers comptoirs / bureaux du service bagages en cas de pertes ou de détérioration ; services offerts aux passagers.
- *Contrôle douane arrivée* : filtre de contrôle ; zone de circulation et file d'attente ; bureaux directement associés.
- *Contrôle santé* : filtre de contrôle ; zone de circulation et file d'attente ; bureaux directement associés.

• *Hall public arrivée* : zone de circulation et d'attente ; information ; point de rencontre ; services offerts aux passagers.

• *Esplanade arrivée* : voie de circulation desservant le côté ville de l'aérogare ; trottoir assurant la liaison avec le bâtiment : stationnement de très courte durée.

Nota : en ce qui concerne la drogue, les douanes inspectent les bagages par sondage auprès des passagers à l'arrivée (fouille manuelle ou rayons X). **Au départ**, les douanes étant chargées, en plus, du contrôle sûreté des bagages de soute, elles utilisent des systèmes de détection d'explosifs plus sophistiqués (EDS, tomographie, chien...) et c'est souvent dans ce cadre (donc par hasard) que sont détectées les drogues (car il s'agit, tout comme les explosifs, de matières organiques).

Fonction commerciale

Il s'agit d'opérations commerciales associées à une recherche de rentabilité des surfaces et liées à un choix spécifique du gestionnaire.

- *Vente de billets* : banques de réservation et vente de billets ; zone d'attente ; bureaux des compagnies directement liés à cette fonction.
- *Téléphone* : zone d'attente ; installations de téléphonie ;
- *Banque de change* : guichets ; zone d'attente ; bureaux directement liés à cette fonction.
- *Location de voitures* : guichets ; zone d'attente ; bureaux directement liés à cette fonction.
- *Liaison avec les moyens de transport terrestre, bus, taxi, train* : guichets ; zone d'attente ; bureaux directement liés à cette fonction ; information.
- *Réservation d'hôtels* : guichets ; zone d'attente ; bureaux directement liés à cette fonction ; information.
- *Poste* : guichets ; zone d'attente ; bureaux directement liés à cette fonction.
- *Bar* : espace offert aux passagers ; comptoir ; réserve ; bureaux éventuels.

- *Restauration* : espace offert aux passagers ; cuisine ; réserves ; bureaux éventuels.
- *Salons des compagnies aériennes* : espaces d'exposition, de conférence ; salons VIP affectés à une compagnie en particulier.
- *Boutique tabacs / journaux*.
- *Autres boutiques*.

Fonction opérationnelle

Il s'agit des locaux nécessaires au fonctionnement de l'aéroport.

- *Poste de contrôle d'aéroport* : contrôle de fonctionnement de l'aéroport ; regroupement des informations sur le trafic.
- *Locaux des compagnies* : salle de préparation des vols ; salles de repos des équipages.
- *Locaux divers d'exploitation*.

Fonction administrative

Elle concerne les besoins administratifs du gestionnaire et des différents utilisateurs pouvant éventuellement être traités hors de l'aéroport.

- *Locaux du gestionnaire* : bureaux ; salles de réunion...
- *Locaux des compagnies* : bureaux ; salles de réunion.
- *Locaux des services de l'État* : Aviation civile ; Douanes ; Santé ; Météorologie ; DICCILEC (Direction centrale concernant l'immigration et la lutte contre l'emploi clandestin).
- *Restaurant administratif et cuisines*.

Fonction technique

Il s'agit des locaux nécessaires au fonctionnement du bâtiment.

- *Locaux techniques* : centrale électrique ; centrale de traitement d'air...
- *Zones de stockage* : hors commerces et bars / restaurants.

2. Notion sur le trafic

L'analyse précise du trafic aérien est l'étape obligatoire préliminaire à la conception d'une aéroport. La partie précédente a montré clairement son influence sur le bâtiment. Il est donc illusoire de vouloir concevoir une aéroport sans que les études sur les prévisions de trafic n'aient déterminé clairement l'objectif visé, tant quantitativement que qualitativement.

On traitera quelques données chiffrées dans le tableau 1.

2.1 Trafic annuel

Le trafic annuel peut être classifié de différentes manières :

- trafic local et trafic de transit ;
- trafic national et trafic international.

On peut subdiviser encore en :

- tous les trafics en trafic arrivée et trafic départ ;
- tous les trafics ligne par ligne ;
- le trafic de transit.

2.2 Trafics de pointe

Le trafic n'est jamais réparti uniformément dans le temps, et deux aéroports de trafic annuel comparable peuvent avoir une structure de trafic tout à fait dissemblable (passagers essentiellement hommes d'affaires ou, à l'inverse, touristes).

C'est ainsi qu'apparaît la notion de **pointe de trafic**. On peut distinguer plusieurs types de pointe de trafic : saisonnière, mensuelle, hebdomadaire, journalière, horaire, inférieure à 1 h.

Il n'y a pas, en général, de simultanéité des pointes, donc pas de superposition : le trafic de pointe total n'est pas égal au trafic de pointe national, additionné au trafic de pointe international.

2.2.1 Trafic de pointe d'arrivée et de départ

La moyenne des trafics de pointe horaires à l'arrivée ou au départ rapportée au trafic de pointe horaire total à l'arrivée + départ + transit se situe aux environs de 65 % :

$$T_a = 0,65 T_{(a+d+t)} \text{ ou } T_d = 0,65 T_{(a+d+t)}$$

avec T_a trafic de pointe horaire à l'arrivée,
 T_d trafic de pointe horaire au départ,
 $T_{(a+d+t)}$ trafic de pointe horaire total (arrivée, départ et transit).

De même qu'il n'y a pas forcément simultanéité des pointes horaires par type de trafic, les pointes horaires, arrivée et départ, ne sont pas nécessairement simultanées.

2.2.2 Courbes de débits classés

La meilleure façon d'appréhender le trafic d'un aéroport consiste à établir une courbe de débits horaires classés. Sur un intervalle de temps d'une année, on repère les périodes de pointe, les heures de pointe de ces périodes ainsi que le trafic écoulé pendant chacune de ces heures, puis on effectue un classement de ces heures par trafic décroissant.

2.2.3 La 40^e heure

On se reportera à l'article *Aérodromes* dans ce traité [1].

Pour dimensionner une aéroport, on évite de prendre en considération le trafic de pointe le plus élevé. D'un point de vue économique, ce serait un surdimensionnement onéreux puisque, pendant les 8 759 autres heures de l'année, l'aéroport serait sous-utilisée.

Le choix du rang de l'heure étudiée n'a pas grande importance, pourvu qu'il soit suffisamment élevé pour que les phénomènes erratiques des pointes extrêmes ne soient plus pris en compte. Il s'avère en effet que, selon les aéroports, les phénomènes irréguliers et non prévisibles peuvent affecter les 20 ou 30 premières heures les plus chargées.

Comme il est important de pouvoir comparer d'une année sur l'autre l'évolution de l'heure caractéristique, la prudence conduit à prendre encore une marge, et donc à utiliser la 30^e, 40^e ou 50^e heure.

En France, l'heure de pointe retenue pour dimensionner l'aéroport est souvent la 40^e heure de la courbe de débit classé. C'est l'heure de référence après laquelle survient une évolution régulière pratiquement assimilable à une droite dont la pente est d'autant plus forte que le trafic est plus faible (figure 3).

2.2.4 Choix des scénarios

Il s'agit d'imaginer des scénarios vraisemblables pour le déroulement futur des mouvements d'avions et de passagers.

Ce type d'études doit être réalisé conjointement et en liaison étroite avec le bureau d'études, l'exploitant de l'aéroport et les compagnies aériennes.

Tableau 1 – Trafic passagers en 1997 des principaux aéroports français

Aéroports	Passagers		Fret		Mouvements	
	Totaux	Évolution 96-97 (%)	Totaux	Évolution 96-97 (%)	Totaux	Évolution 96-97 (%)
France métropolitaine						
Paris.....	60 349 642	+ 2,1	1 433 574	+ 5,1	697 216	+ 4,4
Nice.....	7 372 989	+ 11,6	27 418	+ 1,8	187 264	+ 20,9
Marseille.....	5 573 556	+ 1,3	58 636	- 9,9	119 759	+ 3,0
Lyon.....	4 944 464	- 0,5	38 159	+ 8,9	171 950	+ 12,5
Toulouse	4 426 732	+ 4,9	46 391	+ 2,9	95 457	+ 7,6
Bâle-Mulhouse.....	2 666 766	+ 8,7	46 693	- 7,3	113 860	+ 1,7
Bordeaux.....	2 605 133	- 3,1	18 381	- 15,6	67 770	+ 1,4
Strasbourg	2 094 526	+ 1,9	9 361	- 23,4	50 102	+ 8,3
Nantes	1 448 442	+ 3,6	9 464	+ 7,8	82 704	+ 6,9
Montpellier.....	1 413 100	- 4,5	15 116	+ 50,5	103 609	+ 2,8
Ajaccio.....	836 935	+ 1,9	7 455	+ 4,4	46 216	+ 2,2
Lille	824 934	- 6,9	1 544	+ 68,0	45 008	+ 10,9
Bastia.....	735 505	+ 6,8	7 578	- 1,5	32 555	+ 7,2
Toulon	643 481	- 19,4	408	- 328,0	10 567	+ 10,3
Brest	614 023	+ 1,4	2 729	- 8,1	43 769	- 4,8
Clermont-Ferrand.....	597 961	+ 30,4	2 877	- 3,1	61 441	+ 7,3
Biarritz	595 259	+ 7,1	1 254	+ 23,4	30 956	+ 0,2
Pau.....	589 154	+ 3,8	1 756	- 28,1	78 850	+ 13,3
Tarbes.....	528 342	+ 2,4	78	+ 44,4	34 072	- 3,8
Perpignan.....	430 636	- 10,7	401	- 8,7	47 455	- 1,1
Rennes.....	299 506	+ 16,5	8 424	+ 7,8	64 815	+ 12,3
Grenoble	272 252	- 3,5	110	- 6,0	50 714	- 11,7
Nîmes	265 459	- 13,7	575	+ 22,9	11 557	+ 24,3
Metz-Nancy-Lorraine.....	249 603	- 1,8	3 958	+ 8,5	18 154	+ 8,9
Figari.....	220 479	+ 4,3			15 607	- 0,3
Beauvais.....	209 180	+ 217,0	669	+ 78,4	44 451	+ 4,2
Calvi.....	205 809	- 4,7	131	+ 27,2	14 477	- 13,8
DOM-TOM						
Pointe-à-Pitre	1 891 146	+ 2,0	18 233	+ 13,7	39 317	- 46,4
Fort-de-France	1 746 941	+ 1,8	16 488	+ 2,7	61 467	- 6,5
La Réunion R.G.....	1 399 948	+ 9,8	23 467	+ 11,5	42 563	- 11,5
Tahiti-Faaa	1 103 825	+ 7,1	9 267	+ 16,8	65 298	- 8,4
Cayenne	407 015	+ 3,0	8 488	+ 18,9	30 777	- 1,2
Nouméa.....	342 123	+ 9,7	5 394	- 1,4	11 399	- 30,0

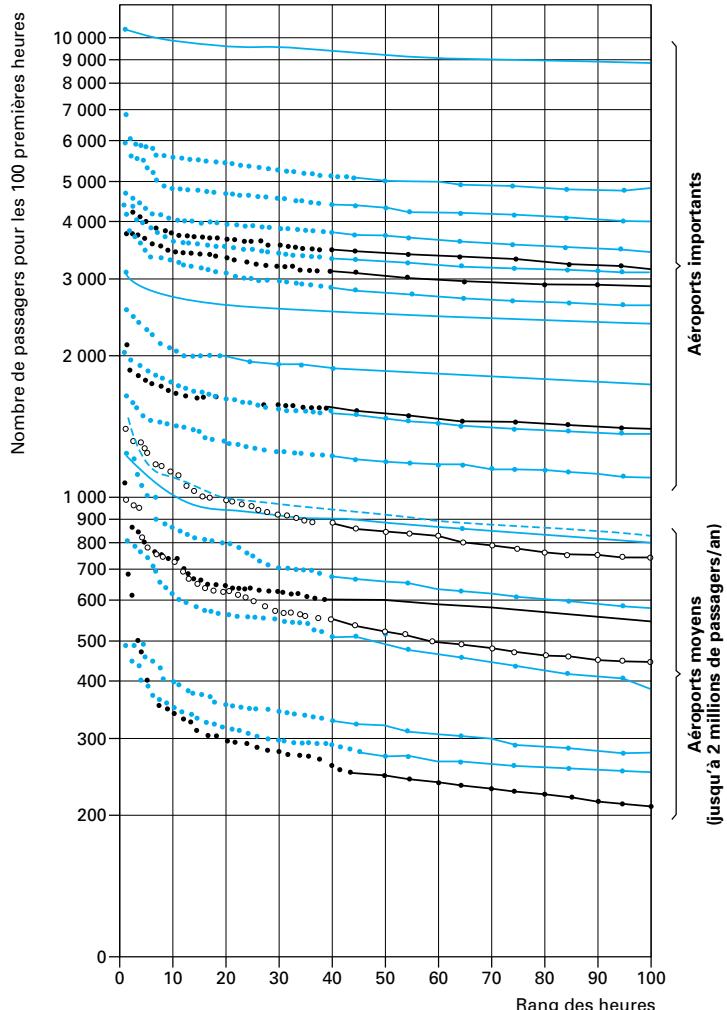


Figure 3 – Courbes de débits classés passagers (arrivées + départs + transit)

Le schéma de principe est le suivant :

- faire des prévisions de développement du trafic des lignes provoquant les situations critiques ;
- déterminer les avions à accueillir en fonction de l'évolution du volume de trafic des lignes ;
- étudier si de nouvelles lignes ne sont pas de nature à engendrer des simultanéités supplémentaires ;
- reconstituer les situations critiques futures avec les nouveaux avions envisagés, ainsi que les coefficients de remplissage en période de pointe.

Cette méthode néglige les phénomènes exceptionnels mais prend en compte une situation qui peut se reproduire une vingtaine de fois par an. Par conséquent, elle est assez proche de l'évaluation de la 40^e heure.

2.2.5 Influence du trafic annuel

L'heure de pointe caractéristique est plus ou moins en relation avec le trafic annuel pour les aéroports de plus de 2 millions de passagers.

La relation peut s'écrire :

$$\text{Trafic de } 40^{\text{e}} \text{ heure : } t_p = 400 + 315 T_p$$

avec T_p trafic annuel de passagers compté en millions de passagers.

On peut également utiliser la relation linéaire existante entre le trafic de 40^e heure et le trafic du jour moyen (égal au trafic total annuel divisé par 365) :

$$t_p = a j_m$$

avec j_m trafic du jour moyen,
 a coefficient variant de 0,10 (aéroport à très fort trafic très régulier) à 0,30 (aéroport à fort trafic charter très concentré).

Pour les trafics inférieurs à 2 millions de passagers, on examinera les types d'avions fréquentant l'aéroport et leurs horaires pour la détermination des situations de simultanéité engendrant les pointes.

2.2.6 Phénomènes perturbants récents

La libéralisation du transport aérien (mise en place en Europe entre 1988 et 1997) a généré un certain nombre de comportements des différents acteurs de ce système qui viennent perturber la perception des volumes de trafic et des phénomènes de pointe. La première évolution est liée aux stratégies commerciales des compagnies aériennes, la seconde, technologique, concerne les innovations des constructeurs aéronautiques :

■ Notion de « hub » [12]

Il s'agit d'une stratégie commerciale de compagnie qui consiste à développer un réseau de lignes aériennes en étoile, centré sur une plate-forme privilégiée. Le transporteur organise alors ses horaires de vols de façon à créer des plages de correspondance, permettant à tout passager, au départ de l'une des branches de l'étoile, de se rendre à n'importe quelle autre extrémité du réseau. Cette plate-forme de correspondance peut être régionale, nationale, européenne. Ce développement permet d'augmenter le volume de trafic sur une ligne existante (en l'alimentant avec les autres branches du réseau) ou de créer purement et simplement un trafic entre l'extrémité d'une branche et le centre du réseau (en offrant, par le jeu des correspondances, un éventail de destinations plus large). Cette politique commerciale d'une compagnie aérienne, s'associant avec un gestionnaire d'aéroport (le centre du « hub »), perturbe fortement les études de trafic (prévisions, relations trafic annuel/pointe horaire). A titre d'exemple, dans les années 90, un aéroport, devenu centre de « hub », a vu son trafic annuel supérieur de 16% aux prévisions initiales. Par ailleurs, la notion de plage de correspondance a tendance à concentrer les vols sur une durée restreinte, ce qui, pour un même trafic annuel global, augmente considérablement la pointe horaire, sans que le phénomène puisse être considéré comme marginal. Enfin, la structure même du trafic se trouve modifiée (augmentation du volume de transit).

■ Notion de « navette »

Il s'agit, pour une compagnie aérienne, d'offrir une fréquence de vol plus importante, sur une ligne spécifique, à des horaires particuliers. Ce type de stratégie commerciale peut, par exemple, se traduire par l'offre d'un vol toutes les 20 min, sur une ligne privilégiée par la clientèle « hommes d'affaires », en début de matinée et en fin d'après-midi. En libérant le passager d'une contrainte horaire figée, la compagnie espère développer le volume de trafic sur cette ligne. Dans la pratique, si l'augmentation de trafic global générée n'est pas forcément significative, la concentration des vols provoque un développement considérable de la pointe horaire. Sur certaines lignes, la fréquence des vols a été augmentée sur une journée entière et provoque, non plus un gonflement de la pointe horaire, mais un étalement du trafic sur l'ensemble de la journée.

■ « Nouveaux gros porteurs » [9] [10] [11]

Si la configuration des infrastructures aéroportuaires (pistes, aires de stationnement, aérogares) a freiné le développement de nouveaux avions emportant davantage de passagers (envergure plus importante, structures des trains d'atterrissement plus pénalisantes, poids plus élevés), les constructeurs aéronautiques ont développé, dans un cadre de contraintes techniques strictes, de nouveaux programmes de gros porteurs (envergure et longueur limitées à 80 m ; poids inférieur à 550 t ; emport jusqu'à 650 passagers). Ces nouveaux aéronefs vont également perturber la conception du trafic aérien, avec un gonflement des pointes horaires, voire un accroissement du volume global annuel.

3. Le programme

3.1 Définition et objectif

Une aérogare est un bâtiment public, construit par un maître d'œuvre public (État, collectivités locales et leurs groupements,

établissements publics, chambres de commerce et de l'industrie). Par conséquent, l'opération de construction doit respecter la loi sur la maîtrise d'ouvrage publique et ses décrets d'application. En particulier, le maître d'ouvrage a l'obligation de réaliser un programme, conformément à l'article 2 de cette loi :

« Le maître d'ouvrage définit dans le programme les objectifs de l'opération et les besoins qu'elle doit satisfaire ainsi que les contraintes et exigences de qualité sociale, urbanistique, architecturale, fonctionnelle, technique et économique, d'insertion dans le paysage et de protection de l'environnement, relatives à la réalisation et à l'utilisation de l'ouvrage ».

Les études de programmation portent sur la définition et le suivi d'une commande d'ouvrage à construire. Elles ont pour objectif d'aider le maître d'ouvrage à clarifier, définir, préciser, et maîtriser sa commande.

Élaboré sous la responsabilité du maître d'ouvrage, le programme est l'expression de la commande publique d'architecture et d'ingénierie. Il doit permettre :

- de sélectionner un maître d'œuvre et de lui passer commande ;
- de vérifier l'adéquation des études de conception avec la commande du maître d'ouvrage ;
- d'instaurer le dialogue entre le maître d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre.

En particulier, le programme d'aérogare devra comporter les informations suivantes :

- les données décrivant la situation passée et actuelle (données sur le trafic en particulier) ;
- les besoins exprimant les surfaces, les volumes, les liaisons, l'entreprise et l'implantation envisagée ;
- les contraintes d'ordre technique, réglementaire, urbanistique ainsi que les contraintes spécifiques à l'aviation civile ;
- les exigences imposées par le maître d'ouvrage : coût du projet, extensibilité, souplesse du bâtiment, exigences fonctionnelles (accessibilité handicapés), sûreté et contrôle frontalier, coût d'entretien et de fonctionnement.

En conclusion, le programme, constituant la base de toutes les études ultérieures, doit refléter l'ensemble des hypothèses de développement de la plate-forme et des exigences du maître de l'ouvrage, tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

3.2 Éléments de programmation

3.2.1 Schéma fonctionnel type d'une aérogare

La figure 4 illustre l'organisation fonctionnelle de l'aérogare et les flux de passagers.

3.2.2 Définition de la notion de « module »

La fonction trafic peut être détaillée en opérations, associées à une localisation dans l'aérogare. On appelle « module » une zone de l'aérogare contenant non seulement la surface nécessaire pour exécuter une opération, mais aussi l'ensemble des surfaces où ont lieu des actions directement liées à l'opération principale.

Ainsi le module « enregistrement » comprendra les banques d'enregistrement, le système de convoyage des bagages de soute vers la zone de contrôle sûreté, la surface nécessaire pour l'attente devant les banques et les bureaux directement associés à cette fonction.

Les modules peuvent se mesurer soit en surface (mètre carré), soit en linéaire d'installation (mètre de tapis de dépôse des bagages, par exemple).

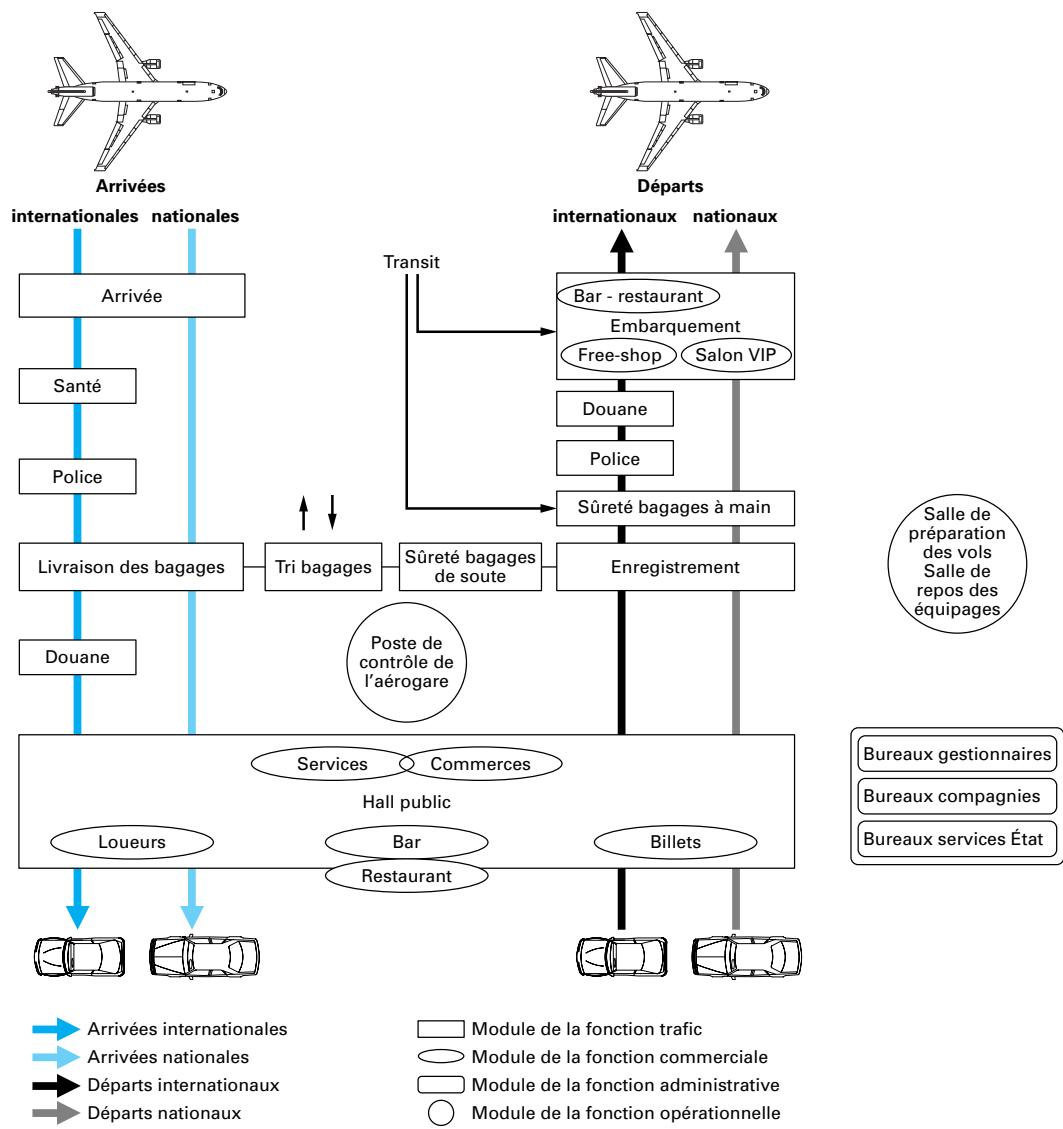


Figure 4 – Schéma fonctionnel théorique d'une aérogare

Les liaisons sont assurées par des parties de l'aérogare qui ne sont pas obligatoirement intégrées dans des modules (couloirs, passerelles) mais qui peuvent l'être (hall public, salle de transit).

3.2.3 Surface utile. Surface hors œuvre

Les surfaces déterminées dans le programme sont des surfaces utiles et n'incluent donc pas :

- les couloirs et circulations ;
- les sanitaires ;
- l'encombrement des escaliers et ascenseurs ;
- les paliers d'étage ;
- les locaux techniques ;
- l'encombrement de la construction (murs, cloisons, poteaux, gaines techniques...).

Compte tenu de la spécificité des aérogares passagers, les principes suivants seront retenus, en complément de la lecture de la réglementation en vigueur pour les définitions de surfaces : les sanitaires en zone publique seront comptés dans la surface utile au titre des services offerts aux passagers dans la fonction trafic ; les autres sanitaires ne seront pas repris en compte dans le calcul de la surface utile du fait de leur caractère obligatoire (réglementation du travail) ; les circulations, lorsqu'elles pourront être rattachées directement à un module de la fonction trafic (hall public, embarquement, arrivée) seront comptabilisées dans la surface utile.

La surface totale, ou surface hors œuvre (SHO), comprenant donc la surface utile (SU) et tous les éléments précédents, est à déterminer par le concepteur, sa définition précise dépendant du parti architectural retenu. Le rapport entre SHO et SU variera entre 1,2 et 1,6.

3.3 Circuits. Proximités. Parties fonctionnelles

Certaines règles concernant les circuits, certaines proximités entre modules devront être respectées pour le bon fonctionnement de l'aérogare.

■ Les circuits

Les passagers et les bagages doivent avancer dans l'ordre des formalités qu'ils ont à subir.

Les passagers doivent toujours pouvoir circuler de façon simple et directe.

Il faut essayer de séparer au maximum les différents circuits de passagers pour éviter les entrecroisements, qui rendent les cheminement plus complexes et moins lisibles.

Les passagers hors douane ne doivent avoir aucun contact avec les passagers sous douane. Il en est de même pour les passagers ayant subi les contrôles de sûreté et les autres passagers non contrôlés. Cette disposition impose une séparation nette des circuits arrivée et départ.

De même, les formalités de police imposent une séparation nette entre les passagers internationaux et nationaux.

En outre, le traitement de vols dits « *sensibles* » (en termes de sûreté) doit pouvoir se faire dans une zone isolée du reste de l'aérogare.

Tous les changements de niveau doivent pouvoir se faire par un escalier mécanique et par un ascenseur. Celui-ci doit être accessible aux handicapés.

Les changements de niveau sont à éviter sur les portions de circuits où les passagers transportent eux-mêmes leurs bagages de soute.

■ Proximités des zones indépendantes du schéma fonctionnel envisagé

Plusieurs conceptions sont possibles pour une aérogare à partir du schéma fonctionnel imposé, mais certaines proximités de zones sont à respecter :

- les passagers doivent avoir le moins de trajet possible à parcourir en transportant eux-mêmes leurs bagages de soute.

De façon générale, les circuits des passagers doivent être aussi courts que possible (300 m maximum).

■ Parties fonctionnelles. Centralisation-décentralisation des contrôles

Avant de s'embarquer, le passager aérien au départ doit subir les trois types de formalité suivants :

- enregistrement ;
- contrôle de sûreté ;
- contrôles transfrontières.

Pour implanter chacun des points de contrôle, il existe plusieurs possibilités :

- système concentré : tous les points de contrôle sont rassemblés en un emplacement unique ;
- système déconcentré : les points de contrôle sont disséminés par petits groupes ;
- système centralisé : les points de contrôle sont situés en position centrale par rapport à l'aérogare et aux différents modules de la fonction trafic ;
- système décentralisé : les points de contrôle sont situés en position excentrée par rapport à l'aérogare et aux différents modules de la fonction trafic.

3.4 Liaisons entre l'aérogare et les avions pour les passagers

■ Accès à pied

Les passagers circulent à pied entre l'aérogare et l'avion dans lequel ils accèdent grâce à un escalier mobile.

■ Transport en autobus

Les passagers sont amenés de l'aérogare à l'avion, ou inversement, par des autobus plus ou moins spécialement aménagés.

Ce type de transport est utilisé sur les aéroports à trafic moyen et élevé, pour lesquels des postes de stationnement éloignés de plus de 200 m de l'aérogare sont nécessaires.

■ Accès par passerelle

Les passagers accèdent directement de l'aérogare à l'avion par l'intermédiaire d'une passerelle, dont une extrémité est fixée au bâtiment et l'autre appliquée à l'avion.

Compte tenu des coûts d'investissement et d'exploitation élevés, les passerelles sont utilisées pour les trafics supérieurs à 1 million de passagers annuels, ou pour des aéroports ayant des structures de trafic particulières.

Exemple : si la quasi-totalité des vols est assurée par des gros porteurs, comme dans les DOM-TOM.

■ Transport par salles d'embarquement mobiles

Le passager est transporté de l'aérogare à l'avion par un véhicule spécialisé réglable en hauteur et qui vient s'accorder à l'aérogare puis à l'avion.

3.5 Évolutivité, flexibilité, extensibilité du bâtiment

L'aérogare doit s'adapter à un trafic en perpétuelle évolution. L'édifice doit donc pouvoir se prêter à des réaménagements et présenter une structure d'une grande souplesse pour répondre à plusieurs types de sollicitations :

- augmentation du trafic en volume de passagers (les extensions du bâtiment doivent être possibles sans dénaturer la construction et sans perturber le fonctionnement pendant les phases de travaux) ;

- évolution des procédures de traitement du passager et de ses bagages (par exemple, le bâtiment a dû s'adapter à l'entrée en vigueur de l'obligation du contrôle des bagages de soute) ;

- naissance de nouvelles technologies (enregistrement à distance ou par bornes interactives, générant des utilisations différentes des espaces).

Il s'agit de l'une des caractéristiques essentielles de ces infrastructures terminales aéroportuaires.

3.6 Sûreté

Face à la permanence de la menace terroriste et criminelle susceptible de porter atteinte au développement du transport aérien, la communauté internationale s'est accordée, à partir des années 60, pour renforcer le dispositif de sûreté aéroportuaire [2] [13].

L'annexe 17 à la convention relative à l'aviation civile internationale dans le cadre de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) définit comme suit les buts et objectifs de la sûreté :

• « l'objectif de la sûreté sera de protéger l'aviation civile internationale contre les actes d'intervention illicite » (article 2.1.1) ;

• « la sécurité des passagers, des équipages, du personnel au sol et du public sera l'objectif primordial de chaque État contractant dans toutes les questions relatives à la protection contre des actes d'intervention illicite dans l'aviation civile internationale » (article 2.1.2) ;

et demande que :

• « chaque État contractant veille à ce que les exigences architecturales et liées à l'infrastructure qui sont nécessaires à l'application optimale des mesures de sûreté de l'aviation civile internationale soient intégrées dans la conception et la construction de nouvelles installations et dans les modifications d'installations existantes aux aéroports » (norme 4.5).

En France, cet effort de prévention et de protection contre les agressions volontaires a conduit le Comité national de sûreté (CNS) à rassembler dans un programme national de sûreté de l'aviation civile l'ensemble des mesures et procédures relatives à la sûreté aéroportuaire.

L'ingénierie de la sûreté aéroportuaire est un domaine récemment développé sur la base d'expérimentations menées en France et à l'étranger au cours des dix dernières années. Le niveau de maturité de cette spécialité est aujourd'hui suffisant pour tirer un enseignement des actions passées et faire des propositions opérationnelles.

■ Le zonage de l'aérogare (figure 5)

Afin de rationaliser les contrôles et de concentrer les moyens de surveillance sur les points les plus sensibles, on distingue trois types de zones au regard des contraintes de sûreté et par ordre de risque croissant :

— une **zone publique** librement accessible (hall public, restaurant, commerces dans le hall...) ;

— des **zones réservées** dont la protection présente un intérêt du point de vue de la sûreté (les aires de mouvement des avions, les

bureaux de police, les bureaux de douane, les bureaux d'assistance au vol, la salle de dépôt des bagages de soute à l'arrivée).

Ne sont autorisées à pénétrer dans l'une ou l'autre des zones réservées que les personnes munies d'un titre d'accès. Ce titre peut être, suivant les zones :

- un badge pour le personnel ;
- un certificat pour le personnel navigant ;
- un titre de transport pour les passagers.

Une séparation physique doit être prévue entre ces zones et la zone publique ; les points de communication doivent être limités et protégés. La limitation des accès à ces zones contribue à créer des zones tampons entre les zones de sûreté et la zone publique. Il s'agit donc d'un filtrage passif qui pourra, en cas de crise, être accompagné d'un filtrage actif de surveillance des accès.

Tout espace accessible au public et donnant sur la zone **réservée** (côte piste devra faire l'objet de dispositions particulières interdisant une quelconque communication (accès, projection...)) :

— des **zones de sûreté**, à l'intérieur de la zone réservée, soumises à des conditions d'accès restreintes, dont la stérilité doit être garantie en permanence ou lors de certaines phases d'exploitation. Les zones de sûreté sont des zones particulièrement sensibles pour la protection des aéronefs et de leurs passagers, l'étanchéité des limites de zones devra donc être matériellement assurée. Les accès devront être systématiquement contrôlés soit par des agents de sécurité, soit par des systèmes de protection.

On distingue deux zones de sûreté dans l'aérogare :

- la zone de sûreté passagers à l'embarquement, depuis les contrôles de sûreté jusqu'à la porte de l'avion (salle d'embarquement et cheminement d'accès aux avions, passerelles) ;
- la zone de sûreté bagages comprenant la salle de tri des bagages de soute au départ (après le filtre de contrôle des bagages).

Ces dispositions sur le plan du zonage devront être clairement lisibles au travers des propositions architecturales.

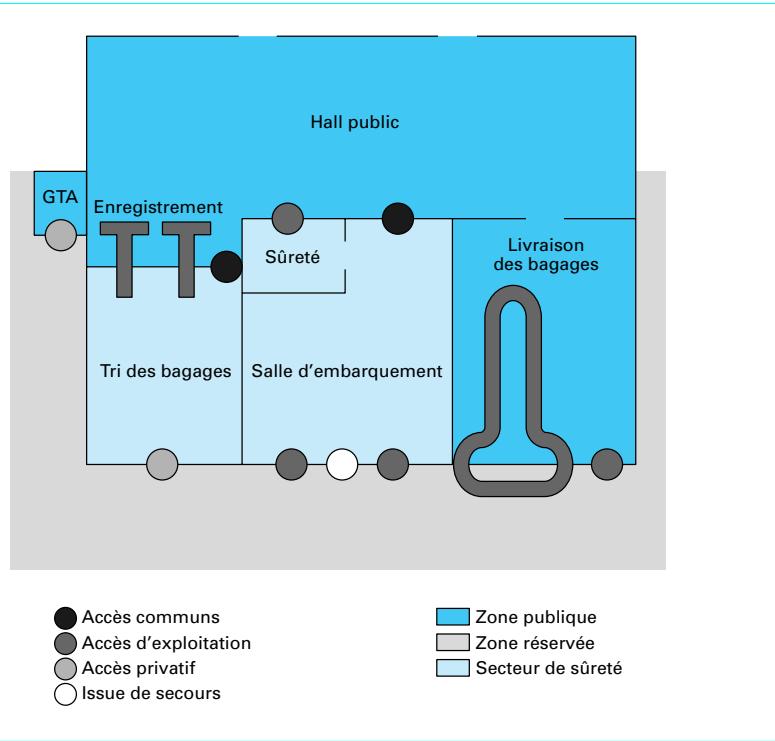


Figure 5 – Zonage de l'aérogare : gestion des accès (sûreté)

L'organisation des circuits

Il faudra veiller à la séparation physique des circuits des passagers au départ et à l'arrivée, en fonction des vols internationaux et nationaux.

Les cheminements empruntés par les passagers ne devront pas offrir la possibilité de s'écartier des circuits.

L'accès à d'éventuelles terrasses non protégées est interdit.

L'équipage empruntera les circuits normaux des passagers comprenant tous les filtres. Les procédures de contrôle pourront leur être facilitées par un passage réservé sous contrôle des agents de sûreté. Ce passage pourra également être utilisé par les passagers officiels. Cette procédure pourra être étendue aux autres contrôles (émigration, immigration).

De manière générale, les personnes à mobilité réduite devront pouvoir emprunter le même circuit que les autres passagers. Les circulations verticales nécessaires devront se greffer sur les circuits en assurant un même niveau d'étanchéité.

Le hall public, bien que d'accès non réglementé, devra pouvoir être aisément surveillé. Il est donc recommandé d'éviter les recoins difficiles à surveiller et la multiplication des accès vers les zones réservées.

Les dispositions relatives à la sécurité incendie et à la sûreté sont souvent antinomiques; il faudra néanmoins prendre en compte les objectifs suivants :

- évacuation des personnes d'une zone à risque donnée vers une zone de moindre risque, au regard de la sûreté aéroportuaire ;
- limitation des liaisons entre les zones, en vue de conserver une maîtrise de la sûreté de l'aérogare.

4. Dimensionnement d'une aérogare

Dans la suite de ce paragraphe, nous allons expliquer comment, à partir d'un niveau de trafic projeté, on peut estimer le nombre de personnes présentes dans chaque module de l'aérogare, et en déduire le dimensionnement de l'infrastructure.

4.1 Choix du niveau de trafic de dimensionnement

Ce choix fait intervenir principalement deux paramètres :

- la durée du service, c'est-à-dire le nombre d'années pendant lesquelles l'aérogare doit offrir une bonne qualité de service ;
- le nombre et le type de passagers annuels et en heure de pointe.

D'autres conditions interviennent également :

- une extension ne doit pas être trop petite car elle coûte cher au mètre carré ;
- le trafic peut se transformer sans augmenter en nombre de passagers ;
- la présence de travaux en permanence n'est agréable ni pour l'exploitant, ni pour les passagers.

Toutes ces conditions nous amènent à choisir un horizon de dimensionnement devant répondre à plusieurs critères :

- il doit être compatible avec la durée des études et des travaux ;
- il doit permettre, après la mise en service des installations, une durée raisonnable d'utilisation.

Pour toutes ces raisons, on se fixe un horizon de fonctionnement sans saturation compris entre 5 et 10 ans.

Une fois déterminé le niveau de trafic, le concepteur dispose de deux méthodes pour dimensionner l'aérogare.

La première consiste en un programme informatique de simulation de fonctionnement de l'aérogare. Cette méthode, adaptée aux aérogares très importantes, sera appelée dans la suite du chapitre : la **méthode dynamique**.

La seconde s'appuie sur l'expérience des exploitants des aérogares et effectue des comparaisons entre les aérogares existantes et celle projetée. Cette méthode, dite **méthode statistique**, s'applique sur les petites et moyennes aérogares.

4.1.1 Méthode dynamique

Pour plus de détails, on pourra consulter les références [6] [7].

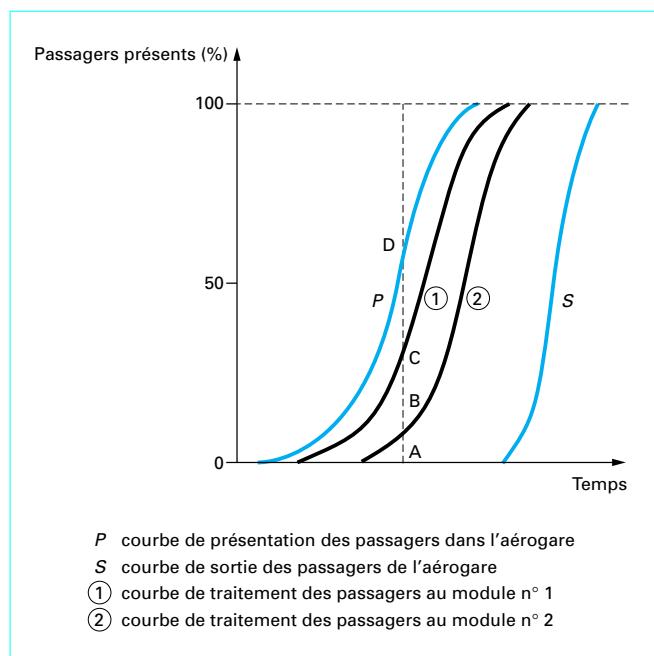
La connaissance des seuls trafics de pointe horaire est insuffisante pour dimensionner les différents modules d'une aérogare, car elle ne donne pas une idée de la charge instantanée de chacun des modules, ni de son évolution dans le temps.

On détermine cette évolution en analysant les courbes de présentation des passagers dans l'aérogare en fonction du temps, puis en suivant leur cheminement au travers des différents modules (figure 6).

Des enquêtes, par type de vol et par type de passagers, à l'arrivée et au départ, sont nécessaires pour travailler à partir de ces courbes.

Sur la figure 6, à un instant t donné :

- AB représente le pourcentage de passagers du vol qui ont été traités au module n° 2 et poursuivent leur cheminement ;
- BC représente le pourcentage de passagers qui ont été traités au module n° 1 et susceptibles de se présenter au module n° 2 ou en attente du traitement au module n° 2 ;
- CD représente le pourcentage de passagers du vol présents dans l'aérogare et susceptibles de se présenter au module n° 1 ou en attente de traitement au module n° 1 ;
- AD représente le pourcentage total de passagers du vol présents dans l'aérogare.



On peut également lire, pour une même ordonnée (donc pour un passager donné), le temps d'attente entre deux modules, par la différence des abscisses des points situés sur les courbes de traitement correspondantes. Cette durée est importante car elle correspond à une attente réelle, ainsi qu'à une déambulation des passagers au gré des services proposés dans l'aérogare. Ce comportement aléatoire du passager est particulièrement difficile à estimer.

Pour les opérations de départ, l'origine des temps est prise à l'heure limite d'enregistrement (HLE), qui se situe entre 15 et 30 min, suivant le type de vol, avant l'instant où l'avion quitte son poste de stationnement.

L'allure de la courbe P de présentation des passagers dans l'aérogare dépend, dans une large mesure, du type de vol (affaires, tourisme, régulier ou non, etc.).

Une fois que les « courbes moyennes » par type de vol ont été déterminées, on reconstitue par le calcul toute une journée de traitement des passagers dans l'aérogare en générant des arrivées et des départs d'avions : à chaque avion correspond un type de vol et un nombre de passagers pour lesquels on connaît les courbes de traitement, donc la quantité de passagers susceptibles de se présenter à un module donné à un instant donné.

En additionnant le nombre de passagers avion par avion à un instant donné pour un module donné, et en tenant compte des files qui peuvent se former, on connaît la charge instantanée du module. On peut dimensionner le module pour une charge « significative » de façon à éviter de créer des installations sous-utilisées.

Le fonctionnement de l'aérogare étant alors modélisé, il est possible de procéder à une analyse fine des flux.

Pour les petits aéroports, il est possible d'utiliser une méthode de calcul manuelle. On peut, par observation des mouvements d'avions, cerner assez facilement la période de pointe qui conduira à avoir 3 ou 4 avions à l'arrivée et au départ, rapprochés dans le temps de façon contraignante. L'addition des passagers, module par module, se fait alors aisément à la main. Il n'est, en effet, plus nécessaire d'étudier toute une journée pour déterminer la charge maximale des modules.

Le principal problème lié à l'utilisation de ce type de méthode, autre la complexité des modèles mathématiques, consiste en une collecte fiable et récente des données sur le comportement des passagers, qui serviront de base aux hypothèses de calcul.

4.1.2 Méthode statistique

Pour plus de détails, on pourra consulter les références [5] [6] [7].

Pour un aéroport donné, il n'est pas toujours possible de disposer des courbes moyennes de présentation et de traitement.

On est alors amené à adopter la méthode dite « statistique » qui compare l'aéroport projeté à d'autres aéroports connus en supposant que la nature de leur trafic est similaire.

L'analyse consiste en une comparaison des surfaces et des équipements, module par module, de chacune des fonctions de l'aérogare.

Ce type de méthode est bien évidemment limité par la notion de « trafic similaire ». Il faut considérer le volume du trafic passagers (annuel, mensuel, horaire, avec la répartition des pointes), et ses caractéristiques (destinations, motifs des vols...), ce qui limite la validité des comparaisons mais tend néanmoins à bien orienter le dimensionnement de l'infrastructure.

4.2 Ratios

Le dimensionnement des principales surfaces de trafic d'une aérogare se fait à partir du nombre de passagers à l'heure de pointe

de référence qu'on multiplie par un ratio de surface unitaire par passager, différent selon le type de module.

4.2.1 Ratios globaux

L'objectif de ce type de ratio est de donner un ordre de grandeur de l'infrastructure projetée au cours des études préalables ou dans la phase de montage de l'opération de construction.

Pour une aérogare à trafic important (> 2 millions de passagers), il faut très approximativement 10 à 15 000 m² de surface hors œuvre par million de passagers annuels.

Si l'on se réfère au nombre de passagers de l'heure de pointe de référence (arrivée + départ), on dira qu'il faut :

- de 6 à 15 m² de surface hors œuvre par passager national ;
- de 12 à 25 m² de surface hors œuvre par passager international.

Approximativement, la surface totale hors œuvre ainsi obtenue se décompose en :

- 45 à 55 % de surface pour les besoins propres à la fonction traffic,
- 5 à 10 % de surface pour les besoins propres à la fonction commerciale,
- 15 à 20 % de surface pour les besoins propres à la fonction opérationnelle,
- 5 à 10 % de surface pour les besoins propres à la fonction administrative,
- 10 % de surface pour les besoins propres à la fonction technique,
- 10 à 15 % de surfaces diverses.

Cette méthode de dimensionnement par ratios généraux permet de réserver des surfaces raisonnables sur un plan d'ensemble ou de faire des prévisions d'investissement à long terme. Elle permet d'avoir une bonne image pour les prises de décision en amont de l'opération.

4.2.2 Ratios de détail

Pour une attente de très courte durée (< 10 min) une surface utile de 0,5 m² par personne avec bagages et 0,3 m² par personne sans bagage est suffisante.

Pour une attente de courte durée (comprise entre 10 et 30 min) une surface utile de 1 m² par personne est suffisante.

Pour une attente de longue durée (> 30 min), une surface utile de 1,5 m² par personne est souhaitable.

Pour un lieu d'échange et de circulation, une surface utile de 2 m² par personne est nécessaire.

4.3 Dimensionnement des modules

Il s'agit maintenant de fixer concrètement le programme des surfaces du bâtiment, en établissant le dimensionnement de chacun des modules fonctionnels sur la base des hypothèses concernant le trafic.

On étudiera dans un premier temps les modules de la fonction trafic définis dans le paragraphe 1.4, dans la mesure où ils constituent une spécificité de l'équipement projeté.

4.3.1 Parc de stationnement des véhicules

On trouve cinq natures de parcs de stationnement sur un aéroport :

- le parc à voitures pour passagers ;
- le parc à voitures pour employés ;
- le parc pour voitures de location ;
- le parc pour taxis ;
- le parc pour véhicules de transport en commun.

Les voitures peuvent être réparties sur plusieurs niveaux dans des parcs à étage.

Pour le dimensionnement des parcs à voitures pour passagers, on peut compter en moyenne 1 à 1,2 place par millier de passagers locaux annuels. On distinguera le stationnement longue durée et le stationnement courte durée.

Pour le parc à voitures des employés, on peut compter 20 à 30 places pour 100 employés.

Le parc pour voitures de location est extrêmement variable. Il en est de même pour les autres parcs.

Une place de véhicule demande globalement, y compris les circulations d'accès, 25 m² en moyenne, quelle que soit la nature du parc de stationnement.

La conception du parc de stationnement des véhicules, en relation directe avec le système de desserte de l'aéroport, est un élément déterminant du fonctionnement de l'infrastructure et du paysage de la plate-forme (de par l'ampleur des surfaces en jeu).

4.3.2 Esplanade

Elle comprend les voies de circulation desservant le côté ville de l'aérogare. 3 à 4 voies de circulation en sens unique doivent être réservées à cette fonction.

4.3.3 Hall public

Dans le nombre total de personnes présentes dans l'aérogare, il faut tenir compte du fait que l'on dénombre :

- des passagers (arrivée ou départ) ;
- des visiteurs ;
- des accompagnateurs ;
- des attendants.

Le nombre total des visiteurs, accompagnateurs et attendants, est très variable selon le type de vol et selon les conditions locales.

On a pu établir très approximativement que 30 à 40 % du nombre total de passagers de l'heure de pointe de référence (arrivée + départ, national + international) sont présents en même temps dans le hall public.

Le nombre total de personnes présentes simultanément est alors, en tenant compte des visiteurs, accompagnateurs et attendants, compris entre :

$$0,3HC \text{ et } 0,4HC$$

avec H nombre de passagers de l'heure de pointe de référence totale (arrivée + départ, national + international),

C coefficient correcteur pour visiteurs, accompagnateurs et attendants (compris entre 1,3 et 1,5).

Dans le cas de halls séparés pour l'arrivée et le départ, on applique le même raisonnement.

Dans chaque cas, il faut tenir compte, en plus, des passagers en transit direct ou en correspondance qui se trouvent dans le hall public.

Pour une circulation correcte de toutes les personnes présentes, il convient d'attribuer 2 m² par personne.

La circulation est considérablement ralentie lorsqu'une personne avec bagages ne dispose plus que de 1 m².

Précisons que la surface obtenue est une surface utile, pour la circulation et la desserte en général, mais qu'elle ne comprend pas l'attente particulière à chaque module.

Dans tous les cas, le hall public doit être un espace de proportions harmonieuses (compte tenu de l'importance de cette surface, les hauteurs sous plafond sont souvent plus importantes ; l'éclairage, la sonorisation et le système de ventilation font également l'objet d'une attention particulière).

4.3.4 Enregistrement

■ Définition

Une « banque » d'enregistrement est constituée d'un meuble d'enregistrement adapté aux divers éléments (matériels informatiques, commande des tapis, passage des câbles...), d'un système de pesage et d'un tapis d'étiquetage des bagages.

Les banques sont dites *simples* ou *doubles* selon qu'à chaque tapis amenant les bagages jusqu'au tapis collecteur correspond une ou deux banques d'enregistrement.

■ Nombre de banques d'enregistrement

Doivent être pris en compte tous les passagers locaux au départ plus, éventuellement, les passagers en correspondance.

Il faut donc prendre en compte l'heure de pointe de référence départ passagers locaux, en décomposant en nationaux, internationaux, réguliers et non réguliers, selon la spécification des banques d'enregistrement et en n'oubliant pas qu'alors les pointes respectives ne sont pas simultanées.

L'enregistrement comprend :

- des banques d'enregistrement ;
- une surface d'attente pour les passagers ;
- des tapis dirigeant les bagages vers une zone de contrôle sûreté ;
- des bureaux des compagnies liés directement à l'exploitation des comptoirs d'enregistrement ;
- un système de transport d'information ou de documents entre les banques et les bureaux des compagnies.

En ce qui concerne le mode d'exploitation, on distingue :

— **l'enregistrement banalisé** : n'importe quelle banque peut enregistrer n'importe quel passager de n'importe quelle compagnie vers n'importe quelle destination ;

— **l'enregistrement spécialisé** : de nombreuses possibilités sont envisageables. Chaque compagnie possède ses banques. Une compagnie peut posséder des banques de 1^{re} classe et des banques pour classe « touriste ».

On peut calculer le nombre de banques pour une exploitation banalisée et augmenter ce nombre de 40 à 50 % pour une exploitation spécialisée.

Pour un vol international, on peut citer :

- 7 à 10 banques pour un avion de type Boeing 747 (450 à 500 passagers) ;
- 5 à 8 banques pour un Airbus A300 (300 passagers) ;
- 2 à 3 banques pour les avions de capacité inférieure.

■ Dimensionnement géométrique

L'expérience montre qu'une longueur de file d'attente de 10 à 15 m devant les banques s'avère nécessaire pour l'attente des passagers.

Il faut, bien entendu, ménager, en plus de cette surface, l'espace nécessaire pour la circulation à l'intérieur du hall public.

Le temps de service unitaire est variable selon le type de vol. Il peut aller de 30 s en trafic national d'affaires, à 3 min en trafic international long-courrier.

Quel que soit le type d'enregistrement, il ne faut pas oublier un guichet spécial pour les bagages hors format pour les acheminer jusqu'à la salle de tri, après contrôle de sûreté.

Le dimensionnement géométrique de ce module dépend également du concept retenu :

— **enregistrement « non traversant »** : le passager après s'être présenté à la banque repart vers une salle d'embarquement située dans une autre zone ;

— enregistrement « traversant » : les salles d'embarquement se situent derrière l'enregistrement et le passager, après avoir enregistré son bagage, traverse la zone des banques ;

— **enregistrement « semi-traversant »** : même configuration spatiale que pour le « traversant », mais les accès des passagers vers les salles d'embarquement ne se font pas à travers chaque banque ; il existe un point de passage toutes les 3 à 6 banques, par exemple.

Ces différents concepts génèrent des besoins en espace différents (pour la circulation des passagers).

4.3.5 Conception du tri des bagages au départ

Il existe deux conceptions principales pour le tri des bagages.

L'enregistrement centralisé implique que les bagages arrivent dans une salle de tri non accessible aux passagers.

Les bagages pour plusieurs destinations sont triés à l'aide d'étiquettes (papier ou informatique avec puce électronique ou marquage optique type « code-barre ») posées lors de l'enregistrement, puis disposés sur des chariots spécialisés par destination, placés à côté des tapis de tri.

Les tapis peuvent être des tapis droits ou des carrousels (figure 7). La longueur d'un tapis droit ne dépassera pas, en principe, 20 m et le périmètre d'un carrousel, 60 m.

Les dimensions des tapis varient, à trafic égal, en fonction de la nature du trafic. Il y a, en effet, beaucoup plus de bagages à trier pour les vols internationaux que pour les vols nationaux. On peut néanmoins compter en moyenne 7 à 10 m de tapis de tri pour 100 passagers à l'heure de pointe au départ.

L'enregistrement décentralisé permet de ne pas effectuer de tri : les bagages se trouvant sur un même tapis partent tous pour la même direction. Ce type d'enregistrement nécessite des tapis droits à rouleaux de 2 à 3 m de longueur au bout des tapis convoyeurs (d'un petit groupe de banques, 4 à 6 maximum).

Principales dimensions caractéristiques

Largeur d'un tapis	: de 0,80 à 1 m
Gabarit minimal de passage pour bagage	: 0,85 m
Largeur pour demi-tour d'un train de chariots	: de 6 à 8,50 m
Largeur d'un carrousel	: 3,00 m
Hauteur libre pour circulation d'un container	: 2,30 m minimum
Pente pour circulation	: optimum 6 % - maximum 8 %

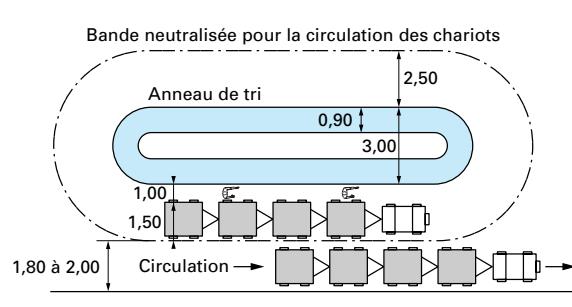


Figure 7 – Anneau de tri des bagages et circulations

■ Prévoir également :

- 1 bureau pour le chef manutentionnaire ;
- bascule pour le pesage des chariots ;
- des locaux pour le personnel (vestiaires-sanitaires-réfectoires).

■ Méthode de dimensionnement

En fonction de la nature des vols à traiter et du volume de trafic de pointe horaire au départ, on détermine le nombre de bagages à trier, puis le type de système de tri.

Exemples.

Exemple de nombre de bagages par type de passagers :

vols intérieurs : 0,5 bagage par passager,

vols moyen-courriers : 1,3 bagage par passager,

vols long-courriers : 1,7 bagage par passager.

Exemple de débit des systèmes de tri :

tri automatique : 1 200 à 1 600 bagages à l'heure

tri manuel : 600 bagages à l'heure (répartis en 4 à 5 destinations au plus).

4.3.6 Contrôles divers

Doivent être pris en compte tous les passagers locaux qui ont à subir le contrôle plus, éventuellement, les passagers en transit direct ou en correspondance.

■ Contrôle de douane

Ce contrôle ne se rencontre qu'à l'arrivée, le contrôle de douane au départ étant exceptionnel et uniquement réalisé par sondage.

À l'arrivée, on applique ce que l'on appelle le **principe du double circuit de douane** :

- circuit rouge, avec contrôle systématique, pour les passagers ayant des marchandises à déclarer ;
- circuit vert, avec contrôle par sondage, pour les passagers n'ayant rien à déclarer.

On compte 10 à 15 m² pour la surface d'un filtre, et 1 à 2 bancs de visite par tranche de 300 passagers horaires internationaux.

■ Contrôle de santé

Il est effectué à l'arrivée, normalement en salle de débarquement, ou juste après l'entrée dans l'aéroport des passagers à l'arrivée, en fonction des contraintes sanitaires liées aux régions géographiques d'origine du vol.

■ Contrôle de police

La durée de l'attente varie suivant les habitudes locales et la qualité du contrôle recherchée (en fonction de la destination, par exemple). On peut compter 0,3 m² par personne présente pendant la période la plus chargée.

La surface d'un filtre est de l'ordre de 10 m².

Le temps de traitement d'un passager est de 20 à 40 s.

À l'arrivée, tous les passagers d'un avion se présentent simultanément. La surface occupée par les passagers en attente derrière les filtres de police est très importante pendant les 10 à 15 min les plus chargées.

On prévoira le maximum des deux surfaces suivantes :

- surface obtenue en comptant 10 m de file d'attente derrière les filtres ;
- surface obtenue en offrant 0,3 m² par personne, appliquée au nombre de passagers de référence.

■ Contrôle de sûreté du passager et de son bagage de cabine

Le contrôle de sûreté peut se faire par fouille manuelle ou à l'aide d'appareils à rayons X (figure 8).

Une unité de contrôle de sûreté est composée :

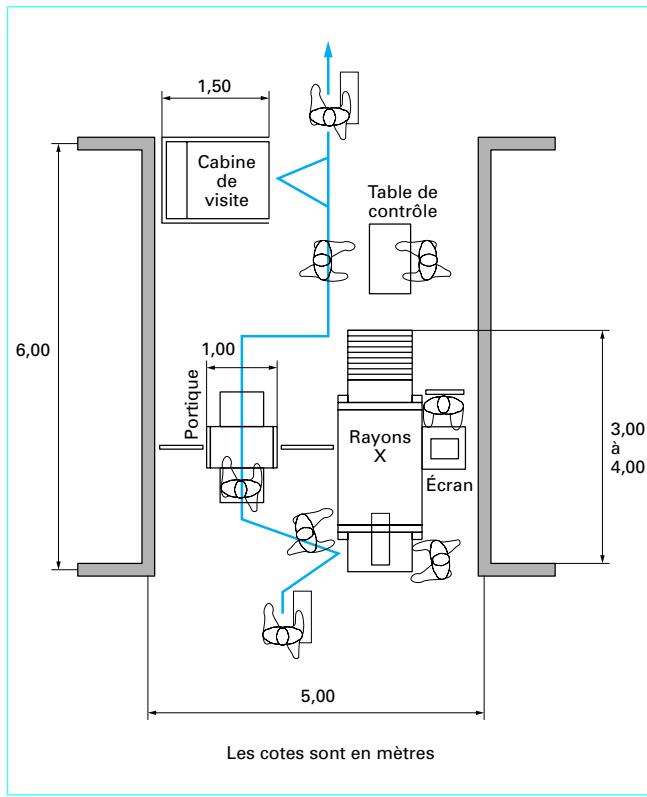


Figure 8 – Unité de contrôle de sûreté du passager et de son bagage à main

- d'un magnétomètre ou d'un appareil de contrôle radioscopique (obligatoire dans le cas d'aérodrome accueillant un total annuel de plus de 200 000 passagers), d'un portique de détection, une cabine de fouille, l'ensemble constituant le filtre proprement dit ;
- d'une zone d'attente devant le filtre.

Un filtre unique ne peut traiter un flux supérieur à 200 passagers en 30 min.

L'emprise d'un filtre est de 30 m^2 .

■ Contrôle des bagages de soute

Les mesures de sûreté pour le transport des bagages de soute ont pour objectif de prévenir l'introduction illicite d'engins dangereux, armes, explosifs, dans les soutes des aéronefs.

Deux types de dispositions sont mis en œuvre, par ordre de priorité :

- le contrôle de rapprochement passagers/bagages (paragraphe 1.2.2) ;
- le contrôle physique de sûreté des bagages de soute.

On entend par contrôle physique de sûreté toute mesure (ou ensemble de mesures) destinée à détecter la présence d'engins explosifs dans les bagages de soute, telle que : inspection radioscopique, équipes cynophiles, test de décompression, détection de particules d'explosif...

Les dispositifs de contrôle de sûreté des bagages de soute pour un vol international devront être conçus de façon à répondre aux objectifs suivants :

- effectuer l'inspection/filtrage des bagages par des moyens de détection appropriés (rayons X, détection de particules d'explosif...) ;

- déoyer les bagages jugés suspects à l'issue du processus d'inspection/filtrage ;
- rechercher le passager propriétaire du bagage suspect afin de procéder à une visite manuelle de sûreté en sa présence ;
- si possible, séparer les circuits de convoyage des bagages contrôlés de ceux qui ne l'ont pas été.

L'inspection filtrage des bagages de soute peut être effectuée avant l'enregistrement (contrôle amont), au moment de l'enregistrement (contrôle intégré amont ou aval suivant que l'inspection est effectuée juste avant ou juste après l'enregistrement), ou après (contrôle aval).

Le contrôle des bagages de soute doit être conçu comme un système véritable (instruments techniques de détection, convoyage des bagages, locaux de travail des différents personnels). Aussi, la capacité des équipements techniques de détection (300 à 1 500 bagages à l'heure en fonction de la technologie utilisée et de la précision exigée) ne doit pas être considérée comme seule grandeur dimensionnante de ce module. Au stade actuel des recherches sur ce type de système, l'aménagement de chaque plate-forme fait l'objet d'une étude spécifique.

■ Bureaux et locaux directement associés à ces modules

Les besoins sont à définir directement avec les services locaux intéressés (santé, police, douane).

4.3.7 Salles d'embarquement

Doivent être pris en compte, dans l'heure de pointe de référence, les passagers locaux au départ et les passagers en transit direct et en correspondance. On distinguera les passagers nationaux et les passagers internationaux.

En cas de spécialisation, par vol, des salles d'embarquement, il faut considérer le nombre de vols différents à traiter.

On considérera une surface de 1 à $1,5 \text{ m}^2$ par passager présent dans cette zone.

4.3.8 Livraison des bagages à l'arrivée

Tout comme pour le tri au départ, on aura des tapis droits ou des carrousels pour livrer les bagages.

La dépôse des bagages par les manutentionnaires s'effectuera sur 8 à 10 m linéaires d'accès libre.

Pour le dimensionnement, les passagers locaux, nationaux et internationaux, à l'arrivée, plus, éventuellement, les passagers en correspondance qui récupèrent eux-mêmes leurs bagages, seront pris en compte.

Il faut aussi prendre en compte :

- le nombre de vols différents à traiter pour les affectations différentes de tapis de livraison des bagages ;

- le nombre de bagages à livrer par vol, qui dépend de la capacité des avions et du type de vol.

On comptera environ 16 à 23 m de tapis pour 100 passagers de l'heure de pointe arrivée de référence. Ce chiffre est majoré dans le cas de très nombreux bagages (trafic international long-courrier) ou minoré dans le cas de bagages peu nombreux pour le trafic national d'affaires. Il est également fonction du type de tapis, et du niveau de confort souhaité par le gestionnaire pour les passagers (accès plus facile et rapide en cas de linéaire important).

Dimensionnement de la salle

Le dimensionnement de la salle de livraison sera fonction du linéaire de tapis, comme le montre la figure 9.

Il faudra également prévoir :

- un espace de rangement des chariots à bagages non utilisés ;
- un local pour le service des bagages ;
- des sanitaires en cas de longue attente à la livraison.

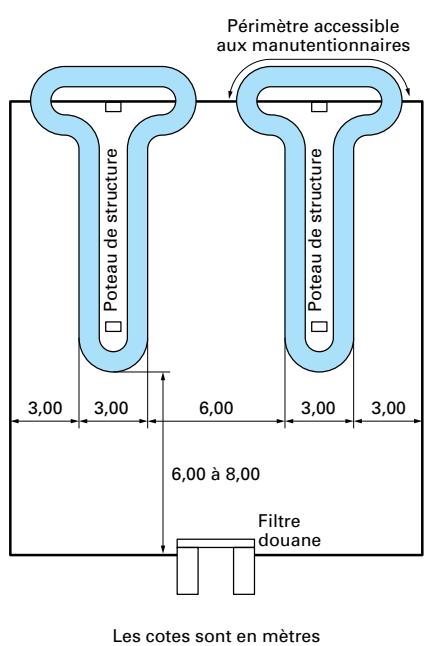


Figure 9 – Dimensionnement de la salle de livraison des bagages

On préférera prévoir un tapis par vol, ou un tapis pour plusieurs arrivées, mais jamais plusieurs tapis pour un même vol, pour des raisons évidentes d'exploitation pour le gestionnaire et de confort pour le passager.

4.3.9 Services

Le nombre et l'importance des services offerts sont variables selon les aéroports et le type de trafic traité (volume et structure). Outre ceux décrits au paragraphe 1.4, chaque plate-forme développe sa propre politique commerciale pour agrémenter le traitement du passager. En particulier, une aérogare conçue pour un « hub » soignera les circuits de correspondance, et les espaces d'embarquement, de traitement des bagages seront dilatés par rapport à une aérogare classique. Un bâtiment accueillant une « navette » sera surdimensionné (pour l'ensemble des modules de la fonction trafic) puisqu'il aura à traiter des surpointes par rapport à un bâtiment classique. Un édifice prévu pour l'accueil de très gros porteurs verra l'ensemble des modules surdimensionnés (puisque il aura l'équivalent d'une surpointe à traiter) avec une dilatation des espaces d'embarquement (l'espacement des portes, lié à l'envergure des avions, créera sur ces zones de nouvelles surfaces).

4.3.10 Autres fonctions de l'aérogare

Fonction commerciale

Sur tous les aéroports, on trouve un bar hors douane plus ou moins important. Il existe également un ou plusieurs bars sous douane sur les gros aéroports. Les boutiques tabac-journaux sont très fréquentes. Un restaurant hors douane peut être également prévu.

La surface de tous ces commerces et de leurs réserves vient s'ajouter aux surfaces indiquées précédemment.

Ces espaces font l'objet d'arbitrage de la part du gestionnaire et des investisseurs, en fonction de la rentabilité souhaitée pour l'aérogare.

Exemple de module de la fonction commerciale : la vente des billets

La vente de billets comprend :

- des comptoirs de vente ;
- une surface d'attente pour les passagers (1 à 2 m devant les comptoirs) ;
- des bureaux des compagnies liés à la fonction vente.

Il est souhaitable que les comptoirs de vente soient situés à proximité des banques d'enregistrement.

Fonction opérationnelle

Ces espaces liés à cette fonction sont très spécifiques et font l'objet de négociations sur chaque plate-forme pour le dimensionnement fin (fonction du gestionnaire, de son mode de gestion, de l'importance commerciale et stratégique de la plate-forme).

Poste de contrôle d'aérogare

Il s'agit d'un local ou de plusieurs locaux où sont traités, en temps réel, tous les problèmes d'exploitation de l'aérogare, des aires de trafic des avions, des parcs à voitures, etc. Ce poste consiste en un simple bureau ou en une salle de surveillance dans le cas des gros aéroports.

Locaux des compagnies

Les compagnies ont besoin de locaux « exploitation » :

- salle de préparation des vols ;
- bureaux du personnel au sol ;
- locaux « service piste » ;
- salle de repos des équipages ;
- vestiaires-sanitaires ;
- magasins et réserves divers.

Le dimensionnement de ces locaux doit être examiné avec les compagnies intéressées.

Fonction administrative

Elle recouvre tous les besoins de locaux qui ne sont pas directement liés au trafic ou qui n'ont pas besoin d'être situés à proximité immédiate des surfaces de trafic.

Tout comme celui de la fonction commerce, son dimensionnement sera établi avec les différents intervenants dans l'aérogare.

Fonction technique

Les locaux techniques, nécessaires au fonctionnement du bâtiment, sont dimensionnés de manière classique lors des études de conception et ne font pas l'objet de recommandations particulières nécessitant un rappel dans le présent article.

5. Contraintes de construction

Pour de plus amples renseignements, on pourra aussi consulter la référence [1].

5.1 Servitudes

Il est impératif que l'aérogare respecte les servitudes aéronautiques et ne vienne pas constituer un obstacle dans les espaces dégagés résultant de l'application des plans de servitudes (figure 10). Ces règles ont pour objet de préserver la sécurité des aéronefs et la fiabilité des équipements de navigation aérienne.

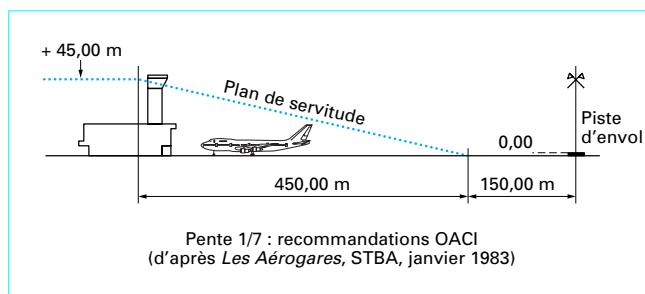


Figure 10 – Plan de servitudes aéronautiques

5.2 Plan de composition générale

Un aéroport est un tout et l'on ne peut étudier l'aérogare indépendamment du reste : l'aérogare, les parcs à voitures, les aires de stationnement des avions doivent venir s'insérer au milieu d'autres bâtiments, des pistes et de voies de circulation.

De plus, tous ces éléments sont évolutifs.

Le but du plan de composition générale est de prendre en compte ces problèmes. C'est un plan d'aménagement de la plate-forme dans l'espace et le temps.

5.2.1 Accès des véhicules

Une aérogare importante engendre un trafic routier considérable. Il est primordial que l'accès de la voirie routière à l'aérogare soit aisément et bien dimensionné, par l'utilisation des techniques routières classiques.

L'accès doit être étudié compte tenu des liaisons ville/aéroport possibles : si l'aérogare est desservie par un mode de transport en site propre bien utilisé, la voirie d'accès sera dimensionnée de façon différente de ce qu'elle serait si le transport en site propre n'existaient pas.

Il ne faut pas oublier que les services de la sécurité et, notamment, de la sécurité incendie, doivent pouvoir accéder à tout point de l'aérogare et à tout moment.

5.2.2 Stationnement des véhicules

Le problème du stationnement des véhicules doit être analysé dans le plan de composition générale.

Les parcs à voitures souterrains doivent être étudiés sérieusement du point de vue des liaisons possibles avec l'aérogare.

5.2.3 Circulations côté piste

Il ne faut pas oublier qu'une route de service pour véhicules est indispensable en front d'installation côté piste. On vérifiera que :

- la route de service aura une largeur de 5 m sur les petits aéroports ; elle comportera 2 à 3 voies de 3,5 m sur les grands aéroports ;

- le gabarit en hauteur, notamment au passage sous les passerelles télescopiques, devra permettre la circulation des véhicules de gabarit routier :

- 3,70 m permet la circulation des autobus,
- 4,50 m permet la circulation des poids lourds circulant habituellement sur le réseau routier.

Les gabarits seront adaptés au trafic de la plate-forme, en fonction des véhicules de sécurité incendie obligatoire sur le site et des engins d'exploitation du gestionnaire.

6. Contraintes particulières de conception

6.1 Choix d'un parti architectural

- la conception d'une aérogare est directement liée aux procédures et à leur évolution (contraintes fortes) ;
- la conception peut résulter de la surface et de la nature du terrain disponible pour l'aérogare ;
- la conception est liée à des critères économiques qui peuvent évoluer avec le temps : les coûts de construction du bâtiment, d'exploitation, d'entretien et de fonctionnement influeront sur le choix du parti fonctionnel.

■ Profondeur de l'aérogare

Si l'on veut respecter au maximum le principe de cheminement en ligne droite, une profondeur minimale de 40 à 50 m s'avère vite nécessaire. Cette profondeur peut être supérieure à 70 m pour les gros trafics et pour tenir compte des impératifs de sûreté.

■ Hauteur de l'aérogare

Cette hauteur doit être définie en fonction de l'aspect architectural des différentes zones en prenant en compte :

- la sonorisation (temps de réverbération) ;
- le système de ventilation/chauffage/climatisation ;
- la signalisation ;
- les contraintes de servitudes aéronautiques ;
- le système de desserte des avions (passerelles) ;
- la qualité de l'espace offert.

■ Rôle prépondérant de la toiture

La programmation d'une aérogare conduit à un bâtiment peu développé verticalement, avec une forte expansion horizontale. Outre son étendue, la toiture est vue régulièrement d'avion (arrivée ou départ), ce qui conduit à en faire une troisième façade et induit un traitement attentif (couverture unitaire, Nice 2 ; par modules juxtaposés, CDG 2...).

■ Points durs

Ils comprennent principalement :

- les locaux techniques (ils ne devront pas être saturés dès la mise en service ; les distributions horizontales et verticales seront conçues pour permettre des modifications aisées des réseaux et des points de distribution) ;
- les sanitaires ;
- les cuisines de restaurant.

Pour éviter des problèmes de réaménagement, il faut placer judicieusement les points durs dans la structure du bâtiment et penser à ce qu'ils peuvent devenir en cas d'évolution.

■ Structure

Des trames de poteaux serrées sont très pénalisantes. Un espace-ment de 10 m entre poteaux est un minimum, ce qui conduit à une recherche de la hiérarchie constructive (poutres, poutrelles, bacs) très importante pour la conception.

■ Traitement de l'air

La conception de ce système est un élément délicat de la conception du fait des grandes dimensions des modules de l'aérogare et de l'accumulation de personnes (et d'équipements).

■ Signalisation

Il faut penser à la signalisation dès la conception et ne pas la négliger, car elle risque de ne pas être satisfaisante par la suite (gestion des contrastes de luminosité, position, couleur, forme...). Elle ne doit être qu'un moyen de renforcer la lisibilité de l'architecture du bâtiment. Une bonne signalétique ne pourra jamais pallier une conception confuse des circuits fonctionnels.

■ Phasage dans la construction de l'aérogare

La grande majorité des aérogares est conçue pour qu'elles soient étendues sur une ou plusieurs façades, et même sur un ou deux niveaux.

Il est donc clair que la conception du bâtiment doit se faire en fonction de la phase finale et doit prévoir le fonctionnement des phases intermédiaires.

Compte tenu des nouvelles structures de trafic, plus consommatrices d'espaces (traitement des bagages pour un « hub », par exemple), on voit apparaître des aérogares à trois niveaux : deux niveaux pour les passagers (arrivée, départ) ; et un niveau pour le traitement des bagages.

6.3 Aires de stationnement des avions

L'étude de l'aérogare et celle de l'aire de trafic doivent être menées simultanément. La conception de l'un réagit sur l'autre.

À cet égard, on a le choix entre trois concepts de types principaux (figure 12).

6.2 Nombre de niveaux

Les aérogares à deux niveaux, comme le montre la figure 11, facilitent grandement l'organisation du contrôle de sûreté puisqu'elles permettent de séparer plus facilement les trafics arrivée et départ, mais elles nécessitent des infrastructures routières importantes côté ville pour permettre l'accès de véhicules à deux niveaux différents.

Les aérogares à un niveau et demi sont moins coûteuses en infrastructure côté ville et permettent la concentration des contrôles police et douane en un seul point (contrôle centralisé), mais l'objectif de sûreté y est plus difficile à atteindre correctement, compte tenu de la difficulté de séparer, sur un seul niveau, les passagers à l'arrivée et au départ.

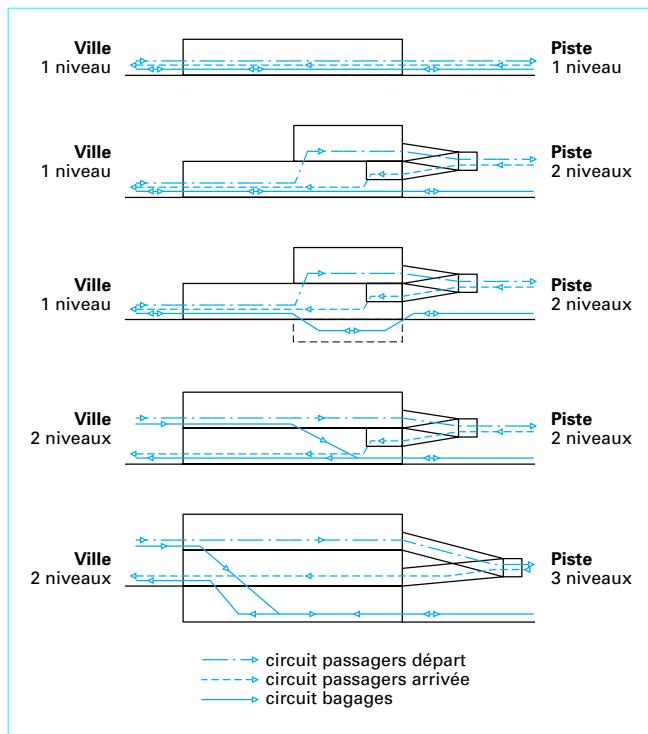


Figure 11 – Différents concepts d'organisation verticale d'une aérogare

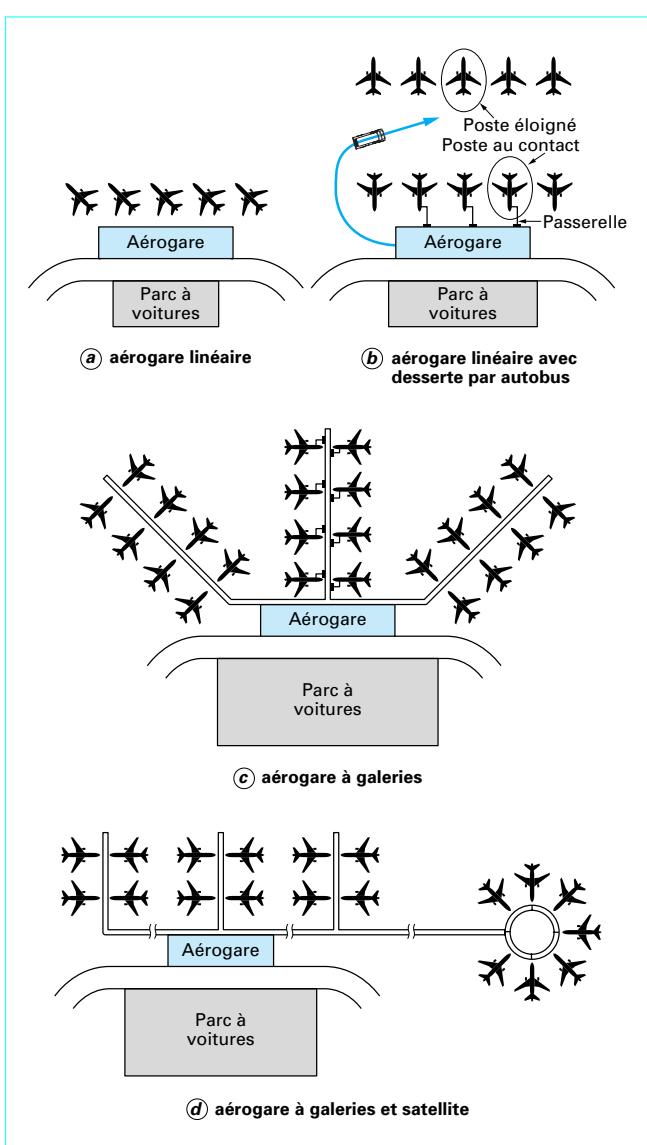


Figure 12 – Différents concepts d'aérogare en fonction des aires de stationnement des avions

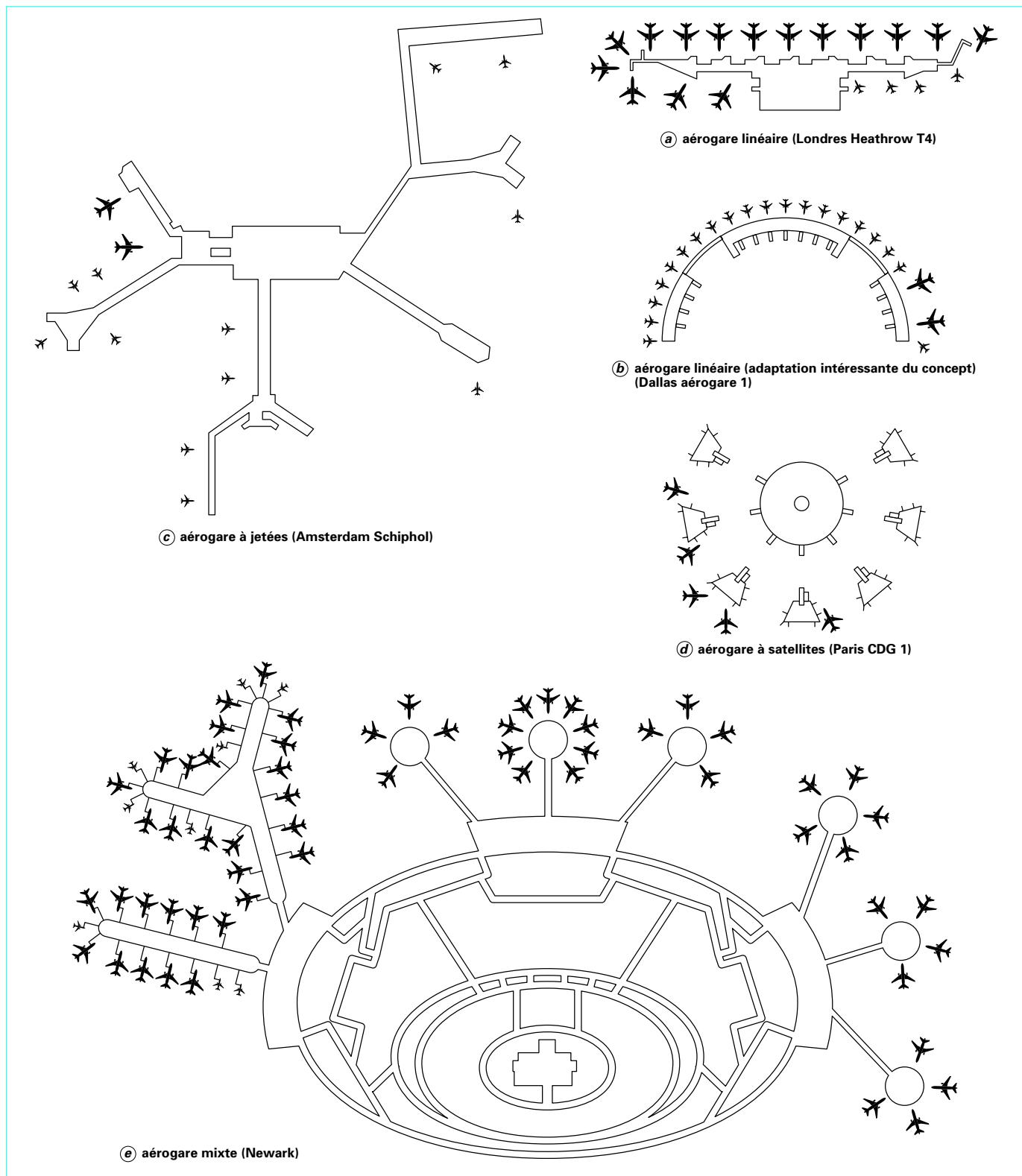


Figure 13 – Exemples d'organisation spatiale d'aérogares et d'aires de stationnement

Aérogare linéaire

Les postes de stationnement des avions sont alignés le long de l'aérogare et en sont tous à proximité.

Aérogare à galeries (ne comportant pas de salles d'embarquement)

Pour ne pas étirer la façade de l'aérogare, on prolonge celle-ci par des couloirs ou galeries de part et d'autre desquelles stationnent les avions et dans lesquelles circulent les passagers. Les jetées sont utilisées pour les trafics assurés par de très gros porteurs. Elles ont une largeur plus importante que les galeries, ce qui permet d'y implanter des salles d'embarquement.

Aérogare à satellites

Le satellite est un bâtiment d'une forme telle que les avions stationnent sur tout son pourtour. Il est accessible depuis l'aérogare par un couloir souterrain. A la différence de la jetée, le satellite peut être une véritable petite aérogare. Les satellites sont utilisés pour des trafics très importants.

On s'aperçoit en fait qu'il existe une disproportion énorme entre l'aérogare et les postes de stationnement avion.

Exemple : il faut 6 000 m² pour stationner un B747, qui permet de transporter 300 000 à 1 000 000 de passagers par an ; 5 000 m² pour une aérogare, qui permet de traiter au plus 500 000 passagers (suivant le type de passagers).

Dans la pratique donc, les trois concepts apparaissent de manière moins flagrante, pour laisser la place à des solutions mixtes plus astucieuses (figure 13).

6.4 Coûts de construction

L'objet de ce paragraphe est de donner des ordres de grandeur des investissements, et non de donner des éléments pour effectuer une estimation financière d'un projet.

Les ratios de coûts de construction d'aérogare passagers sont de 10 à 15 000 F HT/m² SHO, répartis comme suit :

- gros œuvre : 3 à 6 000 F HT/m² SHO ;

- second œuvre : 1 500 à 3 000 F HT/m² SHO ;
- équipements généraux : 1 500 à 3 500 F HT/m² SHO ;
- équipements spécifiques [passerelles : 1 500 à 2 500 F HT (suivant « luxe » d'habillage ou pas), convoyage des bagages : ~ 6 000 F HT/m (suivant type de tapis à écaillles plus ou moins performants...)]

Exemple : pour une aérogare traitant au plus 500 000 passagers par an, l'investissement réalisé représenterait 50 à 75 MF HT (coût des travaux de construction du bâtiment). Le coût d'un B747 est de l'ordre de 715 MF HT (emport de 400 passagers) ; celui d'un A320 est de 230 MF HT (emport de 180 passagers).

Cette comparaison est très significative au regard des enjeux concernant l'adaptation des infrastructures terminales aéroportuaires aux politiques commerciales des compagnies aériennes (« hub » ; « navette »).

7. Règlements généraux

Règlement de construction

Tous les règlements généraux de construction applicables aux bâtiments sont à respecter pour une aérogare.

Règlement d'urbanisme

L'aérogare doit respecter les contraintes urbanistiques ou l'ordre architectural existant sur le site de l'aéroport. Une aérogare est un bâtiment soumis au dépôt de permis de construire.

Règlement de sécurité

Une aérogare est un établissement recevant du public (ERP), et doit donc satisfaire aux exigences relatives à la sécurité incendie (détection, lutte, évacuation des personnes) dans ce type de bâtiments.

Accessibilité handicapés [3]

En tant qu'établissement recevant du public, une aérogare est soumise à la réglementation en vigueur sur l'accessibilité du bâtiment aux personnes à mobilité réduite.

Références bibliographiques

Dans les Techniques de l'Ingénieur

- [1] CHARDEX (S.), CHEDEBOIS (M.), GAMET (C.), LACOURT (H.) et SCHMIT (M.). – *Aérodromes C 4 450*. Traité Construction, vol. C4 II (1991).

Références

- [2] Direction générale de l'Aviation civile / service des bases aériennes / service technique des bases aériennes. – *Sûreté aéroportuaire, recommandations pour la conception des aéropôts*. 110 p (novembre 1994).
- [3] Direction générale de l'Aviation civile / service des bases aériennes / service technique des bases aériennes. – *Aérogare et handicap, recommandations techniques*. 33 p (novembre 1996).

- [4] Airport Associations Coordinating Council / International Air Transport Association. – *Guidelines for airport capacity/demand management* (guide pour la gestion de la capacité et des exigences de capacité d'un aéroport) - 20 p (juin 1990).
- [5] International Air Transport Association. – *Airport development reference manual* (manuel de référence pour le développement des aéropôts) - 303 p (avril 1995).
- [6] ASHFORD (N.) et WRIGHT (P.H.). – *Airport engineering* (ingénierie aéroportuaire) - 520 p. Wiley Interscience (1992).
- [7] HORONJEFF (R.) et McKELVEY (F.X.). – *Planning and design of airports* (planification et conception des aéropôts), 829 p. McGraw Hill, Inc.
- [8] BLOW (C.J.). – *Airport terminals* (les aérogares). 217 p. Butterworth (1996).
- [9] BROSSELIN (S.). – *Les limites du gigantisme sont atteintes*. Aéroports Magazine - n° 275 - p. 28 à 29 janvier-février 1997.
- [10] TARDIF (C.). – *Gel de la configuration préliminaire de l'A3XX* - Air et cosmos / Aviation Magazine International - n° 1653 - p. 18 à 19 (vendredi 10 avril 1998).
- [11] STRAHL (A.). – *L'entrée en service de très gros porteurs posera des problèmes aux grands aéroports du monde*. Journal OACI p. 24 à 25 (décembre 1996).
- [12] MARCK (B.). – *Hub, une formule... rayonnante* - Aéroports Magazine - n° 286 - p. 13 à 23 (mars 1998).
- [13] Ministère de l'Équipement des Transport et du Logement / ministère de l'Intérieur / ministère de la Défense. – *Arrêté du 29 décembre 1997 fixant les modalités techniques des visites de sûreté des personnes et des bagages à main*. Journal officiel de la République française - p. 297 (7 janvier 1998).