

PROJET

Conférence AFITAE - 14 octobre 1970

RECHERCHES ET DEVELOPPEMENTS SUR LE DECOLLAGE COURT OU VERTICAL
LE PROGRAMME ALADIN II

par MM. J. BERTIN, J. CAYLA, L. DUTHION, P. GUIENNE et M. PERINEAU

Notre Société est engagée de manière continue depuis 1955 dans la recherche et le développement de solutions adaptées aux problèmes posés par les appareils à décollage et atterrissage courts ou verticaux.

RAPPEL HISTORIQUE DU DEVELOPPEMENT DES TRAVAUX :

Pour orienter nos efforts, nous avons été amenés, dès l'origine, à distinguer deux lignes de pensées :

- selon l'une, les problèmes combinés du rayon d'action et de la charge à transporter devaient imposer des dispositifs à bon rendement énergétique ;
- selon l'autre, au contraire, la "performance absolue" n'étant pas en cause, le rendement du système pouvait être sacrifié, par exemple en vue de l'obtention d'une plus grande simplicité ou d'un coût plus réduit.

Dans le cadre de la première catégorie, nous avons essentiellement mené deux actions. La première concernait un appareil à rotors sustentateurs intégrés dans l'aile, le HB 11 (Fig. 1), étudié avec M. HUREL de 1958 à 1960. Les essais de soufflerie (Fig. 2) avaient montré la faisabilité complète de l'appareil et démontré, en particulier, sa stabilité aussi bien pendant la transition que pendant les autres cas de vol. Tout ceci avait été fait nettement avant le lancement du programme américain sur la même formule. Mais il faut dire que, de notre côté, nous n'avons pas continué à pousser beaucoup cette solution à partir d'une certaine époque en raison du problème technologique relativement difficile que représentaient les ventilateurs de sustentation à entraînement par turbine périphérique.

L'autre action est celle des hélices carénées à diffusion aérodynamique et contrôlée que nous avons lancée en 1958 et qui se poursuit depuis 1962 avec M. SOULEZ-LARIVIERE et la Société NORD AVIATION, récemment intégrée à la S N I A S. Les résultats obtenus tant en matière de poussées spécifiques que de rendements sont extrêmement prometteurs et permettent de penser que cette technique peut être à la base d'une véritable filière d'avions ADAC ou ADAV à haut rendement. De plus, en prenant les précautions voulues, ces hélices carénées peuvent présenter des niveaux

de bruit très réduits. Ainsi l'hélice carénée qui propulse l'Aérotrain Orléans (Fig. 3) jusqu'à près de 300 km/h est non seulement la plus puissante du monde (3 000 CV) mais aussi très probablement la moins bruyante. Les courbes de la figure 4 montrent que, pour l'ensemble des cas de fonctionnement, le bruit de cette hélice est en moyenne inférieur à celui d'un train électrique rapide.

Si l'on ajoute à cela le fait que l'évolution des turbo-réacteurs à double flux vers les taux de mélange plus élevés conduit à faire ressembler chaque jour davantage leur ventilateur ou "fan" à une hélice carénée, les études faites vont trouver dans ce domaine une valorisation certaine. Moins un système de propulsion est "comprimé", c'est-à-dire plus le rapport de masse du flux secondaire augmente, plus il faut faire attention aux problèmes d'adaptation suivant les cas de vol ; pour cela, deux paramètres sont intéressants : la section d'éjection et le pas des aubes ou pales. Or les hélices carénées actuelles comportent ces deux avantages. Le moment paraît donc venu de combiner sur ce sujet les efforts des motoristes et de ceux qui se sont occupés plus spécialement de la propulsion ou de la transformation de poussée.

Nos études relatives aux systèmes simples à efficacité plus réduite ont porté essentiellement sur les trompes et éjecteurs. Plutôt que de reprendre dans cet exposé le détail de ce qui a été fait dans le passé, nous avons pensé qu'il vaut mieux recommander à nos lecteurs que ce sujet intéresse de se reporter aux trois articles et conférences suivants, qui contiennent l'essentiel des informations utiles :

- Contribution au développement des trompes et éjecteurs, par MM. Jean BERTIN et Marcel LE NABOUR (Technique et Science Aéronautiques de mai-juin 1959),
- Les trompes appliquées au vol vertical - Vers l'aile-trompe, par M. Jean BERTIN (Technique et Science Aéronautiques, tome 2, 1960),
- Les trompes, ou l'aile-trompe, appliquées au décollage court, (Communication présentée par M. Paul GUIENNE au IVème Congrès Aéronautique Européen à Cologne, Septembre 1960).

Si nous voulons analyser toutefois ces travaux d'une manière succincte, il faut distinguer trois périodes.

De 1956 à 1962, deux directions principales avaient été envisagées pour les applications possibles.

Dans un premier cas, le but visé concernait la réalisation d'un véhicule aérien apte au vol vertical avec une technologie éventuellement plus simple et plus facile à entretenir que celle de l'hélicoptère, mais bien entendu en tolérant des consommations de carburant plus élevées. Nous avons appelé ces véhicules "statoptères" ; leur vitesse de déplacement restait modérée (60 à 100 km/h), leur propulsion étant en quelque sorte assurée par une composante horizontale obtenue par inclinaison de la poussée sustentatrice. Enfin, la recherche d'une autonomie et d'une capacité de charge convenables nous obligeait à ne retenir pour cette application que des trompes à hautes performances d'accroissement de poussée (au moins 1,8 à 2) (Fig. 5 et 6), ceci conduisait à peu près automatiquement d'ailleurs aux trompes circulaires pour lesquelles l'efficacité aérodynamique interne du mélange et de la diffusion était intrinsèquement meilleure que pour les autres types. Par contre, du point de vue de l'aérodynamique externe, ce schéma circulaire était défavorable par principe, sauf, évidemment, aux basses vitesses de déplacement, ce qui était le cas pour les applications envisagées. Un premier projet basé sur cette conception a été remis au Service Technique de l'Aéronautique le 3 juillet 1957 (Figure 7).

L'autre direction de travail avait conduit aux trompes bi-dimensionnelles. Si les performances d'accroissement de poussée que l'on pouvait en obtenir étaient inférieures, principalement en raison du moins bon fonctionnement de la partie diffuseur de la trompe, elles étaient par contre plus compactes et se prêtaient beaucoup mieux à leur inclusion dans la géométrie d'un aérodyne destiné à voler à des vitesses élevées. Ainsi, sur le plan civil, cette technique de trompes bi-dimensionnelles à niveau de bruit très bas pouvait conduire à des appareils intéressants, comme nous l'avions montré à l'aide des projets reproduits sur les figures 8 et 9.

D'autre part, sur le plan militaire, c'est en suivant cette même ligne technique que nous étions parvenus au projet d'appareil d'appui tactique que nous avons présenté au concours lancé par l'Etat-Major français en 1959.

Après la clôture du concours dans lequel notre projet avait été l'un des deux pré-sélectionnés (Fig. 10) et le choix final de l'avion de la formule Dassault (Mirage III V - Balzac), les seuls travaux qui ont été poursuivis sur les trompes avec l'aide des Services Officiels ont été des essais d'endurance des trompes circulaires prévues pour la première catégorie d'appareils dont il a été question ci-dessus. Bien que réalisées d'une manière déjà très légère (47 kg) elles produisaient une poussée totale de 270 daN. Ces trompes ont satisfait en décembre 1962 aux essais prévus d'une durée de 120 heures, et ceci sans aucune variation appréciable des épaisseurs de fente ni déficience quelconque.

Pour mieux comprendre ce que représentent ces résultats, il ne faut pas oublier que, dans un domaine extérieur au nôtre, - c'est-à-dire les trompes - mais fondamental puisqu'il s'agit du générateur de gaz utilisé et qui est un turboréacteur à simple ou double flux, une évolution s'est produite qui transforme de manière capitale la technique d'emploi des trompes dans le domaine aérien : il s'agit de l'accroissement des pressions de cycle des turbomachines. Il en est résulté que l'énergie spécifique produite s'est trouvée relevée de plus en plus ce qui entraîne des poussées (ou des énergies) par unité de surface du canal d'éjection de plus en plus grandes.

Or, ce problème de la canalisation des gaz chauds vers les fentes d'éjection avait toujours été dans le passé le facteur le plus critique du dessin et de la mise en place des trompes. Cette évolution favorable des turboréacteurs facilite l'emploi des trompes, tant en ce qui concerne les températures (double flux) que les pertes par frottement dont l'importance relative diminue sans cesse avec l'accroissement de l'énergie spécifique.

Pour mieux illustrer ce qui est possible maintenant, il suffit de rappeler que la trompe des essais d'endurance de Saclay avait une masse de 47 kg pour une poussée totale de 270 dan (ϕ moyen # 1,7, le Palas ayant une poussée de 160 kg). Si l'on rappelle que les gaz chauds issus du réacteur n'avaient qu'un taux de détente de 1,6 par rapport à l'atmosphère, on comprend que les pertes par frottement étaient élevées et la poussée spécifique limitée. Avec un réacteur actuel ayant un taux de détente supérieur à 2 la poussée de la trompe serait pratiquement doublée pour un encombrement identique et une masse accrue de quelques pour cent (560 dan pour 55 kg environ). Ceci représente une poussée par unité de surface de 660 dapa (660 kg/m²).

A eux seuls, ces deux éléments techniques paraissent de nature à justifier la reprise d'un programme d'appareils aériens "Statoptères" à trompes. En niveau de bruit, simplicité et très bas prix, il paraît difficile de faire mieux.

Quoi qu'il en soit de ces nouvelles perspectives, nous étions fort ennuyés, fin 1962, de ne plus pouvoir poursuivre notre effort dans le domaine aéronautique faute de financement officiel. Heureusement, à ce même moment, et en raison de l'extension continue de l'emploi des trompes dans de très nombreux autres domaines de l'industrie, nous avons pu reprendre à nos frais nos travaux d'étude et de recherche, ce qui nous a amenés à une meilleure connaissance du fonctionnement des trompes et à de nombreux perfectionnements.

C'est cet effort, non seulement de travail, mais aussi de réflexion et de compréhension qui nous a amenés, fin 1965, à proposer aux Services Officiels le programme Aladin I à aile Variflux (Figure 13).

Pour comprendre sa motivation, il faut rappeler tout d'abord sur un plan technique que les deux applications envisagées dans le passé concernaient l'une les très basses vitesses (statoptères à trompes circulaires) ^(Fig. 7), l'autre au contraire les grandes vitesses ^(Fig. 9). Laissons de côté la première et rappelons que la deuxième présentait la particularité d'effectuer les phases de décollage et d'atterrissage (court ou vertical selon le cas) en utilisant les trompes mais de les mettre ensuite hors circuit pour voler à grande vitesse. On peut simplifier cette question en disant qu'à haute vitesse l'appareil redevient classique mais avec une pénalisation non négligeable du fait du volume mort des trompes s'ajoutant à celui des organes de changement de direction des gaz du moteur et à celui des moyens de sustentation classique (ailes).

La nouvelle conception revenait à essayer d'intégrer la sustentation et la propulsion d'un aérodyne destiné à voler vite. Selon les divers schémas qu'il était possible d'envisager, l'adaptation entre les deux cas de vol, lent et rapide, pouvait se faire par variation d'incidence, soit des aubages de sortie d'une trompe bidimensionnelle, soit des profils inducteurs eux-mêmes.

On peut situer cette évolution en disant qu'elle résultait de deux considérations :

- a) l'examen des essais effectués sur l'aile-trompe que nous avons proposée dans le passé. Les essais en soufflerie (NT 16-41, octobre 1962) (Fig. 12 et 13) ont montré que cette formule alliait l'accroissement de poussée d'une trompe au point fixe à une hyper-sustentation extrêmement efficace dès qu'il y avait vitesse d'avancement ;
- b) le rapprochement de ces résultats avec ceux obtenus en soufflerie sur la trompe bidimensionnelle en "grille" (NT 4-48 du 23.4.59) (Fig. 16 et 17). Le pouvoir sustentateur augmentait de plus de 50 % pour des vitesses de vol passant de 15 à 35 m/s, et ceci avec des traînées induites très favorables qui mettaient en évidence la très bonne aérodynamique interne de ce type de trompe.

Leur rapprochement nous avait alors amenés à considérer la trompe bidimensionnelle en grille comme une association de trompes et d'ailes-trompes et, de ce fait, la géométrie variable des profils pouvait permettre l'adaptation progressive entre les cas de vols extrêmes.

Ceci nous a conduit à la conception de l'aile Variflux (Fig. 18). Cette aile comprend un certain nombre de profils élémentaires qui peuvent pivoter autour d'un axe ; en position de vol normal ils s'inscrivent dans le profil général de l'aile, alors que pour les phases de décollage ou d'atterrissage, ils forment une série de canaux convergents-divergents. Les gaz moteur amenés à travers les profils et injectés par des fentes dans ces canaux produisent l'effet de trompe et d'hypercirculation combiné. Toutes les positions intermédiaires entre celles du point fixe et celles du vol en croisière peuvent être utilisées de manière progressive. Il s'agit d'une véritable "géométrie variable". De plus un braquage différentiel des volets permet de contrôler à volonté la position du centre de poussée ainsi que la direction de celle-ci. La canalisation des gaz chauds, l'insonorisation du conduit d'admission, enfin l'envergure limitée permise à l'aile en première étape, entraînent bien entendu un certain nombre de pertes. Mais, comme pour des rayons d'action relativement courts le problème du rendement énergétique ne se pose absolument pas, le programme reposant sur l'appareil "Aladin" avec système d'ailes "Variflux" répondait à l'essentiel des conditions souhaitées par de futurs exploitants de liaisons aériennes de proximité :

- 1°) niveau de bruit très bas,
- 2°) capacité de décollage court très poussée,
- 3°) contrôle continu et intégré des moments de tangage pendant les phases de décollage, de montée, puis de vol de croisière.

Une étude de la formule nous a été commandée à l'époque par le C.P.E. Elle a permis de préciser les conditions à fixer à un tel dispositif pour présenter une zone d'intérêt convenable. Certaines vérifications de performances au point fixe et en translation ont été faites avec l'aide de la D.R.M.E. Si, dans un premier temps, la valeur prévue pour l'accroissement de poussée au point fixe n'a pas été obtenue, un travail complémentaire a permis de l'atteindre et même de la dépasser ; le défaut qui a pu être corrigé tenait à un mélange insuffisant entre le flux secondaire et les jets primaires qui restaient attachés aux parois du profil. Par contre, les caractéristiques de croissance de la sustentation avec la vitesse ont été excellentes dès le départ ; or, c'est de très loin l'aspect le plus important et le plus difficile puisque le moindre défaut d'ordre aérodynamique se traduit généralement par des pertes croissant très vite avec la vitesse d'avancement. Ce n'est pas du tout le cas ici, bien au contraire, et c'est pourquoi les fondements techniques de cette formule apparaissent donc très valables (Fig. 19).

Il reste qu'on peut faire une certaine critique à son encontre. Elle demande en effet la mise en oeuvre de pièces mobiles parcourues par des gaz chauds. Nous avons déjà indiqué toutefois que nous pensions pouvoir résoudre le problème en fonction de l'expérience considérable que nous avons acquise tant avec les trompes de sustentation qu'avec les silencieux de vol pour réacteur.

Dans l'hypothèse où l'on ne tiendrait pas compte de l'évolution internationale des choses, il apparaîtrait donc indiqué de poursuivre uniquement le développement de cette formule qui combine de manière intéressante les trois avantages majeurs indiqués plus haut.

Nous avons été toutefois conduits, à l'occasion de récentes études d'adaptation de l'Aérotrain au marché américain, à étudier la réalisation de la propulsion d'une de ses versions "intervilles" grâce à un réacteur double flux comportant un silencieux à trompe bi-dimensionnelle, suivant un schéma que nous avons d'ailleurs retenu pour certaines applications et qui est breveté depuis plusieurs années déjà dans les grands pays aéronautiques (Fig. 20). Ces études nous ont appris deux choses : la première est que l'on pouvait, en combinant cette trompe bi-dimensionnelle d'éjection avec un canal d'admission insonorisé, parvenir à des niveaux de bruit extrêmement bas ; la réduction par rapport au réacteur de base serait en effet comprise entre 15 et 20 DBa. Le deuxième aspect mis en lumière est que, même en comprenant les pertes d'admission et de transformation du canal d'éjection, la poussée de base pouvait être augmentée de 20 à 35 %, cette augmentation ne disparaissant qu'au voisinage de Mach 0.3 à 0.4 suivant les cas. Il en résulte que même avec une vitesse de croisière d'environ 500 à 600 km/h, les consommations de carburant par km/passager demeurent raisonnables et sont économiquement acceptables (inférieures à 70 g par km/passager).

Ceci nous a amenés à penser que nous pouvions alors proposer une solution de l'ADAC silencieux beaucoup plus rapidement disponible que par la voie du "Variflux". Cette solution que nous appelons "Aladin II" consiste essentiellement à combiner avec une aile à volets de courbure adaptés un nombre convenable de groupes propulseurs silencieux de conception analogue à ceux que nous avons imaginés pour l'Aérotrain. La différence essentielle par rapport au système "Variflux" est que l'on ne dispose pas à proprement parler d'un contrôle intégré des moments de tangage. Il faudra donc utiliser des gouvernes relativement plus grandes que pour un avion conventionnel, mais enfin le problème a déjà été résolu. Par ailleurs, la technologie des volets de l'aile se présente d'une manière tout à fait agréable puisque d'une part les gaz émis par le groupe moto-propulseur à trompes sont à relativement basse température (entre 150 et 180°C) et que, du fait de la forme bi-dimensionnelle de la tuyère, la hauteur de la veine de gaz à défléchir est très limitée ; la profondeur des volets est donc elle-même beaucoup moins grande que dans le cas d'hélices ; leur réalisation est donc beaucoup plus facile.

Le 5 Octobre 1970

DESCRIPTION DU G.M.P.

Notre groupe moto propulseur est conçu autour d'un réacteur de préférence double flux à taux de dilution modéré sur lequel est montée une tuyère du type queue de carpe propre à produire sur une courte distance un mélange homogène dans une trompe rectangulaire, avec un taux de dilution voisin de 3 (schéma de principe fig. 20).

Par sa forme, issue de long travaux de la Société BERTIN sur les mélanges à partir de lames fluides minces et sur les dispositions donnant une alimentation convenable, la tuyère primaire délivre un jet sous forme de lames fluides de faible épaisseur. Ce mode d'éjection est favorable à l'obtention d'un mélange rapide sur une longueur directement proportionnelle à l'épaisseur des lames de notre jet, ce qui est très efficace du point de vue bruit (fig. 21 et 22).

L'adjonction d'une trompe rectangulaire a pour effet :

- d'obtenir un gain de poussée au décollage de quelques 20% dans une première version et devant être porté à 30 à 35% dans une version plus évoluée, ce gain décroissant lentement jusqu'à s'annuler à des mach 0,30 et 0,40. Les pertes en croisière rapide restant inférieures à 10% ce qui, pour un appareil à étapes courtes de par sa nature ADAC fortement motorisé, n'a qu'une incidence extrêmement réduite sur l'exploitation (fig. 23);
- d'autoriser un soufflage optimum des volets hypersustentateurs tant par son allongement au point de vue répartition du flux, que par sa dilution du point de vue température ;
- d'amener une réduction sur le bruit d'éjection par effet de tuyère multiple combiné à celui de la dilution.

.../...



Du point de vue acoustique, l'effet d'atténuation que nous venons de citer conduit à des réductions du niveau sonore lié à l'éjection pouvant aller jusqu'à 15 à 20 dB. Cette performance est de loin supérieure aux silencieux de vol en usage à l'heure actuelle. (fig. 24).

Pour compléter le traitement acoustique, l'entrée est insonorisée au moyen de procédés que l'on peut considérer comme classiques, le gain étant de 15 dB sur le bruit de compresseur amont. En outre, en vue de réduire un éventuel bruit de mélange, un revêtement insonorisant est prévu à l'intérieur de la trompe, les conditions d'éjection, faible vitesse et température modérée étant favorables à un choix de matériaux efficaces acoustiquement, puisque moins soumis aux impératifs technologiques liés aux vitesses et températures qui sont imposés pour un réacteur à taux de dilution modéré.

INTERET DE LA CONCEPTION ALADIN II DANS LES PROBLEMES DE BRUIT

Du point de vue acoustique, les trompes apparaissent, comparées aux turboréacteurs, comme le moyen d'obtenir de la poussée au moindre niveau de bruit. En effet, compte tenu de la réduction de vitesse d'éjection apportée par la dilution, le niveau de bruit de jet est réduit considérablement (loi de Lighthill en V^8 pour la puissance sonore d'un jet).

Par ailleurs, si on compare à un turboréacteur double flux très dilué, pour ce type de G.M.P., la source de bruit prépondérante est le compresseur pour lequel un traitement acoustique efficace correspond à des revêtements insonorisants de grande surface sur des flux à faible énergie. Notre choix d'un turboréacteur à taux de dilution modéré, indépendamment des considérations de rendement propulsif de la trompe, permet une insonorisation plus aisée et d'efficacité accrue du bruit de compresseur en particulier, le changement de forme à l'éjection, rendu nécessaire pour l'efficacité du soufflage des hypersustentateurs est favorable en raison du rapport élevé périmètre/surface (réduction du diamètre hydraulique) à une meilleure efficacité du revêtement acoustique.

.../...

PARTIE DESCRIPTIVE

La première version présentée figure 25 répond aux souhaits des compagnies exploitantes pour une capacité de 90 à 100 passagers, pour laquelle l'utilisation de 4 réacteurs à double flux SNECMA M45H semble particulièrement bien justifiée.

Comme vous pouvez le constater sur le plan 3 vues figure 26, l'architecture générale ne fait appel à aucune novation exceptionnelle ; tout au plus certaines proportions sont-elles adaptées au profil particulier d'utilisation.

Le fuselage est prévu avec 6 passagers de front, avec possibilité de 2 couloirs de circulation, et des sièges conçus simplement pour des vols courts : le fait que la vitesse soit modérée autorise un maître-couple relativement confortable, pour un ensemble mieux adapté à de nombreux mouvements et transferts à bord. Les issues sont développées en conséquence, par l'arrière et latéralement.

La pressurisation est nécessaire, pour le confort des passagers soumis à des variations fréquentes d'altitude, et l'endurance des équipages. Toutefois, un taux au moins en 1ère étape limité pourrait être envisagé, puisque les volumes de vol seront très souvent plafonnés à 3 000 m environ.

L'atterrisseur principal est plaqué latéralement au bas du fuselage ; il est prévu à longue course, et pour amortir une moyenne d'écart plus élevée que sur les formules actuelles ; il sera sans doute bon de le dimensionner pour l'utilisation en tous terrains, et avec des "touchés" relativement plus nombreux.

Les empennages sont largement dimensionnés, mais sans plus. Ils sont prévus avec la formule en T pour dégager au maximum l'empennage horizontal des effets de sillage de l'aile en hypercirculation, mais des variantes sont possibles.

La voilure, droite et d'un profil relativement épais, est implantée haute. Son allongement est notable et pourra être optimisé en tenant compte des conditions posées par les lignes des compagnies utilisatrices.

Les réacteurs sont suspendus sous l'aile, projetés vers l'avant, pour ménager l'emplacement du système tuyère - trompe de dilution et diffusion. A ce niveau d'ailleurs, ces ensembles sont accolés deux à deux, et assez proches du fuselage, afin de limiter les dissymétries latérales en cas de perte de puissance.

La partie centrale de l'aile est rectangulaire pour la surface soumise à l'hypercirculation, avec des volets de courbure doubles, à mouvement cylindrique, et dont les débattements demeurent assez limités.

Les deux parties en porte-à-faux sont trapézoïdales et reçoivent les ailerons. Des spoilers sont prévus à la transition des deux zones de l'aile.

La figure 27 représente, en vue latérale, une solution d'implantation des réacteurs équipés du système précédemment décrit, vis-à-vis de l'aile pour les configurations décollage et atterrissage. Les volets sont braqués environ à 25-35° et 55-65° respectivement, étant bien rappelé qu'à ce niveau, l'écoulement est rendu homogène par dilutions successives et étalé en une nappe selon l'envergure. Il s'agit dès lors d'un flux tiède, certes, mais dont la température est seulement de l'ordre de 150°C.

Du point de vue structural, il y aura sans doute avantage à réaliser les volets comme des structures chaudes, pour des raisons d'endurance, par exemple en acier ou titane, mais ce serait un bilan à préciser, en particulier en fonction du poids et de la tenue en fatigue.

Dans la formule représentée, le flux est légèrement relevé vers l'intrados, au niveau de la trompe. D'autres adaptations sont possibles, en accolant par exemple la trompe à l'aile, pour favoriser une interaction plus poussée, mais relèvent d'une optimisation qui sera faite des différents points de vue dans l'étude définitive de l'appareil.

A propos de manoeuvrabilité en conditions critiques, il est prévu de mettre en action les éléments de volets au bord de fuite pour compléter les ailerons et notamment, en cas de panne d'un réacteur, d'équilibrer l'appareil latéralement par un trim auxiliaire sur le volant de gauchissement.

Ces éléments pourraient aussi intervenir pour l'adaptation du profil au vol de croisière rapide, en étant braqués vers l'extrados.

Les commandes, dans cette zone, peuvent être de conception classique ; elles sont prévues, toutefois, adaptées à des vitesses angulaires des volets plus fortes qu'à l'habitude pour suivre correctement les transitions d'une phase de vol à l'autre, au décollage ou à l'atterrissage. Leur endurance devra être soignée en conséquence.

En complément à ces indications :

- La figure 28 présente les caractéristiques générales approximatives, ainsi que les masses principales.

Il apparaît en particulier que le volume de carburant nécessaire demeure

relativement faible malgré un taux de motorisation notable, conséquence de la limitation du rayon d'action à 500 km environ, plus les réserves.

- La figure 29 donne les performances au décollage et à l'atterrissage et le profil des trajectoires par rapport au volume envisagé pour cette classe d'appareils.
- La figure 30 précise les capacités de chargement en fonction de la longueur des étapes, ou de leur cumul sans ravitaillement intermédiaire.

Signalons au passage qu'une part importante a été attribuée aux équipements embarqués, compte tenu du développement à prévoir pour les systèmes de navigation et d'approche spécialement adaptés à ce genre de trafic dans les couches inférieures de l'atmosphère.

Une deuxième version, figure 31, correspond à un niveau plus proche, semble-t-il, des premiers besoins exprimés, notamment sur un plan européen, et au moins au démarrage pour les U. S. A.

D'une capacité de 45 à 50 places, équipé de 4 réacteurs de la classe des 2 000 daN, il comporte un fuselage à 4 de front, avec couloir central et accès aux extrémités. Pour le reste, il peut y avoir quasiment homothétie avec le précédent, divers sous-ensembles ou pièces primaires pouvant se retrouver identiquement dans l'un et l'autre modèle au cas où des productions parallèles seraient justifiées par la demande.

S'agissant d'une formule nouvelle, nous avons pensé d'autre part qu'il serait avantageux de lancer en premier une version expérimentale et probatoire, à partir d'un appareil existant.

Cette formule permettrait en effet, aux moindres frais et sous 18 mois à 2 ans, d'aboutir à une mise au point technique et à une évaluation opérationnelle permettant de lancer en parallèle les études du modèle commercialisable.

La figure 32 correspond à cet appareil expérimental, à partir d'un fuselage de NORD 260 par exemple, dans lequel le nombre de places, secondaire dans ce cas, serait restreint à une dizaine environ, compte tenu des équipements d'essais à prévoir. La motorisation serait assurée par des réacteurs existants, montés sous une aile qui constituerait, avec les tuyères-trompes, le seul ensemble nouveau.

L'adaptation des empennages et du fuselage serait traitée comme modifications des éléments construits.

En première analyse, il semble possible d'envisager comme définition de l'aile expérimentale celle qui serait applicable à la version 45-50 places, entraînant ainsi une économie appréciable et une plus grande souplesse dans les délais de cette version.

Du point de vue économique, une estimation a été faite en transposant au mieux aux formules ADAC la méthode standard ATA, et par comparaison à d'autres évaluations, sur lesquelles il a été possible d'obtenir des informations valables.

Pour la première version à 100 places, le tableau de la figure 33 rassemble les données suivantes :

- prix de l'appareil par série minimale de 100, sur les bases technologiques actuelles,
- consommation et temps de parcours en fonction de la longueur des étapes,
- frais d'équipage, technique et commercial,
- frais de maintenance, compte tenu que la surmotorisation ne pèse pas sur eux autant que dans le prix d'achat, les réacteurs étant utilisés à environ 25 à 30 % de leur poussée nominale ; de même, n'intervient pas directement la brièveté des étapes pour multiplier le nombre des actions au sol,
- frais d'amortissement et financiers.

Dans ces conditions, le coût direct d'exploitation par siège.km offert est représenté sur la figure 34 en fonction de la longueur d'étape.

La comparaison est faite avec l'hélicoptère et l'avion à aile souflée, à titre indicatif, et sans préjuger des possibilités de développement de ces formules.

La plage d'évaluation signalée pour la formule Aladin correspond à des écarts de capacité et à une certaine fourchette d'erreur qu'il n'est pas possible d'affiner actuellement, mais aussi aux progrès prévisibles suivant la phase 2 après développement.

A noter que la vitesse de croisière prend une influence significative au-delà d'étapes de 100 km environ, ce qui pourrait intervenir dans les optimisations futures, et renforce l'intérêt de l'utilisation de réacteurs conjointement à une adaptation du système tuyère-trompe.

Il est permis de conclure sur la constatation que les coûts directs annoncés sont d'un niveau compétitif pour la clientèle qu'il s'agit d'atteindre d'après les études des compagnies aériennes.



J. CAYLA

UTILISATION DES ADAC :

Examinons maintenant dans quel tissu urbain et dans quelle trame de transport va s'insérer l'ADAC. Ce faisant, nous pourrions préciser ses missions et par suite son marché.

En ce qui concerne le tissu urbain, il faut tout d'abord souligner que dans cette deuxième partie du XXème siècle, d'urbanisation accélérée, un phénomène nouveau important est apparu dans le marché : la naissance de "gigapoles". Il s'agit au delà des métropoles classiques, de vastes zones, de grand diamètre (100 à 400 km), à urbanisation variable, mais en fait continue, depuis les quartiers d'affaires avec leurs buildings jusqu'aux "suburbia" à pavillons individuels. Ces zones ont souvent une forme oblongue, quand elles résultent de la fusion de plusieurs grandes métropoles : Washington, New-York, Boston. Elles peuvent avoir une forme plus circulaire lorsqu'il s'agit de l'explosion d'une ville unique (Los Angeles).

Si ce phénomène est plus avancé aux U.S.A., l'Europe et la France n'y échappent pas et on pourra parler sans doute dans un proche avenir d'une gigapole Paris-Bruxelles (250 km), d'une gigapole Le Havre-Paris (180 km) et bientôt d'une gigapole Marseille-Nice.....

A côté de ces gigapoles se développent des cités de bonne taille (100 000 à 500 000 habitants) qui ne se trouvent pas "dans le champ" et qui gardent leur autonomie : cas d'Albany ou de Syracuse, dans l'Etat de New-York, de Reims, de Tours ou de Dijon pour prendre des villes en plein développement, mais qui ont leur propre espace vital. Ces villes peuvent se trouver à 100 ou 300 km de la gigapole la plus proche.

Enfin, il existe des villes autonomes plus petites (inférieures à 100 000 habitants) et qui ne concernent pas forcément notre étude.

Quel est d'autre part le réseau de transfert déjà existant :

a) A l'intérieur des gigapoles.

Il est caractérisé par une inadaptation notoire tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

Au sol, il existe des réseaux d'autoroutes qui relient divers points denses de la gigapole : autoroute Washington-New-York par exemple, autoroute Paris-Bruxelles ou Rouen-Paris. Les autoroutes sont souvent assez près de la saturation. La vitesse moyenne bloc à bloc est ^{la plupart du temps} inférieure à 60/80 km/h. Les pénétrations dans les villes sont difficiles, car elles ont été construites après l'urbanisation.

2

Toujours au sol, il existe des réseaux de chemins de fer parfois assez complets qui non seulement relient les points denses de la gigapole, mais peuvent également irriguer aussi les zones moins denses. Ces réseaux ferroviaires sont généralement anciens et de ce fait ne recouvrent plus convenablement les lignes de force du trafic puisque depuis leur construction, il y a au moins 50 ans si ce n'est plus, les mouvements de population ont été considérables et appuyés le plus souvent sur la mobilité automobile. Les gares terminales sont rarement reliées aux autoroutes ou autres moyens de transport et de plus ne sont plus situées aux points convenables économiquement.

Enfin, la gigapole dispose de nombreux aéroports, dont un nombre limité peuvent seuls accueillir des avions de fort tonnage.

Ce réseau aérien souffre des limitations suivantes :

- les voies aériennes, surtout à l'atterrissage et au décollage, sont proches de la saturation si elles n'y sont pas déjà (Washington, New-York)
- les liaisons entre aéroports principaux et villes sont saturées ^{au moins aux heures de pointe} (autoroutes) ou pratiquement non-existantes (voies en site propre)
- il n'y a pas de liaison facile entre un grand aéroport et les zones urbaines peu denses de la gigapole : tout le monde doit transiter par le "centre ville" ou adopter des transports individuels qui rendent le parking d'aéroport de plus en plus difficile.

b) Entre gigapoles et villes indépendantes ou entre deux villes secondaires.

Les liaisons directes par air sont souvent inexistantes. Les liaisons par sol obligent en général à un détour ou à des changements de moyens de transport (ex. arrivée à Kennedy Airport, pour se rendre à Trenton - New-Jersey - : on prendra le bus jusqu'à "Airline Terminal" 38 E, puis un taxi jusqu'à Pennsylvania Station et ensuite le train ; or il n'y a pas 150 km de distance entre les deux points)!

En résumé, on peut dire que l'on se trouve en face d'une juxtaposition de moyens dont chacun s'est développé seul, sans finalité d'ensemble!

Les U.S.A. dont l'évolution dans ces domaines est généralement en avance sur l'Europe, et en particulier en ce qui concerne la naissance des crises, avaient envisagé à une certaine époque de remédier à la déficience des transports par une solution uniquement aérienne et de type classique. La F.A.A., à la fin de l'Administration Johnson, avait prévu la création de nouveaux aéroports de grande taille ou l'élargissement de ceux qui existaient déjà. Ce programme avait deux faiblesses :

- son coût : 6 217 millions de dollars en dix ans,
- son inefficacité : en effet, l'expansion des aéroports existants ne pouvait guère apporter de remède, puisque les voies aériennes en approche des gigapoles sont déjà ou seront quasi-saturées et les liaisons au sol avec les villes également.

La création de nouveaux aéroports classiques demandait des terrains importants qu'on ne pouvait trouver que très loin des centres denses (ainsi le 4ème aéroport de New York a été recherché jusqu'à près de 100 miles de New York).

Un changement de doctrine s'est alors produit aux U.S.A. à partir de 1968. Ce sont en fait les compagnies d'aviation américaines qui, les premières, ont réagi : Eastern Airlines, puis American Airlines, après avoir fait d'elles-mêmes un certain nombre d'évaluation et des démonstrations avec des avions étrangers (Bréguet 941, Sky Servant), ont adressé à l'administration et à l'industrie aéronautique une requête pour le lancement d'avions ADAC et la construction d'aéroports spécialisés.

Grâce aux avantages de la formule, le coût des aéroports à créer pour écouler le trafic prévu en 1980 a pu être ramené à 1 307 millions de dollars (Aviation Week July 20, 1970). On comprend que la F.A.A. et de très nombreuses collectivités américaines soient désormais en faveur d'un tel programme.

MISSION DES AVIONS ADAC COMMERCIAUX :

La première mission des ADAC sera une mission "d'éclatement" à partir des grands aéroports existants pour les relier aux aéroports secondaires intérieurs à la gigapole ou à des aéroports hors gigapole, mais proches (200/300 km ?). Un tel trafic n'est nullement négligeable, même en Europe on peut consulter sur ce sujet une étude faite par l'I.T.A. sur les liaisons par avions inférieures à 100 km, et, en Grande-Bretagne entre 100 et 200 km (Fig. 36 et 37).

La deuxième mission consistera, lorsqu'une bonne liaison sol n'existera pas, à relier deux aéroports principaux d'un centre important dans une gigapole (par ex. Kennedy-Newark).

La troisième mission consistera, lorsque la liaison sol est impraticable, à relier deux à deux les villes secondaires. C'est un phénomène qui existe déjà plus souvent qu'on ne le croit et qui va devenir de plus en plus important (Consulter à ce sujet l'étude I.T.A. sur les villes jumelles).

Pour assurer ces missions, il est généralement admis que les avions ADAC devront avoir les caractéristiques générales suivantes :

- pouvoir se contenter de terrains assez petits pour être "récupérés" dans divers points de la gigapole et notamment près des villes (Central Park, Ponton sur l'Hudson, etc...)
- employer des voies aériennes différentes de celles utilisées par le trafic normal (altitude, approche). En général l'altitude de vol sera inférieure à 10 000 pds (3000m). Ils devront donc être très maniables, avoir de bonnes qualités I.F.R.
- enfin, cela ne sera jamais assez répété : ils devront être silencieux, non seulement pour ne pas gêner le voisinage de l'aéroport au départ et à l'arrivée, mais aussi pendant leurs vols qui s'effectueront en très grande partie au dessus des territoires habités et à une altitude relativement basse.

En contrepartie, la vitesse aura peu d'importance ; enfin les capacités unitaires de ces avions ne seront peut-être pas très élevées, en Europe du moins, car il faut faire un compromis entre capacité et fréquence. Cette dernière est un facteur fondamental de qualité du service. Les ADAC se justifient par des gains de temps de transport : il ne faut pas que les clients perdent une partie de leur en attente au départ.

Il est intéressant, à la lumière de cette remarque, de lire le programme posé par Eastern Airlines à l'industrie aéronautique au début de cette année et à la suite des études menées par cette compagnie depuis le début de 1969 :

Bruit : 95 pndb à 150 m (500 ft)

Charge : ^{4500 kg} / (10 000 lbs) ou 48 passagers

Longueur de la piste nécessaire : 600 m par température de 35°C (1800 ft - 93°F)

Vitesse de croisière : supérieure ou égale à 225 noeuds à 3 000 m (10 000 f)

Rayon d'action : 500 miles avec réserves.

Toutefois, il ne s'agissait encore là que de spécifications destinées à susciter des "projets" de propositions. Les choses viennent d'évoluer récemment d'une manière encore plus spectaculaire avec la demande formelle d'American Airlines lancée peu avant le 15 août dernier pour obtenir des propositions fermes de fourniture d'avions STOL que cette compagnie souhaiterait mettre en service à partir de 1974.

Les grandes lignes des spécifications se rapprochent très nettement du programme des Eastern Airlines ; elles sont même identiques pour la longueur de piste, le rayon d'action, le bruit, l'altitude de croisière et la vitesse. American Airlines ajoute toutefois que la capacité des avions devrait être de 48 passagers et si possible davantage ; que l'émission de fumée devrait rester dans toutes les conditions inférieure au critère SAF de 25 % ; enfin, que le nombre d'appareils à acquérir serait compris entre 50 et 200.

Une autre remarque importante concerne la technologie employée : elle doit être du domaine de ce que l'on "connait bien actuellement". Cela écarte évidemment un certain nombre de solutions, mais est, à notre avis, très favorable pour nous puisque dans la formule ALADIN II, qui répond tout à fait aux performances demandées, l'aile, le fuselage et les empennages sont classiques ainsi que les moteurs. Des deux autres éléments, volets et tuyère d'éjection, le premier doit travailler dans des conditions de températures tout au plus "tièdes" (~~à~~ 150°C) ; de plus, les volets sont classiques de forme et nettement moins profonds que dans d'autres formules d'ADAC ; cela signifie qu'en matière d'effort, ils sont moins sollicités. Quant à la tuyère-trompe, l'expérience que nous avons accumulée depuis quinze ans dans les silencieux et l'adaptation des réacteurs et turbines à toutes sortes d'applications (thermo-soufflantes, aspirateurs de pistes, etc...) nous permet de donner toutes garanties, non seulement sur les performances en poussée et diminution de bruit, mais surtout en matière d'endurance et de fiabilité ; il ne faut pas oublier en effet que ce sont des pièces "statiques" et que d'autre part l'usage d'un flux induit secondaire important permet d'assurer un refroidissement efficace de toutes les parties en contact avec les gaz chauds!

0
0 0

Notre conclusion comportera deux points :

Tout d'abord, on peut dire qu'aujourd'hui le marché de l'avion ADAC silencieux est né officiellement avec l'appel d'offre d'American Airlines et que le programme ALADIN II y répond d'une manière que nous croyons précise et efficace ; il ne faut donc pas laisser passer cette chance de prendre pied dans un marché qui sera considérable ; on peut parler en effet de plusieurs milliers d'avions de 20 à 150 places ; de plus ce marché n'est pas encore trop encombré comme l'est celui des autres avions commerciaux ou d'affaires. Il ne faut pas croire enfin que ce programme n'intéresse que le domaine civil ; en matière militaire il y a un intérêt évident à disposer d'un

ADAC silencieux : que ce soit pour voir ce qui se passe au sol (observation) ou pour se rendre d'un point à un autre d'un champ de bataille sans être pris pour cible (liaison), il y a intérêt à ne pas prévenir trop à l'avance les ennemis du sol que vous allez arriver. Nous n'insisterons pas sur l'évidence de cette proposition qui avait été comprise du point de vue français puisque c'est en partie pour cette raison que C P E et D R M E s'étaient intéressés au programme Aladin I. D'ailleurs, depuis un an et demi, l'armée américaine s'est aussi penchée sur ce problème à la suite des opérations au Vietnam et a lancé des programmes de petits avions d'observation silencieux.

En fait, ce qu'il faut rechercher dans la conjonction de programmes civil et militaire, c'est une meilleure efficacité et une addition de moyens. Cela s'est fait très souvent dans le passé aux U. S. A. et a donné les succès que l'on sait :

DC 3 = C 47 DC 4 = C 54 DC 6 = C 108 Boeing 707 = C 135

Le deuxième point qu'il est nécessaire de soulever est celui de la concurrence des différents moyens de transport. On nous a déjà posé à maintes reprises dans le passé la question de la compatibilité entre l'Aérotrain et l'aviation commerciale classique. Nous y avons déjà amplement répondu à l'époque en soulignant combien en fait ces deux moyens étaient complémentaires au moins quant aux versions urbaines et suburbaines de l'Aérotrain puisqu'ellesdevraient permettre en particulier un accès plus rapide et plus aisé aux aéroports.

La question paraît se reposer avec plus d'acuité encore à propos des ADAC du genre Aladin puisqu'une bonne part des missions de ces appareils sera à l'intérieur et autour des grandes zones urbaines comme pour l'Aérotrain. Pourtant, encore une fois, il n'y aura pas concurrence réelle. Pour comprendre cela, il suffit de parler en termes d'investissements. Pour une ligne d'Aérotrain, il faut, en plus des véhicules, construire une voie spécialisée au sol. Son coût, bien que plus faible que celui des autres moyens concurrents, est tout de même d'une importance telle qu'il faut un trafic journalier d'au moins 8 à 10 000 personnes par jour pour l'amortir convenablement. Il suffit d'imaginer ce que serait une ligne d'ADAC traitant le même trafic pour voir qu'il s'agit de deux domaines totalement différents ! En fait, des lignes genre Aérotrain ne sont à construire dans les grandes agglomérations que le long des axes à circulation dense alors qu'en raison même de

.../...

leur souplesse, puisque libérés du sol excepté aux terminaux, les ADAC assureront les transports multi-objectif mais à densité moyenne ou faible entre un très grand nombre de petits aéroports disséminés dans toute l'agglomération. On voit donc que, loin d'une concurrence, il s'agit d'une complémentarité quasi-totale.

Le même point de vue de complémentarité se retrouve si l'on examine le rôle de l'Aérotrain et des chemins de fer classiques ou métropolitains en zone urbaine ou suburbaine. Deux critères suffiront pour trouver la réponse convenable : investissement et service ; autrement dit, il faut donner les meilleurs services à l'usager compte tenu des investissements déjà faits ou à faire.

Tout d'abord, une série de remarques s'impose ; dans les zones denses et historiques des agglomérations, il faut - en dehors des autobus et taxis qui empruntent les rues - que la voie du moyen de transport en commun passe en souterrain ; le coût de celui-ci est tellement grand que le trafic à trafter doit nécessairement être considérable (de l'ordre de 100 000 par jour au moins). Dans ce cas, le moyen technique proprement dit à retenir pour le véhicule, roues-rail, coussin d'air, etc..., a une importance secondaire, si ce n'est pour d'autres aspects comme celui des vibrations. Il faut rappeler incidemment que c'est précisément pour la suppression de celles-ci que nous avons proposé l'emploi de l'Aérotrain à la RATP en 1962-63.

On saisit aussitôt que, si l'on s'en tient à la voie souterraine, le coût des lignes de transports en commun devient exorbitant lorsqu'on s'éloigne du centre, puisque généralement les densités de trafic décroissent rapidement. Du même coup aussi, les moyens conventionnels sont de plus en plus mal adaptés car ne pouvant plus justifier économiquement le souterrain, ils doivent passer en surface au niveau du sol. Leur masse élevée et les vibrations qu'ils engendrent rendent difficile le passage en surélévation (poids et encombrement des ouvrages, bruit et résonance des structures métalliques). Ils sont donc obligés de rester au niveau du sol et posent alors des problèmes de percées pratiquement insolubles tant au point de vue matériel que financier.

Avec un pouvoir d'investissement donné et limité comme c'est le cas pour les villes, même les plus riches, on ne peut donc réaliser qu'un

30

nombre limité de kilomètres de lignes en technique conventionnelle. C'est bien ce à quoi on assiste partout aujourd'hui. C'est là que l'emploi d'une technique nouvelle comme l'Aérotrain change radicalement le point de vue en permettant le passage économique en voie surélevée au milieu des avenues et autoroutes du tissu plus ou moins dense des quartiers périphériques et des banlieues des grandes villes. De plus, la vitesse permise étant plus élevée sans aucune contrainte, il y a un véritable effet de "changement de vitesse" entre le réseau en majorité souterrain à très grande densité et le réseau suburbain de diffusion rapide permis par la nouvelle technique.

Il est d'usage d'opposer à cette vision pourtant logique des choses deux arguments dont aucun ne résiste à l'examen. Le premier concerne la rupture de charge entre les deux systèmes. Il ne tient pourtant qu'aux réalisateurs qu'elle soit réduite à sa plus simple expression : faire dix pas pour passer d'un côté à l'autre d'un même quai ! Il faut en effet que le réseau nouveau de diffusion prolonge le réseau de masse ; aux stations de liaison retenues, les quais doivent être aménagés pour permettre le stationnement face à face (ou l'un au-dessus de l'autre, comme ce devrait être le cas entre l'Aérotrain et l'Express Régional à Joinville). Si l'on considère ce qu'ont à faire généralement les usagers qui changent de ligne dans le réseau métropolitain actuel de Paris, on conviendra de ce que la solution proposée ne comporte en fait aucun véritable problème de rupture de charge.

L'autre aspect est celui de l'esthétique. Là, il faut avouer qu'il est difficile de comprendre. A part quelques quartiers de Paris et la zone Bois de Boulogne-Saint Cloud, ce ne sont que vieilles maisons ou immeubles neufs sans caractère qui bordent rues et avenues. Non seulement une voie surélevée convenablement dessinée ne les déparerait pas, mais arrangerait plutôt les choses ; quant à l'effet de telles voies rapides de diffusion qu'il serait possible de construire en assez grand nombre, compte tenu de leur coût relativement limité, elles feraient l'effet d'une bouffée d'oxygène pour ces agglomérations géantes dont les habitants étouffent littéralement dans les encombrements de la circulation.

.../...

C'est ce que nous avons en vue lorsque nous avons proposé l'Aérotrain en 1962-63. Nous sommes heureux que, depuis cette époque où bien peu de gens y croyaient encore, le transport en commun ait récupéré ses titres de noblesse ; mais permettez-nous de dire que, pour le moment, on utilise cette renaissance et cette reconnaissance quasi générale d'intérêt pour reprendre de vieilles habitudes, masquer le défaut de prévision de ceux qui en avaient la charge et justifier des investissements hors d'échelle avec ce qui serait bien souvent nécessaire pour satisfaire les véritables besoins de la clientèle.

Pour terminer, nous voudrions rappeler quels seraient, selon nous, les éléments généraux des transports dans une métropole moderne bien aménagée :

a) Il y a tout d'abord les moyens servant aux transports individuels ou collectifs (taxis et autobus), c'est-à-dire rues, routes, autoroutes urbaines, de pénétration et de liaison à moyenne ou grande distance.

b) Viennent ensuite les moyens guidés en site propre :

chemin de fer métropolitain

chemin de fer de banlieue

chemin de fer de liaison à moyenne et grande distances

lignes genre Aérotrain urbaines

lignes genre Aérotrain de diffusion vers la banlieue

lignes genre Aérotrain de liaison à moyenne et grande distances.

c) Enfin les moyens aériens :

avions conventionnels à moyenne et grande distances

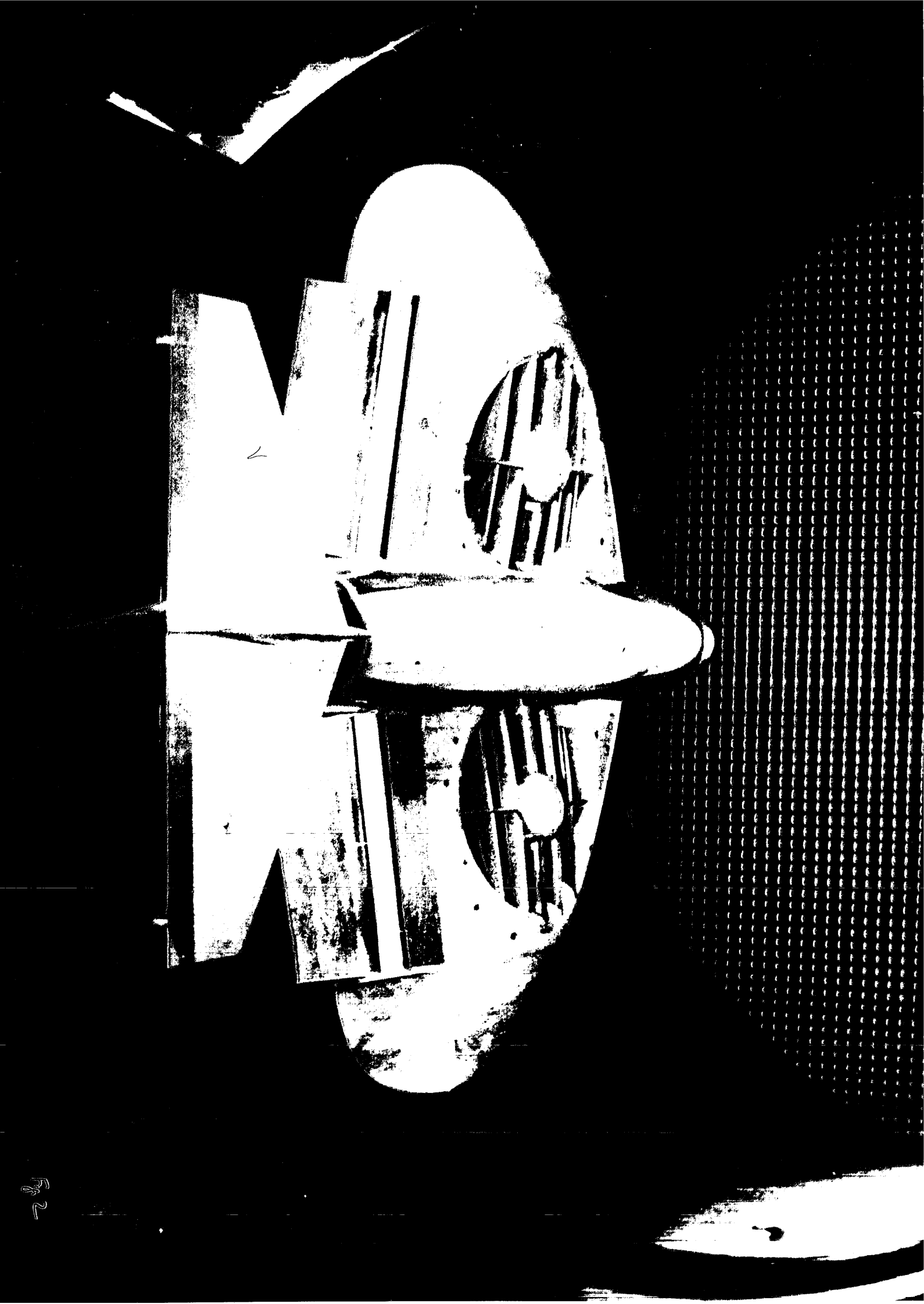
avions ADAC de liaison intra-gigapole ou à courte distance.

Chacun de ces moyens a sa vocation propre ; certains devront être repensés en fonction du développement des autres, mais disons qu'en raison même des investissements déjà faits et qu'il faut continuer à utiliser chaque fois que ceci est économiquement justifié, il coexisterait tous dans une perspective des 20 à 30 prochaines années. Ce qui est par contre impératif est que la compatibilité de ces moyens entre eux soit assurée au maximum.

C'est à ce titre que nous pensons que, parmi les nouveaux aéroports ADAC, certains doivent être placés en liaison avec des parcs à voitures aux jonctions des autoroutes de grande liaison avec le réseau interne à l'agglomération. De même, nous pensons que d'autres aéroports ADAC, toujours avec parcs à voitures, devraient être installés au-dessus des voies des grandes gares parisiennes. Compte tenu de la disparition de la vapeur, la hauteur des ouvrages serait très limitée et leur aération facile. On récupérerait ainsi de très grandes surfaces et la jonction entre les flux de voyageurs aériens, automobiles ou du réseau ferré pourrait être ainsi assurée de la façon la plus complète et la plus commode (parcs à voitures, taxis au-dessus des trains, ADAC à proximité). De nombreux autres aspects seraient encore à souligner (liaisons avec les grands aéroports), mais nous pensons que le plus simple est de regarder le schéma de la figure pour les comprendre aisément. Il montre qu'avec un peu d'imagination et de détermination, une véritable "symphonie" des transports pourrait se substituer à l'actuelle cacophonie et que la vie dans les grandes villes autour de 1980 et 1990 pourrait très bien redevenir aussi agréable pour tous qu'elle le sera pour les privilégiés qui pourront utiliser l'ADAC dès 1975, nous l'espérons, et être ainsi les premiers libérés de l'oppression due à l'encombrement des voies de circulation au sol.



Fig 1



2

Fig 2