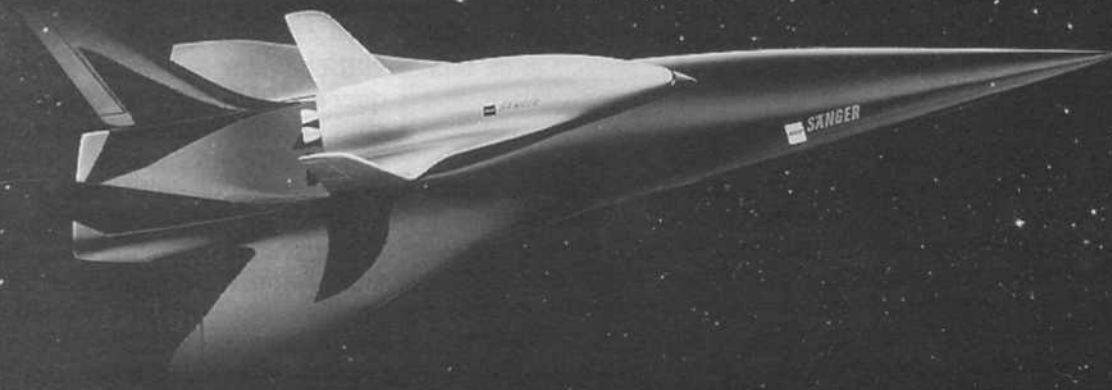


Les avions spatiaux récupérables aérobies

Dans un premier article, paru dans le N° 46 de Fusion, nous avons exposé quelques-uns des principaux problèmes techniques que pose le concept d'avion spatial récupérable susceptible, au siècle prochain, d'ouvrir la voie de la banalisation de l'accès à l'espace. Nous avons mis l'accent sur un concept « intermédiaire » que les Européens pourraient parfaitement développer, en continuité technologique avec le programme Ariane 5. Plus difficile à réaliser sera le concept d'avion spatial récupérable « aérobie » à propos duquel les Européens se trouvent confrontés à un véritable « défi américain »



Philippe Jamet

Le bilan d'ensemble des études présentées sur les concepts « intermédiaires », se situant en prolongement technologique direct des systèmes de transport spatiaux actuels ou en cours de développement, montre qu'il serait déjà possible de gagner quelques étapes au niveau de la réduction du coût du kilo en orbite en faisant appel à des lanceurs semi-récupérables ou récupérables bi ou tri-étages utilisant la technique du vol balistique et des moteurs-fusées améliorés.

Toutefois, ces solutions ont pour défaut une certaine complexité du fait qu'elles multiplient le nombre des opérations à réaliser pour parvenir à la mise en orbite. Chaque étape se traduit par des coûts qui deviennent rapidement fixes et incompressibles une fois un certain niveau de maîtrise technologique atteint, malgré la diminution du poids des matériaux utilisés.

La réduction des coûts serait relativement faible par rapport aux lanceurs consommables. En effet, par exemple, un concept américain classique de type SSTO lourd, envisagé un moment comme une des étapes postérieures au programme navette, n'offre d'intérêt que du point de vue de son énorme capacité de mise à poste en orbite basse (200 à 250 tonnes). Ce concept ne se justifierait que par la nécessité de l'installation rapide d'une importante infrastructure orbitale, à titre de « tête de pont » pour un programme lunaire ou pour emporter des éléments sophistiqués destinés à être intégrés aux centrales solaires SPS en orbite géostationnaire, dont les structures de base auraient été préalablement fabriquées sur la Lune.

On sait aujourd'hui que ce concept de gros SSTO se heurte encore à des problèmes d'intégration des moteurs et des réservoirs et que, même si sa faisabilité devrait être démontrée au début du siècle prochain, il apparaît douteux que sa mise en œuvre puisse se faire à un coût acceptable. Toutefois, en diminuant la capacité

en charge utile, et une fois les technologies maîtrisées et fiabilisées, on gagnerait beaucoup au niveau de la flexibilité opérationnelle par rapport à un lanceur consommable, même s'il ne faut pas s'attendre à une réduction des coûts du kilo en orbite allant au-delà de 30%. Pour l'Europe, la solution des concepts intermédiaires (RRL ou EARL), souhaités un moment par l'ancien directeur de l'ESA Reimar Lüst, permettrait déjà d'engager une politique débouchant sur une totale indépendance en matière d'intervention humaine en orbite.

Cela pourrait se faire parallèlement à des programmes de lanceurs lourds dérivés d'Ariane 5, puisqu'il serait possible, selon Roger Vignelles de la SEP, d'amener en orbite basse des charges utiles de 70 tonnes avec 4 boosters d'appoint. Nous verrions ainsi l'installation en microgravité dépasser le stade de l'expérimentation pour atteindre une certaine masse critique en matière de capacité de production, des opérations de maintenance, la mise en place de petites têtes de pont pour préparer des missions scientifiques lunaires, ainsi que des vaisseaux de sauvetage de type ACRV amarrés à des concepts de type Steams ou EMSI (envisagés par Aerospatiale). Si les moyens financiers étaient dégagés au cours des quinze prochaines années, cette évolution heureuse nous éviterait d'avoir à occuper un simple strapontin dans le cadre des projets de station mondiale de type « Alpha » ou « Russian/US Configuration » où la position des Européens n'est guère favorable face aux velléités américano-russes récemment apparues.

Plus intéressant encore, le moindre niveau de rupture technologique que ces concepts impliquent permettrait de remobiliser rapidement les équipes ayant travaillé sur Hermès et de former rapidement de nombreux jeunes ingénieurs dont les compétences acquises pourraient être utilisées ultérieurement pour relever un tout autre défi ! Sur le papier, le moteur-fusée n'est pas en effet le mode de propulsion idéal ni le plus économique si l'on veut disposer un jour d'un engin spatial totalement récupérable.

La propulsion aérobie

Que ce soit aussi bien pour le SSTO lourd que pour les engins spatiaux récupérables utilisant des moteurs-fusées, la barrière de gain en matière de coût de mise en orbite est de facto limitée à un certain niveau. En effet, pour alimenter le système de propulsion, il faut emporter à la fois le carburant et le comburant et donc comptabiliser la masse structurale des réservoirs. De ce fait, il sera difficile de placer en orbite, par ces moyens, des charges utiles dépassant en poids 5 à 6% de la masse au décollage si l'on a affaire à un mono-étage, et 7% si on fait appel à une solution bi-étage fusée totalement récupérable un peu plus sophistiquée que le concept RRL d'Aerospatiale doté de réservoirs largables. Sans parler, dans le cas d'un bi-étage fusée récupérable, du problème de surcoût occasionné par l'opération de séparation avant la dernière phase de l'ascension vers l'orbite.

Il convient également de remarquer que, dans le cadre des moteurs chimiques, ces performances ne peuvent être atteintes que par des engins utilisant le couple cryotechnique classique (oxygène/hydrogène liquides) et que, seule, l'utilisation de moteurs faisant appel à du propane ou du méthane liquides (plus intéressants théoriquement que l'hydrogène à cause de leur plus forte densité) offre l'opportunité de faire passer un peu au-delà de 8% la masse en charge utile par rapport à la masse au décollage.

D'où l'idée, fort séduisante sur le plan théorique, de faire appel, lors de la traversée de l'atmosphère avant la phase de mise en orbite, à des propulseurs capables d'utiliser directement l'air atmosphérique comme comburant et dits *aérobies*. Pari lucide mais difficile : lucide car, sur le plan théorique, la réduction de quantité de carburant embarqué pourrait permettre d'augmenter la charge utile visée. Difficile aussi parce que, en dépit de l'extrapolation des techniques issues de l'aéronautique militaire de poin-

te, nous ne savons guère réaliser des moteurs allant très au-delà de Mach 5-Mach 6. Nonobstant les probables recherches secrètes, toutes les expérimentations effectuées au sol à des vitesses de Mach 7-Mach 8 l'ont été jusqu'à présent sur des temps très courts, bien inférieurs aux conditions requises pour un vol spatial transatmosphérique, lequel doit atteindre en fin de vol Mach 25 pour parvenir à la vitesse de satellisation.

Toutefois, et ce depuis la fin des années soixante, l'identification des problèmes rencontrés a permis de déterminer les domaines où un important effort de recherche était nécessaire : aérodynamique générale des engins en configuration mono-étage ou lancement de l'étage supérieur par une plate-forme aérienne, aérodynamique des moteurs permettant une entrée d'air plus efficace, formes adéquates des divergents des tuyères pour permettre aux gaz de se détendre de la façon la plus efficace avec possibilité d'y ajouter un système extensible pour augmenter le rapport de détente, modèles idéaux des écoulements subsoniques et supersoniques dans les chambres de combustion, bonne connaissance des températures internes et externes des avions en concordance avec le développement de matériaux adaptés pour le nez, les bords d'attaque, les bords des ailes et les entrées d'air. Ainsi, la viabilité de tels concepts passera non seulement par des progrès sur la motorisation mais également sur le poids et les structures.

D'autre part, nos connaissances sont encore incomplètes en matière d'aérodynamique à grande vitesse, en particulier au moment où les couches d'air supérieures commencent à se raréfier et que l'engin parvient aux très grandes vitesses. Il apparaît que c'est la partie intermédiaire du vol, bien avant la phase de mise en orbite, qui sera la plus dure à réaliser !

L'avion spatial récupérable de troisième génération, qu'il soit mono ou bi-étage, autopropulsé ou semi-autopropulsé comme le Star-H de Dassault, effectue son ascension en mode aérobie, en ricochant sur les couches atmosphériques, tirant l'essentiel de

Hotol : le concept le plus futuriste



Le concept britannique Hotol (Horizontal-Take Off-on Landing), aujourd'hui abandonné au grand dam de ses inspirateurs Alan Bond et Peter Conchie, possède incontestablement le double privilège de l'originalité... et d'avoir suscité le plus grand scepticisme ! Originale en elle-même, la reprise d'une idée sur laquelle ont déjà travaillé par le passé Rolls-Royce et Bristol-Siddeley, à savoir le lancement de l'engin sur une piste à 540 km/h au moyen d'un chariot-fusée guidé par laser, permettant d'économiser une fraction très faible mais non négligeable du comburant embarqué.

Selon les diverses configurations étudiées, le poids de Hotol, navette mono-étage, pourrait aller de 200 à 240 tonnes au départ pour 40 à 42 tonnes à l'atterrissage, ce qui en fait une navette relativement légère à la fois en phase lancement et au niveau de la rentrée atmosphérique. En effet, en n'emportant, en plus de la charge utile, qu'un grand réservoir d'hydrogène et une réserve minimale d'oxygène, Hotol offre l'avantage pour la phase rentrée d'une finesse aérodynamique remarquable (rapport portance/trainée), et de disposer d'une réserve d'hydrogène importante au moment du retour dans l'atmosphère à Mach 25, vers 80-85 kilomètres d'altitude. Une partie de cet hydrogène liquéfié étant alors transformé en gaz, Hotol va alors voir sa masse volumique réduite et, un peu à la manière d'un ballon d'oxygène flottant dans l'air, va de ce fait ralentir relativement tôt et beaucoup plus haut qu'une navette de type Shuttle ou qu'une capsule balistique. L'avantage, du point de vue des protections thermiques, se révèle considérable puisque la température des parties les plus exposées devrait à peine dépasser les 1200°, alors que les mêmes parties de la navette américaine sont soumises à des contraintes atteignant parfois les 1400°. Hotol semble, sur ce point, révolutionnaire puisqu'il fait appel à des matériaux existants : structures sandwich titane/rene 4 résistant à une température de 950° pour la majeure partie de l'avion et protection en carbone pour le nez et les bords d'attaque.

Conçu pour emporter une charge utile de 7 à 8 tonnes en version automatique, Hotol est encore plus étonnant du point de vue de son mode de propulsion et le mystère n'a jamais été levé sur ses moteurs Swallow et Satan. Lancé au départ par le chariot-fusée dont nous avons déjà parlé, Hotol est ensuite propulsé pendant un court laps de temps par un moteur-fusée avant qu'un statoréacteur à combustion supersonique (jusqu'à Mach 5 et 26 kilomètres d'altitude !) ne prenne le relais en mode aérobie jusqu'à la phase de mise en orbite assurée par quatre moteurs-fusées. Le grand problème vient du fait que, pour faire fonctionner un superstato pendant une phase aussi longue, il faut traiter des quantités d'air considérables à la seconde dans les basses couches de l'atmosphère et disposer de compresseurs et séparateurs d'air que la plupart des spécialistes estiment impossibles à réaliser d'ici 25 à 30 ans.

