

"CLUB DU TEMPS LIBRE"

Mardi 16 Février 1982

Ariane et la navette spatiale

Devant soixante dix personnes, Monsieur MARX, ingénieur au Centre National d'Etudes Spatiales et responsable d'Ariane 5, a fait un exposé, très clair et très bien illustré par des diapositives et un film, sur Ariane et la navette spatiale.

I.- ARIANE.-

Les années 1972-1973 furent marquées par les sept échecs de la fusée Europa II qui n'avait pas réussi à satelliser un seul engin. De ce fait l'Europe était obligée d'utiliser les lanceurs américains, sans concurrents.

Devant l'importance économique et politique du marché mondial des applications des engins spatiaux - environ 200 satellites géostationnaires* attendus pour la décennie 1980-1990 - l'Europe a décidé, non seulement de s'assurer l'autonomie nécessaire à l'exécution de son propre programme spatial, mais de prendre également sa part de ce vaste marché.

En 1973, l'Organisation Européenne de Recherches Spatiales - devenue en 1975, l'Agence Spatiale Européenne (E.S.A. en anglais) -, décidait d'entreprendre le développement d'un lanceur lourd, appelé Ariane, adapté à l'ensemble des besoins de la prochaine décennie. Neuf états membres (Allemagne Fédérale, Belgique, Danemark Espagne, France, Italie, Pays-Bas, Suède, Suisse), apportent leur contribution à ce programme. L'E.S.A. a confié au Centre National d'Etudes Spatiales (C.N.E.S.) la maîtrise d'oeuvre du programme.

Plus de 50 firmes, dans dix pays européens, participent à l'élaboration du programme, la France supportant 65% des dépenses. Pour "dénationaliser" la fusée à laquelle on avait donné le nom initial de Marianne, on l'appela Ariane.

*Géostationnaire : le satellite tourne sur une orbite circulaire de période de 24 heures dans le plan de l'équateur et dans le sens de rotation de la Terre. Pour un observateur terrestre, le satellite tournant à la même vitesse angulaire que la Terre autour de son axe, il apparaît immobile (fig. 1).

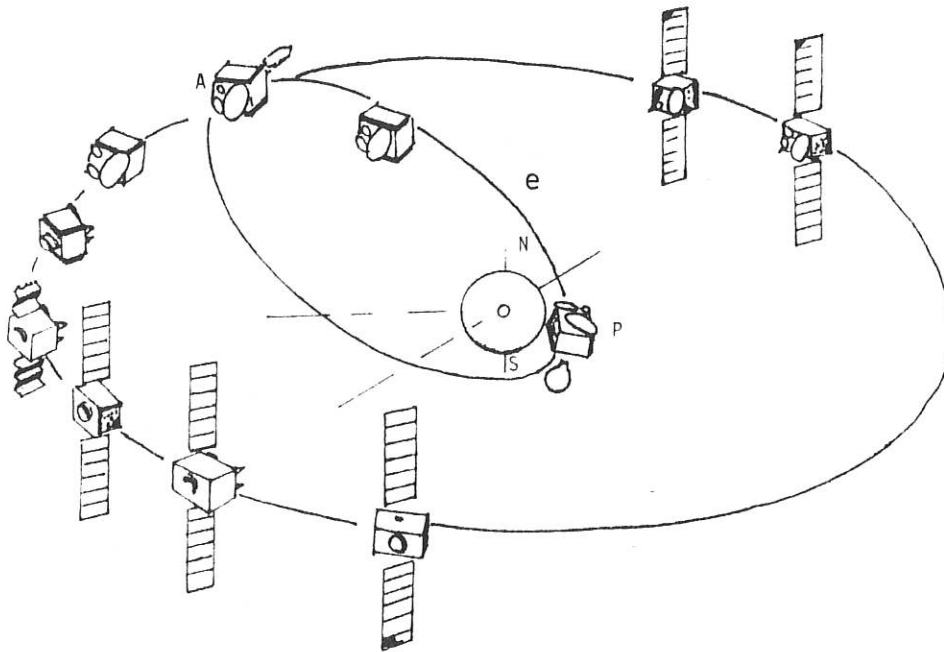


Fig. 1.- Le satellite géostationnaire.- A 200 Km de la Terre (point P)
 Le satellite est injecté à très grande vitesse sur une orbite elliptique dite orbite de transfert qu'il parcourt plusieurs fois.
 Lors de son passage à l'apogée (point A) de l'ellipse (e) un petit moteur est mis à feu pour arrondir la trajectoire.
 Après quelques corrections il est stabilisé à 36000 Km de la Terre.
 Du fait de sa fixité par rapport au sol, il voit en permanence 1/3 de la surface terrestre (= couverture)

1.- Description.-

Le 24 décembre 1979, c'est la victoire ; le 23 mai 1980, c'est la déconvenue ; le 3ème vol du 19 Juin 1981 est un succès. L'Europe dispose désormais d'un lanceur.

Le lanceur Ariane comporte 3 étages c'est-à-dire 3 fusées indépendantes, mises bout à bout dont la masse diminue du bas vers le haut (fig. 2).

Sa masse totale au décollage est de 207 tonnes. Elle diminue au cours du vol puisque le lanceur consomme du carburant et du comburant* qui s'épuisent au cours du vol.

Sa hauteur totale est de 47 mètres.

Sa poussée au décollage est de 245 tonnes.

a - 1er étage (fig. 3).

Le 1er étage a une hauteur de 18,4 mètres, un diamètre de 3,8 mètres et une masse totale de 165 tonnes dont 145 tonnes d'ergols** contenus dans deux réservoirs identiques en acier, reliés par une jupe cylindrique.

Le carburant composant les ergols est de l'U.D.M.H***, le comburant, du peroxyde d'azote N_2O_4 .

*Comburant : substance qui apporte l'oxygène nécessaire à la combustion du carburant.

**Ergols : Ensemble carburant + comburant.

***UDMH : Diméthyl - hydrazine. L'hydrazine est de formule N_2H_4 ; le di-

Ariane

Hauteur totale : 47 m
Diamètre premier étage : 3,8 m
Masse au décollage : 207 t
Poussée au décollage : 245 t

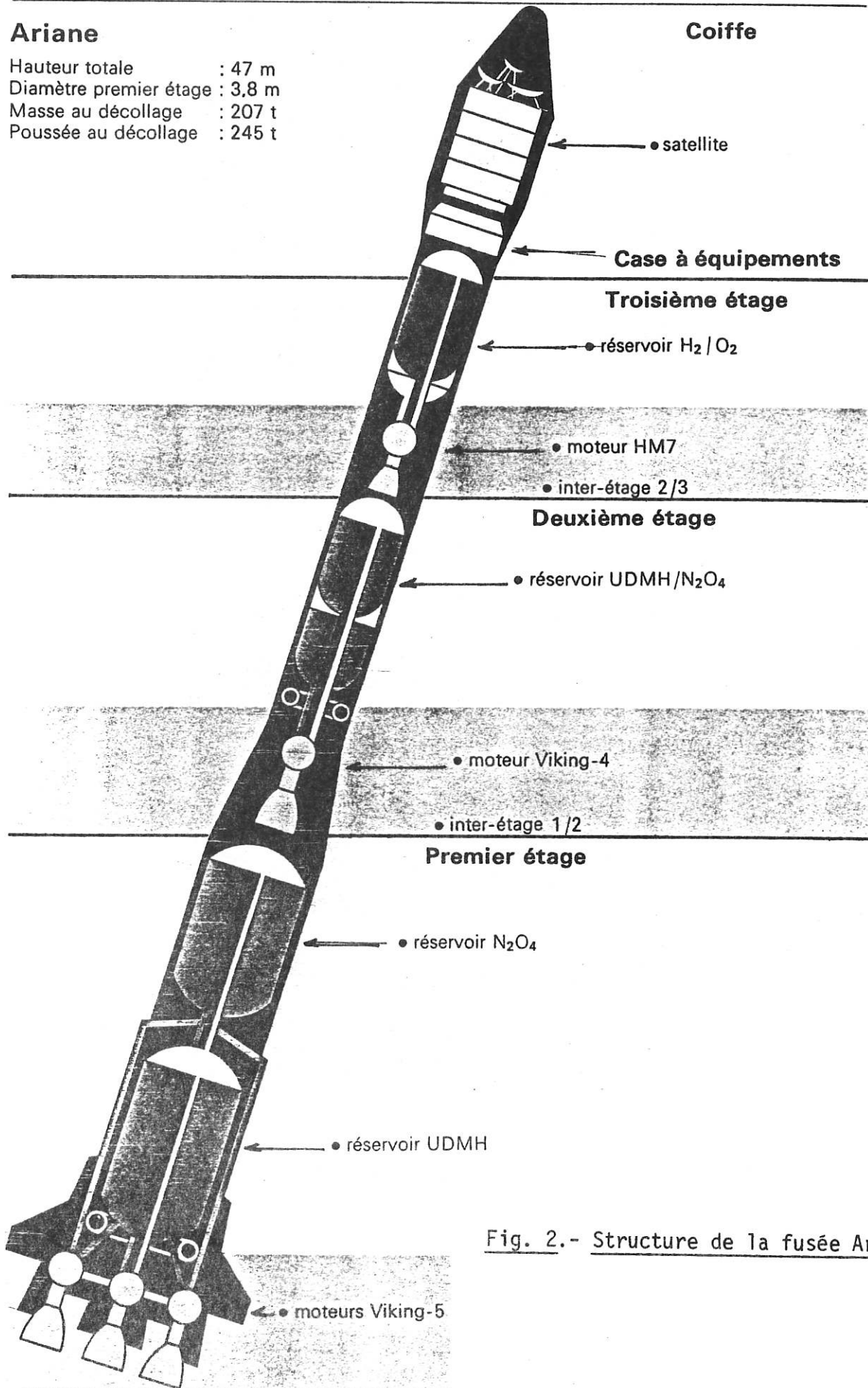


Fig. 2.- Structure de la fusée Ariane.

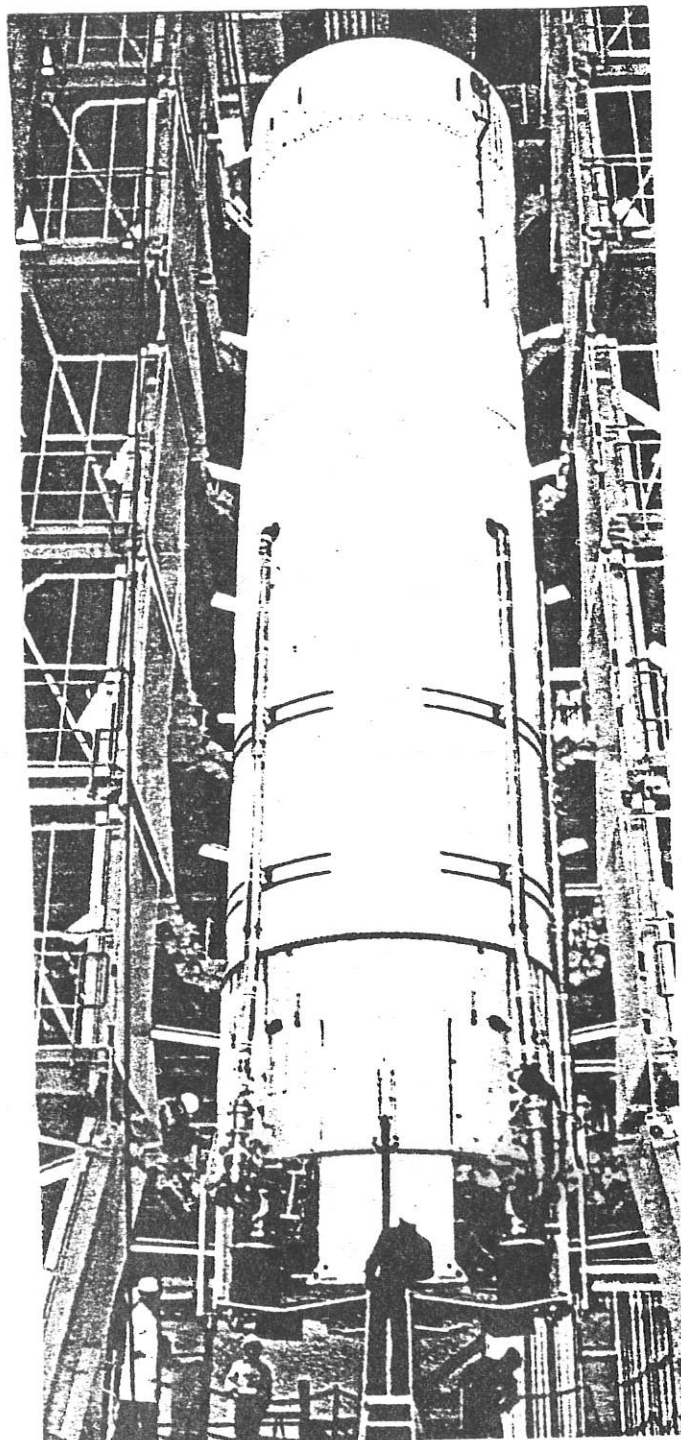
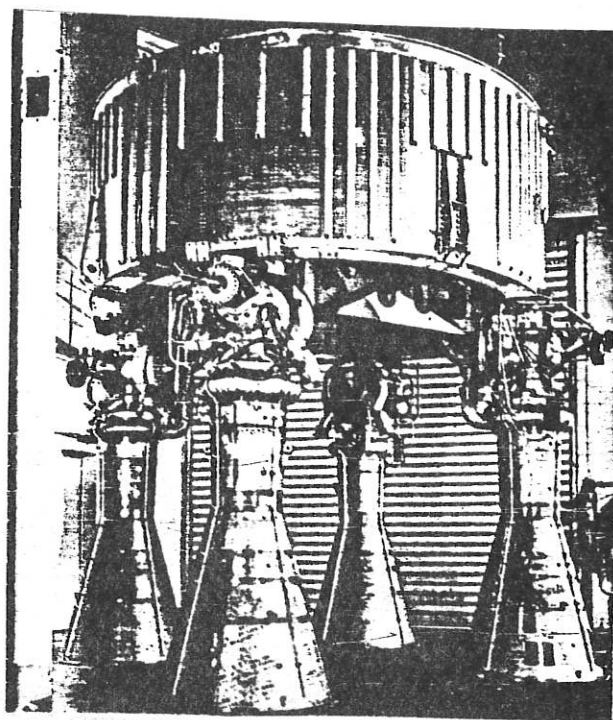


Fig. 3.- Premier étage assemblé au SIL (Les Mureaux, F).

Les quatre moteurs Viking sont fixés symétriquement sur le bâti de poussée et articulés par paires autour de 2 axes orthogonaux (fig. 4).



Bâti moteur
et moteurs Viking

Fig. 4.- Les quatre moteurs Viking du premier étage.

Chacun des moteurs fournit une poussée de 60 tonnes soit au total une poussée de 240 tonnes pendant 145 secondes.

La consommation d'ergol est donc d'une tonne par seconde.

Quatre empennages de 2m^2 améliorent la stabilité du lanceur.

Cet étage est construit à l'Aérospatiale aux Mureaux.

Pour être amené en Guyane (d'où Ariane est lancée), il est placé dans un conteneur qui permet le transport routier et maritime.

A Vernon, se trouve la Société Européenne de Propulsion (S.E.P.) qui a pour mission de développer et de mettre au point les moteurs.

Elle dispose de bancs d'essais (point fixe 20) pour la qualification du 1er étage (fig. 5).

***UDMH (suite) : méthyl-hydrazine est un produit de la réaction entre un composé carbonylé et l'hydrazine. C'est un puissant réducteur qui s'empare de l'oxygène du peroxyde d'azote.



Fig. 5.- Banc PF 20 - Tir groupé des 4 moteurs Viking (Vernon).

b - 2ème étage (fig. 6).

Il a une hauteur de 10,4 mètres, un diamètre principal de 2,6 mètres et une masse totale de 37,6 tonnes dont 33 tonnes d'ergols identiques à ceux du 1er étage. Il ne possède qu'un moteur Viking.

Il est construit par la firme ERNO (R.F.A.). Le moteur développe une poussée de 72 tonnes dans le vide ; les 33 tonnes d'ergols sont consommées en 138 secondes.

c - 3ème étage.

Cet étage cryogénique*, le premier fabriqué en Europe, a une hauteur de 8,6 mètres, un diamètre de 2,6 mètres et une masse totale de 9,4 tonnes dont 8,2 tonnes d'ergols.

Le moteur HM7 fonctionne avec de l'hydrogène liquide (6 tonnes) et de l'oxygène liquide (2 tonnes). Ce couple d'ergol est beaucoup plus performant que le couple d'ergol des deux étages précédents.

* Un moteur est dit cryogénique s'il fonctionne avec des gaz liquéfiés donc à très basse température.

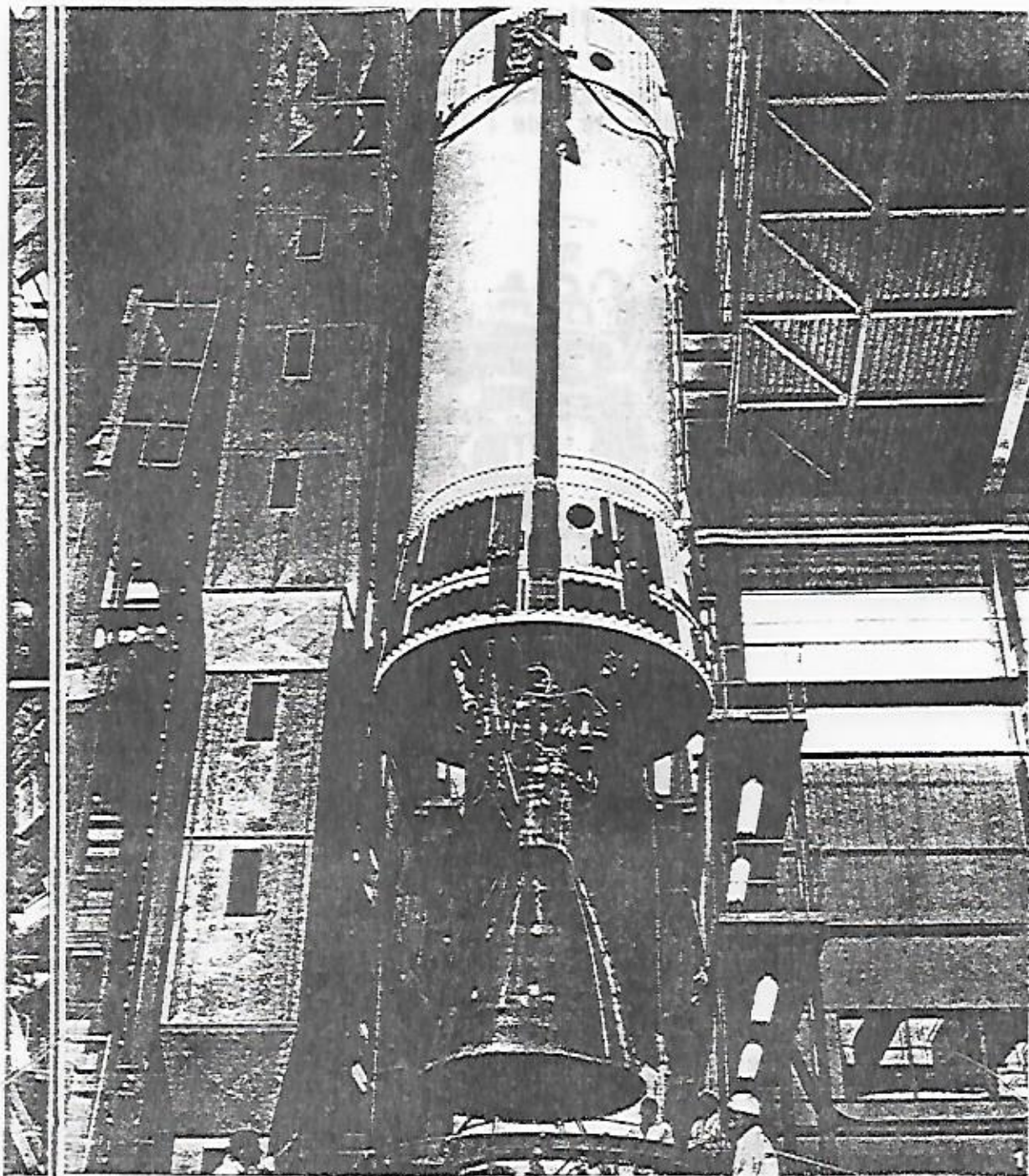


Fig. 6.- Intégration du 2ème étage

On voit à la base la tuyère de l'unique moteur Viking.

Malheureusement, l'utilisation de l'hydrogène liquide est très délicate.

En effet, l'hydrogène se liquéfie à une température très basse ($- 253^{\circ}\text{C}$), et sa densité est très faible (0,07). Il faut donc des réservoirs énormes, possédant une protection thermique très importante de liège entouré de verre.

Le moteur de cet étage développe 7 tonnes de poussée (fig. 7) dans le vide ; la combustion dure 500 secondes.

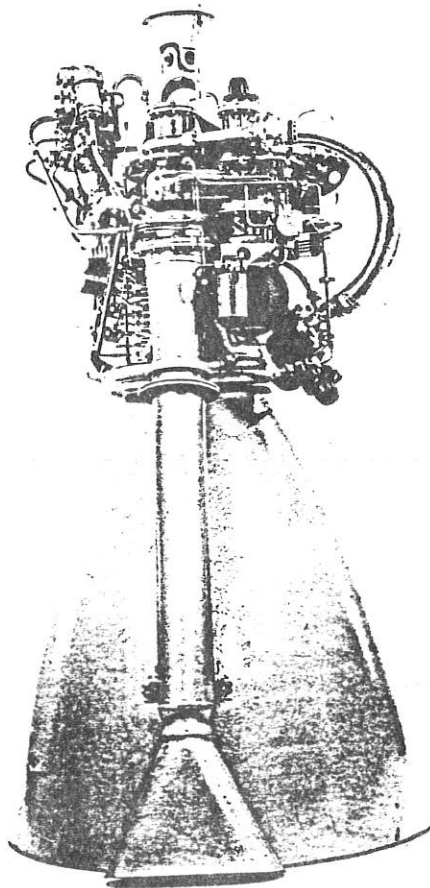


Fig. 7.- Moteur HM7

du 3ème étage alimenté en hydrogène et oxygène liquides.

d - 4ème étage : case à équipement et coiffe (fig. 8 - 9)

D'une masse de 300 Kg, la case à équipements a un diamètre de 2,6 mètres et une hauteur de 1,1mètre. La plupart des chaînes électriques (séquentiel, guidage, positionnement, pilotage, localisation et destruction, télémessure) sont regroupées sur un plateau lié rigidement à la structure tronconique. Elle possède des antennes pour l'émission et la réception.

Elle est construite par la firme Matra à Toulouse.

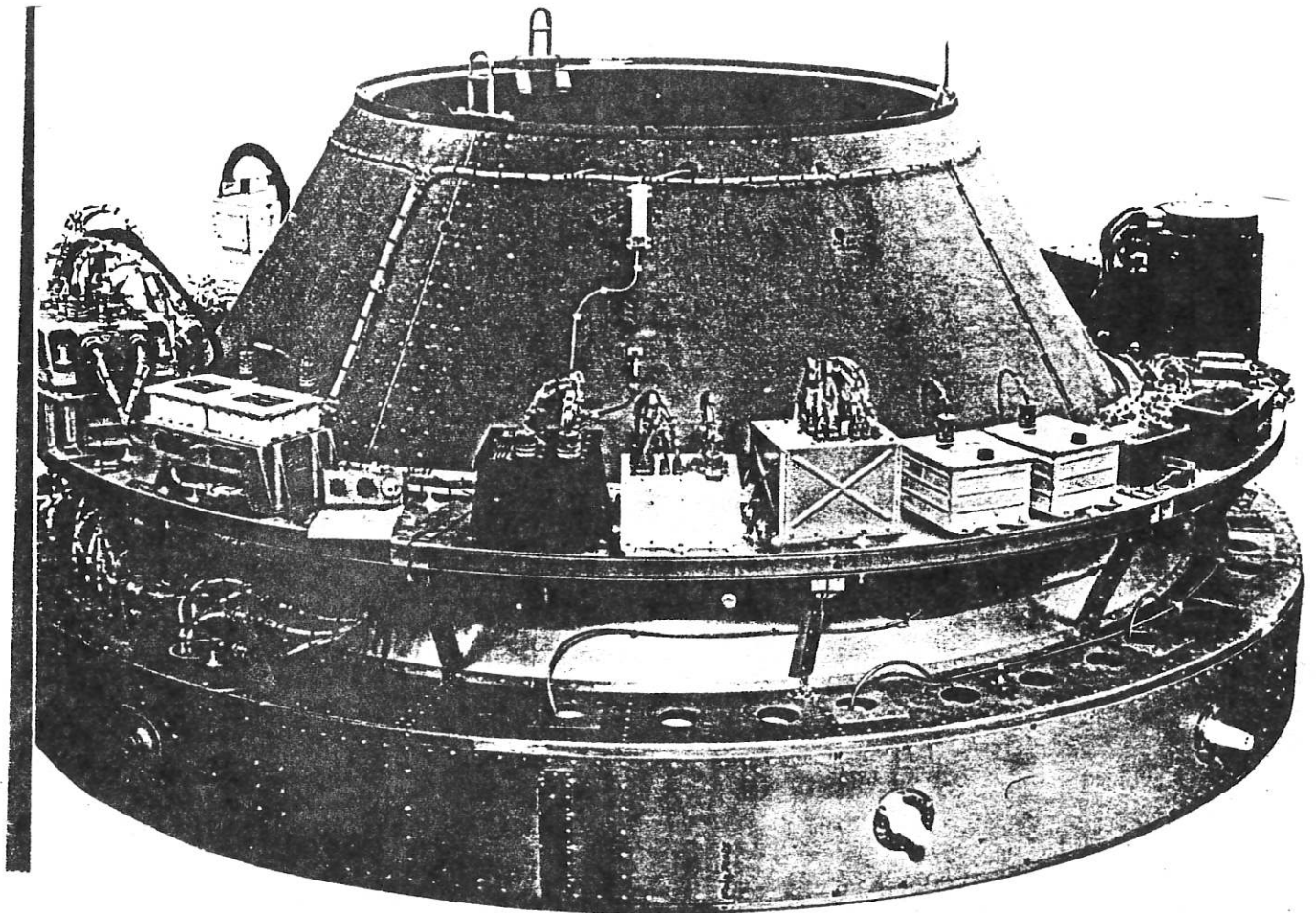


Fig. 8.- Case à équipements.

La charge utile (case à équipement et satellites), construite pour fonctionner dans le vide absolu, doit être protégée pendant la traversée de l'atmosphère, le lanceur atteignant très rapidement une vitesse élevée (il traverse le mur du son à une altitude de 12000 mètres). C'est pourquoi on l'enferme dans deux demi-coiffes (fig. 9) hautes de 8,6 mètres, pesant chacune 400 Kg, larguées au cours de la phase propulsée du deuxième étage à l'altitude de 110 Km. Elles offrent un volume utile de 35 m³, dont le diamètre maximal est de 3 mètres et la plus grande hauteur de 7,6 mètres.

Le tout doit résister aux vibrations inévitables.

Récemment, on s'est demandé si l'on ne pouvait réduire le coût de lancement pour des utilisateurs qui voudraient envoyer des petits satellites. Pour cela, l'Aérospatiale a développé un système de lancement double (SYLDA) (fig. 10) constitué de deux coquilles s'emboîtant l'une dans l'autre, renfermant deux satellites.

Ce système va être essayé le 20 avril 1982.

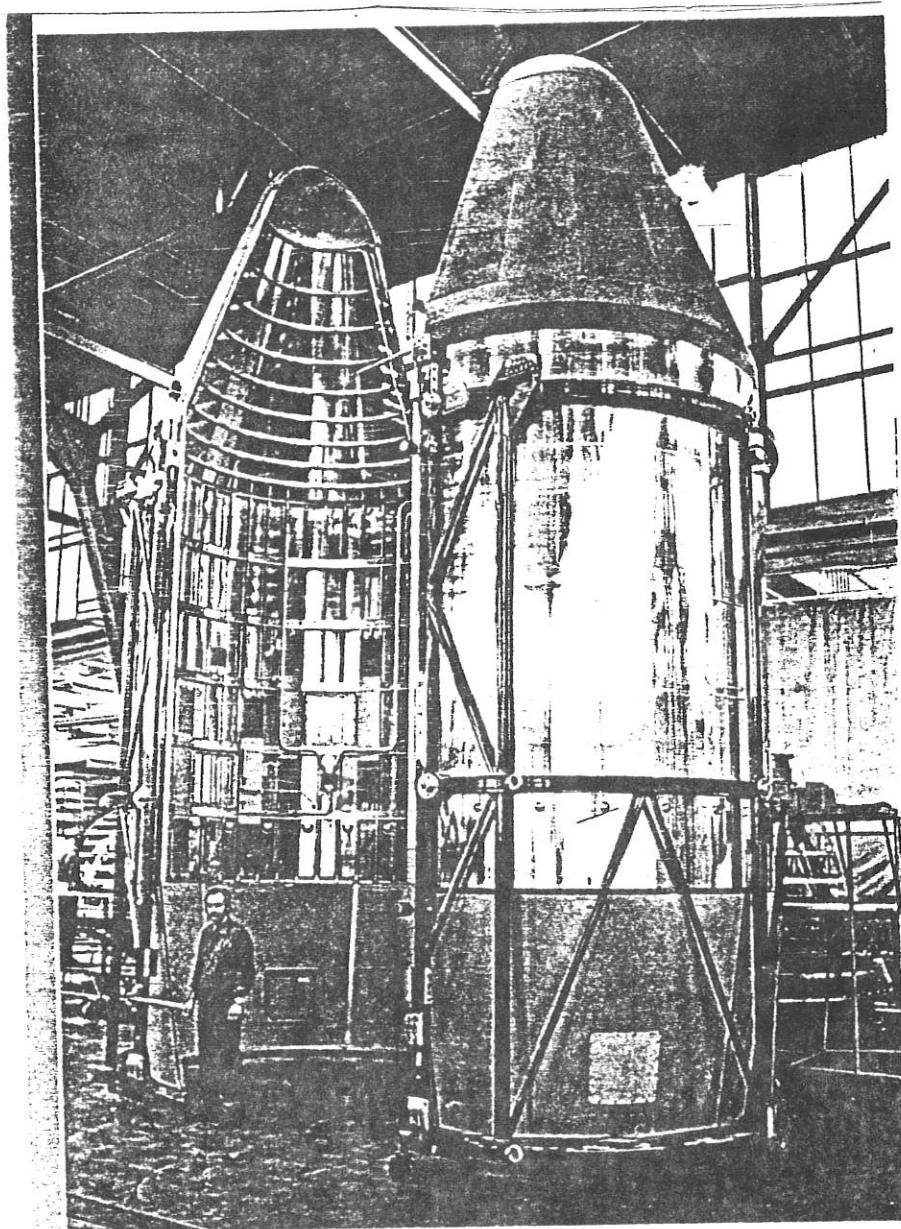


Fig. 9.- Les deux demi-coiffes
Une des deux demi-coiffes,
celle de gauche sur la figure, est écartée

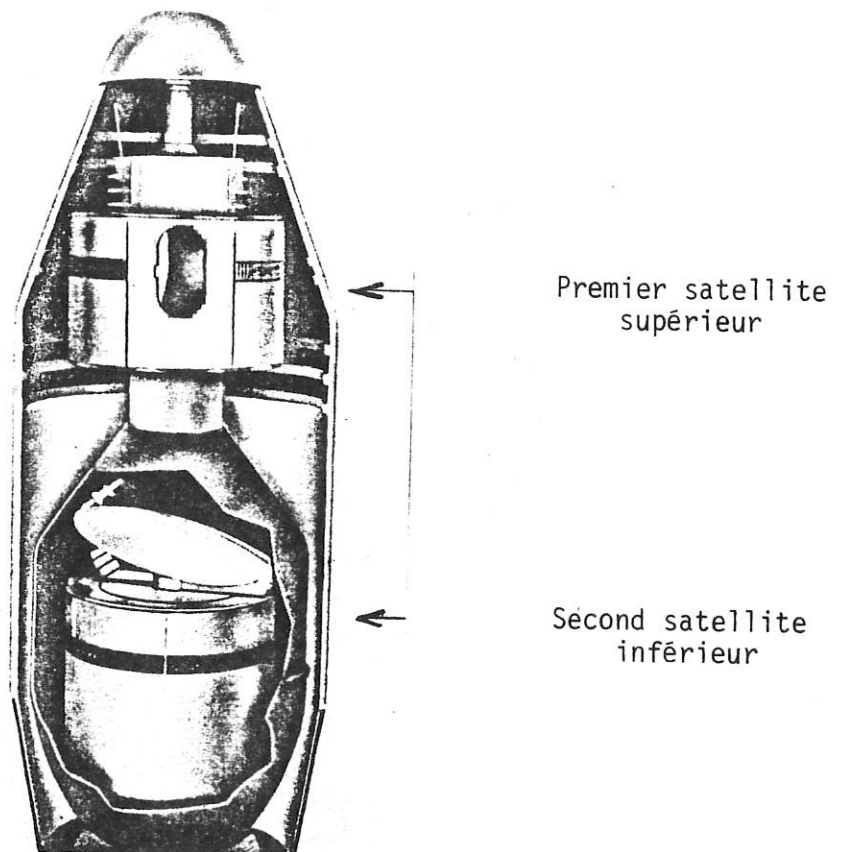


Fig. 10.- Sylva

Système de lancement double d'Ariane qui sera essayé le 20 Avril 1982.

2.- Installations de lancement (fig. 11, 12).

Ariane est lancée depuis l'Ensemble de lancement Ariane (ECA) situé au Centre Spatial Guyanais (C.S.G.) à Kourou.

La situation géographique de cette base, à proximité immédiate de l'Equateur, est un facteur particulièrement favorable pour tous lancements de satellites, notamment géostationnaires.

Le plan de lancement fait un angle de $7^{\circ}5$ avec celui de l'Equateur ; celui de la NASA, $28^{\circ}8$; Ariane bénéficie de l'effet dit "de fronde" ce qui procure un gain d'énergie de 17% par rapport à un lancement fait du Cap Canaveral.

3.- Trajectoire (fig. 11).

Sur la figure on voit en trait épais, la forme de la trajectoire d'Ariane. Les pointillés représentent les trajectoires de chute des différents étages. A une altitude d'environ 50 Km, les réservoirs du 1er étage sont vides et la séparation de cet étage a lieu. Il retombe en mer à 400 Km de Kourou.

Le moteur du deuxième étage est alors allumé. A environ 110 Km la coiffe est éjectée. A 138 Km la séquence de

Point A de la figure 1 (200 Km)

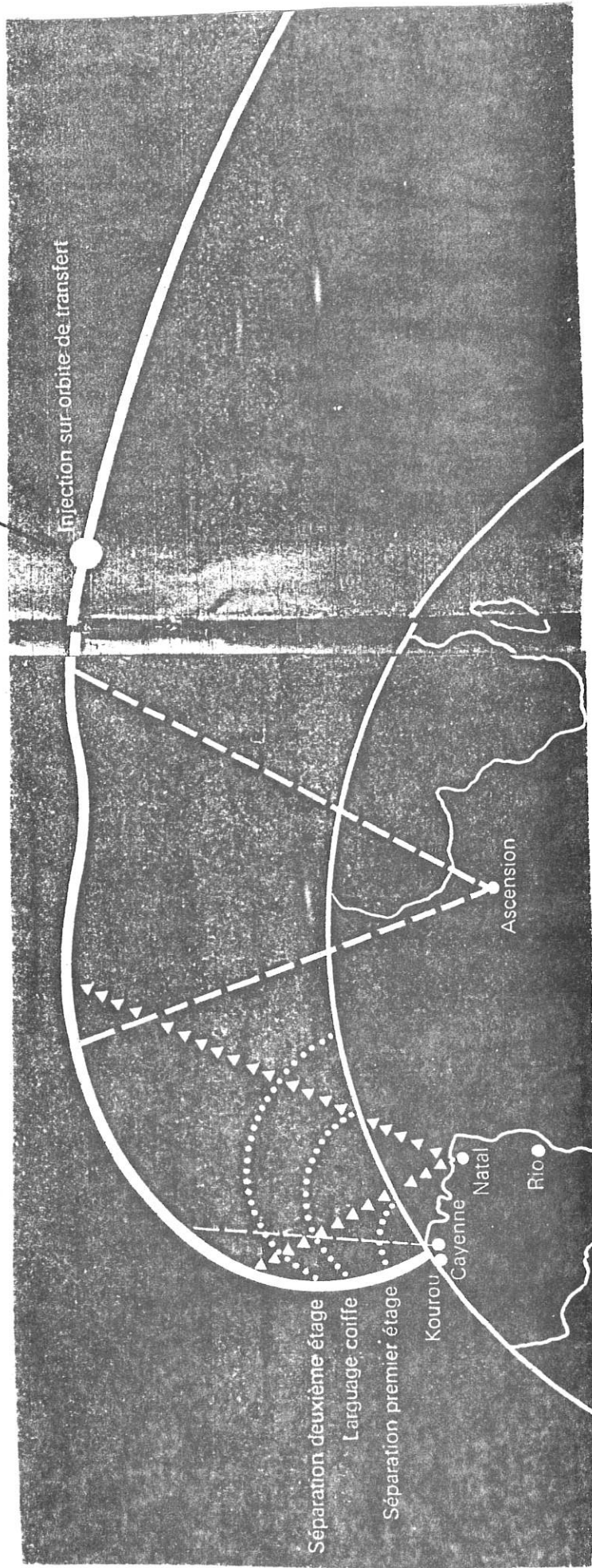


Fig. 11.- Trajectoire ; Type de lancement géostationnaire
Séparations successives des étages et largage de la coiffe

séparation 2/3 s'effectue de façon analogue à la séquence 1/2, c'est-à-dire que le 3ème étage prend le relais. Environ 180 secondes après l'arrêt de propulsion (200 Km), lorsque le 3ème étage atteint le voisinage du plan équatorial, le calculateur déclenche la séparation du satellite. Le 3ème étage est alors réorienté et dévié de la trajectoire du satellite afin d'éviter tout risque de collision. Le satellite est alors au voisinage du périégée* de son orbite et la mission du lanceur est terminée.

Le satellite parcourt à la vitesse de 9500 m/sec. plusieurs fois l'orbite elliptique de "transfert" ; lors de son dernier passage à l'apogée** (point A) un petit moteur est mis à feu pour arrondir la trajectoire ; quelques corrections le stabilisent à 36000 Km de la Terre ; il est devenu géostationnaire.

4.- Implantation du réseau (fig. 12).

Le réseau est l'ensemble des stations de poursuite interconnectées entre elles. Une partie de ce réseau appartient :

à la N.A.S.A. : Montréal, New-York, Washington, Panama, Bogota, Rio de Janeiro,

à la France : Natal, Brasilia.

5.- Organisation du programme.

Une filiale du C.N.E.S., Ariane space, a été créée pour la commercialisation du lanceur et pour négocier avec les pays, les grandes organisations internationales et même les firmes industrielles ayant besoin de satellites.

Actuellement le carnet de commande d'Ariane space est plein jusqu'en 1985 (20 lanceurs commandés ferme).

Le coût total d'un lancement est d'environ 200 millions de francs, mais les satellites que lance Ariane rapportent beaucoup d'argent.

Un satellite de télécommunications par exemple amortit son coût de développement, de fabrication et de lancement, en moins de deux ans. La durée de vie d'un satellite est à peu près de 7 ans.

* périégée : Point de l'orbite d'un satellite le plus voisin de la Terre.

** apogée : Point de l'orbite d'un satellite où il se trouve à la plus grande distance de la Terre.

E S A
Agence spatiale
européenne

C N E S
Maître d'oeuvre

Aérospatiale
Architecte industriel

Etudes et essais système
Intégration et recette du lanceur

AEROSPATIALE

- . 1er étage
- . 2me étage
- . 3me étage
- . Coiffe

S E P

- . Banc de propulsion
1er étage
- . Système propulsif
2me étage
- . Ensemble propulsif
3me étage

AIR LIQUIDE

- . Réservoir
3me étage

MATRA

- . Case à
équipements

ETCA

- . Banc de
contrôle

AERITALIA

- . Capsule
technologique

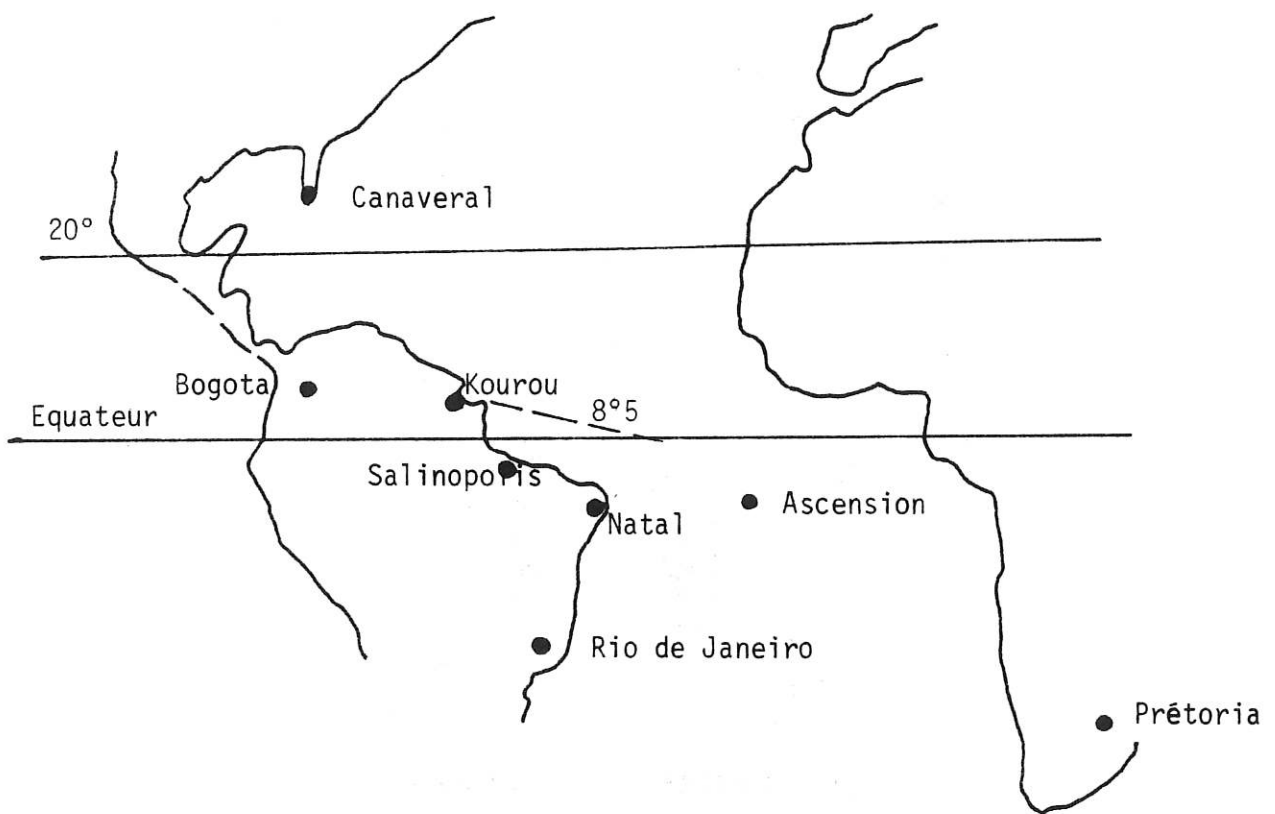


Fig. 12.- Situation de Kourou.
Implantation du réseau de poursuite.

II.- LA NAVETTE SPATIALE (SHUTTLE). Fig. 13.-

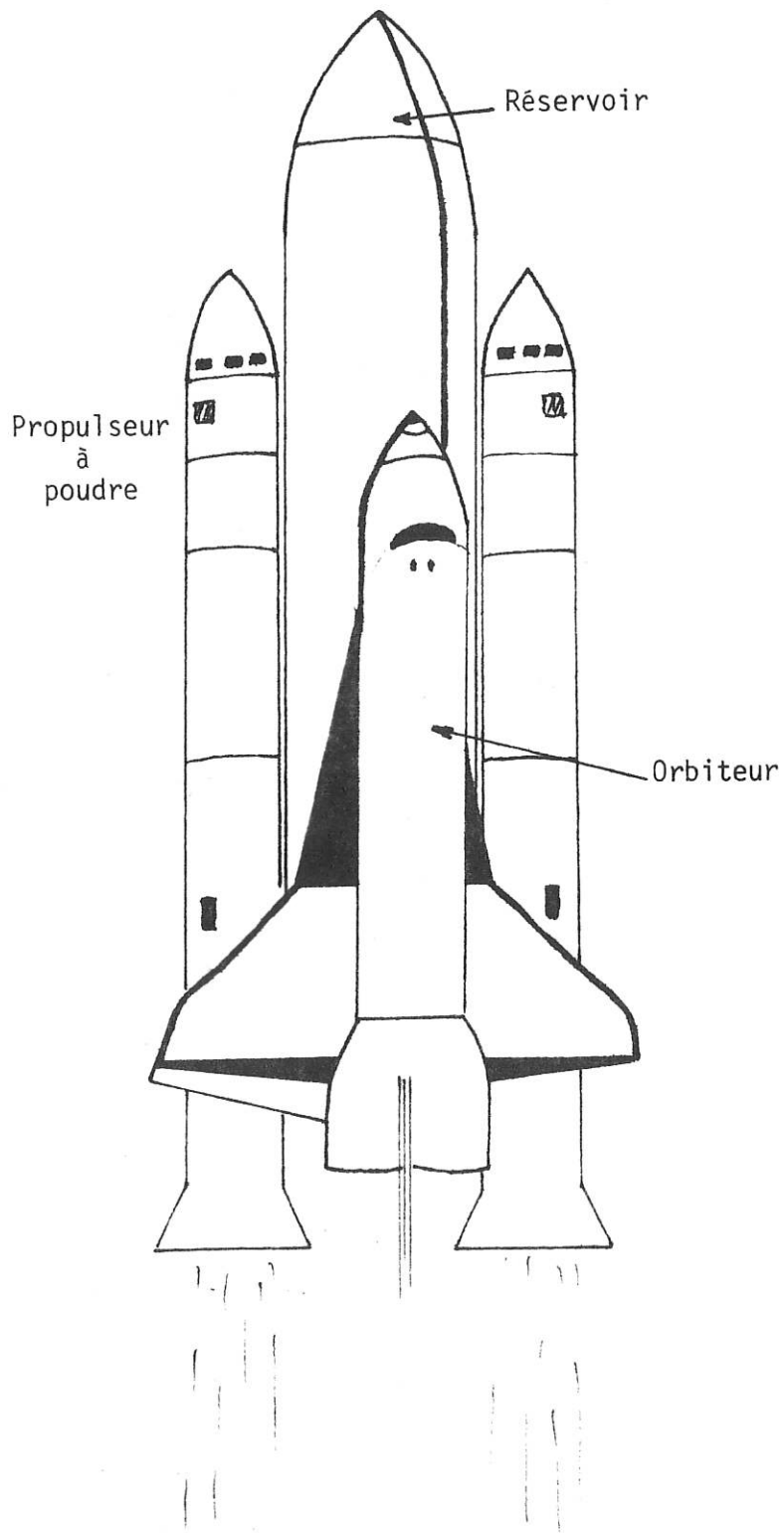


Fig. 13.- Schéma de la navette spatiale.

1.- Historique.

Vers 1960-1970, les Américains firent un énorme effort en matière spatiale du fait d'un défi lancé par le Président Kennedy aux Russes. Il affirma que les U.S.A. enverraient, avant 1970, les premiers, un homme sur la Lune. Ce projet était très audacieux, car les Américains étaient alors loin de posséder la technologie nécessaire pour une opération de cette envergure.

Le pari fut tenu (programme Apollo).

En 1973 le programme fut abandonné ; il était très coûteux et son utilité demeurait très discutée.

La N.A.S.A. étant devenue une gigantesque entreprise proposa au Congrès Américain de développer un système de lancement réutilisable venant dès lors diminuer le coût de lancement.

2.- Description.

La navette spatiale de 37m de long, de 24m d'envergure, a une masse à vide de 68 tonnes et au départ de 2000 t. (10 fois Ariane).

Elle est formée de deux propulseurs à poudre placés sur les côtés d'un énorme réservoir contenant de l'hydrogène et de l'oxygène liquides. Chaque propulseur est long de 45,5m ; le réservoir est long de 47m et son diamètre est de 8,5m. Au-dessus se trouve un planeur (l'orbiteur) dont les trois moteurs sont alimentés par l'hydrogène et l'oxygène du réservoir.

Au décollage, les deux propulseurs sont allumés en même temps que les trois moteurs se trouvant à l'arrière (fig. 14) de l'orbiteur (planeur). Chaque propulseur donne une poussée de 1000 tonnes ; le réservoir, avec ses 715 tonnes d'hydrogène et d'oxygène, alimente trois moteurs qui ajoutent une poussée de 500 tonnes ; poussée totale : 2500 tonnes.

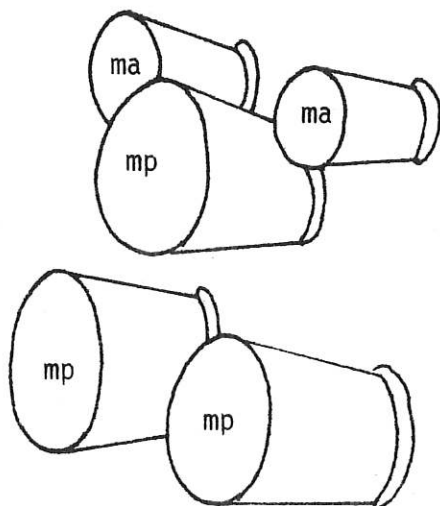


fig. 14.- Les deux groupes de moteurs à l'arrière de la navette

mp : 3 moteurs principaux
ma : 2 moteurs auxiliaires de correction d'orbite

Au bout de deux minutes de vol, à l'altitude de 50 Km, les propulseurs munis de parachutes sont éjectés (et ultérieurement récupérés en mer) ; seul l'orbiteur continue son trajet sur le gros réservoir. Un peu avant la mise en orbite, les moteurs de l'orbiteur sont coupés. Le réservoir se sépare et retombe en se désintégrant dans l'atmosphère.

L'orbiteur allume alors, deux petits moteurs auxiliaires qui utilisent les mêmes ergols que les 2 premiers étages d'Ariane, soit du mono méthyl-hydrazine et le tétraoxyde d'azote, stockés dans des réservoirs indépendants l'un de l'autre.

La mise en orbite basse (200 Km d'altitude) peut alors s'effectuer. Les moteurs s'éteindront ensuite. Un quatrième ensemble moteur constitue un système d'orientation.

Pour le retour, les petits moteurs de l'orbiteur sont réallumés afin de mettre l'orbiteur sur une trajectoire de retour vers la Terre.

L'orbiteur rentre dans l'atmosphère protégé par des espèces de "tuiles". Il vole comme un planeur et atterrit sur une piste.

Cet engin vole à des vitesses allant de 0 à 30000 Km/h.

Les charges utiles (satellites par exemple) se trouvent dans une soute : un moteur peut positionner sur l'orbite de transfert les satellites. A l'avant de l'orbiteur se trouve une cabine avec, au niveau supérieur, le poste de pilotage et au niveau inférieur une cabine permettant la vie dans la navette. Entre la cabine et la soute un hublot permet aux astronautes de commander manuellement la sortie des satellites stockés dans la soute.

La navette en fin de compte coûte beaucoup plus cher que ce qu'avaient pensé les Américains. En fait, seul l'orbiteur est réutilisable à condition qu'entre chaque lancement, beaucoup de vérifications soient faites (moteurs, protection thermique ...). Ariane est donc tout à fait concurrentielle.

Tableau des phases successives d'un vol de la navette spatiale

- 1.- Le départ par les deux propulseurs à poudre et les trois moteurs alimentés par l'hydrogène et l'oxygène liquides du gros réservoir.
- 2.- Language des deux propulseurs à poudre, à 50 Km d'altitude, la vitesse étant de 5200 Km/h. Munis de parachutes, ils tombent dans la mer à 300 Km du point de départ, où on les récupère.

- 3.- La navette continue sa montée, les moteurs étant toujours alimentés par le réservoir. Quand le carburant du réservoir est épuisé, le réservoir est largué au-dessus de l'Afrique et tombe dans l'Océan Indien.
- 4.- La vitesse est maintenant de 28000 Km/h, l'altitude de 215 Km. La navette, réduite à l'orbiteur, met en marche ses deux petits moteurs auxiliaires qui la placent sur une orbite circulaire dont l'altitude varie entre 185 et 215 Km. Ces deux moteurs serviront ensuite pour les manoeuvres orbitales, y compris la descente.
- 5.- La mission commence. La navette ouvre les soutes mettant en jeu les instruments scientifiques et le télescope.
- 6.- Ou bien, elle libère des satellites embarqués ou récupère un satellite avec un bras que télécommande un spécialiste de l'intérieur de la cabine, qui sera déposé dans la soute et rapporté sur Terre pour études et vérifications.
- 7.- Le retour ; mise en route des deux moteurs pour le freinage alors que l'orbiteur est à 140 Km d'altitude à la vitesse voisine de 28000 Km/h. Les températures du nez et des bords d'attaque des ailes atteignent 2800°C. La décélération ne dépasse pas 1,5g.
- 8.- Phase finale d'approche et atterrissage sur une piste construite spécialement ; la vitesse d'approche à l'arrivée est voisine de 350 Km/h.

III.- L'AVENIR (fig. 15).

. Au delà d'Ariane 1, quatre versions plus puissantes sont déjà en préparation. Ariane 2, 3 et 4 sont actuellement en développement et les études d'Ariane 5, qui visent à placer plus de 5 tonnes en orbite géostationnaire, sont commencées par l'Aérospatiale pour le compte du C.N.E.S. Ariane 2 sera très similaire à son aînée. Il s'agit essentiellement d'augmenter la pression dans les chambres de combustion des moteurs des différents étages propulsifs. Le réservoir du 3e étage sera allongé. Les performances en orbite de transfert atteindront 2,2 tonnes. Ariane 3 (en 1983) sera Ariane 2 avec 2 propulseurs d'appoint supplémentaires (booster). Ariane 3 placera 2400 Kg en orbite de transfert. Ariane/Sylda sera alors capable de lancer 2 satellites d'une masse individuelle de 1.140 Kg. Pour Ariane 4 (qui serait le lanceur compétitif des années 1985-1990) il est prévu d'agrandir considérablement le premier étage tout en gardant les étages supérieurs d'Ariane 2 et 3. Le nouveau premier étage emportera 240 tonnes d'ergols. Il sera propulsé par 5 moteurs Viking et 4 "boosters" à poudre.

Une masse supérieure à 3600 Kg peut alors être placée en orbite de transfert. Une coiffe de diamètre accru permettra d'emporter des satellites plus grands (4m de diamètre au lieu de 3,2m) La

filière Ariane se poursuivra avec Ariane 5 qui vise la satellisation de charges très lourdes : vols habités, plates formes spatiales ... navette européenne pour 1992 avec 3 cosmonautes ?).

Ariane n'a donc aucune vocation militaire si ce n'est défensive (satellites d'observation militaire : par exemple SAMRO).

. Il en est autrement de la navette spatiale pour des raisons de coût et d'utilité. Volant en orbite basse, la navette pourra être utilisée comme arme offensive et détruire des missiles

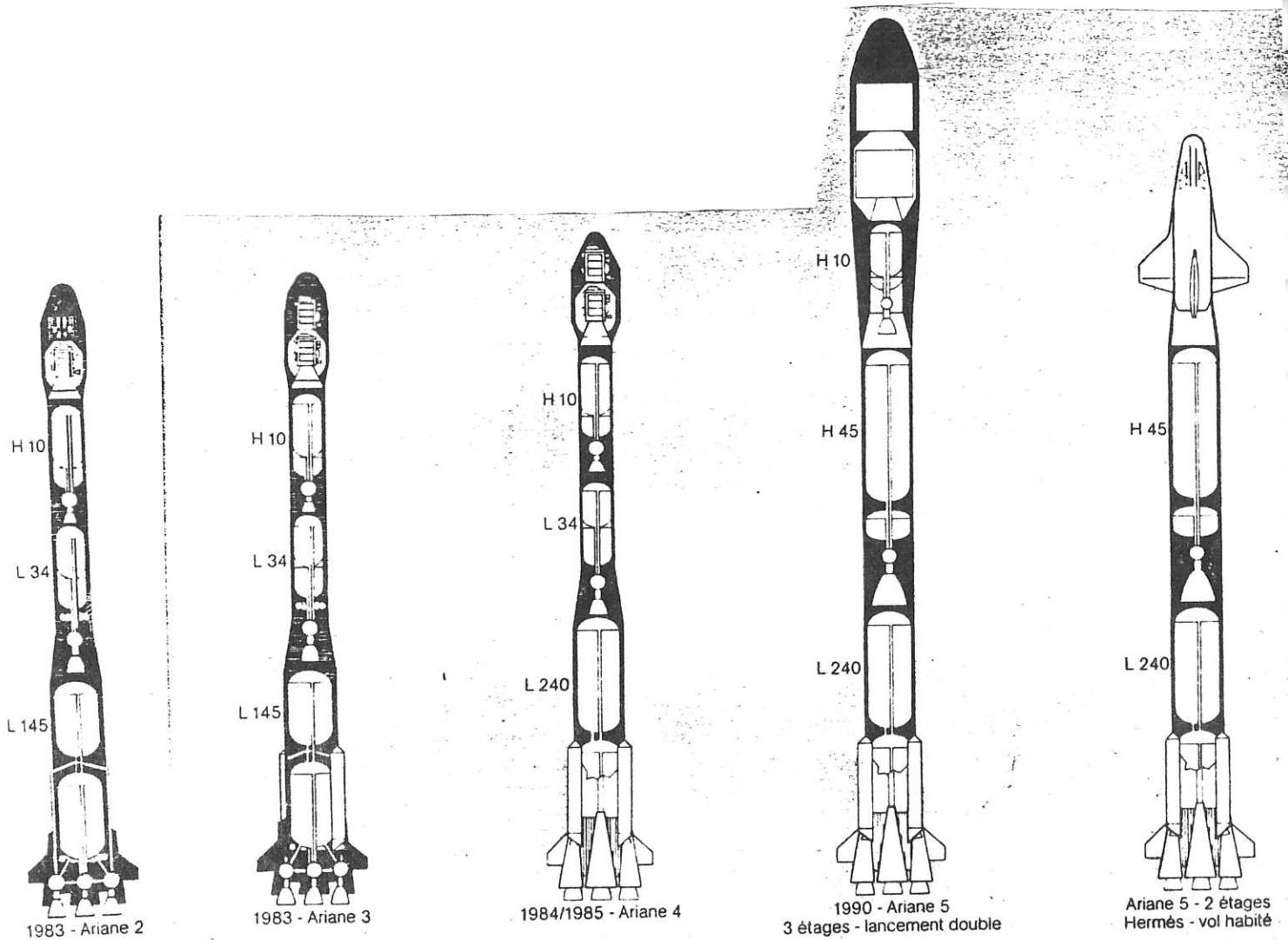


Fig. 15.- Les Ariane du futur.

Un film de qualité décrivant Ariane, reprenant les explications données précédemment, a ensuite été projeté.

Le public, vivement intéressé, a posé de nombreuses questions à Monsieur MARX qui, après le débat, a été très applaudi.