

BIBLIOTHEQUE DE TRAVAIL

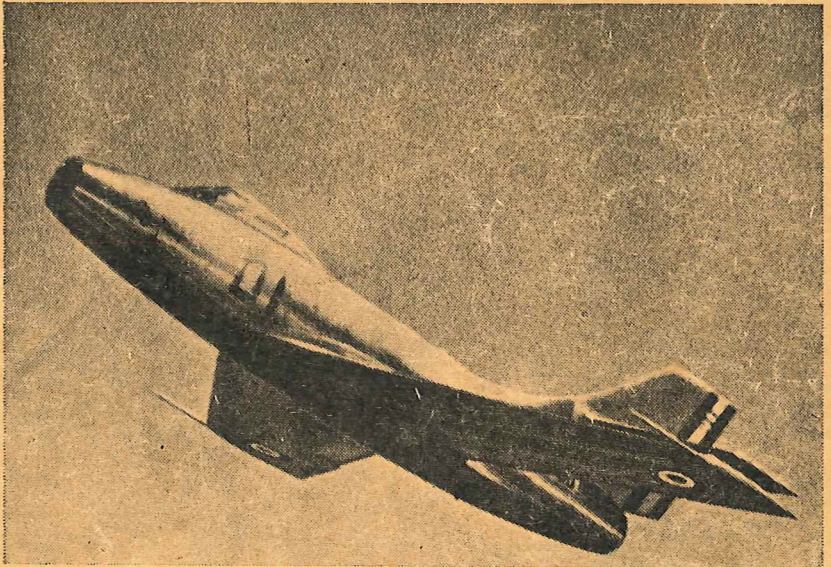
Collection de brochures hebdomadaires pour le travail libre des enfants

Documentation de Marcel TÉTROT

Adaptation pédagogique des Commissions de l'Institut Coopératif de l'Ecole Moderne

Le mur du son

André MATHIEU



227

L'Imprimerie à l'Ecole
Cannes (A.-M.)

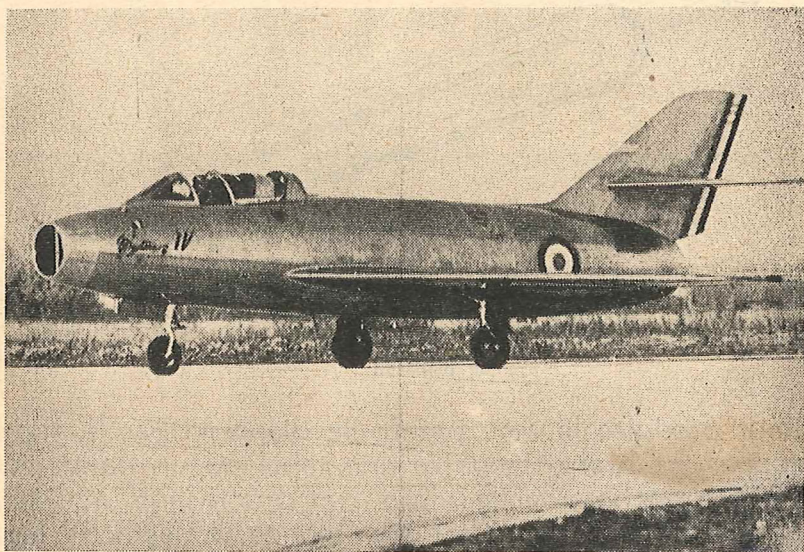
22 Mars 1953

Dans la même collection :

1. Chariots et carrosses.
2. Diligences et malles-postes.
3. Derniers progrès.
4. Dans les Alpes.
5. Le village Kabyle.
6. Les anciennes mesures.
7. Les premiers chemins de fer en France.
8. A. Bergès et la houille blanche.
9. Les dunes de Gascogne.
10. La forêt.
11. La forêt landaise.
12. Le liège.
13. La chaux.
14. Vendanges en Languedoc.
15. La banane.
16. Histoire du papier.
17. Histoire du théâtre.
18. Les mines d'antracite.
19. Histoire de l'urbanisme.
20. Histoire du costume populaire.
21. La pierre de Tavel.
22. Histoire de l'écriture.
23. Histoire du livre.
24. Histoire du pain.
25. Les fortifications.
26. Les abeilles.
27. Histoire de la navigation.
28. Histoire de l'aviation.
29. Les débuts de l'auto.
30. Le sel.
31. L'or.
32. La Hollande.
33. Le Zuyderzée.
34. Histoire de l'habitation.
35. Histoire de l'éclairage.
36. Histoire de l'automobile.
37. Les véhicules à moteur.
38. Ce que nous voyons au microscope.
39. Histoire de l'école.
40. Histoire du chauffage.
41. Histoire des coutumes funéraires.
42. Histoire des Postes.
43. Armoiries, emblèmes et médailles.
44. Histoire de la route.
45. Histoire des châteaux forts.
46. L'ostréiculture.
47. Histoire du chemin de fer.
48. Temples et églises.
49. Le temps.
50. La houille blanche.
51. La tourbe.
52. Jeux d'enfants.
53. Le Souf Constantinois.
54. Le bois Protat.
55. La phrèhistoire (I).
56. A l'aube de l'histoire.
57. Une usine métallurgique en Lorraine.
58. Histoire des maîtres d'école.
59. La vie urbaine au moyen âge.
60. Histoire des cordonniers.
61. L'île d'Ouessant.
62. La taupe.
63. Histoire des boulangers.
64. L'histoire des armes de jet.
65. Les coiffes de France.
66. Ogni, enfant esquimau.
67. La potasse.
68. Le commerce et l'industrie au moyen âge.
69. Grenoble.
70. Le palmier dattier.
71. Le parachute.
72. La Brie, terre à blé.
73. Les battages.
74. Gauthier de Chartres.
75. Le chocolat.
76. Roquéfort.
77. Café.
78. Enfance bourgeoise en 1769.
79. Beloti.
80. L'ardoise.
81. Les arènes romaines.
82. La vie rurale au moyen âge.
83. Histoire des armes blanches.
84. Comment volent les avions.
85. La métallurgie.
86. Un village breton en 1695.
87. La poterie.
88. Les animaux du Zoo.
89. La côte picarde et sa plaine maritime.
90. La vie d'une commune au temps de la Révolution de 1769.
91. Bachir, enfant nomade du Sahara.
92. Histoire des bains (I).
93. Noël de France.
94. Azack.
95. En Poitou.
96. Goémons et goémoniers.
97. En Chalousse.
98. Un estuaire breton : la Rance.
99. C'est grand, la mer.
100. L'École buissonnière.
101. Les bâtisseurs 1949.
102. Explorations souterraines.
103. Dans les grottes.
104. Les arbres et les arbustes de chez nous.
105. Sur les routes du ciel.
106. En plein vol.
107. La vie du métro.
108. La bonneterie.

Marcel TÉTROT

LE MUR DU SON



Le « Mystère » sur la piste d'envol
(Photo « Informations Aéronautiques »)

L'avion français « Mystère » a franchi le mur du son sur le terrain de Melun-Villaroche...

L'avion supersonique « Trident » a effectué son premier vol...

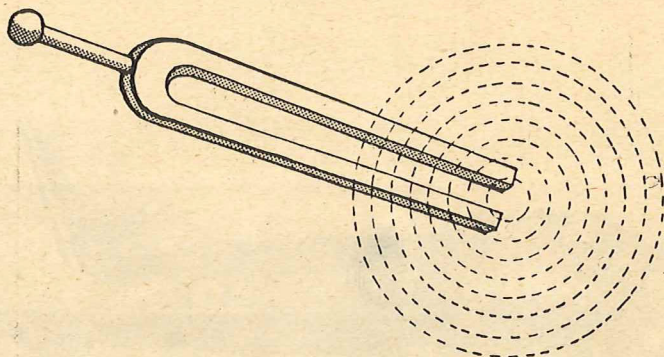
Le pilote Monier s'est tué à Istres au cours d'un essai...

La radio et les journaux parlent souvent de « mur du son » et de « vitesses soniques ».

Grâce à l'augmentation considérable de puissance des moteurs à réaction, certains avions peuvent atteindre et même dépasser la vitesse du son.

A cette vitesse du son, l'air ne se comporte plus comme aux vitesses ordinaires. Il oppose à l'avion une résistance si grande qu'on l'a comparée à un mur.

Tu assistes actuellement à des essais très importants qui ont pour but la recherche des formes d'avion les mieux adaptées pour franchir sans inconvénient la vitesse du son.

LE SON EST PRODUIT PAR DES VIBRATIONS**Le diapason**

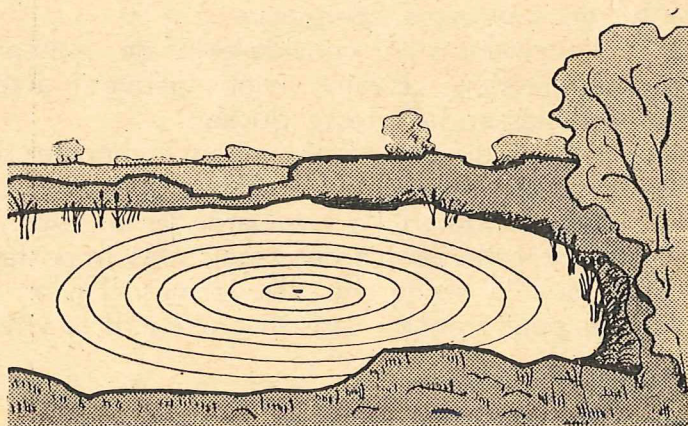
Pour produire le son, prends le diapason par la tige et frappe une branche contre une table ou un objet en bois. Les branches d'acier vibrent et produisent un son.

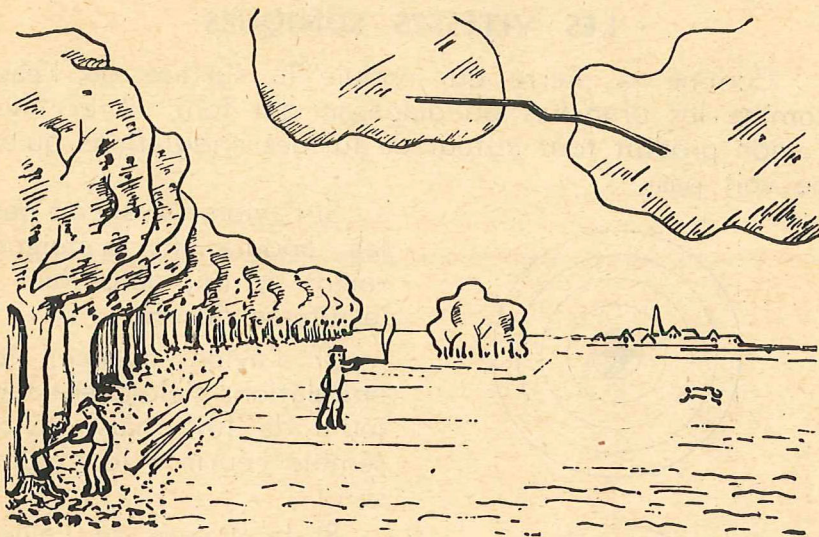
Pour observer les vibrations, plonge doucement les extrémités des branches du diapason dans l'eau.

Pour sentir les vibrations, place la petite boule de la tige entre tes dents.

Observe également les vibrations : de la corde du violon ou du piano ; du verre de cristal ; des vitres au passage d'un camion ; de la lame métallique de l'harmonica.

Toutes ces vibrations se transmettent dans l'air comme les ondulations à la surface de l'eau.





VITESSE DU SON

Le son se déplace près d'un million de fois moins vite que la lumière.

Lorsqu'on est éloigné de plusieurs centaines de mètres :

- on entend le coup de hache après avoir vu la cognée frapper l'arbre ;
- on entend le coup de fusil après avoir vu la fumée sortir du canon ;
- on entend le tonnerre après avoir vu l'éclair : pourtant les deux phénomènes sont produits en même temps.

Il y a un décalage entre le moment où l'on voit et le moment où l'on entend.

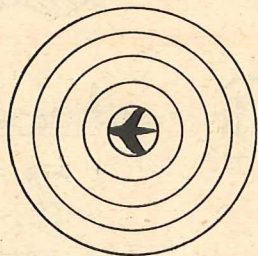
La vitesse du son varie beaucoup avec la température :

à 30°	elle est 347 m/s (mètres par seconde),	ou 1249 km à l'h.
à 16°	— 341 m/s	— 1227 km —
à 0°	— 331 m/s	— 1192 km —
à -56°	— 296 m/s	— 1066 km —

La vitesse du son varie aussi un peu avec la pression atmosphérique.

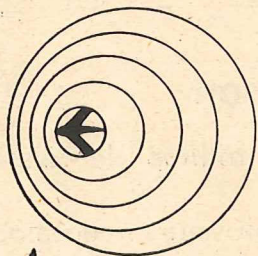
LES VITESSES SONIQUES

Comme la pierre qui ondule la surface de l'eau, comme les branches du diapason qui font vibrer l'air, l'avion produit tout autour de lui des ondulations qu'on ne voit pas.

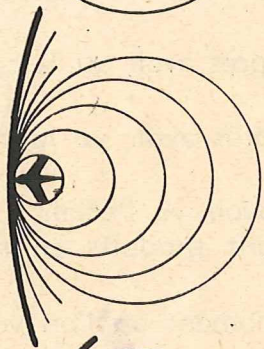


Si l'avion n'avancait pas, les ondulations s'éloigneraient de lui, dans l'air, à la vitesse du son.

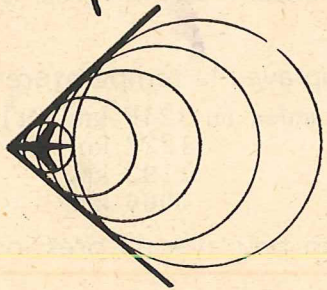
Si l'avion avance, les ondulations s'éloignent toujours de lui, mais l'avion semble courir à leur poursuite.



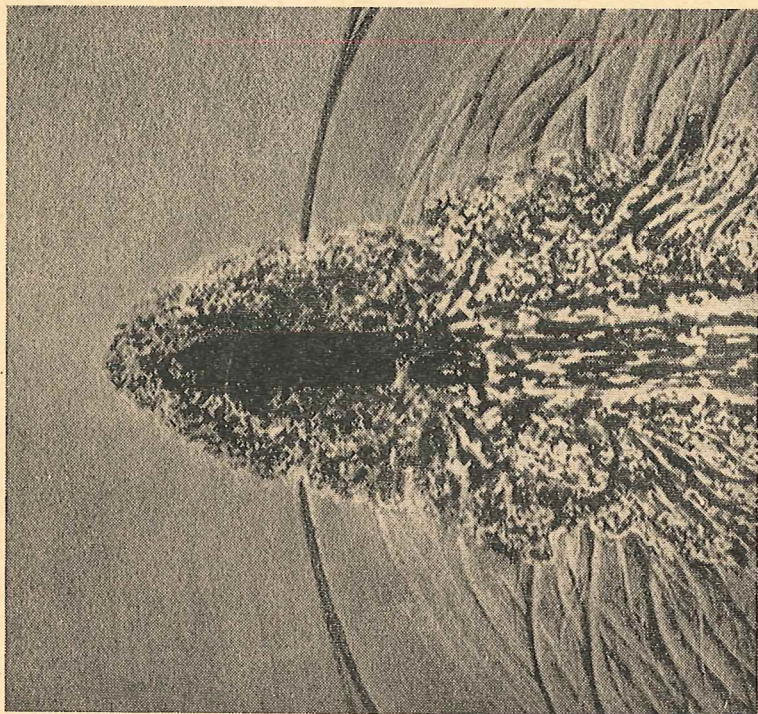
Si la vitesse de l'avion est inférieure à la vitesse du son (on dit **vitesse subsonique**), l'avion ne les rattrapera jamais.



Si l'avion avance à une vitesse égale à celle du son (on dit **vitesse transsonique**), il rattrape toutes les ondulations qui semblent s'entasser devant lui et forment ce qu'on appelle une onde de choc. Il éprouve une difficulté énorme à les traverser. C'est cette difficulté qu'on appelle le « mur du son ».



Si l'avion va plus vite que le son (on dit **vitesse supersonique**), il laisse derrière lui les ondulations qu'il a produites : le mur du son est franchi. L'onde de choc s'incline de chaque côté de l'avion.



CE QUI SE PASSE DANS L'AIR A LA VITESSE DU SON

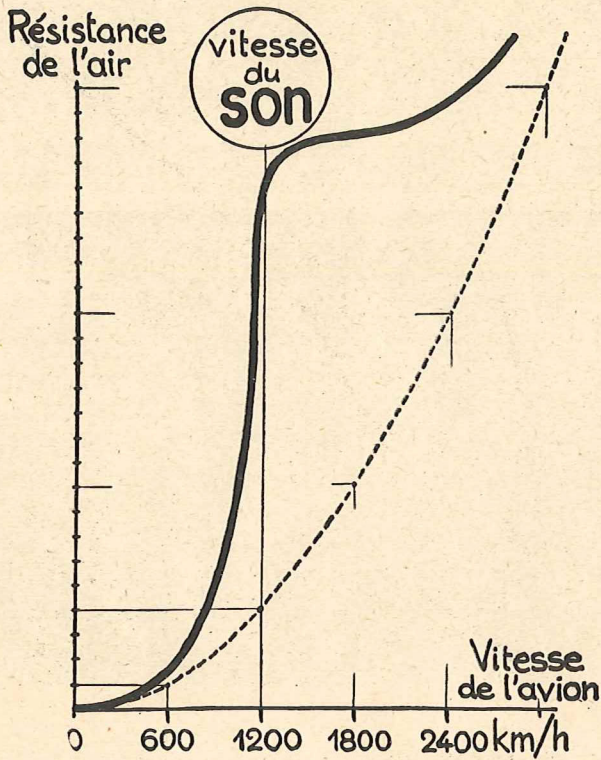
Les projectiles des armes à feu (balles, obus) dépassent depuis longtemps la vitesse du son.

Cette photographie d'une balle de fusil prise dans l'air, au millionième de seconde, montre :

- l'**onde de choc** arrondie à l'avant ;
- les **remous** violents de l'air à l'arrière.

L'accumulation de toutes les ondulations de l'air devant le projectile (ou devant l'avion) a pour effet de le freiner. Le « mur du son » devrait s'appeler plus exactement le « **mur de l'air à la vitesse du son** » car ce n'est pas le son qui oppose une résistance, c'est l'air.

Les remous causent de graves ennuis aux pilotes des avions transsoniques.

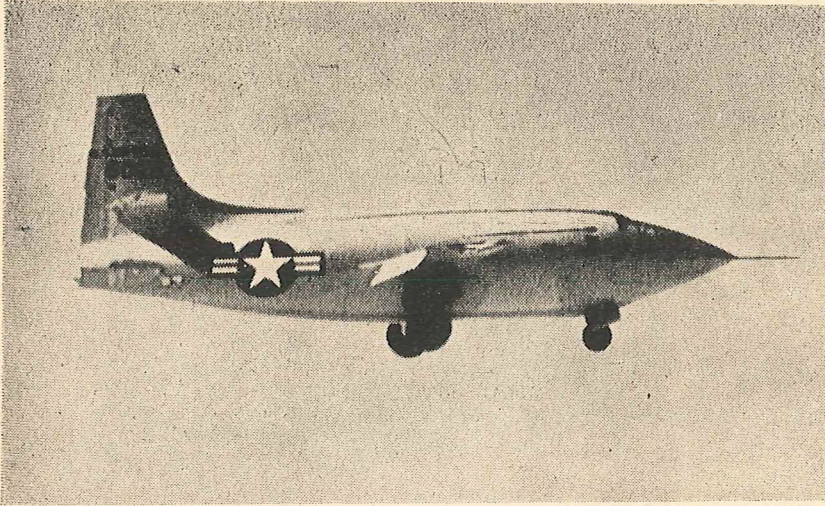


IMPORTANCE DU MUR DU SON

Au lieu de croître régulièrement (comme la courbe pointillée), la résistance que l'air oppose à l'avion grandit brusquement au voisinage de la vitesse du son (courbe en trait plein).

La puissance de l'avion doit augmenter de la même façon pour vaincre cette résistance de l'air.

Le « mur du son » oblige donc à augmenter beaucoup la puissance du moteur pour élever seulement un peu la vitesse de l'avion.



Le Bell X1 (U.S.A.) : le premier avion qui ait officiellement franchi « le mur du son » en 1949

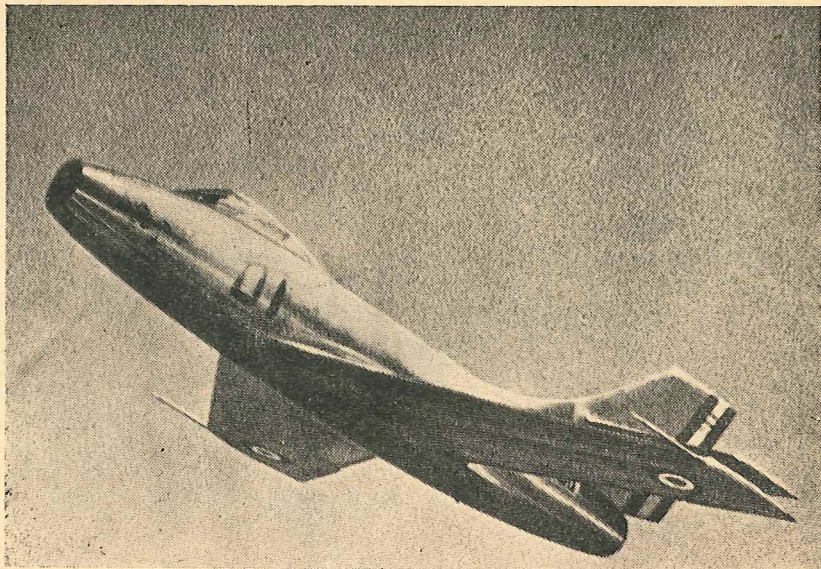
(Photo U.S.I.S.)

Non seulement l'air oppose une énorme résistance à l'avion qui s'approche de la vitesse du son, mais, de plus, cette vitesse est dangereuse pour l'avion et son pilote :

- les commandes sont très difficiles à manœuvrer, le pilote doit faire un effort considérable pour actionner les gouvernails et les ailerons ;
- les commandes n'agissent plus ou agissent en sens inverse de leur fonctionnement normal.

Ces phénomènes inattendus ajoutés au danger des vibrations qui peuvent briser l'avion, sont la cause de graves accidents.

La vitesse du son étant largement dépassée par l'avion, le pilotage redevient plus normal.



L'avion à réaction français « Mystère⁶ »

(Photo U.S.I.S.)

LES « BANGS »

Le mardi 28 octobre 1952, vers 11 heures, une formidable détonation ébranla les fenêtres de l'école. Toute la classe se demandait ce que c'était

Le même jour, vers 15 heures, d'autres détonations un peu moins fortes que celle du matin se succédèrent.

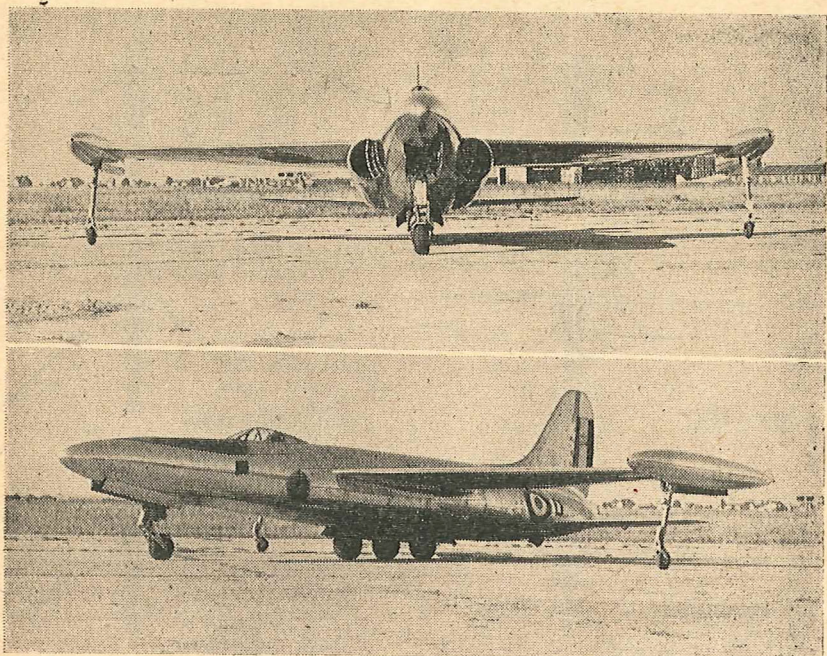
Le lendemain, par la presse et la radio, nous avons appris qu'il s'agissait d'un avion qui avait franchi le mur du son au camp de Villaroche.

« Nos Echos », Ecole de Cesson (S.-et-M.).

Quand l'avion dépasse la vitesse du son en accélérant, puis la repasse en ralentissant, il produit des détonations violentes qu'on appelle des « bangs ».

Ces détonations sont peut-être causées par l'air que l'avion comprime devant lui et qui s'échappe violemment comme l'air de la carabine à air comprimé ou le sac de papier gonflé d'air que l'on fait éclater entre les mains.

Elles sont peut-être dues également à tous les ronflements et sifflements produits par l'avion qui avancent à la même vitesse que lui, s'« entassent » autour de lui et se libèrent au moment précis où l'avion dépasse la vitesse du son.



Le SO M2,
le premier avion français qui a dépassé 1.000 km.-h.

(Photo SNCASO)

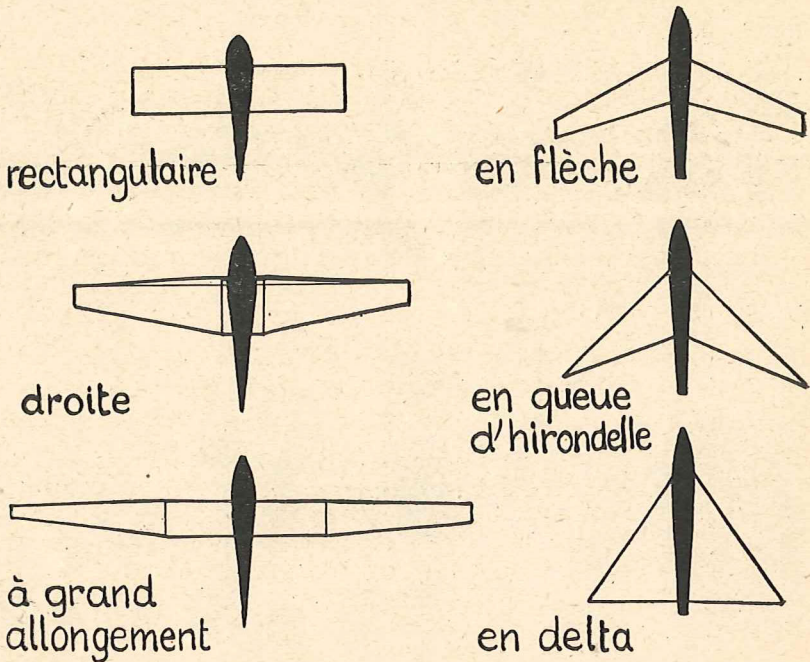
L'AILE MINCE

Pour passer la vitesse du son avec le moins de dommage possible, on donne à l'avion une forme mieux adaptée.

Le fuselage avec ses moteurs et ses prises d'air, ses réservoirs de carburant, sa cabine de pilotage, n'est guère modifiable.

L'aile devient très mince et ressemble à une véritable lame de métal. Il faut y loger quand même les commandes, les dispositifs de dégivrage et les appareils de mesure pour les essais.

En tout cas, on débarrasse l'aile du train d'atterrissage qui se replie maintenant dans le fuselage.



FORMES DES AILES

L'aile rectangulaire est celle des premiers avions.

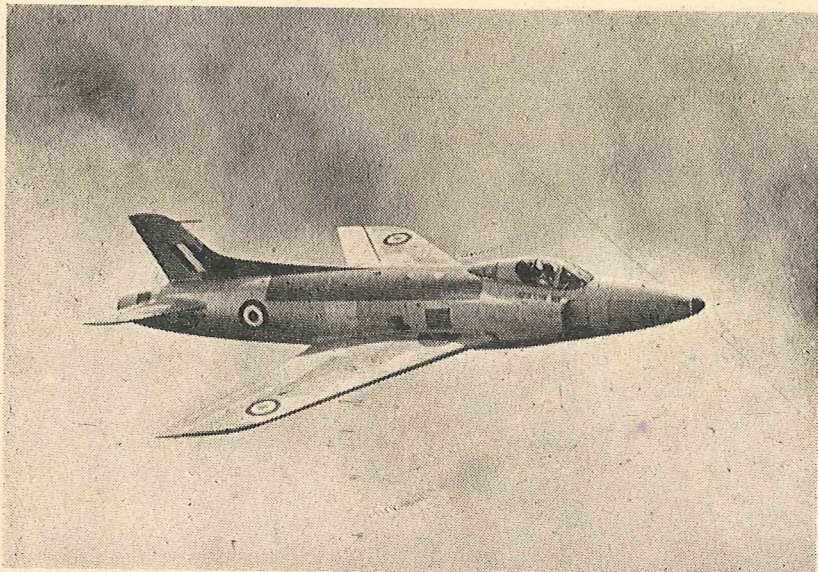
L'aile droite (qui a en réalité la forme d'un trapèze allongé) est celle des avions ordinaires en service actuellement. Ses angles sont plus ou moins arrondis.

L'aile à grand allongement est utilisée surtout pour les planeurs.

Pour les vitesses transsoniques, on essaye :

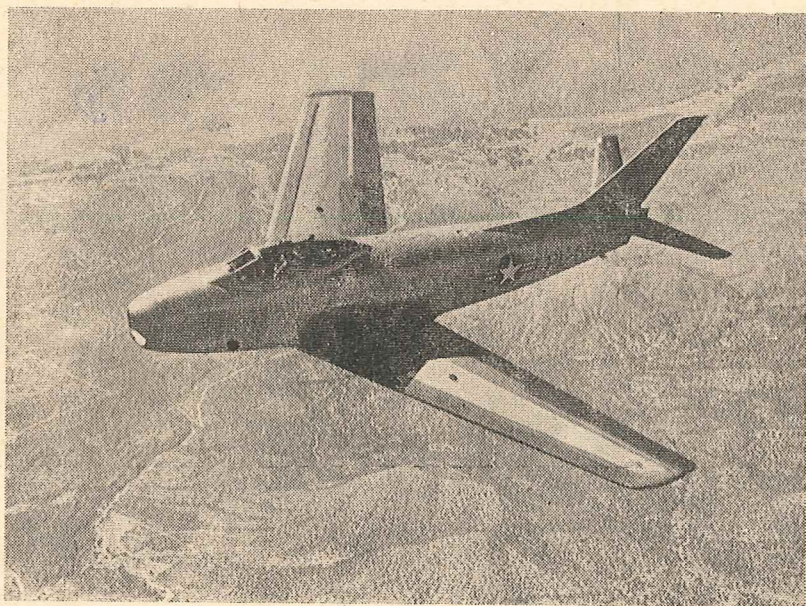
- l'aile en flèche qui favorise les très grandes vitesses ;
- l'aile en delta qui favorise les grandes altitudes ;
- l'aile en queue d'hirondelle qui a des qualités intermédiaires entre l'aile en flèche et l'aile en delta.

L'AILE EN FLÈCHE



Vickers Supermarine (G.-B.)

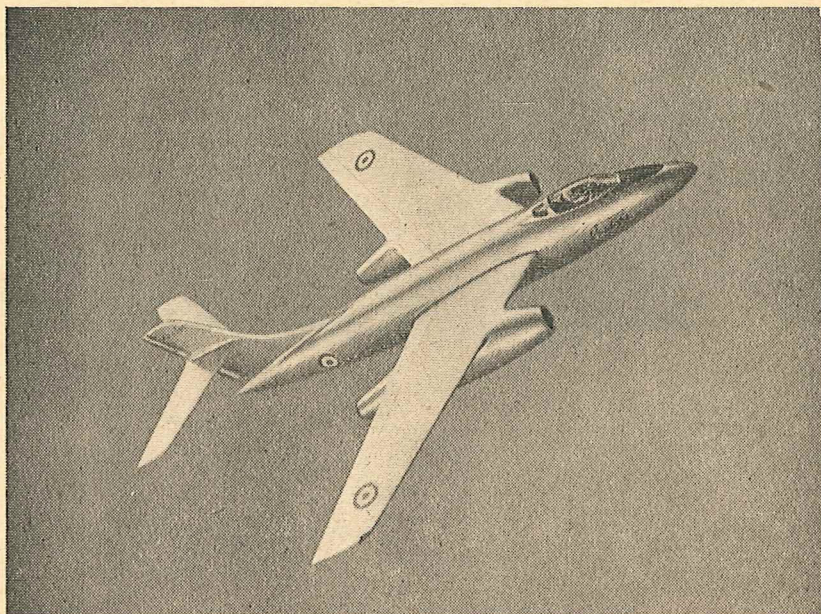
(Photo U.S.I.S.)



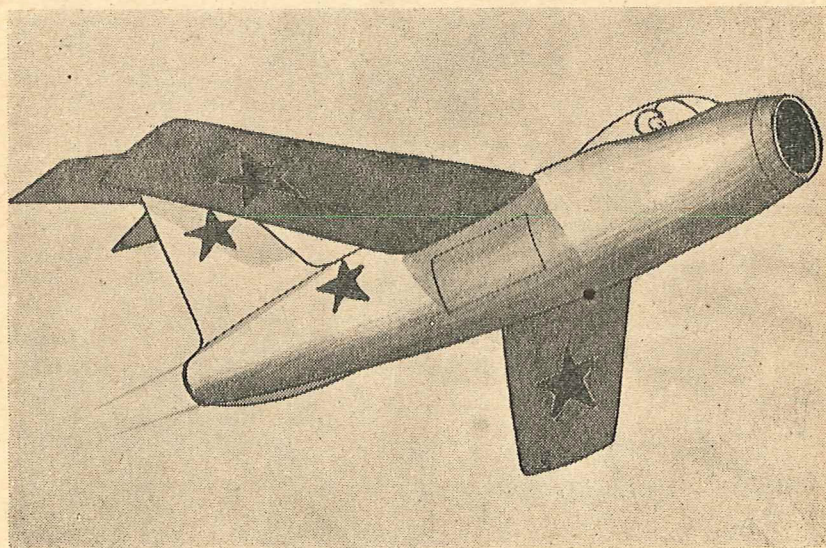
Le F86 « Sabre » (U.S.A.)

(Photo U.S.I.S.)

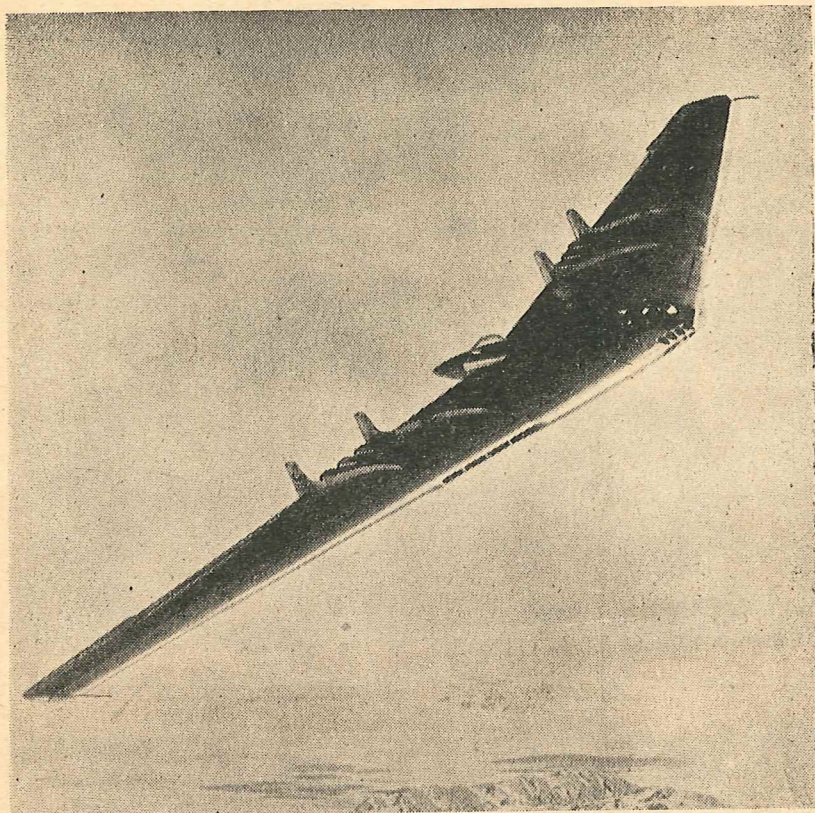
L'AILE EN FLÈCHE



Le S.O. « Vautour » (France) (Photo SNCASO)



Le « Yak » 25 (U.R.S.S.)



L'aile volante

(Photo U.S.I.S.)

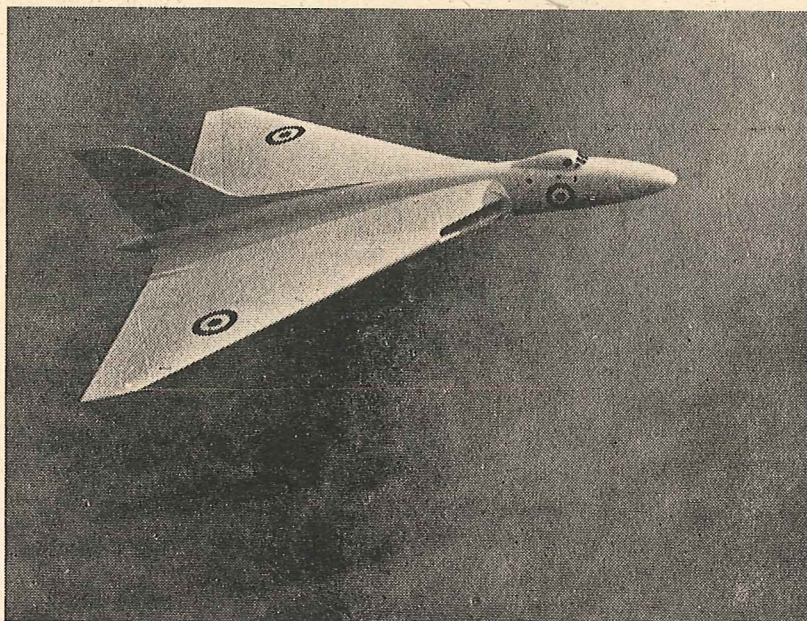
L'AILE EN DELTA

L'aile en delta ayant une plus grande surface, porte mieux l'avion et permet d'atteindre une plus grande altitude que l'aile en flèche.

L'aile reliée au fuselage sur toute sa longueur, est plus rigide et résiste mieux aux remous de l'air. Elle permet de supprimer l'empennage arrière.

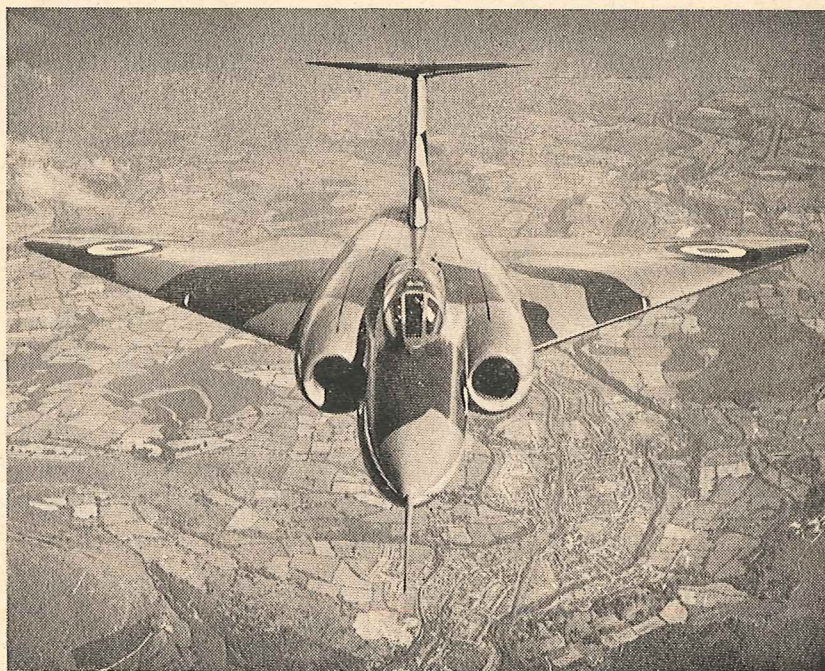
Mais l'atterrissage est plus difficile.

LE MUR DU SON L'AILE EN DELTA



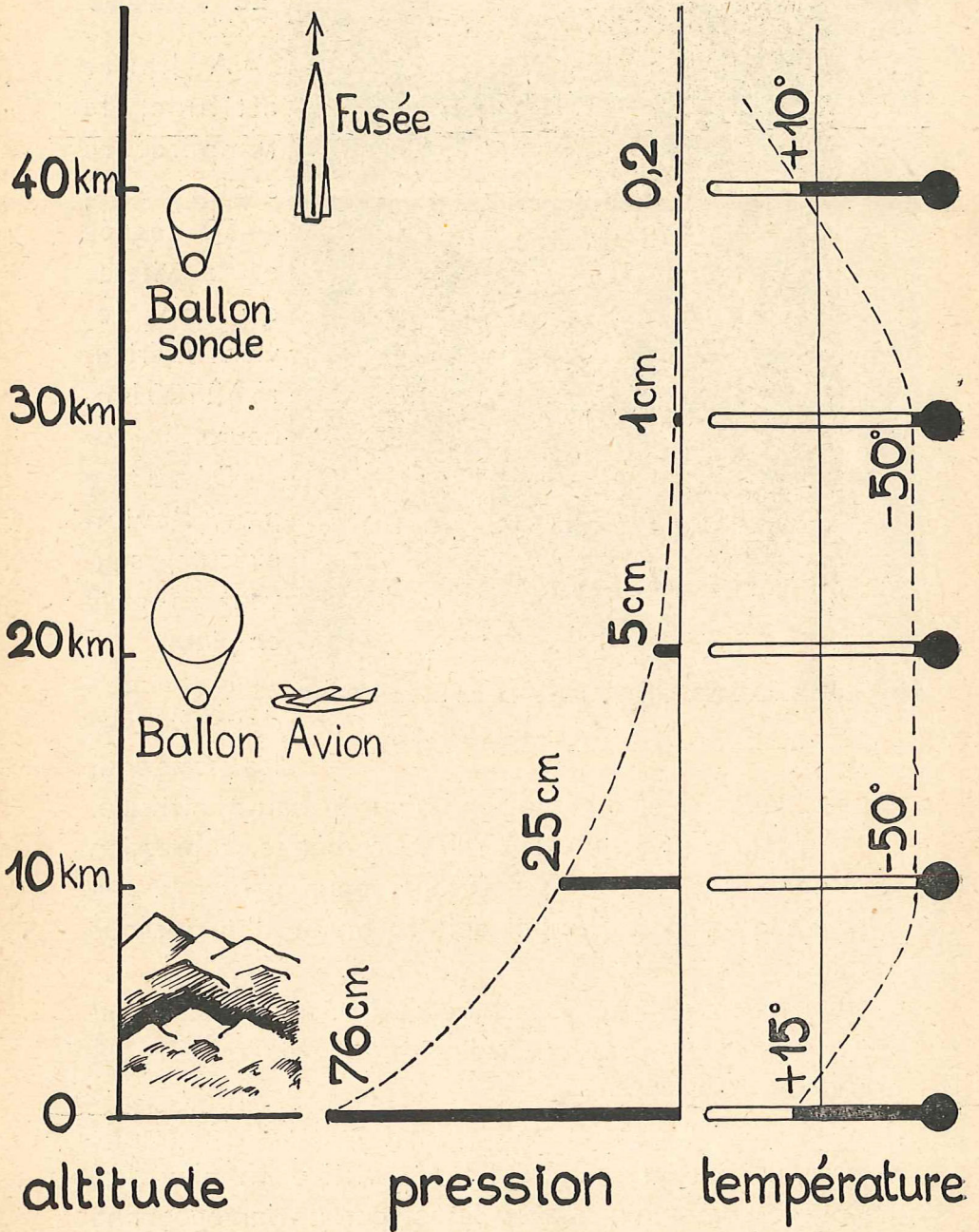
L'Avro (G.-B.)

(Photo « Shell Aviation News »)



Le Gloster Javelin (G.-B.)

(Photo « Shell Aviation News »)





(Photo « Paris-Match »)

LE CASQUE

A haute altitude, la température s'abaisse à -50 degrés et la vitesse du son devient inférieure à 1100 km-heure.

D'autre part, l'avion exécute souvent ses essais en piqué.

Pour ces deux raisons, les essais pour

passer la vitesse du son ont lieu à haute altitude.

A partir d'une altitude de 10.000 mètres, la pression atmosphérique n'est plus suffisante pour assurer la respiration du pilote. Celui-ci doit se munir d'un masque respiratoire.

Quelquefois, toute la cabine de l'avion, étanche, est maintenue à la pression ordinaire, on dit qu'elle est « pressurisée ».

Tu vois ici : le casque spécial aux vols à grande vitesse, le masque respiratoire, la visière en plexiglas. Le pilote communique avec le sol par un laryngophone (micro posé sur la gorge)..

L'EQUIPEMENT

Le pilote endosse d'abord une première combinaison qui lui serre le ventre, les cuisses et les mollets afin de résister aux forces énormes

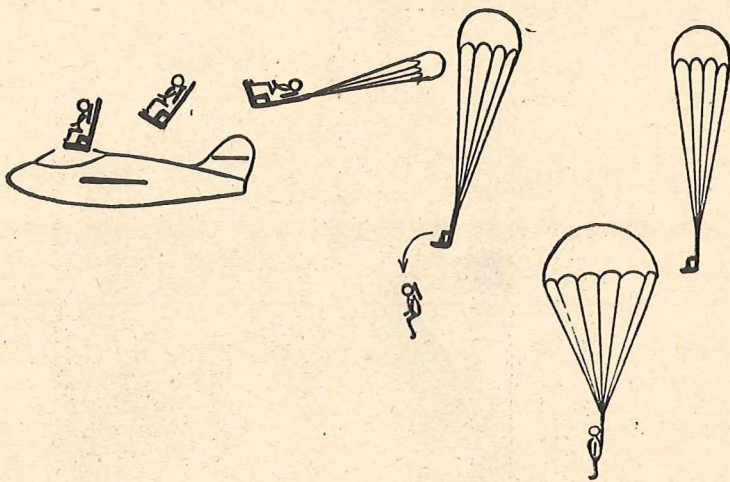


(Photo « Shell Aviation News »)

qui s'exercent sur son corps dans les virages et en piqué. (Les effets en sont bien plus grands que ceux que tu ressens dans un ascenseur qui monte ou qui descend brutalement.)

Il revêt par-dessus une deuxième combinaison fourrée, souvent chauffée électriquement, qui le protège de la très basse température (—50 degrés).

Enfin, il ajuste son parachute.



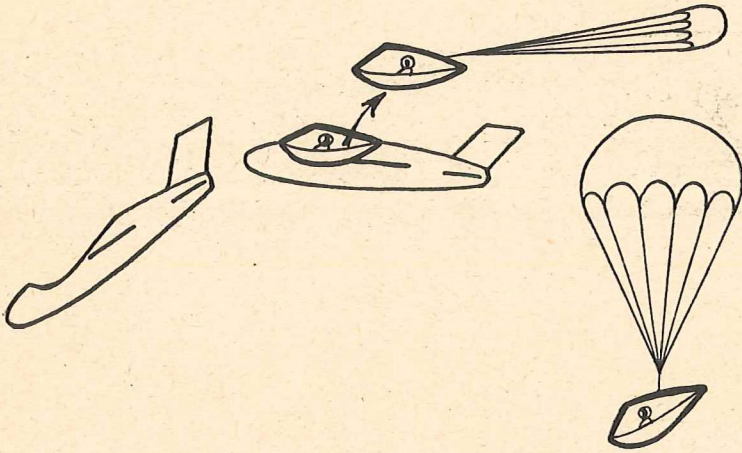
LE SIÈGE ÉJECTABLE

Aux vitesses supérieures à 700 km-h, l'air fouette si violemment les parois de l'avion qu'il serait impossible au pilote de sortir seul de sa cabine en cas de danger pour se jeter en parachute.

On place sous le siège métallique (qui peut se détacher de l'avion) une cartouche d'explosif. Quand le pilote déclenche l'explosion, le pilote et son siège sont chassés avec force au-dessus du fuselage. Le parachute attaché au siège se déploie et ralentit la chute. Ensuite, le pilote abandonne le siège et se jette dans l'air pour utiliser son propre parachute.

Siège et pilote descendent alors séparément, chacun avec son parachute.

L'avion abandonné va s'écraser au sol.



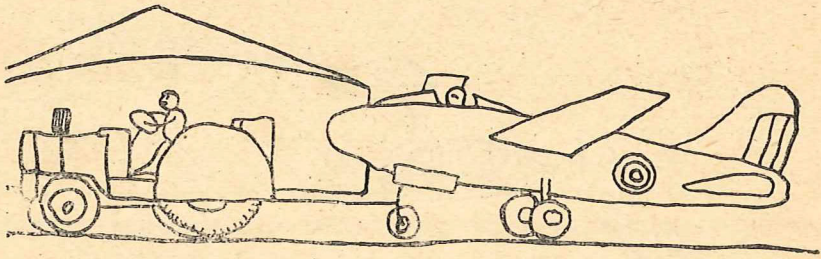
LA CABINE ÉJECTABLE

Quand on atteint les vitesses transsoniques, le pilote risque d'être écartelé ou de voir son masque arraché par la violence du courant d'air, quand il quitte l'avion, même avec son siège éjectable.

On fait actuellement des essais de cabine éjectable : c'est toute la cabine de pilotage qui se détache de l'avion au commandement du pilote et est retenue dans sa chute par un parachute.

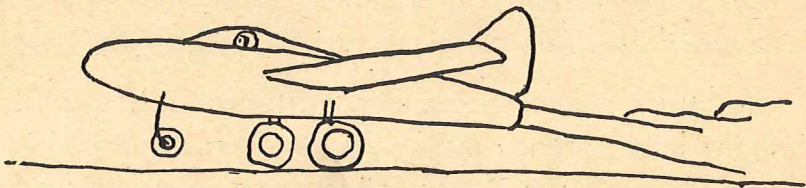
Le pilote reste à l'intérieur de sa cabine sans avoir à ressentir les effets dangereux de l'air en pleine vitesse.

De plus, aux très grandes altitudes, il n'a plus à craindre la différence subite de pression atmosphérique entre l'air extérieur à très faible pression et l'air de la cabine pressurisée.

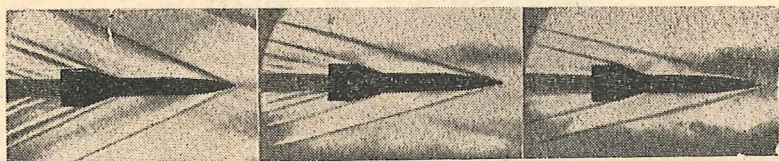


Tracteur tirant l'avion

L'avion bolide, si rapide dans le ciel, ne se déplace pas facilement au sol par ses propres moyens. C'est un modeste tracteur qui le conduit de son hangar à la piste cimentée d'où il s'envolera.



Décollage de l'avion



Mach=2,8

Mach=4,6

Mach=6,3

NOMBRE DE MACH

Sarrau en France et Mach (prononcer Mak) en Allemagne ont été les premiers à découvrir l'importance de la vitesse du son sur l'augmentation de résistance de l'air.

Un avion qui vole à 1200 km-h, à une température de $+16^{\circ}$ (vitesse du son : 1227 km-h) n'a pas dépassé la vitesse du son.

Un autre avion qui vole à 1100 km-h, à une température de -56° (vitesse du son : 1066 km-h), a dépassé la vitesse du son et est bien plus rapide que le précédent.

On ne mesure plus la vitesse des avions soniques en kilomètres à l'heure, mais par leur **nombre de Mach**.

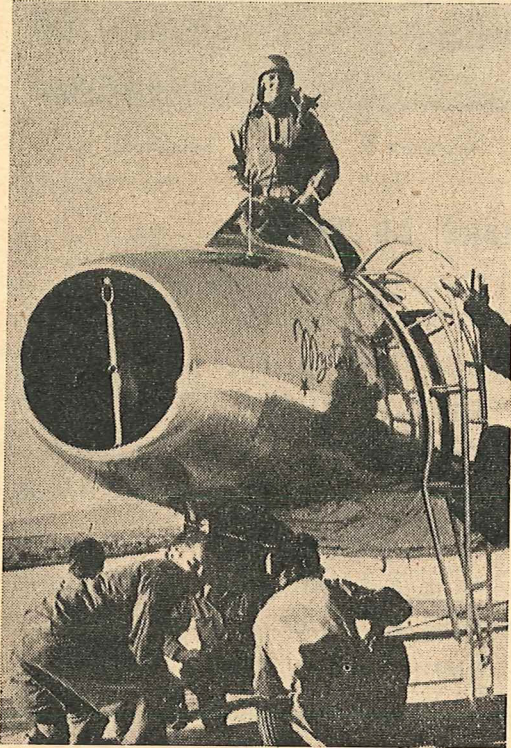
On obtient le nombre de Mach en divisant la vitesse de l'avion par la vitesse du son prise à la même température.

$$\text{Nombre de Mach du premier avion} \dots \frac{1200}{1227} = 0,98$$

$$\text{Nombre de Mach du deuxième avion} \dots \frac{1100}{1066} = 1,03$$

Sur l'avion, il y a un appareil, le Machmètre, qui indique à chaque instant le nombre de Mach au pilote. Les tiges que tu vois dépasser des avions, pages 7, 8, 11, 13 et 24 sont les prises d'air du Machmètre.

IMPRESSIONS DE PILOTES

AU
VOISINAGE
DE LA
VITESSE
DU SON

(Photo « Informations Aéronautiques »)

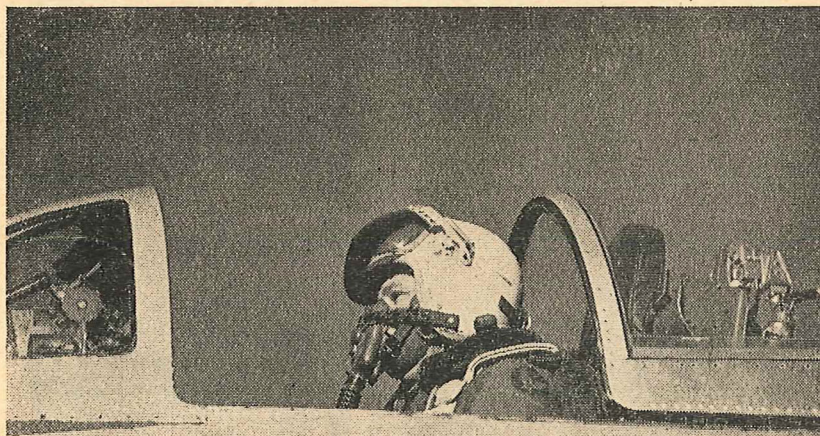
Elles sont très variées. Tout dépend de l'avion et des conditions de l'air au moment de l'essai.

Il ne se passe rien du tout ou bien l'avion effectue des acrobaties inattendues. Les effets de la vitesse sont imprévisibles et pas toujours pareils.

L'avion peut se pencher, piquer, se cabrer. Il faut alors beaucoup de poigne pour le maintenir avec les commandes qui sont très difficiles à manœuvrer et qui semblent ne plus obéir.

Quelquefois, tout l'avion se met à vibrer, à trembler, c'est mauvais signe ; il ne faut pas insister ; il faudra modifier certains détails.

On recherche au cours de nombreux essais, la forme de l'avion qui ne produirait aucune vibration ni aucun mouvement anormal au moment du passage de la vitesse du son.



UN ESSAI

Le pilote va rabattre sa visière et fermer la cabine :

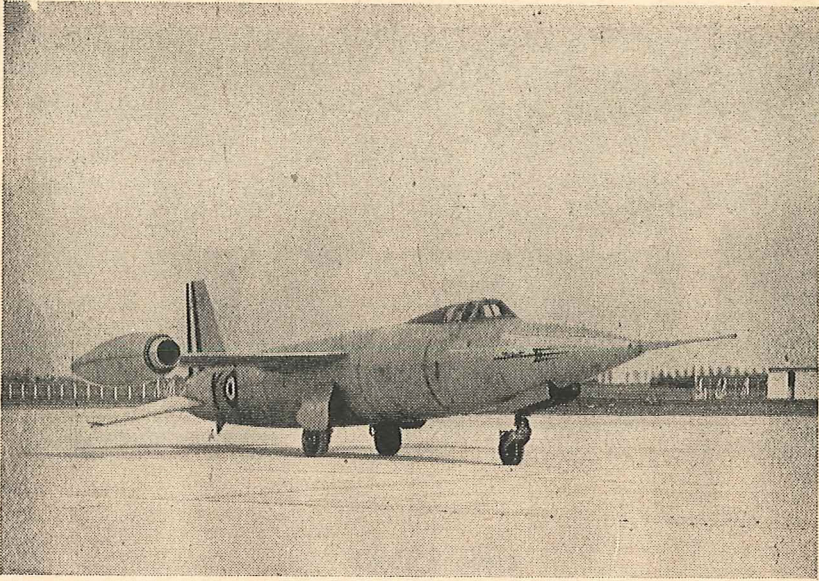
C'est le décollage, puis l'avion monte, monte... La surface de la terre ressemble à une carte et les nuages ont l'air de petits morceaux d'ouate traînant sur le sol.

Le machmètre de l'avion indique : 0,95, 0,96, 0,97... puis semble « buter » sur une valeur qu'il ne peut dépasser.

Pour augmenter encore la vitesse, il faut mettre l'avion en piqué : c'est la descente de plusieurs milliers de mètres en quelques secondes ; l'appareil ne peut être redressé qu'avec beaucoup de mal.

Le machmètre a peut-être dépassé le 1 marquant la vitesse du son... Au sol, on a peut-être entendu les « bang » caractéristiques.

De toute façon, les bandes d'enregistrement de tous les appareils de contrôle placés sur l'avion permettront aux ingénieurs de travailler pendant plusieurs jours à améliorer leur avion.



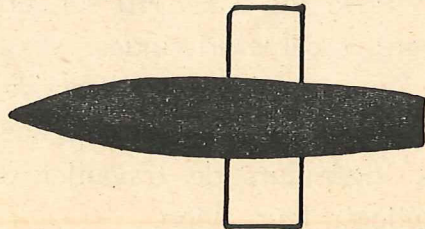
Le SO 9000 « Trident » (Photo SNCASO)

APRÈS LE MUR DU SON

L'augmentation énorme de puissance nécessaire pour passer le mur du son et l'instabilité de l'avion à cette vitesse sont de gros obstacles pour les avions commerciaux qui resteront pendant longtemps encore dans le domaine des vitesses subsoniques.

Mais quand les avions seront capables de dépasser largement la vitesse du son et d'atteindre 1600 ou 1800 km-h, le passage dangereux de la vitesse du son ne sera plus qu'un moment très court et leur forme ne sera plus la même.

On emploiera de nouveau l'aile droite, de plus en plus mince et de plus en plus courte. Ceci a déjà été réalisé sur des avions-fusées ne pouvant voler que pendant quelques minutes en raison de l'énorme quantité de combustibles qu'ils consomment.



Dans la même collection :

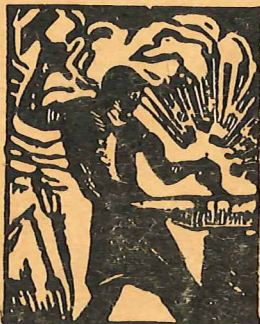
(Suite)

- | | |
|--|---|
| <p>109. Le gruyère.
 110. La tréfilerie.
 111. La cité lacustre.
 112. Le maïs.
 113. Le kaolin.
 114. Le tissage à Armentières.
 115. Construction du métro.
 116. Dolmens et menhirs.
 117. Les auberges de la jeunesse.
 118. La mirabelle.
 119. Dar Chaâbane, village tunisien.
 120. Alpha, le petit noir de Guinée.
 121. Un torrent alpestre : l'Arve.
 122. Histoire des mineurs.
 123. Le Cambrésis.
 124. La gare.
 125. Le petit pois de conserve.
 126. Le cidre.
 127. Annie la Parisienne.
 128. Sam, esclave noir.
 129 - 130 - 131. Bel oiseau, qui es-tu ?
 132. Je serai marinier.
 133. Le chanvre.
 134. Mont Blanc, 4.807 mètres.
 135. Serpents.
 136. Le Cantal.
 137. Yantot, enfant des Landes.
 138. Le riz.
 139. A la conquête du sol.
 140. L'Alsace.
 141. La ferme bressane.
 142. Vive Carnaval !
 143. Colas de Kinsmuss.
 144. Guétatcheou, le petit éthiopien.
 145. L'aluminium.
 146 - 147. Notre corps.
 148. L'olivier.
 149. La Tour Eiffel.
 150. Dans la mine.
 151. Les phares.
 152. Les animaux et le froid.
 153. Les volcans.
 154. Le blaireau.
 155. Le port du Havre.
 156. La croisade contre les Albigeois.
 157. En Champagne.
 158. Le petit électricien.
 159. I. — Le portage humain.
 160. La lutherie. †
 161 - 162. Habitant d'eau douce.
 163. Ernie, le petit australien.
 164. Les dents.
 165. Répertoire de lectures.
 166. Donzère-Mondragon.
 167. La peine des hommes à Donzère-Mondragon.
 168. La scierie.</p> | <p>169. Les champignons.
 170. L'alfa.
 171. Le portage (2).
 172. Côtes bretonnes.
 173. Le carnaval de Nice.
 174. La Somme.
 175. Le petit arboriculteur.
 176. Les chevaux de course.
 177. Abdallah, enfant de l'oasis.
 178. Une lettre à la poste.
 179. Répertoire de lectures (tome II).
 180. Moissons d'autrefois.
 181. Vignettes CEL (I).
 182. Les 24 heures du Mans.
 183. Le portage (3) (brouettes et charriots).
 184. Les pompiers de Paris.
 185. Le téléphone.
 186. Le petit mécanicien.
 187 - 188. Un village de l'Oise au XVII^e siècle.
 189. Le tabac en A.O.F.
 190. Moissons modernes.
 191. Provins, cité du moyen âge.
 192. L'eau à la maison.
 193. Répertoire de lectures.
 194. La fabrication du drap.
 195. La fabrication des allumettes.
 196. Voici la St Jean.
 197. Sauterelles et criquets.
 198. La chasse aux papillons.
 199. Et voici quelques champignons.
 200. Il pétille le champagne.
 201. Fulvius, enfant de Pompéi.
 202. Produits de la mer. I. Les crustacés
 203. Produits de la mer. II. Mollusques et coquillages.
 204. Mines de fer de Lorraine.
 205. Electricité de France.
 206 - 207. Beau champignon, qui es-tu ?
 208. La matière (I).
 209. L'énergie (II).
 210. Les machines atomiques (III).
 211. Le petit potier.
 212. Répertoire de lectures.
 213. Histoire de la lame de rasoir.
 214. Quatre danses provençales.</p> |
|--|---|



La brochure : 50 fr.

La collection complète : remise 5 %



Le gérant : FREINET



IMPRIMERIE « ÆGITNA »
27, RUE JEAN-JAURÈS, 27
CANNES (ALPES-MARITIMES)