



# Histoire des fusées françaises à propulsion solide

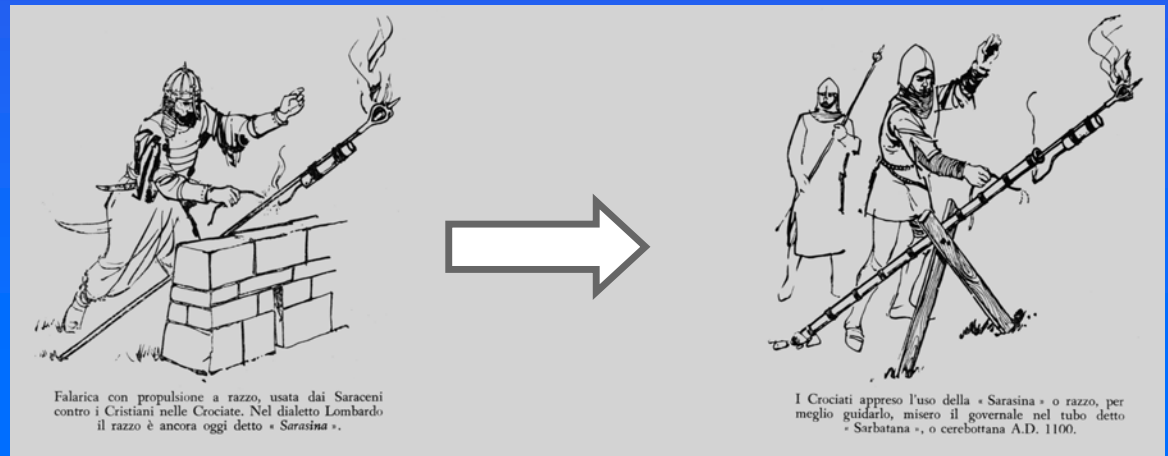
Jean-Jacques Serra  
Institut Français d'Histoire de l'Espace

**Conférence sur les 60 ans des premiers satellites français  
30 janvier 2026**

# Les fusées à poudre

- **1195 : Première utilisation connue de fusées de guerre en France**
  - └ Dieppe, Philippe Auguste contre Richard Cœur de Lion

Feux d'artifice



- **1428-1451 :**  
**Nombreux emplois de fusées de guerre pendant la Guerre de 100 ans**

Frères Bureau

Pendant presque toute la durée des guerres anglaises, on fit emploi des fusées en même temps que des bombardes, des fauconneaux, des couleuvrines, des ribeaudequins et autres canons. Gaspard Bureau préconisait la fusée comme étant moins dangereuse que le canon, car celui-ci éclatait souvent à cause de sa fabrication defectueuse et aussi de la mauvaise préparation de la poudre. La fusée avait d'ailleurs une très grande efficacité comme engin de guerre, incendiant les tours et les autres défenses construites en bois. En 1428, par exemple, à la défense d'Orléans, les tours et les machines des Anglais furent brûlées par des fusées.



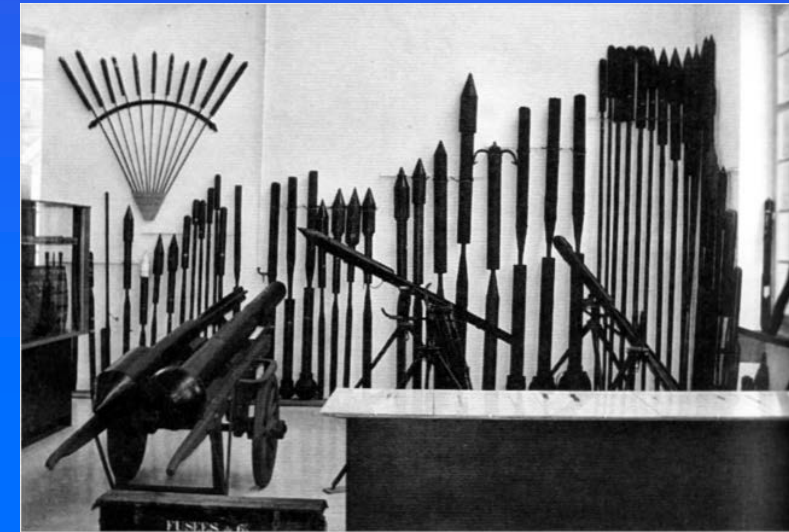
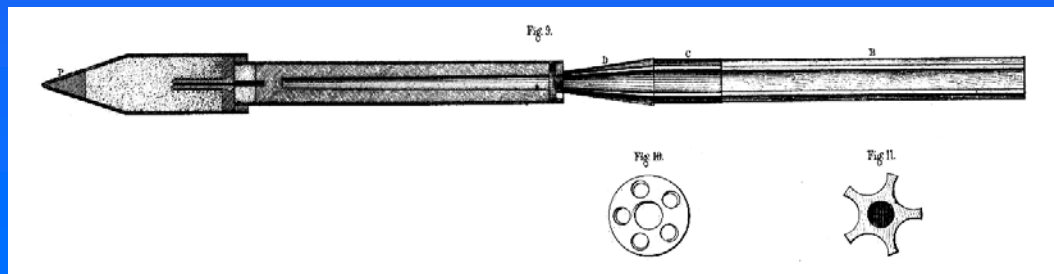
# Les fusées à poudre

- **XIX<sup>e</sup> siècle : Premier "age d'or" de la fusée**

- **W. Congreve** (1772-1828) : cartouches en métal

- └ remplacement de la baguette latérale

- └ chargement à la presse hydraulique



- **L. Suzane** (1810-1876):

- Ecole Centrale de Pyrotechnie de Metz

- **Premières fusées à parachute**

- **Congreve** : light ball & floating carcass

- **Mars 1837** : N-F. Charoy

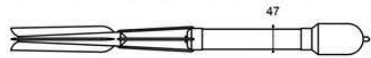
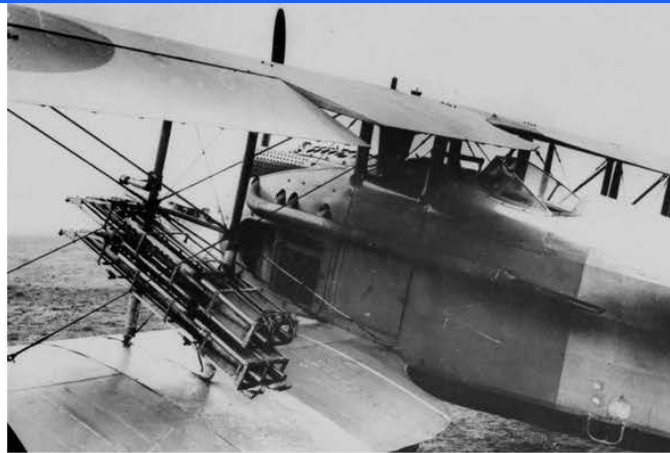
- Premier animal lancé par une fusée**

Brevet n°5978 du 11 janvier 1837, addition du 6 février 1838

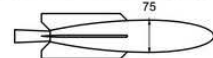
— M. Charroy, artificier, qui avait déjà fait des expériences la semaine dernière au Champ-de-Mars, les a renouvelées ce matin sur les hauteurs de Belleville, en présence de quelques curieux et de plusieurs délégués de l'administration. Les perfectionnements qu'il a apportés à ses bombes et à ses fusées volantes à parachute, pour lesquelles il vient de prendre un brevet d'invention, ont été couronnés du plus complet succès. C'était vraiment chose fort curieuse à voir que ces parachutes, poussés par le vent, qui ont été descendre dans Paris, à plus d'une demi-lieue du point d'ascension. **L'un d'eux a ramené à terre, en très-bonne santé, une souris renfermée dans une petite cage, qui venait ainsi de faire une ascension de plus de deux cents toises.** Indépendamment de ce que ces expériences peuvent avoir de curieux, chacun a pu se convaincre de l'utilité qu'elles peuvent avoir pour transmettre des dépêches et donner des signaux.

# Les fusées à poudre

- **1914-1918 : Les fusées antiaériennes**
  - Le Prieur : fusées paragrêle Ruggieri modifiées

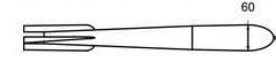


Fusée-torpille de 44 mm (Sautereau du Part)



Pyrotorpille de 75 mm (Bory et André)

**Propulseur Ø30 avec  
tuyère**



Torpille incendiaire de 60 mm (STAé)

Le remplacement de la poudre par un propulseur Ø30 avec tuyère, placé à l'intérieur d'une torpille à ailettes.

1916-17 : F.A. Malloué (1872-1917)

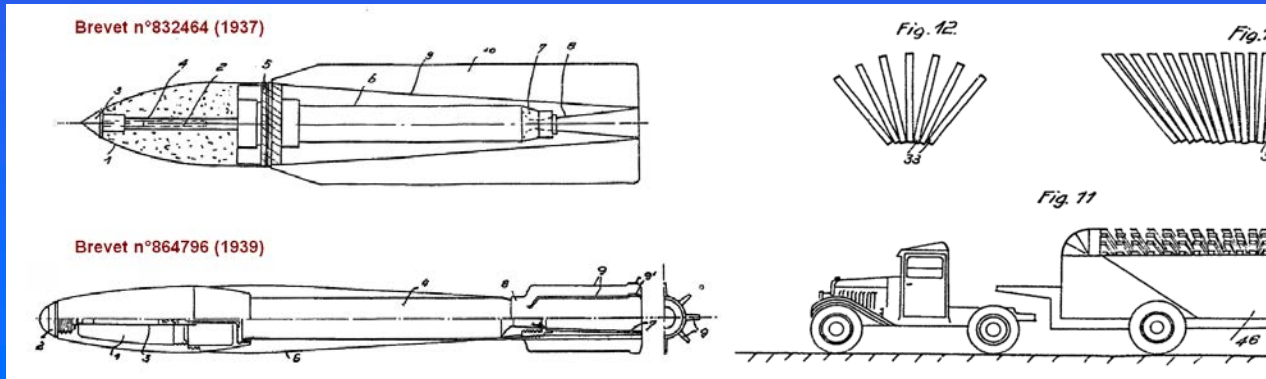
- coton poudre + solvants / presse □ rondelles, pleines ou annulaires.
- pile de rondelles enfoncées dans le cartouche et collées les unes aux autres.
- bons résultats, mais décès de Malloué.

1917 : L.L. Lavère (1878-1944) et A.E. Neuvéglise (1887-1967) Poudrerie du Bouchet

- picrate d'ammoniaque, nitrate de potasse et gomme glycérinée.
- poussée de 110 kg à 125 kg.

# Les fusées à poudre (les années 1930)

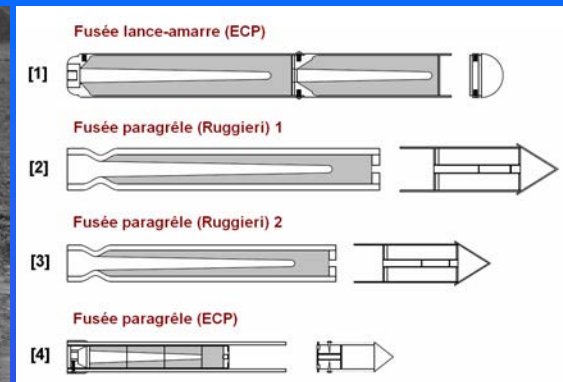
- **Société d'Applications Pyrotechniques : Bory et Andreau**



↳ **remplacement de la poudre par une cheddite**  
(chlorate de potassium dans un liant organique)

- **Louis Damblanc**

↳ **balistique intérieure de la fusée** □ Prix d'Astronautique 1935



↳ **fusées multiétages avec étages largables**

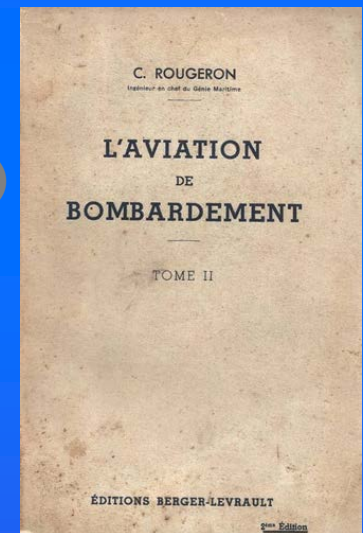
# Les fusées à propergol solide (années 1930)

- **1933 : Création de la Direction des Fabrications d'Armement (Terre)**
- **ETVS (Établissement d'Expériences Techniques de Versailles)**
  - └ Commission d'Expériences de Versailles + Laboratoire d'Études de Balistique Intérieure

- └ **F. Desmazières (1881-1972) ; P. Tercé (1903-1994)**
- **Emploi de la poudre SD (Nitroglycérine-Nitrocellulose) pour la propulsion**
  - 1932 : cylindres pleins
  - 1933 : cylindres creux

> REP  
Barré

- **1936 : Création du Service Technique de l'Armement (Air)**
  - **Service de l'Armement Aérien**
  - └ **C. Rougeron (1893-1981) Génie Maritime**
  - **Promoteur de la "bombe-fusée" et de la "bombe planante"**
    - "L'aviation de bombardement" (1936)



- **Essais pour le compte du Ministère de l'Air**
- **1936** : (Vernon, Ets Brandt) : Tirs de projectiles-fusées chargés en poudre SD. Fusées pesant près de 6 kg et portant à 3000 m.
- **1940, 6 juin** : (Bourges) : Tir "très réussi" d'une fusée de 80 mm chargée en poudre SD. Fusées destinées à propulser des bombes d'avions.

# Les fusées à propergol solide (années 1940)

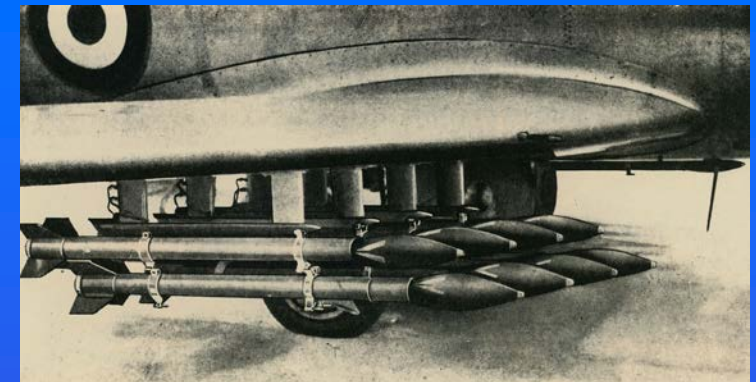
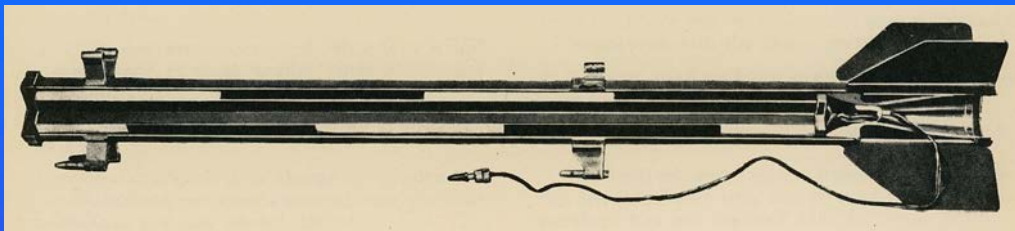
- **1940 : ETVS replié à Tarbes, transféré à Caussade en 1941**
  - ↳ P. Tercé démissionne □ Vichy

- **A la Libération, Tercé fonde la SERAM**  
(Société d'Études, de Recherches et d'Applications Mécaniques)



- **1946 : Création du Laboratoire de Propulsion du Bouchet**
  - ↳ Georges Maire (1920-2010)

- **1948 : roquette SERAM T10 (Tercé 10)**
  - ↳ Propulseur 80 mm, 1 m de long
  - ↳ Bloc SD tubulaire → cruciforme

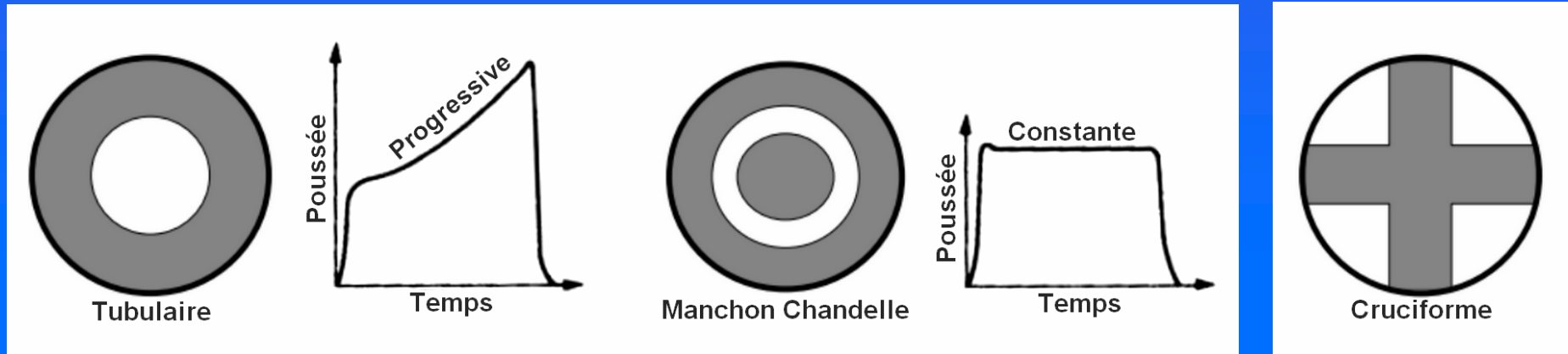


- ↳ **Fabrication en série : SERAM + SEPR**
  - ↳ Utilisé pour propulser de nombreuses maquettes : ONERA, DEFA, MATRA,...
  - ↳ Vendu dans de nombreux pays

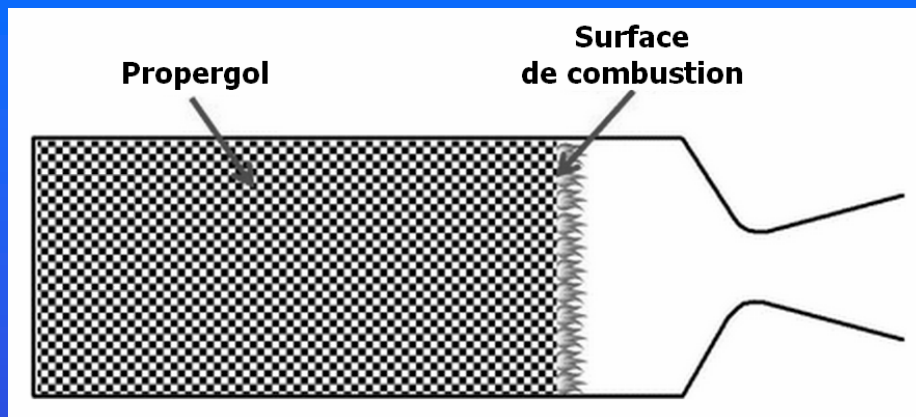
# Géométrie des blocs SD

- Blocs de propergol double base extrudés (EDB)

- combustion radiale



- combustion axiale

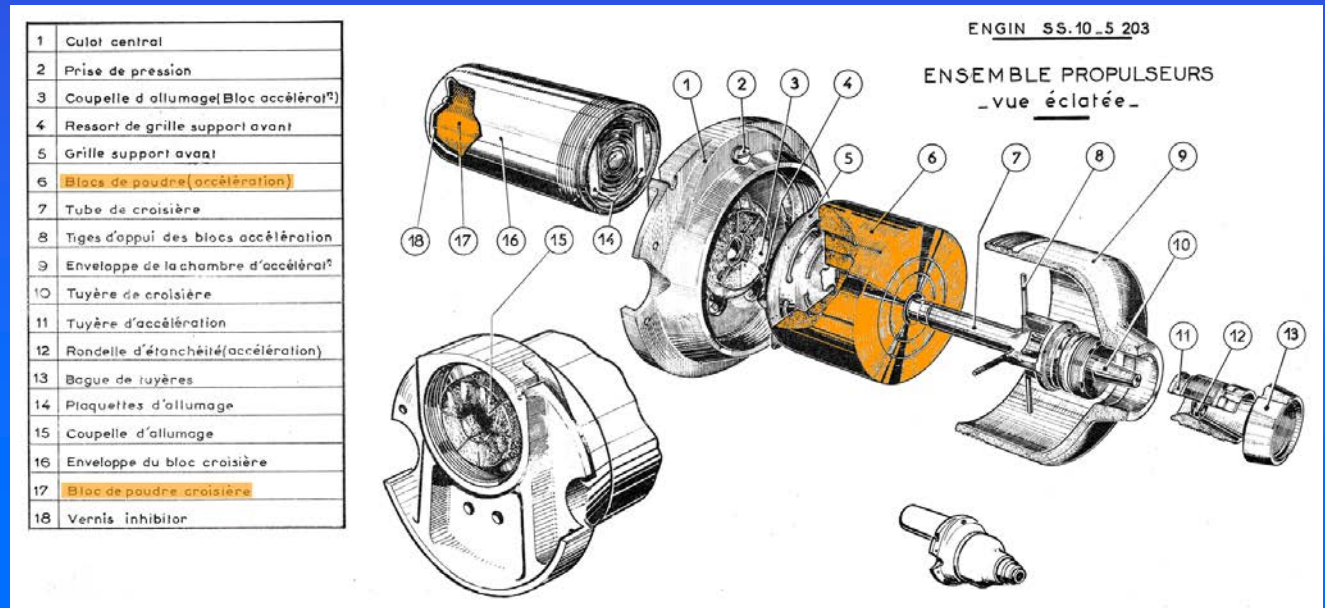


- longue durée
- faible poussée
- protéger l'enveloppe

# Propulseurs chargés en SD à "plateau"

- **Missile SS 10**

1952 :  
Premiers chargements  
SD à plateau / SS 10



- **Propulseurs de croisière en SD à plateau**



**SS 10**

A: (SD, 200 kg x 0.65 s)  
C: (SD, 9.5 kg x 18 s)



**ENTAC**

A: (SD, 500 kg x 0.3 s)  
C: (SD, 7 kg x 22 s)

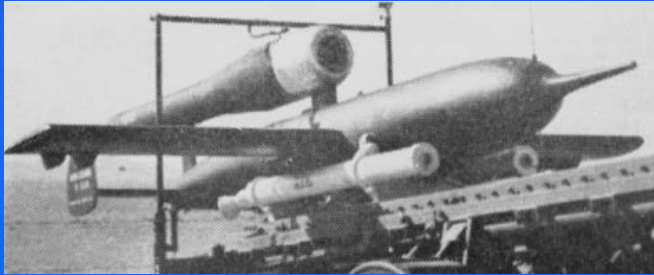


**R 05 -> R 511 (STRIM -> HB)**

A: (SD, 1600 kg x 3 s)  
C: (SD, 200 kg x 13.5 s)

# Propulseurs chargés en SD à "plateau"

- Propulseurs d'accélération (boosters) en SD à plateau (x2)



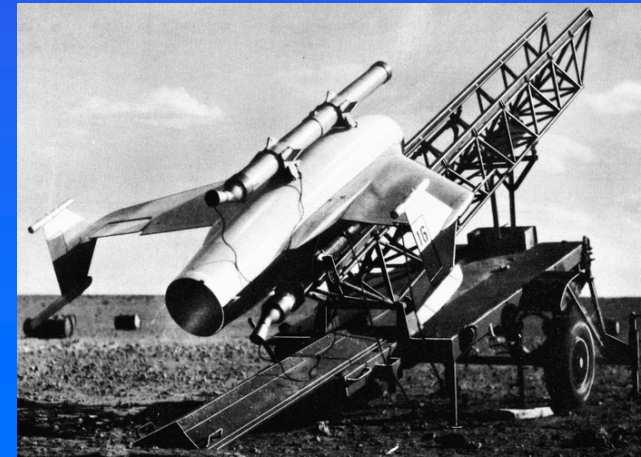
**CT 10**

2 (SD, 4000 kg x 1.5 s)



**CT 20**

2 (SD, 4500 kg x ? s)



**SE 4200 / STRIM**

2 (SD, 3200 kg x 3.75 s)



**SE 4500 / STRIM**

2 (SD, 3350 kg x 4 s)

# Propulseurs chargés en SD à "plateau"

- Propulseurs d'accélération (boosters) en SD à plateau (x4)



Tubes  
(130-16-1930)



**MARUCA 1-4**  
4 (SD, ?)



Manchon-  
chandelle  
(156-100-~2000)  
(57-0-~2000)

4 x  
85 kNs en 4.5 s

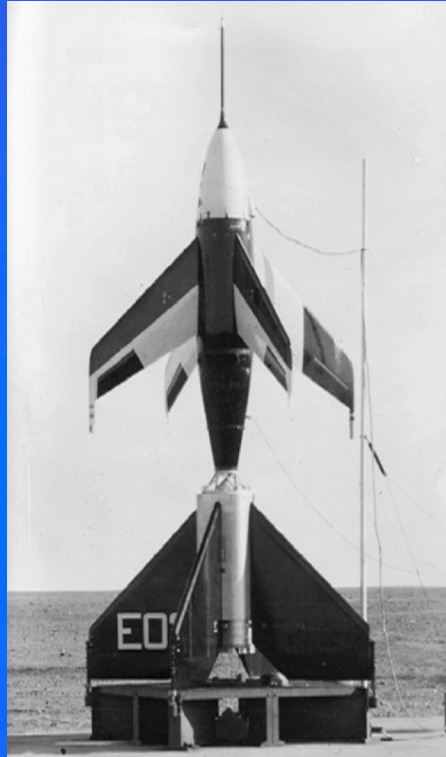
**PARCA**

# Propulseurs chargés en SD à "plateau"

- Propulseurs d'accélération (boosters) en SD à plateau (groupés/tandem)



**SE 4100 / STRIM**  
6 (SD, 1250 kg x 3 s)



**SE 4300 / STRIM**  
5 (SD, 2200 kg x 3.3 s)



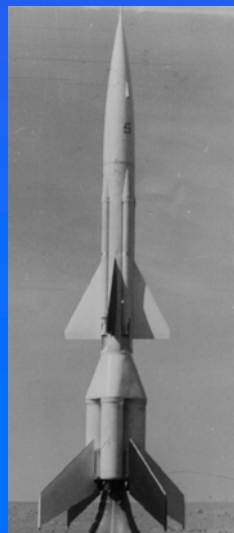
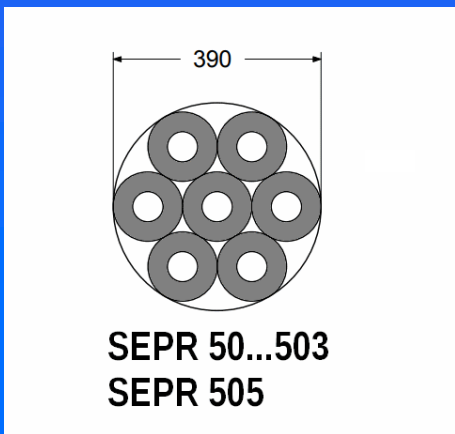
**MARUCA A5**  
4 (SD, ?)



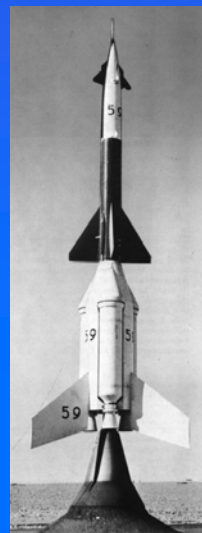
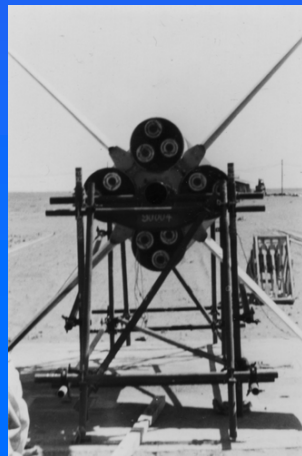
**SE 4400 / STRIM**  
4 (SD, 3075 kg x 3.5 s)

# Propulseurs chargés en SD à "plateau"

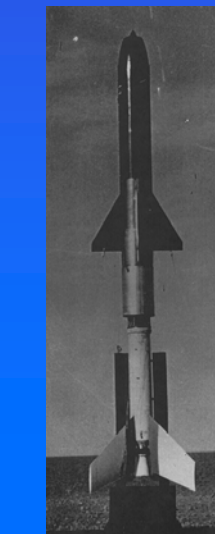
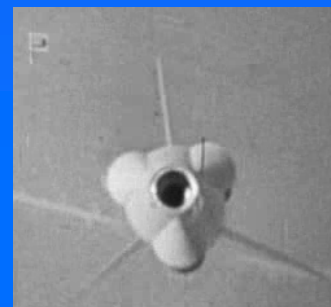
- Propulseurs SEPR d'accélération (boosters) en SD à plateau **plusieurs blocs dans une même enveloppe** (blocs Ø130)



R 042 (4xSEPR 501-503)

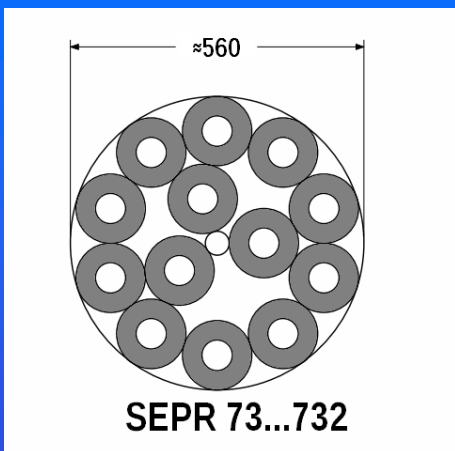


R 422A (3xSEPR 5051)



R 431  
(SEPR 5052)

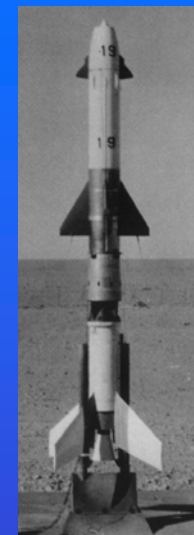
**MATRA**



Type	Poudre kg	Impulsion kNs	Durée s
503		295	3
5051	220	390	4
5052	281	530	4
5053	163	305	4
5054	281	530	4
732	470	883	4.5



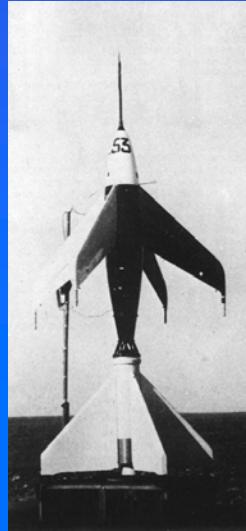
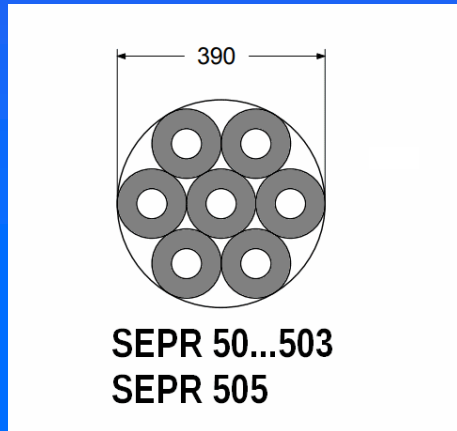
R 422B (SEPR 732)



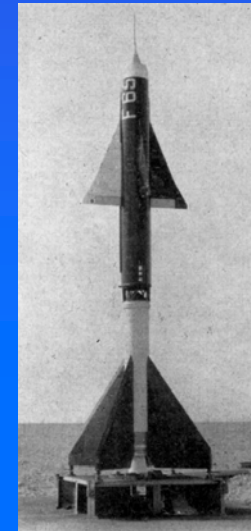
R 431

# Propulseurs chargés en SD à "plateau"

- Propulseurs SEPR d'accélération (boosters) en SD à plateau **plusieurs blocs dans une même enveloppe** (blocs Ø130)

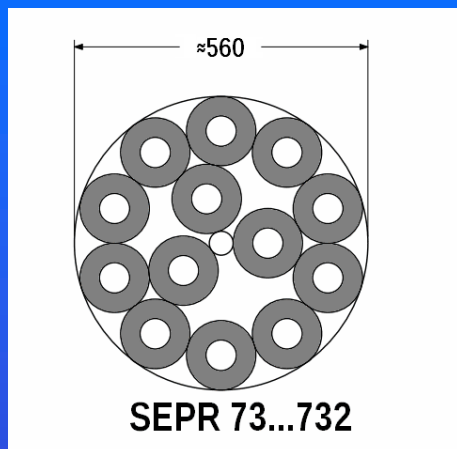


SE 430 (SEPR 5053)

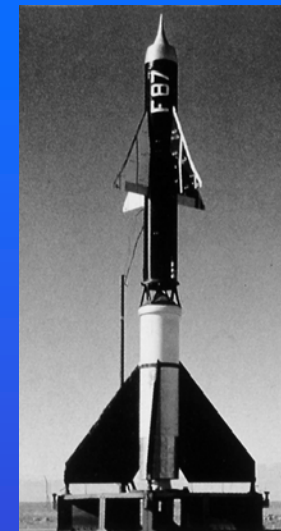


SE 440 (SEPR 5054)

**SNCASE**

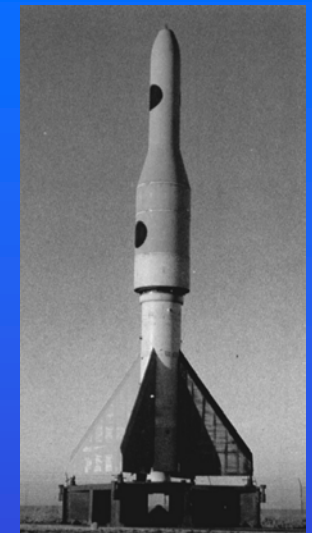


Type	Poudre kg	Impulsion kNs	Durée s
503		295	3
5051	220	390	4
5052	281	530	4
5053	163	305	4
5054	281	530	4
732	470	883	4.5



SE 440

(SEPR 732)



VE 9

# Propulseurs chargés en Epictète

- **Fin 1950 : Mission de l'IG Georges Fleury (Service des Poudres) aux USA**
  - └ **Poudre double base moulable (cuisson  $\approx 50^{\circ}\text{C}$ ) avec effet plateau**
  - └ **Epictète (tout-temp)**

- **Missile SS 11**

1954 :

Premiers chargements Epictète

Premier vol avec Epictète

1955 :

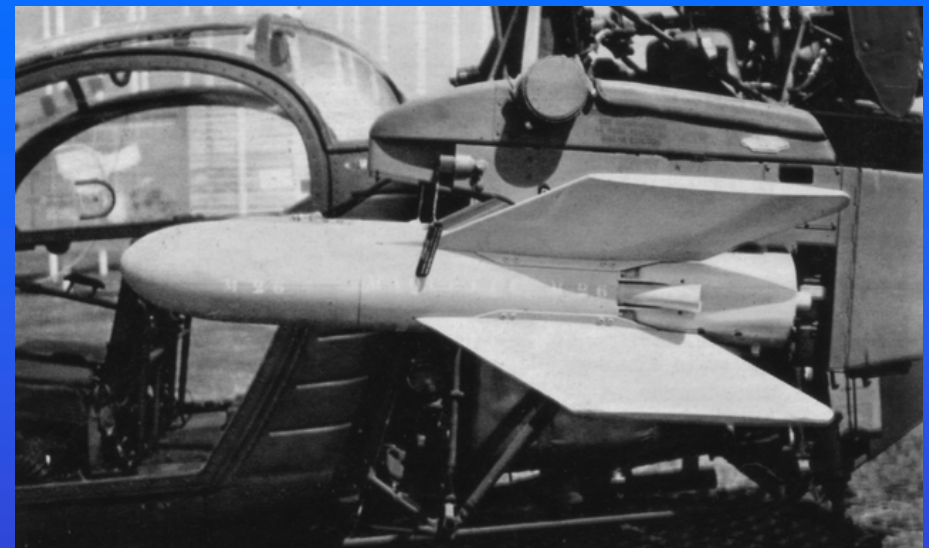
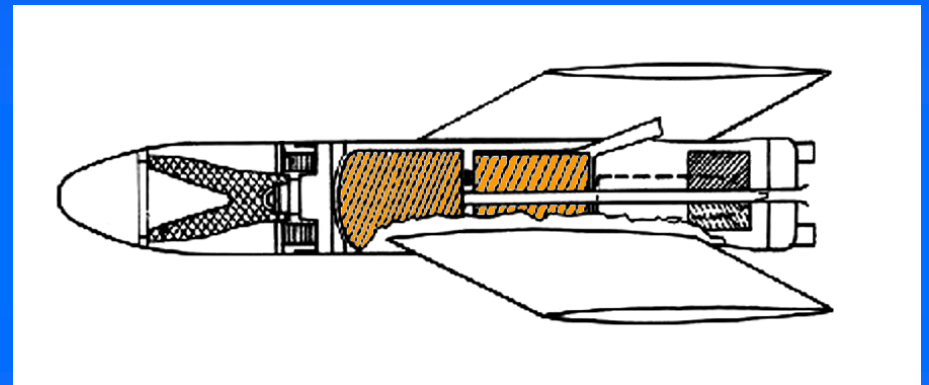
Qualification des blocs Sophie et Simplet

A : **Simplet**, 7 blocs annulaires (1,7 kg)

1,2 s  $\square$  10 g

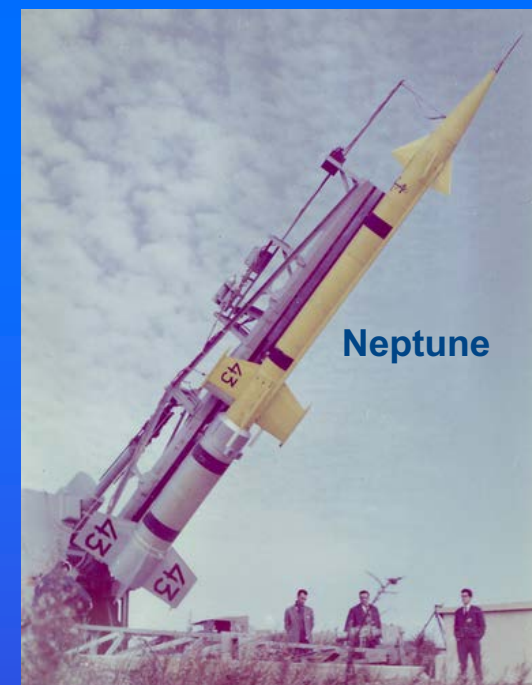
C : **Sophie**, en "cigarette" (4,3 kg)

20 s, 110 m/s  $\square$  200 m/s











# Propulseurs chargés en Epictète

- Exemples de blocs > 100 kg  
(moteur principal de missiles sol-air)
- □280 mm : Ajax (20 kN - 17 s) Parca de Transition
- □300 mm : Jericho (15 kN - 20 s) R.422
- □390 mm : Irène (expérimental)
- □390 mm : Neptune (20 kN - 33 s) Masurca Mq1 (**structural**)
- □390 mm : Jason (30 kN - 28 s) Parca Eleonore (2 tirs)

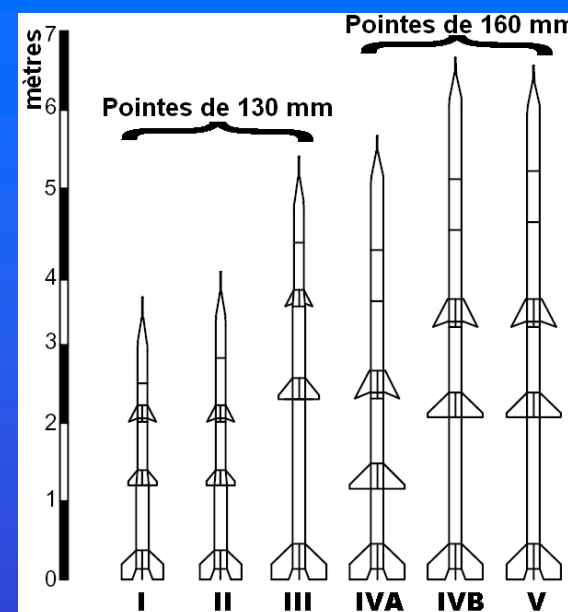


# Propergols composites

- **Plastorgols (Plastolite)** : polychlorure de vinyle - perchlorate d'ammonium  
 L blocs libres (moulés) / Cuisson 160-180°C

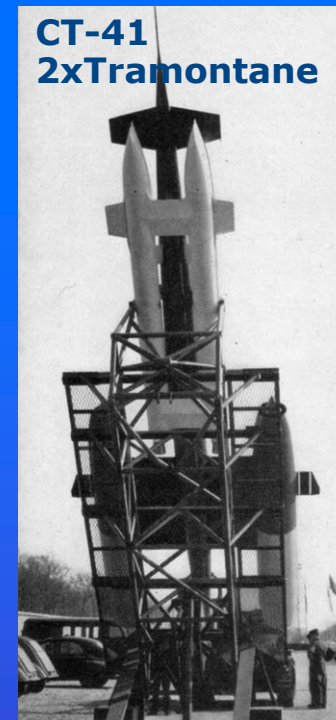
	Mélanie	Mimosa	Trèfle	Nicole	Agnès	Germain	Aspic	Apollon	Minerve	Vénus	Mistral	Tramontane	Mathurin	Hercule	Popeye	Vésuve
Ø nominal, mm	150	203	203	203	203	203	227	275	275	275	332	332	390	390	390	550
Poids poudre, kg/m	21	39	34	35	39	40.7	15.1	73	66.5	64.5	125	105.3	138	146	134	264
Impulsion à 60 kg/cm <sup>2</sup> , kg/s/m	4300	8000	7000	7000	8300	8300		15000	13500	13000		21600	28000	30000	27000	54000
Forme	étoile	étoile 10 pts					id. Popeye	étoile	étoile	id. Trèfle		étoile		étoile		

- **Fusée ATEF Monica (1955), R. Pillorget**



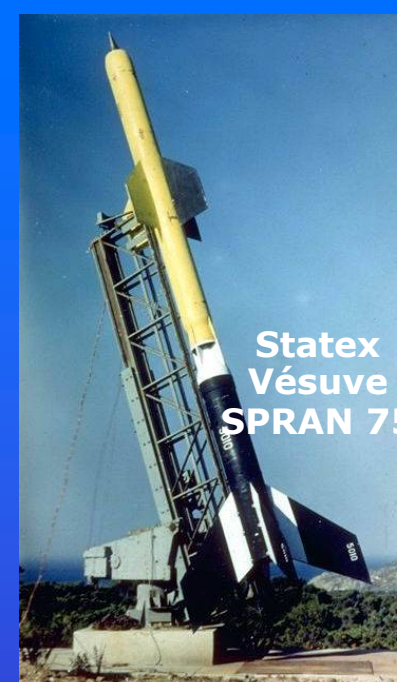
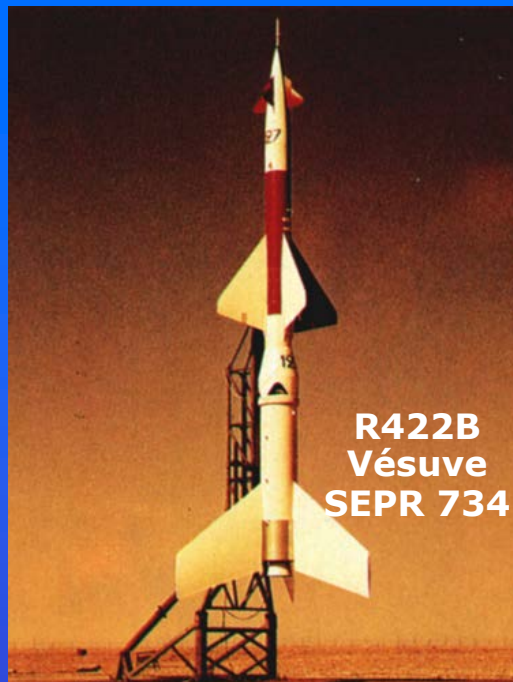
# Propergols composites

- **Plastorgols (Plastolite/Plastolane)**
  - ↳ **1) Accélérateurs (boosters)**
    - □ 203 mm : Mimosa (nombreux boosters)
    - □ 275 mm : Vénus (nombreux boosters)
    - □ 332 mm : Tramontane (booster CT-41)



# Propergols composites

- **Plastorgols (Plastolite/Plastolane)**
  - ↳ **1) Accélérateurs (boosters)**
    - □390 mm : Mathurin (plusieurs boosters)
    - □390 mm : Popeye (booster Masalca)
    - Ø550 mm : Vésuve (nombreux boosters)



# Bilan à la fin des années 1950

- Direction des poudres : monopole production de "substances explosives"
- Constructeurs de propulseurs à poudre dans les années 1950

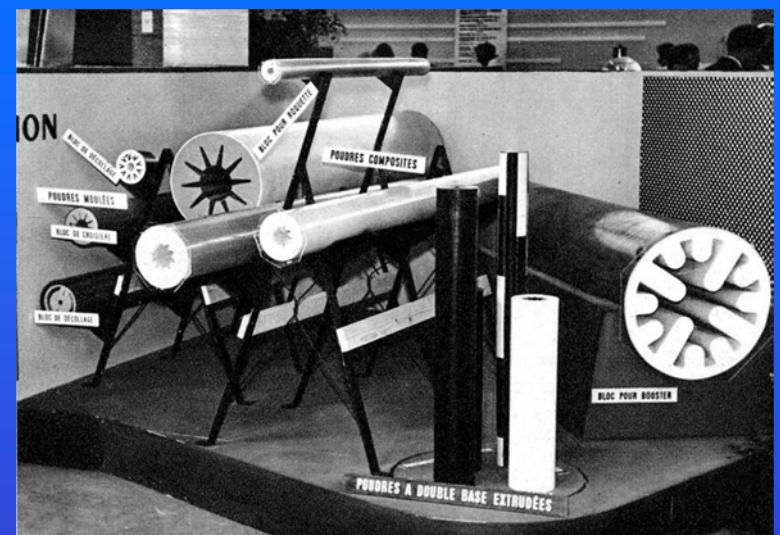
Constructeur	Interne	Clients externes
Ars → Nord	x	
ATEF	x	
Brandt	x	MATRA
ETVS		(DEFA) LRBA
Latécoère	x	
ONERA	(SPRA)	
Ruelle	x	
SEPR		MATRA, SNCASE
STRIM		MATRA, SNCASE

Pilorget (☐SEPR)

Précoul (☐Brandt)

- Propergols solides dans les années 1950

	Isp (s)	Ø max (mm)
Homogènes (double base)		
-extrudée (SD)	195-200	200
-moulée (Epictète)	195-205	400
Composites		
-Plastorgols	215-235 <sub>(Al)</sub>	550



# Missiles sol-sol balistiques

- **Missiles tactiques**

**1955-1958 : Avant projets Nord Aviation et Sud Aviation**

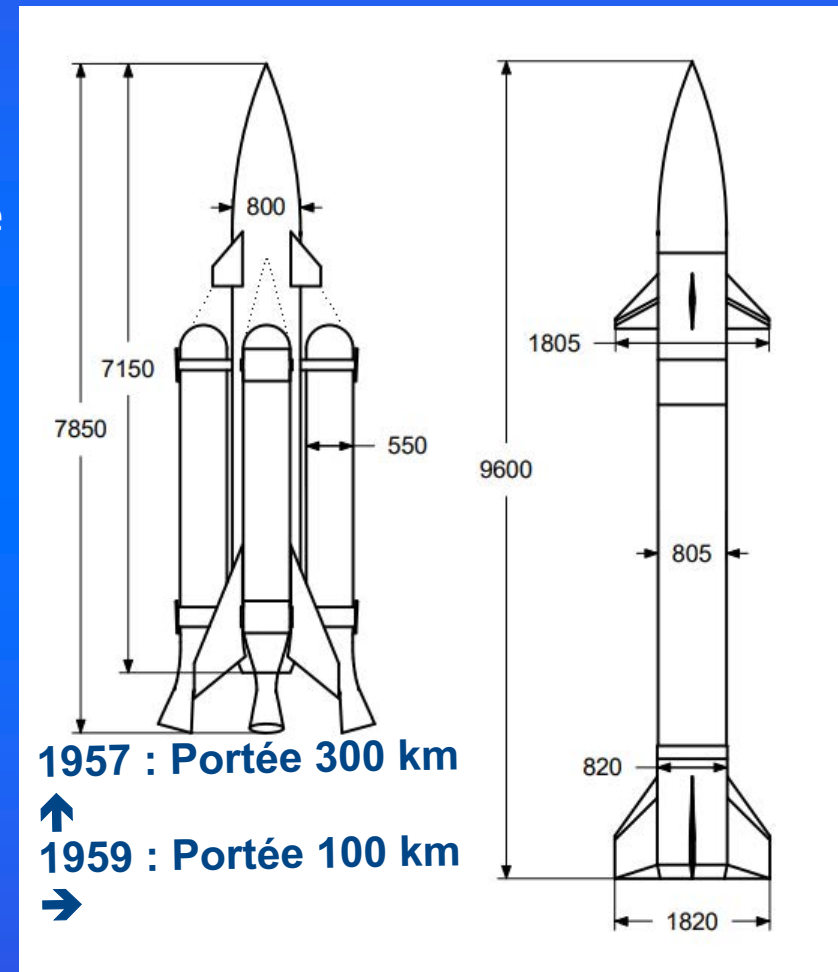
└ **Points critiques : propulsion, guidage**

**Programme "Ballon" : Grosse propulsion solide**

└ Service des poudres, SEPR, ONERA

- 1) Amélioration de la Plastolite (liant PVC)  
adjonction d'aluminium □ Plastolane
- 2) Introduction de l'Héraclite (liant polyester)  
non satisfaisant
- 3) Introduction de l'Isolite (liant polyuréthane)  
remplacera la Plastolite (arrêt en 1975)

- Septembre 1958 : Projet Sud Aviation  
SE 4600 Casseur



# Missiles sol-sol balistiques

- **Août 1959 : Force de dissuasion**
  - └ **Missiles stratégiques**
- **Septembre 1959 : Création de la SEREB**  
(Société d'Etudes et de Réalisation d'Engins Balistiques)
  - └ **Points critiques : propulsion, guidage**
  - └ **Etudes Balistiques de Base** □ **Véhicules d'Essais (série VE)**



- **Octobre 1959 : Arrêt du programme SSBT**
  - Poursuite de certains travaux jusqu'en 1961

- **Principaux acquis**
  - Bloc Stromboli de 550 mm
  - Bloc Mammoth de 800 mm
  - Progrès dans le guidage inertiel
  - Pilotage par gouvernes uniquement

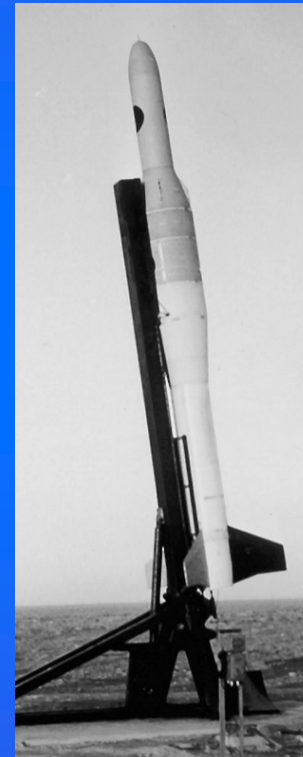
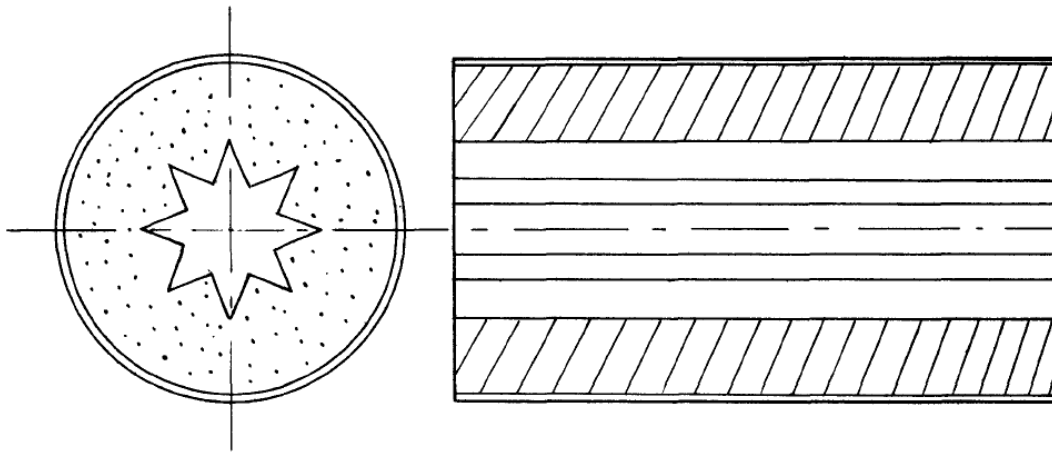
- **Avril 1961 : Création de la DMA (Délégation Ministérielle pour l'Armement)**
  - └ **Département Missiles**
- **Mars 1962 : Création du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales)**
  - └ **Fusées-sondes**
  - └ **Lanceur spatial**



# Missiles sol-sol balistiques

- **Retombée : bloc Stromboli**

Poids de poudre ( au mètre ) : 329 kg  
Poids total (avec inhibiteur) au mètre : 337 kg  
Longueur unitaire maximum actuelle : 200 cm  
Equivalent surface de combustion ( au m ) = 14.600 cm<sup>2</sup>  
Equivalent épaisseur de poudre à brûler : 13,6 cm  
Coefficient de remplissage : 0,86  
Diamètre du cylindre inscrit dans le canal central : 14 cm  
Section de sortie initiale : 325 cm<sup>2</sup>



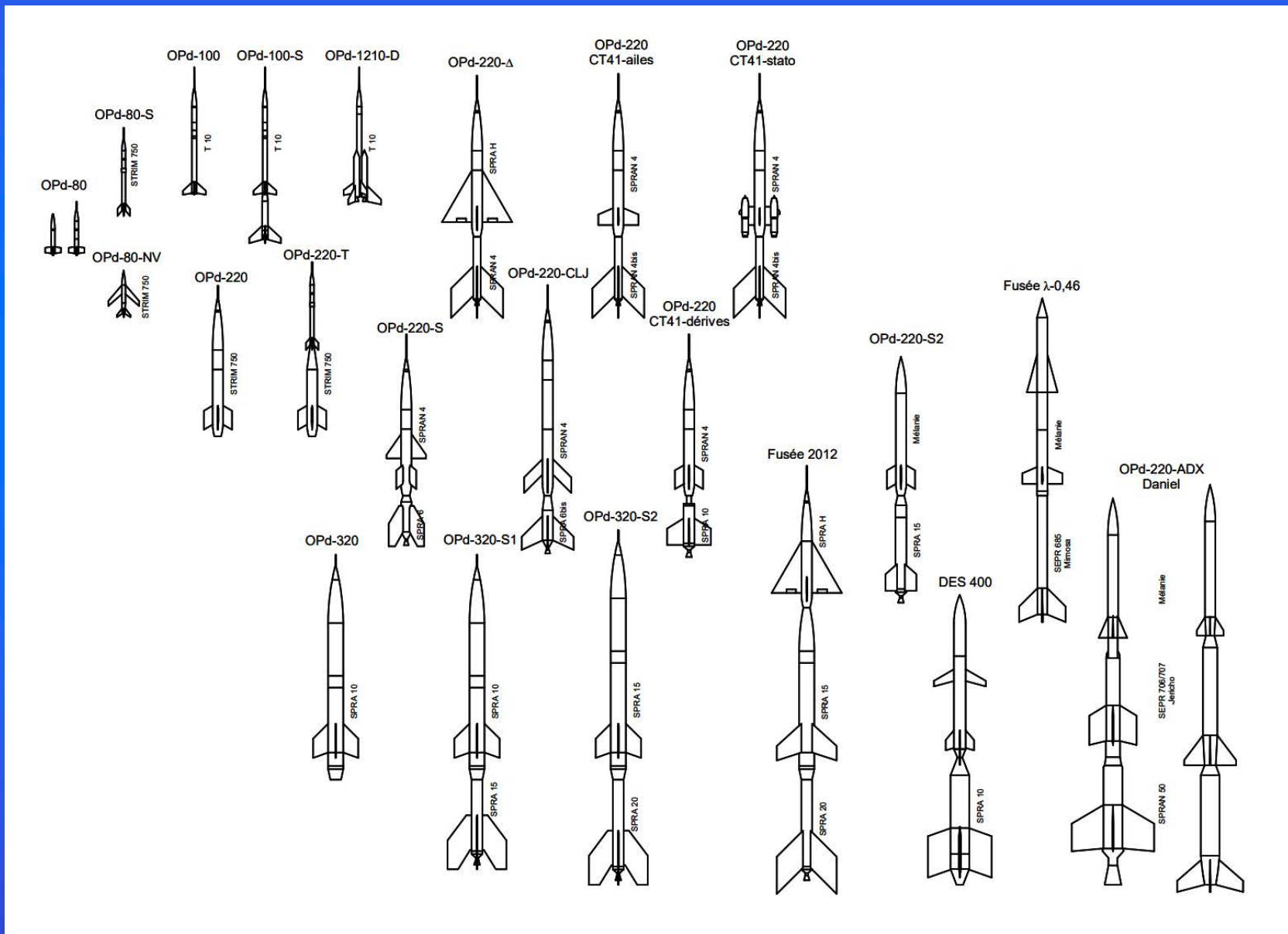
**SEPR 737  
VE 10 Aigle**



**SEPR 738  
Staltex**

# Missiles sol-sol balistiques

- Echauffement aérodynamique - Rentrée atmosphérique (ONERA)



# Missiles sol-sol balistiques

- Echauffement aérodynamique - Rentrée atmosphérique (ONERA)

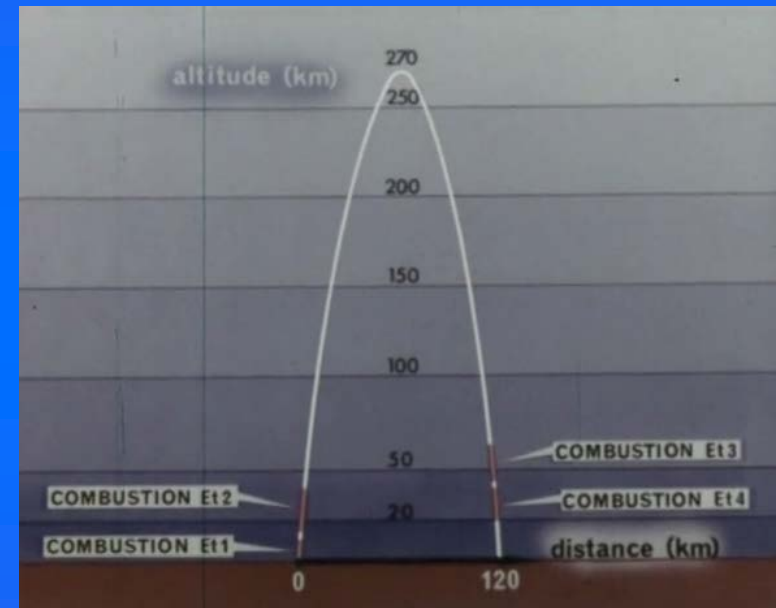
**Antarès**  
(OPd56-39-22D)



**Bérénice**



Antarès : 150 km, Mach 7  
Bérénice : 270 km, Mach 12



## SEPR 739

Stromboli (1240 kg) 163 kN x 17,5 s

## SEPR 740

Stromboli (740 kg) 106 kN x 15,5 s

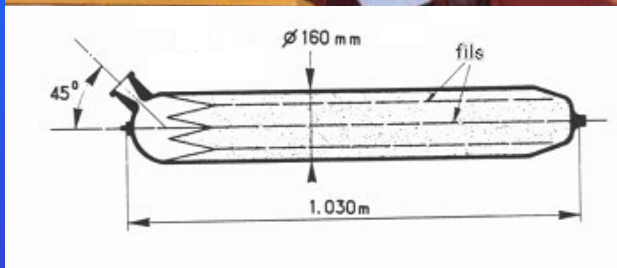
# Missiles sol-sol balistiques

- Bérénice - Pilotage du 1er étage

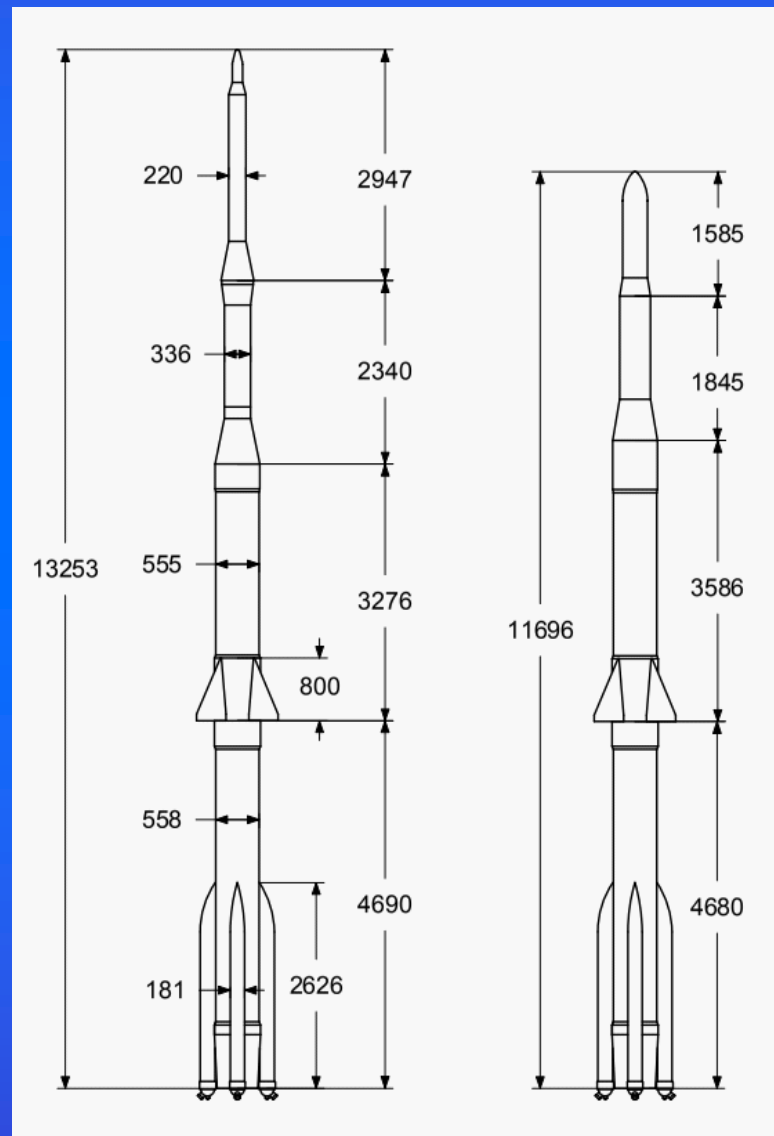


- BER  
4 petits propulseurs tournant autour de leur axe, brûlant pendant 22 s.

- SATMOS  
satellite 2-3 kg  
orbite 250/1800 km  
dès 1964



- Projet de lanceur spatial Satmos



# Véhicules d'essais à propergols solides

- Propulseurs de 800 mm de diamètre : Nord Aviation

- **VE 110 Agate**

- bloc Plastolane *Mammouth*
- NA 801
- 1900 kg propergol
- 190 kN x 19 s

◇ Techniques  
de récupération

- VE 110RR

◇ Récupération  
en mer



# Véhicules d'essais à propergols solides

- Propulseurs de 800 mm de diamètre : Nord Aviation

- **VE 111 Topaze**

- bloc Isolane coulé-moulé Soleil

- NA 802

- 1530 kg propergol

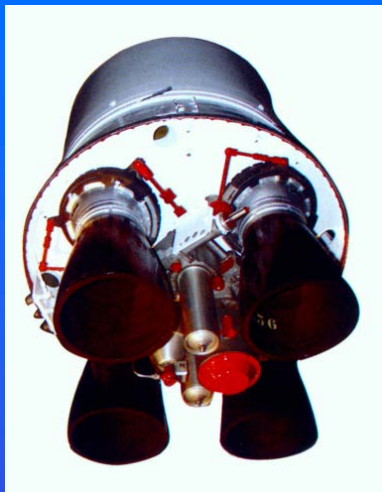
- 120 kN x 39 s

- NA 803

- 2250 kg propergol

- 150 kN x 44 s

- **Tuyères rotatives**



- VE 111C et VE111CI

- VE 111L et VE111LG



- **MD620**

- Jericho**

- blocs Soleil

- NA 804

- 2250 kg propergol

- 150 kN x 44 s

- NA 805

- 2250 kg propergol



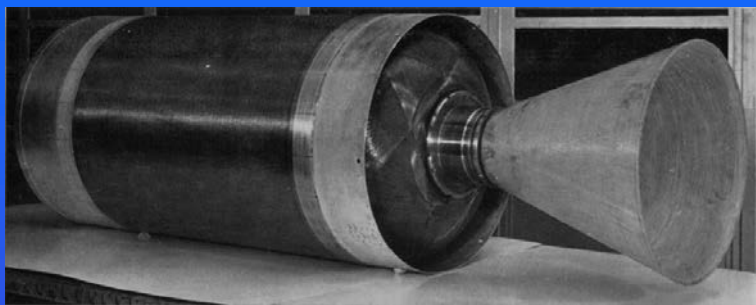
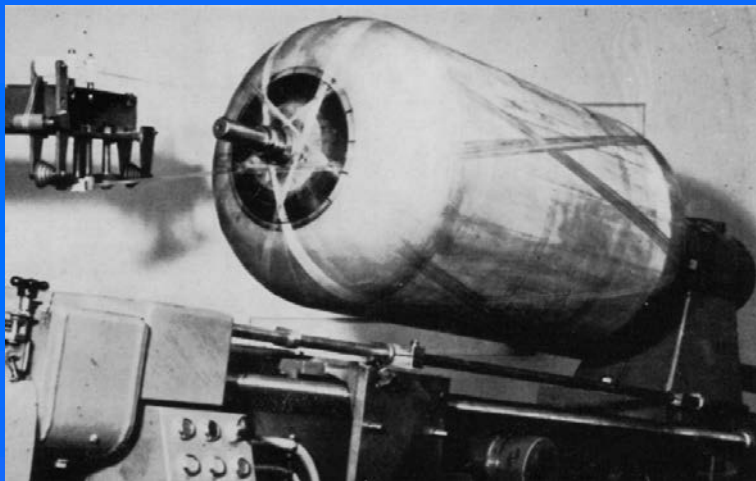
- **Guidage inertiel**

# Véhicules d'essais à propergols solides

- Propulseurs de 650 mm de diamètre : Sud Aviation

- Etage supérieur à haute performance

- Propergol : Isolane
- Enveloppe : fibre de verre bobinée



- Bloc de 641 kg (27-53 kN x 45 s)

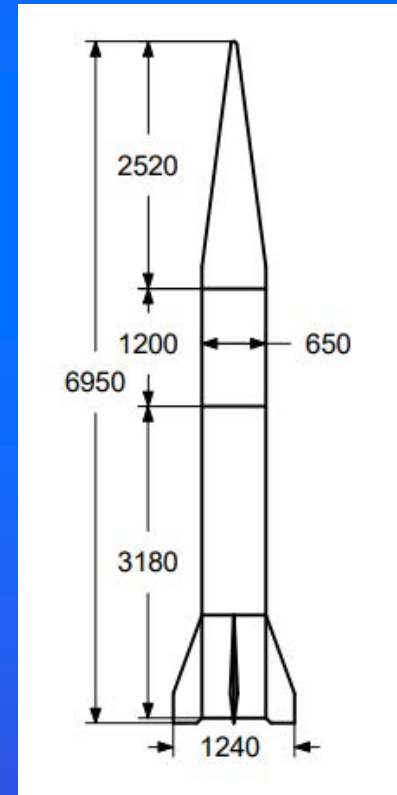
- VE 210 *Rubis*

- 1° étage *Agate*
- mise en rotation
- séparation d'étages
- coiffe



- **Vlan**

- roquette 40 km

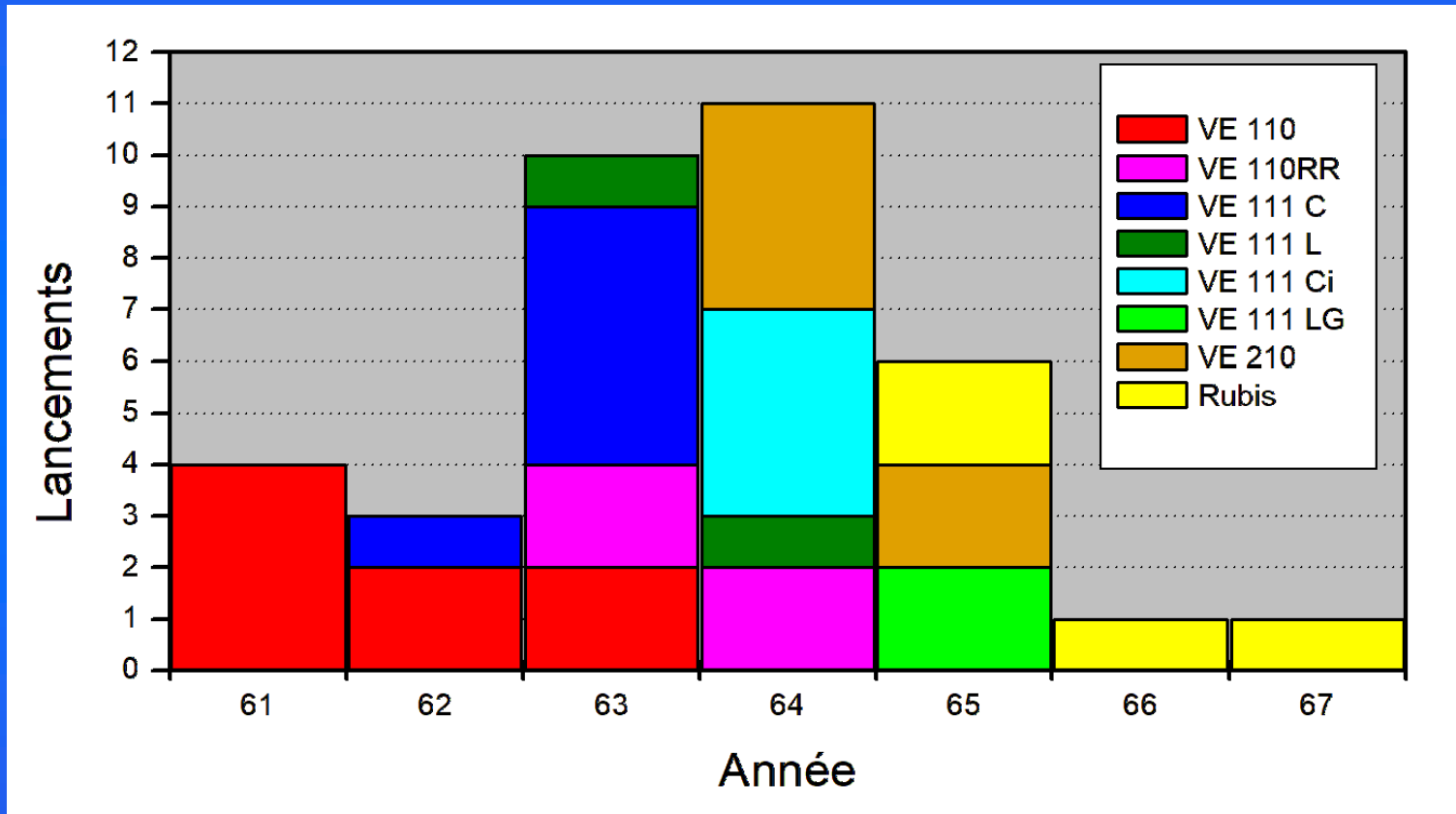


- **Pluton**

- missile 120 km

# Véhicules d'essais à propergols solides

- Propulseurs de 800 mm de diamètre avec ou sans 2° étage



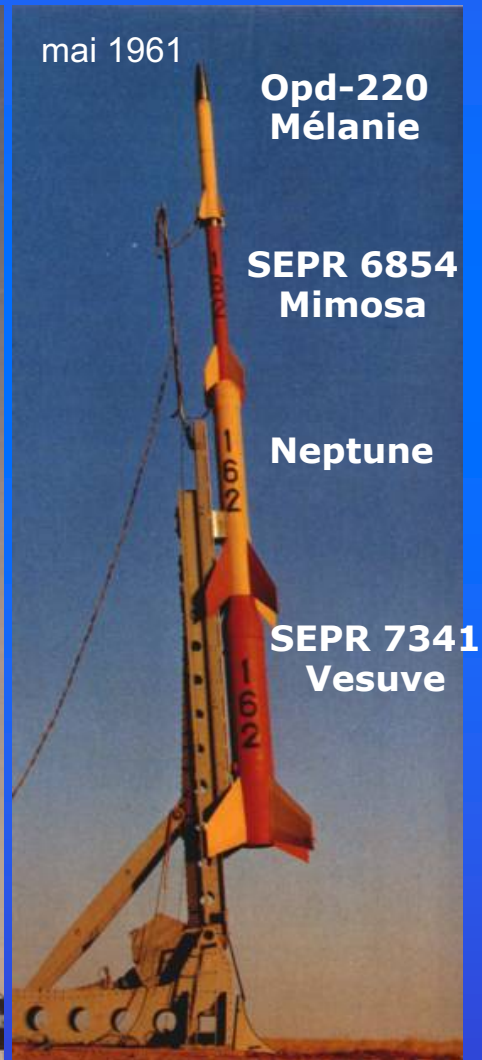
# Fusées-sondes à propergols solides

- Fusées de l'ONERA

## Daniel 1



## Antarès 13



## Tacite



## Titus



# Fusées-sondes à propergols solides

- Fusées de Sud Aviation

- 1957 Programme CNET

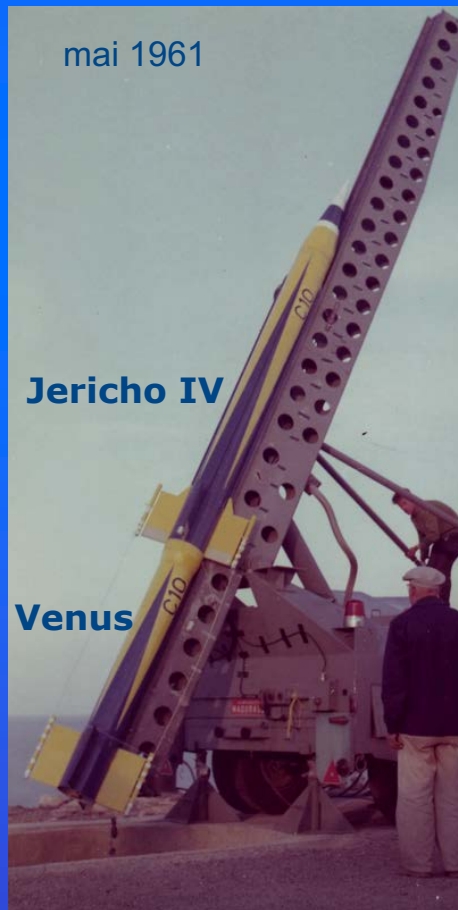
- 32 kg à 80 km, 120 km, 400 km et 1000 km d'altitude

## Bélier



Jericho IV

## Centaure



Jericho IV

Venus

### Jericho IV

208 kg Epictète

20 kN x 21 s

### Vénus

94 kg Plastolite

40 kN x 4,5 s

- "roulée-soudée"

### Propulseur S2

Stromboli 686 kg

90 kN x 16 s

- "enroulé-collé"
  - 10 bandes d'acier
  - 0,1 mm d'épaisseur
  - 8 cm de large, enroulées et collées en spirale

## Dragon

décembre 1962



Jericho IV

S2  
Stromboli

# Fusées-sondes à propergols solides

## Fusées de Sud Aviation

### Version I

Bélier chargé en Epictète (Jericho IV)

### Version II (export)

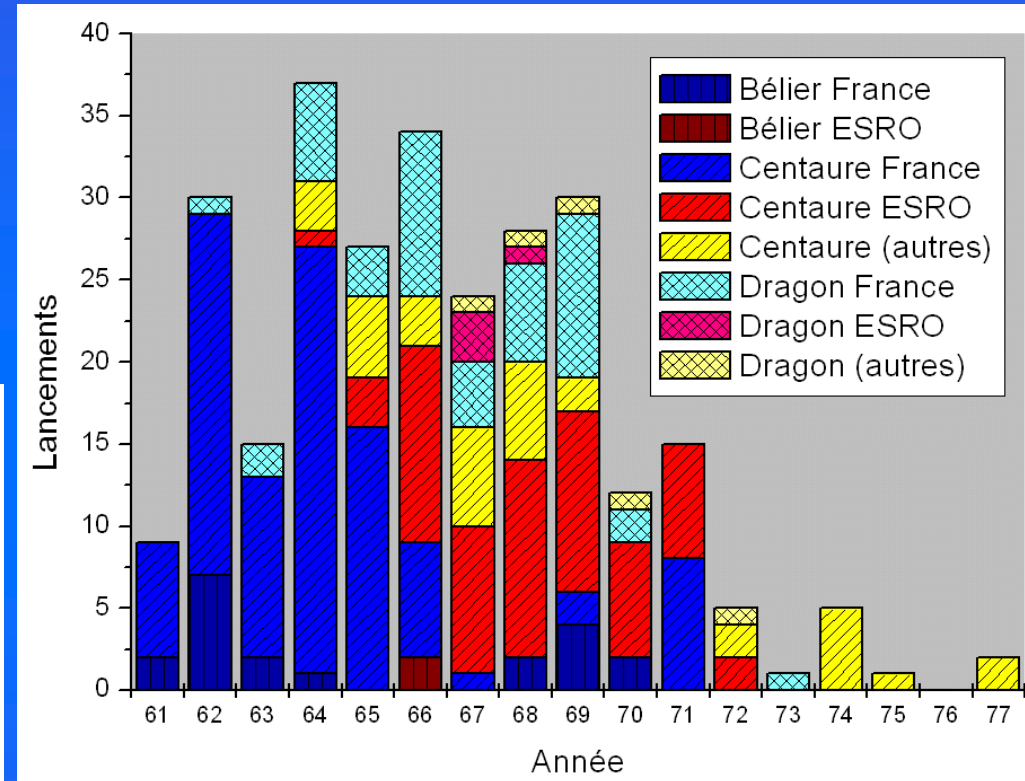
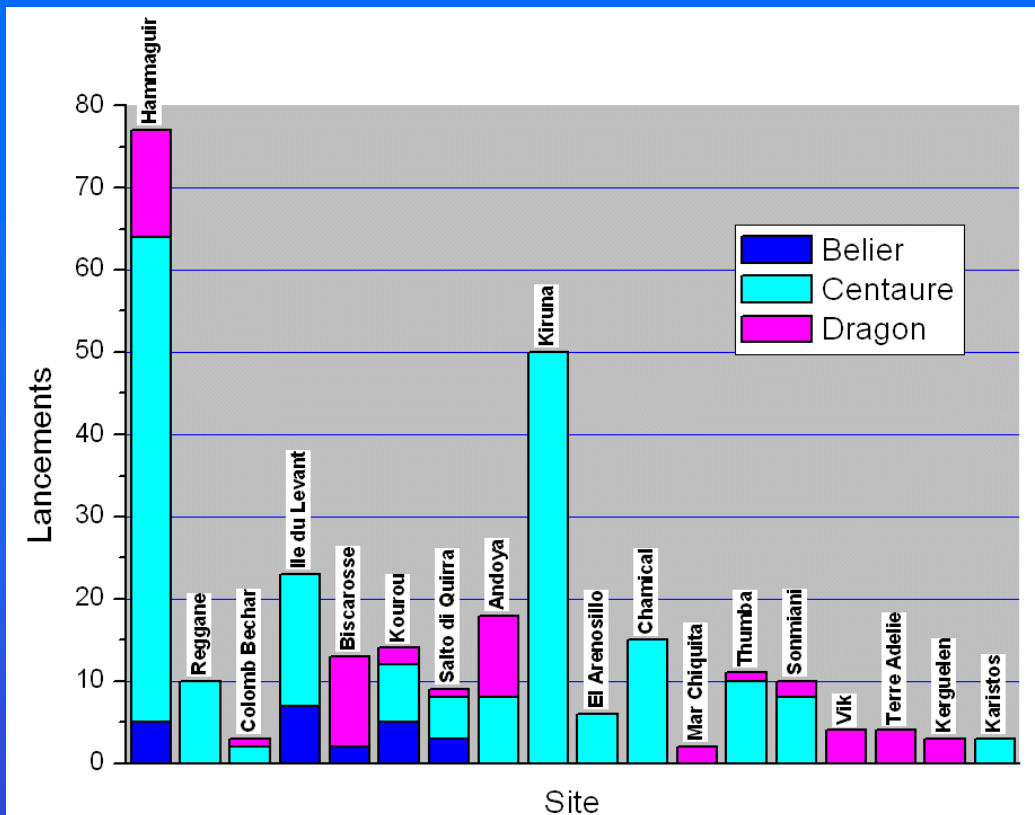
Bélier chargé en Plastolite (Vega)

230 kg, 20 kN x 23.4 s

### Version III (CNES)

Bélier chargé en Isolane (Vega)

230 kg, 21,5 kN x 23.5 s



### Bilan

22 Bélier

199 Centaure

54 Dragon

+ fabrications sous licence

# Fusées-sondes à propergols solides

- Fusées de Sud Aviation

## Dauphin

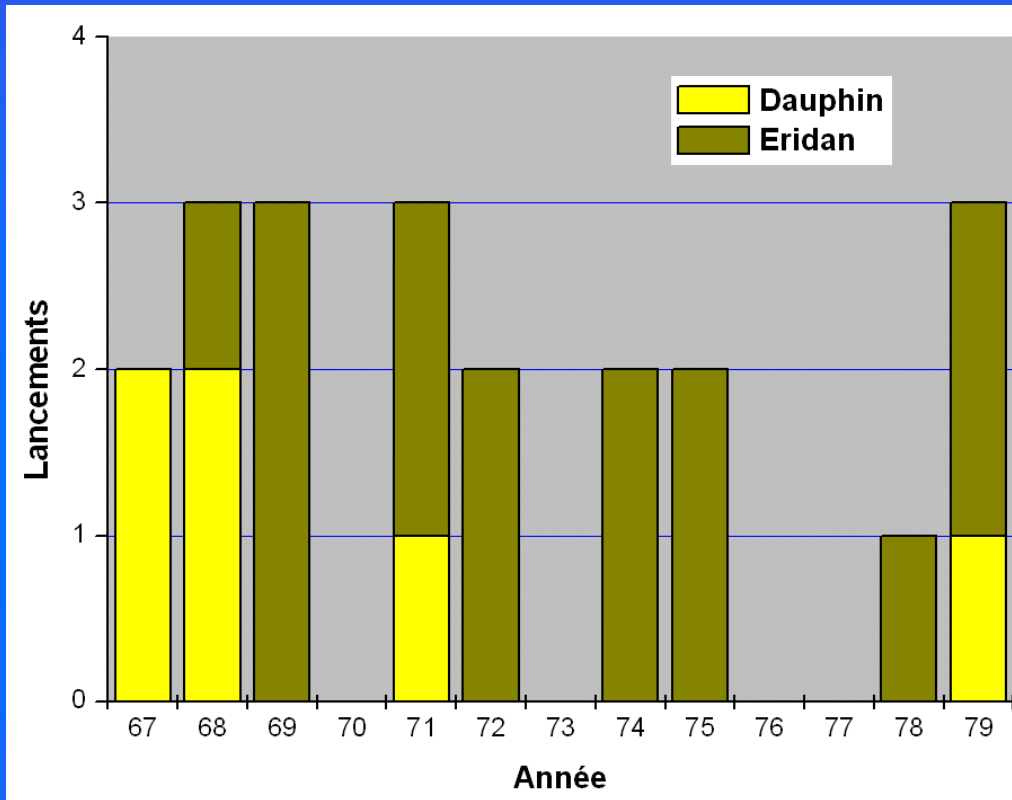


## Eridan

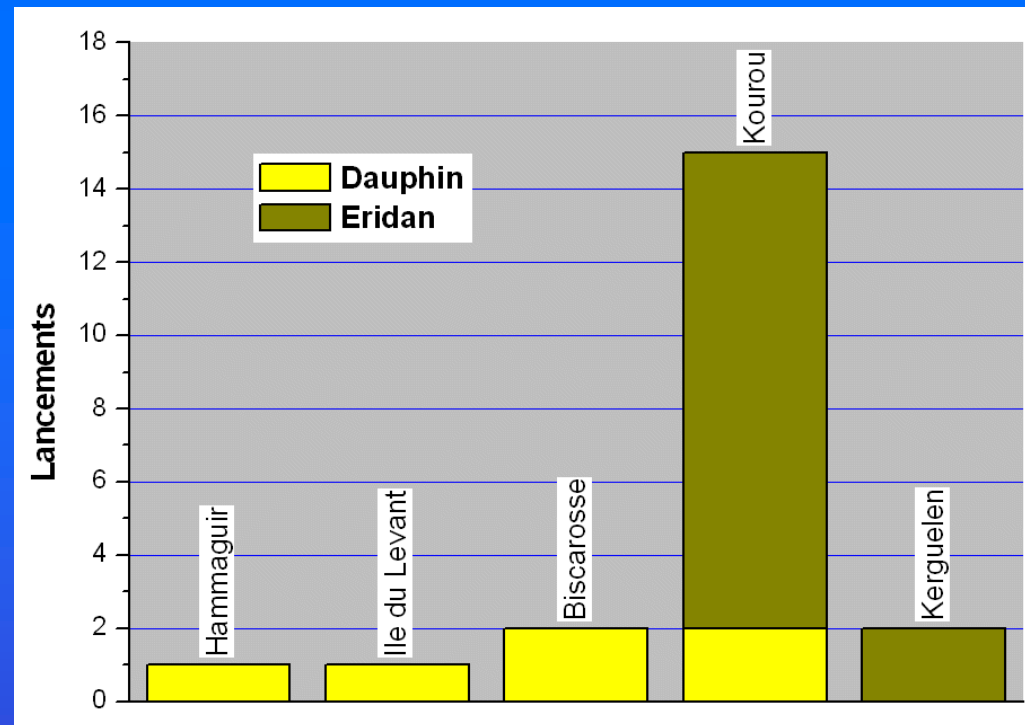


# Fusées-sondes à propergols solides

## • Fusées de Sud Aviation

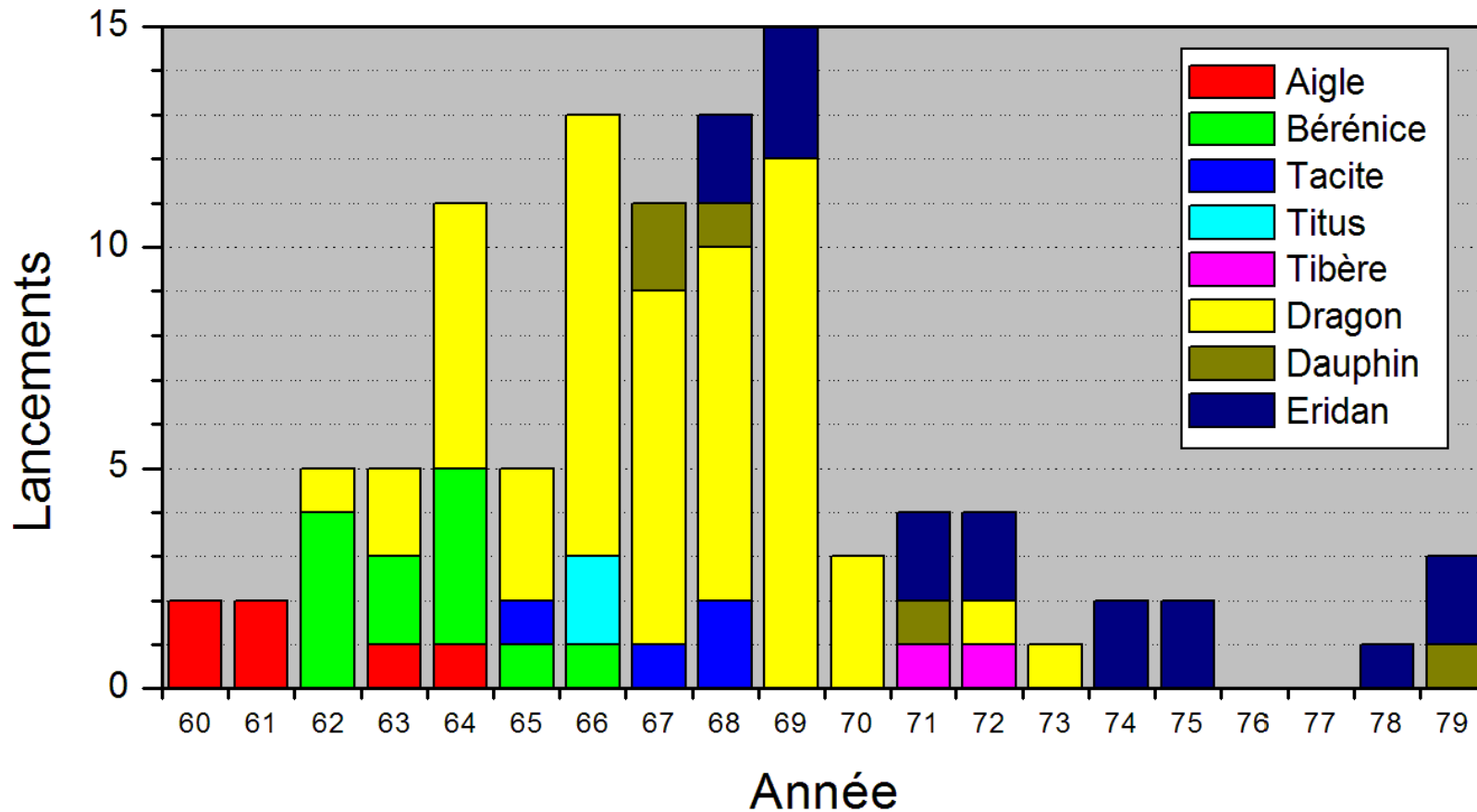


**Bilan**  
6 Dauphin  
15 Centaure



# Fusées-sondes à propergols solides

- Bilan de l'emploi du bloc Stromboli



# Fusées-sondes à propergols solides

## Programme CNES : Familles 2, 3 et 4

### Famille 2

Bloc Mammouth au 1° étage (Ø800 mm)

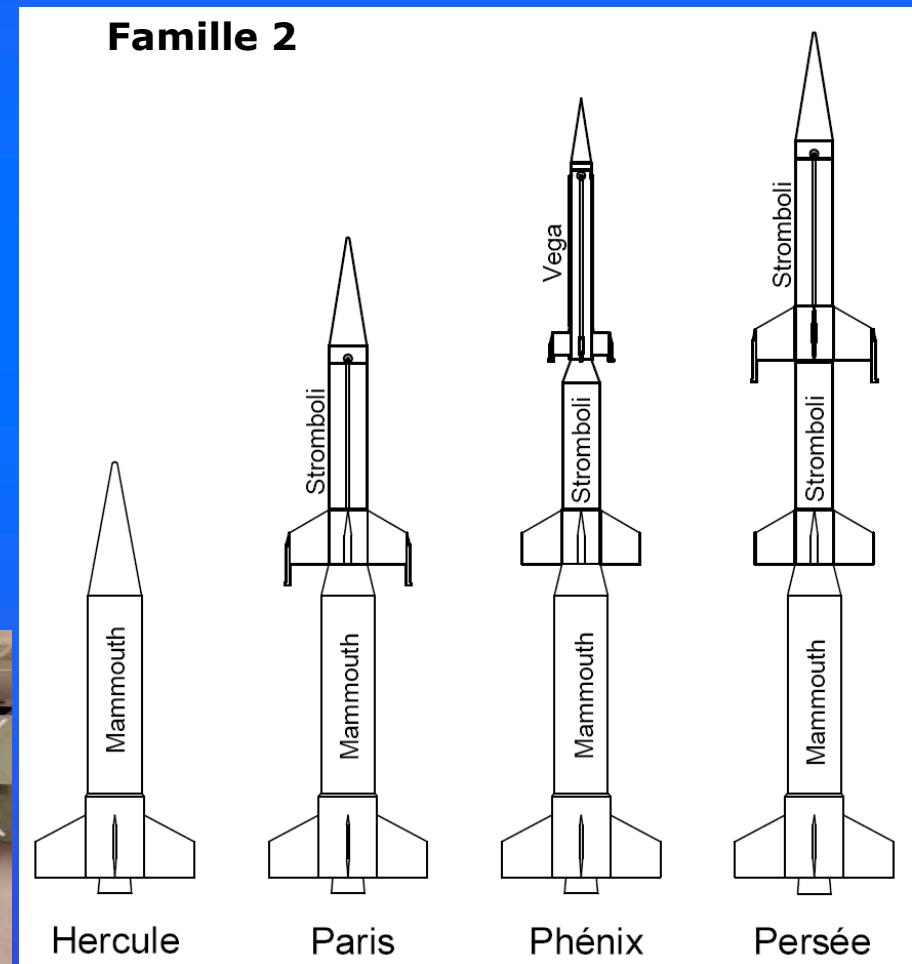
- moteur Nord Aviation (Agate et Rubis) 1900/2556 kg
- moteur Sud Aviation (enveloppe "enroulé-collé") 2000/2435 kg

- Hercule : monoétage, type Agate B
- Paris : biétage, Mammouth-Stromboli 150 kg à 880 km d'altitude
- Phénix : triétage, Mammouth-Stromboli-Vega 25-50 kg à 1500 km d'altitude
- Persée : triétage, Mammouth-Stromboli-Stromboli 100-200 kg à 1500 km d'altitude



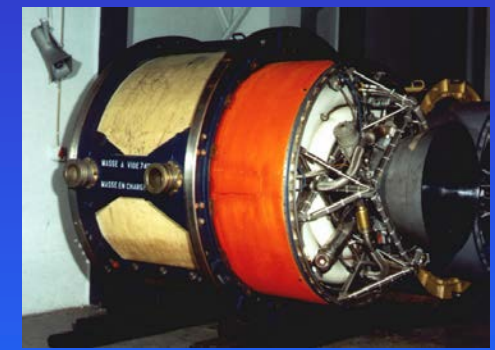
**Famille 3** = Famille 1 pilotée  
Système type Ber

**Famille 4** = Famille 2 pilotée  
Système type Bar ?



# Missiles stratégiques

- Etages de 1500 mm de diamètre



## Nord Aviation

- P10 901** (proto)
- P16 902** (1°SSBS)  $\approx 500$  kN x 76 s
- P10 903** (2°SSBS)  $\approx 450$  kN x 50 s
- P10 904** (1°MSBS)  $\approx 420$  kN x 55 s

## Sud Aviation

- P4 RITA** (2°MSBS)  $\approx 180$  kN x 55 s
- P6 RITA 2** (2°MSBS/2°SSBS)  $\approx 280$  kN x 60 s



Hammaguir



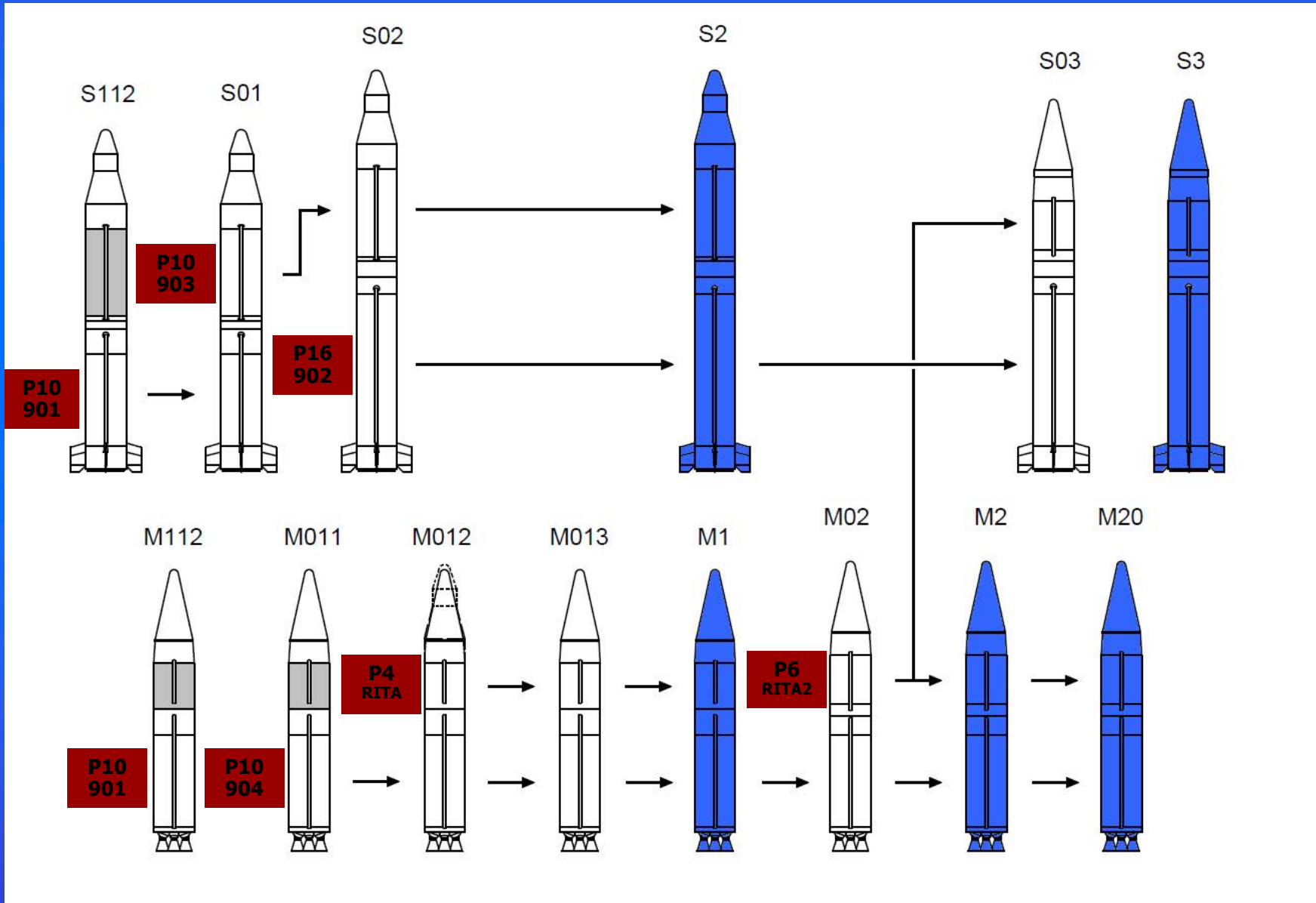
Biscarosse



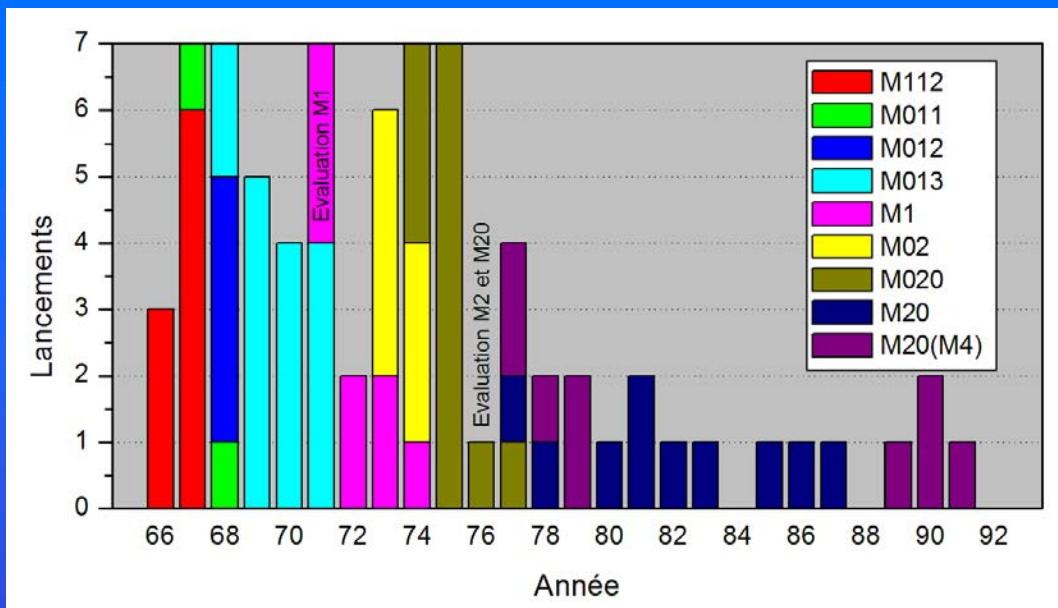
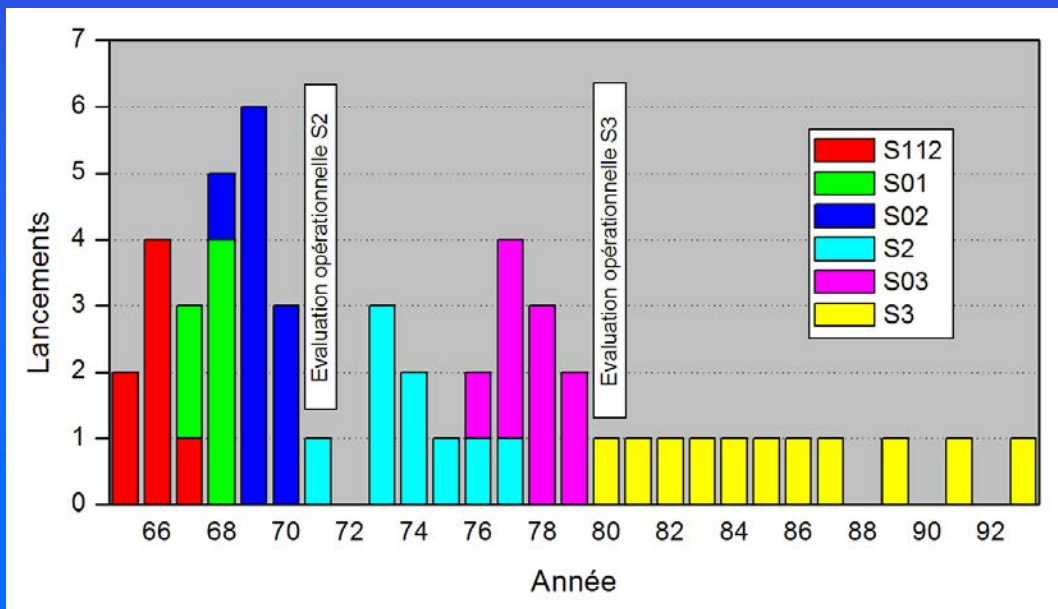
Gymnote

# Missiles stratégiques

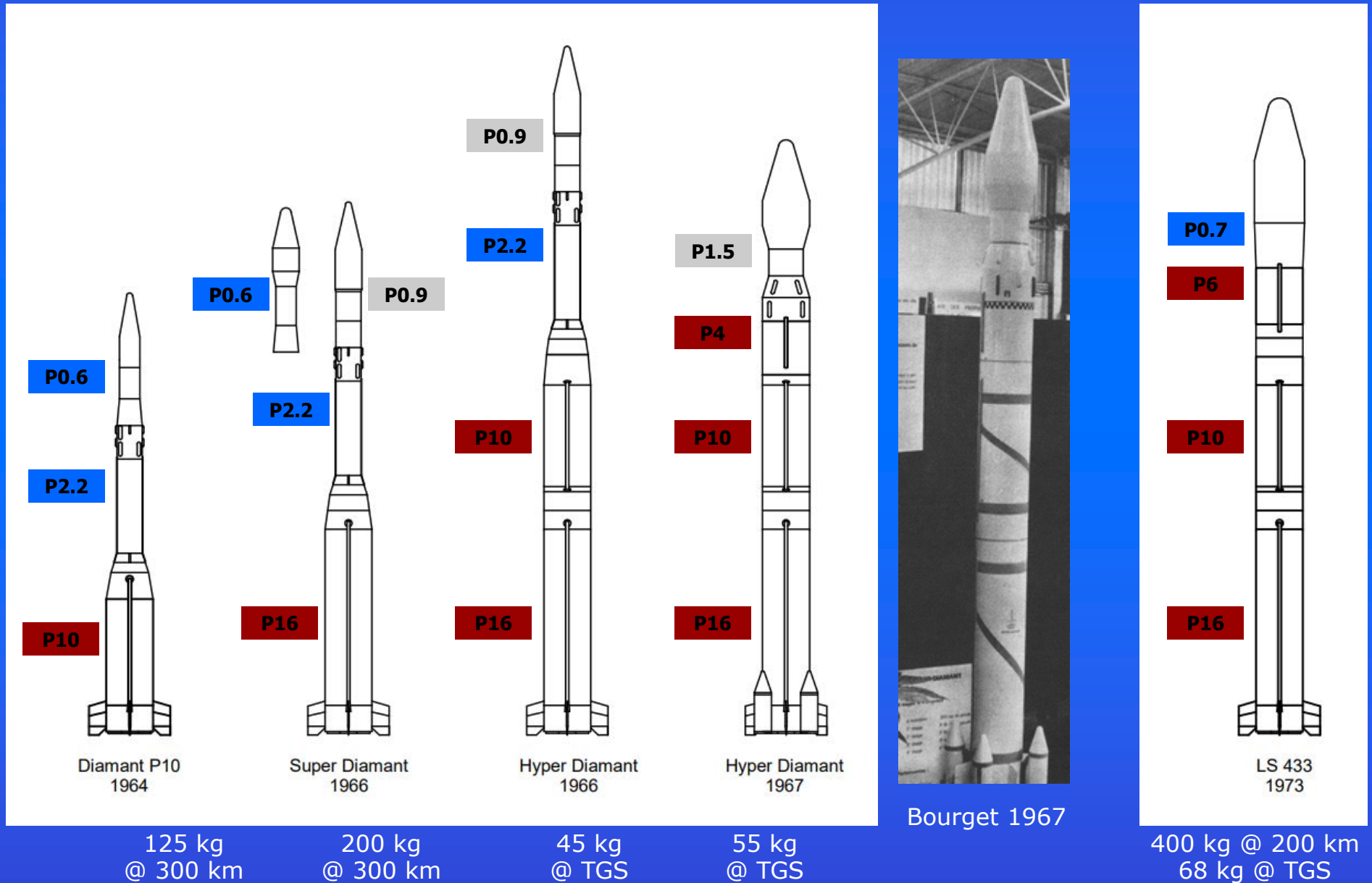
- Etages de 1500 mm de diamètre



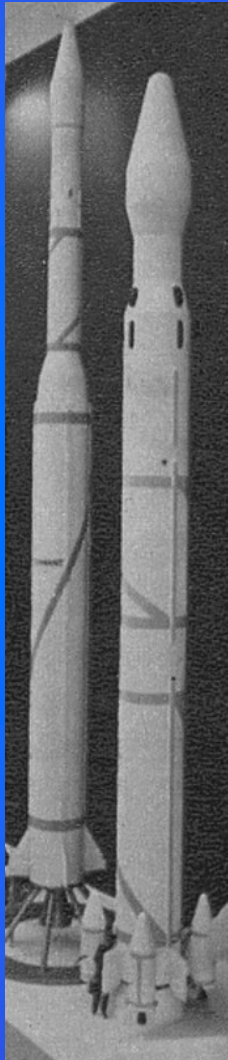
# Missiles stratégiques



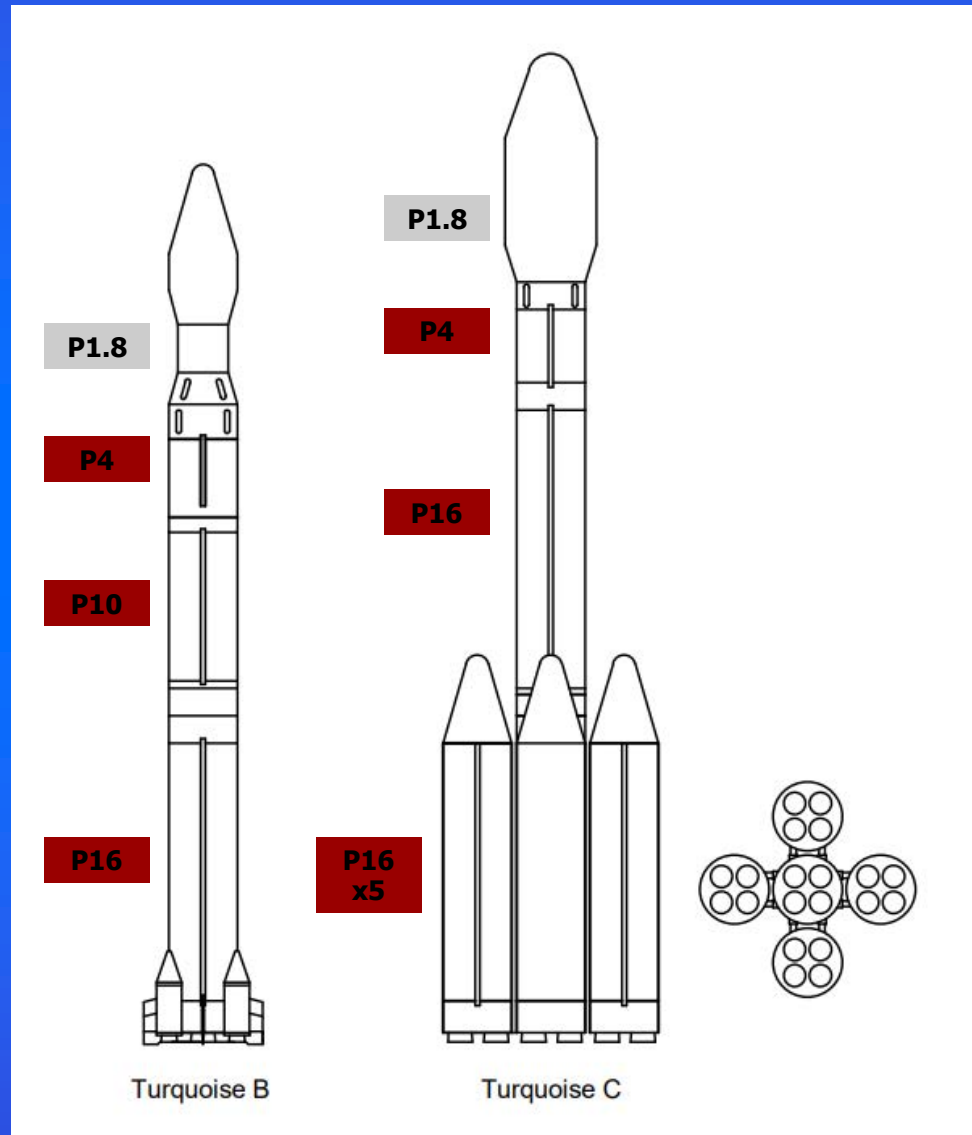
# Missiles stratégiques et lanceurs dérivés



# Missiles stratégiques et lanceurs dérivés

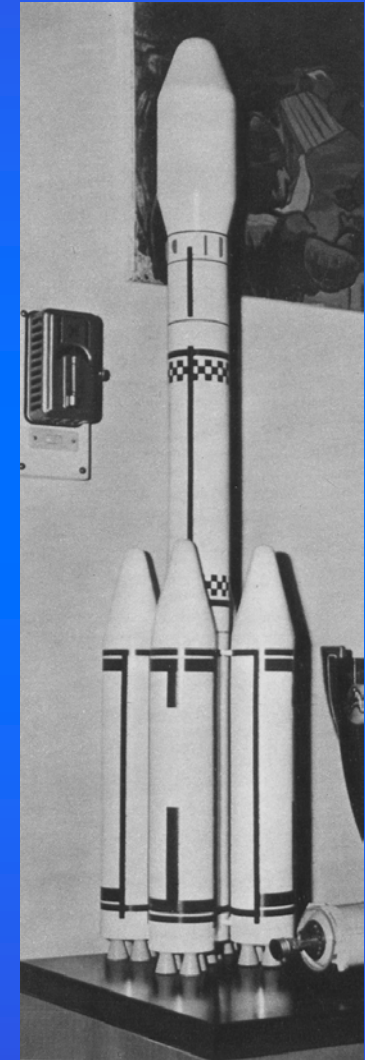


Bourget 1971



300-500 kg @ OB  
70 kg @ TGS

300-500 kg @ OB  
430 kg @ TGS



# Bilan

- **Les fusées de guerre ont été utilisées en France dès le XII<sup>e</sup> siècle.**
- **Progrès au XIX<sup>e</sup> siècle : enveloppe métallique, chargement à la presse, remplacement de la baguette latérale.**
- **Progrès pendant la première guerre mondiale : aérodynamique, empennages, tuyères, remplacement de la poudre.**
- **Après la seconde guerre mondiale : évolution très rapide.**  
**A la fin des années 1960 :**
  - **diamètre des propulseurs □ 1500 mm**
  - **masse de propergol □ 16 t**
- **Réussite totale du programme Diamant A (4 lancements).**  
**Plusieurs solutions alternatives si problème avec la solution nominale .**
- **Excellent bilan du programme de fusées-sondes (plus de 300 lancements).**