



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

Une gamme de lanceurs pour l'Europe

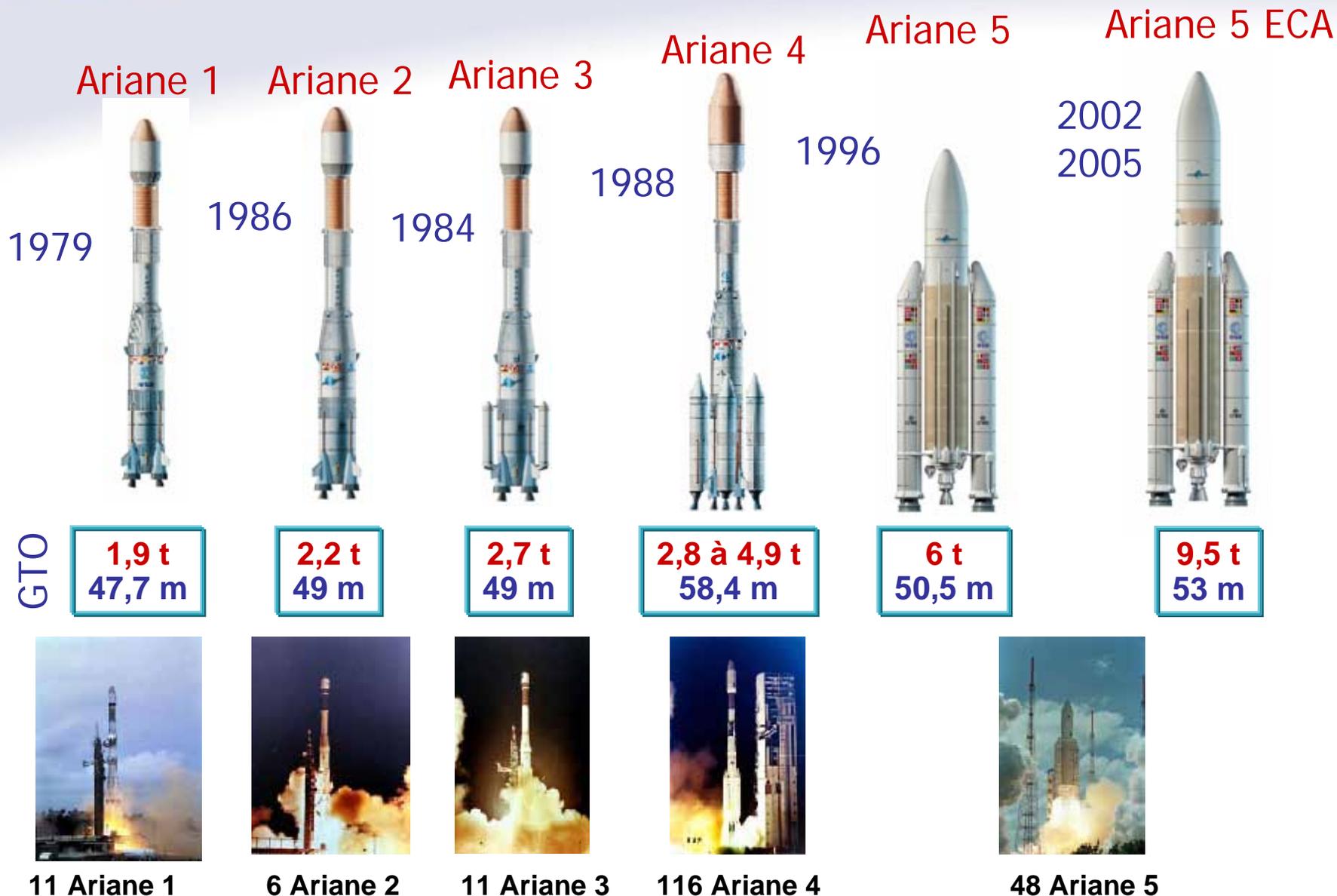
**Michel Eymard
(Bo 77)**

Les lanceurs en Europe: plus de 40 ans d'histoire



**Lanceur
DIAMANT
1965**

La famille ARIANE





ELA 1 en construction



**Table,
voies ferrées
ELA 2**



Salle Jupiter: base de lancement



**Bras
cryotechniques
ELA 3**

PRESENT ET FUTUR DE LA GAMME DE LANCEURS EN EUROPE



VEGA

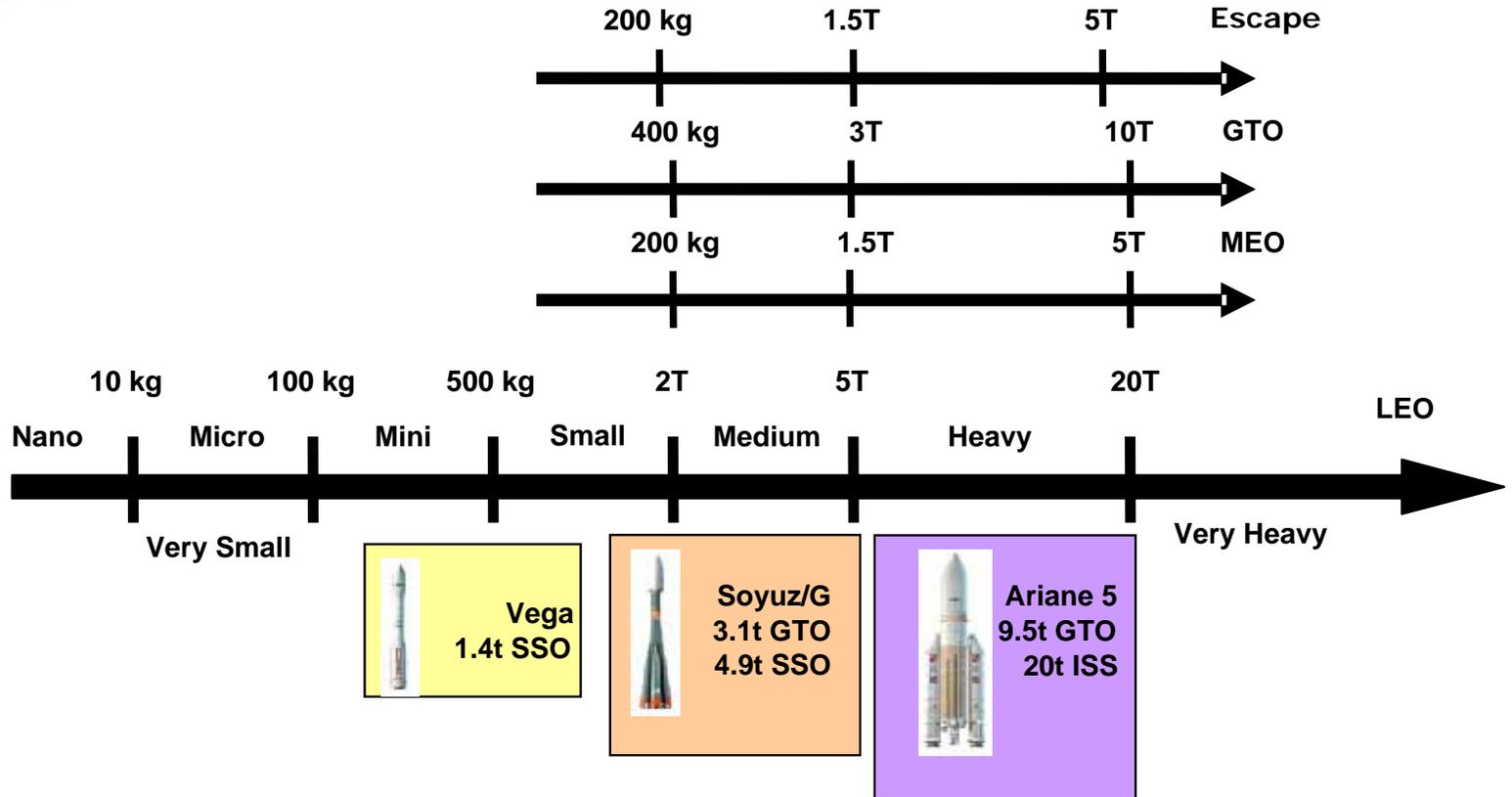
**SOYOUZ
au CSG**

**ARIANE 5 GS
(lanceur de transition)**

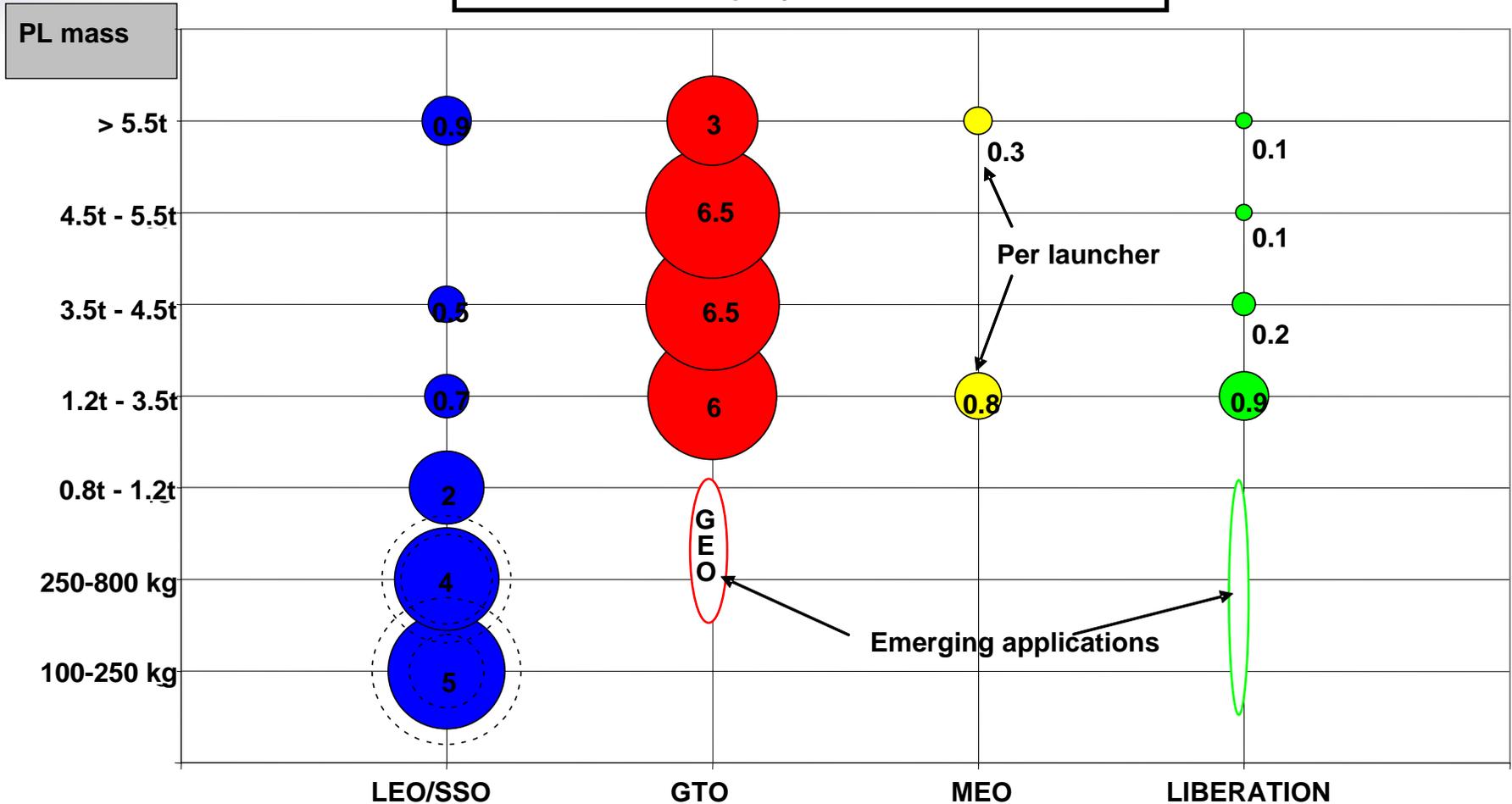
ARIANE 5 ES / ATV

ARIANE 5 ECA

DOMAINES DE PERFORMANCE DE LA GAMME EUROPEENNE



European Launchers Forecasted Market
Unit is number per year



sources : CNES

UN MARCHÉ EUROPÉEN INSTITUTIONNEL DE PETITE TAILLE (<2020)



GEO : 10-15 sc / decade
 - Meteorology (MTG)
 - Defence (telecom, early warning)
 - Techn. demonstrator (ARTES)

Mass: 2t - 5t 100% 40%



MEO : 30 sc / 15yrs
 - GNSS : Galileo

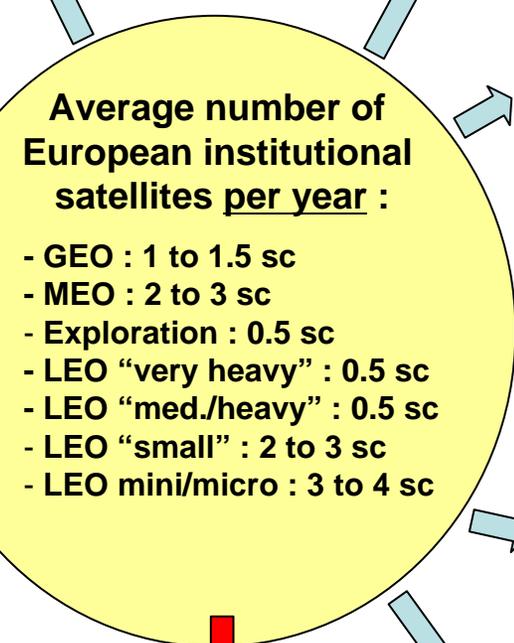
0.7t each

100%



Exploration : 5-6 mission / decade
 - Science : JWST, Gaia, Cosmic Vision, etc.
 - Robotic : Exomars, MSR

Mass: 1t - 6.5t 60% 40%



Ariane 5: 3 to 4 M / yr
Soyuz : 1 to 2 M / yr
Vega : 2 to 3 M / yr

LEO "very heavy" : 1 / 2 years
 - ISS servicing (ATV)

Mass: 20t 100%



LEO "medium/heavy" : 5 / decade
 - Meteorology (Metop)
 - Military observation (Helios)
 - GMES (Sentinel-1)

Mass: 2t - 5t 100%



LEO "small" : 20-30 sc / decade
 - ESA (Earth Explorer)
 - Nat. Agencies: E. observation (Pleiades, Spot6, Enmap, etc.)
 - GMES (Sentinels 2, 3, etc.)
 - Military observation (Sar Lupe, Cosmo.Skd, Seasat, ...)

Mass: 0.5t to 2t 100% 85%



LEO mini/micro: 30-40sc / decade
 - Defence (EO, ELINT)
 - Science (Environment, physics, astronomy)
 - Techn. demonstrator

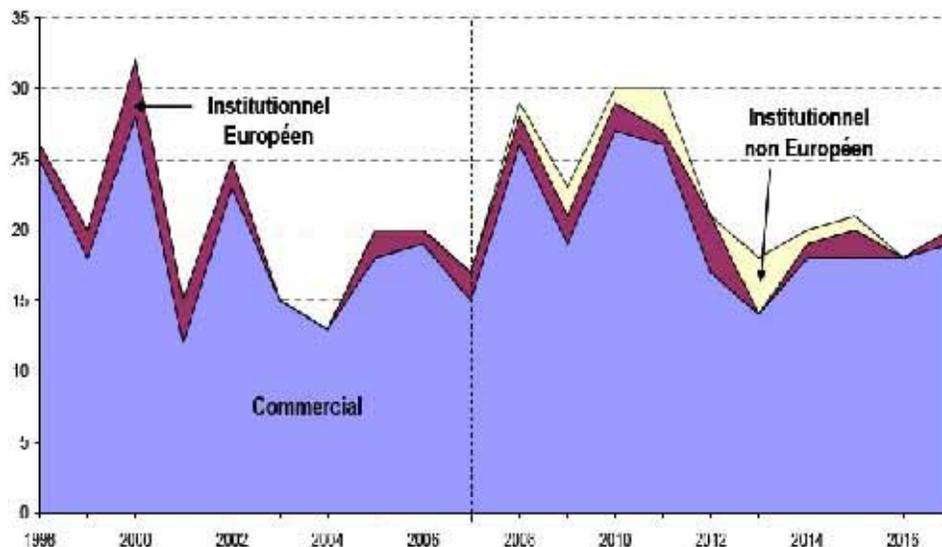
Mass: 50 to 500 kg 100% 100%



UN MARCHÉ COMMERCIAL TOUJOURS TIRE PAR LES TELECOM'S

Prévision du marché des satellites GTO/HEO accessibles à Ariane 5

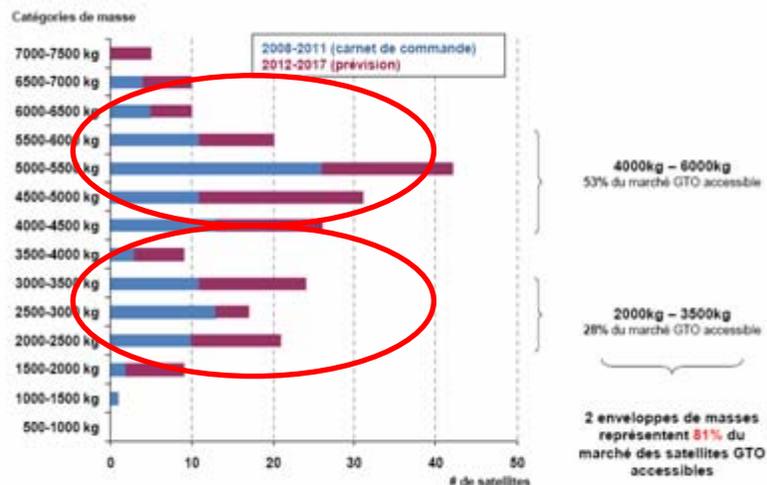
de satellites par an



Prévision du marché des satellites GTO/HEO accessibles à Ariane 5 par client

	1998-2007	2008-2017	variation
Commercial	186 (dont 183 GTO)	202 (dont 197 GTO)	+8,6% (+17,5%)
Institutionnel Européen	17 (dont 11 GTO)	17	+0%
Institutionnel Non Européen	0	13	
TOTAL	203 (dont 194 GTO)	232 (dont 227 GTO)	+14,3% (+17%)

Eurconsult study for CNES (2008)



GEO commercial market forecasts

16 to 22 GEO comsats / year

ARIANE 5

un des meilleurs lanceurs au monde

D'excellents choix de conception:

- Redondance des chaînes électriques
- Propulsion solide
- Nombre limité de moteurs
- Allumage du moteur VULCAIN 2 au sol

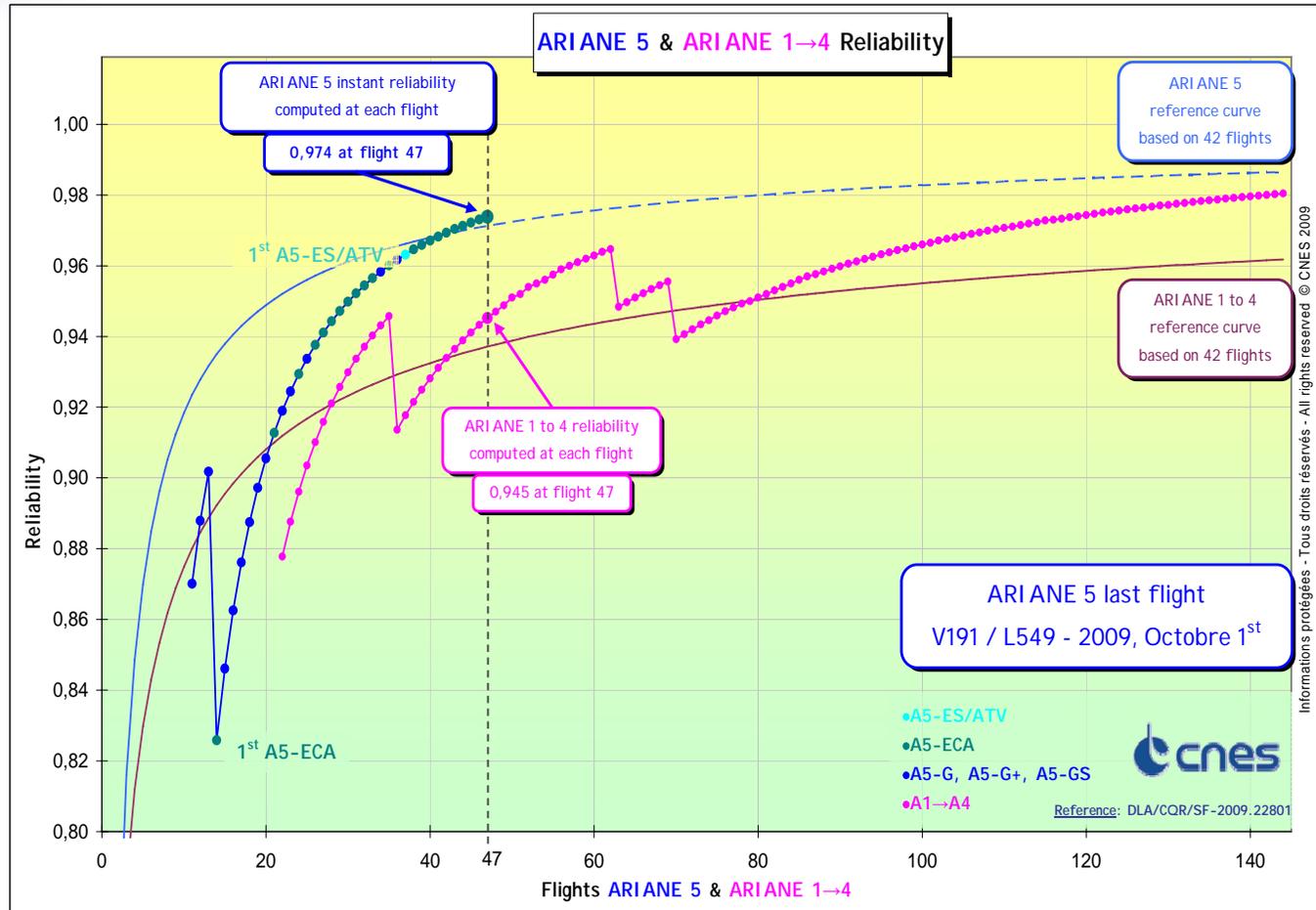


Ariane 5 Aujourd'hui



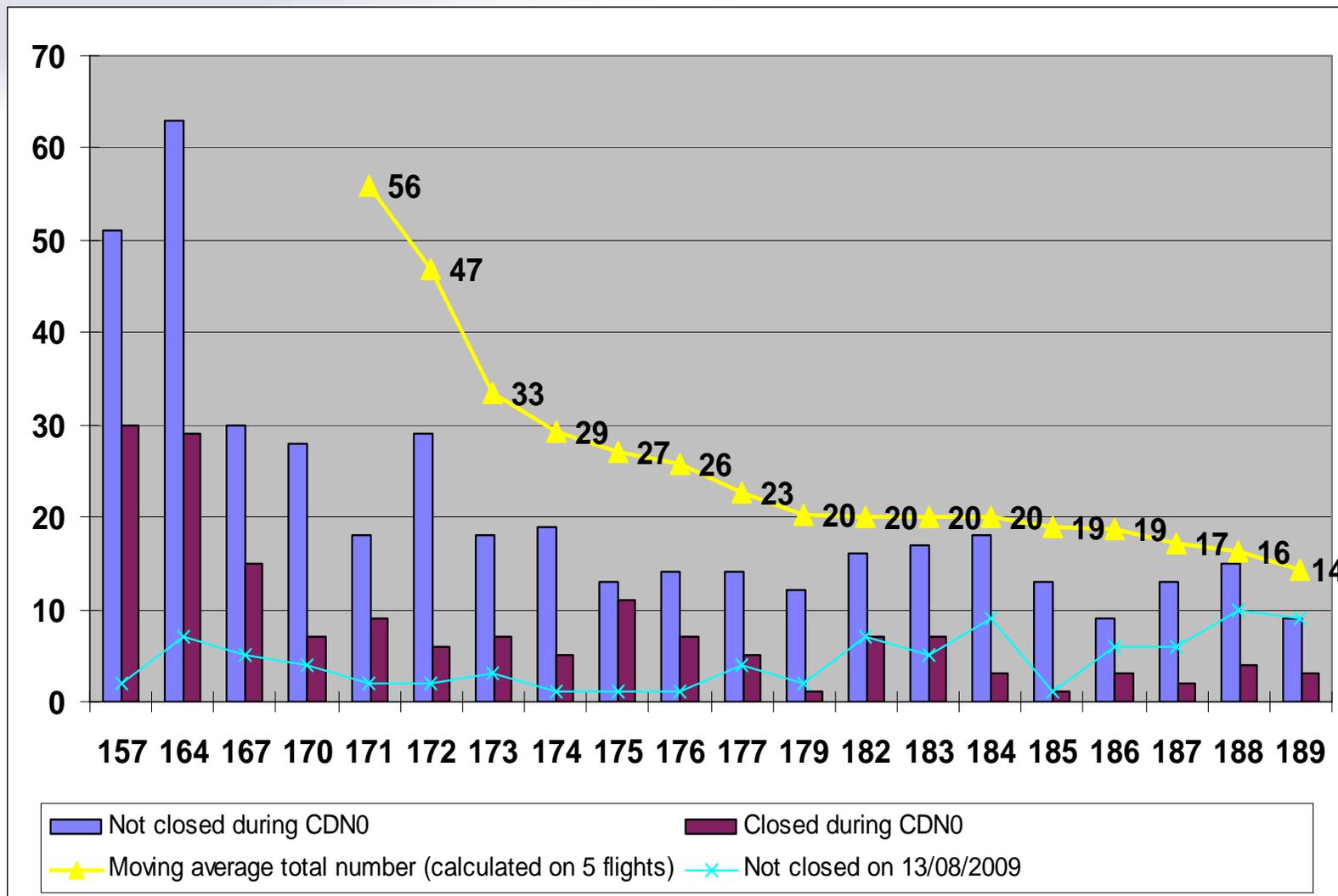
ARIANE 5

consolidation de la fiabilité vol après vol



Indicateur 8

Nombre d'anomalies V189 (1/2)



Images de la campagne ATV (2008)



3 janvier :
**Transfert de l'ATV du
S5B au S5C**



9 janvier : **remplissage
en ergols de l'ATV**



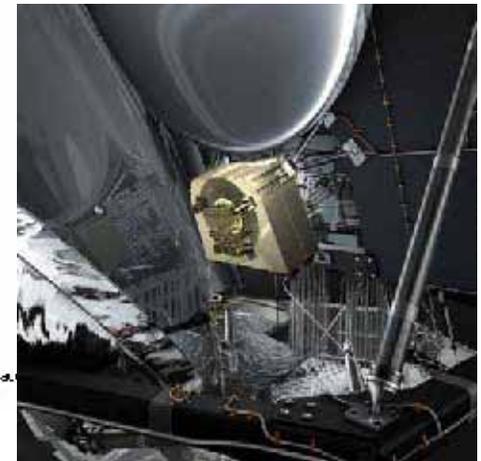
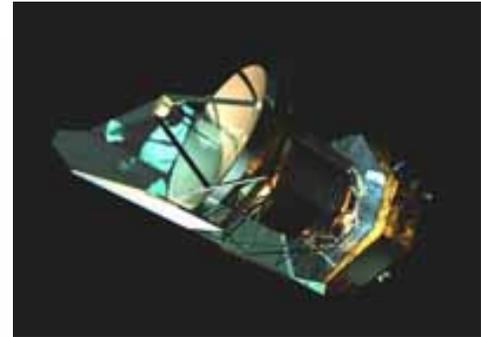
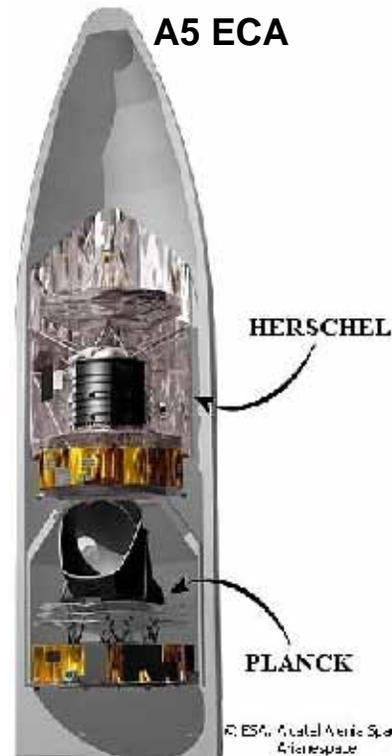
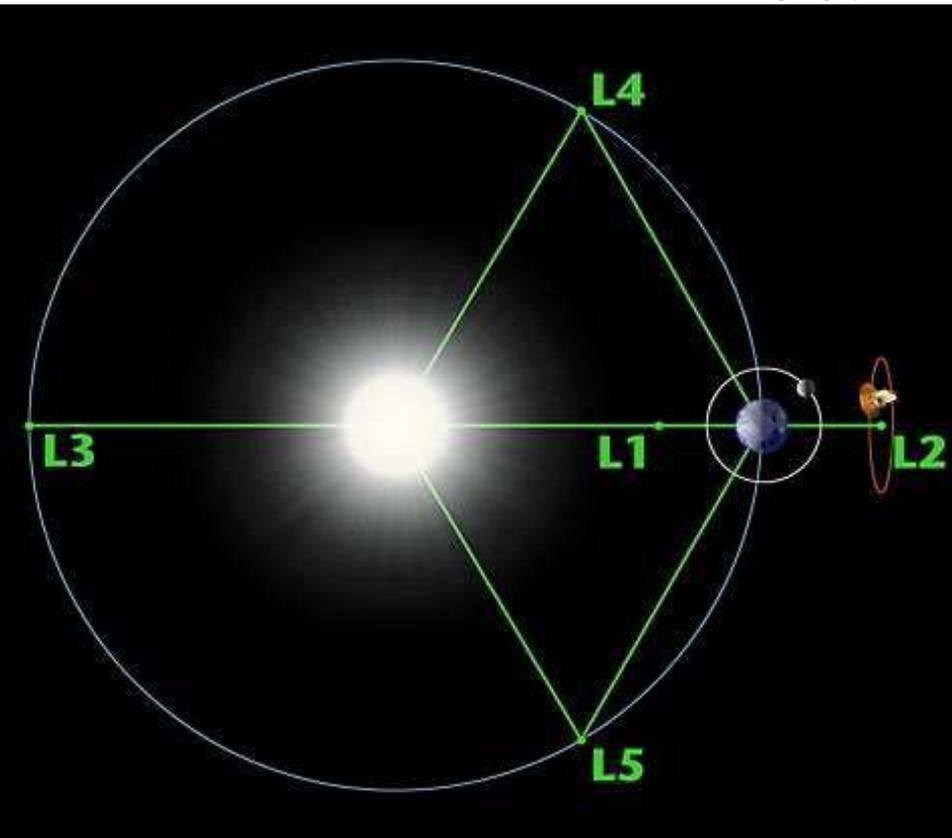
11 janvier : **intégration
de l'EPS sur le lanceur**

Mission Herschel Planck



- 4 mois de transfert vers le point de Lagrange L2.

In orbit around the L2 Lagrange point



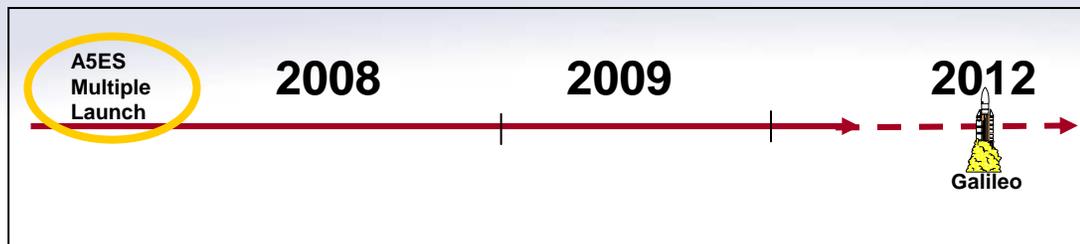
Lancement simple A5 GS SSO



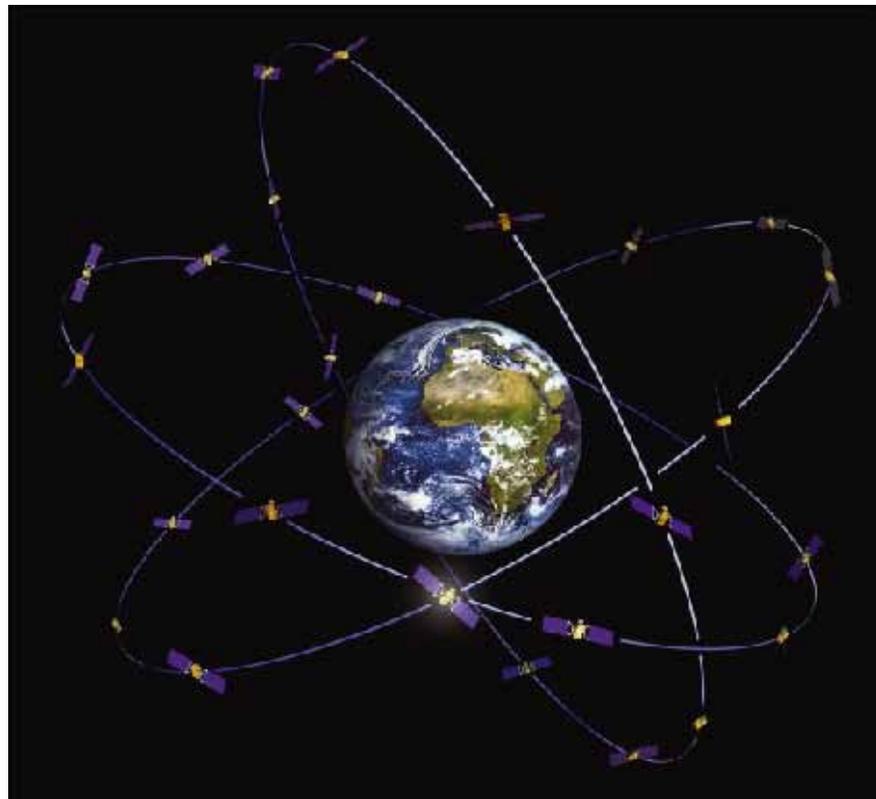
- **Mission Helios 2B**
(4,2t SSO)



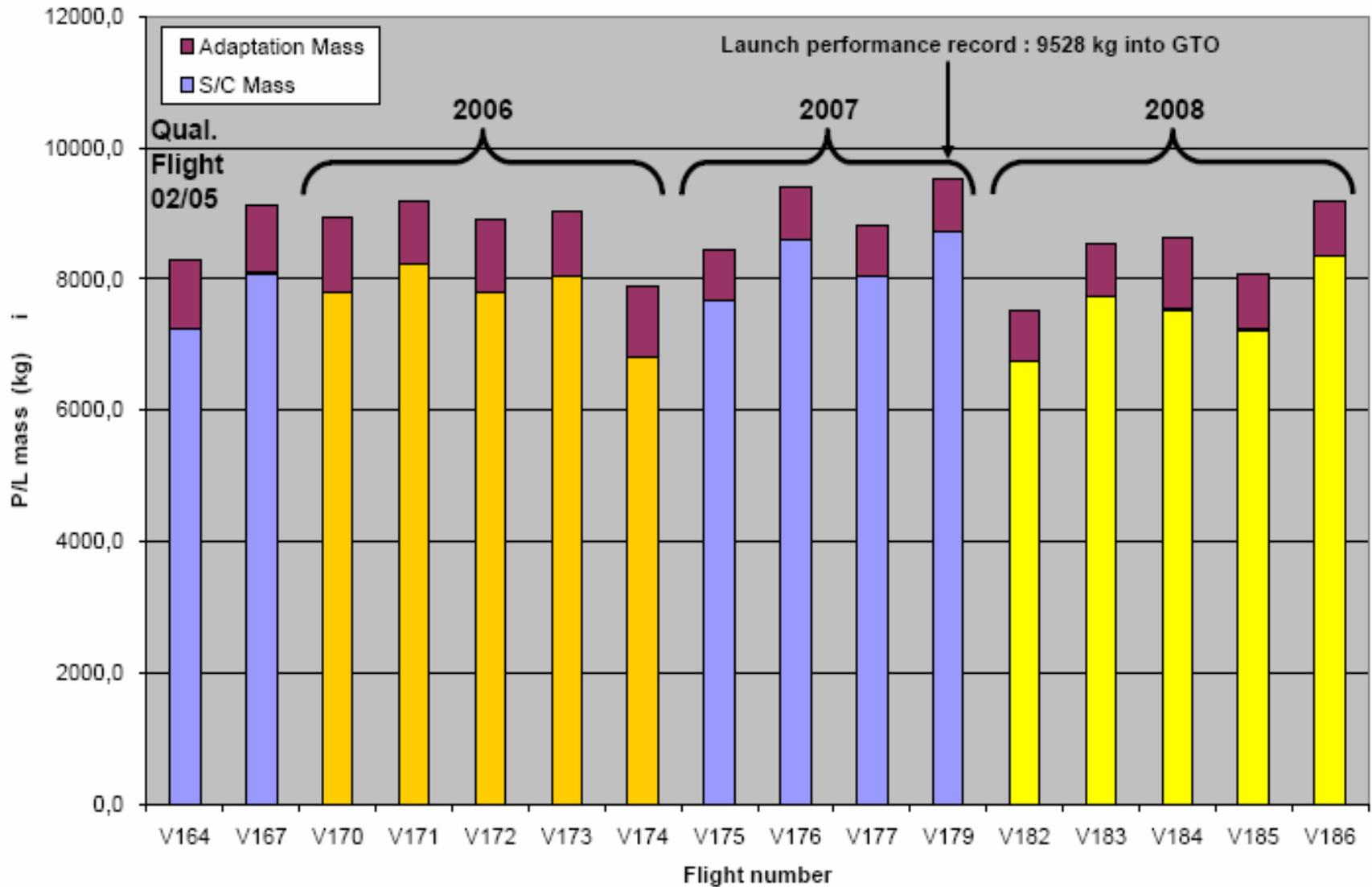
Lancement multiple A5 ES



- **Mission Galileo**
(4 satellites de 700 kg par lancement sur orbite circulaire à 23522 km)

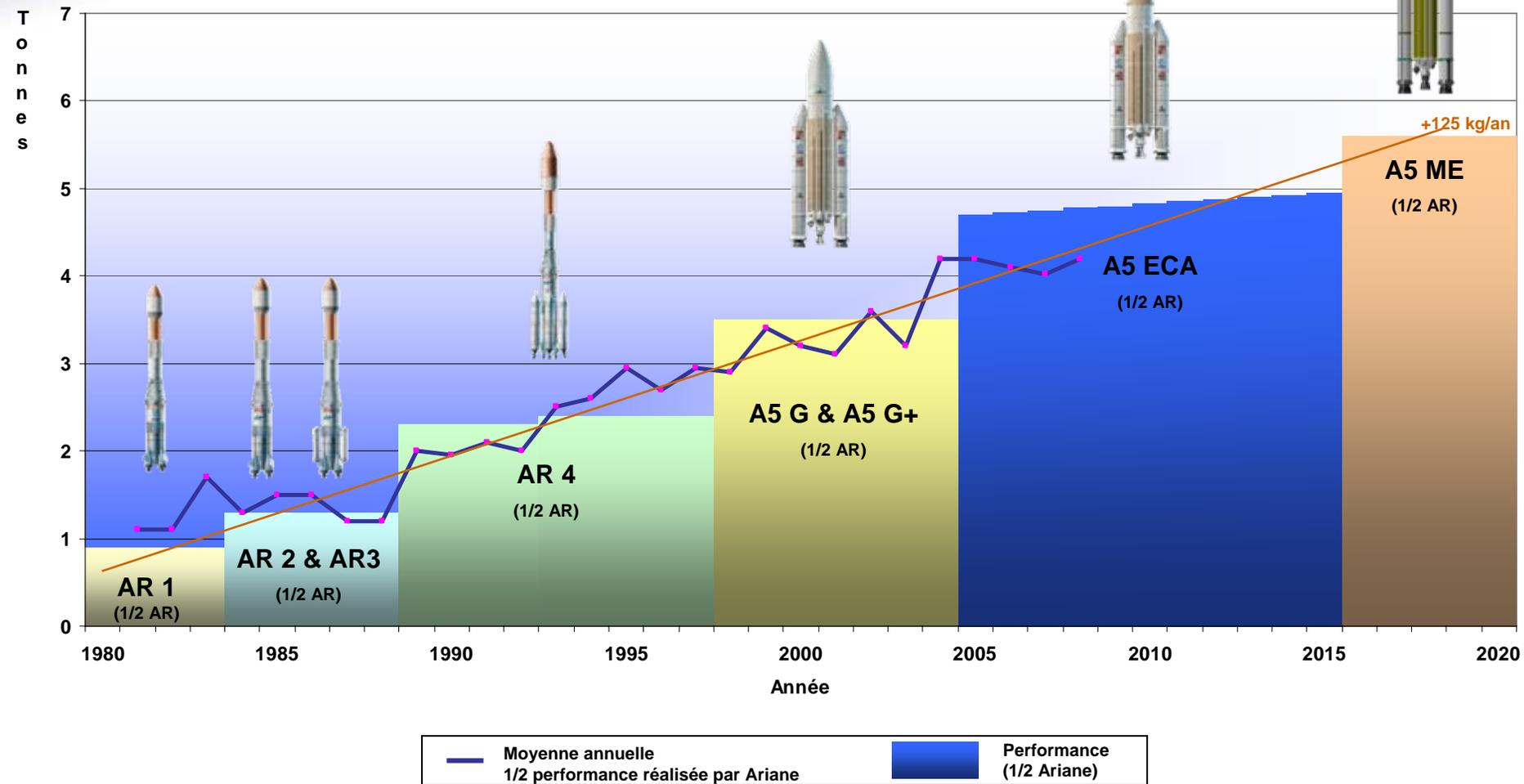


Performance A5 ECA



Evolution performances A5

Evolution de la performance 1/2 Ariane GTO (en tonnes)

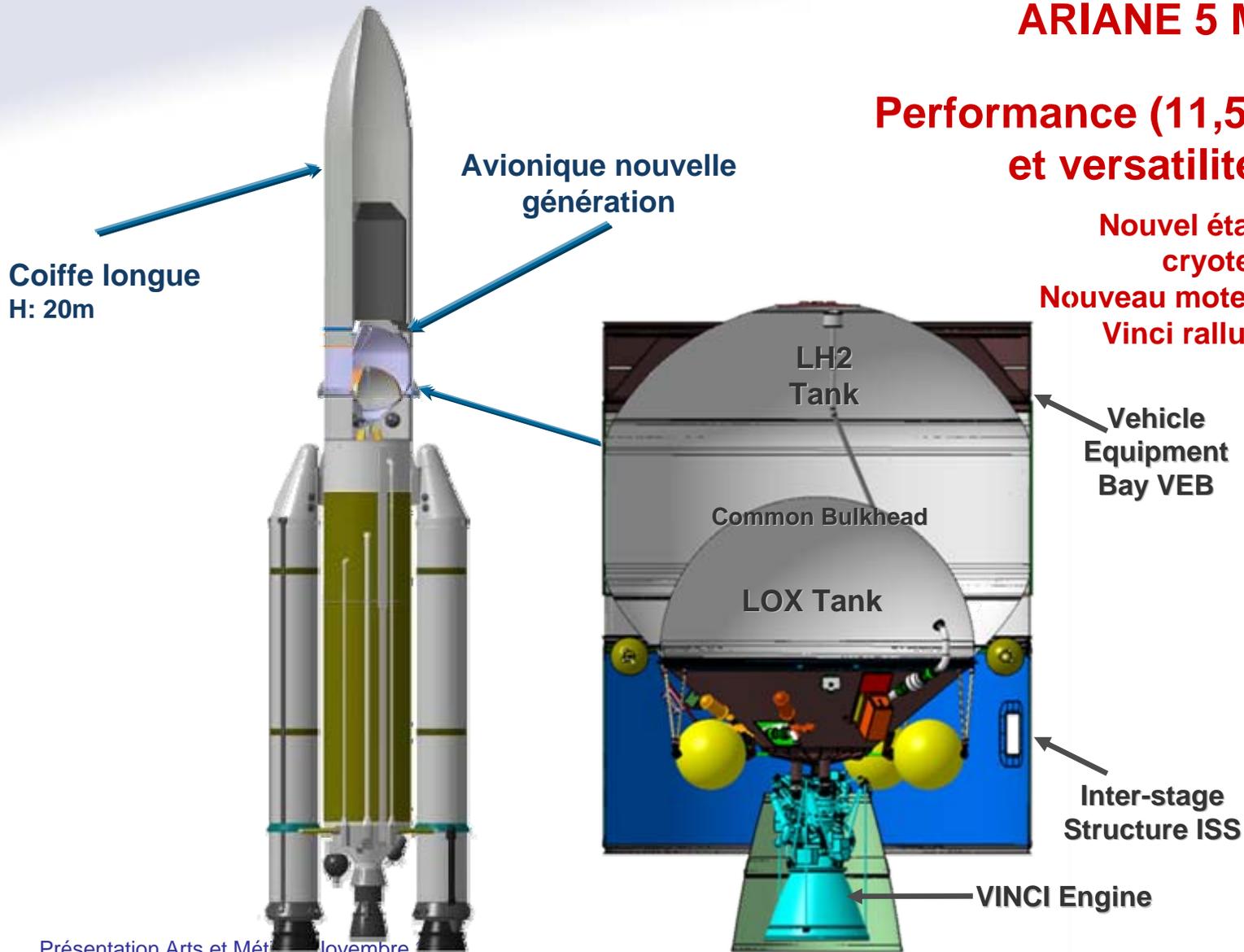


Evolution d'Ariane 5 «Horizon 2016»

ARIANE 5 ME

**Performance (11,5T GTO)
et versatilité**

**Nouvel étage supérieur
cryotechnique
Nouveau moteur cryotechnique
Vinci rallumable en vol**



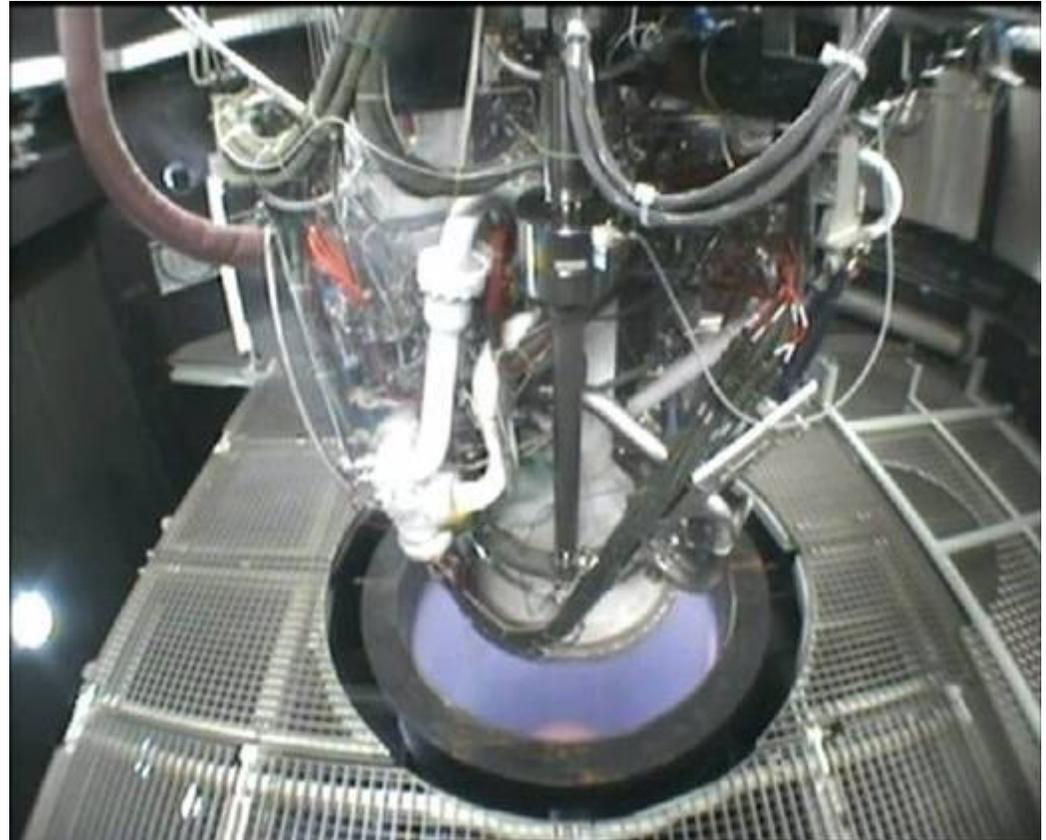
Evolution d'Ariane 5 «Horizon 2016»

Vinci: moteur cryotechnique rallumable



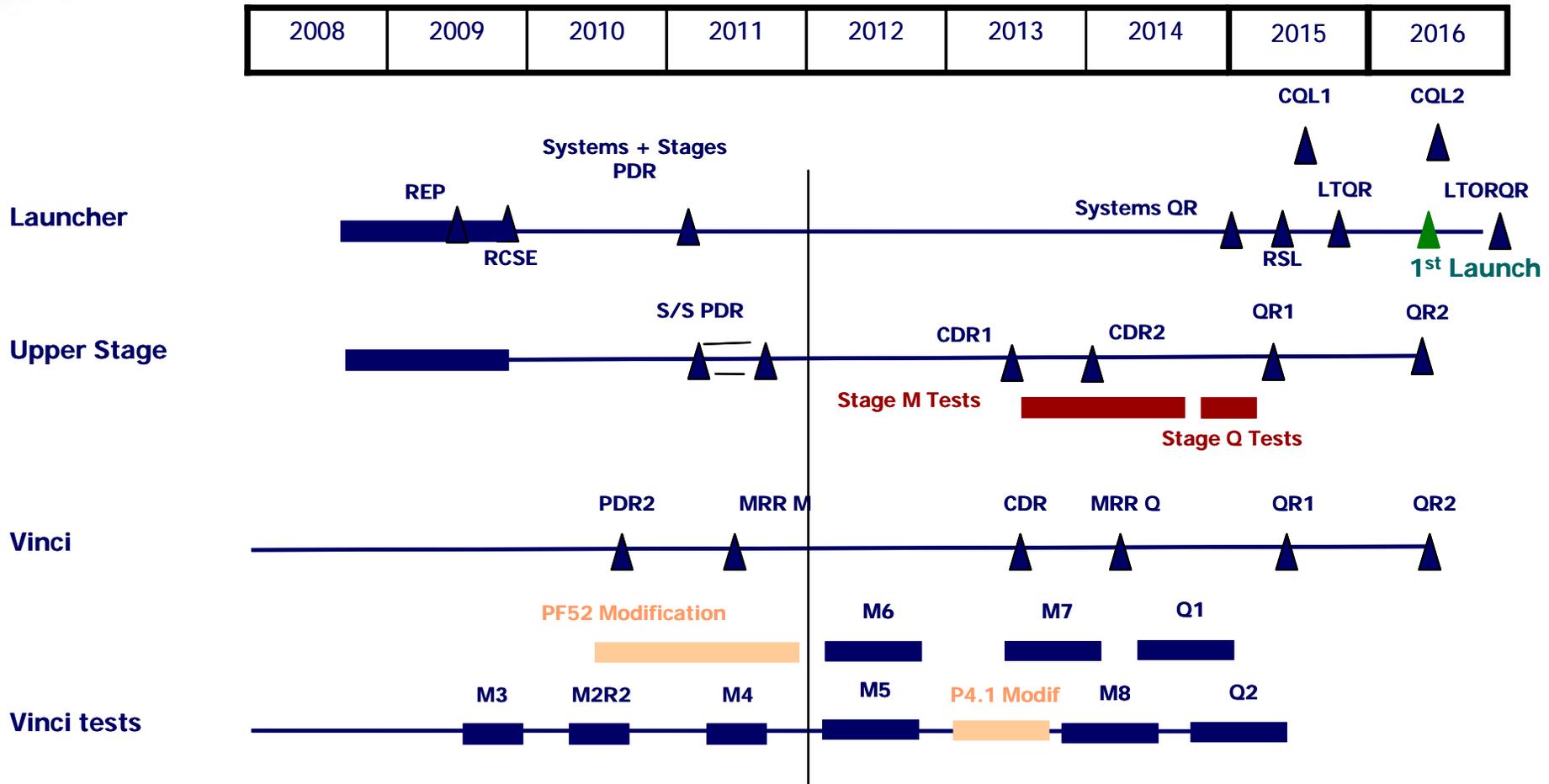
Moteur Vinci
à divergent déployable

Essai à feu du moteur Vinci sur le
banc P4.1 de Lampoldshausen

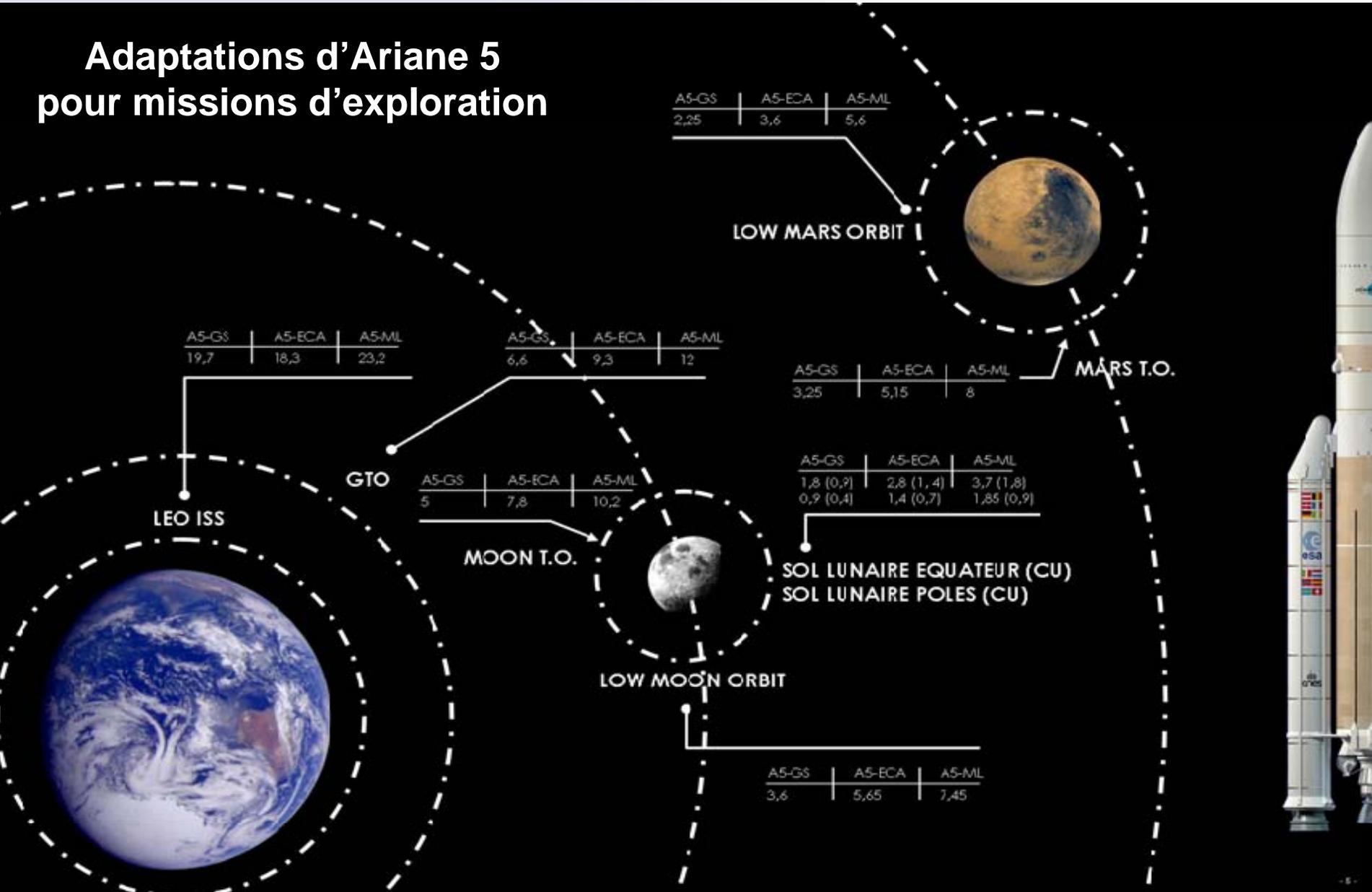


Evolution d'Ariane 5 «Horizon 2016»

Planning général et point clés



Adaptations d'Ariane 5 pour missions d'exploration





CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

SOYOUZ EN GUYANE

Soyouz en Guyane

(3 tonnes GTO)



Objectifs principaux du projet **Soyouz en Guyane**

- Disposer d'un lanceur moyen complémentaire à ARIANE 5 et VEGA pour les satellites GTO de moins de 3 tonnes et les satellites en orbite basse.
- Initier une coopération stratégique à long terme avec la Russie.
- Ouvrir la possibilité de faire des vols habités depuis une base de lancement européenne (CSG).



Programme Soyouz au CSG:

- Contenu:
 - Construction du pas de tir
 - Adaptation du lanceur Soyouz aux conditions de lancement depuis la Guyane (sauvegarde, environnement, interfaces)
 - Participation au développement d'une version améliorée dite 2-1-b.

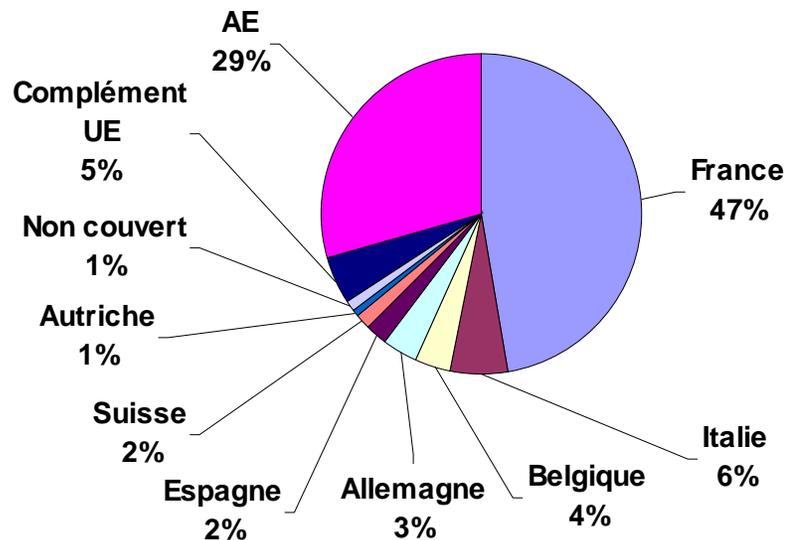
- Coût:
 - 412,8 M€ conditions économiques 2002

Financement du projet

Total financement à fin 2008

- **412,8 M€(CE 2002) :**
 - **Part ESA : 291,8 M€(CE 2002)**
 - **Part AE : 121,0 M€(CE 2002)**

Financement du projet à fin 2008



Organisation du projet

- **Phase de développement:**
 - **ESA** maître d'ouvrage
 - **CNES:**
 - Architecte système, maître d'œuvre
 - Responsable de la sauvegarde en vol et au sol
 - **ARIANESPACE** assure l'interface avec les activités russes
 - **ROSKOSMOS** responsable de l'ensemble des activités russes
 - **Ts SKB** constructeur du lanceur Soyouz
 - **NPO-Lavotchkine** constructeur de l'étage Fregat
 - **KBOM** constructeur des moyens sol de la zone de lancement

- **Phase d'exploitation:**
 - **ARIANESPACE** opérateur commercial

En Guyane

Chantier ELS au CSG (Août 2006)



1er Chantier Soyouz (R7) à Baikonur (1956)

De Russie ...



Soyouz en Guyane



2008

2009

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Activités chantier
GIE Infra

Réception
INFRA

QT

Arrivée des 1^{ères}
équipes russes

Intégration et essais
des équipements russes

Montage, intégration et essais
portique mobile

Adaptations S3B



Soyouz en Guyane



Le Système d'information opérationnel (SIO) au CDL

Montage SAS contrôle d'accès dans le CDL

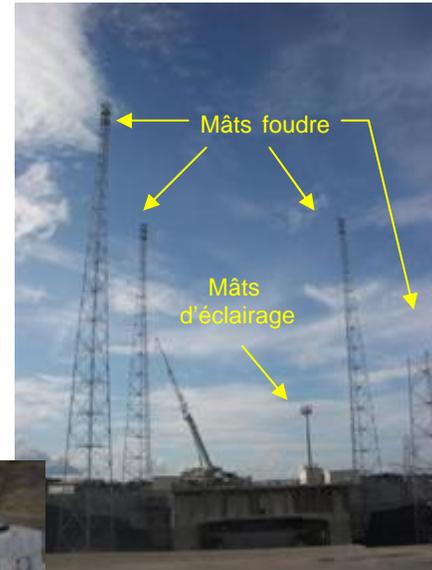


Canalisations LOX et LIN



(Photos chantier novembre - décembre 2008)

Montage de la cabine de service



Les premiers feux routiers ...



Photos chantier mars 2009



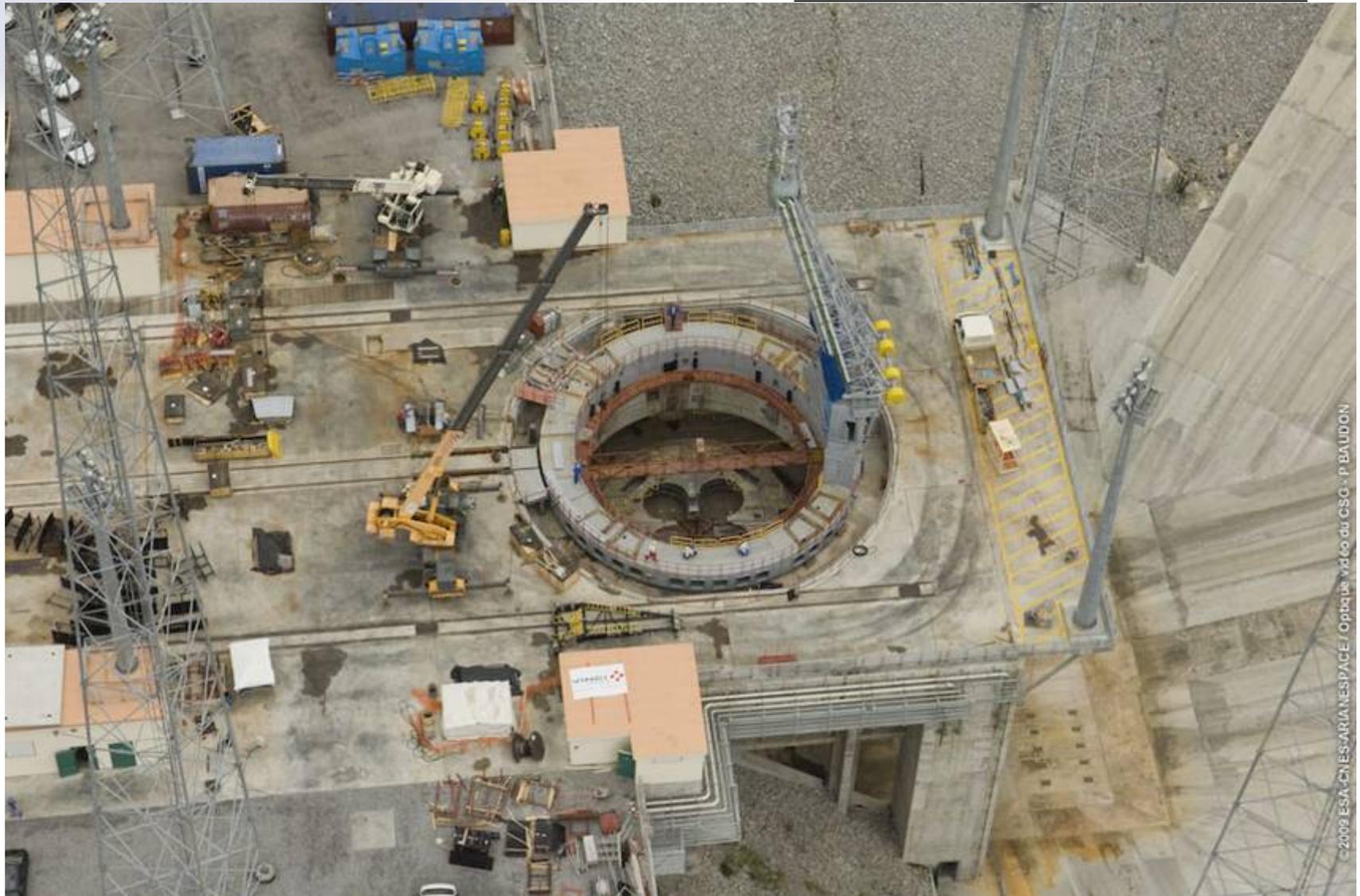
Soyouz en Guyane

Photos chantier mars 2009



©2009 ESA - CNES - ARIANESPACE / Optique vidéo du CSG - P. BAUDON

Photos chantier mars 2009



© 2009 ESA - CNES - ARIANESPACE / Optique vidéo du CSG - P. BAUDON

Soyouz en Guyane

Photos chantier mars 2009



Photos chantier avril 2009



Photos chantier juillet 2009

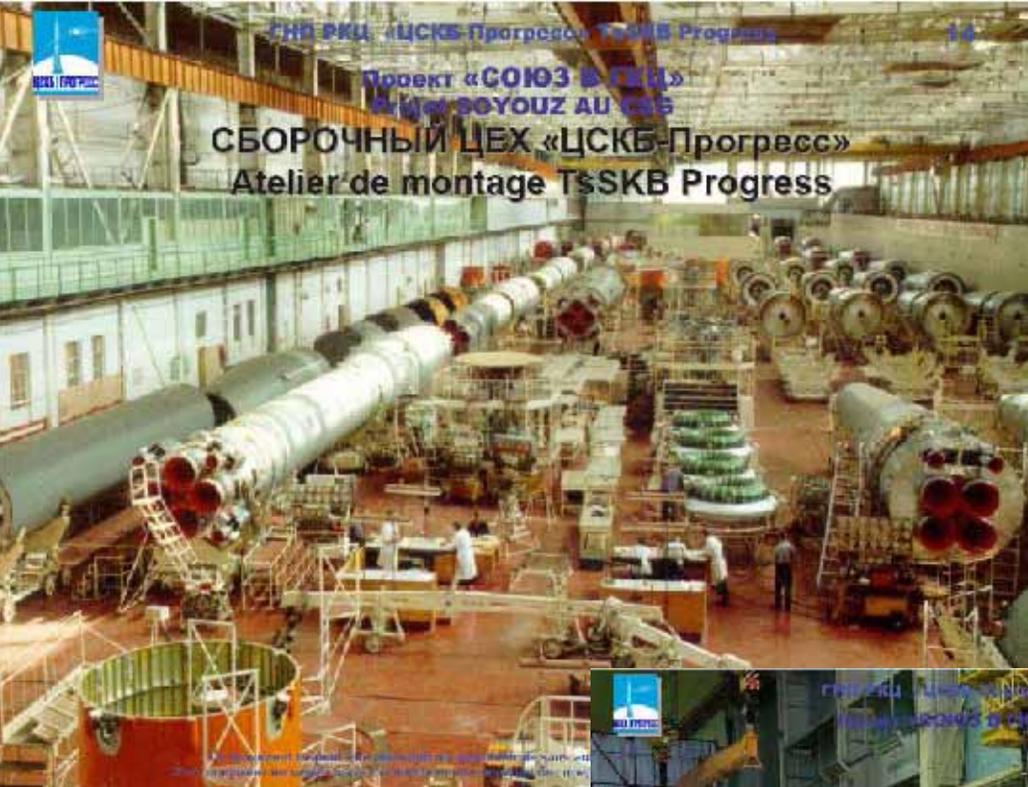


Photos chantier juillet 2009



Photos chantier juillet 2009





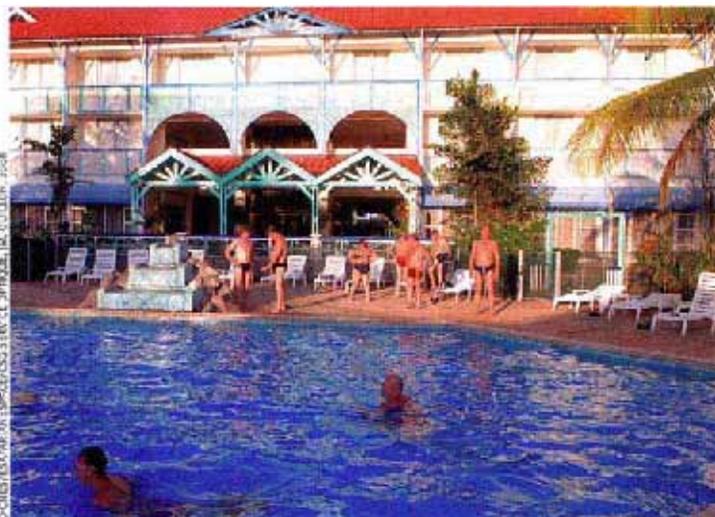
2010
1er lancement



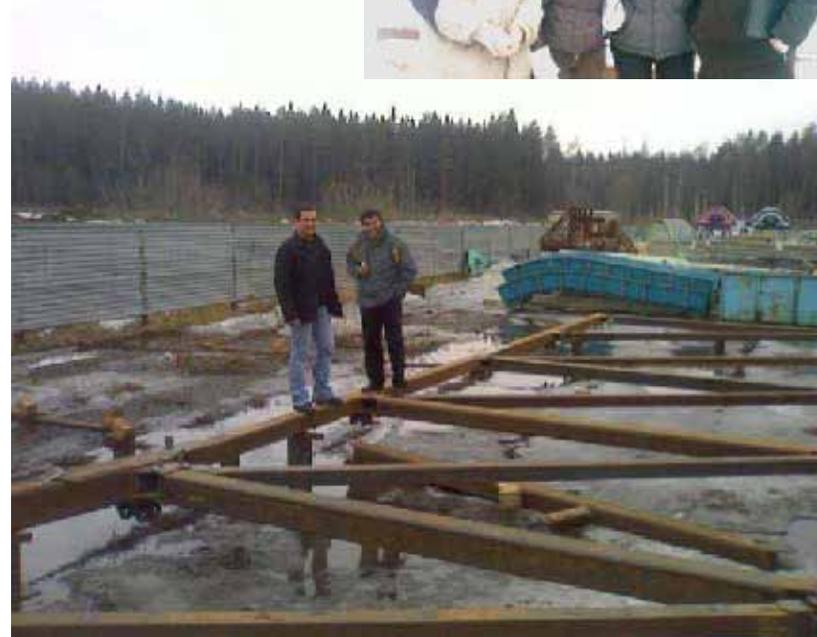
© ESA-CNES/Illus D. Ducros - Avril 2009



...En Russie
(équipes CNES)



De Guyane...
(équipes Russes)





CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

VEGA

VEGA

(1,5 tonnes SSO)

- **Premières réflexions :**
 - Début des années 90
 - Petit lanceur pour de petites charges utiles
 - Lanceur complémentaire d'ARIANE

- **Etudes amont réalisées en Italie et en France**



VEGA

(1,5 tonnes SSO)

➤ **Marché : essentiellement institutionnel**

- Observation de la Terre
- Navigation
- Applications scientifiques et militaires
- Microgravité
- Exploration.

VEGA

(1,5 tonnes SSO)

- **Une large palette de missions**
 - Équatoriale – polaire
 - 300 km - 1 500 km
 - 300 kg - 2000 kg

- **Une mission de référence :**
 - 1500 Kg sur une orbite circulaire polaire à 700 km

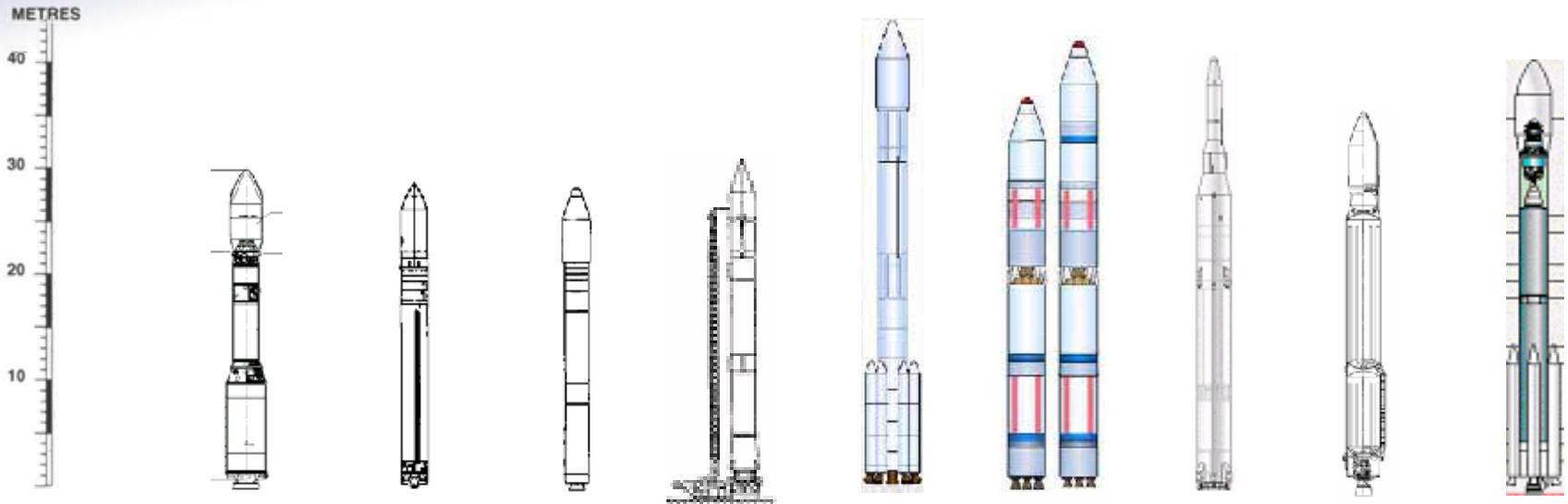
- **Une cadence de lancement : 4/an**

- **Un coût de lancement : < 20M\$**

VEGA

(1,5 tonnes SSO)

Les lanceurs concurrents



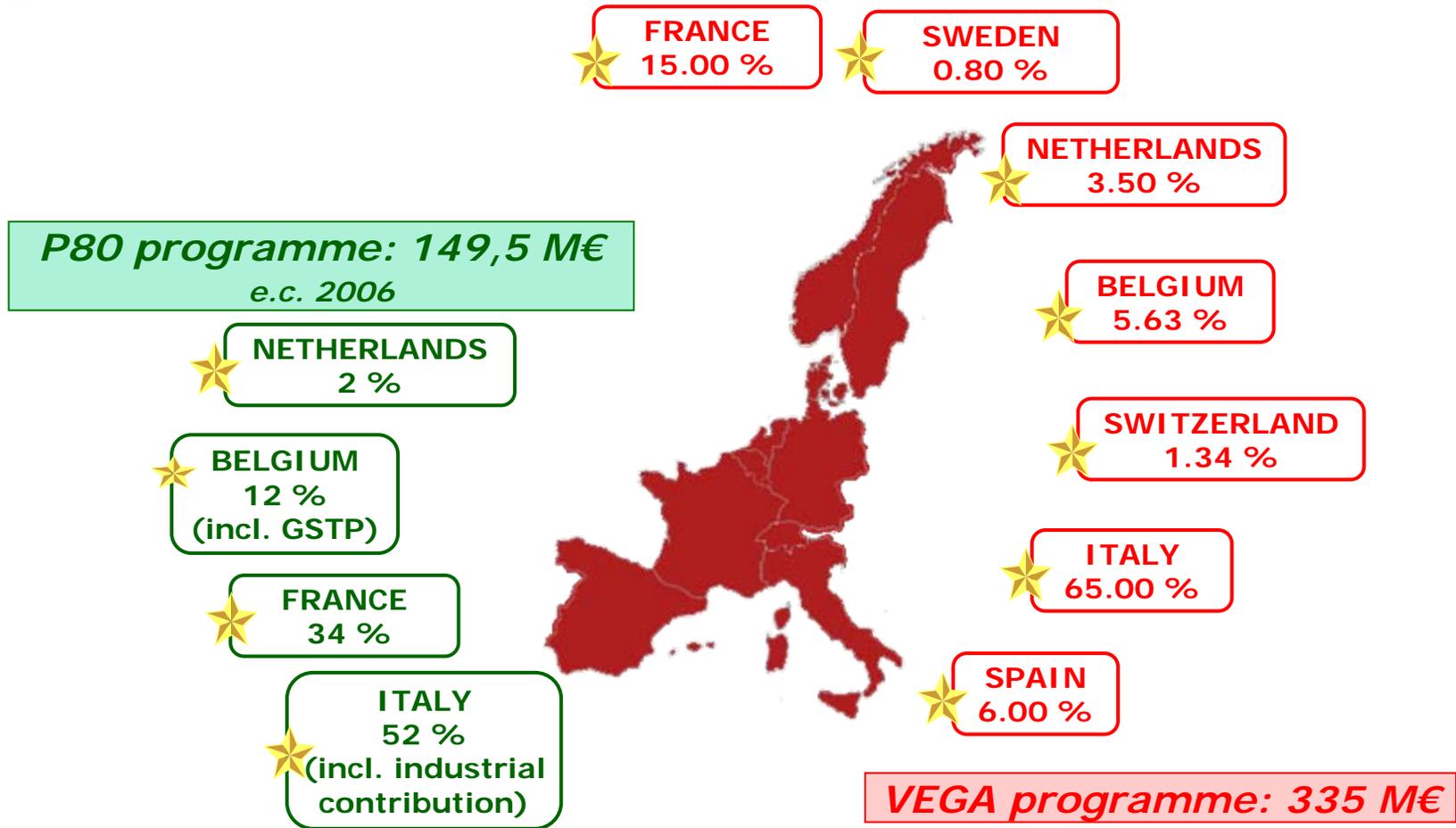
	VEGA Europe	ROCKOT Inter	ATHENA 2 USA	Cosmos 3M Ukraine	PSLV C1 India	LM 2C-SD China	Cyclone 2 Ukraine	Angara 1.1 Russe	delta II/7320 USA
Configuration									
Number of stages	3 (solid) + 1 liq	3 (liquid)	3 (solid) + 1 liq	2 liquide	2sol+2liq+6boosters	2liq + 1 solide(*)	2liquide / 1solide	2 (liquide)	2liq+3boosters
stage 1 - engine	P80	RD-0233	Castor 120	RD216	PS1	DafY 6-2	RD251	RD191	RS27A
stage 1 - type ergols	Solide	N2O4/UDMH	Solide	UDMH/Acide nitrique	Solide	N2O4/UDMH	N2O4/UDMH	LOX/KERO	LOX/hydrocarbure
stage 2 - engine	Z23	RD-0235	Castor 120	11D49	PS2	DaFY-20-1	RD252	S5.98M	AJ10-118k
stage 2 - type ergols	Solide	N2O4/UDMH	Solide	UDMH/Acide nitrique	N2O4/UDMH	N2O4/UDMH	N2O4/UDMH	N2O4/UDMH	Nitrogen/aeroline
stage 3 - engine	Z9	S5.98M	Orbus 21D	-	PS3	CTS	APM 600	-	-
stage 3 - type ergols	Solide	N2O4/UDMH	Solide	-	Solide	Solide	Solide	-	-
stage 4 - engine	Avum	-	OAM	-	PS4	-	-	-	-
stage 4 - type ergols	N2O4/UDMH	-	-	-	MMH/MON	-	-	-	-
Spécifications									
hauteur	30 m	29 m	28.4 m	32.4m	44m	42 m	39.7m	34.9 m	40m
diamètre principal	3 m	2.5m	2.36 m	2.4m	2.8m	3.35 m	3m	2.9 m	2.4m
masse au décollage	142 t	107 t	120 t	109 t	294 t	233 t	182 t	145 t	158 t

(*) Altitude>500km

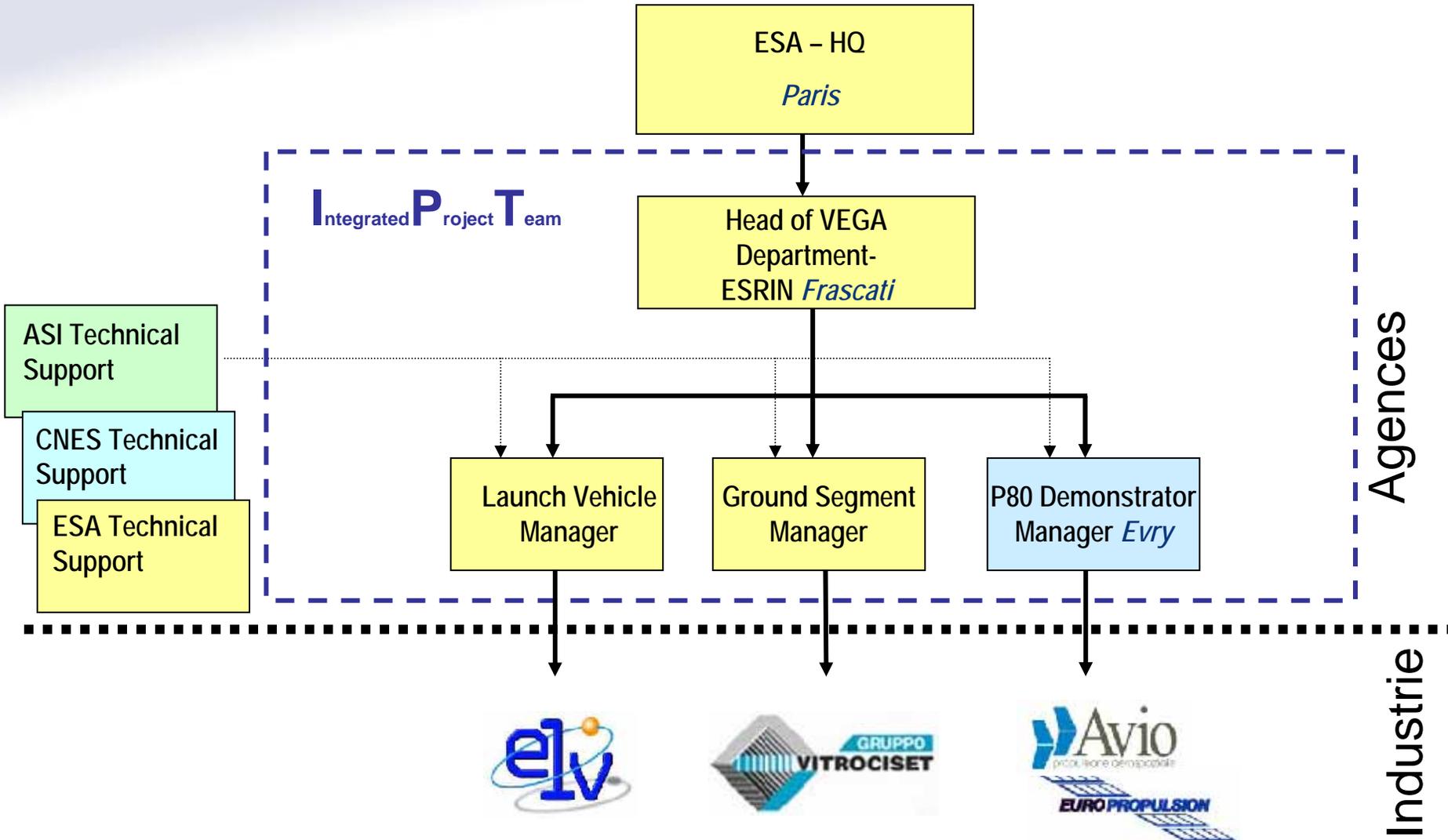
La genèse

2 Programmes ESA pour développer un système de lancement

- 1 - VEGA (lanceur hors P80 + segment sol)
- 2 - P80 (objectif double : Véga + démonstrateur)



Management du développement



Organisation industrielle : 3 “prime”



- **ELV (I)** (70% Avio-Spa and 30% ASI) : **prime contractor pour le lanceur (hors P80).**

Sous-contractants :

- CASA, CRISA, INTA,GMV, GTD (E),
- Galileo, OCI, Vitrociset, Datamat (I)
- SABCA (B),
- Contraves (CH),
- FOKKER, APP (NL),
- SAAB (S)
- Astrium, SEXTANT,Pyroalliance,ONERA... (F)



- **AVIO (I)** : **prime contractor pour le P80 ; management délégué à Europropulsion (F)**

- SNECMA (F), SABCA (B) and APP (NL)



- **VITROCISSET (I)** : **prime contractor du segment sol**



- Longueur totale : ~ 30 m
- Masse au décollage : ~ 139 t
- Capacité de lancement multiple :
 - 1 satellite principal, et jusqu'à 6 micro satellites
 - Lancement double

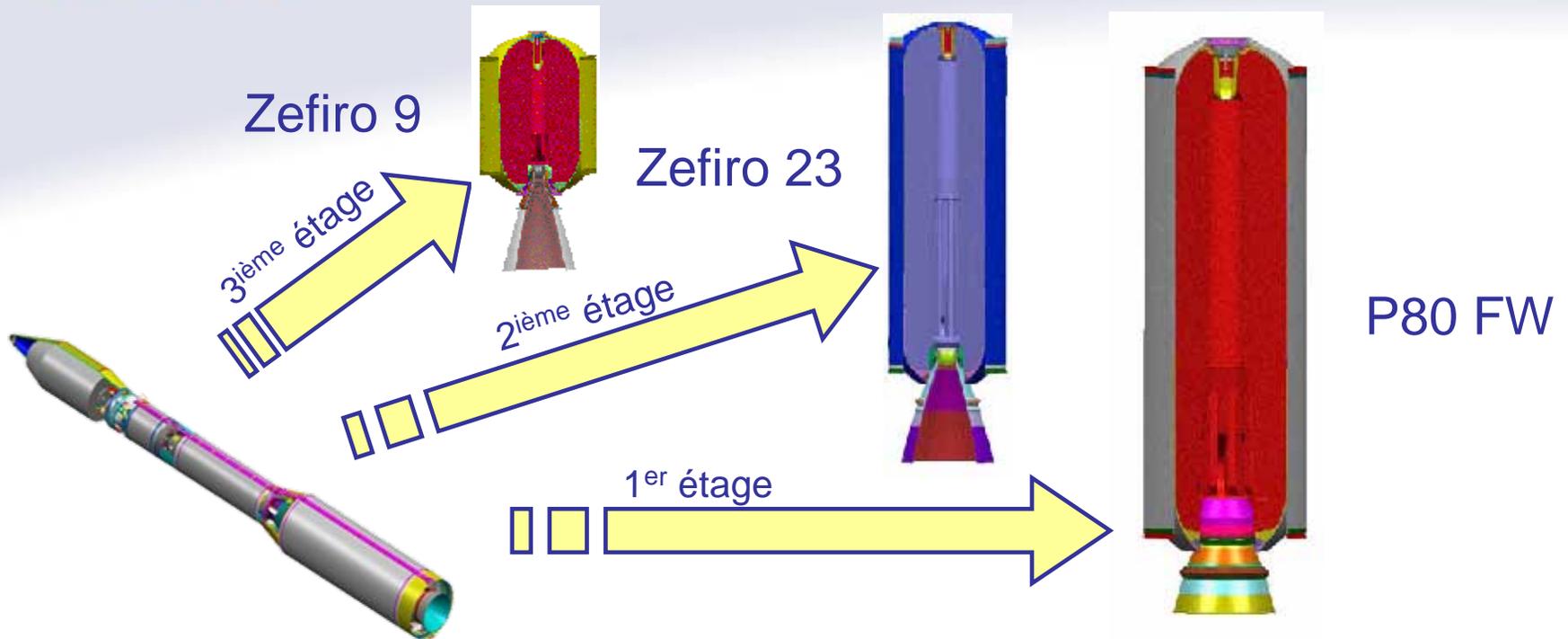


- **3 étages à propergol solide**
 - 1^{er} étage : P80
 - 2^{ième} étage : Zefiro 23
 - 3^{ième} étage : Zefiro 9

- **Étage supérieur : AVUM**
 - Propulsion liquide à ergols stockables
 - Système de contrôle d'attitude et de roulis
 - Avionique

- **Structures inter-étages**

- **Composite supérieur**
 - Coiffe
 - Adaptateur de charge utile



VEGA : un lanceur essentiellement à propulsion solide

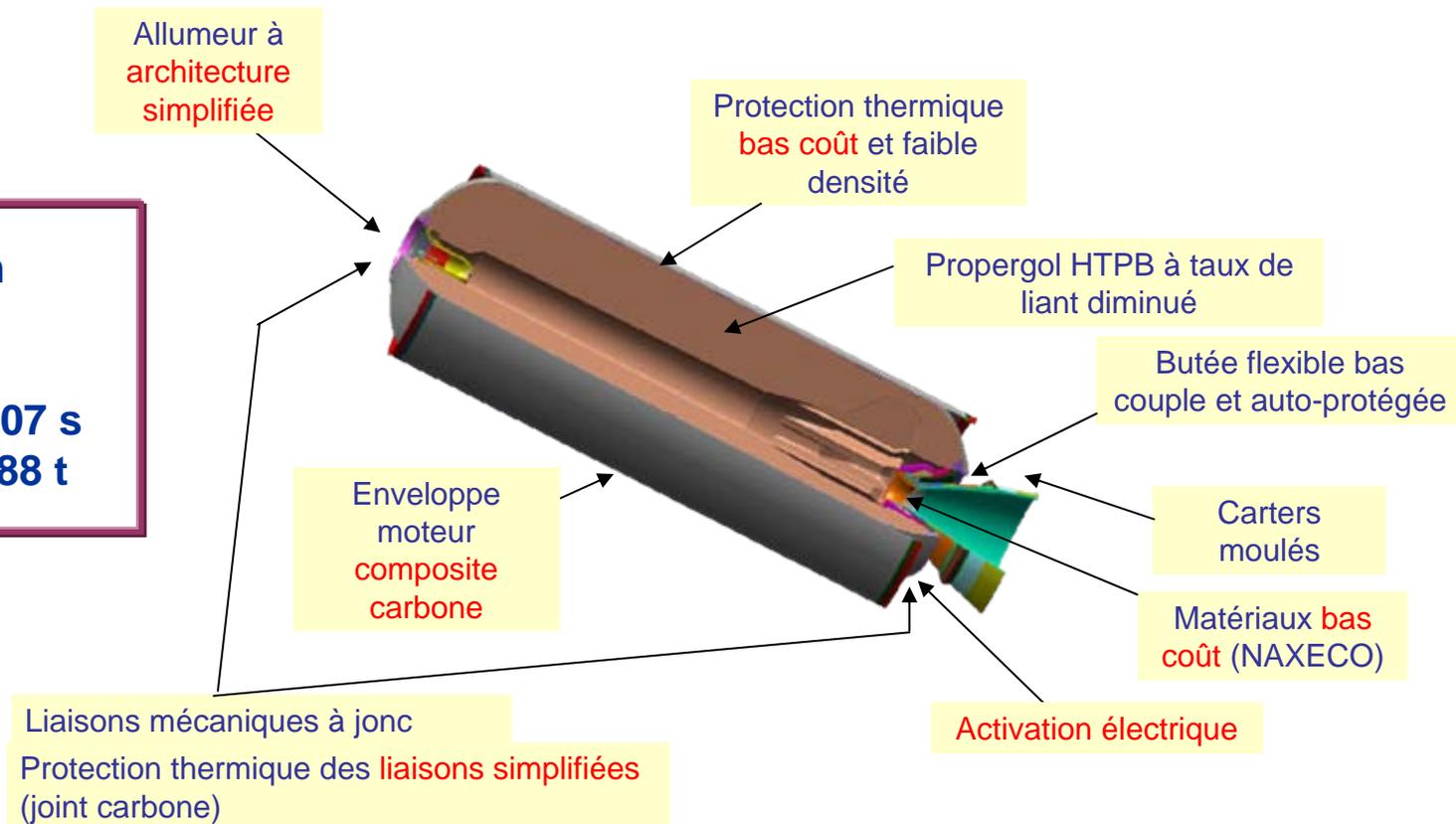
- Faible coût (développement et récurrent)
- Fiabilité
- Disponibilité
- Synergies avec ARIANE 5 (moyens de production)

Le cas du P80

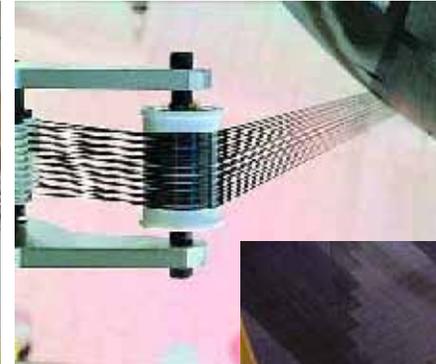
- **Plus gros moteur à propulsion solide, monolithique, à structure composite jamais développé.**
- **2 objectifs :**
 - **moteur du premier étage de VEGA,**
 - **démonstrateur de nouvelles technologies du domaine de la propulsion solide** (réduction des coûts récurrent & développement – possible utilisation sur A5NG / MPS2 ou autres).

P80 : innovations technologiques

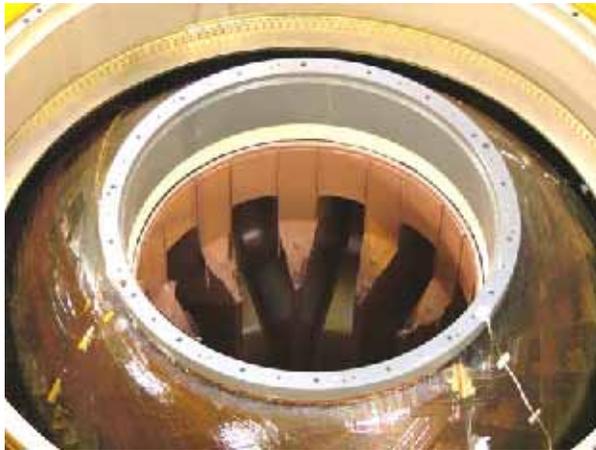
Longueur : 10,5 m
Diamètre : 3 m
MEOP : 95 bar
temps de comb. : 107 s
masse propergol : 88 t



P80: structure moteur en composite carbone



P80: chargement en propergols (Regulus Guyane)



P80: 2 essais à feu (BEAP Guyane)



- Premier tir à feu effectué en Guyane en novembre 2006

Z23 – 2ème étage VEGA



**Essais Mécaniques
structure Z23**



- **Premier tir effectué en Sardaigne juin 2006**

Z9 – 3ème étage VEGA



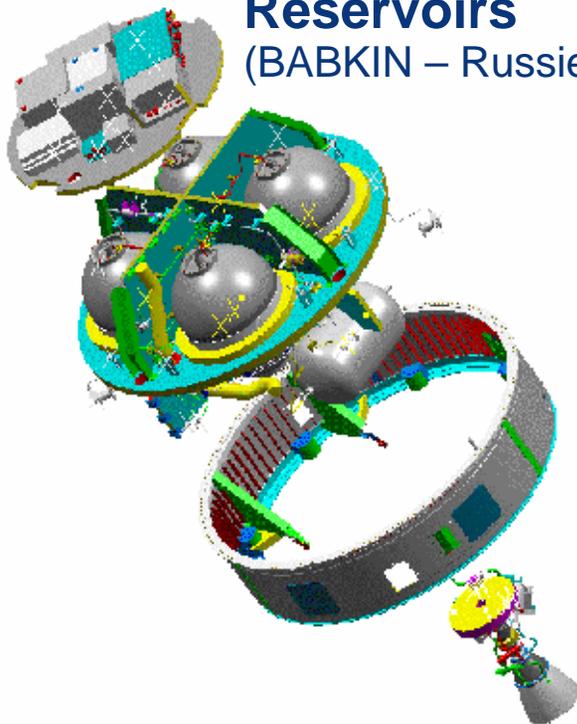
Essais Mécaniques
structure Z9

- Premier tir à feu effectué en Sardaigne décembre 2005

AVUM: 4ème étage VEGA

Réservoirs

(BABKIN – Russie)



Moteur: RD869

(YUZHNOYE – Ukraine)

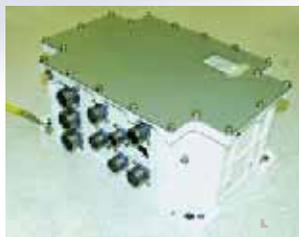


Essais Fonctionnels



Essais Mécaniques

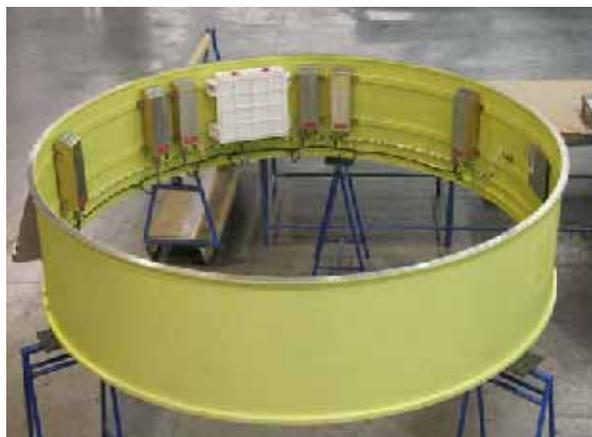
Systemes d'activation des tuyères: TVC



AVUM



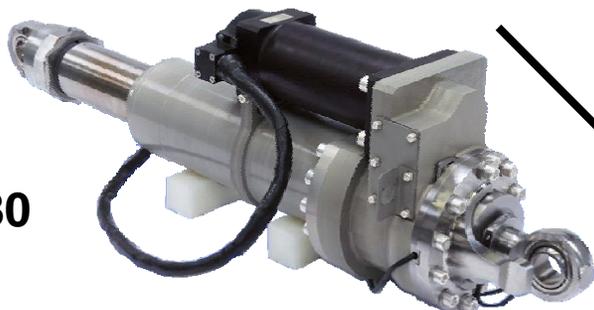
- Vérins électromécaniques
- Batteries Li/ion



Z23/Z9



P80



VEGA

Coiffe

Essais de séparation



Essais statiques



VEGA

Essais système

Essais dynamiques partie haute

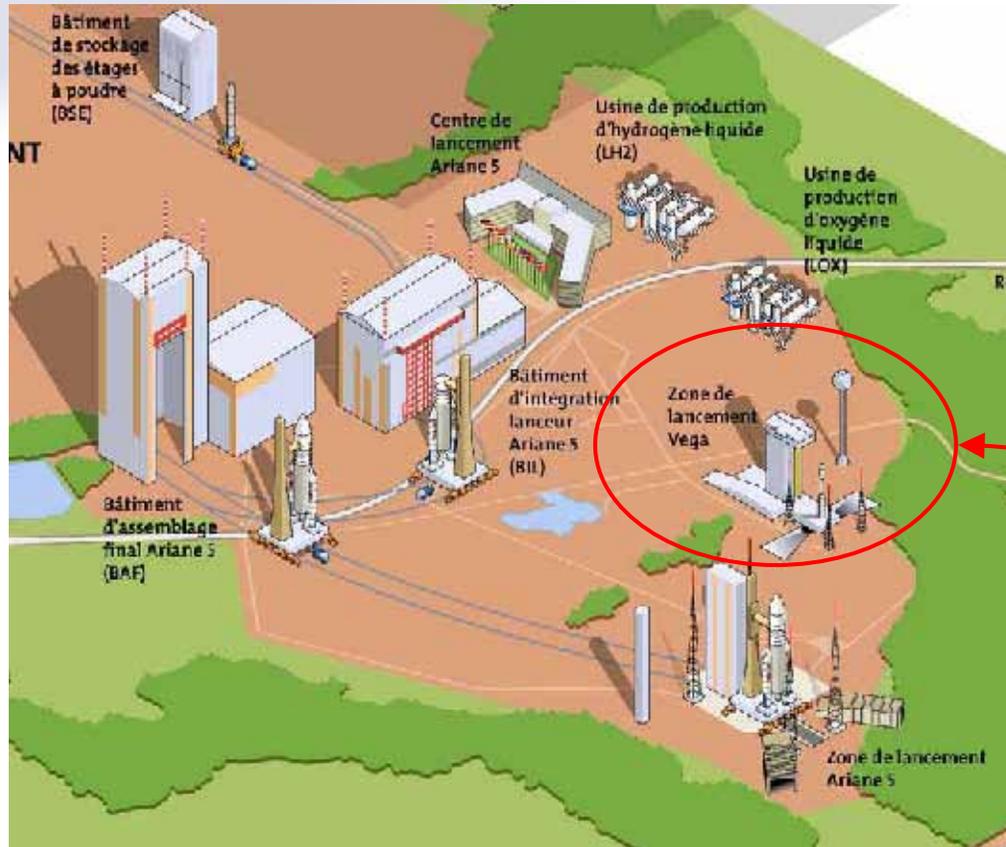


Essais de simulation fonctionnelle



VEGA

Segment Sol



**Site de lancement
Depuis Kourou en Guyane**

**Pas de tir
réhabilitation de l'ELA1**



VEGA

Segment sol





CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

PREPARATION DU FUTUR

COURT TERME

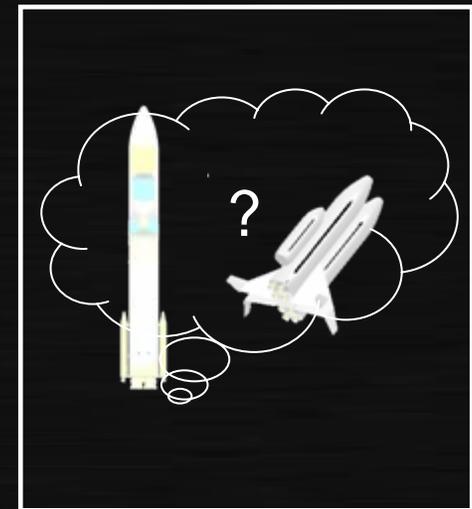
MOYEN TERME

LONG TERME

2010

2015

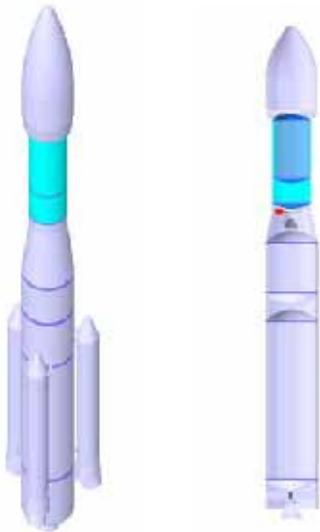
2025



Vers de nouvelles générations de lanceurs?

Les lanceurs de nouvelle génération

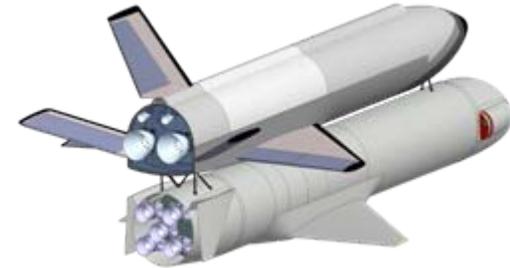
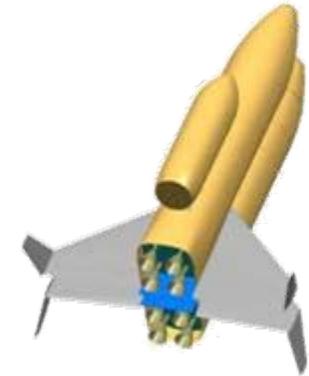
« Horizon 2025 - 2030 »



**Lanceurs
consommables**



**Lanceurs
semi réutilisables**



**Lanceurs
réutilisables**

Quelles exigences « cibles » ?

- **Marché institutionnel (priorité) et commercial (nécessaire)**
- **Capacité multi missions : GTO / GTO+ / SSO / MEO / LEO**
- **Modularité: 3t à 6-8t GTO, 4T SSO**
- **Fiabilité: 99% (A5: 98%)**
- **Disponibilité: 95% (A5: 86%)**
- **Coût récurrent: - 40% vs A5 ECA (M€ / ton)**
- **Réactivité : durée de campagne / par 2; durée d'analyse de mission / par 4**
- **Flexibilité : changement de mission en 2 semaines**
- **Environnement : dégagement d'orbite, équivalent carbone en production,...**
- **Confort charge utile : dynamique, acoustique, choc, thermique, propreté...**

Ariane 6: configurations potentielles

P : propergols solid
 C : Oxygène / Hydrocarbures
 H : Oxygène / Hydrogène



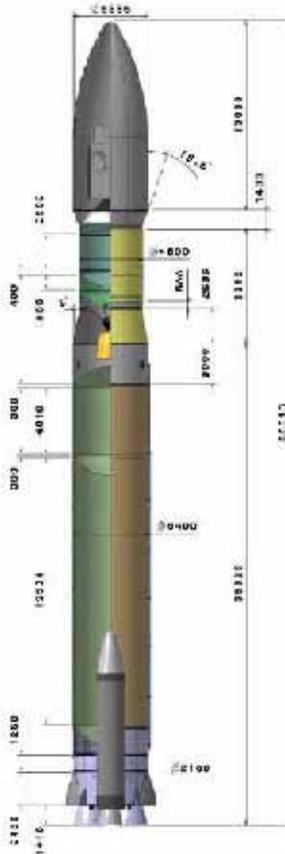
H 28

P 88

P 180

0 / 2 / 4 / 6

P40 solid boosters

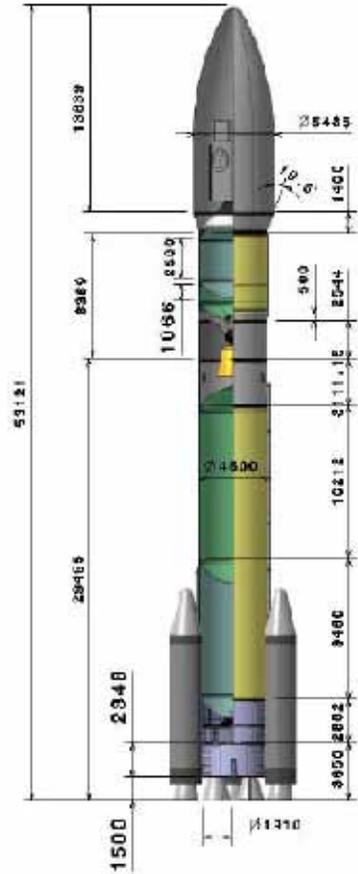


H 30

H 205

0 / 2

P47 solid boosters



H 30

C 270

0 / 3

P40 solid boosters

A photograph of a rocket launch at night. A large, bright plume of white smoke and fire trails upwards from the launch site, reaching a very bright light source in the dark sky. The launch is viewed from across a body of water, which reflects the light from the rocket. In the foreground, the silhouettes of several people are visible, some holding up phones or cameras to capture the event.

Merci de votre attention