Moyens d’expérimentation en pesanteur modifiée
Vols paraboliques et post-ISS
Parabolic flights and post-ISS weightless facilities



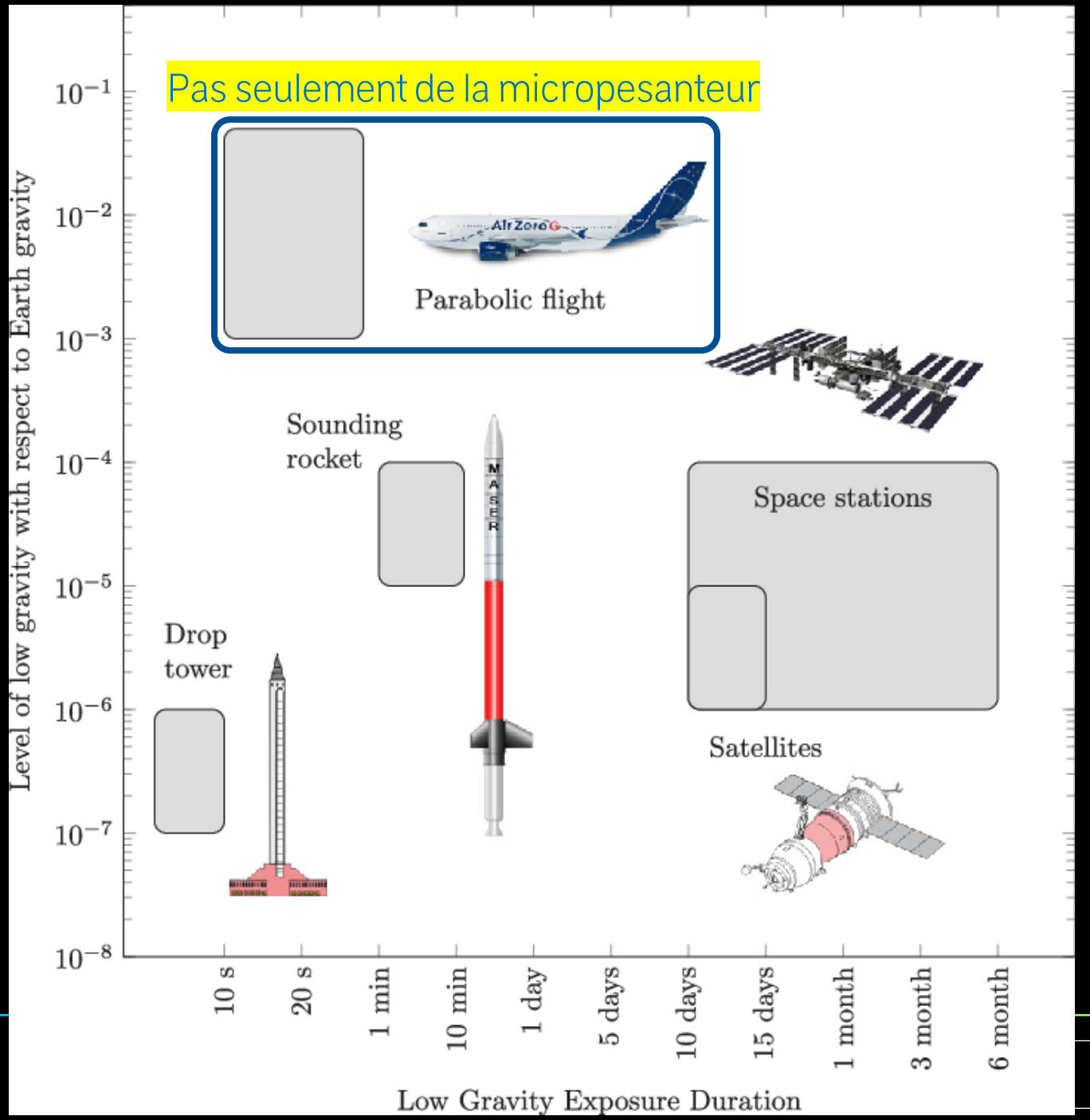
Image réelle, réalisée avec la Patrouille de France en juin 2019. © Airborne films/Novespace

Sébastien Rouquette
Cnes - Cadmos

UN LIEN VERS L'ESPACE ET AU-DELÀ

- Plus d'accès capsules (Foton-RU)
- Fusées sondes (ESA)
- Tour à chute libre (DLR)

- Archives d'études et résultats scientifiques
  https://hreda.esac.esa.int/hreda/#/pages/home



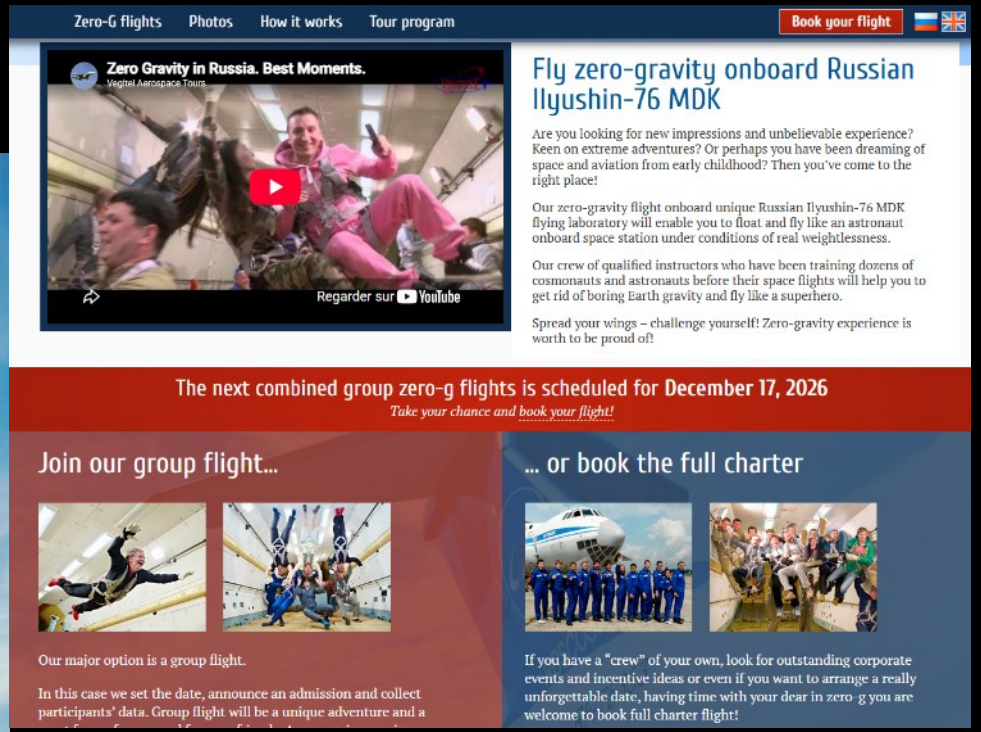
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

cnes

CÔTÉ RUSSE

IL-76 RF-75353 toujours en service pour le compte de Roscosmos





(*dernier vol 29 août, prochain vol 17 décembre*)

Images source Roscosmos

CÔTÉ US



Zerog Corp faillite récurrente + avion détruit. Appel de fonds de 5M$, 277k€ levés, «*we do not anticipate a return earlier than mid-2027*»



Projet touristique de Virgin Galactic



SpaceShipTwo retiré en 2024 © Virgin Galactic

EN EUROPE

Université de Delft avec NLR (Royal Netherlands Aerospace Centre). Propose des vols paraboliques en partenariat avec Swiss SkyLab Foundation. Toujours en activité



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

cnes

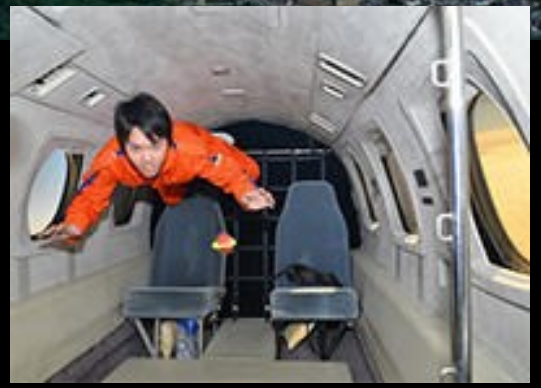
Cessna Citation II (PH-LAB) Research Aircraft Captured by Alan Wilson.
Image licensed under CC BY-SA 2.0.

LE RESTE DU MONDE

Au Japon



MU-300 © Diamond Air service

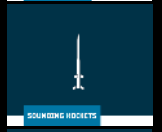


Au Canada



Falcon 20 © CSA

UN MOYEN D'ACCÈS À L'IMPESANTEUR « DÉMOCRATIQUE »

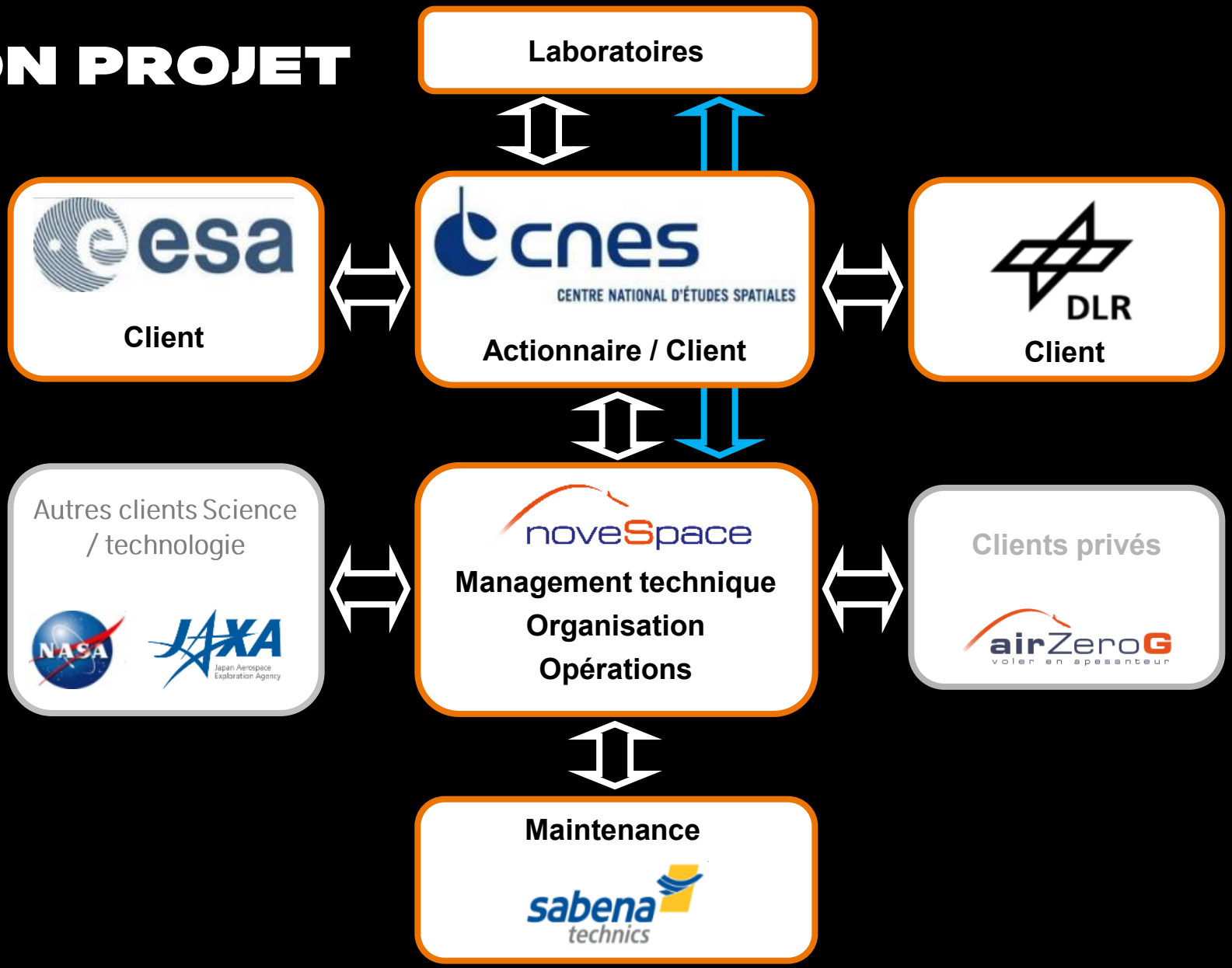
Moyen	Durée	Niveau de µg	Charge utile	Coût moyen	
Vols paraboliques	22 s*	10^{-2} - 5.10^{-3} g	50kg - 5t	x1 (100€/kg)	
Tours / Puits	2 – 5 s	10^{-5} - 10^{-6} g	200 - 300 kg	x 10 (1k€/kg)	
Fusées sondes	3 – 15 min	10^{-4} g	100 - 500 kg	x 50 (5k€/kg)	
Capsules	15 j	10^{-6} g	700 kg	x 50 5k€/kg	
ISS	>>>	10^{-5} g	< 50 kg	x 200 20k€/kg	

Flexibilité

Coût

*Pas seulement de la micropesanteur

ORGANISATION PROJET



ORGANISATION PROJET

DATES DES ÉVÉNEMENTS CNES

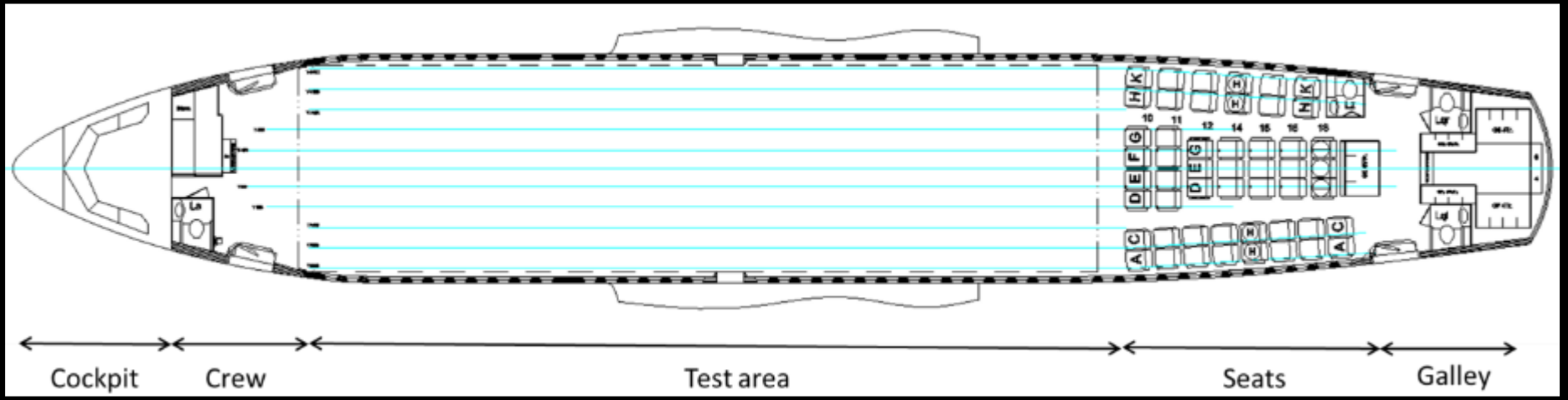
- APR : avril-juin chaque année — https://cnes.fr/scientifiques/appels-contributions https://appels-sciences.cnes.fr/fr
- Appel campagnes : avril / novembre
- Dates limites : juillet / janvier n+1
- Sélection : septembre / février
- Dates campagnes : mars n+1 / octobre
- Prochain appel à candidatures novembre 2026 pour la campagne VP200 du 27/09 au 07/10 2027

BUDGET ANNUEL CNES

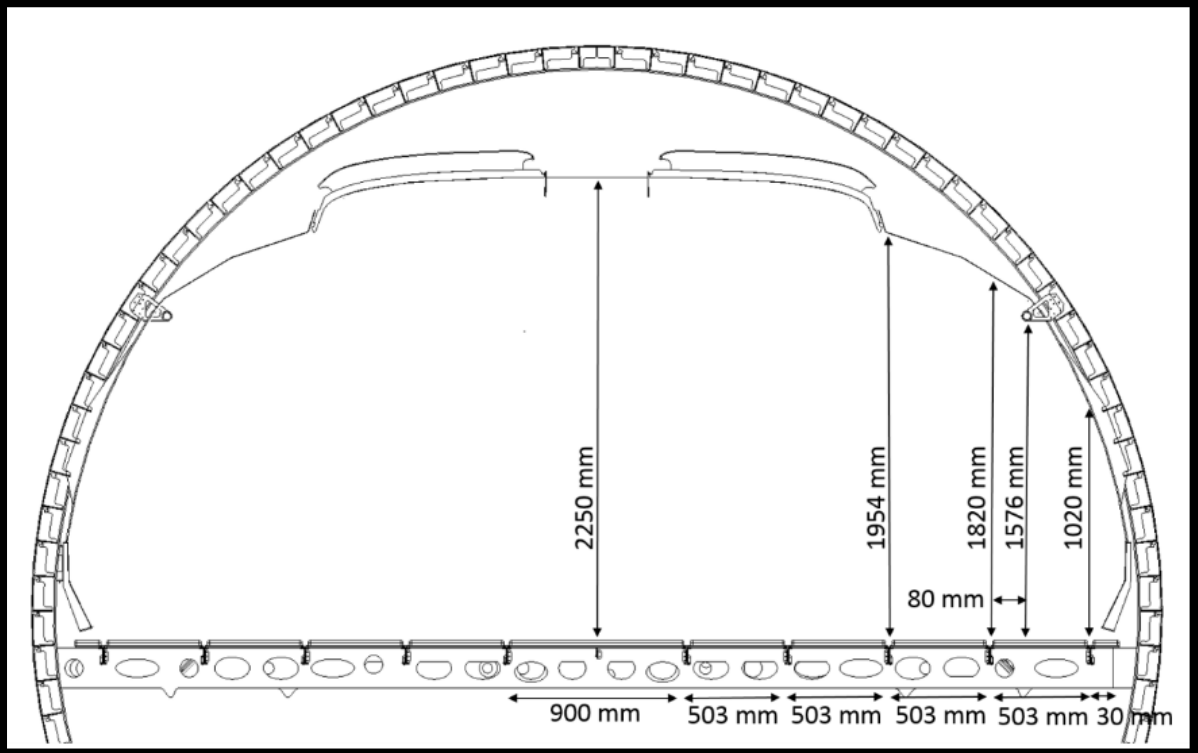
- 3.5M€ pour 2 campagnes (*hors recettes éventuelles*) → 0.1% du Budget CNES
  - 400k€ organisation
  - 300k€ achats et services
  - 1M€ Navigabilité et entretien
  - 20k€ réserve achats équipements

Recettes annuelles
vols de découverte 300k€ !

DISPOSITION CABINE



- Dimensions : 20 x 5 x 2.3 m^3
- Organisation projet autour de la science
- Qualité µg
- 40 passagers
- 10 à 15 expériences



Caractéristiques	Airbus A310	Boeing 727-200	KC-135 Stratotanker	Iliouchine Il-76 (MD)
Type de fuselage	Gros-porteur civil (Wide-body)	Monocouloir civil (Narrow-body)	Monocouloir militaire	Gros-porteur militaire (Heavy)
Diamètre extérieur	5,64 m	3,76 m	3,66 m	4,80 m
Largeur utile cabine	5,28 m	3,54 m	3,35 m	3,45 m (sol)
Longueur utile cabine	33,24 m	28,19 m	26,21 m	24,54 m
Hauteur utile cabine	2,33 m	~2,15 m	~2,10 m	3,40 m

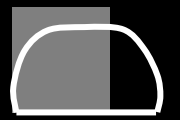
A310 ZERO-G

KC-135 / B727



A310 ZERO-G

IL-76



37 ANS

194 CAMPAGNES

71 CAMPAGNES CNES

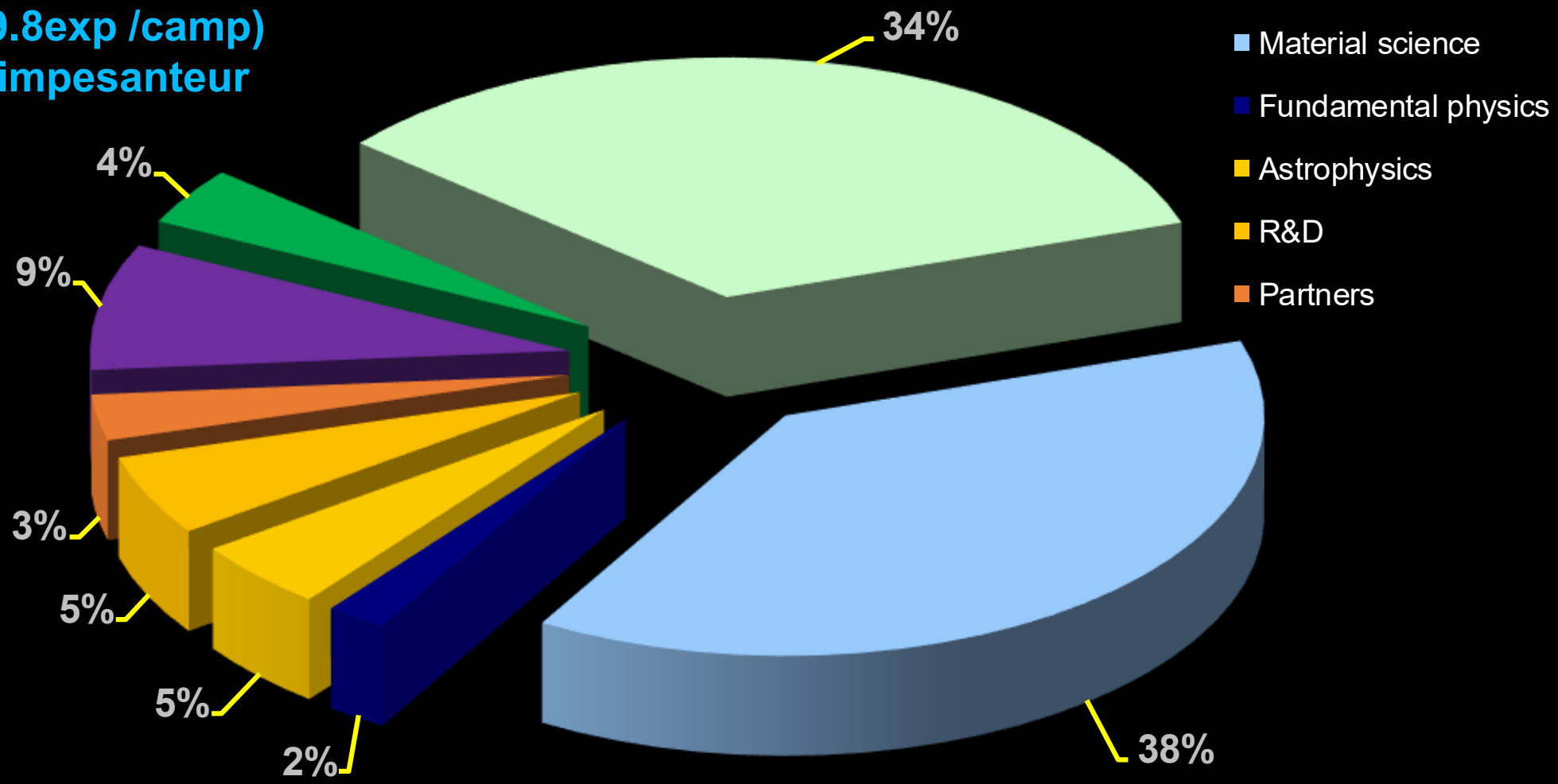
6900 PARABOLES

SOIT 40 H* UTILES

750 EXPÉRIENCES

STATISTIQUES 2009-2026

36 campagnes
354 expériences (9.8exp /camp)
20.5h cumulées d'impesanteur



STATISTIQUES 2009-2026

COMPARER AVEC L'ISS ?

Mission typique ISS de 6 mois pour 1 astronaute

- 3h* cumulées de science par jour x 5j/sem (*temps incluant le temps d'installation-désinstallation*)
- 100 expériences sur 6 mois (source ESA), dont 10 pour la contribution FR

Equivalent à 1 campagne de vols paraboliques = 10 expériences (9.8exp /camp)

Depuis 2009
36 campagnes = 354 expériences

➔ Équivalent à 3.5 missions de 6 mois pour l'Europe
➔ Ou 35 missions de 6 mois pour la contribution FR

(***sur la même période, nous avons eu 3 missions de 6 mois avec astronautes FR***)

****Dans l'ISS, environ 3h par jour et par astronaute (x3) dédiées aux expériences scientifiques, ce n'est pas 24/24 et rarement en parallèle.***
Le temps utile de mesure est ~1/2 en raison du temps de mise en œuvre
Temps utile ~1.5h/j*5j= 7.5h/sem

POST-ISS

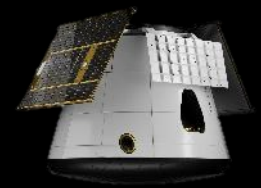
UNE LONGUE LISTE DE PRÉTENDANTS

Pas d'influence sur les décisions des partenaires historiques (US ou RU)
Le spatial européen n'a pas d'autre option que de s'adapter et d'être résilient
Passer par le privé est aujourd'hui une nécessité (*c'est déjà ce que nous faisons avec les vols paraboliques depuis 37 ans sans aucune remise en cause de notre gouvernance !*)
En parallèle rechercher une solution institutionnelle (ESA)

- **Autonomous European crew access to LEO (ESA ~2035)**
- **Loft Orbital**
- **Orbital Paradigm**
- **SCU**
- **Space Rider (ESA)**
- **TEC**

Contrats en cours avec le CNES pour définir et challenger les exigences, la capacité de lancement et la qualité du service

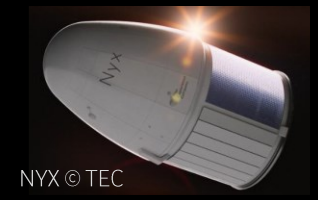

© Loft Orbital


Kestrel © Orbital Paradigm


REV1 © SCU


Space Rider © ESA

Le CNES et l'ESA s'engagent pour préparer le post-ISS et assurer la « continuité de service » pour la recherche académique


NYX © TEC

PASSAGE DE RELAIS : RELÈVE ASSURÉE

Pour les vols paraboliques, Novespace et les agences œuvrent ENSEMBLE à assurer la continuité de service et son développement

- **Capacité d'emport**
- **Qualité de service (servitudes sol et bord, qualité des paraboles)**
- **Innovation et aide aux labos (moyens, équipements)**



Rencontre du 3e type en 2014 © S. Rouquette


AirZero
NoveSpace
REMOVE BEFORE FLIGHT