



**QeR 2025 : Qualité 2.0**

**11<sup>ème</sup> rencontres du réseau Qualité en Recherche du CNRS**

**13-14 oct. 2025 à Orléans**



# La Démarche Qualité au Sein de la Plateforme Nationale PIVOINE\_2G

Pascal Lasgorceix

Ingénieur de Recherche-Responsable Plateforme

CNRS Ingénierie ICARE - Orléans

# ICARE –UPR 3021

## Institut de Combustion Aérothermique Réactivité et Environnement



CNRS Ingénierie ICARE



**HELIOS** Chambre de simulation atmosphérique à irradiation naturelle d'Orléans



**PIVOINE\_2G** Propulsion Plasmique Spatiale

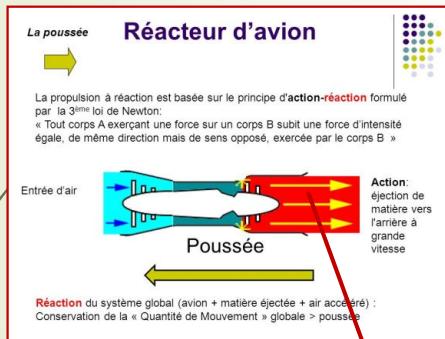
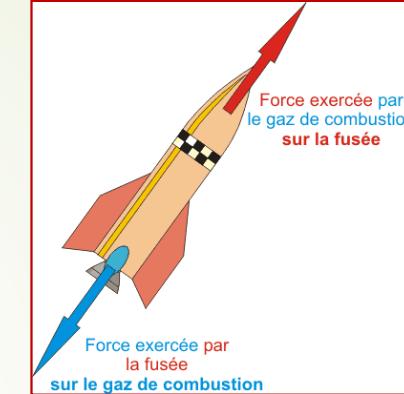
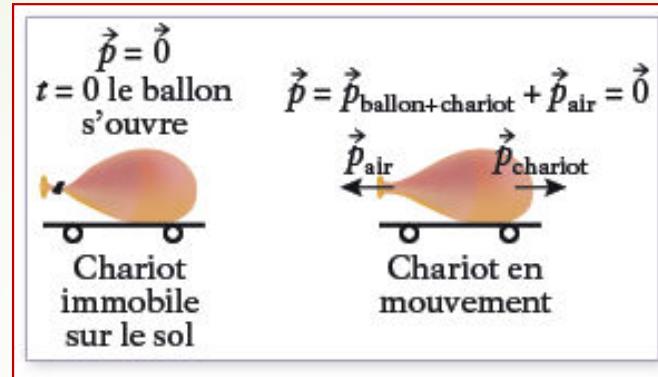
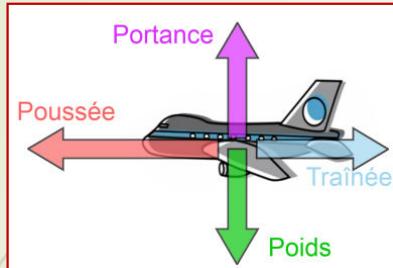


**FAST** Souffleries raréfiées à jets supersoniques, hypersonique à gaz neutres ou plasmas

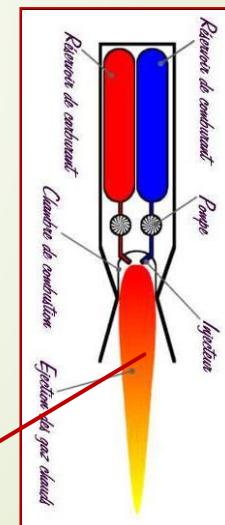
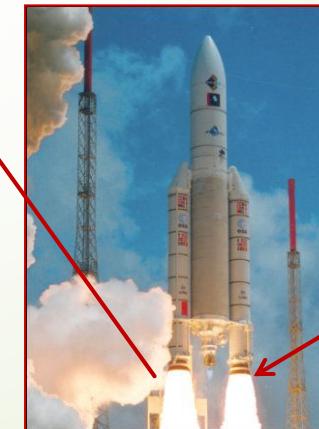
ANF Qualité 2.0 - 11<sup>ème</sup> rencontres du réseau QeR à Orléans le 13 et 14 octobre 2025

# Propulsion spatiale

## Le Principe de Conservation de la Quantité de Mouvement



$$\mathbf{F} = \dot{m}_e \cdot \mathbf{v}_e$$



# Propulsion spatiale

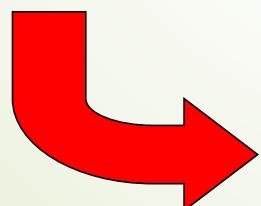
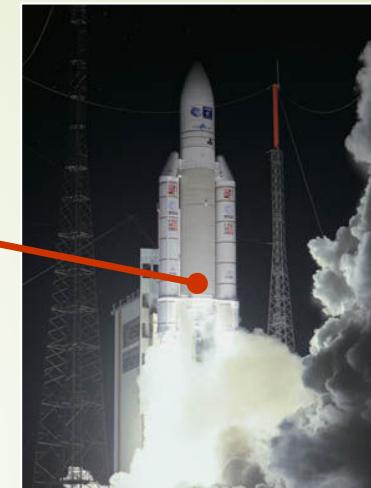
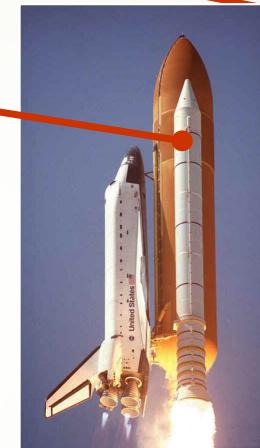
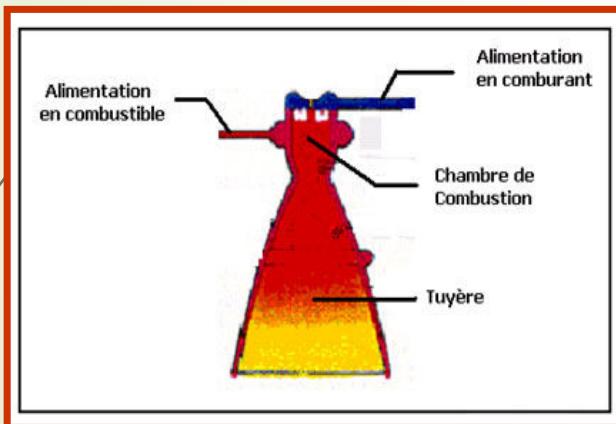
## La Propulsion Chimique

### *Propulsion chimique liquide*

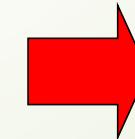
LH<sub>2</sub>-LO<sub>2</sub>, hydrazine, kérósène, méthane...

### *Propulsion chimique solide*

Moteur à poudre (booster avec Al)



$$v_e = \sqrt{\frac{2k_B T}{m}}$$



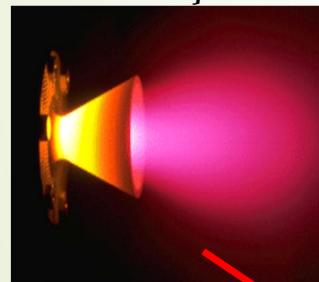
$T \sim 3000\text{-}4000 \text{ K}$   
 $v_e \sim 2 \text{ - } 4 \text{ km/s}$   
 $Isp \sim 200 \text{ - } 400 \text{ s}$   
 $F = 1\text{-}10^8 \text{ N}$   
 $\text{Temps} \sim \text{qq mn}$

# Propulsion spatiale

## La Propulsion Electrique

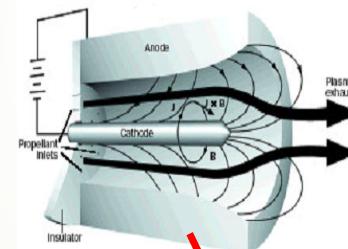
### Electrothermique

Arc-jet



### Electromagnétique

Propulseur MPD



### Electrostatique

Propulseur à effet Hall

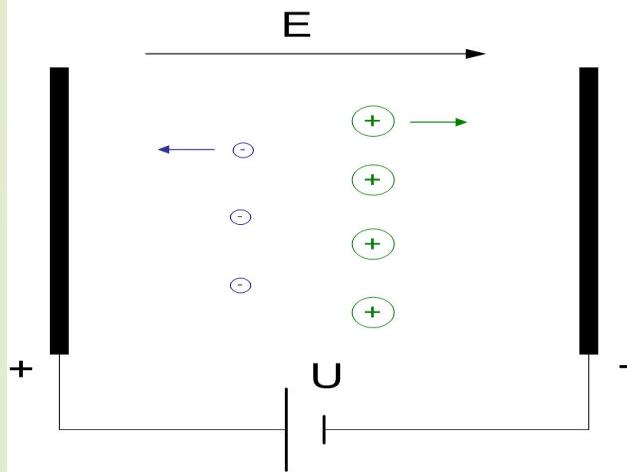


**PLASMA**

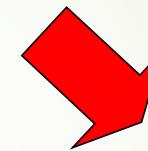
# Propulsion spatiale

## La Propulsion Electrique

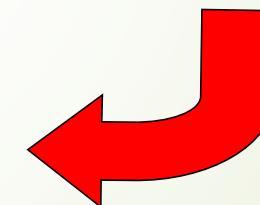
### La propulsion électrique 'Type électrostatique'



$$E_c = \frac{1}{2} m_+ v_e^2 = e U_d$$



$$v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_d}{m_+}}$$



$Xe^{+(131,3g)}$  et  $U_d = 100V, 1000 V$

$v_e \sim 12 - 40 \text{ km/s}$

$Isp \sim 1200 - 4000 \text{ s}$

$F = 0,05 - 1 \text{ N}$

$T_f \sim \text{plusieurs centaines d'heures}$

# Propulsion spatiale

## La Propulsion Chimique

$$v_e = \sqrt{\frac{2k_B T}{m}}$$

**T ~ 3000-4000 K**  
**v<sub>e</sub> ~ 2 - 4 km/s**  
**Isp ~ 200 - 400 s**  
**F= 1-10<sup>8</sup> N**  
**Temps ~ qq mn**

## La Propulsion Electrostatique

$$v_e = \sqrt{\frac{2.e.U_d}{m_+}}$$

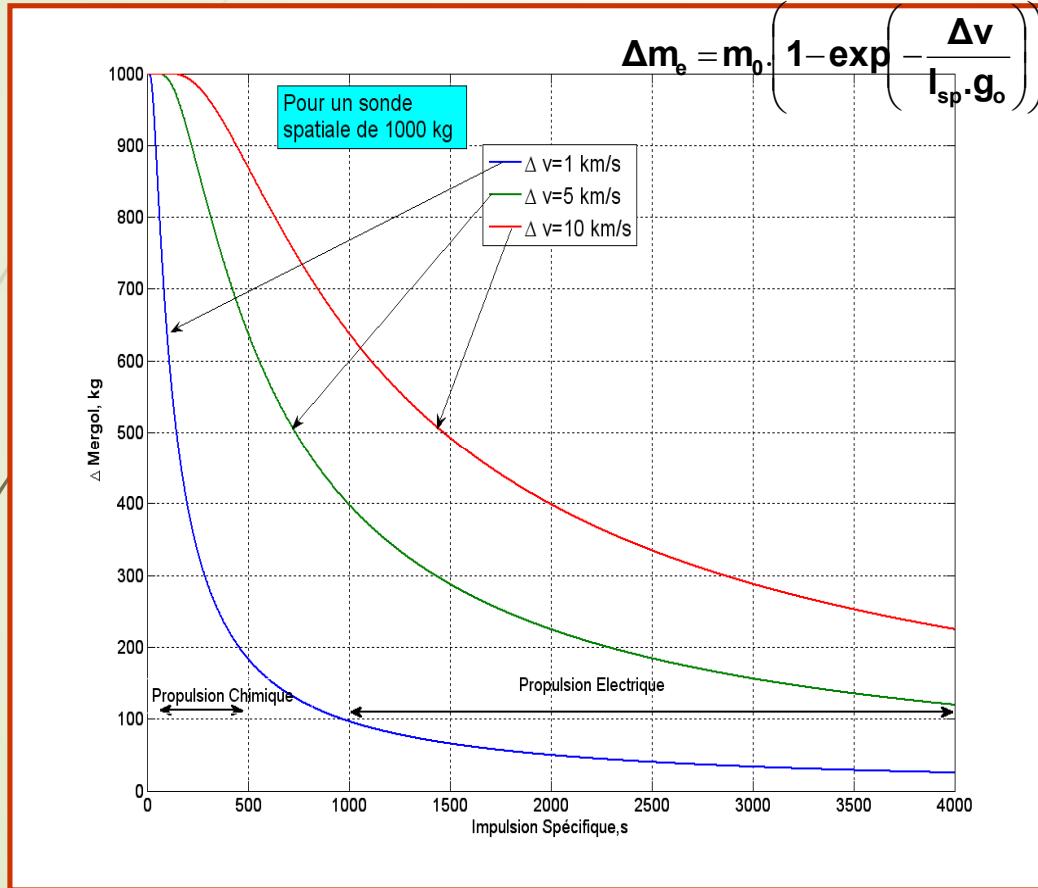
**Xe<sup>+(131,3g)</sup> et U<sub>d</sub> = 100V , 1000 V**  
**v<sub>e</sub> ~ 12 - 40 km/s**  
**Isp ~ 1200 - 4000 s**  
**F= 0,05 – 1 N**  
**Tf ~ plusieurs centaines d'heures**

$$\mathbf{F} = \dot{m}_e \cdot \mathbf{v}_e$$

# Propulsion spatiale

## Comparaison Electrique / Chimique

### En consommation d'ergol



La propulsion électrique permet de faire des économies importantes en masse d'ergol.

Exemple pour un  $\Delta v$  de 5km/s

Chimique       $I_{sp} = 400\text{s}$            700 kg

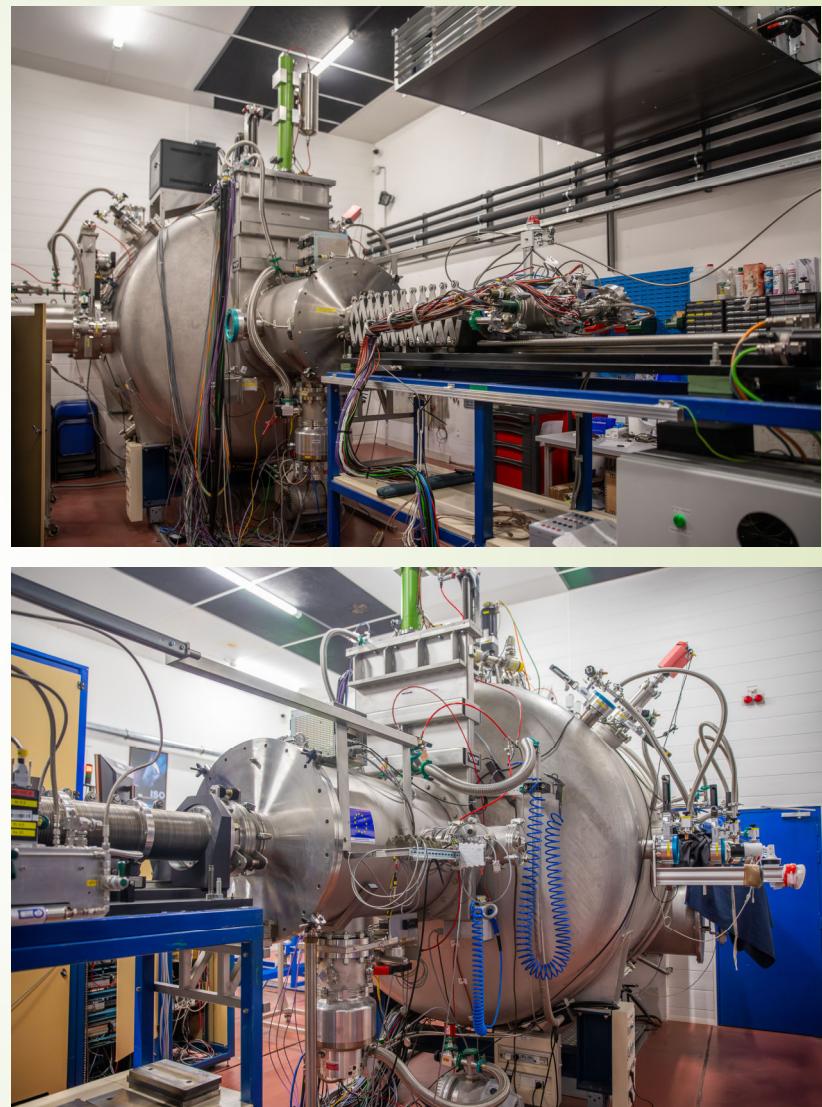
Electrique       $I_{sp} = 1500\text{s}$            280 kg

Diminution de la quantité d'ergol à embarquer :

- Économique pour le lancement
- Augmentation de la charge utile
- Augmentation de la durée de la mission

## **PLATEFORME PIVOINE\_2G**

Le banc d'essai de la Plateforme PIVOINE\_2G permet de mettre en œuvre, d'étudier et d'améliorer des moteurs électriques à plasma de type à effet Hall. Ces moteurs sont utilisés en propulsion spatiale pour le contrôle d'attitude des satellites, pour du transfert d'orbite ou pour du voyage interplanétaire.



## **Les Propulseurs Plasmiques à Effet Hall**



Figure 1. Alexey Morozov in mid 50<sup>th</sup>.



Professor Alexey I. Morozov.

En 1962, en URSS, A. I. MOROZOV, fut le premier à proposer, à concevoir et à étudier en laboratoire des propulseurs électriques à effet Hall. Ces propulseurs seront testés dans l'espace dès 1972, par l'URSS.

Après la chute de l'union soviétique, les laboratoires russes se sont ouverts à l'occident et vers la fin des années 80 des premiers contacts furent pris entre les agences spatiales occidentales et le professeur MOROZOV. Il est rapidement apparu au fil des discussions avec les ingénieurs russes que cette technologie semblait vraiment très prometteuse et que **la France se devait acquérir l'expertise sur cette technologie.**

## **L'installation : Le Banc d'Essai PIVOINE**

En novembre 1994, suite à un appel d'offre du CNES, le Laboratoire ICARE a été retenu pour concevoir et développer un moyen d'essai permettant de mettre en œuvre et d'étudier des moteurs plasmiques à effet Hall.

**Conception, Développement et AIT**

**De janvier 1995 à décembre 1997**

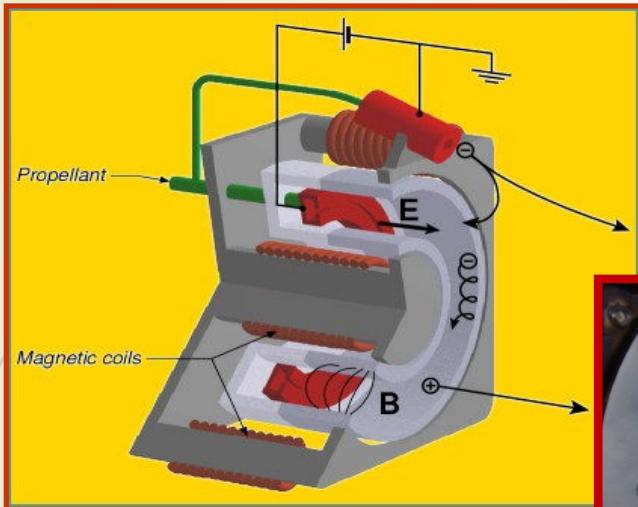
**Le banc a été déclaré en fonctionnement opérationnel en janvier 1998**

## **L'Environnement Scientifique : Les GDRs**

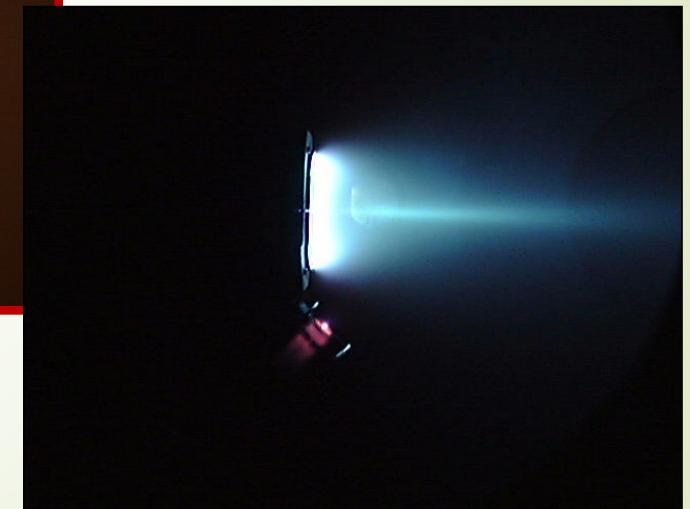
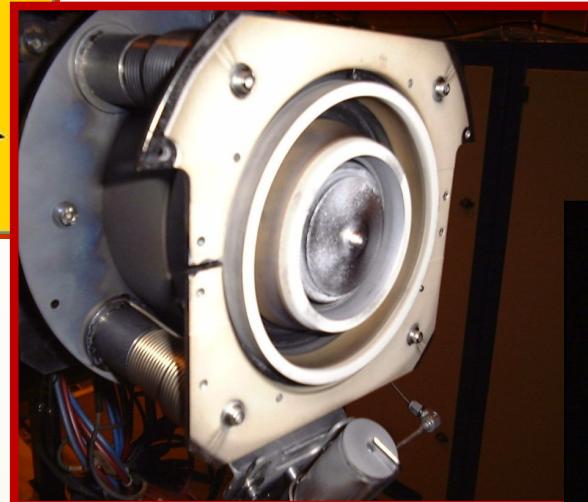
En 1996, afin de disposer à moyen terme d'une capacité de réponse et d'expertise sur les propulseurs à effet Hall le CNES, le CNRS, la SNECMA et l'ONERA ont créé le premier GDR sur cette thématique afin d'organiser, de coordonner et de piloter les efforts Français pour le développement des propulseurs plasmiques par effet Hall. Celui-ci fut suivi de 3 autres.

**A partir de 2008, nous sommes passé d'un mode de collaboration de recherche via les GDR à un mode de prestations de service directement avec SAFRAN**

## Les Propulseurs Plasmiques à Effet Hall

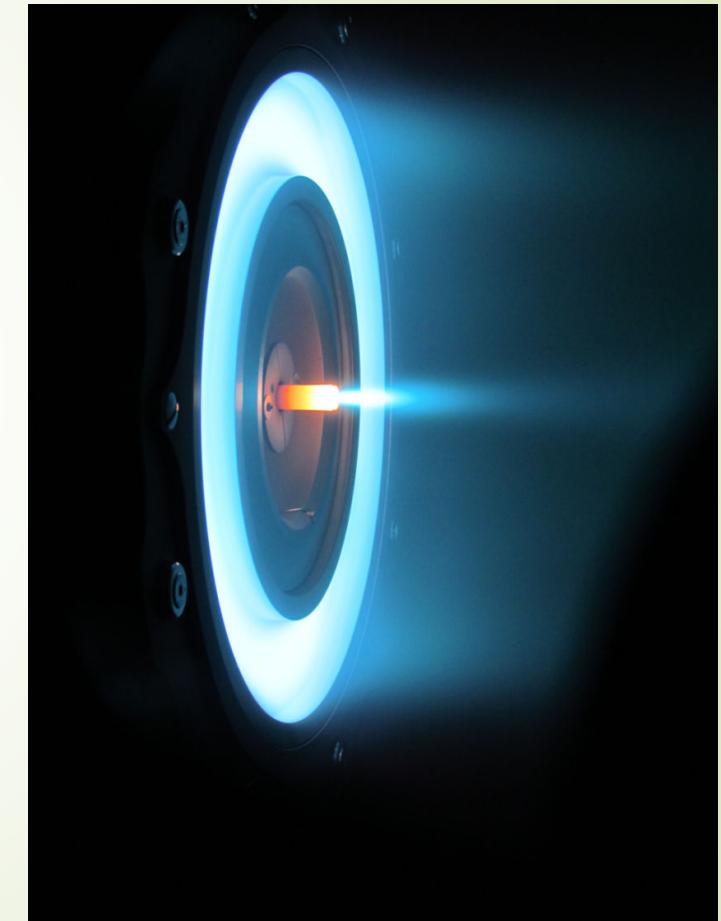


**Propulseur PPS100ML**



## Banc d'Essai PIVOINE\_2G

Programme Européen FP7 – Projet HIPER



**Propulseur PPS20kML**

**12-14 Ans**

## Développement



Moteur  
'Modèle de Laboratoire'

Moteur  
'Modèle d'Ingénieur n°1'

Moteur  
'Modèle d'Ingénieur n°i'

Moteur  
'Modèle d'Ingénieur n° n'

Moteur  
'Modèle de Qualification'

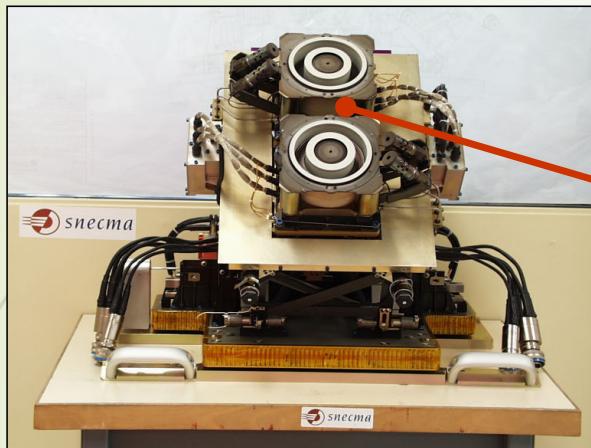
Moteur  
'Modèle de Vol'

## Industrialisation



## Propulsion spatiale

### LA PLATEFORME EUROSTAR 3000 AIRBUS



**Moteur plasmique à effet Hall PPS1350  
SAFRAN**

**Actuellement 50 satellites en orbite géostationnaire avec plus de 50 000 heures de tir cumulé avec ce type de moteur (INTELSAT, INMARSAT)**



# ***PLATEFORME PIVOINE\_2G***



## **Et la Démarche Qualité?**

ANF Qualité 2.0 - 11<sup>ème</sup> rencontres du réseau QeR à Orléans le 13 et 14 octobre 2025

# Une Equipe



Ingénierie



## PLATEFORME PIVOINE\_2G



### *Organigramme Fonctionnel*

#### **Equipe IEPPS**

Ingénierie d'Essai pour la Propulsion Plasmique Spatiale

##### **Responsable Plateforme**

Pascal Lasgorceix - IR CNRS

Management des Projets d'Ingénierie d'Essai, d'Ingénierie Système, de la Qualité, Du budget et des Contractualisations.

##### **ASSISTANCE SYSTEME QUALITE**

Sylvain Duverger – ASSYDU

Suivi, Mise à jour et Amélioration

##### **ASSISTANCE SYSTEME DATA WEB SERVER**

Claude Legentil - S2CMI

Suivi, Mise à Jour et Amélioration

##### **ASSISTANCE SUPERVISIONS LABVIEW**

Nicolas Garcin – ALTYOR

Développement, Maintenance et Amélioration

##### **Banc d'Essai**

##### **Responsable d'Exploitation**

Guillaume Largeau - IE CNRS

Gestion du Maintien en Conditions Opérationnelles, des Configurations, de la réalisation des Campagnes d'Essai et de la Documentation

##### **ASSISTANCE SYSTEME MECATRONIQUE**

Stéphane Fassot – ETI

Conception, Développement Assemblage, Intégration et Tests

##### **Assistant Technique d'Exploitation**

Sylvain Vallance - T CNRS (cdd)

Mise en Configuration et Mise en Œuvre du Banc. Réalisation des Campagnes d'Essai. Maintien à Jour de la Documentation. Rapport et PV d'Essai.

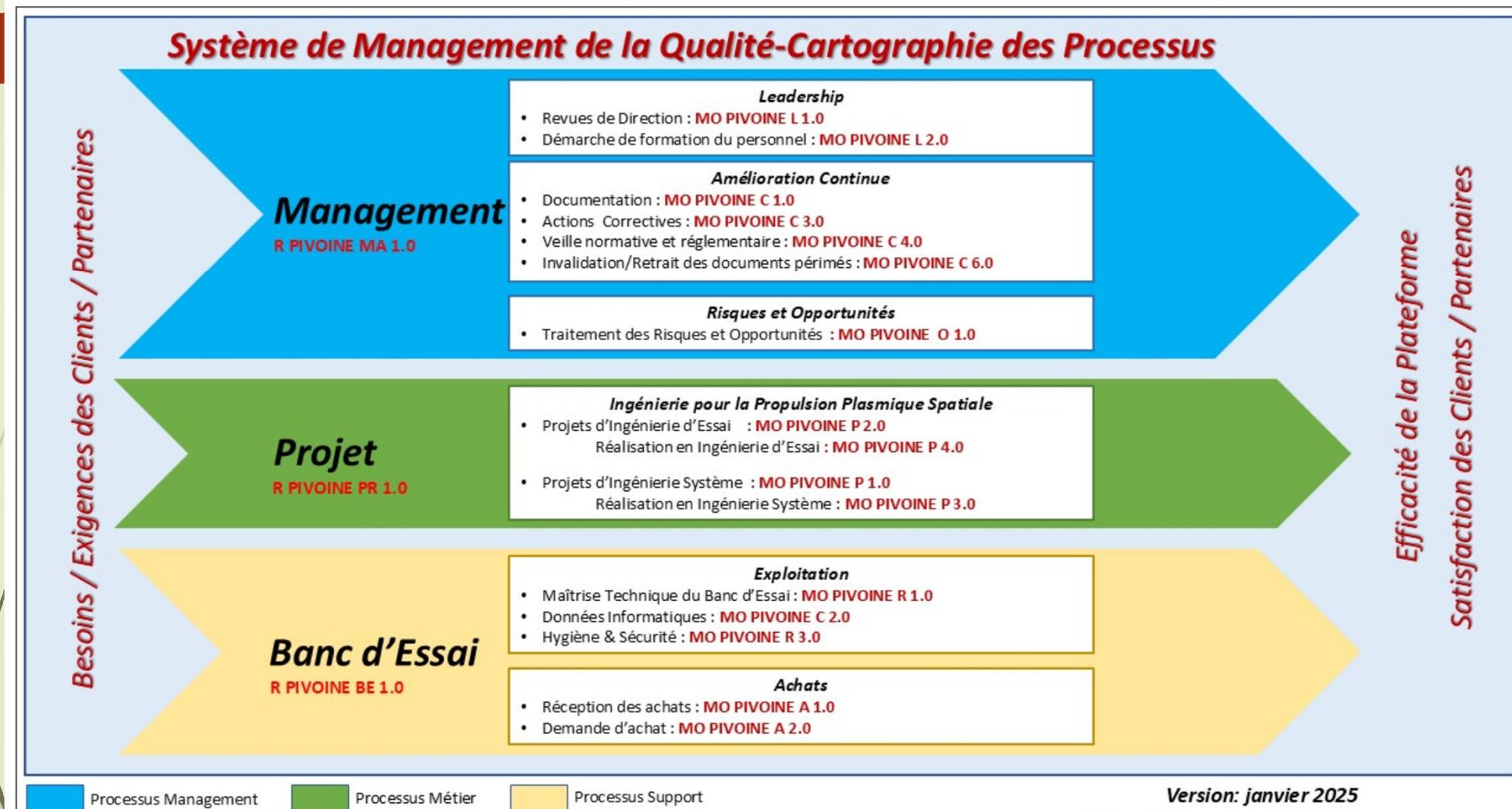
## ***PLATEFORME PIVOINE\_2G***



### **Projet MATEX ISO 9001**

Proposition en septembre 2024 d'être accompagné jusqu'à la certification ISO 9001 en 12 mois sur la base de la démarche qualité existante.

# Une Organisation



# **PLATEFORME PIVOINE\_2G**



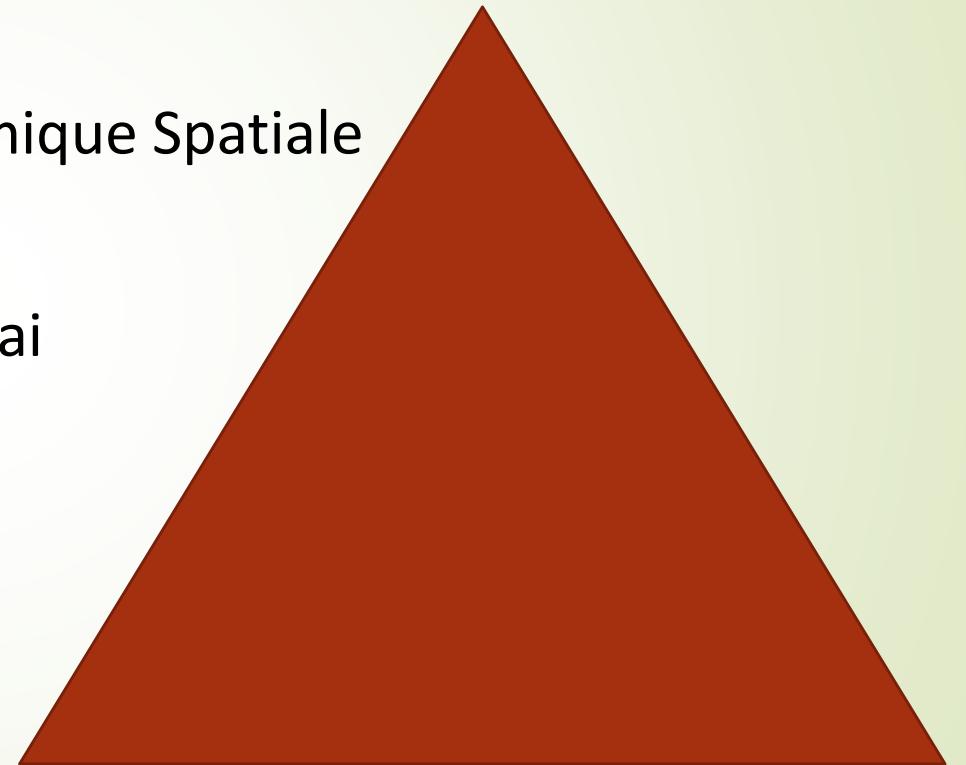
## **Notre Domaine d'Activité**

L'Ingénierie d'Essai en Propulsion Plasmique Spatiale

## **Notre Métier**

Réaliser des Projets en Ingénierie d'Essai

**Une Equipe**



**Une Organisation**

**Un Banc d'Essai**

# Une Organisation

PIVOINE2G

**PLATEFORME PIVOINE\_2G**

## Notre Outil Informatique : Le DWS

The screenshot shows the homepage of the PIVOINE\_2G Data WebServer. The header features the logos of CNRS, IAP, and PIVOINE\_2G, followed by the text "Plateforme PIVOINE\_2G" and "Propulsion Ionique pour le Vol Orbital avec Interprétation et Nouvelles Expériences". The top menu includes "Accueil", "Management", "Projets", "Banc d'Essai", "Qualité", "Administratif & Finance", and "Un peu d'histoire". Below the menu, there are four blue buttons labeled "MANAGEMENT", "PROJETS", "BANC D'ESSAI", and "QUALITE". The main background image is a photograph of Earth from space, with a satellite visible. Four smaller windows are overlaid on the image, each showing a close-up of a glowing ion thruster. The overall theme is space and aerospace technology.

ANF Qualité 2.0 - 11<sup>ème</sup> rencontres du réseau QeR à Orléans le 13 et 14 octobre 2025

# Une Organisation

**PLATEFORME PIVOINE\_2G**



# Une Organisation

**PLATEFORME PIVOINE\_2G**

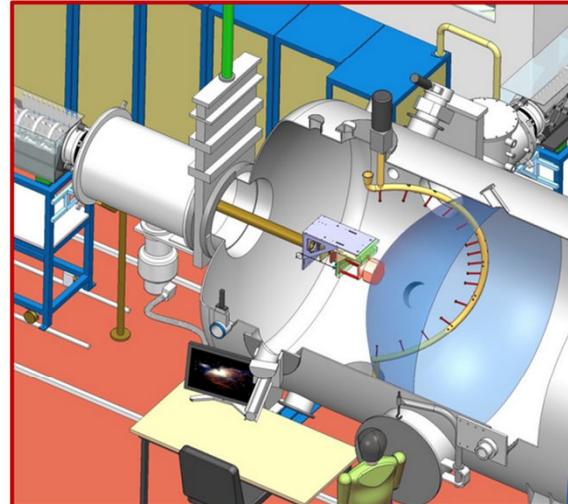
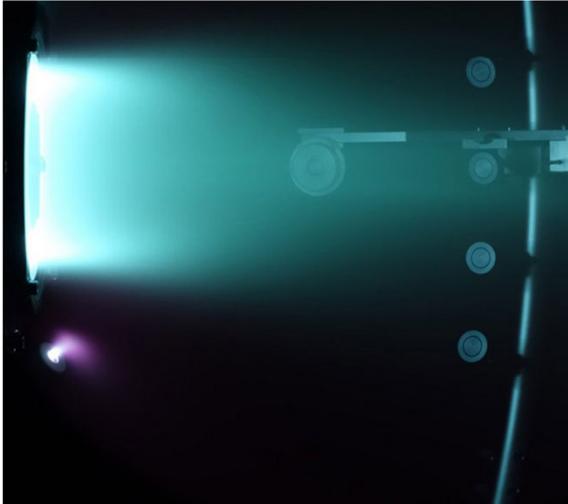
 **Plateforme PIVOINE\_2G**  
Propulsion Ionique pour le Vol Orbital avec Interprétation et Nouvelles Expériences

[← RETOUR Page précédente](#)

Accueil Management ▾ Projets ▾ Banc d'essai ▾ Qualité ▾ Administratif & Finance ▾ Un peu d'histoire

### Projets d'Ingénierie

[Projets d'ingénierie d'Essai](#) [Projets d'ingénierie Système](#)



[Voir le "Processus Projet" dans le Système de Management de la Qualité](#)

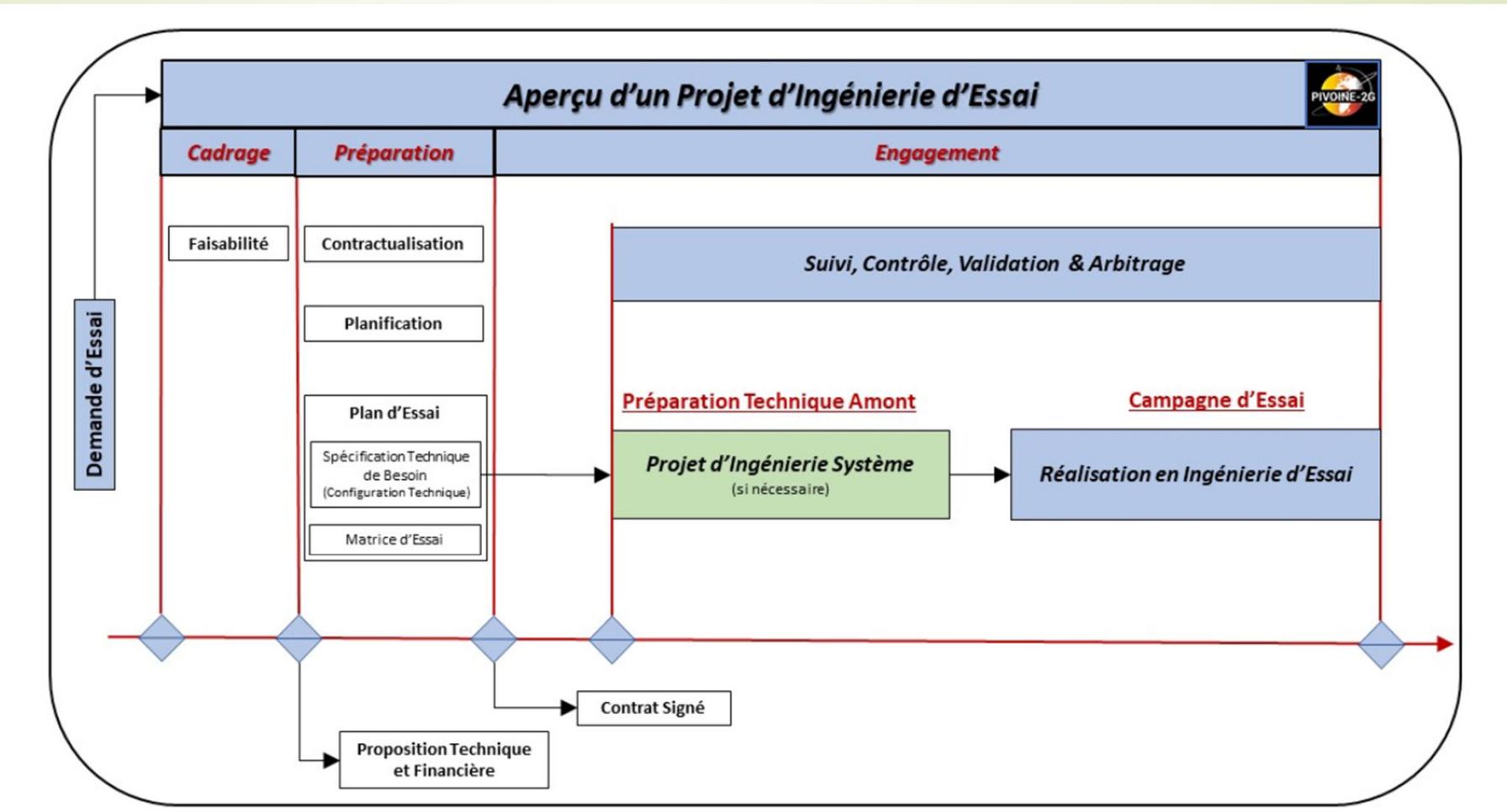
[← RETOUR Page précédente](#) S2CMI - Claude LEGENTIL © 2025 [Déconnexion de lasgorceix \(Webmaster\)](#)

ANF Qualité 2.0 - 11<sup>ème</sup> rencontres du réseau QeR à Orléans le 13 et 14 octobre 2025

# Une Organisation

PLATEFORME PIVOINE\_2G

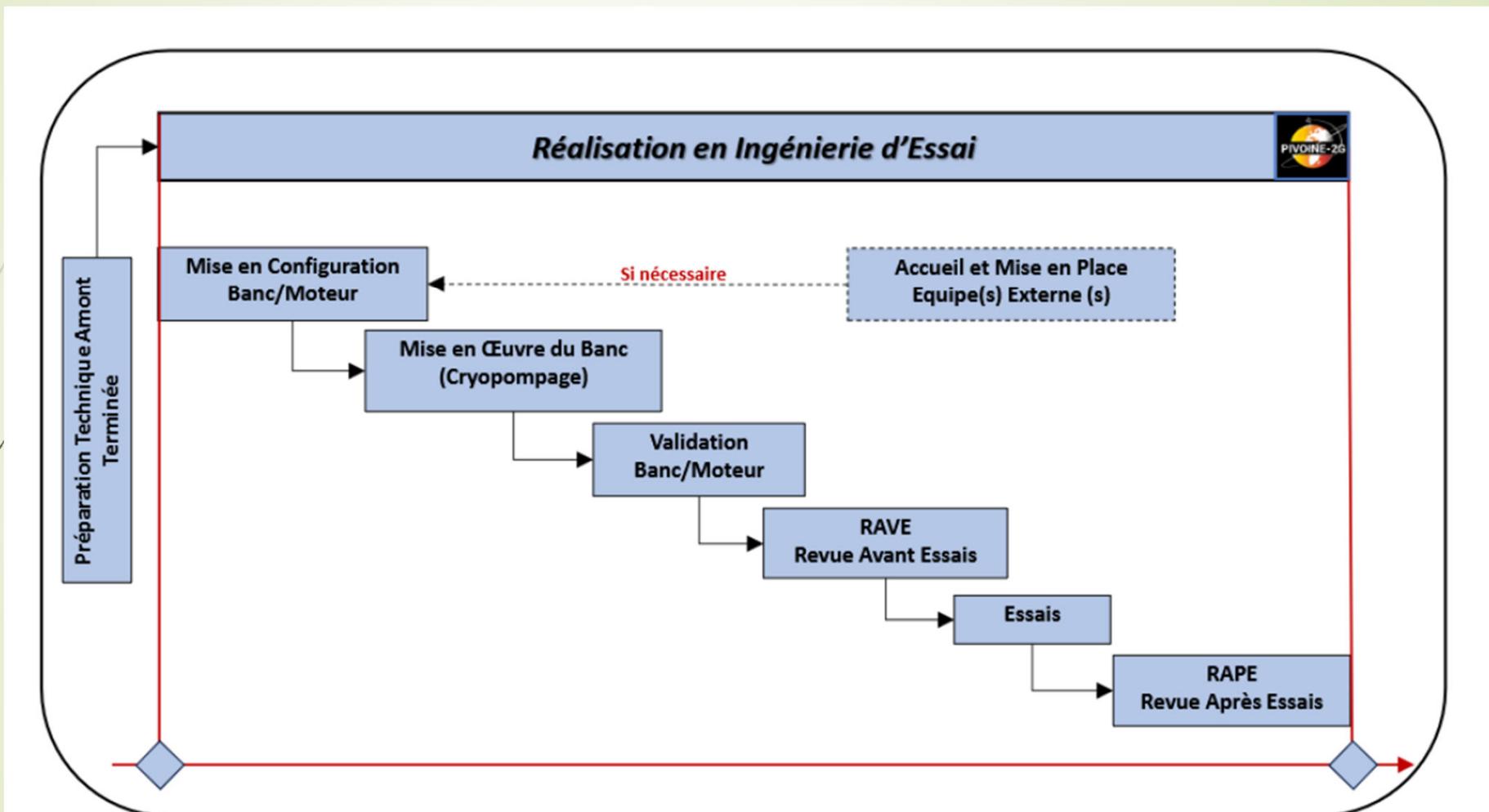
## Le Management des Projets d'Ingénierie d'Essai



# Une Organisation

PLATEFORME PIVOINE\_2G

## La Réalisation en Ingénierie d'Essai



# Une Organisation

**PLATEFORME PIVOINE\_2G**

The screenshot shows the homepage of the Plateforme PIVOINE\_2G Data WebServer. The header features the CNRS logo, the ICARE logo, and the text "Plateforme PIVOINE\_2G Propulsion Ionique pour le Vol Orbital avec Interprétation et Nouvelles Expériences". A red banner on the left says "← RETOUR Page précédente". The top navigation bar includes links for Accueil, Management, Projets, Banc d'essai, Qualité, Administratif & Finance, and Un peu d'histoire. On the right, there is a link for "Data WebServer". Below the header is a large 3D diagram of the "Banc National d'Essai" (National Test Bench) facility, showing various experimental equipment and infrastructure. The background of the page is a star-filled sky, and the bottom features a landscape image of mountains.

ANF Qualité 2.0 - 11<sup>ème</sup> rencontres du réseau QeR à Orléans le 13 et 14 octobre 2025

# Une Organisation

PLATEFORME PIVOINE\_2G

 Plateforme PIVOINE\_2G  
Propulsion Ionique pour le Vol Orbital avec Interprétation et Nouvelles Expériences

[← RETOUR Page précédente](#) Accueil Management ▾ Projets ▾ Banc d'essai ▾ Qualité ▾ Administratif & Finance ▾ Un peu d'histoire

### Liste des fiches suiveuses

Recherche dans les fiches [Création/Modification](#) [RETOUR](#) [Alimentations](#) [Débitmètres](#) [Capteurs de Pression](#)

ID	PHOTO	CODE	EQUIPEMENT	TYPE	Elém.ASSOCIE	FABRICANT	MODELE	STOCKAGE
1		ALI.001	Alimentation Electrique	DC	Propulseur-Distribution Electrique	TDK-LAMBDA	500V-30A	Baie 01
2		ALI.010	Alimentation Electrique	DC	Propulseur-Distribution Electrique	CONVERGIE	ASF400/20.20	Baie 01
3		ALI.002	Alimentation Electrique	DC	Propulseur-Distribution Electrique	TDK-LAMBDA	500V-30A	Baie 01
4		ALI.004	Alimentation Electrique	DC	Propulseur-Distribution Electrique	CONVERGIE	ASF1000/60.20	Baie 01
5		ALI.005	Alimentation Electrique	DC	Propulseur-Distribution Electrique	CONVERGIE	ASF1000/60.20	Baie 01
6		ALI.006	Alimentation Electrique	DC	Propulseur-Distribution Electrique	CONVERGIE	ASF2000/60.33	Baie 01
7		TCK.001	Afficheur / Conditionneur	Température	Propulseur-Mesures Températures	NEWPORT/OMEGA	DPI8	Baie 02
8		AFC.007	Afficheur / Conditionneur	Tension	Propulseur-Mesures Electriques Basses Fréquences	NEWPORT/OMEGA	INFINITYTM D	Baie 02
9		AFC.008	Afficheur / Conditionneur	Tension	Propulseur-Mesures Electriques Basses Fréquences	NEWPORT/OMEGA	INFINITYTM D	Baie 02
10		AFC.009	Afficheur / Conditionneur	Tension	Propulseur-Mesures Electriques Basses	NEWPORT/OMEGA	INFINITYTM D	Baie 02

[← RETOUR Page précédente](#) S2CMI - Claude LEGENTIL © 2025 [Déconnexion de lasgorceix \(Webmaster\)](#)

ANF Qualité 2.0 - 11<sup>ème</sup> rencontres du réseau QeR à Orléans le 13 et 14 octobre 2025