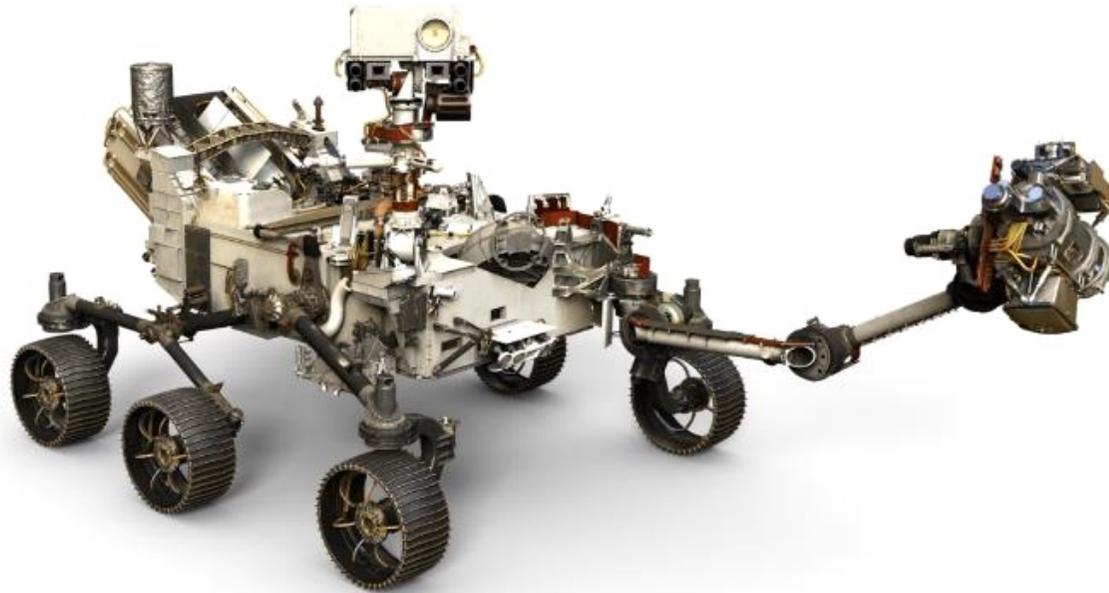




# REX sur l'ingénierie système pour SuperCam

## Rover Perseverance/ Mars2020



Pernelle Bernardi

20 mai 2021



# Pour commencer...

---

- Diplômée de l'Institut d'Optique (2001)
- IR au Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique (LESIA) – Observatoire de Paris-PSL depuis 2002



- Ingénieure/architecte optique sur plusieurs instruments sol/spatiaux, puis ingénieure système pour des propositions instrumentales (ESA Cosmic Vision, NASA).



- Ingénieure système pour SuperCam - Mast Unit (fourniture française): depuis 2014. Experte instrument pour la phase de recette en vol depuis 2021.



- Ingénieure système instrument pour MIRS sur MMX (mission JAXA): depuis 2020

# La mission NASA Mars2020

- **Mars2020** = mission NASA (2.5 G\$), confiée au Jet Propulsion Laboratory (JPL, Pasadena)
- **Perseverance** = rover, qui embarque 7 instruments et un système de prélèvement et de stockage des échantillons
- **Ingenuity** = hélicoptère (démonstrateur technologique)
- **SuperCam** = un des 7 instruments de Perseverance



Intégration de la sonde Mars2020 à Cap Canaveral (juin 2020).

NASA/JPL-Caltech



Sélection du site d'atterrissage  
Nov 2018

Conception et réalisation du rover

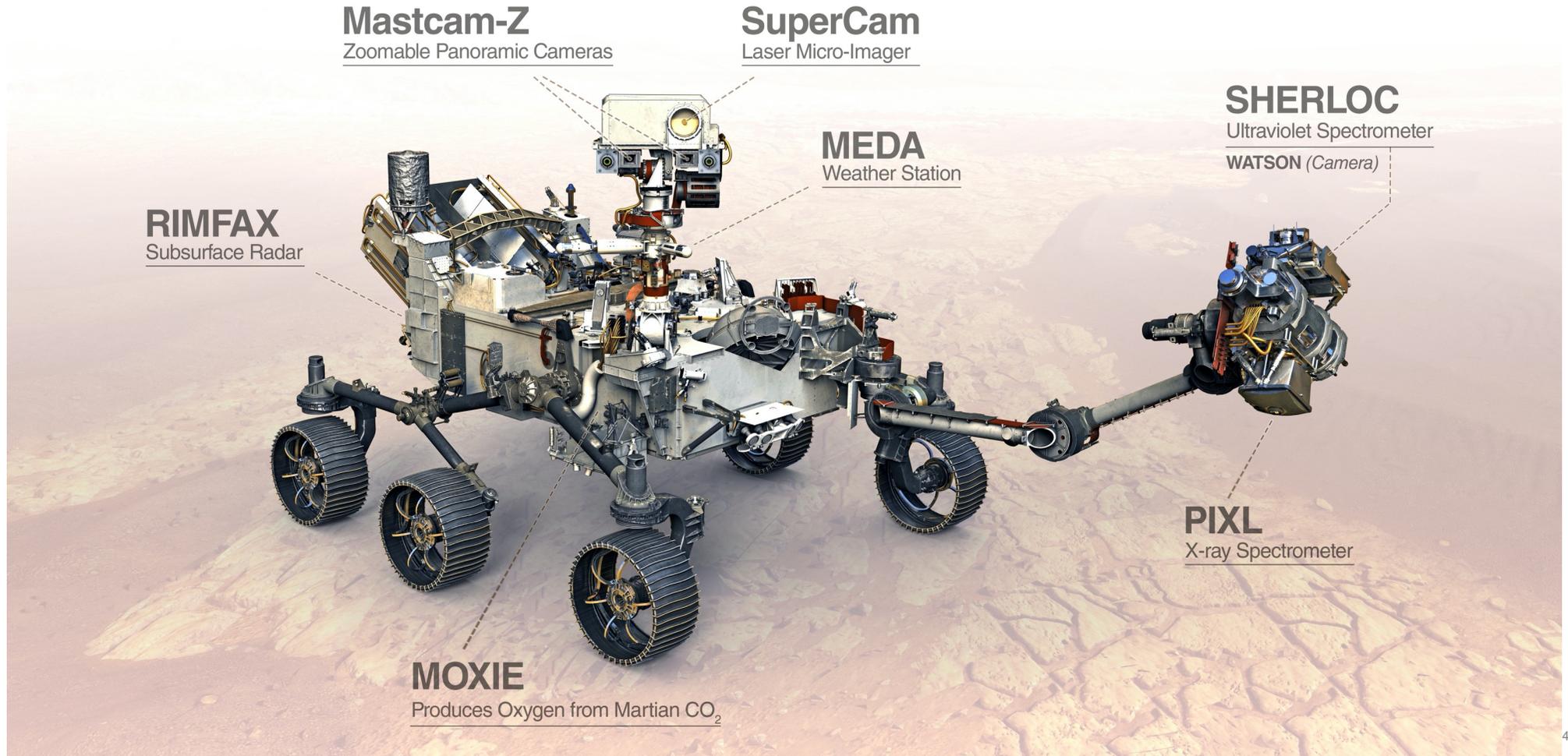
Lancement  
30 juillet 2020

Croisière vers Mars (7 mois)

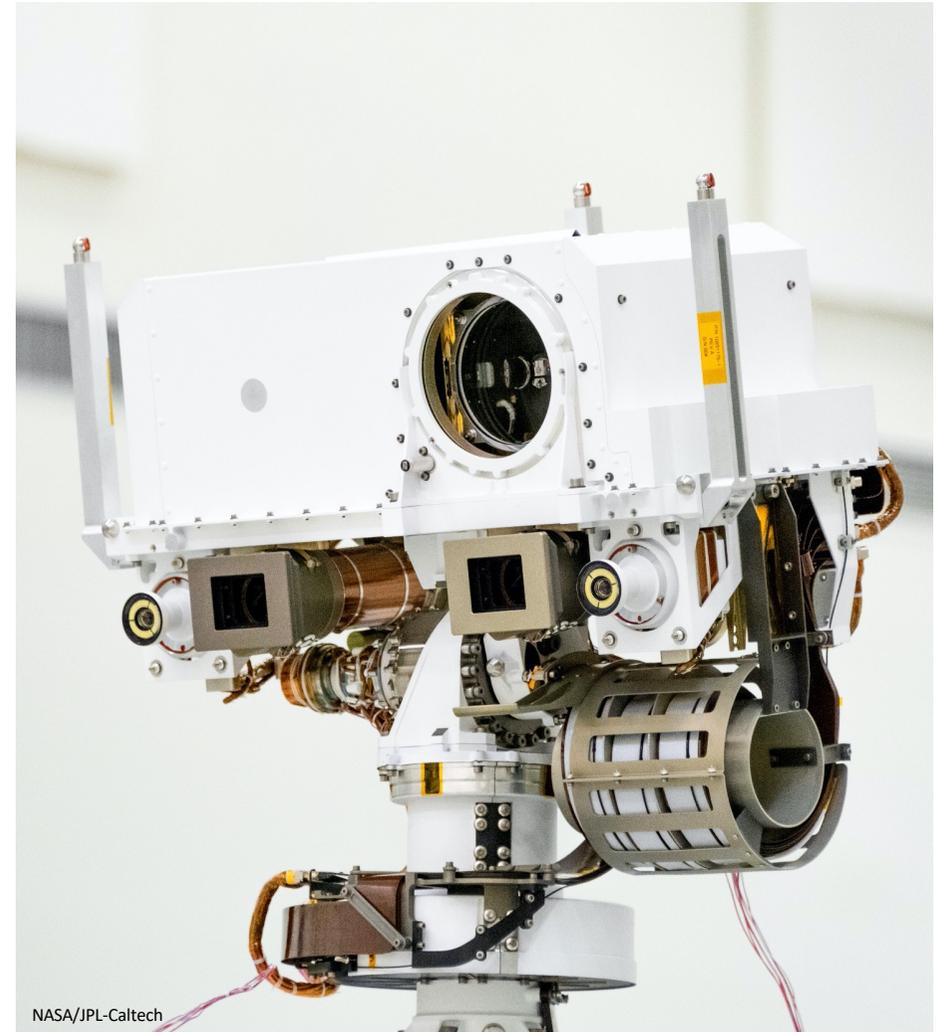
Atterrissage sur Mars  
18 février 2021

Opérations en surface  
2021 - 2023 ++

# La charge utile de Perseverance



# Perseverance en salle ATLO au JPL

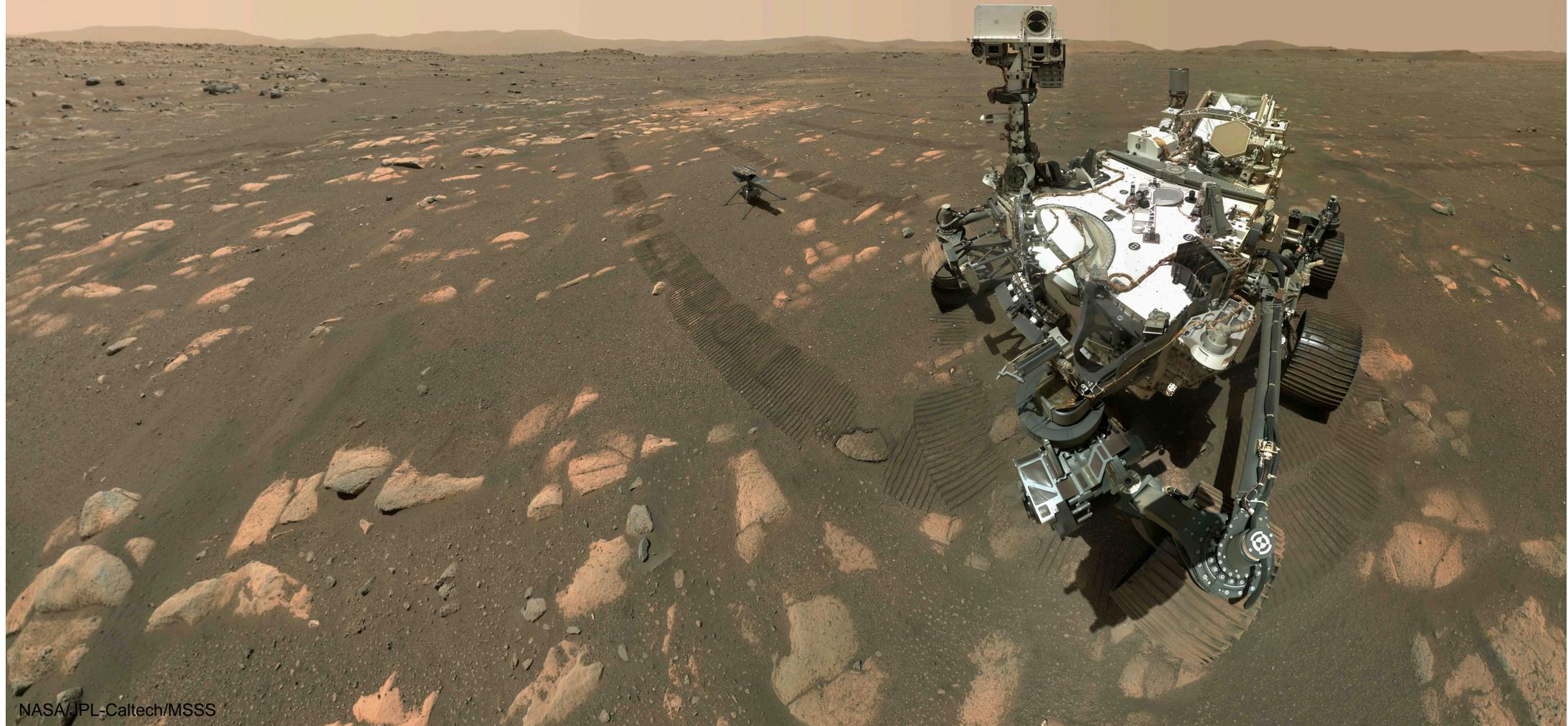


Atterrissage, 18 février 2021

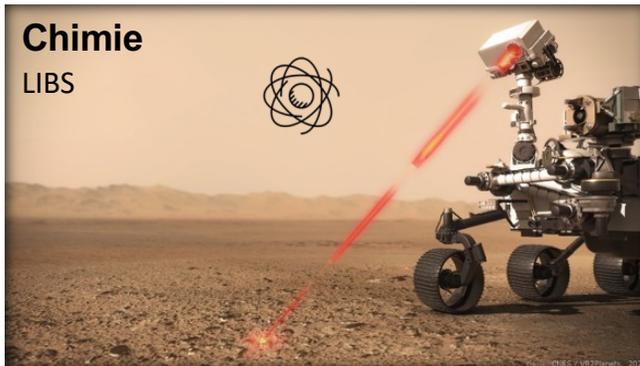


Christophe Petit-Tesson/Pod... RE...

## Premier selfie sur Mars (Sol 45)

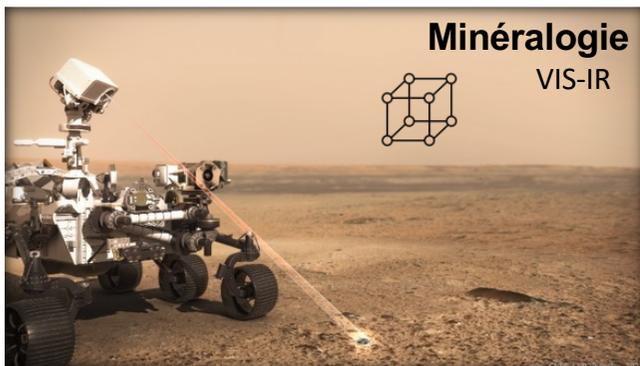


# L'instrument SuperCam: 5 techniques d'observation à distance



Sols • Roches • Atmosphère

5 techniques



Objectifs scientifiques

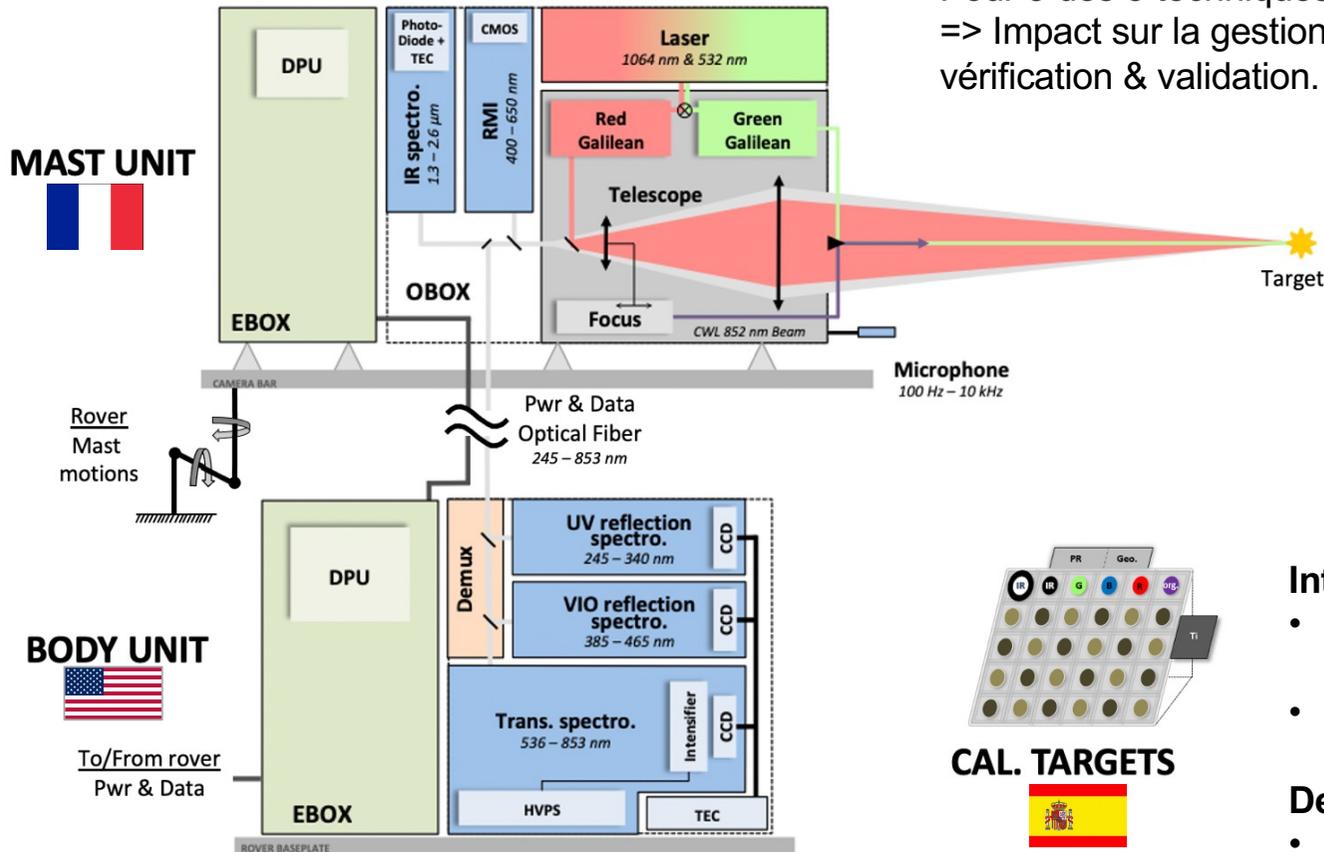
- Caractériser l'habitabilité
- Recherche de traces de vie passée

Support au retour d'échantillons

- Identifier les meilleurs échantillons
- Documenter le contexte géologique

# L'instrument SuperCam: les défis

Pour 3 des 5 techniques, **les performances** dépendent du MU et du BU:  
=> Impact sur la gestion des spécifications, bilans de performance et vérification & validation.



Techniques	Emission laser	Collection	Détection
LIBS	MU	MU/BU	BU
Raman	MU	MU/BU	BU
VIS-IR			
IR	-	MU	MU
VIS	-	MU/BU	BU
Imageur	-	MU	MU
Micro	-	-	MU



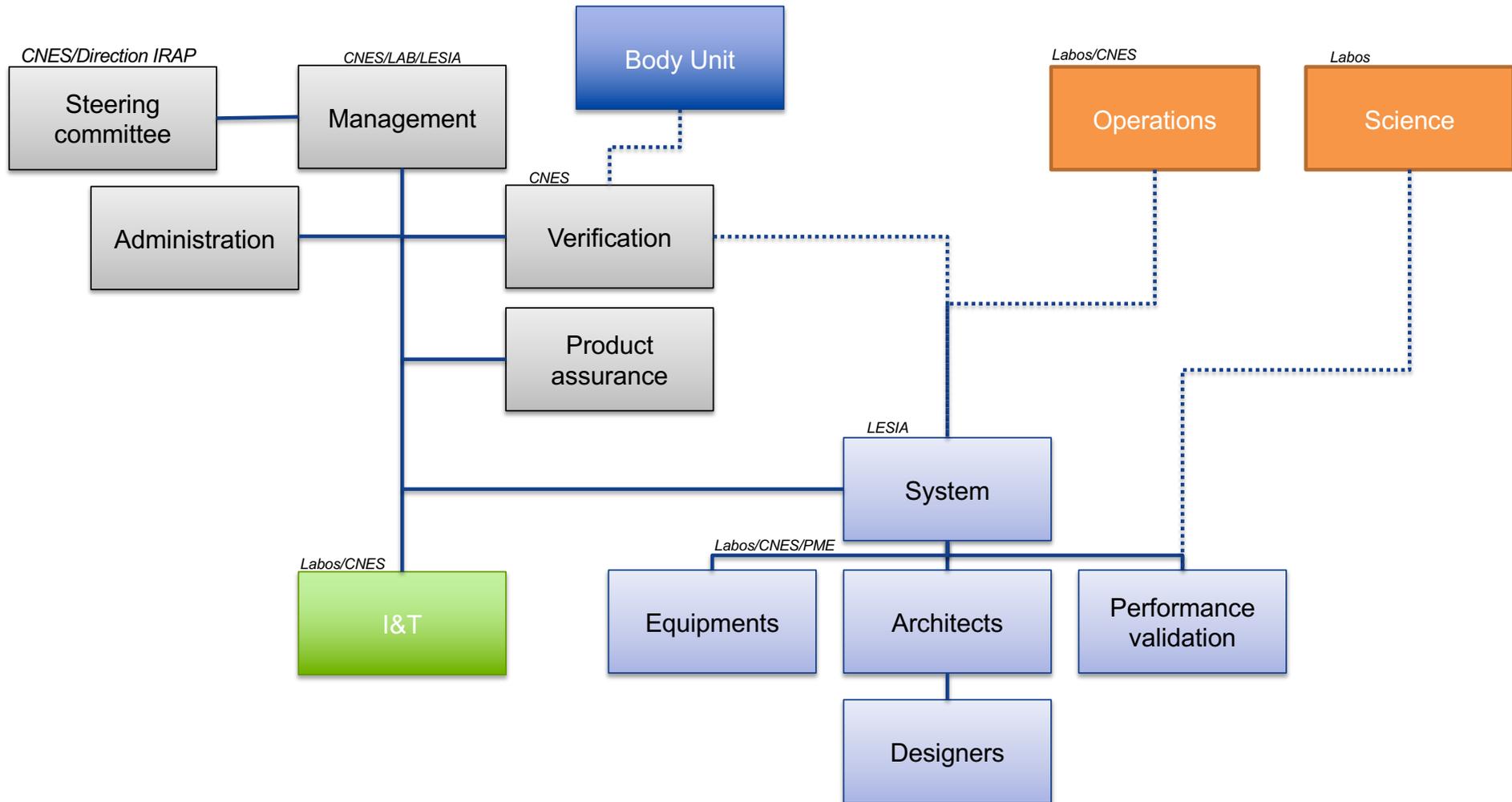
## Interfaces:

- Mécaniques, thermiques et optiques avec le JPL
- Optiques, électriques et ctrl/cmd avec le LANL

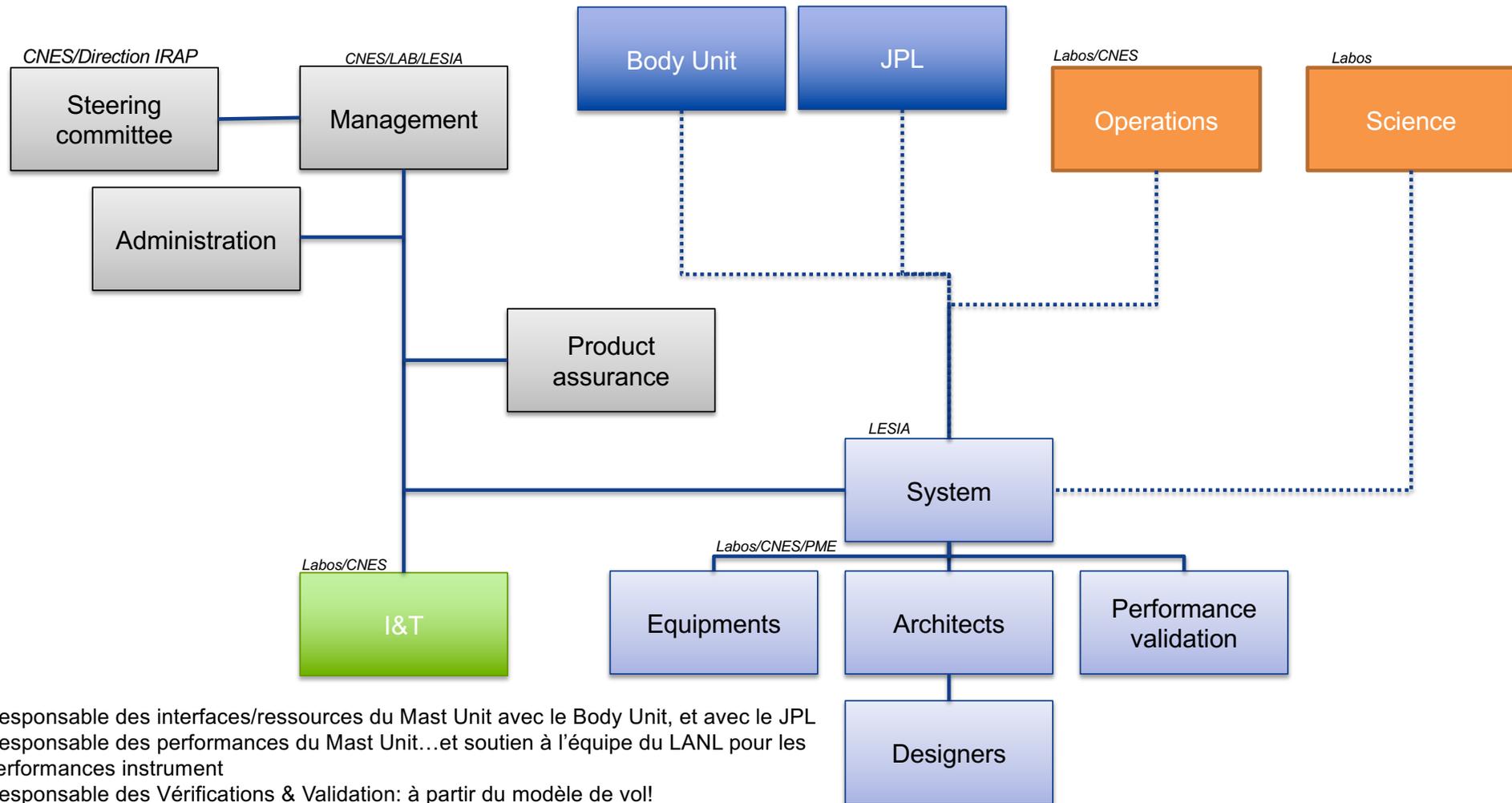
## Design:

- Fort héritage ChemCam (Curiosity), mais 3 techniques supplémentaires à ressources équivalentes

# La place de l'ingénierie système MU: vue par le projet



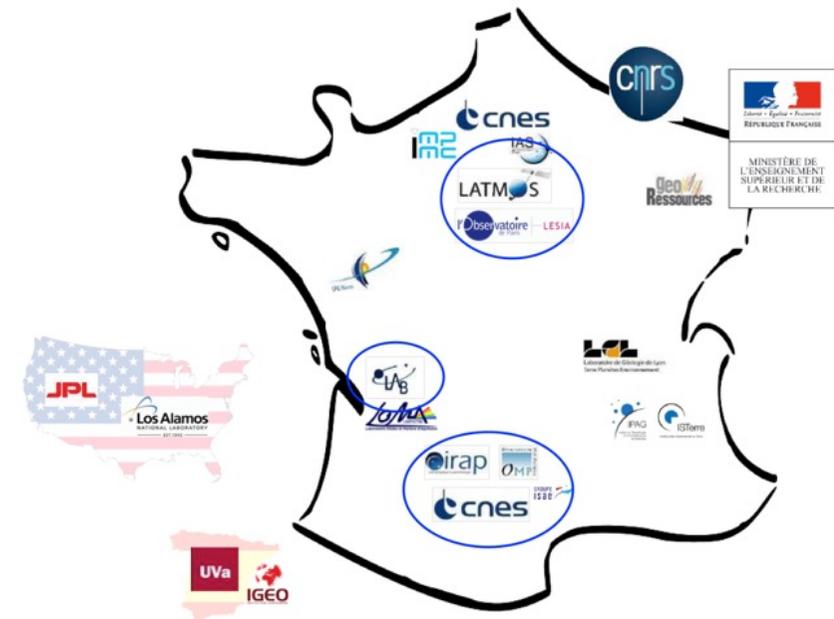
# La place de l'ingénierie système MU: la réalité



- Responsable des interfaces/ressources du Mast Unit avec le Body Unit, et avec le JPL
- Responsable des performances du Mast Unit...et soutien à l'équipe du LANL pour les performances instrument
- Responsable des Vérifications & Validation: à partir du modèle de vol!

## Ce qui a bien fonctionné:

- L'organisation du travail avec les architectes, responsables d'équipements, industriels, ...
  - De nombreuses réunions à distance, et déplacements très fréquents en France. 1 réunion hebdo « Système ».
  - 1 réunion hebdo avec le LANL (Body Unit)
  - 1 réunion hebdo avec le JPL. Des réunions « face-to-face » tous les trimestres
  
- Les relations avec l'équipe scientifique française, et en particulier D-PI et équipe IRAP
  - Clarification et négociation des spécifications
  
- Equipe intégrée CNES / labos
  
- Les relations avec le JPL: durs en affaire, mais très réactifs et support technique très pointu



## Les pistes d'amélioration/ les leçons à retenir:

---

- Se méfier de l'héritage des projets précédents
- Clarifier les rôles de chacun dès le début du projet (en particulier système versus V&V)...et s'y tenir!
- Systématiser les revues intermédiaires ou points-clés par architecture
- Eviter la surcharge du système (taches AP, ...)
- Pour les projets « multi-sites », mettre en place des relais ou responsables locaux
- Mettre en place des outils de gestion système au CNRS
  - Reste le problème des passerelles avec les outils utilisés au CNES et chez nos partenaires (laboratoires étrangers ou agences)

## Les outils

---

- Gestion des spécifications:
  - Utilisation de l'outil GECO pour gérer les spécifications du Mast Unit, 
  - Non suivi par le LANL => fichier Excel => spécifications de haut niveau gérées sous DoorsNG du JPL, auquel l'équipe instrument n'avait pas accès
  
- Gestion des vérifications et validations
  - Matrice de vérification construite par le LANL sous Excel
  - Demandes d'essais/Plans de tests/Procédures/Rapports de tests: Word
  
- Gestion des anomalies: JIRA
  
- Gestion de la documentation: DocuShare

=> On peut probablement faire mieux!

## Pour conclure

---

- Développement difficile: calendrier serré, 3 nouvelles techniques à intégrer dans un instrument à fort héritage, des accidents de parcours, ...
- Mais une équipe très soudée et extrêmement motivée.
- SuperCam: ma meilleure expérience professionnelle !

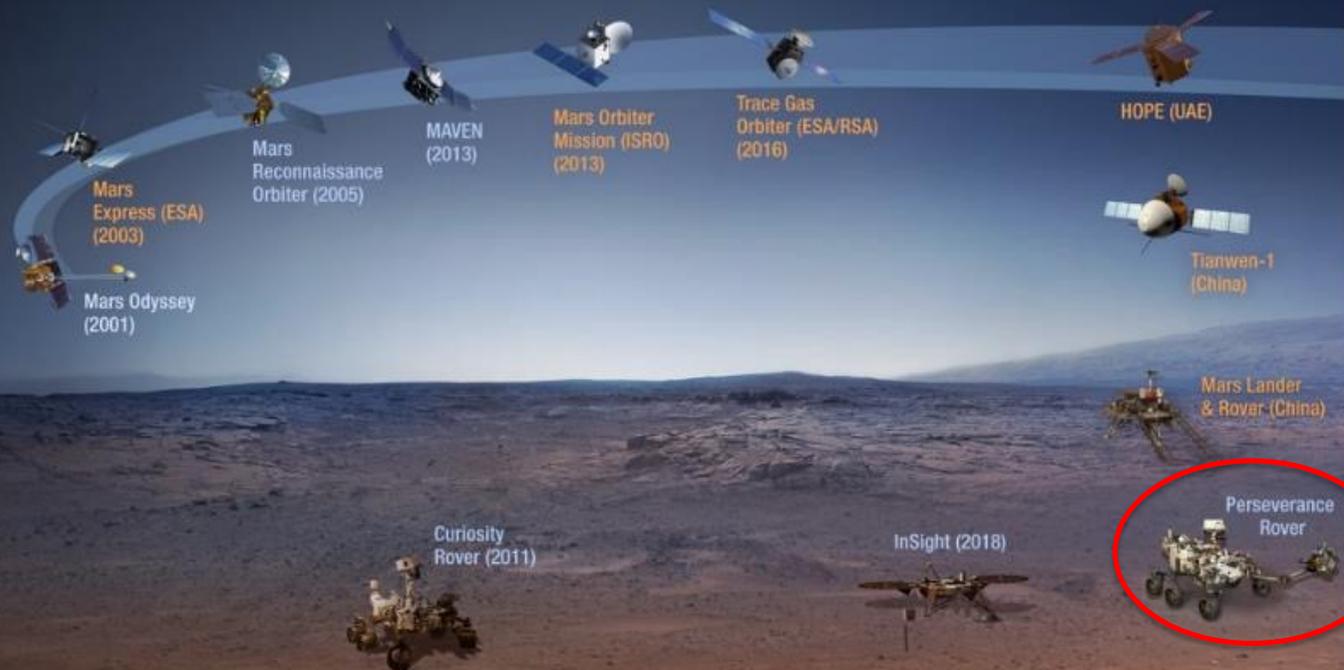


**BACK UP**

# MARS MISSIONS

OPERATIONAL 2001–2020

2022 AND BEYOND



Follow the Water

Explore Habitability

Seek Signs of Life

Prepare for Future Human Explorers

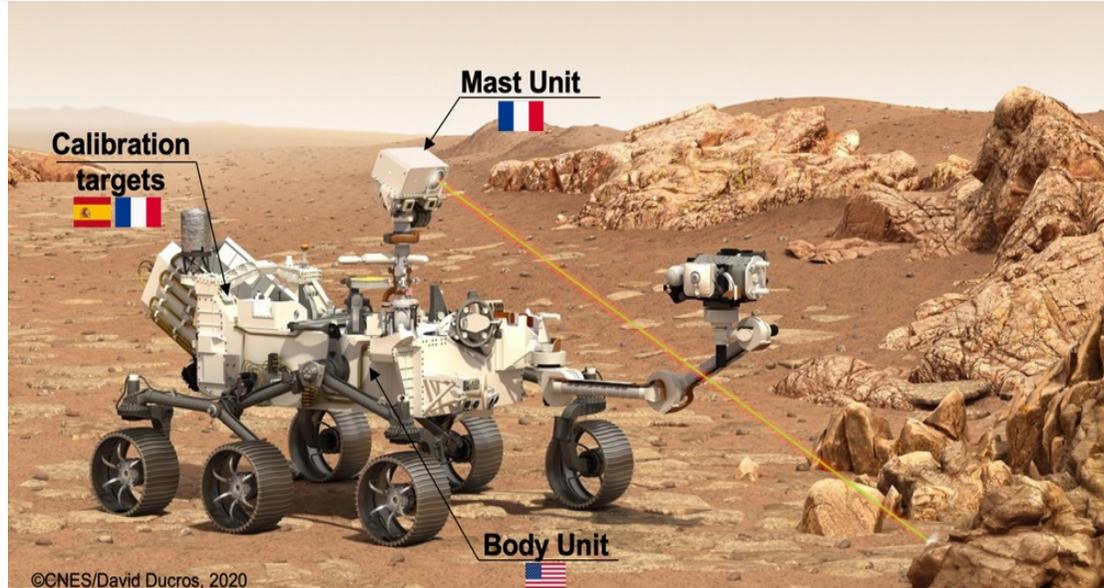
U.S. Missions

non-U.S. Missions

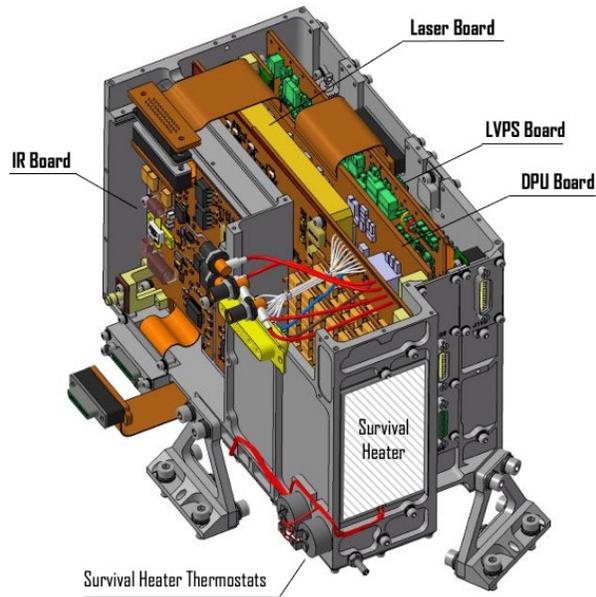
**SOL 70 / Total Mission Odometry: 316.583 m**



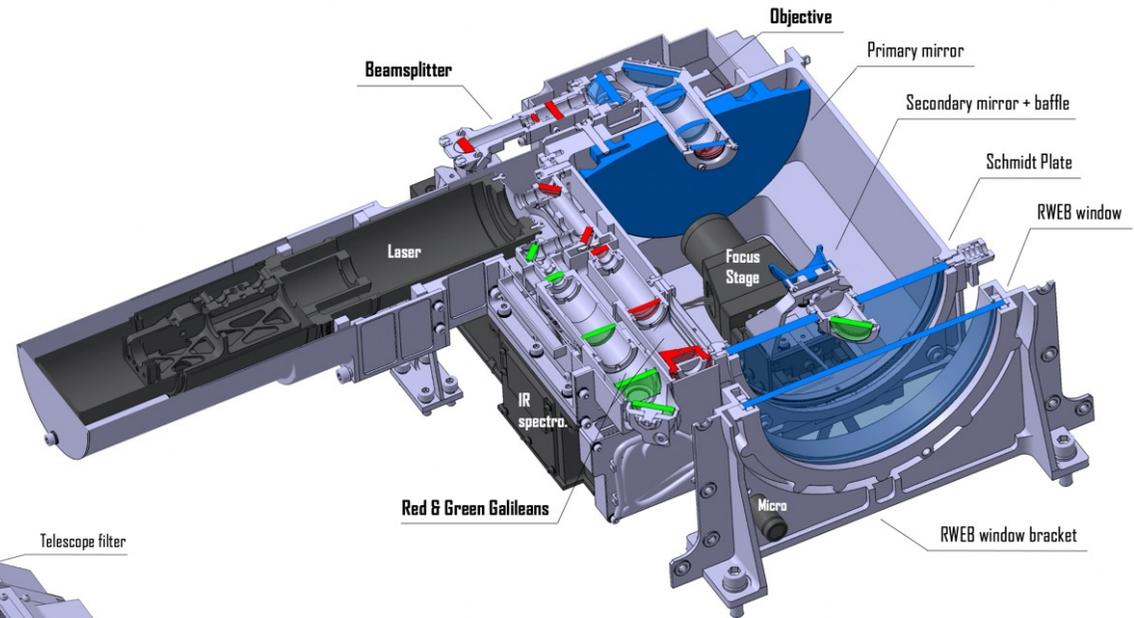
# L'instrument SuperCam: accommodation sur Perseverance



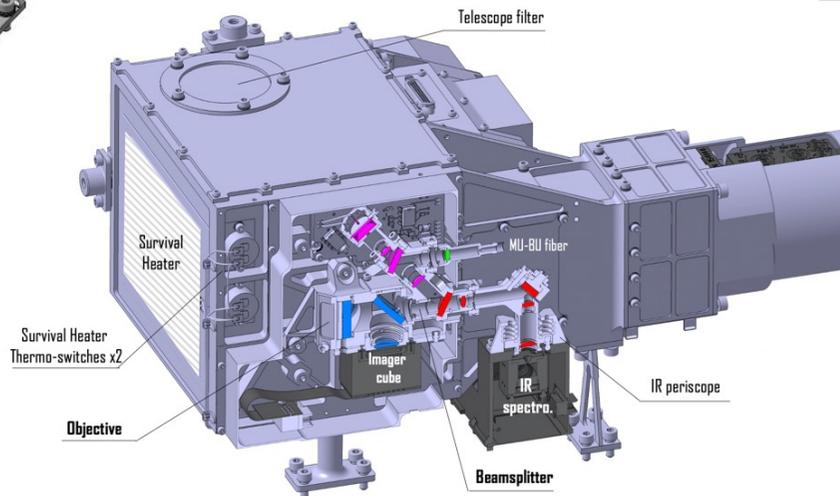
# Le Mast Unit (contribution française)



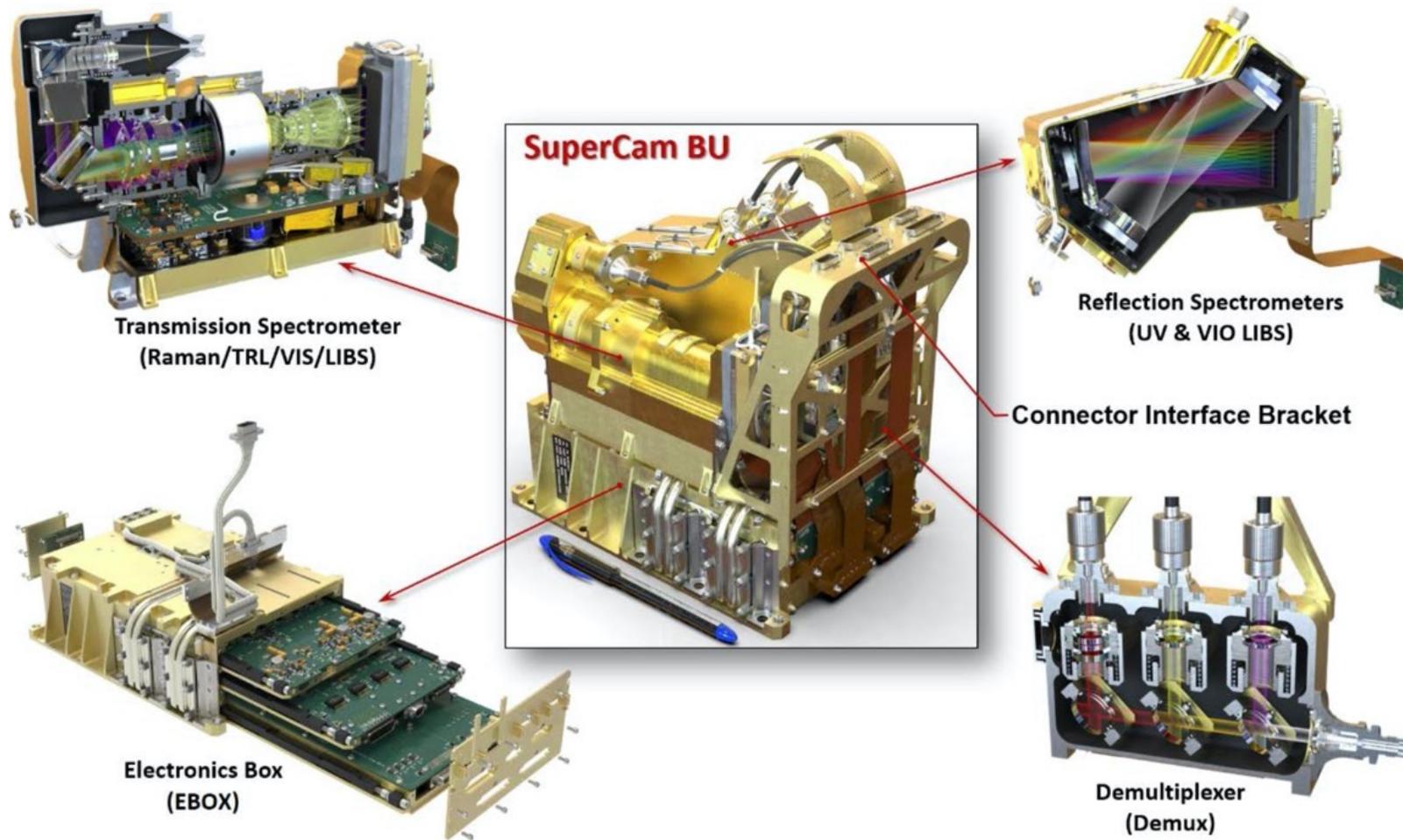
Mast Unit EBOX



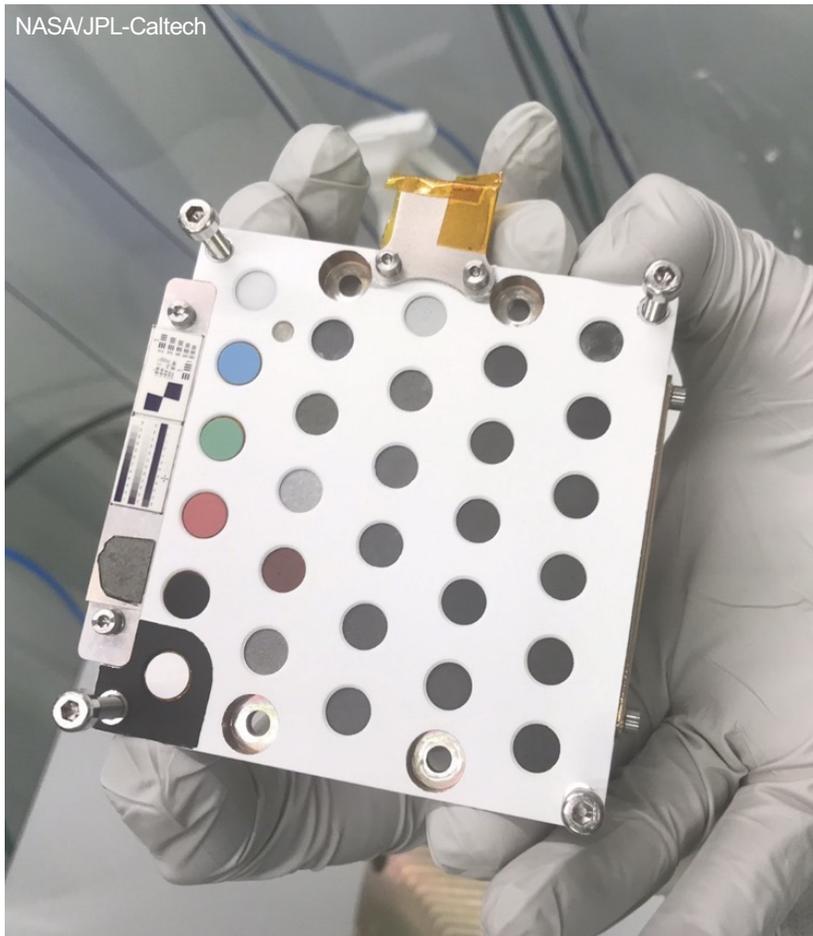
Mast Unit OBOX



# Le Body Unit (contribution américaine)



## Les cibles de calibration (contribution franco-espagnole)



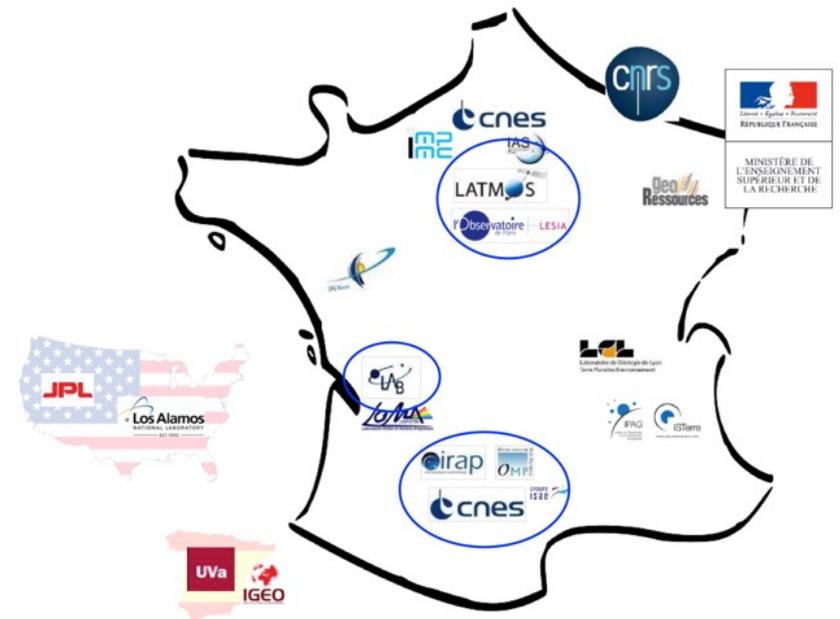
36 cibles de calibration sur lesquelles le Mast Unit va régulièrement pointer pendant les opérations

Un morceau de météorite martienne, qui a fait un aller-retour dans l'ISS, et est retourné sur Mars!



# Le montage projet pour SuperCam Mast Unit

- Maitrise d'ouvrage CNES
- Maitrise d'oeuvre laboratoire (IRAP)
- Gestion de projet au LAB
- Ingénierie système au LESIA
- Architectes à l'IRAP, OMP, LAB, LESIA
- Fournitures d'équipements (laser, cube caméra, table focus) et expertise: CNES
- 17 PME



# Développement de l'instrument

- Défi calendaire: sélection des instruments par la NASA en juillet 2014, et livraison en juin 2019
- Défi humain: contribution française (fourniture du Mast Unit et des cibles de calibration unitaires)
  - 5 laboratoires pour la conception et fabrication de l'instrument (15 laboratoires pour l'exploitation des données science), en collaboration avec le CNES
  - Implication de 17 PME françaises
- Défis technologiques:
  - Mêmes ressources allouées par le JPL (masse, volume, puissance) que pour le prédécesseur ChemCam sur Curiosity, mais 3 techniques d'observation supplémentaires
  - Contraintes de protection planétaire

	RH	Coût consolidé
France	300 personnes	40 M€
LANL (US)	200 personnes	30 M€
UVa (Esp.)	30 personnes	2 M€

(3 M€ pour le JPL)



Inspection du Mast Unit avant livraison au JPL (juin 2019)

Copyright © CNES/OLLIER Alexandre, 2019