



ENTRETIEN AVEC Pernelle Bernardi

Ingénieure de recherche CNRS au Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (Lesia) de l'Observatoire de Paris, elle a reçu la médaille de Cristal 2020 du CNRS pour ses travaux, et en particulier sa contribution exceptionnelle à l'instrument SuperCam, les «yeux» du rover *Perseverance* de Mars 2020. Nous avons rencontré Pernelle Bernardi lors d'une semaine de préparation de l'atterrissage sur Mars, à Toulouse, à la mi-décembre 2020.

Votre contribution à l'instrument SuperCam a été reconnue et récompensée par une médaille de Cristal du CNRS en 2020. Y a-t-il un aspect de votre contribution à SuperCam dont vous êtes particulièrement fière aujourd'hui, à quelques semaines de l'atterrissage de l'instrument sur Mars ?

Pernelle Bernardi : Je suis très fière d'avoir travaillé avec toute l'équipe SuperCam et d'avoir livré un instrument performant pour cette très belle mission *Mars 2020*. Un projet spatial n'est jamais un long fleuve tranquille et le développement de SuperCam a été particulièrement tendu. Personnellement, mon leitmotiv a été : ne rien lâcher, jusqu'au bout ! Alors démontrer les excellentes performances de l'instrument lors des essais rover au JPL (Jet Propulsion Laboratory) en environnement martien fin 2019 a été une grande satisfaction, et le sentiment du devoir accompli.

Le rover sur lequel SuperCam est installé a été baptisé par un collégien *Perseverance*. Qu'est-ce que ce nom évoque pour vous ? Le trouvez-vous bien choisi ?

Je n'étais pas très fan du nom *Perseverance* lorsqu'il a été choisi, mais je m'y suis faite, et je trouve que ce rover porte finalement très bien son nom. La persévérance a été une qualité indispensable pour mener à bien le développement de SuperCam, notamment après la perte accidentelle du premier modèle de vol et la reconstruction d'un second en un temps record de 6 mois. Concernant la mission, nos collègues du JPL ont également vécu des phases très denses et critiques pour être prêts pour le lancement en juillet 2020 malgré la crise sanitaire.

On dit souvent que SuperCam est la petite sœur ou le petit frère de ChemCam. Quelles sont les différences entre les deux instruments ?

SuperCam bénéficie bien sûr d'une étroite filiation avec ChemCam sur *Curiosity* : nous avons repris le principe de la spectroscopie LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) qui permet d'analyser la composition chimique des roches et une caméra (couleur cette fois-ci) pour faire des images de

contexte. Mais nous avons ajouté deux autres techniques pour étudier la minéralogie des sols et étudier l'atmosphère : les spectroscopies Raman et infrarouge. Nous avons également installé un microphone qui permettra d'écouter l'onde de choc émise par le plasma LIBS, les vents martiens et les sons émis par le rover (rotations du mât, roues et freins, les autres instruments...). SuperCam est donc plus complexe que ChemCam, en conservant les mêmes ressources techniques (volume, masse et consommation électrique) : un vrai défi !

Depuis que SuperCam est dans l'espace, en quoi consiste exactement votre travail ?

Je joue un rôle d'expertise technique dans la préparation des opérations SuperCam. Cela signifie définir les essais qui seront réalisés dès l'atterrissage sur Mars et pendant les 90 premiers sols (un sol est un jour sur Mars), vérifier les séquences de commandes, valider ces plans de programmation sur un instrument de tests au JPL. Je suis également en première ligne pour analyser les données acquises pendant la phase de croisière. En parallèle, je suis impliquée dans la réalisation de deux clones de SuperCam qui seront des « modèles de calibrage sol » : un pour l'Irap (Institut de recherche en astrophysique et planétologie, Toulouse) et un pour le LANL (Los Alamos National Laboratory, Nouveau-Mexique, É.-U.). Ces instruments sol sont indispensables à l'équipe scientifique pour exploiter au mieux les données acquises sur Mars.

Comment avez-vous été amenée à travailler sur un instrument à destination de Mars ?

Comment ai-je eu la chance de travailler sur SuperCam ? L'Irap a contacté mon laboratoire, le Lesia (Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique), en 2013, lors de la phase de réponse à l'appel d'offres du JPL, pour fournir le spectromètre infrarouge. J'ai commencé comme architecte optique pour ce sous-système de SuperCam. Le responsable scientifique, Sylvestre Maurice (Irap, université Paul-Sabatier 3), m'a proposé de rejoindre l'équipe système, dont j'ai pris la tête en 2015.

À défaut de partir sur Mars, ce projet vous a fait beaucoup voyager. Que retenir-vous de ces expériences ?

Pas certaine d'avoir envie de partir sur Mars... Je préfère regarder notre fabuleux Thomas Pesquet gérer cela !

Mon rôle d'ingénieure système impose d'être en contact permanent avec tous les acteurs du projet et effectivement de beaucoup voyager : à Toulouse principalement (trois jours par semaine pendant deux ans), mais également aux États-Unis pour travailler avec nos collègues du LANL qui fournit le Body Unit, et à Pasadena pour l'interface avec le « flight system » (le rover) du JPL. L'essentiel des échanges se fait par visioconférence, mais les déplacements restent indispensables. Cela apporte bien sûr une grande richesse dans les rapports humains, requiert une très bonne organisation, et surtout d'avoir une famille compréhensive !

Votre travail impose de nombreuses contraintes, notamment des dates à respecter, des agendas complexes à gérer. Comment fait-on pour gérer toutes ces difficultés de calendrier ?

Les contraintes sont fortes, car le temps de développement a été relativement court pour un instrument spatial. La gestion du calendrier est la tâche principale des chefs de projet, qui ont suivi cela de très près tout au long des six dernières années. De mon côté, j'ai veillé à ce qu'aucun raccourci ne soit pris dans les phases de conception, puis j'ai dû argumenter pour jouer les essais (parfois longs) nécessaires à la vérification des fonctions et performances de l'instrument. La réussite n'a été possible que grâce à l'engagement de chacun, et au soutien du CNRS, des universités et du Cnes, mais également de nos partenaires industriels.

Où serez-vous le 18 février 2021 ?

Je serai à Toulouse d'une part pour vivre ce moment tant attendu avec toute l'équipe, mais surtout parce que nous recevrons les premières télémetries dès l'atterrissage (principalement les températures de l'instrument). Des activités SuperCam sont prévues dès le lendemain, et je serai au Cnes pour analyser les données et vérifier que notre bébé a bien vécu l'atterrissage.


Quels conseils pourriez-vous donner à des jeunes qui rêvent d'exploration martienne ?

Je leur conseille de continuer de rêver, car tout est possible ! Il faut des profils très variés et complémentaires pour concevoir un instrument tel que SuperCam : des techniciens, des ingénieurs, des chercheurs, et des métiers allant de la technique (mécanique, thermique, électronique, optique...) à l'administration (gestion de la documentation, des budgets), en passant par l'assurance produit et le pilotage des moyens d'essai. Et tout cela est accessible aux filles autant qu'aux garçons !

Outre Mars, sur quel corps du Système solaire aimeriez-vous envoyer un rover ?

J'ai un petit faible pour Mars toujours, et un intérêt pour la mission *Mars Sample Return*, qui ira chercher les échantillons prélevés par *Perseverance*. La suite est déjà en marche, avec le développement d'un petit rover qui ira se poser sur Phobos, la plus grosse des deux lunes de Mars, en 2026 (mission japonaise *MMX*). Et puis il y a également la mission *Dragonfly* en cours de développement et son drone qui ira explorer Titan. Restent Europe et Encelade...

Propos recueillis par Léa Griton



« Je joue un rôle d'expertise technique dans la préparation des opérations SuperCam qui seront réalisées dès l'atterrissage sur Mars. »