

# Néo-Narval, un nouvel instrument au sommet du Pic du Midi

VISITE PRESSE : 1<sup>ER</sup> OCTOBRE 2020



© UT3 - Paul Sabatier

## CONTACTS

**Hélène Sovignet - Pont, chargée des relations presse UT3 :**  
helene.sovignet-pont@univ-tlse3.fr 06 88 34 49 98

**Sylvie Etcheverry, communication OMP :**  
sylvie.etcheverry@obs-mip.fr 06 76 56 56 96



# SOMMAIRE

- **NÉO-NARVAL, UN NOUVEL INSTRUMENT AU SOMMET DU PIC DU MIDI**
- **DE NARVAL À NÉO-NARVAL ..... 5**
- **UN NOUVEAU CHAMP D'EXPLORATION S'OUVRE AUX ASTRONOMES :  
LES EXOPLANETES ..... 5**
  - Comment s'y prend-on pour découvrir une exoplanète ?..... 5
  - Comment est né le projet Néo-Narval ? ..... 6
- **NÉO-NARVAL : EVOLUTION DE NARVAL..... 6**
- **LA COMBINAISON DE LA SPECTROPOLARIMETRIE ET DE LA  
VELOCIMETRIE ..... 7**
- **NEO-NARVAL, UN PROJET TECHNOLOGIQUE ..... 8**
  - Néo-Narval emploie des technologies de dernière génération..... 8
- **UN PROJET QUI RENFORCE LE LEADERSHIP DU TELESCOPE BERNARD  
LYOT ET DU PIC DU MIDI DANS LA COMPETITION INTERNATIONALE EN  
SPECTROPOLARIMETRIE ..... 9**
- **LES ACTEURS DU PROJET NEO-NARVAL..... 10**
  - L'équipe de pilotage projet ..... 10
  - Les financeurs du Projet Néo-Narval..... 10
  - La station scientifique du Pic du Midi de l'OMP..... 10
  - L'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (Irap)..... 11

## **NÉO-NARVAL, UN NOUVEL INSTRUMENT AU SOMMET DU PIC DU MIDI**

**Le Pic du Midi est l'incontournable grand site des Pyrénées : culminant à 2 877 mètres d'altitude, il offre à ses visiteurs une vue à couper le souffle sur la chaîne pyrénéenne.**

**La renommée de ce lieu majestueux ne repose pas seulement sur son panorama incroyable mais également sur la formidable aventure scientifique qu'il constitue, puisqu'il abrite depuis 1882, l'observatoire astronomique de haute-montagne le plus ancien au monde.**

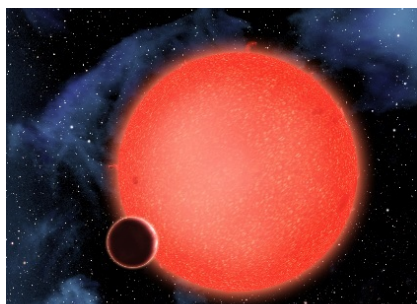
Dès le début du XVIII<sup>e</sup> siècle, des chercheurs se rendent au sommet pour relever des mesures atmosphériques et effectuer des observations astronomiques. La décision est alors prise de bâtir un observatoire. Les travaux de construction débutent en 1870 et constituent un véritable défi technique pour les hommes qui s'attellent à la tâche. Les premiers bâtiments seront achevés une douzaine d'années plus tard.

Depuis, l'Observatoire n'a eu de cesse d'évoluer pour rester à la pointe de la recherche internationale. En 2007, il accueille le spectropolarimètre Narval (sur le télescope Bernard-Lyot) qui permet l'étude du champ magnétique des étoiles. Il y a quelques mois, il se pare d'un nouvel instrument, **Néo-Narval**, dédié à l'étude du magnétisme et de la vitesse des étoiles qui permettra la découverte de nouvelles **exoplanètes (planètes se trouvant en dehors de notre système solaire)**. Repérer ces planètes extrasolaires, caractériser leur atmosphère et détecter celles qui sont habitables, peut notamment aider à comprendre l'origine de la vie et le fonctionnement de la Terre.

## DE NARVAL À NÉO-NARVAL, UN NOUVEAU CHAMP D'EXPLORATION S'OUVRE AUX ASTRONOMES : LES EXOPLANETES

Les exoplanètes ont le vent en poupe ! En témoigne le prix Nobel de physique 2019 attribué aux suisses Michel Mayor et Didier Queloz pour leur découverte de la première exoplanète orbitant autour d'une étoile similaire au Soleil. Aujourd'hui tous les observatoires du monde tâchent d'en découvrir de nouvelles et de les étudier, grâce à des instruments de plus en plus performants. Dans ce cadre, l'observatoire du Pic du Midi s'est doté d'un nouvel instrument astronomique, installé sur le Télescope national Bernard Lyot. Ce spectropolarimètre ultrastable fonctionne dans la partie visible du spectre lumineux et permet ainsi la détection d'exoplanètes autour d'étoiles magnétiquement actives de masse inférieure et intermédiaire. Arturo Lopez Ariste (astronome instrumentaliste du projet) revient sur l'origine de cet outil.

### Comment s'y prend-on pour découvrir une exoplanète ?



Vue d'artiste de l'exoplanète GJ1214b  
©NASA

Pour découvrir et étudier des exoplanètes, il existe plusieurs techniques, telles que la mesure des mouvements de l'étoile observée. Dans le système solaire, les planètes ne tournent pas autour du Soleil, mais autour d'un point appelé le centre de masse. La masse des planètes étant beaucoup plus négligeable que celle du Soleil, ce point se trouve proche de son centre.

Il en va de même pour les étoiles. Ainsi, pour déceler la présence d'une planète invisible au télescope, nous tentons de mesurer les mouvements de l'étoile observée. Si elle bouge de façon périodique, nous avons alors la preuve qu'il y a une planète autour.

## Comment est né le projet Néo-Narval ?

Il y a quelques années, alors que nous mesurons les mouvements de l'étoile Pollux dans la constellation des Gémeaux, nous constatons qu'elle bouge ! Se pourrait-il qu'une planète tourne autour ? C'est la conclusion qui s'impose à nous jusqu'à ce que Narval, le spectropolarimètre stellaire installé au Pic du Midi, mesure le champ magnétique de cette étoile. Il montre alors que Pollux a, à sa surface, les mêmes taches que le Soleil. Celles-ci bougent, comme les taches du Soleil, brouillant alors le signal du mouvement de l'étoile entière. Ces mouvements portent à croire que c'est l'étoile dans son ensemble qui bouge. Or, il n'en est rien. Il n'y a donc pas de planète autour de Pollux mais seulement des taches magnétiques qui induisent en erreur les chercheurs. Combien de taches magnétiques ont été prises pour des planètes ? Pour le savoir, une seule solution : il faut mesurer simultanément vitesse et champs magnétiques. C'est ainsi que naît le projet NéoNarval.

## NÉO-NARVAL : EVOLUTION DE NARVAL

Le projet Néo-Narval s'inscrit dans le cadre du renouvellement de l'instrumentation du Télescope Bernard Lyot (TBL) au Pic du Midi. Depuis près de deux décennies, le télescope Bernard Lyot se consacre à l'étude des champs magnétiques des étoiles par spectropolarimétrie à haute résolution, notamment grâce à l'instrument Narval. L'évolution de cette thématique de recherche, pour une étude intensive des étoiles, similaires au Soleil, actives magnétiquement et hôtes de planètes, a conduit les équipes de recherche à faire évoluer Narval vers Néo-Narval, un instrument capable de mesurer la vitesse radiale de l'étoile observée par rapport à l'observateur, avec une précision inférieure à 3 m/s grâce à une stabilité instrumentale multipliée par 10 par rapport à Narval. La mesure de vitesse radiale d'une étoile est une technique fréquemment utilisée pour la détection d'exoplanètes. Elle permet également d'étudier la rotation des étoiles, ainsi que les oscillations de leur surface.

### La mesure de vitesse radiale des étoiles pour détecter les exoplanètes

Les exoplanètes (planètes orbitant autour d'autres étoiles que le Soleil) sont souvent trop proches de leur étoile-hôte pour pouvoir être vues directement dans un télescope. En revanche, elles peuvent être détectées de façon indirecte en mesurant le mouvement de l'étoile-hôte autour du centre de gravité du système étoile-planète. Comment mesure-t-on ce mouvement de l'étoile-hôte ? Grâce à l'effet Doppler. Chacun a déjà remarqué, en voyant passer un camion de pompiers, que le son de la sirène est plus aigu lorsque le camion se rapproche et plus grave lorsqu'il s'éloigne. C'est l'effet Doppler. Il se passe le même phénomène avec la lumière d'une étoile qui se rapproche ou qui s'éloigne de nous : plus bleue quand elle se rapproche, plus rouge quand elle s'éloigne. Lorsqu'une étoile possède une planète qui lui tourne autour, elle effectue, elle aussi, une révolution autour du centre de gravité du système. Ce mouvement de révolution la fait se rapprocher de nous, puis s'éloigner, puis se rapprocher, provoquant par effet Doppler un mouvement de sa lumière vers le bleu, puis vers le rouge, puis vers le bleu, etc.... En mesurant ces infimes décalages spectraux périodiques sur des étoiles à forte activité magnétique, Néo-Narval révélera la présence d'exoplanètes jusqu'ici inconnues.

En fonction de 2007 à 2019, l'instrument Narval, installé au foyer du Télescope Bernard Lyot était ce que l'on appelle un spectropolarimètre, c'est-à-dire à la fois un spectrographe qui disperse la lumière de l'étoile et mesure l'intensité de chaque longueur d'onde, et un polarimètre qui mesure la polarisation de la lumière. Il avait été construit pour étudier les champs magnétiques des astres, en particulier leurs effets sur la vie des étoiles et des planètes qui les entourent. Grâce à Narval, le TBL est devenu le premier observatoire au monde dédié à ces études. Lorsqu'ils travaillaient de concert, Narval et son frère jumeau, ESPaDOnS (installé sur le Télescope Canada-France-Hawaï, au milieu de l'océan Pacifique), ne perdaient pas une miette des secrets de la vie magnétique des étoiles ! Jusqu'à très récemment, les champs magnétiques étaient simplement ignorés des modèles stellaires, ou, au mieux, traités de façon exagérément simplifiée. Depuis leur mise en opération, Narval et ESPaDOnS ont profondément bouleversé notre connaissance des champs magnétiques des géantes rouges, c'est-à-dire de systèmes stellaires et planétaires en fin de vie – domaine sur lequel Narval a été un véritable pionnier. Narval a radicalement changé la donne grâce aux contraintes observationnelles qu'il fournit. Il a, en effet, une capacité inégalée à caractériser les champs magnétiques à chaque phase de l'évolution stellaire, c'est à dire depuis l'enfance des étoiles (étoiles T Tauri, étoiles de Herbig) jusqu'à leur fin de vie (sous-géantes, géantes et super géantes froides). L'extrême sensibilité de cet instrument a permis, en outre, de détecter de très faibles signatures magnétiques, caractéristiques d'objets très calmes (comme les jumeaux solaires) ou réputés jusqu'alors non-magnétiques (comme les étoiles chaudes de type Vega). Le grand succès de ce nouveau type d'instrumentation est aujourd'hui reconnu mondialement et contribue à faire des émules dans les plus grands observatoires internationaux (ex : instrument HARPS de l'ESO dans l'hémisphère austral).

## LA COMBINAISON DE LA SPECTROPOLARIMETRIE ET DE LA VELOCIMETRIE

**Le projet Néo-Narval**, sous la responsabilité scientifique de Torsten Böhm (directeur de recherche CNRS à l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie – Irap), constitue une évolution importante de Narval. Doté d'un nouveau système de calibration instantané et disposant d'une nouvelle enceinte régulée en pression et en température pour améliorer la stabilité du spectrographe, Néo-Narval mesurera la vitesse radiale des étoiles à une précision inférieure à 3 m/s sur le long-terme, soit 10 à 20 fois meilleure que Narval.

La détection d'exoplanètes dans le domaine de la lumière visible est fortement limitée par le bruit de l'activité magnétique de l'étoile (taches solaires, éruptions...) pouvant cacher ou mimer le signal Doppler induit par la présence d'une planète. Ce bruit est également appelé gigue magnétique.

Aussi, pour soustraire, au moins en partie, le bruit de vitesse radiale induit par l'activité magnétique de l'étoile, Néo-Narval combinera spectropolarimétrie et vélocimétrie.

Cette combinaison instrumentale permet au TBL de conserver son caractère de pionnier de la spectropolarimétrie stellaire, tout en élargissant considérablement la communauté impliquée dans l'exploitation scientifique du télescope.

Outre la communauté scientifique actuellement fédérée autour du magnétisme stellaire, Néo-Narval s'adressera à d'autres domaines de l'astrophysique comme la recherche d'exoplanètes et l'astérosismologie, c'est à dire l'étude des oscillations stellaires permettant de sonder les intérieurs des étoiles. Une autre spécificité du nouvel instrument sera sa capacité à proposer des approches transverses entre ces différents domaines (par exemple : interaction magnétosphérique étoile-planète, astérosismologie des étoiles magnétiques), faisant du successeur de Narval un instrument aux capacités complémentaires de l'instrument européen austral HARPSPOL/ESO, pour l'hémisphère nord.

Un premier exemple d'utilisation combinée est l'imagerie des étoiles chaudes telles que Vega pour laquelle un accès simultané à une cartographie magnétique et une vélocimétrie précise permettra de contraindre les mécanismes de génération du champ magnétique. Autre exemple, la recherche d'exoplanètes autour d'étoiles en rotation, cachées par l'activité stellaire ou présentant d'autres sources de variation de la brillance surfacique de l'étoile (c'est le cas des géantes rouges, étoiles en fin de vie) qui nécessite une utilisation du mode polarimétrique en version stabilisée. Celle-ci permet en effet de déterminer l'origine des variations périodiques de la vitesse radiale : une variation intrinsèque à l'étoile elle-même, ou bien le signe de la rotation d'une exoplanète autour de l'étoile.

#### **Néo-Narval poursuivra trois objectifs majeurs :**

- la recherche et la confirmation d'exoplanètes autour des étoiles magnétiquement actives, obtenues par spectro-polarimétrie combinée ;
- l'exploration des derniers stades de l'évolution d'un système exoplanétaire ;
- la poursuite des études classiques sur les champs magnétiques stellaires.

## **NEO-NARVAL, UN PROJET TECHNOLOGIQUE**

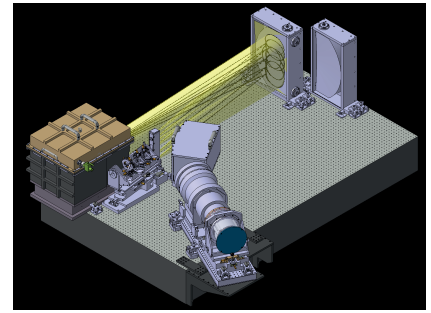
### **Néo-Narval emploie des technologies de dernière génération.**

Son objectif principal est de mesurer la vitesse radiale d'une étoile avec une précision inférieure à 3 m/s. Pour atteindre cette précision, les transformations techniques par rapport à Narval portent sur cinq points :

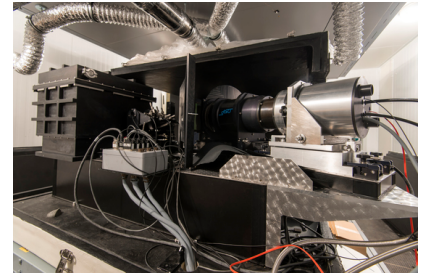
- une stabilisation en température du spectrographe meilleure que 0,01°C, obtenue par un système d'enceinte multicouche climatisée ;
- une stabilisation de la pression de l'air autour du réseau optique (l'élément principal du spectrographe), obtenue grâce à une enceinte isobare enfermant le réseau ;



- la mise en place d'un dispositif de calibration spectrale instantanée de type Fabry- Pérot ;
- l'utilisation de fibres optiques octogonales permettant une injection de lumière stable dans le spectrographe ;
- enfin, le remplacement de la caméra CCD actuelle par une caméra nouvelle génération qui permet un gain de sensibilité important.



© OMP



## UN PROJET QUI RENFORCE LE LEADERSHIP DU TELESCOPE BERNARD LYOT ET DU PIC DU MIDI DANS LA COMPETITION INTERNATIONALE EN SPECTROPOLARIMETRIE

Ce projet novateur s'inscrit dans la nécessité de pérenniser l'offre de spectropolarimétrie visible dans l'hémisphère nord.

Vers fin 2021, Néo-Narval sera rejoint sur le TBL par son cousin observant dans le proche infrarouge, l'instrument SPIP « SpectroPolarimètre Infrarouge Pyrénéen » dont l'objectif scientifique est de détecter et de caractériser des exoplanètes similaires à la Terre, en orbite autour des naines rouges voisines du système solaire. SPIP complètera le nouvel arsenal instrumental du Télescope Bernard Lyot.

Enfin, à l'horizon 2021/2022, la mise en place d'une nouvelle « bonnette » au foyer du Télescope Bernard Lyot permettra une utilisation simultanée des 2 instruments Néo-Narval et SPIP. Ce projet, baptisé VISION, permettra d'observer les étoiles dans une très grande plage de longueurs d'onde, depuis la lumière bleue jusqu'à l'infrarouge moyen, pour des études multi-longueurs d'onde uniques d'un même objet, des régions magnétiques de températures très différentes (par exemple : surface stellaire vs disque pour les objets jeunes, ou encore des taches froides vs photosphère calme pour les étoiles froides). Le Télescope Bernard Lyot, équipé de Néo-Narval et de SPIP associés à la nouvelle bonnette VISION, sera alors le seul télescope au monde capable de réaliser ce type d'observation sur une bande spectrale d'une largeur jusqu'ici hors de portée. La réalisation du projet VISION est toutefois conditionnée au résultat d'une demande de financement déposée dans le cadre du CPER 2021-2027.

# LES ACTEURS DU PROJET NEO-NARVAL

Narval puis Néo-Narval, ont été développés au sein de l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP – CNES/CNRS/Météo France/IRD/UT3 Paul Sabatier), par les équipes scientifiques et techniques de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (Irap/OMP – CNRS / CNES / UT3 Paul Sabatier), du Télescope Bernard Lyot (TBL) et les services communs de l'OMP, avec le soutien de la Région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée, leur conférant une expertise mondiale dans le domaine de la spectropolarimétrie stellaire.

## L'équipe de pilotage projet

- Torsten Boehm, responsable scientifique du projet - Directeur de recherche CNRS à l'Irap
- Rémi Cabanac, responsable scientifique adjoint du projet – Directeur adjoint de l'OMP pour la Bigorre - Astronome Adjoint
- Arturo Lopez Ariste : astronome instrumentaliste du projet – Directeur de recherche CNRS à l'Irap
- Jean Baptiste Daban, responsable technique du projet, directeur technique de l'OMP - Ingénieur de recherche CNRS

## Les financeurs du Projet Néo-Narval

Le projet Néo-Narval représente un investissement total de 1,4 M€ (coût consolidé).

Le coût des nouveaux équipements, 500 k€, a été pris en charge par le Contrat Plan Etat Région 2015-2020 selon la répartition suivante :

- Conseil départemental Hautes Pyrénées et Communauté d'agglomération Tarbes Lourdes Pyrénées : 88 k€
- Région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée : 206 k€
- Etat : 206 k€

Au delà de ce financement direct, l'implication des personnels scientifiques et techniques du CNRS et de l'université Toulouse III - Paul Sabatier dans la conception et la construction de Néo-Narval, représente un investissement de 900 k€ en masse salariale.

A noter que Néo-Narval a également permis à une dizaine de stagiaires d'écoles d'ingénieurs de participer à un projet scientifique et technique innovant, et de découvrir le monde de la recherche en Occitanie.

## La station scientifique du Pic du Midi de l'OMP

Depuis 1873, des hommes étudient les astres à l'Observatoire du Pic du Midi. L'astronomie, science des corps célestes, est le domaine d'excellence du site pyrénéen, avec l'étude du Soleil et des planètes. Le Télescope Bernard Lyot permet ainsi, depuis 1981, de mieux connaître les étoiles et les galaxies. De nombreux programmes de recherches ont été effectués au Pic du Midi. Aujourd'hui, l'Observatoire Midi-Pyrénées mène ses travaux dans 3 domaines principaux :

- observations nocturnes en astrophysique ;
- observations du Soleil ;
- observations atmosphériques et météorologiques.

Construit en 1980, le Télescope Bernard Lyot est la principale sentinelle astronomique sur le sol national. D'abord utilisé pour des recherches dans tous les domaines de l'astrophysique, il est aujourd'hui intégralement dédié à l'étude du magnétisme des étoiles. Le TBL est ainsi le premier observatoire au monde dédié à l'étude du magnétisme des étoiles.

Entièrement remis à neuf au début des années 2000, le TBL offre, en 2020, aux astronomes français et européens, un mode opératoire moderne, en « mode service », à l'image des plus grands observatoires de la planète. Ce mode garantit aux astronomes des données optimales, quelle que soit la météo, uniquement dictées par les contraintes scientifiques de leurs observations.

Le TBL poursuit une politique ambitieuse de jouvence instrumentale dont Néo-Narval est le premier jalon ; SPIP, l'explorateur d'exo-Terres habitables est le second (financé à hauteur de 3,6 millions d'euros par la région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée) ; et ces deux instruments étant totalement complémentaires, le dispositif optique VISION permettra aux deux instruments d'observer simultanément. Le TBL sera alors le seul télescope au monde capable d'observer les étoiles en spectropolarimétrie, des longueurs d'onde bleues aux longueurs d'onde proche infrarouge.

Ces instruments de nouvelle génération garantiront au TBL un rayonnement scientifique international au-delà de l'horizon 2030.

## **L'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (Irap)**

Au sein de l'Observatoire Midi-Pyrénées, l'Irap est le laboratoire regroupant la quasi totalité des forces scientifiques académiques du domaine de l'astrophysique et de la planétologie, en Occitanie.

Ses recherches visent à répondre aux grandes questions qui se posent sur l'Univers et les objets qui le constituent, depuis l'intérieur des corps solides et planétaires (Terre comprise) jusqu'au Big-Bang et aux origines de l'Univers.

Ces champs thématiques sont abordés par l'observation et l'exploration, appuyées par la théorie, la modélisation et des activités de caractérisation de processus physiques (surfaces et intérieurs planétaires, milieu interstellaire) réalisées au laboratoire.

