



CAMPAGNE 2017

Après plusieurs années d'expérimentation estivale dans le vallon de la Moutière, à 2100m d'altitude, et une interruption en 2016, le programme d'essais et d'observations sur l'étoile brillante Vega a été repris pendant l'été 2017. La campagne a débuté le 03 Août et s'est achevée le 22 Septembre lorsque Vega devient inobservable en se rapprochant du soleil couchant. Elle a notamment permis de valider l'électronique embarquée installée dans la nacelle focale. La nacelle porte une optique simplifiée, dite "N=2" car elle est limitée à l'exploitation des deux miroirs primaires actuellement installés pour les essais. En 2017, la nacelle a été équipée de deux caméras, d'un laser embarqué ainsi que des éléments de l'oculaire frangeur. L'une des caméras sert à aligner la nacelle par l'acquisition des deux images stellaires et au contrôle de la position des deux pupilles, l'autre permet d'enregistrer l'image recombinaisonnée, agrandie et dispersée qui contient l'information



interférométrique sur l'étoile. Cette caméra permet donc de mesurer la cohérence de sa lumière pour ajuster finement la co-sphérisation des miroirs primaires. Le laser embarqué matérialise par son rayon dédoublé l'impact au sol des deux axes optiques sur les deux miroirs primaires, de manière à pré-régler l'orientation de la nacelle. Le renvoi coudé, qui avait démontré en 2015 l'acquisition d'une image de Vega, n'a plus été utilisé, sa fonction étant prise en charge par la seconde caméra. Cela a facilité comme prévu les procédures d'alignement.

L'optique focale définitive, dite "N > 2" car elle doit permettre d'exploiter une centaine de miroirs ou plus, partiellement construite, n'a fait l'objet en 2017 que d'essais en laboratoire. Ces essais ont aussi porté sur sa version à champs multiples, qui a aussi fait l'objet de modélisation optique par Zongliang Xie, doctorant chinois utilisant le logiciel Zemax et qui a passé l'année 2017 au sein de l'équipe, à l'Observatoire de la Côte d'Azur.

Durant 8 semaines 22 personnes (dont 7 qui se sont jointes à l'équipe cette année) se sont relayées sur le site, avec la présence quasi



permanente à partir de fin Août d'Antoine Labeyrie, Denis Mourard, Roger Croix, Jean-Paul Amerigo et Zongliang Xie.

L'Observatoire de la Côte d'Azur a pu accueillir, sur fond européen, un post-doctorant indien (Arun Surya) qui a contribué aux installations au cours du mois d'Août.



La première équipe sur place a transporté et installé à la Moutière du matériel stocké à Bayasse, essentiellement les tentes, abris et atelier, et leur mobilier. Le matériel qui avait été rapporté à Calern depuis la campagne 2015 a été transporté en deux fois à Bayasse : une équipe de trois voitures et une remorque a transporté quasiment tout le 05 Août, sauf les éléments optiques, la nacelle, le ravitailleur de batteries et l'armoire M1, qui sont restés pour finalisation et tests à Calern et sont arrivés le 23 à la Moutière.



La première semaine, tout le matériel disponible a été installé et testé. La nouvelle antenne satellite a été installée et mise en service, dès que l'alimentation du tipi en énergie a été assurée par ses panneaux solaires. Un abri a été mis en place au point Canaveral.

Les armoires Est, Ouest et Obelix ont été positionnées et mises en service, avec leur batterie et panneau solaire, et leurs antennes WiFi.

Le C8 a été monté à poste.

Les trois tronçons du câble porteur ont été déroulés après intervention des grimpeurs dans les éboulis pour la mise en place de l'ancrage Sud (élimination de l'ancien dispositif, abimé, et mise en place d'une sangle neuve autour du mélèze) et le passage dans la poulie de l'ancrage Nord, restée à poste depuis la campagne 2015.



Le treuil principal, resté sur place, en bas du grand éboulis de l'adret, a été remis en fonctionnement.

Les modules XBee, installés sur chaque armoire pour commander à distance allumage et extinction, ont été testés. Les antennes WiFi ont été l'objet de premiers essais et de repositionnement.



L'arrivée du reste du matériel a permis de finir l'installation : nacelle et son ravitailleur de batteries, caletttes de la nacelle, point M1 Canaveral avec armoire, panneau solaire, antenne WiFi du réseau sol/sol et antenne WiFi du réseau sol/nacelle, et différents viseurs.





Le 03/09, une première montée de la nacelle a été réalisée, avec une visée de positionnement la nuit et le réglage de la lunette mi-base au transit de Vega



Jusqu'au 15/09 l'équipe sur place a passé beaucoup de temps à retrouver les réglages qui permettent le mouvement de la nacelle adapté au suivi de Vega :

- remise à niveau du trépied Sud et cosphérisation des miroirs
- reconstruction du système des contrepoids Ouest, Est et du tetra, retrouvés au sol à l'arrivée sur place, réinstallation du contrepoids sur le câble porteur,
- réglage des mouvements des treuils des cablettes et du câble porteur
- réglage des tensions des cablettes Est, Ouest et Sud
- mise en service et étalonnage des pesons



- tests in situ des moteurs et de toute l'électronique, avec la nacelle à poste
- finalisation des installations électroniques au Sud (commande des trois moteurs Sud)

- rééquilibrage général de la nacelle, profondément modifiée depuis 2015 par l'adjonction du nouveau boîtier, d'une antenne WiFi, et son attelage au ravitailleur de batteries
- mise en service du nouveau viseur Vega/nacelle à hologramme, mise en place du télémètre laser et d'un laser d'alignement
- remise en service du C8 au point Sud, réidentification des repères visuels pour la nacelle



Nacelle sur le câble, à l'aplomb de la cheminée

Par ailleurs, tous les nouveaux éléments ont fait l'objet de test en place : réseau WiFi sol/nacelle (transmission des ordres et réception des images caméras, des tensions batteries, des tensions des pesons), commande des différents éléments de la nacelle (LED, laser embarqué, les deux caméras, pesons sur les cablottes), nouveau télémètre laser sur le viseur étoile/nacelle, ravitailleur de batteries.

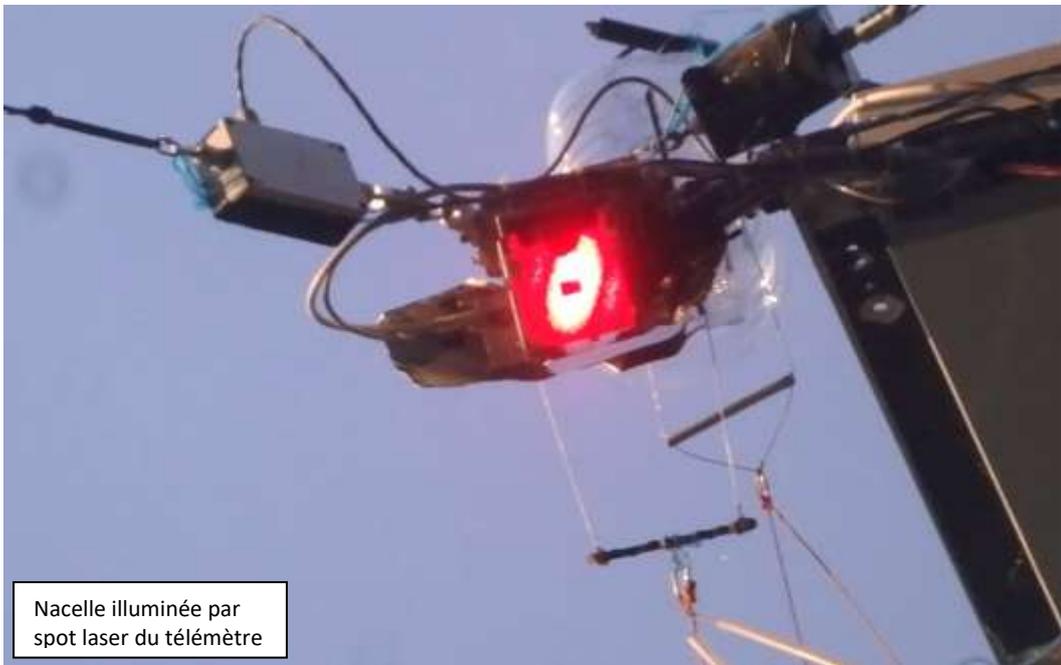


C'est finalement quelques nuits qui ont pu être consacrées à l'acquisition de Vega dans la nacelle.

Grâce aux travaux importants sur les contrepoids et l'équilibrage de la nacelle, ainsi que sur l'électronique et le logiciel, nous avons réussi à contrôler le suivi pendant environ 45mn avec la nacelle, et tenter au cours de deux nuits, grâce au viseur étoile/nacelle, d'aligner finement l'image de l'étoile dans la nacelle. Toutefois nous ne sommes pas parvenus à acquérir l'étoile avec les caméras de la nacelle. La raison principale est un défaut d'alignement du nouveau viseur à hologramme qui a engendré un désalignement entre l'axe pointant vers Vega et l'axe pointant vers la nacelle. Nous avons également rencontré plusieurs pertes de contact électrique avec le ravitailleur de batteries, ce qui nous a fait perdre du temps pour reprendre à chaque fois la liaison avec les caméras.



Télémètre laser sur le viseur nacelle



Le démontage s'est effectué en une journée, à cinq personnes. Le site a été libéré le 22 septembre. Un premier transport avec les voitures du groupe a permis de rapporter les éléments principaux de l'expérience. Un deuxième transport effectué par Cédric Monasse et Denis Mourard mi Octobre a conduit à rapporter à Calern à peu près l'ensemble du matériel de l'expérience.

Evolution du projet à la Moutière

Les avancées 2017 confirment l'intérêt de poursuivre l'étude d'un hypertélescope ambitieux dans un site adapté à une exploitation astrophysique, dans une forme agrandie et dans le cadre d'une collaboration internationale. Des sites possibles, dans des vallées plus larges bénéficiant d'un climat favorable, ont été identifiés dans les Andes chiliennes et en Himalaya. Cependant la poursuite des tests à la Moutière reste d'actualité. L'autorisation accordée par le Parc National du Mercantour se terminant en 2017, nous devons soumettre une demande de prolongation.

Couverture médiatique

Deux articles ont relaté l'avancement du projet, respectivement dans le journal l'Astronomie par R.Sadin ("L'Hypertélescope : un instrument futuriste", Septembre 2017 vol.131 | 108 | 42) et dans Ciel et Espace (site internet) par D.Fossé (13 Novembre 2017) et "le vallon de la Moutière" dans le Hors série l'almanach du ciel édition 2017 (HS 26).

Journée "Enseignants-Chercheurs " à Barcelonnette

Après le succès des années précédentes, elle a été à nouveau organisée par l'Académie d'Aix-Marseille le 29 Mai au centre SEOLANE. Martine Roussel a fait une conférence sur place, prolongée par une projection en visioconférence par Antoine Labeyrie et une visite des enseignants sur le site de Bayasse.

Journée "ESA - Science from the Moon" à l'Institut d'Astrophysique (Paris) le 22 Juin

Dans le cadre de l'étude par ESA d'un village lunaire et de son appel à des projets d'instruments, A.Labeyrie a présenté en visioconférence le concept d'un hypertélescope sur la Lune.

http://www.iap.fr/vie_scientifique/ateliers/Astronomy_on_the_Moon/2017/videos/Antoine_Labeyrie_2017-06-22_1120/index.html

Hypertélescope Ubye: précurseur d'une version sur la Lune ?

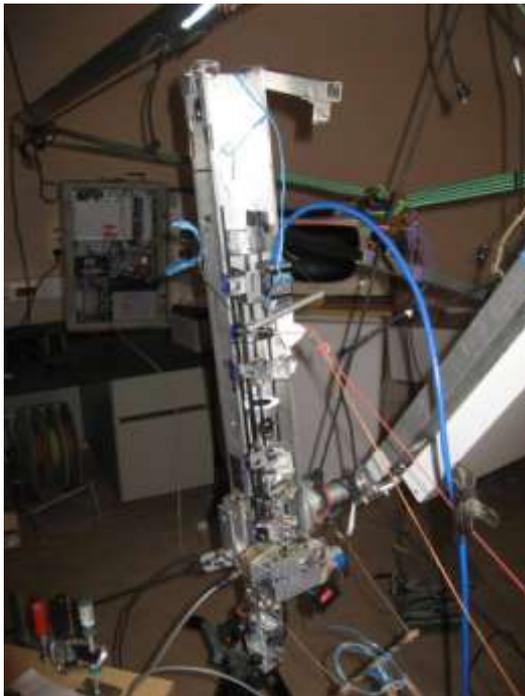
Dans le cadre du projet de village lunaire étudié par l'Agence Spatiale Européenne (ESA), une proposition ERC Synergy a été soumise à l'Europe par un groupe d'astronomes européens, dont D.Mourard et A.Labeyrie. Il décrit plusieurs concepts d'interféromètres et grands télescopes sur la Lune, ainsi que des concepts d'hypertélescope, dont l'un est basé sur l'architecture expérimentée à la Moutière.

Les nouveautés 2017

En plus de la mise en place des transmetteurs radio XBee dans chaque armoire pour pouvoir les allumer et les éteindre à distance, les modifications suivantes ont été apportées cette année

Au sol :

Installation d'un nouveau télémètre laser, monté sur le viseur de suivi nacelle, permettant d'acquérir les distances mesurées sur l'ordinateur de contrôle général. Auparavant, il fallait lire directement sur le télémètre les distances mesurées.



Sur la nacelle :
Deux caméras ont été installées dans le banc optique de la nacelle. Une caméra (caméra Mako), qui regarde le trou



d'entrée de la nacelle, doit permettre de faciliter l'acquisition des rayons réfléchis par les miroirs et d'améliorer le positionnement et l'orientation de la nacelle. Une caméra science (Basler) est alimentée par l'oculaire frangeur développé par le laboratoire LOMA de l'université de Bordeaux. Elle permet de modifier les chemins optiques et de réaliser ainsi un phasage précis des deux rayons réfléchis par les deux miroirs au sol pour former des franges d'interférence.

Un laser vert, installé sur la nacelle et aligné avec son axe, permet d'illuminer le sol sous la forme de deux faisceaux représentant les faisceaux stellaires. Il permet de vérifier

l'attitude de la nacelle.

Un ravitailleur de batteries, qui permet de descendre au sol les batteries déchargées pour les remplacer par des batteries à pleine charge tout en laissant la nacelle à 100m de hauteur, a été accolé à la nacelle. Ce système a été développé pour satisfaire les nouveaux besoins en énergie de la nacelle, qui ne pouvaient plus l'être avec la batterie et le petit panneau solaire embarqués précédemment.



De même, le boîtier de contrôle/commande a été

considérablement agrandi pour pouvoir accueillir tous les éléments nécessaires au fonctionnement des nouveaux systèmes embarqués et à leur contrôle/commande.

La transmission des instructions et des images des caméras est assurée par deux nouvelles antennes WiFi, l'une sur la nacelle et l'autre au sol. La mise en marche et à l'arrêt du boîtier nacelle est effectuée, comme en 2015, par un XBee installé dans ledit boîtier.

Les trois moteurs Sud ont été raccordés au logiciel central grâce à une nouvelle électronique. Les liaisons WiFi de l'ensemble du site (Est-Ouest-Canaveral-Obelix) ont été revues et cela a permis de piloter l'ensemble des éléments de l'expérience depuis le point Canaveral sans présence nécessaire à Obelix.



Pour atténuer la déformation thermique des tripodes porteurs des miroirs, lesquels tendent à s'abaisser légèrement le soir, nous avons isolé leurs pattes. A terme, il est envisagé de leur incorporer des tiges en carbone, à

dilatation faible ou nulle, et/ou d'introduire un terme correctif, fonction de la température, dans le pilotage des vis micrométriques qui porteront les miroirs.

L'optique adaptative, également prévue à terme pour affiner la mise en phase de l'onde lumineuse en corrigeant ses déformations rapides causées par l'atmosphère, nécessitera un senseur d'onde "à speckles dispersés", puis éventuellement une "étoile guide laser" pour observer des sources faiblement lumineuses.