



**HAL**  
open science

## **WEAVE: tisser des fibres optiques pour explorer le cosmos**

Piercarlo Bonifacio, Shan Mignot, Elisabetta Caffau, Gavin Dalton,  
Esperanza Carrasco

► **To cite this version:**

Piercarlo Bonifacio, Shan Mignot, Elisabetta Caffau, Gavin Dalton, Esperanza Carrasco. WEAVE: tisser des fibres optiques pour explorer le cosmos. 2021. obspm-03363256

**HAL Id: obspm-03363256**

**<https://hal-obspm.ccsd.cnrs.fr/obspm-03363256>**

Submitted on 3 Oct 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **WEAVE: tisser des fibres optiques pour explorer le cosmos**

**P. Bonifacio** GEPI, Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS

**S. Mignot** GEPI, Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS

**E. Caffau** GEPI, Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS

**G. Dalton** University of Oxford

**E. Carrasco** Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Au sommet du Roque de Los Muchachos sur l'île de La Palma aux Canaries, le télescope William Herschel vient d'accueillir son nouveau spectrographe multi-objet. Celui-ci va permettre d'analyser simultanément la lumière d'environ 1000 objets cosmiques répartis à différents endroits du ciel. WEAVE a été conçu pour adresser huit objectifs scientifiques, qui vont chacun demander un ensemble d'observations, qu'on appelle un «relevé». Un des objectifs est d'étudier les «quasi-stellar objects», des noyaux de galaxies qui abritent un trou noir et sont de puissantes sources de rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement peut être observé à très grande distance et ces objets sont utilisés pour sonder la structure de l'univers à grande échelle, les propriétés des galaxies et du milieu intergalactique dans les premiers trois milliards d'années à partir du Big Bang.

Un autre objectif est d'étudier des objets très proches comme les naines blanches, des étoiles extrêmement denses. Avec les spectres WEAVE nous déterminerons les masses et les températures efficaces de plus de 100 000 naines blanches. Ceci permettra la détermination de leur âge par la loi de refroidissement des naines blanches.

Enfin, le relevé «Archéologie Galactique» occupera la majeure partie du temps d'observation de WEAVE: les spectres des étoiles observés nous permettront de mieux comprendre la structure de la Galaxie, sa formation et son évolution au cours de sa longue histoire de 13,5 milliards d'années.

## **La spectroscopie, ou comment décomposer la lumière des étoiles nous en apprend plus sur le cosmos**

À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, des astronomes tels que Jules Janssen (1824-1907) et Angelo Secchi (1818-1878) ont commencé à étudier systématiquement la lumière du Soleil, des planètes et des étoiles. Ils ont dispersé la lumière provenant de ces astres grâce à des «prismes», et en analysant les différentes couleurs obtenues, ont étudié les propriétés physiques d'astres distants de millions de kilomètres de la Terre.

La spectroscopie a marqué la naissance de l'astrophysique. Depuis, c'est notre outil principal pour étudier le cosmos car on peut, à partir du spectre d'un objet cosmique, déterminer sa vitesse radiale (s'il s'approche ou s'éloigne de nous), sa composition chimique et son état physique (température, densité, pression électronique, etc).

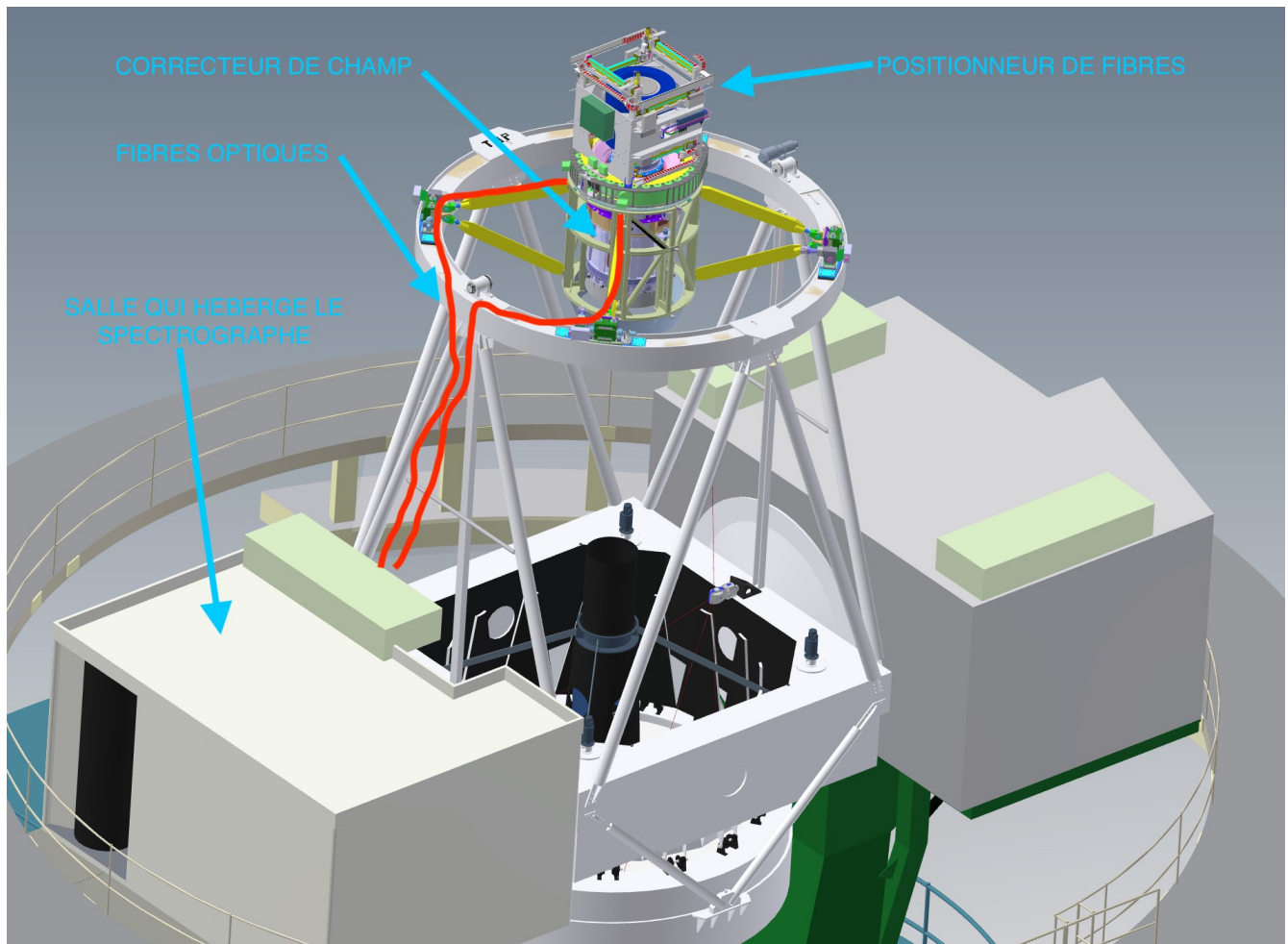
## **Analyser plusieurs astres simultanément**

Au cours des trente dernières années sont apparus les spectrographes multi-objets, capables d'étudier simultanément les propriétés individuelles de plusieurs objets. Ces spectrographes permettent de sélectionner différents objets dans le champ de vue du télescope et en envoyer la lumière dans l'analyseur pour produire des spectres séparés.

Ils sont particulièrement importants pour les études qui nécessitent de très nombreuses mesures, par exemple l'étude de notre Galaxie, celle des amas de galaxies ou des [oscillations de la matière baryonique](#). Ces dernières sont des fluctuations de densité de matière (protons et neutrons) qui étaient déjà présentes dans l'univers primordial, juste après le Big Bang. Les galaxies notamment se sont formés à partir de ces inhomogénéités et la mesure est complémentaire de l'étude des anisotropies du [fond diffus cosmologique](#), dont l'observation occasionna notamment le Prix Nobel de physique 2006.

Il y a une douzaine d'années, la communauté astronomique européenne [a identifié comme besoin prioritaire](#) un instrument à grand champ de vue (un à trois degrés de diamètre, soit plusieurs fois la taille de la pleine lune) capable d'acquérir les spectres de plusieurs milliers d'objets simultanément sur un télescope de l'ordre de 4 mètres de diamètre. En effet, un tel instrument permet d'aborder plusieurs domaines de recherche en astrophysique, notamment la structure et l'évolution de la Voie lactée, la structure et l'évolution des amas de galaxies, la structure à grande échelle de l'univers et la cosmologie.

WEAVE, pour «*WHT Enhanced Area Velocity Explorer*» est né. Il est le produit d'une collaboration internationale à laquelle participent les pays propriétaires du télescope (Royaume-Uni, Pays Bas, Espagne), mais aussi la France, l'Italie et le Mexique, ainsi que plusieurs organismes et chercheurs.



*Schéma de WEAVE et son implantation sur le télescope William Herschel. WEAVE consortium*

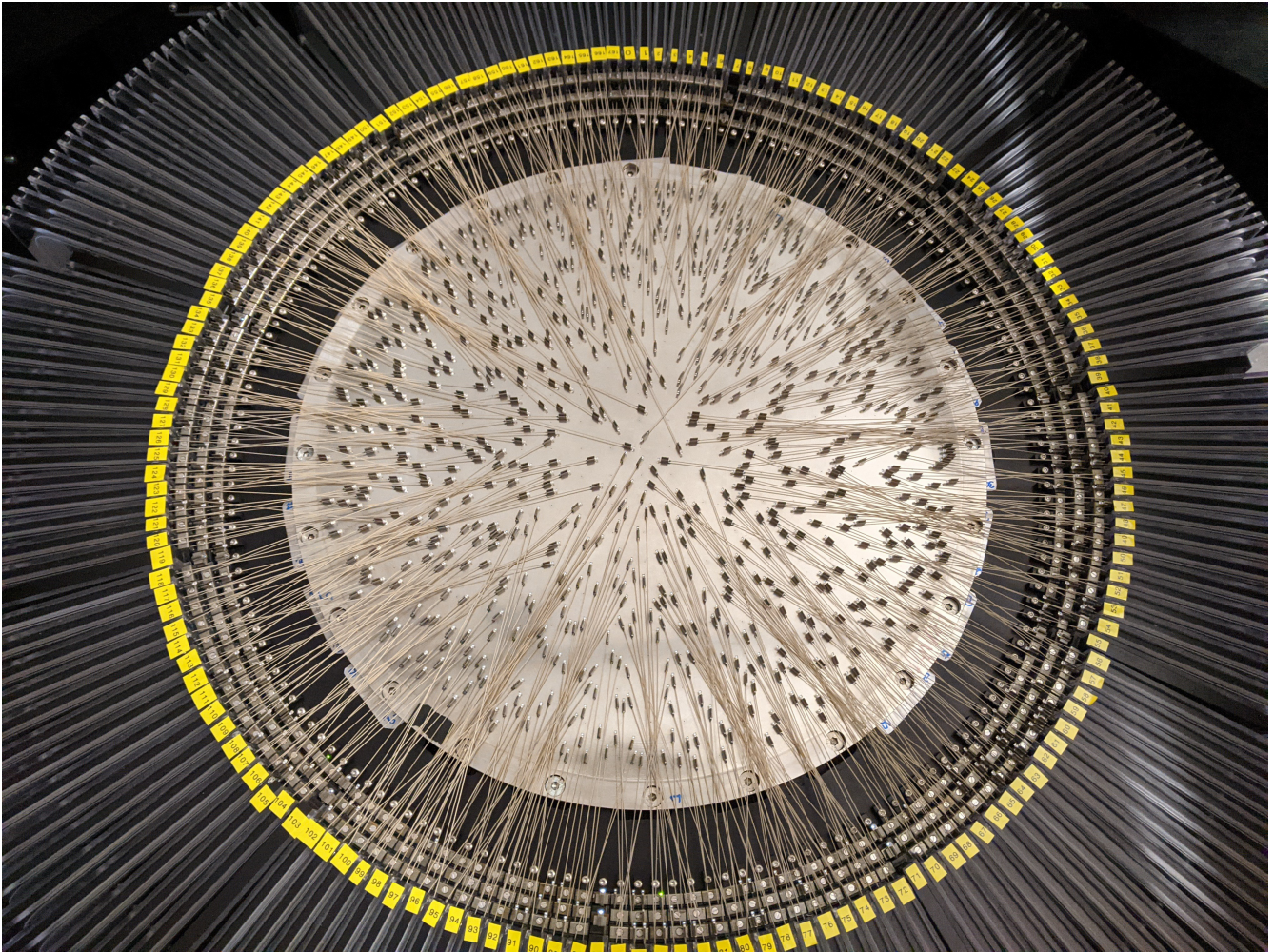
## **Une des plus grandes lentilles jamais fabriquées**

D'un point de vue technologique, WEAVE a été un défi à la limite des technologies actuelles. Notamment, il nécessite un système optique composé de six lentilles - la plus grande desquelles a un diamètre de 1,1 mètre, soit une des plus grandes lentilles jamais fabriquées.

*Video : [La danse des robots-positionneurs](#)*

Nous avons aussi conçu et développé deux «robots positionneurs» qui déplacent jusqu'à 960 fibres optiques vers les positions nécessaires sur le plan focal du télescope pour analyser les astres. Les robots tissent ainsi («*to weave*», en anglais) un véritable entrelacs de fibres, qu'il est prévu de faire et défaire des milliers de fois, dans une danse qui ne manque pas de charme.





*Figure 2: Un champ WEAVE entièrement configuré, avec 700 des 950 fibres environ placées par deux robots (hors du cadre), sur place dans le télescope William Herschel. WEAVE consortium, Fourni par l'auteur*

Les fibres optiques acheminent ensuite la lumière sur 32 mètres, le long de la structure du télescope, jusqu'au spectrographe. WEAVE dispose de plusieurs types de connections par fibres optique, qui lui permettent d'imager différemment pour étudier différents types d'objets. Par exemple, on peut utiliser 960 fibres individuelles destinées chacune à recueillir la lumière d'un objet ponctuel. Autre option: un assemblage de plus de cinq cent fibres couvrant un large champ de vision pour l'observation d'objets étendus de grande taille. Enfin, avec 20 assemblages de 37 fibres, on peut étudier plusieurs objets étendus, comme des galaxies, et en étudier les propriétés, tel que leur courbe de rotation, leur composition chimique et les différences de composition chimique... dans les différentes parties de la galaxie.

### **Une collaboration internationale aux compétences multiples**

Nous avons eu recours à un large réseau de compétences pour la fabrication des pièces et leur assemblage. Par exemple, le collimateur et les quatorze lentilles sphériques des caméras ont été polies



au Mexique après que les disques de verre, aient été fabriqués en Europe, Japon et aux États-Unis. Ces composants conçus et réalisés spécifiquement pour WEAVE ont ensuite été envoyés aux Pays Bas où a eu lieu l'intégration des éléments optiques et mécaniques du spectrographe. L'assemblage des liens par fibres optiques s'est appuyé sur les contributions de trois industriels différents en France, au Canada et aux États-Unis. Les liens fibrés ont enfin été testés à l'Observatoire de Paris, avant d'être envoyés à Oxford pour être intégrés au positionneur.



*Figure 3: La galaxie spirale Messier 74 observée avec une caméra de test pour vérifier la qualité optique du correcteur de champ. Une fois en opération WEAVE ne prendra pas d'images, mais seulement des spectres. Darío González Picos, Lara Monteagudo, Chris Benn and Ovidiu Vaduvescu (Isaac Newton Group of Telescopes, Roque de Los Muchachos Observatory, La Palma, Spain)*

les composantes de WEAVE sont maintenant arrivées sur le site du télescope William Herschel. Le système optique a été testé sur le télescope et a démontré une excellente qualité d'image. Encore en cours d'intégration, WEAVE devrait faire ses premières observations - des spectres et non des images - en décembre 2021.