



## Inauguration du premier grand télescope de CTA

Mercredi 10 octobre 2018, à La Palma, îles Canaries (Espagne), plus de 200 invités du monde entier se sont rassemblés pour célébrer l'inauguration du premier prototype de télescope de grande taille (LST) de CTA (Cherenkov Telescope Array, <https://www.cta-observatory.org/>). CTA est le projet d'avenir du premier observatoire pour l'astronomie gamma de très haute énergie. Le télescope inauguré, nommé LST-1, devrait devenir le premier des quatre LST qui seront construits sur le site nord de l'observatoire CTA, situé dans la municipalité de Villa de Garafia sur l'île de La Palma. Le plan du site comprend également 15 télescopes de taille moyenne (MST).

CTA est un réseau de plus de 100 télescopes au sol, répartis en deux observatoires sur le globe, le premier situé dans l'hémisphère nord, à La Palma dans les Îles Canaries (Espagne) et le second dans l'hémisphère sud, situé dans le désert d'Atacama au Chili. CTA est un effort mondial avec plus de 1400 scientifiques et ingénieurs, environ 200 instituts et 31 pays impliqués aussi bien dans la conception que dans la construction du réseau. Du côté français, des équipes de recherche du CNRS (IN2P3, INSU) et du CEA sont engagées dans la construction de CTA.

L'équipe LST comprend plus de 200 scientifiques de dix pays: Brésil, Croatie, Espagne, France, Allemagne, Inde, Italie, Japon, Pologne, Espagne et Suède. Dans cet effort véritablement international, le leadership en matière de conception et de gestion a été partagé entre le LAPP (UMR CNRS-IN2P3 et Université Savoie Mont Blanc) d'Annecy en France, l'Institut Max Planck de physique de Munich, en Allemagne, l'INFN en Italie, l'ICRR et l'Université de Tokyo, au Japon, l'IFAE de Barcelone et le CIEMAT de Madrid, en Espagne. Du côté Français, le laboratoire CPPM de Marseille participe aussi au projet LST.

Le LST est un instrument fondamental pour les observations de phénomènes cosmiques transitoires aux énergies extrêmes, notamment ceux qui donnent lieu à l'émission d'ondes gravitationnelles et qui sont étudiés par la combinaison des diverses observations conduites dans plusieurs longueurs d'ondes et/ou avec plusieurs messagers (photons, ondes gravitationnelles, neutrinos). Ce télescope doit aussi pouvoir répondre rapidement aux alertes données par les autres instruments pour l'observation des événements astrophysiques rares, par exemple les éruptions de sursauts gamma ou de noyaux actifs de galaxies. Équipés d'un miroir parabolique de 23 m de diamètre et avec une distance focale de 28 m, les télescopes LST (Large-Sized Telescope) sont les plus grands instruments du réseau CTA et les équipes ont dû faire face à plusieurs défis majeurs pour satisfaire ces besoins. En particulier les télescopes doivent être tout à la fois suffisamment légers (50 tonnes) tout en restant rigides pour pouvoir être repositionnés rapidement (moins de 20 secondes pour une rotation de 180°, soit une vitesse de la caméra de 5 m/s) mais aussi avoir une grande stabilité mécanique pour pouvoir garantir une très bonne résolution angulaire. Pour rendre possible cette construction, il a été primordial de concevoir et de réaliser des solutions combinant des technologies diverses et cohérentes dans les domaines de la mécanique, de l'instrumentation mécatronique pour l'asservissement et le contrôle de précision des télescopes, de l'électronique pour la supervision de photo-détecteurs et finalement de l'informatique pour l'optimisation des communications entre l'environnement logiciel, les automates programmables et les autres dispositifs embarqués. L'infrastructure et les systèmes d'enregistrement de l'énorme flot de données brutes générées par la caméra du télescope ont également été un défi puisque la quantité de données équivaut au contenu d'un DVD (5 giga-octets) collecté chaque seconde durant toute une nuit d'observation.

Les équipes CTA du LAPP et du CPPM jouent un rôle clef dans ce contexte de collaboration internationale car elles assument la responsabilité de la conception et la réalisation de différents éléments essentiels du LST :

### **Les structures mécaniques hautes du télescope (le *Camera Support Structure - CSS*) : « l'arche des télescopes LST » et l'interface mécanique avec le foyer de la caméra**

Le LAPP s'est distingué avec des propositions importantes de Recherche et Développement d'éléments mécaniques en matériaux composites et des solutions mécatroniques pour l'asservissement et le contrôle des télescopes LST. La structure parabolique de l'arche, réalisée entièrement en fibres de carbone, est composée de plusieurs segments tubulaires reliés. Ce design résulte de calculs numériques garantissant le respect des spécifications et de la résistance des matériaux. Parmi les paramètres particulièrement critiques on peut distinguer le respect des tolérances géométriques lors de la phase de moulage des pièces, ainsi que les techniques et procédures d'assemblage. La validation et la certification des prototypes, financées par la Commission Européenne, ont fait l'objet d'un contrat avec des partenaires industriels Français (Rivoyre Ingenierie et LORIMA). Ce projet est arrivé à son terme en 2018 avec la fin de la construction de LST-1 et son déploiement à La Palma aux Iles Canaries sur le site de l'observatoire *del Roque de los Muchachos*, à 2400 m d'altitude.

### **Le système mécatronique de pilotage « *drive system* » et de contrôle du réseau de télescopes**

L'équipe du LAPP, reconnue au sein de l'IN2P3 pour son expertise en mécatronique, a également la responsabilité du projet « *drive system* » qui contrôle et commande les quatre télescopes LST qui équiperont chaque site de CTA. Ce système prévoit l'asservissement et la synchronisation automatique des axes de plusieurs moteurs de chaque LST, la sécurisation de leurs mouvements, la réinjection d'énergie sur le réseau électrique lorsqu'un moteur devient générateur de courant et l'optimisation des trajectoires des télescopes pour minimiser la puissance motrice et le temps de déplacement. Les 4 télescopes LST de chaque site sont à intégrer au sein d'une architecture de grande envergure dans laquelle devront cohabiter tous les télescopes, mais aussi les autres systèmes auxiliaires. L'équipe du LAPP a établi l'architecture globale de contrôle et développé l'instrumentation d'automates pour le contrôle des LST. Elle a également développé le contrôle informatique pour l'homogénéisation des accès aux matériels et aux instruments et pour la standardisation et la hiérarchisation des informations.

### **Le système de surveillance de l'électronique et des détecteurs de la caméra**

LST-1 est équipé d'une caméra qui pèse deux tonnes et contient des photo-détecteurs utilisés pour convertir la lumière en signaux électriques. Les ingénieurs du LAPP ont réalisé le système électronique et informatique du contrôleur de sécurité de cette caméra, dont les missions sont d'assurer localement la surveillance des paramètres environnementaux (température, consommation, états des éléments mobiles, etc) et de contrôler les systèmes auxiliaires tels que les composants électromécaniques, le refroidissement, la distribution de puissance, ou le système de calibration. En cas de situation anormale détectée, le contrôleur prend les décisions nécessaires pour mettre en sécurité le matériel et les opérateurs. Le contrôleur communique avec le contrôleur de caméra de haut niveau via le standard OPCUA proposé par le LAPP et adopté par la collaboration internationale CTA pour tous les télescopes. Le système de sécurité du LAPP intègre la caméra de LST-1 ainsi que les caméras NectarCAM des télescopes de moyenne taille MST, le projet majeur de la collaboration CTA-France.

### **L'acquisition des données**

Le LST-1 est équipé d'une caméra comportant 1855 pixels regroupés par groupes de 7, appelés modules. Les 265 modules transmettent les signaux enregistrés des photo-détecteurs par Ethernet, concentrés au moyen de 8 switches dans la caméra. Ils sont envoyés via 4 liens de 10 Gb/s au *Camera Server* localisé dans le centre informatique central du site et hébergeant le logiciel de collecte et

d'assemblage des événements (event-builder). Le CPPM a réalisé le logiciel event-builder, qui effectue également des tâches de correction et de calibration au premier niveau de l'acquisition de données. Le système d'acquisition de données du CPPM traitera également les données des caméras NectarCAM des télescopes de moyenne taille MST, actuellement en construction dans d'autres laboratoires français. De plus, l'un des défis de CTA est la construction et la maintenance des télescopes à un coût maîtrisé, en sachant que sa durée d'opération est estimée aujourd'hui à trente ans. Les ingénieurs du CPPM ont donc conçu un système d'acquisition entièrement basé sur des éléments sur étagère et compatibles avec les technologies Ethernet, assurant ainsi un degré élevé de compatibilité avec les technologies futures.

Les équipes techniques des deux laboratoires français sont composées de techniciens et ingénieurs qui appartiennent à plusieurs domaines techniques (la mécanique, l'informatique, la mécatronique et l'électronique) et coopèrent avec des chercheurs et les collègues d'autres instituts nationaux et internationaux. Tous ensemble, ils ont fait de la complémentarité et de l'émulation réciproque les clés de leur réussite et la fierté de nos unités et du CNRS plus largement. Ils ont relevé des défis techniques majeurs pour une recherche d'excellence et ils ont été capables d'appliquer des méthodes de travail basées sur des cycles de développement et d'opération itératifs, incrémentaux et adaptatifs, tant au sein de l'équipe multidisciplinaire du LAPP, que plus largement en coopération avec le CPPM et leurs collaborateurs internationaux.

#### **Contact chercheurs**

Armand FIASSON <[fiasson@lapp.in2p3.fr](mailto:fiasson@lapp.in2p3.fr)>

Jean-Pierre LEES <[lees@lapp.in2p3.fr](mailto:lees@lapp.in2p3.fr)>

#### **Pour en savoir plus**

[https://www.cta-observatory.org/lst-1\\_inauguration/](https://www.cta-observatory.org/lst-1_inauguration/)

<https://www.cta-observatory.org/>

<http://www.cta-observatory.org/science/library/>