

# CTA : L'observation du cosmos aux énergies extrêmes

CTA, ("Cherenkov Telescope Array") est le projet européen de grand réseau de télescopes Cherenkov de nouvelle génération en astronomie gamma des très hautes énergies. Son développement s'inscrit dans la suite logique du succès des expériences européennes HESS et MAGIC, qui ont élargi le domaine d'investigation du cosmos aux énergies extrêmes, avec la détection d'une centaine de sources et de nombreux nouveaux types de sources cosmiques au TeV (restes de supernovae, nébuleuses de vents de pulsars, systèmes binaires, amas d'étoiles, milieu interstellaire diffus, centre galactique, blazars, radiogalaxies et sources cosmiques détectées uniquement au TeV).

## Introduction

La génération actuelle des télescopes Cherenkov tels que HESS, vient d'ouvrir le domaine de l'astronomie gamma au sol à la gamme d'énergie au-dessus de quelques dizaines de GeV. Le projet suivant, CTA, permettra quant à lui d'explorer en profondeur notre Univers en rayons gamma de très hautes énergies et d'étudier pleinement les processus cosmiques non-thermiques en jeu.

### Points forts

- Simulation Monte Carlo sur grille de calcul.
- Réalisation des calculs de dimensionnement des structures mécaniques des télescopes.

Les résultats de cette nouvelle astronomie gamma sont impressionnants et ont valu l'attribution du prix européen Descartes à HESS en 2006. Ils ne donnent cependant qu'un aperçu limité de notre cosmos aux très hautes énergies, avec un échantillon atteignant peu à peu la centaine de sources. L'observatoire CTA consistera en un réseau de télescopes Cherenkov, observant les brefs et faibles flashes de lumière Cherenkov émis par les gerbes de particules secondaires provoquées par l'entrée de photons de très haute énergie dans la haute atmosphère. CTA doit

augmenter la sensibilité des détecteurs actuels d'un ordre de grandeur, améliorer les capacités en résolution angulaire et étendre le domaine spectral d'environ 10 GeV jusqu'au-delà de 100 TeV (Figure 2). Deux sites sont prévus pour garantir l'accès à l'ensemble du ciel. Le principal sera dans l'hémisphère austral étant donné la multitude de sources dans les régions centrales de notre galaxie et la richesse de leur morphologie. Un site complémentaire dans l'hémisphère nord, optimisé pour les « basses » énergies (10 GeV – 1 TeV), sera principalement dédié à l'étude des NAG (noyaux actifs de galaxies) de l'espace extragalactique et des aspects cosmologiques. CTA offre une des rares possibilités d'obtenir des signatures de la nature de la matière noire par la détection de signaux spectraux d'annihilation de particules de matière noire, ainsi que par la recherche de possibles constituants mineurs de cette matière (trous noirs primordiaux, reliques cosmiques). Il contribuera à élaborer la vision globale de la matière noire attendue par la communauté pour la prochaine



Figure 1 : Vue artistique du réseau de télescopes de l'observatoire CTA.

décennie, et effectuera de nouvelles percées dans plusieurs domaines de l'astrophysique tels que l'environnement des objets compacts, la physique des trous noirs, des pulsars, des supernovae, les vents stellaires et le milieu interstellaire, les systèmes binaires et les amas stellaires, l'évolution des galaxies. Outil irremplaçable pour l'exploration des accélérateurs cosmiques, CTA devrait permettre une avancée significative dans notre compréhension de l'origine des rayons cosmiques galactiques et extragalactiques.

Le projet CTA assure à la fois un retour scientifique garanti ainsi qu'un fort potentiel de découvertes et de percées décisives sur des questions de physique fondamentale. Outre la physique des particules, l'astronomie et la cosmologie, il a des implications directes en physique des plasmas et en physique nucléaire, et des liens avec les géosciences (physique de l'atmosphère, monitoring des aérosols, et étude des sites), les simulations numériques et le traitement statistique.

### La collaboration

CTA est un consortium international avec 34 instituts dont le CNRS (7 laboratoires CNRS), le CEA (1 laboratoire) et l'Observatoire de Paris (1 laboratoire CNRS), impliquant 14 pays (Allemagne, France, Espagne, Italie, Royaume-Uni, Irlande, Finlande, Suisse, Pologne, République tchèque, Arménie, Pays-Bas, Afrique du Sud, Etats-Unis).

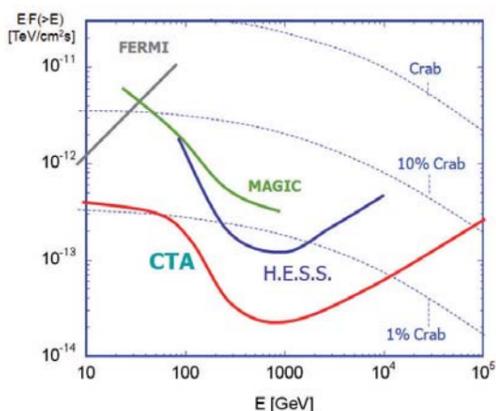


Figure 2 : Sensibilité et domaine spectral globalement visés pour le projet CTA, comparés aux expériences en cours de fonctionnement HESS et MAGIC, et au satellite FERMI (GLAST).

## Activités de recherche du groupe du LAPP

Les équipes françaises impliquées dans HESS ont pleinement contribué au lancement du projet CTA. S'appuyant sur l'expertise précédemment acquise avec HESS, la responsabilité française pour l'étude de la conception concerne prioritairement les simulations et l'optimisation du réseau, la conception de caméras à électronique rapide et la réalisation des prototypes, ainsi que le développement des méthodes de calcul nécessaires à l'analyse.

### Projets techniques

En 2008, pendant la première année du projet "CTA-Design Study", l'équipe du LAPP a participé au lancement du projet CTA. Elle est déjà très engagée et peut prétendre à assurer des responsabilités essentielles au sein du consortium international à l'issue de l'étude de conception et en particulier pour les travaux d'analyse et de simulations et pour la construction des télescopes. La réalisation du système de débarquement automatique de la camera HESS II et les études en mécanique, entièrement assurée par l'équipe HESS du LAPP, ont ainsi permis d'acquérir une expertise internationalement reconnue dans ce domaine. Cela positionne l'équipe CTA du LAPP en première ligne dans les études de mécanique pour la structure des télescopes :

- Réalisation des calculs de dimensionnement statique et dynamique des structures mécaniques des futurs télescopes en association avec le LadHyX, Laboratoire d'Hydrodynamique de l'Ecole Polytechnique, unité du CNRS qui devra réaliser une expertise technique sur les futurs calculs concernant CTA.
- Les simulations et l'optimisation du réseau ainsi que le développement des méthodes de calcul nécessaires à l'analyse physique.
- Etude R&D de futurs photo-détecteurs et leur électronique de lecture associée.

### Analyse de physique et résultats

Les sujets scientifiques prioritaires dans lesquels l'équipe LAPP s'investit au niveau d'une étude préliminaire de simulations Monte Carlo et ensuite dans l'analyse de données sont :

- L'étude morphologique et spectrale de sources astrophysiques génératrices du rayonnement cosmique galactique de haute énergie.
- La recherche de signature de matière noire.

### Plan pour 2010-2014

La majorité des membres de l'équipe du LAPP aussi bien que des participants au Consortium CTA-France, est également engagée sur HESS II, qui de fait s'insère parfaitement dans l'étude de conception de CTA pour la partie à basse énergie.

Après la fin de travaux pour la mise en opération de HESS2 (fin 2009) l'équipe du LAPP entend dédier les mêmes ressources humaines déjà investies dans le projet HESS II dans la réalisation du projet CTA. Le soutien financier à impliquer sera garanti par le CNRS. Les études préliminaires

sur le concept du réseau et des différentes composantes sont évaluées à 5 M€. Avec la réalisation des prototypes, le montant total approche 10 M€ entre 2008 et 2011, hors salaires des permanents. La participation française peut s'évaluer typiquement à 25 % de l'effort total du consortium. Les travaux de "design studies" ont démarré au sein du consortium international. Les tâches à effectuer ont été structurées en WorkPackages (WP).

C'est le LAPP qui assure la co-responsabilité du WP « simulations » (MC) avec G. Lamanna pour les calculs sur grille et les études de simulation Monte Carlo.

La phase de début de construction prévue pour CTA est 2010 qui correspond ainsi au moment où les équipes techniques auront terminé la construction de HESS II. Le timing garantit aussi un recouvrement avec la période de fonctionnement du satellite GLAST.

### L'équipe du LAPP

*Physiciens* : G. Lamanna, R. Kossakowski, S. Rosier-Lees, J.-P. Vialle

*Equipe technique* : C. Barbier, L. Brunetti, G. Deléglise, S. Elles, N. Fouque, N. Geffroy, R. Hermel, T. Leflour, B. Lieunard, V. Riva