

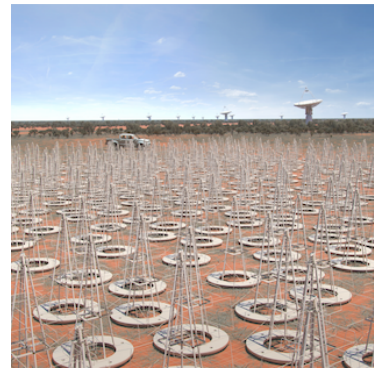
Le Square Kilometre Array (SKA)

Introduction

Le radiotélescope SKA, dont la surface collectrice doit atteindre 1 km², sera l'une des plus ambitieuses machines de physique de ce siècle, capable de s'attaquer à plusieurs questions très fondamentales, tant en physique qu'en astrophysique. Déjà dans sa phase initiale (SKA1), il représentera un saut qualitatif immense par rapport aux instruments existants, et permettra des avancées décisives dans toutes les thématiques de l'astrophysique et de la physique modernes, comme la cosmologie, l'origine des champs magnétiques cosmiques, le milieu interstellaire, la formation des étoiles aux différentes époques de l'univers, les ondes gravitationnelles, ...

La première phase du projet, dite SKA1 et dont le début de la construction est prévu pour 2019, comprendra 2 instruments qui représenteront déjà 10% des capacités finales de SKA :

- L'un - SKA1-LOW - couvrant les plus basses fréquences (50 à 350MHz) et comprenant 130 000 doubles dipôles, sera construit dans le désert de Murchison de l'ouest australien ;
- L'autre - SKA1-MID - couvrant les fréquences radio intermédiaires (de 350 à 15 000 MHz) à l'aide de 200 antennes paraboliques orientables, sera construit dans le désert du Karoo en Afrique du Sud.



SKA doit faire face à des défis majeurs, comme : la distribution d'énergie électrique ininterrompue sous fortes contraintes en milieu désertique ; l'économie, fiabilité et maintenance des composantes hardware (antennes, récepteurs, calculateurs, transmission) ; le contrôle temps réel d'une infrastructure grande échelle complexe ; la gestion de flux de données importants ; les problématiques complexes de traitement du signal interférométrique ; la mise à l'échelle dans la perspective de SKA complet à l'horizon 2030.

Plus de détails sur le défi informatique et sur le défi de consommation énergétique, pour lesquelles une approche transverse performance calcul/consommation énergétique est fortement envisageable, sont données dans le texte suivant.

SKA et le défi HPC et Big Data

Les deux télescopes de SKA1, à eux seuls, vont représenter une production de données gigantesque en regard des capacités actuelles (SKA générera à terme un trafic de données équivalent à celui de l'internet mondial d'aujourd'hui). Ils vont imposer une gestion de flux de données importants, avec, pour chacune des 2 composantes de SKA1 :

- Taux de données brutes : 10 Tb/s
- Traitement = 100 Pflop/s
- Archivage = 500 PB/an

Deux consortia internationaux sont en charge d'organiser le futur traitement de données de SKA : le Central Signal Processor (CSP) et le Science Data Processor (SDP). De façon très succincte, le premier est le cerveau central de SKA. Il est responsable de s'affranchir des interférences terrestres (RFIs) et de produire les visibilités interférométriques à travers la corrélation des signaux électriques reçus par les antennes de SKA. Les visibilités constituent les données observationnelles brutes transmises au consortium SDP, responsable à son tour des plateformes hardware, du software et des algorithmes nécessaires pour élaborer et distribuer à la communauté les produits scientifiques prêts pour l'analyse des astronomes (images multi-fréquences, catalogues de sources, ...).

Le taux de croissance de l'archive SKA est de l'ordre de 50 – 300 Pbytes/yr. Il gardera les produits standards (images multi-fréquences, catalogues,...), aussi bien que des produits qui seront demandés par la communauté pour des expériences spécifiques. L'idée est d'avoir un traitement plus poussé des données et l'analyse scientifique à travers des centres régionaux de données qui commencent à être organisés (en Europe, à travers le projet H2020 AENEAS). Ces centres ne seront pas seulement responsables de la distribution des données, mais aussi du développement de nouveaux softwares d'analyse et du support scientifique et technique.

Les retombées en matière de traitement de données et du signal dépassent largement le projet SKA et vont bien au delà des seules applications astrophysiques. SKA représente un « use case » particulièrement stimulant pour un très large sous-ensemble des sciences de données et des technologies de l'information haute performance à venir, incluant:

- le calcul intensif embarqué ;
- le transport, le stockage et la gestion de masses de données colossales ;
- le traitement massif et l'analyse statistique haut niveau du signal en co-conception globale, incluant les avancées des technologies de virtualisation ;
- le contrôle de systèmes particulièrement complexes, temps réel et hors temps réel ;
- le traitement et l'analyse multi-échelles de données sur un intervalle de fréquences très vaste, impliquant des géométries d'antennes et des traitements des signaux électriques variés ;
- les méthodes d'inférence probabiliste, incluant les avancées récentes des méthodes Bayésiennes pour des modèles physiques complexes et de très grande dimension, ainsi que les méthodes de « machine learning ».

SKA et le défi énergétique

Un observatoire radio à l'échelle de SKA1 utilisera une quantité importante d'énergie. On estime que les tarifs d'électricité représenteront plus de 25% du coût d'exploitation total des télescopes.

En Afrique du Sud, le site est déjà connecté au réseau national (construction réalisée pour alimenter le précurseur de SKA, MeerKAT), mais le réseau électrique existant restreint la puissance disponible sur le site et entraîne des pertes importantes (pertes : >1MW, âge de la ligne : >35ans). Des options pour augmenter l'approvisionnement en énergie sont à l'étude ; elles devront être compétitives avec les tarifs fournis par le fournisseur d'électricité Eskom (à partir de 2020).

En Australie, il n'y a pas d'infrastructure d'alimentation électrique existante et la réticulation du réseau énergétique jusqu'au site engendrerait des coûts trop importants. Par conséquent, une alimentation locale sera la solution la plus viable (par exemple : PV + solution de stockage + générateur diesel).

En résumé :

Les grands défis et les aspects à considérer :

- La durée de vie du projet est de 50 ans
- Financements recherchés : coûts opérationnels (pas de fonds disponibles pour l'achat d'équipement d'alimentation énergétique)
- L'opérateur doit gérer les permis et licences
- L'énergie solaire est une ressource abondante sur les sites
- La solution d'alimentation énergétique devra se trouver à proximité du site pour réduire les pertes
- Consommation élevée
 - 3 MW en Australie (consommation moyenne)
 - 5 MW en Afrique du Sud (consommation moyenne)
- La demande énergétique « moyenne » est importante mais la demande énergétique « pic » est relativement faible
- Sites isolés
- Impact environnemental
- Importante disponibilité (fonctionnement 24/7)
- Réduire les émissions (RFI quiet)
- Hautes températures sur les sites

Expertise commerciale requise :

- Solutions d'alimentation énergétique adaptées (de préférence renouvelables : centrales solaires...)
- Systèmes de stockage d'énergie
- Financement sur fonds propres des systèmes d'alimentation énergétique
- Exploitation et maintenance des systèmes d'alimentation énergétique