

Thème : Ondes et particules
Type de ressources : Documents (articles scientifiques)
Notions et contenus : Rayonnements dans l'Univers. Absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre.
Compétence travaillée ou évaluée : Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers. Connaître des sources de rayonnements radio, infrarouge et ultraviolet.
Nature de l'activité : Analyse de documents.
Résumé (en 5 lignes au plus) : De plus en plus de grands télescopes sont implantés au Chili, nous essaierons de comprendre, à travers l'étude de deux documents, pourquoi ce pays est si intéressant pour observer les rayonnements dans l'Univers.
Mots clefs : absorption, rayonnements, observation, radio, visible, infrarouge, atmosphère
Académie où a été produite la ressource : Strasbourg.

Le Chili, nouvel Eldorado des astronomes

Du visible aux ondes radio

Depuis la découverte du premier instrument d'observation astronomique vers 1610, de nombreux scientifiques ont développé des télescopes de plus en plus puissants et capables de suivre avec précision les mouvements des astres. De Kepler à Huygens en passant par Newton ou Cassegrain, ils ont développé des systèmes optiques pour améliorer la netteté et la qualité des images observées, mais toutes ces observations, aussi impressionnantes soient-elles n'étaient faites que dans un seul domaine du spectre électromagnétique, le spectre visible. Or celui-ci ne représente qu'une infime partie de l'ensemble du spectre de la lumière, et il a fallu attendre le début des années 1930 pour voir l'avènement de la radioastronomie.

L'observation dans le domaine visible présente un énorme avantage, l'atmosphère terrestre à cette fréquence d'observation est presque transparente, ce qui n'est pas toujours le cas dans les autres domaines de fréquence.

Les qualités d'un site exceptionnel



Pour savoir si un ciel présente un potentiel intéressant en terme de transparence atmosphérique, les astronomes définissent le « seeing » c'est à dire la résolution maximale que l'on puisse atteindre. Cette résolution dépend fortement des turbulences atmosphériques, c'est pourquoi il faut privilégier les sites d'observation où l'atmosphère est particulièrement stable. La différence de température entre le jour et la nuit doit être minimale.

Autre paramètre important : la pollution de l'air. Pour s'en affranchir les astronomes choisissent des sites en altitude, au-delà de 2000 m. L'altitude présente deux autres avantages importants, il y a peu de pollution lumineuse car la plupart du temps ce sont des régions peu habitées, de plus, le temps y est plus sec. La quantité de vapeur d'eau dans l'air pose problème, en particulier dans les domaines infrarouge et submillimétrique.

Ainsi, à très haute altitude, les nuits sont souvent sans nuage, ceux-ci étant plus bas, ils sont souvent arrêtés par les barrières montagneuses. Le parfait exemple est le Mauna Kea, situé sur l'île d'Hawaï, en plein milieu de l'océan pacifique. Cette montagne, dont la base se situe à 6000 m sous l'océan, s'élève à plus de 4200 m d'altitude. Beaucoup de nuages passent au-dessus de l'île, mais peu s'élèvent au-dessus des 4000 m, ainsi au sommet la plupart des

nuits sont claires et les conditions d'observations sont excellentes. C'est un des meilleurs sites d'observation au monde, en tout cas le plus important de l'hémisphère Nord.

Les régions désertiques sont aussi intéressantes car, là aussi, l'atmosphère est sèche et peu turbulente. Le meilleur site d'observation trouvé, à l'heure actuelle, se trouve au Chili, dans le désert de l'Atacama. Ce lieu est extrêmement sec, le pourcentage d'eau dans l'air est souvent inférieur à 10%, et la pluie est très rare. Une légende locale raconte que la dernière fois qu'il a plu dans ce désert c'était lors de l'arrivée des conquistadors, au XVIème siècle.

Les fenêtres d'observation

L'atmosphère terrestre possède ce que l'on appelle des fenêtres d'observation. A certaines fréquences, la lumière traverse l'atmosphère sans être absorbée ou réfléchi, on dit qu'elle est « transparente ». C'est le cas dans le domaine visible et le domaine des ondes radiométriques.

Le domaine visible est de loin le plus observé, il nous permet de voir de nombreux astres, comme les planètes, les comètes, les astéroïdes, les étoiles ou encore les nébuleuses, c'est souvent un plaisir visuel de voir une image astronomique de galaxie, d'amas stellaire ou de nébuleuse planétaire, d'où la grande popularité des images transmises par le V.L.T. (Very Large Telescope) situé au Chili ou par le télescope spatial Hubble.

Les ondes radio présentent, elles aussi, un grand intérêt scientifique, notamment pour les astrophysiciens qui étudient les galaxies. En effet, il existe une raie d'émission de l'atome d'Hydrogène à la longueur d'onde de 21 cm, cette raie permet de tracer le gaz atomique qui représente une part importante du gaz dans une galaxie. C'est aux Etats-Unis que l'on trouve le V.L.A. (Very Large Array) le plus grand réseau de télescopes capable d'observer cette raie, au Nouveau Mexique.

Les rayonnements énergétiques (γ , X, U.V.) sont absorbés par la haute atmosphère, notamment par la couche d'ozone, il est très difficile de les observer directement. L'observation des rayonnements infrarouge, submillimétrique et micrométrique est très sensible à la présence d'eau et de dioxyde de carbone. Ces deux gaz absorbent une grande partie de ces rayonnements. Enfin, dans le domaine des très basses fréquences, les rayonnements sont réfléchis par les électrons libérés par l'ionisation des gaz dans la haute atmosphère.

Le Chili est donc devenu en vingt ans une référence dans le domaine de l'observation astronomique puisque la plupart des grands télescopes de l'hémisphère Sud s'y trouvent. La grande majorité est européenne, et appartient à l'ESO (European Southern Observatory).

Questions

- 1) Pourquoi a-t-il fallu attendre le début des années 1930 pour que l'on fasse des observations dans un domaine autre que le visible ?
- 2) Quelles sont les conséquences des turbulences de l'atmosphère sur les observations ?
- 3) Quels sont les endroits sur Terre les plus défavorables pour l'observation astronomique ? Donner quelques exemples.
- 4) Proposer une expérience facilement réalisable montrant les inconvénients de la vapeur d'eau pour la détection de signaux.
- 5) Pourquoi est-il important d'avoir de grands télescopes dans les deux hémisphères et pas uniquement dans l'hémisphère Sud ?
- 6) Comment observe-t-on les rayonnements énergétiques émis par certains astres ?

ALMA, un observatoire astronomique hors norme

Un nouvel observatoire astronomique s'installe à 5000 m sur un haut-plateau du désert de l'Atacama au Chili. 66 paraboles géantes vont y être déployées pour scruter l'univers à travers ses molécules à partir de 2012.

400 ans après la lunette de Galilée, ALMA et ses 66 paraboles géantes vont s'installer une à une sur les terres du plateau de Chajnantor à 5000m d'altitude au nord du désert de l'Atacama au Chili (la première parabole arrivant à 5000m sur l'image ci-contre – crédit: ALMA). Une nouvelle révolution astronomique se prépare pour l'horizon 2012.

Un réseau d'antennes simulant la précision d'un télescope de 20 km de diamètre



ALMA (Atacama Large Millimetre Array) est un projet européen, nord-américain et japonais d'un coût total d'un milliard d'euros. C'est un effort industriel considérable pour la production des antennes, et un défi en R&D relevé par les laboratoires publics pour la fourniture des instruments de détection et de mesure.

Les 66 paraboles, d'un diamètre de 12m à 7m pour les plus petites, vont constituer un réseau d'antennes radio déployées sur une vingtaine de km.

Le réseau fonctionne en interférométrie, une technique qui permet d'obtenir une finesse de résolution semblable à un télescope de 20 km de diamètre. Le grand nombre de paraboles fournit enfin une sensibilité inégalée aux ondes "radio millimétriques".

Scruter l'univers en se branchant à la fréquence des molécules

Son objectif ? Etudier la formation des étoiles, rechercher les galaxies les plus lointaines dans le passé ou détecter une exoplanète. Pour cela, les détecteurs d'ALMA sont réglés aux fréquences des molécules de l'univers. En réglant le tuner des radio télescopes aux bonnes fréquences, les astronomes peuvent détecter du gaz moléculaire dans l'univers qui est le matériau de construction de base des étoiles et des galaxies. Sonder le gaz moléculaire revient à sonder les origines des astres.



Les molécules émettent ou absorbent de l'énergie en vibrant ou en tournant sur elle-mêmes à certaines fréquences de l'ordre de quelques dizaines de gigaHertz (GHz ou 1000 mégaHertz ou 1 milliard de Hertz) à quelques TeraHertz (1 trillion de Hertz) . A une molécule donnée correspond une série de fréquences bien connues en laboratoire ou déterminées par le calcul. Le monoxyde de carbone émet par exemple autour de 100 GHz (un téléphone portable émet à une fréquence autour de 1 GHz).

En observant des décalages en fréquence par rapport à celle calculée ou mesurée sur Terre en laboratoire, les astronomes déduisent également des informations sur la vitesse des objets observés. Ainsi, si du gaz tourne en orbite autour d'une étoile à 4000 km/h, sa fréquence se décalera. C'est l'effet doppler. L'expansion de l'univers produira également un effet similaire en décalant les hautes fréquences vers les basses fréquences.

La première parabole grimpe à 5000 m



La première parabole a été montée dans le centre ALMA à 3000m près de San Pedro de Atacama. Un énorme véhicule l'a ensuite transportée sur le site d'ALMA, 28 km plus loin et 2000 mètres plus haut. Chaque antenne pèse 100 tonnes. La première rotation du transporteur a été annoncée par l'ESO, le 23 septembre 2009.

Le site de Chajnantor à 5000 m présente de superbes caractéristiques pour mener des observations de qualité. Sa sécheresse et son humidité très faible permettent de capter des gammes d'énergie qui sont stoppées par la vapeur d'eau de notre atmosphère dans des climats tempérés. 5000m, c'est aussi deux fois moins d'oxygène qu'au niveau de la mer et un taux de saturation dans le sang qui décroche vite en dessous de 80-90%. Une belle aventure humaine qui devrait voir les premières lumières d'ALMA en 2011 puis le réseau complet en 2012.

Reste le choix étonnant du nom: ALMA ou âme en espagnol, sonne curieusement pour un projet scientifique. Un clin d'œil à Kepler ?

Vincent Minier, Astrophysicien au C.E.A. Saclay
Extrait du blog de l'express.fr du 29/09/2009

Questions

- 1) Quels sont les pays impliqués dans le projet ALMA ?
- 2) Quel est l'intérêt d'un interféromètre ?
- 3) Qu'est ce qu'une exoplanète ? Pourquoi ALMA est-il un outil intéressant dans le cadre de l'étude des exoplanètes ?
- 4) Bien que 1000 fois moins abondant que le dihydrogène, le monoxyde de carbone est observé pour étudier le gaz moléculaire dans les galaxies, pourquoi ?
- 5) Expliquer l'effet Doppler et indiquer quels renseignements il peut apporter aux astronomes sur l'Univers.
- 6) Pour quelles raisons les astronomes devront-ils piloter les observations d'ALMA depuis un autre site que celui de Chajnantor ?