

## CREAM, un ballon pour étudier le rayonnement cosmique

Le rayonnement cosmique, découvert en 1912 par Victor Hess et constitué de particules qui bombardent la Terre, reste l'objet de nombreuses recherches. Comme il interagit avec l'atmosphère, il faut, pour l'étudier, placer les détecteurs à très haute altitude le plus longtemps possible soit dans l'espace, soit au-dessus de l'atmosphère à l'aide d'un ballon.

L'Antarctique est un site privilégié pour réaliser ce type de mission, et ce pour plusieurs raisons. Pendant l'été austral, le vortex polaire, un cyclone de grande taille qui reste localisé au-dessus de l'Antarctique, se met en place pendant toute la saison. Ce courant dominant dans la

haute atmosphère permet de « contrôler » la trajectoire du ballon en orbite autour du pôle. En outre, l'ensoleillement constant en été permet d'alimenter les panneaux solaires du ballon et de maintenir le ballon à une altitude constante sur une longue durée, car les écarts de température sont faibles (42 jours pour le vol CREAM – *Cosmic Ray Energetics and Mass* – de 2005).

CREAM est un instrument visant à étudier la composition du rayonnement cosmique entre  $10^{12}$  et  $10^{15}$  électronvolts. On a ainsi mesuré la charge et l'énergie des particules. Pour estimer cette seconde caractéristique, CREAM comporte

un calorimètre formé d'un ensemble de plaques de tungstène. Les particules qui le traversent y interagissent et se désintègrent en une gerbe de plusieurs particules. Des fibres scintillantes, disposées entre les plaques de tungstène, permettent de détecter l'énergie déposée par une gerbe et, par conséquent, celle de la particule initiale. Pour mesurer la charge des particules, on utilise deux techniques complémentaires et indépendantes : la mesure de l'ionisation dans des plans de silicium et la production de lumière Cherenkov (onde lumineuse produite par une particule qui se déplace, dans un milieu donné, plus rapidement que la

lumière), détectée par un plan de photomultiplicateurs dans le détecteur nommé *CherCam*.

L'expérience CREAM a mis en évidence une abondance d'éléments de très haute énergie (au-dessus de 200 gigaélectronvolts par nucléon) plus importante que celle prévue par les modèles fondés sur des mécanismes standards de formation de ces rayons cosmiques et leur propagation. Ce résultat a été confirmé par d'autres expériences et a conduit à la mise au point de nouvelles expériences pour comprendre les mécanismes qui accélèrent ces particules.

**Laurent Derome**  
LPSC, Grenoble

### Des ballons pour explorer les planètes ?

En 1985, deux ballons pressurisés, apportés par les sondes spatiales *Vega*, ont voyagé dans l'atmosphère de Vénus pendant deux jours à 50 kilomètres de la surface. Tous les corps dotés d'une atmosphère (Mars, Titan, etc.) pourraient être explorés, sur de vastes régions, par des ballons, qui présentent l'avantage d'une grande mobilité par rapport à un véhicule au sol. Cependant, les conditions sont beaucoup plus hostiles que sur Terre avec, par exemple, des nuages d'acide sulfurique sur Vénus et des températures qui peuvent descendre à  $-170^{\circ}\text{C}$  sur Titan.

de la masse totale du ballon) à prévoir au départ pour un cycle de 24 heures. Il y a donc un compromis à faire entre la durée du vol et la masse à emporter.

Une façon de s'affranchir du cycle jour-nuit est d'effectuer des vols lors des nuits polaires qui durent plusieurs mois. Le ballon peut voler plusieurs semaines à une altitude constante. L'autonomie du ballon est alors limitée par les réserves d'énergie des batteries qui alimentent les instruments ou encore la perte, par diffusion, du gaz de l'enveloppe.

Une solution consisterait à utiliser des ballons dits pressurisés dont l'enveloppe est fermée. Ils volent pendant plusieurs mois, mais finissent malgré tout par perdre de l'hélium en raison de la porosité, même minime, de l'enveloppe. En outre, il est aujourd'hui inenvisageable de concevoir des ballons fermés aussi grands que les ballons ouverts. Les ballons pressurisés du CNES, dont le diamètre est compris entre 8 et 12 mètres, atteignent au maximum 20 kilomètres d'altitude pour une charge utile d'environ 50 kilogrammes (ce qui est insuffisant pour les appareils d'observation utilisés en astrophysique).

Enfin, les montgolfières dites infrarouges, développées par le CNES dans les années 1970, sont aussi capables de réaliser des vols de longue durée. Elles ont une enveloppe ouverte contenant un peu d'hélium pour décoller, qui est ensuite remplacé par de l'air. Elles fonctionnent à deux altitudes : 20 kilomètres la nuit et 30 le jour. La partie supérieure du ballon est

recouverte d'une couche d'aluminium, qui permet au rayonnement solaire de réchauffer l'air dans le ballon le jour. La nuit, la Terre émet un rayonnement infrarouge qui limite son refroidissement et maintient le ballon à son altitude de vol basse. Là encore, la charge ne peut actuellement pas excéder 60 kilogrammes.

### Retour sur Terre

L'équipe de pilotage désignera le site d'atterrissage le plus favorable en fonction de la trajectoire du ballon, des données météorologiques, de la configuration du sol et des conditions drastiques de sauvegarde. Les éléments de la chaîne de vol seront récupérés, et notamment la nacelle emportant l'instrument. Les équipes scientifiques commenceront alors à dépouiller les données.

Les ballons sont des véhicules efficaces pour effectuer des observations en astrophysique et en cosmologie : la conception ne prend que quelques années, la bonne maîtrise des opérations de lâcher et leur fiabilité pour des coûts réduits en sont quelques atouts. Le développement d'aérostats capables de voler plusieurs jours, voire quelques semaines, ou de transporter des instruments de plus en plus lourds, est un enjeu majeur pour les futures missions. L'amélioration des performances des ballons stratosphériques ouverts, mais aussi des ballons pressurisés et des montgolfières infrarouges, est à l'étude pour mieux répondre aux contraintes des expériences volant dans la stratosphère. ■