

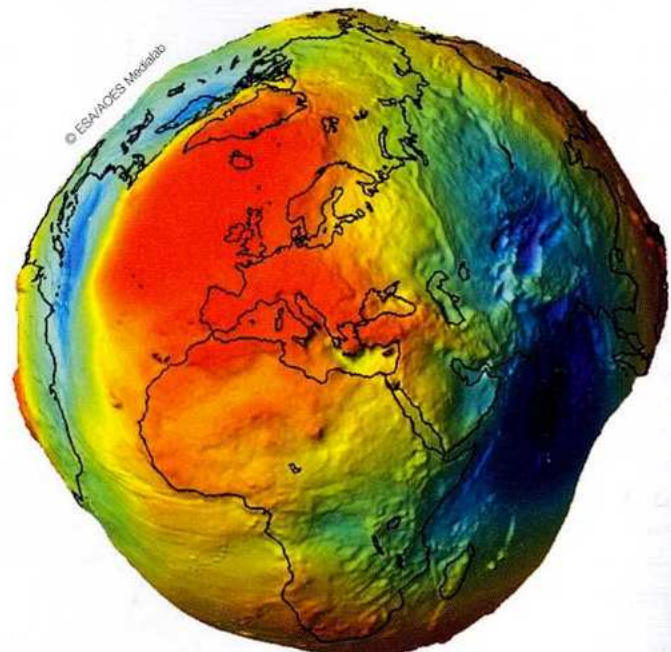


GOCE

Comment la "Ferrari des satellites" va apporter sa pierre au débat sur le réchauffement climatique en mesurant les variations du champ de pesanteur de notre planète.

Un satellite avec des ailes ? Presque ! évoluant à basse altitude (250 km), GOCE utilise sa forme inhabituelle, des panneaux solaires en forme d'ailes et deux petites "dérives", pour stabiliser sa course en s'appuyant sur le peu de résidu d'atmosphère.

Les satellites ressemblent généralement à des boîtes rectangulaires flanquées de larges panneaux solaires. Bien que circulant autour de notre planète à des vitesses particulièrement élevées (28.000 km/h pour l'orbite basse), on ne se soucie guère de leur profil aérodynamique en raison de la quasi absence d'atmosphère. Mais GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) va évoluer à seulement 250 km du "plancher des vaches", hauteur à laquelle le résidu d'atmosphère - bien que très faible - exerce un freinage loin d'être négligeable. Et étant donné la mission dévolue à ce satellite, l'aspect "aérodynamique" s'avère plus présent que la normale. Le design très inhabituel qui en découle (forme élancée) a vite fait de faire surnommer GOCE la "Ferrari des satellites", expression que



En exagérant à l'extrême les variations du champ de pesanteur de la Terre on obtient ce portrait "patatoïde" de notre planète.

nous avons entendu de la bouche même de certains responsables du programme.

Objectif pesanteur

La forme allongée de GOCE entend donc réduire le freinage atmosphérique. Il s'agit là en fait d'un compromis lié à l'objectif de la mission : mesurer avec une précision inégalée les variations du champ de pesanteur de notre planète. On comprend aisément que plus un satellite est proche, plus il sera sensible aux variations de ce champ. Mais plus il est proche, plus il subit aussi un freinage atmosphérique. L'altitude de 250 km a donc été choisie comme un compromis permettant des mesures pointues et une densité du résidu de notre atmosphère pouvant être compensée par un mode de propulsion peu vorace en énergie, en l'occurrence un moteur ionique alimenté par les panneaux solaires.

À ce stade vous vous demandez peut-être pourquoi il existe des variations du champ de pesanteur de notre planète. L'accélération provoquée par la pesanteur (celle qui fait tomber la pomme de Newton du fait de la masse de notre planète) est classiquement dénommée g et on lui donne la valeur de $9,8 \text{ m/s}^2$. On sait que sur la Lune elle est 6 fois moindre en raison de la masse moins élevée de notre satellite naturel. C'est ce qui fait que les marcheurs lunaires d'Apollo

GOCE en bref

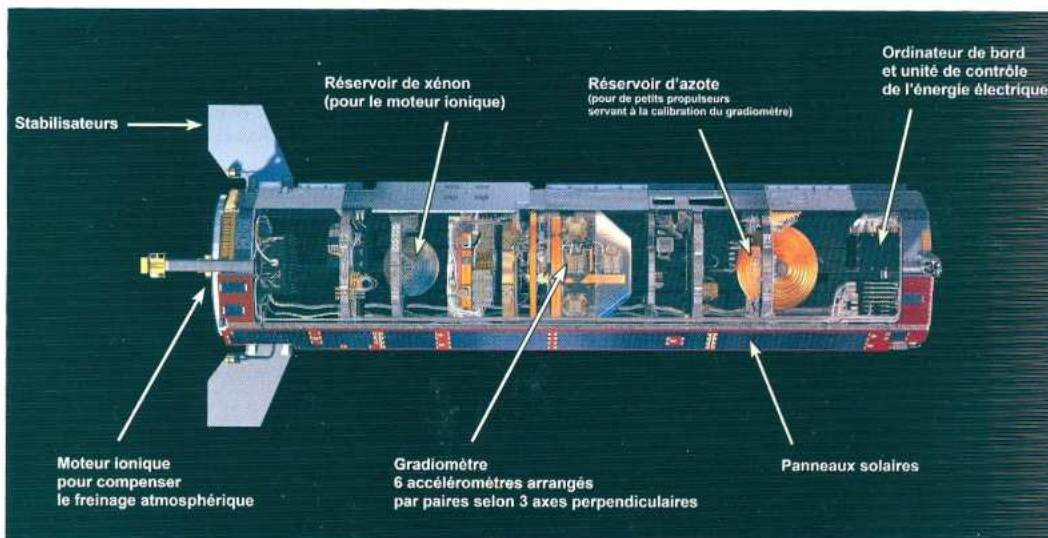
Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer
Satellite de mesure des variations du champ de pesanteur de la Terre

■ Agence spatiale	ESA
■ Contractant principal	Thales Alenia Space
■ Masse au lancement	1.250 kg
■ Orbite	héliosynchrone à 250 km
■ Lancement*	Rockot (ex-SS-19) depuis Plesetsk en Russie
■ Durée de la mission	20 mois (nominal) dont 3 mois de mise en route et calibration

(*) Le lancement devait se dérouler fin mai 2008, mais le Rockot utilise un étage supérieur Breeze-M qui est à l'origine de l'échec de la mise sur orbite du satellite AMC-14 avec la fusée Proton en mars dernier (voir page 82). Une commission d'enquête russe doit prochainement statuer sur les causes de cette défaillance. En fonction des conclusions de cette commission, un lancement pourrait intervenir cet été.

gambadaient et sautillaient allègrement en dépit de leur lourd (sur Terre) scafandre. Sur notre planète, g varie en fonction de plusieurs facteurs, le premier étant la rotation de la Terre sur elle-même avec la force centrifuge qui tend à "tirer" le sol vers le haut là où la vitesse de rotation est plus élevée à savoir l'équateur. Conséquence : le diamètre de la Terre est 42 km plus grand à l'équateur que si on le mesure en passant par les pôles donnant donc à celle-ci une (très) légère forme "aplatie". Du coup, à l'équateur, on est plus éloigné de la masse globale que représente la Terre qu'aux pôles. Et c'est la raison principale qui explique pourquoi g vaut $9,78 \text{ m/s}^2$ à

Les principaux
éléments du satellite
GOCE

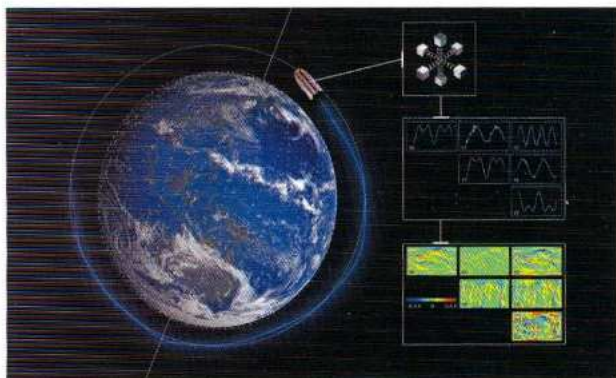


6 masses pour un gradiomètre

Comment mesurer les variations de pesanteur depuis l'espace ?

Le contractant principal de GOCE, l'industriel Thales Alenia Space, s'est allié à l'**ONERA** (Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques - France) pour concevoir un gradiomètre - mesure du gradient d'une force, en l'occurrence la pesanteur - d'une précision inégalée. Situé au centre des masses du satellite, ce gradiomètre repose sur des accéléromètres, soit 6 masses disposées par paires selon 3 axes.

Ces masses sont emprisonnées dans des petites boîtes et maintenues en "lévitation" par un champ électrique. Toute variation de pesanteur tend à faire bouger les masses et elles se rapprochent alors d'une des parois de leur réceptacle. Le champ électrique varie alors à son tour afin de les tenir "centrées" et ce sont ces variations qui fournissent la mesure. Mais il faut tenir compte de nombreuses perturbations, à commencer par le freinage atmosphérique subi par le satellite et sa compensation par le moteur ionique. L'interprétation des données relève presque de l'art mathématique car la chaîne de l'Himalaya a une influence sur la valeur de g en... Europe ! ●



Arrangés par paires selon 3 axes orthogonaux, les mesures des 6 accéléromètres de GOCE permettront de dresser une carte des variations du champ de pesanteur terrestre.

l'équateur et $9,83 \text{ m/s}^2$ aux pôles. Mais d'autres facteurs interviennent comme le fait que la densité de matière se trouvant sous nos pieds se révèle loin d'être uniforme !

La liaison pesanteur-climat

Ainsi, la composition même du sous-sol joue un rôle et, qu'on se trouve au-dessus de roches denses ou de vastes réservoirs d'eau souterrains, la valeur de g variera en conséquence. La surface des mers présente ainsi une topographie qui suit celle du plancher océanique (à échelle réduite cependant). Curieux objecterez-vous peut-être car si dans une bassine remplie d'eau vous



© ES/SPACE Magazine / Olivier Sanguy

© ESA/ACES Mediaslab

plongez un objet quelconque au fond, la surface liquide reste plane... En effet, mais à des échelles de grandeur autres, les masses en jeu et les effets de la gravité qui en découlent se font ressentir. À titre d'exemple, sachez que la masse supplémentaire représentée par une montagne sous-marine haute de 2 km attire l'eau vers elle et entraîne alors une "bosse" à la surface de l'océan de 2 m de hauteur et 40 km de circonférence !

Toutes ces variations de la pesanteur terrestre font que le géoïde terrestre est une sorte de "patate" irrégulière constituée de creux et bosses avec des déviations allant jusqu'à 100 m par rapport à l'ellipsoïde lisse que serait une Terre

Pour son contrôle thermique, GOCE présente deux faces bien distinctes : une noire et rouge, côté panneaux solaires, et une autre blanche.

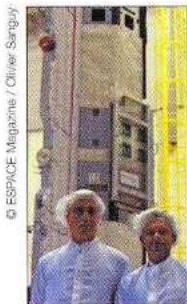
GOCE en 2 citations

“En regardant aujourd’hui GOCE au complet, je suis impressionné par son extrême beauté et la façon dont il se distingue des autres satellites. Lorsque j’ai pris la responsabilité de ce projet, à ses débuts, je ne pouvais pas réaliser à quel point il allait s’avérer si exigeant et précieux en terme de solutions, d’innovations et de connaissances, procurant des avancées pour nos futurs programmes et donnant aussi à nos scientifiques la possibilité de mieux comprendre notre planète.”

⇒ Andrea Allasio

“Ce satellite est atypique et ses performances n’ont pas d’équivalents au monde. Les équipes Thales Alenia Space de Cannes et de Turin, avec la contribution de l’ONERA, ont relevé ce défi et concrétisé ce rêve scientifique grâce à leur courage et leur enthousiasme pendant 7 années. Thales Alenia Space démontre une fois de plus sa capacité à développer des solutions innovantes et performantes. J’ai hâte de voir GOCE en orbite et de recevoir ses résultats tant attendus.”

⇒ Jean-Jacques Juillet



© ESA/ACE Megawatt / Olivier Sanguy

Chez Thales Alenia Space, Andrea Allasio (à gauche) est responsable de GOCE et Jean-Jacques Juillet directeur des programmes européens. Derrière eux, le satellite après une intensive phase de test à l’ESTEC aux Pays-Bas, centre technique de l’ESA.

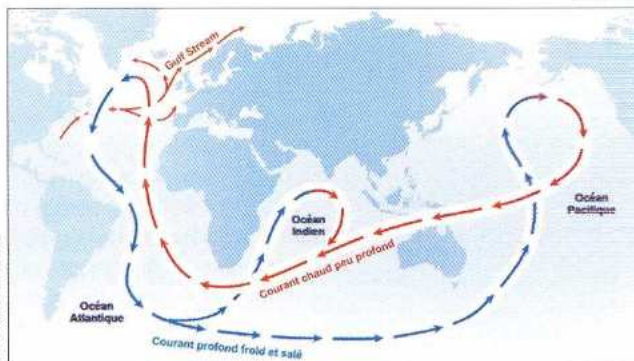
“parfaite”. Le géoïde en question est une référence où justement g est égal partout (donc il y a des creux et des bosses afin de compenser les variations dont nous venons de parler). Sur Terre, le géoïde a été logiquement choisi afin de coïncider avec le niveau moyen des océans (le 0 m à partir duquel on mesure les altitudes). Or, les mesures des irrégularités du champ de pesanteur de la Terre accomplies par GOCE avec une précision de 2 cm (en hauteur) pour une résolution spatiale de 100 km vont considérablement améliorer la finesse du géoïde, référence indispensable au suivi des évolutions du niveau des océans. En plein débat sur le réchauffement climatique et ses conséquences, un géoïde plus précis permettra donc de mieux quantifier la montée du niveau moyen des mers, celle-ci étant pour certains la conséquence de la fonte des masses glaciaires continentales. Ce sera aussi un outil permettant de suivre plus finement les grands courants océaniques (voir sché-

ma) qui jouent un rôle majeur dans le climat tel que nous le connaissons actuellement. Voilà qui explique le Ocean Circulation (circulation océanique) dans l’acronyme GOCE et pourquoi ce satellite fait partie du programme d’observation de la Terre (Living Planet/Earth Explorer) de l’Agence Spatiale Européenne.

Les secrets de la Terre

Un géoïde précis servira aussi pour les zones émergées et par exemple en Scandinavie et au Canada où on pense que le niveau moyen du sol se soulève respectivement de 1 et 2 cm par an. La raison ? Depuis la fin de la dernière grande glaciation (voici 10.000 ans), de vastes étendues de glaciers ont fondu et, leur masse partant sous forme liquide vers la mer, ils n’ont plus exercé leur pression sur la croûte terrestre aux endroits concernés, entraînant le “rebond” constaté. GOCE fera aussi progresser notre compréhension des mécanismes internes de la Terre. Sa mesure des variations du champ de pesanteur recoupée avec des données sismiques réalisées au sol fournira une cartographie des densités de la lithosphère et du manteau supérieur jusqu’à 200 km de profondeur. Sont alors concernées des questions fondamentales comme par exemple les mécanismes de formation des massifs montagneux, la tectonique des plaques et les tremblements de terre qui en découlent, et même des interrogations plus terre à terre comme où sont situés les grands gisements de pétrole ! On le voit, l’étude des variations du champ de pesanteur depuis l’espace mène à une meilleure compréhension des secrets de notre planète.

⇒ Olivier Sanguy



Les courants océaniques jouent un rôle majeur dans notre climat. Grâce à eux, les eaux des côtes d’Europe sont en moyenne 4°C plus chaudes que celles situées à des latitudes comparables dans le Pacifique nord. GOCE va permettre de mieux étudier ces courants.

© ESA/ACES Megawatt