

Le 8 Mai 2004 : Gravity Probe B

Lancement réussi, le 20 Avril 2004 (cf : <http://einstein.stanford.edu/>.)

En orbite polaire quasi idéale, à 640 km d'altitude, plan contient la référence.

Objectif : **Expérience** visant à vérifier « directement » **deux prédictions** de la **Relativité générale** dans le champ de gravitation terrestre (orbite polaire optimisée), les **effets sont « orthogonaux »** (cf figure ci dessous) ce qui permet de les séparer

- Effet de **précession géodésique (Effet de Sitter**, lié à la courbure de l'espace par le champ terrestre): **6,6 seconde d'arc/an** (précision de la mesure **0,01%**). [Remarque cet effet a déjà été validé expérimentalement sur le système Terre –Lune, précision **1%**]
- Effet **Lense Thirring** (entraînement du référentiel, liée à la rotation de la Terre, effet gravito magnétique): **0,042 seconde d'arc par an** (précision de la mesure **1%**): **Un défi technologique!!!!**
- En ce deuxième point, l'expérience permettra de valider les prévisions **«gravito-magnétiques»** de la Relativité générale, liés au champ crée par les masses en mouvement

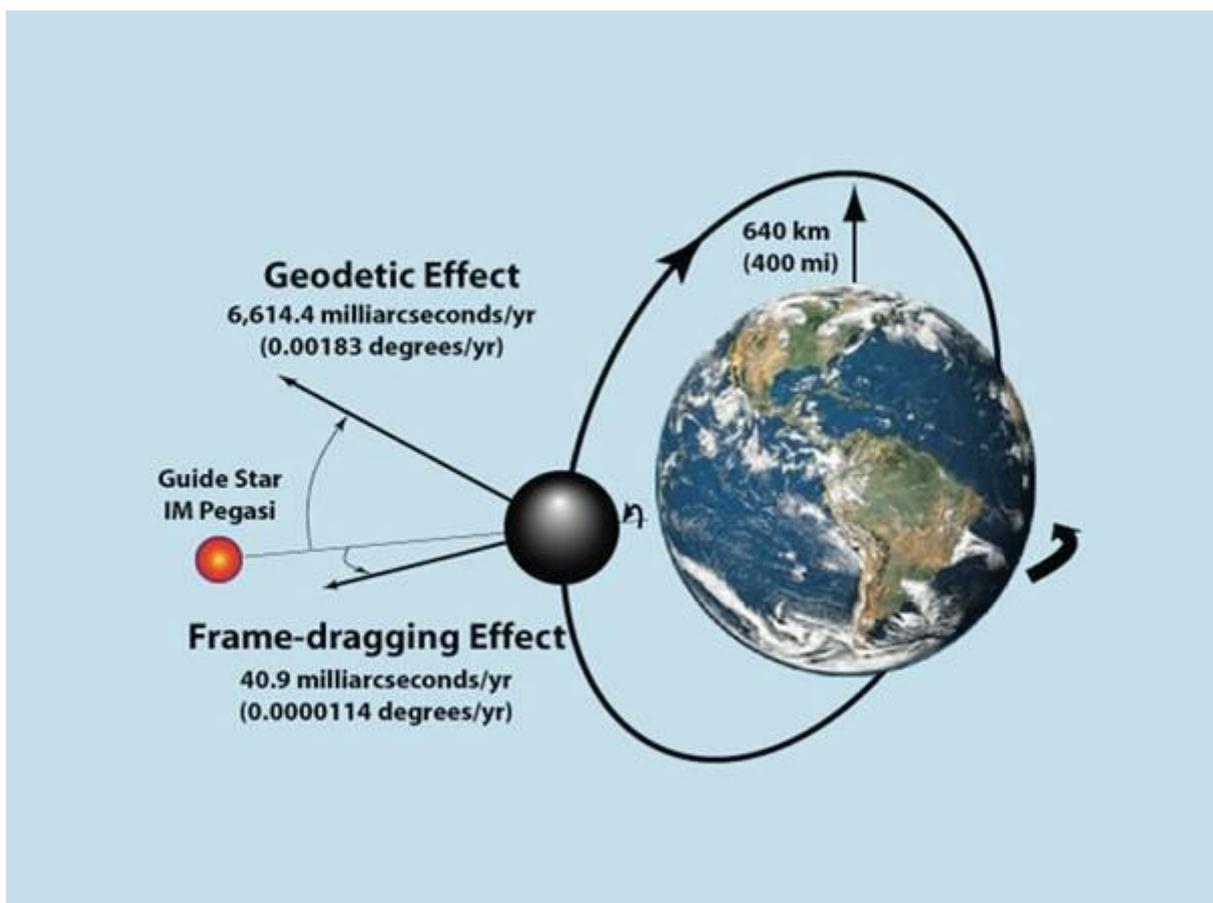
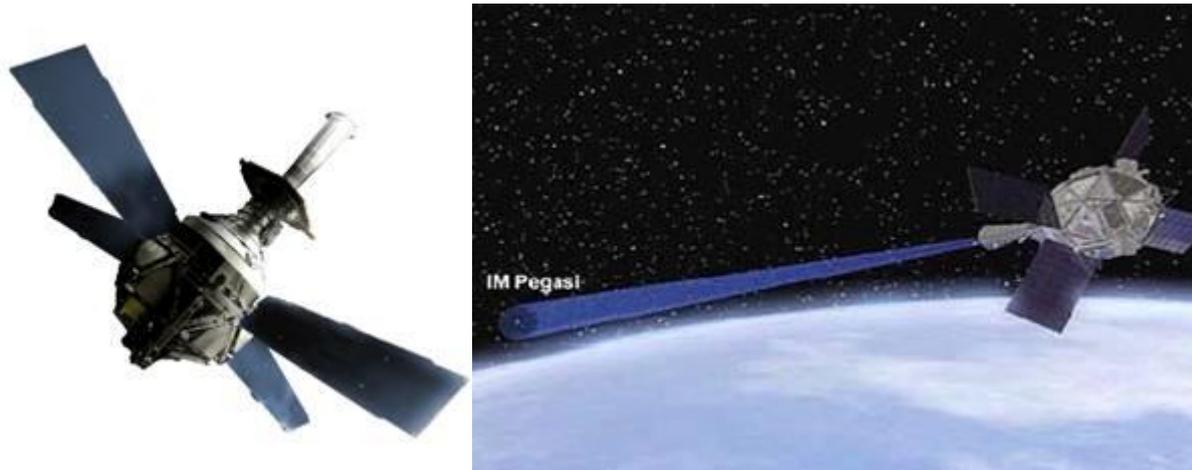


Schéma de principe (ci dessus) et vues du satellite en Vol (ci dessous)



Principe de l'expérience : Un système de **quatre gyroscopes** « ultra précis », (sens de rotation inversé par paire et le système tournant lentement autour de son axe de visée pour s'affranchir de dissymétries éventuelles), doivent fournir une référence inertielle stable, en l'absence de perturbation. Un **télescope** embarqué pointe très précisément (**0,0001 sec arc**) sur **une référence** lointaine dont la position (et dérive éventuelle) est connue (**HR8703, IM Pegasus**). Le plan de l'orbite polaire passe par cette référence. Une **dérive** de ces gyroscopes, dont l'axe est initialement // à celui de visée du télescope, par rapport à cette référence, liée aux deux effets testés de la valeur indiquée, est **prédite par la Relativité générale**

Défi technologique : Mesurer une dérive aussi faible que **0,042 seconde d'arc /an** du système inertielle ainsi constitué nécessite de réaliser un système 10^6 (**un million** de) fois plus stable que le meilleur système inertielle en service.

Gravity Probe se propose de vérifier cet effet à **1%** : nécessite une **stabilité de 10^{-11} degré d'arc / Heure**.

Réalisation de la prouesse technologique :

L'environnement : Les équipements expérimentaux du satellite sont à l'intérieur d'un Vase Dewar contenant **2328L** d'hélium superfluide, pour maintenir les équipements à **1,8 °K** pendant **2 ans**.

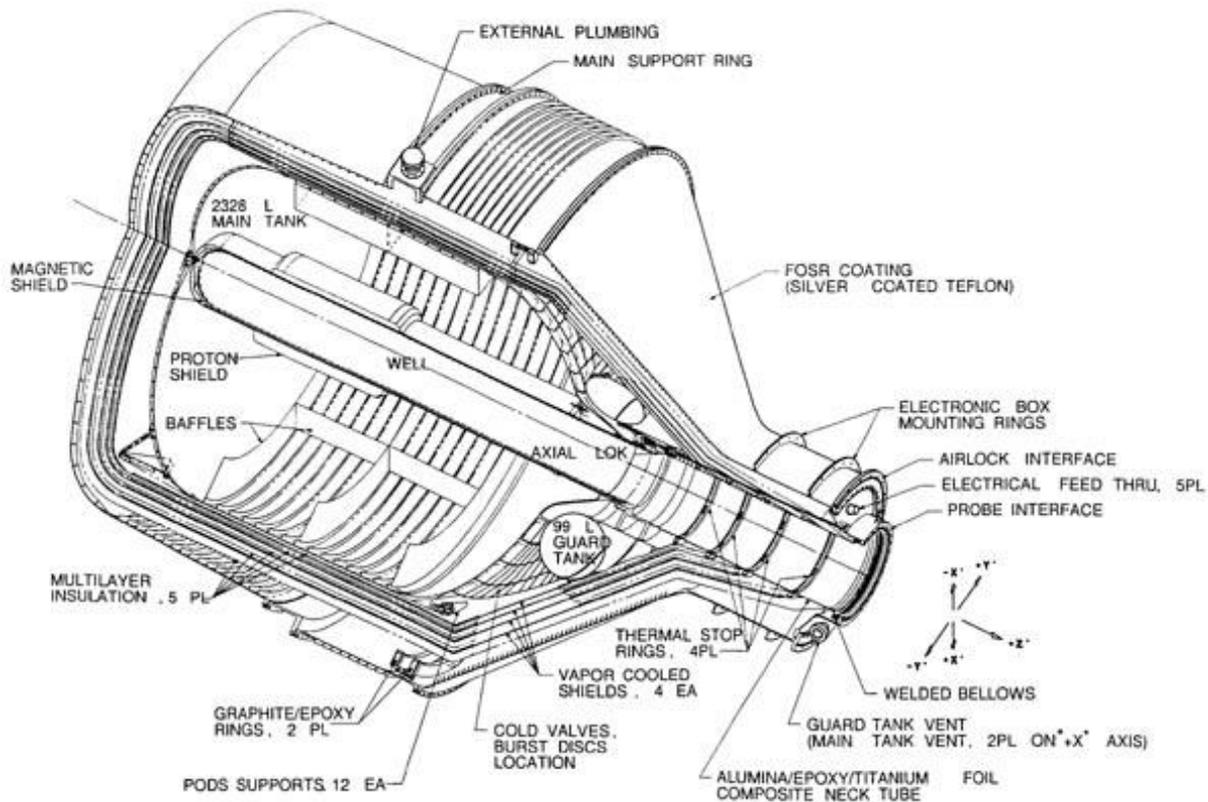
Un blindage magnétique pour s'affranchir du champ terrestre et solaire à plusieurs niveaux en particulier par des métaux en état de **supra conductivité** permettent de réduire le champ résiduel à l'intérieur à moins de **10^{-17} Gauss**.

Le vide fait dans l'équipement est de **10^{-14} bar**

Un boule libre identique à celle des gyroscopes, dans une cavité, à l'abri des perturbations extérieures (vent solaire, atmosphère résiduelle, magnétisme...) au centre de gravité, fournit la référence inertielle du centre de gravité du système sur la trajectoire géodésique (Accélération résiduelle à **$10^{-10}G$**).

Au froid, dans un vide poussé, en micro gravité, dans des conditions de symétrie maximum, protégés des perturbations électriques et magnétiques, les gyroscopes tournent dans un environnement qui les isole pratiquement complètement de leur milieu

Vue générale de l'enveloppe de l'expérience



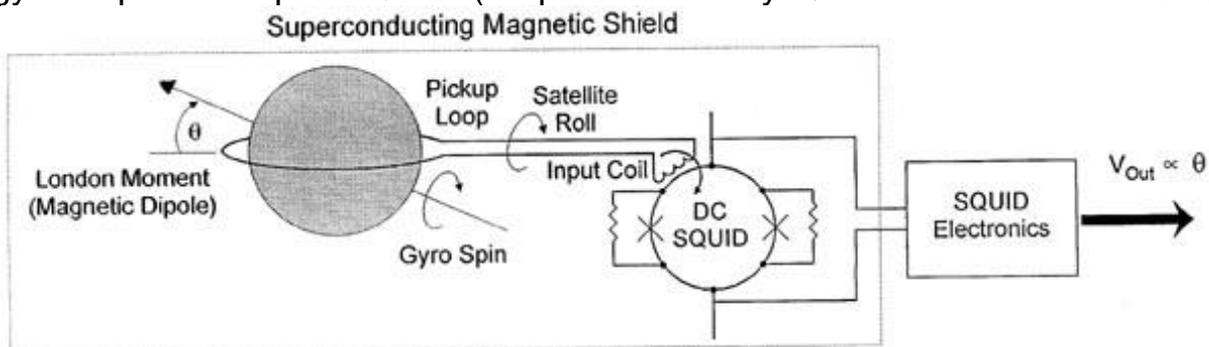
Les gyroscopes : Petites **boules de quartz** fondues de la taille d'une balle de ping pong, revêtues d'une couche de **nobium** (**supra conducteur** à cette température) , ils sont les **objets les plus ronds** et les plus homogènes que l'on trouve dans l'univers (à l'exception peut être des étoiles à neutrons). Ils sont en **lévitation électrostatique** dans une coquille munie d'électrodes (faible tension)

La vitesse de rotation **10 000 tr/mn** est communiquée (en vol par **un jet sonique d'hélium gazeux** (ensuite pompé). Compte tenu du vide cette vitesse ne varierait pas de plus de **1% en 1000 ans**.



Vue du Gyroscop (en quartz non métallisé) et de sa coquille en quartz

Le système de lecture (le moins perturbant possible) de la position de l'axe du gyroscop se fait par **SQUID**. (Superconductivity Quantum Interference Device)



Principe de la lecture d'une variation de position de l'axe de rotation

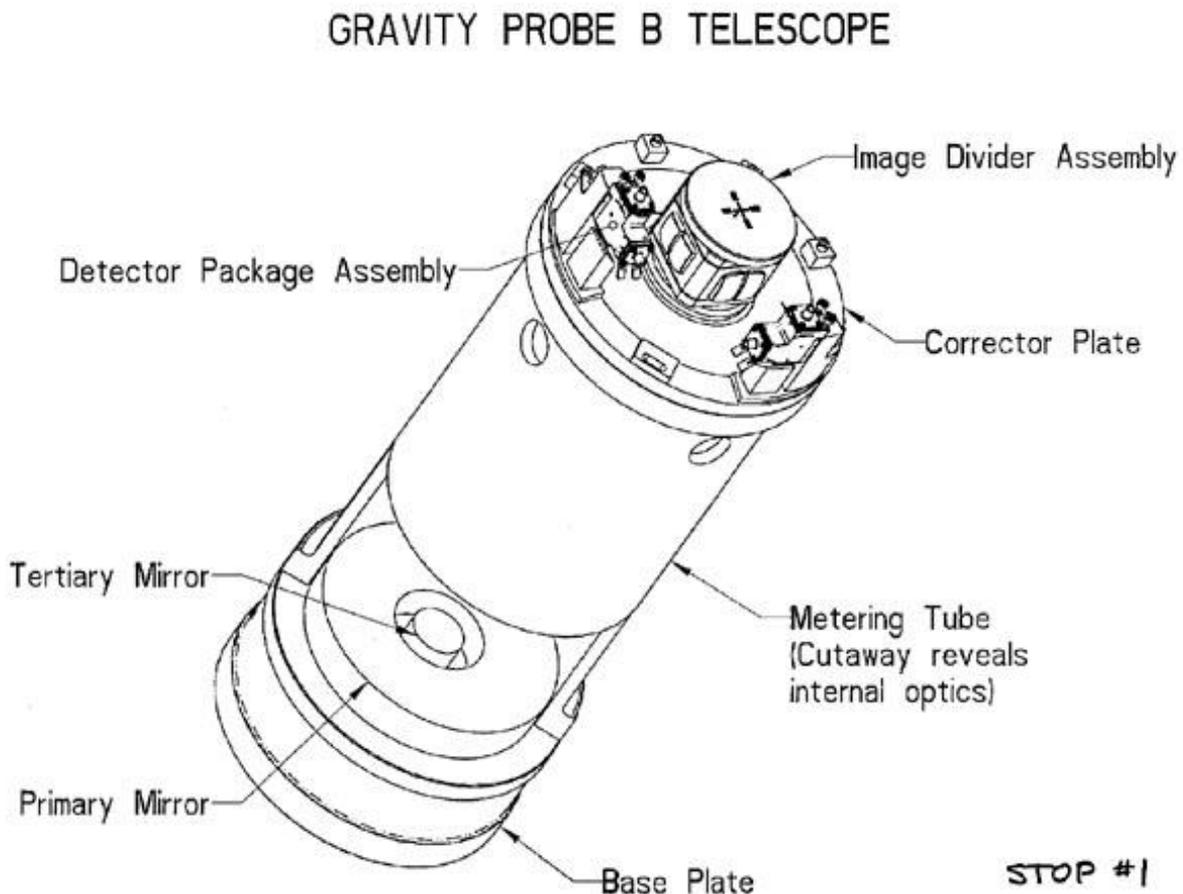
Le Télescope : Réaliser un pointage à **0,1 milliarcseconde, 1000 fois mieux** que le pouvoir séparateur des meilleurs télescopes n'est pas une mince affaire.

Comme le reste il fait d'un bloc de quartz fondu, son ouverture est de **15 cm** environ, sa focale de **3,75 m** (s'agissant d'un Cassegrain sa longueur est de **35 cm**)

Pour la mesure, il utilise une technique différentielle (séparation du faisceau en 2, et séparation de chaque image par un prisme en deux demi disques, chaque paire de demi images transmise à des photo-détecteurs qui génèrent un signal

proportionnel au déplacement). Il utilise « l'aberration astronomique » pour calibrer ses mesures.

La source IM Pegasus a été choisie pour sa luminosité et la connaissance très précise (**0,0002 sec-arc/an**) qu'on a de sa position et dérive par rapport à un référentiel extragalactique (Campagne de mesures par interférométrie avec le **VLBI**).



Précautions particulières : L'orbite étant « polaire » le satellite est particulièrement exposé aux agressions des rayonnements (hors de la protection du bouclier magnétique terrestre). Il a déjà subi et supporté avec succès ce genre d'épreuve au cours de sa courte période de pré-activité.