**CADETS DE L'AVIATION ROYALE DU CANADA**

**NIVEAU DE QUALIFICATION QUATRE**

**GUIDE PÉDAGOGIQUE**

**SECTION 11**

# OCOM C440.09 – DÉCRIRE LE LIEN ENTRE LA GRAVITÉ ET L'ESPACE-TEMPS

Durée totale : 60 min

## PRÉPARATION

### INSTRUCTIONS PRÉALABLES À LA LEÇON

Les ressources nécessaires à l'enseignement de cette leçon sont énumérées dans la description de leçon qui se trouve dans la publication A-CR-CCP-804/PG-002, *Norme de qualification et plan du niveau quatre*, chapitre 4. Les utilisations particulières de ces ressources sont indiquées tout au long du guide pédagogique, notamment au PE pour lequel elles sont requises.

Réviser le contenu de la leçon pour se familiariser avec la matière avant de l'enseigner.

Obtenir et préparer pour le visionnement les six fichiers Windows Media Video (WMV) de la référence C3-312 qui se trouvent à l'adresse http://einstein.stanford.edu/index.html

- fichier WMV Newtons_Universe_Anima,
- fichier WMV Einsteins_Universe_Anima,
- fichier WMV Rel_gyro_expt-anima,
- fichier WMV *SConSquid*,
- fichier WMV Simple_expt_anima, et
- fichier WMV *DF-Satellite*.

Créer des transparents des figures qui se trouvent à l'annexe A.

Photocopier le document sur la gravité et l'espace-temps qui se trouve à l'annexe B pour chaque cadet.

Obtenir une copie du document de référence C3-310, *Gravity Probe B: An Educator's Guide*.

Obtenir le DVD *Testing Einstein's Universe* et le préparer pour le visionnement.

Obtenir une grosse pièce de monnaie, telle un deux dollars canadien, pour l'utiliser lors du PE 2.

### DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

### APPROCHE

L'exposé interactif a été choisi pour les PE 1 et 2 pour présenter les théories de la gravité et pour donner un aperçu de la mission du satellite Gravity Probe B.



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

Une activité en classe a été choisie pour les PE 3 et 4, parce que c'est une façon interactive de confirmer les connaissances sur le lien entre la gravité et l’espace-temps, de stimuler l’esprit et de susciter l’intérêt des cadets.

## INTRODUCTION

### RÉVISION

S.O.

### OBJECTIFS

À la fin de cette leçon, les cadets doivent être en mesure de décrire le lien entre la gravité et l’espace-temps.

### IMPORTANCE

Il est important que les cadets puissent décrire le lien entre la gravité et l’espace temps puisque percevoir la gravité comme une courbure de l’espace-temps permet d’expliquer plus de phénomènes dans l’environnement aérospatial que la vision de la gravité classique de Newton qui ne voit la gravité que comme une force d’attraction.



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

**Point d'enseignement 1** **Comparer les premières idées de la gravité à la gravitation d'après la théorie de la relativité**

Durée : 10 min Méthode : Exposé interactif

## LA LOI DE LA GRAVITATION UNIVERSELLE DE NEWTON




Montrer aux cadets le fichier WMV *Newtons_Universe_Anima*.

Durée de 1 minute et 8 secondes.

## LA GRAVITÉ EN TANT QUE FORCE ENTRE LES MASSES

Selon la théorie de la gravité de Newton, tous les corps possèdent la force d'attraction appelée gravité. Les masses plus grandes telles que le Soleil attirent plus fortement les masses plus petites telles les planètes et les comètes forçant les masses plus petites à se déplacer vers les masses plus grandes. Dans le système solaire, les planètes tournent en orbite autour du soleil en raison de la gravité du soleil qui les attire dans ce chemin elliptique. Les comètes qui traversent la galaxie courbent en direction du soleil en raison du tirant de la gravité.

## LA TRANSMISSION INSTANTANÉE DE LA GRAVITÉ

Dans *Principia* (1687), Newton a énoncé qu' « il y a une puissance de gravité qui s'applique à tous les corps, proportionnelle aux plusieurs quantités de matières qu'ils contiennent. » Cependant, lorsque Newton a été interrogé sur la façon dont cette « puissance de gravité » était transmise d'un corps à un autre, il a répondu : « Je n'émet aucune hypothèse. »

Einstein, avec plusieurs autres scientifiques, a commencé à questionner cette conclusion au tournant du 20e siècle. Au 19e siècle, Maxwell a démontré que la lumière voyageait à une vitesse déterminée dans un vide : 299 792 km / sec (185 871 milles / sec). En 1905, la théorie d'Einstein sur la relativité spéciale était fondée sur l'idée que cette vitesse était la vitesse limite de toute matière et énergie de l'univers. Si la gravité était une force transmise entre les masses de la même façon que la lumière était propagée dans l'espace, la force de la gravité devait être également restreinte à 299 792 km / sec. Se déplacer à près de 300 000 km à la seconde est extrêmement rapide, mais ce n'est pas instantané.

## L'INTERDÉPENDANCE DU TEMPS ET DE L'ESPACE

Newton croyait que l'espace et le temps étaient absolus ou des entités fixes et que la gravité pourrait être représentée comme une force d'attraction qui agissait instantanément entre les objets. Einstein a déterminé que l'espace et le temps sont des entités relatives, interreliées dans un « tissu » appelé espace-temps, et il a réalisé qu'aucune force — même pas la gravité — ne pouvait agir plus rapidement que la vitesse de la lumière. Dans l'univers d'Einstein, la présence de corps célestes force l'espace-temps à se tordre ou se courber; et la gravité n'est pas une force mais plutôt le produit de corps en déplacement dans un espace-temps courbé.

Puisque l'espace et le temps étaient des concepts distincts dans la physique de Newton, la position d'un objet est simplement décrite par trois coordonnées spatiales. Dans la physique d'Einstein, l'espace et le temps sont combinés dans l'espace-temps de sorte que lorsqu'on décrit la position d'un objet, cette description doit inclure les quatre dimensions, c'est-à-dire les trois dimensions spatiales et le temps. Le passage du temps est relatif au déplacement de sorte que la coordonnée de temps dans la description de la position décrit le temps relatif au système de coordonnées, lequel est absolument critique dans la théorie de relativité d'Einstein.



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

**LA COURBURE DE L'ESPACE-TEMPS**




Montrer aux cadets le fichier vidéo WMV *Einsteins_Universe_Anima*.

Durée de 1 minute et 9 secondes.

En 1916, Einstein a présenté au monde cette nouvelle compréhension de l'univers — sa théorie générale de la relativité. Dans cette théorie, l'espace n'est pas un vide mais une structure invisible appelée espace-temps. Et l'espace n'est pas simplement une grille tridimensionnelle à travers laquelle la matière, la lumière et l'énergie se déplacent. C'est une structure à quatre dimensions appelée espace-temps dont la forme est courbée et tordue par la présence et le déplacement de la matière et de l'énergie.

L'espace-temps entoure toute masse. La présence des planètes, des étoiles et des galaxies déforme le tissu de l'espace-temps de façon semblable à une boule de quille qui déforme une feuille de spandex. La masse de la boule étire le tissu et crée une inclinaison ou une courbe qui diminue graduellement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la masse.

Lorsqu'une masse passe près d'une plus grande masse, elle accélère en direction de la plus grande masse parce que l'espace-temps lui-même est courbé en direction de la plus grande masse. La plus petite masse n'est pas attirée vers la plus grande masse par une force quelconque. La plus petite masse suit simplement la structure de l'espace-temps courbé près de la plus grande masse. Par exemple, le soleil massif courbe l'espace-temps autour de lui, une courbure qui atteint les bords du système solaire et au-delà. Les planètes qui orbitent autour du soleil suivent la courbure de l'espace-temps du soleil.




Montrer aux cadets le fichier WMV *Rel_gyro_expt-anima*.

Durée de 3 minutes et 1 seconde.

**CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1**

**QUESTIONS** :

Q1. Quelle était la limite de vitesse de toute matière et énergie dans la théorie spéciale de la relativité d'Einstein de 1905?

Q2. Combien de coordonnées décrivent la position d'un objet dans la physique de Newton?

Q3. Combien de coordonnées décrivent la position d'un objet dans la physique d'Einstein?

**RÉPONSES ANTICIPÉES :**

R1. La vitesse de la lumière voyage à une vitesse déterminée dans un vide : 299 792 km / sec (185 871 milles / sec).

R2. Dans la physique de Newton, la position d'un objet est simplement décrite par trois coordonnées spatiales.

R3. Dans la physique d'Einstein, l'espace et le temps sont combinés dans l'espace-temps de sorte que lorsqu'on décrit la position d'un objet, cette description doit inclure les quatre dimensions, c'est-à-dire les trois dimensions spatiales et le temps.



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

**Point d'enseignement 2** **Décrire la mission du satellite Gravity Probe B (GP-B)**

Durée : 10 min Méthode : Exposé interactif

## LE FONCTIONNEMENT DU GYROSCOPE

Le gyroscope consiste en une roue tournante (rotor) dans un support universel (cardan) qui permet à son axe de pointer dans n'importe quelle direction.

Aussi connue comme la rigidité dans l'espace, l'inertie gyroscopique est la tendance d'un objet tournant de demeurer dans son plan de rotation. Cela permet à l'axe de rotation d'un gyroscope de demeurer inchangé indépendamment du mouvement du cardan autour de celui-ci.




Présenter aux cadets le transparent de la figure A-1 qui se trouve à l'annexe A.

Des exemples d'objets rotatifs qui font preuve de rigidité dans l'espace sont les couvercles, les gyroscopes, les disques volants, les ballons de basket-ball et toute planète qui tourne. Ces objets ont tendance à maintenir leur orientation dans l'espace.

L'aéronef utilise des gyroscopes pour la navigation, le gyroscope maintenant l'orientation de l'univers de sorte que les changements relatifs de l'orientation de l'aéronef peuvent être mesurés.

Dans le satellite Gravity Probe B (GP-B), le gyroscope maintient son orientation relative à une étoile guide éloignée de sorte que les changements dans l'orientation espace-temps près de la Terre peuvent être mesurés.

Pour fonctionner correctement, le rotor doit être maintenu en rotation à une vitesse constante. Les instruments gyroscopiques peuvent être alimentés par une ou plusieurs sources d'alimentation. Dans un aéronef, un gyroscope peut être alimenté par les systèmes de déplacement d'air. Dans le satellite GP-B, les gyroscopes sont alimentés par l'hélium gazeux qui est conservé sous forme liquide dans le plus grand composant du satellite, le vase de Dewar.

**Vase de Dewar.** Un vase à double parois séparés par un vide entre celles-ci pour diminuer le transfert de la chaleur et servant à conserver des liquides chauds ou froids.




Présenter aux cadets le transparent de la figure A-2 qui se trouve à l'annexe A.



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

## L'AXE DE ROTATION D'UN GYROSCOPE




Faire tourner une pièce de monnaie sur son côté pour démontrer aux cadet qu'elle demeure debout tant qu'elle tourne. Démontrer que la pièce de monnaie ne demeure pas debout sur son côté lorsqu'elle ne tourne plus.

Il était prévisible que l'axe de rotation de chacun des quatre gyroscopes du satellite GP-B se déplacerait avec la courbure et la torsion de l'espace-temps local autour de la Terre. La seule façon de détecter ce déplacement était de comparer chaque axe de rotation à une ligne de référence fixe. Durant cette mission, la ligne de référence fixe était la ligne entre le télescope et l'étoile guide : IM Pegasi. Le télescope devait demeurer fixé sur le centre exact de l'étoile guide (à moins de une milliseconde d'arc ou un millionième de pouce) durant toute la mission ou le satellite GP-B perdrait sa ligne de référence critique unique.




**SQUID (dispositif supraconducteur à interface quantique).**Un dispositif qui surveille l'orientation de l'axe de rotation, superconduisant le rotor sphérique parfaitement sans marque du gyroscope — sans exercer de couple important sur le rotor tournant.




Montrer aux cadets le fichier vidéo WMV *SConSquid*.

Durée de 2 minutes et 12 secondes.

## L'EFFET GÉODÉSIQUE

La théorie d'Einstein prévoyait que la présence d'une masse dans l'espace comme celle de la Terre déformerait l'espace-temps local, créant une inclinaison ou une courbe dans l'espace-temps. C'est ce qu'on appelle l'effet géodésique.

## L'EFFET À RETARDEMENT GYROSCOPIQUE

Une des prédictions de la théorie générale de la relativité d'Einstein est que l'espace-temps local est déformé par la rotation de la Terre — toute masse en rotation entraîne le cadre de référence de l'espace-temps local avec elle. L'entraînement prédit est très petit et s'étiole au fur et à mesure qu'il s'éloigne de la masse en rotation, mais la déformation proche peut affecter les trajectoires de la lumière, de l'énergie et d'autres masse.




Montrer aux cadets le fichier vidéo WMV *Simple_expt_anima*.

Durée de 1 minute et 7 secondes.

## COMPOSANTS DE L'ASTRONEF

Le satellite GP-B est composé de milliers de composants mais la mission peut être comprise en ne tenant compte que de quelques uns, y compris :

- le vase de Dewar,
- les gyroscopes,



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

- le télescope de poursuite d'étoile, et
- les micropropulseurs.




Montrer aux cadets le fichier vidéo WMV *DF-Satellite*.

Durée de 4 minutes et 25 secondes.

**LA CONTRIBUTION DU CANADA AU SYSTÈME D'ORIENTATION SPATIALE**

Des astrophysiciens de l'Université York ont mesuré et suivi le déplacement de l'étoile guide du GP-B, IM Pegasi, devant un arrière plan de quasars encore plus éloignés. Ceci a permis de tenir compte des modifications de minute dans la position de IM Pegasi lorsque des changements dans l'orientation du gyroscope étaient mesurés — dans un système où des angles d'un millionième de degré sont d'une importance critique.




**Quasar.** N'importe quelle classe d'objets célestes semblables à une étoile, apparemment de grande taille et de grand éloignement, souvent associée avec un spectre muni d'un grand décalage vers le rouge et d'une forte émission radio.

**CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2**

**QUESTIONS** :

Q1. Que veut-on dire par rigidité dans l'espace?

Q2. Qu'entend-on par effet géodésique?

Q3. Qu'entend-on par effet à retardement gyroscopique?

**RÉPONSES ANTICIPÉES :**

R1. La rigidité dans l'espace est la tendance qu'a un objet en rotation de se maintenir dans son plan de rotation.

R2. Une des prédictions de la théorie d'Einstein qui prévoyait que la présence d'une masse dans l'espace comme celle de la Terre déformerait l'espace-temps local, créant une inclinaison ou une courbe dans l'espace-temps.

R3. Une des prédictions de la théorie générale de la relativité d'Einstein; que l'espace-temps local est déformé par la rotation de la Terre.



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

**Point d'enseignement 3** **Demander aux cadet de visionner *Testing Einstein's Universe***

Durée : 25 min Méthode : Activité en classe

## ACTIVITÉ

### OBJECTIF

L'objectif de cette activité est de faire en sorte que les cadets apprennent ce qu'est la mission du satellite GP-B en visionnant *Testing Einstein's Universe* tout en trouvant les réponses aux questions attribuées.

### RESSOURCES

- le DVD intitulé Testing Einstein's Universe,
- le document sur la gravité et l'espace-temps qui se trouve à l'annexe B pour chaque cadet,
- du papier, et
- des stylos et des crayons.

### DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

S.O.

### INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

1. Distribuer le document sur la gravité et l'espace-temps qui se trouve à l'annexe B à chaque cadet.

2. Demander aux cadets d'inscrire leurs réponses aux questions dans le document sur la gravité et l'espace-temps tout en visionnant *Testing Einstein's Universe*.

3. Demander aux cadet de visionner *Testing Einstein's Universe*.

### MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

## CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

La participation des cadets à l'activité servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

**Point d'enseignement 4** **Diriger une activité pour corriger les réponses aux questions posées**

Durée : 5 min Méthode : Activité en classe

## ACTIVITÉ

### OBJECTIF

L'objectif de cette activité est de demander aux cadets de vérifier leurs réponses aux questions de l'annexe B.



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

**RESSOURCES**

- le document de référence C3-310, *Gravity Probe B: An Educator's Guide*,
- le corrigé sur la gravité et l'espace-temps qui se trouve à l'annexe C, et
- les documents sur la gravité et l'espace-temps complétés.

**DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ**

S.O.

**INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ**

1. À l'aide du corrigé qui se trouve à l'annexe C, lire la réponse à la question.

2. Demander aux cadets de confirmer leur réponse. Au besoin, discuter de tout écart en se référant au besoin au document de référence C3-310.

3. Répéter les étapes 1 et 2 pour chaque question.

**MESURES DE SÉCURITÉ**

S.O.

## CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 4

La participation des cadets à l'activité servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

## CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

La participation des cadets au visionnement de *Testing Einstein's Universe* servira de confirmation de l'apprentissage de cette leçon.

## CONCLUSION

**DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE**

S.O.

**MÉTHODE D'ÉVALUATION**

S.O.

**OBSERVATIONS FINALES**

Le lien entre la gravité et l'espace-temps est toujours théorique, Cependant, la théorie relativiste de la gravité comme manifestation de la courbure de l'espace s'inscrit davantage plus comme un phénomène naturel que l'explication classique de Newton.

**COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR**

S.O.



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

## DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

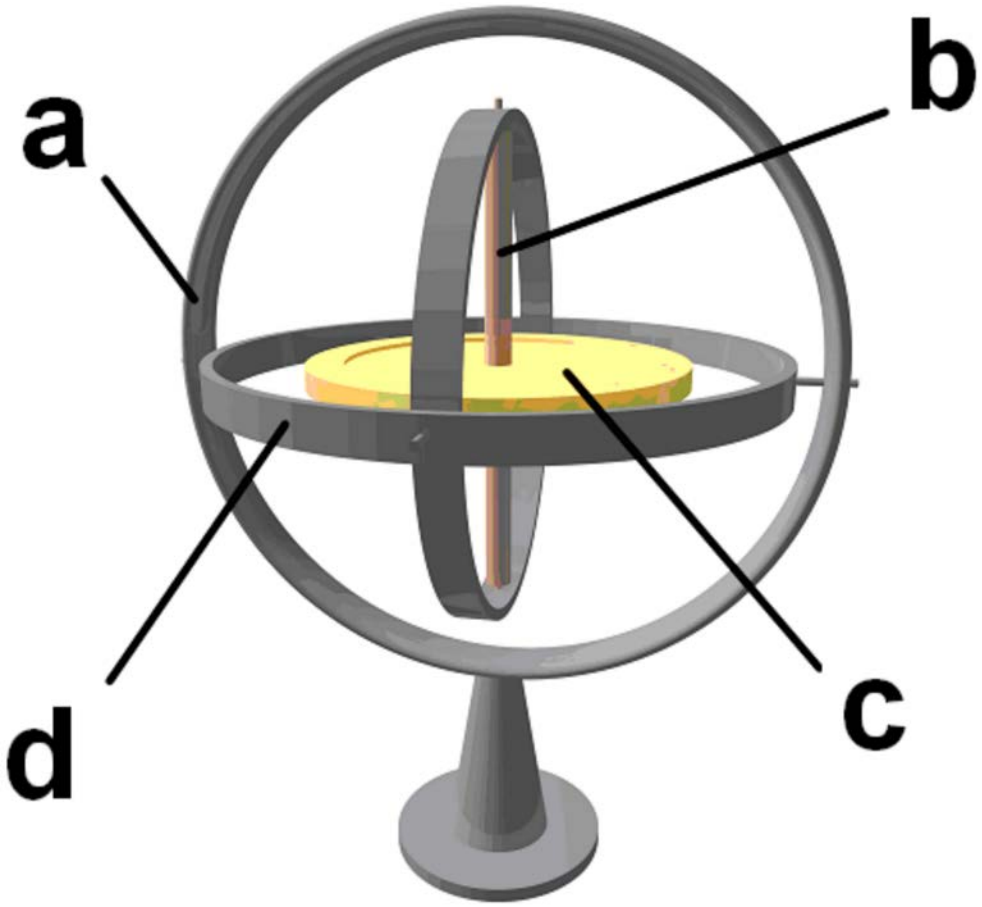
C3-310 Range, S. K. (2004). *Gravity Probe B: An educator's guide*. Washington, DC, NASA. Extrait le 6 février 2009 du site http://einstein.stanford.edu/RESOURCES/education-index.html#guide

C3-311 Bartel, N. (producteur et réalisateur). (2003). *Testing Einstein's universe* [film]. Canada, York University.

C3-312 Range, S. K. (2008). *Gravity Probe B: Testing Einstein's universe*. Extrait le 6 février 2009, du site http://einstein.stanford.edu/index.html



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.




*Remarque. Tiré de « 3D Gyroscope », Wikimedia. Extrait le 18 novembre 2008 du site http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/3D_Gyroscope.png*

Figure A-1 Gyroscope

**a. Cadre du gyroscope**

**b. Axe de rotation**

**c. Rotor**

**d. Cardan**



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.



*Remarque. Tiré de Gravity Probe B: An Educator's Guide, (p. 30), par S. Shannon, 2004. Washington, DC, NASA.*

Figure A-2  Vase de Dewar du satellite Gravity Probe B



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

## GRAVITÉ, ESPACE-TEMPS ET SATELLITE GP-B

Q1. Nommez deux essais du 20e siècle de la théorie générale de la relativité d'Einstein.

- _____
- _____

Q2. Pourquoi le satellite Gravity Probe B a-t-il été placé sur une orbite basse même si cela signifiait qu'il serait endommagé par l'atmosphère supérieure?

_____

_____

Q3. Pourquoi le satellite Gravity Probe B a-t-il été placé en orbite polaire?

_____

_____

Q4. Quels étaient les trois usages de l'hélium liquide à l'intérieur du vase de Dewar du satellite Gravity Probe B?

- _____
- _____
- _____

Q5. Dans le principe d'équivalence d'Einstein, qu'est-ce qui est réputé être équivalent?

_____

_____

Q6. Quelle est la signification de l'état de traînée compensée du satellite Gravity Probe B

_____

_____



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

**CORRIGÉ – GRAVITÉ, ESPACE-TEMPS ET SATELLITE GP-B**

Q1. Nommez deux essais du 20e siècle de la théorie générale de la relativité d'Einstein.

R1. Document de référence C3-310 (p. 13–14) : Deux parmi les suivants :

- précession de l'orbite de Mercure,
- dérive de la lumière de l'étoile durant une éclipse solaire,
- décalage vers le rouge gravitationnel, et
- retard de Shapiro.

Q2. Pourquoi le satellite Gravity Probe B a-t-il été placé sur une orbite basse même si cela signifiait qu'il serait mangé par l'atmosphère supérieure?

R2. Document de référence C3-310 (p. 32) : Les effets de l'espace-temps local (sa courbe et sa déformation) sont diminués dramatiquement au fur et à mesure qu'une masse s'éloigne de la Terre. On a donné une orbite au satellite Gravity Probe B qui pouvait l'amener le plus près possible de la Terre pour visualiser plus clairement les effets de l'espace-temps.

Q3. Pourquoi le satellite Gravity Probe B a-t-il été placé en orbite polaire?

R3. Fichier WMV *Rel_gyro_expt-anima* : En orbite polaire, les deux effets, géodésique et à retardement gyroscopique, surviennent à angle droit pour produire une séparation maximale. Il devient possible pour un gyroscope de mesure simultanément les deux effets.

Q4. Quels étaient les trois usages de l'hélium liquide à l'intérieur du vase de Dewar du satellite Gravity Probe B?

R4. Les trois usages de l'hélium liquide à l'intérieur du vase de Dewar du satellite Gravity Probe B comprennent :

- Document de référence C3-310 (p. 25) : Faire tourner les gyroscopes,
- Document de référence C3-310 (p. 30) : Surfusionner les instruments, et
- Document de référence C3-310 (p. 32) : Alimentation des micropropulseurs.

Q5. Dans le principe d'équivalence d'Einstein, qu'est-ce qui est réputé être équivalent?

R5. Document de référence C3-310 (p. 25) : Une expérience de gravité est équivalente à une expérience d'accélération.

Q6. Quelle est la signification de l'état de traînée compensée du satellite Gravity Probe B

R6. Document de référence C3-310 (p. 29) : La moindre quantité de chaleur ou de pression, l'influence d'un champ magnétique et n'importe quelle sorte d'accélération gravitationnelle, ou la moindre quantité de turbulence atmosphérique, détruirait la précision de l'instrument.



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC



Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-804/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-804-PF-002/A-CR-CCP-804-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.