

NOM :

PRÉNOM :

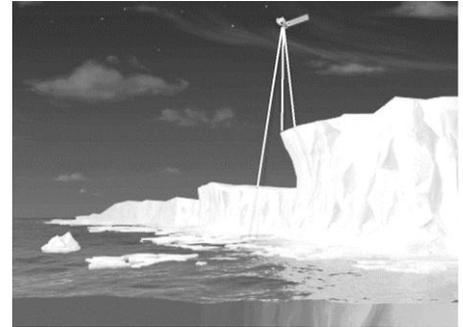
CLASSE :

Le sujet est à rendre avec la copie

## THÈME : L'UNIVERS

### La fonte de la calotte glaciaire observée depuis l'espace

La Nasa a récemment lancé un satellite avec à son bord l'altimètre laser ATLAS, le plus performant jamais placé en orbite, destiné à révéler l'ampleur de la fonte des glaces sur une Terre qui se réchauffe. La mission va récolter suffisamment de données pour mesurer les changements annuels d'épaisseur de la couche de glace au Groenland et dans l'Antarctique, même si ce n'est que de quatre millimètres à peine.



D'après <https://www.sciencesetavenir.fr/>

L'objectif de cet exercice est d'une part d'étudier les caractéristiques du laser et du mouvement du satellite et d'autre part d'étudier le lien entre la fonte des glaciers et le changement climatique.

#### Document 1 : L'altimètre Laser

Afin de calculer la distance entre le satellite et la surface de la Terre, l'altimètre ATLAS mesure la durée que met la lumière émise par le laser pour faire l'aller-retour entre le satellite et la surface terrestre.

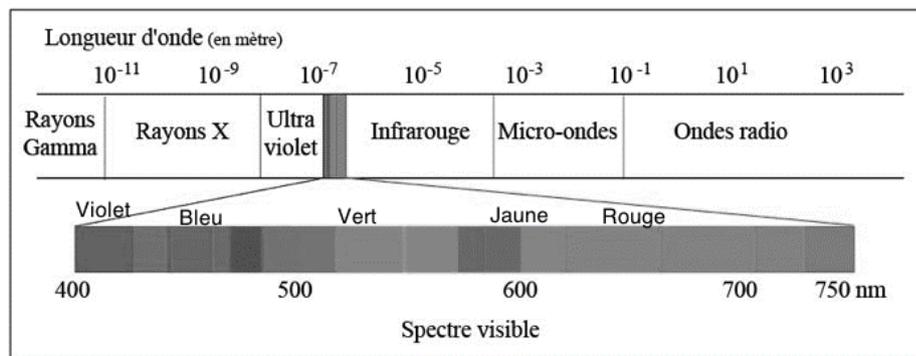
Le laser d'ATLAS émet des impulsions à la fréquence de 10 kHz à une longueur d'onde  $\lambda = 650 \text{ nm}$ . Grâce à cette fréquence incroyablement élevée, ATLAS peut prendre des mesures tous les 70 cm sur la calotte glaciaire.

Le satellite évolue à 500 km d'altitude, à la vitesse moyenne de 7 km/s et passe plusieurs fois par an au-dessus du même point de la surface du globe.

D'après le site de la Nasa

#### Données :

- célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$  ;
- masse de la Terre :  $M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$  ;
- rayon de la Terre (considérée sphérique) :  $R_T = 6\,400 \text{ km}$  ;
- altitude de l'orbite du satellite :  $H = 500 \text{ km}$  ;
- masse du satellite :  $m_S = 1387 \text{ kg}$  ;
- valeur de la constante gravitationnelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$  ;
- domaines du spectre électromagnétique :



- multiples et sous-multiples :

| Picoseconde          | Nanoseconde         | Microseconde        |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| ps                   | ns                  | $\mu\text{s}$       |
| $10^{-12} \text{ s}$ | $10^{-9} \text{ s}$ | $10^{-6} \text{ s}$ |

Les quatre parties de l'exercice sont indépendantes.

## PREMIÈRE PARTIE : À PROPOS DU LASER

**Q1. (1,5 point)** Cocher la ou les bonnes réponses (une ou plusieurs réponses justes pour chaque question).

a. La période  $T$  des impulsions du laser est :

- $1,0 \times 10^{-4}$  ms
- $1,0 \times 10^{-1}$  s
- $1,0 \times 10^{-4}$  s
- $1,0 \times 10^2$   $\mu$ s

b. La lumière émise par le laser est :

- bleue visible
- rouge visible
- infrarouge
- ultraviolette

## DEUXIÈME PARTIE : INTERACTION GRAVITATIONNELLE

**Q2. (0,5 point)** Sur un schéma représentant la Terre et le satellite, tracer (sans souci d'échelle) le vecteur noté  $\vec{F}_T$  modélisant la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite.

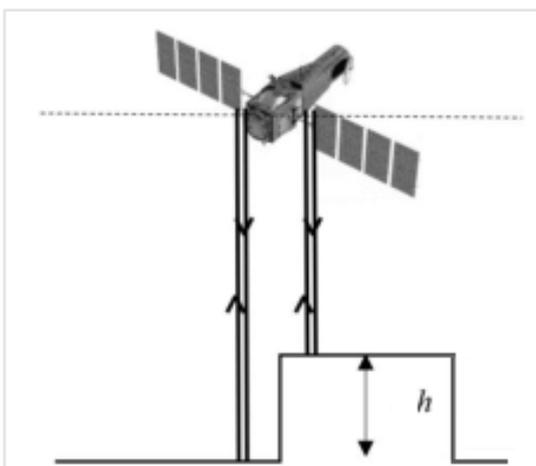
**Q3. (1 point)** Donner l'expression littérale de l'intensité de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite en fonction de  $R_T$ ,  $H$ ,  $G$ ,  $m_S$  et  $M_T$ . Calculer sa valeur numérique.

**Q4. (0,5 point)** Justifier que l'intensité de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite est constante tout au long de l'orbite du satellite.

## TROISIÈME PARTIE : OBSERVATION ET PRÉCISION

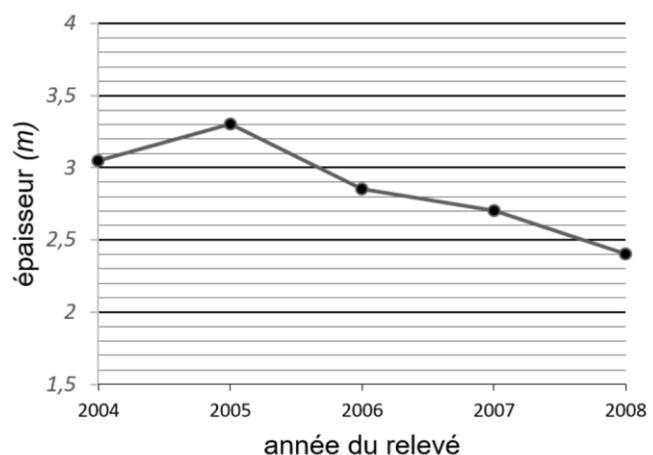
Avant ce lancement de la NASA, le dernier satellite à avoir étudié l'altitude de la surface de la calotte glaciaire a été mis en orbite en 2014. Cependant, il ne relevait l'altitude de la surface de la calotte glaciaire qu'une fois par an. Le document 3 présente l'évolution de l'épaisseur de la calotte glaciaire du continent Antarctique durant ses quatre années d'existence.

**Document 2 : Schéma de principe d'un satellite survolant un relief de hauteur  $h$**



*D'après le site de la Nasa*

**Document 3 : Évolution de l'épaisseur de la calotte glaciaire antarctique.**



*D'après le site de la Nasa*

**Q5. (1 point)** Au moment où le satellite survole un dénivelé (variation de relief) de hauteur  $h$  (voir document 2), la durée mesurée par l'altimètre entre l'émission et la réception de l'impulsion laser correspond à la durée mesurée en absence de dénivelé à laquelle on soustrait une valeur  $\Delta t$ . Cette variation  $\Delta t$  est la durée mise par le signal pour réaliser un aller-retour sur une hauteur  $h$ . Montrer que la valeur de  $\Delta t$  lorsque le satellite survole un dénivelé de hauteur de  $h = 1,0 \text{ m}$  est de  $6,7 \times 10^{-9} \text{ s}$ .

La résolution de l'altimètre (taille du plus petit relief détectable) est directement liée à la précision du chronomètre (plus petit intervalle de temps mesurable) qui est embarqué sur le satellite.

**Q6. (2 points)** Parmi les chronomètres suivants indiquer, en exploitant le document 3, celui ou ceux qui ont pu être utilisés à bord du satellite pour détecter les variations de l'épaisseur de la calotte glaciaire sur le continent antarctique entre l'année 2006 et 2007.

|           | Chronomètre 1 | Chronomètre 2   | Chronomètre 3 | Chronomètre 4 | Chronomètre 5 |
|-----------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| Précision | 1 ms          | 1 $\mu\text{s}$ | 1 ns          | 0,1 ns        | 0,01 ns       |

*L'élève est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie et les étapes de résolution sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Des calculs sont nécessaires.*

#### QUATRIÈME PARTIE : CHANGEMENT CLIMATIQUE ET COURANTS MARINS

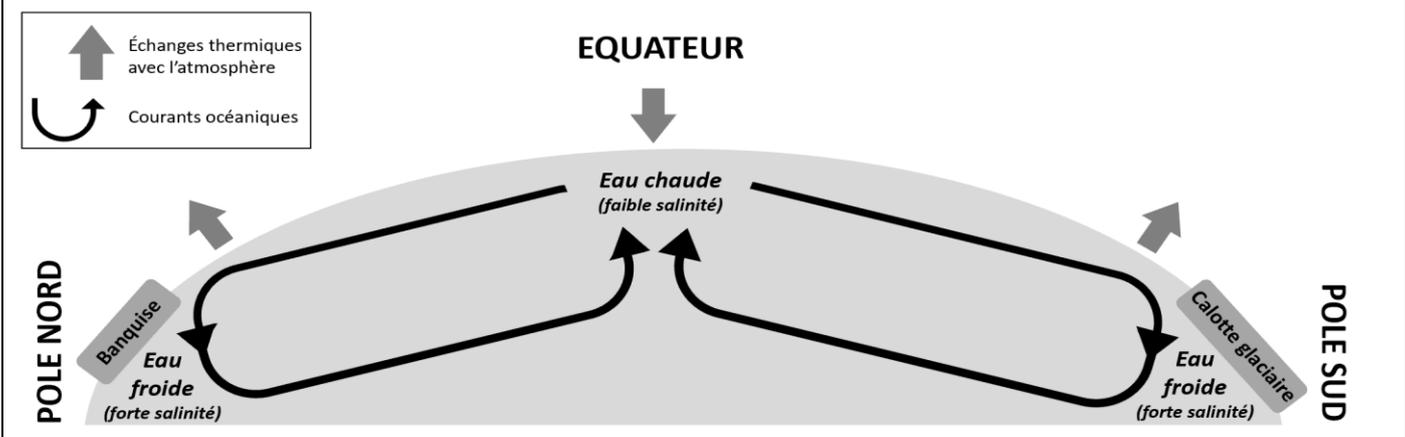
##### Document 4. Le rôle de la circulation océanique dans la régulation du climat

**La circulation océanique joue un rôle clé dans la régulation du climat, en assurant le stockage et le transport de l'énergie thermique.**

Dans les océans, les eaux profondes, comme les eaux de surface, se déplacent et créent de puissants courants océaniques. Les différences de température et de salinité au sein des masses d'eau océaniques sont à l'origine de ces courants. La densité de l'eau de mer dépend en effet de sa température et de sa salinité.

Les eaux, très salées, arrivant aux pôles se refroidissent et plongent. Ces eaux profondes se déplacent vers l'Équateur. Elles sont alors réchauffées et moins salées et remontent à la surface. Ces eaux de surface se déplacent vers les pôles où elles se refroidissent à nouveau, et ainsi de suite.

La fonte de la calotte glaciaire pourrait modifier localement la circulation océanique, ce qui accentuerait le changement climatique.



D'après [https://ocean-climate.org/?page\\_id=3811](https://ocean-climate.org/?page_id=3811)  
<http://accés.ens-lyon.fr/accés>

La salinité d'une eau représente la masse totale de sels dissous (en grammes) par litre d'eau salée. Elle s'exprime en g/L.

**Q7.a. (1 point)** Les « sels de mer » sont constitués en majorité par les ions chlorure et par les ions sodium, mais aussi les ions sulfate, magnésium, calcium, potassium, iode, etc.

Sachant que le numéro atomique du chlore vaut  $Z(\text{Cl}) = 17$ , déterminer la formule de l'ion chlorure en expliquant votre démarche.

**Q7.b. (0,5 point)** Le chlorure de magnésium  $\text{MgCl}_2$  solide est composé d'ions magnésium et d'ions chlorure. Déduire de la question précédente la formule des ions magnésium.

**Q8. (1,5 point)** On trouve les données suivantes :

- La salinité de l'eau issue de la banquise fondue est de 0,50 g/L à la température de 1°C
- La salinité de l'eau de mer qui arrive aux pôles est de 37 g/L à la température de 1°C

Montrer que, dans ces conditions, si 2,00 L d'eau de mer qui arrivent aux pôles se mélangent à 0,10 L d'eau issue de la fonte de la banquise, la salinité du mélange est de 35 g/L.

**Q9. (0,5 point)** À l'aide du résultat précédent, proposer une explication à la phrase soulignée dans le document 4.

|     | Tâche    | Niveau | Compétence           | Réponse attendue   | Évaluation- Notation |  |  |  |
|-----|----------|--------|----------------------|--|----------------------|--|--|--|
| Q1a | Simple   | 2      | ANALYSER<br>RÉALISER | =1,0 x 10 <sup>2</sup> μs  | 1                    |  |  |  |
| Q1b | Simple   | 1      | ANALYSER             | Lumière rouge visible  | 0,5                  |  |  |  |
| Q2  | Simple   | 1      | RÉALISER             |    | 0,5                  |  |  |  |
| Q3  | Simple   | 3      | RÉALISER             |  | 1                    |  |  |  |
| Q4  | Simple   | 2      | VALIDER              | Toutes les grandeurs dont dépend sont constantes au cours du mouvement du satellite (notamment son altitude qui ne varie pas). La force d'interaction gravitationnelle a donc une valeur constante.  | 0,5                  |  |  |  |
| Q5  | Simple   | 2      | ANALYSER             | Différence de durée Δt correspond au temps de propagation nécessaire pour un aller-retour de la hauteur du relief h : donc = 6,7 x 10 <sup>-9</sup> s  | 1                    |  |  |  |
| Q6  | Complexe | 4      |                      | <b>Évaluation des compétences</b><br>A : Les critères choisis apparaissent dans leur totalité.<br>B : Les critères choisis apparaissent partiellement.<br>C : Les critères choisis apparaissent de manière insuffisante.<br>D : Les critères choisis ne sont pas présents  | Niveau de maîtrise   |  |  |  |
|     |          |        | ANALYSER             | Associe hauteur (h) et épaisseur calotte glaciaire : e = variation de l'épaisseur entre 2006 et 2007 doc 1<br>Identifie le lien entre la précision et temps : pour l'intervalle de temps associée à la petite variation d'épaisseur, il faut que   |                      |  |  |  |
|     |          |        | RÉALISER             | Doc 1 Lecture de la variation d'épaisseur entre 2006 et 2007 :<br>Donc<br>Conversion unités ns<br>(2ème voie de résolution éventuelle : pour chaque chrono calcul de la précision associée)  |                      |  |  |  |
|     |          |        | VALIDER              | Tous les chronomètres de résolution plus petits sont aussi valides => chronos 3, 4 et 5 utilisables  |                      |  |  |  |
|     |          |        |                      | Majorité de A □ 2      Majorité de B □ 1      Majorité de C □ 0,5      Majorité de D □ 0,5 ou 0  | 2                    |  |  |  |
| Q7a | Simple   | 2      | RÉALISER             | Le numéro atomique du chlore est Z = 17. Donc la structure électronique de l'atome Cl est (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup> (M) <sup>7</sup> . Pour obéir à la règle de l'octet, l'atome de Cl doit donc gagner 1 électron. La formule de l'ion chlorure est donc Cl <sup>-</sup> .  | 1                    |  |  |  |
| Q7b | Simple   | 3      | ANALYSER             | Le chlorure de magnésium est électriquement neutre. Il contient 2 ions chlorure qui apportent donc 2 charges négatives. Comme il ne contient qu'un seul ion magnésium, on en déduit que sa formule est Mg <sup>2+</sup> .  | 0,5                  |  |  |  |
| Q8  | Simple   | 4      | RÉALISER             | Il faut calculer la concentration massique du mélange (eau de banquise + eau de mer) :   | 1,5                  |  |  |  |
| Q9  | Simple   | 2      | VALIDER              | Le changement climatique provoque la fonte de la banquise et la salinité des océans polaires diminue<br>La formation des courants marins est liée aux différences de salinité des eaux des océans donc les courants marins vont être modifiés<br>La modification des courants marins a un impact sur le changement climatique, comme expliqué dans le doc 4. | 0,5                  |  |  |  |