

Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date:

Devoir surveillé 4		Appréciation
☰ Chapitre	👤 Classe	
CHAPITRES 11 à 14.	Tle Spé	
🖨 Calculatrice	🕒 Durée	
Autorisée	1,25 h	

Répondre aux problèmes et questions de ce devoir sur une (des) feuille(s) à part. Indiquez votre nom et prénom, ainsi que votre classe et le numéro des questions. La présentation qui inclut la clarté de votre rédaction ainsi que sa grammaire et son orthographe, est à soigner. Toute réponse non justifiée ne sera pas acceptée. Les tracés doivent se faire à la règle. Le sujet est à rendre avec la copie.

Problème 1: Athérosclérose

L'athérosclérose est une maladie chronique caractérisée par l'apparition de dépôts graisseux dans les artères, ce qui perturbe la circulation du sang. En première approximation, le sang peut être considéré comme un fluide incompressible qui s'écoule en régime permanent dans une canalisation.

À un stade avancé de la maladie, la tension artérielle (différence entre la pression du sang et la pression atmosphérique) peut être assez grande pour que l'artère se ferme momentanément. La tension artérielle du sang l'ouvre puis elle se ferme de nouveau, provoquant une palpitation vasculaire qui peut être entendue à l'aide d'un stéthoscope.

On considère ici qu'une artère saine est cylindrique, de diamètre $d_A = 1,0 \text{ cm}$ et que la vitesse d'écoulement du sang est de $v_A = 20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. La masse volumique du sang est $\rho_{\text{sang}} = 1,06 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. On suppose le patient allongé ($z_A = z_B$).

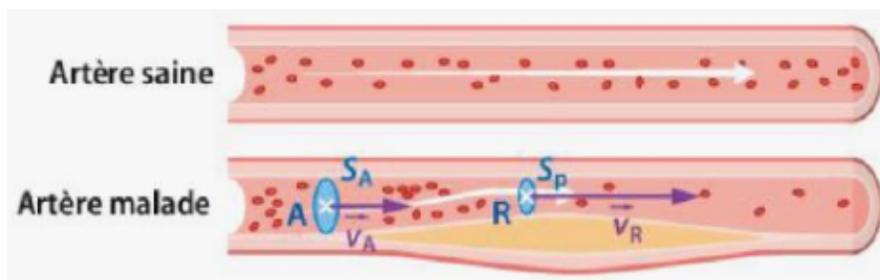


Figure 1: Comparaison entre une artère saine et une artère malade.

- Calculer le débit volumique D_{V_A} du sang dans l'artère saine, en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ puis en $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$.
- Déduire, qualitativement, l'effet d'une plaque d'athérome sur la vitesse du sang au niveau de la plaque.
- Montrer, à l'aide de la relation de Bernoulli, que dans un fluide en écoulement horizontal dans une conduite subissant un rétrécissement, une dépression (baisse de la pression) se forme au niveau du rétrécissement (effet Venturi). On rappelle que la relation de Bernoulli, valable le long d'une ligne de courant, est:

$$P + \rho \frac{v^2}{2} + \rho g z = \text{constante} \quad (4)$$

4. Juste avant le rétrécissement, la tension dans l'artère est $P_A = 16\text{kPa}$. Estimer le diamètre d_R au niveau du rétrécissement pour lequel la pression s'annule ($P_R = 0\text{Pa}$). Le candidat sera récompensé pour ses recherches pertinentes même s'il n'aboutit pas au résultat final.

Problème 3. À la découverte des lunes glacées de Jupiter

Quelles sont les conditions qui président à la formation des planètes et à l'émergence de la vie ? Comment est né le système solaire ? Autant de questions fondamentales auxquelles la mission JUICE (*Jupiter Icy Moons Explorer*), qui a décollé avec succès le 14 avril 2023, tentera de répondre à partir de 2031, grâce à l'exploration de Jupiter et de trois de ses lunes. Au cours de cette phase d'exploration qui durera 4 ans, la sonde JUICE s'intéressera tout particulièrement à l'une d'elle, Ganymède, suspectée d'abriter un océan liquide sous sa croûte de glace.



Exploring Jupiter and Ganymede (artist's impression). Source : esa.int

Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement de la sonde JUICE autour de Ganymède.

Données :

- rayon de Ganymède : $R_G = 2,63 \times 10^3$ km ;
- masse de Ganymède : $M_G = 1,82 \times 10^{23}$ kg ;
- distance maximale entre Jupiter et la Terre : $9,3 \times 10^8$ km ;
- valeur de la constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³·kg⁻¹·s⁻² ;
- la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide est supposée connue.

1. Orbites de la sonde JUICE autour de Ganymède

À partir de décembre 2034, la sonde JUICE se placera sur différentes orbites autour de Ganymède :

- durant une première phase de 30 jours, la sonde circulera sur une orbite elliptique ;
- elle restera ensuite 90 jours sur une orbite circulaire d'altitude 5 000 km ;
- une nouvelle manœuvre la placera sur une orbite circulaire d'altitude 500 km d'où elle étudiera Ganymède durant 102 jours ;
- enfin, la sonde se placera sur une orbite circulaire d'altitude inférieure à 500 km pour une durée de 30 jours.

Source : Wikipedia

Exercice 2

On s'intéresse à l'orbite circulaire d'altitude $h = 500$ km de la sonde JUICE autour de Ganymède.

- Q.1.** Schématiser, sans souci d'échelle, Ganymède et l'orbite de la sonde JUICE. Placer le repère de Frenet (\vec{u}_t, \vec{u}_n) et représenter \vec{F}_G la force d'interaction gravitationnelle à laquelle la sonde JUICE est soumise de la part de Ganymède, à un point quelconque de sa trajectoire.
- Q.2.** Exprimer, dans le repère de Frenet, le vecteur de la force \vec{F}_G .
- Q.3.** On considère que \vec{F}_G est la seule force qui s'exerce sur la sonde JUICE. Montrer que la sonde JUICE a un mouvement circulaire uniforme dans le référentiel, supposé galiléen, centré sur Ganymède.
- Q.4.** Montrer que la vitesse de la sonde JUICE peut s'écrire :

$$v = \sqrt{\frac{G \times M_G}{R_G + h}}$$

- Q.5.** Établir l'expression de la période T en fonction de R_G , h , M_G et G puis en déduire que sur l'orbite circulaire d'altitude 500 km, la sonde JUICE a une période de valeur proche de $T_{500} = 2,77$ h.
- Q.6.** En utilisant la troisième loi de Kepler, déterminer la période de la sonde JUICE sur son orbite circulaire d'altitude 5 000 km.

« Les 1167 orbites que la sonde JUICE effectuera autour de Ganymède suffiront à révéler les secrets qu'elle cache sous sa couche de glace. »

D'après Science&Vie du 19 avril 2023.

- Q.7.** En utilisant les réponses aux questions 5 et 6, estimer le nombre d'orbites effectuées par la sonde JUICE autour de Ganymède et commenter la phrase ci-dessus.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche pertinente, même non aboutie, sera valorisée.

2. Communication avec la Terre

« Le temps mis par le signal radio pour faire un aller-retour de la sonde JUICE à la Terre est de 1 h 46. »

D'après Wikipedia

- Q.8.** Indiquer à quel type d'ondes les ondes radio appartiennent : mécanique ou électromagnétique.
- Q.9.** Montrer, en négligeant la distance entre la sonde JUICE et Jupiter, que le temps mis par le signal radio pour faire un aller-retour entre la sonde JUICE et la Terre est proche de celui annoncé.