Sujet zéro

CORRECTION Yohan Atlan © www.vecteurbac.fr

CLASSE : Terminale	**EXERCICE 3** : 11 points
VOIE : ☒ Générale	**ENSEIGNEMENT : physique-chimie**
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h53	**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒ Oui sans mémoire, « type collège »

EXERCICE 3 – Un vol inaugural un peu particulier (11 points)

A

1.

Système : propulseurs

Référentiel : terrestre supposé galiléen

D'après le texte : « on considère que le mouvement est vertical » de plus entre 420 s et 430 s, la vitesse est constante. »

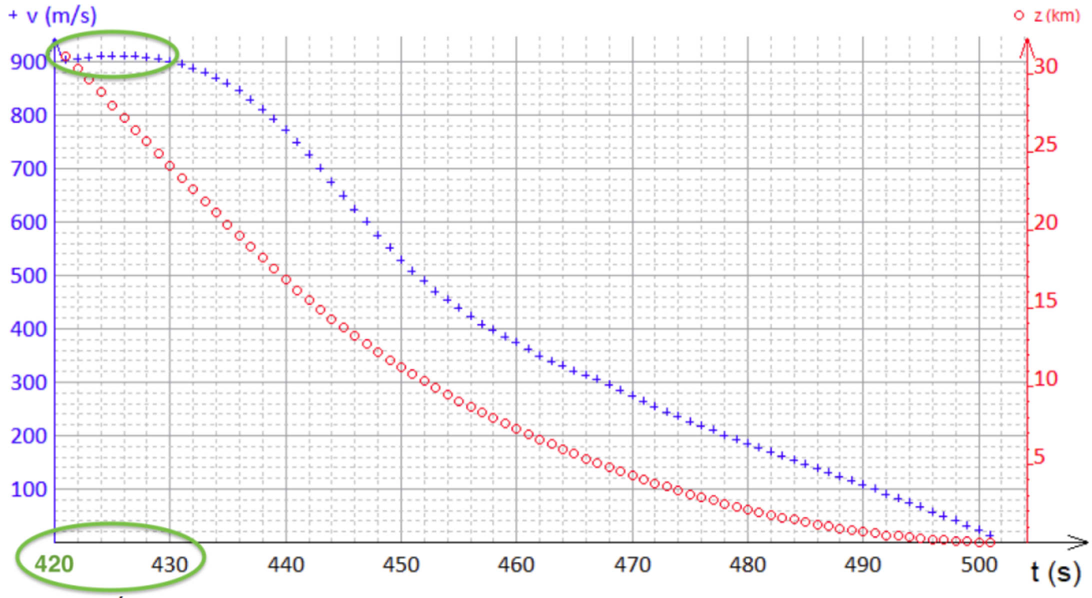


Figure 2. Évolution de la vitesse et de l'altitude d'un propulseur pendant les 80 secondes précédant l'atterrissage (le quadrillage correspond à l'axe de la vitesse).

Le mouvement est donc rectiligne uniforme.

Ainsi, d'après le principe d'inertie,

$\Sigma\vec{F}_{ext} = \vec{0}$

$\vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$

$\vec{F} = -\vec{P}$

Le poids est compensé par une force $\vec{F}$.

Cette force est verticale mais orienté vers le haut.

D'après le texte : « les moteurs sont éteints », cette autre force n'est pas la force de poussée.

Il s'agit de la force de frottement.

2.

2.1.

« Un axe (Oz) vertical orienté vers le haut et dont l'origine est choisie au sol »

2.2.

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OG_P}}{dt}$$

2.3.

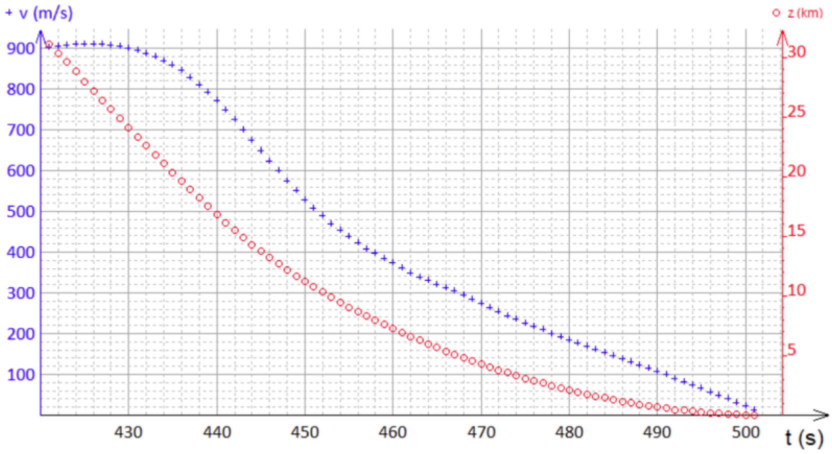


Figure 2. Évolution de la vitesse et de l'altitude d'un propulseur pendant les 80 secondes précédant l'atterrissage (le quadrillage correspond à l'axe de la vitesse).

$\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OG_P}}{dt}$

$\vec{v} = \dfrac{d\vec{z}}{dt}$

$-v \times \vec{k} = \dfrac{dz}{dt} \times \vec{k}$

$-v = \dfrac{dz}{dt}$

$v = -\dfrac{dz}{dt}$

Z décroit donc $\frac{dz}{dt} < 0$

$v = -\dfrac{dz}{dt}$

D'ou $v > 0$

La valeur de la vitesse est positive

3.

$a_z = \dfrac{dv_z}{dt}$

La dérivée est le coefficient directeur de la tangente.

Traçons la tangente pour t > 467 s et calculons le coefficient directeur :

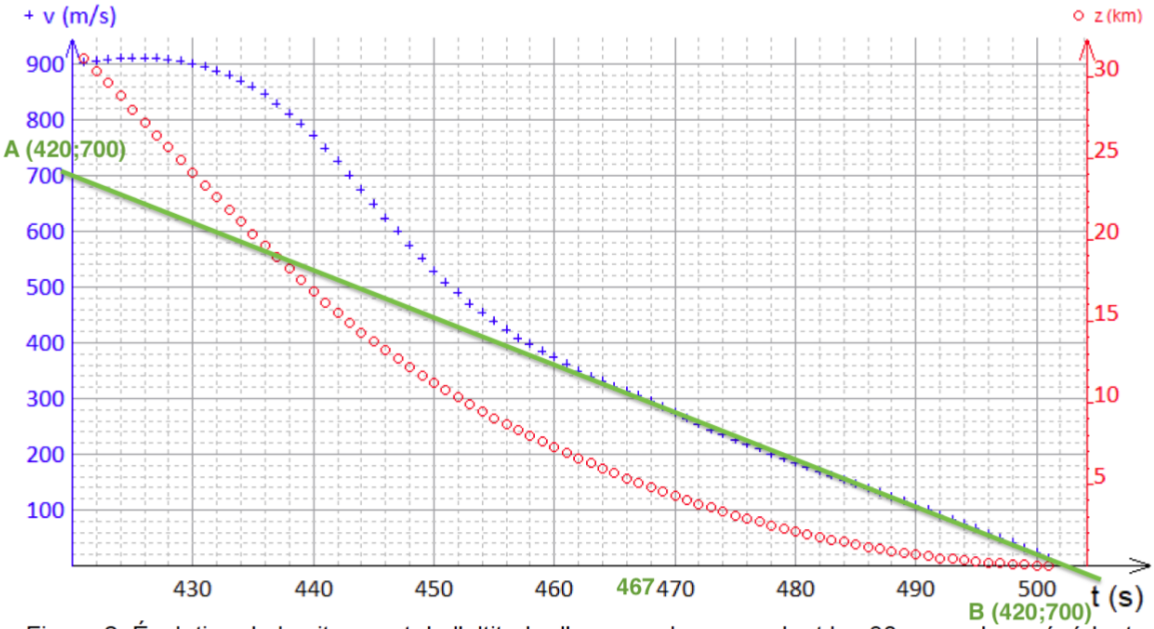


Figure 2. Évolution de la vitesse et de l'altitude d'un propulseur pendant les 80 secondes précédant l'atterrissage (le quadrillage correspond à l'axe de la vitesse).

$k = \dfrac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$

$k = \dfrac{0 - 700}{502 - 420}$

$k = -8{,}5 \text{ m.s}^{-2}$

$a_z = -8{,}5 \text{ m.s}^{-2}$

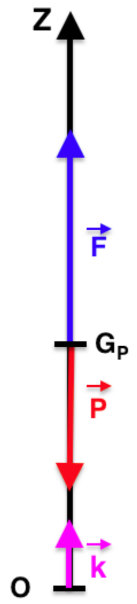
$a = \sqrt{a_z^2}$

$a = \sqrt{(-8{,}5\ )^2}$

$a = 8{,}5 \text{ m.s}^{-2}$

4.

4.1.



4.2.

D'après la 2nd loi de Newton :

$\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

$\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$

$\vec{F} = -\vec{P} + m\vec{a}$

Projetons sur l'axe z :

$F = - \times -P + ma$

$F = P + ma$

$F = mg + ma$

$F = m(g + a)$

$F = 2{,}53.10^3(9{,}81 + 8{,}5)$

$F = 4{,}63.10^4$

$F = 463 \text{ kN}$

Commenter le résultat obtenu :

D'après le texte : « Poussée maximale d'un moteur Merlin au niveau du sol : 845 kN

La poussée de chaque moteur Merlin est modulable entre 50 % et 100 % de la poussée maximale. »

$\frac{50}{100} \times 845 = 423 \text{ kN}$

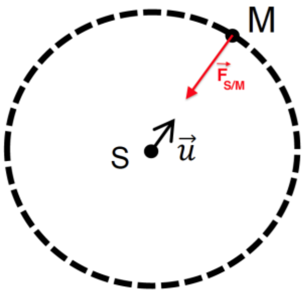
Soit

$423 \text{ kN} < F < 845 \text{ kN}$

La valeur trouvée est bien comprise dans cet intervalle.

B

1.



2.

Système : Mars

Référentiel : Héliocentrique supposé galiléen

$$\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = M_M \times \vec{a}$$

$$\overrightarrow{F_{S/M}} = M_M \times \vec{a}$$

$$-G\,.\frac{M_S \times M_M}{d_{MS}^2}\vec{u} = M_M \times \vec{a}$$

$$\vec{a} = -G\,.\frac{M_S}{d_{MS}^2}\vec{u}$$

3.

3.1.

Pour un mouvement circulaire, dans la base de Frenet, le vecteur accélération est de la forme :

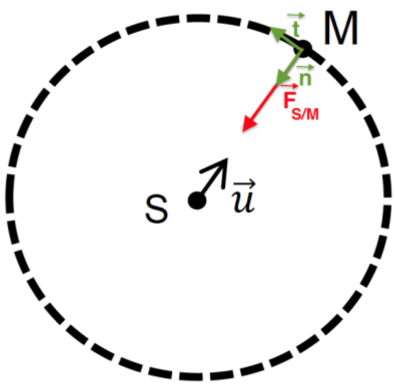
$$\vec{a} = \frac{v^2}{d_{MS}}\vec{n} + \frac{dv}{dt}\vec{t}$$

Or

$$\vec{a} = -G\,.\frac{M_S}{d_{MS}^2}\vec{u}$$

$$\vec{n} = -\vec{u}$$

$$\vec{a} = G\,.\frac{M_S}{d_{MS}^2}\vec{n}$$



L'accélération étant unique, par identification :

- $\frac{dv}{dt} = 0$ donc v=constante donc mars à un mouvement uniforme.

3.2.

L'accélération étant unique, par identification :

- $\frac{v^2}{d_{MS}} = G\,.\frac{M_S}{d_{MS}^2}$ donc $v = \sqrt{G\,.\frac{M_S}{d_{MS}}}$

4.

La période de révolution est :

$$T = \frac{\text{circonference}}{\text{vitesse}} = \frac{2\pi d_{MS}}{\sqrt{G\,.\frac{M_S}{d_{MS}}}} = 2\pi\sqrt{\frac{d_{MS}^3}{G \times M_S}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(2{,}28 \times 10^8 \times 10^3)^3}{6{,}67.10^{-11} \times 1{,}99.10^{30}}} = 5{,}94 \times 10^7 s = 691 \text{ jours}$$

C

1.

1.1.

Un transfert thermique s'effectue toujours d'un corps chaud vers un corps froid.
D'après le texte : « Une technique déjà ancienne consiste à baisser la température des carburants et des combustibles en les faisant circuler dans un bain de diazote liquide »
Ainsi, la température du LOX diminue et la température du diazote augmente.
Le transfert thermique s'effectue du LOX (corps chaud) vers le diazote (corps froid).

La conséquence éventuellement observable pour le diazote : la température du diazote augmente, il risque de passer de l'état liquide à l'état gazeux.

1.2.

$$Q = \Delta U = M.c.\Delta T$$

$$Q = 287{,}4.10^3 \times 1659 \times (-10)$$

$$Q = -4{,}8.10^9 J$$

2.

$$P = hS(T_{air} - T)$$

Or

$$P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{M.c.\Delta T}{\Delta t}$$

D'ou

$$\frac{M.c.\Delta T}{\Delta t} = hS(T_{air} - T)$$

En faisant tendre Δt vers 0

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{dT}{dt}$$

$$M.c\frac{dT}{dt} = hS(T_{air} - T)$$

3.

$$M.c\frac{dT}{dt} = hS(T_{air} - T)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{hS}{M.c}(T_{air} - T)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{hS}{M.c}T_{air} - \frac{hS}{M.c}T$$

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{hS}{M.c}T + \frac{hS}{M.c}T_{air}$$

C'est une équation différentielle de la forme : $y' = ay + b$

La solution de cette équation différentielle s'écrit : $y(t) = Ke^{at} - \frac{b}{a}$

$y = T$

$a = -\frac{hS}{M.c}$

$b = \frac{hS}{M.c}T_{air}$

$$T(t) = Ke^{-\frac{hS}{M.c}t} - \frac{\frac{hS}{M.c}T_{air}}{-\frac{hS}{M.c}}$$

$$T(t) = Ke^{-\frac{hS}{M.c}t} + T_{air}$$

Trouvons K :

$T(t=0) = Ke^{-\frac{hS}{M.c}\times 0} + T_{air}$

$T(t=0) = K + T_{air}$

Or à t=0 , $T(t=0) = T_i$

D'ou

$K + T_{air} = T_i$

$K = T_i - T_{air}$

La solution de cette équation différentielle s'écrit :

$$T(t) = (T_i - T_{air})e^{-\frac{hS}{M.c}t} + T_{air}$$

$$T(t) = T_{air} + (T_i - T_{air})e^{-\frac{hS}{M.c}t}$$

Solution proposée par le sujet : $T(t) = T_{air} + A.e^{-\frac{t}{\tau}}$

Par identification :

$$T(t) = T_{air} + (T_i - T_{air})e^{-\frac{hS}{M.c}t}$$

$$T(t) = T_{air} + A.e^{-\frac{1}{\tau}t}$$

$A = T_i - T_{air}$

$-\frac{1}{\tau} = -\frac{hS}{M.c}$

$\tau = \frac{M.c}{hS}$

Unité de τ :

$$[\tau] = \frac{[C]}{[h] \times [S]}$$

$$[\tau] = \frac{J.K^{-1}}{W.m^{-2}K^{-1} \times m^2}$$

$$[\tau] = \frac{J}{W}$$

Or $Q = P \times \Delta t$

donc $J = W.s$

donc

$$[\tau] = \frac{W.s}{W}$$

$$[\tau] = s$$

L'unité de τ est la seconde. τ est une constante de temps.

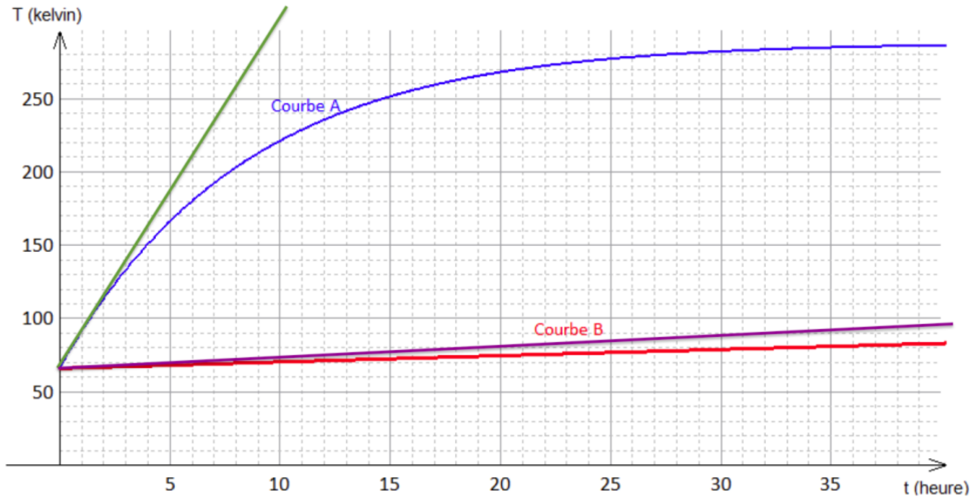
4.

4.1.

$$\tau = \frac{M.c}{hS}$$

Pour trouver τ graphiquement :

- On trace la tangente à la courbe à t=0
- On repère l'intersection de la tangente avec la valeur maximale de T atteinte
- On lit graphiquement ce temps et on trouve τ



$$\tau_A < \tau_B$$

$$\frac{M.c}{h_A S} < \frac{M.c}{h_B S}$$

$$\frac{1}{h_A} < \frac{1}{h_B}$$

$$h_A > h_B$$

D'ou

$$h_A = h_2 = 60\ W.K^{-1}.m^{-2}$$

$$h_B = h_1 = 1{,}0\ W.K^{-1}.m^{-2}$$

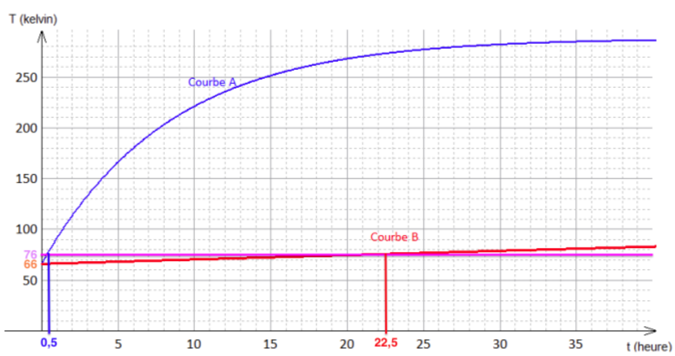
4.2.

D'après le texte : « Pour que l'augmentation de température du LOX dans le réservoir ne soit pas trop importante, le remplissage se fait pendant les 45 minutes précédant le décollage. »

Ainsi, l'augmentation de température se fait pour un temps du même ordre de grandeur.

Graphiquement, l'augmentation de 10°K se fait pour un temps $t_A = 0{,}5\ h = 30\ min$ et $t_B = 22{,}5h$.

La courbe A semble la mieux rendre compte de la situation réelle étudiée.

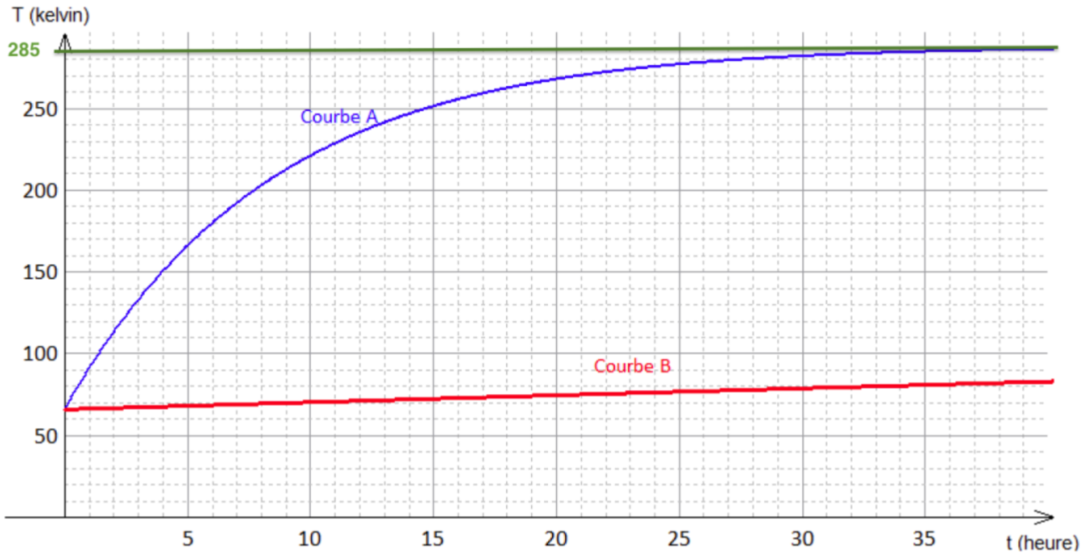


5.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{hS}{M.c}(T_{air} - T)$$

- à t=0 s T_i=66°K
- à un temps t pour lequel l'élévation est de 10°K : T=76°K
- Pour trouver T_{air} , faisons tendre le temps t → ∞ dans la solution de l'équation différentielle :

  $T(t \to \infty) = T_{air} + (T_i - T_{air})e^{-\frac{hS}{M.c}\infty}$
  $T(t \to \infty) = T_{air}$
  Graphiquement $T(t \to \infty) = 290$ °K d'ou $T_{air} = 290$ °K



Comparons la dérivée à ces deux instants :

$$\frac{\frac{dT}{dt}_{t=0}}{\frac{dT}{dt}_t} = \frac{\frac{hS}{M.c}(T_{air} - T_i)}{\frac{hS}{M.c}(T_{air} - T)} = \frac{(T_{air} - T_i)}{(T_{air} - T)}$$

$$\frac{\frac{dT}{dt}_{t=0}}{\frac{dT}{dt}_t} = \frac{(285 - 66)}{(285 - 76)} = 1,0$$

$$\frac{dT}{dt}_{t=0} = \frac{dT}{dt}_t$$

Donc quelle que soit la valeur de la constante d'échange h, la dérivée de la température par rapport au temps $\frac{dT}{dt}$ peut être considérée constante au début du réchauffement.

6.

Question **4.2.** : La courbe A semble la mieux rendre compte de la situation réelle étudiée.
Il faudrait connaître le temps expérimental d'élévation de 10°K pour déterminer la valeur de h la plus exacte possible.