



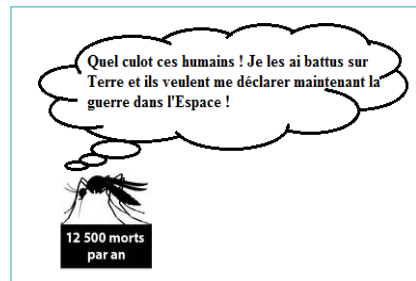
L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Exercice 1 : Les moustiques sur la ligne de mire des satellites (8 points)

Utiliser des satellites pour lutter contre les moustiques !

Actuellement des programmes européens ou américains ont mis au point un système de surveillance des moustiques utilisant le principe de la télédétection par satellite. Bien sûr, les satellites ne sont pas capables de « suivre à la trace » les moustiques. Mais ce sont d'excellents outils pour repérer les éléments géographiques ou météorologiques qui pourraient faciliter l'apparition des moustiques, donc les détecter avant qu'ils ne fassent des victimes.



Les parties I et II de l'exercice sont indépendantes.

I. Lancement du satellite SPOT 7

En matière de télédétection par satellite, un des programmes utilisé est la télédétection SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) mise en place en 1978 par la France, en collaboration avec la Belgique et la Suède.

En juin 2014, le satellite SPOT 7, conçu et réalisé par Airbus Defence and Space, a été lancé par une fusée indienne PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) depuis le centre spatial Satish Dhawan, en Inde.

A. Décollage de la fusée PSLV

Pour ce lancement, la fusée PSLV a une masse totale M avec le satellite au décollage.

Sa propulsion est assurée par un ensemble de six réacteurs fournissant une force de poussée \vec{F} verticale constante, de valeur $F = 4386 \text{ kN}$. Tout au long du

décollage, on admet que le vecteur champ de pesanteur \vec{g} est uniforme et la masse totale M de la fusée diminue.

On étudie le mouvement du centre d'inertie du système {fusée} dans le

référentiel terrestre supposé galiléen et on choisit un repère (O, \vec{j}) dans lequel

\vec{j} est un vecteur unitaire vertical dirigé vers le haut et porté par l'axe (O, y) . On prend $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

On supposera que seuls le poids \vec{P} et la force de poussée \vec{F} agissent sur la fusée. À l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$, PSLV est immobile et son centre d'inertie G est confondu avec l'origine O du repère.

1. Expliquer la phrase : le vecteur champ de pesanteur \vec{g} est uniforme.
2. Représenter un schéma sur votre copie et sans soucis d'échelle les deux forces qui agissent sur la fusée PSLV.
3. En utilisant une loi que l'on précisera, montrer que la valeur du vecteur accélération \vec{a} du centre d'inertie de la fusée au cours de son décollage est :

$$a = \frac{F}{M} - g.$$

Comment évolue la valeur de cette accélération au cours de la montée de la fusée ?

B. Mise en orbite du satellite SPOT 7

La mise en orbite du satellite se fait en plusieurs temps : mise en orbite elliptique dont l'apogée (point le plus éloigné de la Terre) correspond à l'altitude de l'orbite définitive, puis impression d'une nouvelle poussée de la fusée qui transforme l'orbite elliptique en orbite circulaire.

Sur cette orbite avec son altitude h de **694 km**, le satellite Spot 7 tourne autour de la Terre avec une période T d'environ **100 minutes**.

Dans tout l'exercice, on assimilera le satellite à son centre d'inertie S.

Données :

Masse de la Terre $M_T = 5,98.10^{24}$ kg ; Rayon de la Terre $R_T = 6,38.10^3$ km.

Masse du satellite $m_s = 720$ kg ; Constante de gravitation $G = 6,67.10^{-11}$ S.I.

1. Dans quel référentiel peut-on étudier le mouvement du satellite ?
2. Placer le repère de Frenet (S, \vec{t}, \vec{n}) et la force \vec{F} de gravitation exercée par la Terre sur le schéma de la **figure 1 de la feuille Annexe 1**.
3. En utilisant le repère de Frenet, donner l'expression vectorielle de la force de gravitation \vec{F} exercée par la Terre en fonction des données de l'exercice.
4. À l'aide d'une loi que l'on précisera, montrer que le mouvement du satellite sur son orbite est uniforme.
5. Montrer que l'expression de la vitesse du satellite est : $v = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T + h}}$.
Calculer la valeur de cette vitesse.
6. Retrouver par le calcul la période T du satellite Spot 7 indiquée dans le texte.

II. Le satellite Spot 7 en activité

Une fois en orbite sur son altitude h de **694 km**, le satellite SPOT 7 déploie son capteur optique appelé NAOMI (New Astrosat Optical Modular Instrument). Cet instrument est capable de mesurer la réflectance de la surface de la Terre étudiée à partir des rayonnements électromagnétiques émis ou réfléchis par cette surface lorsqu'elle est éclairée par le Soleil. La réflectance désigne la proportion d'énergie réfléchie selon la direction du capteur par rapport à l'énergie totale émise par le Soleil. Elle évolue de façon continue en fonction du temps. Ensuite le satellite converti la réflectance en images numériques et transmet ces images par ondes hertziennes vers des stations de réception au sol où elles sont traitées, analysées et exploitées.

Des documents utiles pour la résolution de certaines questions sont donnés à la fin de l'exercice.

1. Quelle est l'ordre de grandeur de la durée Δt mis par le rayonnement solaire réfléchi par la surface de la Terre pour atteindre le satellite ? On donne la célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0.10^8$ m/s.
2. La réflectance est-elle une grandeur analogique ou numérique ? Justifier votre réponse.
3. Identifier les différents éléments de la chaîne de transmission cités dans la dernière phrase du texte.

1. La transmission entre le satellite et les stations de réception au sol est-elle guidée ou libre ? Justifier votre réponse.
2. Pour communiquer avec un satellite, peut-on utiliser des signaux sonores ? Pourquoi ?

Les moustiques étant attirés par l'eau pour leur reproduction, les différents points d'eau représentent chacun un site potentiel de propagation des épidémies comme par exemple le paludisme. Pour détecter ces points d'eau, le satellite Spot 7 a cartographié en mode multi-spectral trois zones géographiques (E, F et G) suspectées d'être un foyer pour les moustiques.

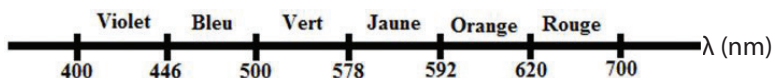
Les tableaux correspondant au codage des canaux (A, B, C et D) d'une partie des images numériques des trois zones (E, F et G) sont donnés dans le **Document 4** présent à la fin de l'exercice.

3. Dans le **Document 2**, on parle de code binaire. Qu'est-ce qu'un code binaire ?
4. En utilisant le **Document 1**, donner la couleur dominante de chaque bande spectral des canaux A, B et C du capteur NAOMI présenté dans le **Document 2**.
5. Expliquer pourquoi le canal D ne peut pas donner une image comme les autres canaux.
6. Identifier en justifiant la zone qui pourrait être un lieu de reproduction potentiel pour les moustiques parmi les zones (E, F et G) en utilisant les **Documents 3 et 4**.
7. En mode mono-spectral, une zone aurait une image blanche sur la carte. Identifier cette zone en utilisant le **Document 4**.

DOCUMENTS UTILES POUR LA PARTIE II DE L'EXERCICE 1

Document 1 : Spectre visible de la lumière

Le spectre visible se situe entre 400 nm et 700 nm dans le vide. Chaque couleur correspond à une certaine longueur d'onde λ .



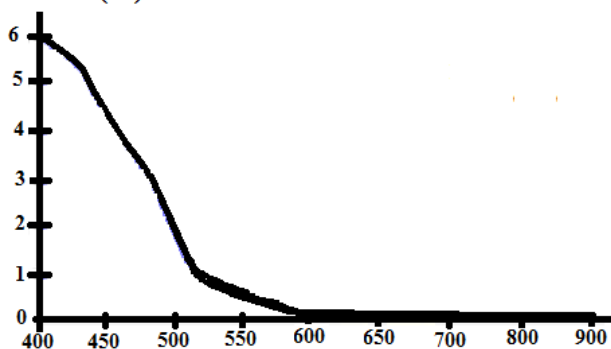
Document 2 : Caractéristiques du capteur NAOMI

Le capteur NAOMI est capable d'enregistrer en mode multi-spectral de 4 canaux (A, B, C et D) ou en mode mono-spectral appelé panchromatique. Pour chaque canal, le capteur convertit les valeurs de la réflectance en code binaire de 256 niveaux compris entre 0 et 255.

Mode	Canal	Bande spectrale en μm	Résolution
Multi-spectral	A	0,450 – 0,520	6m x 6m
	B	0,530 – 0,590	
	C	0,625 – 0,695	
	D	0,760 – 0,890	
Mono-spectral	Panchromatique	0,450 – 0,745	1,5m x 1,5m

Document 3 : Réflectance de l'eau

Réflectance (%)



Longueur d'onde (nm)

Document 4 : Tableaux correspondants au codage des canaux (A, B, C et D) du capteur NAOMI

Zone E	Canal	Valeurs		
	A	54	48	61
	B	251	249	252
	C	82	85	78
	D	250	252	255

Zone F	Canal	Valeurs		
	A	244	241	243
	B	47	44	38
	C	5	8	3
	D	0	0	0

Zone G	Canal	Valeurs		
	A	248	250	254
	B	252	250	255
	C	254	253	253
	D	255	255	255

Exercice 2 : Titrage du glucose dans la solution pour perfusion DjibPharma (4 points)

La solution pour perfusion **Glucose 5 %** DjibPharma est utilisée comme véhicule et solvant pour les médicaments contre le paludisme par exemple. Elle est vendue dans les pharmacies sous forme de poche en plastique de **500 mL**. L'indication **5 %** signifie : dans **100 mL** de cette solution, il y a **5 g** de glucose.

Dans le laboratoire d'un lycée, un élève voudrait vérifier cette indication. Pour cela, il utilise un titrage par une réaction d'oxydoréduction.

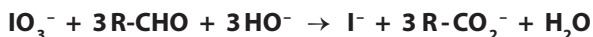


I. Principe du titrage

On réalise un mélange composé d'une solution de diiode en excès, de la solution de glucose et d'une solution d'hydroxyde de sodium. Dans ce milieu basique, d'abord le diiode I_2 se transforme totalement en ions iodure I^- et ions iodate IO_3^- selon la **réaction 1** :



Ensuite le glucose noté **R-CHO** est oxydé en ion gluconate noté **R-CO₂⁻** par les ions iodate IO_3^- selon la **réaction 2** :



Après, on acidifie le milieu réactionnel : les ions iodate en excès sont réduits en diiode qui sera dosé par des ions thiosulfate.

Le diiode est la seule espèce colorée dans ce mélange réactionnel. Il est de couleur brune en solution.

Données : Couples oxydo-réducteurs : I_2/I^- ; IO_3^-/I^- ; IO_3^-/I_2 ; $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$;
Masse molaire du glucose : **M = 180 g.mol⁻¹**.

11. Quel est le rôle de la solution d'hydroxyde de sodium dans le mélange ?
12. En utilisant les données de l'exercice, quels sont les deux couples oxydo-réducteurs mise en jeu dans la réaction 1 ?

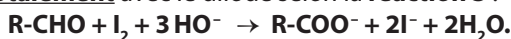
13. Comment évolue la couleur du mélange au cours du temps dans la réaction 1 ?
14. Dans la réaction 2, le glucose est-il un oxydant ou un réducteur ? Justifier votre réponse.
15. D'après le texte encadré ci-dessus, écrire la demi-équation traduisant la réduction des ions iodate en milieu acide.

I. Manipulation

À partir de la solution de glucose pharmaceutique S_0 , l'élève prépare d'abord une solution S_1 de volume **50,0 mL** diluée **10 fois**. Ensuite dans un erlenmeyer de **100 mL**, il verse un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S_1 , un volume $V_2 = 20,0 \text{ mL}$ d'une solution de diiode de concentration molaire $C_2 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et **5 mL** de solution concentrée d'hydroxyde de sodium. Dans ce mélange réactionnel, le diiode est en excès face au glucose.

Après environ **30 mn**, il ajoute dans l'erlenmeyer **10 mL** de solution concentrée d'acide chlorhydrique. Ensuite il titre l'excès de diiode par une solution de thiosulfate de sodium de concentration $C = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume versé à l'équivalence est alors $V_{\text{eq}} = 14,4 \text{ mL}$.

Pour la suite de l'exercice et dans un souci de clarté, on supposera que le glucose réagit **totalelement** avec le diiode selon la **réaction 3** :



L'excès de diiode est ensuite titré par une solution de thiosulfate de sodium ($2\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$).

L'équation-bilan de la réaction de titrage est : $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$.

On note respectivement n_1 et n_2 les quantités initiales de glucose et de diiode introduites dans l'erlenmeyer.

1. Décrire brièvement la préparation de la solution diluée S_1 effectuée par l'élève en précisant la verrerie utilisée (nom et volume).
2. Compléter en fonction des quantités de matière n_1 , n_2 , x et x_{max} le tableau d'avancement se trouvant **dans la feuille Annexe 1**.
3. Calculer la quantité n_2 de diiode initialement introduite dans l'erlenmeyer.
4. Définir l'équivalence. Comment peut-on le repérer ?
5. Ce type de titrage est-il un titrage direct ou indirect ? Justifier votre réponse.
6. Déterminer la quantité $n_{2\text{ex}}$ de diiode en excès titrée à l'équivalence. Cette quantité correspond à la quantité de diiode restante dans le mélange à la fin de la réaction.
7. Montrer que la concentration molaire C_1 de la solution diluée S_1 peut s'écrire : $C_1 = 5,0 \times (V_2 - V_{\text{eq}})$ avec les **volumes V_2 et V_{eq} exprimés en L**. Calculer C_1 .
8. En déduire la concentration molaire C_0 de la solution pharmaceutique S_0 . L'indication de **5%** portée sur la poche en plastique est-elle correcte ? Justifier votre réponse.

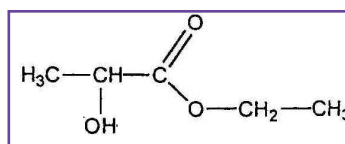
Un médecin a prescrit à un patient de **83 kg** une perfusion avec cette solution **Glucose 5% DjibPharma** pour une durée de **8 heures**. Pour éviter une hyperglycémie, le débit de perfusion ne doit pas dépasser certaine limite. Pour une masse corporelle de **1 kg**, la dose maximale de glucose à administrer au patient est de **5 mg par minute**.

9. Combien de poche de 500 mL de la solution Glucose 5% DjibPharma, doit prévoir le médecin pour ce patient ?

Exercice 3 : le lactate d'éthyle, un solvant organique écologique (4 points)

On estime qu'environ 14 millions de tonnes de solvants organiques sont utilisés par an dans le monde. Les dangers pour le public et l'environnement qui y sont associés amènent les entreprises à travailler au remplacement de nombre d'entre eux.

Un nouveau solvant est de plus en plus utilisé dans les milieux de travail, il s'agit du **lactate d'éthyle**. Ce produit est un ester hydroxylé liquide soluble dans l'eau et naturellement présent dans plusieurs aliments et boissons. Il peut être synthétisé à partir de l'acide lactique et de l'éthanol qui sont des substances naturelles qui peuvent être obtenues par fermentation du maïs par exemple. Comme c'est un composé organique difficilement présent sous forme gazeuse dans l'atmosphère, peu inflammable, il a peu d'effet sur les utilisateurs et l'environnement. Le lactate d'éthyle est donc un produit de remplacement acceptable pour certains solvants toxiques ou inflammables.



Formule semi-développée du lactate d'éthyle

Nom de l'espèce chimique	Éthanol	Eau	Lactate d'éthyle	Acide lactique	Acide sulfurique
Masse volumique ρ (g.mL ⁻¹)	0,789	1,00	03	1,24	1,84
Masse molaire M (g.mol ⁻¹)	46	18	118	90	98,1
Température d'ébullition	79°C	100°C	154°C	122°C	337°C
Température de fusion	-114°C	0°C	-25°C	18°C	10°C

I.À propos du lactate d'éthyle

1. Citer un effet que peut provoquer la pollution de l'air sur l'environnement.
2. En utilisant le tableau, dire pourquoi le lactate d'éthyle est difficilement présent sous forme gazeuse dans l'atmosphère.
3. Dans le texte, on dit que le lactate d'éthyle est un ester hydroxylé. Expliquer cette phrase à partir de la formule semi-développée de cette molécule.

- La molécule du lactate d'éthyle présente un atome de carbone asymétrique. Recopier sa formule semi-développée et repérer par un astérisque (*) cet atome asymétrique.
- Définir la chiralité d'une molécule. Le lactate d'éthyle est-elle une molécule chirale ? Justifier votre réponse.
- À partir de la formule semi-développée du lactate d'éthyle, retrouver les formules semi-développées de l'acide lactique et de l'éthanol.

I. Synthèse du lactate d'éthyle

Les élèves d'un lycée se proposent de réaliser la synthèse du lactate d'éthyle et de suivre son évolution au cours du temps. Pour cela, ils font un chauffage à reflux d'un mélange initial composé d'un volume $V_A = 32,6 \text{ mL}$ d'acide lactique, d'un volume $V_B = 26,2 \text{ mL}$ d'éthanol et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Avec un procédé technique qui n'est pas précisé dans cet exercice, les élèves ont tracé la courbe 1 donnant l'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction de synthèse. Cette courbe 1 se trouve dans la **FIGURE 3 de l'Annexe 2**.

L'équation de la réaction modélisant cette synthèse s'écrit : $A + B = E + H_2O$.

A : acide lactique ; B : éthanol ; E : lactate d'éthyle.

- Quel est l'intérêt d'utiliser un chauffage à reflux ?
- En utilisant les données du tableau, montrer que les quantités initiales d'acide lactique $n(A)_i$ et d'alcool $n(B)_i$ du mélange réactionnel vérifient la relation suivante :
 $n(A)_i = n(B)_i = n = 0,45 \text{ mol}$. Comment appelle-t-on un tel mélange ?
- Comment évolue la vitesse de réaction de ce système chimique au cours du temps ? Justifier votre réponse.
- Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et le déterminer graphiquement. La méthode doit apparaître sur la **courbe 1 de l'Annexe**.
- À partir de la courbe 1, montrer que cette synthèse est une réaction lente et limitée.

Pour les questions 6 et 8, vous pouvez, si vous le souhaitez, utiliser un tableau d'avancement.

- En utilisant la courbe 1 et la réponse de la question 2, montrer que le rendement R de cette synthèse est égal environ à **67%**.

Les élèves veulent vérifier le rendement de cette synthèse en utilisant une autre démarche expérimentale. Pour cela, après le chauffage, ils placent le ballon contenant le mélange réactionnel dans un bain d'eau froide dont la température est fixée à **15 °C**. Des cristaux se forment dans le ballon. Après filtration et séchage, ils pèsent les cristaux et trouvent une masse $m_A = 13,5 \text{ g}$.

7. En utilisant le tableau du début de l'exercice, justifier que l'espèce qui s'est solidifiée dans le ballon est l'acide lactique.

8. Retrouver par calcul la valeur du rendement calculée à la question 6.

Les élèves réalisent une deuxième synthèse du lactate d'éthyle sans modifier la quantité initiale $n(B)_i$ d'éthanol mais en augmentant la quantité initiale $n(A)_i$ d'acide lactique par rapport à la première synthèse : $n(B)_i = n$ et $n(A)_i > n$; avec $n = 0,45 \text{ mol}$.

Dans cette synthèse, ils ajoutent dans le mélange réactionnel quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et ils élèvent la température. Les élèves ont constaté que la synthèse n°2 évolue plus rapidement que la synthèse n°1. À la fin de la séance, ils ont calculé le rendement R' de cette synthèse et ont trouvé $R' = 89 \%$.

9. Pourquoi le rendement de la synthèse n°2 est meilleur que celui de la synthèse n°1 ?

10. Sur la **FIGURE 2** de l'**Annexe 2**, représenter la courbe 2 donnant l'évolution temporelle de l'avancement x de la synthèse n°2.

ANNEXE 1

FIGURE 1

Exercice 1 : Question 5

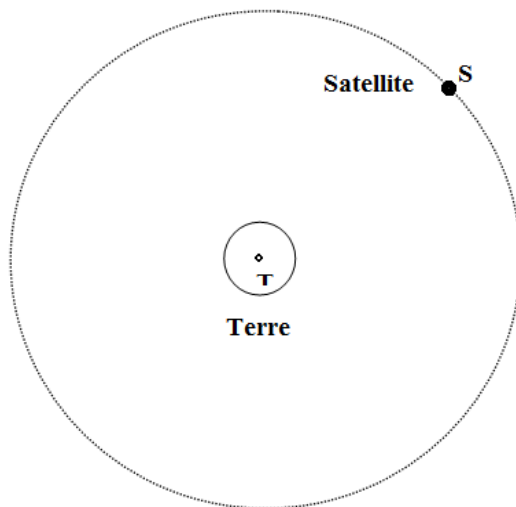


FIGURE 2 Exercice 2 : Question 2

Équation chimique		$R-CHO + I_2 + 3HO^- \rightarrow R-COO^- + 2I^- + 2H_2O$					
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)					
État initial	0			excès			excès
État en cours de transformation	X			excès			excès
État final	X_{max}			excès			excès

ANNEXE 2

FIGURE 3 Exercice 3 : Question 10

