BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 1

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

Matériel autorisé

L'usage de la calculatrice **avec le mode examen activé** est autorisé.

L'usage de la calculatrice **sans mémoire**, « type collège », est autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

Le candidat traite l'intégralité du sujet, qui se compose de 3 exercices.

EXERCICE 1 : AUTOUR DU GÉRANIUM ROSAT (9 POINTS)

L'acide pélargonique, espèce chimique extraite des feuilles du géranium rosat, entre dans la composition des produits phytosanitaires de désherbage en agriculture biologique. En nomenclature officielle, l'acide pélargonique se nomme acide nonanoïque.

Cet exercice s'intéresse successivement à l'identification et au dosage de l'acide pélargonique contenu dans un désherbant, puis à la synthèse d'un des composants d'un produit cosmétique à partir de l'acide nonanoïque.

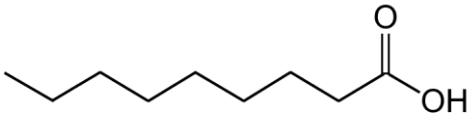
Données :

- Table des bandes d'absorption IR :

Liaison	σ (cm^{-1})	Intensité
O − H alcool	3200 – 3400	Forte et large
O − H acide carboxylique	2500 – 3200	Forte à moyenne, large
C = O ester	1700 – 1740	Forte et fine
C = O aldéhyde	1720 – 1740	Forte et fine
C = O cétone	1705 – 1725	Forte et fine
C = O acide carboxylique	1680 – 1710	Forte et fine

1. Identification de la substance active du désherbant

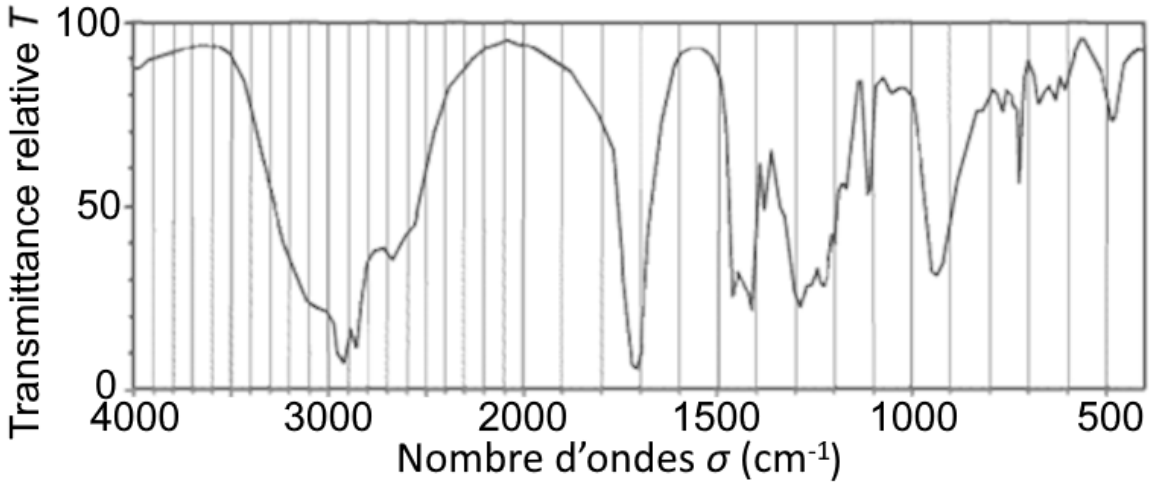
La formule topologique de la molécule d'acide pélargonique (ou acide nonanoïque) est donnée ci-après :



Q.1. Écrire la formule semi-développée de l'acide nonanoïque. Entourer le groupe caractéristique de la molécule puis nommer la famille fonctionnelle associée.

Pour vérifier la nature de l'espèce chimique contenue dans le flacon de désherbant, différents contrôles sont effectués parmi lesquels une analyse par spectroscopie infrarouge (IR).

Le spectre d'absorption IR de l'échantillon obtenu est représenté ci-après :



Source : d'après *Unisciel, uel.unisciel.fr*

Q.2. Justifier que le spectre de l'échantillon peut correspondre à celui de l'acide nonanoïque.

2. Dosage de l'espèce chimique active du désherbant

Sur l'étiquette du flacon de désherbant, on peut lire les informations suivantes :

« *Le désherbant concentré est une solution polyvalente idéale pour éliminer facilement les mauvaises herbes du jardin. Sa formulation à partir d'acide pélargonique à 250 g·L^{-1}, une substance active d'origine végétale, est sans danger pour vos animaux domestiques qui peuvent revenir sur les surfaces traitées dès que le produit est sec* ».

Pour vérifier la concentration en masse en acide pélargonique (ou acide nonanoïque) du désherbant, on réalise un dosage par titrage à l'aide d'un suivi pH-métrique. La solution commerciale est diluée 10 fois. On obtient une solution notée S dont on prélève V_A = 10,0 mL que l'on titre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (Na^+(aq), HO^-(aq)) de concentration en quantité de matière C_B = 0,100 mol·L^{-1} avec une incertitude-type $u(C_B)$ = 0,002 mol·L^{-1}.

On dispose de fioles jaugées (50,0 mL ; 100,0 mL ; 200,0 mL), et de pipettes jaugées (2,0 mL ; 10,0 mL ; 25,0 mL).

Données :

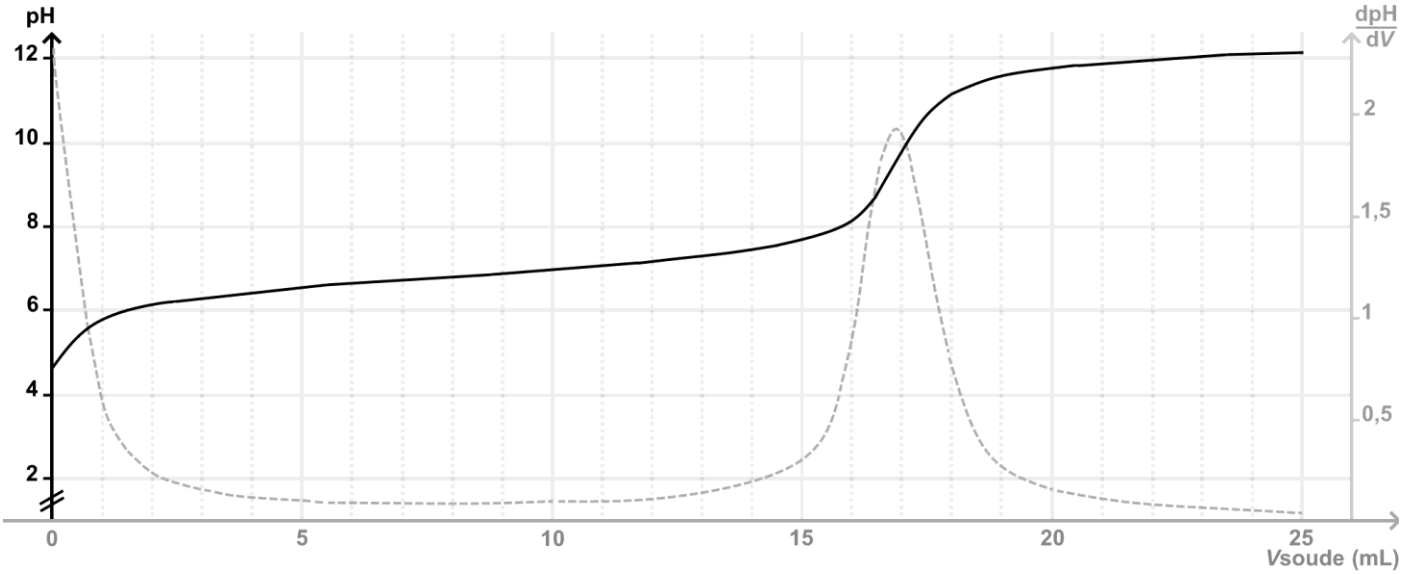
- Masse molaire de l'acide nonanoïque : M (acide nonanoïque) = 158,24 g·mol^{-1} ;
- Incertitudes-types notées sur la verrerie :

	Pipette jaugée de		
V	2,0 mL	10,0 mL	25,0 mL
$u(V)$	0,01 mL	0,02 mL	0,03 mL

- Incertitude-type sur la lecture graphique du volume équivalent : $u(V_E)$ = 0,5 mL ;
- Incertitude-type $u(A)$ d'une grandeur A :

$$\text{si } A = \frac{X \times Y}{Z} \text{ alors } u(A) = A \times \sqrt{\left(\frac{u(X)}{X}\right)^2 + \left(\frac{u(Y)}{Y}\right)^2 + \left(\frac{u(Z)}{Z}\right)^2}$$

- Pour discuter de la compatibilité du résultat d'une mesure A_{mes} avec une valeur de référence A_{ref}, on peut utiliser le quotient $\frac{|A_{mes}-A_{ref}|}{u(A)}$ avec A_{mes} la valeur mesurée, A_{ref} la valeur de référence et $u(A)$ l'incertitude-type de la valeur mesurée A_{mes}.
- Courbe de suivi pH-métrique du titrage de la solution S :



Q.3. Sélectionner, parmi la verrerie disponible, celle qui est à utiliser pour effectuer la dilution de la solution commerciale nonanoïque. Justifier la réponse.

Q.4. Réaliser un schéma du dispositif permettant d'effectuer ce titrage pH-métrique et nommer la verrerie et les solutions.

Q.5. Écrire l'équation de la réaction support du titrage entre l'ion hydroxyde et l'acide nonanoïque. On utilisera la notation R − COOH pour désigner l'acide nonanoïque.

Q.6. Sélectionner parmi les termes suivants, la ou les qualité(s) que doit posséder la réaction support du titrage : lente, rapide, unique, multiple, totale, non-totale.

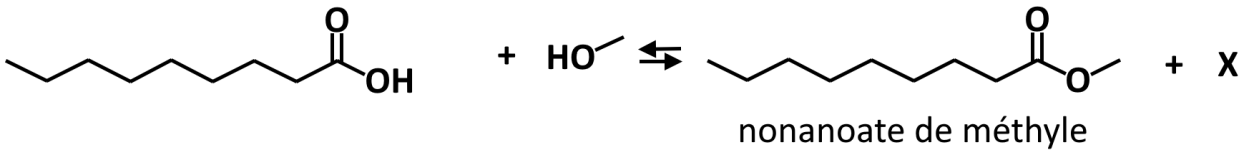
Q.7. Définir l'équivalence d'un titrage.

Q.8. Vérifier que la concentration en masse d'acide nonanoïque indiquée sur le flacon est compatible avec le résultat du dosage pH-métrique.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

3. Synthèse du nonanoate de méthyle

Le nonanoate de méthyle est une espèce chimique que l'on retrouve notamment dans les cosmétiques. La synthèse du nonanoate de méthyle peut être réalisée au laboratoire à partir de méthanol et d'acide nonanoïque, en présence d'acide sulfurique ($2\ H^+\ (aq) + SO_4^{2-}\ (aq)$), selon la réaction d'équation :

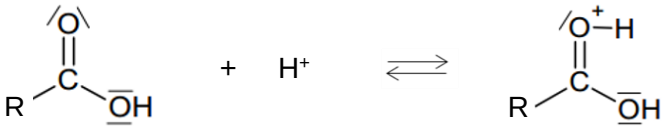


nonanoate de méthyle

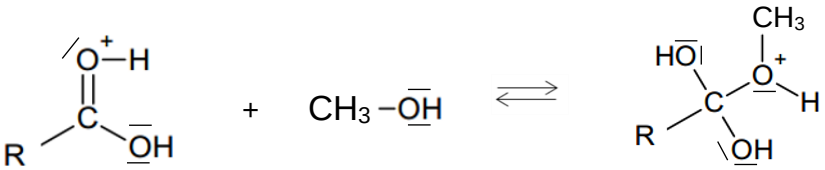
Q.9. Indiquer la famille chimique à laquelle appartient le nonanoate de méthyle.

La réaction de synthèse peut être décomposée en plusieurs étapes élémentaires selon le mécanisme réactionnel suivant :

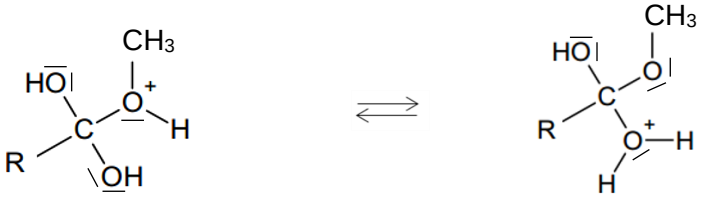
Étape 1 :



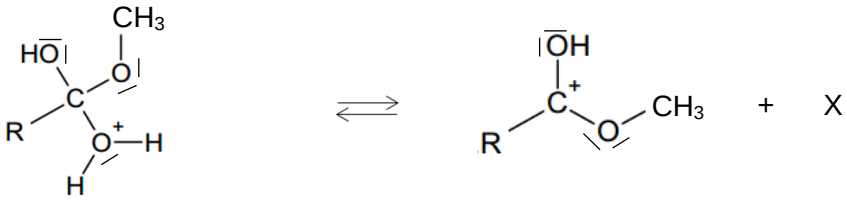
Étape 2 :



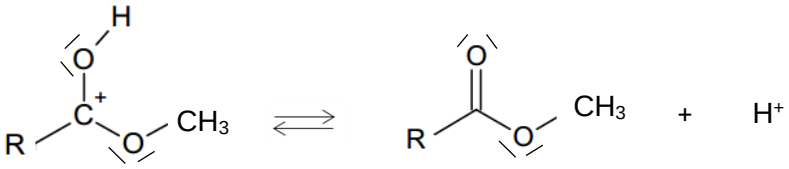
Étape 3 :



Étape 4 :



Étape 5 :



Q.10. Recopier l'étape 1 sur la copie. Représenter la flèche courbe dans cette étape. Justifier son sens.

Q.11. Écrire la formule de la molécule X produite à l'étape 4 du mécanisme. Justifier.

Q.12. Recopier la formule d'un intermédiaire réactionnel au sein du mécanisme réactionnel de formation du nonanoate de méthyle et justifier le choix effectué.

Q.13. Indiquer le rôle de l'acide sulfurique introduit dans le mélange initial. Justifier.

EXERCICE 2 : RADAR PÉDAGOGIQUE ÉQUIPÉ D'UN PANNEAU SOLAIRE (6 POINTS)

Le radar pédagogique est un équipement implanté en bordure de chaussée pour indiquer à l'usager :
- la vitesse à laquelle il circule,
- un message d'alerte si sa vitesse est supérieure à celle qui est autorisée.

Un radar pédagogique (figure 1) est composé de plusieurs éléments :
- un support de fixation rigide ;
- un caisson comportant un écran pour l'affichage ;
- un capteur permettant de détecter les véhicules en circulation ;
- un panneau solaire photovoltaïque.

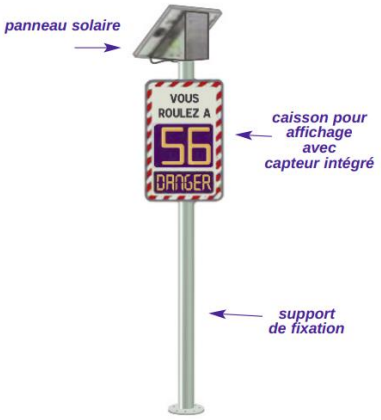


Figure 1. Ensemble des éléments qui constituent un radar pédagogique

Données :

- Panneau solaire photovoltaïque :
  - dimensions : 850 mm x 950 mm ;
  - puissance lumineuse reçue : $P_{lum} = E \times S$ avec E l'éclairement en $W \cdot m^{-2}$ et S la surface du panneau en m^2 ;
  - rendement annoncé : 20 % ;
- Éclairement moyen dans la commune où est placé le radar : $E = 600\ W \cdot m^{-2}$.

Dans un premier temps, cet exercice s'intéresse au panneau solaire photovoltaïque qui assure l'alimentation électrique du radar pédagogique puis, dans un second temps, au fonctionnement du radar pour mesurer la vitesse d'un véhicule.

1. Alimentation électrique du radar : le panneau solaire photovoltaïque

Associé à une batterie, le radar est alimenté électriquement grâce à un panneau solaire photovoltaïque.

Afin de vérifier le rendement du panneau, on réalise le montage électrique suivant :

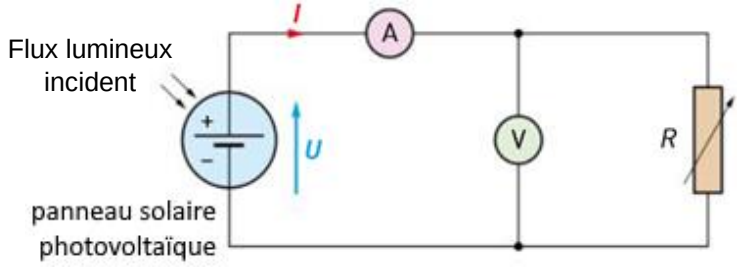


Figure 2. Schéma électrique

L'intensité *I* du courant électrique ainsi que la tension électrique *U* aux bornes du panneau sont mesurées. Les graphiques de la figure 3 représentent, pour différents éclairements, l'évolution de l'intensité *I* et de la puissance électrique *P* fournis par le panneau en fonction de la tension *U* aux bornes du panneau :

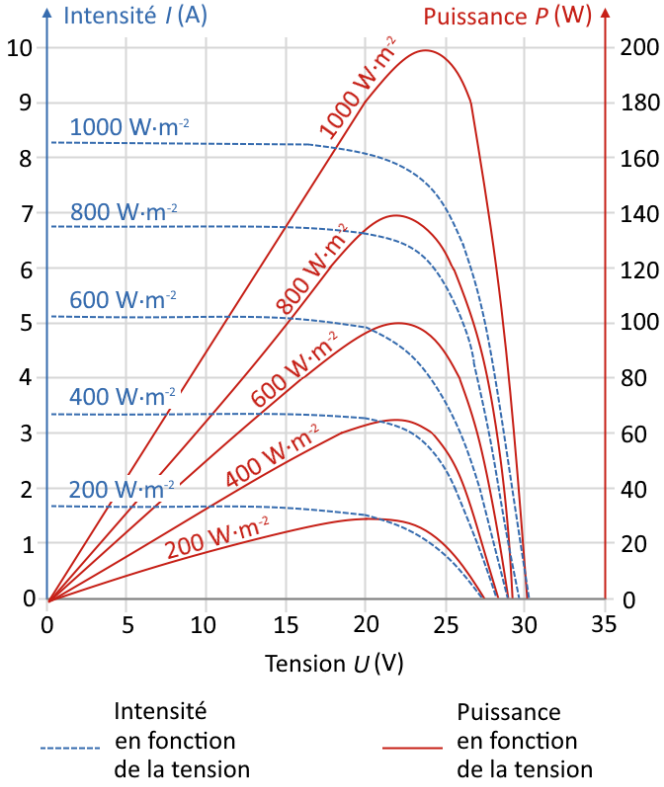


Figure 3. Caractéristiques du panneau photovoltaïque

Q.1. Justifier, en utilisant la figure 3, le fait que dans les conditions d'éclairement du radar, la puissance électrique maximale fournie est P_m = 100 W.

Q.2. Calculer la valeur du rendement η du panneau photovoltaïque. Conclure.

2. Fonctionnement du radar

Un capteur radar est constitué d'un émetteur et d'une antenne réceptrice.

L'émetteur lance de très brefs signaux électromagnétiques dans le domaine des micro-ondes à la fréquence f_E.



Figure 4. Schéma de principe de fonctionnement d'un radar

Les véhicules situés dans le champ de l'émetteur réfléchissent les signaux reçus, qui sont ensuite captés par l'antenne. Celle-ci détermine la fréquence f_R du signal reçu.

Q.3. Décrire qualitativement l'effet Doppler.

Exercice 2

Dans le cadre d'une étude expérimentale réalisable en classe, le capteur radar est modélisé par un émetteur E et un récepteur R d'ondes ultrasonores, fixes et placés l'un à côté de l'autre sur un banc. Une plaque modélisant le véhicule en déplacement est fixée sur un chariot mobile.

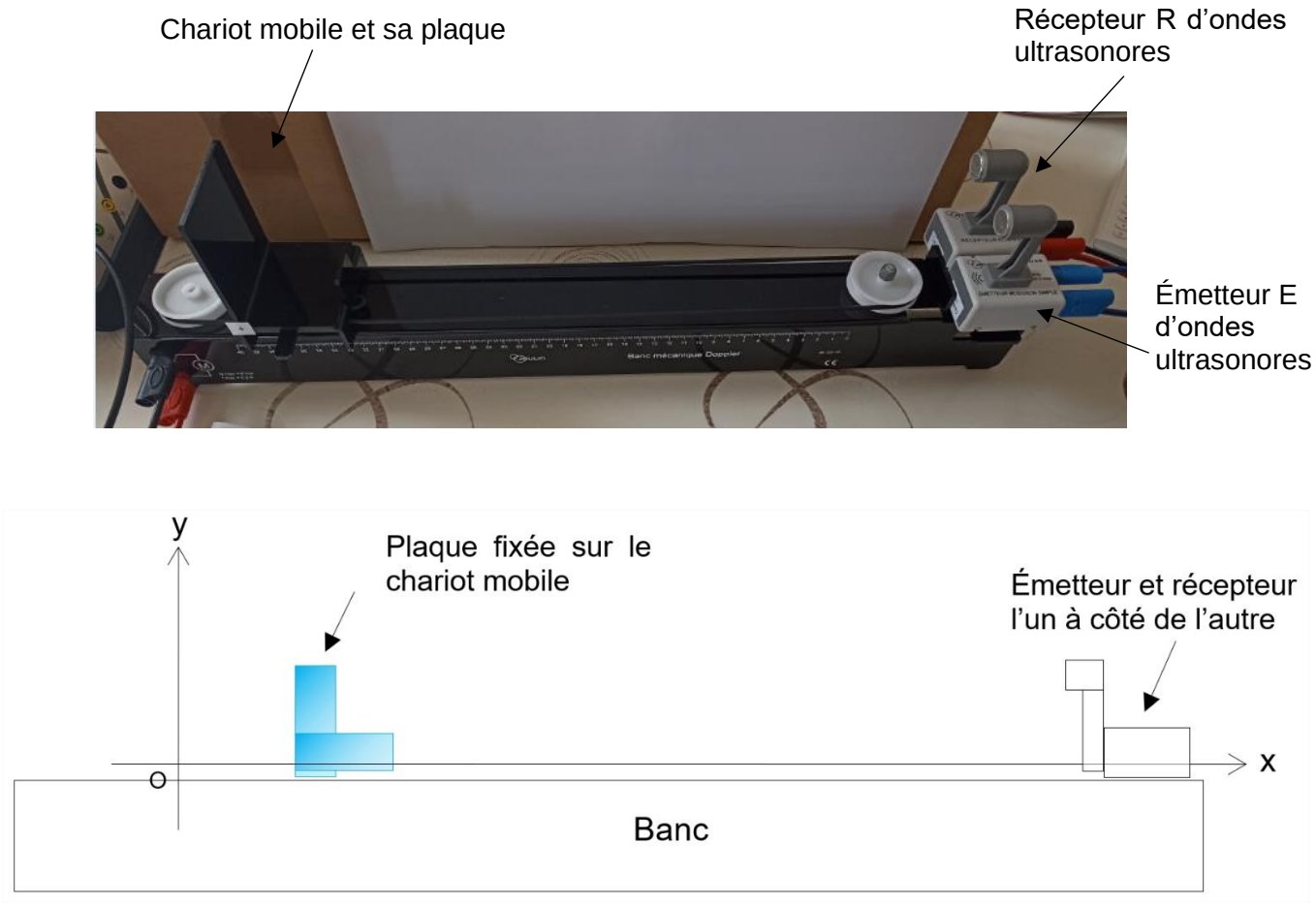


Figure 5. Dispositif expérimental

Le chariot mobile se déplace horizontalement le long du banc, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Données :

- Température de l'air à l'intérieur de la pièce : $\theta = 21{,}0°C$
- Dans tout l'exercice :
  - les forces de frottements exercées par l'air et le banc sur le chariot sont négligées ;
  - la vitesse de déplacement du chariot $v_{chariot}$ est supposée constante.
- Vitesse de propagation v des ondes sonores dans l'air en fonction de la température :

θ (°C)	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0
v (m·s^{-1})	340,61	341,21	341,82	342,43	343,03	343,64	344,25	344,85

- Expression du décalage Doppler pour le capteur radar : $\Delta f = 2 \times f_E \times \frac{v_{chariot}}{v}$
  avec f_E et Δf en Hz, $v_{chariot}$ et v en m·s^{-1}.

Mesure de la vitesse du chariot grâce à un pointage

Le pointage à intervalles de temps réguliers d'un point du chariot, matérialisé par le « + » (figure 6), est réalisé afin d'obtenir la trajectoire du chariot (figure 7).

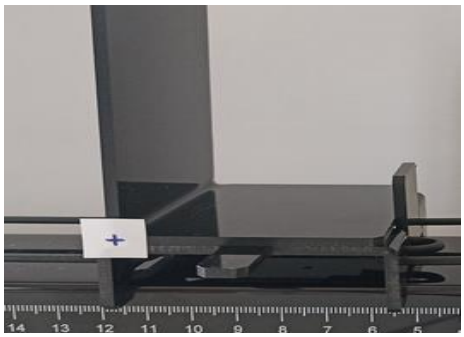


Figure 6. Chariot

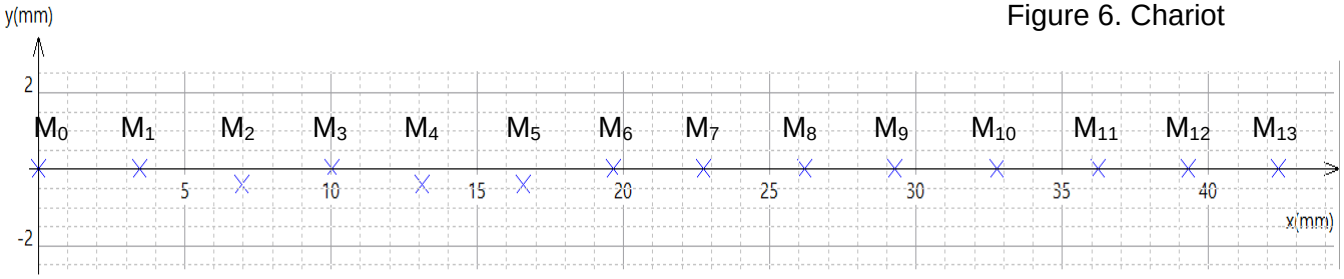


Figure 7. Extrait de l'enregistrement obtenu entre les dates t_0 = 0 s et t_{13} = 0,429 s

Q.4. Calculer les valeurs des vitesses v_7 et v_{11} du chariot respectivement aux dates t_7 et t_{11}.

Le traitement des données acquises permet de tracer l'évolution temporelle de deux grandeurs ; la position x (en m) et la vitesse horizontale v_x (en m·s^{-1}) du chariot : x = f(t) et v_x = g(t) (figures 8a et 8b).

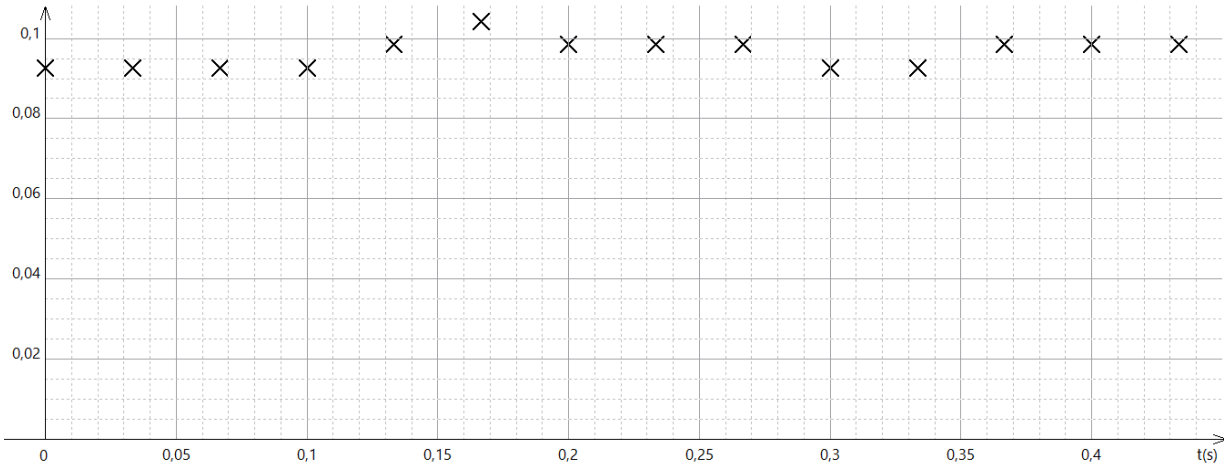


Figure 8a. Courbe A

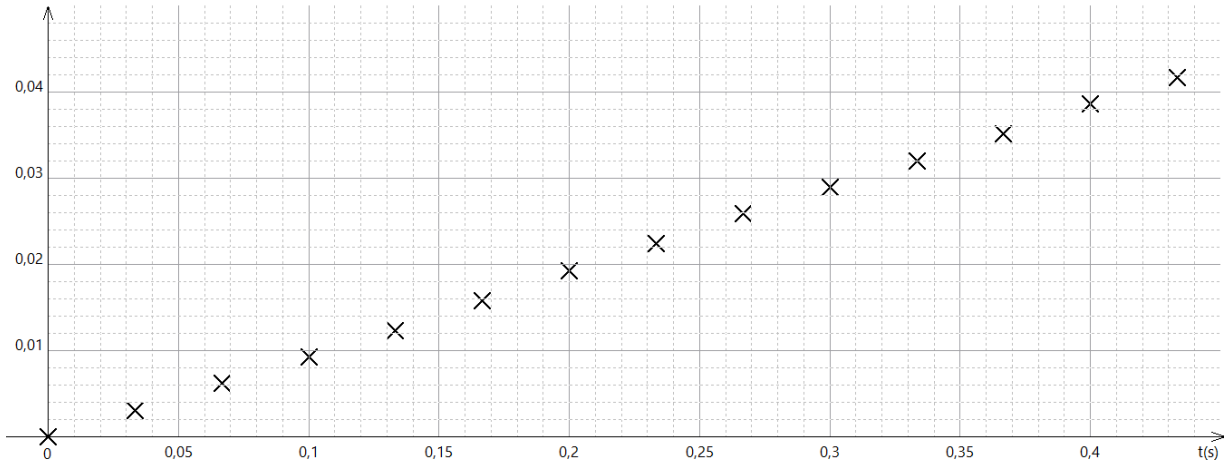


Figure 8b. Courbe B

Q.5. Associer, en justifiant, chaque courbe A et B des figures 8a et 8b à la grandeur correspondante.

Q.6. Estimer, à partir d'une des figures 8a ou 8b, la valeur de la vitesse moyenne du chariot.

Mesure de la vitesse du chariot grâce à l'effet Doppler

Le signal reçu par le récepteur d'ondes ultrasonores lorsque le chariot reste immobile est enregistré. La courbe obtenue de la tension aux bornes du récepteur en fonction du temps est représentée ci-dessous (figure 9).

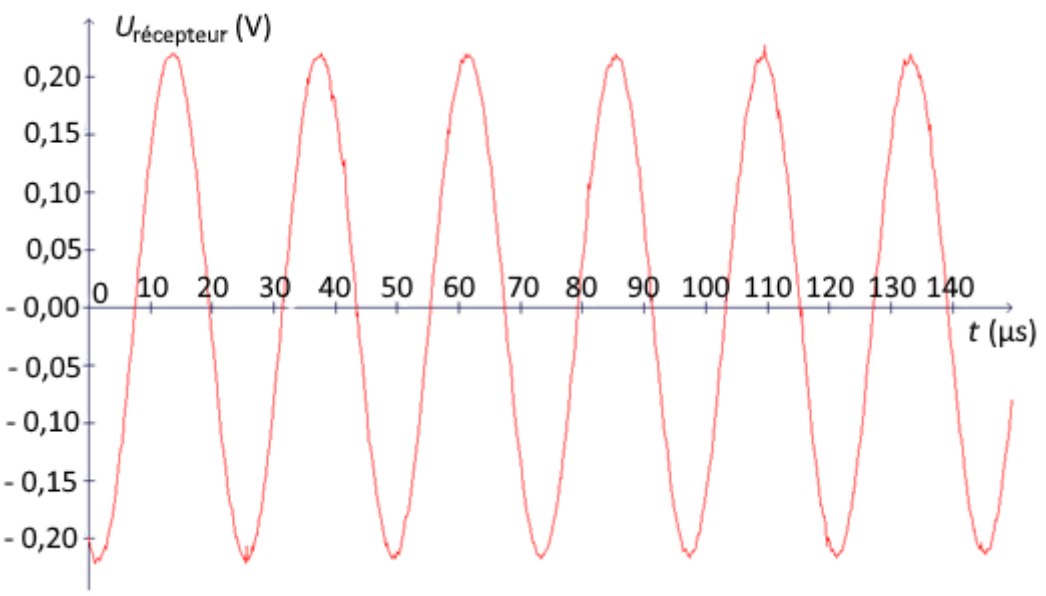


Figure 9. Enregistrement du signal reçu (le chariot étant immobile)

Q.7. Déterminer la valeur de la période T_R du signal obtenu. En déduire que la valeur de la fréquence f_E du signal émis par l'émetteur vaut 42 kHz.

Une nouvelle acquisition du signal émis et du signal reçu est réalisée lorsque le chariot se déplace, en se rapprochant de l'émetteur et du récepteur. Le décalage Doppler mesuré est Δf = 22,7 Hz.

Q.8. Calculer la valeur de $v_{chariot}$, la vitesse du chariot obtenue par effet Doppler. Comparer le résultat obtenu à ceux des questions Q.4 et Q.6.

EXERCICE 3 : LA FACE CACHÉE DE LA LUNE (5 POINTS)

La Lune est le satellite naturel de la Terre qui a été étudié, voire exploré, sous différents angles et qui continue de fasciner.



Figure 1. Photographie de la Lune
(Source : *Wikipédia)*

Données :

- Constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ m^3·kg^{-1}·s^{-2} ;
- Masse de la Lune : $M_L = 7{,}34\times10^{22}$ kg ;
- Masse de la Terre : $M_T = 5{,}97\times10^{24}$ kg ;
- Rayon de la Lune : $R_L = 1{,}74\times10^{6}$ m ;
- Distance moyenne du centre de la Terre à la Lune : $d_{T\text{-}L}$ = 384 400 km ;
- Distance moyenne du centre de la Terre au satellite relais Queqiao 2 : $d_{T\text{-}Q}$ = 449 600 km ;
- Distance moyenne satellite relais Queqiao 2 - Chang'e 6 : $d_{Q\text{-}C}$ = 65 000 km ;
- La célérité de la lumière dans le vide est supposée connue.

1. La Lune sous tous les angles

Dans cette partie, la Lune est modélisée par un point matériel L, de masse M_L, en orbite supposée circulaire à la distance $d_{T\text{-}L}$ du centre de la Terre T, de masse M_T. Le mouvement de la Lune est étudié dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. La seule interaction gravitationnelle prise en compte est celle entre la Terre et la Lune.

Q.1. Schématiser, sans souci d'échelle, la Terre et la Lune. Placer le repère de Frenet centré sur la Lune $(\overrightarrow{u_N}, \overrightarrow{u_T})$ et représenter la force à laquelle est soumise la Lune.

Q.2. Donner dans le repère de Frenet, l'expression vectorielle de la force à laquelle est soumise la Lune.

Q.3. Déduire de la seconde loi de Newton appliquée à la Lune, l'expression de la période de révolution de la Lune autour de la Terre :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{{d_{T\text{-}L}}^3}{G\times M_T}}$$

Q.4. Calculer la valeur de la période de révolution T de la Lune autour de la Terre. Sachant que la Lune tourne sur elle-même en environ 28 jours, expliquer pourquoi on ne voit qu'une seule face de la Lune.

2. Comment bien communiquer ?

Après plusieurs explorations sur la face visible de la Lune, la Chine a mis en place une mission pour explorer la face cachée de la Lune. La mission utilise une sonde appelée Chang'e 6, du nom de la déesse de la Lune dans la mythologie chinoise.

Les services de communication ont besoin d'un satellite relais pour pouvoir interagir avec la sonde Chang'e 6 qui, du fait de sa position sur la face cachée ne peut pas interagir directement avec les instruments de communication sur Terre. Le 20 mars 2024, la Chine a donc envoyé en orbite lunaire le satellite relais Queqiao 2. Celui-ci a été placé sur une orbite optimisée (figure 2) pour assurer le relais depuis la face cachée.

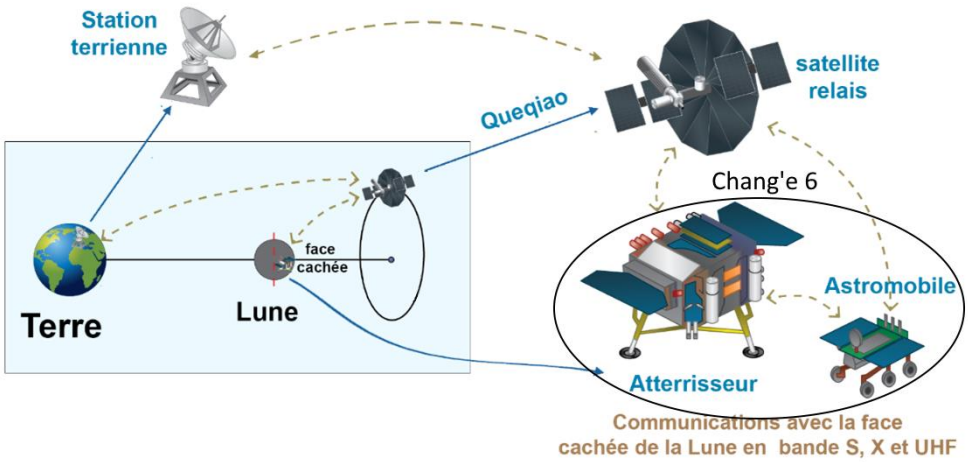


Figure 2. Schéma de principe de la mission Chang'e 6
(Source : *trustmyscience.com*)

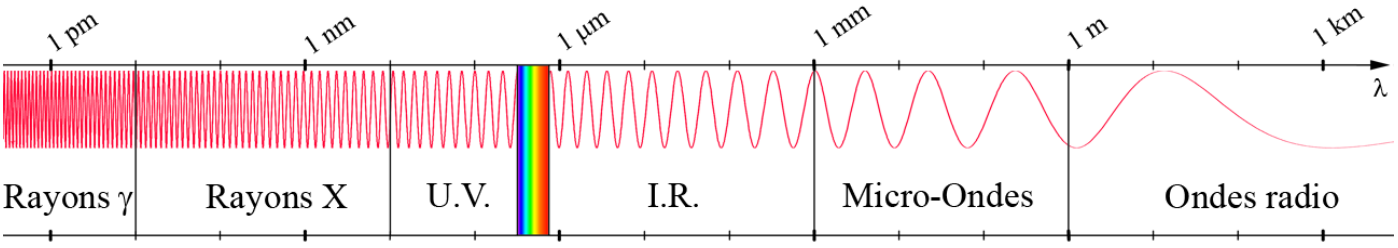


Figure 3. Spectre des ondes électromagnétiques
(Source : *CEA*)

La bande UHF est une bande de communication par signaux électromagnétiques de fréquences comprises entre 300 MHz et 3000 MHz.

Q.5. Déterminer les longueurs d'onde associées à ces signaux électromagnétiques. En déduire le domaine spectral auxquelles ils appartiennent.

Q.6. Estimer la durée nécessaire pour que l'information émise depuis la station terrienne parvienne à Chang'e 6. Commenter.

3. L'exploration lunaire



Figure 4. Instrument DORN (Source : *cnes.fr)*

Chang'e 6 contient des appareillages permettant l'étude de différents paramètres de la face cachée de la Lune dont un instrument français nommé DORN développé à Toulouse.

DORN (*Detection of Outgassing Radon*) est un spectromètre alpha (ou à noyau d'hélium) constitué de détecteurs qui mesurent l'activité du radon en comptant les noyaux d'hélium créés lors de la désintégration du radon.

Les mesures effectuées lors de la mission Chang'e 6 montrent une activité du radon constante.

Le radon $^{222}_{86}Rn$ est un gaz rare inerte issu de la désintégration radioactive de l'uranium $^{238}_{92}U$ via le radium $^{226}_{88}Ra$ dans le sous-sol lunaire.

Données :

- Demi-vies :
  - 4,5 milliards d'années pour ^{238}U ;
  - 1 600 ans pour ^{226}Ra ;
  - 4 jours pour ^{222}Rn.

Q.7. Écrire l'équation de désintégration nucléaire pour passer du radium 226 au radon 222. En déduire le type de radioactivité.

Le radon 222 est le traceur idéal du dégazage lunaire car il est libéré du sous-sol lunaire et diffusé jusqu'à sa surface où il se désintègre.

Q.8. Définir la demi-vie d'un noyau radioactif.

Q.9. Tracer l'allure de la courbe d'évolution de décroissance radioactive du radon 222, $N = f(t)$, d'un échantillon ayant une population initiale N_0 de noyaux radioactifs. Représenter la demi-vie du radon 222 sur cette courbe.

Q.10. Justifier à l'aide des données fournies pour les différents noyaux radioactifs pourquoi le radon 222 est un traceur adapté à l'étude du dégazage lunaire sur une durée d'une semaine.