

BACCALAUREAT BLANC

EXTERNAT NOTRE DAME

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3h30

Coefficient : 6 option SVT-math

L'usage de la calculatrice électronique est autorisée

Ce sujet comporte 3 exercices

10 Pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter, sur des copies séparées, les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

Exercice I – Haut en couleur (10 points)

Exercice II – Haut en altitude (5 points)

Exercice III – Eau de la houle (5 points)

ATTENTION : Le sujet est à rendre avec la copie

Exercice I – Haut en couleur (10 points)

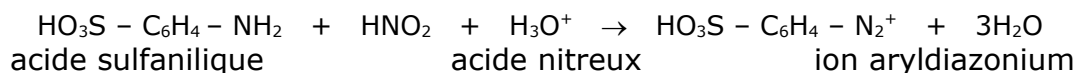
La phénolphthaléine, le bleu de bromothymol ou encore l'hélianthine sont des indicateurs colorés de pH souvent utilisés lors des titrages acidobasiques.

L'hélianthine tire son nom de la famille des fleurs « héliante » (du grec *helios* = soleil et *anthos* = fleurs) dont les couleurs s'étendent du rouge au jaune. Aussi l'hélianthine est appelée méthylorange.

Partie A : Première étape de la synthèse de l'hélianthine

La synthèse de l'hélianthine comporte deux étapes :
une réaction de diazotation de l'acide sulfanilique,
une réaction de copulation sur la N, N-diméthylaniline.

La première étape est une réaction de diazotation entre l'acide sulfanilique et l'acide nitreux dont l'équation est la suivante :



Le protocole de cette étape est décrit ci-dessous :

A1. Préparation de la solution d'acide sulfanilique

- Dans un erlenmeyer de 100 mL, introduire 1,0 g d'acide sulfanilique pur sous forme solide. Ajouter 20 mL d'eau.
- Refroidir cette solution dans un bain eau-glace et mettre sous agitation durant 5 minutes.

A2. Préparation de l'acide nitreux

- Dans un erlenmeyer de 100 mL, introduire 10 mL d'une solution aqueuse de nitrite de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_2^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire égale à $2,0 \text{ mol.L}^{-1}$ et refroidir cette solution dans un bain eau-glace.
- Ajouter 20 mL d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire égale à $2,0 \text{ mol.L}^{-1}$.

A3. Diazotation

- Ajouter la solution précédente goutte à goutte à la solution d'acide sulfanilique.

1. Justifiez que l'étape de préparation de l'acide sulfanilique est une dissolution.

2. L'acide nitreux est instable. Il est donc préparé à froid et juste avant utilisation par action de l'acide chlorhydrique sur le nitrite de sodium.

2.1. Quelles précautions doit-on prendre pour manipuler la solution de nitrite de sodium ?

2.2. Parmi la verrerie proposée ci-dessous, laquelle semble la plus adéquate pour mesurer le volume de 20 mL de la solution d'acide chlorhydrique ?

«bécher 100 mL» ; «pipette jaugée 20 mL» ; «éprouvette graduée 25 mL» ; «fiolle jaugée 20 mL»

2.3. Sachant que cette transformation est totale, écrire l'équation de la réaction de formation de l'acide nitreux et préciser la nature de cette réaction.

2.4. Montrer que la valeur de la quantité de matière d'acide nitreux formé lors de sa préparation est égale à $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

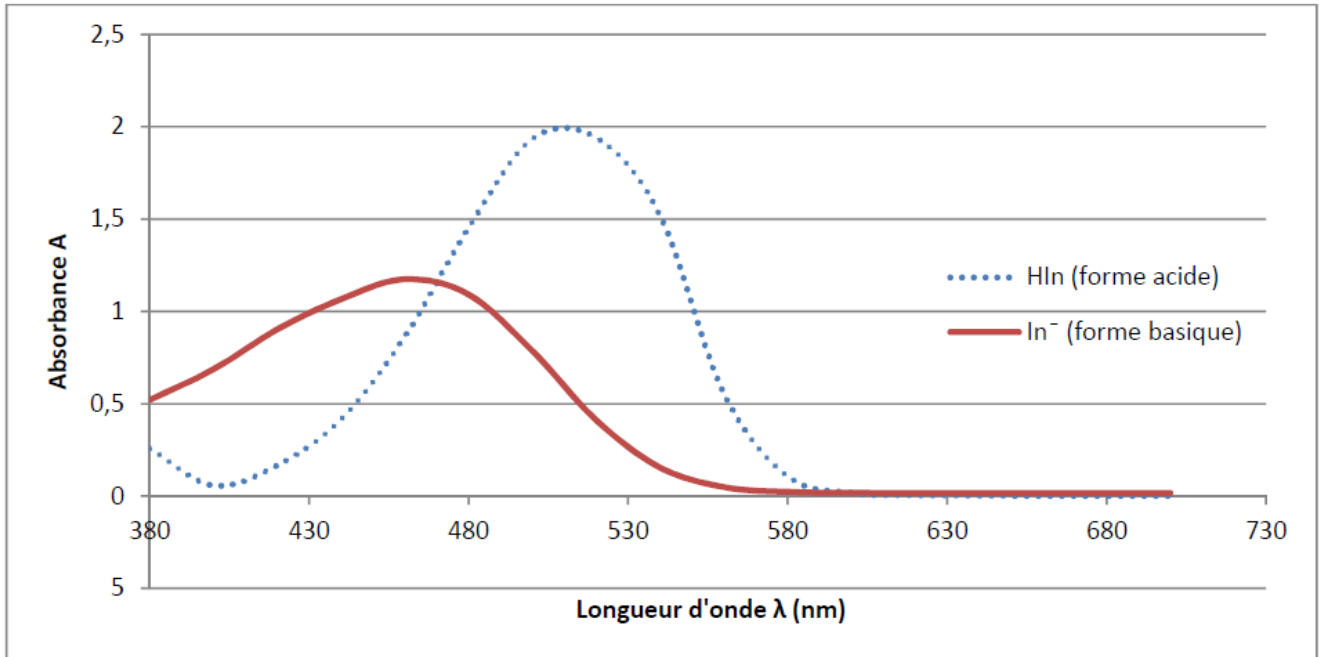
3. Quel est le réactif en défaut dans l'étape de diazotation ? En déduire la quantité d'ions aryldiazonium formés.

Partie B : Les couleurs de l'hélianthine

1. Couleur d'une solution

L'hélianthine se trouve, selon le pH, sous forme acide notée HIn et/ou sous forme basique notée In⁻. Ces deux formes ont des couleurs différentes en solution aqueuse. HIn et In⁻ constituent un couple acide/base dont le pKa est égal à 3,7.

Les spectres UV-visible des formes acide et basique de l'hélianthine sont représentés ci-dessous :



1.1 Quelle est la couleur de la forme acide et basique de cet indicateur coloré en solution ? Justifiez.

1.2. On introduit quelques gouttes d'hélianthine dans une solution aqueuse incolore de pH égal à 5. Quelle couleur prend cette solution ? Décrire votre démarche en utilisant les données et vos connaissances.

L'hélianthine présente sa teinte sensible, résultat de la superposition de sa forme acide et de sa forme basique, dans une zone de pH appelée zone de virage.

1.3. On considère, en première approximation, que l'on a superposition des teintes quand aucune des deux formes n'est prépondérante devant l'autre : c'est-à-dire si aucune n'a sa concentration supérieure à dix fois celle de l'autre. Déterminer la zone de virage. Expliciter la démarche.

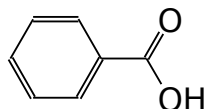
En réalité, il faut prendre en compte l'intensité de la teinte de chaque forme ; la zone de virage réelle de l'hélianthine est de ce fait comprise entre $pH = 3,1$ et $pH = 4,4$.

2. Titrage colorimétrique

On réalise le titrage suivi par pH-métrie de 20mL d'une solution aqueuse d'acide benzoïque C₆H₅COOH par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (Na⁺_(aq) + HO⁻_(aq)) de concentration 5.10⁻² mol.L⁻¹. La courbe du titrage suivante présente les variations du pH en fonction du volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé.

1- Aurait-on pu utiliser l'hélianthine pour détecter l'équivalence de ce titrage acido-basique ? Expliquer.

L'acide benzoïque a pour formule topologique.

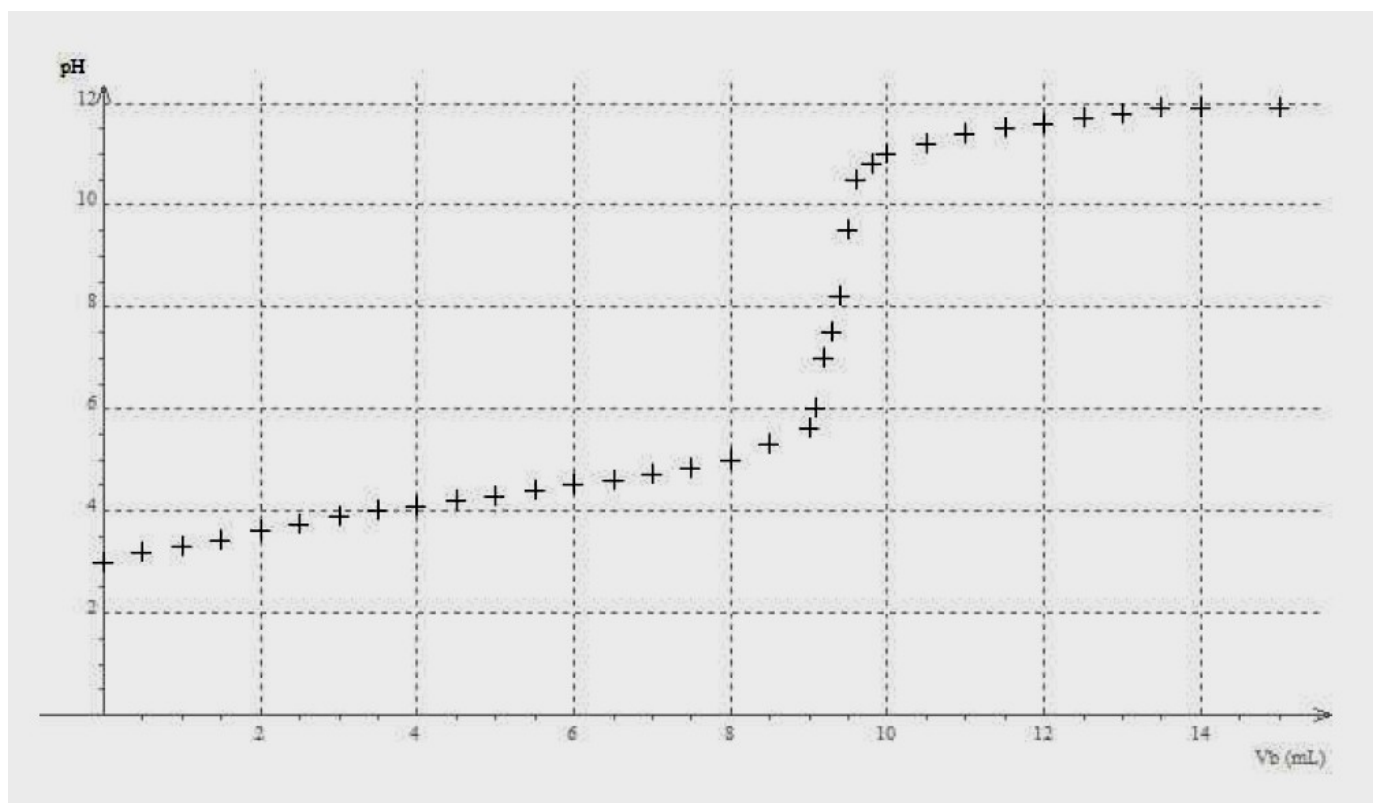


2- A l'aide de la formule topologique, justifiez que l'acide benzoïque peut être qualifié d'acide au sens de Bronsted. Donnez la formule topologique de sa base conjuguée. A votre avis, comme nomme-t-on usuellement cette base conjuguée ?

3- Par une méthode que vous nommerez et que vous réaliserez sur la courbe de dosage, déterminez le volume équivalent de ce dosage.

4- Ecrire la réaction support du dosage.

5- Déterminer la concentration en acide benzoïque de la solution dosée.



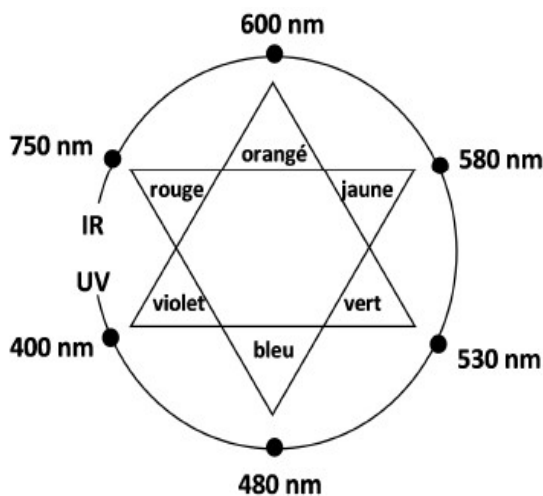
Données : Masse molaire de l'acide sulfanilique : $M = 173,1 \text{ g.mol}^{-1}$

Fiche de données de sécurité du nitrite de sodium : Couleur et ordre de grandeur des longueurs d'onde des radiations visibles :

Pictogramme de danger:



Mention d'avertissement : DANGER



Exercice II – Haut en altitude (5 points)

Le 14 octobre 2012, l'homme que l'on surnomme Fearless « sans peur » a réalisé un saut historique en inscrivant trois records à son tableau de chasse : celui de la plus haute altitude atteinte par un homme en ballon soit 39 045 m d'altitude, le record du plus haut saut en chute libre, et le record de vitesse en chute libre soit $1341,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Après une ascension dans un ballon gonflé à l'hélium, il a sauté vers la Terre, vêtu d'une combinaison spécifique en ouvrant son parachute au bout de 4 min et 20 s. Le saut a duré en totalité 9 min et 3 s.



Ascension du ballon

Il a fallu concevoir un ballon déformable gigantesque, faisant 100 m de hauteur et 130 m de diamètre lors de son extension maximale. En raison de la diminution de la densité de l'air avec l'altitude, le volume du ballon augmente lors de l'ascension de façon à ce que la poussée d'Archimède reste constante.

« Pour assurer une vitesse d'ascension suffisante, le volume initial d'hélium utilisé était de 5100 mètres cubes, c'est-à-dire le double du nécessaire pour la sustentation⁽¹⁾. En pratique, si l'on ajoute à la masse de l'équipage celle du ballon et de l'hélium, c'est environ 3 tonnes qu'il a fallu soulever. »

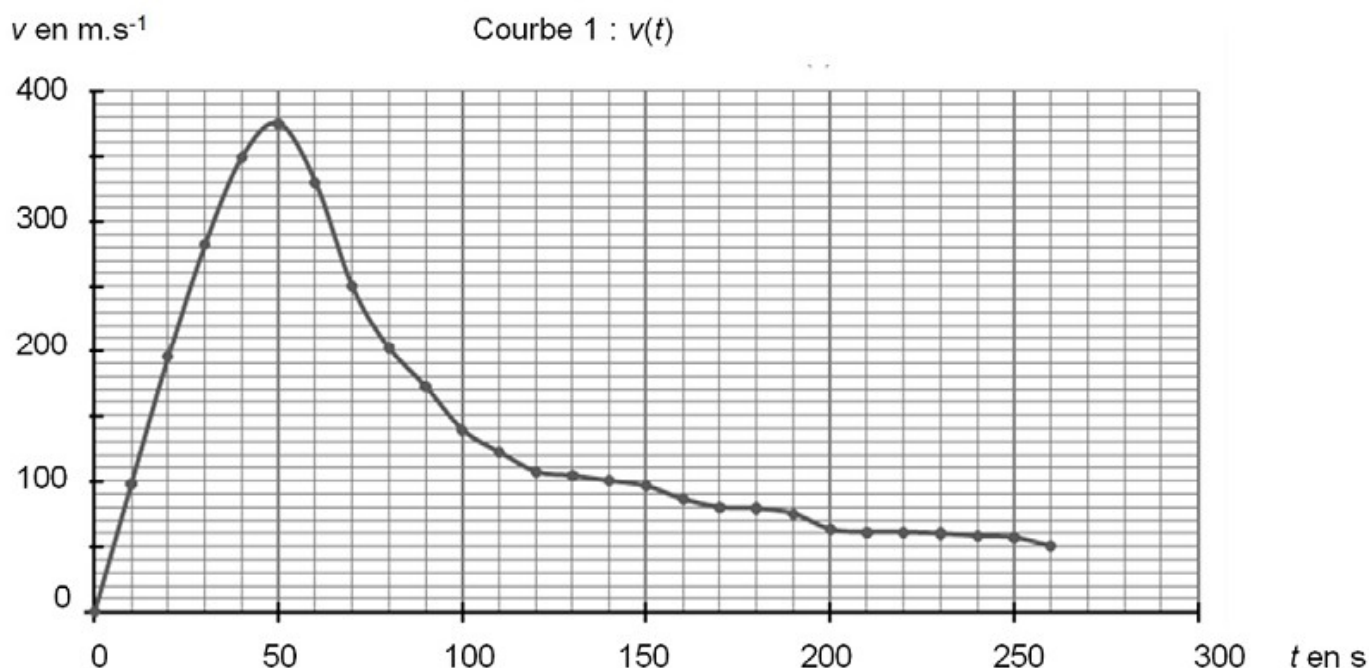
D'après un article de « Pour la Science » janvier 2013

⁽¹⁾ *Sustentation* : état d'un corps maintenu à faible distance au-dessus d'une surface, sans contact avec celle-ci.

Étude du saut de Fearless

La masse de Fearless et de son équipement est $m = 120 \text{ kg}$.

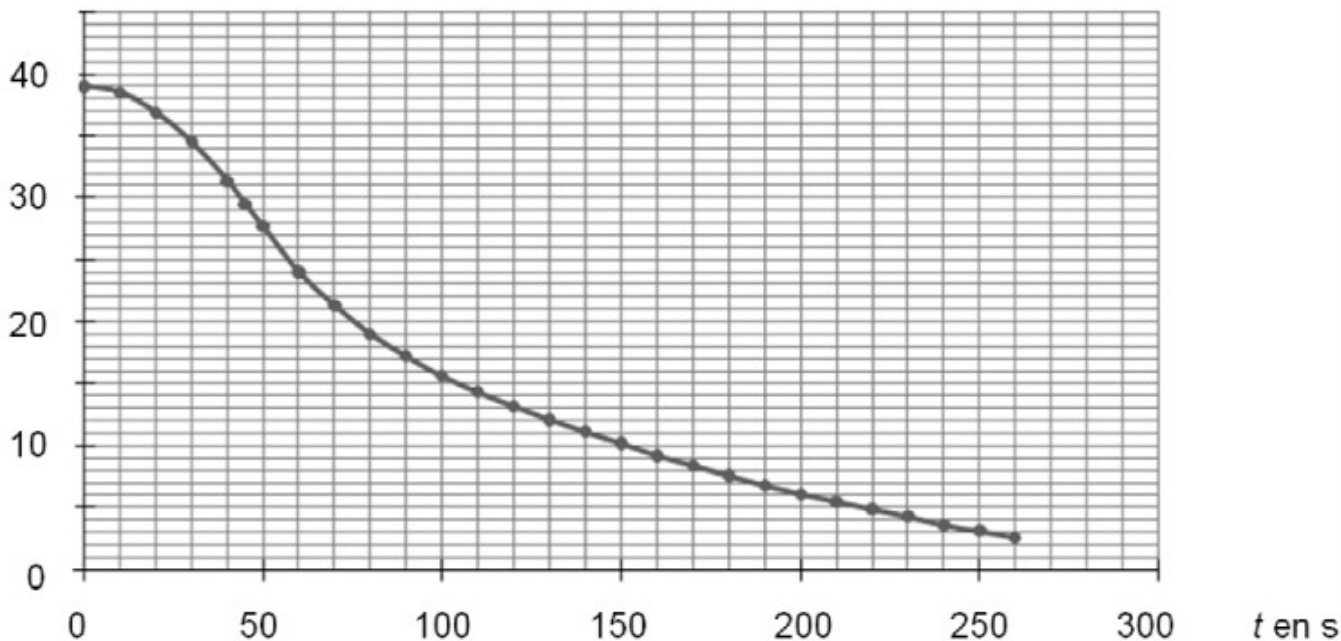
La date $t = 0$ correspond au début du saut de Fearless.



Courbe 1 : évolution temporelle de la vitesse v de Fearless, dans le référentiel terrestre, jusqu'à l'ouverture du parachute.

z en km

Courbe 2 : z(t)



Courbe 2 : évolution temporelle de l'altitude z par rapport au sol de Fearless, jusqu'à l'ouverture du parachute.

Données :

- l'expression de la poussée d'Archimède exercée par l'air sur un corps est la suivante :
- $\vec{F}_A = \rho_{air} \cdot V \cdot g \cdot \vec{u}_z$ avec \vec{u}_z vecteur unitaire vertical vers le haut, ρ_{air} ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) masse volumique de l'air dans lequel est plongé le corps, V (m^3) volume du corps placé dans l'air et g intensité du champ de pesanteur ;
- l'intensité du champ de pesanteur est considérée comme constante entre le niveau de la mer et l'altitude de 39 km : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- la stratosphère est la couche de l'atmosphère qui s'étend de 10 à 50 km d'altitude environ ;
- la masse volumique de la partie supérieure de la stratosphère est de l'ordre de $0,015 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, celle de la troposphère au niveau du sol est $1,22 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- la célérité du son dans l'air en fonction de l'altitude est donnée dans le tableau ci-dessous :

• Altitude (km)	• 10	• 20	• 30	• 40
• Célérité du son ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	• 305	• 297	• 301	• 318

- la vitesse d'un mobile dans un fluide est dite supersonique si elle est supérieure à la célérité du son dans ce fluide.

Partie A : ascension en ballon sonde de Fearless

Le volume de l'équipage est négligeable par rapport au volume du ballon.

- A.1.** Indiquer la force qui est responsable de l'ascension du ballon.
- A.2.** Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le système {ballon ; équipage} juste après le décollage, en négligeant les forces de frottement. Illustrer ce bilan de forces par un schéma, sans souci d'échelle mais cohérent avec la situation physique.
- A.3.** En utilisant les données, les informations du texte et les connaissances acquises, vérifier par un calcul que le ballon peut décoller.
- A.4.** Après quelques minutes d'ascension, le mouvement du système {ballon ; équipage} est considéré comme rectiligne uniforme. Déterminer alors la valeur de la force de frottement de l'air.

Partie B : saut de Fearless

On étudie maintenant le système {Fearless et son équipement} en chute verticale dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. On choisit un axe (Oz) vertical vers le haut dont l'origine O est prise au niveau du sol. Le système étudié, noté S, a une vitesse initiale nulle. On négligera la poussée d'Archimède.

- B.1.** Utiliser l'étude du saut de Fearless (courbe 1) afin de déterminer la valeur de son accélération si $t < 20$ s. Commenter le résultat obtenu.
- B.2.** Lors de son saut, Fearless a-t-il atteint une vitesse supersonique ? Justifier.
- B.3.** Les schémas ci-dessous représentent à trois instants les forces appliquées au système S lors du saut : le poids \vec{P} et la force \vec{f} modélisant les frottements. Affecter en justifiant, un schéma à chacune des dates : $t_1 = 40$ s, $t_2 = 50$ s et $t_3 = 60$ s.

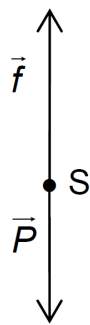


Schéma A

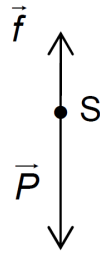


Schéma B

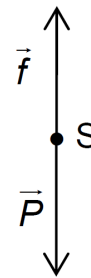


Schéma C

- B.4.** Déterminer l'altitude à laquelle Fearless ouvre son parachute. En supposant que le système a un mouvement rectiligne et uniforme après l'ouverture du parachute et jusqu'à l'arrivée au sol, déterminer la valeur de la vitesse du système durant cette phase du mouvement. On rappelle que le saut a duré en totalité 9 min et 3 s.

Exercice III – Eau de la houle (5 points)

La houle est un train de vagues régulier généré par un vent soufflant sur une grande étendue de mer sans obstacle, le fetch. En arrivant près du rivage, sous certaines conditions, la houle déferle au grand bonheur des surfeurs !

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés à la fin de l'exercice.

Donnée : intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

1. La houle, onde mécanique progressive

- 1.1. Pourquoi peut-on dire que la houle est une onde mécanique progressive ?
- 1.2. Il est possible de simuler la houle au laboratoire de physique avec une cuve à ondes en utilisant une lame vibrante qui crée à la surface de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence $f = 23 \text{ Hz}$. On réalise une photographie du phénomène observé (**document 1**).
Déterminer, en expliquant la méthode utilisée, la vitesse de propagation v de l'onde sinusoïdale générée par le vibreur.
- 1.3. Au large de la pointe bretonne, à une profondeur de 3000 m, la houle s'est formée avec une longueur d'onde de 60 m.
En utilisant le **document 2**, justifier et calculer la vitesse de propagation v_1 de cette houle. En déduire sa période T .
- 1.4. Arrivée de la houle dans une baie.
 - 1.4.1. Sur la photographie aérienne du document 3, quel phénomène peut-on observer ? Quelle est la condition nécessaire à son apparition ?
 - 1.4.2. Citer un autre type d'onde pour laquelle on peut observer le même phénomène.

2. Surfer sur la vague

La houle atteint une côte sablonneuse et rentre dans la catégorie des ondes longues.

- 2.1. En justifiant la formule utilisée, calculer la nouvelle vitesse de propagation v_2 de la houle lorsque la profondeur est égale à 4,0 m, ainsi que sa nouvelle longueur d'onde λ_2 . Les résultats obtenus sont-ils conformes aux informations données dans le **document 4** ?

2.2. Pour la pratique du surf, la configuration optimale est :

- à marée montante c'est-à-dire entre le moment de basse mer et celui de pleine mer ;
- avec une direction du vent venant du Sud-Ouest.

Un surfeur consulte au préalable un site internet qui lui donne toutes les prévisions concernant le vent, la houle et les horaires des marées (**document 5**).

Proposer en justifiant, un créneau favorable à la pratique du surf entre le jeudi 21 et le samedi 23 juin 2012.

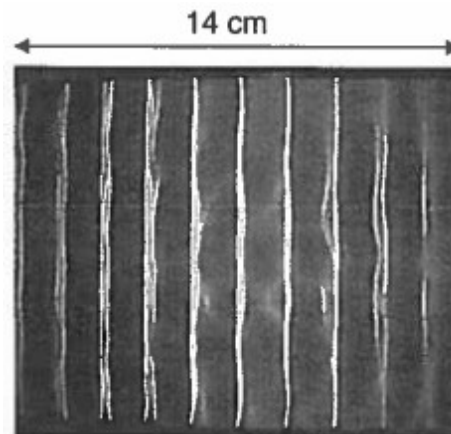
2.3. Un autre phénomène très attendu par les surfeurs, lors des marées importantes est le mascaret.

Le mascaret est une onde de marée qui remonte un fleuve. Cette onde se propage à une vitesse v de l'ordre de $5,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Le passage du mascaret étant observé sur la commune d'Arcins à 17h58, à quelle heure arrivera-t-il à un endroit situé à une distance $d = 13 \text{ km}$ en amont du fleuve ?

DOCUMENTS de l'exercice III

Document 1 : Simulation de la houle au laboratoire avec une cuve à ondes.



Document 2 : Vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau.

- cas des ondes dites « courtes » (en eau profonde) :

longueur d'onde λ faible devant la profondeur h de l'océan ($\lambda < 0,5 h$)

$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$$

- cas des ondes dites « longues » (eau peu profonde) :

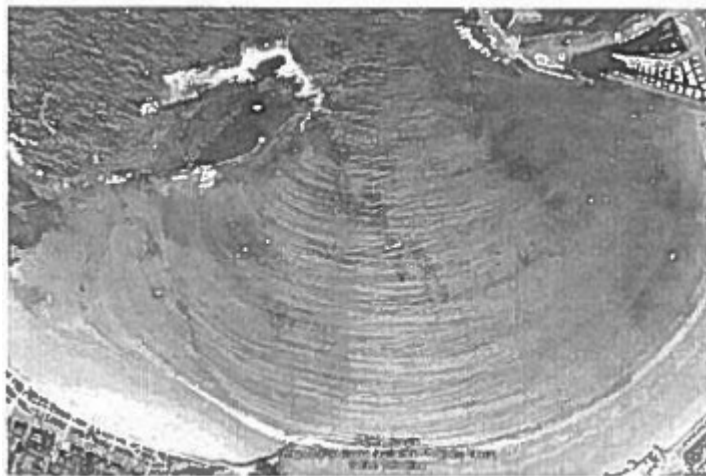
longueur d'onde λ très grande devant la profondeur de l'océan ($\lambda > 10h$)

$$v = \sqrt{gh}$$

g est l'intensité du champ de pesanteur terrestre.

D'après <http://ifremer.fr/>

Document 3 : Photographie aérienne de l'arrivée de la houle dans une baie.



Document 4 : Déferlement des vagues sur la côte

En arrivant près de la côte, la houle atteint des eaux peu profondes. Dès que la profondeur est inférieure à la moitié de la longueur d'onde, les particules d'eau sont freinées par frottement avec le sol. La houle est alors ralentie et sa longueur d'onde diminue. Ces modifications des caractéristiques de l'onde s'accompagnent d'une augmentation d'amplitude. La période est la seule propriété de l'onde qui ne change pas à l'approche de la côte.

Ainsi en arrivant près du rivage, la vitesse des particules sur la crête est plus importante que celle des particules dans le creux de l'onde, et lorsque la crête n'est plus en équilibre, la vague déferle.

D'après <http://ifremer.fr/>

Document 5 : Prévisions maritimes.

GFS 21.06.2012 00 UTC	Je						Ve						Sa					
	21 05h	21 08h	21 11h	21 14h	21 17h	21 20h	22 05h	22 08h	22 11h	22 14h	22 17h	22 20h	23 05h	23 08h	23 11h	23 14h	23 17h	23 20h
Vitesse du vent (noeuds)	4	7	16	23	21	21	17	15	15	15	15	12	10	10	10	13	14	15
Rafales (noeuds)	5	10	25	28	28	28	23	21	18	19	18	15	13	13	12	15	18	21
Direction du vent	↗	↑	↑	↗	↗	↗	↗	→	→	→	→	→	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Vagues (m)	0.7	0.7	0.9	1.3	1.7	2.1	2.6	2.6	2.6	2.4	2.3	2.2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Période des vagues (s)	6	7	4	6	6	6	7	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7
Direction des vagues	→	→	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	→	→	→	→	→	→
*Température (°C)	13	14	14	14	15	14	14	14	15	15	15	14	13	14	15	16	16	15

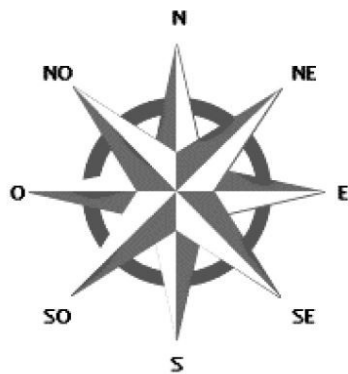


Tableau des marées – Juin 2012

Jour	Pleine mer (h :min)		Basse mer (h :min)	
	Jeudi 21 juin	06 :54	19 :08	00 :58
Vendredi 22 juin	07 :31	19 :44	01 :34	13 :46
Samedi 23 juin	08 :08	20 :22	02 :10	14 :24
Dimanche 24 juin	08 :47	21 :02	02 :49	15 :04

D'après <http://www.windguru.cz/fr/>