Le 01/04/2016	Bac Blanc de Physique Chimie (3h30min)	T^{ale} S

CALCULATRICE AUTORISEE

Durée : 3h30min

(Tiers-temps : 4h40min)

Les portables seront éteints et placés dans le sac (ou cartable).

Le sac sera déposé aux extrémités de la salle

Cette feuille servira de brouillon

CONTENU :

Rappel : vous ne devez traiter que 3 exercices parmi les 4.

	Titre	Points	Enoncé pages	Annexe à rendre page
I	Synthèse et dosage du paracétamol	8	2-3	8
II	La houle	7	4-5-6	8
III	Non-spécialistes seulement : Les prouesses du poisson d'Avril	5	7	8
IV	Spécialistes seulement : Panneaux solaires Enoncé sur feuille indépendante	5	9-10	

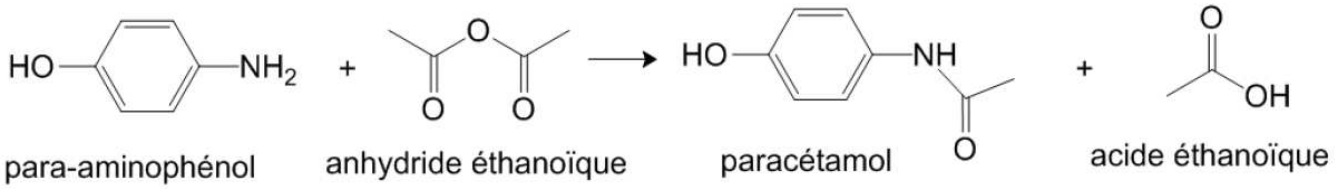
I. Synthèse et dosage du paracétamol (8 points)

1. Synthèse du paracétamol

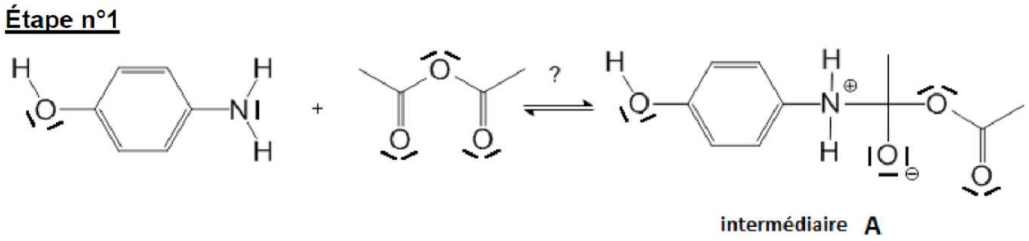
- Le paracétamol ou **par**a-**acé**tyl-**am**ino-phén**ol** est un antipyrétique, entre autres, synthétisé pour la première fois par Harmon Northrop Morse en 1878. Jusque-là les antipyrétiques étaient obtenus à partir de préparations réalisées avec des écorces de Cinchona ou de Saule. Le paracétamol découvert par Morse ne fut commercialisé qu'une cinquantaine d'années plus tard sous le nom de paracétamol.
- Le paracétamol est un médicament qui se rapproche de l'aspirine par ses propriétés analgésiques et antipyrétiques.
- Il est dépourvu d'action anti-inflammatoire, mais ne présente pas les contre-indications de l'aspirine

- On l'obtient par réaction entre le para-aminophénol et l'anhydride éthanoïque en milieu aqueux.

- La synthèse du paracétamol peut être réalisée au laboratoire à partir du para-aminophénol et de l'anhydride éthanoïque. L'équation de la réaction de la synthèse est la suivante :



- Cette réaction se fait en plusieurs étapes. L'équation ci-dessous est celle de la première étape :



➢ **Données** :
- Masse molaire moléculaire du paracétamol : 151,2 $g.mol^{-1}$
- Électronégativité (échelle de Pauling) de quelques éléments chimiques :

Numéro atomique	Nom	Symbole	Électronégativité (Pauling)
1	Hydrogène	H	2,20
6	Carbone	C	2,55
7	Azote	N	3,04
8	Oxygène	O	3,44

1.1. Ecrire la formule semi-développée de l'anhydride éthanoïque.

1.2. Réécrire la formule topologique du paracétamol. Entourer et nommer les groupes caractéristiques présents dans la molécule de paracétamol.

2. Mécanisme réactionnel.

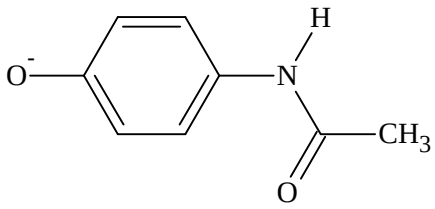
2.1. À quelle catégorie (addition, élimination ou substitution) appartient la réaction de l'étape n°1. Justifier

2.2. Identifier, en justifiant votre réponse, les deux sites donneurs de doublets d'électrons présents sur la molécule de para-aminophénol.

2.3. Représenter **sur l'annexe p.8** à rendre avec la copie, la (ou les) flèche(s) courbe(s) qui rend(ent) compte de l'obtention de l'intermédiaire réactionnel A de la première étape..

3. Propriétés acido-basiques du paracétamol : Le paracétamol et l'eau

- Cette partie a pour but d'étudier les propriétés acido-basiques du paracétamol, noté AH, en solution aqueuse. Sa base conjuguée, dont la formule semi-développée est précisée ci-contre, sera notée A^-.



- La réaction entre le paracétamol AH et l'eau modélise la transformation étudiée.
  On dissout un comprimé effervescent de Doliprane 500 dans un verre d'eau de volume V=100 mL d'eau. La masse correspondante de paracétamol dissoute est m = 500 mg. On note S la solution ainsi préparée.
  À 25 °C, la mesure du pH de la solution S à l'équilibre donne 5,5.

3.1. Déterminer, à l'équilibre ou état final, la concentration $[H_3O^+]_{final}$ en ions oxonium dans la solution S.

3.2. Déterminer l'avancement x_{max} de la réaction en supposant la réaction totale.

3.3. Déterminer l'avancement final x_{final} de la réaction.

3.4. Démontrer que la concentration du paracétamol AH a pour valeur à l'état final :
$[AH]_{final} \approx c = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}.
Données : une solution est électriquement neutre ; $[HO^-_{(aq)}]$ négligeable devant $[H_3O^+_{(aq)}]$.

3.5. Le paracétamol AH réagit avec l'eau. Écrire l'équation de la réaction modélisant cette réaction.
Que peut-on dire de la réaction entre le paracétamol et l'eau. Justifier.

4. Propriétés acido-basiques du paracétamol : Espèce prédominante dans l'estomac

4.1. À partir de l'équation de la réaction du paracétamol avec l'eau écrite au **3.5**, donner l'expression de la constante d'acidité K_A du paracétamol.

4.2. Démonter que le pH et le pK_A sont reliés par la relation $\boxed{pK_A = 2 \times pH + \log(c)}$, avec c la concentration l'espèce AH à l'état initial.

On rappelle que $\log(a\times b)= \log(a)+\log(b)$ et que $\log(\frac{1}{x}) =- \log(x)$.

4.3. En utilisant les résultats des questions **3.4 et 4.2**, calculer le pK_A lorsque le pH (à l'équilibre) vaut 5,5.

4.4. Le pH de l'estomac humain varie entre 1,5 (pendant la nuit) et 5,0 (en début de digestion).
Pour chacune de ces deux valeurs du pH, quelle est l'espèce, AH ou A^-, qui prédomine dans l'estomac après la prise d'un comprimé de 500 mg ? Justifier.

5. Dosage du paracétamol

- Une méthode pour doser le paracétamol consiste en une hydrolyse du paracétamol, suivie d'un dosage d'oxydoréduction du produit de l'hydrolyse, le para-aminophénol par les ions Ce^{4+}. Les quantités de matière de para-aminophénol et de paracétamol sont égales. Lors de la réaction, le para-aminophénol est susceptible d'être oxydé en para-benzoquinone $C_6H_4O_2$ en présence d'ions Ce^{4+}.
  L'oxydation du para-aminophénol NH_2-C_6H_4-OH en para-benzoquinone $C_6H_4O_2$ produit également des ions ammonium NH_4^+.
- L'équation support du dosage est :

$$NH_2\text{-}C_6H_4\text{-}OH + H_2O + 2\ Ce^{4+} \longrightarrow C_6H_4O_2 + NH_4^+ + 2\ Ce^{3+} + H^+_{(aq)}\ .$$

- On procède au dosage du paracétamol d'un comprimé de Doliprane® 500. Après hydrolyse la solution totale est de 100 mL. On prélève 10,0 mL de cette solution qu'on dose avec une solution d'ions Ce^{4+} (sulfate d'ammonium et de cérium) de concentration $C_1 = 0{,}050$ mol.L^{-1} jusqu'au changement de coloration de l'indicateur coloré d'oxydoréduction. Le volume V_E à l'équivalence est de 13,1 mL.

5.1. Définir par une phrase l'équivalence.

5.2. Quelle est la relation entre les quantités de matière des ions Ce^{4+} et le paracétamol à l'équivalence.

5.3. Calculer la concentration molaire C en paracétamol.

5.4. Déterminer la masse m de paracétamol contenu dans les 100mL.
Rappel : les quantités de matière de para-aminophénol et de paracétamol sont égales

5.5. Conclure quant à la signification du terme Doliprane® 500.

II. La houle (7 points)

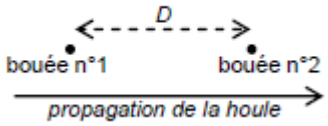
1. La houle, onde mécanique progressive

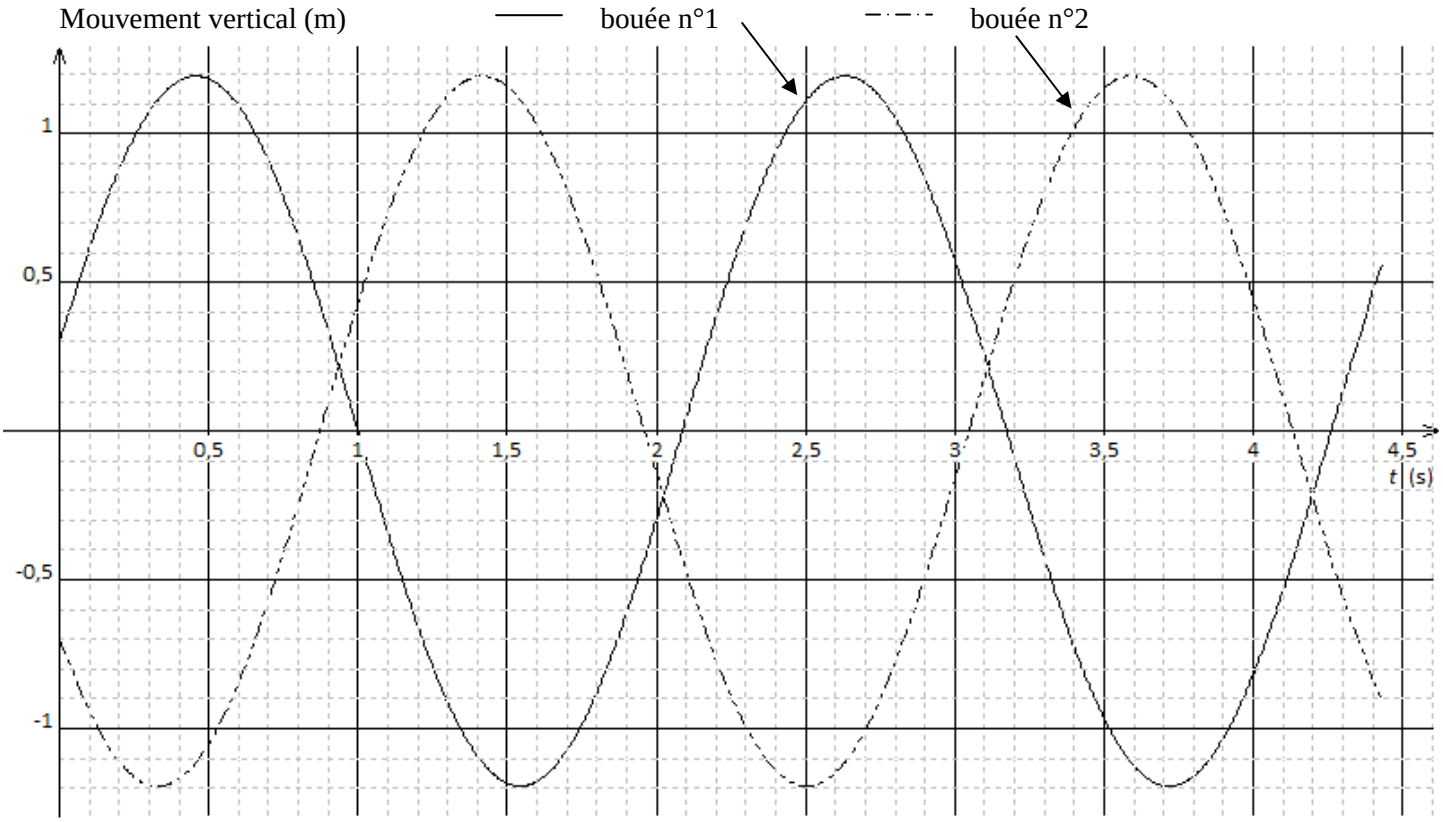
- La houle est constituée de vagues formées par le vent, qui peuvent se propager sur de grandes distances et donc être observées dans des régions dépourvues de vent.
- On assimilera la houle à une onde mécanique progressive sinusoïdale transversale.

1.1. Pourquoi peut-on dire que la houle est une onde mécanique progressive ?

1.2. Qu'est ce qu'une onde transversale ?

- La hauteur de la houle est, par définition, égale au double de l'amplitude mesurée par rapport au niveau de la mer calme.
- Deux bouées distantes de D = 50 m sont alignées dans le sens de propagation de la houle (voir schéma ci-contre). Chacune est munie d'un accéléromètre qui enregistre leur déplacement vertical en fonction du temps. Les données recueillies sont présentées dans le graphique ci-dessous :





- Pour les questions **1.3 à 1.7**, vous répondrez **sur l'annexe p.8**. Vous cocherez la case correspondant à la bonne réponse. Il y a une seule réponse exacte par question.

1.3. La hauteur h de la houle est :
A) h = 1,0 m B) h = 1,2 m C) h = 2,1 m D) h = 2,4 m

1.4. La fréquence f de la houle est :
A) f = 0,32 Hz B) f = 0,46 Hz C) f = 0,67 Hz D) f = 0,84 Hz

1.5. Le plus petit retard apparent lu sur le graphique, de la houle entre les deux bouées est :
A) Δt_{app} = 0,20 s B) Δt_{app} = 0,96 s C) Δt_{app} = 1,09 s D) Δt_{app} = 1,22 s

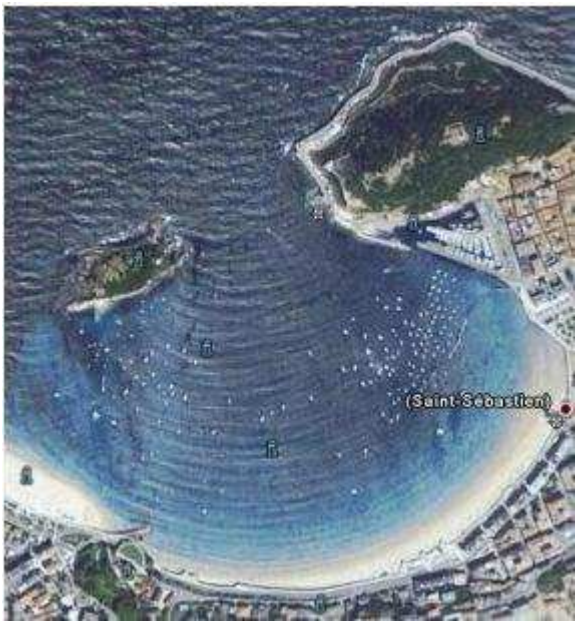
1.6. Le vrai retard τ de la houle entre les deux bouées vaut : $\tau = 3\times T + \Delta t_{app}$ = 7,5 s. La valeur numérique de la célérité de la houle est :
A) v = 6,7 m.s^{-1} B) v = 11 m.s^{-1} C) v = 16 m.s^{-1} D) v = 21 m.s^{-1}

1.7. Dans un milieu donné dit dispersif la vitesse de propagation d'une onde dépend de sa fréquence. Pour une houle de hauteur h = 10 m, on mesure une période T = 5,0 s et une célérité c = 16 m.s^{-1}. Le milieu de propagation est-il dispersif ?
A) oui ; B) non ; C) pour le savoir, il faut encore effectuer le calcul d'une autre grandeur
D) aucun de ces calculs n'est en mesure de le montrer

2. Arrivée de la houle dans une baie

2.1. Sur la photographie aérienne du document ci-dessous, quel phénomène peut-on observer ? Quelle est la condition nécessaire à son apparition ?

Document 1 : Photographie aérienne de l'arrivée de la houle dans une baie.



(Source : http://tpe-cape-ondes.e-monsite.com/pages/ii-les-metamateriaux.html)

2.2. Citer un autre type d'onde pour laquelle on peut observer le même phénomène.

3. Surfer sur la vague

- Pour répondre aux questions de cette partie, vous pourrez utiliser les documents 2, 3 et 4 à votre disposition.

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

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

  La longueur d'onde λ est faible devant la profondeur h de l'océan ($\lambda < 0{,}5$ h) $\rightarrow v = \sqrt{\frac{g \times \lambda}{2\pi}}$

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

  La longueur d'onde λ est très grande devant la profondeur de l'océan ($\lambda > 10$h) $\rightarrow v = \sqrt{g \times h}$ où g est l'intensité du champ de pesanteur terrestre.

D'après http://ifremer.fr/

***Doc. 3* :** 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/

***Doc. 4* :** Prévisions maritimes.

GFS 21.06.2012 00 UTC	Je 21 05h	Je 21 08h	Je 21 11h	Je 21 14h	Je 21 17h	Je 21 20h	Ve 22 05h	Ve 22 08h	Ve 22 11h	Ve 22 14h	Ve 22 17h	Ve 22 20h	Sa 23 05h	Sa 23 08h	Sa 23 11h	Sa 23 14h	Sa 23 17h	Sa 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

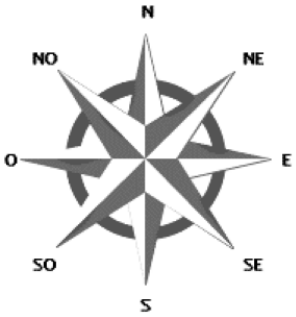


Tableau des marées – Juin 2012

Jour	Pleine mer (h :min)		Basse mer (h :min)	
Jeudi 21 juin	06 :54	19 :08	00 :58	13 :10
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/

- On considère une houle de longueur d'onde λ_1 = 80 m au large (profondeur h_1 = 4000 m).

3.1. Déterminer la célérité v_1 de cette houle ainsi que la période T de ses vagues.

- Cette houle arrive au niveau d'une côte sablonneuse (profondeur h_2 = 3,0 m).

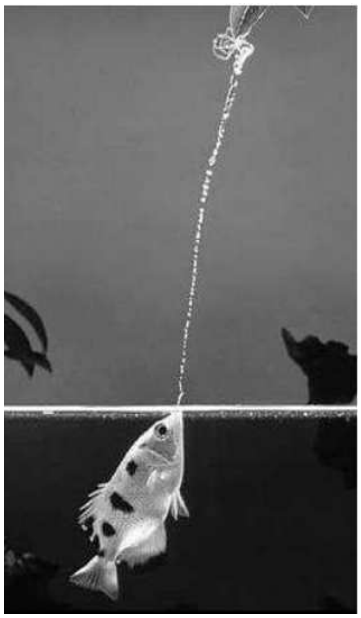
3.2. Sachant que sa période T ne varie pas, calculer sa nouvelle célérité v_2, ainsi que sa nouvelle longueur d'onde λ_2. Les résultats obtenus sont-ils conformes aux informations données dans le document 3 ?

- 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 4).

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

3.4. 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 $m.s^{-1}$. 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 km en amont du fleuve ?

III. Non-spécialistes seulement : Les prouesses du poisson d'Avril (5 points)



- Le poisson d'Avril (*Toxotes Jaculatrix* plus communément appelé poisson archer) capture des insectes situés jusqu'à deux mètres de lui. Après avoir repéré sa proie, il s'approche de la surface et s'oriente. Il projette alors un puissant jet d'eau avec la bouche : l'insecte, surpris, tombe à la surface de l'eau et le poisson l'avale.

Modélisation du mouvement du jet d'eau

- Le comportement du jet d'eau est assimilé à celui d'une goutte d'eau de masse *m*.
- La situation est schématisée sur la figure 1 page 8 à rendre avec la copie.
- On note $\overrightarrow{v_0}$ le vecteur vitesse initiale du centre d'inertie de la goutte.
- Dans cette étude, on suppose que l'action de l'air est négligeable.

➢ **Données** : Champ de pesanteur uniforme : $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$;
Vitesse initiale : $v_0 = 4{,}0\ m.s^{-1}$

1. Etude du mouvement

1.1. Qu'implique la phrase « l'action de l'air est négligeable » pour le bilan des forces ?

1.2. En déduire, en appliquant la deuxième loi de Newton l'expression vectorielle du vecteur accélération $\overrightarrow{a}_G$ du centre d'inertie G de la goutte, puis ses coordonnées a_x et a_y dans le repère d'étude $(O, \overrightarrow{i}, \overrightarrow{j})$.

1.3. Sur la figure 1 page 8, représenter le vecteur $\overrightarrow{a}_G$ au point G (avec l'échelle 1cm ↔ $5\ m.s^{-2}$).

1.4. Justifier que la coordonnée v_x du vecteur vitesse $\overrightarrow{v}$ du centre d'inertie G de la goutte garde la même valeur au cours du temps.

2. Recherche de la condition initiale sur l'angle α pour que le jet d'eau atteigne l'insecte

2.1. Sur la figure page 8, représenter, sans souci d'échelle, le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_S}$ au sommet de la trajectoire S du centre d'inertie G de la goutte, au moment de l'impact avec l'insecte.

- Le vecteur $\overrightarrow{v_S}$ a pour valeur (ou norme) : $v_S = v_0 \cos(\alpha)$

2.2. Exprimer l'énergie mécanique de la goutte en fonction de *m*, v_0, α, g et H :
- au point O, noté $E_M(O)$;
- au point S, noté $E_M(S)$.
On choisira la surface de l'eau comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur $E_{pp} = 0$ pour $y = 0$.

2.3. En déduire que la valeur de l'angle α permettant au jet d'eau d'atteindre l'insecte vérifie $\sin(\alpha) = \dfrac{\sqrt{2gH}}{v_0}$

2.4. Calculer la valeur de l'angle α dans le cas étudié.

3. Mouvement du jet d'eau

3.1. A partir de la question **1.2**, montrer que les équations horaires de la position du centre d'inertie G de la goutte sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \times \cos(\alpha) \times t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2} \times g \times t^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t \end{cases}$$

3.2. Vérifier que lorsque l'insecte a un temps de réaction $t_R < 0{,}37$ s, il échappe au jet d'eau du poisson d'Avril.

3.3. En déduire la valeur de la distance *d* indiquée sur la figure page 8.

4. Question Bonus (sans point ou cent points)

- Déterminer la taille du poisson d'Avril ainsi que la longueur d'onde de la lumière émise par ce poisson dans l'eau sachant que
  - ➢ sa masse est nulle
  - ➢ Sa quantité de mouvement est différente de zéro
  - ➢ Tout début de raisonnement sera valorisé.

Données : $c = 3{,}00 \times 10^8\ m.s^{-1}$; indice de réfraction de l'eau n = 1,33 ; $\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$; $E = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$;

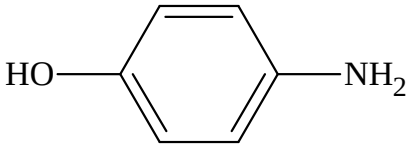
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s ; $\Delta t' = \gamma \times \Delta t_0$; $L' = \dfrac{L}{\gamma}$

NOM : ..... Prénom : ..... **Classe** : .....

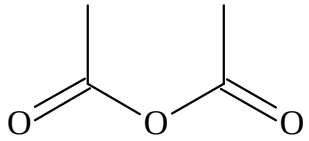
ANNEXE (À rendre avec la copie)

I. Synthèse et dosage du paracétamol

1. Synthèse du paracétamol



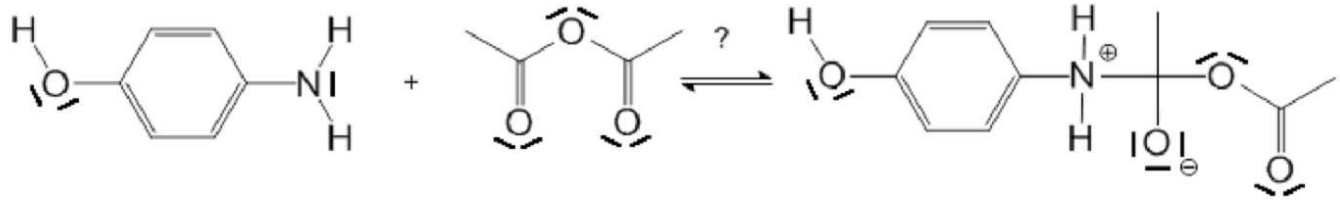
para-aminophenol



anhydride acétique

2. Mécanisme réactionnel.

Étape n°1



intermédiaire **A**

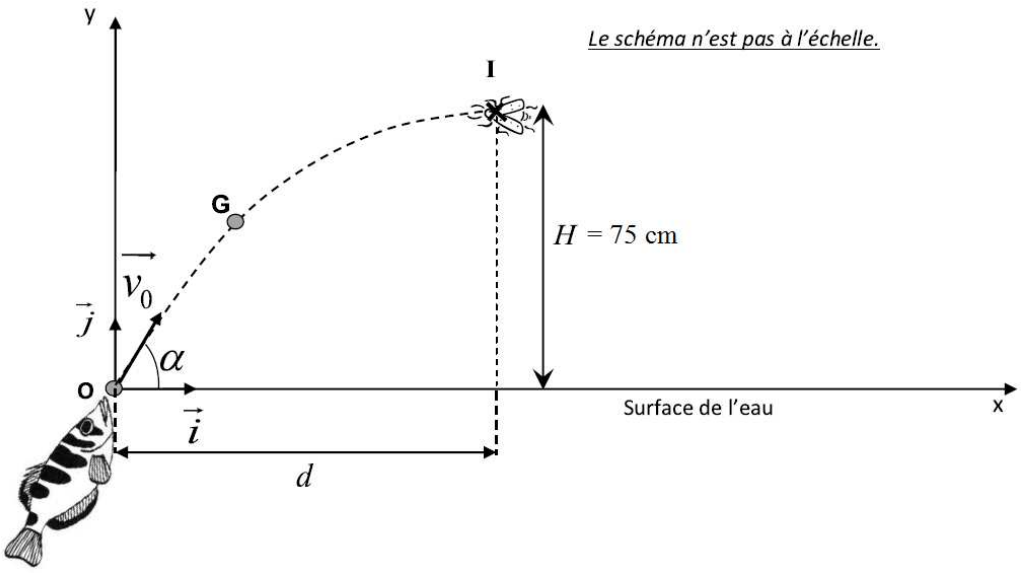
II. La houle

- Noircir la case correspondant à la bonne réponse avec un stylo bille ou une pointe feutre de couleur noire ou bleue.

1.3	A) ☐	B) ☐	C) ☐	D) ☐
1.4	A) ☐	B) ☐	C) ☐	D) ☐
1.5	A) ☐	B) ☐	C) ☐	D) ☐
1.6	A) ☐	B) ☐	C) ☐	D) ☐
1.7	A) ☐	B) ☐	C) ☐	D) ☐

III. Non-spécialistes seulement : Les prouesses du poisson d'Avril

Figure 1



IV. <u>Spécialistes seulement : Panneaux solaires</u> (5 points)

- Le Portugal a construit en 2006 à Moura la plus grande centrale solaire photovoltaïque du monde, avec 350 000 panneaux solaires installés sur 114 hectares et une capacité de production de 62 mégawatts (à comparer aux 1500 mégawatts produits par un réacteur nucléaire). <u>Elle est six fois plus puissante que la centrale Bavaria solarpark installée en Allemagne (10 MW)</u>.

1) Donner plusieurs raisons qui expliquent la phrase soulignée ci-dessus.

- Sachant que l'énergie électrique produite en France par an est de l'ordre de 520×10^9 kW.h, on peut se poser la question suivante : Pourrait-on produire de l'électricité en France uniquement avec des panneaux solaires photovoltaïques ?
- Pour vous aider à répondre à la question de façon argumentée, vous disposez des documents 1, 2 et 3 ci-après. Des commentaires sur les résultats obtenus sont également attendus.

2) **<u>Problème</u> : Quelle surface de panneaux solaires serait nécessaire pour produire la totalité de l'électricité produite en France en un an ? Est-ce réaliste ?**
3) Quelles seraient les avantages d'installer une telle centrale en Arabie Saoudite ? (Voir document 4)
4) Quel est le principal inconvénient d'une centrale solaire ?

<u>Document n°1 : Panneaux solaires photovoltaïques</u>

Sources : https://fr.wikipedia.org/wiki/Capteur_solaire_photovolta%C3%AFque

- Les panneaux sont généralement des parallélépipèdes rectangles rigides minces (quelques centimètres d'épaisseur), dont la longueur et la largeur sont de l'ordre du mètre, et une masse de l'ordre de la dizaine de kg.
- Leur rendement est un peu plus faible que celui des cellules qui les constituent, du fait des pertes électriques internes et des surfaces non couvertes ; soit un rendement de 10 à 20 %.

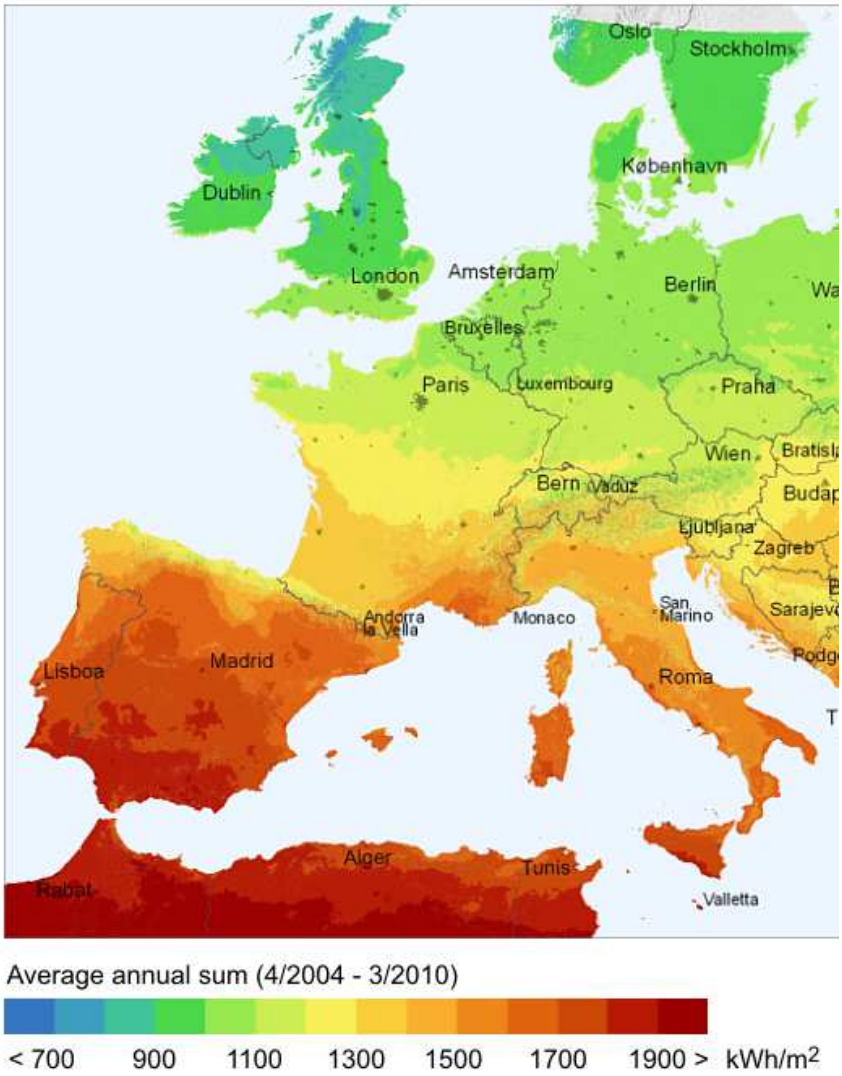
<u>Document 2 : Rendement global d'un système photovoltaïque</u>

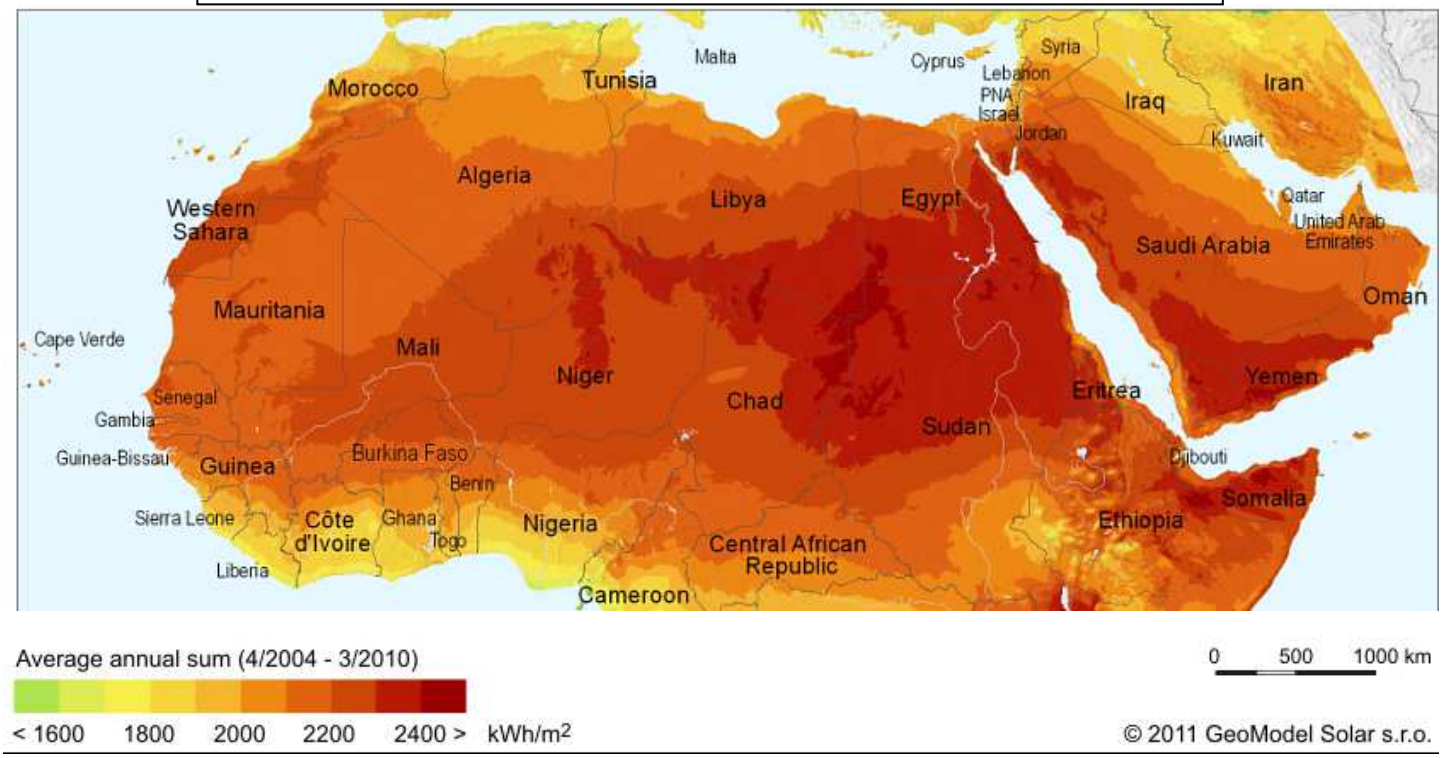
- Il permet de caractériser la fraction de l'énergie lumineuse captée au départ que l'on retrouve sous forme électrique injectée sur le réseau. Il est donc égal au rapport entre l'énergie électrique $E_{élec}$ de sortie injectée sur le réseau et l'énergie lumineuse E_{lum} reçue sur les panneaux.
- Pour une durée de fonctionnement donnée, ce rendement, noté η, est aussi défini par : $\eta = \frac{P_{élec}}{P_{lum}}$ où P désigne une puissance en W ou kW.

Document n°3 : Eclairement

Source : https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_irradiance

- L'éclairement (Insolation en anglais) est la mesure de l'énergie solaire reçue sur une certaine surface pendant un certain temps. Il s'exprime ici kilowatt-heures par mètres carré et par an (kW.h/m^2/an).
- La carte ci-contre donne des résultats **pour une année d'ensoleillement** en Europe. (http://solargis.info/)



Document n°4 : Ensoleillement pour une année en Afrique et Moyen-Orient

Source : https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_irradiance