

Baccalauréat blanc du mercredi 25 mai 2016

Exercice I : un refuge H.Q.E. (6 points)

Partie 1 : les performances du refuge

Le refuge du Goûter, situé à proximité du Mont Blanc à 3835 m d'altitude, est l'un des plus hauts refuges de montagne d'Europe. Sa construction répond à des normes Haute Qualité Environnementale (H.Q.E).

Cet exercice porte sur les performances énergétiques du bâtiment afin de rendre cet habitat « passif ».



Document 1 : le refuge du Goûter, un des plus hauts chantiers d'Europe

D'architecture ovoïde, conçu pour s'intégrer sur le plan technique et esthétique aux contraintes d'un environnement difficile, le refuge du Goûter préfigure une nouvelle génération de bâtiments. Ce chantier est un véritable défi architectural et technique puisqu'il s'agit de construire un bâtiment avec une structure en bois, sur quatre étages, avec un revêtement extérieur en inox et d'utiliser efficacement les technologies innovantes.

Mais c'est aussi un défi humain pour les ouvriers qui travaillent sur ce chantier hors norme, situé à 3835 m avec des contraintes climatiques. Les rafales de vent peuvent dépasser 250 km.h⁻¹. Les températures peuvent chuter à - 35°C en hiver et -10°C en plein été.

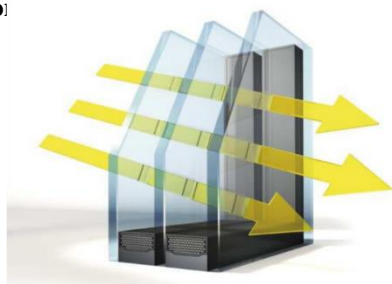
Tout a été mis en œuvre pour faire de ce chantier un projet bas carbone, « pilote » sur le plan environnemental :

- structure en bois local des Alpes françaises (épicéa, sapin blanc et mélèze), majoritairement issu des forêts de Saint- Gervais (vallée proche du site) ;
- modules bois fabriqués dans la vallée et transportés par hélicoptère. Toute la structure a été pensée comme un « jeu de construction » géant pouvant être assemblé rapidement sur site. La masse maximale des éléments héliportés sur site est de 550 kg. La fabrication en atelier est prévue pour réduire les temps de pose et faciliter la tâche aux ouvriers montant la structure ;
- recours aux énergies renouvelables (solaire, photovoltaïque, biomasse) et mise en place de technologies innovantes (gestion de l'électricité à distance, cogénération, fondoir à neige, traitement des eaux usées...).

Extrait du dossier de presse du site «le refuge du Goûter» juillet – Août 2012

Document 2 : informations sur les fenêtres du refuge

Doi



Matériau	Conductivité thermique λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
air	0,026
argon	0,017
verre de vitre	1,2

Fenêtre à triple vitrage

Photo site Internet :

<http://www.cpassifmenuiserie.fr/contact/>

Composition du triple vitrage :

- 2 lames d'argon de 14,0 mm d'épaisseur chacune ;
- 3 vitres de 4,0 mm d'épaisseur chacune.

Document 3 : apport théorique

La résistance thermique R_{th} (en K.W⁻¹) d'une paroi a pour expression :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$$

λ conductivité thermique en W.m⁻¹.K⁻¹ ;

e : épaisseur de la paroi en m ;

S : surface de la paroi en m².

Pour répondre aux conditions climatiques extrêmes liées à cette altitude, un modèle de fenêtre très performant a été réalisé. Elle est constituée d'un triple vitrage (et d'un survitrage spécifique non pris en compte ici). Pour l'isolation entre chaque vitre, l'argon a été choisi comme gaz plutôt que l'air, augmentant ainsi la résistance thermique de la fenêtre.

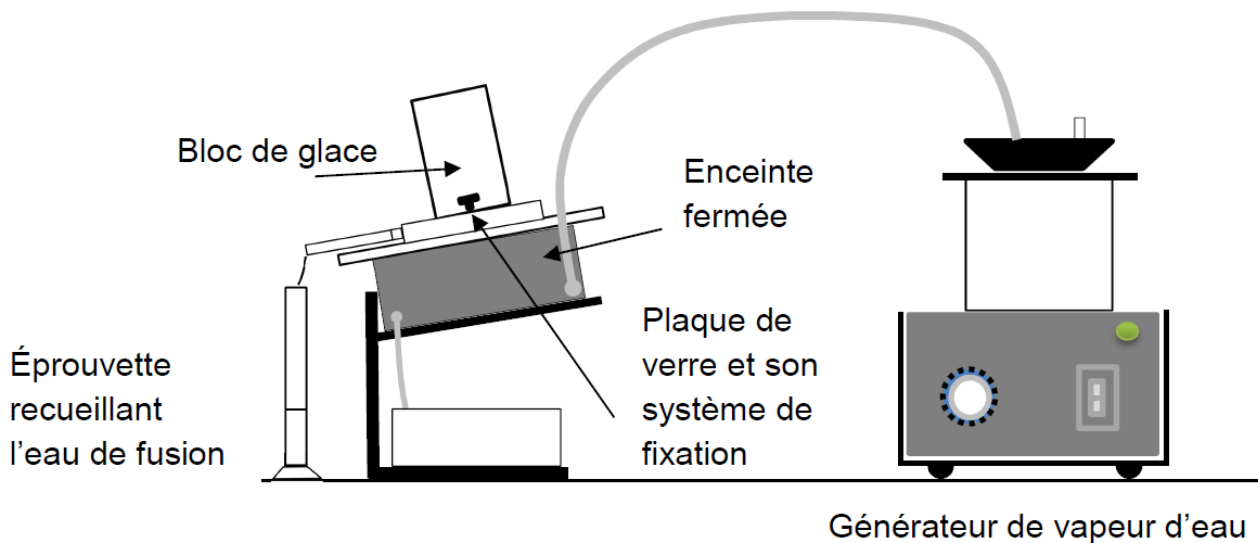
1) Calculer, pour une surface de $1,0 \text{ m}^2$, la résistance thermique totale R_{th} du triple vitrage d'une fenêtre du refuge, sachant que la résistance thermique totale du triple vitrage est la somme des résistances thermiques de chaque matériau constituant le triple vitrage.

2) Dans le cas d'un triple vitrage utilisant l'air, et pour une même surface de $1,0 \text{ m}^2$, la résistance thermique de la fenêtre vaut $R_{th2} = 1,1 \text{ K.W}^{-1}$. Évaluer alors la variation relative de la résistance thermique suite à la substitution de l'air par l'argon.

3) Augmenter l'épaisseur du verre aurait-il une grande influence sur les performances thermiques du vitrage ? Justifier votre réponse.

Partie 2 : détermination expérimentale de la résistance thermique du verre de vitre

Pour déterminer expérimentalement la résistance thermique du verre, il est possible de mettre en œuvre le protocole schématisé ci-dessous.



D'après <http://www.ayva.ca>

On place, sur une enceinte fermée pouvant recevoir un courant de vapeur d'eau, une plaque de verre carrée de 12 cm de côté, et sur celle-ci un bloc de glace cylindrique supposé à 0°C , de diamètre $d = 8 \text{ cm}$.

Le transfert thermique à travers la plaque de verre, soumise à un écart de température $\Delta\theta$ permet la fusion du bloc de glace plus rapidement qu'en le laissant à la température du laboratoire.

La plaque de verre utilisée est celle utilisée dans le triple vitrage précédent et a donc une épaisseur $e_{\text{verre}} = 4,0 \text{ mm}$.

Données : la chaleur latente massique de fusion de l'eau, notée L_f correspond à l'énergie reçue par unité de masse d'eau lors du changement d'état solide – liquide à température et pression constantes. $L_f = 333,5 \text{ J.g}^{-1}$.

Résultats expérimentaux :

Pour atteindre l'objectif fixé, il est nécessaire de procéder à deux expériences.

Au cours de la première expérience, on laisse fondre un bloc de glace pendant une durée $\Delta t = 5 \text{ min } 30 \text{ s}$, à la température ambiante du laboratoire. Au bout de cette durée, on recueille une masse d'eau liquide $m_1 = 5,5 \text{ g}$. Le diamètre d du bloc de glace conserve pratiquement son diamètre initial ($d = 7,7 \text{ cm}$ à la fin de l'expérience).

Au cours de la seconde expérience, le bloc de glace est placé sur le même support, pendant la même durée $\Delta t = 5 \text{ min } 30 \text{ s}$, mais cette fois le générateur de vapeur d'eau est mis en fonctionnement. La masse de glace fondue est alors $m_2 = 124,4 \text{ g}$. La mesure du diamètre du bloc de glace est proche de celle obtenue lors de la première expérience : ($d = 7,7 \text{ cm}$ à la fin de l'expérience).

Remarque : la masse de glace fondue est mesurée grâce à la masse d'eau recueillie dans l'éprouvette.

Exploitation des mesures expérimentales

1) Montrer que la valeur de l'énergie thermique E_{th} transférée à travers la paroi de verre et due à la mise en route du générateur de vapeur au cours de la deuxième expérience, est de l'ordre de 40 kJ . On prendra cette valeur approchée dans la suite de résolution de l'exercice.

2) Préciser le mode de ce transfert thermique mis en œuvre et proposer une interprétation au niveau microscopique.

3) On appelle flux thermique moyen à travers une paroi plane, la grandeur Φ définie par la relation : $\Phi = \frac{E_{th}}{\Delta t}$

a) Exprimer l'unité du flux thermique Φ en fonction des unités du système international (mètre, kilogramme et seconde). Avec quelle unité exprime-t-on généralement, plus usuellement, le flux thermique ?

b) Calculer la valeur du flux thermique à travers la plaque de verre étudiée.

4) La résistance thermique R_{th} de la portion de verre comprise entre le bloc de glace et l'enceinte fermée est reliée au flux thermique moyen Φ à travers la plaque de verre, par la relation : $\Phi = \frac{\Delta\theta}{R_{th}}$
où $\Delta\theta$ représente l'écart de température entre les deux faces de la plaque de verre. Déterminer la résistance thermique du verre.

5) La mesure de la résistance thermique du verre est réalisée 12 fois, dans les mêmes conditions expérimentales. Les valeurs obtenues, exprimées avec l'unité du système international, sont rassemblées dans le tableau suivant :

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Résistance thermique	0,81	0,89	0,78	0,82	0,87	0,78	0,76	0,92	0,85	0,84	0,81	0,79

Soient $\overline{R_{th}}$ la moyenne des n mesures réalisées et $U(R_{th})$ l'incertitude de mesure correspondante, associée au niveau de confiance de 95%.

Par définition :

$$U(R_{th}) = t_{95} \cdot \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

σ_{n-1} désignant l'écart-type expérimental, défini par :

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n ((R_{th})_k - \overline{R_{th}})^2}$$

t_{95} est appelé coefficient de Student. Pour $n = 12$ mesures et pour le niveau de confiance choisi de 95%, $t_{95} = 2,20$.

Écrire le résultat de la mesure expérimentale de R_{th} correspondant à un niveau de confiance de 95%. Rédiger une phrase de conclusion traduisant la signification de ce résultat.

6) Retrouve-t-on la valeur de la conductivité thermique du verre de la partie I ? Discuter du résultat.

Exercice II : comment mesurer des vitesses ? (5 points)

On se propose dans cet exercice d'étudier deux méthodes différentes de mesure de vitesse instantanée : celle des véhicules routiers par effet Doppler et celle d'un écoulement par utilisation d'interférences. **Les deux parties sont indépendantes.**

Partie A : Radar routier

Document 1 – Texte officiel sur le cinémomètre MESTA

Le cinémomètre MESTA 208 mesure la vitesse instantanée des véhicules routiers et fonctionne en application de l'effet Doppler dans le domaine des microondes. L'onde électromagnétique émise rayonne son énergie au moyen d'une antenne directive. Après réflexion sur le véhicule, une partie de l'onde est recueillie par la même antenne et mélangée à l'onde émise. **Il en résulte un signal de fréquence égale à la différence de fréquence, notée Δf , entre ces deux ondes.** Cet écart Δf est proportionnel à la vitesse v du véhicule et au cosinus de l'angle formé par le vecteur vitesse de ce véhicule et l'axe de rayonnement de l'antenne, soit :

$$\Delta f = \frac{2 \times v \times \cos(\alpha)}{\lambda}$$

où λ est la longueur d'onde d'émission.

D'après www.industrie.gouv.fr/metro/approb/decisions/8810123310.pdf

Document 2 – Texte officiel sur la précision des cinémomètres

Les erreurs maximales tolérées applicables pour les cinémomètres à poste fixe sont les suivantes :

- plus ou moins $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, pour les vitesses inférieures à $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$;
- plus ou moins 5% de la vitesse, pour les vitesses égales ou supérieures à $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

D'après legifrance.gouv.fr

Document 3 – Précision du cinémomètre

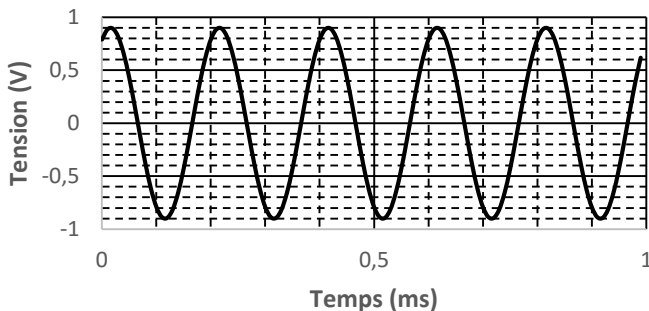
Si l'on considère que la précision de mesure du cinémomètre MESTA 208 dépend essentiellement du réglage de l'angle, l'incertitude relative sur la vitesse mesurée est :

$$\frac{U(v)}{v} = U(\alpha) \times \tan(\alpha) \times \frac{\pi}{180}$$

Où $U(\alpha)$ est l'incertitude absolue sur l'angle α , exprimée en degrés.

Document 4 – Signal analysé par le radar

Sur une portion d'autoroute limitée à $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, une voiture se fait flasher par un radar à poste fixe. Voici le signal obtenu par le radar après mélange des ondes reçues et émises :



Document 5 – Article sur la fiabilité des contrôles radar

Deux contrevenants flashés par un radar automatique dans le Gard ont été relaxés en octobre 2008. L'argument utilisé par les plaignants, appuyés par les associations, se basait pourtant sur un rapport officiel de la... Police, datant d'octobre 2007, qui démontrait certaines failles quant à l'angle de flash du radar. Réglementairement, l'appareil doit être tourné à 25 degrés par rapport à l'axe de la route. **Dans le cas contraire, le moindre degré de différence peut faire varier la vitesse enregistrée, parfois d'une bonne dizaine de $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ pour un simple écart de deux ou trois degrés.**

D'après www.autonews.fr

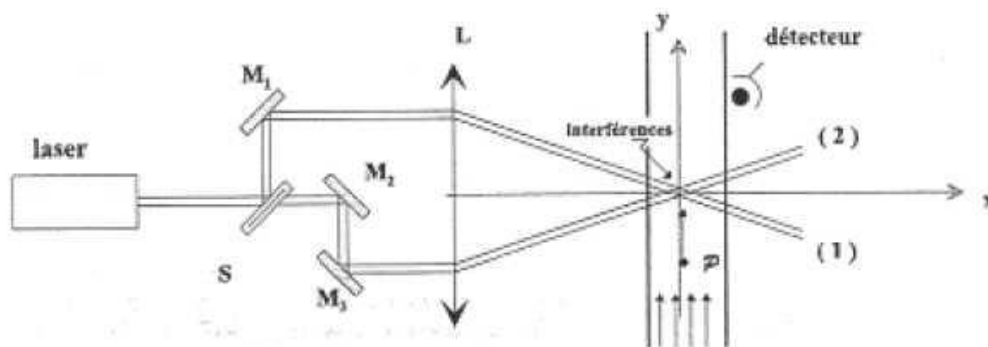
Donnée : célérité des ondes électromagnétiques dans le vide (ou l'air) : $c = 3,00.10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

- 1) Calculer la longueur d'onde d'émission du radar, sachant que la fréquence d'émission est $f = 24,125 \text{ GHz}$.
- 2) Déterminer la fréquence Δf du signal analysé par le radar (document 4).
- 3) En déduire la vitesse de la voiture flashée du document 4.
- 4) Selon les normes définies au document 2, le conducteur peut-il être légalement verbalisé ?
- 5) En s'appuyant sur un calcul, commenter la phrase en gras du document 5.

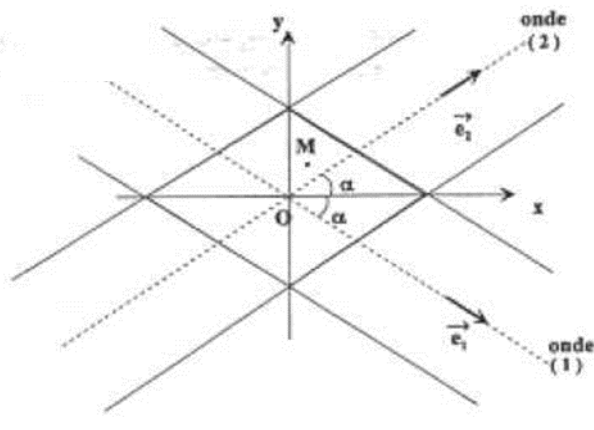
Partie B : vélocimétrie LASER

Principe de fonctionnement :

Le faisceau LASER est divisé en deux faisceaux (voir schémas ci-dessous) par une lame semi-réfléchissante S , puis les deux faisceaux sont déviés vers le point O par un jeu de miroirs (M_1, M_2, M_3) et la lentille de focalisation. Les deux faisceaux LASER résultants (1) et (2) sont inclinés du même angle α de part et d'autre de l'axe (Ox). A leurs croisement, une zone d'interférence apparaît (voir agrandissement). Un fluide peut s'écouler verticalement dans cette zone (voir question 2))



Agrandissement de la zone d'interférences



1) Etude de la figure d'interférences obtenue sur l'axe (Oy)

- Rappeler les caractéristiques de la lumière émise par un laser.
- Expliquer pourquoi il peut y avoir ici des interférences visibles.
- Enoncer la condition d'interférence constructive en un point M à l'aide de la longueur d'onde.

Entre les deux ondes, la différence de longueur de parcours de la source au point M (ou différence de marche en M) s'écrit pour un point M de coordonnées (x,y) :

$$\delta_M = 2y \cdot \sin(\alpha)$$

- Déterminer l'état d'interférence au point O ($0,0$).
- Soit A le point de l'axe (Oy) d'ordonnée positive et le plus proche du point O parmi les points ayant le même état d'interférence que O . Déterminer l'expression de l'ordonnée du point A .
- En admettant que la figure d'interférences obtenue sur l'axe (Oy) est périodique, montrer que l'interfrange de cette figure a pour expression : $i = \frac{\lambda}{2 \times \sin(\alpha)}$

2) Application à la mesure d'une vitesse.

Lorsqu'une particule emportée par le fluide traverse le champ d'interférences, elle diffuse la lumière qu'elle reçoit. Elle va donc émettre principalement quand elle passera au centre d'une frange brillante ; autrement dit, elle enverra un bref flash lumineux à chaque fois qu'elle passera le centre d'une frange brillante.

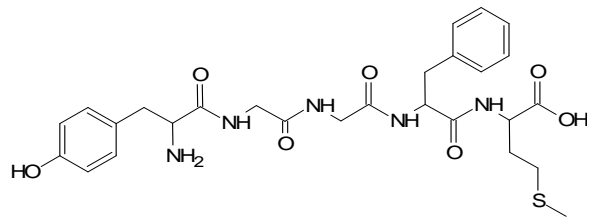
On suppose que l'écoulement étudié a un mouvement dans la direction (Oy) et que sa vitesse est identique partout. Les particules emportées par l'écoulement sont supposées avoir le même mouvement que le fluide (que ce soit, en direction, sens ou vitesse).

Déterminer la vitesse de l'écoulement si la fréquence des flashes lumineux est : $f = 1,02$ MHz.

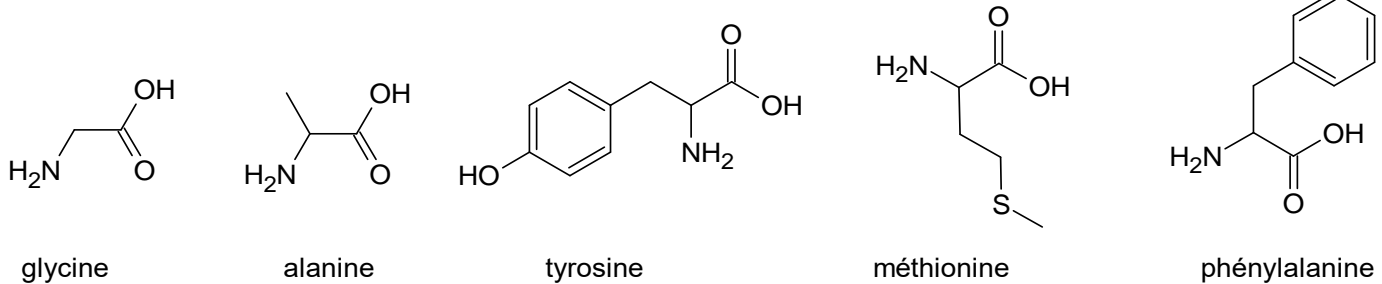
Données : $\sin(\alpha) = 0,50$ $\lambda = 633$ nm

Exercice III : autour de la Met-enképhaline (9 points)

La Met-enképhaline est un petit polypeptide, c'est-à-dire une molécule construite à partir de cinq acides α -aminés. Elle appartient à la famille des enképhalines, molécules ayant une action au niveau des neurones nociceptifs. Ces neurones interviennent dans le mécanisme de déclenchement de la douleur ; la capacité des enképhalines à inhiber ces neurones, c'est-à-dire à diminuer leur activité, leur confère une activité analgésique.

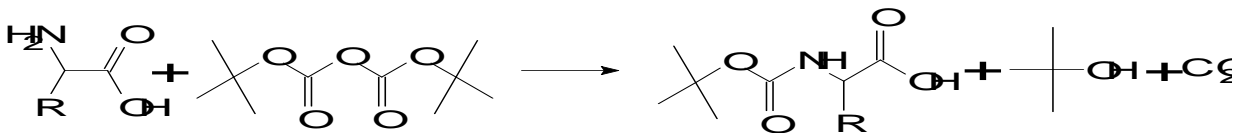


Document 1 – Exemples d'acides α -aminés présents dans l'organisme

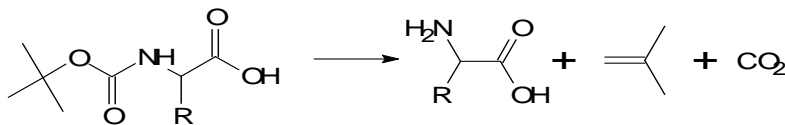


Document 2 – Exemple de séquence de protection/déprotection d'une fonction amine

Protection d'une fonction amine par le tert-butylcarbamate :

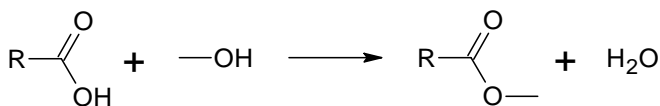


La déprotection qui permet de retrouver la fonction amine est assurée par la décomposition du produit obtenu en milieu acide à 25°C.



Document 3 – Exemple de séquence de protection/déprotection d'une fonction acide carboxylique

Protection d'une fonction acide carboxylique par estérification :

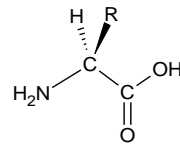


Cette réaction est équilibrée. Afin d'obtenir un bon rendement, et pour que la réaction puisse être considérée comme totale, il est nécessaire d'éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation, par exemple à l'aide d'un montage de Dean-Stark.

La déprotection de la fonction est assurée par la réaction inverse, appelée hydrolyse, à l'aide d'un catalyseur acide. Celle-ci est également équilibrée, et on utilise un grand excès d'eau afin de la réaliser avec un bon rendement.

I Acides aminés et synthèse peptidique

1) Les acides α -aminés rencontrés dans les peptides sur Terre ont une structure commune qui est la suivante, R étant une chaîne différente d'un acide aminé à l'autre, appelée chaîne latérale :

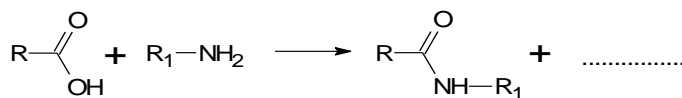


a) Rappeler la définition d'une molécule chirale.

b) En déduire l'unique acide α -aminé qui ne soit pas chiral parmi ceux du document 1. Justifier. Quel est son nom ? Donner sa formule de Cram.

2) Identifier la nature et le nombre des acides α -aminés différents nécessaires à la synthèse de la Met-enképhaline.

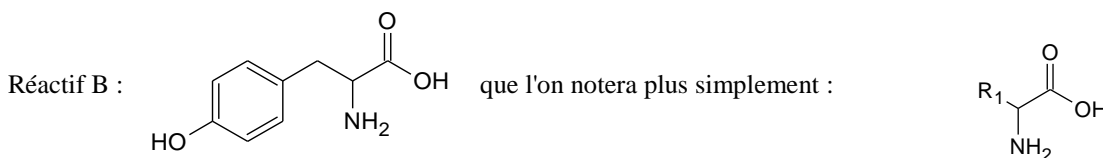
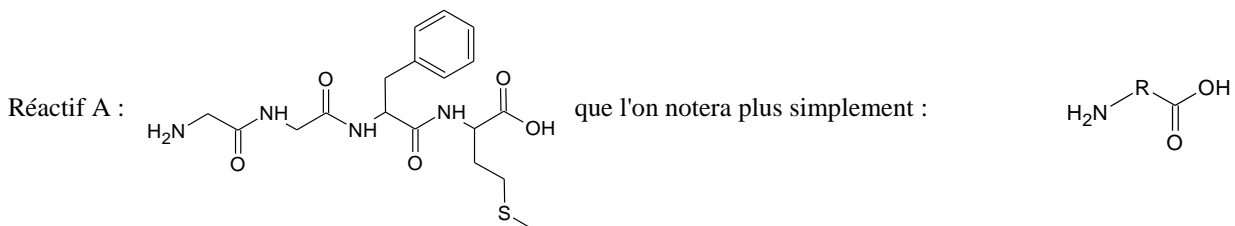
3) Sur la copie, recopier et compléter l'équation de réaction ci-dessous entre un acide carboxylique et une amine. Entourer et nommer le nouveau groupe fonctionnel. Cette réaction est à la base de la synthèse peptidique. A quelle grande famille de réaction appartient-elle ?



4) Combien de carbone asymétrique possède la Met-enképhaline ? Combien de stéréoisomères de configuration répondent à la même formule développée ?

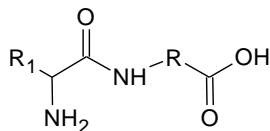
II Dernière étape de synthèse de la Met-enképhaline

On envisage la dernière étape de la synthèse de la Met-enképhaline à partir des deux réactifs suivants :

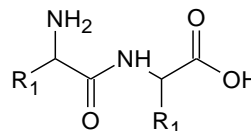


1) Il est possible d'obtenir 4 pentapeptides à partir de ces deux réactifs. Les formules topologiques de deux d'entre eux sont données ci-dessous. Donner celles des deux autres.

Pentapeptide 1 (Met-enképhaline)



Pentapeptide 2



2) Déduire de la question précédente quelle fonction de chacun des réactifs A et B doit être protégée afin d'obtenir uniquement la Met-enképhaline.

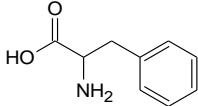
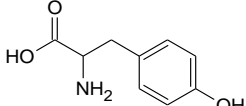
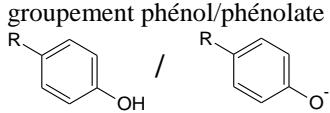
3) À l'aide des documents, compléter l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE présentant la suite de transformations chimiques à mettre en place afin de réaliser la dernière étape de la synthèse de la Met-enképhaline.

4) Discuter de la notion d'économie d'atomes en synthèse organique à propos de cette dernière étape de synthèse de la Met-enképhaline.

III Décomposition d'un peptide et séparation des acides aminés

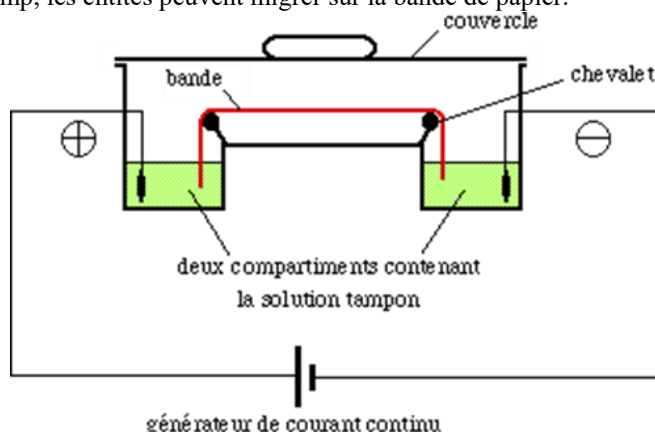
Afin de connaître la structure d'un peptide donné, il est possible de le décomposer dans un premier temps en ses différents acides aminés. L'étape d'après est la séparation de ces différents acides aminés. L'exemple suivant traite de la séparation de la phénylalanine et de la tyrosine.

Documents 1 : pK_a des deux acides aminés

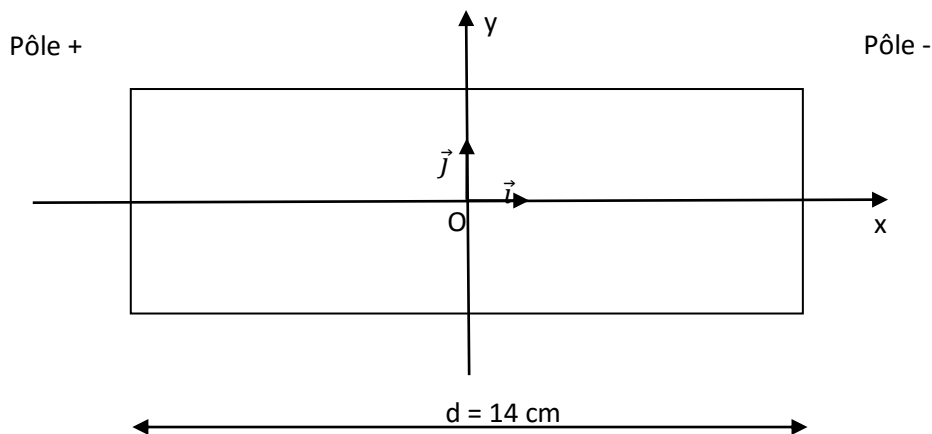
acide aminé	pK _a du groupement acide carboxylique de l'acide aminé formant le couple R-COOH/R-COO ⁻	pK _a du groupement amine de l'acide aminé formant le couple R-NH ₃ ⁺ /R-NH ₂	pK _a du groupement acido-basique de la chaîne latérale de l'acide aminé
 phénylalanine	1,8	9,1	pas de groupement acido-basique sur la chaîne latérale de l'acide aminé
 tyrosine	2,2	9,1	10,1 groupement phénol/phénolate 

Document 2 : principe de l'électrophorèse

Deux cuves remplies de solution tampon imbibent une bande de papier reliant ces deux cuves, à l'horizontal, posée sur un chevalet. On impose une différence de potentiel entre les deux compartiments ce qui crée un champ électrique sur la bande de papier imbibée, dans la direction de la longueur de cette bande. Des dépôts d'un échantillon donné sont faits au milieu de la bande papier. Sous l'effet du champ, les entités peuvent migrer sur la bande de papier.



Vue de dessus de la bande d'électrophorèse. Les dépôts sont placés en O, origine du repère et centre de la bande, avec une pipette Pasteur.



Document 3 : solutions tampon usuelles à disposition

3 solutions tampon sont à disposition : pH = 4,0 ; pH = 7,0 et tampon pH = 11,0

1) Etude du mouvement des ions sur la bande de papier

a) Déterminer les caractéristiques du champ électrique \vec{E} sachant que la différence de potentiel de part et d'autre de la bande de papier est de $U = 25 \text{ V}$. On rappelle que $E = U/d$

b) Un ion de charge $q > 0$ est déposé sans vitesse initiale en O. Déterminer, en supposant qu'il n'est soumis horizontalement qu'à la force électrique issue du champ électrique, l'expression de la date à laquelle il arrive à l'extrémité de la bande.

c) En réalité, l'ion acquiert horizontalement, quasi immédiatement, un mouvement en ligne droite à vitesse constante (régime permanent). Il est soumis, en effet, à une force de frottement pouvant se mettre sous la forme

$$\vec{f} = -k \cdot \vec{v}$$

où \vec{v} est le vecteur vitesse de l'ion et k un coefficient constant. Etablir l'expression de ce vecteur vitesse atteint par l'ion en régime permanent en fonction du champ électrique et des autres paramètres de l'expérience. Citer 4 paramètres pouvant faire varier la valeur de cette vitesse.

d) La force de frottement a pour valeur $2,9 \cdot 10^{-17} \text{ N}$ pour l'ion en question. Déterminer la valeur du travail de cette force constante depuis le centre de la bande à l'une de ses extrémités. Interpréter sous forme énergétique la valeur obtenue.

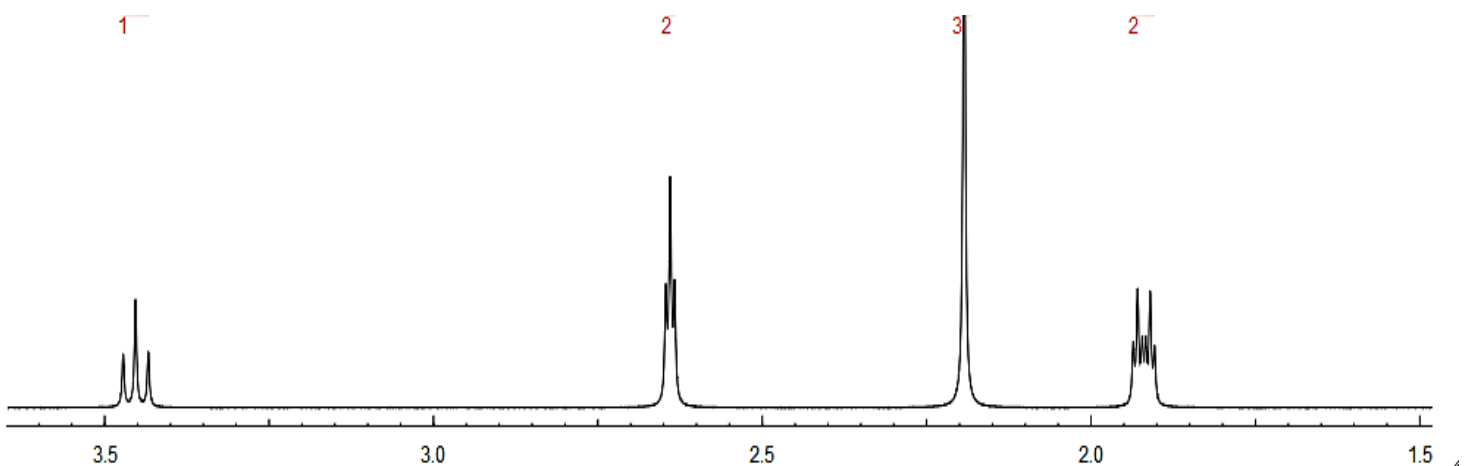
2) Qu'est-ce qu'une solution tampon ?

3) On dispose d'un échantillon contenant les acides aminés phénylalanine et tyrosine. A partir de l'étude des documents 1, 2 et 3, déterminer précisément, en justifiant, mais sans calcul numérique, une méthode permettant de séparer la phénylalanine de la tyrosine de cet échantillon en utilisant une électrophorèse et une des solutions du document 3. Tout début de raisonnement sera pris en compte.

IV Identification des acides aminés

Les acides aminés de le Met-enképhaline ayant été séparés, on les plonge séparément dans un solvant deutéré. Ce solvant a la capacité d'échanger les H du groupement amine et du groupement acide carboxylique par un isotope de l'hydrogène, le deutérium (D), qui n'a pas de rôle et n'apparaît pas en RMN. **Tout se passe ainsi, pour les spectres RMN, comme si les H du groupement amine et le H du groupement acide carboxylique étaient absents.**

Le spectre obtenu de l'un des acides aminés est le suivant, les chiffres au-dessus de chaque signal correspondant à l'intégration des signaux, l'axe est gradué en ppm.



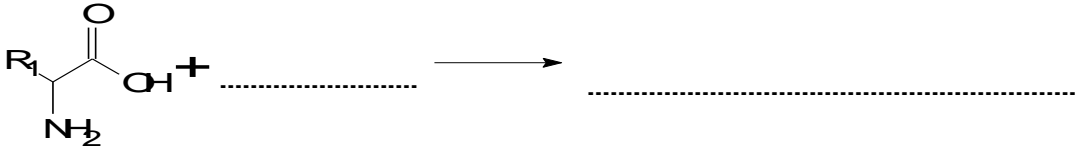
1) De quel acide aminé s'agit-il ? Justifier.

2) Attribuer chaque signal à un groupe de protons équivalents en justifiant.

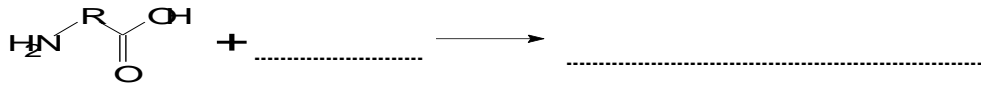
ANNEXE DE L'EXERCICE III :

Suite de transformations chimiques de la dernière étape de la synthèse de la Met-enképhaline

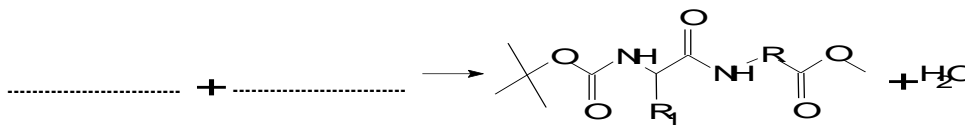
1- Protection du réactif B :



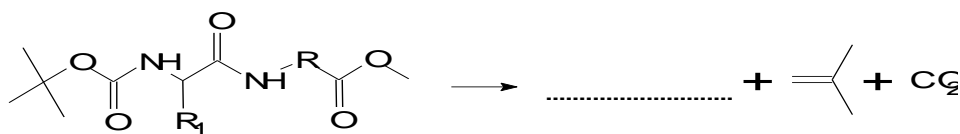
2- Protection du réactif A :



3- Réaction entre le réactif A protégé et le réactif B protégé :



4- Déprotection de la fonction amine :



5- Déprotection de la fonction acide carboxylique :

