BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

obligatoire

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10 y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE I - L'ASCENSEUR SPATIAL (5 points)

Document 1. Présentation de l'ascenseur spatial

L'ascenseur spatial a été envisagé dans les années 1970 comme alternative aux lanceurs classiques de satellites que sont les fusées et navettes spatiales.
Dans certains ouvrages, l'ascenseur culminerait à l'altitude de 36 000 kilomètres au-dessus du sol. Cette hauteur n'est pas due au hasard. En effet, un satellite en orbite équatoriale à cette altitude apparait immobile au-dessus d'un point de l'équateur : c'est un satellite géostationnaire.
La particularité de l'orbite géostationnaire suggère une façon de relier le sol et l'espace : il suffit de laisser pendre un câble d'un satellite géostationnaire. Ce dernier restera toujours à l'aplomb du même point de la surface terrestre d'où l'on pourra construire une base de départ de cabines qui escaladeront le câble, transportant des satellites directement jusqu'à l'orbite géostationnaire en quelques jours, environ cinq selon certaines hypothèses retenues.
Et inversement les satellites en fin de vie pourraient être redescendus par l'ascenseur et récupérés sur Terre.



Dessin d'artiste représentant un ascenseur spatial

Comment déployer le câble depuis l'espace ? La réponse semble simple : il suffit de dérouler une bobine de câbles préalablement mise en orbite géostationnaire.

Mais il y a un problème. Sur la partie basse du câble l'attraction terrestre dépasse la force centrifuge due à son mouvement de rotation autour de la Terre. Conséquence : le câble est irrémédiablement tiré vers la Terre et ne peut maintenir sa position initiale. Pour pallier ce problème, il suffit de déployer le câble simultanément dans deux directions opposées, c'est-à-dire vers la Terre et vers l'espace.
Dans ce cas, l'astuce consiste à ce que la partie supérieure du câble « retienne » la partie inférieure.

L'ascenseur spatial permettrait aussi d'utiliser l'énergie de rotation de la Terre pour lancer des sondes depuis l'orbite géostationnaire vers des orbites plus hautes. La vitesse orbitale tout en haut de l'ascenseur serait si grande qu'un satellite qui y serait largué n'aurait pas besoin de moteur pour échapper à l'attraction terrestre. Vénus, Mars, Jupiter et même la sortie du système solaire seraient accessibles sans énergie supplémentaire que celle requise pour atteindre l'orbite géostationnaire.

D'après "The orbital tower : a spacecraft launcher using the Earth's rotational energy", article original de Jérôme PEARSON en 1975 et http://blog.belial.fr/post/2010/04/18/Ascenseur-vers-l-espace, article de R. LEHOUCQ

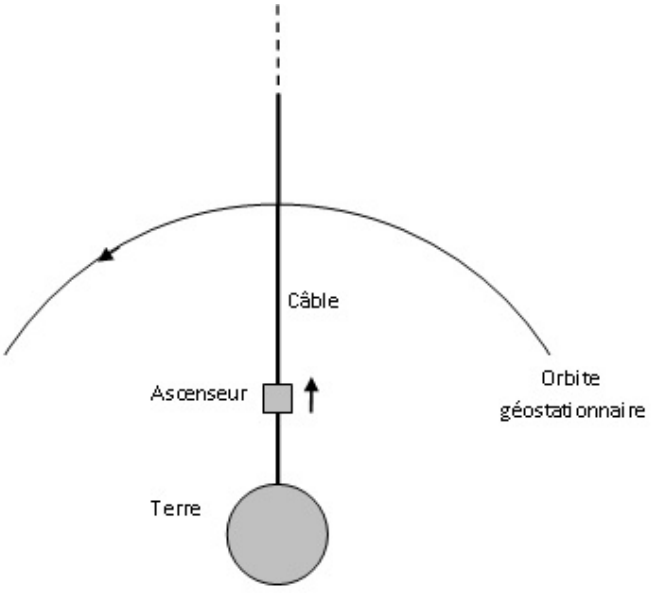


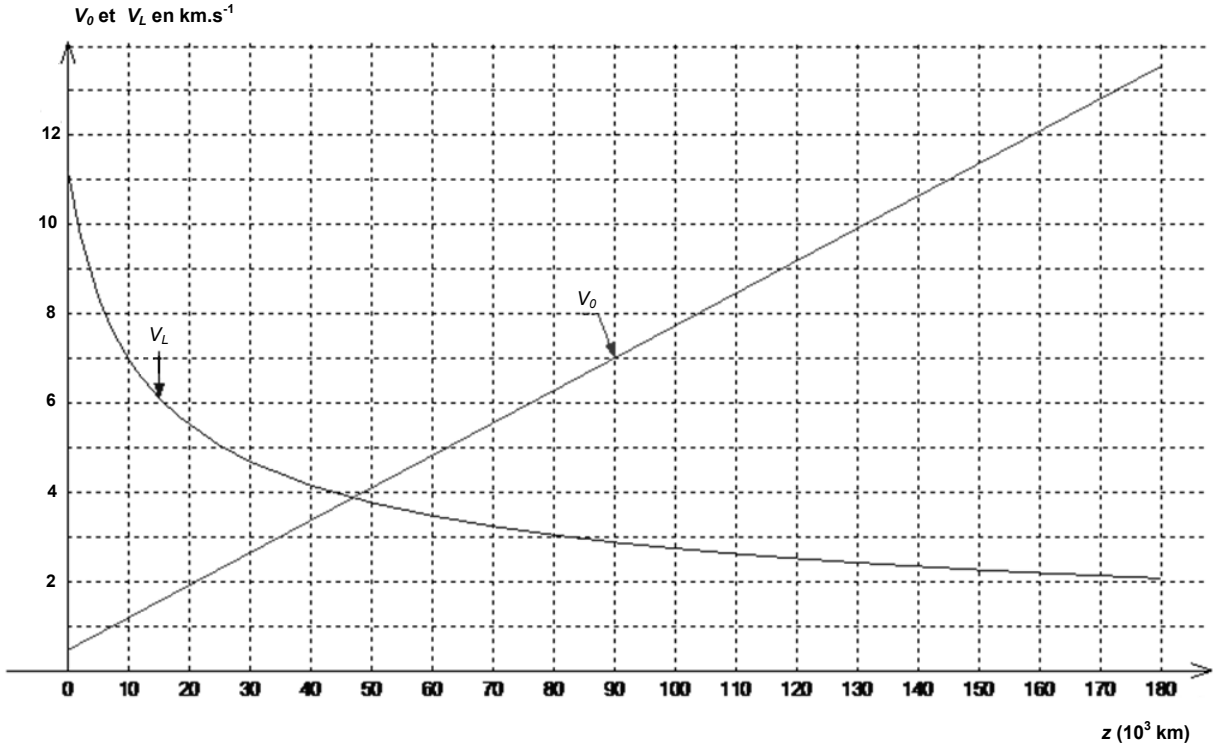
Schéma de principe de l'ascenseur spatial

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Document 2. Vitesse de libération et vitesse orbitale

Vitesse de libération V_L : vitesse minimale à communiquer à un projectile non motorisé dans le référentiel géocentrique (référentiel lié au solide imaginaire contenant le centre de la Terre et 3 étoiles éloignées) pour qu'il puisse s'échapper de l'attraction terrestre. Elle dépend de son altitude initiale z.
Vitesse orbitale V_O d'un point de l'ascenseur spatial : vitesse, par rapport au référentiel géocentrique, qu'il possède sur son orbite dans une direction perpendiculaire au fil de l'ascenseur.



Graphe représentant la vitesse de libération V_L et la vitesse orbitale V_O d'un point de l'ascenseur spatial (en km.s^{-1}) en fonction de l'altitude z.

1. Pourquoi utiliser un satellite géostationnaire pour ce projet ?

1.1. À partir des documents et sans faire de calcul, définir un satellite géostationnaire puis donner les valeurs de sa vitesse et de sa période dans le référentiel terrestre et dans le référentiel géocentrique.

1.2. Dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, le satellite géostationnaire a une trajectoire circulaire. À partir de la deuxième loi de Kepler (ou des aires), montrer que le mouvement de ce satellite est uniforme.

1.3. En faisant référence à la question précédente, donner la direction et le sens du vecteur accélération du satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique. Montrer que ces résultats sont en conformité avec la deuxième loi de Newton.

1.4. Établir l'expression de la vitesse v du satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique en fonction de sa période $T_{Géo}$, du rayon de la Terre R_T (R_T = 6,4 x 10^3 km) et de son altitude h puis calculer sa valeur.

1.5. D'après le texte, que faut-il « rajouter » à un satellite géostationnaire pour réaliser un ascenseur spatial ? Pour quelle raison est-il essentiel de placer un satellite à 36 000 km ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. L'ascenseur spatial

2.1. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma :

- la Terre de rayon équatorial R_T = 6,4 x 10^3 km ;
- le satellite géostationnaire en orbite à l'altitude *h* de « 36 000 km » ;
- le câble reliant le satellite géostationnaire à la Terre ;
- la cabine de l'ascenseur à une altitude *h'* = 20 000 km ;
- le vecteur vitesse ascensionnelle $\overrightarrow{V_A}$ de la cabine le long du fil ainsi que son vecteur vitesse orbitale $\overrightarrow{V_O}$.

2.2. Un point de l'ascenseur spatial situé à l'altitude *z* possède dans le référentiel géocentrique la vitesse orbitale $V_O(z) = \frac{2\pi(R_T + z)}{T_{Géo}}$. Montrer que cette expression est cohérente avec l'allure de la courbe de la vitesse orbitale présentée dans le document 2.

2.3. En faisant référence au document 1, calculer la valeur de sa vitesse moyenne ascensionnelle.

2.4. Comparer la vitesse moyenne ascensionnelle à la vitesse orbitale à l'altitude *h'.*

2.5. « La vitesse tout en haut de l'ascenseur serait si grande qu'un satellite qui y serait largué n'aurait pas besoin de moteur pour échapper à l'attraction terrestre ».

2.5.1. Estimer l'altitude minimale de l'ascenseur spatial pour que le satellite s'échappe de l'attraction terrestre.

2.5.2. Estimer l'énergie cinétique à communiquer à un satellite de masse *m* = 1,5 x 10^3 kg, en orbite géostationnaire, pour qu'il s'échappe de l'attraction terrestre. Comment cette énergie peut-elle lui être communiquée ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II - AUTOUR DE L'ASPARTAME (10 points)

L'aspartame est un édulcorant artificiel découvert en 1965. C'est un dipeptide obtenu par réaction de l'acide aspartique et d'un dérivé de la phénylalanine, deux acides aminés.

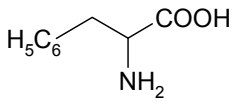
Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. La phénylalanine et l'acide aspartique

1.1. La phénylalanine

La phénylalanine est un acide aminé essentiel : il doit être apporté par l'alimentation car l'organisme est incapable de le synthétiser.

La formule de la phénylalanine est :



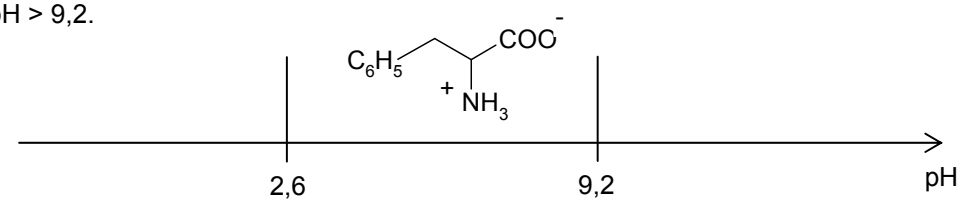
1.1.1. Recopier la formule de la phénylalanine puis entourer et nommer les groupes fonctionnels présents dans la molécule.

1.1.2. Identifier l'atome de carbone asymétrique. Comment peut-on alors qualifier une telle molécule ?

1.1.3. Donner les représentations de Cram des deux énantiomères de la phénylalanine.

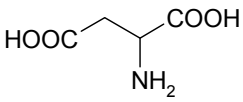
1.1.4. Les acides aminés sont des molécules ayant des propriétés à la fois acides et basiques. La forme prédominante de la phénylalanine dépend alors du pH.

Recopier la figure ci-dessous et indiquer les structures des espèces qui prédominent à pH < 2,6 et pH > 9,2.



1.2. L'acide aspartique

La formule de l'acide aspartique est :



On s'intéresse au spectre de RMN du proton de l'acide aspartique.

Le tableau ci-dessous donne les déplacements chimiques de quelques noyaux d'hydrogène. L'hydrogène concerné est indiqué en caractère gras.

Type de proton	δ (ppm)
R-C**H**$_2$-CO-R'	2,0 – 4,0
R-COO**H**	9,5 – 13
R-N**H**$_2$	1,0 – 5,0

Le spectre de RMN de l'acide aspartique présente les signaux suivants :

- singulet large à 11 ppm, intégration 2 ;
- triplet à 3,8 ppm, intégration 1 ;
- doublet à 2,7 ppm, intégration 2 ;
- singulet très large à environ 2 ppm, intégration 2.

1.2.1. Attribuer les signaux observés à chaque hydrogène (ou groupes d'hydrogènes équivalents) de la molécule d'acide aspartique.

1.2.2. Interpréter la multiplicité des pics pour le triplet à 3,8 ppm.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Synthèse d'un dérivé de la phénylalanine

La littérature scientifique permet d'obtenir les informations suivantes :

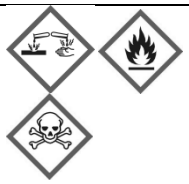
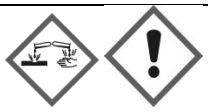
Document 1. Protocoles de synthèse du dérivé de la phénylalanine

Protocole n°1. Utilisation du triméthylchlorosilane
On introduit dans un ballon 10 g de phénylalanine. On additionne lentement, tout en agitant, 15 mL de triméthylchlorosilane. Un volume de 60 mL de méthanol est ensuite ajouté au mélange qui est agité pendant 12 heures à température ambiante. On procède à l'évaporation du solvant afin d'obtenir le produit souhaité. Le rendement de la synthèse est de 96%.

Protocole n°2. Utilisation du chlorure de thionyle
Dans un ballon, 10 g de phénylalanine sont mis en suspension avec 100 mL de méthanol. Sous agitation magnétique, le mélange réactionnel est refroidi à l'aide d'un bain d'eau glacée puis 6 mL de chlorure de thionyle sont ajoutés goutte à goutte. Le mélange est maintenu 24 heures sous agitation à température ambiante. Après évaporation du solvant, le produit obtenu est recristallisé dans un mélange d'éthanol et d'acétate d'éthyle. Le rendement de la synthèse est de 97%.

Protocole n°3. Utilisation de l'acide sulfurique
On introduit dans un ballon 15 g de phénylalanine, 27 mL de méthanol et 5 mL d'acide sulfurique. Le ballon est placé, sous agitation, dans un bain d'eau à 85°C pendant 4 heures. Un volume de 125 mL de méthanol est ajouté goutte à goutte au mélange par l'intermédiaire d'une ampoule de coulée. Simultanément, l'excès de méthanol est retiré du mélange. Après 4 heures, on traite l'huile obtenue. Le rendement de la synthèse est de 67%.

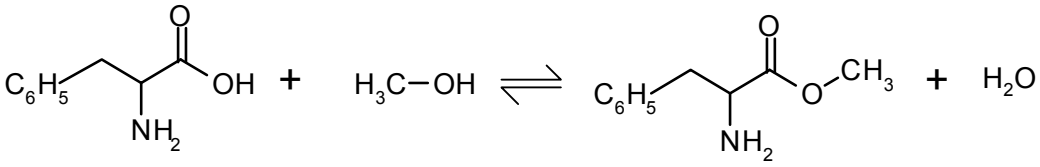
Document 2 : informations concernant différentes espèces chimiques

	Pictogramme	Mentions de danger	Tarif en 2012
Phénylalanine			16,90 € les 25 g
Méthanol		Liquide et vapeurs très inflammables. Toxique en cas d'ingestion. Toxique par contact cutané. Toxique par inhalation. Risque avéré d'effets graves pour les organes.	10,90 € le litre
Triméthylchlorosilane		Liquide et vapeurs très inflammables. Nocif par contact cutané. Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves. Toxique par inhalation. Peut irriter les voies respiratoires.	23,30 € les 100 mL
Chlorure de thionyle		Nocif par inhalation. Nocif en cas d'ingestion. Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves. Peut irriter les voies respiratoires.	22,90 € les 100 mL
Acide sulfurique		Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.	8,80 € le litre

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.1. À l'aide des documents, dégager l'(es) avantage(s) et l'(es) inconvénient(s) de chacun des trois protocoles proposés. Consigner les réponses dans un tableau.

On se propose de préparer au laboratoire l'ester méthylique de la phénylalanine en adaptant le **protocole n°3** au matériel disponible au laboratoire.
L'équation de la réaction est donnée ci-dessous :



Protocole retenu :
On introduit dans un ballon une masse m = 16,5 g de phénylalanine et un volume V = 40 mL de méthanol.
On ajoute quelques millilitres d'une solution aqueuse concentrée d'acide sulfurique.
On chauffe à reflux pendant quatre heures puis on laisse revenir le mélange à température ambiante.
Une solution d'hydrogénocarbonate de sodium est ensuite versée dans le ballon afin de neutraliser les acides présents dans le milieu réactionnel.
Le mélange est placé dans une ampoule à décanter et l'ester est extrait par du dichlorométhane.
La phase organique est recueillie, lavée et séchée sur du sulfate de sodium anhydre. Après filtration et évaporation du dichlorométhane, on recueille une masse m' = 11,4 g d'ester.

Données :

- Masses molaires :

	Phénylalanine	Méthanol	Ester méthylique de la phénylalanine
Masse molaire ($g.mol^{-1}$)	165	32	179

- Masses volumiques :

	Eau	Méthanol	Dichlorométhane
Masse volumique ($g.mL^{-1}$)	1,0	0,79	1,3

- Comparaison des électronégativités : $\chi(O) > \chi(C)$

2.2. Protocole expérimental

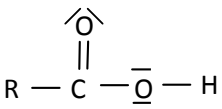
2.2.1. En analysant la nature des réactifs utilisés, quelles sont les précautions opératoires à respecter impérativement pour mettre en œuvre ce protocole ?

2.2.2. La réaction d'estérification est une réaction lente. Comment, dans ce protocole, la transformation chimique a-t-elle été accélérée ?

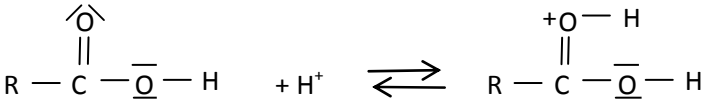
2.2.3. Dans le cas précis de cette synthèse, justifier l'impossibilité d'évaluer la durée de cette transformation chimique par un suivi par chromatographie sur couche mince.

2.2.4. Évaluer le rendement de cette synthèse organique en expliquant la démarche suivie.

2.3. Mécanisme réactionnel
On utilisera la formule simplifiée ci-contre pour la molécule de phénylalanine.



La première étape du mécanisme réactionnel, reproduite ci-dessous, permet d'illustrer le rôle des ions H^+ dans la synthèse de l'ester méthylique.



Une fois fixés, les ions H^+ permettent d'augmenter le caractère accepteur de doublets d'électrons d'un des atomes de la liaison C=O ce qui augmente la vitesse de la réaction à l'échelle macroscopique.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

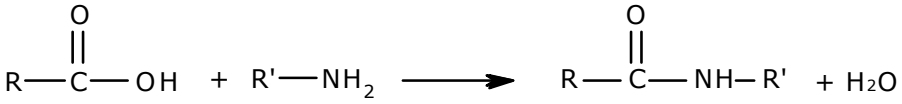
2.3.1. Quelle espèce chimique introduite dans le milieu réactionnel permet d'apporter les ions H^+ nécessaires ?

2.3.2. Représenter sur votre copie la formule simplifiée de la molécule obtenue à l'issue de la première étape et localiser l'atome accepteur de doublets d'électrons de la liaison C=O.

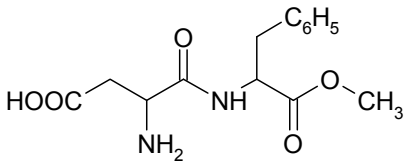
2.3.3. Reproduire sur votre copie la première étape du mécanisme réactionnel et relier par une flèche courbe les sites donneur et accepteur d'électrons afin d'expliquer la formation de la nouvelle liaison.

3. Synthèse de l'aspartame

Le groupe amino réagit avec le groupe carboxyle selon l'équation suivante :



Ainsi l'acide aspartique et l'ester méthylique de la phénylalanine réagissent entre eux pour former l'aspartame dont la formule est donnée ci-dessous :

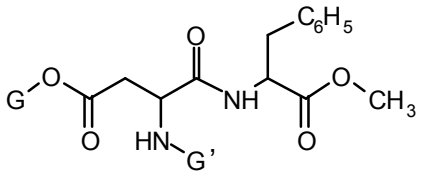


3.1. Donner le nom du groupe caractéristique qui a été créé lors de la synthèse de l'aspartame.

3.2. Lorsque l'on analyse le milieu réactionnel obtenu à la fin de la synthèse par une chromatographie sur couche mince (CCM), on observe plusieurs taches à des hauteurs différentes de celles des réactifs. Sachant que l'eau n'apparaît pas sur la plaque de chromatographie, proposer une explication à ce constat expérimental.

3.3. Écrire la formule semi-développée d'une molécule autre que l'aspartame présente dans le milieu réactionnel à la fin de la synthèse.

3.4. Pour synthétiser l'aspartame, la stratégie de synthèse consiste à protéger le groupe NH_2 et l'un des deux groupes COOH de l'acide aspartique à l'aide d'un groupe protecteur noté G' ou G. L'acide aspartique protégé réagit alors avec le dérivé de la phénylalanine protégé pour donner la molécule suivante :



3.4.1. Écrire la formule semi-développée de l'acide aspartique protégé.

3.4.2. Que faut-il faire ensuite pour obtenir l'aspartame à partir de ce dérivé ? (aucune écriture de réaction chimique n'est demandée)

3.5. En utilisant le tableau ci-dessous et votre sens critique, expliquer s'il est judicieux d'utiliser la spectroscopie infrarouge pour s'assurer de l'obtention d'aspartame au regard de la nature des liaisons formées ou rompues au cours de la transformation chimique.

Table des nombres d'onde

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité F : fort ; m : moyen	Espèce
N-H	3300-3500	m (2 bandes)	Amine primaire
N-H		m (1 bande)	Amine secondaire
N-H	3100-3500	F	Amide
C_{tet}-H	2850-3000 et 1430-1480	F	Alcane
O-H	2500-3200	F à m (large)	Acide carboxylique
C_{tri}=O	1700-1725	F	Acide carboxylique
C_{tri}=O	1735-1750	F	Ester
C_{tri}=O	1630-1700	F	Amide

C_{tet} : carbone tétravalent C_{tri} : carbone trivalent

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III - LE SAUNA (5 points)

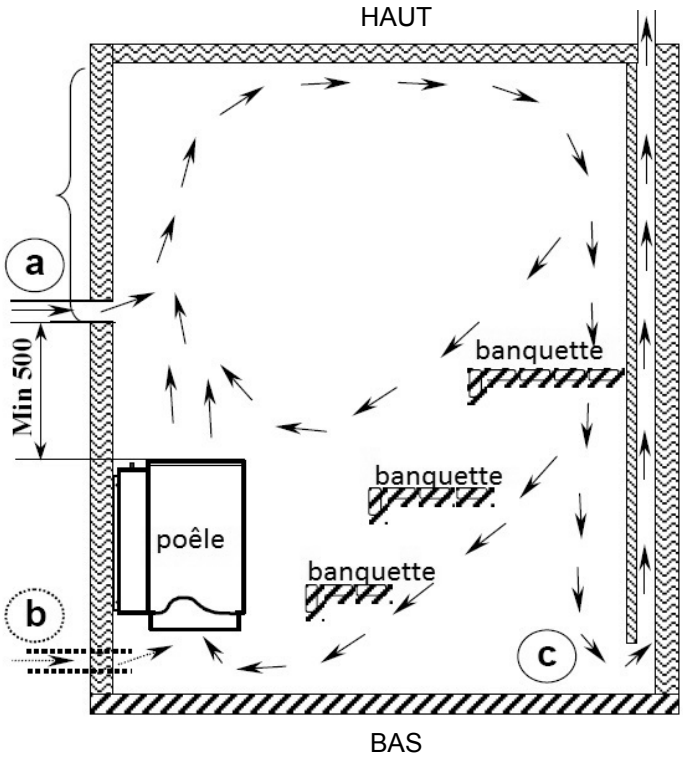
La pratique du sauna est une tradition finlandaise vieille de plus de deux mille ans. À l'origine, il s'agissait de s'installer dans une petite cabane en bois dont on chauffait l'atmosphère avec des pierres brûlantes. De nos jours, la pratique du sauna peut avoir lieu dans une pièce équipée d'un poêle électrique (figure 1) dans laquelle on prend un bain de vapeur sèche. Parmi ses nombreuses vertus, on peut citer la stimulation de la circulation sanguine et l'élimination de la fatigue.

Un particulier souhaite installer un sauna* chez lui. Il achète un poêle électrique spécifique et s'intéresse au matériau nécessaire à la construction de la pièce de dimensions 2,0 m x 2,0 m x 3,0 m. Le poêle est constitué d'une résistance chauffante. Des pierres sont posées sur l'appareil : elles ont pour but de générer de la vapeur lorsqu'on y verse de l'eau.
**le terme « sauna » qualifie également la pièce dans laquelle est pratiquée cette tradition ancestrale.*

Extraits de la notice du poêle électrique fournie par le constructeur (traduits du suédois) :

L'aération du sauna :
L'air frais est dirigé directement de l'extérieur par un tuyau d'environ 100 mm de diamètre placé 500 mm au dessus du poêle (a) vers le sauna. L'air frais peut aussi être envoyé sous le poêle près du sol (b). Dans l'alimentation en air frais, il est essentiel de veiller à ce que celui-ci se mélange le plus efficacement possible à l'air chaud et à la vapeur du sauna. L'air évacué est dirigé vers l'extérieur par une trappe située sous les banquettes (c), le plus loin possible de l'arrivée d'air frais.

Durée du préchauffage du sauna :
La durée de préchauffage du sauna est le laps de temps nécessaire pour chauffer le sauna à la température souhaitée pour la séance. Ce temps dépend notamment de la température voulue (la position de réglage de la température), de la quantité de pierre, du volume du sauna, et des matériaux constituant les parois du sauna. Moins on utilise de pierre, plus le sauna chauffe vite. Cependant, une plus petite quantité de pierre ne donne pas autant de vapeur. La durée de préchauffage varie en général entre 40 et 70 minutes.



Vue en coupe verticale du sauna

Caractéristiques techniques du poêle :

Poêle modèle SUPER 10	Poêle puissance kW	Volume du sauna		Poids sans pierre kg	Quantité de pierres (max) kg	Dimensions du poêle		
		min m^3	max m^3			largeur mm	profondeur mm	hauteur mm
DI 10	10,00	8,0	15,0	16	22	Ø370	450	590

Capacité thermique massique *c*, conductivité thermique λ et masse volumique ρ de quelques matériaux :

Matériau	c en $J.kg^{-1}.K^{-1}$	λ en $W.m^{-1}.K^{-1}$	ρ en $kg.m^{-3}$
Béton	1008	1,75	2200
Sapin	2400	0,15	450
Plâtre	1008	0,43	800
Verre	800	1,15	2530
Stéatite	980	6,4	2980

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

La **résistance thermique** R_{th} (en $K.W^{-1}$) d'une paroi a pour expression

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

λ : conductivité thermique en $W.m^{-1}.K^{-1}$
e : épaisseur de la paroi en m
S : surface de la paroi en m^2

Le **flux thermique** Φ (en W) correspond à une énergie thermique transférée à travers une paroi par unité de temps. Si ΔT est l'écart de température de part et d'autre de la paroi, le flux thermique à travers cette paroi est exprimé par :

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

1. Les transferts thermiques mis en jeu lors du chauffage

1.1. Caractériser chacun des types de transferts thermiques principaux mis en jeu lors du chauffage par le poêle de l'air ambiant ou des pierres. Pour cela, recopier et compléter le tableau suivant :

	Chauffage par le poêle de l'air de la pièce	Chauffage par le poêle des pierres
Mode de transfert thermique principal		
Avec ou sans déplacement de matière		

1.2. Que symbolisent les flèches représentées sur la figure 1 de la notice du constructeur ?
1.3. Donner une raison justifiant le choix de l'emplacement de l'entrée de l'air. Même question pour le choix de l'emplacement de la sortie de l'air.
1.4. En s'appuyant sur les caractéristiques du poêle choisi, montrer que ce choix est adapté aux besoins du particulier.

2. Les matériaux pour la construction de la pièce

Le particulier hésite entre le bois de sapin et le béton pour les parois de son sauna.

2.1. Comparer le flux thermique traversant une paroi de bois de sapin et une paroi de béton sans effectuer de calcul numérique. Formuler un conseil au particulier.
2.2. Quelle serait l'épaisseur d'une paroi en béton pour que, en termes d'isolation thermique, elle soit équivalente à une paroi en sapin de 5,0 cm d'épaisseur ?

3. Les pierres posées sur le poêle

Les pierres utilisées sont souvent d'origine volcanique car elles n'éclatent pas sous les chocs thermiques. C'est le cas de la stéatite.

3.1. On fait l'hypothèse que lors du préchauffage, la puissance du poêle est intégralement utilisée pour le chauffage des pierres d'origine volcanique. À l'aide des caractéristiques électriques du poêle, déterminer la durée Δt nécessaire pour porter une masse m = 20 kg de pierre, de la température de 25°C à la température de 250°C atteinte par les pierres à l'issue du préchauffage.
3.2. D'après la notice, l'hypothèse précédente est-elle vérifiée ? Proposer une explication.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer