

SESSION DE 2008

CA/PLP
CONCOURS INTERNE
ET CONCOURS D'ACCÈS A L'ÉCHELLE DE RÉMUNÉRATION

Section : MATHÉMATIQUES - SCIENCES PHYSIQUES

COMPOSITION DE SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 4 heures

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999).

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Il est recommandé aux candidats de partager également le temps entre la physique et la chimie.

La composition comporte deux exercices de physique et un exercice de chimie, que les candidats peuvent résoudre dans l'ordre qui leur convient tout en :

- *résolvant chacun des exercices sur une copie séparée ;*
- *respectant la numérotation de l'énoncé.*

Les correcteurs tiennent le plus grand compte des qualités de soin et de présentation.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

PLAN DU SUJET

Exercice 1 : OPTIQUE : les lentilles

Exercice 2 : ÉLECTRICITÉ : système triphasé

Exercice 3 : CHIMIE : sucres et édulcorant

Exercice 1 : OPTIQUE

1. Nature d'une lentille :

- 1.1. Proposer une définition d'une lentille mince.
- 1.2. Comment peut-on, au toucher, distinguer une lentille mince convergente d'une lentille mince divergente ?
- 1.3. Lentille convergente.
 - 1.3.1. Représenter la modélisation d'une lentille convergente. Placer le centre optique O, le foyer principal objet F et le foyer principal image F' de cette lentille.
 - 1.3.2. On considère un objet réel AB perpendiculaire à l'axe optique, A étant sur l'axe optique et $OA > OF$. Construire l'image A'B' de l'objet AB par la lentille convergente.
 - 1.3.3. Donner la nature et le sens de l'image obtenue.
- 1.4. Lentille divergente.
 - 1.4.1. Représenter la modélisation d'une lentille divergente. Placer le centre optique O, le foyer principal objet F et le foyer principal image F' de cette lentille.
 - 1.4.2. On considère un objet réel AB perpendiculaire à l'axe optique, A étant sur l'axe optique. Construire l'image A'B' de l'objet AB par la lentille divergente.
 - 1.4.3. Donner la nature et le sens de l'image obtenue.

2. Détermination de la vergence d'une lentille mince :

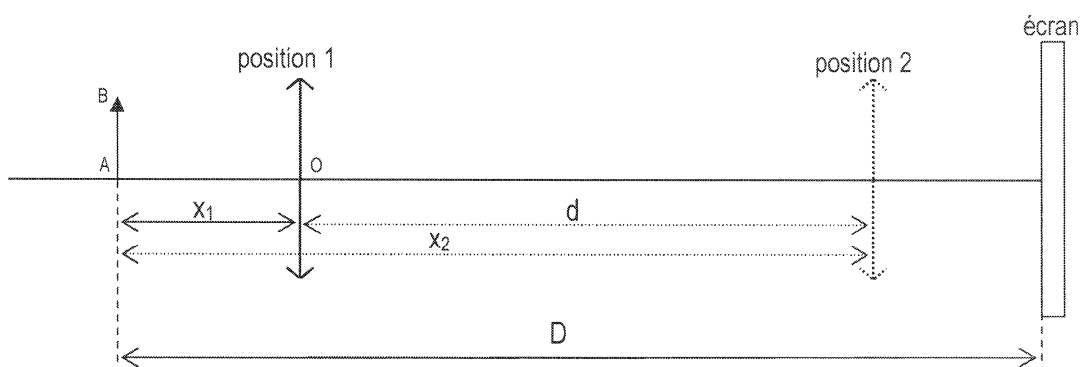
- 2.1. Donner la définition de la vergence d'une lentille mince. Préciser l'unité de cette grandeur.
- 2.2. Méthode de Bessel.

On désire déterminer la distance focale f' d'une lentille convergente.

On dispose d'un banc d'optique horizontal, d'un objet réel noté AB, d'une lentille mince convergente L de centre optique O et de distance focale f' , d'un écran opaque perpendiculaire au banc d'optique et à l'axe optique de la lentille utilisée.

L'objet et l'écran étant fixes et distants de D sur le banc optique, on cherche à obtenir les deux positions de la lentille pour lesquelles une image nette A'B' se forme sur l'écran.

On note d la distance entre les deux positions de la lentille et x la distance entre le centre optique de la lentille et l'objet ($OA = x$).



2.2.1. A partir de la relation de conjugaison d'une lentille mince, montrer que l'on obtient une équation du second degré en x de la forme :

$$x^2 + Dx + Df' = 0$$

2.2.2. On impose $D > 4f'$.

Exprimer les distances x_1 et x_2 correspondant aux deux positions de la lentille pour lesquelles une image se forme sur l'écran.

2.2.3. Exprimer alors f' en fonction de D et d .

2.2.4. Application numérique :

L'écran et l'objet sont distants de 1,50 m.

Expérimentalement, on mesure $x_1 = 0,14$ m et $x_2 = 1,36$ m.

Déterminer la vergence, arrondie à l'unité, de la lentille étudiée.

3. Lunette astronomique :

La lunette astronomique est constituée d'un objectif et d'un oculaire.

Dans un établissement, un enseignant désire modéliser une lunette astronomique. Il réalise le montage schématisé ci-dessous :



3.1. Etude de l'objectif.

3.1.1. Expliquer pourquoi le professeur accole les lentilles de vergences respectives $+3 \delta$ et -2δ pour former l'objectif.

3.1.2. Caractériser l'image, obtenue par cet objectif, d'un objet situé à l'infini (nature, position, sens, grandeur).

3.2. Etude de l'oculaire.

Indiquer le rôle de la lentille de vergence $+8 \delta$.

3.3. La lunette est un système afocal qui donne une image grossie d'un objet situé à l'infini.

Indiquer où se trouve cette image donnée par la lunette.

Déterminer la longueur du modèle, c'est-à-dire la distance entre l'objectif et l'oculaire.

Exercice 2 : ÉLECTRICITÉ - SYSTÈME TRIPHASÉ.

1. Tensions simples

Un système triphasé équilibré est constitué de trois tensions simples sinusoïdales, de même fréquence, de même valeur efficace et déphasées les unes par rapport aux autres de $\frac{2\pi}{3}$ rad.

Soit v_1, v_2, v_3 les tensions simples entre le neutre et chacune des phases.

L'expression de la tension v_1 est : $v_1 = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \omega t$.

1.1. Préciser la nature des grandeurs physiques symbolisées par V, ω et t .

En donner les unités.

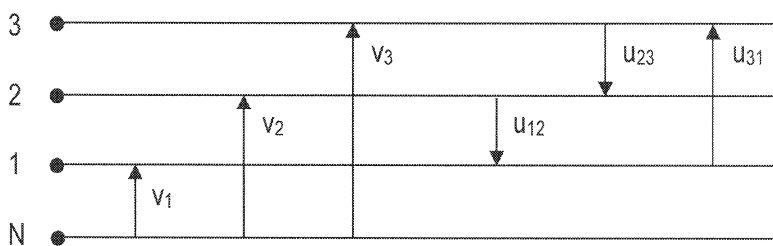
1.2. Exprimer la fréquence f des tensions en fonction de ω .

1.3. Donner les expressions de v_2 et v_3 en fonction de V, ω et t .

1.4. Représenter, sur un diagramme, les vecteurs de Fresnel \vec{V}_1, \vec{V}_2 et \vec{V}_3 associés à v_1, v_2 et v_3 .

1.5. Dans un établissement, les élèves disposent uniquement d'une source triphasée très basse tension et d'un oscilloscope bicourbe. Indiquer un protocole expérimental permettant de visualiser les tensions simples et de mesurer leurs déphasages. Proposer un schéma de branchement, préciser les différents réglages.

2. Tensions composées



Les tensions composées u_{12}, u_{23}, u_{31} , sont les tensions entre 2 phases respectives.

Elles sont liées aux tensions simples par les expressions :

$$u_{12} = v_1 - v_2 \quad ; \quad u_{23} = v_2 - v_3 \quad ; \quad u_{31} = v_3 - v_1.$$

2.1. Construire, sur le diagramme précédent, les vecteurs $\vec{U}_{12}, \vec{U}_{23}$ et \vec{U}_{31} associés à ces trois tensions composées.

2.2. Déterminer la mesure de l'angle $(\vec{V}_1, \vec{U}_{12})$.

2.3. Montrer que la relation entre les valeurs efficaces des tensions simples et composées s'écrit : $U = V \cdot \sqrt{3}$.

Tournez la page S.V.P.

3. Montage étoile

On désire brancher en étoile avec neutre 3 dipôles résistifs identiques de résistance 46Ω aux bornes d'un générateur triphasé dont chaque tension simple a pour valeur efficace 230 V.

- 3.1. Proposer un schéma de câblage de ces trois dipôles.
- 3.2. Calculer les intensités des courants dans les fils de phase et, éventuellement, dans le fil de neutre. Représenter le diagramme de Fresnel associé.
- 3.3. Calculer la puissance électrique absorbée par l'ensemble des trois dipôles.
- 3.4. Le fil de neutre est coupé. Déterminer les intensités des courants dans les fils de phase.
- 3.5. La résistance branchée à la phase 1 est accidentellement déconnectée. Le fil de neutre est câblé. Déterminer les intensités des courants dans les fils de phase et, le cas échéant, dans le fil de neutre.
- 3.6. La résistance branchée à la phase 1 est accidentellement déconnectée et le fil de neutre est coupé. Déterminer les intensités des courants dans les fils de phase.

4. Montage triangle

On branche maintenant en triangle les 3 dipôles résistifs identiques de résistance 46Ω aux bornes d'un générateur triphasé dont chaque tension simple a pour valeur efficace 230 V.

- 4.1. Proposer un schéma de câblage de ces trois dipôles.
- 4.2. Déterminer les valeurs efficaces des intensités des courants dans les dipôles.
- 4.3. Déterminer les valeurs efficaces des intensités des courants dans les fils de phases.
- 4.4. Calculer la puissance électrique absorbée par l'ensemble des trois dipôles.
- 4.5. Un moteur est branché dans cette installation, en parallèle avec les dipôles résistifs ; il a les caractéristiques suivantes : $P_a = 9 \text{ kW}$; $U = 400 \text{ V}$; $\cos \varphi = 0,80$.
Calculer les puissances active et réactive absorbées par l'installation.
- 4.6. Déterminer la valeur efficace de l'intensité du courant en ligne alimentant l'ensemble de l'installation.

Exercice 3 : CHIMIE - Sucres et édulcorant

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes

Données :

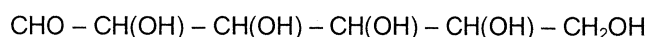
Masses molaires (en g mol^{-1}) : C = 12 ; O = 16 ; H = 1

$\frac{RT}{F} \ln(10) = 0,06 \text{ V}$ à 298°K avec : R = 8,31 J.K⁻¹.mol⁻¹ (constante des gaz parfaits)

Première partie : propriétés des sucres ou glucides

1. Etude de quelques hexoses :

1.1. Le glucose a pour formule semi développée :



1.1.1. Nommer les fonctions chimiques et les groupes caractéristiques présents dans la molécule de glucose.

1.1.2. Recopier la formule semi développée et y indiquer, à l'aide d'un astérisque, les atomes de carbone asymétriques présents dans cette molécule.

1.1.3. Indiquer le nombre de stéréo-isomères correspondant à cette formule.

1.2. Le fructose est également nommé : 1, 3, 4, 5, 6 pentahydroxyhexan - 2 - one.

1.2.1. Donner la formule semi développée et la formule brute du fructose.

1.2.2. Justifier le nom de cétose donné au fructose.

1.3. Le glucose et le fructose sont deux isomères.

Préciser le type d'isomérisation. Justifier la réponse donnée.

2. Identification des oses réducteurs :

2.1. On verse quelques gouttes de 2,4 dinitrophénylhydrazine (2,4 DNPH) dans un tube contenant une solution saturée de glucose puis dans un tube contenant une solution saturée de fructose.

Qu'observe-t-on ? Justifier la réponse donnée.

2.2. La liqueur de Fehling se prépare en mélangeant, juste avant son utilisation, une solution de sulfate de cuivre (II) à une solution basique de tartrate double de sodium et de potassium. Elle permet de mettre en évidence le caractère réducteur des aldéhydes.

2.2.1. Quelle est la couleur de la liqueur de Fehling ?

2.2.2. Que se passe-t-il lorsque l'on fait réagir la liqueur de Fehling avec une solution de fructose ?

2.2.3. On verse quelques gouttes de liqueur de Fehling dans un tube à essai contenant une solution de glucose. Le mélange est chauffé.

Indiquer le nom et la couleur du produit obtenu.

2.2.4. Ecrire l'équation de la réaction entre le réactif de Fehling et la solution de glucose sachant que les couples oxydant/réducteur qui interviennent sont : $[\text{CuT}_2]^{2-} / \text{Cu}_2\text{O}$ et $\text{R-COO}^- / \text{R-CHO}$.

2.3. Décrire le protocole expérimental d'un autre test permettant de mettre en évidence le caractère réducteur du glucose.

Tournez la page S.V.P.

Deuxième partie : titrage du glucose contenu dans un jus d'orange

On se propose de titrer les principaux sucres contenus dans une ampoule de jus d'orange pour bébé : le glucose et le saccharose.

Principe :

En milieu basique et à froid, le glucose (R-CHO) est oxydé en ion gluconate (R-COO⁻) par le diiode en excès (tandis que le saccharose n'est pas oxydé) ; le dosage du diiode excédentaire par une solution de thiosulfate de sodium permet de calculer la quantité de glucose libre contenu dans l'ampoule de jus de fruit analysé.

En milieu acide et à chaud, le saccharose de formule brute C₁₂H₂₂O₁₁ s'hydrolyse en glucose et en fructose. Après retour en milieu basique, la totalité du glucose présent peut être oxydé par une solution de diiode comme précédemment (tandis que le fructose n'est pas oxydé) ; le dosage du diiode excédentaire par une solution de thiosulfate de sodium permet, cette fois, de calculer la quantité de glucose total contenu dans l'ampoule de jus de fruit analysé.

La connaissance des quantités de glucose libre et de glucose total contenues dans un échantillon de jus de fruit permet alors de calculer la quantité de saccharose qu'il renferme.

Le document ci-dessous est extrait d'un protocole de sujet de travaux pratiques :

Mode opératoire.

Étape 1. Préparation de la solution S₀ pour le dosage du glucose libre.

Diluer, avec de l'eau distillée, le contenu d'une ampoule de jus d'orange pour bébé de volume 10,0 mL dans une fiole jaugée de 50,0 mL. Soit S₀ la solution obtenue de concentration C₀.

Étape 2. Oxydation du glucose.

Verser, dans un erlenmeyer, V₀ = 20,0 mL de la solution S₀. Ajouter ensuite :

- un volume V₁ = 25,0 mL de solution de diiode I₂ préalablement titrée de concentration C₁ = 5,0.10⁻² mol.L⁻¹.
- un volume de 5 mL d'une solution tampon pour se placer en milieu basique.

Lorsque la solution tampon est versée, la coloration jaune brunâtre du diiode disparaît et la solution devient incolore.

Laisser reposer le mélange réactionnel à l'obscurité pendant 30 min.

Chauffer au bain-marie à 80 °C pendant 5 min.

Boucher l'erlenmeyer et le refroidir sous l'eau du robinet.

Étape 3. Titrage de l'excès de diiode dans la solution.

Ajouter au milieu réactionnel un volume de 5 mL de solution d'acide chlorhydrique de concentration 2,0 mol.L⁻¹ pour revenir en milieu acide. La coloration jaune brunâtre caractéristique du diiode excédentaire réapparaît.

On procède alors au titrage de la solution obtenue par une solution de thiosulfate de sodium de concentration C₂ = 5,0.10⁻² mol.L⁻¹.

Quand la solution est presque incolore (jaune très claire), ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon.

Une couleur bleue apparaît. Continuer le dosage jusqu'à disparition complète de la couleur bleue.

Plusieurs titrages concordants donnent un volume moyen de thiosulfate de sodium versé à l'équivalence : V_E = 24,2 mL.

Étape 4. Préparation de la solution S'₀ et dosage du glucose total.

Verser, dans un ballon, le contenu d'une ampoule de jus d'orange ainsi que les eaux de rinçage.

Ajouter environ 5 mL d'acide chlorhydrique à 2,0 mol.L⁻¹.

Chauffer le mélange réactionnel à reflux pendant 30 min. Le refroidir sous l'eau du robinet.

Ajouter 5,0 mL de solution de soude à 2,0 mol.L⁻¹ afin que le pH de la solution soit sensiblement neutre.

Transvaser la solution obtenue dans une fiole jaugée de 50,0 mL ainsi que les eaux de rinçage.

Ajuster jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

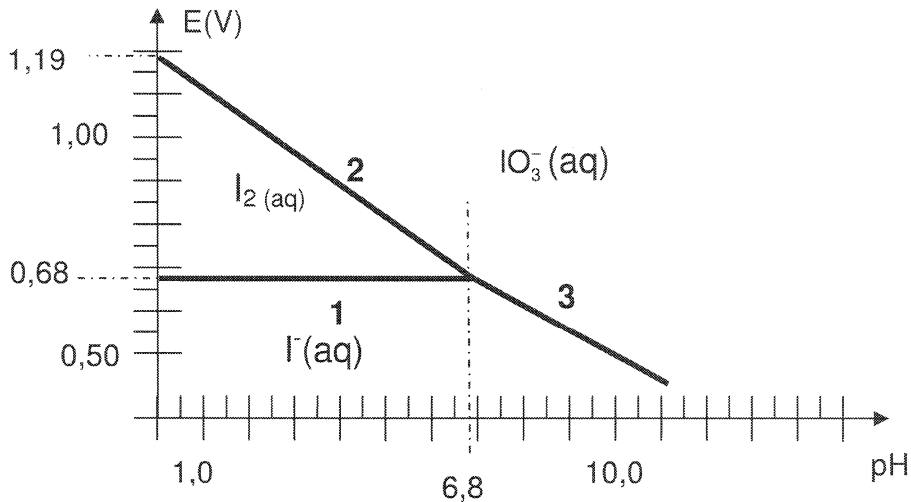
On désigne par S'₀ la solution obtenue.

Verser, dans un erlenmeyer, 20,0 mL de la solution S'₀. Puis procéder aux étapes 2 et 3.

Plusieurs titrages concordants donnent un volume moyen de thiosulfate de sodium versé à l'équivalence V'_E = 21,8 mL.

Questions destinées aux candidats du CAPLP interne et du CAER :

1. Ecrire la relation existant entre la concentration molaire du glucose notée C_G dans l'ampoule de jus d'orange et la concentration molaire C_0 du glucose dans la solution S_0 .
2. L'iode se situe dans la colonne VII A de la classification périodique des éléments.
Quel est le nom de la famille des éléments appartenant à cette colonne ?
Représenter, selon le modèle de Lewis, l'atome d'iode et la molécule de diiode.
3. Le diagramme potentiel-pH simplifié de l'iode est donné ci-dessous.

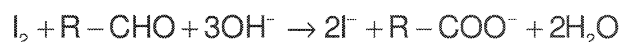


La présence d'ions triiodure I_3^- dans la solution sera négligée.

La concentration totale maximale est égale à $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Toutes les espèces sont considérées comme solubles. Sur les segments de droites frontières, les concentrations sont égales.

- 3.1. Ecrire les demi équations redox correspondant aux segments de droites 1, 2 et 3.
- 3.2. Calculer le potentiel standard d'oxydoréduction relatif au couple I_2/I^- .
- 3.3. Calculer le potentiel standard d'oxydoréduction relatif au couple IO_3^-/I^- .
4. En milieu basique (étape 2), la couleur jaune brunâtre caractéristique du diiode disparaît.
Ecrire l'équation de la réaction de dismutation du diiode.
5. En milieu acide (étape 3) la couleur jaune brunâtre caractéristique du diiode réapparaît.
Donner le nom de la réaction mise en évidence. Ecrire l'équation de cette réaction.
6. Dans l'étape 3, on procède au titrage de la solution obtenue par une solution de thiosulfate de sodium de concentration $C_2 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
 - 6.1. Faire un schéma légendé du montage nécessaire au titrage de la solution.
 - 6.2. Quel est le rôle de l'empois d'amidon ajouté en cours de manipulation ?
 - 6.3. Ecrire les demi équations correspondant aux couples redox $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$ et I_2/I^- .
En déduire l'équation de la réaction de titrage du diiode I_2 par les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$.
 - 6.4. Calculer le nombre de moles de diiode reformées et dosées.

6.5. Par souci de simplification, en milieu basique, l'équation d'oxydation du glucose R-CHO en ion gluconate R-COO⁻ peut s'écrire en faisant intervenir le diiode :



6.5.1. En appliquant la conservation de la quantité de matière au diiode, établir la relation

suivante : $C_0 = \frac{C_1 V_1 - 0,5 C_2 V_E}{V_0}$ où C_0 est la concentration en glucose libre présent dans la

solution S_0 .

6.5.2. Calculer la valeur de la concentration C_0 en mol.L⁻¹.

En déduire la valeur de la concentration massique en g.L⁻¹ du glucose contenu dans le jus d'orange d'une ampoule pour bébé.

7. Afin de titrer le glucose total contenu dans l'ampoule de jus d'orange (étape 4), on procède à l'hydrolyse acide du saccharose.

7.1. En milieu acide et à chaud, le saccharose s'hydrolyse en glucose et en fructose.

Ecrire l'équation de la réaction.

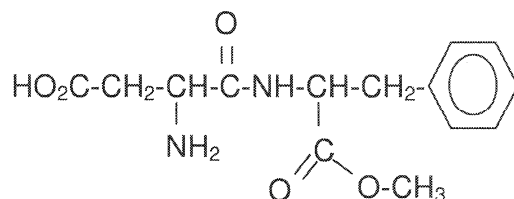
7.2. Dans les conditions expérimentales, le fructose n'est pas oxydé par le diiode.

Déterminer la valeur de la concentration totale C_0' de la solution en glucose.

7.3. En déduire la valeur de la concentration massique en g.L⁻¹ du saccharose dans le jus d'orange d'une ampoule pour bébé.

Troisième partie : étude de l'aspartame

1. L'aspartame est un édulcorant de formule développée :



Nommer les fonctions chimiques présentes dans cette molécule.

2. Hydrolyse de l'aspartame

L'hydrolyse de l'aspartame se réalise de la façon suivante :

Dans un ballon, introduire deux comprimés d'édulcorant puis 20 mL d'acide chlorhydrique.

Ajouter quelques grains de pierre ponce et chauffer le mélange réactionnel à reflux pendant 30 minutes.

Refroidir le ballon contenant la solution sous un courant d'eau froide. Vider son contenu dans un bécher puis ajouter progressivement une solution d'hydrogénocarbonate de sodium en remuant jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de dégagement gazeux.

2.1. Faire un schéma légendé du montage à reflux et expliquer sommairement son principe.

2.2. Quel est le rôle de la pierre ponce ?

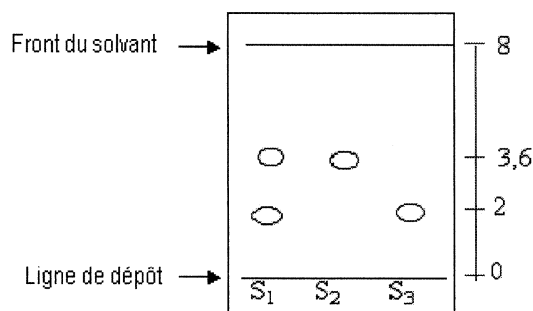
2.3. Pourquoi ajoute-t-on au mélange obtenu une solution d'hydrogénocarbonate de sodium ?

Indiquer la nature du gaz formé lors de cette opération.

3. Caractérisation des produits de l'hydrolyse par chromatographie sur couche mince

Afin de caractériser les produits obtenus lors de l'hydrolyse de l'aspartame, on réalise une chromatographie sur couche mince (C.C.M.)

- 3.1. Quel est l'objectif de la chromatographie sur couche mince ?
- 3.2. Indiquer le matériel nécessaire à la réalisation d'une C.C.M.
- 3.3. Décrire sommairement le principe de la chromatographie sur couche mince.
- 3.4. La C.C.M. a permis d'obtenir le chromatogramme suivant :



- solution d'aspartame hydrolysé S₁
- solution de phénylalanine ou acide 2-amino-3-phénylpropanoïque S₂
- solution d'acide aspartique ou acide 2-aminobutane-dioïque S₃

3.4.1. Interpréter ce chromatogramme.

3.4.2. Calculer le rapport frontal pour l'acide aspartique.

3.5. En fait, l'hydrolyse, à chaud en milieu acide, de l'aspartame conduit à l'obtention de 3 produits :

- la phénylalanine ou acide 2-amino-3-phénylpropanoïque
- l'acide aspartique ou acide 2-aminobutane-dioïque
- le méthanol

3.5.1. Ecrire les formules semi développées de ces trois produits.

3.5.2. Ecrire l'équation de la réaction d'hydrolyse de l'aspartame.