

Le cours de physique-chimie de première année de BCPST reprend en les approfondissant de nombreux thèmes abordés au lycée. Les notions de base doivent donc être maîtrisées. Il ne s'agit pas seulement d'avoir compris le cours, mais il est nécessaire de savoir l'appliquer avec rigueur et dans des situations variées.

Nous vous conseillons de prendre connaissance du programme de BCPST1 (p.44 à 74)

[http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/special\\_3\\_ESR/44/3/programme-BCPST\\_252443.pdf](http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/special_3_ESR/44/3/programme-BCPST_252443.pdf)

Afin de bien débuter l'année, il est conseillé de revoir en détail :

- Les calculs d'incertitudes

#### **Chimie :**

- Echanges acido-basiques et titrages
- Echanges d'oxydoréduction
- Notions d'équation-chimique, avancement de réaction, quotient de réaction et équilibres
- Structure et cohésion de la matière, radioactivité
- Chimie organique ainsi les méthodes expérimentales employées en travaux pratiques

#### **Physique :**

- Optique (1<sup>ère</sup> ET 2<sup>nde</sup>)
- Signaux et ondes
- Mécanique (champ, forces, énergie,...)

Par ailleurs, les outils mathématiques de base sont indispensables pour aborder sereinement les cours de physique et de chimie. Les principales formules de trigonométrie, les fonctions mathématiques usuelles, les calculs classiques de dérivées et d'intégrales, la manipulation des nombres complexes et des vecteurs doivent être maîtrisés. Vous devez aussi savoir utiliser au mieux vos calculatrices programmables.

Nous vous proposons quelques exercices de révision ciblés sur les chapitres avec lesquels nous débiterons le travail de l'année.

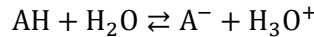
**A. Equations du second degré**

1. Résoudre dans R les équations suivantes, à la main puis avec la calculatrice :

- a)  $x^2 + 2x - 3 = 0$
- b)  $-2x^2 + 4x - 2 = 0$
- c)  $3x^2 + 2x + 5 = 0$

2. Calculs de pH.

a) On considère la réaction d'un acide faible AH sur l'eau, qui est une réaction équilibrée :

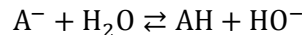


En notant  $C_0$  la concentration initiale d'acide introduit,  $h$  celle des ions  $[H_3O^+]$  et  $K_a$  la constante de

cet équilibre, on peut montrer que  $K_a = \frac{h^2}{(C_0-h)C^o}$  avec  $C^o = 1 \text{ mol/L}$ .

Sachant que pour l'acide acétique,  $K_a = 10^{-4,8}$ , déterminer le pH d'une solution aqueuse d'acide acétique telle que  $C_0 = 0,010 \text{ mol/L}$ , puis  $C_0 = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ .

b) On considère la réaction d'une base faible  $A^-$  sur l'eau, qui est une réaction équilibrée :



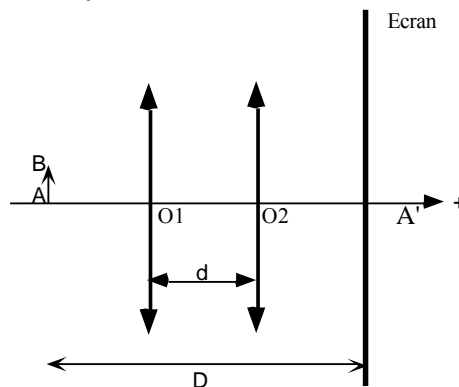
En notant  $C_0$  la concentration initiale de base introduite,  $\omega$  celle des ions  $[HO^-]$  et  $K_b$  la constante de

cet équilibre, on peut montrer que  $K_b = \frac{\omega^2}{(C_0-\omega)C^o}$  avec  $C^o = 1 \text{ mol/L}$ .

Sachant que pour la base faible diméthylamine,  $K_b = 10^{-2,8}$ , déterminer le pH d'une solution aqueuse de diméthylamine telle que  $C_0 = 0,10 \text{ mol/L}$ , puis  $C_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ .

3. Méthode de Bessel

On considère une lentille mince convergente de distance focale  $f'$ . Pour des positions d'objet AB et d'écran fixées telles que  $D > 4f'$ , on peut montrer qu'il existe deux positions possibles de la lentille notées  $O_1$  et  $O_2$  telles que l'image de l'objet AB se forme sur l'écran.



A l'aide de la formule de conjugaison de Descartes, on montre que :  $\overline{OA}^2 + \overline{OA} \cdot D + Df' = 0$ .

Résoudre cette équation et déterminer les expressions littérales des deux solutions notées  $\overline{O_1A}$  et  $\overline{O_2A}$ , en fonction de D et  $f'$ .

## B. Régression linéaire

### Utilisation impérative de la calculatrice

1. On considère le tableau ci-dessous, donnant l'évolution d'une grandeur y pour différentes valeurs de x.

Montrer que la loi  $y = f(x)$  est une loi affine, et déterminer la pente, l'ordonnée à l'origine et le coefficient de détermination  $R^2$ .

x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
y	17,25	33,40	36,50	51,88	61,08	66,94	74,58	88,20	92,88	108,7	117,4	119,9

2. On cherche à déterminer la valeur de la résistance d'un conducteur ohmique. Pour cela, on a effectué les mesures suivantes : U, tension aux bornes du conducteur ohmique pour différentes valeurs de I intensité du courant le traversant.

I (mA)	0	9	19	29	41	50	62	69	83	95
U (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Déduire de ces mesures la valeur de la résistance.

3. Une autre expérience a permis d'accéder aux valeurs de la puissance P dissipée par le conducteur ohmique en fonction de la tension U à ses bornes.

Sachant que  $P = U \cdot I$  avec I l'intensité du courant traversant le conducteur ohmique, trouver la relation entre P, U et R.

A l'aide du tableau de mesures ci-dessous, en déduire une valeur de la résistance.

U (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P (mW)	0	10,5	42,0	95,7	168	260	387	521	656	848

#### 4. Loi d'Arrhénius

On détermine la constante de vitesse k d'une réaction chimique à différentes températures. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

T (K)	298	308	313	323
k (L.mol <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> )	0,0863	0,188	0,257	0,477

Sachant que d'après la loi d'Arrhénius,  $\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$  avec T la température en Kelvin (K),  $E_a$  l'énergie d'activation de la réaction, A le facteur préexponentiel et R la constante des gaz parfaits, déterminer à l'aide d'une régression linéaire la valeur de  $E_a$ .

Donnée :  $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

## C. Incertitudes de mesure

### Utilisation impérative de la calculatrice

#### Rappels :

##### \* Incertitude de type A :

Pour une série de n mesures indépendantes donnant des valeurs mesurées  $m_k$ , l'écart-type de la série de mesures est

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (m_k - \bar{m})^2}{n-1}}$$

où  $\bar{m}$  est la moyenne de la série de mesures.

L'incertitude de répétabilité associée à la mesure dépend du nombre de mesures et de l'écart-type peut être calculée par

$$U(M) = k \times \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

où k, facteur d'élargissement, dépend du nombre de mesures réalisées et du niveau de confiance choisi. Sa valeur figure dans une table issue de la loi statistique de Student.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
k <sub>95%</sub>	12,7	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23	2,20	2,18	2,16	2,15	2,13
k <sub>99%</sub>	63,7	9,93	5,84	4,60	4,03	3,71	3,50	3,36	3,25	3,17	3,11	3,06	3,01	2,98	2,95

##### \* Incertitude de type B : liée à un instrument, sur une unique mesure

Cas 1 : le fabricant donne une précision sans indiquer s'il s'agit d'une incertitude-type :

$$U(M)_{95\%} = 2 \times \frac{U_{fab}}{\sqrt{3}}$$

Cas 2 : la mesure est effectuée avec un appareil analogique :

$$U(M)_{95\%} = 2 \times \frac{1 \text{ graduation}}{\sqrt{12}}$$

#### Exercice 1.

La mesure de la durée  $\Delta t$  de chute d'un objet depuis une fenêtre a été répétée 16 fois avec un chronomètre de qualité. Les résultats sont les suivants :

Essai n°	1	2	3	4	5	6	7	8
$\Delta t$ (s)	1,38	1,45	1,41	1,45	1,43	1,41	1,46	1,39
Essai n°	9	10	11	12	13	14	15	16
$\Delta t$ (s)	1,43	1,48	1,38	1,44	1,40	1,42	1,39	1,44

Donner la valeur de la durée de chute, avec un niveau de confiance de 95 % puis de 99 %.

#### Exercice 2.

Le but est d'évaluer l'incertitude sur la valeur du mesurage d'une masse m. La mesure de m est réalisée à l'aide d'une balance de précision. Sur l'appareil figure l'indication : « précision = 0,01 g ». On mesure :  $m = 200,18$  g.

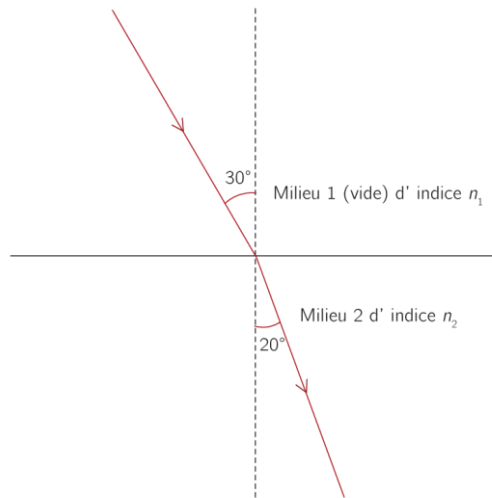
Calculer l'incertitude élargie (à 95 %) correspondant à cette mesure. Exprimer le résultat complet du mesurage :  $M = m \pm U(M)$  et préciser son unité.

## Partie 2. Optique géométrique.

### Exercice 1.

Un rayon lumineux se propage dans le vide. Il pénètre dans un milieu homogène et transparent inconnu avec un angle  $i_1 = 30^\circ$  et en ressort avec un angle  $i_2 = 20^\circ$ .

Les angles  $i_1$  et  $i_2$  sont mesurés par rapport à la normale à la surface de séparation des deux milieux, et l'indice de réfraction du vide est  $n_1 = 1,0$ .



1. Déterminer l'indice de réfraction  $n_2$  du milieu inconnu.
2. Que vaut l'angle de réfraction si l'angle d'incidence est égal à  $20^\circ$  ?

### Exercice 2.

Un rayon de lumière monochromatique se propage dans l'air et arrive à la surface d'un prisme en verre avec un angle d'incidence  $i_1 = 35,0^\circ$ .

Données :  $n_{\text{air}} = 1,00$  ;  $n_{\text{verre}} = 1,50$ .

1. Schématiser la situation en faisant apparaître le rayon incident et l'angle d'incidence.
2. Déterminer la valeur de l'angle de réfraction  $i_2$ .
3. On appelle angle de déviation  $D$  l'angle formé par le prolongement du rayon incident et le rayon réfracté à la sortie du prisme.  
Compléter le schéma précédent en faisant apparaître  $i_2$  et  $D$ , puis calculer la valeur de  $D$ .
4. On appelle angle de réfraction limite  $i_{2(\text{lim})}$  la valeur de l'angle de réfraction lorsque l'angle d'incidence vaut  $90^\circ$ . Calculer  $i_{2(\text{lim})}$ . Pourquoi cette valeur est-elle particulière ?

### Rappels : les caractéristiques d'une lentille convergente

- L'axe optique : il correspond l'axe de symétrie de la lentille et passe en son centre. Cet axe est orienté suivant le sens de propagation de la lumière (en général de gauche à droite).
- Le centre optique : il s'agit du centre de la lentille, on le note en général avec la lettre O.
- Le foyer image : il s'agit du point de l'axe optique vers lequel converge un faisceau lumineux incident parallèle à l'axe optique. On le note avec la lettre F'.
- Le foyer objet : il s'agit du point symétrique au foyer image par rapport à la lentille. On le note avec la lettre F.
- La distance focale : il s'agit de la distance séparant le centre optique et le foyer image. On la note  $f'$ .
- Formule de conjugaison de Descartes :

Soit  $A'$  le point image d'un point objet A par la lentille de centre O. Alors  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$  avec  $\overline{OA'}$  et  $\overline{OA}$  les distances algébriques.

### Exercice 3

Un objet AB de taille 1,5 cm est placé à 20 cm en avant d'une lentille mince convergente de distance focale 10 cm.

1. Réaliser sur papier millimétré la construction graphique de l'image A'B' de l'objet AB.
2. Déterminer la position de l'image et la taille de l'image.
3. L'image est-elle réelle ou virtuelle ? L'image est-elle droite ou renversée ?
4. Vérifier les résultats obtenus par le calcul.

### Exercice 4

Un objet AB de taille 1,5 cm est placé à 7,0 cm en avant d'une lentille mince convergente de distance focale 10 cm.

1. Réaliser sur papier millimétré la construction graphique de l'image A'B' de l'objet AB.
2. Déterminer la position de l'image et la taille de l'image.
3. L'image est-elle réelle ou virtuelle ? L'image est-elle droite ou renversée ?
4. L'image est-elle observable sur un écran ? Est-elle observable par l'œil d'un observateur ? Si oui, indiquer où l'œil de l'observateur peut se placer pour observer l'image de l'objet.
5. Quel nom donne-t-on à cet instrument d'optique ?
6. Quelle est la valeur du grandissement ?
7. Vérifier par le calcul la position de l'image, le grandissement et la taille de l'image.

### Exercice 5

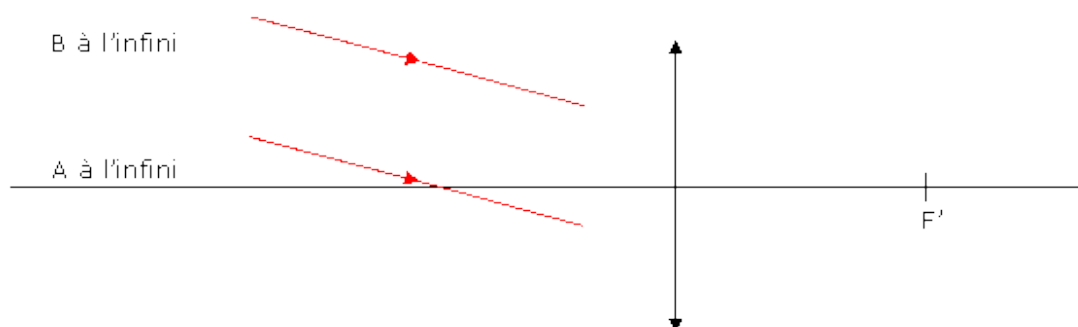
Une lentille donne d'un objet AB situé à 20 cm en avant de son centre une image renversée sur un écran placé à 50 cm de l'objet.

1. Réaliser sur papier millimétré la construction graphique correspondante.
2. Déterminer graphiquement la distance focale de la lentille.
3. La taille de l'objet est de 5,0 cm. Compléter le schéma en indiquant le point B et son image B'.
4. Vérifier le résultat trouvé par le calcul.

### Exercice 6 : Utilisation d'un téléobjectif

L'objectif d'un appareil photographique téléobjectif est modélisé par une lentille mince convergente de distance focale 10,0 cm.

1. a) A quelle distance de l'objectif doit se trouver le capteur pour photographier des objets très éloignés ?  
b) Compléter le schéma ci-dessous.



2. De combien et dans quel sens faut-il déplacer le capteur pour, après avoir mis au point sur l'infini, photographier un objet situé à 4,00 m de l'objectif ?
3. Par construction de l'appareil, le capteur ne peut être déplacé de plus de 5 mm. La photographie sera-t-elle nette ?
4. Calculer la distance minimale à laquelle doit se trouver un objet pour avoir une mise au point parfaite.
5. Qu'est-ce qui, dans le fonctionnement de l'œil, remplace le déplacement du capteur ?

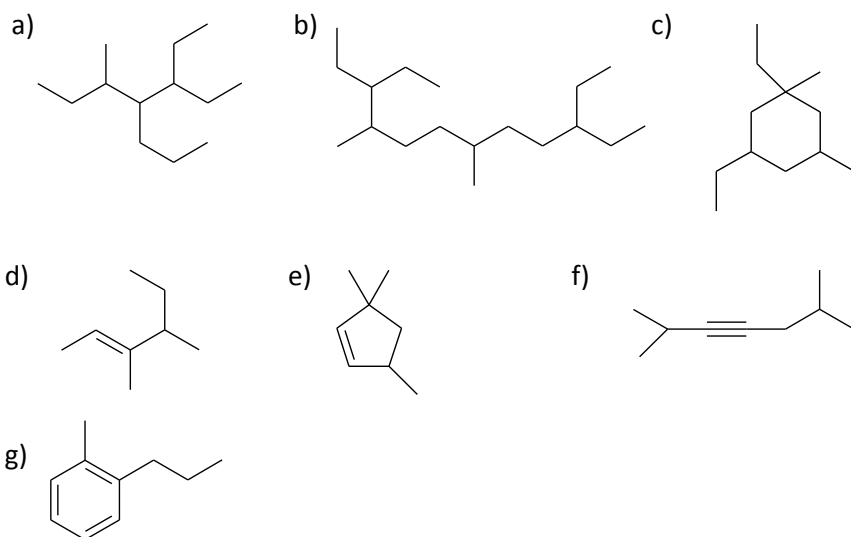
Exercice 7 : Détermination de la vergence d'un œil

Un œil a une distance cristallin-rétine de 16,7 mm.

1. Quelle doit être la vergence de cet œil pour qu'il puisse voir nettement un objet situé à l'infini ?
2. Quelle doit être la vergence de cet œil pour qu'il puisse voir nettement un objet situé à 60,0 cm ?
3. Conclure.

### Nomenclature des hydrocarbures

1) Nommer les composés suivants suivant la nomenclature systématique UICPA.

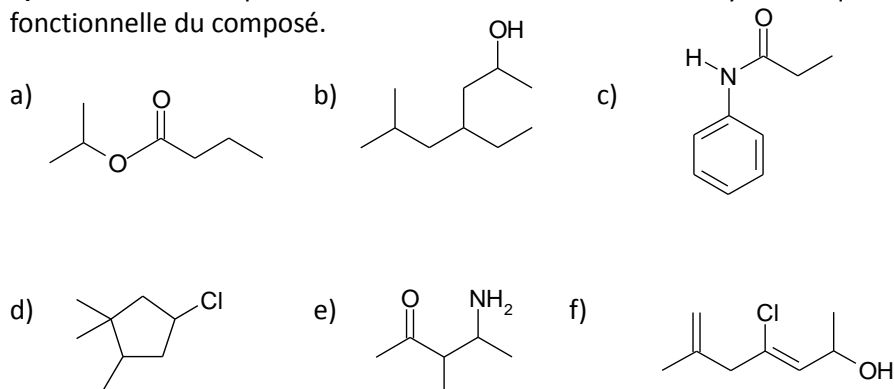


2) Donner la formule topologique des composés dont les noms en nomenclature systématique UICPA sont les suivants :

- 4-éthyl-2-méthylhexane
- 4-éthyl-2,7-diméthyl-5-(1,1-diméthylpropyl)nonane
- 1-méthyl-3-propylcyclopentane
- 2-méthyl-4-phénylpent-2-ène
- 4-éthyl-3,5-diméthylhex-1-yne

### Nomenclature des composés fonctionnalisés

1) Nommer les composés suivants suivant la nomenclature systématique UICPA, en précisant la classe fonctionnelle du composé.



2) Donner la formule topologique des composés dont les noms en nomenclature systématique UICPA sont les suivants :

- acide 2-éthyl-5-méthylhexanoïque
- 3-éthyl-3,5-diméthylcyclohexanone
- N-éthylpentan-2-amine
- 2-cyclohexylbutanal
- 3,7-diméthyl-1,6-diène-3-ol
- 2-cyclopropyl-4-méthylpent-3-ène

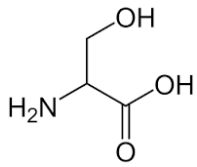


## Stéréochimie

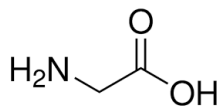
### 1) Chiralité des acides aminés

Parmi les acides aminés suivants, identifier lesquels sont chiraux.

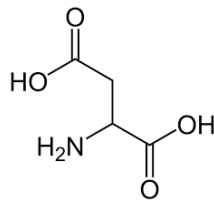
Sérine



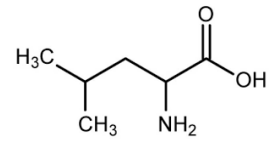
Glycine



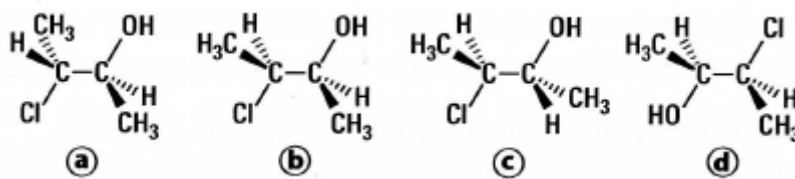
Acide aspartique



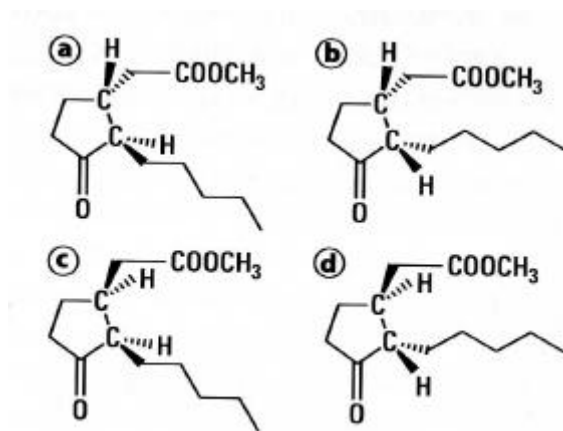
Leucine



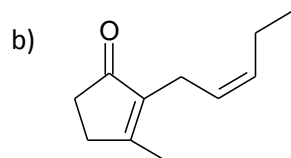
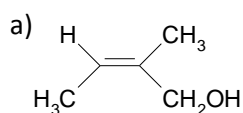
2) Considérer les structures suivantes deux à deux et indiquer si elles sont énantiomères, diastéréoisomères ou identiques.



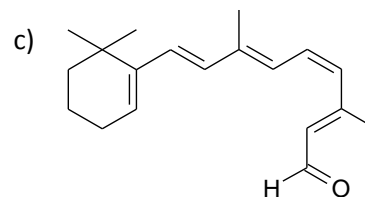
3) Il existe quatre stéréoisomères de configuration de l'hédione, une espèce aromatique utilisée dans de nombreux parfums. Seul un de ces stéréoisomères est responsable du parfum du jasmin. Identifier, deux à deux, les relations d'énantiométrie et de diastéréoisométrie.



4) Indiquer la stéréochimie des doubles liaisons dans les molécules suivantes :



**jasmone**  
présente à 2% dans  
l'huile essentielle de jasmin



**rétinal**  
intervenant dans le  
mécanisme de la vision

## Partie 4 : Avancement de réaction et bilan de matière

Données pour tous les exercices suivants :

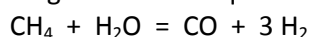
Elément	H	C	N	O
Masse molaire atomique (g.mol <sup>-1</sup> )	1,0	12	14	16

### Synthèse industrielle de l'ammoniac

L'ammoniac NH<sub>3</sub> est à la base de la fabrication des engrais azotés. Il s'obtient en faisant réagir du diazote pris dans l'air et du dihydrogène.

Pour produire une tonne d'ammoniac, il faut 658 m<sup>3</sup> de diazote et 1975 m<sup>3</sup> de dihydrogène.

- 1) Ecrire l'équation de la réaction.
- 2) Justifier que ces volumes permettent d'avoir un mélange dans les proportions stœchiométriques.
- 3) En moyenne, la France produit annuellement 1,47.10<sup>6</sup> t d'ammoniac. Sachant que le diazote est obtenu à partir de l'air qui en contient 80 % en volume, quel volume d'air utilise-t-on annuellement en France pour produire l'ammoniac ?
- 4) Le dihydrogène utilisé pour la synthèse de l'ammoniac est principalement obtenu par le reformage du gaz naturel d'équation chimique :



Quel volume de méthane est nécessaire à la production annuelle française d'ammoniac si l'eau est un réactif en excès ?

Données :

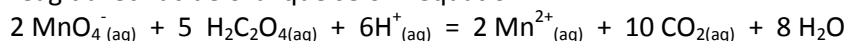
Volume molaire :  $V^0 = 22,4 \text{ L/mol}$

### Mélange stœchiométrique

1) Une solution S<sub>0</sub> incolore d'acide oxalique H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> de volume V<sub>0</sub> = 200,0 mL est obtenue en dissolvant dans la quantité suffisante d'eau une masse m<sub>0</sub> = 1,50 g de cristaux de formule H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, 2 H<sub>2</sub>O.

Calculer la concentration molaire C<sub>0</sub> de la solution S<sub>0</sub>.

2) On dilue 10 fois la solution S<sub>0</sub> pour obtenir la solution S<sub>1</sub>. On y ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, puis à l'aide d'une burette, un volume V<sub>2</sub> d'une solution violette de permanganate de potassium K<sup>+</sup> + MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>, de concentration C<sub>2</sub> = 4,00.10<sup>-3</sup> mol.L<sup>-1</sup>. L'ion permanganate réagit avec l'acide oxalique selon l'équation :



- a) Déterminer le volume V<sub>2</sub> à ajouter pour que le mélange initial soit stœchiométrique. On suppose que les ions H<sup>+</sup> ont été introduits en excès.
- b) La transformation étant totale, décrire l'état du système final correspondant. Sachant que les ions Mn<sup>2+</sup> sont incolores, quelle est la couleur du mélange dans l'état final ?

## Partie 5 : Acido-basité et titrages

### Quelques calculs rapides

On souhaite préparer une solution d'acide chlorhydrique et une solution d'hydroxyde de sodium de même concentration  $c = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Calculer le pH de ces deux solutions.

### Etude d'acides

Une solution aqueuse  $S_1$  d'acide benzoïque  $C_6H_5COOH$ , de concentration massique  $t_1 = 1,22 \text{ g.L}^{-1}$  a un  $pH_1$  égal à 3,1.

1. Calculer la concentration molaire volumique  $c_1$  en soluté apporté de la solution  $S_1$ .

2. Dans la suite, on prendra  $c_1 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

a) Ecrire l'équation de la réaction associée à la mise en solution de l'acide benzoïque.

b) En raisonnant sur un volume  $V = 200 \text{ mL}$  de la solution  $S_1$  et en calculant l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$  qui serait obtenu si la réaction était totale, compléter un tableau descriptif de l'évolution du système.

c) Calculer l'avancement final  $x_f$  réellement observé et compléter numériquement la suite du tableau.

d) Calculer le taux d'avancement final  $\tau_1$  de la réaction, défini comme le quotient de l'avancement final de la réaction sur l'avancement maximal. Conclure.

3. A partir de la solution  $S_1$ , on prépare un volume  $V = 200 \text{ mL}$  d'une solution  $S_1'$  d'acide benzoïque de concentration molaire volumique  $c_1' = 1,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  en soluté apporté. Le pH prend la valeur  $pH_1' = 3,6$ .

a) Quelle volume  $V_0$  de solution  $S_1$  faut-il prélever pour préparer la solution  $S_1'$ . Avec quelle verrerie faut-il effectuer ce prélèvement et dans quel récipient va-t-on préparer la solution  $S_1'$  ?

b) Calculer le nouveau taux d'avancement final  $\tau_1'$  de la réaction entre l'acide et l'eau dans la solution  $S_1'$ . Conclure sur l'influence de la dilution.

4. a) Donner la définition et l'expression de la constante d'acidité  $K_{A1}$  du couple acide benzoïque/ion benzoate.

b) Sachant que le couple  $C_6H_5COOH_{(aq)}/C_6H_5COO^-_{(aq)}$  a pour  $pK_A$  :  $pK_{A1} = 4,20$ , retrouver par le calcul, à l'aide des valeurs des concentrations d'acide benzoïque  $C_6H_5COOH$  et d'ion benzoate  $C_6H_5COO^-$ , la valeur de  $pH_1'$ .

5. Une solution  $S_2$  d'acide méthanoïque  $HCOOH$ , de concentration molaire volumique  $c_2 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  en soluté apporté, a un  $pH_2$  égal à 2,9. En solution aqueuse, l'acide méthanoïque est-il plus ou moins dissocié que l'acide benzoïque ?

6. Les couples  $C_6H_5COOH_{(aq)}/C_6H_5COO^-_{(aq)}$  et  $HCOOH_{(aq)}/HCOO^-_{(aq)}$  ont pour  $pK_A$  respectifs :  $pK_{A1} = 4,20$  et  $pK_{A2} = 3,75$ .

a) Ces valeurs sont-elles en accord avec la réponse apportée à la question précédente ?

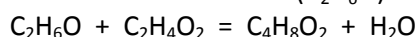
b) Tracer sur un même axe les diagrammes de prédominance des espèces acides et basiques des deux couples.

7. On mélange un volume  $V_1 = 10,0 \text{ mL}$  de solution  $S_1$  avec un volume  $V_2 = 10,0 \text{ mL}$  d'une solution  $S_2$  de méthanoate de sodium ( $Na^+_{(aq)} + HCOO^-_{(aq)}$ ).

On constate que la réaction est équilibrée ; justifier et donner un encadrement du pH de la solution ainsi obtenue.

### Avancement final d'une réaction

L'éthanoate d'éthyle ( $C_4H_8O_2$ ), utilisé dans les dissolvants des vernis à ongle, est synthétisé par réaction entre l'éthanol ( $C_2H_6O$ ) et l'acide éthanoïque ( $C_2H_4O_2$ , selon la réaction lente :



Cette réaction est catalysée par l'acide sulfurique concentré  $H_2SO_4$ .

Pour savoir si la réaction est totale, l'expérience suivante est réalisée.

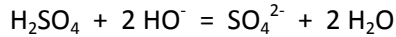
Dans un ballon sont introduits :

- 20,0 mL d'éthanol pur ( $d = 0,800$ ,  $M = 46$  g/mol)
- 20,0 mL d'acide éthanóïque pur ( $d = 1,04$  ;  $M = 60$  g/mol)
- 1,0 mL d'acide sulfurique concentré

Après chauffage à reflux pendant une heure, le mélange est supposé à l'état final.

Après refroidissement, un volume  $V = 10,0$  mL de ce mélange est prélevé et titré par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B = 2,0$  mol/L, en présence de phénolphtaléine. Celle-ci vire au rose pour un volume versé  $V_E = 18,3$  mL. Les ions hydroxyde versés réagissent avec deux acides : l'acide sulfurique et l'acide éthanóïque.

L'équation de la réaction entre l'acide sulfurique et les ions hydroxyde est :



1) Calculer les quantités de matière d'éthanol et d'acide éthanóïque introduits dans le ballon. En déduire la quantité d'ester si on considère la réaction totale.

2)

a) Calculer la quantité de matière d'ions hydroxyde versés lorsque la phénolphtaléine vire au rose.

b) La quantité d'acide sulfurique présente dans l'échantillon titré est  $n_0 = 4,4$  mmol. Calculer la quantité de matière  $n_1(\text{HO}^-)$  qui a réagi avec l'acide sulfurique.

c) En déduire la quantité  $n_2(\text{HO}^-)$  qui a réagi avec l'acide éthanóïque.

3)

a) Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide éthanóïque et les ions  $\text{HO}^-$ , en déduire la quantité de matière  $n_i$  d'acide éthanóïque dans l'échantillon titré.

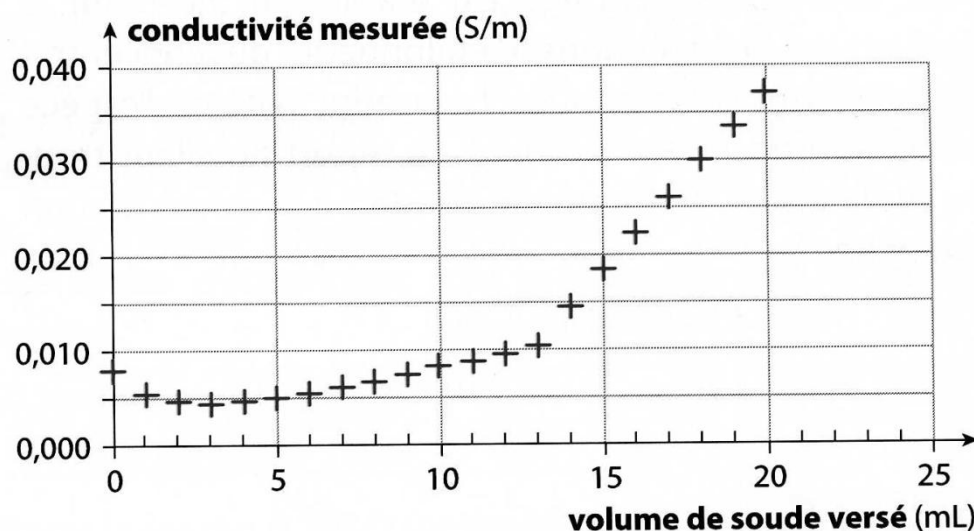
b) Retrouver, par proportionnalité, la quantité d'acide restant dans le ballon à la fin du chauffage.

c) En déduire la quantité d'ester formé et conclure sur le caractère total ou limité de la réaction. Calculer le rendement de la synthèse réalisée.

### Titration d'un vinaigre cristallin

Le vinaigre blanc est utilisé comme détartrant pour cafetières ou fer à repasser. L'étiquette présente une seule donnée chiffrée : le degré d'acidité, c'est-à-dire la masse en grammes d'acide éthanóïque  $\text{CH}_3\text{COOH}$  contenue dans 100 mL de vinaigre, qui indique ici 8°.

Le titrage de 10,0 mL d'une solution de vinaigre blanc diluée dix fois par une solution d'hydroxyde de sodium à 0,100 mol/L conduit à la courbe ci-dessous :



1. Ecrire l'équation de la réaction de titrage.

2. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes au cours du titrage et préciser leur évolution avant et après l'équivalence (on négligera la dilution).

3. Expliquer l'évolution de la courbe de titrage.

4. Vérifier que le volume à l'équivalence est bien de 12,9 mL.

5. En déduire la concentration de la solution de vinaigre blanc commercial. Commenter.

## Correction des exercices proposés

### Partie 1. Outils mathématiques

#### A. Equations du second degré

1. 2 solutions :  $x_1 = 1$  ;  $x_2 = -3$ . b) 1 solution unique  $x_0 = 1$  ; c) pas de solution dans R.

#### 2. Calculs de pH.

a)  $h = 3,9 \cdot 10^{-4}$  mol/L soit pH = 3,4 ;  $h = 3,3 \cdot 10^{-5}$  mol/L soit pH = 4,5.

b)  $\omega = 1,2 \cdot 10^{-2}$  mol/L soit pH = 12,1 ;  $\omega = 7,0 \cdot 10^{-4}$  mol/L soit pH = 10,8.

#### 3. Méthode de Bessel

Il s'agit d'une équation du second degré en  $\overline{OA}$  dont les solutions sont, si  $D^2 - 4 Df' > 0$  (c'est à dire si

$$D > 4 f') : \overline{O_1A} = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4Df'}}{2} \text{ et } \overline{O_2A} = \frac{-D - \sqrt{D^2 - 4Df'}}{2}.$$

#### B. Régression linéaire

1.  $y = 4,693x + 20,77$  ;  $R^2 = 0,9918$ .

2.  $U = 95,1 I + 0,153$  avec I en A et  $R^2 = 0,998$ . On a donc, puisque  $R = U/I$ ,  $R = 95,1 \Omega$ .

3.  $P = U^2/R$  donc par exemple en traçant P en fonction de  $U^2$ , on obtient :  $P = 0,0104 U^2 + 0,017$  avec P en W et  $R^2 = 0,9995$ . On a donc  $R = 1/0,0104 = 96,2 \Omega$ .

4. En traçant  $\ln k$  en fonction de  $1/T$ , on trouve une droite de pente -6568 et d'ordonnée à l'origine 19,62, avec  $R^2 = 0,9983$ . D'après la loi d'Arrhénius, la pente de la droite  $\ln k$  en fonction de  $1/T$  vaut  $-E_a/R$ . On en déduit donc que  $E_a = 5,46 \cdot 10^4$  J/mol.

#### C. Incertitudes de mesure

##### Exercice 1.

La moyenne est de 1,423 s, l'écart-type de 0,02965 s

Avec un niveau de confiance de 95 %, l'incertitude de répétabilité est

$$U(M)_{95} = 2,13 \times \frac{0,02965}{\sqrt{16}} = 0,016 \text{ s}$$

Avec un niveau de confiance de 99 %, l'incertitude de répétabilité est

$$U(M)_{99} = 2,95 \times \frac{0,02965}{\sqrt{16}} = 0,022 \text{ s}$$

##### Exercice 2.

$$\text{Rép. : } U(M)_{95\%} = 2 \times \frac{U_{fab}}{\sqrt{3}} = 2 \times \frac{0,01}{\sqrt{3}} \cong 1 \cdot 10^{-2} \text{ g} \quad \text{et} \quad M = 200,18 \pm 0,01 \text{ g}$$

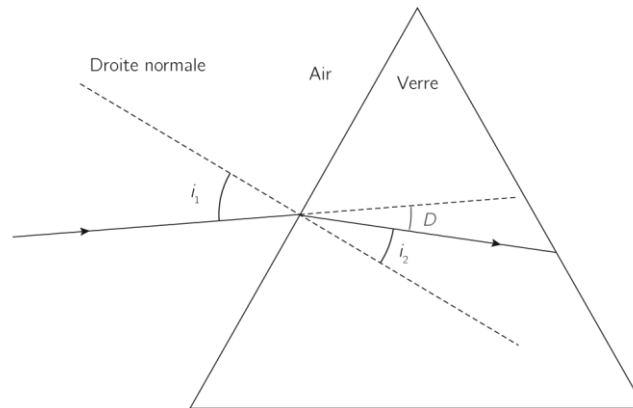
## Partie 2. Optique géométrique.

### Exercice 1.

1. En utilisant la seconde loi de Snell-Descartes,  $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ , il vient :  $n_2 = 1,5$ .
2.  $i_2 = \arcsin((n_1/n_2) \times \sin(i_1)) = 13^\circ$ .

### Exercice 2.

2. D'après la loi de Snell-Descartes, on a :  $n_{\text{air}} \sin(i_1) = n_{\text{verre}} \sin(i_2)$ , soit :  $i_2 = \arcsin((n_{\text{air}}/n_{\text{verre}}) \times \sin(i_1)) = 22,5^\circ$ .
3. D'après le schéma, on a :  $D = i_1 - i_2 = 12,5^\circ$ .



4. D'après la loi de Snell-Descartes, on a :  $n_{\text{air}} \sin(90^\circ) = n_{\text{verre}} \sin(i_{2(\text{lim})})$ , soit :  $i_{2(\text{lim})} = \arcsin((n_{\text{air}}/n_{\text{verre}}) \times \sin(90^\circ)) = 42^\circ$ . Il ne pourra jamais y avoir de rayon réfracté avec un angle de réfraction supérieur à  $42^\circ$ .

### Exercice 3

$\overline{OA'} = 20 \text{ cm}$  ;  $\overline{A'B'} = -1,5 \text{ cm}$  ; image réelle renversée.

### Exercice 4

$\overline{OA'} = -23 \text{ cm}$  ;  $\gamma = 3,3$  ;  $\overline{A'B'} = 5,0 \text{ cm}$  ; image virtuelle droite. La lentille fonctionne en loupe. L'image n'est pas observable sur un écran car elle est virtuelle, mais observable pour l'œil d'un observateur si celui-ci se place en avant de la lentille.

### Exercice 5

$\overline{OA} = -20 \text{ cm}$  ;  $\overline{OA'} = 30 \text{ cm}$  (image réelle) donc  $f' = 12 \text{ cm}$ .  
 $\gamma = -1,5$  (image renversée) et  $\overline{AB} = 5,0 \text{ cm}$  donc  $\overline{A'B'} = -7,5 \text{ cm}$ .

### Exercice 6 : Utilisation d'un téléobjectif

1. a) Le capteur doit se trouver dans le même plan que l'image. Par définition, l'image d'un objet éloigné se forme dans un plan parallèle à l'axe optique et passant par le foyer image  $F'$ . Le capteur doit donc se trouver  $10,0 \text{ cm}$  en arrière de la lentille ( $\overline{OA'} = 10,0 \text{ cm}$ ).
2. On cherche la nouvelle position du capteur (donc  $\overline{OA'}$ ) telle que  $\overline{OA} = -4,00 \text{ m}$ . Par application de la relation de conjugaison de Descartes, on obtient  $\overline{OA'} = 10,3 \text{ cm}$ . Il faut éloigner de  $10,3 \text{ cm} - 10,0 \text{ cm} = 3 \text{ mm}$  le capteur de l'objectif.
3. Oui.
4. D'après 2., on voit que si on rapproche l'objet, alors il faut éloigner le capteur pour obtenir la mise au point. On cherche donc  $\overline{OA}$  telle que  $\overline{OA'} = 10,5 \text{ cm}$  qui correspond à la position la plus éloignée

possible du capteur. On trouve  $\overline{OA} = -2,10$  m. L'objet peut donc être approché jusqu'à 2,10 m en avant de l'objectif.

5. Le phénomène d'accommodation, grâce auquel l'œil peut modifier sa distance focale.

#### Exercice 7 : Détermination de la vergence d'un œil

1. La distance cristallin-rétine, qui correspond à  $\overline{OA'}$ , est fixe et vaut 16,7 mm. On cherche donc  $V = 1/f'$  telle que  $\overline{OA'} = 16,7$  mm et  $\overline{OA} = -\infty$ . Par application de la relation de conjugaison de Descartes, on trouve  $V = 59,9 \delta$  (soit  $f' = 16,7$  mm).

2. De même, avec  $\overline{OA'} = 16,7$  mm et  $\overline{OA} = -60,0$  cm, on trouve  $V = 61,5 \delta$  (soit  $f' = 16,2$  mm).

3. L'œil a la faculté de modifier légèrement sa distance focale de manière à voir nets des objets très éloignés ou proches : c'est le phénomène d'accommodation.

**Nomenclature des hydrocarbures**

1)

a) 3-éthyl-5-méthyl-4-propylheptane

- chaîne principale = chaîne carbonée la plus longue contenant le maximum de substituants.
- sens de numérotation de la chaîne principale déterminé par l'ordre alphabétique.

b) 3,10-diéthyl-4,7-diméthyl dodécane (et non 3,10-diéthyl-6,9- diméthyl dodécane)

- sens de numérotation de la chaîne de façon que la somme des indices de position soit minimale

c) 1,3-diéthyl-1,5-diméthylcyclohexane

- le cycle constitue la chaîne principale.
- numérotation du cycle telle que la somme des indices de position des substituants soit minimale.

d) 3,4-diméthylhex-2-ène

- chaîne principale = chaîne carbonée la plus longue contenant la double liaison.
- numérotation en attribuant à la double liaison les indices de position les plus faibles possibles.

e) 3,3,5-triméthylcyclopentène

- liaison C=C portant toujours les indices de position 1 et 2
- sens de numérotation du cycle tel que la somme des indices de position des substituants soit minimale

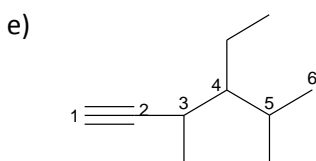
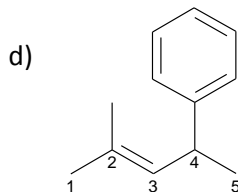
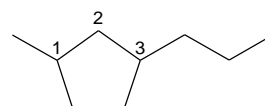
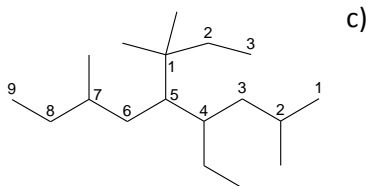
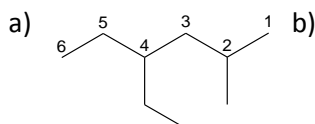
f) 2,6-diméthylhept-3-yne

- chaîne principale = chaîne carbonée la plus longue contenant la triple liaison.
- triple liaison d'indices de position les plus faibles possibles

g) 1-méthyl-2-propylbenzène ou ortho-méthylpropylbenzène

- cycle aromatique = chaîne principale.
- numérotation du cycle déterminée par l'ordre alphabétique des substituants.
- on peut utiliser la nomenclature ortho- (o-) désignant la substitution en positions 1,2.

2)



**Nomenclature des composés fonctionnalisés**

1)

a) ester : butanoate de méthyléthyle

- chaîne principale = chaîne carbonée la plus longue comprenant le carbone fonctionnel, (indice de position 1).
- chaîne carbonée du substituant alkyle numérotée de telle sorte que le carbone lié à l'oxygène ait l'indice de position 1.

b) alcool : 4-éthyl-6-méthylheptan-2-ol

- numérotation de la chaîne principale en attribuant au carbone fonctionnel l'indice de position le plus faible possible.

c) amide : N-phénylpropanamide

- substitution de l'azote du groupe caractéristique signalée par la lettre N- suivie du nom du substituant alkyle.



d) halogénoalcane : 4-chloro-1,1,2-triméthylcyclopentane

- chaîne principale = cycle ; groupe caractéristique chloro –Cl = substituant.
- numérotation du cycle telle que la somme des indices de position soit minimale.

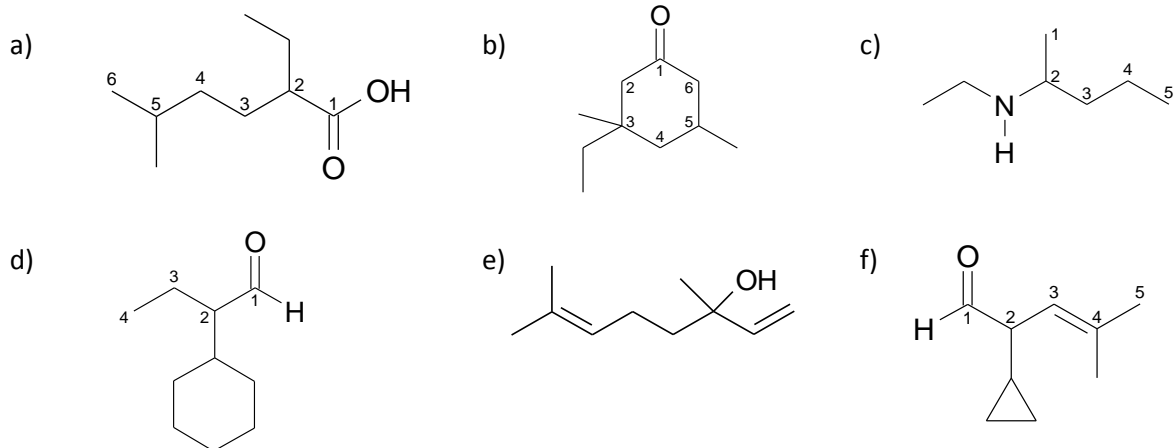
e) 4-amino-3-méthylpentan-2-one

- fonction cétone prioritaire sur la fonction amine.
- chaîne principale contenant C=O (indice de position le plus faible possible) et –NH<sub>2</sub> = substituant amino-

f) 4-chloro-6-méthylhept-3,6-diène-2-ol

- fonction alcool prioritaire sur la fonction halogénée et les doubles liaisons.
- chaîne principale = chaîne carbonée la plus longue contenant le maximum de groupes caractéristiques et d'insaturations, numérotée de façon à ce que le carbone fonctionnel (relié au groupe principal –OH) possède l'indice de position le plus faible possible.

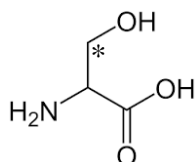
2)



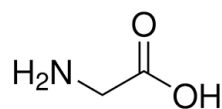
## Stéréochimie

1) Chiralité des acides aminés

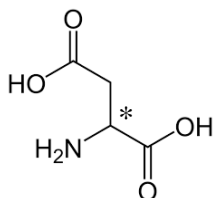
Sérine : 1C\* → chirale



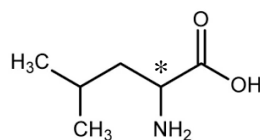
Glycine : pas de C\* → achirale



Acide aspartique : 1C\* → chirale



Leucine : 1C\* → chirale



2) Couple d'énantiomères : a et c

Couples de diastéréoisomères : a et b ; a et d ; b et c ; c et d

Molécules identiques : b et d

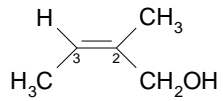
3)

Couples d'énantiomères : a et d ; b et c ;

Couples de diastéréoisomères : a et b ; a et c ; b et d ; c et d

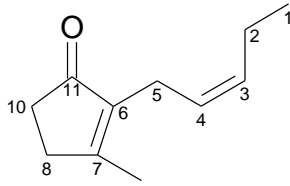
4)

a)



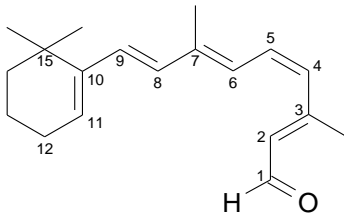
⇒ la double liaison est de configuration Z.

b)



⇒ avec la numérotation arbitraire choisie, le stéréoisomère de configuration est le (3Z, 6Z).

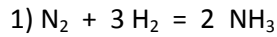
c)



⇒ avec la numérotation arbitraire choisie, le stéréoisomère de configuration est le (2E,4Z,6E,8E,10Z).

## Partie 4 : Avancement de réaction et bilan de matière

### Synthèse industrielle de l'ammoniac



2) On vérifie que :  $\frac{n_{N_2}}{1} = \frac{n_{H_2}}{3} \approx 29375 \text{ mol}$  avec  $n = \frac{V}{V^0}$

3) On a  $n_{NH_3} = \frac{m_{NH_3}}{M_{NH_3}}$

Or  $\frac{n_{N_2}}{1} = \frac{n_{NH_3}}{2}$  et  $n_{air} = \frac{5}{4} \cdot n_{N_2}$  et  $V_{air} = n_{air} \cdot V^0$

Soit :  $V_{air} = \frac{5 m_{NH_3}}{8 M_{NH_3}} V^0 = 1,21 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

4) On a ici :  $\frac{n_{CH_4}}{1} = \frac{n_{H_2}}{3}$

Or :  $\frac{n_{H_2}}{3} = \frac{n_{NH_3}}{2}$

D'où :  $n_{CH_4} = \frac{1}{2} n_{NH_3}$  et  $V_{CH_4} = \frac{1}{2} n_{NH_3} \cdot V^0 = 9,68 \cdot 10^8 \text{ m}^3$

### Mélange stœchiométrique

1) Les cristaux sont de formule  $H_2C_2O_4$ ,  $2 H_2O$ , donc  $M_0 = 6 \cdot M_H + 2 \cdot M_C + 6 \cdot M_O$

Alors :  $C_0 = \frac{m_0}{M_0 \cdot V_0} = 0,0595 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

2)

a) La quantité de matière n'est pas modifiée par la dilution, donc  $n_0 = n_1 = 1,19 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Par stœchiométrie :  $V_2 = \frac{2 n_0}{5 C_2} = 1,19 \text{ L}$

Remarque : les concentrations ne sont donc ici pas très bien adaptées à la manipulation ; on évite, dans le cas général, de devoir verser 1 L de solution avec une burette !

b) A l'état final, il n'y a donc plus en solution de  $MnO_4^-$  ni de  $H_2C_2O_4$  ; il reste des ions  $H^+$  qui étaient introduits en excès.

Il y a aussi  $n_{Mn^{2+}} = \frac{2}{5} \cdot n_0$  et  $n_{CO_2} = 2 \cdot n_0$

## Partie 5 : Acido-basicité et tirages

### Quelques calculs rapides

L'acide chlorhydrique est un acide fort donc totalement dissocié en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  en solution ; ainsi :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log c = 1,7$$

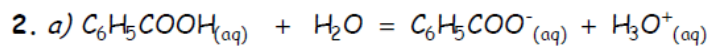
L'hydroxyde de sodium est une base forte donc totalement dissociée en ions  $\text{HO}^-$  en solution.

Or :  $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+].[\text{HO}^-]$

Donc 
$$\text{pH} = -\log \left( \frac{K_e}{[\text{HO}^-]} \right) = -\log \left( \frac{K_e}{c} \right) = 12,3$$

### Etude d'acides

1.  $c_1 = \frac{t_1}{M}$  soit :  $c_1 = \frac{1,22}{122} = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$



Date	Avancement (mmol)	Quantités (mmol)			
		$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}_{(\text{aq})})$	$n(\text{H}_2\text{O})$	$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-_{(\text{aq})})$	$n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})})$
$t = 0$	0	$n_0 = c_1 \cdot V = 2,00$	Excès	0	0
$t$	$x$	$2,00 - x$	Excès	$x$	$x$
$t_{\infty}$	$x_{\text{max}} = 2,00$	0	Excès	$x_{\text{max}} = 2,00$	$x_{\text{max}} = 2,00$
	$x_f = 1,6 \times 10^{-1}$	$2,00 - x_f = 1,84$	Excès	$x_f = 1,6 \times 10^{-1}$	$x_f = 1,6 \times 10^{-1}$

b) Calcul de  $x_{\text{max}}$  :  $2,00 - x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = 2,00 \text{ mmol}$ .

c) Calcul de  $x_f$  :  $x_f = n(\text{H}_3\text{O}^+)_f = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot V$

Or :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \Rightarrow x_f = 10^{-\text{pH}} \cdot V$

Soit :  $x_f = 10^{-3,1} \times 2,00 \times 10^{-1} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ mol ou } 1,6 \times 10^{-1} \text{ mmol}$

d)  $\tau_1 = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)_f}{n_0} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot V}{c_1 \cdot V} \Rightarrow \tau_1 = \frac{10^{-\text{pH}}}{c_1}$  soit  $\tau_1 = \frac{10^{-3,1}}{1,00 \times 10^{-2}} = 8,0 \times 10^{-2} \text{ ou } 8,0 \%$

Le taux d'avancement final est inférieur à 1 : la réaction est limitée.  
de 8%

3.a) Une dilution ne modifie pas les quantités de matière :  $c_1 \cdot V_0 = c'_1 \cdot V \Rightarrow V_0 = \frac{c'_1 \cdot V}{c_1}$

Soit :  $V_0 = \frac{1,00 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^{-3}}{1,00 \times 10^{-2}} = 20,0 \times 10^{-3} \text{ L ou } 20,0 \text{ mL}$

Le prélèvement sera effectué avec une pipette jaugée de 20,0 mL. La solution sera préparée dans une fiole jaugée de 200 mL.

3. b) Par un raisonnement analogue à celui de la question 2.d, on trouve :  $\tau'_1 = \frac{10^{-\text{pH}}}{c'_1}$

Soit :  $\tau'_1 = \frac{10^{-3,6}}{1,00 \times 10^{-3}} = \frac{2,5 \times 10^{-4}}{1,00 \times 10^{-3}} = 2,5 \times 10^{-1} \text{ ou } 25\%$

$\tau'_1 > \tau_1$  : la dilution favorise la dissociation de l'acide.

4. a) La constante d'acidité  $K_A$  du couple acide benzoïque/ion benzoate est la constante d'équilibre associée à la mise en solution de l'acide dans l'eau.

$$K_A = \frac{[C_6H_5COO^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[C_6H_5COOH]_{\text{éq}}}$$

b) A partir de la formule précédente, on peut écrire :

$$pH_1' = pK_{A1} + \log \frac{[C_6H_5COO^-]_{\text{éq}}}{[C_6H_5COOH]_{\text{éq}}} \quad \text{AN : } pH_1' = 3,7$$

avec  $[C_6H_5COO^-]_{\text{éq}} = [H_3O^+]_{\text{éq}} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

et  $[C_6H_5COOH]_{\text{éq}} = c_1' - [C_6H_5COO^-]_{\text{éq}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

5.  $c_2 = c_1$  et  $pH_2 < pH_1$  : la solution  $S_2$  renferme plus d'ions oxonium que la solution  $S_1$ . L'acide méthanoïque est donc plus dissocié que l'acide benzoïque.

6. a) Plus un acide est dissocié, plus il libère d'ions oxonium, plus sa constante d'acidité est forte et plus son  $pK_A$  est petit.

$pK_A < pK_A$  : à concentration égale, l'acide méthanoïque est plus dissocié que l'acide benzoïque.

b)



7. On constate sur le diagramme de prédominance que les espèces  $C_6H_5COOH$  et  $HCOO^-$  ont un domaine d'existence commun : ils peuvent donc coexister simultanément en solution, ce qui justifie que la réaction soit équilibrée.

On peut de plus prévoir que le pH de la solution ainsi obtenue sera compris entre 3,75 et 4,20.

#### Avancement final d'une réaction

1)  $n_{C_2H_6O} = n = V \cdot d / M = 0,35 \text{ mol}$

$n_{C_2H_4O_2} = n' = V' \cdot d' / M' = 0,35 \text{ mol}$

Le mélange est donc stœchiométrique, et si la réaction est totale :  $n_{C_4H_8O_2} = n$

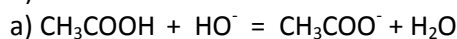
2)

a)  $n(HO^-) = C_B \cdot V_E = 3,66 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

b)  $n_1(HO^-) = 2 \cdot n_0 = 8,8 \text{ mmol}$

c)  $n_2(HO^-) = n(HO^-) - n_1(HO^-) = 2,78 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

3)



Au point équivalent, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques, ainsi :  $n_1 = n_2(HO^-)$

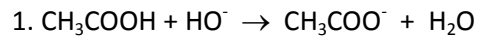
b)  $n_{C_2H_4O_2 \text{ restant}} = n' - 4 \cdot n_1 = 0,24 \text{ mol}$  (car 1/4 seulement de la solution a été titrée, en négligeant le 1 mL d'acide sulfurique)

c) On a donc formé  $4 \cdot n_1 = 0,11 \text{ mol}$  d'ester

La réaction est donc limitée.

Le rendement est le quotient de la quantité de matière d'ester obtenue sur la quantité de matière d'ester maximale pouvant être obtenue par la synthèse, soit :  $\eta = \frac{4 \cdot n_1}{n}$  soit environ 32 %.

### Titration d'un vinaigre cristallin



2.

$\text{CH}_3\text{COOH}$  disparaît progressivement jusqu'à l'équivalence.

$\text{CH}_3\text{COO}^-$  apparaît progressivement jusqu'à l'équivalence puis sa concentration est constante si on néglige la dilution.

Les ions  $\text{Na}^+$  s'accumulent tout au long du titrage (ions spectateurs).

Les ions  $\text{HO}^-$  s'accumulent après l'équivalence.

$\text{H}_2\text{O}$  est le solvant.

3. Seuls les ions contribuent à la conductivité ; avant l'équivalence, il y a apparition des ions  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  et  $\text{Na}^+$  donc la conductivité augmente. Après l'équivalence, l'apparition des ions  $\text{Na}^+$  se poursuit, mais il y a surtout apparition des ions  $\text{HO}^-$  qui ont une conductivité molaire ionique très élevée, donc la conductivité augmente plus rapidement.

4. L'équivalence correspond à la rupture de pente ; on a bien  $V = 12,9 \text{ mL}$ .

5. Au point équivalent les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH titré}} = C_{\text{NaOH}} \cdot V = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{initial}} = 10 \cdot n_{\text{CH}_3\text{COOH titré}} / V_{\text{titré}} = 1,29 \text{ mol/L}$$

Soit  $7,74 \text{ g/100mL}$

Le résultat obtenu est donc en accord avec l'étiquette commerciale.