Colles de Chimie – Programme n°12
Semaine du 15 au 19 décembre

Jeremy Luccioni

Planche 1

Questions de cours

Question Interactions intermoléculaires : Énumérer les différents types d'interactions intermoléculaires. Donner pour chacune l'ordre de grandeur de l'énergie d'interaction et un exemple d'application.

Question Nomenclature : Donner les formules générales des fonctions chimiques suivantes : alcool, amine, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester.

Exercice : Propriétés physiques et interactions dans les alcools

On considère les alcools suivants avec leurs températures d'ébullition sous pression atmosphérique :

Molécule	Formule	M (g·mol^{-1})	T_b (°C)
A	CH_3OH	32	65
B	CH_3CH_2OH	46	78
C	$CH_3CH_2CH_2OH$	60	97
D	$CH_3CH(OH)CH_3$	60	82

On donne également : $T_b(CH_3OCH_3) = -24$°C et $M(CH_3OCH_3) = 46$ g·mol^{-1}.

1. Donner le nom des molécules A B C et D selon la nomenclature IUPAC
2. Représenter la formule topologique et la représentation de Cram et de Newman de C_3H_8O.
3. Quel type d'interaction est responsable de la cohésion de ces liquides ? Justifier qualitativement l'augmentation de la température d'ébullition de A a C.
4. Comparer les températures d'ébullition de C et D. Expliquer cette différence en termes de structure et d'interactions.
5. Le méthoxyméthane (CH_3OCH_3) et l'éthanol sont isomères. Comparer leurs températures d'ébullition et expliquer cette grande différence.
6. Les alcools sont très solubles dans l'eau. Expliquer ce phénomène en utilisant le principe « qui se ressemble s'assemble » et en identifiant les interactions soluté/solvant.
7. Pourquoi la solubilité des alcools dans l'eau diminue-t-elle lorsque la chaîne carbonée s'allonge ?

Planche 2

Questions de cours

Question Liaison hydrogène : Définir la liaison hydrogène. Quelles sont les conditions structurales pour former une liaison hydrogène ? Donner l'ordre de grandeur de son énergie et deux exemples d'application.

Question Représentations : Expliquer les différences entre formule semi-développée, formule topologique et représentation de Cram. Donner un exemple pour la molécule de butan-2-ol.

Exercice : Solubilité et extraction de la caféine

La caféine est une molécule organique de formule brute $C_8H_{10}N_4O_2$ présente dans le café et le thé. Sa structure comporte plusieurs fonctions azotées et des groupes carbonyles.

On souhaite extraire la caféine d'une solution aqueuse en utilisant du CH_2Cl_2 comme solvant organique. Le coefficient de partage de la caféine entre ces deux phases est défini par :

$$K = \frac{[\text{caféine}]_{\text{org}}}{[\text{caféine}]_{\text{eau}}} = 4{,}6$$

On dispose initialement de 100 mL d'une solution aqueuse contenant $m_0 = 200$ mg de caféine.

1. Nommer le solvant organique selon la nomenclature IUPAC.
2. La caféine possède des groupes amides et des hétérocycles azotés. Quelles interactions peuvent se former entre la caféine et l'eau ? Entre la caféine et le dichlorométhane ?
3. Expliquer pourquoi la caféine est soluble à la fois dans l'eau et dans les solvants organiques comme le dichlorométhane.
4. On réalise une première extraction avec $V_1 = 50$ mL de dichlorométhane. Calculer la masse de caféine extraite dans la phase organique.
5. On réalise une seconde extraction de la phase aqueuse avec $V_2 = 50$ mL de dichlorométhane. Calculer la masse totale de caféine extraite après ces deux extractions successives.
6. Comparer avec une extraction unique utilisant 100 mL de dichlorométhane. Quelle méthode est la plus efficace ? Conclure sur l'intérêt des extractions successives.
7. En pratique, on ajoute du carbonate de sodium Na_2CO_3 à la phase aqueuse avant extraction. Sachant que la caféine est une base faible, expliquer l'intérêt de cette opération.

Planche 3

Questions de cours

Question Forces de Van der Waals : Décrire les trois types de forces de Van der Waals (Keesom, Debye, London). Pour chacune, préciser les conditions d'existence et l'ordre de grandeur de l'énergie.

Question Groupes caractéristiques : Dessiner la structure et donner le nom des groupes suivants : isopropyle, tertiobutyle, phényle, benzyle.

Exercice : Nomenclature et propriétés des composés organiques

On considère les molécules organiques suivantes :

A. 3-méthylpentan-2-one

B. acide 2-méthylpropanoïque

C. N,N-diméthylpropan-1-amine

D. 2-chloro-3-méthylbutanal

Partie I : Nomenclature et représentation

1. Dessiner la formule semi-développée et la formule topologique de chacune de ces molécules.
2. Pour la molécule A, représenter les deux conformations les plus stables en représentation de Newman autour de la liaison C2-C3.
3. Identifier toutes les fonctions chimiques présentes dans chaque molécule.
4. Donner la formule brute de chaque molécule et calculer leur masse molaire.

Partie II : Propriétés physiques

On donne les températures d'ébullition suivantes :

- Molécule A : 102°C
- Molécule B : 154°C
- Molécule C : 65°C

5. Classer par ordre croissant de température d'ébullition attendue les molécules A, B et C. Justifier en identifiant les types d'interactions présentes dans chaque liquide pur.
6. La molécule B est miscible à l'eau tandis que la molécule A est peu soluble. Expliquer cette différence.
7. La molécule C est une base. Expliquer cette propriété et donner l'équation de sa réaction avec l'eau.
8. Proposer un protocole simple pour séparer un mélange des molécules B et C en solution aqueuse.

Planche Bonus

Questions de cours

Question Tensioactifs : Qu'est-ce qu'un tensioactif ? Décrire sa structure moléculaire et expliquer comment il se positionne à l'interface eau/air. Donner une application.

Question Isomérie : Définir et donner un exemple d'isomères de constitution, d'isomères de conformation et de stéréoisomères.

Exercice : Chromatographie et interactions

La chromatographie sur couche mince (CCM) est une technique de séparation basée sur les interactions différentielles entre les molécules à séparer, la phase stationnaire (silice) et la phase mobile (éluant).

On souhaite séparer trois composés organiques par CCM :

- Composé X : acide benzoïque C_6H_5-COOH
- Composé Y : phénol C_6H_5-OH
- Composé Z : toluène $C_6H_5-CH_3$

On utilise comme phase stationnaire de la silice (polaire) et comme éluant un mélange cyclohexane/acétate d'éthyle (90/10).

1. Dessiner les formules topologiques des trois composés. Identifier les fonctions chimiques présentes.
2. Donner le nom IUPAC du toluène et du phénol.
3. La silice possède de nombreux groupes Si-OH en surface. Quelles interactions peuvent se former entre chaque composé (X, Y, Z) et la phase stationnaire ?
4. L'acétate d'éthyle est un solvant polaire. Dessiner sa formule topologique et identifier sa fonction chimique. Quel est son nom IUPAC ?
5. Le rapport frontal R_f est défini par $R_f = \frac{d_{\text{composé}}}{d_{\text{éluant}}}$. Classer les trois composés par ordre croissant de R_f attendu. Justifier en comparant :
   - Les interactions avec la phase stationnaire
   - Les interactions avec la phase mobile
6. On réalise la CCM et on obtient : $R_f(\text{Z}) = 0{,}85$; $R_f(\text{Y}) = 0{,}32$; $R_f(\text{X}) = 0{,}15$. Ces résultats sont-ils cohérents avec vos prévisions ? Commenter.
7. Proposer une modification de l'éluant qui permettrait d'augmenter la valeur de R_f de l'acide benzoïque. Justifier.
8. En pratique, on ajoute quelques gouttes d'acide acétique à l'éluant. Quel est l'intérêt de cette opération pour la séparation de l'acide benzoïque ?