Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2011, filière PC

Chimie 1

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Partie A : binaire AgCl-ZnCl2 et cristaux ioniques
- Partie B : les ions organiques
- Partie C : synthèse des liquides ioniques
- Partie D : solvant pour la synthèse organique
- Partie E : utilisation en électrochimie
- Partie F : liquides à tâches spécifiques

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/ccinp/pc/2011/chimie1

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

SESSION 2011 **PCCH107**

CONCOURS COMMUNS POLYTECHNIQUES

EPREUVE SPECIFIQUE - FILIERE PC

CHIMIE 1

Durée : 4 heures

N.B. : Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Les calculatrices sont autorisées.

Chaque partie est indépendante et, dans chaque partie, de nombreuses questions sont indépendantes. Toutes les données utiles sont rassemblées à la fin du sujet.

Remarque : sauf indication contraire toutes les réactions sont effectuées à 25 °C et les données thermodynamiques standard nécessaires sont fournies pour cette température.

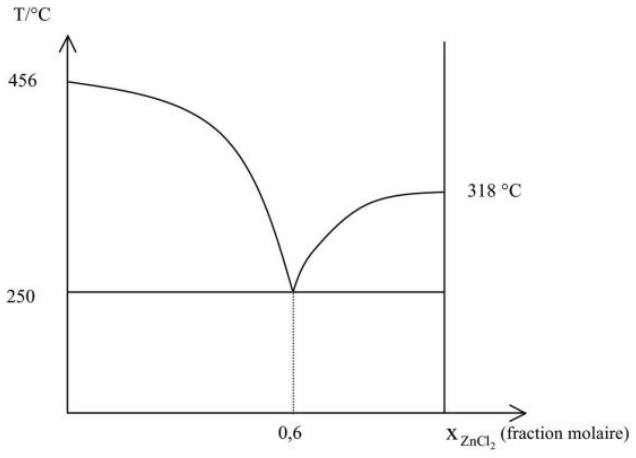
Introduction.

Les composés ioniques minéraux ont, en général, des températures de fusion élevées si bien qu'ils ne peuvent pas être utilisés comme solvants en chimie organique. Mais si l'anion ou le cation ou les deux sont organiques, la température de fusion est abaissée. Selon la définition de Wilkes, les liquides ioniques sont des sels organiques dont la température de fusion est inférieure à 100 °C. Ces liquides, utilisés comme solvants, présentent l'avantage d'être très peu volatils, faciles à recycler. Ils permettent un grand nombre de réactions classiques, mais dans des conditions originales.

A. Étude thermodynamique et cristallographique de cristaux ioniques.

I. Diagramme binaire.

Le diagramme binaire liquide-solide isobare sous 1 bar, des composés AgCl et $ZnCl_2$ présente l'allure suivante :



I.1 Reproduire ce schéma sur votre copie et indiquer la signification des domaines : nature des phases présentes et composition de celles-ci.

I.2 Dessiner l'allure des courbes d'analyse thermique, entre 500 °C et 200 °C, lors du refroidissement régulier d'un mélange contenant initialement 4 moles de chlorure de zinc et 6 moles de chlorure d'argent, puis d'un mélange contenant 6 moles de chlorure de zinc et 4 moles de chlorure d'argent.

II. Etude cristallographique.

II.1 AgCl cristallise dans le même système que NaCl. Son paramètre de maille est de 554,9 pm. Calculer la plus courte distance entre le centre d'un ion argent et le centre d'un ion chlorure.

II.2 Comparer cette distance avec celle obtenue en faisant la somme des rayons ioniques. Conclure quant à la nature de la liaison.

II.3 Il existe trois formes allotropiques de $ZnCl_2$, elles ont en commun la coordinence de l'ion Zn^{2+}.

II.3.1 Calculer le rapport limite du rayon d'un cation sur le rayon de l'anion $\frac{r_+}{R_-}$ en supposant les cations tangents aux anions et les anions tangents entre eux, dans le cas d'une coordinence tétraédrique du cation.

II.3.2 Les rapports limites pour les autres coordinences classiques sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Coordinence	4	6	8
$\frac{r_+}{R_-}$		0,41	0,73

Sur ce seul critère géométrique quelle est la coordinence la plus favorable pour l'ion zinc dans $ZnCl_2$?

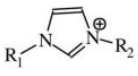
B. Étude des ions organiques.

I. Le cation.

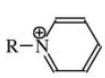
I.1 Les cations utilisés pour constituer les liquides ioniques sont organiques, volumineux et possèdent une faible symétrie. Ils font souvent intervenir un atome d'azote ou un atome de phosphore.
Quelques exemples sont indiqués ci-dessous :



ammonium



imidazolium



pyridinium

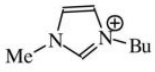


phosphonium

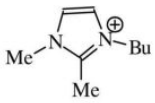
Indiquer la structure électronique de l'atome d'azote et de l'atome de phosphore.

I.2 Proposer une géométrie pour les ions ammonium et phosphonium. Sont-ils chiraux ? Justifier votre réponse.

I.3 Parmi les cations utilisés, il y a le butylméthylimidazolium (noté [bmim]), le 1-butyl-2,3-diméthylimidazolium (noté [bm2im]) et le 1-butyl-1-méthylpyrrolidinium (noté [bmpy]).



[bmim]



[bm2im]

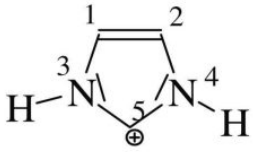


[bmpy]

Les doublets non-liants ne sont pas représentés. Pour ces trois cations, étudier les possibilités de délocalisation de la charge positive à l'aide de la mésomérie et préciser sur quel(s) atome(s) celle-ci peut éventuellement être délocalisée.

I.4 Ces cations sont-ils aromatiques ? Justifier votre réponse.

I.5 Les deux premiers cations, [bmim] et [bm2im] peuvent être modélisés par une molécule plus simple dont l'une des écritures de Lewis est :



L'étude de cette molécule peut-elle être réalisée en utilisant la méthode de Hückel simple ?

I.5.1 Rappeler les approximations faites dans les calculs de Hückel.

I.5.2 Avec la numérotation indiquée ci-dessus, le déterminant séculaire s'écrit :

$$\begin{vmatrix} \alpha - E & \beta & 0{,}8\beta & 0 & 0 \\ \beta & \alpha - E & 0 & 0{,}8\beta & 0 \\ 0{,}8\beta & 0 & a & 0 & b \\ 0 & 0{,}8\beta & 0 & a & 0{,}8\beta \\ 0 & 0 & b & 0{,}8\beta & \alpha - E \end{vmatrix}$$

Pour un azote à deux électrons, l'intégrale coulombienne vaut $\alpha_N = \alpha + 1{,}5\ \beta$ et l'intégrale d'échange vaut $\beta_{CN} = 0{,}8\ \beta$. Exprimer a et b en fonction de α, β et E.

I.5.3 Les orbitales moléculaires (OM) calculées selon la méthode de Hückel ont les énergies indiquées ci-dessous :

	énergie
ψ_1	$E_1 = \alpha + 2{,}46\ \beta$
ψ_2	$E_2 = \alpha + 1{,}73\ \beta$
ψ_3	$E_3 = \alpha + 0{,}74\ \beta$
ψ_4	$E_4 = \alpha - 0{,}70\ \beta$
ψ_5	$E_5 = \alpha - 1{,}23\ \beta$

En fonction de α et β, calculer l'énergie de cet ion, assimilée à la somme des énergies de ses électrons délocalisables.

I.5.4 Calculer l'énergie, en fonction de α et β, de la molécule en supposant que les électrons sont localisés selon l'écriture de Lewis donnée en **I.5**.

Rappels : l'éthylène est le "prototype" de la liaison π localisée ; il possède deux niveaux d'énergie en théorie de Hückel ayant pour valeur : $\alpha + \beta$ et $\alpha - \beta$; l'intégrale coulombienne $\iiint \varphi_i \hat{H} \varphi_i dv$ est, en première approximation, l'énergie d'un électron d'une orbitale atomique φ_i de l'atome i.

I.5.5 La comparer avec celle calculée en **1.5.3**. Calculer l'énergie de résonance, en fonction de β, définie comme la différence entre l'énergie calculée en supposant les électrons localisés et celle calculée avec les électrons délocalisés.

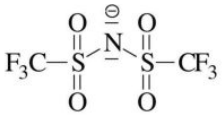
II. L'anion.

II.1 Géométrie.

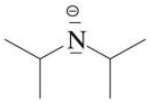
Parmi les anions utilisés, il y a $AlCl_4^-$ et PF_6^-. Donner la structure électronique des atomes d'aluminium et de phosphore. Proposer une géométrie pour ces anions.

II.2 Basicité.

L'un des anions fréquemment utilisé est le N,N-bistrifluorométhanesulfonamidure :



Celui-ci n'est que faiblement basique alors que le diisopropylamidure de lithium (LDA) est une base très forte.



: LDA

Proposer une interprétation.

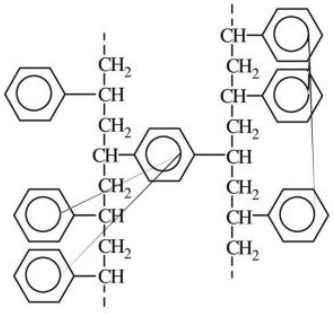
C. Synthèse des liquides ioniques.

I. La première étape est une quaternisation de l'atome d'azote par un agent alkylant. Proposer un réactif permettant de former l'iodure de méthylpyridinium à partir de la pyridine. Donner le mécanisme de cette réaction.

Rappel : la pyridine a la structure suivante : 

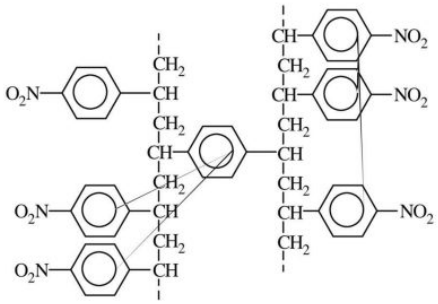
I.1 Les halogénures de liquides ioniques ainsi obtenus présentent l'inconvénient d'être hygroscopiques. Pour remédier à ce problème, il convient d'échanger l'anion halogénure par un autre anion. Une des techniques employées est le passage sur une résine échangeuse d'ions. Les résines échangeuses d'ions sont, en général, des polymères insolubles dans l'eau sur lesquels sont greffés des groupes permettant d'échanger des ions.

I.2 L'Amberlite est un copolymère du styrène (phényléthène) et d'une autre molécule **O**.



Indiquer la structure de la molécule **O**.

I.2.1 Il faut ensuite fixer des groupes ioniques sur le polymère. Indiquer les conditions opératoires pour obtenir le nouveau polymère $\mathbf{P_2}$ suivant :



I.2.2 Le polymère $\mathbf{P_3}$ est obtenu par transformation des groupes NO_2 en groupes NH_2, par action du zinc en milieu acide, puis passage en milieu basique. Sachant que la réaction est une réaction d'oxydoréduction et que des ions Zn^{2+} sont formés, écrire les bilans des deux demi-réactions, et de la réaction de réduction de $\mathbf{P_2}$, en ne faisant figurer que les espèces majoritaires compte-tenu de la nature acide du milieu. Le polymère $\mathbf{P_2}$ sera écrit $nArNO_2$.

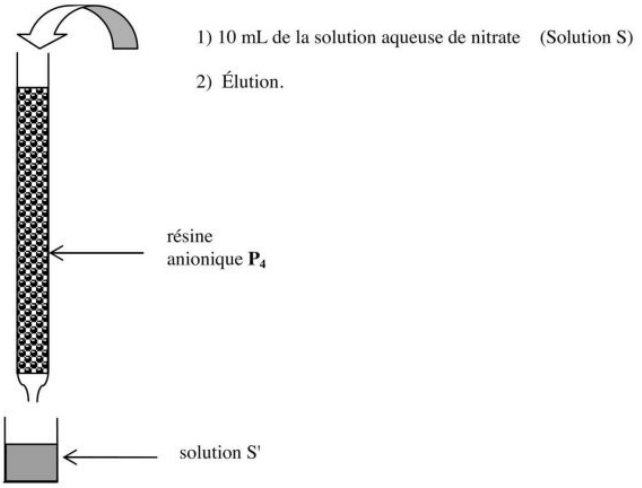
I.2.3 Le polymère $\mathbf{P_3}$ est obtenu par passage en milieu basique : indiquer sa structure avec la notation simplifiée.

I.2.4 Le polymère $\mathbf{P_3}$ est traité par un excès d'iodométhane en milieu basique. Indiquer la structure du polymère $\mathbf{P_4}$ ainsi formé en utilisant une notation dérivant de celle de $\mathbf{P_2}$ et en faisant figurer les ions.

I.2.5 Ce polymère $\mathbf{P_4}$ est une résine échangeuse d'anions, elle est dite anionique. Elle est notée (résine,A) où A^- est l'anion échangeable. Elle peut être utilisée pour doser les ions nitrate présents dans une solution aqueuse. Les opérations suivantes sont réalisées : 10 mL de la solution aqueuse de nitrate sont versés dans le haut de la colonne, puis une élution est réalisée. L'élution consiste à faire passer de l'eau distillée sur la résine pour entrainer les anions X^- libérés par l'échange :

$$(\text{résine},X) + NO_3^- = (\text{résine},NO_3) + X^-.$$

Enfin la totalité du liquide ayant traversé la résine est recueillie : solution S'.



a. Quel est l'anion échangeable du polymère $\mathbf{P_4}$?

b. Proposer un test simple pour s'assurer que l'élution est terminée.

c. La totalité de la solution S' recueillie est dosée par du nitrate d'argent. La méthode choisie pour suivre le titrage des ions X^- est la potentiométrie.

c.1 Préciser la nature de X^-. Quelles électrodes faut-il choisir ? En particulier quelle précaution faut-il prendre pour l'électrode de référence ?

c.2 Écrire l'équation de la réaction de titrage.

c.3 Calculer le potentiel redox standard du couple AgI(s) / Ag(s) à partir des données. Exprimer le potentiel redox mesuré par l'électrode métallique en ne faisant figurer que les concentrations des espèces majoritaires présentes dans le milieu. Il y a lieu de distinguer avant et après l'équivalence.

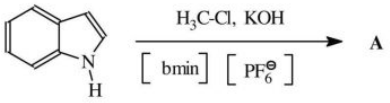
c.4 Représenter l'allure qualitative de la courbe de titrage.

c.5 L'équivalence est obtenue après avoir versé 7,2 mL d'une solution de nitrate d'argent de concentration $1{,}0.10^{-3}$ mol.L^{-1}, quelle est la concentration en nitrate de la solution S ?

I.2.6 Le polymère $\mathbf{P_4}$ est mis en contact prolongé avec une solution concentrée d'hexafluorophosphate (PF_6^-) de sodium. Après rinçage à l'eau distillée, cette résine est mise en contact prolongé avec du chlorure de butylméthylimidazolium, noté [bmin]. Indiquer la nature du liquide ionique obtenu.

D. Utilisation en tant que solvant pour la synthèse organique.

I. Réaction de substitution nucléophile.
En 1998, Seddon a décrit des alkylations d'indole dans l'hexafluorophosphate de butylméthylimidazolium, noté [bmim][PF_6], en présence d'un agent alkylant et de potasse à température ambiante. Si l'indole et le chlorométhane sont utilisés en proportions équimoléculaires, un produit **A** est obtenu :



indole

Le spectre RMN (Résonance Magnétique Nucléaire) du proton de **A** possède les caractéristiques suivantes : massif complexe entre $\delta = 7{,}0$ ppm et $\delta = 7{,}6$ ppm intégrant pour 4 protons ; doublet centré sur $\delta = 6{,}9$ ppm intégrant pour 1 proton ; doublet de doublet centré sur $\delta = 6{,}4$ ppm intégrant pour 1 proton ; singulet à $\delta = 3{,}6$ ppm intégrant pour 3 protons.

I.1 Indiquer la structure du composé **A**.

I.2 Interpréter le spectre RMN en attribuant les divers signaux aux protons de la molécule. Remarque : le doublet de doublet fait intervenir, entre autre, un couplage dit à longue distance entre deux atomes d'hydrogène séparés par quatre liaisons.

I.3 Proposer un mécanisme et expliquer le rôle de la potasse.

II. Réaction de substitution électrophile.

Des acylations de Friedel et Crafts ont été réalisées dans des solvants ioniques en utilisant des solvants contenant des anions chloroaluminates et des anions chlorures. L'équilibre suivant, de constante thermodynamique notée K°, s'établit :

$$AlCl_4^- = AlCl_3 + Cl^-$$

Toutes les espèces sont solubles dans le milieu. La proportion $AlCl_3$ / Cl^- joue donc un rôle important dans la disponibilité de l'espèce catalytique.

II.1 Exprimer l'affinité de cette réaction, en fonction de son affinité standard, des quantités de matière des divers constituants et du volume total ; les activités seront assimilées aux concentrations.

II.2 En négligeant la variation de volume, exprimer la variation élémentaire de l'affinité provoquée par l'ajout d'une quantité dn_{Cl^-} d'ion chlorure en maintenant tous les autres paramètres constants. Dans quel sens se déplace l'équilibre par ajout d'ions chlorure ?

II.3 Le chlorure d'aluminium est le catalyseur de la réaction d'acylation. Quelle est l'influence de la concentration en ions chlorure sur la vitesse de réaction ?

II.4 L'anisole (ou méthoxybenzène) est acylé par le chlorure de benzoyle (PhCOCl), avec $AlCl_3$ comme catalyseur. Quel produit majoritaire est obtenu ?

II.5 Proposer un mécanisme pour la formation de l'intermédiaire de Wheland ; écrire les structures des intermédiaires de Wheland correspondant au trois régio-isomères possibles. Justifier soigneusement la régio-sélectivité.

II.6 Compléter le mécanisme de cette réaction d'acylation pour la formation de l'isomère majoritaire.

II.7 Dans le cas de cette réaction, la polysubstitution est-elle une réaction parasite importante ?

II.8 La synthèse se termine par une hydrolyse. Pourquoi ?

E. Utilisation en électrochimie.

Les liquides ioniques sont utilisés en particulier en tant que solvant dans les batteries au lithium.

I. Caractère réducteur du lithium et du sodium.

I.1 Calculer, à l'aide du modèle de Slater, les énergies d'ionisation du lithium. L'énergie d'ionisation sera évaluée simplement comme l'opposé de l'énergie du plus haut niveau occupé de l'atome dans son état fondamental.

Rappel : l'énergie d'un électron d'un atome de numéro atomique Z, décrit par une orbitale atomique de nombre quantique principal n, est donnée par la relation :

$$E_n = -13{,}6 \times \frac{\left(Z - \sum \sigma_i\right)^2}{n^2}$$

E_n étant donné en électron-volt (eV), σ_i étant les constantes d'écran. Expérimentalement, les énergies d'ionisation sont de 5,4 eV pour Li et 5,1 eV pour Na.

I.2 En comparant les potentiels redox standard des couples $Na^+(aq)/Na$ et $Li^+(aq)/Li$, quel est le plus réducteur des deux métaux ?

I.3 Est-ce en accord avec les valeurs des énergies d'ionisation ? Proposer une interprétation.

II. Comportement de quelques métaux réducteurs dans l'eau ; nécessité d'un solvant non aqueux pour la réalisation de piles.

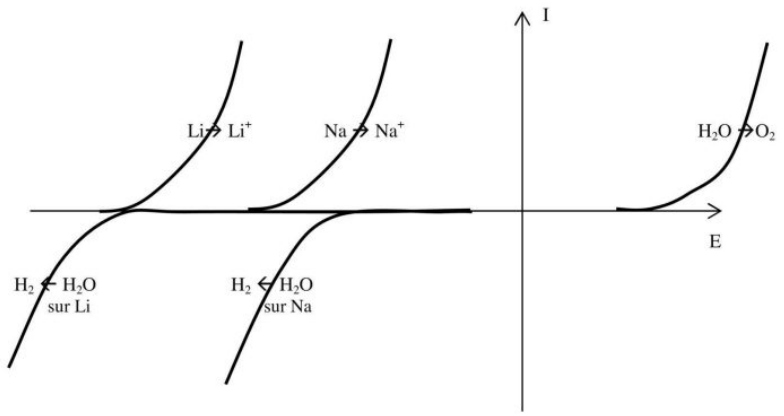
II.1 Établir l'équation bilan de la réaction du lithium sur l'eau avec formation d'ion Li^+ et de l'ion hydroxyde OH^-.

II.2 Calculer la constante thermodynamique de cette réaction, écrite avec un coefficient stœchiométrique de 1 pour Li, à l'aide des potentiels standard redox des couples impliqués et de pKe. Conclure.

II.3 Répondre aux mêmes questions pour le sodium.

II.4 Quel est, du point de vue thermodynamique, le plus réactif vis-à-vis de l'eau ?

II.5 Les courbes intensité-potentiel, tracées à pH = 7, des diverses espèces intervenant, sont représentées ci-dessous :



Le lithium et le sodium sont-ils oxydés par l'eau ? La réponse doit être justifiée.

II.6 Rôle de l'électrolyte.

Les liquides ioniques présentent une conductivité comprise entre 1 et 20 mS/cm. Rappeler la relation donnant la conductivité d'une solution en fonction de la concentration des ions qu'elle contient et de leur conductivité ionique molaire. Calculer la conductivité de l'eau pure à l'aide des conductivités ioniques molaires et du pKe. Pour faire ce calcul, les conductivités ioniques molaires seront supposées constantes et assimilées aux conductivités ioniques molaires limites, et le pH de la solution sera pris égal à 7,0. Quel serait le meilleur électrolyte sur le seul critère de la conductivité ?

III. Des cellules électrochimiques de type "pile bouton" ont été assemblées avec du lithium métal comme électrode négative, un séparateur microporeux qui est un polymère commercial Celgard® et en utilisant comme électrolyte, le liquide ionique N-butyl-N-méthylpyrrolidinium bis(trifluorométhanesulfonyl)imide. Dans certaines piles, l'oxydant est du chlorure de thionyle, $SOCl_2$, en solution dans le liquide ionique.

III.1 Quel est le nombre d'oxydation de l'élément soufre dans $SOCl_2$ et SO_2 ?

III.2 Écrire l'équation du demi-bilan du couple $SOCl_2/S$ dans lequel seul l'élément soufre change de nombre d'oxydation, la réaction s'effectuant dans le liquide ionique non aqueux considéré comme électrochimiquement inerte. L'élément oxygène sera équilibré en faisant intervenir SO_2.

III.3 Écrire l'équation-bilan de la réaction de la pile au lithium avec le chlorure de thionyle comme oxydant.

III.4 Quel sous-produit est formé ? Quel inconvénient peut-il présenter ?

F. Liquides à taches spécifiques.

La synthèse organique sur un support solide se révèle très performante. Mais elle possède l'inconvénient de se faire en milieu hétérogène. Les liquides ioniques peuvent servir de supports solubles permettant ainsi des cinétiques plus rapides. La première étape consiste à greffer un groupe fonctionnel sur l'anion ou le cation d'un liquide ionique.

Remarques :
De façon simplifiée, le cycle imidazolium avec une charge positive délocalisée est noté :



Pour l'écriture des mécanismes, des représentations simplifiées des molécules pourront être utilisées.

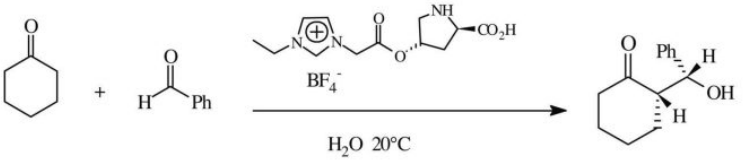
I. Catalyse pour la synthèse asymétrique.

I.1 Réaction d'aldolisation. Une réaction d'aldolisation en milieu basique, non suivie de crotonisation, est effectuée entre la cyclohexanone et le benzaldéhyde (PhCHO). Indiquer le mécanisme de cette réaction et la structure du produit obtenu. Quel produit est obtenu de façon minoritaire ?

I.2 Combien de stéréoisomères de configuration possède cette molécule ? Représenter ces stéréoisomères et indiquer les relations de diastéréoisomérie ou d'énantiomérie qui existent entre eux. Combien sont obtenus par cette réaction effectuée de façon classique ?

Utilisation d'un liquide ionique à tâche spécifique.

La même réaction peut être effectuée avec un sel d'imidazolium sur lequel est greffée une molécule de proline énantiomériquement pure :

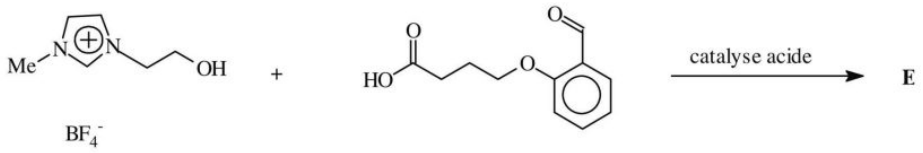


D

Un produit **D** unique est obtenu ; donner la configuration des atomes de carbone asymétriques.

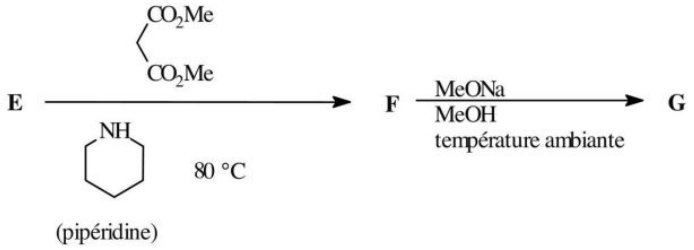
II. Application à la réaction de Knœvenagel.

II.1 La première étape consiste à greffer le substrat sur le cation du liquide ionique :



Représenter la structure de **E** et proposer un mécanisme pour sa formation.

II.2 La suite des réactions est la suivante :



II.2.1 Le malonate de diméthyle possède des protons mobiles, indiquer lesquels et justifier cette mobilité.

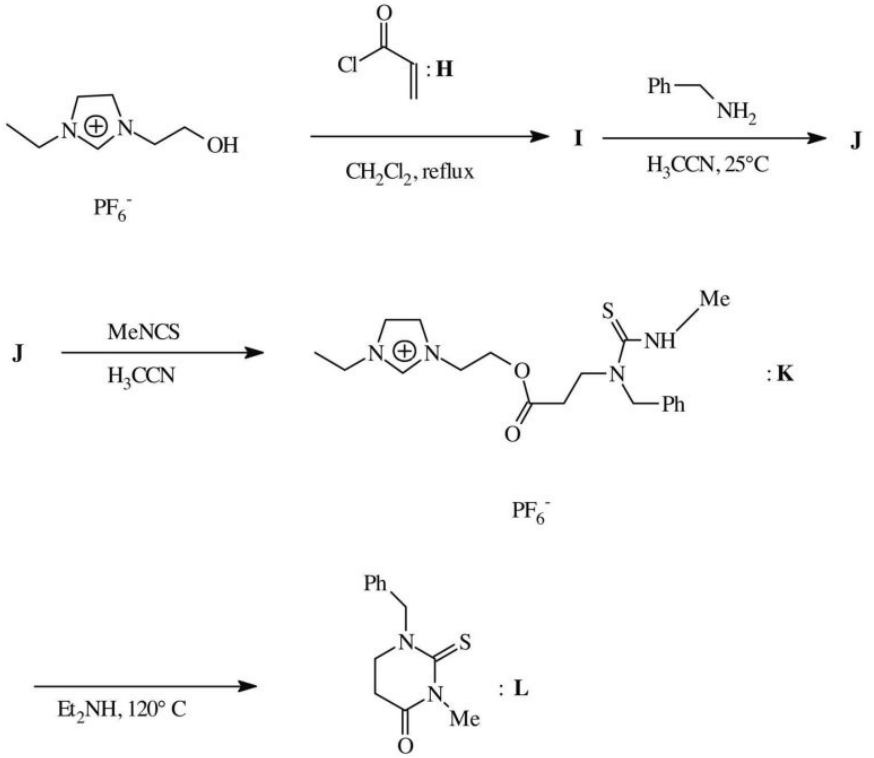
II.2.2 E est mis à réagir avec le malonate de diméthyle, en présence de pipéridine jouant le rôle de base, un composé éthylénique **F** est obtenu. Indiquer sa structure.

II.2.3 L'étape suivante consiste à retirer le groupe provenant du cation : dans cette réaction, appelée transestérification, le méthanolate agit sur **F** comme l'ion hydroxyde lors de la saponification. Représenter la structure du produit **G** obtenu, de formule brute $C_{17}H_{20}O_7$ et proposer un mécanisme de formation.

II.2.4 Quel inconvénient y aurait-il à utiliser l'éthanolate à la place du méthanolate ?

III. Obtention d'hétérocycles.

La synthèse de plusieurs 2-thioxotétrahydropyrimidin-4-(1H)-ones a été réalisée par l'équipe du professeur J.P. Bazureau. Le schéma est le suivant :

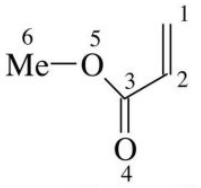


III.1 Sachant que **I** contient un groupe ester, représenter sa structure.

III.2 J est obtenu par addition de la benzylamine ($Ph\text{-}CH_2\text{-}NH_2$) sur **I** (dans l'acétonitrile

$H_3C\text{-}C{\equiv}N$ et à 25 °C). Cette réaction procède selon un mécanisme comparable à celui d'un organométallique sur une α-ènone.

La molécule **I** est modélisée par **I'** :



Les coefficients de son orbitale moléculaire la plus haute occupée (HO) et de sa plus basse vacante (BV) sont fournis dans le tableau ci-dessous en respectant la numérotation des atomes comme indiqué ci-dessus :

	1	2	3	4	5	6
BV	-0,667	0,291	0,540	-0,376	-0,187	0,043
HO	-0,577	-0,577	0,000	1,577	0,000	0,000

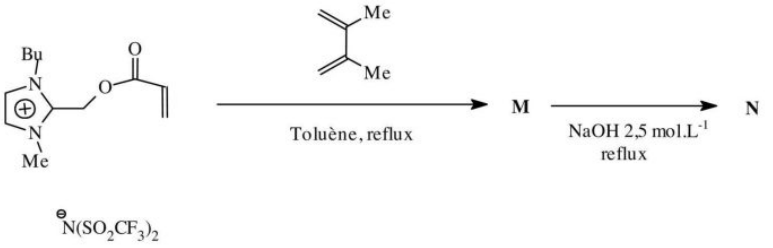
En admettant que la réaction est sous contrôle orbitalaire, indiquer sur quel atome de **I** (ou **I'**) va réagir le nucléophile. Représenter la structure de **J** et proposer un mécanisme pour sa formation.

III.3 K est obtenu par action de l'isothiocyanate de méthyle MeNCS. Proposer un schéma de Lewis pour cette molécule et préciser sa géométrie.

III.4 Enfin **K** se cyclise en **L** avec reformation du cation de départ. Proposer un mécanisme pour cette réaction.

IV. Réaction de Diels-Alder.

La réaction de Diels-Alder peut également être réalisée sur support greffé. Un exemple est donné ci-dessous :



IV.1 Comparer la réactivité du diénophile à celle de l'éthylène.

IV.2 Indiquer la structure du produit **M**.

IV.3 Combien **M** possède-t-il de carbones asymétriques ? Combien de stéréoisomères de configuration sont obtenus par cette synthèse et en quelles proportions ?

IV.4 Le groupe ester de **M** est saponifié pour obtenir **N** après passage en milieu acide. Représenter la structure du produit **N**.

Données :

Numéros atomiques des éléments :

Élément	Li	N	F	Na	Al	P	S	Cl	Sb
Z	3	7	9	11	13	15	16	17	51

Rayons ioniques :

ion	Ag^+	Zn^{2+}	Cl^-
r / pm	126	74	184

Potentiels redox standard à 25 °C:

Couple	$Li^+(aq)/Li(s)$	$Ag^+(aq)/Ag(s)$	$Na^+(aq)/Na(s)$	$H(aq)^+/H_2(g)$	$O_2(g)/H_2O$
E° / V	-3,04	0,80	-2,71	0,00	1,23

$\frac{RT}{F}\ln 10 \approx 0{,}06V$

$pKe(H_2O) = 14$

Déplacements chimiques en RMN du proton, exprimés en ppm.

Ar-**H**	Ar-C**H**$_3$	
6,0-9,0	2,0-3,3	3,0-4,0

Produit de solubilité à 25 °C:

	AgI(s)
pKs	16,1

Constantes d'acidité (extrapolée pour celle du LDA), dans l'eau à 25 °C :

acide		Ph-NH_3^+
base		Ph-NH_2
pKa	36,0	4,6

Conductivités ioniques molaires limites en $S.m^2.mol^{-1}$ à 25 °C:

ions	$H(aq)^+$	$OH(aq)^-$
λ / $S.m^2.mol^{-1}$	$3{,}5.10^{-2}$	$2{,}0.10^{-2}$

Constantes d'écran :

groupe de l'électron étudié	CONTRIBUTION DES AUTRES ELECTRONS					
	niveaux n-2, n-3,...	niveau n-1	autres électrons couche n			niveaux supérieurs
			s et p	d	f	
ns et np	1,00	0,85	0,35	0,00	0,00	0,00
nd	1,00	1,00	1,00	0,35	0,00	0,00
nf	1,00	1,00	1,00	1,00	0,35	0,00

Électronégativité dans l'échelle de Pauling :

élément	S	O	Cl
électronégativité	2,58	3,44	3,16

Fin de l'énoncé.

Prepa Help
prepahelp.com · classes préparatoires, Maroc et France

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PC chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Changements de phase de corps purs et mélanges binaires
- Structure des molécules : Lewis, géométrie et polarité
- Structure électronique de l'atome et classification périodique
- Titrages et dosages
- Réactions de dissolution et de précipitation
- Oxydoréduction et piles électrochimiques
- libre, potentiel chimique et équilibre
- : facteurs d'équilibre et déplacement

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/ccinp/pc