

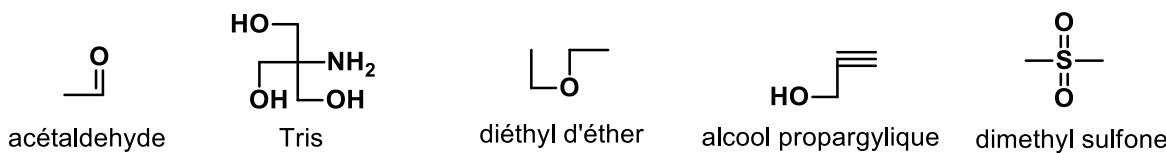
## Cours Atomes, ions, molécules et fonctions

### Exercices\_Séance 24 novembre 2017

#### Exercice 1 (13 points)

Les composés suivants sont corrects du point de vue de la connectivité, mais pas du point de vue des angles de liaisons. Complétez les structures par les atomes de H et les paires d'électrons manquantes, puis proposez une structure plus précise en trois dimensions à l'aide du modèle VSEPR. (11 points)

Une des molécules ne suit pas la règle de l'octet: laquelle? Pourquoi est-ce possible? (2 points)



#### Exercice 2 (19 points)

a) Déterminer le degré d'insaturation et dessiner les isomères de constitution en incluant la structure en trois dimensions pour la formule brute C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>F. (11 points)

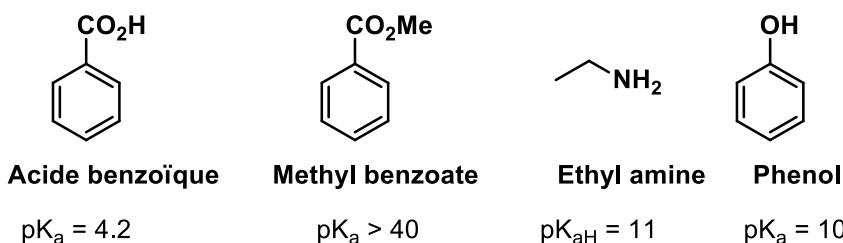
b) Dessiner au moins 3 isomères de constitution pour H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Analysez vos propositions du point de vue de la stabilité : est-ce que l'une de vos structures est particulièrement probable/stable ? Si non, essayez de proposer une structure plus stable (il n'existe en réalité qu'un seul isomère de constitution stable). La structure en trois dimensions n'est pas demandée pour cet exercice. (8 points)

Attention : la formule pour le degré d'insaturation n'est valable que pour les éléments de la première et deuxième rangée, car elle résulte de l'octet.

#### Exercice 3 (12 points)

Les molécules suivantes sont utilisées dans le TP séparation par extraction

Dessiner la structure majoritaire à pH 0, 7 et 14 en vous basant sur les valeurs pK<sub>a</sub> et pK<sub>aH</sub> données pour les groupes fonctionnels. Indiquez quelles molécules seront dans la phase organique et lesquelles dans la phase aqueuse à chaque pH.



## Cours Atomes, ions, molécules et fonctions I

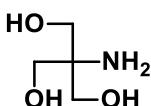
### Solutions Exercices\_Séance n°1\_24 novembre 2017

#### Exercice 1 (13 points)

Les composés suivants sont corrects du point de vue de la connectivité, mais pas du point de vue des angles de liaisons. Complétez les structures par les atomes de H et les paires d'électrons manquantes, puis proposez une structure plus précise à l'aide du modèle VSEPR. (11 points).



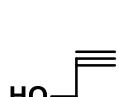
acétaldehyde



Tris



diéthyl d'éther

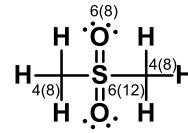
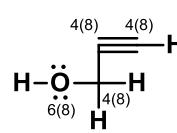
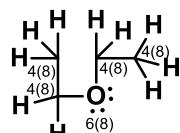
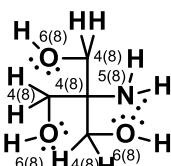
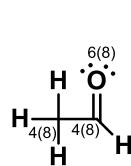


alcool propargylique

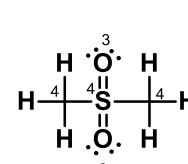
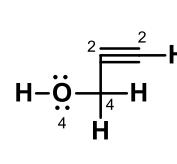
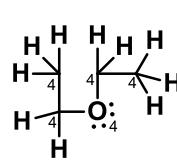
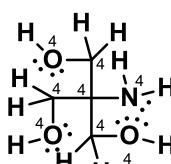
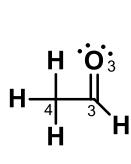


dimethyl sulfone

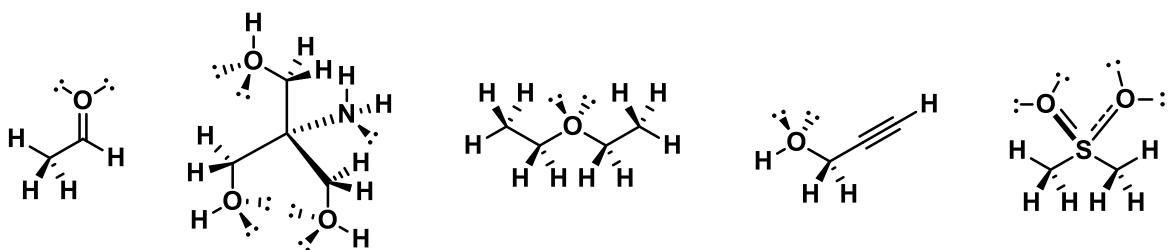
**Etape 1:** En utilisant les valences des atomes, ajouter les atomes d'hydrogène et les paires d'électrons manquantes. Par convention en chimie organique, seuls les atomes d'hydrogène sur les atomes de carbone ne sont pas dessinés. Contrôler soigneusement les électrons de valence et la règle de l'octet (entre parenthèse, l'exception est l'hydrogène, qui a un électron de valence et 2 électrons pour atteindre la structure de l'hélium (non dessiné pour ne pas surcharger le dessin)). Les électrons de valence sont ceux directement liés à l'atome (les paires d'électrons et un électron de chaque liaison). Pour contrôler l'octet, les 2 électrons des liaisons sont comptés.



**Etape 2:** Compter le nombre de substituants liés à chaque atome. Attention, les paires d'électrons comptent également comme substituants! (l'hydrogène a seulement un substituant, pas dessiné pour ne pas surcharger le dessin)

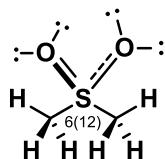


**Etape 3:** En utilisant le modèle VSEPR, dessiner la géométrie correcte (4 substituants = tétraédrique, 3 substituants = trigonal, 2 substituants = linéaire). La meilleure façon de limiter les répulsions électron-électron pour les longues chaînes est la structure en zig-zag ci-dessous.



[Barème : 1 point pour la justification : 4 substituants = tétraédrique, 3 substituants = trigonal, 2 points pour chaque structure (- 1 point par centre incorrect). 11 points au total]

Une des molécules ne suit pas la règle de l'octet: laquelle? Pourquoi est-ce possible? (2 points)



Comme déjà remarqué lors de l'étape 1, la règle de l'octet n'est pas respectée sur le soufre pour le diméthyl sulfone: il y a 12 électrons! Cela est possible car le soufre appartient à la 3<sup>ème</sup> rangée, pour laquelle la règle de l'octet n'est plus valable.

[Barème : 1 point pour la réponse, 1 point pour la justification]

**Remarque:** Les 3 étapes décrites dans cet exercice sont très importantes en chimie organique et seront réutilisées pratiquement pour tous les exercices, même si elles ne seront plus décris autant en détails. Avec l'expérience, vous serez capable de passer directement à la structure finale.

## Exercice 2 (19 points)

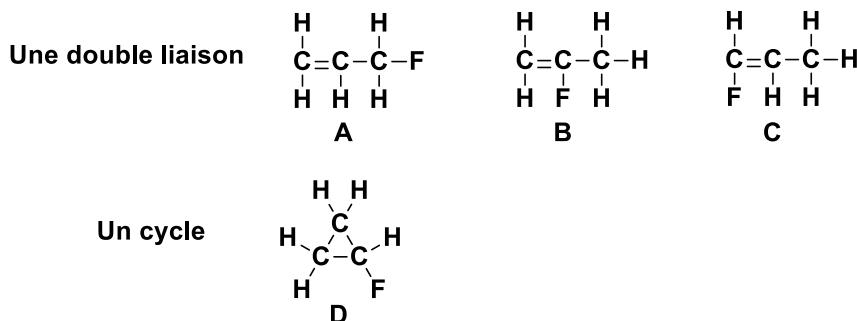
a) Déterminer le degré d'insaturation et dessiner les isomères de constitution pour la formule brute C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>F. (11 points).

**Etape 1 :** Valences : C = 4, H = 1, F = 1, Donc 3 atomes avec 4 électrons de valence libre et 6 atomes avec 1 électron de valence libre.

**Etape 2 :** Degré d'insaturation : I = (2 + 2 \* 3 – 1 \* 6)/2 = 1 : donc un degré d'insaturation (une double liaison ou un cycle).

[barème : 1 point pour la formule et les valences et 1 point pour la réponse]

**Etape 3 :** Dessiner les connectivités possibles :

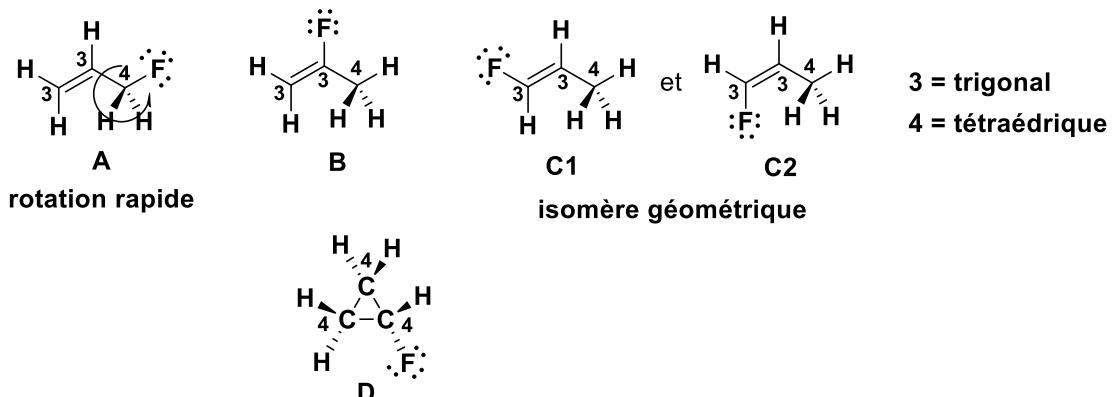


Avec l'aide du degré d'insaturation et des valences, il est possible de dessiner les isomères de constitution, ils doivent contenir soit une double liaison, soit un cycle. La double liaison doit être entre les atomes de carbone, il suffit ensuite de déplacer l'atome de fluor pour obtenir les

différentes possibilités (3 possibilités, déplacer la double liaison conduit au même résultat). Une seule molécule cyclique est possible.

[barème : 1 point par isomère (4 points)]

**Etape 4 :** Passer en trois dimensions avec VSEPR :



Les carbones avec 3 substituants sont trigonaux, les carbones avec 4 substituants sont tétraédriques. Les structures en 3 dimensions font apparaître également d'autres possibilités d'isomérie qui seront discutées en détail dans la deuxième partie du cours : les conformations obtenues en tournant autour des liaisons simples (un procédé très rapide à température ambiante qui ne résulte pas en des molécules qui peuvent être isolées) et les isomères de géométrie pour les doubles liaisons, qui sont stables à température ambiante.

[barème : 1 point pour la justification : 4 substituants = tétraédrique, 3 substituants = trigonal, 1 point par structure (4 points). La description des isomères de géométrie n'est pas encore requise à ce point du cours]

b) Dessiner au moins 3 isomères de constitution pour  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Analysez vos propositions du point de vue de la stabilité : est-ce que l'une de vos structures est particulièrement probable/stable ? Si non, essayez de proposer une structure plus stable (il n'existe en réalité qu'un seul isomère de constitution stable). La structure en trois dimensions n'est pas demandée pour cet exercice. (8 points)

Attention : la formule pour le degré d'insaturation n'est valable que pour les éléments de la première et deuxième rangée, car elle résulte de l'octet.

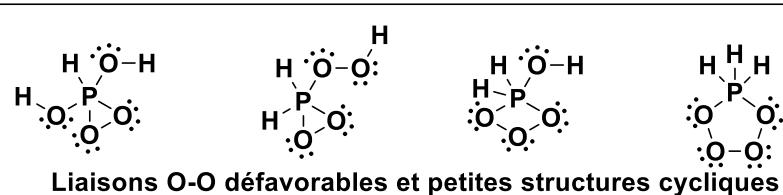
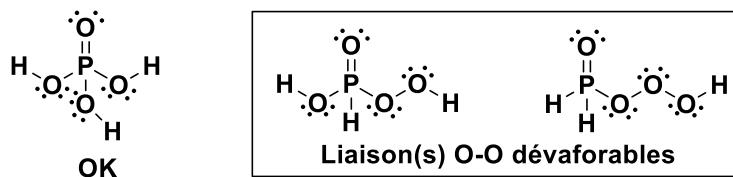
De toutes les solutions possibles soit avec 3 liaisons sur P ou 5 liaisons (possible pour la 3<sup>ème</sup> rangée !), une seule ne présente ni liaisons O-O ou petites structures cycliques défavorables. C'est en fait la structure « réelle » de l'acide phosphorique. Comme nous sommes maintenant dans la troisième rangée, il n'est plus nécessaire de suivre l'octet : la structure de résonance avec des charges n'est pas incorrecte, mais moins importante que celle avec la double liaison P=O.

En tenant compte du fait que le phosphore peut accepter plus d'électrons que l'octet, on peut également appliquer la formule pour le degré d'insaturation, mais avec deux valeurs différentes pour le nombre de liaisons pour P : 3 et 5. Dans le cas d'une valence à 5, le nombre à rajouter est 3 par atome (en général, ce nombre est valence-2). On obtient alors les résultats suivants pour  $\text{H}_3\text{PO}_4$ : pour P avec 3 liaisons :  $(2 + 1*1 + 4*0 - 3*1) / 2 = 0$  et pour P avec 5 liaisons :  $(2 + 1*3 + 4*0 - 3*1) / 2 = 1$ . En regardant les solutions, on voit que cela est effectivement correct (Attention : pour la structure de résonance contenant les charges +/-, il faut également compter une liaison ionique entre le plus et le moins !)

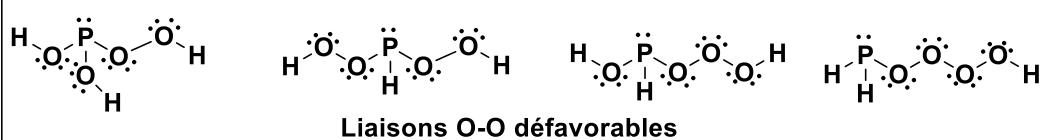
Finalement, un autre fait important non discuté en cours est que les liaisons entre atomes de taille très différentes sont faibles et défavorables (liaison P-H), ce qui renforce encore l'instabilité de certains isomères.

[barème : 1 point par structure correct + 1 point pour l'analyse (6 points), 2 points pour la structure la plus stable avec justification. -0.5 point global si les structures avec séparation de charge sont utilisées.]

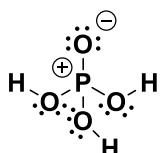
**1) Avec 5 liaisons et sans paire d'électrons sur P (possible pour la 3ème rangée!).**



**2) Avec 3 liaisons et une paire d'électrons sur P.**



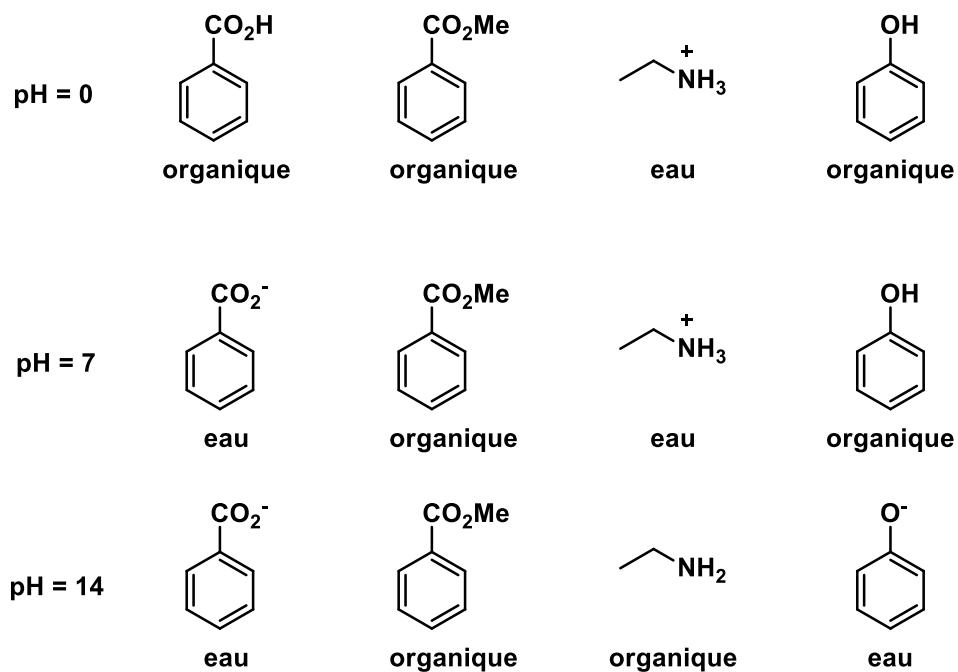
Structure de résonance également correcte mais moins importante:



### Exercice 3 (12 points)

Les molécules suivantes sont utilisées dans le TP séparation par extraction

Dessiner la structure majoritaire à pH 0, 7 et 14 en vous basant sur les valeurs  $pK_a$  et  $pK_{aH}$  données pour les groupes fonctionnels. Indiquez quelles molécules seront dans la phase organique et lesquelles dans la phase aqueuse à chaque pH.



Les structures résultent directement de la définition de  $pK_a$  et  $pK_{aH}$  :

Le groupe fonctionnel est protoné si le pH est plus bas que le  $pK_a$  ou le  $pK_{aH}$ . Si le  $pK_a$  est donné, cela signifie que la structure dessinée est protonée. Si le  $pK_{aH}$  est donné, cela signifie que la structure déprotonnée est dessinée !

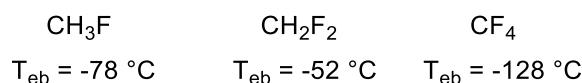
[barème : 0.5 point pour chaque structure correcte et 0.5 point pour la phase]

**Cours Atomes, ions, molécules et fonctions I**  
**Exercices Séance n°2, 1 décembre 2017**

**Exercice 1 (13 points)**

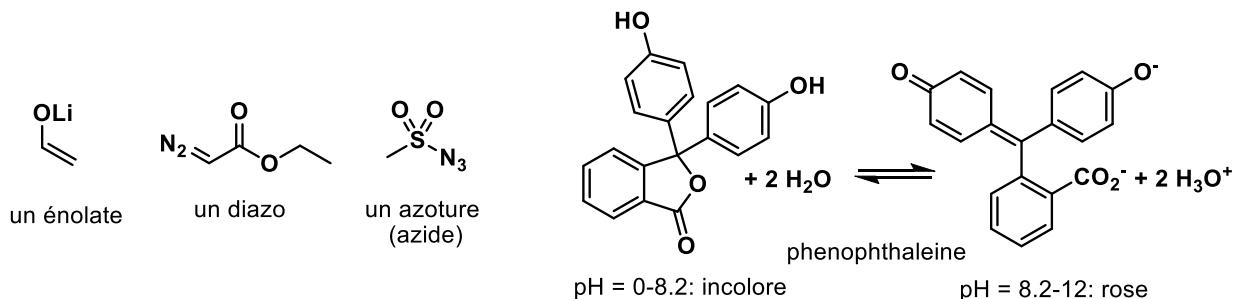
Pour les 3 composés suivants :

- 1) Dessiner la structure en 3 dimensions avec les charges partielles induites par l'électronégativité des atomes. (3 points)
- 2) Dessiner les dipôles induits par la polarité des liaisons. La taille relative des dipôles doit être respectée. Dessiner ensuite le dipôle global de la molécule. (3 points)
- 3) Indiquer l'état d'oxydation des atomes. (3 points)
- 4) Ranger les composés par ordre d'acidité croissante ( $pK_A$  décroissant). **Justifiez vos réponses.** (2 points)
- 5) Essayer de rationaliser les points d'ébullition par rapport à votre analyse. (2 points)



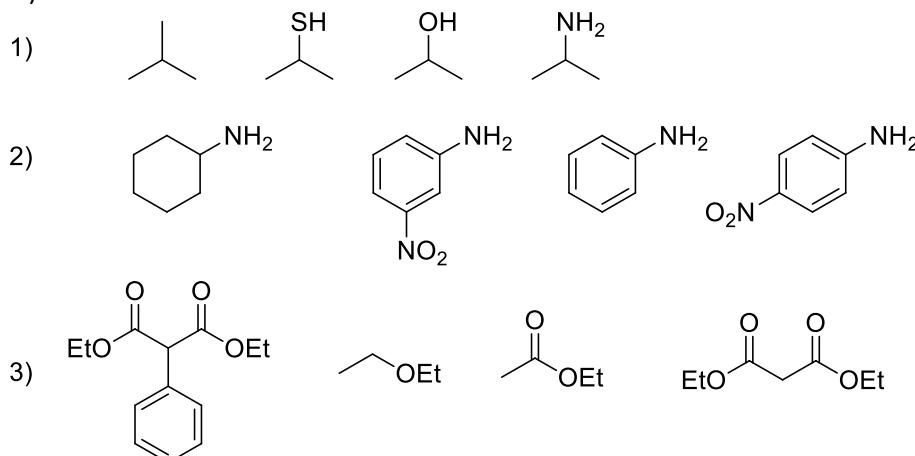
**Exercice 2 (25 points)**

Pour les molécules suivantes, dessiner les structures de résonance les plus importantes. Déterminer l'importance relative des structures de résonance dessinées. Finalement, déterminer les positions électrophiles et nucléophiles des molécules en vous basant sur vos structures de résonance, les charges et l'électronégativité des atomes. La phénophthaleine est un indicateur utilisé dans les TP pour les titrations: essayez de rationaliser pourquoi cette molécule est incolore en milieu acide et colorée en milieu basique en vous basant sur votre analyse des structures de résonance.



**Exercice 3- Examen AIMF 2014-2015 (12 points)**

A) Pour chaque série, ranger les composés par ordre d'acidité croissante ( $pK_A$  décroissant). **Justifiez vos réponses.** (12 points)



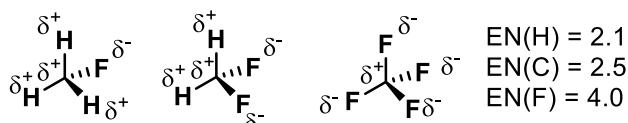
EPFL ISIC                      Téléphone: +4121 693 93 88  
 Prof. Jérôme Waser            Fax : +4121 693 97 00  
 Bât BCH 4306                E-mail : jerome.waser@epfl.ch  
 CH 1015 Lausanne            Site web : <http://lcso.epfl.ch>

**Cours Atomes, ions, molécules et fonctions I  
Exercices\_Séance n°2 1 décembre 2017- Solutions**

**Exercice 1 (13 points)**

Pour les 4 composés suivants :

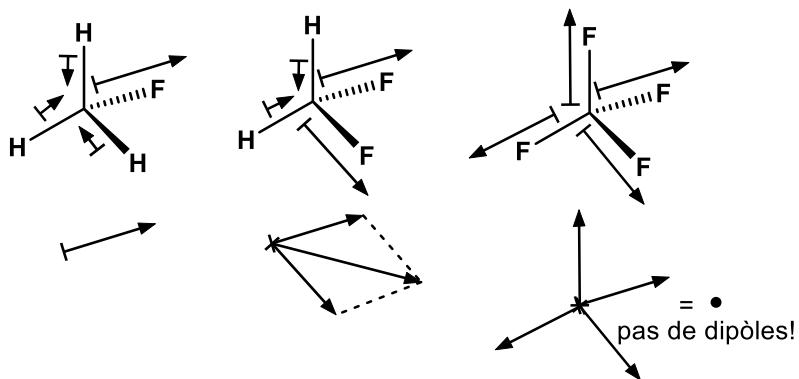
- 1) Dessiner la structure en 3 dimensions avec les charges partielles induites par l'électronégativité des atomes. (3 points)



(Les paires d'électrons sur F peuvent être dessinées comme tétraèdres)

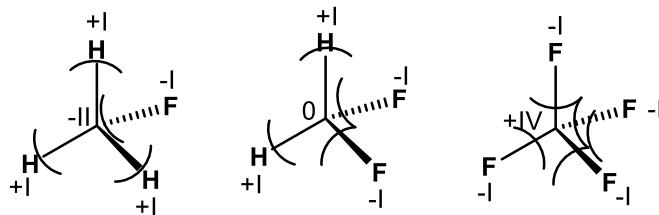
En utilisant la notation de Lewis et les électronégativités des atomes, on obtient les charges partielles indiquées. Pour déterminer la charge partielle sur un atome donné, c'est la liaison la plus polaire qui est déterminante.

- 2) Dessiner les dipôles induits par la polarité des liaisons. La taille relative des dipôles doit être respectée. Dessiner ensuite le dipôle global de la molécule. (3 points)



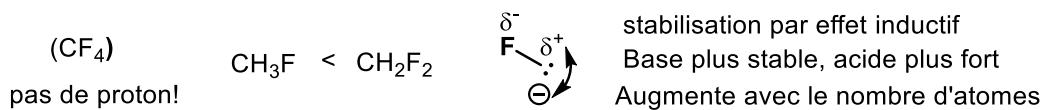
La polarisation est plus forte entre le fluor et le carbone ( $\Delta\text{EN} = 1.5$ ), qu'entre le carbone et l'hydrogène ( $\Delta\text{EN} = 0.4$ ). Cela permet d'estimer la taille des dipôles et de faire leur addition vectorielle. On remarque alors que le  $\text{CF}_4$  n'a pas de dipôle global.

- 3) Indiquer l'état d'oxydation des atomes. (3 points)



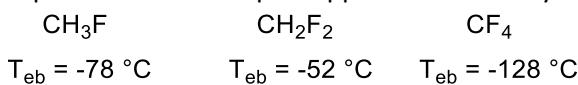
L'état d'oxydation peut ensuite être déterminé en attribuant dans chaque liaison les deux électrons à l'atome le plus électronégatif. L'état d'oxydation correspond ensuite à la différence par rapport à la valence (4 électrons pour C, 1 pour H, 7 pour F).

- 4) Ranger les composés par ordre d'acidité croissante ( $pK_A$  décroissant). **Justifiez vos réponses.** (2 points)



[Barème : 1 point pour la réponse, 1 point pour l'effet inductif, 1 point l'effet de nombres]

- 5) Essayer de rationaliser les points d'ébullition par rapport à votre analyse. (2 points)



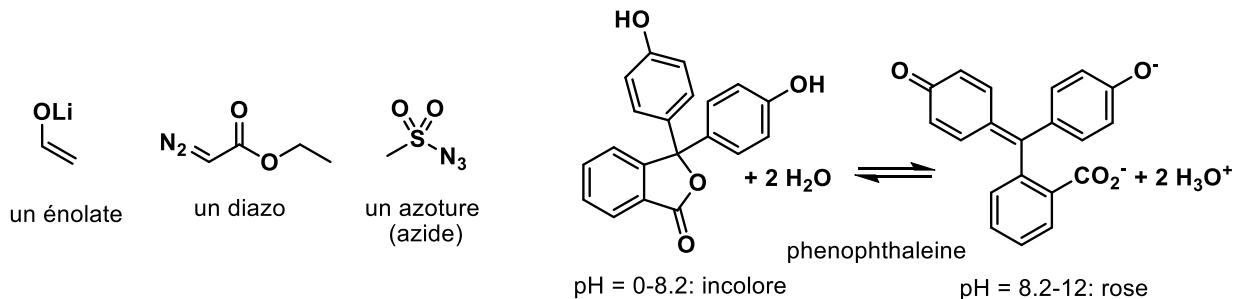
Pour rationaliser le point d'ébullition, il ne faut plus considérer les liaisons entre les atomes, mais bien les interactions entre les molécules. Deux interactions sont importantes:

- Les forces de dispersion (London, Van der Waals) qui augmentent avec la surface des molécules, donc avec leur taille. Les masses moléculaires de 34, 52 et 88 donnent une première idée de la taille, car toutes les molécules ont le même nombre d'atomes.
- Les interactions dipolaires, qui ne sont possibles qu'entre molécules polarisées: Le  $CF_4$  n'est pas polarisé et n'a donc pas d'effet dipolaire.

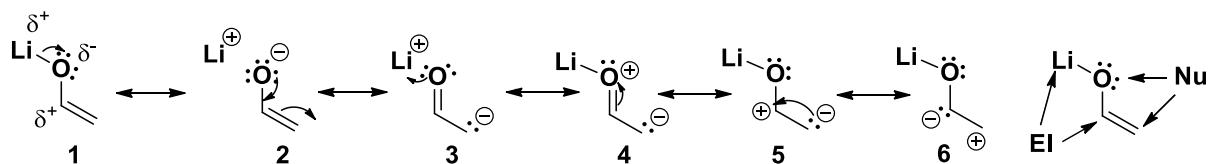
L'effet de taille sur le point d'ébullition se voit le mieux en comparant  $CH_3F$  et  $CH_2F_2$  qui ont des dipôles pas très différents. Le point d'ébullition très bas de  $CF_4$  s'explique par le fait que cette molécule soit la seule sans dipôles.

### Exercice 2 (27 points)

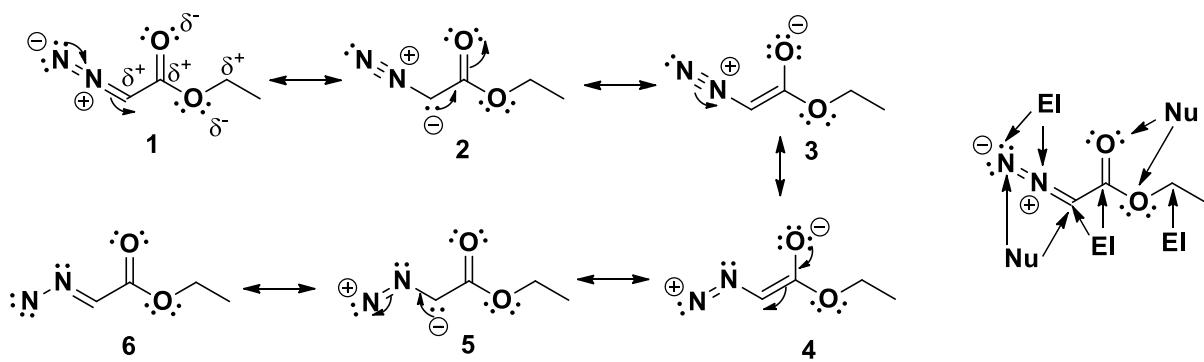
Pour les molécules suivantes, dessiner les structures de résonance les plus importantes. Déterminer l'importance relative des structures de résonance dessinées. Finalement, déterminer les positions électrophiles et nucléophiles des molécules en vous basant sur vos structures de résonance, les charges et l'électronégativité des atomes. La phénophthaleine est un indicateur utilisé dans les TP pour les titrations: essayez de rationaliser pourquoi cette molécule est incolore en milieu acide et colorée en milieu basique en vous basant sur votre analyse des structures de résonance.



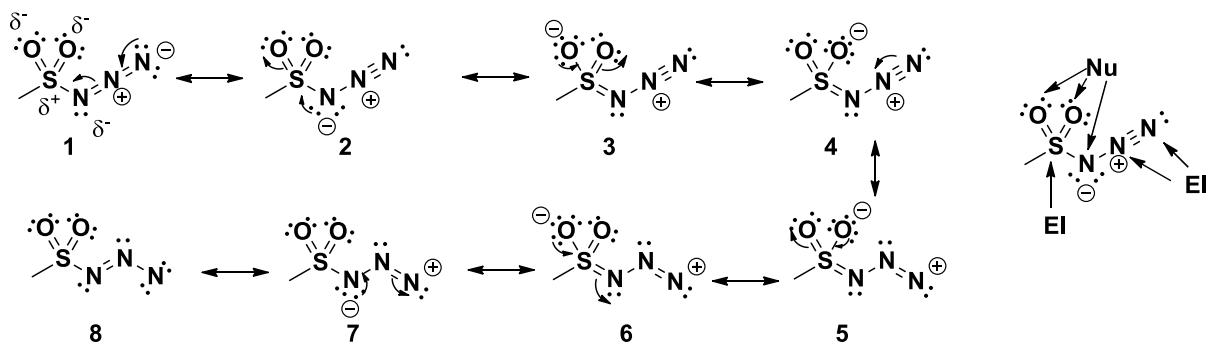
Les positions nucléophiles/électrophiles correspondent aux charges partielles, à l'électronégativité des atomes et aux charges formelles dans les structures de résonances.



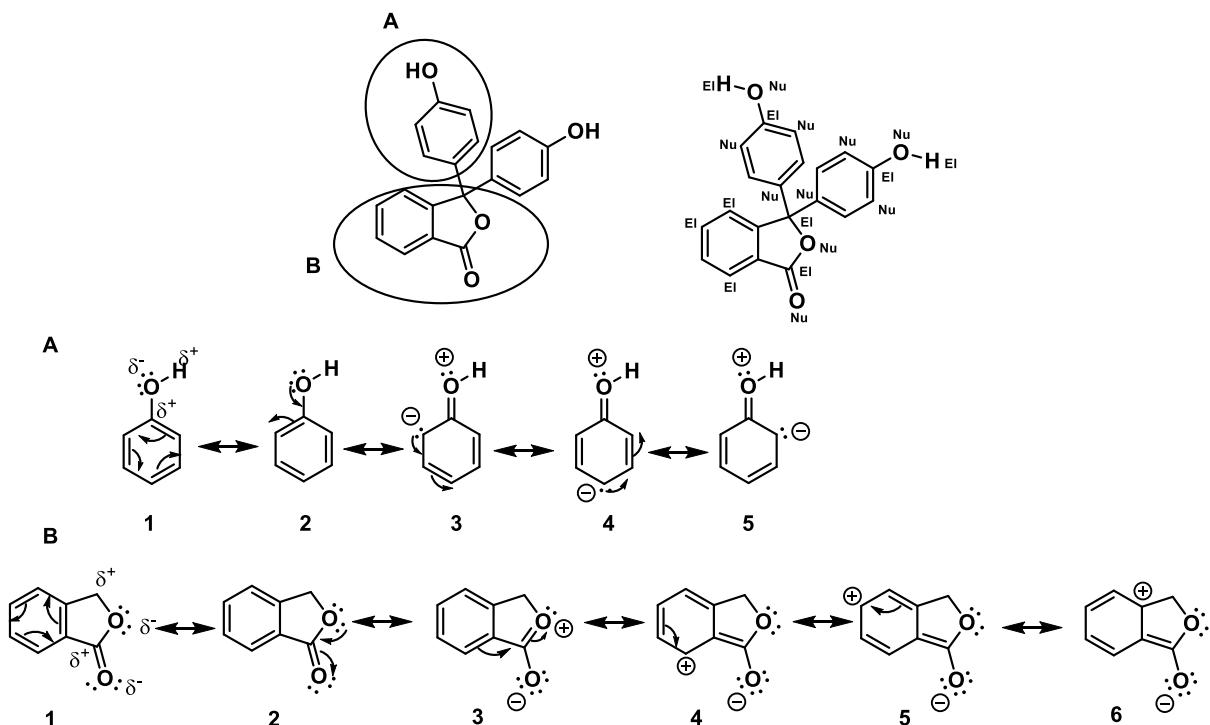
Importance: **1≈2 > 3≈4 > 5 > 6**. En règle générale, **1** est favorisé, car il n'y a pas de charges formelles. Cependant, dans ce cas particulier, la structure **2** est pratiquement aussi importante, car la liaison est très polarisée ( $\Delta EN (O/Li) = 2.5!$ ). Les structures **3** et **4** sont moins importantes, car elles ont une charge formelle négative sur le carbone, qui est moins électronégatif, mais elles nous indiquent une seconde position nucléophile, qui n'aurait pas été évidente avec les charges partielles uniquement. Les structures **5** et **6** sont encore moins importantes, car elles n'ont pas un nombre maximal d'octets. La structure **6** est la moins importante de toute, car elle place la charge formelle négative à côté de la charge partielle négative de l'oxygène (répulsion électrostatique). La question laquelle des positions est la plus nucléophile est difficile: l'oxygène négatif est plus représenté, car la structure de résonance est plus importante, mais la paire d'électrons est plus réactive sur le carbone (moins électronégatif, donc plus haut en énergie). Cette question sera étudiée en détail pour les chimistes en 2<sup>ème</sup> année.



Importance: **3>1>>2>6>4>5** Il n'est pas possible de dessiner les diazo sans charges formelles en préservant l'octet. Les structures **1-3** sont plus importantes car tous les atomes atteignent l'octet. Sur les structures **4-6**, un des azotes n'a que 6 électrons. La classification à l'intérieur des 2 groupes se fait ensuite en rapport avec l'électronégativité de l'atome sur lequel se trouve la charge négative ( $O>N>C$ ). **6** est favorisé par rapport à **4-5**, car il n'y a pas de charges partielles. De nombreuses autres structures de résonances auraient été possibles, mais seulement avec 4 charges formelles: leur importance aurait donc été faible. Avec cette analyse, nous arrivons au résultat surprenant que certains atomes peuvent être à la fois nucléophile et électrophile, ce qui est en effet le cas!



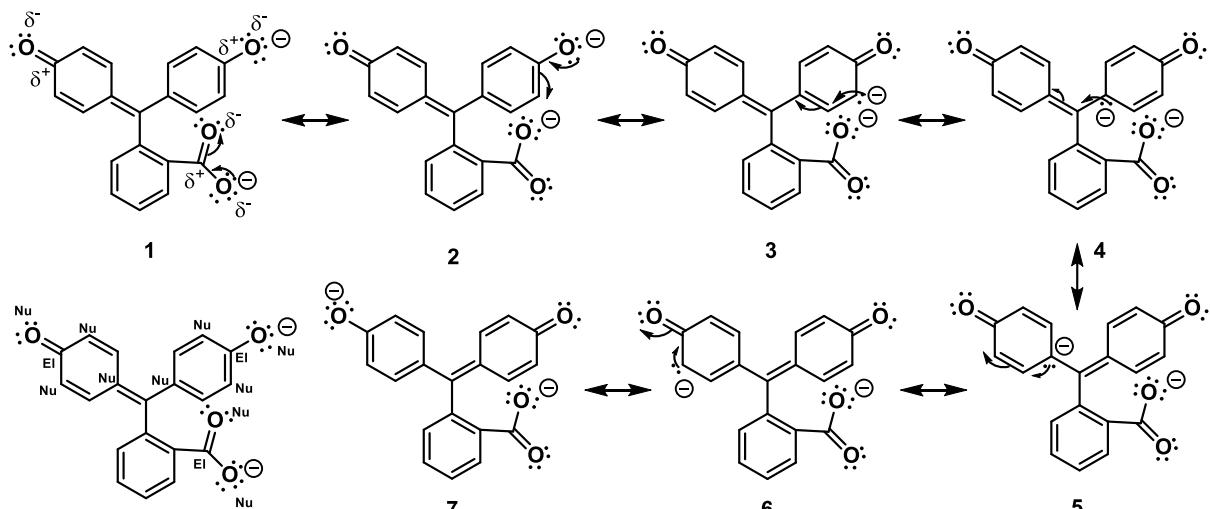
Importance: **3=4>1≈2>>8>5=6>7** Il n'est pas possible de dessiner les azotures sans charges formelles en préservant l'octet. Les structures **1-4** sont plus importantes car tous les atomes atteignent l'octet. Sur les structures **5-8**, un des azotes n'a que 6 électrons. La classification à l'intérieur des 2 groupes se fait ensuite en rapport avec l'électronégativité de l'atome sur lequel se trouve la charge négative ( $O > N$ ). **8** est favorisé par rapport à **5-7**, car il n'y a pas de charges partielles. De nombreuses autres structures de résonances auraient été possibles, mais seulement avec 4 charges formelles: leur importance aurait donc été faible.



Pour cette molécule plus complexe, il est judicieux d'analyser séparément les systèmes conjugués contenant des doubles liaisons et des atomes d'oxygènes. On a alors un système **A** qui apparaît deux fois, et un système **B** qui apparaît une fois.

Pour le système **A**, Importance: **1=2> 3=4=5** Les résonances **1** et **2** sont neutres et équivalentes et décrivent la structure aromatique du benzène. Les structures **3 à 5** nécessitent de générer 2 charges, elles sont donc beaucoup moins importantes, mais permettent cependant d'identifier les positions nucléophiles du cycle benzène.

Pour le système **B**, Importance : **1=2> 3 > 4-6** Les structures **1-2** sont quasiment identiques et très favorables car neutre et décrivent l'aromaticité du benzène. Les autres structures nécessitent la création de 2 charges et sont donc moins importantes. La structure **3** décrit la résonance de l'ester et ne nécessite pas de briser le cycle aromatique du benzène. Les structures de résonance **4-6** sont comparables et nécessitent de briser l'aromaticité du benzène. Elles sont donc moins favorables, mais permettent cependant d'identifier des positions légèrement électrophiles sur le cycle benzène.



La forme doublement déprotonée de la phénophthaléine est hautement conjuguée : seulement des structures de résonances choisies sont donc dessinées. Comme la molécule est déjà chargée 2 fois, cela ne fait pas vraiment sens de générer plus de charge. Comme pour la molécule précédente, les structures de résonances à l'intérieur du cycle benzène sont naturellement les plus favorisées : elles n'ont pas été redessinées dans ce cas. Pour les autres structures, on a: **1=2=7>3=4=5=6**. Les structures **1** et **2** sont identiques et décrivent la stabilisation du ion carboxylate. Les structures **1** et **7** sont également presque identiques et dérivent la stabilisation très particulière du phénolate. Cette stabilisation très forte de la base permet de comprendre pourquoi une molécule doublement déprotonée peut être observée! Les autres structures de résonance nécessitent de briser le cycle aromatique et amène une charge négative sur l'atome de carbone moins électronégatif. Elles sont donc moins favorables, mais permettent quand même d'identifier des positions nucléophiles sur les cycles aromatiques.

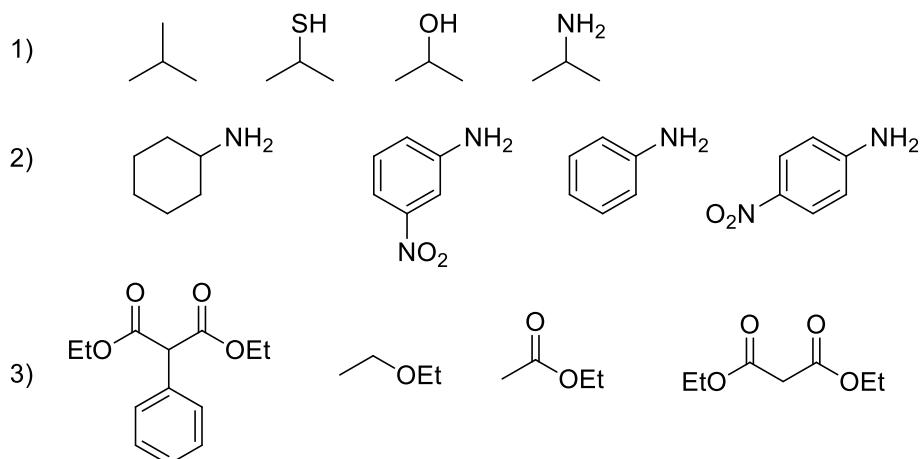
La question sur la couleur nécessite de faire le lien avec la première partie du cours AIMF et les solutions de l'équation de Schrödinger pour la molécule dans la boîte. Lors du cours, il a été vu que les énergies possibles étaient inversement proportionnelles au carré de la longueur de la boîte. Plus la boîte est grande et plus les états d'énergie seront donc bas et rapprochés l'un de l'autre. A partir d'une certaine longueur, l'énergie nécessaire pour changer de niveau d'énergie va passer de la zone UV à visible. En regardant les structures de résonance de la forme neutre et basique de la phénophthaléine, on voit que la délocalisation est beaucoup plus étendue pour la dernière. La « boîte » devient donc plus grande et la lumière visible peut être absorbée.

[Barème : 5 points pour chaque structure : 4 points pour les structures de résonance, 1 point pour les nucléophiles/électrophiles, 2 points pour la justification sur la couleur]

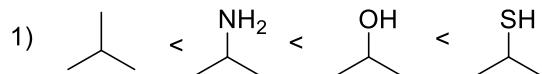
### Exercice 3 (12 points)

Remarques : Les solutions indiquées ci-dessous correspondent au minimum nécessaire pour obtenir le maximum de points à l'examen. Il n'est en effet pas du tout nécessaire de justifier avec de longues phrases quand quelques mots clés peuvent suffire !

- A) Pour chaque série, ranger les composés par ordre d'acidité croissante ( $pK_A$  décroissant). **Justifiez vos réponses.** (12 points)



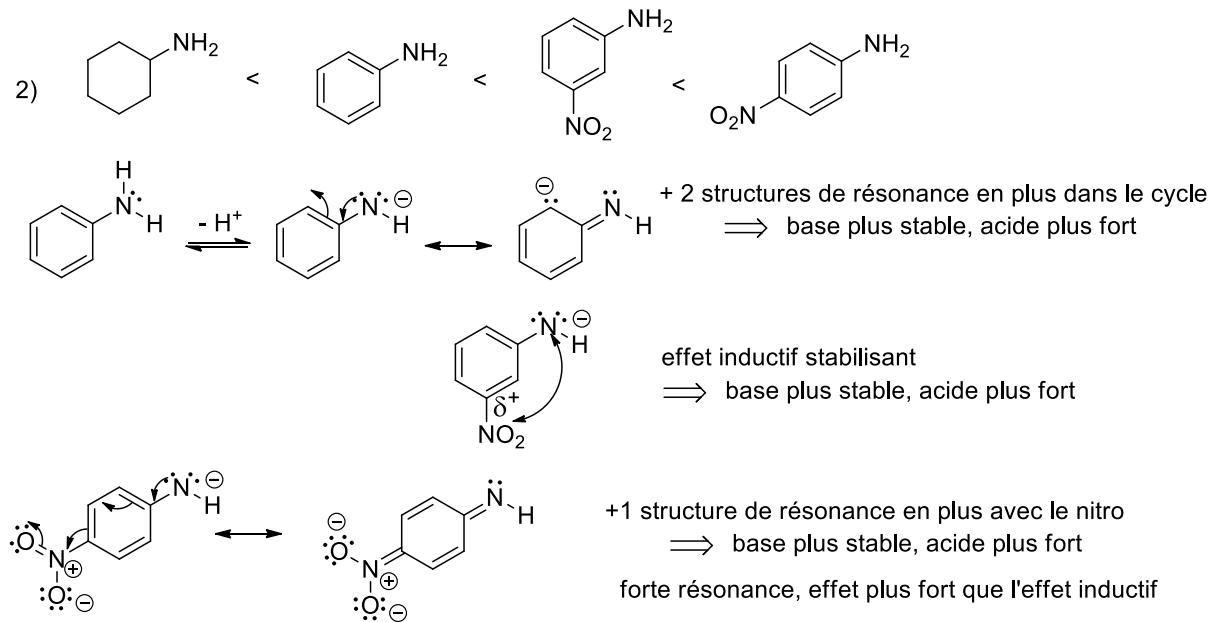
**Réponses**



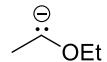
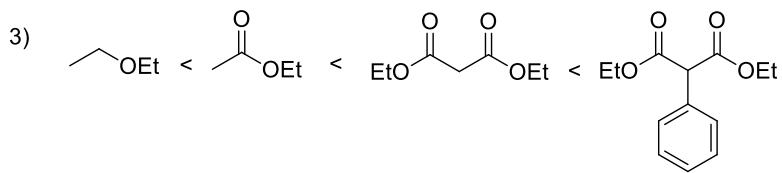
1) Electronégativité: charge plus stable sur atome électronégatif, acide plus fort: C < N < O

2) Taille des atomes: S>O, charge plus stabilisée sur le grand atome, SH plus acide

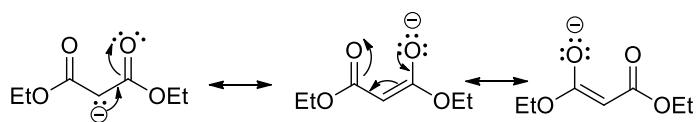
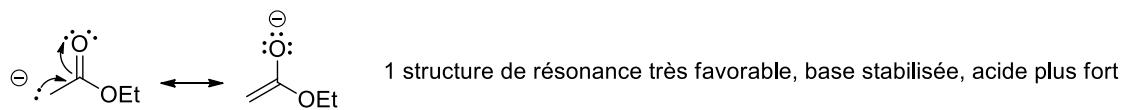
[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 2 points pour l'électronégativité et son influence et 1 point pour la taille des atomes et son influence]



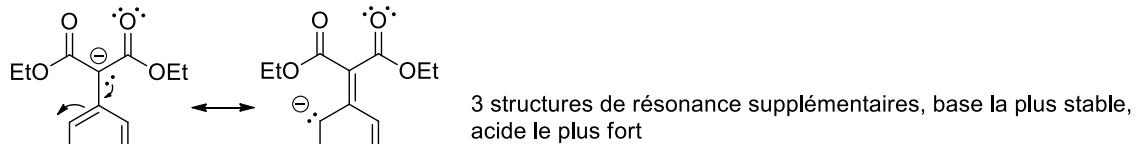
[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 1 point pour le dessin des structures de résonance du benzène et la justification, 1 point pour l'effet inductif avec justification, 1 point pour la résonance du nitro avec justification]



pas de stabilisation particulière: base forte, acide faible



2 structures de résonance très favorables, base stabilisée, acide encore plus fort



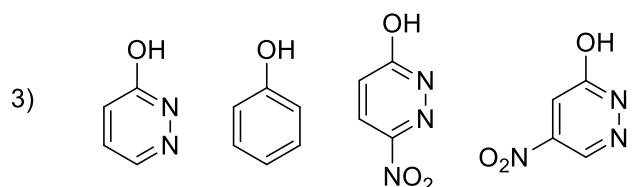
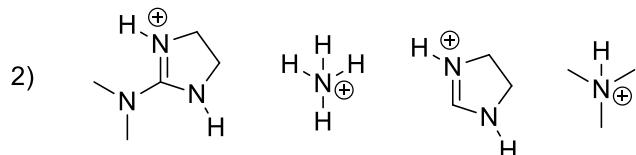
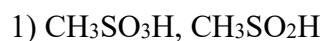
[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 1 point pour la justification par les résonances, 2 points pour les structures. Justification par effet inductif : 1 point global : correct, mais moins important]

## Cours Atomes, ions, molécules et fonctions I

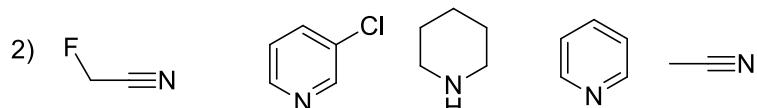
### Exercices\_Séance n°3\_8 décembre 2017

#### Exercice 1- Examen AIMF 2015-2016 (20 points)

A) Pour chaque série, ranger les composés par ordre d'acidité croissante ( $pK_A$  décroissant). **Justifiez vos réponses.** (12 points)



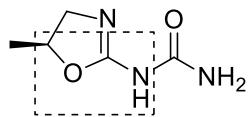
B) Pour chaque série, ranger les composés par ordre de basicité croissante ( $pK_{AH}$  croissant). **Justifiez vos réponses.** (8 points)



#### Exercice 2- Examen AIMF 2015-2016 (10 points)

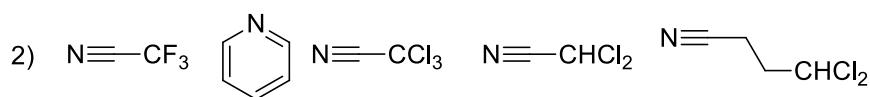
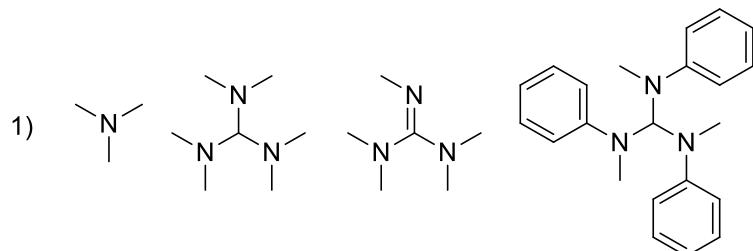
Pour la molécule dessinée ci-dessous:

- Déterminer l'hybridation de tous les atomes et justifier votre choix en vous basant sur le modèle VSEPR. Justifier les exceptions sur la base de structures de résonance. (4 points)
- Dessinez les interactions liantes entre les orbitales atomiques **pour la partie encadrée** de la molécule, sans diagramme d'énergie. Ajoutez les électrons de manière correcte dans toutes les orbitales. Incluez dans votre dessin toutes les orbitales ainsi que les atomes d'hydrogène et les paires d'électrons libres attachés aux atomes encadrés. (3 points)
- Justifier **une** (vous pouvez choisir laquelle) des exceptions du modèle VSEPR en utilisant un diagramme d'énergie des orbitales à la place des structures de résonance. Dessinez les interactions liantes et anti-liantes entre les orbitales. Il n'est pas nécessaire de dessiner les orbitales moléculaires finales. (3 points)



### Exercice 3-Examen AIMF 2014-2015, aout (8 points)

Pour chaque série, ranger les composés par ordre de basicité croissante ( $pK_{\text{AH}}$  croissant).  
**Justifiez vos réponses.** (8 points)

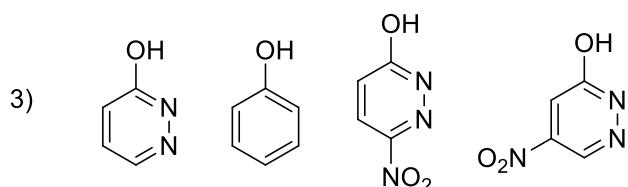
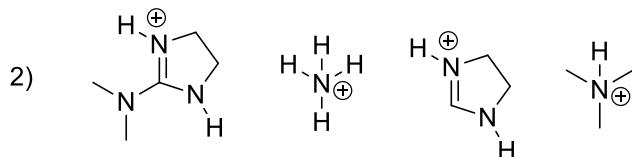


**Cours Atomes, ions, molécules et fonctions I**  
**Exercices\_Séance n°3\_8 décembre 2017- Solutions**

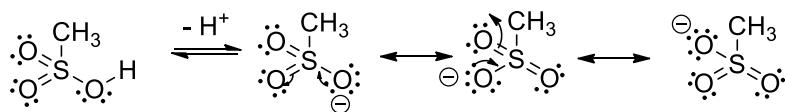
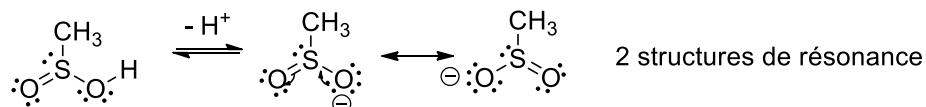
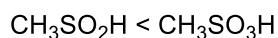
**Exercice 1 (20 points, examen 2015-2016)**

**A) Pour chaque série, ranger les composés par ordre d'acidité croissante ( $pK_A$  décroissant). Justifiez vos réponses. (12 points)**

1)  $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$ ,  $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{H}$



**Réponses**

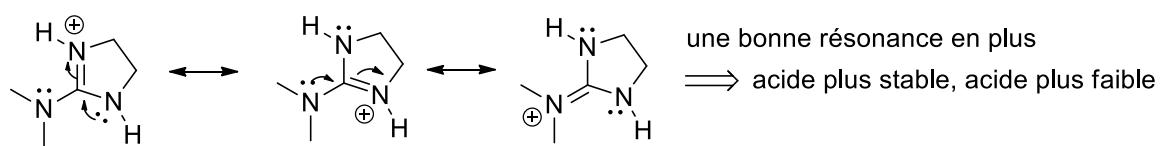
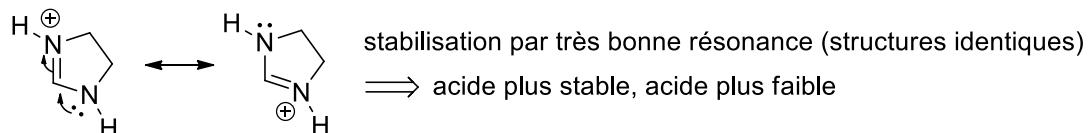
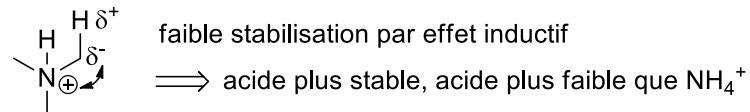
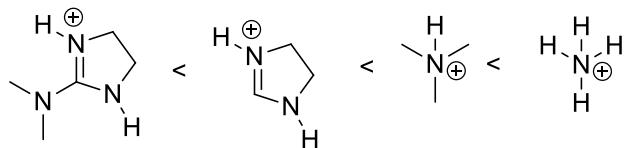


3 structures de résonance

⇒ base plus stable, acide plus fort

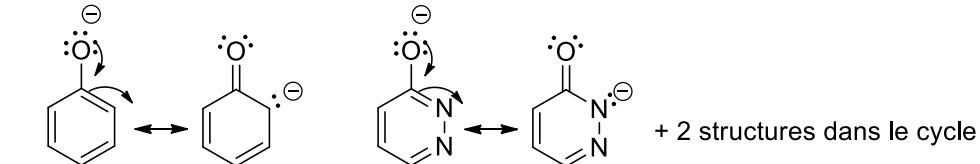
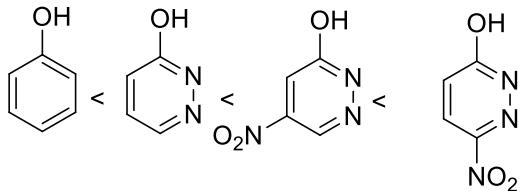
[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 2 points pour les structures de résonance et 1 point pour leur effet sur l'acidité. Justification par effet inductif : 1 point (correct mais effet moins fort)]

2)

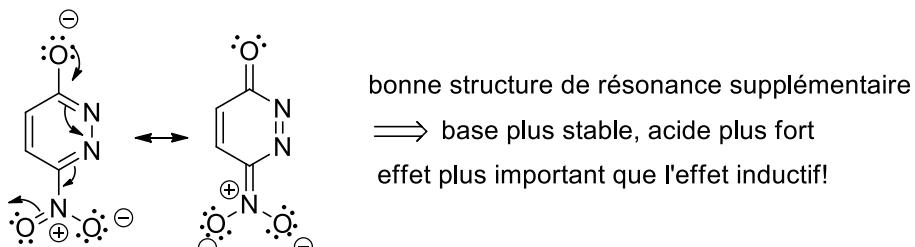
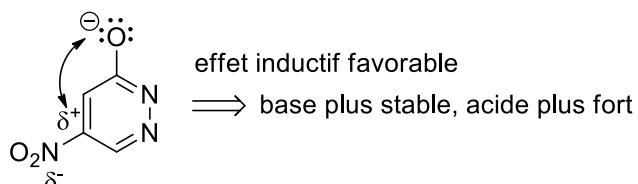
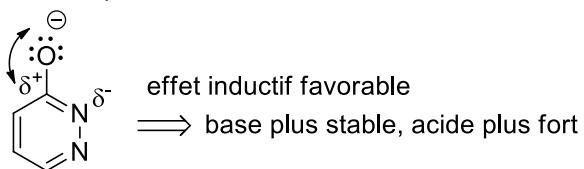


[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 1 point pour l'effet inductif avec justification, 2 points pour les structures de résonance avec justification]

3)

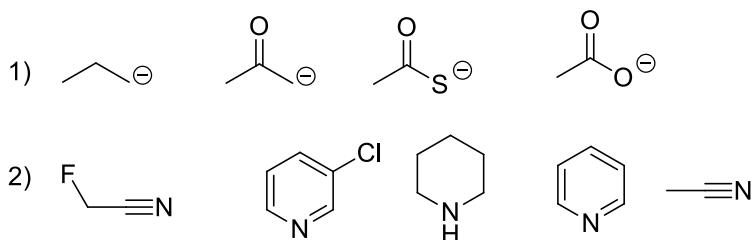


Autre explication acceptée

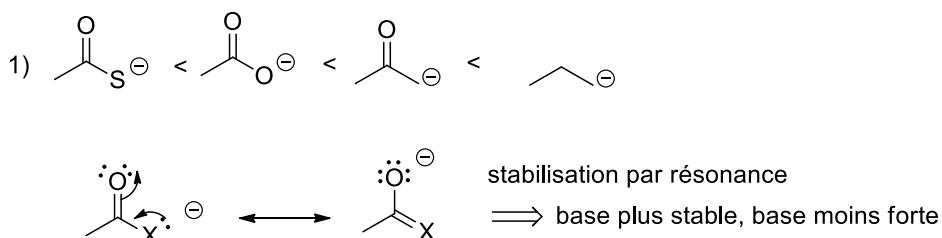


[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 1 point pour les résonances ou l'effet inductif avec les atomes d'azote, 1 point pour l'effet inductif avec le nitro en méta, 1 point pour la résonance avec le nitro en para]

B) Pour chaque série, ranger les composés par ordre de basicité croissante ( $pK_{AH}$  croissant). Justifiez vos réponses. (8 points)



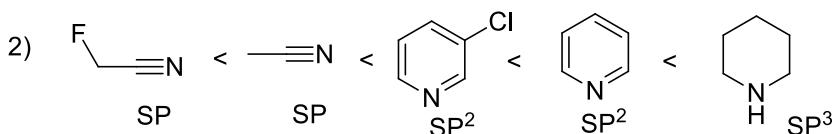
## Vos réponses



électronegativité: O>C: charge négative mieux stabilisée sur O, base moins forte

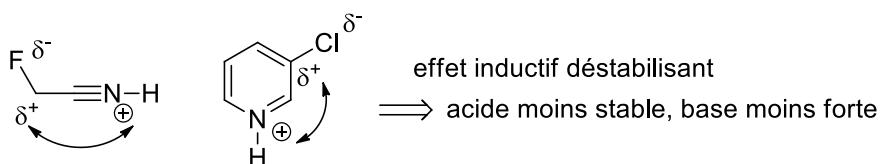
Taille des atomes: S>O (changement de rangée), charge négative mieux stabilisée sur S, base moins forte (domine sur l'électronégativité lors d'un changement de rangée)

[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 1 point pour la justification par les résonances, 1 point pour l'électronégativité avec justification, 1 point pour la taille des atomes avec justification]



hybridation: paire d'électron plus stabilisée dans les orbitales S

$\implies$  stabilité  $SP > SP^2 > SP^3$ . basicité dans l'ordre inverse

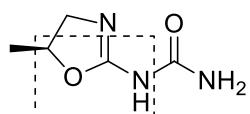


[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 1.5 point pour les hybridations avec justification, 1.5 points pour l'effet inductif avec justification]

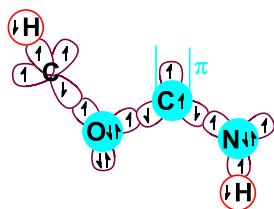
**Exercice 2 (10 points, examen 2015-2016)**

Pour la molécule dessinée ci-dessous:

- Déterminer l'hybridation de tous les atomes et justifier votre choix en vous basant sur le modèle VSEPR. Justifier les exceptions sur la base de structures de résonance. (4 points)
- Dessinez les interactions liantes entre les orbitales atomiques pour la partie encadrée de la molécule, sans diagramme d'énergie. Ajoutez les électrons de manière correcte dans toutes les orbitales. Incluez dans votre dessin toutes les orbitales ainsi que les atomes d'hydrogène et les paires d'électrons libres attachés aux atomes encadrés. (3 points)
- Justifier une (vous pouvez choisir laquelle) des exceptions du modèle VSEPR en utilisant un diagramme d'énergie des orbitales à la place des structures de résonance. Dessinez les interactions liantes et anti-liantes entre les orbitales. Il n'est pas nécessaire de dessiner les orbitales moléculaires finales. (3 points)

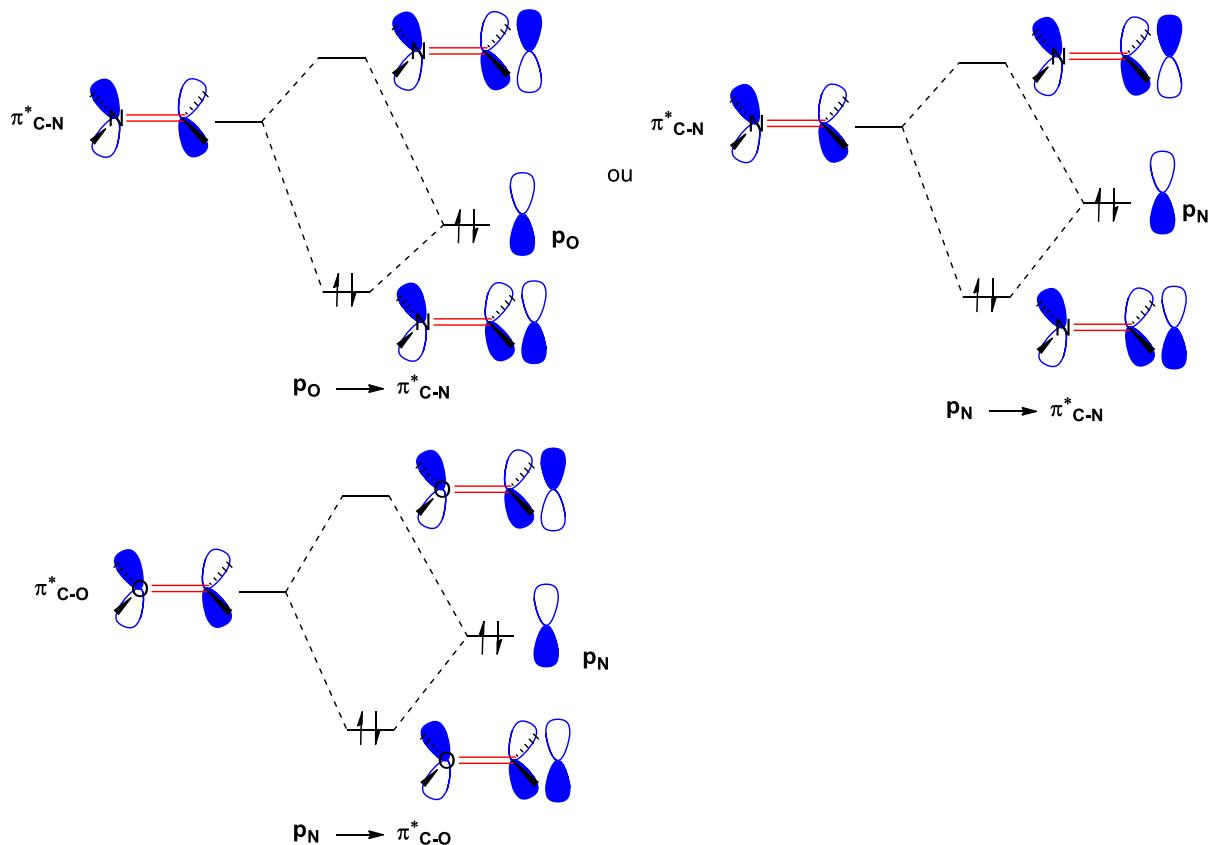


2)



[Barème: 2.5 points pour les orbitales (0.5 points pour les H, 2 points pour le reste 0.5 points par atome), 0.5 point pour les électrons (1 erreur tolérée). Les dessins illisibles sont incorrects.]

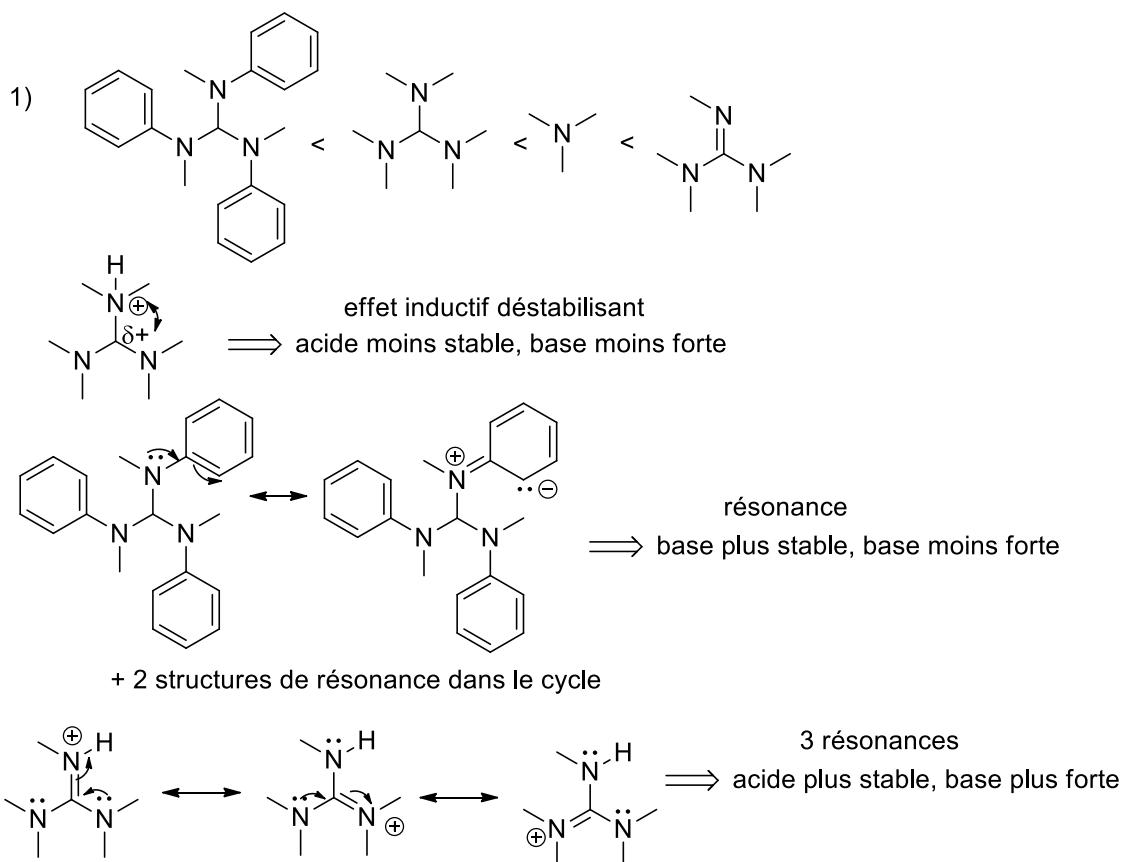
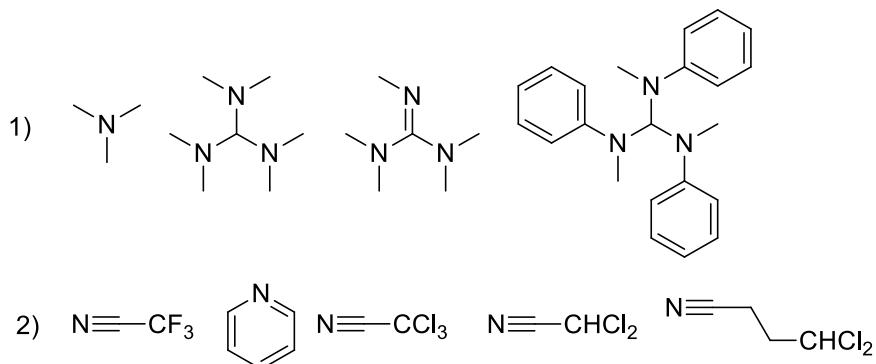
3)



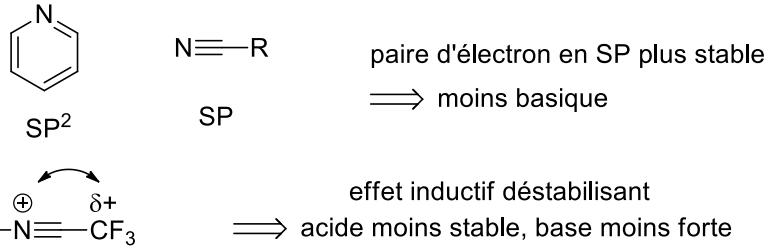
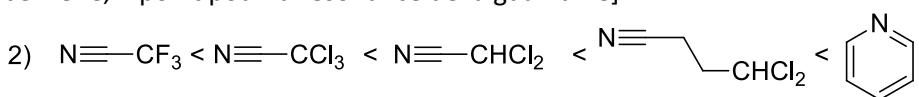
[Barème: 2 points pour les orbitales. 1 point pour les énergies relatives]

### Exercice 3 (8 points)

Pour chaque série, ranger les composés par ordre de basicité croissante ( $pK_{AH}$  croissant). **Justifiez vos réponses.** (8 points)



[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 1 point pour l'effet inductif, 1 point pour la résonance du benzène, 1 point pour la résonance de la guanidine]



L'effet inductif: augmente avec l'électronégativité ( $\text{F} > \text{Cl}$ ) et le nombre d'atomes, diminue avec la distance.

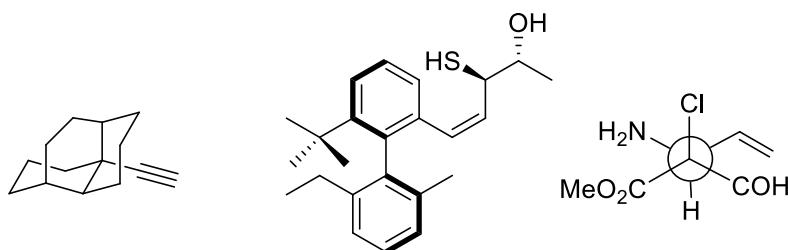
[Barème: 1 point pour l'ordre correct, 1 point pour les hybridations avec justification, 2 points pour l'effet inductif (0.5 point dessin, 0.5 points par effet)]

## Cours Atomes, ions, molécules et fonctions I

### Exercices\_Séance n°4\_15 décembre 2017

#### Exercice 1 (15 points, examen 2015-2016)

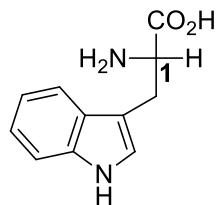
Dans les molécules suivantes, indiquez les stéréocentres et les oléfines de géométrie définie par un astérisque. Donnez la configuration absolue de ces stéréocentres en utilisant les stéréodescripteurs R et S et la géométrie des oléfines avec les descripteurs E et Z en indiquant chaque fois la priorité des substituants. (15 points)



#### Exercice 2 (21 points)

Pour le L-tryptophane dessiné ci-dessous:

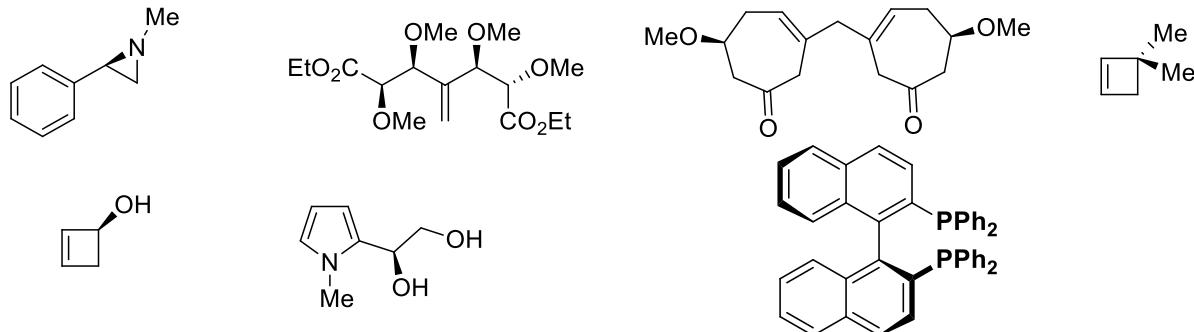
- 1) Déterminer l'hybridation de tous les atomes et dessiner les interactions liantes des orbitales (sans diagrammes d'énergie). Justifier votre réponse. (9 points)
- 2) Dessiner les diagrammes d'énergie des orbitales pour les liaisons partant du centre 1 et comparer les énergies entre les orbitales dessinées. (12 points)



L-Tryptophane

#### Exercice 3 (20 points)

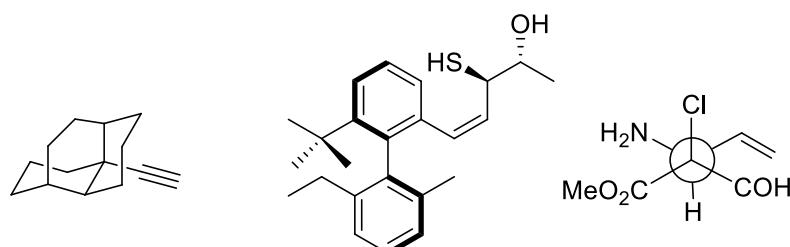
Pour chaque molécule ci-dessous indiquez si elle est chirale ou non chirale. **Justifiez vos réponses.** Si la molécule est chirale, donner la configuration absolue. (20 points)



**Cours Atomes, ions, molécules et fonctions**  
**Exercices Séance n°4\_15 décembre 2017-solutions**

**Exercice 1 (15 points)**

Dans les molécules suivantes, indiquez les stéréocentres et les oléfines de géométrie définie par un astérisque. Donnez la configuration absolue de ces stéréocentres en utilisant les stéréodescripteurs R et S et la géométrie des oléfines avec les descripteurs E et Z en indiquant chaque fois la priorité des substituants. (15 points)



Rappelle des règles CIP:

1. On classe les groupes par « priorité » décroissante ( $a > b > c > d$ )
2. On place le substituant de plus faible priorité ( $d$ ) le plus loin possible de l'œil de l'observateur
3. On observe la séquence  $a$  puis  $b$  puis  $c$ . Si le défilé est dans le sens des aiguilles d'une montre, la configuration est R (rectus). Dans le sens contraire, la configuration est S (sinister).

Règles de classements:

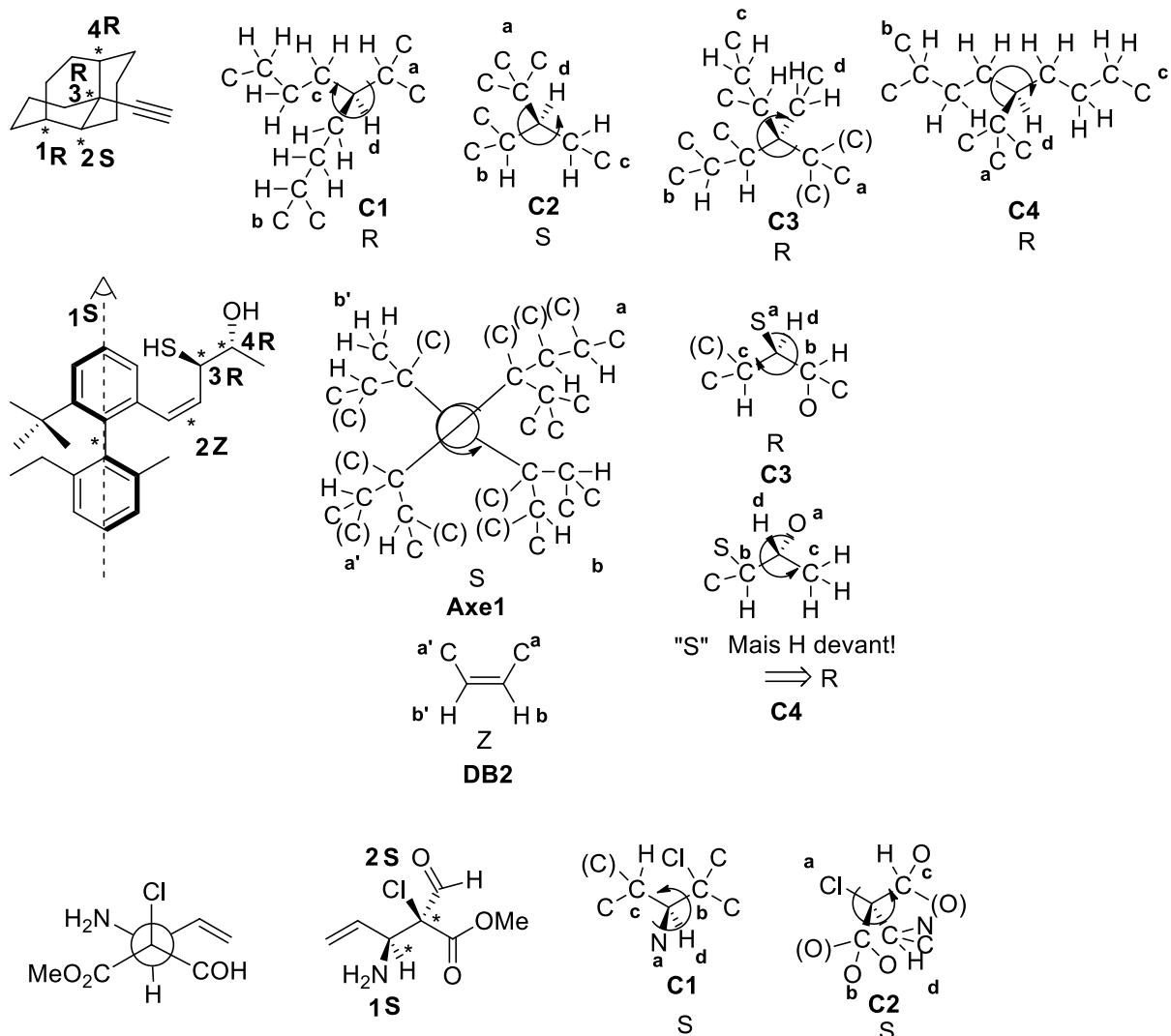
Règle 1: on examine la nature des atomes directement liés au stéréocentre. Un atome de numéro atomique plus élevé a la priorité sur un atome de numéro atomique plus faible. Le poids moléculaire décide ensuite de la priorité des isotopes. Une paire d'électrons reçoit la plus basse priorité.

Règle 2: Lorsque 2 atomes substituants sont identiques, on compare les atomes voisins, et ainsi de suite pour déterminer la priorité de tous les substituants. La première différence décide.

Règle 3: Les liaisons doubles ou triples sont traitées comme des liaisons simples, mais on duplique ou triplique les atomes aux extrémités.

Règle 4 : R a la priorité sur S. Z à la priorité sur E.

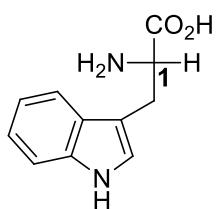
L'application de ces règles donne les solutions ci-dessous:



[Barème: 0.5 point pour l'identification de l'élément, 0.5 point pour la priorité des substituants, 0.5 points pour la réponse correcte]

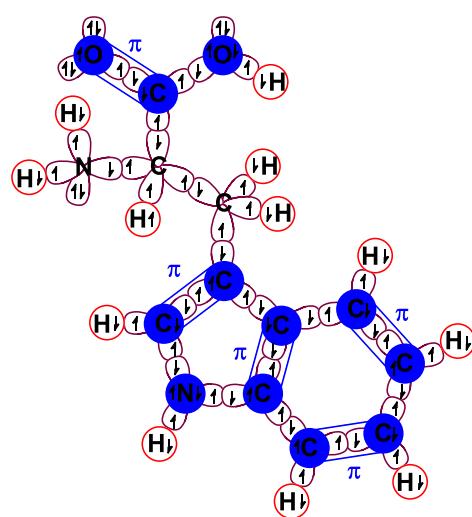
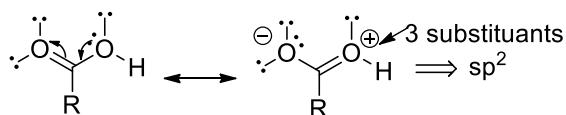
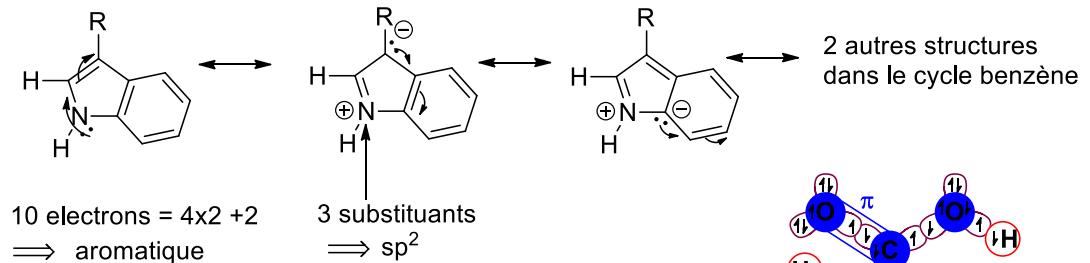
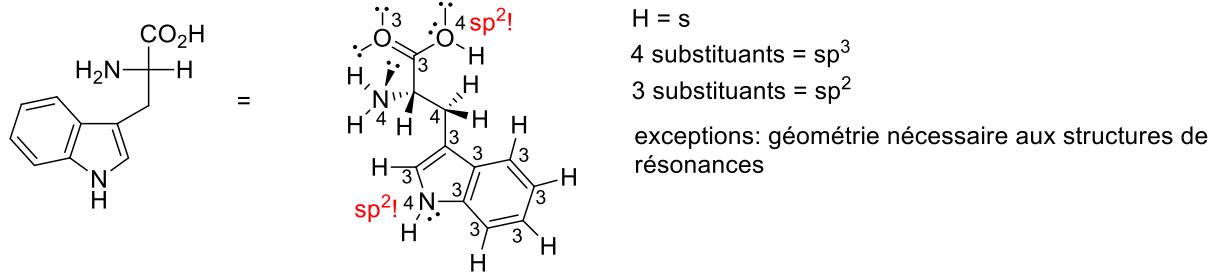
### Exercice 2 (21 points)

Pour le L-tryptophane dessiné ci-dessous:



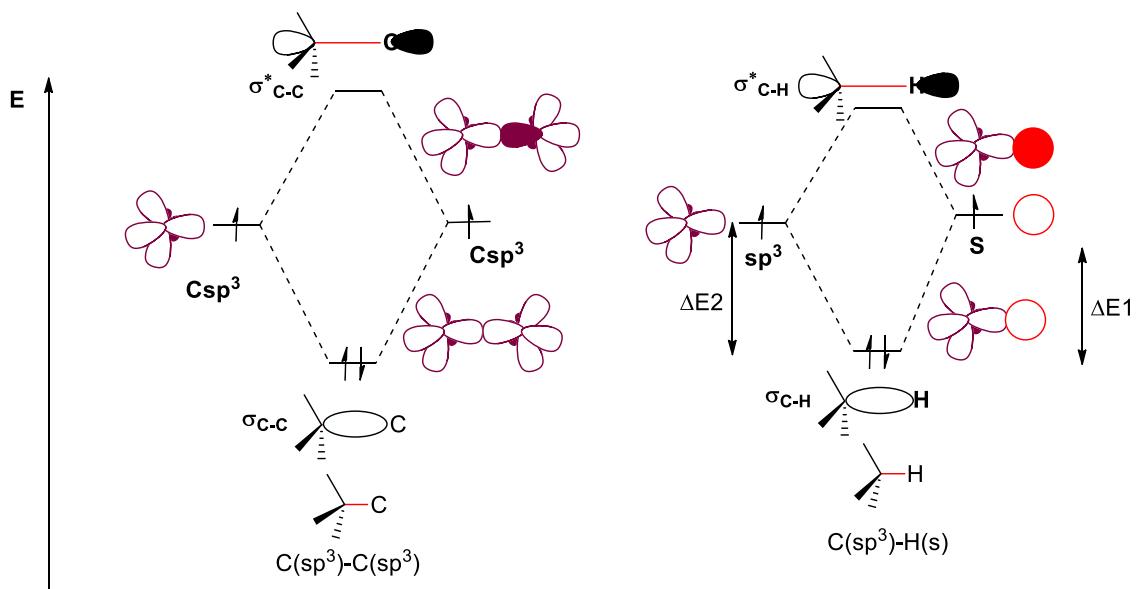
**L-Tryptophane**

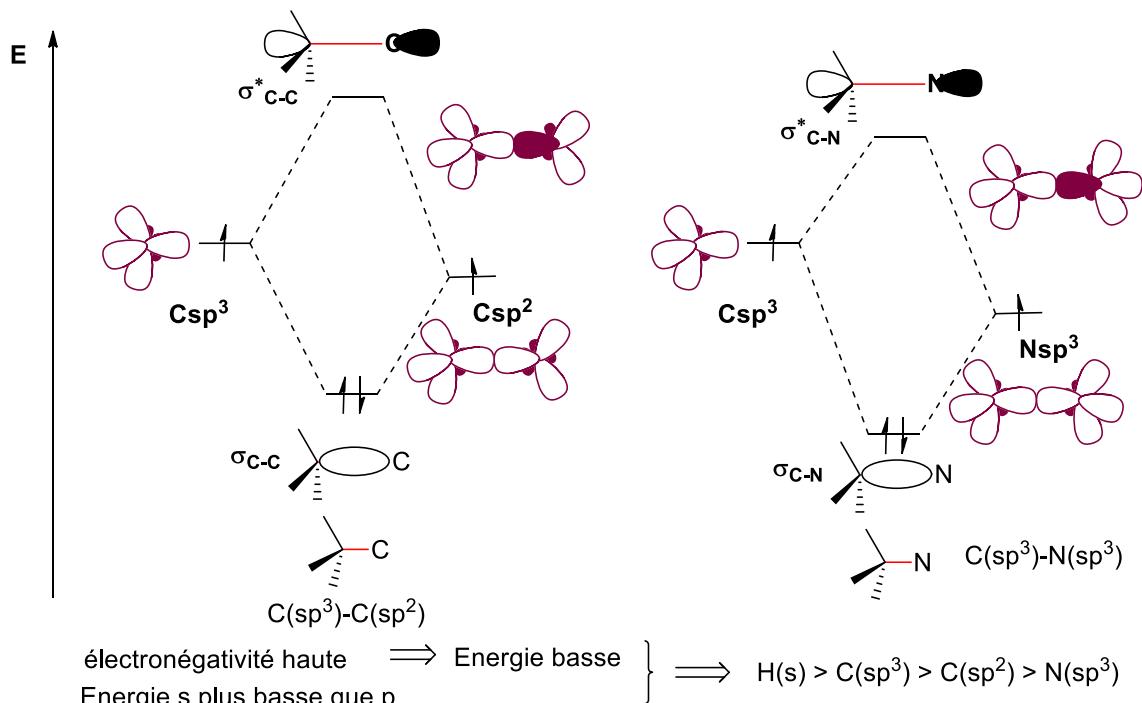
- Déterminer l'hybridation de tous les atomes et dessiner les interactions liantes des orbitales (sans diagrammes d'énergie). (9 points)



[Barème: 2 points pour la structure avec hybridation (correspondant au % de centres corrects, exceptions non incluses). 1 point pour la justification VSEPR. 3 points pour les exceptions et le dessin des structures de résonance. (2 points dessin, 1 point justification). 2 points pour les interactions des orbitales (selon % correct). 1 point pour les électrons. Points non accordés si illisible.]

2) Dessiner les diagrammes d'énergie des orbitales pour les liaisons partant du centre 1 et comparer les énergies entre les orbitales dessinées. (12 points)

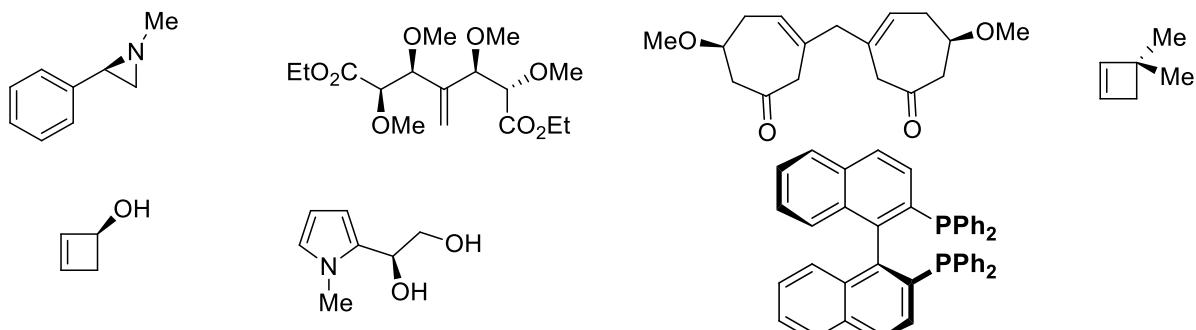




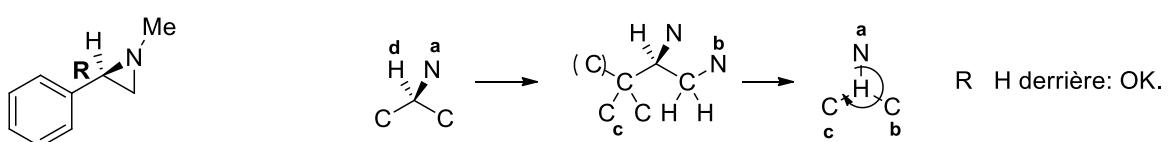
[barème: Pour chaque diagramme 3 points : 2 points pour la forme et l'interaction des orbitales, 1 point pour les niveaux d'énergie]

### Exercice 3

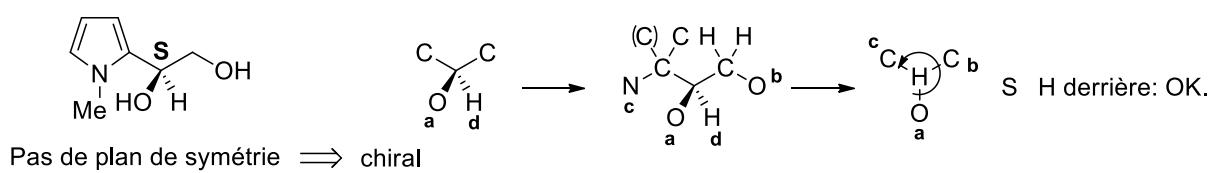
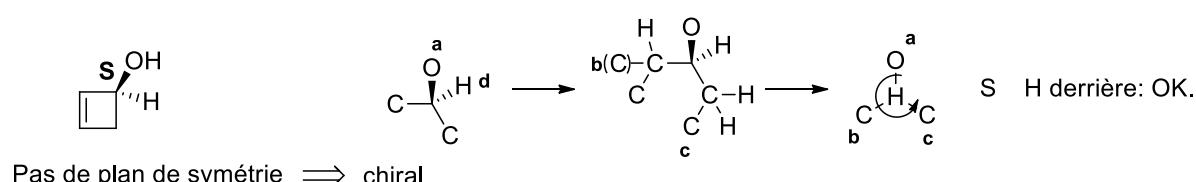
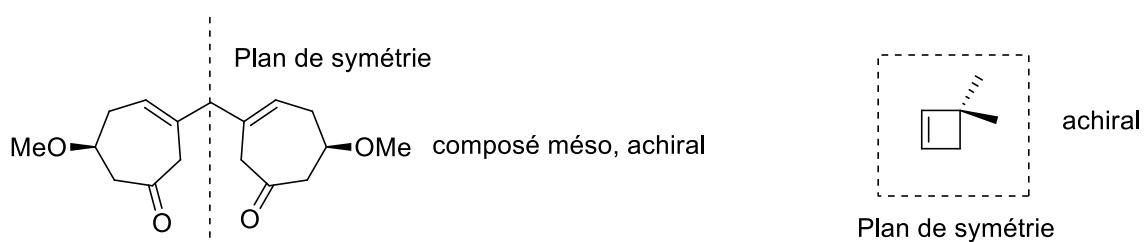
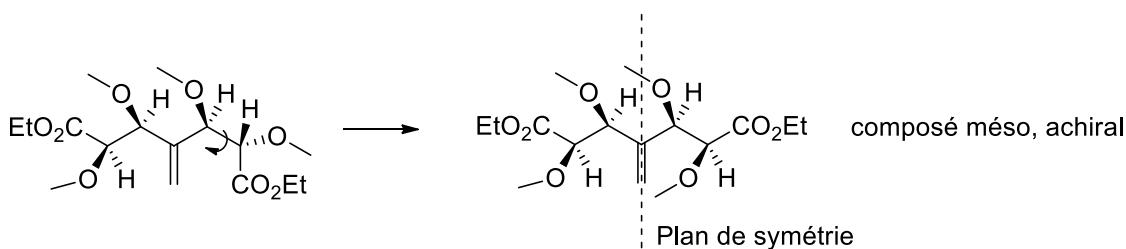
Pour chaque molécule ci-dessous indiquez si elle est chirale ou non chirale. **Justifiez vos réponses.** Si la molécule est chirale, donner la configuration absolue. (20 points)



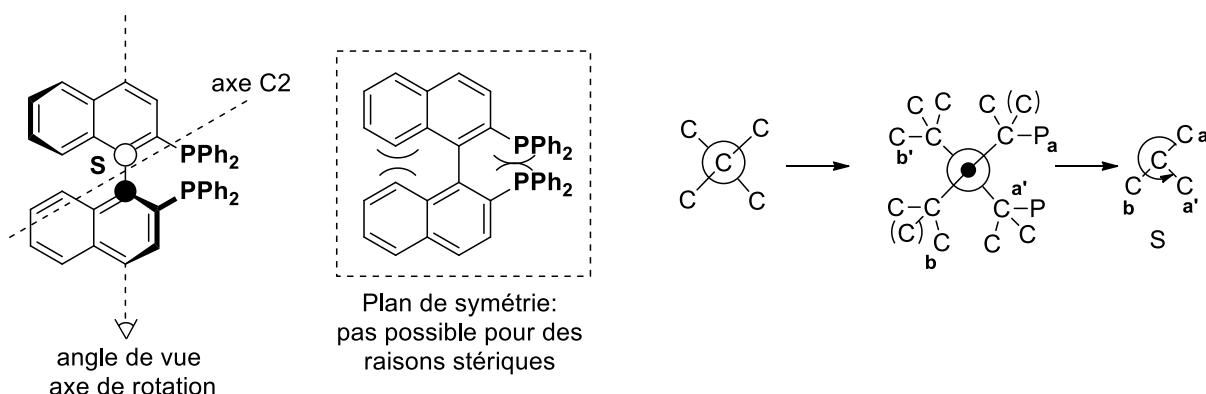
Pour être chirale, une molécule ne doit pas être identique à son image miroir. Un critère de symétrie est que si la molécule contient un plan de symétrie qui la transforme en elle-même, elle n'est pas chirale. Ce critère est souvent utilisé pour déterminer si une molécule est chirale ou non. La configuration absolue est ensuite déterminée comme pour l'exercice 1.



Pas de plan de symétrie  $\Rightarrow$  chiral



La dernière molécule (Le BINAP, un ligand souvent utilisé en catalyse) est un cas particulier: la structure planaire contenant un plan de symétrie n'est pas possible pour des raisons de stériques (les groupes adjacents se repoussent), du moins à température ambiante. Nous avons donc un axe de symétrie. Pour des raisons de définitions, il faut prendre l'axe de rotation de la liaison simple et considérer les premiers atomes différents le long de cet axe (Cet axe n'est pas l'axe de symétrie C2 contenu dans la molécule!). On utilise alors les règles CIP pour classifier les substituants, en commençant du côté du plus gros substituant qui est placé devant (ici, le plus gros substituant est identique devant ou derrière, donc les deux sont corrects). On classe ensuite les groupes devant selon CIP en a et b et les groupes derrières en a' et b'. On met b' derrière et le sens de rotation a-b-a' donne la configuration absolue R ou S.

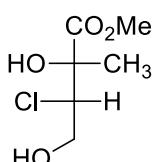


[barème: 1 point pour la réponse, 1 point pour la justification, 1.5 points par configuration absolue comme pour exercice 1]

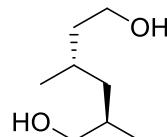
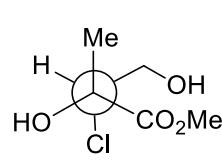
## Cours Atomes, ions, molécules et fonctions I Exercices\_Séance n°5\_22 décembre 2017

### Exercice 1 (5 points) (Examen 2015-2016)

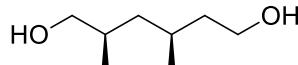
Pour les paires de molécules ci-dessous, indiquez la relation stéréochimique existant entre les molécules de la paire (identiques, énantiomères, diastéréoisomères). **Vous devez justifier clairement vos réponses.** (5 points)



paire 1

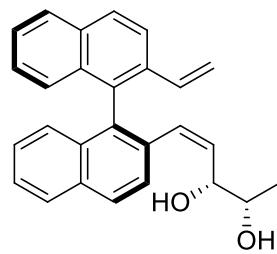
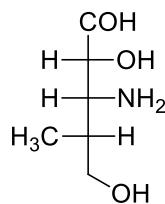
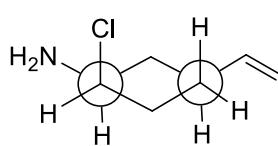


paire 2



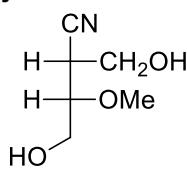
### Exercice 2 (15 points) (Examen 2014-2015)

Dans les molécules suivantes, indiquez les éléments de chiralité et les oléfines de géométrie définie par un astérisque. Donnez la configuration absolue de ces éléments de chiralité en utilisant les stéréodescripteurs R et S et la géométrie des oléfines avec les descripteurs E et Z et indiquer l'ordre de priorité des substituants. (15 points)

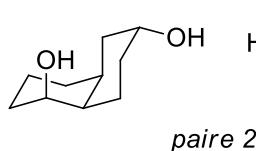
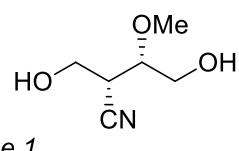


### Exercice 3 (5 points) (Examen 2014-2015)

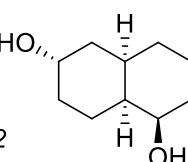
Pour les paires de molécules ci-dessous, indiquez la relation stéréochimique existant entre les molécules de la paire (identiques, énantiomères, diastéréoisomères). **Vous devez justifier clairement vos réponses.** (5 points)



paire 1



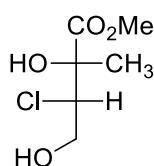
paire 2



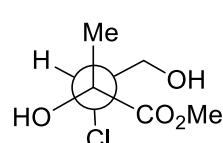
**Cours Atomes, ions, molécules et fonctions I**  
**Exercices Séance n°5 22 décembre 2017**

### **Exercice 1 (5 points)**

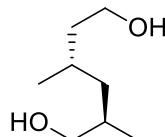
Pour les paires de molécules ci-dessous, indiquez la relation stéréochimique existant entre les molécules de la paire (identiques, énantiomères, diastéréoisomères). **Vous devez justifier clairement vos réponses.** (5 points)



*paire 1*



## *paire 2*



## Solutions :

## Paire 1

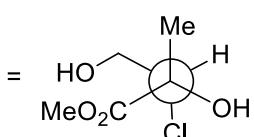
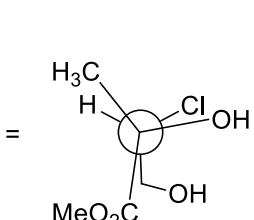
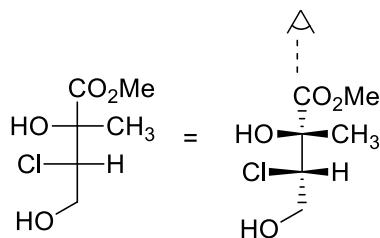
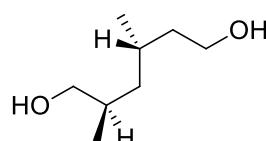
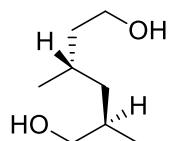


image miroir, énantiomères

[Barème: 1 point pour la conversion de chaque centre de chiralité dans la même projection que l'autre molécule (ou 1 point pour la détermination de sa configuration absolue), 0,5 point pour la conclusion correcte

## Paire 2:

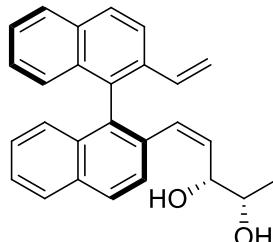
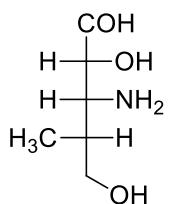
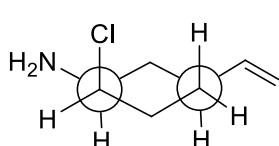


molécules identiques

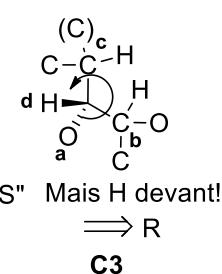
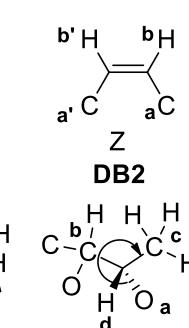
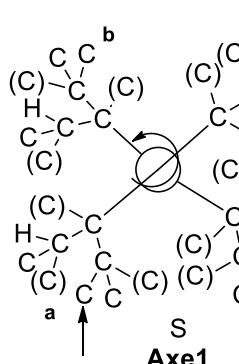
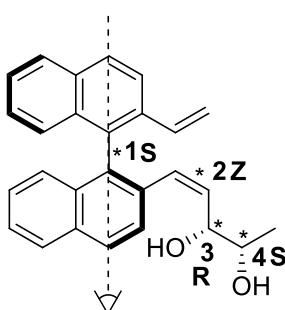
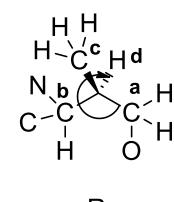
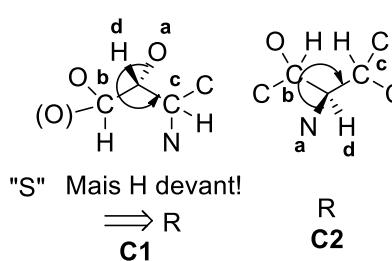
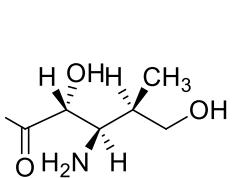
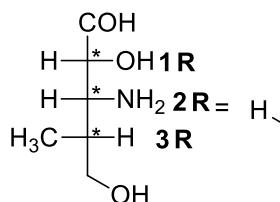
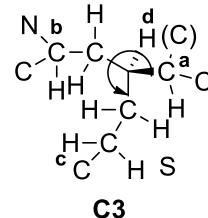
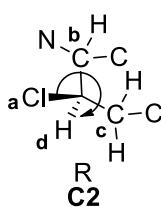
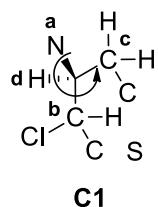
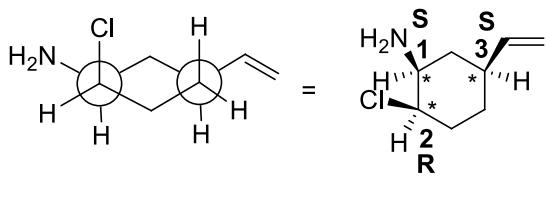
[Barème: 1 point pour la conversion de chaque centre de chiralité dans la même projection que l'autre molécule (ou 1 point pour la détermination de sa configuration absolue), 0.5 point pour la conclusion correcte]

## Exercice 2 (15 points)

Dans les molécules suivantes, indiquez les éléments de chiralité et les oléfines de géométrie définie par un astérisque. Donnez la configuration absolue de ces éléments de chiralité en utilisant les stéréodescripteurs R et S et la géométrie des oléfines avec les descripteurs E et Z et indiquer l'ordre de priorité des substituants. (15 points)



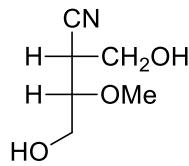
### Vos réponses



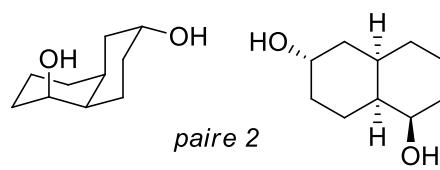
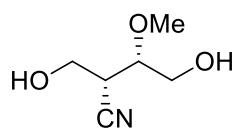
[Barème: 0.5 point pour l'identification de l'élément, 0.5 point pour la priorité des substituants, 0.5 points pour la réponse correcte]

### Exercice 3 (5 points)

Pour les paires de molécules ci-dessous, indiquez la relation stéréochimique existant entre les molécules de la paire (identiques, énantiomères, diastéréoisomères). **Vous devez justifier clairement vos réponses.** (5 points)



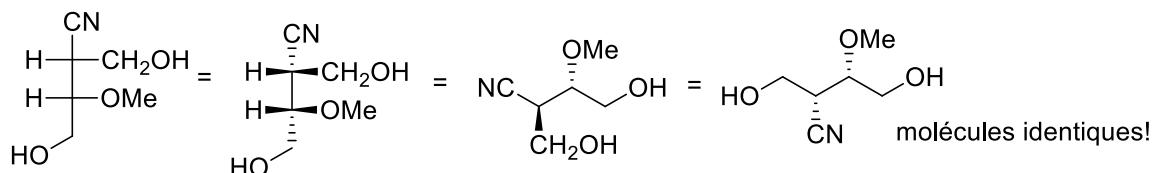
paire 1



paire 2

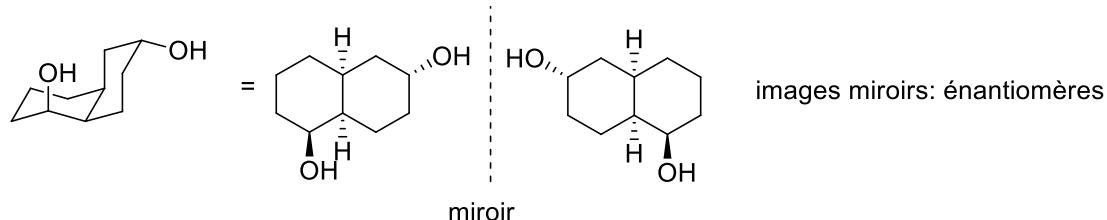
#### Vos réponses

Paire 1



[Barème: 1 point pour la conversion de chaque centre de chiralité dans la même projection que l'autre molécule (ou 1 point pour la détermination de sa configuration absolue), 0,5 point pour la conclusion correcte]

Paire 2:



[Barème: 2 points pour la conversion dans la même projection que l'autre molécule (ou 2 points pour la détermination de la configuration absolue : 0,5 points par centre correct), 0,5 point pour la conclusion correcte]