

Préambule

Ce document est une proposition de correction d'épreuve du CAPES externe de physique-chimie. Il ne doit pas être considéré comme un modèle de copie à rendre mais plutôt comme une aide à la correction.

Il est possible que quelques erreurs se soient glissées dans cette version. Si vous pensez en avoir trouvé une, merci de me contacter via l'adresse phy-chim@laposte.net ou en flashant le QR-code suivant ;



Si vous appréciez la qualité de ce document vous pouvez me soutenir en effectuant un don en cliquant [ICI](#) ou en flashant le QR-code ci-dessous :



Ce document est mis à disposition gratuitement selon les termes de la Licence Creative Commons : Attribution – Pas d'utilisation commerciale – Partage dans les mêmes conditions 4.0 International.



Table des matières

2014 – COMPOSITION : DE LA CHIMIE ET DE LA PHYSIQUE AUTOURS DES CINQ SENS

A. La vue.....	3
A.I. L'œil et la vision des objets	
A. II. Polarisation de la lumière	
A. III. Les films polarisants	
A. IV. Utilisation des films polarisants pour le cinéma en relief	
B. Le goût.....	6
B.I. Le goût umami	
B. II. Le goût sucré	
C. Le toucher.....	7
C.I. Fabrication d'une chauffeurette	
C. II. Composition d'une chauffeurette	
C. III. Aspect énergétique	
D. L'odorat.....	9
D.I. Étape n°1	
D. II. Étape n°2	
D. III. Étape n°3	
D. IV. Étape n°4	
D.V. Étape n°5, n°6 et n°7	
D. VI. Étape n°8	
E. L'ouïe.....	14
E.I. Obtention d'une mousse métallique pour l'isolation sonore	
E.I.1. Procédé n°1 : soufflage de gaz dans le métal liquide	
E.I.2. Procédé n°2 : décomposition d'un porogène dans le métal liquide.	
E. II. Acoustique d'une salle	
E.II.1. Étude de la réverbération d'une salle	
E.II.2. Optimisation du temps de réverbération	

A. La vue

A.I. L'œil et la vision des objets

1. La distance focale de l'ensemble cornée + cristallin peut varier de manière à ce que l'image de l'objet observé se forme toujours sur la rétine. Le cristallin peut se déformer sous l'action de ligaments relié à des muscles. C'est donc la déformation du cristallin qui ajuste la distance focale de l'ensemble. Pour un œil normal, l'observation à l'infini se fait cristallin au repos. Pour les objets plus proches, le cristallin est déformé, l'œil accommode. L'iris, lui, joue le rôle de diaphragme et contrôle la quantité de lumière qui entre dans l'œil.
2.
$$V_{cr} = (1,420 - 1,336) \times \left(\frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{-6 \cdot 10^{-3}} \right) + \frac{4 \cdot 10^{-3} \times (1,420 - 1,336)^2}{10 \cdot 10^{-3} \times -6 \cdot 10^{-3} \times 1,420} = 22 \text{ } \delta$$
3. Le premier terme de l'équation ci-dessus vaut $\sim 22 \text{ } \delta$, il donne la vergence d'une lentille simple. Le second terme est un terme correctif et il vaut $\sim -0,3 \text{ } \delta$ soit une correction de $\sim 1 \%$ par rapport au modèle de la lentille simple. En première approximation on peut considérer que le cristallin se comporte comme une lentille simple.
4. Les lentilles sont accolées, les vergences s'ajoutent : $V_{tot} = V_{cr} + V_{cor} = 42 + 22 = 64 \text{ } \delta$
5. $f' = \frac{1}{V} = \frac{1}{64} = 16 \text{ mm}$

Le centre optique se situe entre la cornée et le cristallin. L'image nette se forme donc légèrement avant la cornée ($d = 17 \text{ mm}$). Au niveau de la rétine, l'image apparaît floue.

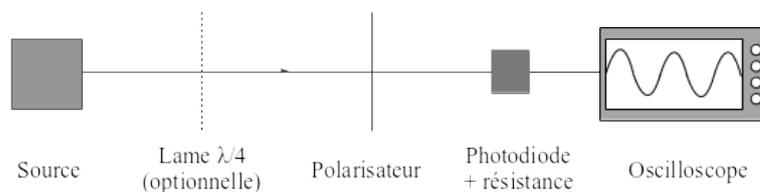
A. II. Polarisation de la lumière

6. Types de polarisations :

Rectiligne	Circulaire	Circulaire	Non polarisée

L'observation se fait selon l'axe z perpendiculaire à la feuille. La lumière peut aussi être partiellement polarisée.

7. Le montage utilisé est le suivant :



Le polariseur est tournant. L'oscilloscope est synchronisé sur l'alimentation du polariseur tournant. Les observations sont les suivantes :

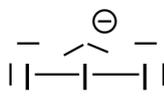
Rectiligne	Circulaire	Elliptique	Non polarisée

Pour différencier une lumière polarisée circulaire d'une lumière non polarisée, il faut insérer une lame $\lambda/4$ avant le polariseur. Si la lumière était polarisée circulairement alors elle devient rectiligne après la lame $\lambda/4$ et l'intensité après le polariseur présente des minima. Si elle était non polarisée alors elle le reste et l'intensité en sortie est constante.

8. À partir de lumière naturelle, on peut obtenir de la lumière polarisée totalement par réflexion sur une diélectrique à l'incidence de Brewster, par dichroïsme ou en utilisant un matériau biréfringent.

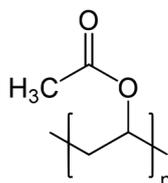
A. III. Les films polarisants

9. En 1852 la quinine était extraite d'une plante : le quinquina.
 10. Il faut placer $7 \times 3 + 1 = 22$ électrons soit 11 doublets.

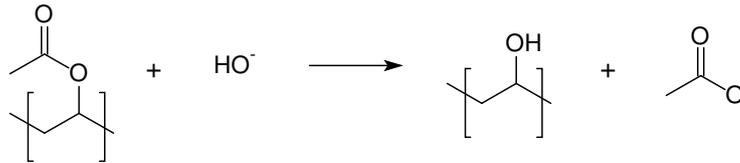
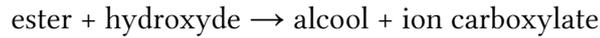


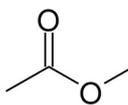
La configuration VSEPR de l'ion triiodure est AX_2E_3 , elle est donc linéaire.

11. Ce protocole évoque une polymérisation radicalaire avec initiation photochimique. Le monomère du polyacétate est :



12. On peut procéder par saponification (hydrolyse en milieu basique) :



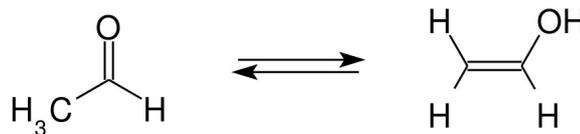
13. Le sous-produit formé est l'éthanoate de méthyle : 

14. Les trois copolymères possibles sont :

Alterné	-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-
Séquencé	-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-B-B-B-B-B-B-B-B-B-
Statistique	-A-B-A-A-B-B-A A-B-B-B-A-B-A-A-A-B-B-B-B-

Ici on obtiendra un copolymère statistique car la polymérisation se fait avant l'alcoolyse partielle qui, elle, se fait de manière aléatoire sur le monomère.

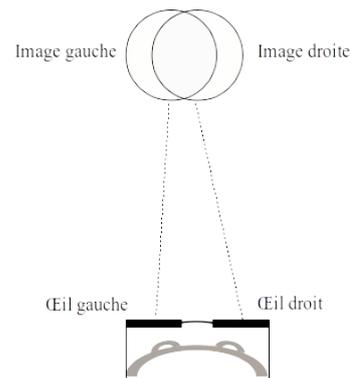
15. L'alcool vinylique se transforme spontanément en son tautomère : l'éthanal.



A. IV. Utilisation des films polarisants pour le cinéma en relief

22. Les images sont diffusées au rythme de 48 images/seconde. Le triple flash triple la fréquence d'affichage à $48 \times 3 = 144$ images/seconde. Chaque image est donc affichée pendant $1/144 = 7$ ms.

23. Les deux images destinées à l'œil droit et à l'œil gauche sont légèrement décalées et prises depuis des positions voisines lors du tournage. Ainsi elles n'apparaissent pas au même endroit et avec des angles de vue différents pour chacun des yeux ce qui reconstitue la 3D de la vision réelle via la perspective reconstituée.

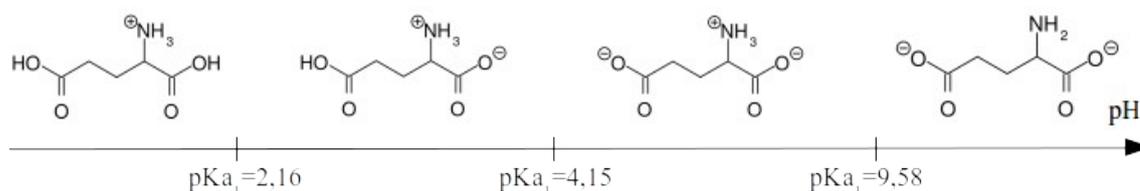


24. En travaillant avec des polarisations rectilignes, si le spectateur incline la tête vers la droite ou vers la gauche, la luminosité varie et les images droites et gauches sont perçues par les deux yeux.

B. Le goût

B.I. Le goût umami

19. Les fonctions carboxyles ont des pKa de l'ordre de 4 et les amines des pKa de l'ordre de 9. Les deux fonctions carboxyles sont donc déprotonées avant la fonction amine.



20. La structure du GMS est :

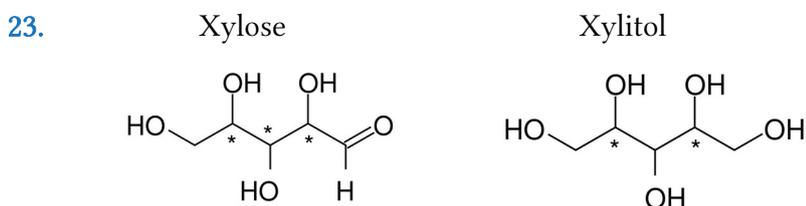
21. Problématiques : Quels sont les critères qui définissent une substance naturelle ou de synthèse ? Un aliment « non naturel » est-il forcément mauvais pour la santé ?

Conclusion : Une substance naturelle est présente dans la nature. Une substance de synthèse est fabriquée par l'homme en laboratoire, elle peut être identique à une substance naturelle ou bien artificielle. La voie d'obtention de ces espèces ne présume rien de leurs effets sur l'organisme.

Remarque : le glutamate monosodique et le glutamate déshydrogénase sont 2 espèces chimiques complètement différentes de par leur structure et leur composition, les comparer n'a aucun sens.

B. II. Le goût sucré

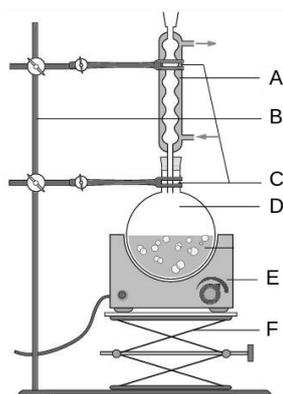
22. Le sucre blanc est composé de saccharose.



Les carbones asymétriques sont repérés par une étoile.

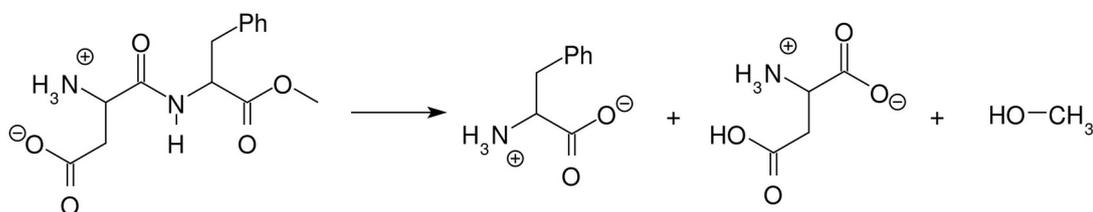
24. Le xylitol possède un plan de symétrie. Si un des deux carbones asymétriques est de configuration (S) alors l'autre doit être de configuration (R). Ainsi le xylitol sera superposable avec son image par un miroir (non chiral).

25. Le montage utilisé est schématisé ci-dessous.



- A. Réfrigérant
 B. Potence
 C. Pincettes
 D. Ballon monocol
 E. Chauffe-ballon
 F. Support élévateur

26. La réaction d'hydrolyse est la suivante :



On peut identifier les produits à l'aide d'une chromatographie sur couche mince (CCM). La solution analysée est celle qui résulte de l'hydrolyse de l'aspartame et les produits de référence sont le méthanol, l'acide aspartique et la phénylalanine. La révélation de la plaque peut se faire par UV et par oxydation à l'aide des ions permanganate.

27. Cette hydrolyse produit une substance toxique pour l'organisme : le méthanol.

C. Le toucher

C.I. Fabrication d'une chauffe-rette

28. $\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{Na}^+(\text{aq})$
29. Le CO_2 initialement dissout passe sous forme gazeuse en formant des bulles, la solution mousse.
30. On note A l'acide acétique et B le bicarbonate de sodium.

$$n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{\%_m \times m_{\text{vinaigre}}}{100 \times M_A} = \frac{8 \times 500}{100 \times 60} = 0,67 \text{ mol} \text{ et } n_B = \frac{m_B}{M_B} = \frac{35}{84} = 0,42 \text{ mol}$$

Le réactif limitant est le bicarbonate de sodium. La loi des gaz parfaits appliquée au CO_2 gaz à $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ et $P = 105 \text{ Pa}$ donne :

$$V(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2) \times R \times T}{P} = \frac{0,42 \times 8,31 \times 298}{10^5} = 10 \text{ L}$$

C. II. Composition d'une chaufferette

31. Initialement la solution est basique car elle contient des ions hydrogénocarbonates, son pH est élevé. L'ajout d'acide abaisse le pH. $\text{pH}(V_{\text{eq}}/2) \approx 4,8$ ce qui correspond bien au pKa du couple $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$.

32. L'équation de la réaction de dosage est $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$.

À l'équivalence, $n_{\text{eq}}(\text{HCl}) = n_i(\text{CH}_3\text{COO}^-)$

$$\text{On en déduit : } M(\text{CH}_3\text{COO}^-) = \frac{m_i(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{n_{\text{eq}}(\text{HCl})} = \frac{0,487}{35.10^{-3} \times 0,1} = (139 \pm 4) \text{ g/mol}$$

L'incertitude sur M étant évaluée via la formule $\frac{\delta M}{M} = \frac{\delta n_{\text{eq}}}{n_{\text{eq}}} = \frac{\delta V_{\text{eq}}}{V_{\text{eq}}}$. La chaufferette est

donc composée d'acétate de sodium trihydraté de formule $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ et de masse molaire $M = 136,1 \text{ g/mol}$.

33. Le phénomène de surfusion permet d'obtenir une espèce liquide en deçà de sa température de fusion. C'est un état métastable et la lamelle métallique lorsqu'elle est utilisée vient briser cet équilibre métastable.

C. III. Aspect énergétique

34. $(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O})_{(s)} \rightarrow \text{Na}_{(\text{aq})}^+ + \text{CH}_3\text{COO}_{(\text{aq})}^- + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{fus}} H^0 &= \Delta_f H^0(\text{Na}_{(\text{aq})}^+) + \Delta_f H^0(\text{CH}_3\text{COO}_{(\text{aq})}^-) + 3 \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}_{(l)}) - \Delta_f H^0((\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O})_{(s)}) \\ &= +18 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

La réaction de fusion est donc endothermique.

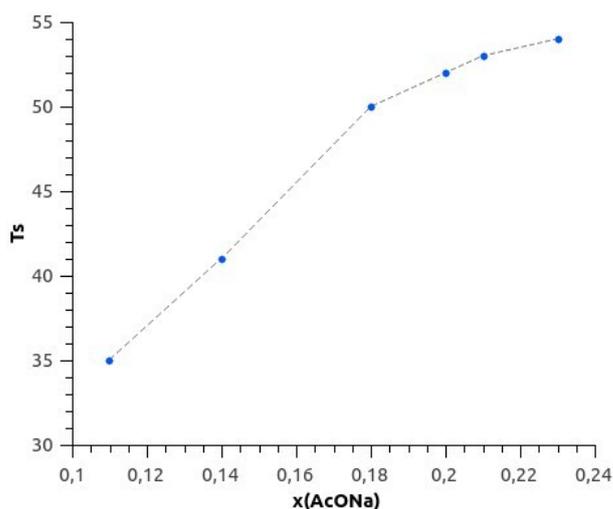
35. L'énergie libérée lors de la solidification de l'acétate de sodium est intégralement transférée à la glace. La masse de glace fondue imputable à cette solidification vaut :

$$m = m_A - m_B = 92 \text{ g}$$

Elle correspond à une énergie libérée de : $E = m \times L_{\text{fus}}(\text{H}_2\text{O}) = 92 \times 0,333 = 30,6 \text{ kJ}$ par une masse $m' = m_1 - m_2 = 139 \text{ g}$ d'acétate de sodium trihydraté. Ce qui correspond à une quantité de matière $n' = m'/M' = 139/136,1 = 1,02 \text{ mol}$ d'acétate de sodium trihydraté.

On en déduit : $\Delta_{\text{fus}} H^0 = 30,6/1,02 = 29,9 \text{ kJ/mol}$.

36.



Remarque : on peut rajouter le point de coordonnées (0,0 °C) qui correspond à l'eau pure.

37. On sait que $\Delta_r G^0 = \Delta_r H^0 - T \times \Delta_r S^0$ et $\Delta_r G^0 = -RT \times \ln(K^0)$. De plus la régression linéaire donne $\ln(K^0) = a/T + b$ avec $a = -2,3 \cdot 10^3 \text{ K}$ et $b = 2,5$

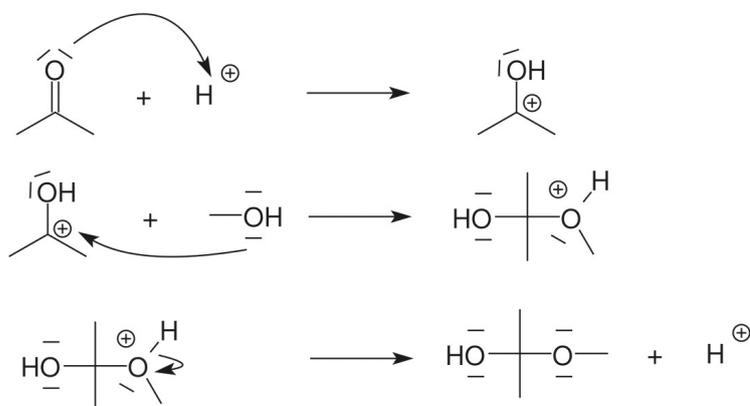
Par identification on en déduit que : $\Delta_r H^0 = -R \times a = 20 \text{ kJ/mol}$

38. On obtient un écart de 10 % entre les valeurs des méthodes 1 et 3. Elles sont cohérentes entre elles aux incertitudes près. En revanche l'écart avec le résultat de la 2e méthode est conséquent. Ceci est dû aux 2 h que dure l'expérience et au récipient utilisé qui est probablement non calorifugé. Il doit donc y avoir des échanges thermiques de l'extérieur vers l'intérieur du récipient ce qui fait fondre un surplus de glace. Cela revient à surévaluer l'énergie libérée par la chauffeurette ainsi que la valeur de $\Delta_{\text{fus}} H^0$ pour l'acétate de sodium trihydraté.

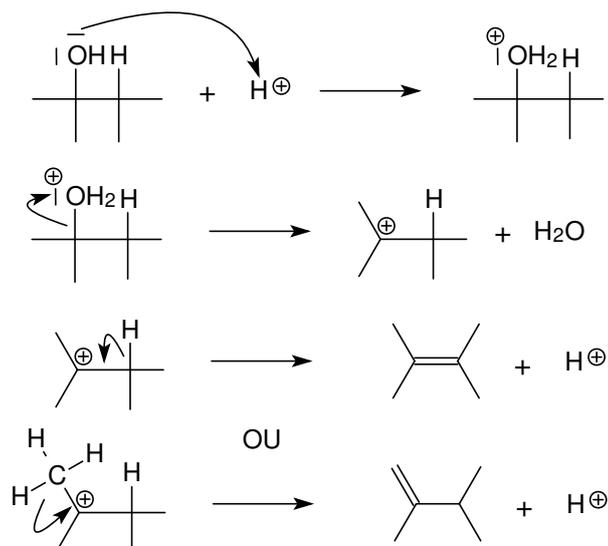
D. L'odorat

D.I. Étape n°1

39.

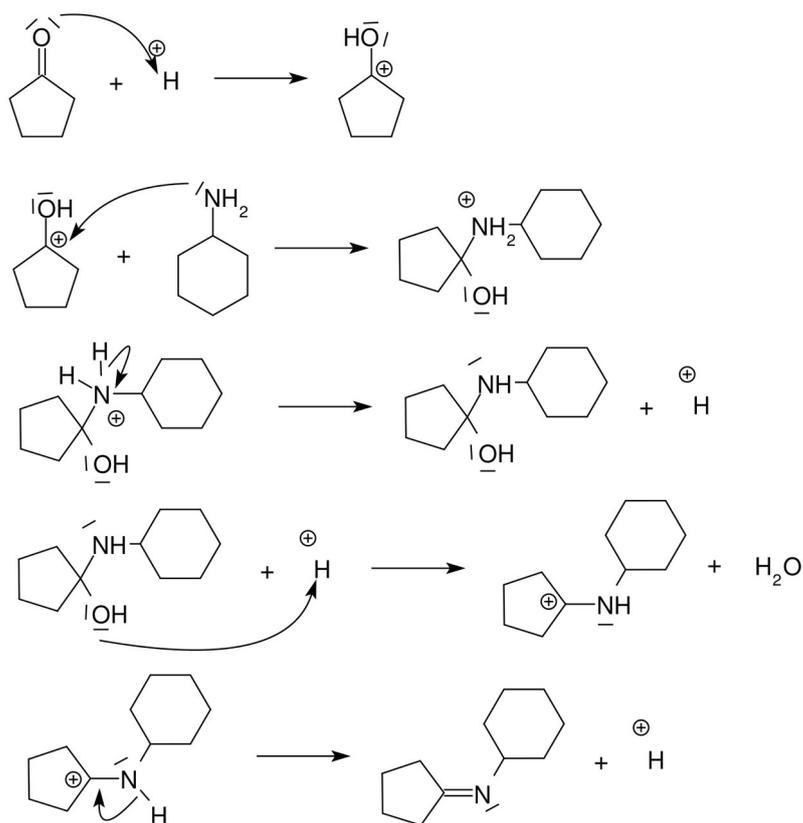


40.



La réaction se fait sous contrôle thermodynamique. Le produit majoritaire est le plus stable. D'après la règle empirique de Zaytzev, le composé éthylénique le plus stable et celui dont la double liaison comporte le plus de substituants donneurs c'est-à-dire l'éthylène.

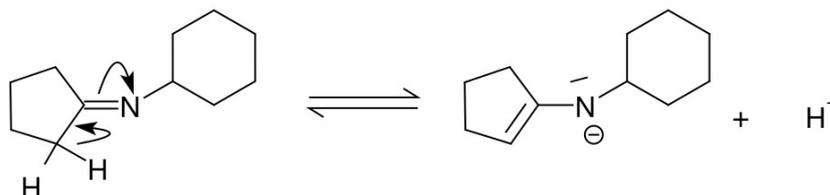
41.



En milieu basique la concentration des protons (catalyseur) nécessaires aux étapes 1 et 4 est faible. En milieu très acide, dans l'étape 3, c'est la forme ammonium qui prédomine largement sur la forme amine ($pK_a \sim 11$). Dans les deux cas, la réaction est ralentie.

D. II. Étape n°2

42. La réaction qui forme la base conjuguée de A est :



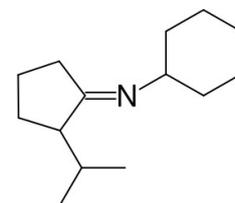
Les hydrogènes fixés sur le carbone en α du groupement imine ont un caractère acide comme c'est le cas pour les hydrogène en α des cétones. Ceci est dû à la polarisation des liaisons C=N et C=O.

43. L'organomagnésien joue le rôle de base forte en arrachant l'hydrogène situé en α du groupe imine.

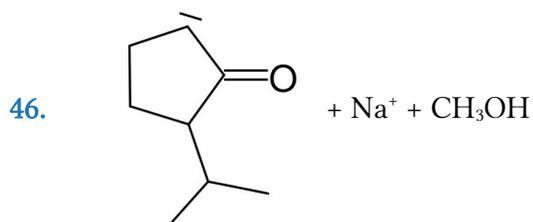


44. C'est une alkylation (substitution nucléophile). Après cette réaction, le produit formé est représenté ci-contre.

45. En présence de cyclopentanone, l'organomagnésien aurait réagi avec la fonction carbonyle pour former un alcool secondaire.



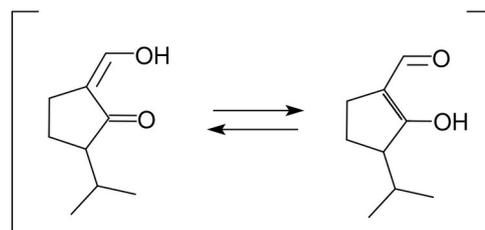
D. III. Étape n°3



47. Il y a eu création d'une fonction énol (alcène avec une fonction alcool en α).

48. Il existe un équilibre céto-énolique entre l'énol et l'aldéhyde correspondant :

L'énol est stabilisé par résonance, il prédomine.



D. IV. Étape n°4

49. On note CA respectivement CB le carbone qui porte initialement le groupement =O respectivement – OH dans le produit C :

Avant (C)	Après (D)
n.o.(CA) = +II n.o.(CB) = 0	n.o.(CA) = 0 n.o.(CB) = – II

Le nombre d'oxydation total des carbones varie donc de $\Delta no = -IV$, c'est bien une réduction.

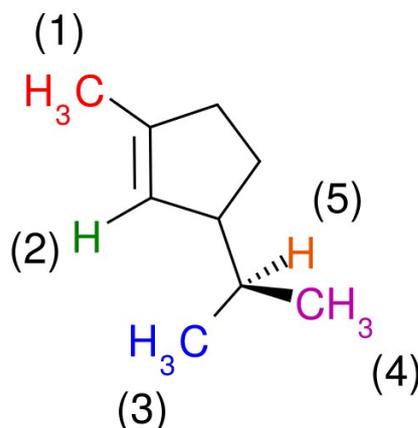
$LiAlH_4$ est bien un puissant réducteur puisqu'il fournit des ions hydrures H^- . Pour ne pas détruire $LiAlH_4$, il faut utiliser un solvant rigoureusement anhydre.

50. La bande large à 3400 cm^{-1} témoigne de l'existence d'une fonction alcool avec formation de liaisons hydrogène intermoléculaires ce qui est en accord avec la structure de D. La bande à 1662 cm^{-1} prouve l'existence d'une liaison $C=C$ (élongation) dans le produit et celle à 895 cm^{-1} est due au groupement $RR'C=CH_2$ (déformation). Ces deux groupements sont effectivement présents dans D.

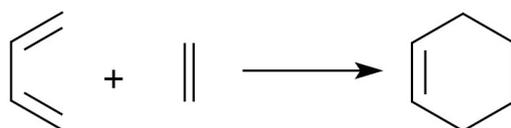
Les deux multiplets intègrent pour 1H chacun, ils sont dus aux deux H de la fonction alcène. Les deux signaux ne coïncident pas exactement car l'un des H est dans la zone d'influence de l'oxygène de la fonction alcool, il est légèrement déblindé.

D.V. Étape n°5, n°6 et n°7

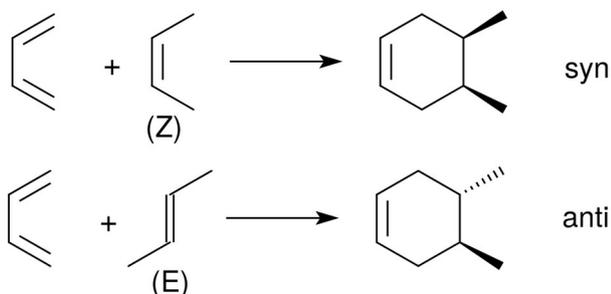
51. Le multiplet intégrant pour 1H à 5,21 ppm correspond à l'hydrogène 2. Le doublet intégrant pour 6H à 1,77 ppm correspond aux hydrogènes des groupes 3 et 4 qui ont un hydrogène voisin (5). Le singulet intégrant pour 3H à 1,63 ppm correspond aux hydrogènes du groupement 1.



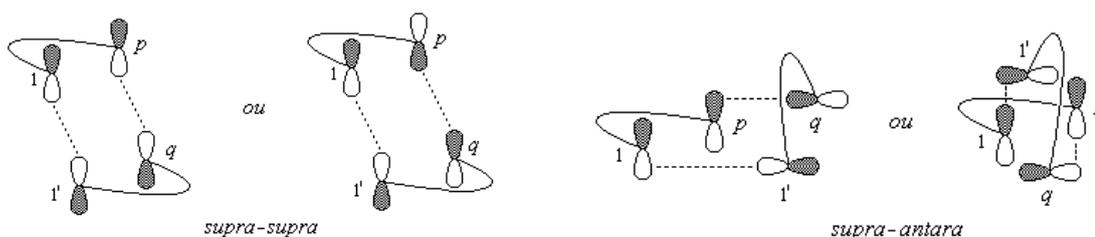
52. Dans cette réaction, 3 liaisons π sont mises en jeu. Le diène apporte 4 électrons π . Le diénophile, lui, en apporte 2. D'où l'appellation 4+2.



53. La stéréosélectivité supra-supra peut être mise en évidence sur la réaction entre le buta-1,3-diène et le (E) ou (Z) but-2-ène. L'approche des deux réactifs se fait dans des plans parallèles.



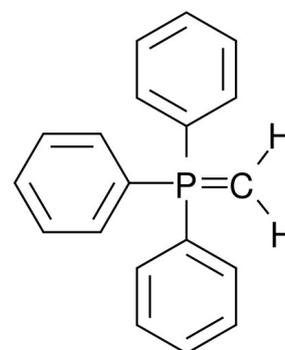
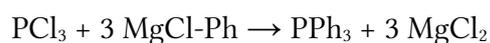
54. Le recouvrement global entre la HO de A et la BV de B (ou inversement) est maximal en approche supra-supra et nul en approche supra-antara ce qui est favorable à l'approche supra-supra.



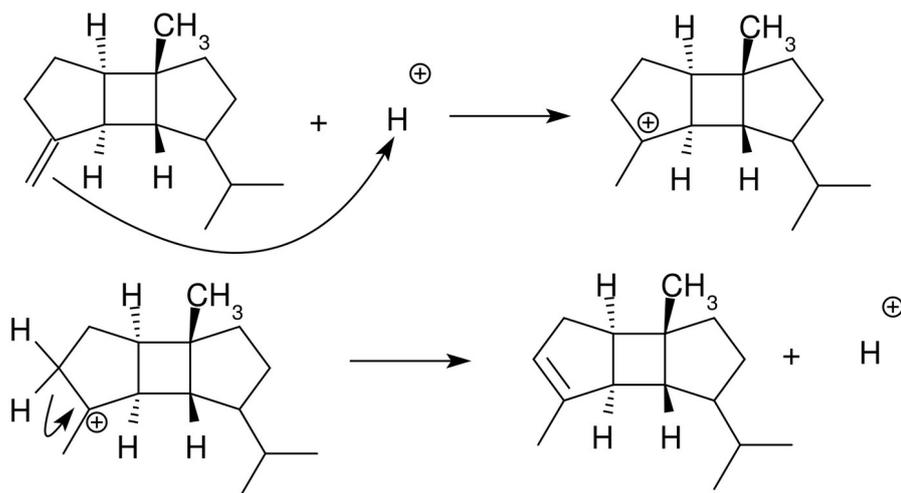
55. D'après le théorème de Fukui, la réaction la plus favorable correspond à l'interaction entre les atomes ayant les plus gros coefficients d'orbitales atomiques en valeur absolue. Dans le cas présent, ce sont les orbitales des atomes 2 et 2' qui vont interagir et c'est le produit F qui sera majoritaire sous contrôle orbitalaire.

D. VI. Étape n°8

56. C'est une addition nucléophile dite réaction de Wittig. L'ylure de phosphore utilisé est la triphénylphosphine (ci-contre). La triphénylphosphine peut être préparée à partir de trichlorure de phosphore et de chlorure de phénylmagnésium :



57.



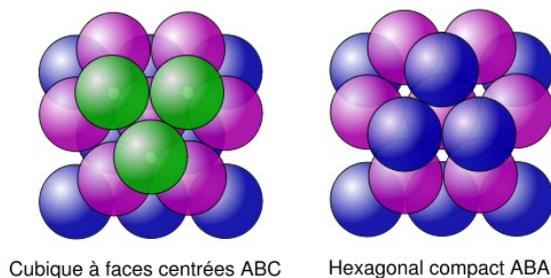
L'alcène le plus stable est le plus substitué (règle de Zaytsev). Donc à l'équilibre le α -bourbonène est majoritaire.

E. L'ouïe

E.I. Obtention d'une mousse métallique pour l'isolation sonore

E.I.1. Procédé n°1 : soufflage de gaz dans le métal liquide

58. Une porosité de 74 % correspond à une compacité maximale de ces sphères ce qui est réalisé à partir d'empilements de type ABC (cubique face centré) ou ABA (hexagonal compact).



Cubique à faces centrées ABC

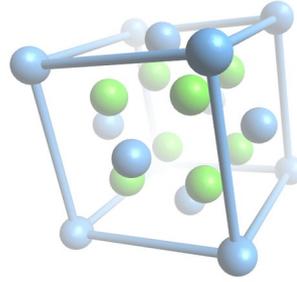
Hexagonal compact ABA

59. Dans les deux empilements compacts (cfc et hc) chaque bulle est en contact avec 12 autres.

Maille conventionnelle	cfc	hc	cc
Compacité	74 %	74 %	68 %

E.I.2. Procédé n°2 : décomposition d'un porogène dans le métal liquide.

60. Les ions titane sont en bleu, les ions hydrure en vert.



Maille conventionnelle de l'hydrure de titane →

61. On note a le paramètre de maille, R le rayon des ions titane et r le rayon des ions hydrures.

• La multiplicité des ions dans la maille vaut :

$$N_{\text{Ti}^{2+}} = 6 \times 1/2 + 8 \times 1/8 = 4 \quad \text{et} \quad N_{\text{H}^-} = 8$$

La masse d'une maille vaut :

$$m_{\text{maille}} = \frac{1}{N_A} \cdot (N_{\text{Ti}^{2+}} \cdot M(\text{Ti}) + N_{\text{H}^-} \cdot M(\text{H})) = \frac{1}{6,02 \cdot 10^{23}} \times (4 \times 47,9 + 8 \times 1,0) = 3,32 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

La masse volumique permet de déduire le paramètre de maille :

$$\rho = m_{\text{maille}} / V_{\text{maille}} = m_{\text{maille}} / a^3 \rightarrow a = \sqrt[3]{m / \rho} = \sqrt[3]{3,32 \cdot 10^{-22} / 3,76 \cdot 10^6} = 4,45 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 445 \text{ pm}$$

• Les ions hydrures touchent les ions titane selon les grandes diagonales des petits cubes de côté $a/2$. On en déduit :

$$\frac{a}{2} \sqrt{3} = 2(r + R)$$

Finalement : $r = a/4 \cdot \sqrt{3} - R = 445/4 \times \sqrt{3} - 94 = 98,7 \text{ pm}$

62. À l'équilibre $\Delta_r G = 0$ et $\Delta_r G^0 = -RT \times \ln(K^0)$. De plus $\Delta_r G^0 = \Delta_r H^0 - T \times \Delta_r S^0$.

On cherche T_{min} telle que $K(T_{\text{min}}) = 1$ ie $\Delta_r G^0(T_{\text{min}}) = 0$ d'où :

$$T_{\text{min}} = \Delta_r H^0 / \Delta_r S^0 = 120 \cdot 10^3 / (130,7 + 30,7 - 29,7) = 911 \text{ K} = 638^\circ \text{C}$$

Cette température est inférieure à la température de fusion de l'aluminium (660 °C), il faut trouver un moyen de l'augmenter.

$$\begin{aligned} \Delta_r G_{700\text{K}}^0 &= -RT \times \ln(K_{700\text{K}}^0) = -RT \times \ln(p(\text{H}_2)/p_0) \\ 63. &= 1 \times \exp\left(\frac{120 \cdot 10^3 - (700 + 273) \cdot (130,7 + 30,7 - 29,7)}{8,31 \cdot (700 + 273)}\right) \\ &= 2,73 \text{ bar} \end{aligned}$$

64. Calculons le volume de dihydrogène créé par 5 g d'hydrure de titane :

$$n(\text{TiH}_2) = 5/49,9 = 0,1 \text{ mol d'où } V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2)_f \times V_m = n(\text{TiH}_2)_i \times V_m = 7,8 \text{ L}$$

Calculons le volume de 1 kg aluminium : $V(\text{Al}) = 1/2,7 \cdot 10^3 = 0,37 \text{ L}$

On en déduit la porosité de la mousse : $p = V(\text{H}_2) / V_{\text{tot}} = 95\%$

E. II. Acoustique d'une salle

E.II.1. Étude de la réverbération d'une salle

65. $V \cdot dE = dt \cdot (p - p_{\text{abs}})$

66. La conservation de l'énergie donne :

$$\begin{aligned} I_r &= I_0 - I_{\text{abs}} \\ &= I_{\text{abs}} (1/\alpha - 1) \quad (\alpha \ll 1 \text{ donc } 1/\alpha \gg 1) \\ &\approx I_{\text{abs}}/\alpha = \langle p_{\text{abs}} \rangle / \alpha \cdot S \end{aligned}$$

67. $A_{\text{tot}} = \sum_i \alpha_i \times S_i = 24,5 \text{ m}^2$ et $\langle \alpha \rangle = A_{\text{tot}}/S_{\text{tot}} = 25/206 = 0,12$ à 250 Hz

68. $L_r = 10 \cdot \log(I_r/I_0) = 10 \cdot \log(p_{\text{abs}}/(\alpha \cdot S \cdot I_0)) = 10 \cdot \log(\alpha \cdot p_s/(A \cdot I_0)) = 48 \text{ dB}$

69. $I_r = I_0 \cdot 10^{L_r/10} = 6,3 \cdot 10^{-9} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ et $I_{\text{direct}} = p_s/4\pi d^2 = 7,5 \cdot 10^{-9} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Les deux intensités sont comparables, l'intensité absorbée est négligeable, l'hypothèse de Sabine est licite.

E.II.2. Optimisation du temps de réverbération

70. Graphiquement on trouve : $T_R \approx 1 \text{ s}$

71. Il faudrait intervenir sur la paroi en béton lisse et vitrée en y fixant un matériau avec un fort coefficient d'absorption (panneau de lin ou fibre).

72. Le faux plafond diminue le volume V en conséquence, le temps de réverbération diminue.