

CH01 Composition d'un système chimique

Quantité de matière

SOLIDE, LIQUIDE, GAZ

LIQUIDE

GAZ

$$n = \frac{m}{M}$$

mol, g, g.mol⁻¹

$$n = C \cdot V$$

$$m = \rho \cdot V$$

mol, mol.L⁻¹, L, g, g.mL⁻¹, mL

$$n = \frac{V}{V_m}$$

mol, L, L.mol⁻¹, a 0°C

$$m = C_m \cdot V$$

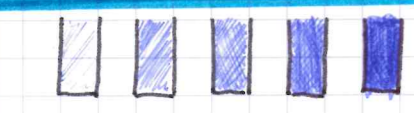
g, g.L⁻¹, L

à la même valeur que la densité d

n: quantité de matière
 m: masse
 M: masse molaire
 C: concentration molaire
 V: volume
 V_m: volume molaire
 ρ: masse volumique
 C_m: concentration massique

Couleur et concentration

⊕ une solution est colorée ⊕ sa concentration est élevée

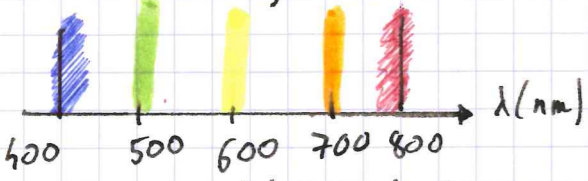


couleur ⊕ soutenue
 concentration ⊕ élevée
 Absorbance ⊕ élevée

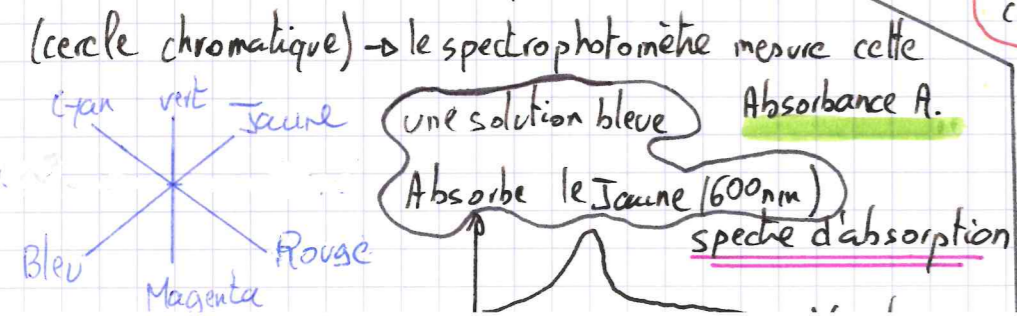
symbole
 λ (nm)
 C (mol.L⁻¹)
 A (X)

La couleur

chaque couleur est caractérisée par sa longueur d'onde λ en nm
 (1 nm = 10⁻⁹ m)

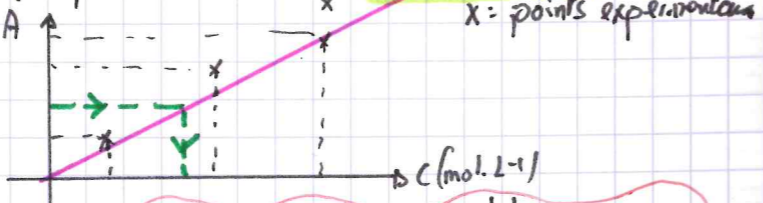


une solution colorée absorbe sa couleur complémentaire (cercle chromatique) → le spectrophotomètre mesure cette Absorbance A.



La concentration

Loi de Beer-Lambert: l'absorbance est proportionnelle à la concentration
 x: points expérimentaux



connaissant la valeur de l'absorbance A d'une solution colorée, on en déduit sa concentration (Abscisse)

noir: énoncé
 bleu: réponse
 quantité de matière

n°16 p.30
 m = 500 mg = 500 · 10⁻³ g = 5,00 · 10⁻¹ g
 C₆H₈O₆
 on veut n (qtité de matière)
 Masse molaire
 M(C₆H₈O₆) = 6 · 12 + 8 · 1 + 6 · 16 = 176 g.mol⁻¹
 n = $\frac{m}{M} = \frac{5,00 \cdot 10^{-1}}{176} = 2,84 \cdot 10^{-3}$ mol

n°21 p.30
 c = 0,010 mol.L⁻¹
 n = 0,020 mol
 on veut V
 n = C · V donc V = $\frac{n}{C}$
 V = $\frac{0,020}{0,010} = 2,0$ L
 c = 5,00 · 10⁻³ mol.L⁻¹
 V = 0,750 L
 on veut n
 n = C · V = 5,00 · 10⁻³ · 0,750
 n = 3,75 · 10⁻³ mol

exercice cours.
 acide acétique
 ρ = 1,05 g.mL⁻¹
 V = 1,5 L = 1500 mL
 on veut la masse
 m = ρ · V = 1,05 · 1500
 m = 1,58 kg

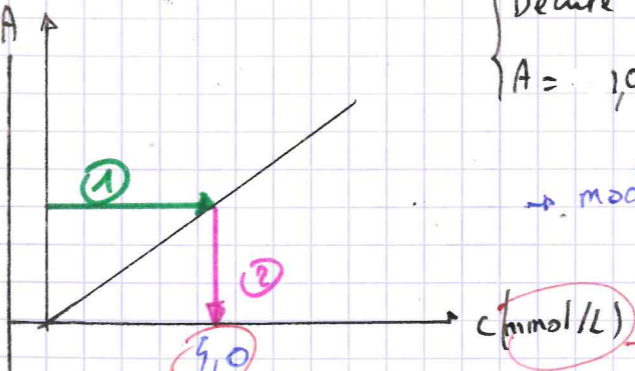
couleur et concentration

n°23 p.31
 couleur de la solution?



Absorbance maxi: 420 nm violet → vert
 640 nm rouge → cyan
 couleur complémentaire observée: la solution est donc cyan-vert

n°26 p.31

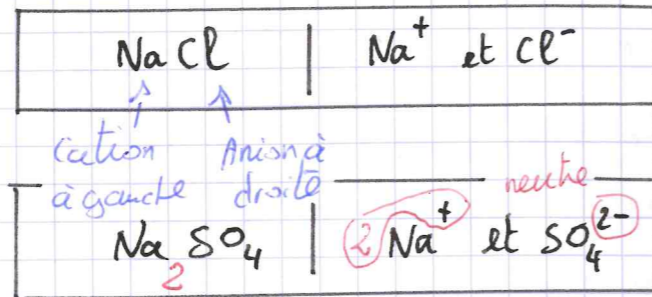


Décrire le graphe
 A = 10 d'une solution diluée 10 fois. concentration commerciale?
 modèle d'une fonction linéaire: y = kx
 maths chimie
 A = k · c
 A est proportionnelle à la concentration (loi de Beer Lambert)

calcul de c₂
 on trace une droite horizontale d'ordonnée A = 10 → ①
 on trace une droite verticale à partir de l'intersection → ②
 on lit l'abscisse obtenu: ici c = 40 mmol.L⁻¹
 c = 40 · 10⁻³ mol.L⁻¹
 solution commerciale: 10 fois cette valeur c₀ = 10 · c = 400 · 10⁻³ mol.L⁻¹

Annexe CH01 : les réactions chimiques

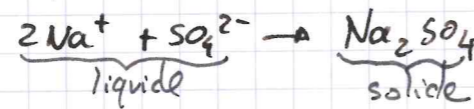
solide ionique : composé d'ions
électriquement neutre



réactions associées

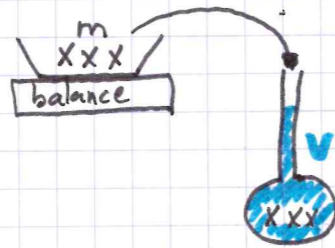
① dissolution :
le solide se transforme en ions
 $Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$
 $[Na^+] = 2 \cdot [SO_4^{2-}]$

② précipitation
les ions forment un solide



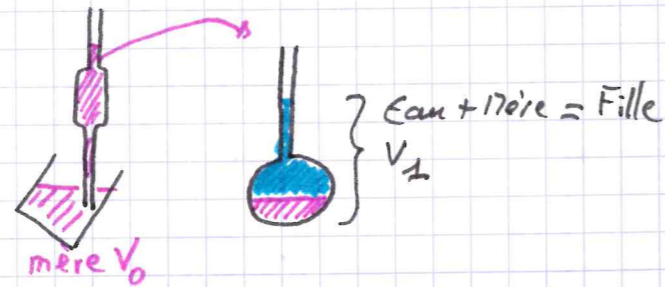
masse m de Na₂SO₄ dissout
dans un volume V d'eau
forme une solution de
concentration c

$n = \frac{m}{M}$	$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$
mol·L ⁻¹	g·mol ⁻¹



Dilution

pas de réaction chimique
solution mère C₀ V₀
solution fille C₁ V₁
relation : $C_0 \cdot V_0 = C_1 \cdot V_1$

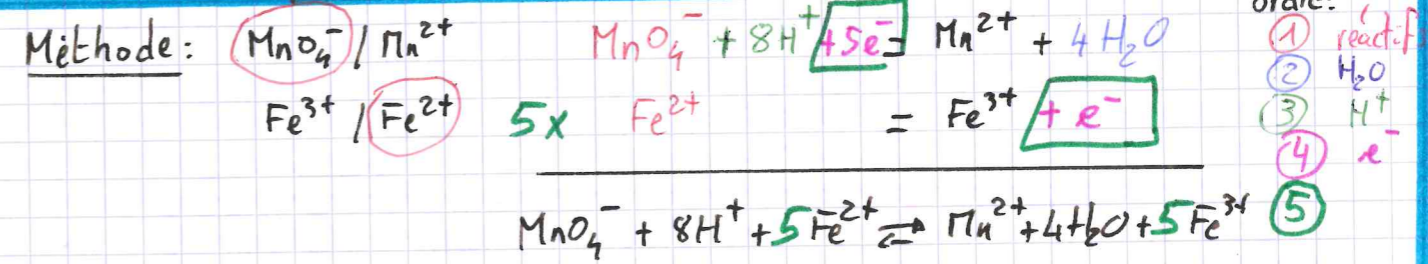


③ Réaction d'oxydoréduction

Echange d'électrons.

Données : MnO₄⁻ réagit avec Fe²⁺

couples redox : MnO₄⁻/Mn²⁺ et Fe³⁺/Fe²⁺



CH02 Evolution système chimique

tableau d'avancement: il permet de faire un bilan de matière en fin de réaction, de prévoir les quantités de matière à l'état final

	Réactifs		Produits	
Equation	2H^+	$+\text{Mg}$	$\rightarrow\text{H}_2$	$+\text{Mg}^{2+}$
	$n(\text{H}^+)$	$n(\text{Mg})$	$n(\text{H}_2)$	$n(\text{Mg}^{2+})$
Etat Initial EI	3,0	2,0	0,0	0,0
En cours	$3,0 - 2x$	$2,0 - x$	x	x
Etat Final	$3,0 - 2x_p = 0,0$	$2,0 - x_p = 0,5$	$x_p = 1,5$	$x_p = 1,5$

Quantités initiales données.

↓ coeff. stoechiométriques

bilan de matière: c'est calculer les quantités de matière à l'état final.

Pour cela on calcule x_p

$$x_p = 1,5 \text{ mol} = \frac{3,0}{2} = \frac{n(\text{H}^+)}{2} < \frac{2,0}{1} = \frac{n(\text{Mg})}{1} = 2,0 \text{ mol}$$

→ diviser les qtés initiales par leur coeff. stoechiométriques

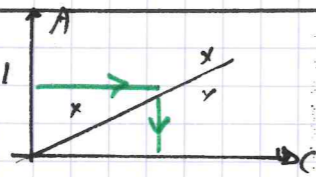
→ la plus petite valeur détermine x_p

ici H^+ impose x_p ; H^+ est réactif limitant

CH03 Suivi d'une transformation: le dosage

Doser = chercher la concentration d'une espèce

Dosage par étalonnage: voir CH01



Dosage par titrage

mis en jeu d'une transformation rédox (en 1e) destruction de l'espèce à doser

- la réaction doit être :
- totale (le titré complètement consommé)
 - rapide
 - unique

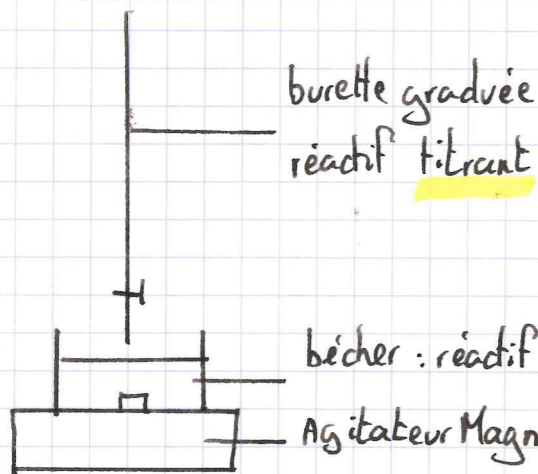
L'équivalence

def: les réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques (on change de réactif limitant)



$$\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}$$

relation vérifiée à l'équivalence



burette graduée réactif titrant
 bécher: réactif titré → celui dont on cherche la concentration
 Agitateur Magnétique.

au labo on verse le titrant dans le titré

- à l'équivalence, un changement de couleur apparaît
- on lit le volume V_E de titrant versé.

$$\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b} \text{ devient } \frac{C_A \cdot V_A}{a} = \frac{C_B \cdot V_E}{b} \text{ (B titrant)}$$

$$\text{on en déduit } C_A = \frac{C_B \cdot V_E \cdot a}{V_A \cdot b}$$

n°21 page 53. Vitamine C ($C_6H_8O_6$)

ampoule de 10 mL "5 mg"

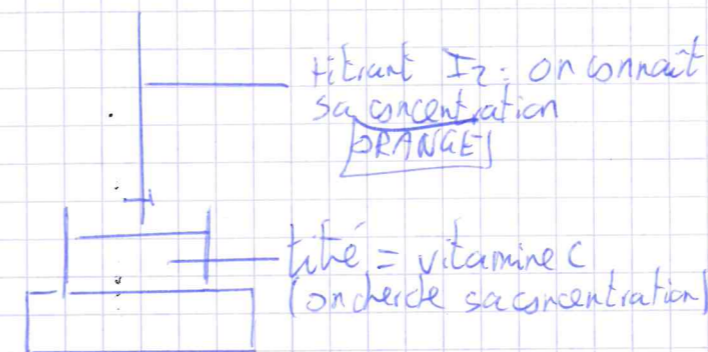
burette: I_2 à $c = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

volume versé à l'équivalence: $V_E = 14,2 \text{ mL}$

- 1) valeur à l'équivalence?
- 2) calculer $[C_6H_8O_6]$, comparer à l'étiquette.

Réponses

1) Faire un schéma



I_2 est orange

À début le bécher = solution incolore car on n'a pas versé I_2

À l'équivalence toute la vitamine C est consommée. À la goutte suivante de I_2 , I_2 n'est pas consommé donc le milieu passe de l'incolore à l'orange

2) À l'équivalence les réactifs sont dans les proportions stoechiométriques:

$$\frac{n(C_6H_8O_6)}{1} = \frac{n(I_2)}{1} \quad [C_6H_8O_6] \cdot \frac{V(C_6H_8O_6)}{10 \text{ mL}} = c' \cdot V_E$$

$$\text{soit } [C_6H_8O_6] = \frac{c' \cdot V_E}{V(C_6H_8O_6)} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 14,2 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

Étiquette: $10 \text{ mL} = V = 10 \cdot 10^{-3} \text{ L}$

$$m = 5 \text{ mg} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

$$M(C_6H_8O_6) = 6 \times 12 + 8 \times 1 + 6 \times 16 = 176 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{176} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$c = [C_6H_8O_6] = \frac{n}{V} = \frac{2,8 \cdot 10^{-5}}{10 \cdot 10^{-3}} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

→ même valeur donc dosage correct

CH04 Structure et polarité d'une entité

Schéma de Lewis.

- on connaît Z (numéro atomique) de l'atome, on trouve sa structure de Lewis
- électrons célibataires: •
- doublets d'électrons non-liants: |

A connaître: $\text{H} \cdot \cdot \text{C} \cdot \cdot \text{O} \cdot \cdot \text{N} \cdot \cdot \text{Cl} \cdot \cdot \text{F} \cdot \cdot$

Chlore Cl $Z=17$ 17 électrons
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$



Au delà de 4 célibataires on les associe en doublets.

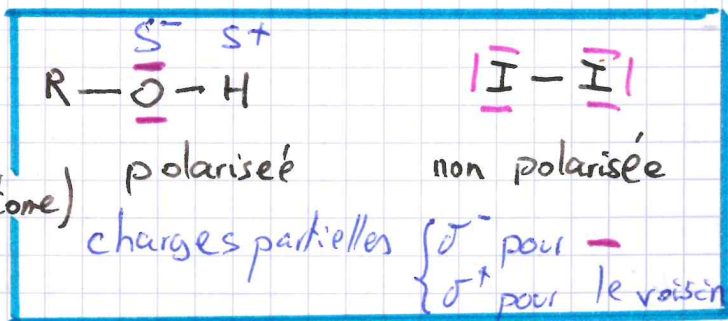
- Pour les molécules: créer des liaisons entre atomes. 8 électrons autour de chaque atome



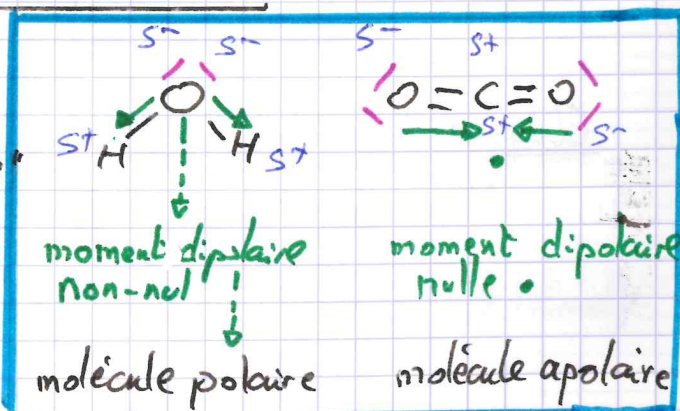
Géométrie				
CH_4	Tétraédrique	$\text{H} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$	H_2O	Courbée $\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
NH_3	Pyramidale	$\text{H} \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$	CH_2O	Triangulaire $\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
			CO_2	Linéaire $\text{O} = \text{C} = \text{O}$

Polarité.

- Une liaison peut être polarisée s'il y a présence de doublets non-liants (électronégativité atome)



- une molécule est polaire si l'ensemble des liaisons polarisées forment globalement un "moment dipolaire"



Bonne affinité entre molécules polaires
entre molécules apolaires

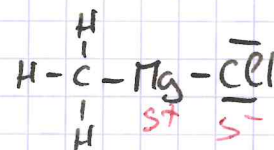
CO_2 apolaire se dissout mal dans l'eau polaire
 CH_4 polaire se dissout bien dans l'eau polaire

n°37 p.79

CH_3MgCl schéma de Lewis
molécule polaire?

Réponse: voir classification périodique.

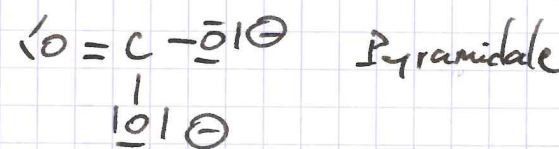
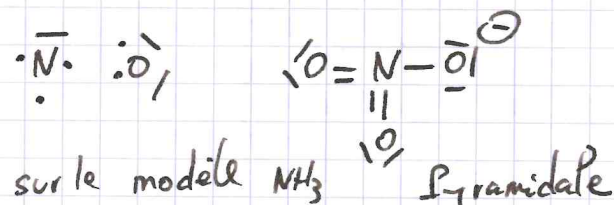
$Z(\text{C})=6$ $1s^2 2s^2 2p^2$
 $Z(\text{H})=1$ $1s^1$
 $Z(\text{Mg})=12$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
 $Z(\text{Cl})=17$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$



une liaison au moins est polarisée
un moment dipolaire existe: la molécule est polaire

n°40 p.79

Géométrie du nitrate NO_3^- ?
 CO_3^{2-} ?



CH05 Solubilité et miscibilité.

1. Cohésion des solides.

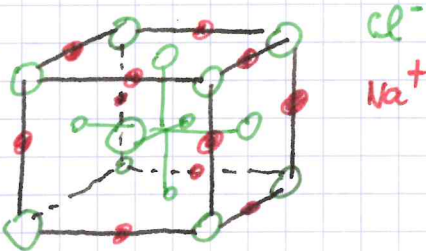
en 1G: 2 types de solides.

solides ioniques

= anions + cations ordonnés

cohésion = Forces électrostatiques $\propto \frac{q_1 q_2}{AB^2}$

(ex) NaCl constitué de cation Na^+ , d'anion Cl^-

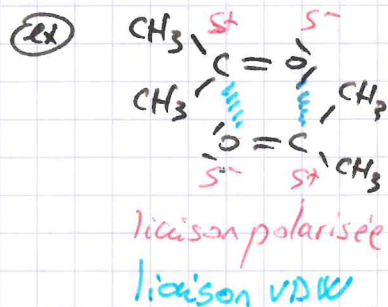


solides moléculaires

= molécules

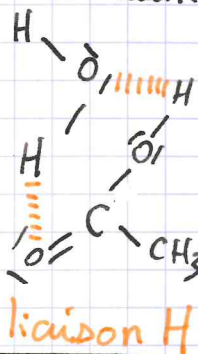
cohésion = interactions faibles

• VDW (van der Waals) par liaison polarisée.



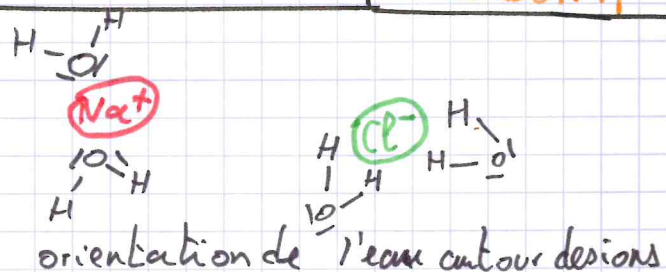
liaison Hydrogène

entre 1 atome H et 1 autre atome



2. Dissolution

- Dissociation des ions du solide
- Hydratation (solvatation) des ions
- Dispersion des ions dans le solvant

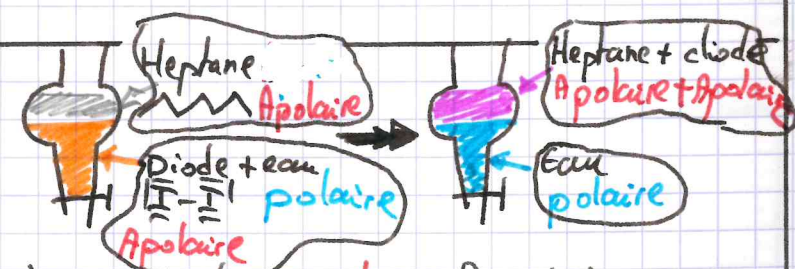


3. Extraction par solvant.

solubilité: concentration maxi d'une espèce dans l'eau

NaCl: $\lambda = 360g/L$

I_2 apolaire est miscible dans l'heptane apolaire



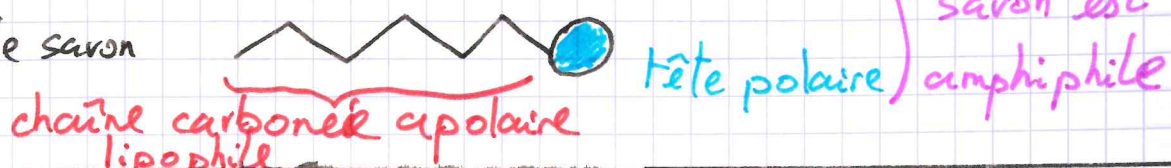
les molécules apolaires forment 1 même phase
les molécules polaires forment 1 phase à part

4. Hydrophilie, Lipophilie, Amphiphilie

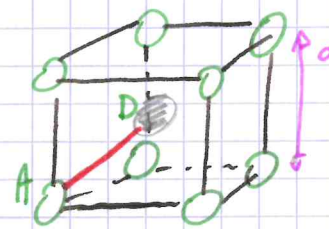
affinité avec l'eau affinité avec les graisses

molécules polaires

exemple: le savon



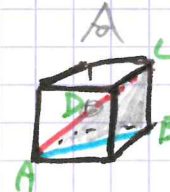
n°9 p.95



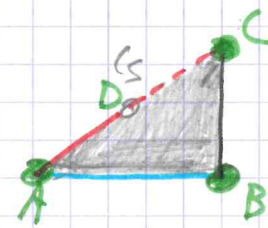
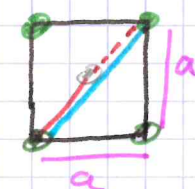
- (scl) 1) ionique ou moléculaire?
2) interactions mises en jeu?
3) distance $Cl-Cl$?
4) comparer les interactions.

ionique car contient des ions.
• électrostatiques $\propto \frac{q_1 q_2}{AB^2}$
• distance ✓

réponse 3:



vue de dessus



on cherche AD: • AB = diagonale du carré de base.

$$AB^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$$

$$AB = a\sqrt{2}$$

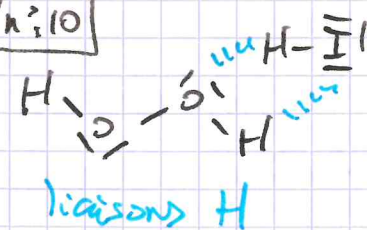
• dans ABC: $AC^2 = AB^2 + BC^2$
 $AC^2 = 2a^2 + a^2 = 3a^2$
 $AC = \sqrt{3} \cdot a$
 $AD = \frac{AC}{2} = \frac{\sqrt{3} \cdot a}{2}$

réponse 4: $a > AD$

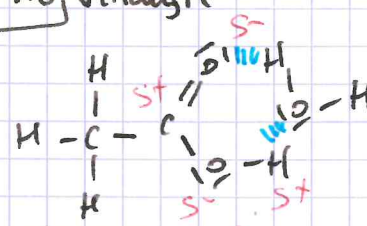
distance (Cl|Cl) > distance (Cl|Cs)

$F(Cl|Cl) < F(Cl|Cs)$ inversement proportionnelles
répulsion < attraction → cohésion assurée par l'attraction

n°10

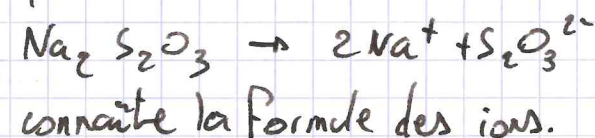


n°18 vinaigre

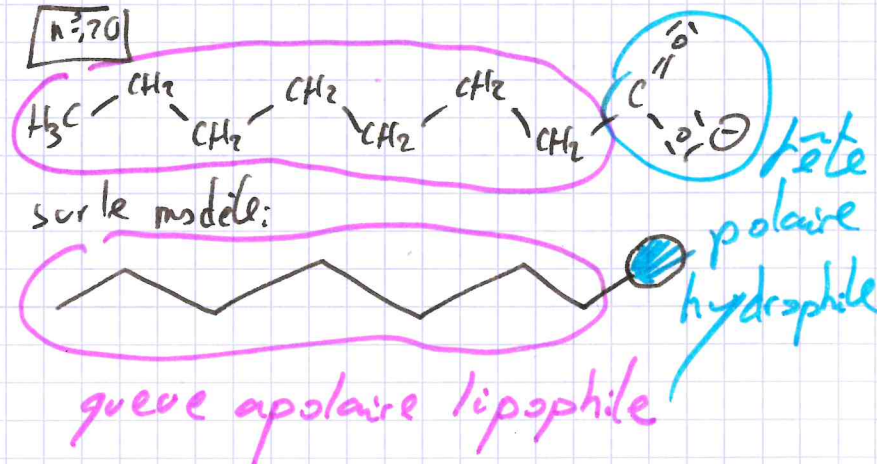


se dissout dans l'eau par formation de liaisons H

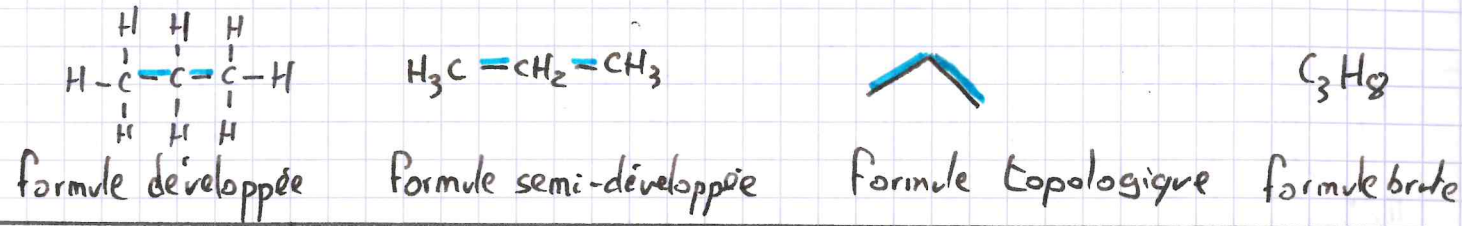
n°13 Equation dissolution



n°20



CH06 Structure des entités organiques.

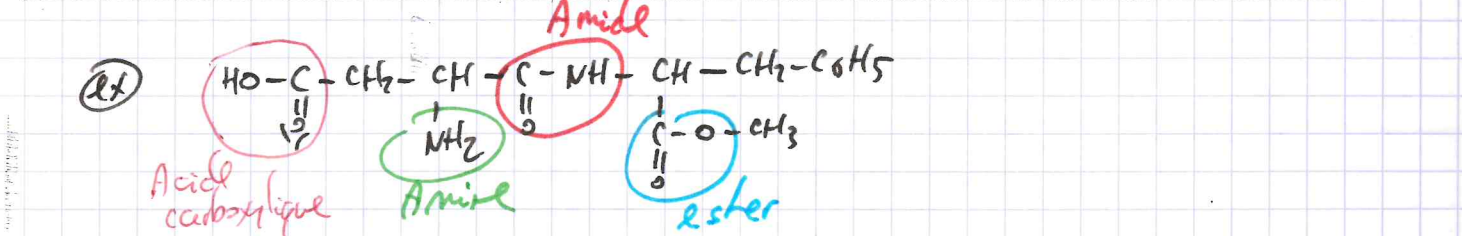


nom	méth	éth	prop	but	pent	hex	hept	oct	non	dec
nbre de carbone	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C

(*) $CH_3-CH_2-CH_3$ 3C propane une car fait de la famille des alcanes

Groupes	CeH	OH hydroxyle	$\begin{array}{c} O \\ \\ C-H \end{array}$ carbonyle	$\begin{array}{c} O \\ \\ C \end{array}$ carbonyle	$\begin{array}{c} O \\ \\ C-OH \end{array}$ carboxyle
Familles	Alcane	Alcool	Aldéhyde	Cétone	Acide carboxylique

Groupes	$C=C$ Alcène	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-R \end{array}$ carboxyle	N -amine	$\begin{array}{c} O \\ \\ C-N \end{array}$ Amide
Familles	Alcène	Ester	Amine	Amide



Nomenclature

Alcane ramifié

$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

① chaîne carbonée la longue: 7C Heptane
 ② ramifications: méthyle
 ③ ramification: éthyle
 ④ Numérotor la chaîne

4-éthyle, 5-diméthylheptane

avant m dans l'alphabet pour signifier "2 fois"

Alcool Hydroxyle

$CH_3-CH_2-CH(CH_2CH_3)-CH(OH)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

OH donne la priorité de la numérotation

3-éthyl oct-4-ol

position de OH terminaison des Alcools

Aldéhyde

$CH_3-CH_2-CH(CH_2CH_3)-CH(CH_3)-CHO$

groupe carbonyle

2-éthyl-4-diméthylpentanal

bonne le début de la numérotation

Alcène

$CH_3-CH(CH_3)-CH=CH-CH_3$

4-méthylpent-2-ène

donne la priorité pour la double liaison

Cétone

$CH_3-C(CH_3)_2-C(=O)-CH_2-CH_3$

groupe carbonyle

2,2-diméthylpentan-3-one

Amine

$CH_3-CH_2-N(CH_3)_2$

N,N-diméthyléthylamine

Acide carboxylique

$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-COOH$

groupe carboxyle

Acide 3-méthylbutanoïque

Amide

$CH_3-CH(CH_3)-CO-NH-CH_2-CH_3$

3-méthylbutanoate d'éthyle

Ester

$CH_3-CH(CH_3)-CO-O-CH_2-CH_3$

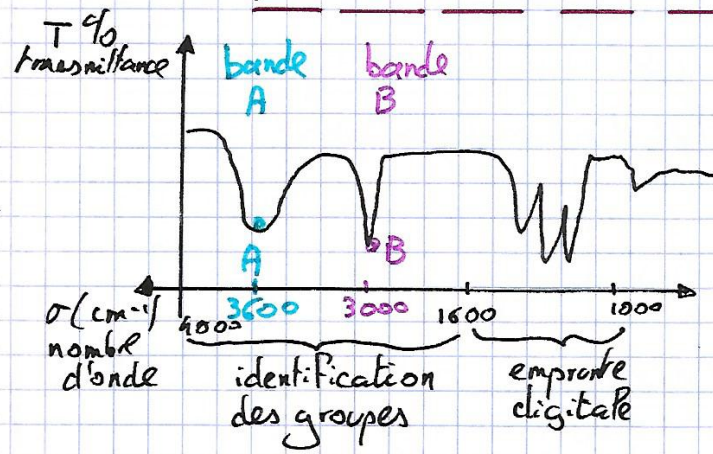
groupe carboxyle

3-méthylbutanoate d'éthyle

Identification des groupes par spectre I.R.

Une onde I.R. est absorbée par la molécule à identifier

Les spectromètres détectent l'énergie absorbée : on mesure le rayonnement transmis (s'il est faible, on dit que la transmittance est faible).



Méthode:

- lire sur le graphe le nombre d'onde associé à chaque bande A et B
- lire dans le tableau de référence donné la nature du groupe.

A 3600 cm⁻¹ O-H Alcool 3600 cm⁻¹

B 3000 cm⁻¹ C-H Alcane 3000 cm⁻¹

graphe

tableau

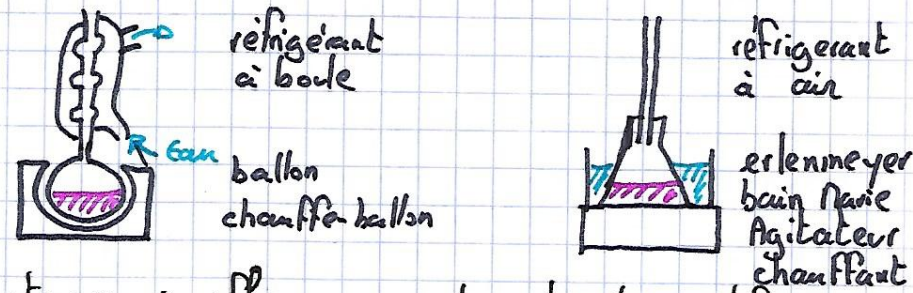
on en déduit la nature des liaisons: O-H (hydroxyle)

la nature de la molécule: C-H Alcool

CH07 Synthèse d'espèces organiques.

4 Etapes dans la synthèse

La Réaction



Montages à reflux: → pas de pertes de réactifs ou produits grâce au réfrigérant réactifs et produits condensés.

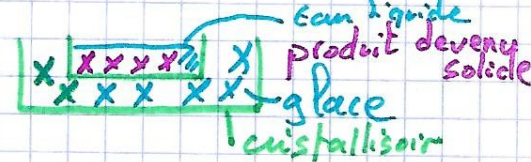
Les extractions = isoler du mélange le produit brut

extraction liquide-liquide



si tous les produits et réactifs sont liquides

extraction solide-liquide cristallisation



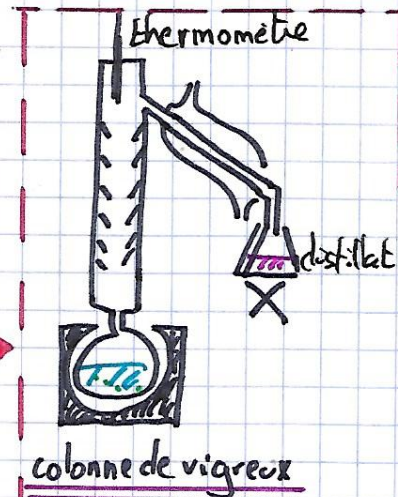
Au contact du froid, le produit se cristallise. Les autres restent liquides.

on sépare alors le produit par filtration Büchner: l'aspiration permet une filtration rapide.

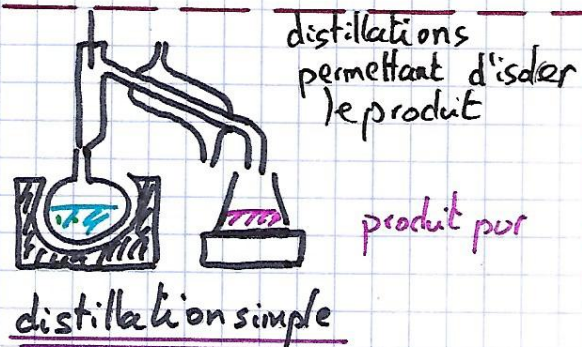
product solide



La purification = retirer les impuretés du produit brut pour obtenir le produit purifié.



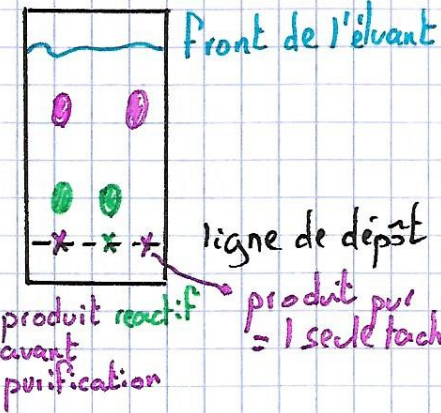
colonne de vigreux



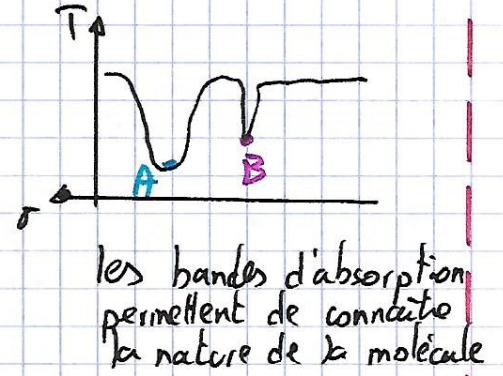
distillation simple

L'identification du produit

CCM chromatographie sur couche mince



spectre I.R.



Rendement de la synthèse

$$r = \frac{n(\text{obtenue})}{n(\text{attendue})} \cdot 100$$

$n(\text{obtenue})$: quantité de produit réellement obtenue
 $n(\text{attendue})$: quantité de produit si la réaction est totale (réactif limitant totalement consommé)

n° 27 p. 145

	① A	+ ③ B	⇒	3 C	+ D
(E.D)	$1,6 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$		0	0
(E.F)	$1,6 \cdot 10^3 - x_f$	$1,2 \cdot 10^4 - 3x_f$		$3x_f$	x_f
	= 0			$= 3 \times 1,6 \cdot 10^3$	$= 1,6 \cdot 10^3$
				$= 4,8 \cdot 10^3$	

on connaît: $m(A) = 1,0 \text{ tonne}$
 $M(A) = 638 \text{ g/mol}$
 $C(B) = 6,0 \text{ mol/L}$
 $V(B) = 2000 \text{ L}$

$$n(A) = \frac{m}{M} = \frac{1000 \cdot 10^3}{638}$$

$$n(A) = 1,6 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

$$n(B) = C \cdot V = 6 \cdot 2000$$

$$n(B) = 1,2 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

$$n(C) = \frac{m}{M} = \frac{1300 \cdot 10^3}{222}$$

$$n(C) = 5,9 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

$m(C) = 1,3 \text{ tonne}$
 $M(C) = 222 \text{ g/mol}$
 masse de produit réellement obtenue

$$r = \frac{n(\text{obtenue})}{n(\text{attendue})} \cdot 100 = \frac{5,9 \cdot 10^3 \text{ mol}}{4,8 \cdot 10^3} \cdot 100$$

$$r = 122\%$$

le rendement ne peut pas dépasser 100% : le produit pesé $m(C)$ n'est donc pas pur.

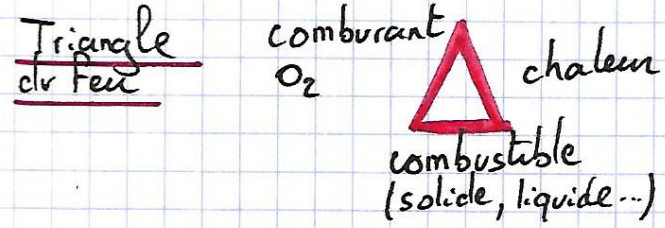
Réactif limitant

$$x_f = 1,6 \cdot 10^3 = \frac{n(A)}{1} < \frac{n(B)}{3} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

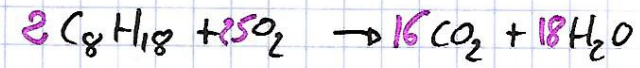
② A est limitant : $x_f = 1,6 \cdot 10^3 \text{ mol}$
 on en déduit $n(\text{attendue})$ qui est ici $n(C) = 4,8 \cdot 10^3 \text{ mol}$ (voir tableau)

CH08 Conversion d'énergie stockée dans la matière organique.

La combustion



combustion complète \Rightarrow $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ Formés



- \hookrightarrow Equilibrer C
- \hookrightarrow Equilibrer H
- \hookrightarrow Equilibrer O

combustion incomplète \rightarrow $\text{CO}, \text{C}, \text{NO}_x, \text{SO}_x$ Formés.

Energie libérée

① On connaît l'énergie libérée par chaque type de liaison:

- $E(\text{C}-\text{C}) = 348$

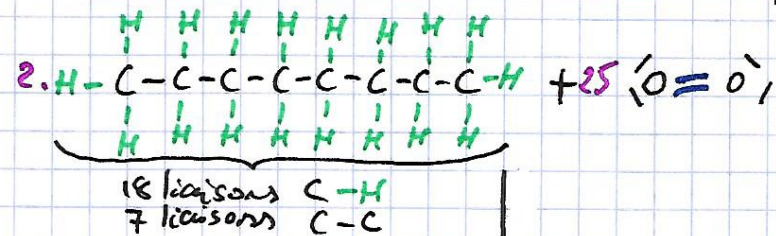
- $E(\text{C}-\text{H}) = 410$

- $E(\text{O}=\text{O}) = 494$

- $E(\text{O}-\text{H}) = 460$

- $E(\text{C}=\text{O}) = 795$

② Ecrire l'équation de combustion en développée:



$$2 \times (18E(\text{C}-\text{H}) + 25E(\text{O}=\text{O}) + 2 \cdot 7 \cdot E(\text{C}-\text{C}))$$

$$16 \cdot 2 \cdot E(\text{C}=\text{O}) + 18 \cdot E(\text{O}-\text{H})$$

③ Energie libérée notée $\Delta_r H^\circ$

$$\Delta_r H^\circ = (\text{Energies Réactifs}) - (\text{Energies produits})$$

$$\Delta_r H^\circ = 2 \times 18 \times E(\text{C}-\text{H}) + 25E(\text{O}=\text{O}) - 16 \times 2 \times E(\text{C}=\text{O}) - 18E(\text{O}-\text{H}) \times 2 + 2 \cdot 7 \cdot E(\text{C}-\text{C})$$

$$\Delta_r H^\circ = 36 \times 410 + 25 \times 494 - 32 \times 795 - 18 \times 460 + 14 \times 348$$

$$\Delta_r H^\circ = -10\,000 \text{ kJ/mol}$$