LES ETATS DE LA MATIÈRE ET LES FORCES INTERMOLÉCULAIRES

OBSERVATION EXPÉRIMENTALE

Des cristaux de diiode passent 'facilement' à l'état gazeux à température ambiante => pourquoi ?

$I_2(s) \longrightarrow I_2(g)$



https://www.reddit.com/r/chemistry/comments/6zovwq/the_iodine_myth/

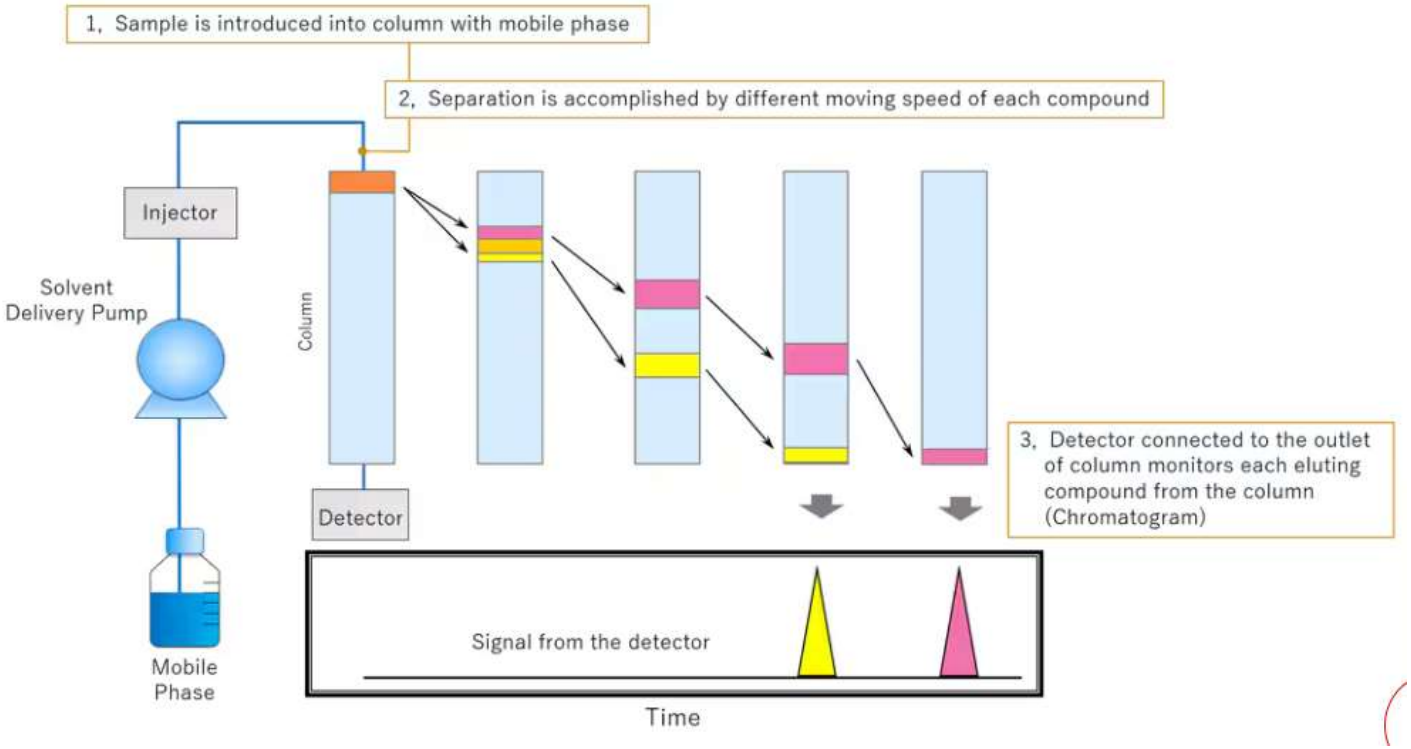
APPLICATION LABO:
SÉPARATION D'UN MÉLANGE DE COLORANTS PAR CCM

		
avant l'élution	pendant l'élution	après l'élution

http://lelabovirtuel.free.fr/lelabovirtuel/2de/tp%20chimie/tp4%20chromatographie.htm

Pourquoi les molécules de colorants ne montent-elles pas toutes à la même vitesse ?

TECHNIQUES D'ANALYSES BIOMÉDICALES



https://www.shimadzu.fr/service-support/technical-support/liquid-chromatography/overview/overview_of_lc.html

OBJECTIFS DU CHAPITRE

- Identifier les états de la matière
- Distinguer les forces intra- et intermoléculaires
- Expliquer les propriétés physiques des composés (T° de changement d'état, solubilité) sur base de ces forces
- Relier des observations expérimentales à ces notions

LA MATIÈRE DANS TOUS SES ÉTATS

LES 3 ÉTATS DE LA MATIÈRE



Etat **solide (cristallin)**

- Forme propre et volume propre
- Particules proches, peu mobiles et organisées

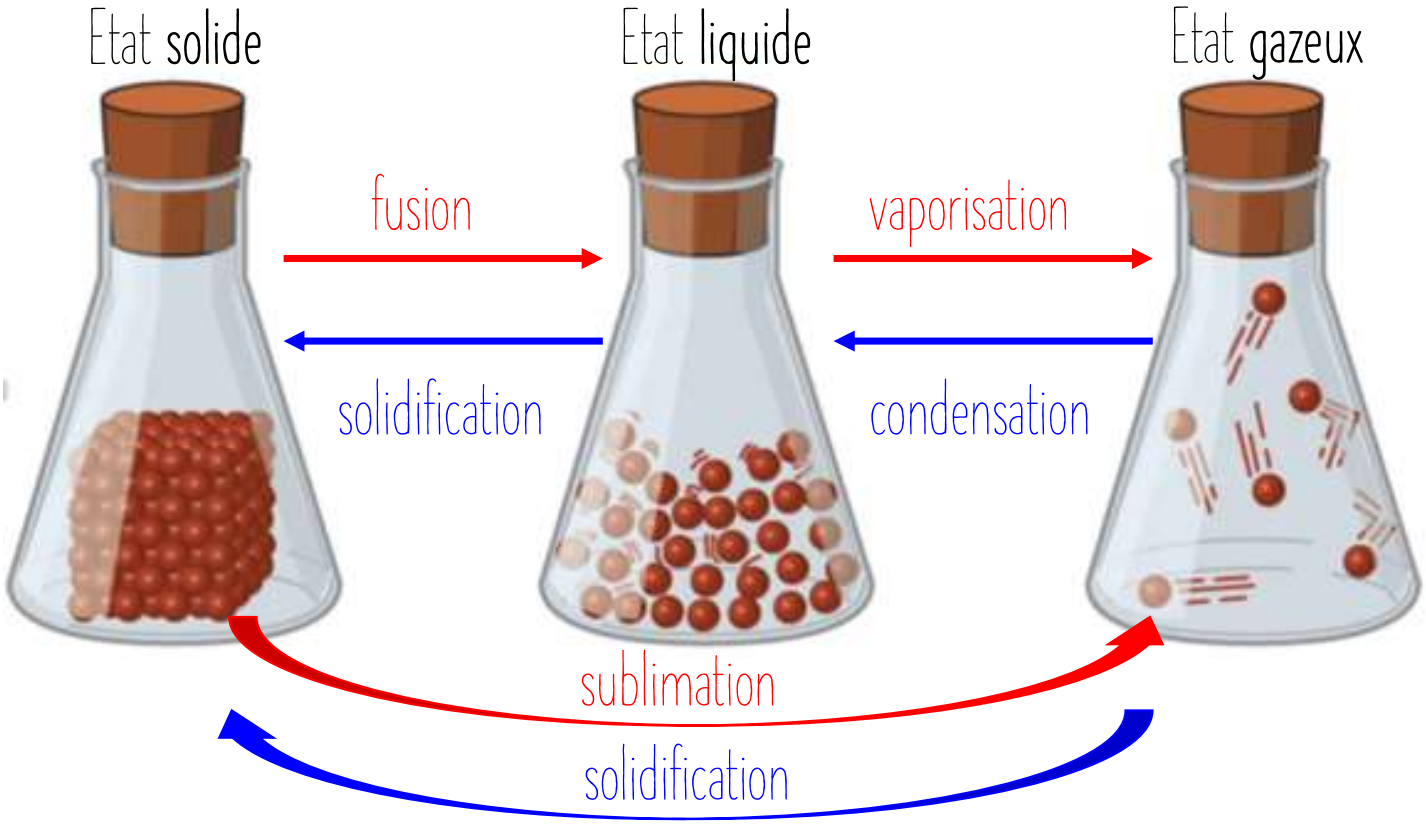
Etat **liquide**:

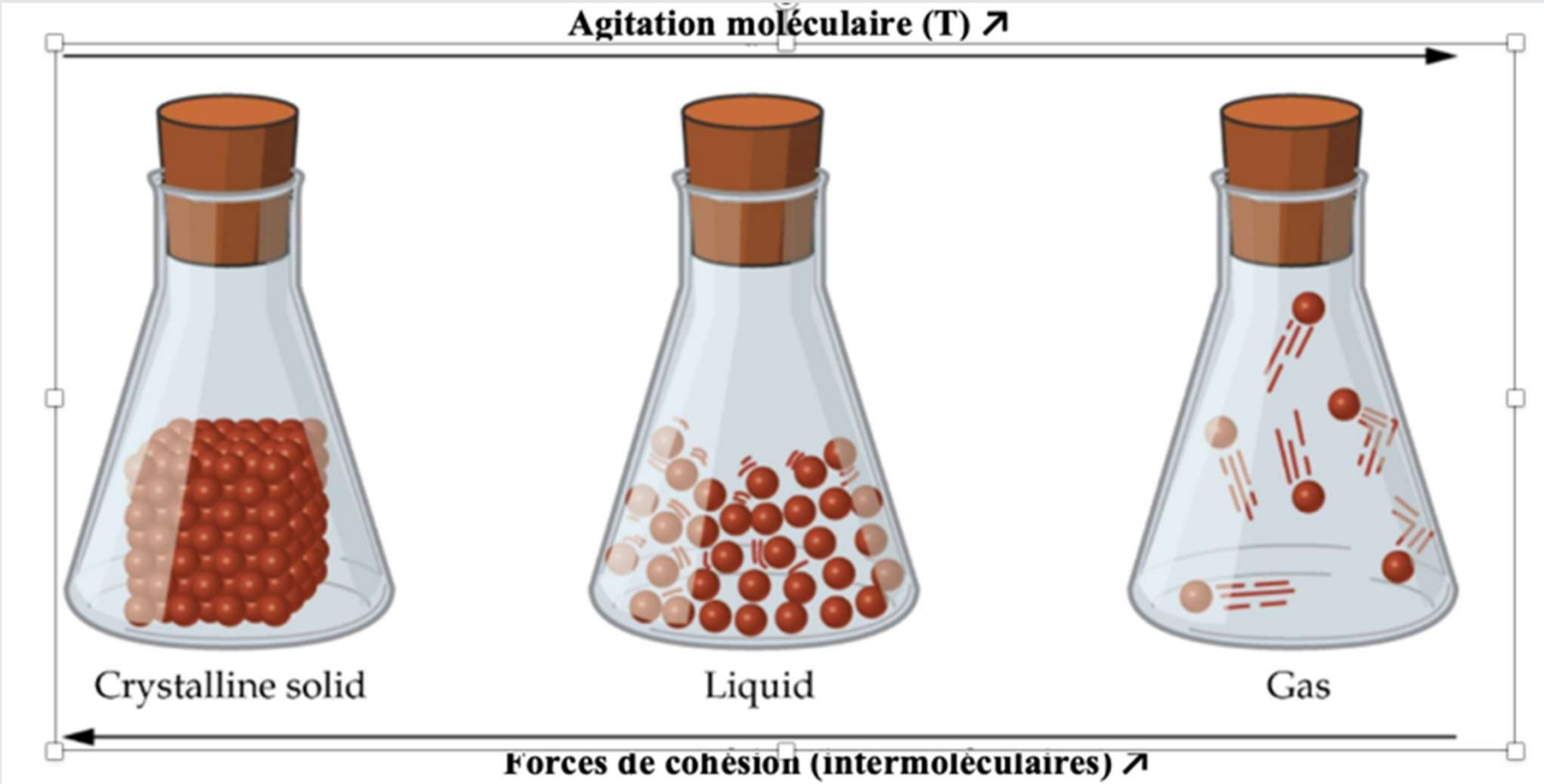
- Volume propre mais pas de forme propre
- Particules proches mais mobiles et peu organisées

Etat **gazeux**:

- Ni volume propre ni forme propre
- Particules éloignées, très mobiles et désorganisées

LES CHANGEMENTS D'ÉTAT





https://ecampusontario.pressbooks.pub/genchempourlesgeegees/chapter/2-1-forces-

L'ÉNERGIE DES LIAISONS

Liaisons INTRAmoléculaires (DANS les molécules)

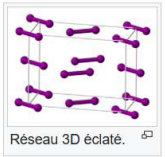
Les liaisons ionique et covalente ont une ENERGIE ELEVEE comprise entre 100 et 800 KJ/mol

Liaisons INTERmoléculaires (ENTRE les molécules)

- Les forces intermoléculaires sont des interactions de FAIBLE ENERGIE (< 50 KJ/mol)
- Parmi celles-ci, on distingue:
  - les forces de Van der Waals (VdW)
  - les liaisons hydrogène.

Exemple: dans le diiode I_2, la liaison covalente I-I est forte (intramoléculaire) mais les interactions de VdW entre molécules de I_2 sont faibles (intermoléculaires)

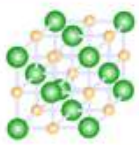

Échantillon de diiode.


Réseau 3D éclaté.

POINT D'ATTENTION

Pour les composés ioniques càd les sels (ex: NaCl)

- On ne parle pas vraiment de molécules mais d'un empilement de cations et d'anions
- Entre les cations et les anions, présence de forces d'attraction électrostatique de forte intensité (liaison ionique) => forte cohésion

Exemples	Propriétés
Cristal de sel Chlore (Cl^-) Sodium (Na^+)  	Point de fusion très élevé Solubles dans l'eau

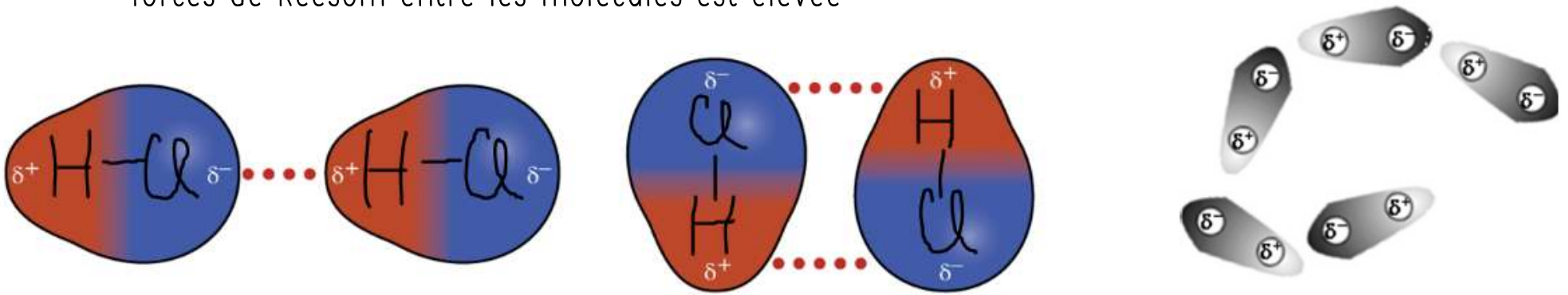
LES FORCES INTERMOLÉCULAIRES DE VAN DER WAALS (< 20 KJ/MOL)

Il s'agit par **ordre décroissant d'intensité** :

1. des forces de **Keesom** (orientation)
2. des forces de **Debye** (induction)
3. des forces de **London** (dispersion)

LES FORCES D'ORIENTATION DE KEESOM (DIPÔLE-DIPÔLE)

- Ce sont des forces d'attraction électrostatique entre des MOLECULES POLAIRES
- Les molécules s'orientent car le pôle **δ**+ de l'une attire le pôle **δ**- de l'autre, de proche en proche
- Plus la différence d'électronégativité (**Δ**EN) est élevée au sein des molécules, plus l'intensité des forces de Keesom entre les molécules est élevée



QUESTIONS

a) Parmi les molécules suivantes, quelles sont celles qui donnent lieu à des interactions intermoléculaires de type dipolaire (Keesom) ? Justifie ta réponse.

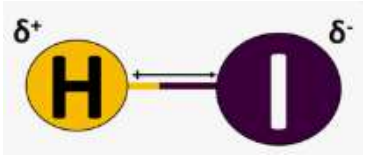
$$HI - I_2 - BI_3 - NH_3 - CO_2 - H_2O$$

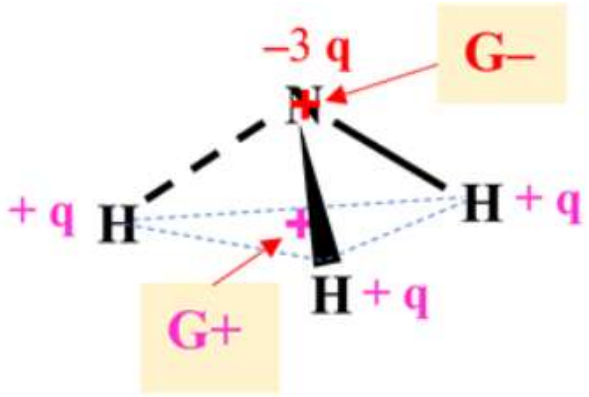
b) Classe les molécules repérées en a) par ordre croissant d'intensité des forces de Keesom.

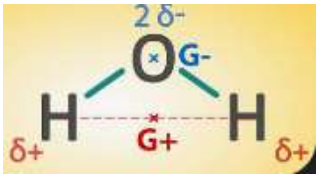
Justifie ta réponse.

RÉPONSES

HI - I_2 - BI_3 - NH_3 - CO_2 - H_2O présentent des forces de Keesom car ces molécules sont polaires







ΔEN = 2,5 - 2,1 = 0,4 ΔEN = 3,0 - 2,1 = 0,9 ΔEN = 3,5 - 2,1 = 1,4

Intensité des forces de Keesom augmente

LES FORCES INTERMOLÉCULAIRES DE VAN DER WAALS (< 20 KJ/MOL)

Il s'agit par **ordre décroissant d'intensité** :

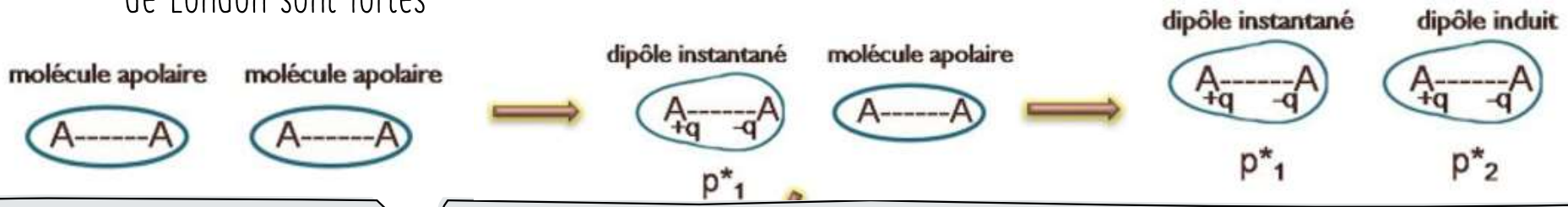
1. des forces de **Keesom** (orientation)
2. des forces de **Debye** (induction)
3. des forces de **London** (dispersion)

LES FORCES DE DISPERSION DE LONDON (DIPÔLE INSTANTANÉ-DIPÔLE INDUIT)

- Ces forces s'établissent entre des MOLECULES APOLAIRES
- Un dipôle instantané ou temporaire se forme au niveau d'une des molécules
- Celui-ci induit un dipôle dans une molécule voisine

=> attraction électrostatique entre ces deux charges partielles et contraires

- Plus une molécule est grande et possède d'électrons, plus son nuage est facile à déformer et plus les forces de London sont fortes



QUESTIONS

a) Parmi les molécules suivantes, quelles sont celles qui donnent lieu à des interactions intermoléculaires de type dipôle induit-dipôle induit (London) ? Justifie ta réponse.

I_2 - CO - CH_4 - CH_2Cl_2 - CCl_4

b) Classe les molécules repérées en a) par ordre croissant d'intensité des forces de London. Justifie ta réponse.

RÉPONSES

I_2 - CO - CH_4 - CH_2Cl_2 - CCl_4 présentent des forces de London car ces molécules sont apolaires

Taille des molécules: $I_2 < CH_4 < CCl_4$



Intensité des forces de London augmente

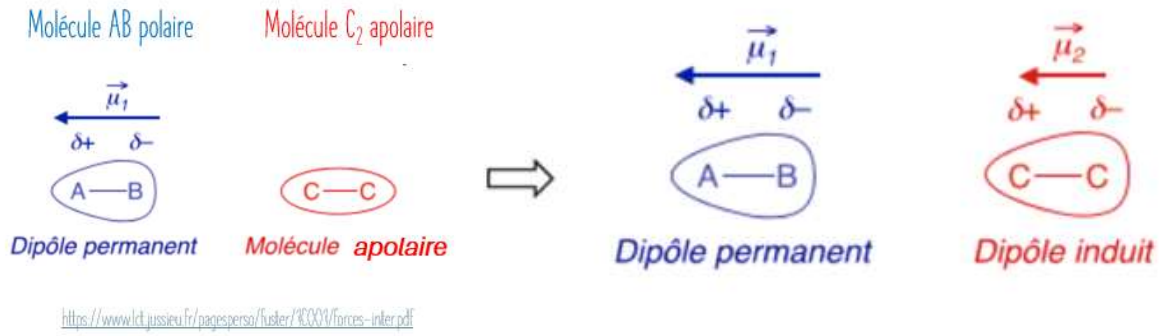
LES FORCES INTERMOLÉCULAIRES DE VAN DER WAALS (< 20 KJ/MOL)

Il s'agit par **ordre décroissant d'intensité** :

1. des forces de **Keesom** (orientation)
2. des forces de **Debye** (induction)
3. des forces de **London** (dispersion)

LES FORCES D'INDUCTION DE DEBYE (DIPÔLE-DIPÔLE INDUIT)

- Ces forces s'établissent entre molécules POLAIRES et molécules APOLAIRES
- Une molécule possédant un dipôle permanent (polaire) crée un champ électrique qui déforme le nuage électronique d'une molécule voisine (apolaire), y induisant un dipôle
- L'effet d'induction augmente avec la polarité de la molécule polaire et avec la taille de la molécule apolaire



https://www.lct.jussieu.fr/pagesperso/fuster/%CCCV/forces-inter.pdf

EN RÉSUMÉ

- Les forces de VdW regroupent trois types d'interactions attractives

Type	Nature	Exemple	Intensité
Keesom (dipôle-dipôle)	Entre molécules polaires permanentes	HCl, H_2O	Moyenne (augmente avec la différence d'électronégativite)
Debye (dipôle-dipôle induit)	Molécule polaire induit un dipôle chez une apolaire	H_2O <-> I_2	Faible à moyenne
London (dipôle instantané-dipôle induit)	Mouvements instantanés des e- créent des dipôles temporaires chez les molécules apolaires	I_2	Faible (augmente avec la taille donc avec la masse molaire)

- Ces forces expliquent la cohésion entre molécules neutres
- Toutes les molécules possèdent au moins des forces de dispersion de London

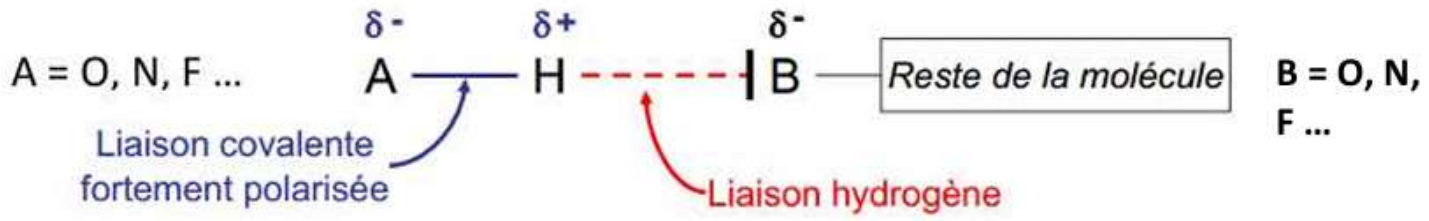
LA LIAISON HYDROGÈNE (20-40 KJ/MOL)

H_2O - NH_3 - CH_4

Pourquoi l'eau est-elle liquide à température ambiante alors que de petites molécules comparables sont gazeuses ?

LA LIAISON HYDROGÈNE (20-40 KJ/MOL)

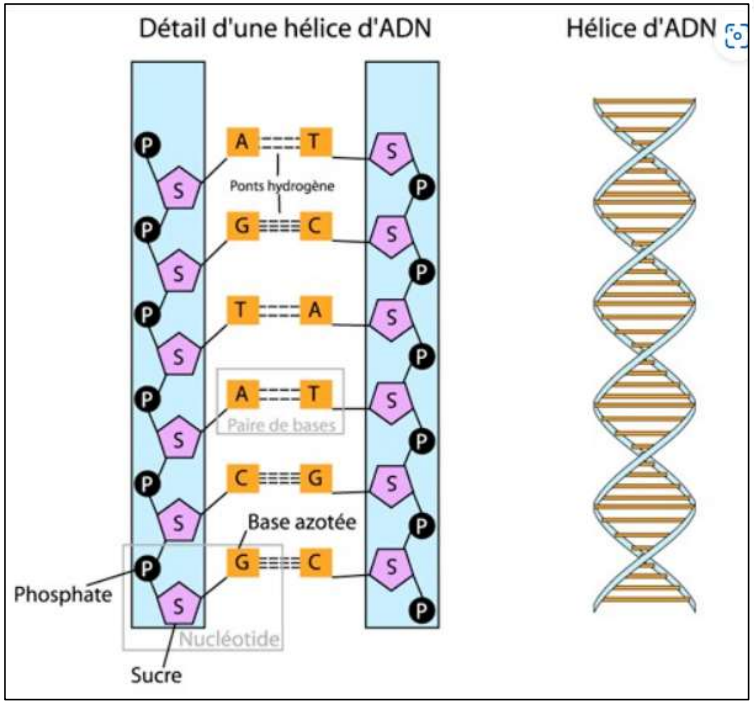
- Attraction électrostatique entre un atome d'H lié par covalence à un atome A très électronégatif et un atome B très électronégatif porteur d'un doublet non liant



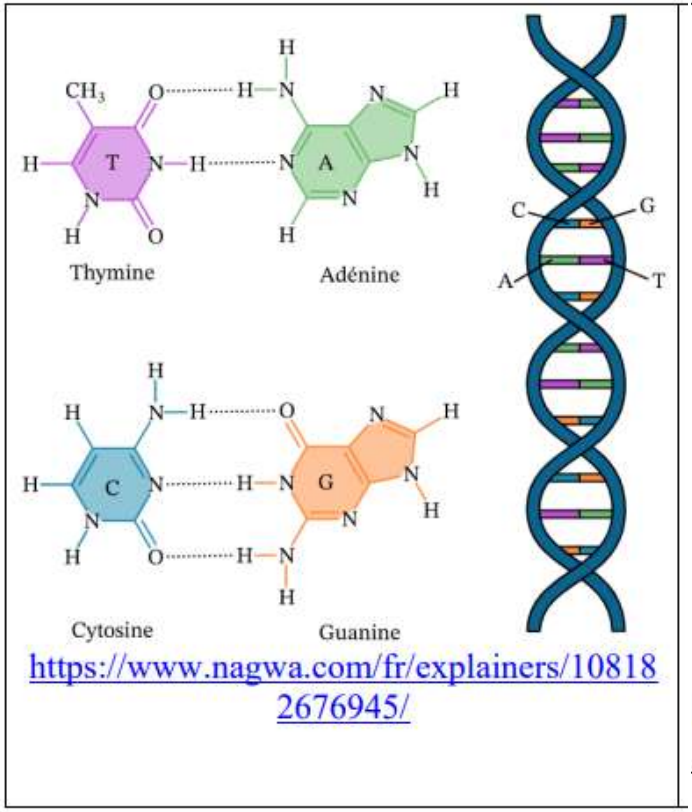
LA LIAISON HYDROGÈNE : APPLICATIONS

https://www.tiktok.com/@5sigmascience/video/7653508131611331873

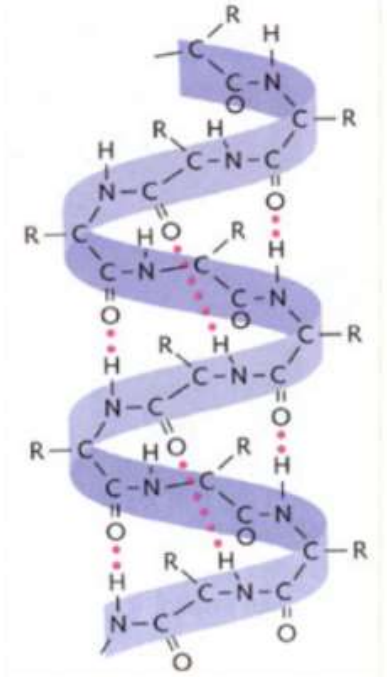
LA LIAISON HYDROGÈNE : APPLICATIONS



Structure ADN - ADN, une molécule universelle et variable/La structure universelle de la molécule d'ADN — Wikiversité (wikiversity.org)



https://www.nagwa.com/fr/explainers/108182676945/



https://www.afblum.be/bioafb/syntprot/syntprot.htm

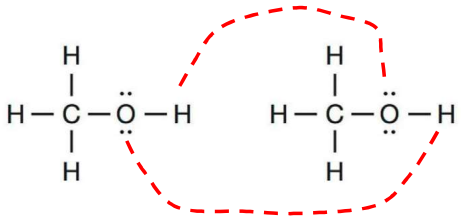
QUESTIONS

a) Lesquels des composés suivants donnent-ils lieu à des liaisons hydrogène ?

$$H_2O - CH_3CO_2H - CH_3COCH_3 - H_2Se$$

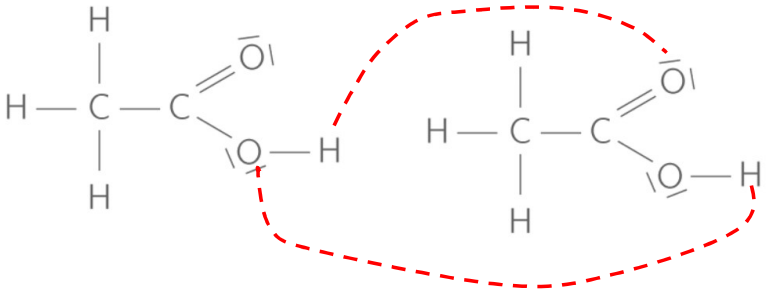
b) Pour chaque composé repéré en a), représente deux molécules côte à côte et dessine les liaisons hydrogène qui peuvent s'établir entre elles.

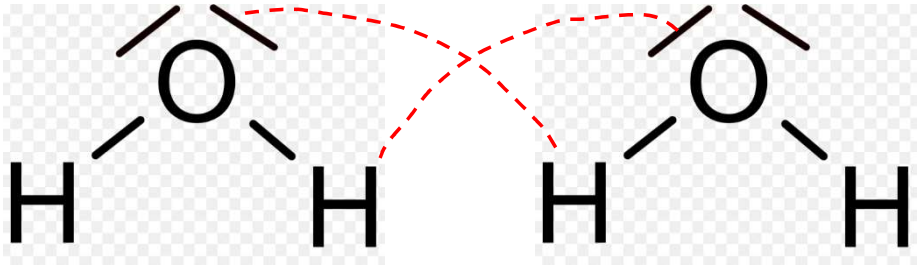
Exemple:

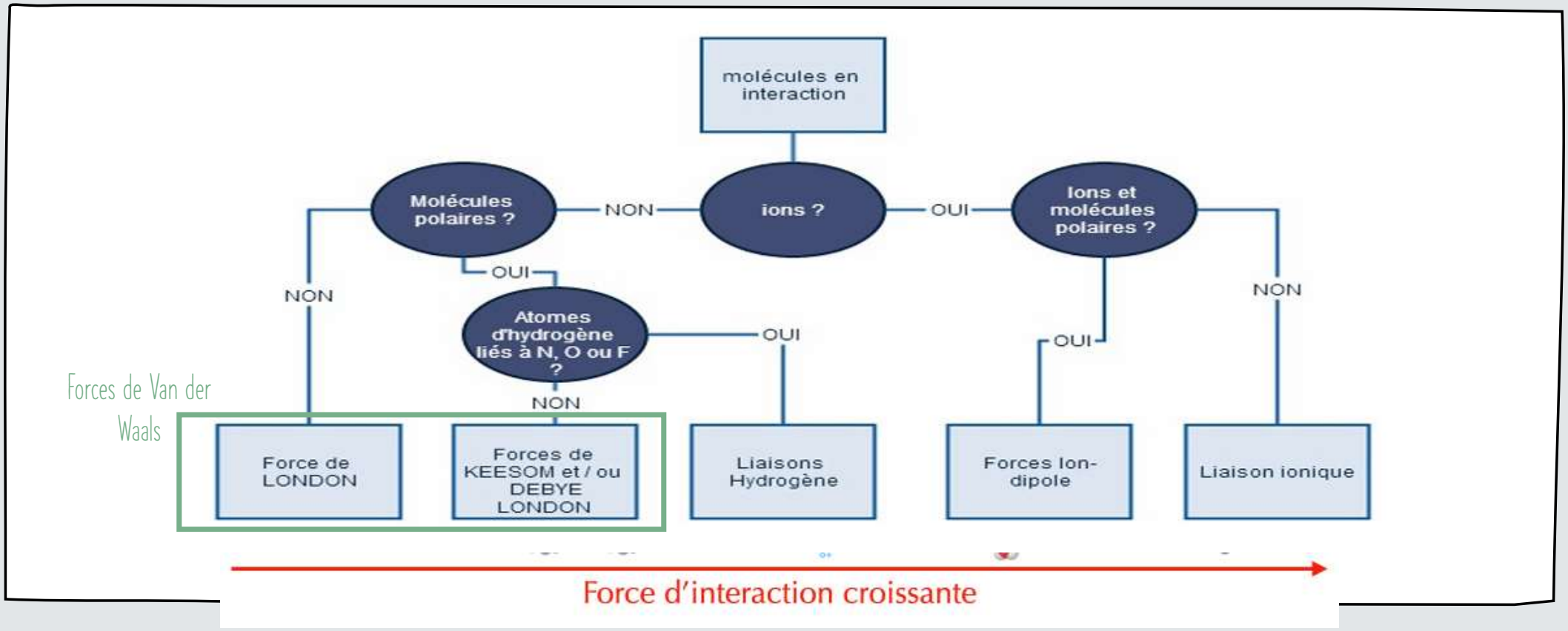


RÉPONSES

H_2O - CH_3CO_2H - CH_3COCH_3 - H_2Se donnent lieu à des liaisons hydrogène







QUELLES FORCES INTERMOLÉCULAIRES SONT PRÉSENTES ?

COMMENT EXPLIQUER LES PROPRIÉTÉS DE LA MATIÈRE À PARTIR DES FORCES INTERMOLÉCULAIRES ?

LES CHANGEMENTS D'ÉTAT

- Plus les forces intermoléculaires sont fortes, plus il faut fournir d'énergie (chaleur) pour séparer les molécules (état plus ordonné -> état moins ordonné) => Tf, Téb, Tsubl augmentent

- Exemples:
  - H_2O (VdW Keesom + ponts H) > H_2S (VdW Keesom) => glace fond à 0°C > H_2S(s) fond à -86 °C
  - I_2 -> VdW London ce qui explique la faible température de sublimation du diiode (20-25°C)

QUESTION

1. Classe les gaz rares du tableau périodique (famille VIIIa) par ordre croissant de température d'ébullition. Justifie ta réponse.

RÉPONSE

1. Les gaz rares sont des composés apolaires et présentent des interactions de VdW de London entre leurs molécules. Or, l'intensité des forces de London est faible et augmente avec la masse molaire (taille). Ceci explique que la Téb des gaz rares est basse et qu'elle augmente avec la masse molaire du gaz.

VIIIA	Téb (°C)
2 — He 4,003	-269
10 — Ne 20,183	-246
18 — Ar 39,95	-186
36 — Kr 83,8	-153
54 — Xe 131,30	-108
86 — Rn [222]	- 61,7

QUESTION

2. Quel acide a la température d'ébullition la plus élevée: l'acide chlorhydrique ou l'acide fluorhydrique? Justifie ta réponse.

RÉPONSE

2. Il s'agit de l'acide fluorhydrique.

Les liaisons hydrogène (présentes dans HF) sont bien plus fortes que les interactions dipôle-dipôle (présentes dans HCl).

Famille VIIa	Téb
HF	19°C
HCl	-84°C

L'ÉTAT DISSOUS

- Solution = $SOLVANT_{(l)}$ + $soluté(s)_{(g,l\ ou\ s)}$
- Règle générale « Qui se ressemblent, s'assemblent»

  Plus les molécules d'un soluté peuvent donner d'interactions avec celles d'un solvant et plus grande sera la solubilité dans ce solvant - il en est de même pour la miscibilité entre deux liquides

OBSERVATIONS EXPÉRIMENTALES

- Substances polaires miscibles entre elles (eau, éthanol, sucre,...)
- Substances non polaires miscibles entre elles (CCl_4, I_2, benzène, C_6H_{12},...)
- Solvants polaires dissolvent généralement bien les composés ioniques

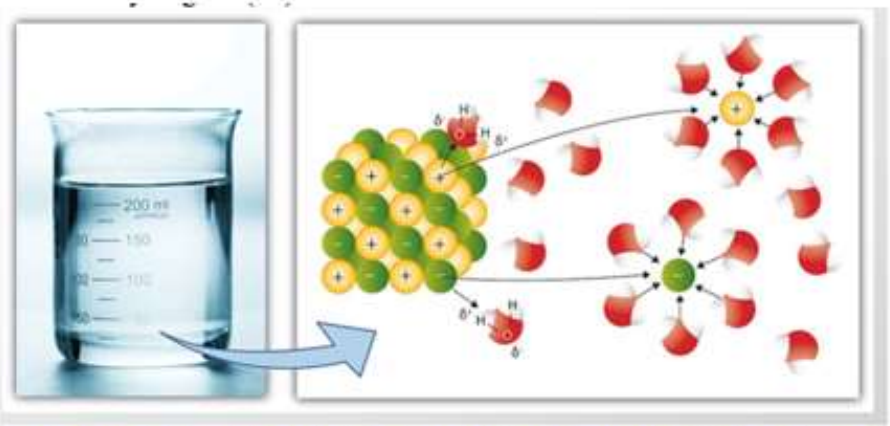
L'ÉTAT DISSOUS: DIFFÉRENTS TYPES DE SOLUTIONS

Solutions IONIQUES

La dissolution du soluté est favorisée par:

- La polarité du solvant
- La solvatation des ions par le solvant

Ex : l'eau salée $NaCl_{(s)} \rightarrow Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$



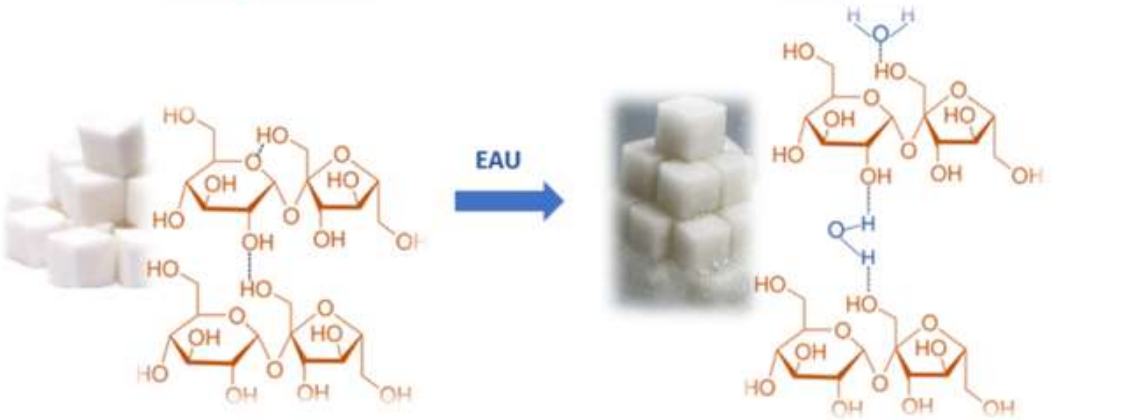
http://christrole.free.fr/premiereS/A%20Outils/1S%2005%20solvatation_fichiers/Page381.htm

L'ÉTAT DISSOUS: DIFFÉRENTS TYPES DE SOLUTIONS

Solutions MOLÉCULAIRES

La dissolution du soluté est favorisée par les interactions (forces de VdW, liaisons H) entre le soluté et le solvant

Ex : l'eau sucrée $C_{12}H_{22}O_{11}(s) \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11}(aq)$

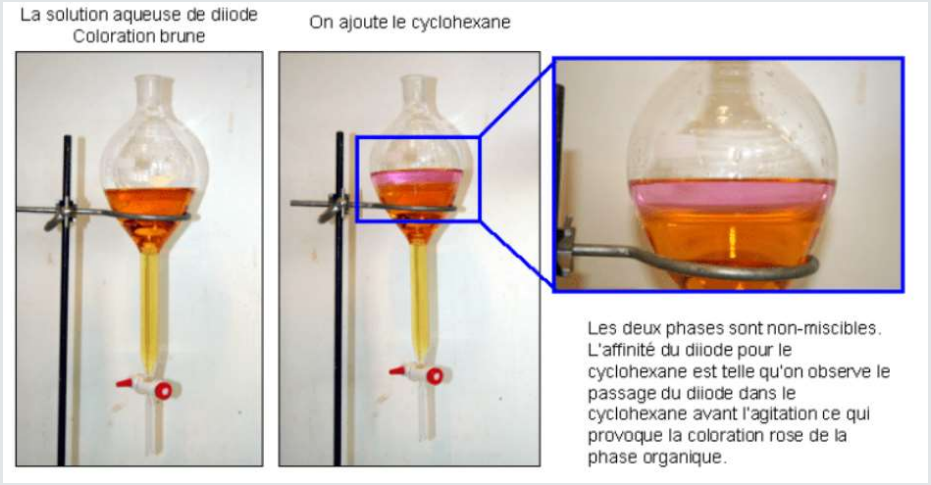


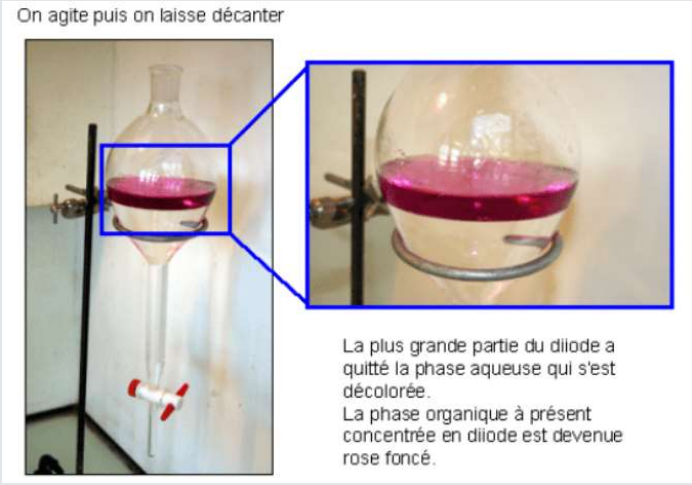
https://evelyne-chanson.fr/2025/08/10/recettes-de-liqueurs-cocktails-cremes-anticiper-leffet-du-sucre-sur-le-degre-dalcool-final/

APPLICATION LABO

EXTRACTION DU DIIODE D'UNE SOLUTION AQUEUSE PAR LE CYCLOHEXANE (SOLVANT ORGANIQUE)

$I_2(AQ) \longrightarrow I_2(ORG)$





https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-experimentale/synthese-organique/l-extraction-liquide-liquide

EXERCICES

Chapitre 5 des notes de cours (pages 83 et suivantes)

- Exercices 2, 4 et 5 à 12