

Biophysique

INTERACTIONS DES ONDES ET DES PARTICULES AVEC LA MATIÈRE BIOLOGIQUE
LES INTERACTIONS DES MOLÉCULES BIOLOGIQUES

Chapitre 4

INTERACTIONS DES ONDES ET DES PARTICULES AVEC LA MATIÈRE BIOLOGIQUE

En 1905, **Albert Einstein**, introduisit le concept de photon, quantum d'énergie électromagnétique

$$E = h.v$$

où v est la fréquence de l'onde (exprimée en hertz Hz) et h est la constante de Planck. Pour la relier à la longueur d'onde, on utilise la formule

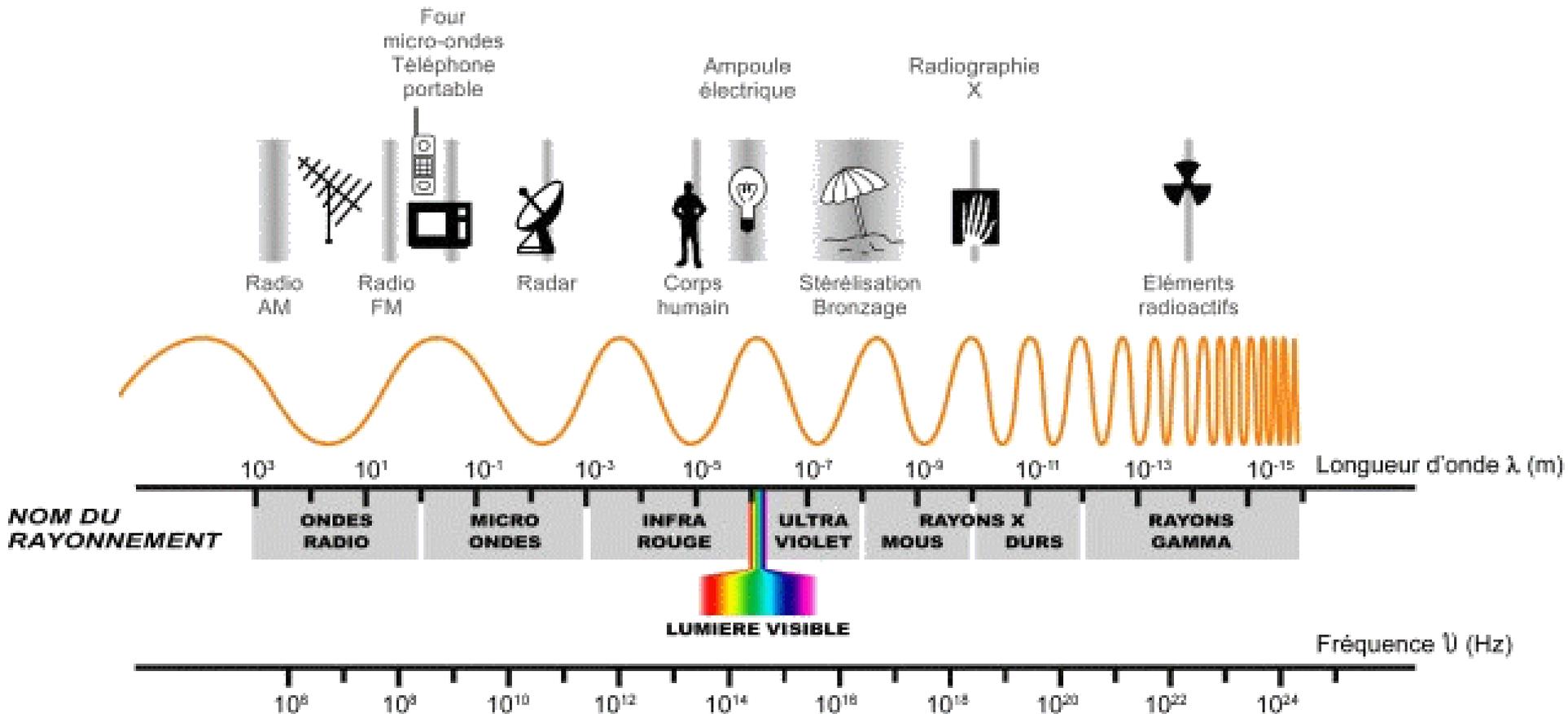
$$v = c/\lambda$$

où λ est la longueur d'onde (en mètre m) et c est la vitesse de la lumière.

constante de Planck = $6,62607004 \times 10^{-34}$ m² kg / s

INTERACTIONS DES ONDES ET DES PARTICULES AVEC LA MATIÈRE BIOLOGIQUE

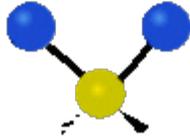
spectre électromagnétique.



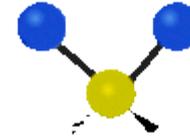
L'absorption de radiations électromagnétiques par une molécule induit :

- 1. une transition vibrationnelle s'il s'agit de radiation infrarouge. Ceci est à la base de la spectroscopie infrarouge, aussi très utile aux biochimistes.**
- 2. une transition électronique s'il s'agit de visible ou d'ultraviolet. Ceci est à la base de la spectroscopie d'absorption UV-visible très utile aux biochimistes.**
- 3. une transition d'état de spin nucléaire s'il s'agit d'une onde radio. Ceci est à la base de la spectroscopie RMN, très utile aux chimistes et biochimistes**
- 4. La diffraction des rayons-X est, quant à elle, à la base de la cristallographie, une méthode de caractérisation aussi très utile aux biochimistes.**

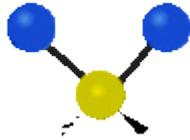
INTERACTIONS DES ONDES ET DES PARTICULES AVEC LA MATIÈRE BIOLOGIQUE



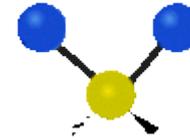
Étirement symétrique



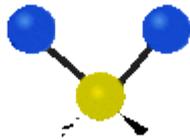
Bascule



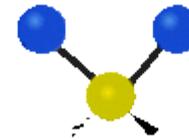
Étirement antisymétrique



Agitation



Cisaillement



Torsion

INTERACTIONS DES ONDES ET DES PARTICULES AVEC LA MATIÈRE BIOLOGIQUE

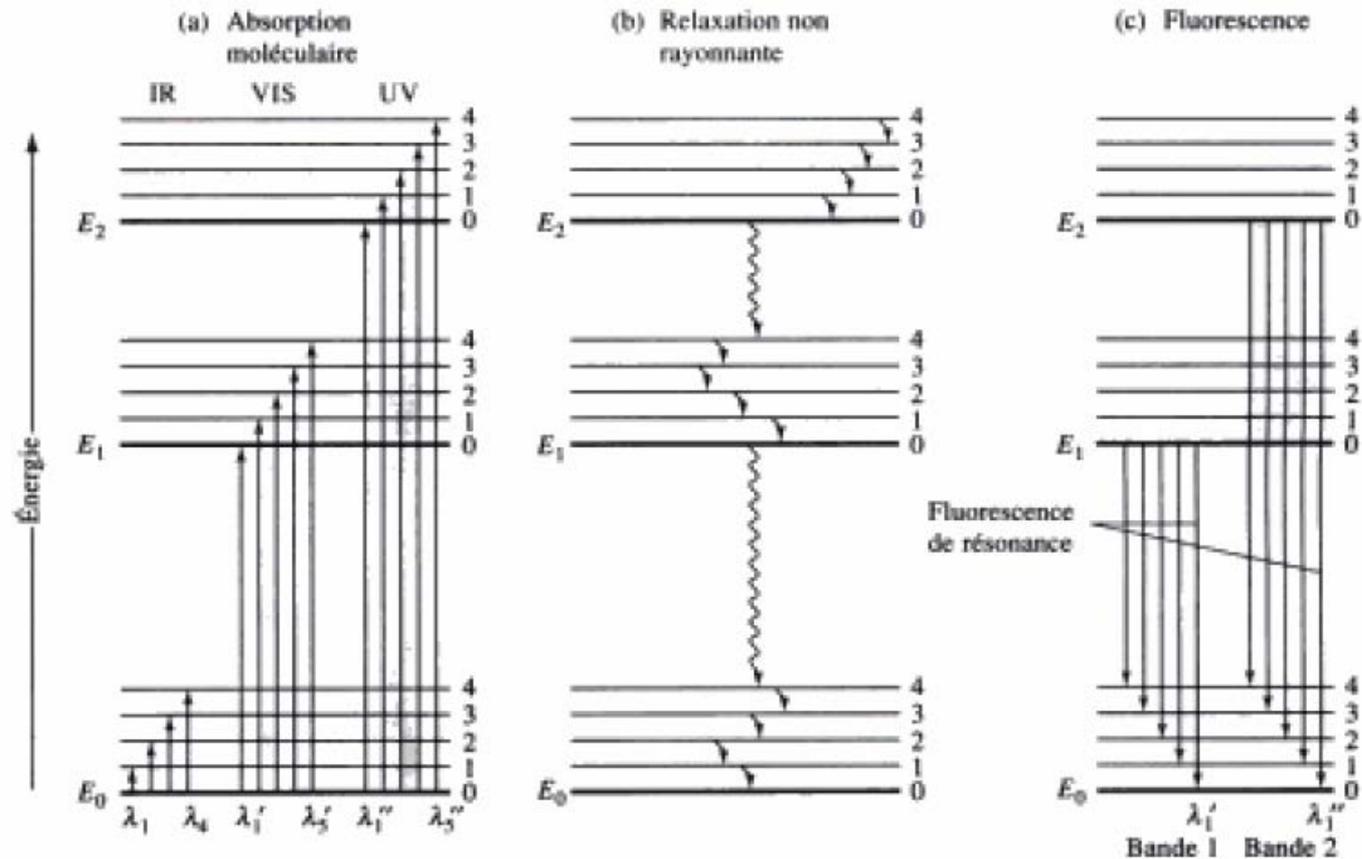


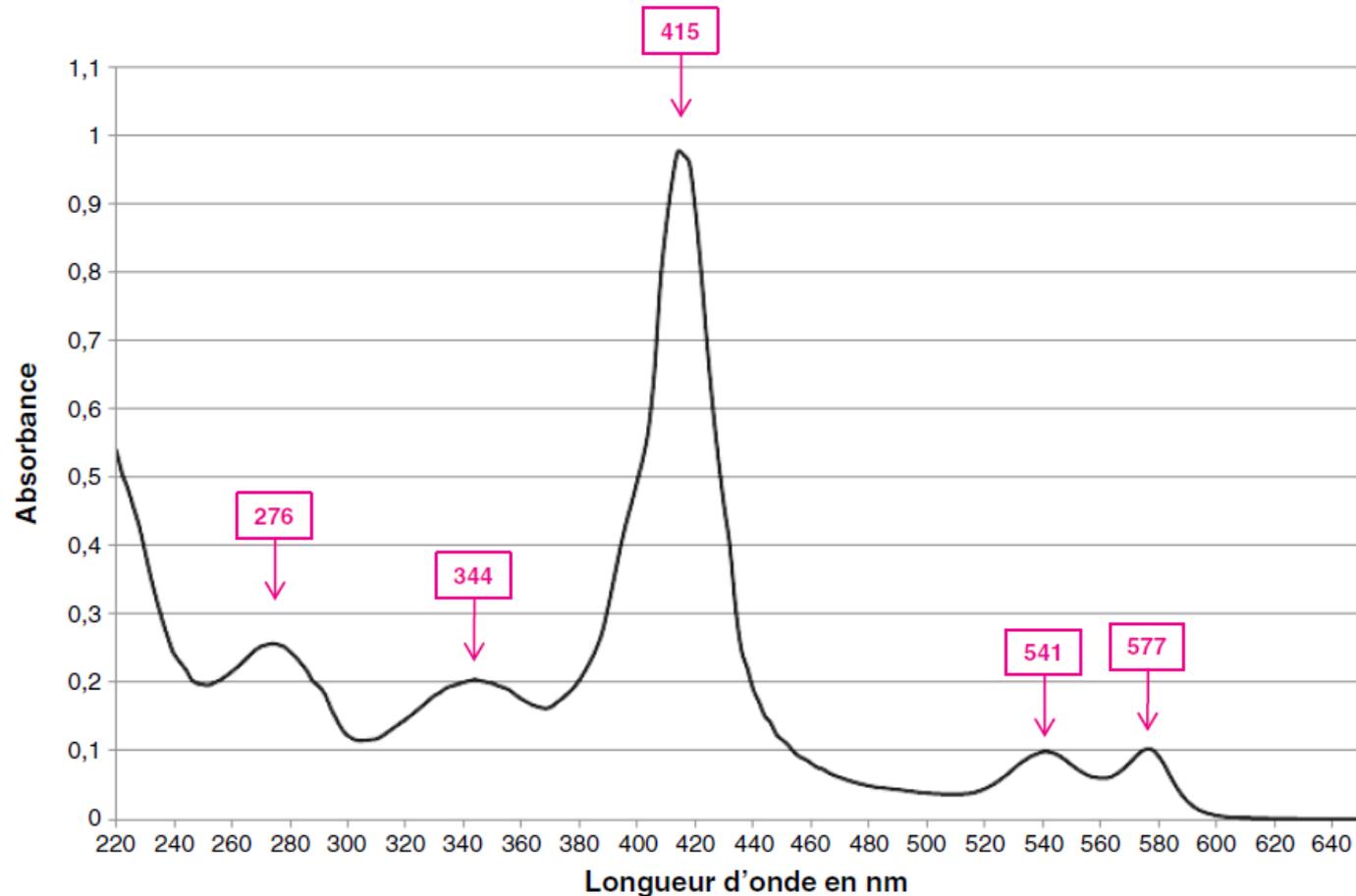
Diagramme des niveaux énergétiques montrant quelques-unes des variations d'énergie accompagnant l'absorption, la relaxation non rayonnante et la fluorescence d'une espèce moléculaire.

Dans le cas où un photon est absorbé par un atome ou une molécule, celui-ci est donc porté à un niveau énergétique plus élevé que le niveau de départ. Ce niveau excité est instable et l'énergie acquise doit être éliminée.

Dans le cas de l'**atome**, et pour le passage au niveau énergétique immédiatement supérieur, il y a **réémission d'un photon** identique à celui qui a été absorbé, mais dans celui d'une **molécule**, l'énergie acquise peut être dissipée par un certain nombre de mécanismes: **transformation en chaleur et vibrations** des atomes constituant la molécule. Il n'y a donc pas normalement de lumière réémise.

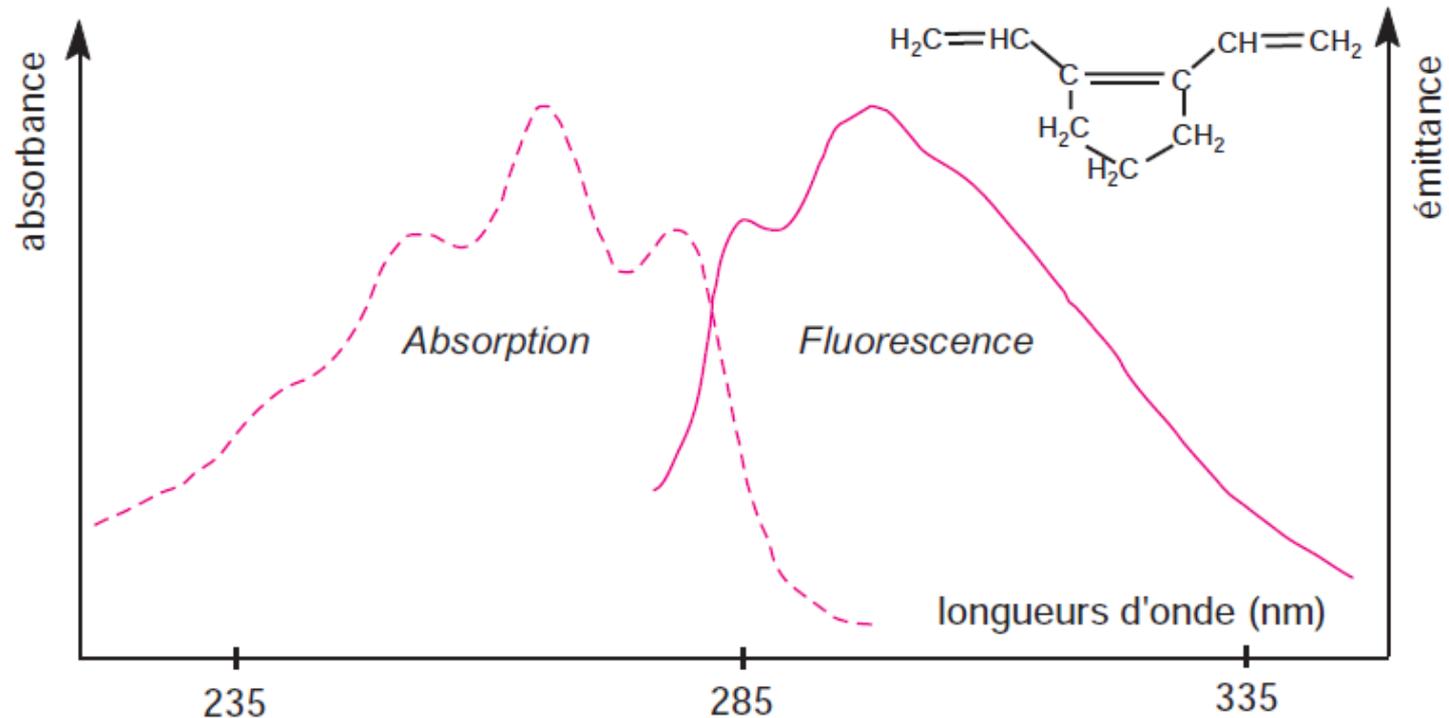
Cependant, dans certaines structures, où **la présence de cycles entrave les mouvements et donc la déperdition d'énergie**, une partie de celle-ci est émise sous forme d'une radiation lumineuse pour permettre le retour de la molécule à son niveau d'énergie initiale, C'est le phénomène de la **fluorescence**. Où l'énergie du photon émis est plus faible que l'énergie du photon absorbé.

INTERACTIONS DES ONDES ET DES PARTICULES AVEC LA MATIÈRE BIOLOGIQUE



Spectre d'absorption de l'**hémoglobine** oxygénée humaine (HbO₂), obtenu par balayage continu des longueurs d'onde de 220 à 650 nm.

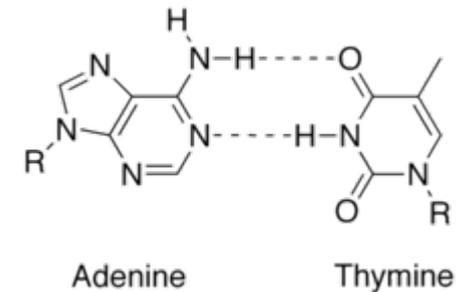
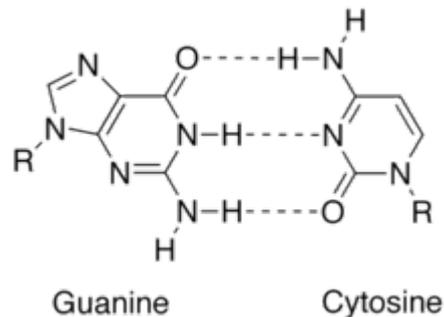
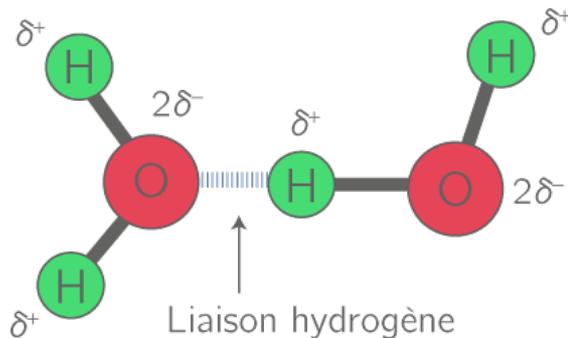
INTERACTIONS DES ONDES ET DES PARTICULES AVEC LA MATIÈRE BIOLOGIQUE



Représentation sur un même graphe des spectres d'absorption et de fluorescence d'un composé éthylénique.

LIAISON HYDROGÈNE

Cette interaction se rencontre lorsqu'un atome d'hydrogène, lié par covalence à un atome électronégatif – D pour « donneur », se trouve à proximité d'un second atome électronégatif – A pour « accepteur ». En raison de son électronégativité, l'atome donneur (**le plus souvent O ou N**) attire les électrons de la liaison covalente et porte une charge négative partielle (δ^-), compensée par une charge positive partielle au niveau de l'hydrogène (δ^+) : on dit que cette liaison est polarisée. À son tour, cette charge positive attire un atome porteur de charge négative partielle (**le plus souvent O ou N**).

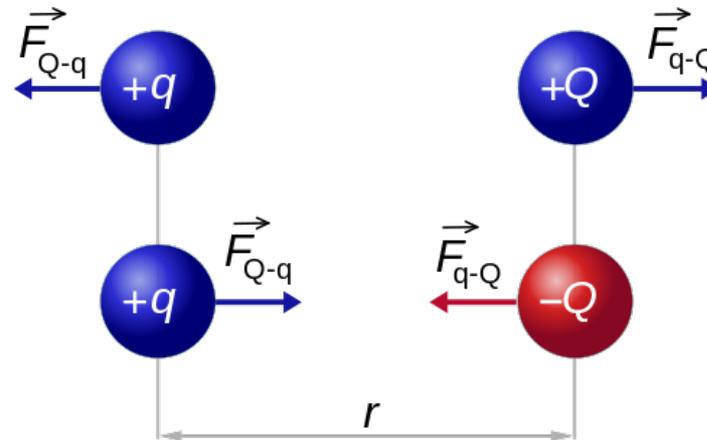


liaison Ion-Ion

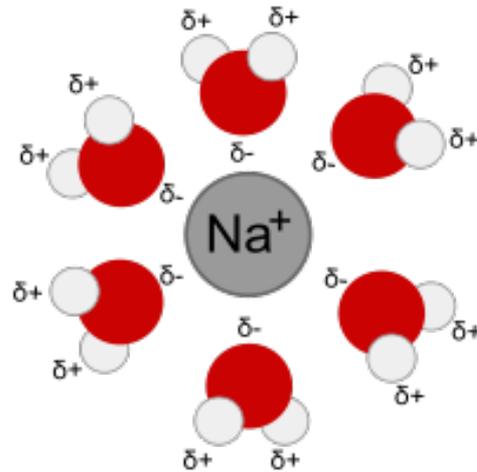
La loi de Coulomb donne l'expression de l'énergie potentielle de deux charges ponctuelles séparées d'une distance r :

$$E = \frac{z_1 z_2 q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 D r}$$

où z_1 et z_2 représentent les signes des deux charges, q_1 et q_2 leurs valeurs absolues, ϵ_0 , la **permittivité absolue du vide**, D , la **constante diélectrique** du milieu et r la distance qui sépare les charges en question. Si ces dernières sont de nature différente ($z_1 \neq z_2$), elles s'attirent ($E < 0$) alors que dans le cas inverse ($z_1 = z_2$), elles se repoussent ($E > 0$).



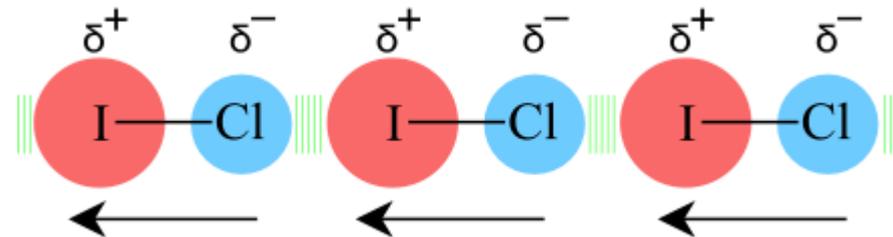
liaison Ion- dipôle permanent



interaction de van der Waals

Forces de Keesom (effets d'orientation de dipôles)

L'interaction entre deux molécules polaires (deux dipôles permanents) est une interaction attractive appelée interaction de VAN DER WAALS de type **KEESOM**.



interaction de van der Waals

Forces de Debye (induction de dipôles)

Le dipôle d'une molécule peut polariser une autre molécule et créer ainsi un dipôle induit. L'interaction entre un dipôle permanent et un dipôle induit constitue les forces de Debye.

Forces de London (effets de dispersion)

Ce sont ces forces qui s'exercent entre deux dipôles induits. Ces forces sont toujours très faibles (de **l'ordre de quelques kJ/mol**) et seront prises en compte lorsque ne se développe aucune autre interaction moléculaire.

FORCES IMPLIQUÉES DANS LES INTERACTIONS DES MOLÉCULES BIOLOGIQUES

1. Entre le méthane CH_4 et le bromométhane CH_3Br , quelle interaction de VAN DER WAALS ne se développe pas ?

- A Interaction de type KEESOM
- B Interaction de type DEBYE
- C Interaction de type LONDON

2. Quel est l'ordre de grandeur de l'énergie d'une interaction de VAN DER WAALS ?

- A quelques $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- B quelques $10 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- C quelques $100 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

3. Il peut se développer une liaison hydrogène entre le méthane CH_4 et l'eau H_2O .

- A vrai
- B faux

4. Il peut se développer une liaison hydrogène entre l'ammoniac NH_3 et l'eau H_2O .

- A vrai
- B faux