

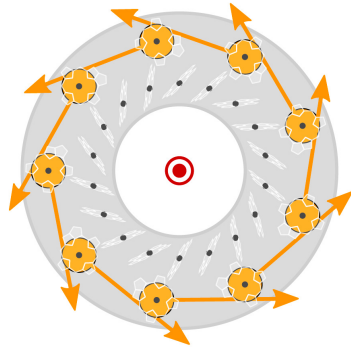
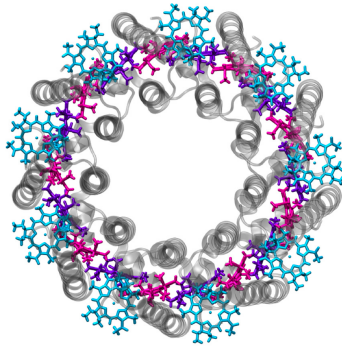


Figure – Lors de la photosynthèse, le transfert d'énergie se produit au sein du complexe LH2 et s'interprète comme un couplage des dipôles moléculaires (représentés par les vecteurs sur la figure de droite). D'après *Chem. Sci.* **9**, 6219 (2018).



Définition :

Un dipôle est un ensemble de deux charges électriques ponctuelles opposées $+q$ et $-q$, séparées par une distance a très inférieure à la distance r au point M où l'on observe leurs effets. Si la distance entre les deux charges reste constante, le dipôle est *rigide*.



Définition :

Le moment dipolaire, généralement noté $\vec{p}$ d'un dipôle constitué de deux charges $-q$ en N et $+q$ en P est défini par ^a

$$\vec{p} = q\overrightarrow{NP}$$

a. La convention est d'orienter le dipôle du pôle négatif vers le pôle positif. Pour des raisons historiques, on trouve parfois la convention inverse dans la littérature.

 **Exemple 1** La molécule d'acide fluorhydrique HF a pour moment dipolaire : $p = 1.826 \text{ D}$. La distance interatomique est de $a = 92 \text{ pm}$.

Déterminer la charge partielle portée par chacun des atomes et l'exprimer en pourcentage de la charge d'un électron.

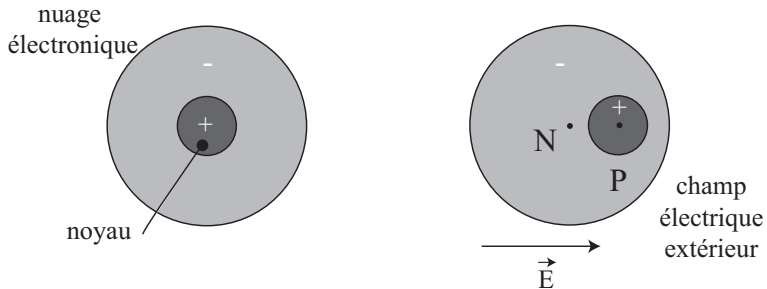


Figure – Illustration de la polarisabilité.



Définition :

Une molécule placée dans un champ électrique $\vec{E}$ subit une déformation. Ainsi le barycentre des charges négatives (électrons) se décale légèrement par rapport à celui des charges positives (noyaux). Le moment dipolaire qui en résulte est proportionnelle à au champ appliqué. Le coefficient de proportionnalité est la polarisabilité de la molécule notée α :

$$\vec{p} = \alpha \vec{E}$$

Atomes	Li	Be	C	O	Ne	Al	Si	P
Z	3	4	6	8	10	13	14	15
$\alpha \left(\times 10^{-40} \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{C}^2 \right)$	13,6	10	1,7	0,8	0,15	9,8	6,12	3,9

Table – Polarisabilité électronique des atomes

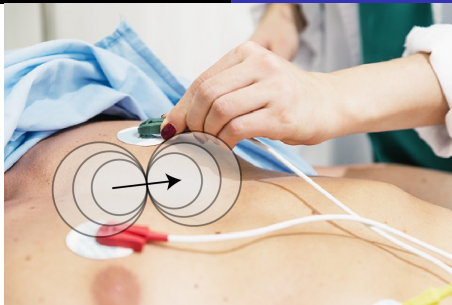


Figure – Positionnement des électrodes (gauche) pour l'utilisation d'un ECG commercial (droite) .

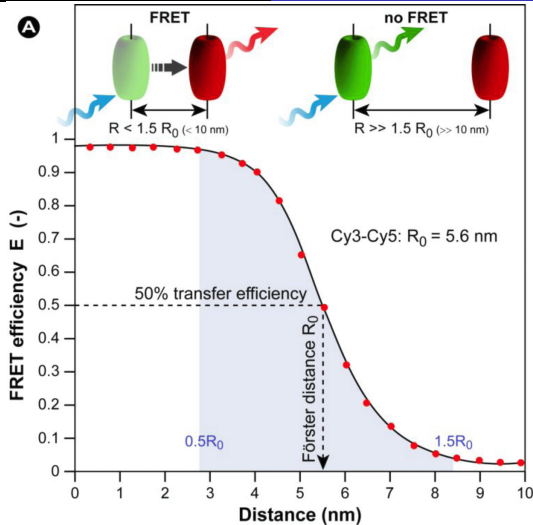
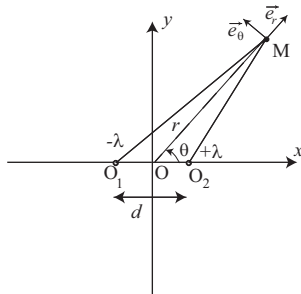
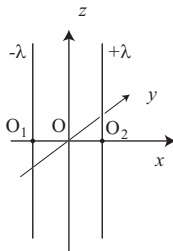


Figure – Décroissance rapide du transfert d'énergie entre deux molécules fluorescentes. D'après *Advanced Fluorescence Microscopy Techniques—FRAP, FLIP, FLAP, FRET and FLIM*, *Molecules* **17**, 4047 (2012).

Exemple 2 Deux fils infinis, 1 et 2, d'axe $\vec{e}_z$, sont disposés dans le vide et portent des charges linéiques opposées λ et $-\lambda$



- 1 - Analyser les symétries et les invariances de cette distribution de charges. Que peut-on en conclure concernant le potentiel et le champ ?
- 2 - Calculer le potentiel électrostatique $V(M)$ en M en fonction de $r_1 = O_1M$ et $r_2 = O_2M$. On prendra $V = 0$ sur Oy par convention.

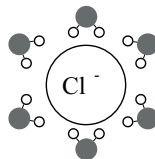
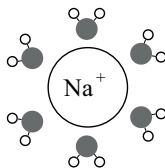
- 3 - On suppose que la distance d des axes des deux fils est telle que $r \gg d$. Exprimer le potentiel V en fonction $r = OM$, d et $\theta = \widehat{\vec{e}_y, \vec{e}_r}$
- 4 - En déduire les composantes E_r et E_θ du champ électrostatique $\vec{E}$.
- 5 - Tracer l'allure des lignes de champ et des équipotentiellles.

Exemple 3 Lors de la dissolution du sel NaCl dans l'eau, les ions se séparent et sont entourés de molécules d'eau.

1 - Tracer qualitativement les lignes de champ du champ électrique généré par un cation Na^+ d'une part et par un anion Cl^- d'autre part.

2 - Représenter schématiquement le moment dipolaire associé à une molécule d'eau sachant qu'un atome d'oxygène est plus électronégatif qu'un atome d'hydrogène.

3 - Interpréter la figure ci-contre en justifiant l'orientation et la proximité des molécules d'eau avec les ions.



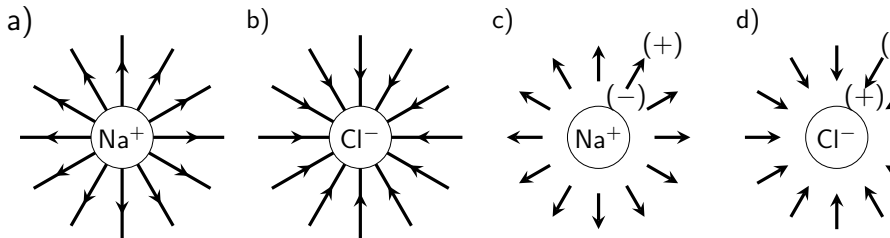


Figure – Solvation de NaCl. a,b) Lignes de champs générés par les ions. c,d) Orientation des dipôles. Le signe des charges associées aux dipôles est indiqué sur un des dipôles dans chaque cas.

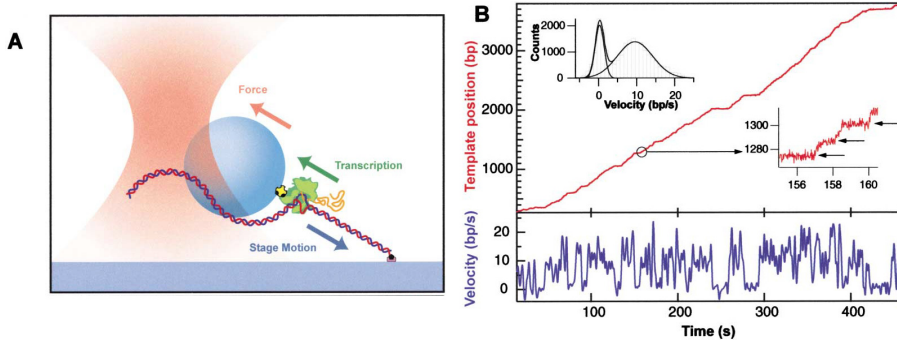


Figure – A) Sphère attirée par un faisceau laser avec un brin d'ADN (double hélice) fixée à sa surface par une protéine ARNp. Pendant la transcription, la polymérase avance le long de l'ADN pour ajouter des nucléotides à l'ARN. **B)** Mesure des déplacement de la bille dans le piège. Cela permet de caractériser le déplacement de l'ARNp le long de l'ADN (position et déplacement fig. B. bp signifie paire de bases) . La vitesse moyenne est de l'ordre de $9 \text{ bp} \cdot \text{s}^{-1}$ avec des pauses de l'ordre de la seconde (repérée par les flèches). D'après Neuman *et al*, *Cell*, **115**, 437 (2003).

$E_p(\text{mJ.mol}^{-1})$

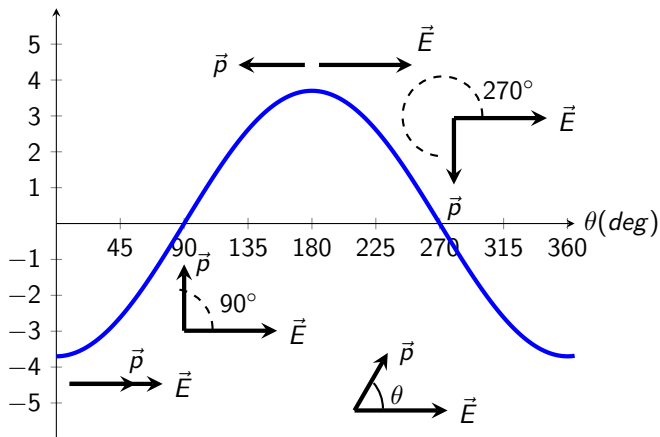
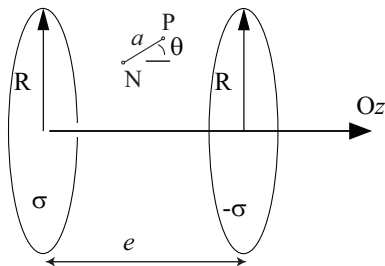


Figure – Energie potentielle d'une mole de molécules d'eau ($p=1,85$
 $D=6,20 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$) plongées dans un champ électrostatique
 $E = 1000 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, en fonction de l'orientation θ des dipôles.

$E_p = -\vec{p} \cdot \vec{E} = -pE \cos \theta$. On reconnaît les états stable (dipôle aligné avec le champ, $\theta = 0$), instable (dipôle opposé au le champ, $\theta = 180^\circ$, et sans interaction (dipôle perpendiculaire au champ, $\theta = 90^\circ$ ou 270°).

Exemple 4

Soit un condensateur plan dont les armatures sont perpendiculaires à un axe Oz horizontal. L'armature négative porte la densité de charge $-\sigma$ et coupe l'axe Oz à l'abscisse $z = e$, l'armature positive porte la charge $+\sigma$ et coupe l'axe Oz à l'abscisse $z = 0$.



On place un dipôle électrostatique de moment dipolaire $\vec{p}$ au centre de ce condensateur faisant un angle θ avec l'axe Oz .

- 1 - Donner l'expression de l'énergie potentielle de ce dipôle.
- 2 - Trouvez ses positions d'équilibre et déterminer leur stabilité.
- 3 - Pourquoi ne se déplace-t-il pas dans le condensateur ?

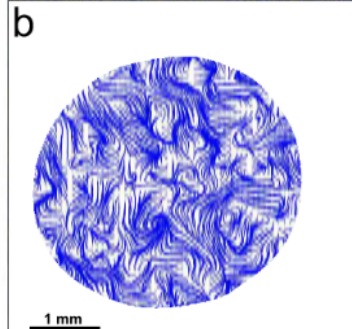
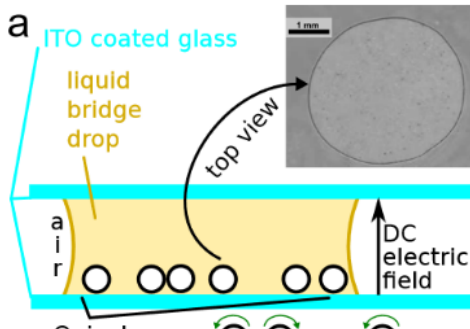


Figure – a. Motorisation de colloïdes par effet Quincke. b. Représentation du champ de vitesse. D'après *Spontaneous Self-propulsion and Nonequilibrium Shape Fluctuations of a Droplet Enclosing Active Particles*, 2021.

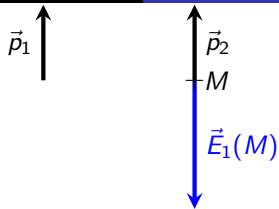
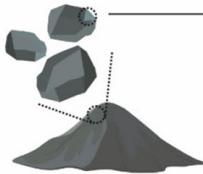


Figure – Interaction entre deux dipôles permanents.

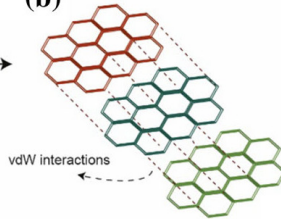
Table – Energies de Keesom, Debye et London à température ambiante.

(a)



Graphitic source

(b)

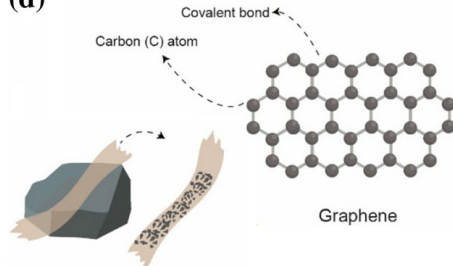


Layered structure

(c)



(d)



Mechanical exfoliation

Figure – Structure du graphite. D'après J. Mater. Sci. **58**, 4359 (2023).