

Le sens électrique chez les poissons

Les poissons électriques

On appelle poisson électrique les poissons capables d'utiliser un courant électrique pour s'orienter, pour se protéger ou pour communiquer. La majorité de ces poissons vivent dans les eaux turbides ou ont une activité nocturne. Ils génèrent un champ électrostatique autour de leur corps. Un objet placé à proximité modifie la valeur de l'intensité locale du champ électrostatique. Par la suite, des récepteurs électriques situés dans la peau détectent le champ électrostatique et les modifications subies, ce qui permet au poisson de percevoir les caractéristiques de son environnement, détecter des proies et communiquer avec des congénères. Quelques espèces sont capables de produire des décharges électriques de forte intensité, comme les anguilles électriques, les torpilles ou les silures électriques. Elles s'en servent pour se protéger contre des prédateurs, ou pour assommer des proies avant de les consommer.

Source : article « Poisson électrique » de Wikipédia en français.

Force et champ électrostatiques

Un objet possédant une charge électrique q_B placée dans un champ électrostatique $\vec{E}$, engendré par une charge électrique q_A , subit une action mécanique modélisée par une force électrostatique :

$$\vec{F} = q_B \vec{E}.$$

La force électrostatique est donnée par la loi de Coulomb :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_R\epsilon_0} \times \frac{q_A q_B}{r^2} \vec{u}$$

avec $\vec{u}$, vecteur unitaire de même direction que la droite reliant les deux charges et orienté de A vers B, ϵ_R et ϵ_0 deux constantes appelées permittivités diélectriques, q_A et q_B les charges, r la distance entre les deux charges.

Valeurs des permittivités diélectriques :

permittivité diélectrique du vide : $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$;

permittivité diélectrique relative de l'air par rapport au vide : $\epsilon_R = 1,00$;

permittivité diélectrique relative de l'eau par rapport au vide : $\epsilon_R = 78,5$.

Effets des champs électrostatiques sur la santé

Les champs électrostatiques peuvent provoquer des **réactions cutanées**. En effet, ils induisent au niveau de la peau des personnes exposées une modification de la répartition des charges électriques. Cette modification est perceptible surtout au niveau des poils et des cheveux (seuil de perception : 10 kV.m^{-1} , seuil de sensations désagréables : 25 kV.m^{-1}).

Un plongeur se trouve à 2,0 m d'une anguille électrique. En première approximation, on modélise une partie de l'anguille par un point placé en A et de charge unique $q_A = 4,4 \times 10^{-12} \text{ C}$.

Montrer que l'expression du champ électrostatique $\vec{E}$ créé au point B par une charge q_A est donnée par la relation :

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_R\epsilon_0} \times \frac{q_A}{r^2} \vec{u}$$

Correction

$$\vec{F} = q_B \vec{E}.$$

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_R\epsilon_0} \times \frac{q_A q_B}{r^2} \vec{u}$$

$E = F/q_B$ (en notation vectorielle) donc $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_R\epsilon_0} \times \frac{q_A}{r^2} \vec{u}$

L'intensité du champ électrostatique décroît très vite avec la distance. En outre, les valeurs des champs électrostatiques créées par les poissons sont souvent faibles car l'eau, par rapport à l'air, divise par environ 80 l'amplitude du champ électrostatique. Justifier ces deux affirmations.

Correction: La permittivité relative de l'eau est de 78,5 tandis que celle de l'air est proche de 1. Comme le champ est inversement proportionnel à la permittivité relative, le champ est donc divisé par 78,5 par rapport à l'air.

Le champ est inversement proportionnel au carré de la distance à la source. Quand on multiplie la distance par 3, le champ est divisé par 9. Il décroît donc fortement avec la distance.

Dans le cadre de cette modélisation, calculer la valeur du champ électrostatique ressenti par le plongeur. Ce champ est-il perceptible par le plongeur ? Justifier.

Le plongeur se situe à 2m

$$E = 114 \times 10^6 \times q_A / r^2 = 126 \times 10^{-6} \text{ V/m}$$

Le champ est inférieur à 10kV/m

Le plongeur ne ressent rien

Le champ électrostatique créé par un poisson électrique peut être assimilé à celui d'un ensemble composé de deux charges électriques de signes opposés.

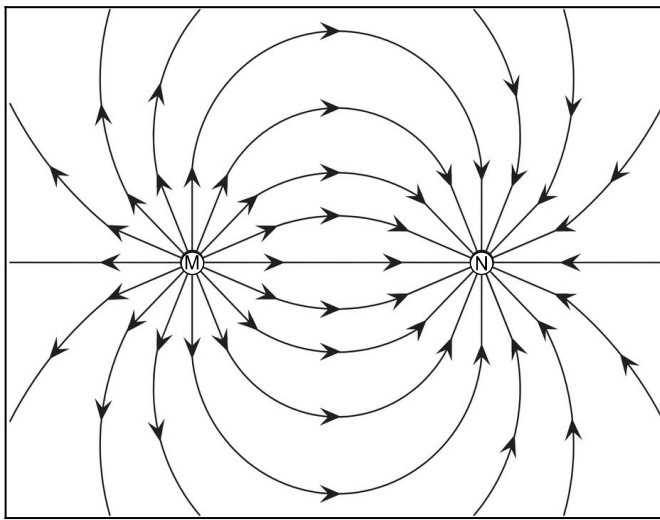


Figure 3.a.

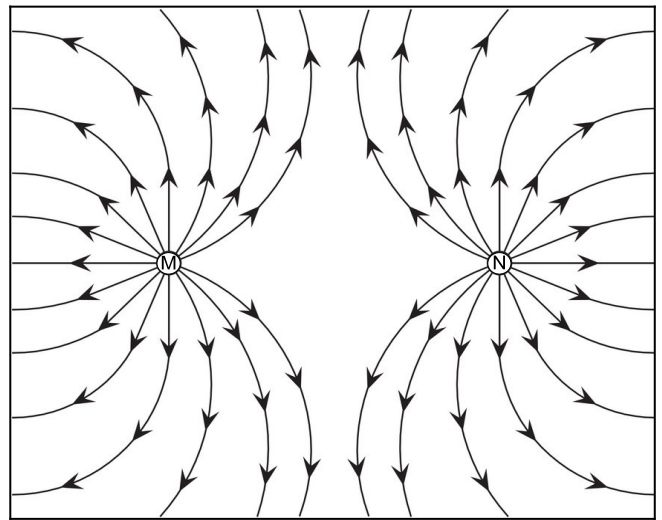


Figure 3.b.

Lignes de champ électrostatique créé par un ensemble de deux charges électriques placées aux points M et N.

Pour chaque figure, donner le signe des charges placées aux points M et N.

Parmi les deux figures proposées, laquelle correspond au modèle du poisson électrique ?

Figure N°1 Les lignes de champs vont de M à N. Les deux charges sont de signe opposés M est la charge positive N est la charge négative. Les lignes de champs sont dirigées de la charge positive à la charge négative.

Figure N°2: Les lignes de champ se repoussent les deux charges ont des charges de même signe. Les deux charges sont positives puisque les lignes de champ partent des charges.

Le champ électrostatique créé par un poisson électrique peut être assimilé à celui d'un ensemble composé de deux charges électriques de signes opposés.

Réponse :Figure N°1