

Remarque

Toutes les informations de cette page sont disponibles en version animée (en Flash) à l'adresse suivante : <http://www.bbemg.be/fr/index-cem/electricite-champs/notions-champs.html>

Introduction

En physique, un champ est une zone de l'espace dans laquelle s'exerce une force gravitationnelle, magnétique, électrostatique ou de toute autre nature (Source : Microsoft Encarta, 2009).

Les champs électrique et magnétique sont des concepts distincts qui ont été inventés pour expliquer les phénomènes d'interaction à distance de l'électricité.

En 1820, lorsque Hans Christian Ørsted met en évidence que l'aiguille d'une boussole dévie lorsqu'elle est placée au voisinage d'un fil parcouru par un courant électrique continu, il ouvre les portes de l'électromagnétisme, cette branche de la physique qui étudie les interactions à distance des champs électrique et magnétique.



Sans courant dans le fil électrique, l'aiguille rouge de la boussole indique le Nord



Le courant circule de droite à gauche. La boussole en perd le Nord !

Dans cette page, nous parlons des champs électrique et magnétique. Nous entrerons ensuite dans le domaine de l'électromagnétisme.

Le champ électrique

Le champ électrique est généré par la présence des charges électriques. Prenons l'exemple du ballon chargé d'électricité statique que nos lecteurs

attentifs ont découvert dans les "Notions d'électricité" :



Le ballon est chargé négativement et, par influence, les charges positives du plafond se concentrent à proximité. Entre les deux, il y a de l'air qui est un mauvais conducteur électrique. Les charges restent en place.

On peut schématiser la situation comme suit :



Le champ électrique est orienté, par convention, de la zone de potentiel positif, vers la zone de potentiel négatif.

L'intensité du champ électrique dépend de la différence de potentiel entre les zones chargées ainsi que de la distance qui les séparent. Une approximation du champ électrique entre deux surfaces planes est donnée par la formule suivante (si le champ est uniforme dans l'espace) :

$$\begin{array}{c}
 \text{Potentiel 2} \\
 \text{(en volt, V)} \\
 \leftarrow \\
 \text{Champ électrique} \\
 \text{(en volt/mètre, V/m)} \\
 \leftarrow \mathbf{E} = \frac{\mathbf{V}_2 - \mathbf{V}_1}{\mathbf{D}} \rightarrow \\
 \text{Distance entre les zones} \\
 \text{chargées (en mètre, m)}
 \end{array}$$

Il existe un champ électrique naturel à la surface de la terre. Il est créé par la différence de potentiel entre la haute atmosphère (l'ionosphère, chargée positivement) et la terre (chargée négativement).

Des charges électriques de la terre quittent en permanence le sol vers l'atmosphère. Les milliers d'orages qui éclatent chaque jour aux quatre coins de notre planète assurent, via la foudre (*), le retour de ces charges vers le sol afin de maintenir un équilibre global et permettre la vie sur la terre.

(*) L'éclair est le phénomène lumineux qui accompagne la foudre. Les gaz, sur le trajet de la décharge électrique sont surchauffés et ils émettent alors de la lumière. La teinte de l'éclair sera différente en fonction des conditions de l'air : plus ou moins humide, présence de grêle, de poussières...

Le tonnerre correspond au bruit de la dilatation explosive des masses d'air surchauffées sur le trajet de l'éclair.



Champ électrique de l'ordre de 100 à 150 V/m



Champ électrique pouvant atteindre 15 à 20 kV/m

La foudre est préférentiellement attirée par des objets élevés et/ou des pointes car le champ électrique (et donc la force exercée sur les charges) y est alors plus intense : c'est l'effet de pointe.

1. Origine de l'effet de pointe

Au niveau des pointes conductrices, les charges électriques sont concentrées sur une plus petite surface. Les forces électriques y sont donc très intenses. Le champ électrique élevé qui en découle, entraîne une ionisation de l'air et rend ce dernier meilleur conducteur de l'électricité.

Par exemple, un objet pointu comme un paratonnerre n'attire pas la foudre au sens strict, mais il rend plus probable par temps d'orage, grâce à l'effet de pointe, la formation d'effluves lumineuses visibles dans l'obscurité (e.g. feux de Saint Elme à l'extrémité des mats des bateaux).

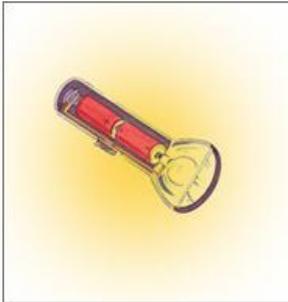
L'effet de pointe est à l'origine de l'effet couronne, un terme qui désigne la présence de décharges partielles autour des conducteurs d'une ligne aérienne, sous certaines conditions.

La présence de petites saillies à la surface des conducteurs, comme par exemple les gouttes d'eau, les flocons de neige ou encore des insectes, produisent de fortes augmentations du champ électrique. L'effet couronne varie donc nettement en fonction des conditions extérieures et atmosphériques (Source : site du service "Transport et Distribution de l'énergie électrique" de l'Université de Liège).

2. Représentation du champ électrique

Si nos yeux étaient capables de visualiser les champs électrique et magnétique, voici ce que nous verrions en regardant une lampe de poche éteinte et un grille-pain : uniquement un champ électrique continu au niveau de la lampe de poche et alternatif à 50 Hz au niveau du grille-pain.

Champ électrique continu



Champ électrique alternatif à 50 Hz

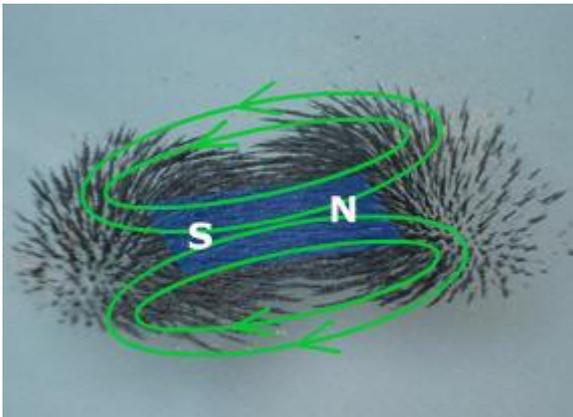


Le champ électrique étant généré par une tension alternative, il sera lui-même alternatif.

Les zones les plus sombres indiquent des champs d'intensité plus élevée.

Le champ magnétique

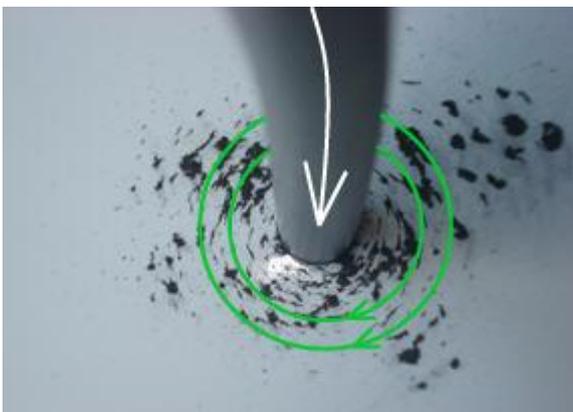
Le champ magnétique est généré par le déplacement des charges. Ce déplacement prend des formes différentes selon les matériaux et leur usage :



Un aimant est placé sous la surface.

La limaille de fer s'oriente selon les lignes de champ. Par convention, les lignes de champ sortent du pôle Nord et entrent dans le pôle Sud.

Dans un aimant, le champ magnétique résulte du mouvement des électrons sur eux-mêmes (appelé le spin des électrons).



Le courant circule du haut vers le bas. Il s'agit ici d'un courant continu de 30 A.

La limaille de fer s'oriente de manière circulaire autour du fil, selon les lignes de champ magnétique.

Dans un matériau conducteur relié à une source de tension (ici continue), le champ magnétique résulte du courant électrique, donc du déplacement des électrons dans les bandes de conduction (voir "Notions d'électricité").

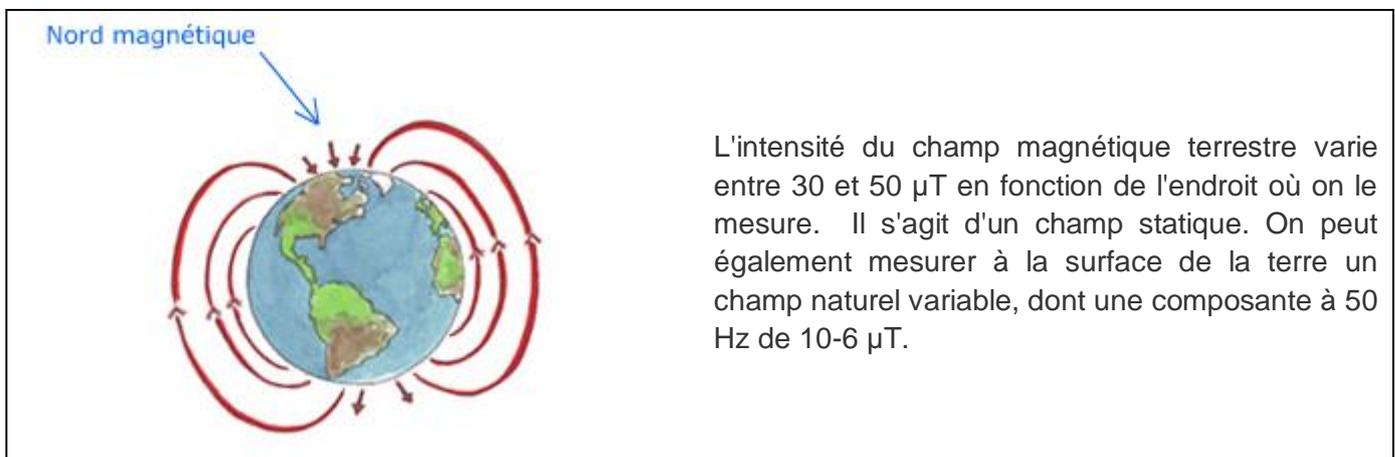
Il existe également un champ magnétique autour de la terre. Nous le détectons en observant l'orientation de l'aiguille d'une boussole. Son origine la plus probable serait les mouvements du magma en fusion dans le noyau terrestre.

Le champ magnétique terrestre joue un rôle primordial dans la protection de notre planète en déviant les particules des rayonnements cosmiques et du vent solaire.

Cette protection se situe dans la magnétosphère (couche de l'atmosphère au-dessus de l'ionosphère, à plus de 1000 km de la terre). Les aurores boréales (au pôle nord) et australes (au pôle sud) se forment lors de la rencontre entre les particules et la magnétosphère.

1. Le pôle nord magnétique - Le pôle nord géographique

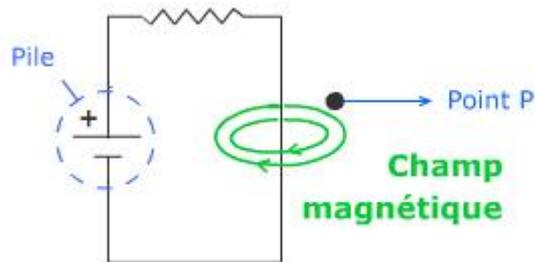
Le nord magnétique est défini comme étant l'endroit où les lignes du champ magnétique sont perpendiculaires à la terre. Le nord géographique est, quant à lui, défini par l'axe de rotation de la terre. L'axe du champ magnétique n'étant pas aligné sur l'axe de rotation de la terre, il en résulte que le nord géographique est actuellement éloigné d'environ 1000 km du nord magnétique.



Remarque : Par convention, les lignes de champ magnétique sortent du pôle nord de l'aimant et entrent dans le pôle sud. En se référant à cette convention, on voit sur l'illustration ci-dessus que le pôle nord magnétique de la Terre est en fait le pôle sud de l'aimant équivalent ! L'aiguille de la boussole étant un pôle nord, elle s'oriente vers le pôle sud fictif de notre super aimant, la terre.

La direction des lignes du champ magnétique dépend de la configuration de la source de champ magnétique. Prenons deux exemples:

- a. Autour d'un fil parcouru par un courant, les lignes de champ magnétique sont circulaires.



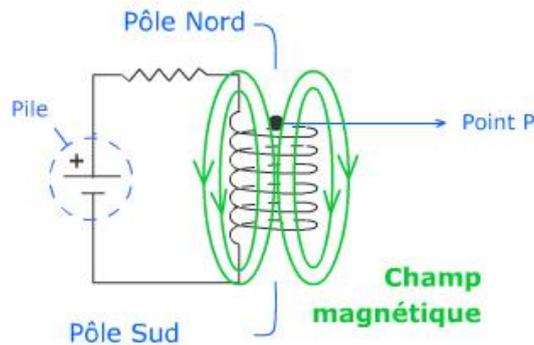
Autour d'un fil :

Champ magnétique en un point P (en ampère/mètre, A/m) ← $H = \frac{I}{2 \pi r}$

→ Intensité du courant électrique (en ampère, A)

→ Distance entre le fil et le point P (en mètre, m)

- b. Dans un bobinage parcouru par un courant, les lignes de champ magnétique ressemblent à celles autour d'un aimant.



Le bobinage acquiert un pôle Nord du côté où les lignes sortent et un pôle Sud du côté où elles entrent.

Dans un bobinage comprenant N spires :

Champ magnétique en un point P (en ampère/mètre, A/m) ← $H = \frac{N \cdot I}{2 \cdot R}$

→ Intensité du courant électrique (en ampère, A)

→ Rayon des spires (en mètre, m)

Le **champ magnétique en un point P** dépend de l'intensité du courant et de la distance avec le conducteur. Il est noté H et est exprimé en **ampère/mètre (A/m)**.

Le sens des lignes de champ magnétique est obtenu grâce à la règle de la main droite : si on oriente le pouce de la main droite dans la direction du sens conventionnel du courant (du + vers le -), le sens de flexion des doigts indique la direction du champ magnétique.

Le champ magnétique H (en A/m) est souvent exprimé par **l'induction magnétique B (en tesla, T)**. Le champ magnétique H et l'induction magnétique B sont reliés, dans un matériau donné, par la relation :

$$\text{Induction magnétique (en tesla, T)} \leftarrow \mathbf{B = \mu \cdot H} \begin{matrix} \nearrow \text{Champ magnétique (en ampère/mètre, A/m)} \\ \searrow \text{Perméabilité magnétique (en henry/mètre, H/m)} \end{matrix}$$

La perméabilité magnétique d'un matériau est la faculté que possède ce matériau à concentrer les lignes de flux magnétique et donc à augmenter la valeur de l'induction magnétique. La valeur de l'induction magnétique dépend donc du milieu dans laquelle elle est produite (cf. [dictionnaire du site](#) à la rubrique "Perméabilité magnétique").

La perméabilité magnétique de l'air est de $4 \pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

La perméabilité magnétique d'un matériau (μ) s'exprime par le produit de la perméabilité du vide (μ_0 , exprimée en henry/mètre) et de la perméabilité relative (μ_r , sans dimension) :

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

- μ_0 est une constante universelle, elle vaut $4 \pi \cdot 10^{-7}$ H/m

- μ_r dépend du matériau. Dans l'air, le vide, les gaz, le cuivre, l'aluminium, la terre, et d'autres matériaux... μ_r est proche de 1. Ces matériaux ne conduisent donc à aucune canalisation du champ magnétique.

Il en découle que, dans l'air, un champ H de 1 A/m est associé à un champ B de $1,26 \mu\text{T}$.

Remarque :

- L'ancienne mesure de l'induction magnétique, le gauss (G), est encore régulièrement employée dans certains pays. La conversion est la suivante : $10^{-4} \text{ T} = 1 \text{ G}$ ou, pour se rapprocher des valeurs d'induction magnétique qu'on trouve dans notre environnement électrique 50/60 Hz : $0,1 \mu\text{T} = 1 \text{ mG}$.
- Dans la suite, nous parlerons souvent de B qui sera nommé « champ magnétique » et exprimé en μT .

2. Représentation du champ magnétique

Si nos yeux étaient capables de visualiser les champs électrique et magnétique, voici ce que nous verrions

en regardant une lampe de poche et un grille-pain en fonctionnement : des champs électrique et magnétique continus au niveau de la lampe de poche et alternatifs à 50 Hz au niveau du grille-pain.

Champs électrique et magnétique continus



Champs électrique et magnétique alternatifs à 50 Hz



Les champs étant générés par une tension alternative, ils seront eux-mêmes alternatifs.

Les zones les plus sombres indiquent des champs d'intensité plus élevée.

Décroissance de l'intensité avec la distance

L'intensité des champs électrique et magnétique diminue rapidement lorsqu'on s'écarte de la source.

En fonction de la source, la diminution sera plus ou moins rapide :

- Aux alentours d'un câble électrique (par exemple un câble d'une ligne à haute tension), l'intensité du champ est inversement proportionnel à la distance (notation $1/r$).
- Aux alentours du câble électrique d'un appareil électroménager, (conducteurs "aller-retour"), l'intensité du champ diminue avec le carré de la distance ($1/r^2$) et
- près d'une bobine, comme par exemple dans un four à induction industriel, avec le cube de la distance ($1/r^3$).

Les réveils électriques, les lampes de chevet et la plupart des appareils électriques domestiques peuvent être considérés comme des sources à partir desquelles l'intensité du champ magnétique diminue selon $1/r^2$. Concrètement, cela signifie que quand la distance double, l'intensité du champ diminue d'un facteur 4. Par exemple, si l'intensité du champ magnétique vaut 1 microTesla à 30 cm d'un réveil radio, l'intensité sera de 0,25 μ T à 60 cm, 0,0625 à 120 cm, etc

De plus amples informations sur les valeurs de champs électrique et magnétique sont disponibles dans le module "Champs dans notre environnement".

Exemple d'un cordon électrique alimentant une lampe de 100 watts alimentée en 230V:

- Si on mesure la tension (voltmètre) entre les deux câbles composant le cordon électrique, on a environ 230V (valeur efficace, 50Hz sinusoïdal)
- Si la lampe est allumée, on mesure (ampèremètre) un courant qui circule dans les deux câbles (valeur identique, mais le sens du courant est opposé) de :

$$P \text{ (en W)} = V \text{ (en V)} \cdot I \text{ (en A)}$$

$$100 = 230 \cdot I$$

$$\text{donc } I = 0,435 \text{ A (valeur efficace, 50Hz sinusoïdal)}$$

- Calcul du champ magnétique à proximité du cordon électrique:

Champ créé par un câble « seul » (valeur efficace, 50Hz sinusoïdal):

environ 0,8 μT à 10 cm



$$B = \mu_0 \frac{I}{2 \pi r} = 4 \pi 10^{-7} \frac{0,435}{2 \pi r} = 0,8 \mu\text{T}$$

(valeur efficace, 50 Hz sinusoïdal, à 10 cm)

Champ créé par les deux câbles ensemble : environ 0,017 μT à 10 cm, soit 47 fois moins que dans la situation fictive d'un câble seul.



$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r_1} - \frac{\mu_0 I}{2 \pi r_2} = \frac{\mu_0 I}{2 \pi} \left(\frac{r_2 - r_1}{r_2 \cdot r_1} \right) \simeq \frac{\mu_0 I}{2 \pi} \cdot \frac{r_2 - r_1}{r^2} = 0,017 \mu\text{T}$$

(valeur efficace, 50 Hz sinusoïdal, à 10 cm)

épaisseur isolant: 2 mm

Nous pouvons établir les valeurs de champ magnétique en fonction de l'écartement par rapport aux câbles:

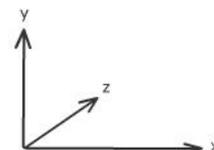
Distance par rapport aux câbles (cm)	5	10	20	40	100
Champ B (μT)	0,068	0,017	0,0042	0,0011	0.00017

Les valeurs de champ magnétique varient avec l'inverse du carré de la distance ($1/r^2$) comme montré plus haut. Il faudrait donc une charge consommant plus de 10 A pour avoir un champ B supérieur à 0,4 μT à 10 cm des câbles et cette valeur serait diminuée d'un facteur 10 (donc 0,04 μT) à 31 cm des câbles.

Méthodes de mesure

Il existe différents appareils de mesure disponibles sur le marché qui permettent de mesurer les champs électrique et magnétique :

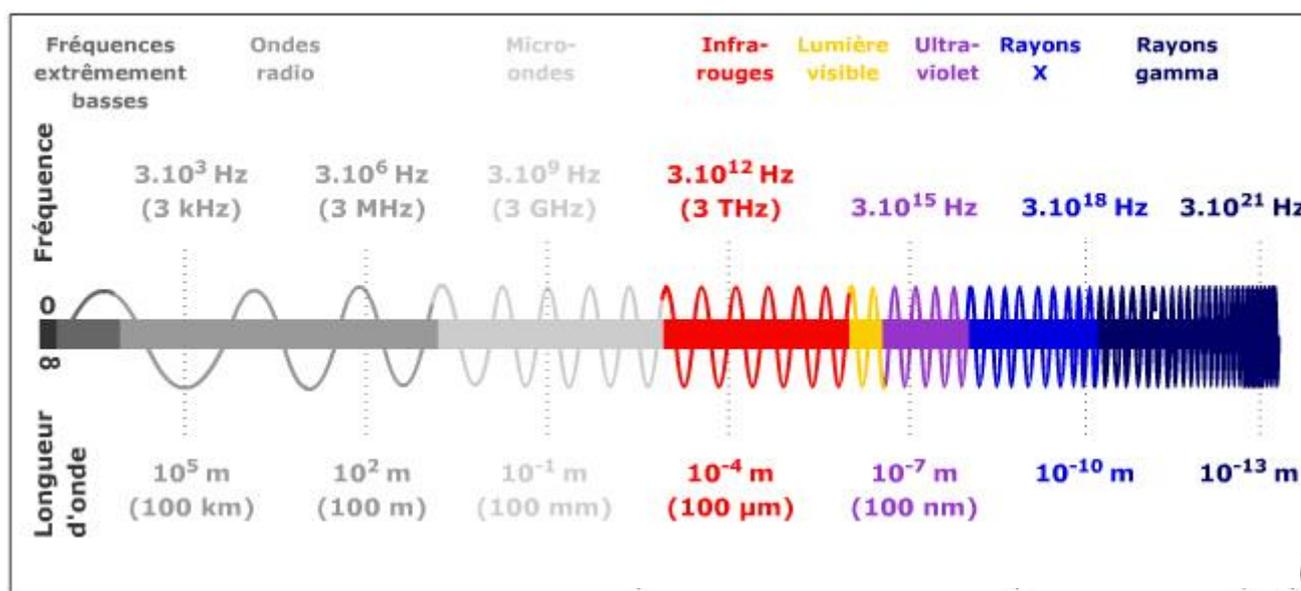
- La mesure du champ électrique nécessite de prendre certaines précautions, car il est influencé par les objets aux alentours et également par la présence de la personne qui prend les mesures. Il s'agit donc de se placer à l'écart des objets et des personnes, à l'aide d'une perche isolée par exemple.
- La mesure du champ d'induction magnétique (B) alternatif (ici 50 Hz) se fait avec trois bobines orthogonales. La mesure de la tension induite dans les trois bobines donne les trois composantes (x, y, z) du champ.



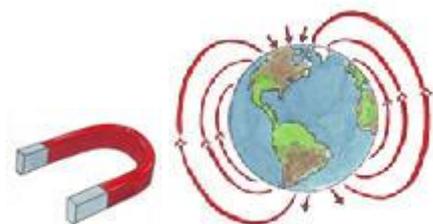
Le champ magnétique à très faible fréquence n'étant pas déformé par la présence d'objets ou de personnes, sa mesure nécessite moins de précautions que celle du champ électrique. Il peut aisément être mesuré par des dosimètres portés à la ceinture pour des mesures sur de plus longues périodes de temps.

Le spectre électromagnétique

Jusqu'ici, nous avons parlé des champs statiques (aimants) et des champs variables à 50 Hz, générés par le réseau électrique. Parmi les champs variables, les champs à 50 Hz ne constituent qu'une infime partie du spectre des ondes électromagnétiques : la lumière visible fait également partie de ce spectre, au même titre que les ondes radio ou les rayons X.



1. Les champs statiques



- Fréquence de 0 Hz
- Longueur d'onde infinie

Remarque :

Outre les champs statiques, on trouve également des champs 50 Hz naturels autour de la terre, mais à des valeurs extrêmement faibles (10^{-4} V/m, 10^{-6} μ T)

2. Les fréquences extrêmement basses

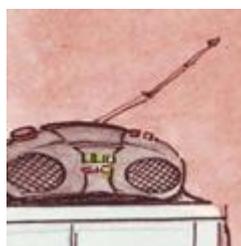


("EBF" ou "ELF" en anglais)

- Fréquence de 3 Hz à 300 Hz
- Longueur d'onde de 100 000 à 1000 km

La fréquence du réseau de transport et de distribution est 50 Hz (ou 60 Hz par exemple aux Etats-Unis). Ces fréquences sont classées dans les extrêmement basses. La longueur d'onde est respectivement de 6000 et 5000 km à 50 et 60 Hz.

3. Les ondes radio



- Fréquences de 0,3 à 3 kHz, longueur d'onde de 1000 km à 100 km : Transmission de données vocales, métallurgie, chauffage par induction
- Fréquences de 3 à 30 kHz, longueur d'onde de 100 km à 10 km : Radiocommunications
- Fréquences de 30 à 300 kHz, longueur d'onde de 10 à 1 km : Radiodiffusion GO, fours à induction
- Fréquences de 0,3 à 3 MHz, longueur d'onde de 1 km à 100 m : Radiodiffusion MO-PO, diathermie médicale
- Fréquences de 3 à 30 MHz, longueur d'onde de 100 à 10 m : Soudage, collage
- Fréquences de 30 à 300 MHz, longueur d'onde de 10 à 1 m : Télévision, radio FM

Source: Duchêne, A., & Jousot-Dubien, J. (2001)

4. Les micro-ondes



- Fréquences de 0,3 à 3 GHz, longueur d'onde de 1 à 0,1m : Télévision, radars, téléphones mobiles, fours à micro-ondes, hyperthermie médicale
- Fréquences de 30 GHz à 300 GHz, longueur d'onde de 0,01 m à 1 mm : Radars, communication par satellite
- Fréquences de 3 à 30 GHz, longueur d'onde de 0,1 m à 0.01 m : Radars, alarmes anti-intrusion

Source: Duchêne, A., & Jousot-Dubien, J. (2001)

Les fours micro-ondes utilisent une fréquence de 2450 MHz pour chauffer les aliments. Les téléphones portables utilisent des fréquences proches (900 MHz/1800 MHz), mais à des puissances très inférieures.

5. Les infrarouges



- Fréquences de 0,3 THz à 385 THz, longueur d'onde de 1 mm à 780 nm : Chauffage, télécommandes...

Source: Duchêne, A., & Jousot-Dubien, J. (2001)

Comme leur nom l'indique, leur gamme de fréquence est située juste sous les fréquences de la couleur rouge.

6. La lumière visible



- Fréquences de 385 THz à 750 THz, longueur d'onde de 780 à 400 nm : Vision humaine, photosynthèse...

Source: Duchêne, A., & Jousot-Dubien, J. (2001)

Les rayonnements de plus basse fréquence sont rouges. Ceux de plus haute fréquence sont bleus et violets. C'est la gamme de fréquence que notre œil est capable de voir.

7. Les rayons UV



Fréquences de 750 à 3000 THz, longueur d'onde de 400 nm à 100 nm : Banc solaire

Les ultra-violets se situent dans la gamme de fréquence tout juste au-dessus de la couleur violette. On ne les voit pas, mais on peut sentir leurs effets (coups de soleil...).

Source: Duchêne, A., & Jousot-Dubien, J. (2001)

A ces longueurs d'onde, l'énergie transportée devient très importante. A trop fortes doses, ce rayonnement peut être nocif : mélanomes...

8. Les rayons X



Fréquences jusque 3000 THz, longueur d'onde inférieure à 100 nm : Imagerie médicale, Radiographie.

Les rayons X sont encore plus énergétiques que les rayons UV. Ils traversent les parties molles de notre corps, mais sont arrêtés par les os ... d'où leur intérêt en radiographie.

9. Les rayons gamma et cosmiques

Les rayons gamma et les rayons cosmiques sont les rayons qui transportent le plus d'énergie.

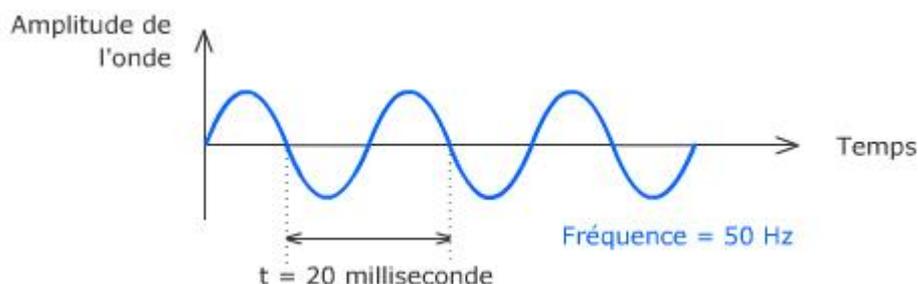
Le niveau d'exposition aux rayonnements cosmiques augmentant avec l'altitude (protection moindre de l'atmosphère), nous y sommes plus exposés dans les avions de ligne.

Fréquence et longueur d'onde

Le spectre électromagnétique s'étend sur une très large gamme de fréquences (en Hz) et de longueurs d'onde (en m).

La fréquence est le nombre de cycles qui se produisent durant une seconde. L'unité de la fréquence est le Hertz (Hz). Le courant alternatif qui alimente nos appareils électriques a une fréquence de 50 Hz. Les champs qui en découlent ont également une fréquence de 50 Hz.

La longueur d'onde est la distance entre deux cycles consécutifs de l'onde.



La fréquence et la longueur d'onde dépendent l'une de l'autre : plus la fréquence est élevée, plus la longueur d'onde est courte. En effet, les ondes électromagnétiques se propagent à la vitesse de la lumière dans l'air, le vide et les gaz, c'est à dire à une vitesse d'environ 300 000 000 m/s.

Donc, à une fréquence de 50 Hz par exemple, l'onde parcourt une distance de 6000 km en une seconde.

$$\text{Longueur d'onde} = \frac{\text{Vitesse de la lumière}}{\text{Fréquence}} = \frac{300\,000\,000}{50} = 6\,000\,000 \text{ m ou } 6000 \text{ km}$$

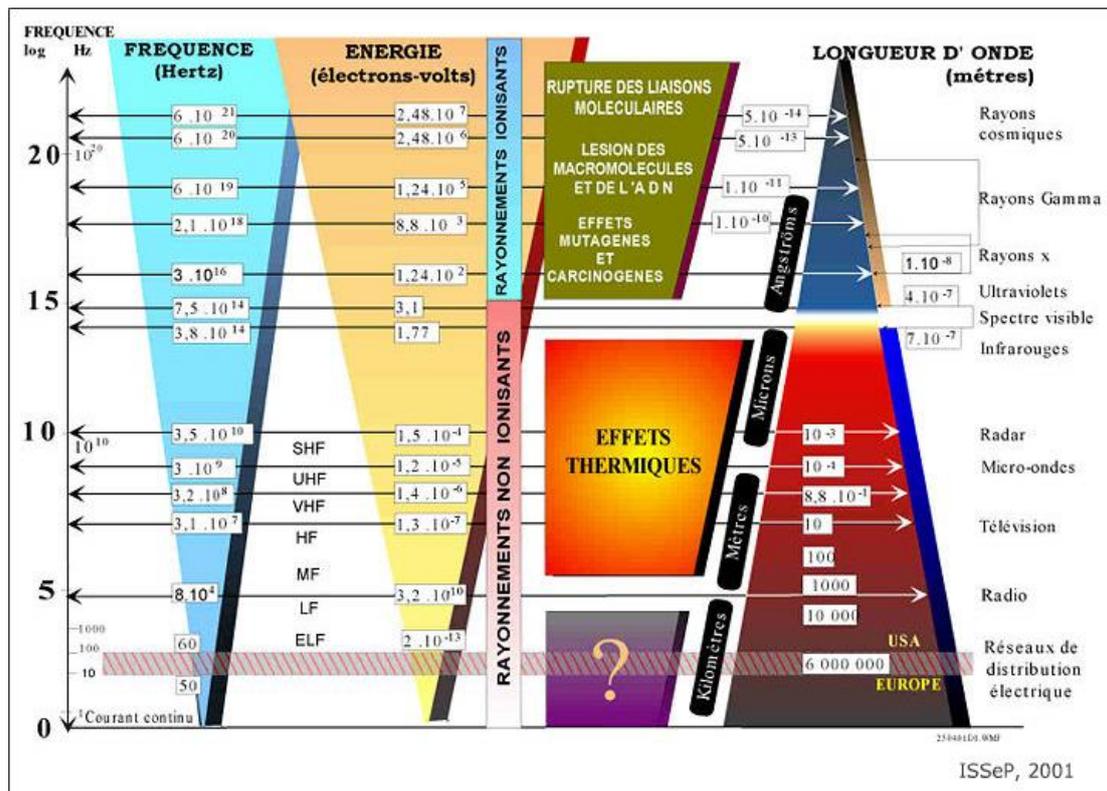
Forme

Les ondes se différencient également par leur forme. Ci-dessus, nous avons représenté des ondes de forme sinusoïdale (*), mais il existe également des formes carrées, pulsées ...

(*) En 50 Hz, l'alternateur dans les centrales produit un courant sinusoïdal, à l'origine de champs parfaitement sinusoïdaux. Toutefois, lors du transport et de l'utilisation, la sinusoïde se dégrade quelque peu, et on observe la présence d'harmoniques, c'est-à-dire de fréquences multiples de la fréquence fondamentale de 50 ou 60 hertz. Les champs générés ne seront plus parfaitement sinusoïdaux.

Les ondes électromagnétiques sont une forme d'énergie. La quantité d'énergie contenue dans une onde dépend de la fréquence et de la longueur d'onde. **Les rayonnements dont la fréquence est :**

- a. **supérieure à 10^{15} Hz** ont une énergie suffisante pour casser les liaisons chimiques et ioniser les molécules. Ce sont les rayonnements ionisants : il s'agit des rayons cosmiques, des rayons gamma et des rayons X. Dans le corps humain, l'énergie d'ionisation de l'eau est de 12 à 35 eV (électron-volt). Pour qu'un rayonnement possède une telle énergie, la fréquence doit être supérieure à $3 \cdot 10^{15}$ Hz, c'est à dire environ la fréquence des UV.



Source: ISSeP, 2001

- b. **inférieure à 10^{15} Hz** n'ont pas l'énergie suffisante pour briser les liaisons chimiques. Ce sont les rayonnements non ionisants : il s'agit des rayons UV, de la lumière visible, des radiofréquences et des basses et extrêmement basses fréquences. Les rayons UV sont situés à la frontière de l'ionisation.

Remarque : De l'énergie, les rayonnements non-ionisants en possèdent malgré tout : c'est par exemple cette énergie qui est responsable des coups de soleil, qui réchauffe les aliments dans les fours à microondes ...

Différents mécanismes permettent de produire des rayonnement de différentes fréquences. Ces notions sortant largement du cadre de ce module, nous vous proposons de cliquer sur l'icône pour obtenir d'avantage d'informations.

Champs et ondes

Au début de ce module, nous avons présenté isolément le champ électrique et le champ magnétique. Par la suite, nous avons parlé du spectre des ondes électromagnétiques. Pourquoi ?

En fait, les champs variables sont, à distance suffisante de la source, des ondes qui se propagent à la vitesse de la lumière. Les émetteurs de ces ondes, selon leur géométrie et leur mode de fonctionnement, produisent à leur sortie un champ principalement magnétique ou principalement électrique; seul un champ

statique restera purement électrique ou purement magnétique. On dit alors qu'il s'agit d'un champ électrique ou magnétique proche. Il n'y a pas de propagation à proprement parler.

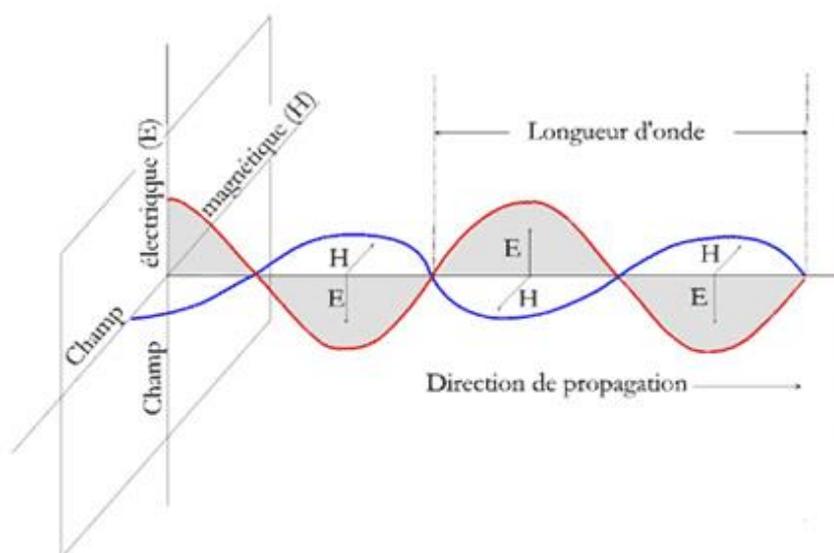
Avec la distance, ce champ évolue : le champ complémentaire va prendre naissance et croître progressivement par rapport au champ d'origine, de sorte qu'à « grande » distance de l'émetteur (*), l'onde du champ électrique et l'onde du champ magnétique se propagent perpendiculairement entre elles et à la direction de propagation. On parle alors d'onde ou de champs électromagnétiques lointains.

(*).La « grande » distance dont il est question est inversement proportionnelle à la fréquence de l'onde et voisine de la longueur d'onde.

Pour une antenne de téléphonie mobile à 900 MHz, la "grande distance" correspond à quelques centimètres, alors que pour les ondes radio à 10 MHz, la "grande distance" correspond environ à quelques centaines de mètres.

A 50 Hz, la "grande distance" correspond à plusieurs milliers de kilomètres. Comme l'amplitude du champ est négligeable à une telle distance, le champ peut généralement être négligé. En pratique, à 50 Hz, on peut donc généralement postuler qu'on est en "champ proche" et nous pouvons considérer les champs électrique et magnétique séparément.

Seul un champ statique restera purement électrique ou purement magnétique.

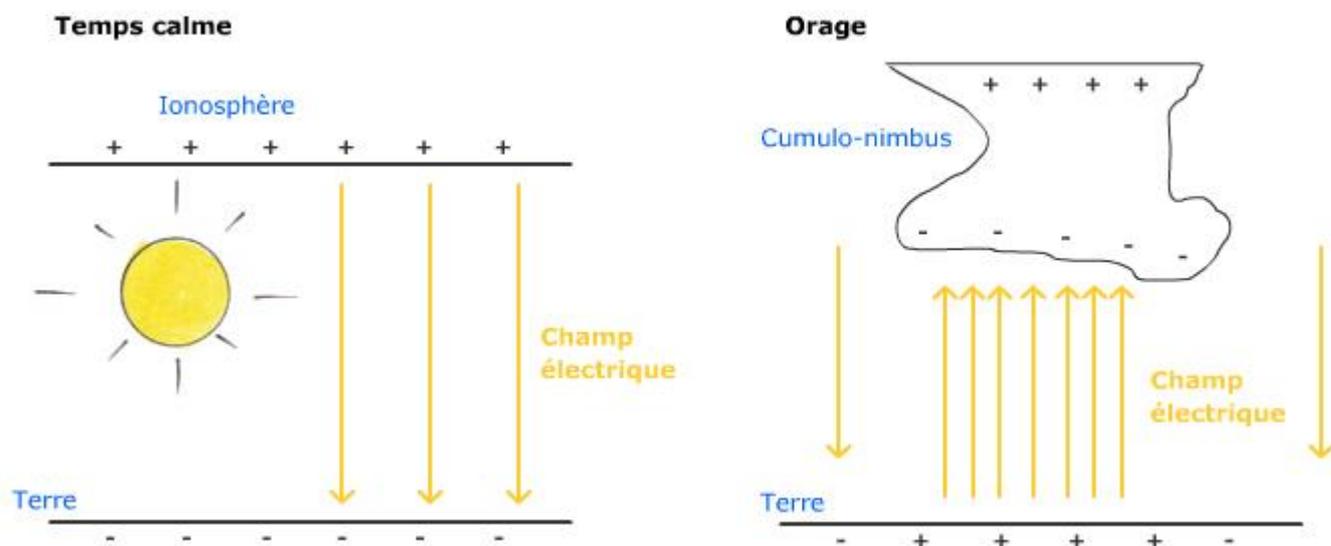


Quiz

Pour accéder au Quiz, suivre le lien suivant: <http://www.bbemg.be/fr/index-cem/electricite-champs/notions-champs.html>

Annexes

1. Caractéristiques du champ électrique terrestre



L'orage est associé à un nuage particulier : le cumulo-nimbus, dont la partie supérieure culmine à environ 12 000 mètres de la surface de la terre. Les charges négatives s'accumulent dans la partie basse des cumulo-nimbus, alors que les charges positives se regroupent dans sa partie haute (*).

(*) Comment se fait la séparation des charges entre le haut et le bas du nuage ?

Cette question n'est pas tout à fait résolue : certains chercheurs pensent que la séparation des charges résulte des frottements (liés au déplacement de l'air au sein du nuage) entre les gouttes d'eau et les cristaux de glace, d'autres cherchent une explication au niveau du passage entre les différents états de l'eau (vapeur, liquide, glace).

La présence des charges négatives à la base des nuages engendre, par influence, une accumulation de charges positives au sol. Entre la base du nuage d'orage et le sol, le champ électrique s'inverse et s'intensifie.

Le phénomène de la foudre est favorisé par le champ électrique très élevé. Ce phénomène se forme en 3 étapes : (1) création d'un canal ionisé par un traceur descendant (petites décharges qui avancent par bonds successifs d'une dizaine de mètre) à partir de la base du nuage, (2) lorsque ce traceur est suffisamment proche des charges positives, un traceur ascendant se développe, (3) les deux traceurs se rejoignent, créant un canal conducteur entre la terre et le nuage. Un courant électrique parcourt le canal, produisant la décharge majeure : le coup de foudre.

2. Origines des ondes électromagnétiques

Un rayonnement électromagnétique peut être produit par différents mécanismes :

- Un premier mécanisme implique la transition d'électrons au départ d'un état d'énergie donnée vers un état d'énergie inférieure. La différence énergétique est convertie en énergie lumineuse. Ces transitions peuvent se produire au sein des atomes, des molécules ou des solides. Ainsi par exemple, dans un tube fluorescent, la lumière est produite par des transitions électroniques au sein des atomes du gaz remplissant le tube (en réalité, elle est initialement produite sous forme d'UV et est réémise dans le visible par le matériau phosphorescent tapissant le tube). Dans une diode électroluminescente à semi-conducteur (diode LED), la lumière est produite par des transitions entre les états électroniques du matériau semiconducteur (essentiellement entre les bandes de conduction et de valence).
- Un deuxième mécanisme est l'accélération (ou la décélération) de particules chargées. Ce mécanisme est à la base du fonctionnement d'un émetteur radio ou wifi : l'antenne est parcourue par un courant variable dans le temps, ce qui revient à imprimer une accélération variable dans le temps aux charges qui transportent ce courant.
- Enfin, des ondes électromagnétiques de très haute énergie (incluant le rayonnement gamma) peuvent être produites par des transitions énergétiques au sein des noyaux, par des interactions entre particules subatomiques, ou encore par l'annihilation entre la matière et l'antimatière. On observe des telles ondes dans les collisionneurs à haute énergie (par exemple au CERN à Genève), dans le soleil, ou encore dans l'espace lointain.