

Chapitre 2 - Le courant électrique

Le mot courant évoque l'eau, les ruisseaux, les rivières et les lacs. Et c'est effectivement de cela qu'il s'agit car la plupart des cours font une analogie entre courant aquatique et courant électrique.

Un courant aquatique est un déplacement de particules d'eau (les molécules, elles-mêmes constituées d'atomes, vous savez le fameux H_2O , ou encore 2 atomes d'hydrogène associés à un atome d'oxygène).

Un courant électrique est un déplacement de particules électrisées (porteuses de charges électriques positives ou négatives). Dans un conducteur métallique, ces particules sont les électrons (ces petites particules subatomiques, chargées négativement, qui constituent les couches externes d'un atome). Dans un liquide, ces particules électrisées peuvent être des ions, c'est-à-dire des atomes ayant perdu des électrons (ions positifs) ou en ayant en trop (ions négatifs) ; c'est ce qu'on observe dans le phénomène d'électrolyse, mais je ne développerai pas car ce qui nous intéresse, c'est ce qui circule dans nos fils électriques.

La tension

Pour en avoir manipulé depuis l'enfance, tout le monde sait ce qu'est une pile électrique : un réservoir de particules électrisées, donc un réservoir potentiel de courant. Pourquoi potentiel ? Parce que tant que les deux pôles de la pile ne sont pas reliés, rien ne circule, mais si on relie ces deux pôles par une résistance, un courant s'établit pour aller d'un pôle de la pile vers l'autre en passant par la résistance. Si à la place de la résistance on avait mis un simple fil de cuivre, on aurait créé un court-circuit : les électrons se seraient déplacés tellement vite et en nombre, que l'ensemble aurait chauffé et que la pile aurait été endommagée. **Donc, à ne jamais faire !**

Prenons un réservoir plein d'eau et relions le à sa base par un tuyau avec un réservoir vide : toute l'eau s'écoulera du réservoir plein vers le réservoir vide... jusqu'à ce que les deux niveaux d'eau soient identiques. Notre pile aquatique est alors usagée ! Cela signifie que, pour qu'un courant d'eau s'établisse, il faut qu'il y ait une différence de remplissage entre les deux réservoirs, qui ont chacun un « potentiel » différent (l'un pour se vider, l'autre pour se remplir). C'est cette différence de potentiel qui permet le passage d'un courant.

Pour les piles électriques, c'est pareil : un pôle de la pile a plus d'électrons que l'autre, d'où une différence de « potentiel » entre les deux pôles. D'ailleurs les physiciens parlent de différence de potentiel alors que les électroniciens parlent de tension, mais c'est la même chose. Tout le monde connaît la tension de sa pile (c'est marqué dessus). Mais voilà, à force que les électrons circulent d'un pôle à l'autre, les deux pôles finissent par avoir une quantité identique d'électrons, il n'y a plus de différence de potentiel, donc plus de tension (ou une tension qui devient presque nulle), la pile est morte !

La tension s'exprime en Volts (V) ; pour l'eau, cela correspondrait à la différence de hauteur entre le réservoir plein et le vide. Si cette différence de hauteur est importante, l'eau aura une certaine force et sera capable d'alimenter un réservoir vide, même situé assez loin. Ce n'est pas pour rien si les châteaux d'eau sont en hauteur ! De même, ce n'est pas pour rien si EDF transporte son courant sous un voltage très élevé et abaisse la tension à destination ! Mais attention, si la tension peut se comparer à la force du courant, ce n'est pas sa puissance. Pour la puissance, il faut prendre en compte une deuxième valeur qui caractérise le courant : son intensité.

L'intensité

Les électrons vont donc se déplacer dans le conducteur électrique pour aller d'un pôle de la pile à l'autre. Combien en même temps ? L'intensité d'un courant aquatique est reliée à la quantité d'eau qui s'écoule par unité de temps (une seconde, une minute, etc.). Pour un courant électrique, c'est pareil : l'intensité dépend du nombre d'électrons qui s'écoulent par unité de temps. Elle s'exprime en Ampères (A) et un ampère correspond à $6,24 \times 10^{18}$ électrons par seconde (soit 624 suivi de 16 zéros électrons par seconde). C'est beaucoup, et en électronique, on utilise plutôt le millième d'ampère encore appelé milliampère (mA).

La puissance d'un courant électrique est donnée par le produit de sa tension par son intensité :

$$P = U \times I.$$

Pour que les courants forts puissent s'écouler, il faut des conducteurs de gros diamètres car sinon, les électrons se « bousculent », ce qui crée un échauffement du conducteur (et parfois, il peut commencer à fondre et créer un incendie). Pareil pour l'eau : si on veut écouler de grosses quantités d'eau, il faut des tuyaux de gros diamètres et ce n'est pas pour rien que les pompiers ont des lances à incendies plus grosses que votre tuyau d'arrosage ! Il faut en tenir compte pour alimenter un montage électronique ou bien son réseau miniature.

Certains corps sont de très bons conducteurs (les métaux par exemple) alors que d'autres conduisent moins bien (ils sont résistants) voire ne conduisent pas du tout (ils sont isolants : le verre, la porcelaine par exemple). Plus un corps est résistant, plus il s'oppose au passage des électrons, plus ceux-ci « s'énervent » et plus cela chauffe. Un fil métallique trop fin est considéré comme résistant et s'échauffe, comme le fil à l'intérieur de votre grille-pain.

Sens de déplacement du courant électrique

Les premiers physiciens qui ont travaillé sur le courant électrique ne pouvaient pas observer le déplacement des électrons, mais il savait que le courant était un déplacement de charge (sinon, ils ne l'auraient pas baptisé courant). Ils croyaient à un déplacement de charges positives et ont fixé un sens de déplacement allant du pôle + vers le pôle -, mais nous savons aujourd'hui que le déplacement des électrons (chargés négativement) se fait dans le sens opposé, du pôle - vers le pôle +. **Malgré cette erreur, nous garderons le sens conventionnel, du + vers le -.**

Pour se déplacer, le courant a besoin d'un fil métallique **pour aller** vers le consommateur (lampe par exemple) et d'un fil **pour revenir** à la source. Or cela fait beaucoup de travail d'installer deux fils et en plus cela coûte deux fois plus cher. Les constructeurs automobiles se sont vite rendus compte de cela, mais se sont aperçus que la carcasse métallique d'une voiture peut servir de deuxième fil (d'où le nom donné de masse). Bien entendu, il faut que cette masse soit reliée au pôle négatif de votre source électrique (regardez votre batterie de voiture et vous verrez). De plus, la tension qui existe entre les deux pôles de votre pile (ou batterie ou générateur) est considérée comme une différence de potentiel. On peut fixer arbitrairement à 0 le potentiel de la borne -, ce qui donne comme potentiel de la borne + la valeur de tension (car la différence de potentiel entre les deux est égal à la tension). Dans un schéma électronique, on considère que la borne - du montage est à un potentiel de 0 V, ce qu'on note GND (pour ground en anglais ou masse en français) et la borne + est alors à un potentiel égal à la tension.

Courant continu et courant alternatif

Le courant continu est un courant **qui se déplace dans un seul sens** ; le courant fourni par une pile électrique est un **courant continu**. Le courant continu se note CC (DC en anglais – direct current).

Le **courant alternatif** est un courant **qui se déplace dans un sens puis dans l'autre, alternativement**. Le courant fourni par EDF est un courant alternatif. Il est produit par la rotation d'une bobine dans le champ magnétique d'un aimant (ou aussi par le déplacement d'un champ magnétique aux alentours d'une bobine). Ceci provoque un déplacement des électrons mais lorsque la bobine a fait 180° , l'aimant déplace les électrons en sens inverse, qui font pour ainsi dire demi-tour. Le courant change donc de sens chaque fois que la bobine fait 180° . Le courant EDF change de sens 100 fois par seconde car la bobine tourne à raison de 50 tours par seconde (100 demi-tours par seconde). La tension d'un tel courant n'est pas constante avec le temps mais montre une variation sinusoïdale, comme le montre la figure 2.1.

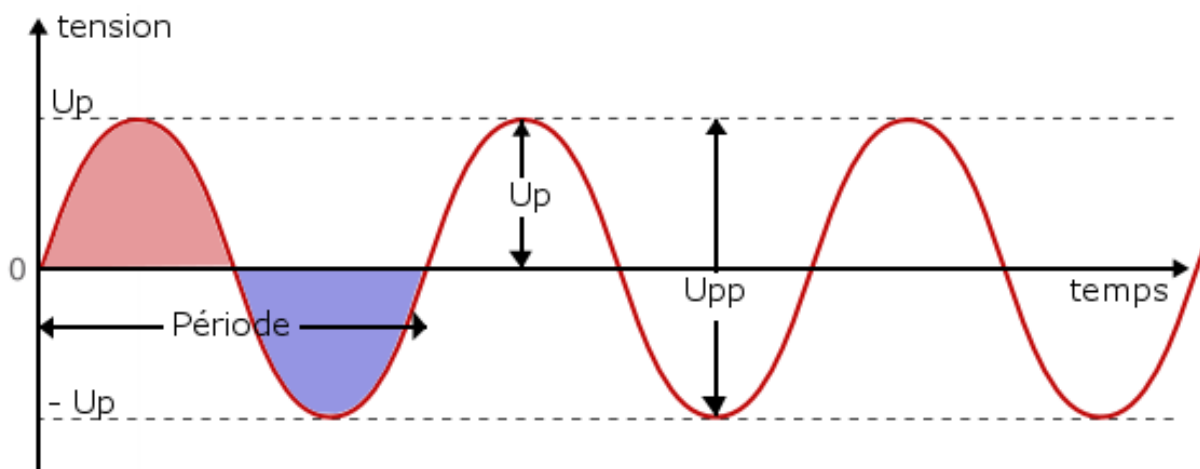


Figure 2. 1

La première chose qu'on remarque est la répétitivité du phénomène ; on dit que le courant est **périodique** car il se reproduit à l'identique après une période constituée d'une alternance où la tension est positive (en rose) et d'une alternance où la tension est négative (en bleu). La tension de crête U_p est la tension maximale alors que la tension de crête à crête U_{pp} est la différence entre tension maximale et tension minimale.

On voit bien que la tension d'un courant alternatif varie avec le temps ; quand elle est positive, les électrons se déplacent dans un sens, quand elle est négative, ils se déplacent dans le sens opposé. La fréquence du courant est l'inverse de la période ; le courant EDF a une fréquence de 50 Hz (Hertz) (ce qui représente 50 périodes par seconde ; la durée d'une période est donc $1/50$ ème de seconde, et la durée d'une alternance est de $1/100$ ème de seconde). Le courant alternatif se note CA (AC en anglais – alternative current).

Un courant continu n'a pas forcément une tension constante (si c'était le cas, on parlerait de **courant continu stabilisé**).

Courant continu et courant alternatif ont tous deux des avantages et des inconvénients que nous découvrirons par la suite. En électronique, la plupart de nos montages utilise du courant continu. Sur un réseau de trains miniatures, nous trouvons à la fois du courant continu (le courant nécessaire à la traction pour le système 2 rails) et du courant alternatif (nécessaire aux accessoires). En numérique, la norme DCC impose du courant alternatif dans la voie.

À retenir :

- Le courant électrique correspond à un déplacement d'électrons dans un fil métallique conducteur.
- On peut faire une analogie entre courant électrique et courant aquatique (même si l'eau et le courant ne font pas bon-ménage).
- Une pile est un réservoir d'électrons, en excès à un pôle et en déficit à l'autre pôle ; il existe donc une différence de potentiel, appelée tension et exprimée en volts.
- Si on relie les deux pôles de la pile par une résistance, un courant circule d'un pôle à l'autre.
- L'intensité de ce courant, exprimée en Ampères, correspond au nombre d'électrons passant par seconde : plus ils sont nombreux, plus le courant est fort.
- Certains corps sont conducteurs, d'autres résistants et d'autres isolants.
- Il faut un fil pour aller et un fil pour revenir, mais celui-ci peut être remplacé par la masse métallique de l'appareil.
- Le courant électrique peut être dangereux, voire mortel.
- Un courant continu est un courant qui se déplace dans un seul sens, mais sa tension n'est pas forcément constante.
- Un courant alternatif est un courant qui se déplace alternativement dans un sens puis dans le sens opposé. Sa tension varie et passe de positive à négative. Plus sa fréquence est élevée, plus les électrons changent plusieurs fois de sens par seconde.
- Les deux types de courant se retrouvent sur nos réseaux miniatures.