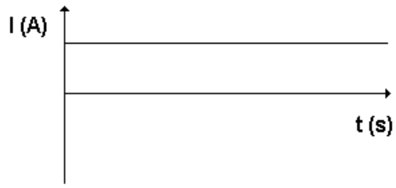
Chapitre 3.11 – L’électricité domestique et le courant alternatif

Courant continu

Amplitude de *I* constante

Ex :

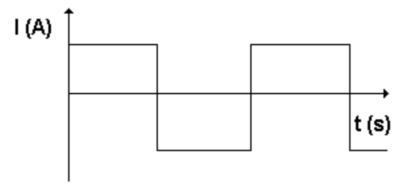


Symbole pour une source alternative :

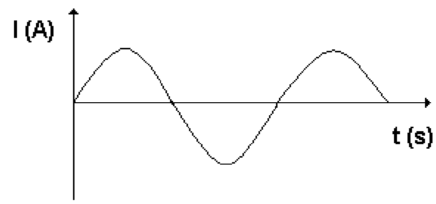
Courant alternatif

Amplitude de *I* non constante

Ex : carrée

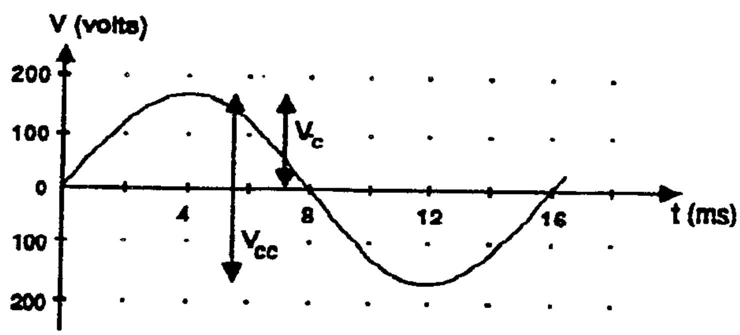


Ex : sinusoïdale



Le courant alternatif d’Hydro-Québec

Hydro-Québec fournit une électromotance $\mathcal{E}$ en volt sous forme sinusoïdale :

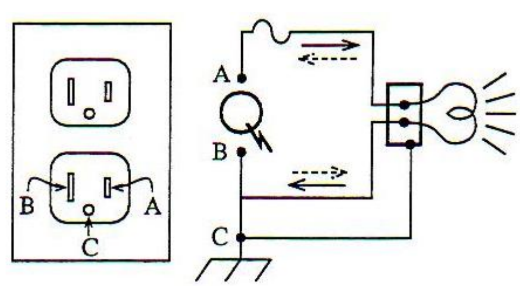


Forme du courant : alternatif sinusoïdale
Fréquence : 60 Hz (Europe 50 Hz)
Volt : ±170 V (Europe ±310 V)

A : Entrée du courant (fil noir, *hot*)

B : Sortie du courant à V = 0 (fil blanc)

C : Mise à la terre (*ground*) pour fin de sécurité (fil vert ou sans gaine)



Le sens de la prise murale est inversé.

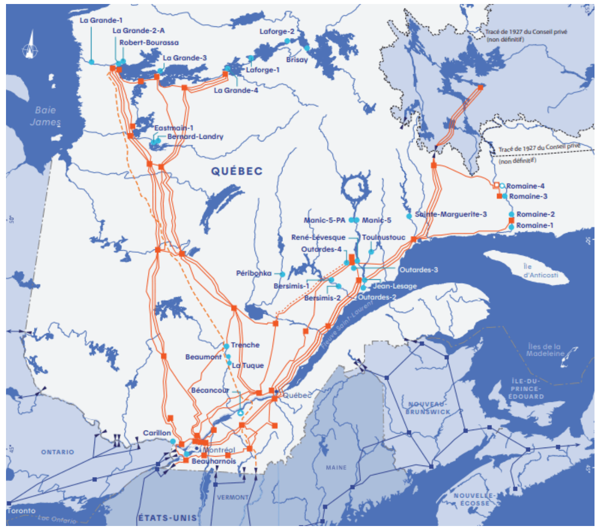
<u>Question :</u> Pourquoi on dit que nos prises domestiques nous donnent 120 V (ou 110 V)?
<u>Réponse :</u> Le 120 V (ou 110 V) représente une équivalence à un courant constant.

P.S. Une prise de 240 V utilise deux fils sous tension de couleur noir et rouge.

Hydro-Québec en chiffres

En 2024, la société Hydro-Québec c'est[1] :

- Production énergétique[2] de 37 436 MW dont 62 centrales et 29 réservoirs.
- 34 922 km de lignes de transport (735 kV, 315 kV, 120 kV)
- 228 568 km de lignes de distribution (120 kV, 25 kV, 240 V)
- 15 postes d'interconnexion avec ses partenaires : Ontario, Nouveau-Brunswick, Terre-Neuve (Churchill Falls) et les États-Unis.
- 42 % de l'énergie consommée au Québec (50 % en énergies fossiles et 8 % en biocarburant)
- Pointe hivernale record : 42 601 MW (d'où le besoin d'acheter de l'électricité sur le marché)



https://www.hydroquebec.com/transenergie/fr/
« Le réseau de transport d'Hydro-Québec est le plus vaste d'Amérique du Nord. »

La puissance d'un résisteur ohmique soumis à un courant alternatif sinusoïdale

La puissance électrique P libérée par un résisteur ohmique de résistance R générant une différence de potentiel $\Delta V(t)$ de forme sinusoïdale au courant qui y circule est égale à la relation suivante :

$$P(t) = \frac{\Delta V_0{}^2}{R} \sin^2(2\pi\, f\, t)$$

où
P : Puissance instantanée libérée par le résisteur en watt(W)
ΔV_0 : Différence de potentiel maximale en volt (V)
R : Résistance du résisteur en ohm (Ω)
f : Fréquence du signal électrique en Hz (Hz)
t : Temps associé à la mesure en seconde (s)

Preuve :

Appliquons la loi d'Ohm à un résisteur soumis à une différence de potentiel de forme sinusoïdale :

$$P = \frac{(\Delta V)^2}{R} \quad \Rightarrow \quad P = \frac{(\Delta V_0 \sin(2\pi\, f\, t))^2}{R}$$ (Remplacer $\Delta V = \Delta V_0 \sin(2\pi\, f\, t)$)

$$\Rightarrow \quad P = \frac{\Delta V_0{}^2}{R} \sin^2(2\pi\, f\, t) \quad \blacksquare$$ (Simplifier)

[1] Référence : Sonya Konzak, ingénieur, Hydro-Québec
[2] Équivalence : 37 436 MW = 37 436 000 000 W.

La puissance moyenne d'un résisteur ohmique soumis à un courant alternatif sinusoïdale

La puissance moyenne $\overline{P}$ libérée par un résisteur ohmique de résistance R soumis à une différence de $\Delta V(t)$ de forme sinusoïdale est égale à la moitié de sa valeur maximale :

$$\overline{P} = \frac{1}{2}\frac{\Delta V_0^{\;2}}{R}$$

où $\overline{P}$: Puissance moyenne en watt (W)

ΔV_0 : Différence de potentiel maximale en volt

R : Résistance du résisteur en ohm (Ω)

<u>Preuve :</u>

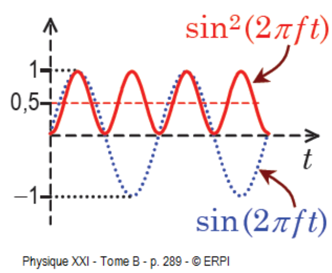
Évaluons la moyenne de la puissance en effectuant une somme de la puissance instantanée sur une période complète du cycle et en divisant le tout par le temps d'une période :

$$\overline{P} = \frac{1}{T}\int_{t=0}^{T} P(t)\,\mathrm{d}t$$

Utilisons le résultat suivant de l'intégrale :

$$\int_0^T \sin^2(2\pi\ f\ t) = \frac{T}{2}$$

où $T = \dfrac{1}{f}$



Ainsi, nous obtenons :

$$\overline{P} = \frac{1}{T}\int_{t=0}^{T} P(t)\,\mathrm{d}t \quad \Rightarrow \quad \overline{P} = \frac{1}{T}\int_{t=0}^{T} \frac{\Delta V_0^{\;2}}{R}\sin^2(2\pi\ f\ t)\,\mathrm{d}t \qquad \text{(Remplacer } P(t) = \frac{\Delta V_0^{\;2}}{R}\sin^2(2\pi\ f\ t)\text{)}$$

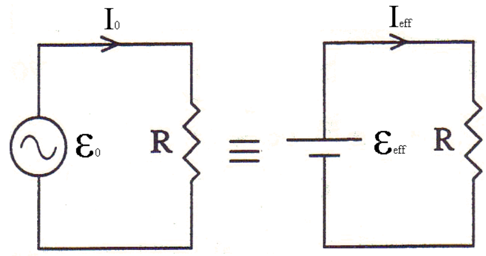
$$\Rightarrow \quad \overline{P} = \frac{1}{T}\frac{\Delta V_0^{\;2}}{R}\int_{t=0}^{T}\sin^2(2\pi\ f\ t)\,\mathrm{d}t \qquad \text{(Factoriser constante)}$$

$$\Rightarrow \quad \overline{P} = \frac{1}{T}\frac{\Delta V_0^{\;2}}{R}\left(\frac{T}{2}\right) \qquad \left(\int_0^T \sin^2(2\pi\ f\ t) = \frac{T}{2}\right)$$

$$\Rightarrow \quad \overline{P} = \frac{1}{2}\frac{\Delta V_0^{\;2}}{R} \quad \blacksquare \qquad \text{(Simplifier)}$$

Équivalence entre la puissance d'une source alternative et constante

On peut faire une **comparaison** entre une **source constante** et une **source alternative** grâce à la définition de la puissance :



$$P_{\text{moyenne alternatif}} = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0^{\;2}}{R} = \frac{\varepsilon_{\text{eff}}^{\;2}}{R} = P_{\text{moyenne continue}}$$

<u>Ainsi :</u> $\varepsilon_{\text{eff}} = \dfrac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}}$

Électromotance efficace

L'électromotance efficace ε_{eff} d'une source d'électromotance alternative correspond à l'électromotance constante qui produirait la même puissance. Les deux électromotances sont reliées par l'expression suivante :

$$\varepsilon_{\text{eff}} = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}}$$

où ε_{eff} : Électromotance efficace d'une source constante en volt (V)

ε_0 : Électromotance d'une source alternative en volt (V)

Hydro-Québec et la distribution résidentielle

Hydro-Québec fournit un courant alternatif de 170 V ($\varepsilon_0 = 170\ \text{V}$). Si l'on transpose se potentiel alternatif en potentiel efficace, nous avons :

Société d'état du Québec régissant
la vente et la distribution de l'énergie électrique.

$$\varepsilon_{\text{eff}} = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}} \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_{\text{eff}} = \frac{(170)}{\sqrt{2}}$$

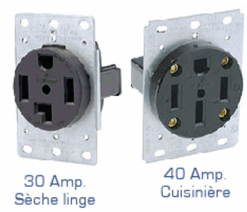
$$\Rightarrow \quad \boxed{\varepsilon_{\text{eff}} = 120{,}2\ \text{V}}$$

- Au Québec, plusieurs appareils électriques possèdent l'inscription « rms = 120 V ». Cela signifie qu'ils ont été conçu pour fonctionner sur du courant alternatif dont l'électromotance efficace est de 120 V.


Prise de 120 V.

- Les électriciens mesurent avec leur voltmètre des valeurs de ε_0 fournit par HydroQuébec qui n'est pas toujours égale à 170 V ($\varepsilon_{\text{eff}} = 120{,}2\ \text{V}$ en moyenne) aux bornes d'une prise électrique. Cette valeur peut varier entre 155 V et 170 V selon la résistance des fils utilisés pour alimenter la prise. Ainsi, l'électromotance efficace ε_{eff} peut tourner autour de 110 V d'où vient l'appellation « prise de 110 ».

- Une prise de 220 V ($2\times 110\ \text{V}$) représente deux sources de 110 V dont le voltage sinusoïdale arrive à la prise électrique tel que le signale résultant est équivalent à une source sinusoïdale de 220 V. Cependant, il serait plus juste de dire « une prise de 240 V » pour un calcul de $2\times 120\ \text{V}$.

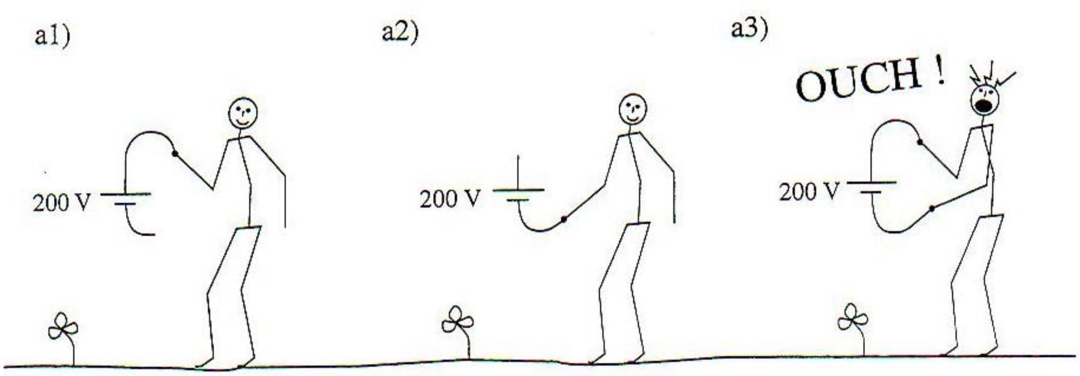


Prise de 240 V.

Chocs électriques

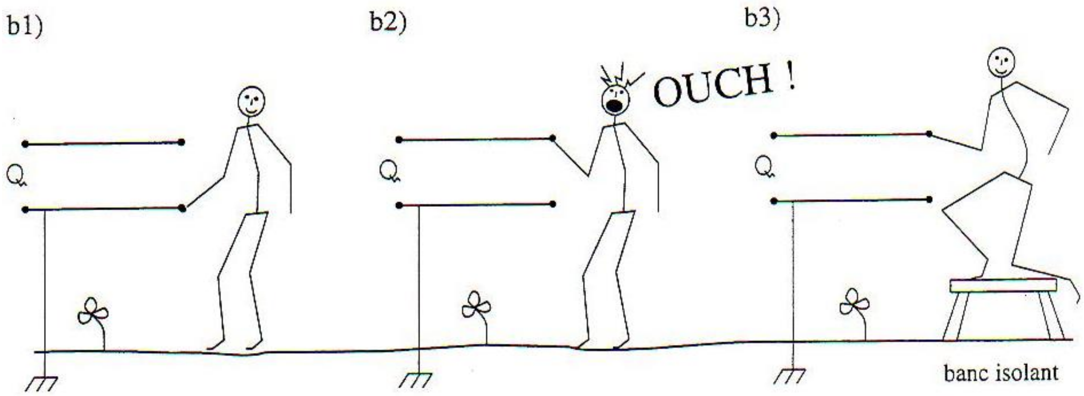
Un choc survient lorsque :

1) On complète un circuit qui est sous tension grâce à une pile. Le courant s'écoule jusqu'à ce que la pile soit vide énergétiquement.

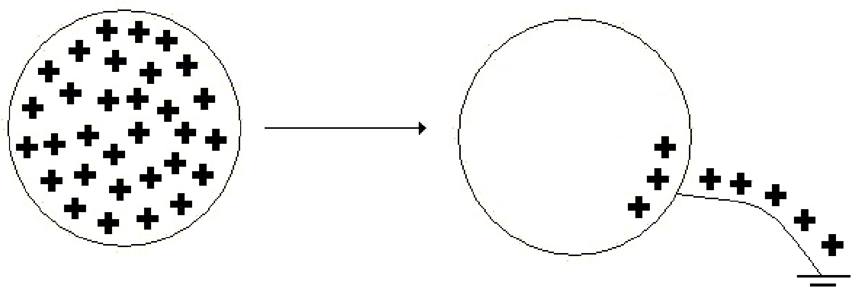


Pour les trois cas, il indiffère que la personne ait ou non les pieds isolés du sol.

2) On touche au fil sous tension alternatif et que l'on complète le circuit. Le courant s'écoulera toujours sauf si un fusible coupe le courant.



3) On touche un objet chargé et que les charges traversent notre corps très rapidement. Le courant s'écoulera jusqu'à ce qu'il y ait équilibre électrostatique entre les deux conducteurs.



Exercice

3.5.5 ***Une bouilloire branchée à une prise non standard.*** L'élément chauffant d'une bouilloire génère une puissance thermique de 1500 W lorsqu'il est branché à une prise qui oscille entre 170 V et -170 V. Quelle puissance serait générée si on branchait la bouilloire à une prise qui oscille entre 100 V et -100 V ?

Solution

3.5.5 ***Une bouilloire branchée à une prise non standard.***

Nous pouvons évaluer la résistance de la bouilloire :

$$\bar{P} = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0^{\ 2}}{R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{\varepsilon_0^{\ 2}}{2\bar{P}} = \frac{(170)^2}{2(1500)} \quad \Rightarrow \quad \boxed{R = 9{,}63\ \ \Omega}$$

On peut calculer maintenant la puissance générée :

$$\bar{P} = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0^{\ 2}}{R} = \frac{1}{2}\frac{(100)^2}{(9{,}63)} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\bar{P} = 519{,}2\ \ \text{W}}$$