

Électronique

Introduction aux signaux en régime variable, valeur moyenne et valeur efficace

Andres Arciniegas

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



1 Introduction aux signaux en régime variable

- Vocabulaire et types de signaux
- Signaux périodiques
- Signaux particuliers

2 Valeur moyenne et valeur efficace

- Valeur moyenne
- Valeur efficace
- Résistances en régime variable

Introduction aux signaux en régime variable

Vocabulaire et types de signaux

Un **signal** est la représentation physique de l'information qu'il transporte de sa source à son destinataire.

Vocabulaire et types de signaux

Un **signal** est la représentation physique de l'information qu'il transporte de sa source à son destinataire.

Un signal à amplitude et temps continus est dit *analogique* et peut être :

Vocabulaire et types de signaux

Un **signal** est la représentation physique de l'information qu'il transporte de sa source à son destinataire.

Un signal à amplitude et temps continus est dit *analogique* et peut être :

- **apériodique** : cas général, dont sa forme (motif) ne se répète pas dans le temps.

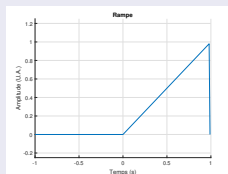
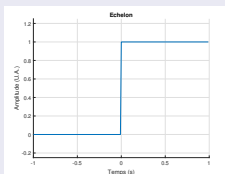
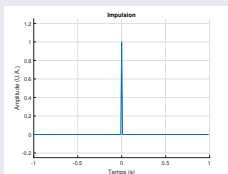
Vocabulaire et types de signaux

Un **signal** est la représentation physique de l'information qu'il transporte de sa source à son destinataire.

Un signal à amplitude et temps continus est dit *analogique* et peut être :

- **apériodique** : cas général, dont sa forme (motif) ne se répète pas dans le temps.

Exemples de signaux apériodiques



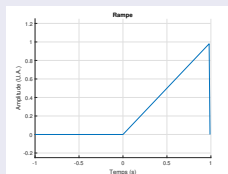
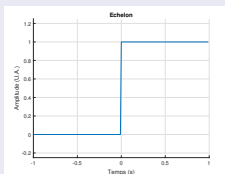
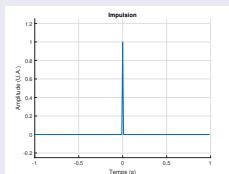
Vocabulaire et types de signaux

Un **signal** est la représentation physique de l'information qu'il transporte de sa source à son destinataire.

Un signal à amplitude et temps continus est dit *analogique* et peut être :

- **apériodique** : cas général, dont sa forme (motif) ne se répète pas dans le temps.
- **périodique** : si les variations de son amplitude se reproduisent régulièrement dans le temps.

Exemples de signaux apériodiques



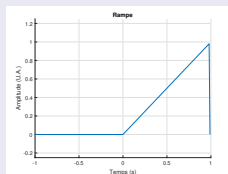
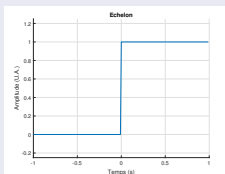
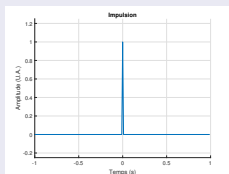
Vocabulaire et types de signaux

Un **signal** est la représentation physique de l'information qu'il transporte de sa source à son destinataire.

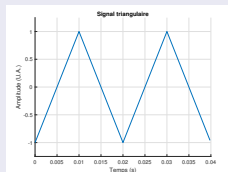
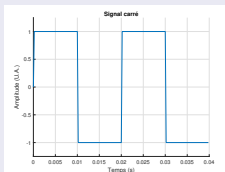
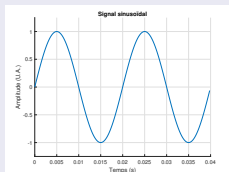
Un signal à amplitude et temps continus est dit *analogique* et peut être :

- **apériodique** : cas général, dont sa forme (motif) ne se répète pas dans le temps.
- **périodique** : si les variations de son amplitude se reproduisent régulièrement dans le temps.

Exemples de signaux apériodiques



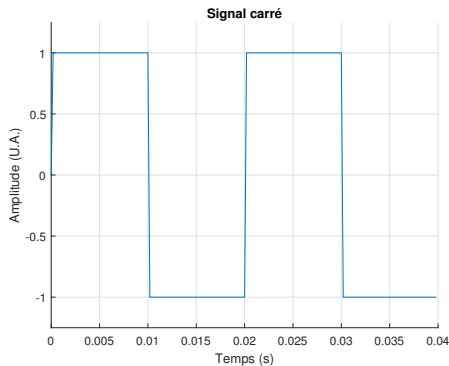
Exemples de signaux périodiques



Caractéristiques des signaux périodiques

Caractéristiques d'un signal périodique $y(t)$:

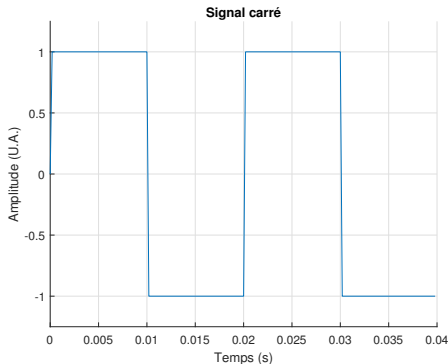
- **Période** : durée T du motif qui se répète en seconde (s), avec $y(t) = y(t + T)$.



Caractéristiques des signaux périodiques

Caractéristiques d'un signal périodique $y(t)$:

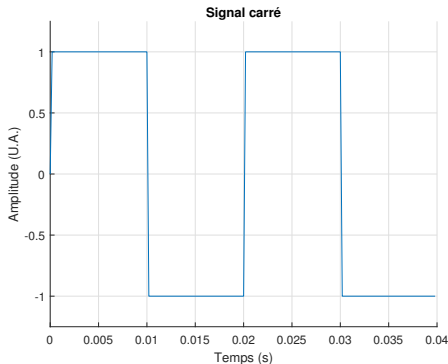
- **Période** : durée T du motif qui se répète en seconde (s), avec $y(t) = y(t + T)$.
- **Fréquence** : déduite de la période selon la relation $f = 1/T$ en hertz (Hz) ; nombre de motifs par seconde.



Caractéristiques des signaux périodiques

Caractéristiques d'un signal périodique $y(t)$:

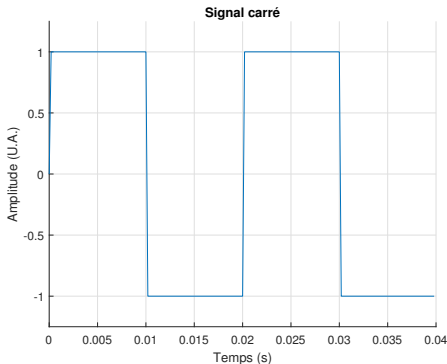
- **Période** : durée T du motif qui se répète en seconde (s), avec $y(t) = y(t + T)$.
- **Fréquence** : déduite de la période selon la relation $f = 1/T$ en hertz (Hz) ; nombre de motifs par seconde.
- **Amplitude** : valeur maximale $Y_{max} = \max(|y(t)|)$ par rapport à la référence.



Caractéristiques des signaux périodiques

Caractéristiques d'un signal périodique $y(t)$:

- **Période** : durée T du motif qui se répète en seconde (s), avec $y(t) = y(t + T)$.
- **Fréquence** : déduite de la période selon la relation $f = 1/T$ en hertz (Hz) ; nombre de motifs par seconde.
- **Amplitude** : valeur maximale $Y_{max} = \max(|y(t)|)$ par rapport à la référence.
- **Valeur crête à crête** : $V_{pp} = \max(y(t)) - \min(y(t))$, c'est l'amplitude totale du signal indépendamment de toute référence.

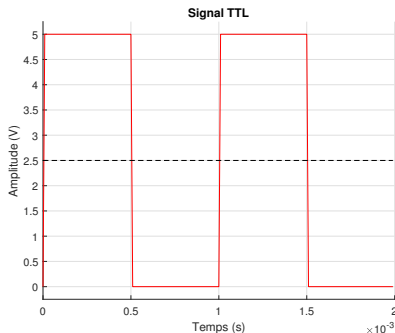


Caractéristiques des signaux périodiques

En général, un signal $y(t)$ peut s'écrire comme $y(t) = \langle y(t) \rangle + \tilde{y}(t)$, où :

- $\langle y(t) \rangle$: est la composante continue (valeur moyenne du signal)
- $\tilde{y}(t)$: est la composante alternative ($f > 0$)

Exemple (Signal TTL)

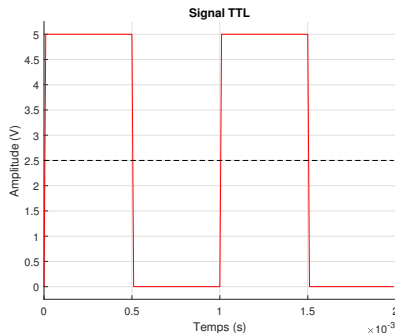


Caractéristiques des signaux périodiques

En général, un signal $y(t)$ peut s'écrire comme $y(t) = \langle y(t) \rangle + \tilde{y}(t)$, où :

- $\langle y(t) \rangle$: est la composante continue (valeur moyenne du signal)
- $\tilde{y}(t)$: est la composante alternative ($f > 0$)

Exemple (Signal TTL)



Remarque

Pour un signal *alternatif* à moyenne nulle : $\langle y(t) \rangle = 0$

Généralités :

- **Signal périodique**
- **Deux valeurs**, deux « états » : valeur basse (état bas), valeur haute (état haut)

Généralités :

- **Signal périodique**
- **Deux valeurs**, deux « états » : valeur basse (état bas), valeur haute (état haut)

Caractéristiques :

- T : période (s)
- t_h : durée à l'état haut (s)
- t_b : durée à l'état bas (s)
- Rapport cyclique : $\alpha = \frac{t_h}{t_h + t_b} = \frac{t_h}{T}$; avec $0 \leq \alpha \leq 1$

Signal carré

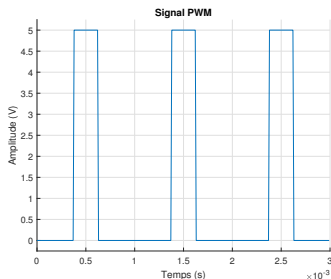
Généralités :

- **Signal périodique**
- **Deux valeurs**, deux « états » : valeur basse (état bas), valeur haute (état haut)

Caractéristiques :

- T : période (s)
- t_h : durée à l'état haut (s)
- t_b : durée à l'état bas (s)
- Rapport cyclique : $\alpha = \frac{t_h}{t_h + t_b} = \frac{t_h}{T}$; avec $0 \leq \alpha \leq 1$

Exemple (Signal PWM)



Signal sinusoïdal

Un signal sinusoïdal est un signal dont l'amplitude dépend du temps suivant une loi sinusoïdale.

Signal sinusoïdal

Un signal sinusoïdal est un signal dont l'amplitude dépend du temps suivant une loi sinusoïdale.

https://phet.colorado.edu/sims/html/trig-tour/latest/trig-tour_en.html

<https://www.geogebra.org/m/fmuemkmz>

Signal sinusoïdal

Un signal sinusoïdal est un signal dont l'amplitude dépend du temps suivant une loi sinusoïdale.

https://phet.colorado.edu/sims/html/trig-tour/latest/trig-tour_en.html

<https://www.geogebra.org/m/fmuemkmz>

Caractéristiques :

- θ : phase instantanée en radians, par rapport à l'origine des temps. $\theta(t) = \omega t + \varphi_0$, avec φ_0 la phase à l'origine.

Signal sinusoïdal

Un signal sinusoïdal est un signal dont l'amplitude dépend du temps suivant une loi sinusoïdale.

https://phet.colorado.edu/sims/html/trig-tour/latest/trig-tour_en.html

<https://www.geogebra.org/m/fmuemkmz>

Caractéristiques :

- θ : phase instantanée en radians, par rapport à l'origine des temps. $\theta(t) = \omega t + \varphi_0$, avec φ_0 la phase à l'origine.
- ω : pulsation en radians par seconde (rad/s) ; équivaut à la vitesse angulaire.

Signal sinusoïdal

Un signal sinusoïdal est un signal dont l'amplitude dépend du temps suivant une loi sinusoïdale.

https://phet.colorado.edu/sims/html/trig-tour/latest/trig-tour_en.html

<https://www.geogebra.org/m/fmuemkmz>

Caractéristiques :

- θ : phase instantanée en radians, par rapport à l'origine des temps. $\theta(t) = \omega t + \varphi_0$, avec φ_0 la phase à l'origine.
- ω : pulsation en radians par seconde (rad/s) ; équivaut à la vitesse angulaire.
- Rotation périodique : 1 tour = $2\pi = \omega T$, avec T la période de « rotation ».

Signal sinusoïdal

Un signal sinusoïdal est un signal dont l'amplitude dépend du temps suivant une loi sinusoïdale.

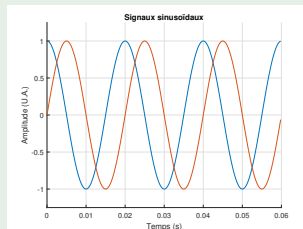
https://phet.colorado.edu/sims/html/trig-tour/latest/trig-tour_en.html

<https://www.geogebra.org/m/fmuemkmz>

Caractéristiques :

- θ : phase instantanée en radians, par rapport à l'origine des temps. $\theta(t) = \omega t + \varphi_0$, avec φ_0 la phase à l'origine.
- ω : pulsation en radians par seconde (rad/s) ; équivaut à la vitesse angulaire.
- Rotation périodique : 1 tour = $2\pi = \omega T$, avec T la période de « rotation ».

Exemple (Signaux sinusoïdaux)



$$y(t) = \cos(2\pi \cdot 50t)$$

$$y(t) = \sin(2\pi \cdot 50t)$$

Valeur moyenne et valeur efficace

Valeur moyenne

La **valeur moyenne** est aussi appelée *composante continue* du signal périodique.

Valeur moyenne

La **valeur moyenne** est aussi appelée *composante continue* du signal périodique.

Formalisme

$$\langle y(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_T y(t) \cdot dt$$

La **valeur moyenne** est aussi appelée *composante continue* du signal périodique.

Formalisme

$$\langle y(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_T y(t) \cdot dt$$

Méthode graphique :

- L'approximation est généralement suffisante en sciences de l'ingénieur.
- La valeur moyenne est la somme algébrique des aires A et B divisée par la période T .

Valeur moyenne

La **valeur moyenne** est aussi appelée *composante continue* du signal périodique.

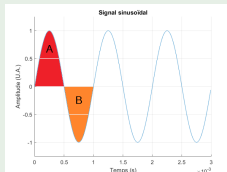
Formalisme

$$\langle y(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_T y(t) \cdot dt$$

Méthode graphique :

- L'approximation est généralement suffisante en sciences de l'ingénieur.
- La valeur moyenne est la somme algébrique des aires A et B divisée par la période T.

Exemple (Signal sinusoïdal)



Pour un signal sinusoïdal centré sur zéro, la valeur moyenne est nulle.

Rappel : Un signal alternatif, sans composante continue, a une valeur moyenne nulle.

Valeur moyenne

La **valeur moyenne** est aussi appelée *composante continue* du signal périodique.

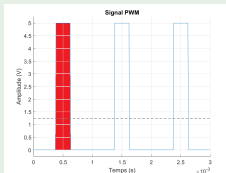
Formalisme

$$\langle y(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_T y(t) \cdot dt$$

Méthode graphique :

- L'approximation est généralement suffisante en sciences de l'ingénieur.
- La valeur moyenne est la somme algébrique des aires A et B divisée par la période T.

Exemple (Signal PWM)



Pour un signal PWM, la valeur moyenne est $\langle u(t) \rangle = \frac{U_{max} t_h}{T} = \alpha U_{max}$.

En électricité, la **valeur efficace** d'un courant alternatif correspond à la valeur d'un courant continu produisant la même puissance thermique dans une résistance identique.

En électricité, la **valeur efficace** d'un courant alternatif correspond à la valeur d'un courant continu produisant la même puissance thermique dans une résistance identique.

Formalisme

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\langle i^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T i^2 \cdot dt}$$

« La racine carrée de la valeur moyenne du carré du signal »

Valeur efficace

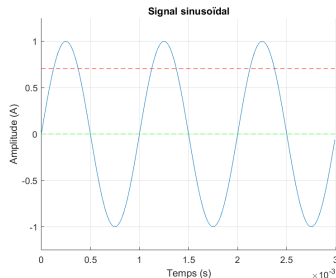
En électricité, la **valeur efficace** d'un courant alternatif correspond à la valeur d'un courant continu produisant la même puissance thermique dans une résistance identique.

Formalisme

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\langle i^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T i^2 \cdot dt}$$

« La racine carrée de la valeur moyenne du carré du signal »

Exemple (Signal sinusoïdal)



En électricité, la **valeur efficace** d'un courant alternatif correspond à la valeur d'un courant continu produisant la même puissance thermique dans une résistance identique.

Formalisme

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\langle i^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T i^2 \cdot dt}$$

« La racine carrée de la valeur moyenne du carré du signal »

Remarques

- La valeur efficace est toujours positive. Si elle est nulle, le signal est nul.

Valeur efficace

En électricité, la **valeur efficace** d'un courant alternatif correspond à la valeur d'un courant continu produisant la même puissance thermique dans une résistance identique.

Formalisme

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\langle i^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T i^2 \cdot dt}$$

« La racine carrée de la valeur moyenne du carré du signal »

Remarques

- La valeur efficace est toujours positive. Si elle est nulle, le signal est nul.
- Un signal peut avoir une **valeur moyenne nulle** et une **valeur efficace non-nulle**.

Valeur efficace

En électricité, la **valeur efficace** d'un courant alternatif correspond à la valeur d'un courant continu produisant la même puissance thermique dans une résistance identique.

Formalisme

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\langle i^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T i^2 \cdot dt}$$

« La racine carrée de la valeur moyenne du carré du signal »

Remarques

- La valeur efficace est toujours positive. Si elle est nulle, le signal est nul.
- Un signal peut avoir une **valeur moyenne nulle** et une **valeur efficace non-nulle**.
- La valeur efficace d'un signal continu U est $|U|$

La valeur efficace d'un signal composé $y(t) = y_0(t) + y_1(t) + y_2(t) + \dots$ est :

$$Y_{eff} = \sqrt{Y_{0eff}^2 + Y_{1eff}^2 + Y_{2eff}^2 + \dots}$$

La valeur efficace d'un signal composé $y(t) = y_0(t) + y_1(t) + y_2(t) + \dots$ est :

$$Y_{eff} = \sqrt{Y_{0eff}^2 + Y_{1eff}^2 + Y_{2eff}^2 + \dots}$$

Exemple (Signal alternatif avec composante continue)

$$u(t) = U_0 + \tilde{u}(t)$$

$$U_{eff}^2 = U_0^2 + \tilde{U}_{eff}^2$$

$$U_{eff} = \sqrt{U_0^2 + \tilde{U}_{eff}^2}$$

La valeur efficace d'un signal composé $y(t) = y_0(t) + y_1(t) + y_2(t) + \dots$ est :

$$Y_{\text{eff}} = \sqrt{Y_{0\text{eff}}^2 + Y_{1\text{eff}}^2 + Y_{2\text{eff}}^2 + \dots}$$

Exemple (Signal alternatif avec composante continue)

$$u(t) = U_0 + \tilde{u}(t)$$

$$U_{\text{eff}}^2 = U_0^2 + \tilde{U}_{\text{eff}}^2$$

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{U_0^2 + \tilde{U}_{\text{eff}}^2}$$

Formules pour les signaux alternatifs simples à moyenne nulle

- Sinusoïdal : $I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$
- Triangulaire : $I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{3}}$
- Carré symétrique : $I_{\text{eff}} = I_{\text{max}}$

La tension du réseau électrique européen est une tension sinusoïdale « pure » de fréquence 50 Hz et de valeur efficace 230 V. Pour cette tension,

- Calculer sa période
- Calculer sa pulsation
- Calculer sa valeur maximale

- Même comportement qu'en régime continu

- Même comportement qu'en régime continu
- **Loi d'Ohm** : $u(t) = Ri(t)$

- Même comportement qu'en régime continu
- **Loi d'Ohm** : $u(t) = Ri(t)$
- **Puissance instantanée** : $p(t) = u(t).i(t) = \frac{u^2(t)}{R} = Ri^2(t)$

- Même comportement qu'en régime continu
- **Loi d'Ohm** : $u(t) = Ri(t)$
- **Puissance instantanée** : $p(t) = u(t).i(t) = \frac{u^2(t)}{R} = Ri^2(t)$
- **Puissance moyenne** : $P = \langle p(t) \rangle = \langle u(t).i(t) \rangle = \frac{\langle u^2(t) \rangle}{R} = \frac{U_{\text{eff}}^2}{R} = Ri_{\text{eff}}^2$