COURS

Définition et caractérisation des signaux

1 Définition des signaux

Les informations associées à une variable physique (grandeur physique) peuvent être de nature analogique, numérique, ou logique.

Pour exemple, le système de contrôle de la vitesse du vent dans le Store Somfy peut être représenté :

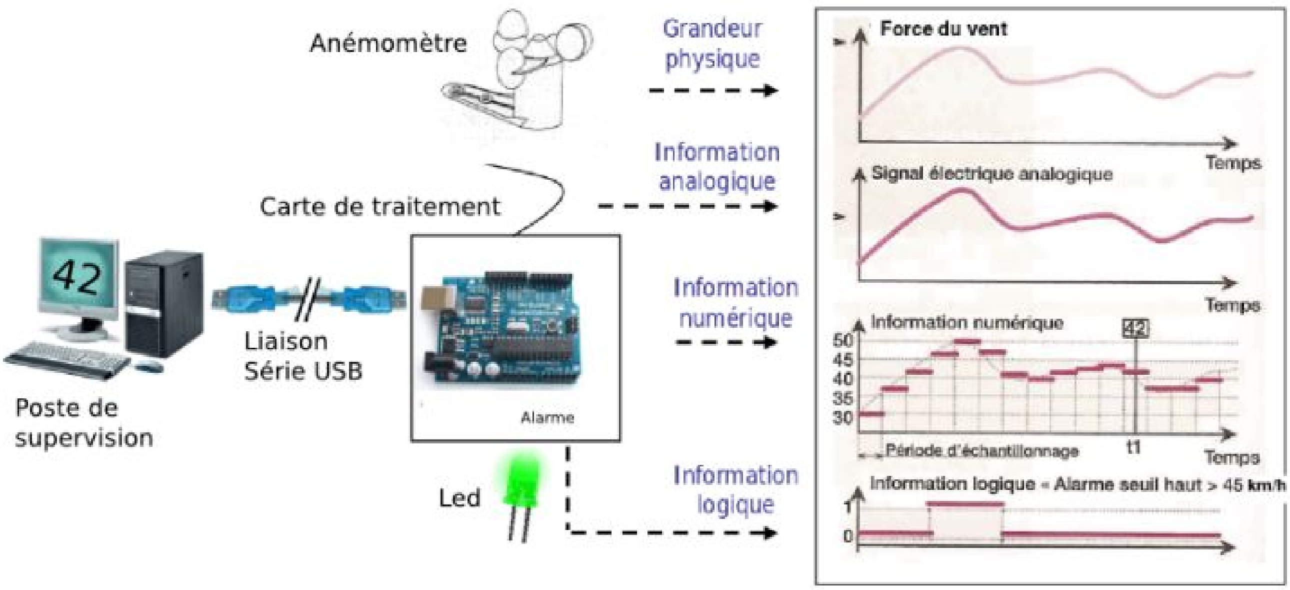


Figure 1: Mise en situation dans le cadre du Store Somfy

Information analogique : Une information analogique (tension, courant. . .) est proportionnelle à la grandeur physique représentée (température, pression, débit, vitesse, accélération, force...). Elle est continue dans le temps et peut prendre une infinité de valeurs.

Information logique : Une information logique ne peut prendre que deux états : **vrai** ou **faux** (par exemple, led allumée ou éteinte)

Information numérique : Les signaux numériques sont une succession de 0 et de 1 qui transportent des informations.

2 Classification des signaux

2.1 Les signaux analogiques

Ce sont des signaux dont la grandeur physique (température, tension, vitesse, position, etc) **varie de façon continue** dans le temps.

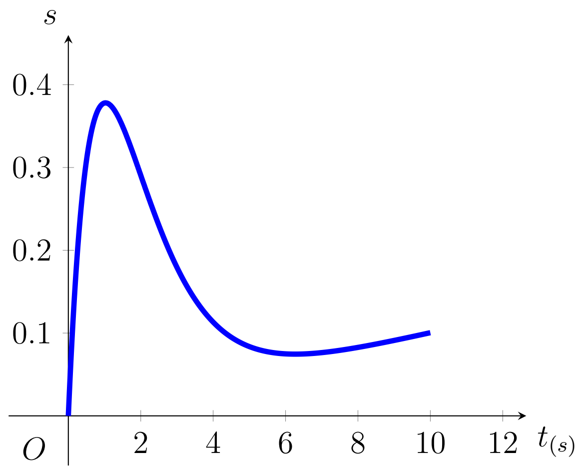


Figure 2:
Exemple de signal analogique **non périodique** $s = f(t)$

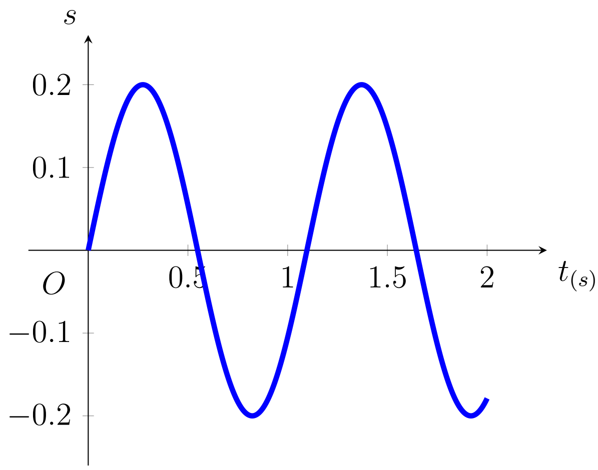


Figure 3:
Exemple de signal analogique **périodique** $s = f(t)$

Exemple : enregistrement sismique

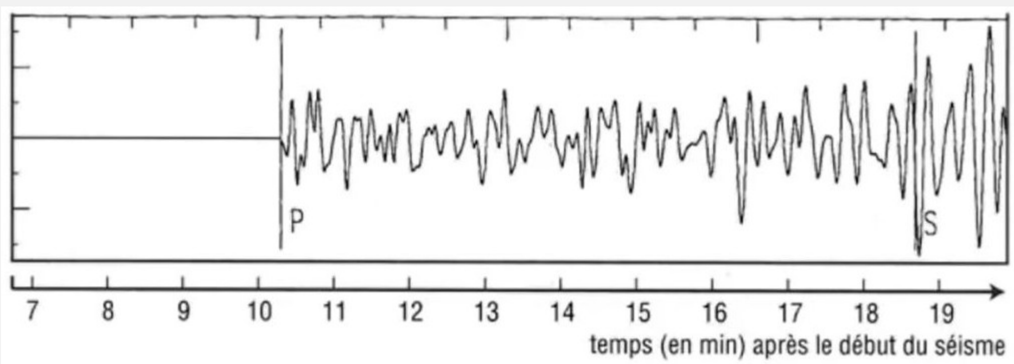


Figure 4: Signal sismique

2.2 Les signaux numériques

Comme énoncé plus avant, les signaux numériques sont une succession de 0 et de 1 qui **transportent une information**. Ils sont en fait constitués de plusieurs signaux logiques qui représentent un **nombre codé en binaire**.

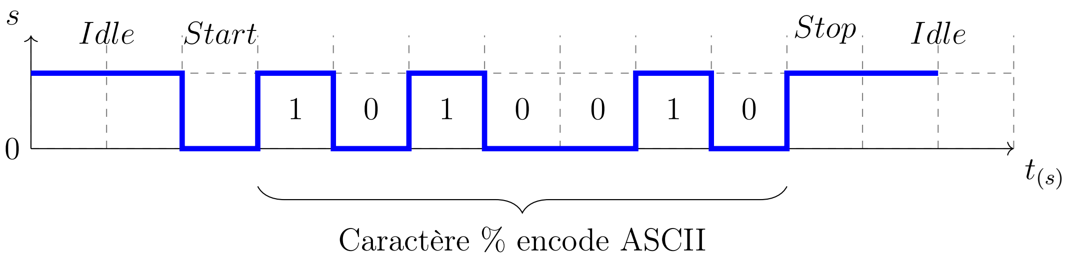


Figure 5: exemple de signal numérique numérique transportant le caractère %

Remarque

Dans les transmissions numériques, les mots numériques[a] sont "encadrés" d'une information de début de transmission (ici bit[b] de Start) et de fin de transmission (ici bit de Stop)

[a] Succession de 0 et 1 portant une information. Exemple : $0100101_{(2)}$ correspond au caractère % en codage ASCII. **Attention :** sur le chronogramme figure 5 le bit de poids faible est envoyé le premier

[b] Un bit est une variable ne pouvant prendre que deux état (0 ou 1)

Exemple de transmission numérique entre deux systèmes numériques

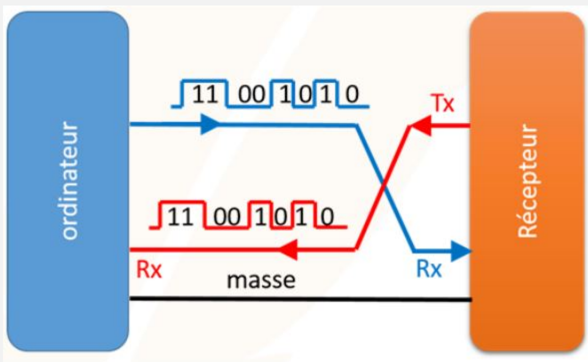


Figure 6: Échange d'information via la lien série UART[a]

[a] UART est un protocole de communication (langage) utilisé par tous les micros contrôleurs. La communication se fait pas les broches Tx (Transmission) et Rx (Réception).

2.3 Les signaux logiques

Ce sont des signaux dont la grandeur ne peut prendre que **deux** valeurs distinctes. Pour ces deux valeurs on parlera d'un niveau logique 1 (Niveau Haut ou NL1) ou d'un niveau logique 0 (Niveau Bas ou NL0).

Par exemple sur la figure 7, un niveau logique 1 pourrait signifier qu'il y a une personne détectée par un capteur de présence, un niveau logique 0 quand il n'y a personne.

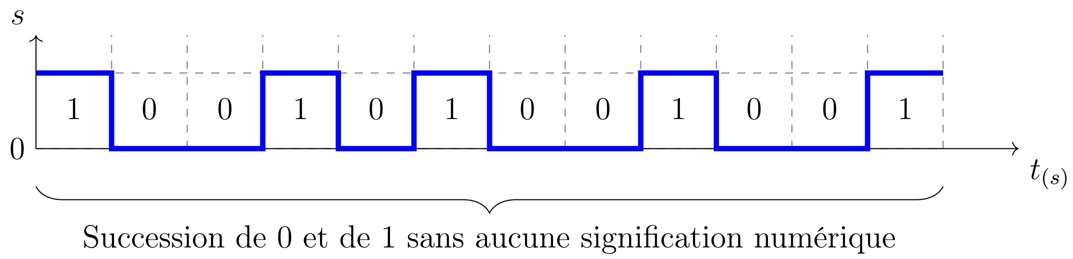


Figure 7: Signal logique

Remarque : ne pas confondre avec un signal numérique...

Ce signal est une succession de niveau haut et de niveau bas, mais en aucun cas, la suite de ces niveaux (haut et bas) ne correspond à un message numérique.

3 Caractérisation des signaux analogiques périodiques

Différentes grandeurs sont nécessaires à la caractérisation d'un signal analogique périodique.

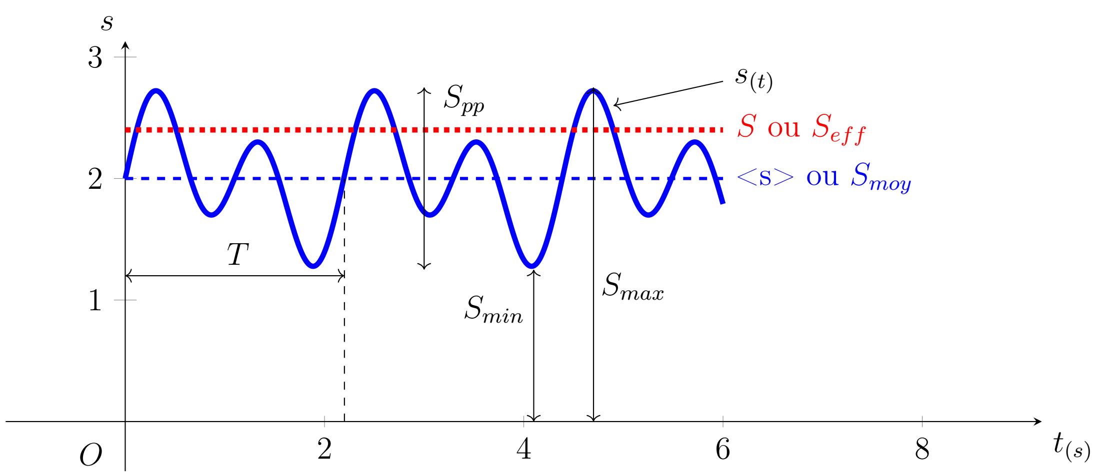


Figure 8: Caractérisation d'un signal périodique

3.1 Les notations

Définition des termes de la figure 8

- $s_{(t)}$: signal **instantané**. $s_{(t)}$ est l'abréviation de $s = f(t)$
- $< s >$ ou S_{moy}: **Valeur moyenne** du signal.
- S_{eff} ou S : **valeur efficace** du signal.
- T : **la période** en seconde (s).
- S_{pp} : amplitude "pic to pic", **amplitude crête à crête**.
- S_{max} : amplitude maximale.
- S_{min} : amplitude minimale.

3.2 Formes de base d'un signal périodique

3.2.1 Signaux sans offset[1]

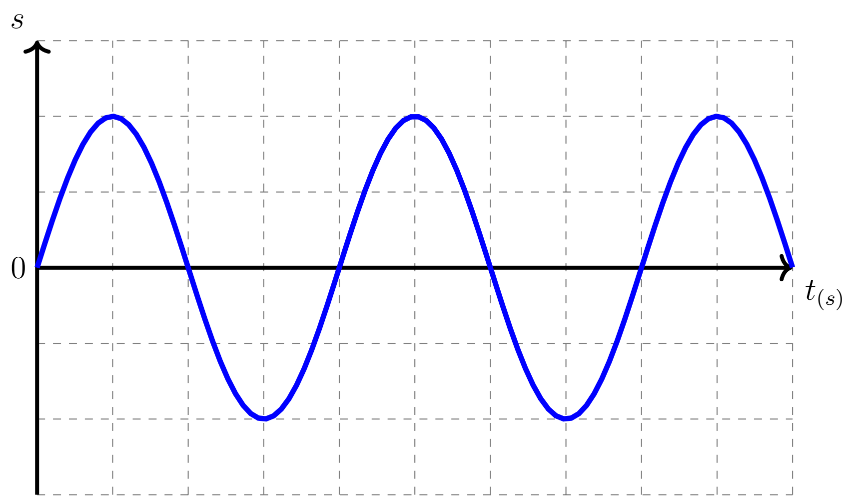


Figure 9: Signal sinusoïdal

[1] L'offset est un décalage positif ou négatif du signal en amplitude. Offset est aussi nommé régulièrement **Composante Continue** car celui-ci correspond à la valeur moyenne du signal

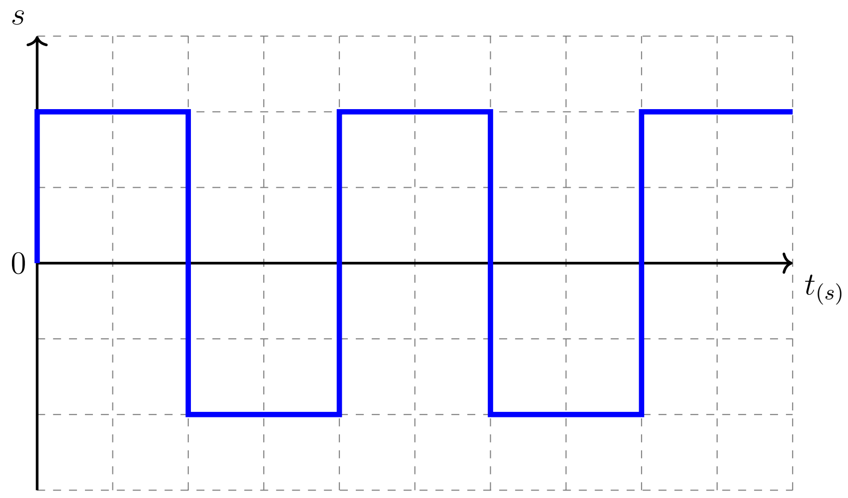


Figure 10: Signal carré

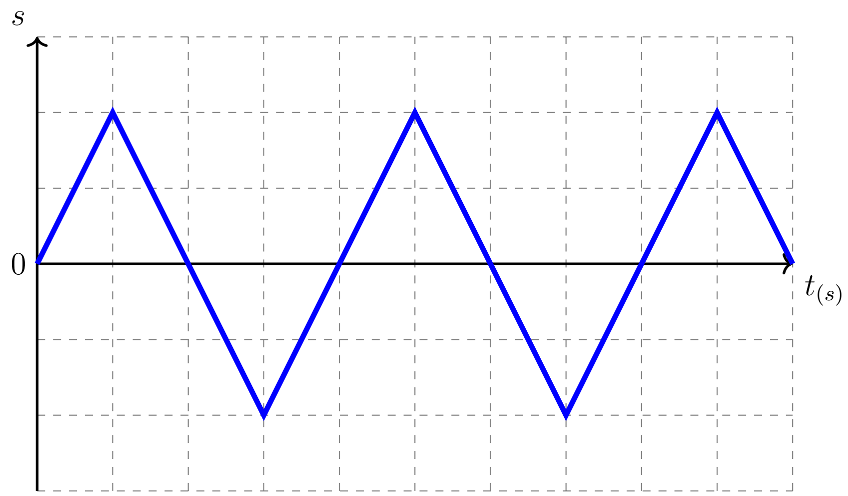


Figure 11: Signal triangulaire

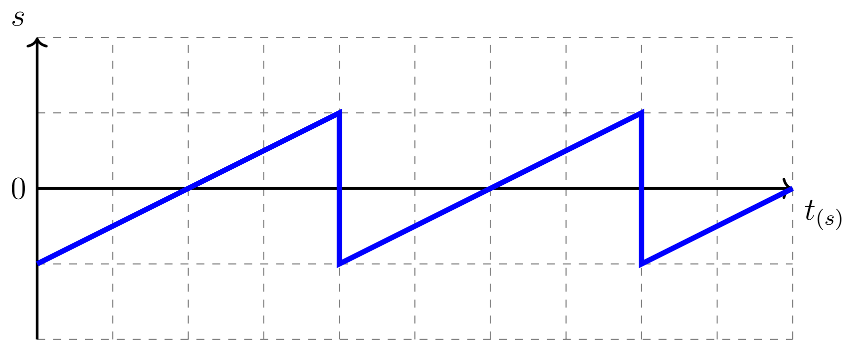


Figure 12: Signal en dents de scie

3.2.2 Signaux avec Offsets

Offset ou Composante continue

L'offset est un **décalage** positif ou négatif du signal **en amplitude**.

Offset est aussi nommé régulièrement **Composante Continue** car celui-ci correspond à la valeur moyenne du signal

Exemple d'un signal dents de scie avec offset

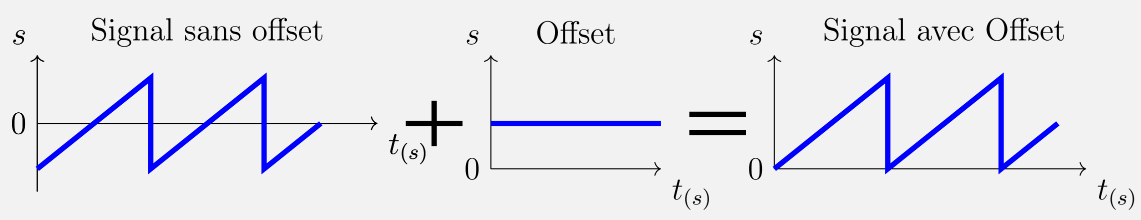


Figure 13: Définition Offset

3.2.3 Exemples de signaux avec Offset :

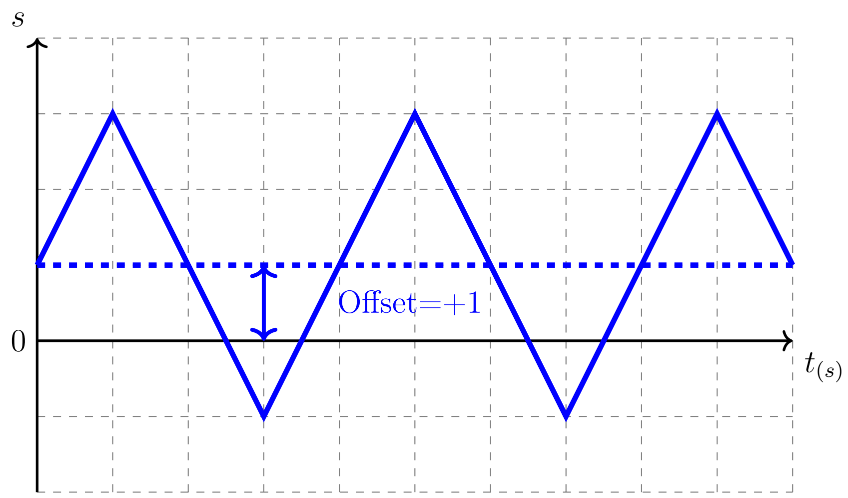


Figure 14: Signal triangulaire avec Offset de +1

Le signal est décalé d'une unité (+1) vers le haut.

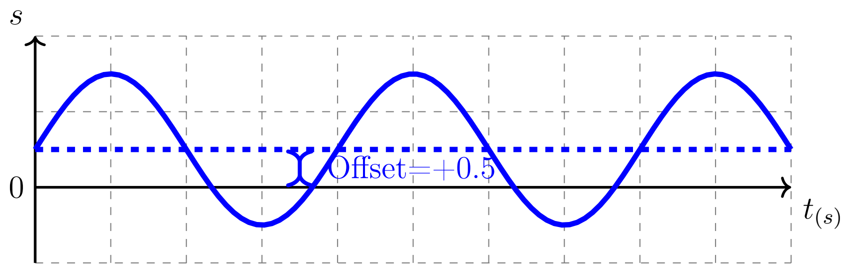


Figure 15: Signal sinusoïdal avec Offset de +0.5

Le signal est décalé d'une demi-unité (+0.5) vers le haut.

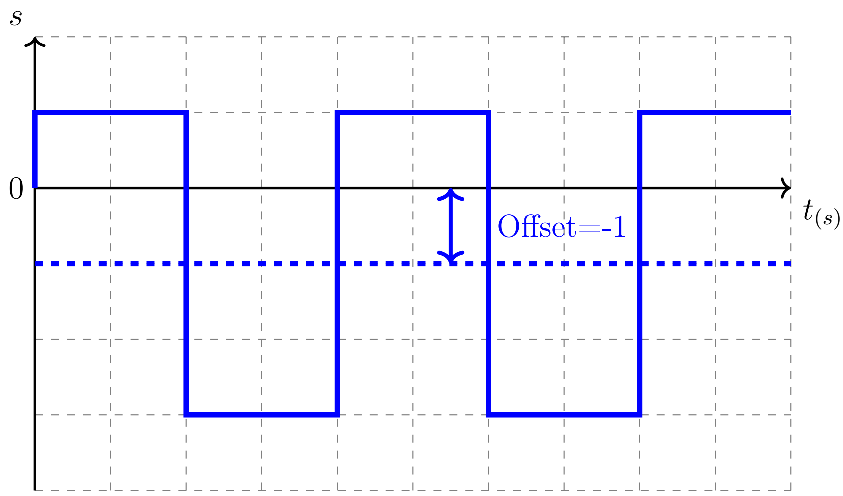


Figure 16: Signal carré avec Offset de -1

Le signal est décalé d'une unité (-1) vers le bas.

4 La période T et la fréquence f d'un signal

La période T définit le temps d'un motif.

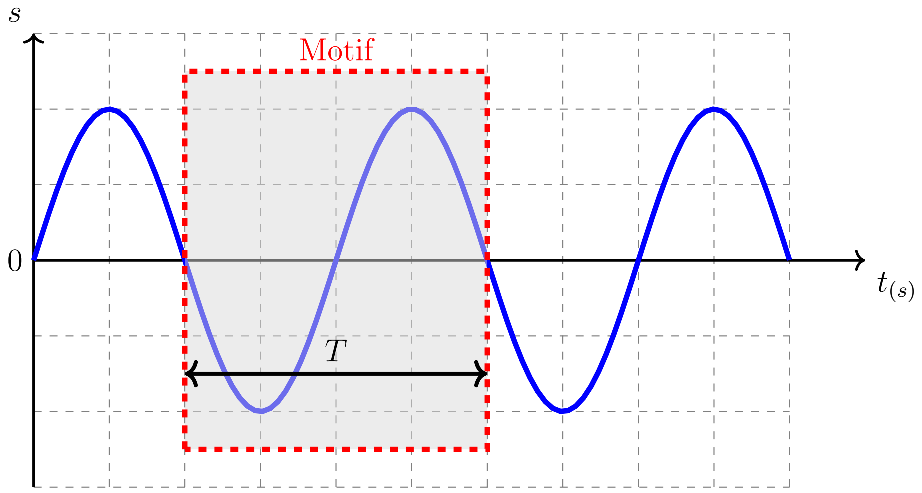


Figure 17: Définition d'un motif

La connaissance de la période T permet de calculer la fréquence f.

Période et Fréquence

$f = \frac{1}{T}$	f en Hertz (Hz)
la fréquence est le nombre de motif par seconde	T en seconde (s)

Figure 18: Définition de la fréquence

C'est à vous ...

- **Question :** combien y a t'il de motifs sur la figure 17
- En admettant qu'une graduation fasse 4 s, **déterminer** la période et la fréquence du signal. **En déduire** le nombre de motifs par seconde.
- En admettant qu'une graduation fasse 1 ms, **déterminer** la période et la fréquence du signal. **En déduire** le nombre de motifs par seconde.

5 La valeur moyenne d'un signal périodique

Dans certaines situations, il est nécessaire de connaître la valeur moyenne d'un signal périodique. Soit le signal $s_{(t)}$ suivant pour lequel on désire connaître la valeur moyenne $< s >$:

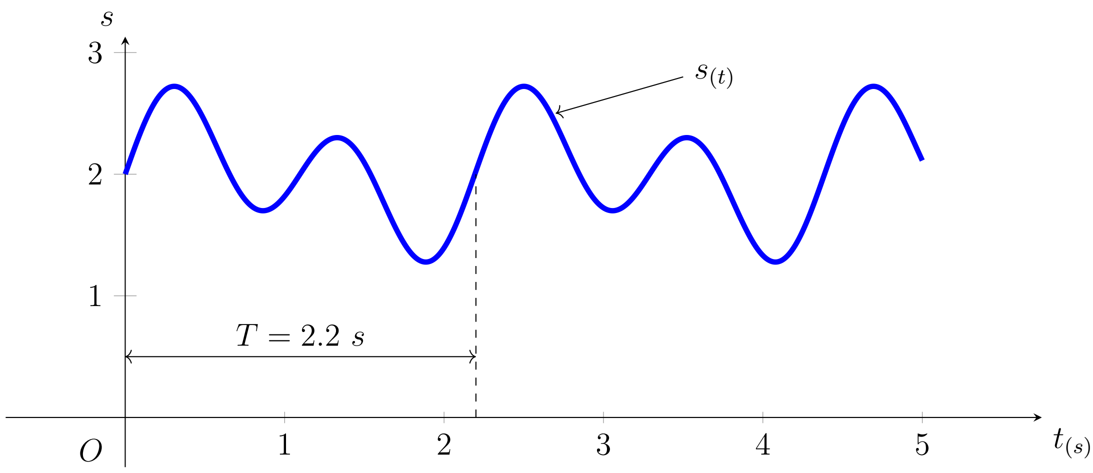


Figure 19: Signal périodique périodique dont on souhaite connaître la valeur moyenne

Définition valeur moyenne

La valeur moyenne se définit de la manière suivante :

$$< s >= \frac{Aire\ sous\ tendue}{Periode} = \frac{A_{ST}}{T}$$

Attention : l'aire sous-tendue se calcule sur une période T

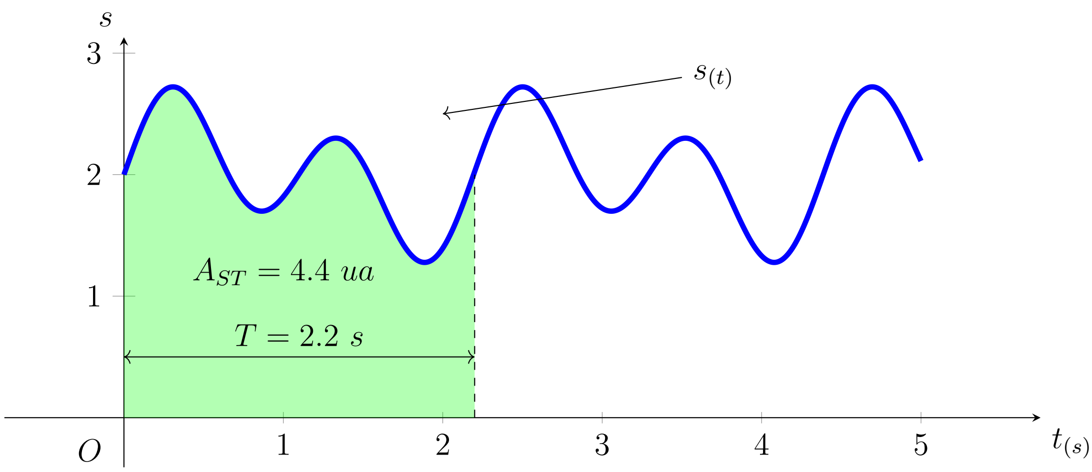


Figure 20: Définition de l'aire sous-tendue A_{ST}

Remarque :

On pourrait calculer cette aire sous-tendue A_{ST} n'importe où ... en prenant soin de bien repérer la période T.

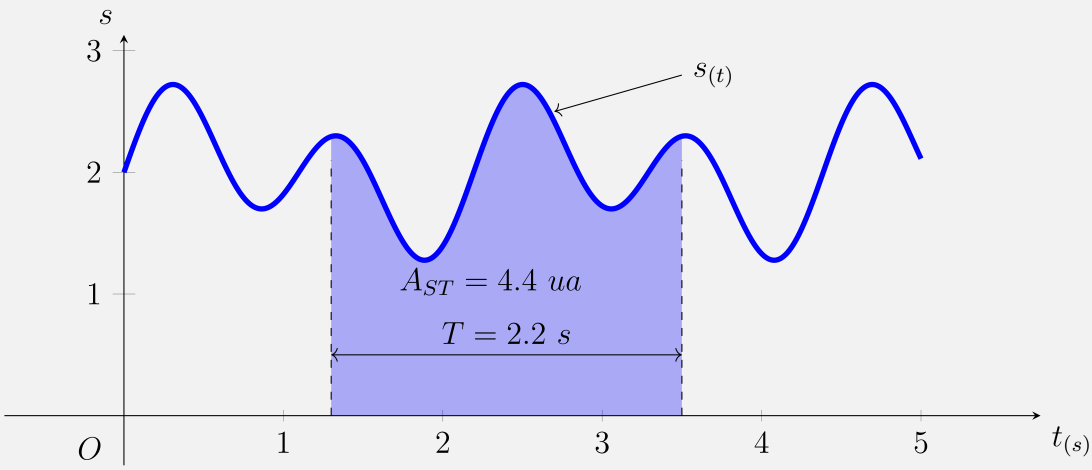


Figure 21: aire sous-tendue A_{ST} à une autre endroit

On peut ainsi calculer la valeur moyenne du signal :

Application numérique de la figure 19

$$<s>= \frac{Aire\ sous\ tendue}{Periode} = \frac{A_{ST}}{T} = \frac{4.4}{2.2} = 2$$

Positionnement de valeur moyenne

Nous pouvons à présent positionner cette valeur sur le graphique. Pour savoir si l'on ne s'est pas trompé, il suffit de comparer les aires sous-tendues du signal $s_{(t)}$ par rapport à la valeur moyenne $<s>$. La somme des aires rouges doivent être égale à celle des aires bleues.

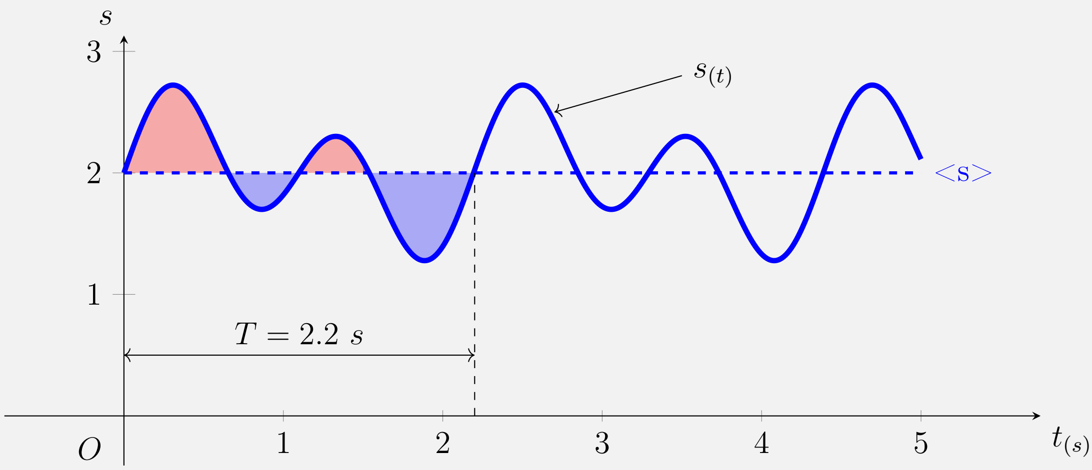


Figure 22: Positionnement de la valeur moyenne $s_{(t)}$

C'est à vous ...

Déterminer la valeur moyenne $<s>$ et **vérifier** son placement sur le graphe en vous inspirant de la figure 22

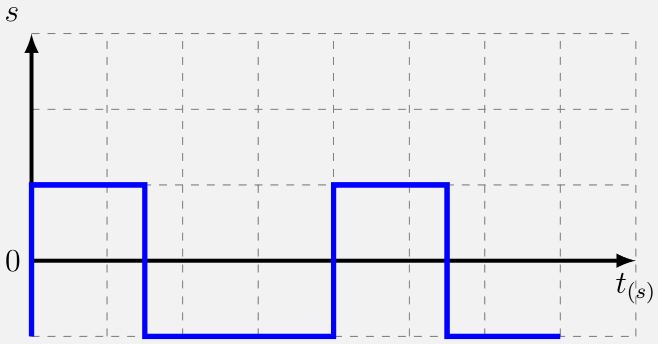


Figure 23: Signal carré

Pour aller plus loin

Nous venons de voir qu'il faut déterminer l'aire sous tendue du signal pour déterminer la valeur moyenne. En pré-bac, cela revient à calculer des aires de formes simples (rectangle, triangle, etc).

Cependant il existe un outil mathématique, l'intégrale mathématique, qui permet, connaissant l'équation mathématique de la courbe (du signal s(t) dans notre cas) de connaître l'aire sous-tendue.
Exemple : Soit l'équation suivante : $y = f(x)$ de type $y = x^2$

On appelle $\displaystyle\int y \cdot dx$ la **primitive** de l'équation y

$\displaystyle\int y \cdot dx = \int x^2 \cdot dx = \frac{1}{3} \cdot x^3 + C$ est une primitive de $y = x^2$. **Une primitive est une fonction !** C est une constante d'intégration déterminée aux conditions initiales mais qui va disparaître lors du calcul de l'intégrale.

$\displaystyle\int_1^3 y \cdot dx$ est l'intégrale de y entre les bornes $x = 1$ et $x = 3$. **Une intégrale est un scalaire, c-à-d un nombre, l'aire sous-tendue de la courbe avec l'axe des abscisses)**

Calculons ce nombre...

$$\int_1^3 y \cdot dx = \int x^2 \cdot dx = \left[\frac{1}{3} \cdot x^3 + C\right]_1^3 = \left[\left(\frac{3^3}{3} + C\right) - \left(\frac{1^3}{3} + C\right)\right] = 8.66\ ua$$

On retient...

Une **primitive** est une **fonction** mathématique
Une **intégrale** est un **scalaire** correspondant à l'**aire sous-tendue** de la courbe

6 La valeur efficace d'un signal

6.1 Intérêt de la valeur efficace

Il est légitime de se demander à quoi sert une valeur efficace.

Prenons deux tensions électriques alimentant un récepteur (par exemple un radiateur électrique).

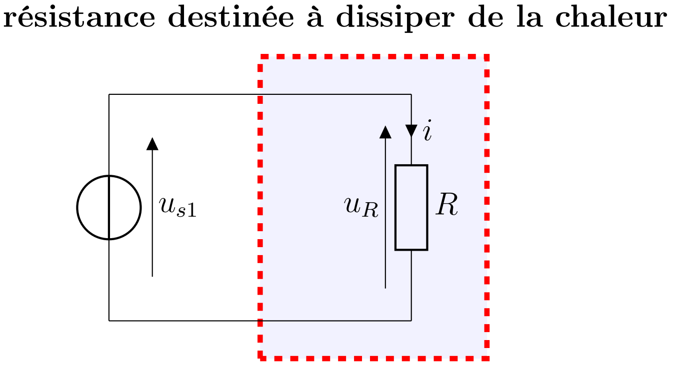


Figure 24: Mise en situation de la nécessité de travailler en valeur efficace

Le récepteur est alimenté dans un premier temps par une source de tension continue $U = 12\ V$ et la résistance Ohmique de ce résistor vaut 10 Ω ($R = 10\ \Omega$).

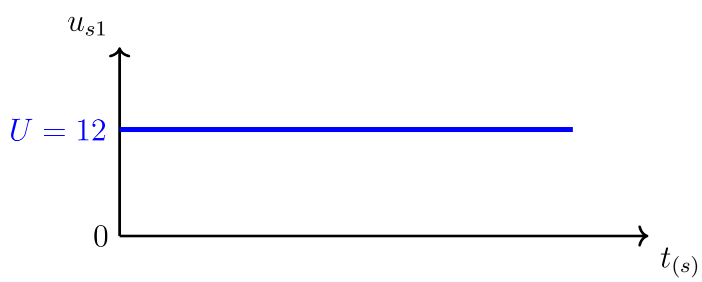


Figure 25: Tension continue 12 V

Ainsi alimenté, ce résistor dissipe une **puissance par effet Joule** égale à $P_j = \dfrac{U^2}{R} = \dfrac{12^2}{10} = 14.4\ W$

> **Ce que l'on veut**
>
> On souhaite alimenter ce résistor par deux autres tensions de formes différentes (l'une ou l'autre, pas les deux en même temps...hein!) mais pas continue dans le temps tout en dissipant la même puissance !

Figure 26: Ce que l'on veut

Les allures de ces deux tensions sont les suivantes :

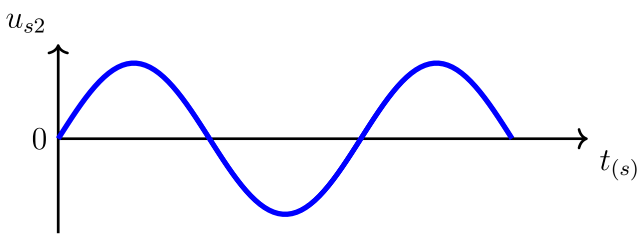


Figure 27: Tension sinusoïdale

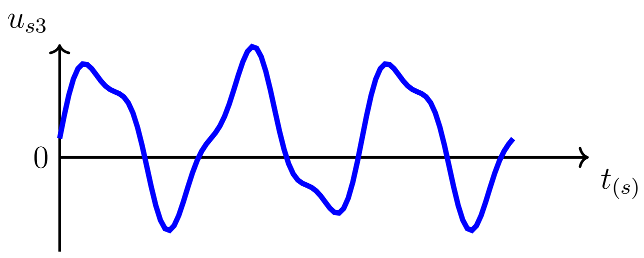


Figure 28: Tension complexe

Questions préliminaires...

- Indiquer si ces deux signaux sont périodiques ?
- Si réponse "oui" à la question précédente, indiquer combien de motifs on peut observer sur chacun des graphes ?
- Indiquer distinctement la période T sur chacun des graphes

Pourquoi vous avoir posé ces questions... ?
Réponse : parce qu'avant d'aller plus loin il faut s'assurer que les signaux de tension sont effectivement périodiques, sinon tout ce qui est vu après ne sert à rien !

On continue...

Question que l'on se pose...

À quelle fréquence régler les signaux des deux tensions (figures 27 et 28) pour avoir la même puissance dissipée (dégagement de chaleur) ?

La réponse est assez simple en fait, il suffit que leur **tension efficace** respectives $U_{s2} = U_{s3} = 12\ V$.

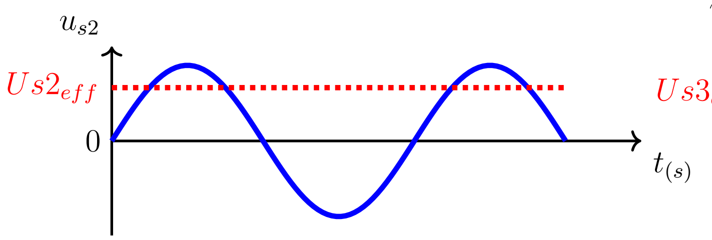


Figure 29:
Valeur efficace de la tension sinusoïdale

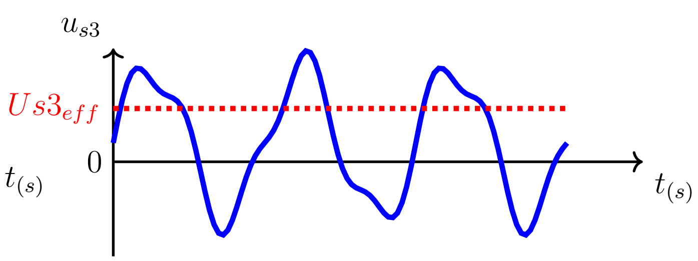


Figure 30:
Valeur efficace de la tension complexe

Je retiens...

La valeur efficace **permet de caractériser** n'importe quel signal **périodique** d'un point de vue de ses **effets énergétiques** comme s'il s'agissait d'un signal continu.

6.2 Détermination de la valeur efficace

Vous connaîssez à présent l'intéret de la valeur efficace. Il est temps de comprendre comment elle se calcule !

On va commencer doucement...

La valeur efficace est aussi appelée **RMS : Root Mean Square**. Cet acronyme est à retenir car il permet de se souvenir de comment la calculer !

Méthodologie de calcul de la valeur efficace

Pour calculer la valeur efficace, il faut dans un premier temps mettre le signal au carré (Square) puis calculer sa valeur moyenne (Mean) puis enfin faire la racine carrée (Root) de cette valeur moyenne calculée.

Figure 31: Méthodologie de calcul d'une valeur efficace

Illustration avec le signal sinusoïdal figure 32.

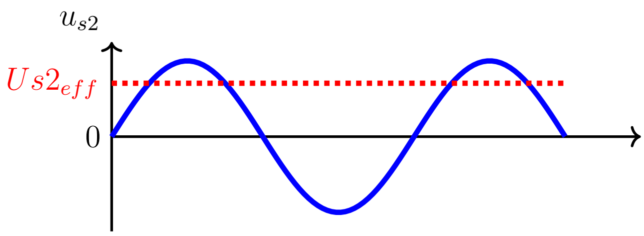


Figure 32:
Valeur efficace de la tension sinusoïdale

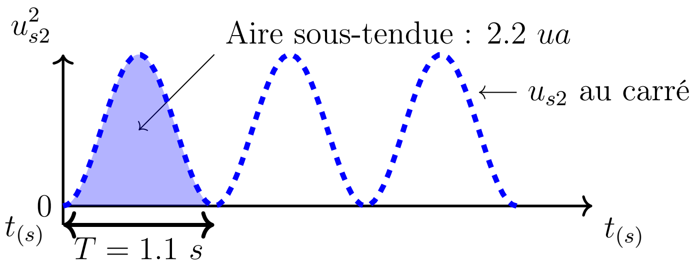


Figure 33:
Tension sinusoïdale mise au carré

Sur la figure 33 on voit en traitillés bleus la tension u_{s2} au carré (donc u_{s2}^2). Connaîssant l'aire sous-tendue (en bleue) et la période T, il est aisée de calculer la valeur moyenne de u_{s2}^2. Et enfin, en faisant la racine carré de ce résultat pour trouver la valeur efficace du signal.

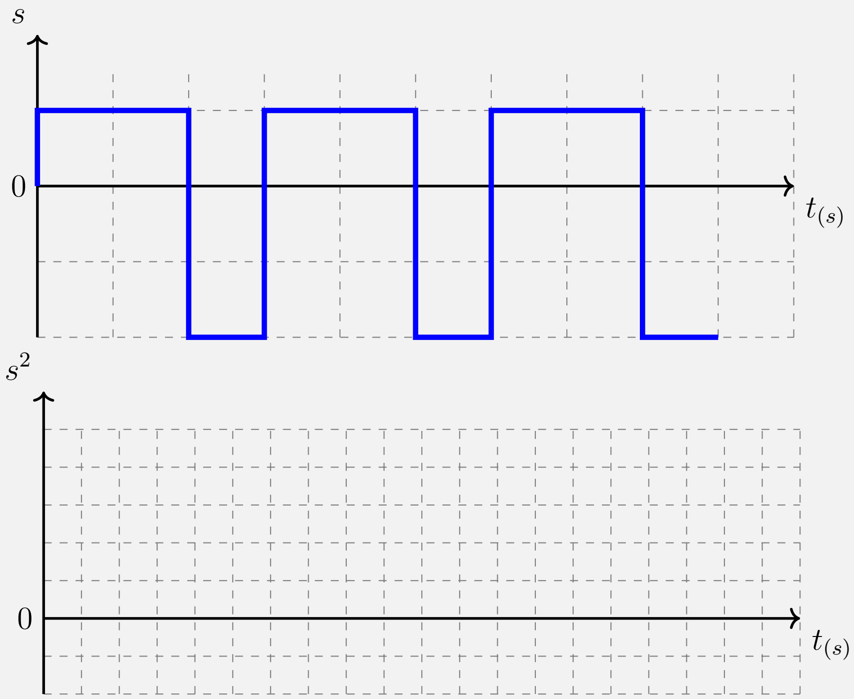
application numérique

Admettons, que u_{s2} soit exprimé en Volt, avec les données numérique de la figure 33, la valeur efficace de u_{s2} vaut :

$$U_{s2} = \sqrt{\frac{Aire\ sous - tendue}{T}} = \sqrt{\frac{2.2}{1.1}} = 1.41\ V$$

C'est à vous . . .

Déterminer la valeur moyen $< s >$ et la valeur efficace s_{eff} du signal suivant et les **positionner** la sur le graphe.



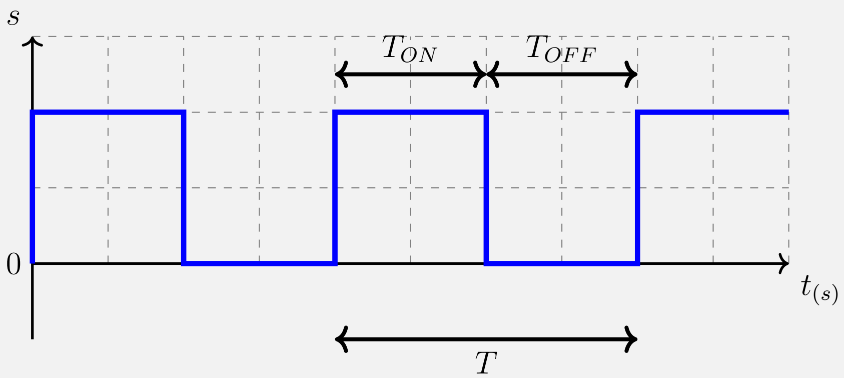
7 Rapports cycliques

Les signaux (autres que sinusoïdaux) peuvent avoir un **rapport cyclique** (α) différent de $\alpha = 0.5$.
Tous les signaux observés jusqu'ici (sinusoïdaux, triangle, rectangle, dents de scies, avec ou sans offset avaient un rapport cyclique $\alpha = 0.5$.

7.1 Définition

Définition du rapport cyclique

Soit le signal $s_{(t)}$ suivant :



Rapport cyclique α

$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

Figure 34: Signal carré avec rapport cyclique de 0.5

7.2 Intérêt de rapport cyclique variable

À partir d'un rapport cyclique variable il est par exemple possible de faire varier l'intensité lumineuse d'une LED[2] ou bien plus encore, de faire varier la vitesse de rotation de moteurs électriques.

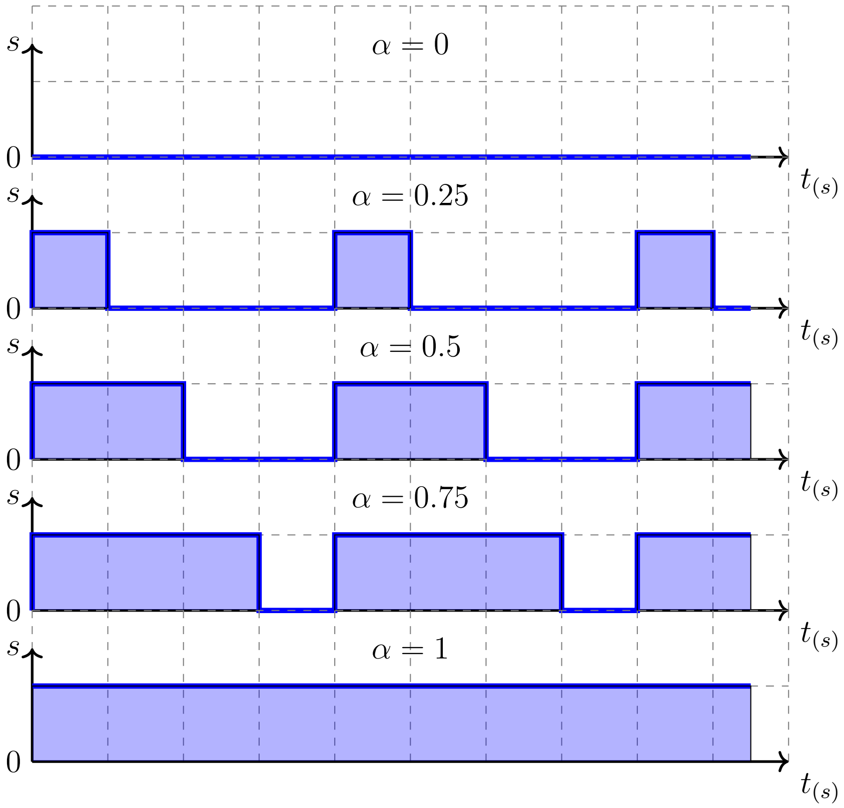


Figure 35: Signal carré avec rapport cyclique variable de $0 \leq \alpha \leq 1$

[2] Diode Electro-luminescente

À connaître

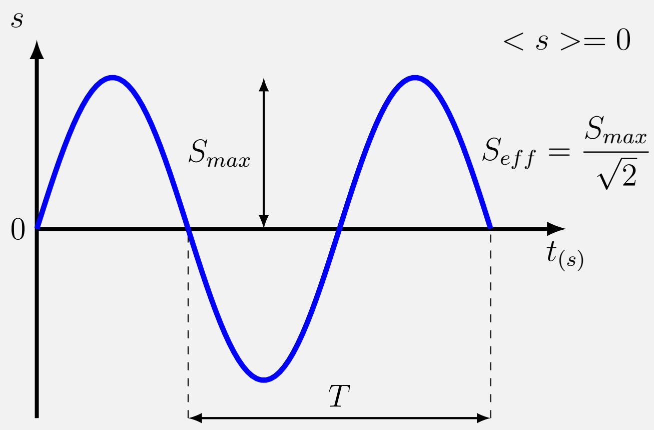


Figure 36: Signal sinusoïdal

8 Formules de valeurs efficaces et moyennes pour quelques signaux

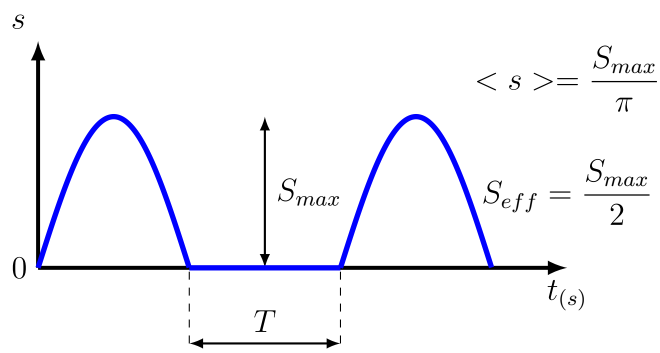


Figure 37: Signal redressé simple alternance

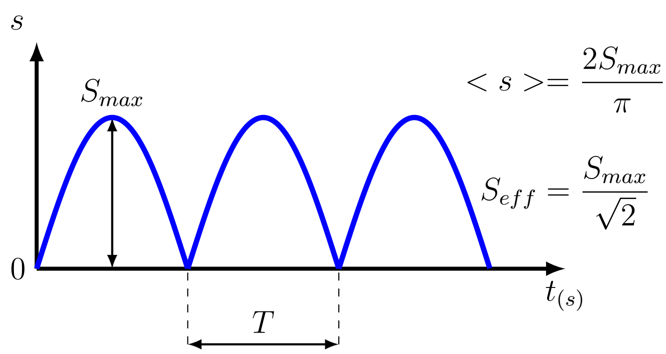


Figure 38: Signal redressé double alternance

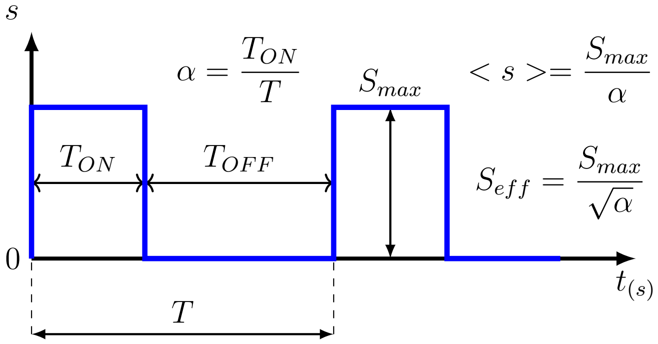


Figure 39: Signal carré

9 Caractérisation des signaux numériques

Ces signaux feront l'objet d'un cours à part entière…