

# Courant alternatif (AC)

## Fréquence - Période – Pulsation

### 1°) Visualisation d'une tension – oscilloscope

#### a) mesure de tensions

Un voltmètre à aiguille ou numérique permet de mesurer des tensions, mais dès que celles-ci varient plus ou moins rapidement, il faut utiliser un **oscilloscope**.

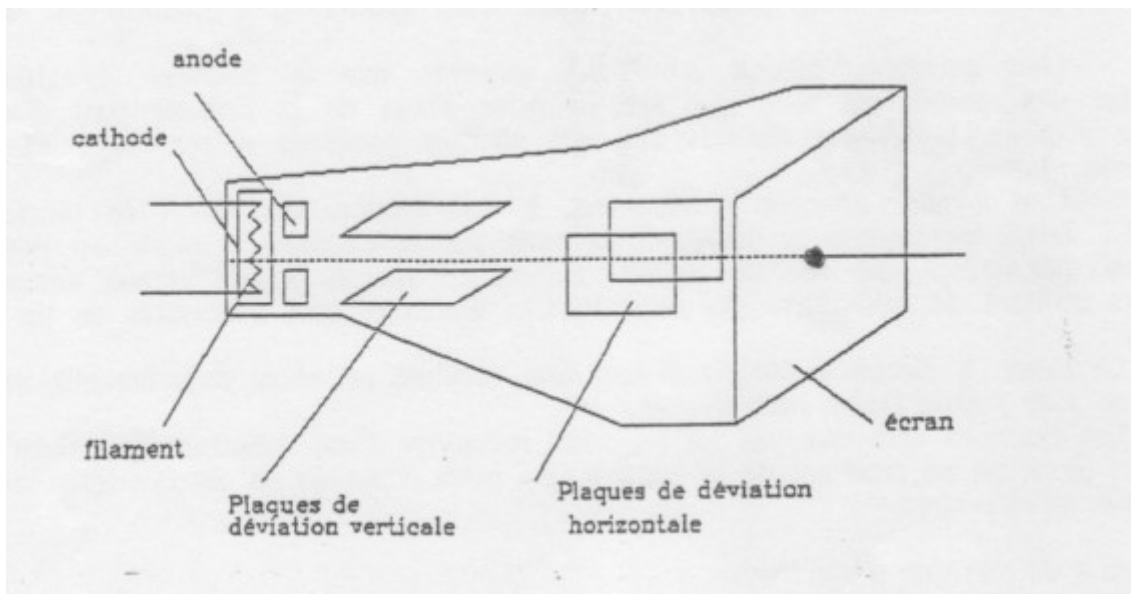


Schéma très simplifié d'un oscilloscope cathodique

#### b) Principe

Dans une enceinte où l'on a fait le vide, autour d'un **filament** chauffé un nuage d'**électrons** est attiré par l'**anode**, chargée d'**électricité positive** (plusieurs dizaines de milliers de volts). Les **électrons** (charge **négative**) sont attirés par l'anode (chargée positivement), qu'ils traversent à grande vitesse. Ces électrons sont concentrés en un fin pinceau et sont précipités vers l'écran recouvert d'une substance qui réagit au choc en produisant une lumière, **le spot**. Des plaques, horizontales et verticales, chargées convenablement vont attirer ou repousser le faisceau d'électrons. Le spot peut ainsi être déplacé sur l'écran.

Comme entre les armatures d'un condensateur, entre les plaques règne un **CHAMP ÉLECTRIQUE**, les électrons qui traversent cet espace sont déviés.

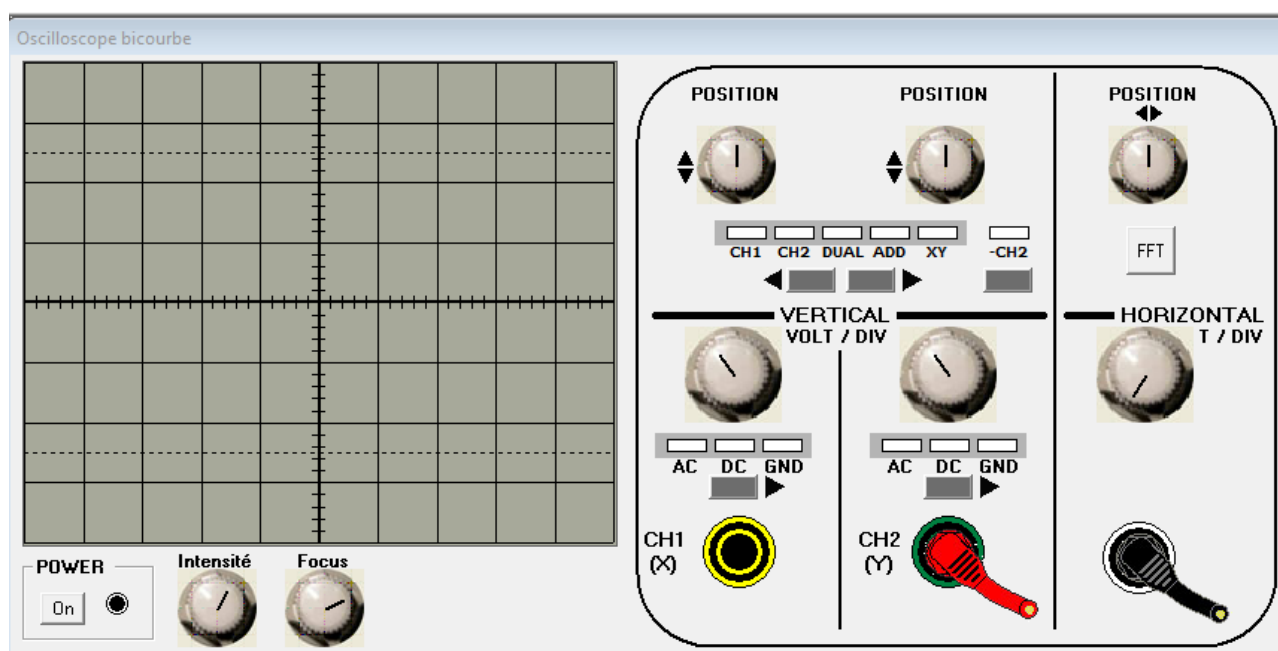
**L'unité de champ électrique est le volt/mètre (V/m)**

Des plaques horizontales que l'on charge positivement ou négativement permettent de déplacer ce spot vers le haut ou vers le bas en fonction de leur charge.

Un dispositif automatique permet grâce aux plaques verticales (chargées convenablement) de déplacer le spot de la gauche vers la droite (avec un retour très rapide à gauche) et ainsi de **balayer** l'écran à vitesse réglable.

**A noter que ce type d'oscilloscope est remplacé maintenant par des oscilloscopes numériques dotés de mémoires, de capacités d'enregistrement et d'analyse des signaux.**

### c) un oscilloscope



capture d'écran du logiciel « Oscillo » de Serge Lagier

**Bicourbe**, il peut analyser deux tensions à la fois (canal1 : CH1; canal 2 : CH2)

**Intensité** : permet de régler l'intensité du spot

**Focus** : règle la netteté du spot

**Position** : horizontale ou verticale: permet de régler avant la mesure la position du spot sur l'écran. L'initialisation consiste à placer le spot sur l'axe horizontal

(bouton position verticale) et le bouton « position horizontale » permet de faire balayer tout l'écran au spot.

**CH1 – CH2 – DUAL ....** permet de choisir le canal (CH1 seul , CH2 seul, les deux...)

**VERTICAL(CH1 ou CH2)** : choisir à combien de volts correspondra une **division**. L'écran est divisé en petits carreaux. Sur le dessin ci-dessus, il y a 10 divisions horizontales et 8 divisions verticales

Le bouton « **VERTICAL** » permet de choisir le calibre par division verticale.  
**L'unité** : le volt/division : (**VOLT/DIV**).

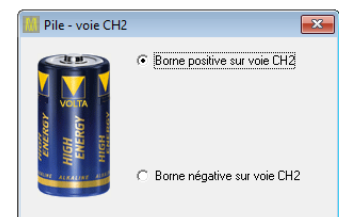
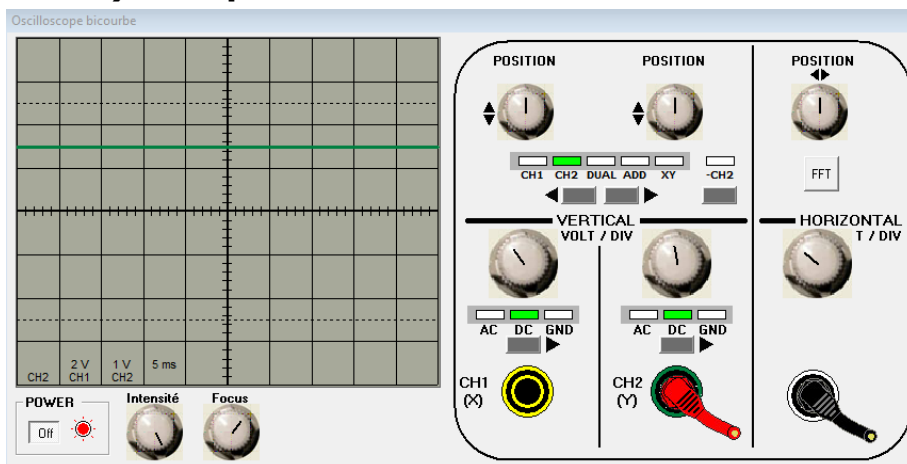
**HORIZONTAL** : choix de la vitesse de balayage de l'écran unité : T/DIV où T désigne la durée qui peut être seconde, milliseconde, microseconde (par exemple 0,1s/DIV signifie que le spot se déplacera horizontalement d'une division horizontale en 0,1 s soit 1/10s, l'écran sera donc balayé en 1s.

La mesure se fait ici sur le canal 2 (CH2). Si le déplacement du spot est vers le haut, cela signifie que la borne rouge est appliquée une tension positive. Vers le bas, la tension appliquée sur la borne rouge est négative.

**Type de tension AC** (alternatif) **DC** (continu) et ceci pour chaque canal

## 2°) Exemples d'oscillogrammes

### a)Exemple1



*Mesure de la tension aux bornes d'une pile ronde*

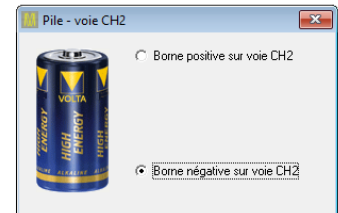
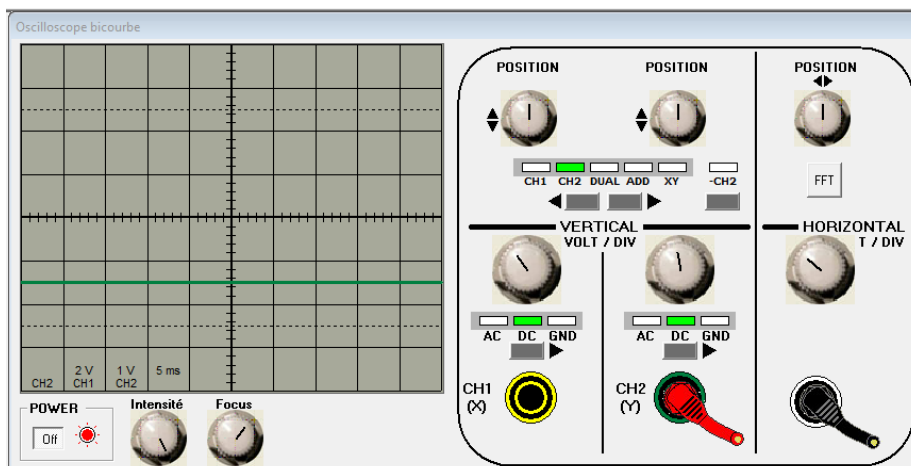
Réglages de l'oscilloscope :

Borne + du générateur sur CH2 (la trace est au **dessus** de l'axe horizontal)

**Balayage : 5ms/DIV** : L'écran est traversé en 50ms, l'œil ne voit plus le spot mais une trace (persistance des impressions lumineuses de l'œil).

**Vertical : 1V/DIV** : La tension aux bornes de la pile est donc 1,5V environ

## b) exemple2



Mesure de la tension aux bornes d'une pile ronde

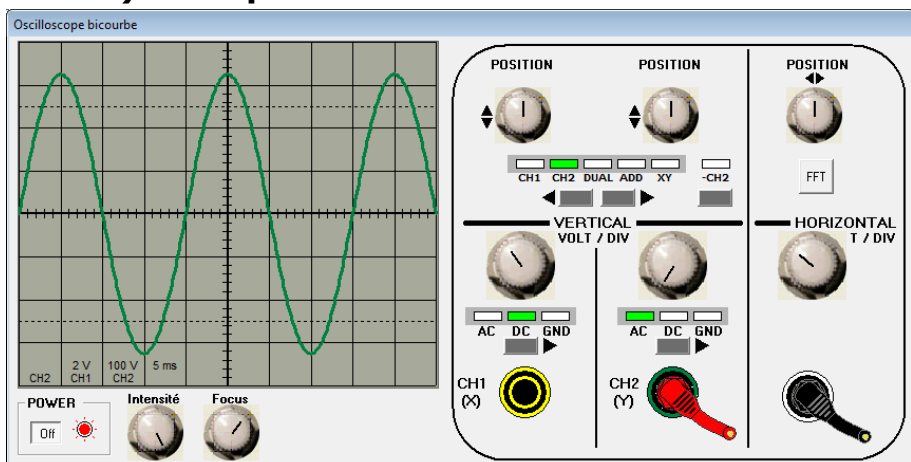
Réglages de l'oscilloscope :

Borne - du générateur sur CH2 (la trace est au **dessous** de l'axe horizontal)

Balayage : 5ms/DIV. L'écran est traversé en 50ms, l'œil ne voit plus le spot mais une trace

Vertical : 1V/DIV, la tension aux bornes de la pile est donc 1,5V environ

## c) exemple3



Simulation de la mesure de la tension du secteur

**(ATTENTION, DANGER!!!)**

Cette mesure ne doit se faire qu'avec d'extrêmes précautions,  
(l'électrocution est un danger MORTAL)

Réglages de l'oscilloscope :

CH2 sur la phase du secteur, la masse sur le neutre

Balayage : 5ms/DIV. L'écran est traversé en 50ms, l'œil ne voit plus le spot mais une trace. Cette forme de trace est appelée **sinusoïde**.

Vertical : 100V/DIV

La tension du secteur est **variable**, elle passe en 5 ms de 0V à un peu plus de 300V, les 5ms suivantes de 300V environ à 0V (c'est une **alternance positive** qui dure 10ms) – puis la trace passe en dessous de l'axe horizontal, la polarité des bornes du générateur est inversée, **la tension est alternative**. La tension passe de 0 à -300V en 50ms, puis de -300V à 0V (c'est une **alternance négative** qui dure 10ms) et le cycle recommence, il a duré 20 ms. On appelle **période** la durée d'un cycle complet où la tension **repassse par la même valeur dans le même sens**.

La période T de la tension du secteur est 20ms (soit 0,02s).

La période T s'exprime en secondes (s)  $T = 20 \times 10^{-3} \text{s} = 0,02\text{s}$

En 1s, il y aura donc  $1/0,02 = 50$  périodes. On dit que la **fréquence** de la tension du secteur est **50 hertz (Hz)**  $f = 50\text{Hz}$

$$f = 1/T \quad \text{ou} \quad T = 1/f$$

avec f en hertz (Hz) et T en secondes (s)

#### **d)Conclusion :**

La **tension du secteur** est **variable** (elle passe de 0 à 300V environ), **alternative** (ses bornes sont alternativement positives et négatives, la courbe traverse l'axe horizontal).

Elle est **périodique** (le même motif se reproduit périodiquement)

Sa **période T** est **20ms = 0,02s**.

Sa **fréquence** est **50Hz**

La **tension maximale U<sub>max</sub>** est d'un peu plus de 300V

La **tension crête à crête** vaut environ 600V

#### **Expérience :**

Branchons une lampe à incandescence aux bornes du secteur et mesurons sa luminosité de façon précise (avec un luxmètre par exemple)..

Remplaçons la tension du secteur par un générateur de tension continue et réglons cette tension pour obtenir la même luminosité.

Appelons U « efficace » : U<sub>eff</sub> cette tension continue.

On constate que U<sub>max</sub> vaut à peu près U<sub>eff</sub> x 1,4 (1,4 est une valeur approchée de racine carrée de 2)

$$\sqrt{2} = 1,414 \text{ au millième près}$$

A retenir :

$$U_{\max} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2} \quad U_{\text{eff}} = U_{\max} / \sqrt{2}$$

T : période en secondes (s) , durée d'un cycle complet

Fréquence F en hertz (Hz) : nombre de périodes par seconde

$$F = \frac{1}{T} \quad \text{ou} \quad T = \frac{1}{F}$$

autres unités :

le kilohertz (kHz ) 1 kHz =  $10^3$  Hz = 1 000 Hz

le mégahertz (MHz ) 1 MHz =  $10^6$  Hz = 1 000 000 Hz

le gigahertz (GHz ) 1 GHz =  $10^9$  Hz = 1 000 000 000 Hz

### e) exercices

1 - Un signal alternatif sinusoïdal est tel que :  $U_{\max}=24\text{V}$  et  $T = 2\text{ms}$   
Calculer la tension efficace, la fréquence et la tension crête à crête

Réponses :

Tension efficace :  $U_{\text{eff}} = U_{\max} / \sqrt{2} = 17\text{V}$  ( à 1V près)

Fréquence  $F = \frac{1}{T} = 1/0,002 = 500 \text{ Hz}$

Tension crête à crête :  $2 \times 24 = 48\text{V}$

2- Un signal alternatif sinusoïdal est tel que :  $U_{\text{eff}}=100\text{V}$  et  $T = 5\mu\text{s}$   
Calculer la tension maximum, la fréquence et la tension crête à crête

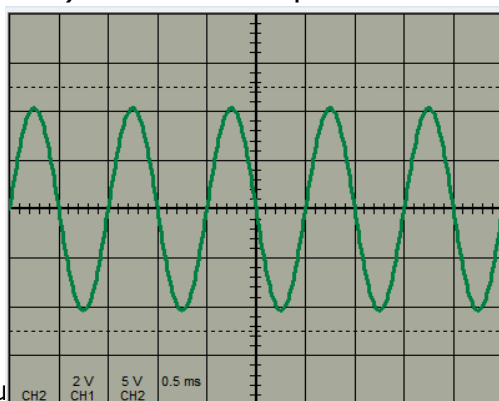
Réponses :

Tension maximum :  $U_{\max} = U_{\text{eff}} \times \sqrt{2} = 141\text{V}$  environ

Fréquence  $F = \frac{1}{T} = 1/5 \times 10^{-6} = 200\,000 \text{ Hz} = 200 \text{ kHz}$

Tension crête à crête :  $2 \times 141 = 282\text{V}$

### f) Autres exemples



Canal2

Horizontal : 0,5ms/DIV

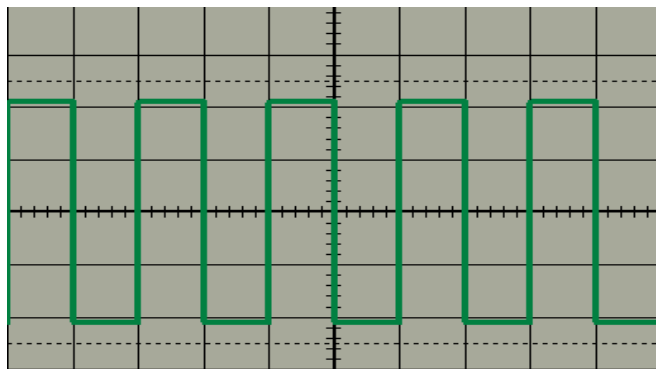
Vertical : 5V/DIV

Forme : sinusoïdale

période  $T = 1\text{ms} = 0,001\text{s}$

fréquence:  $1/T = 1/0,001 = 1000 \text{ Hz}$

Ce signal de 1000Hz est un signal basse fréquence, appliqué à un haut parleur, on entend un sifflement, qui sera d'autant plus aigu que la fréquence sera plus élevée (on considère qu'un être humain peut entendre depuis une centaine de hertz( grave) jusqu'à 20 000Hz (aigu)).



Horizontal : 0,1ms/DIV

Vertical : 5V/DIV

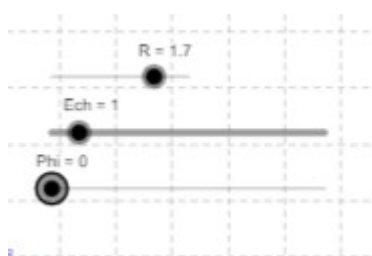
Forme : carrée

période  $T = 0,2 \text{ ms} = 0,0002 \text{ s}$

fréquence:  $1/T = 1/(0,2 \times 10^{-3}) = 5000 \text{ Hz} = 5 \text{ kHz}$

### 3°) Pulsation et phase : une méthode pour mieux comprendre

Regardez l'animation proposée dans ce chapitre en retournant sur le site. Il y a trois curseurs : **R** ; **Ech** et **Phi**.



Déplacer doucement **le curseur nommé « Phi »** et observer. L'animation est faite avec le logiciel Geogebra.

Lire les explications ci-dessous :

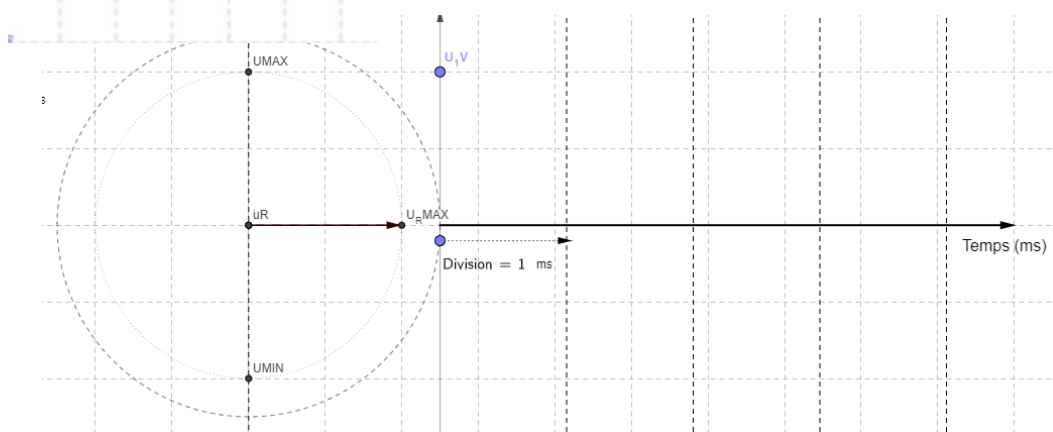


Figure 1

Figure 1

Au départ, la flèche dans le cercle est dans la position  $0^\circ$ , elle va tourner avec une vitesse régulière dans le sens **contraire** des aiguilles d'une montre. L'axe horizontal du graphique est gradué en unités de temps. L'axe vertical est mesuré en unités de tension. On mesure à chaque instant la distance entre l'extrémité de la flèche et l'axe horizontal, que l'on reporte sur le graphique.

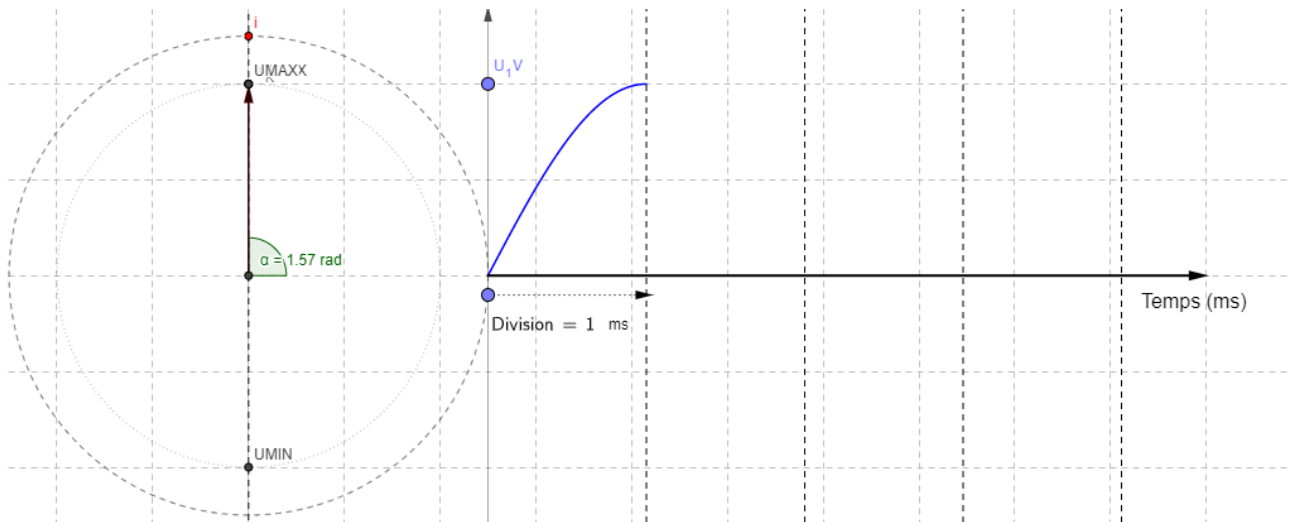
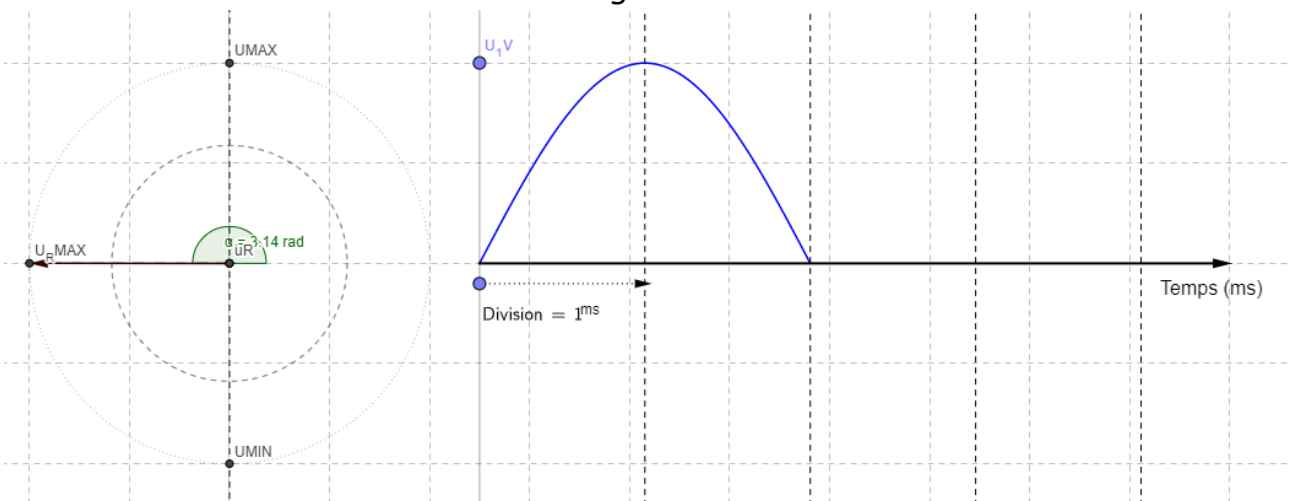


Figure 2



En 1 milliseconde la flèche tourne de  $90^\circ$ . la phase est  $90^\circ$ . Le signal (en bleu) atteint son maximum

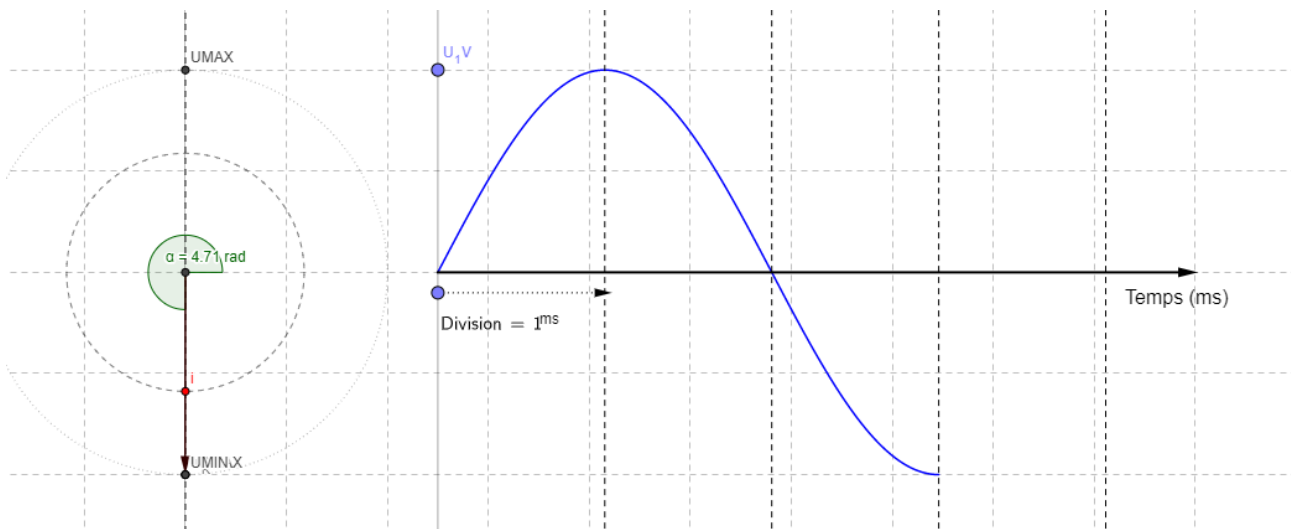


Figure 3

La phase est  $180^\circ$ , le signal est redescendu à 0 V

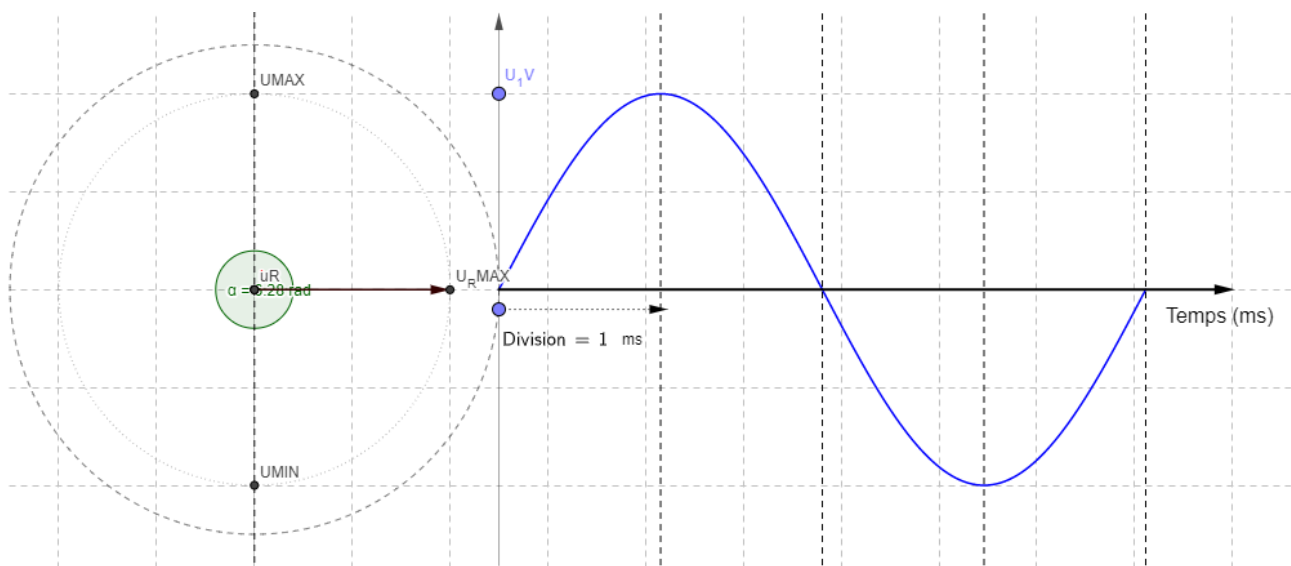


Figure 4

La phase est  $270^\circ$ , le signal atteint son maximum négatif.

Figure 5

La phase est  $360^\circ$ , ou  $0^\circ$  le signal revient à 0V. Et le cycle recommence.  
 Cette représentation est commode pour montrer comment varie une tension ou intensité alternative.

La durée du cycle complet (la période T) est 4ms.

La fréquence est  $1/T = 1/0,004 = 250 \text{ Hz}$

Le radian est une unité d'angle.  $360^\circ$  est égal à  **$2\pi$  radians**.

La PULSATION ( $\omega$ ) s'exprime en radians/seconde (elle indique la vitesse de rotation de la flèche)

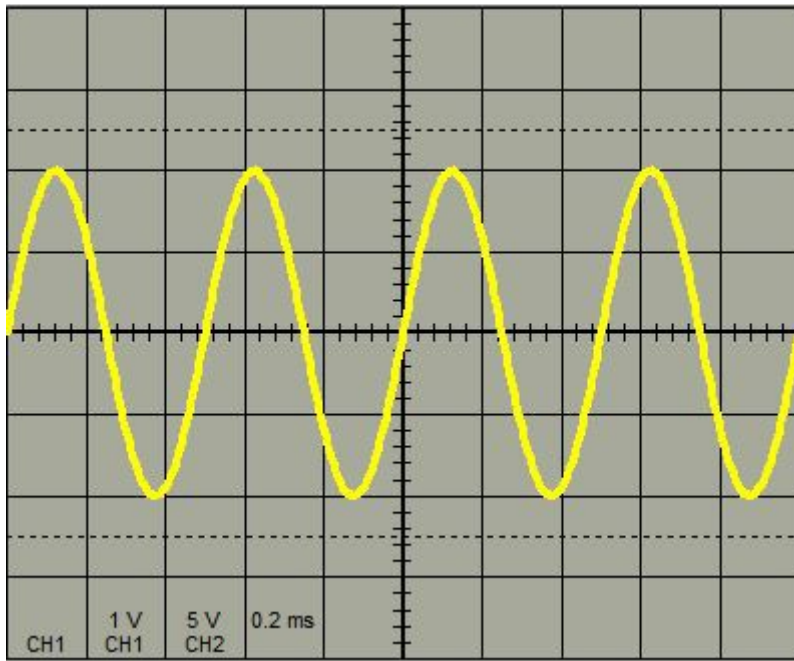
$\omega = 2\pi f$  avec  $\omega$  en rd/s et  $f$  en Hz retenir  $\omega = 6,28 F$

$\omega = 2\pi/T$  avec  $\omega$  en rd/s et  $T$  en s retenir  $\omega = 6,28/ T$

On appelle PHASE (**angle Phi**) l'angle indiqué par la flèche à un instant donné

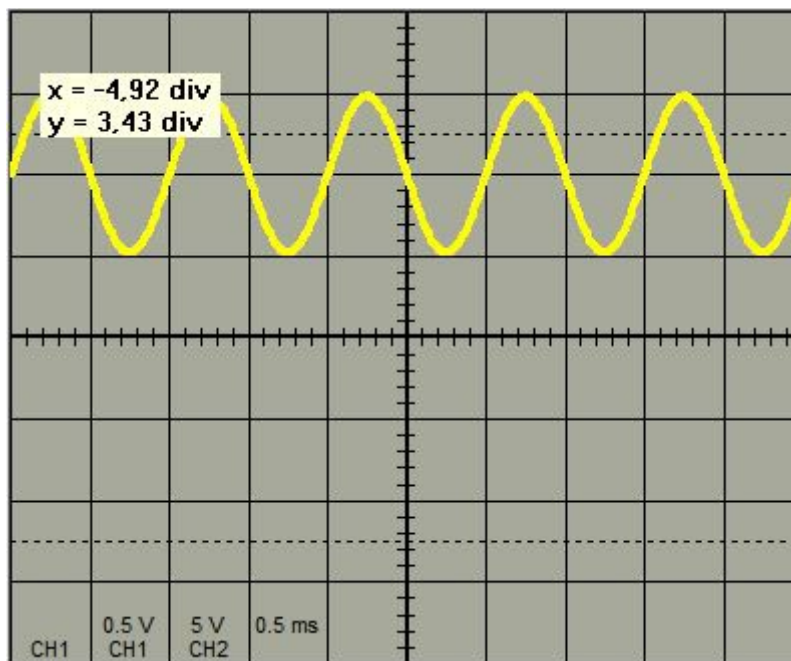
La phase est  $0^\circ$  au figure 1, figure 2 de  $90^\circ$ , figure 3 de  $180^\circ$ , figure 4 de  $270^\circ$  et figure 5 de  $360^\circ$  ou  $0^\circ$

#### 4°) Tension moyenne



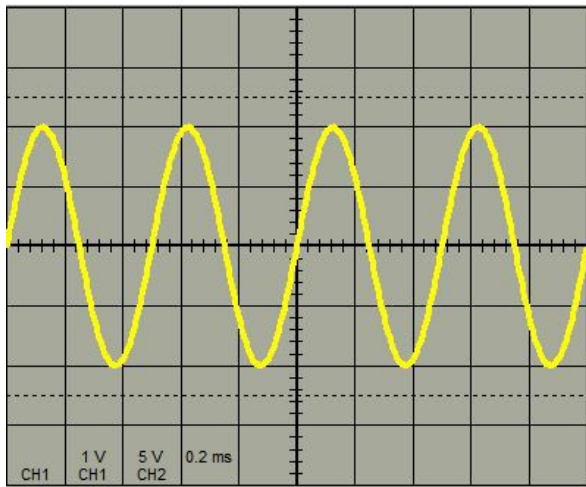
Ce signal est alternatif, la tension varie de +2V à -2V, la tension moyenne est 0V. (ce qui ne veut pas dire qu'une lampe branchée sur ce générateur serait éteinte).

$$U_{\text{moy}} = (U_{\text{max}} + U_{\text{min}})/2$$

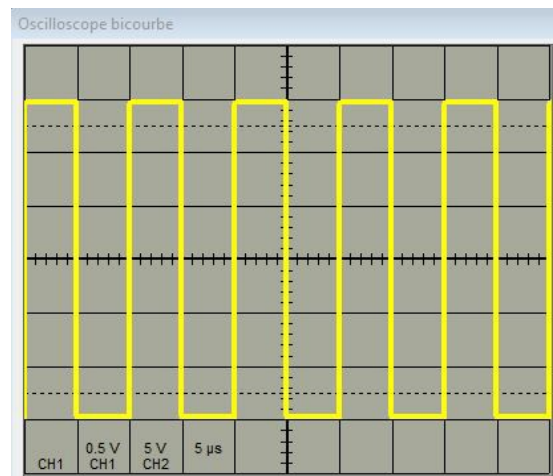


Cette tension est **continue** **mais variable**. Elle oscille entre +1,5V et +0,5V. La tension moyenne est  $(1,5 + 0,5)/2 = 1\text{V}$

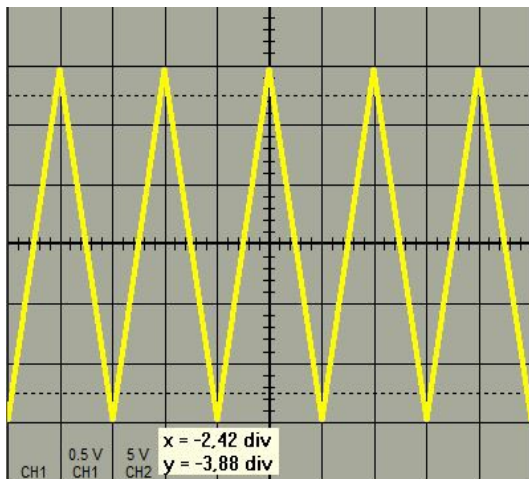
## 5°) Formes d'ondes



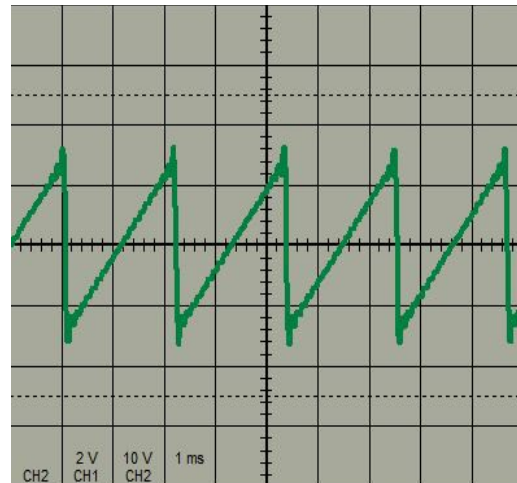
signal sinusoïdal



signal carré

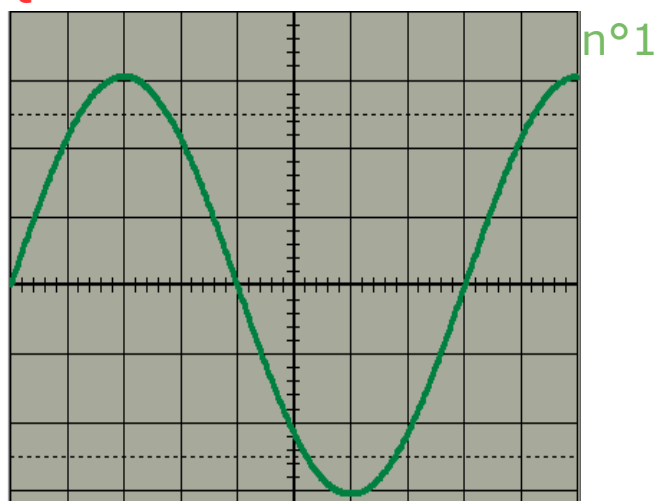


signal triangulaire

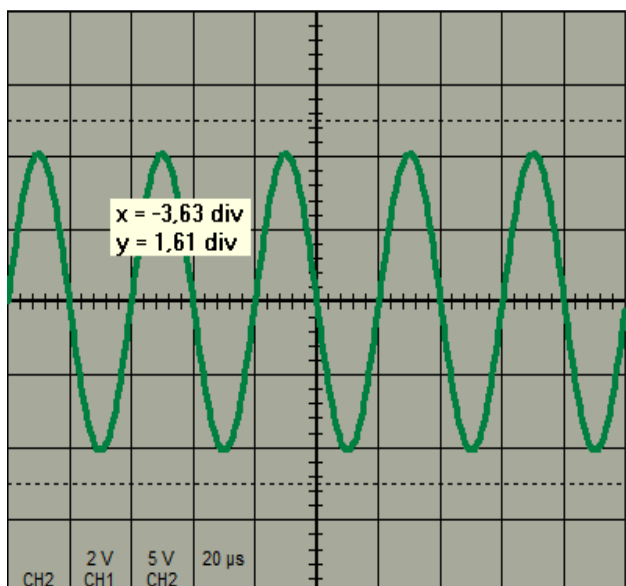


signal en dent de scie

## Questionnaire n°10



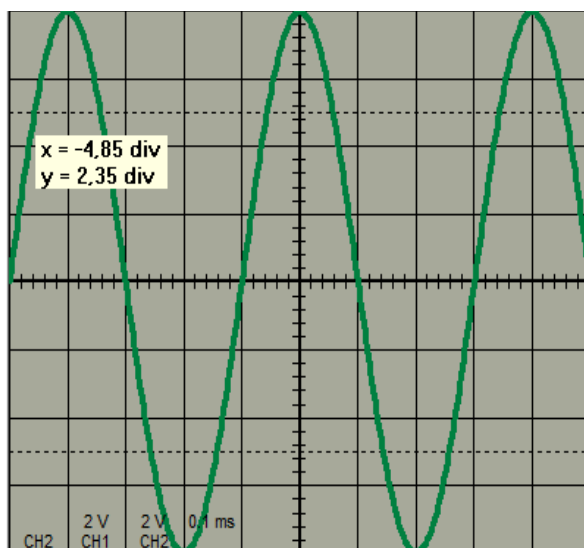
| Réglage<br>horizontal 0,5 ms /div<br>vertical 1V/div | Réponses |       |        |       |
|------------------------------------------------------|----------|-------|--------|-------|
|                                                      | A        | B     | C      | D     |
| Tension maximum en volts                             | 3        | 2     | 6      | 1     |
| Tension crête à crête (amplitude) en volts           | 3        | 4     | 1      | 6     |
| Tension efficace en volts                            | 2,12     | 1,02  | 3      | 6     |
| Période en secondes                                  | 0,004    | 4     | 3,7    | 2     |
| Fréquence                                            | 1kHz     | 250Hz | 100 Hz | 10 Hz |
| Pulsation en radians/seconde (rd/s)                  | 250      | 40    | 1570   | 2022  |



n°2

| Réglage<br>voir oscillogramme              | Réponses |       |       |       |
|--------------------------------------------|----------|-------|-------|-------|
|                                            | A        | B     | C     | D     |
| Tension maximum en volts                   | 10       | 20    | 5     | 0,3   |
| Tension crête à crête (amplitude) en volts | 10       | 20    | 30    | 40    |
| Tension efficace en volts                  | 10       | 8,32  | 7,07  | 5     |
| Période en microsecondes                   | 5        | 10    | 20    | 40    |
| Fréquence en kHz                           | 25       | 12000 | 25000 | 4500  |
| Pulsation en radians/seconde (rd/s)        | 157000   | 1570  | 15700 | 20000 |

n°3



| Réglage<br>voir oscillogramme              | Réponses |       |       |       |
|--------------------------------------------|----------|-------|-------|-------|
|                                            | A        | B     | C     | D     |
| Tension maximum en volts                   | 4        | 8     | 12    | 1     |
| Tension crête à crête (amplitude) en volts | 16       | 12    | 8     | 3     |
| Tension efficace en volts                  | 7,2      | 10,4  | 1     | 5,66  |
| Période en millisecondes                   | 0,4      | 4     | 2     | 1     |
| Fréquence en hertz                         | 10000    | 5000  | 2500  | 1250  |
| Pulsation en radians/seconde (rd/s)        | 1200     | 12000 | 13700 | 15700 |