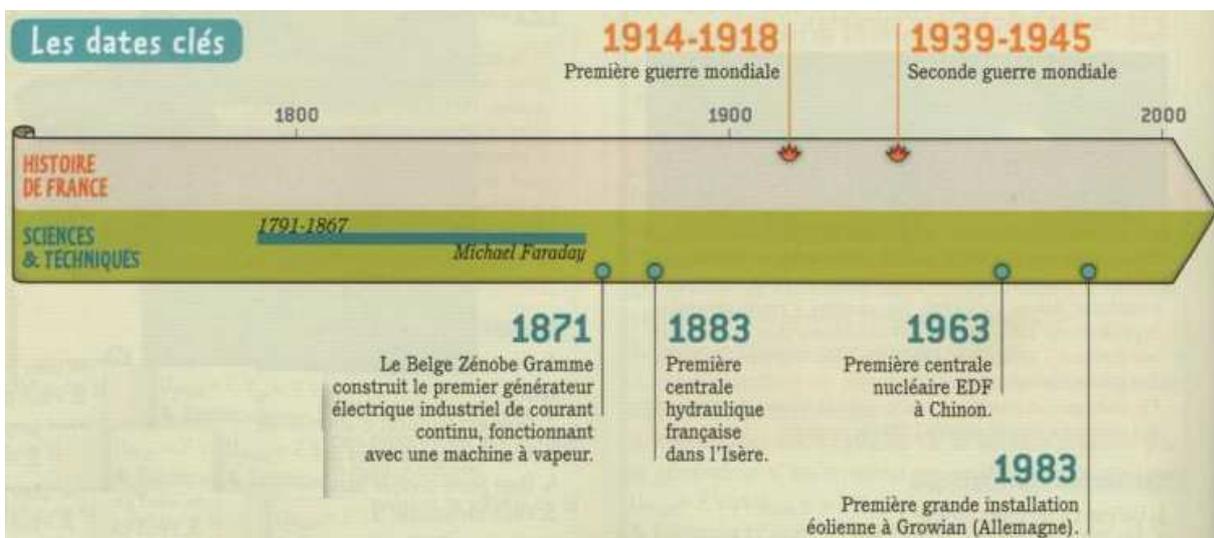


CHAPITRE 2 : LA TENSION ALTERNATIVE.

Une ville, la nuit, brille de mille feux alimentés par le courant alternatif.
Vers la fin du XIX^{ème} siècle, le courant alternatif a supplanté le courant continu.
C'est ce courant, qui aujourd'hui est délivré par E.D.F



En médecine, on la retrouve dans l'électrocardiogramme.



Dans le chapitre précédent, on a vu comment était produite cette tension alternative.
Mais de quoi s'agit-il exactement ? Quelles sont ces caractéristiques ?
Comment une lampe peut-elle fonctionner avec deux tensions complètement différentes ?

Zénobe Théophile Gramme (1826-1901) est un **électricien Belge**. Bricoleur de génie, il mit au point le prototype de la première dynamo industrielle (1869).

L'avenir de la dynamo aurait été limité sans la découverte, par Hippolyte Fontaine, de sa réversibilité : de génératrice de courant continu, elle peut devenir productrice d'énergie mécanique capable de remplacer la machine à vapeur.



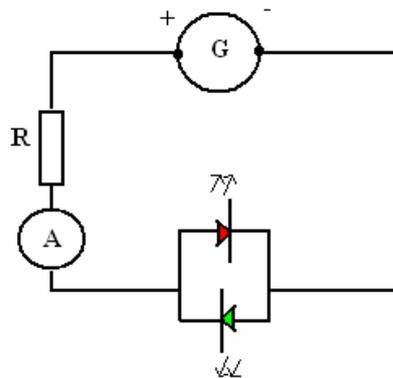
1- Tension continue. Tension alternative.

1-1 Expérience.

On réalise les deux circuits électriques suivants comprenant un générateur, une résistance, et deux D.E.L montées en inverse l'une de l'autre et en dérivation.



La schématisation de ce circuit à l'aide des symboles normalisés des différents composants a l'allure suivante :



$$U_G = 3,5 \text{ V}$$

$$U_R = 1,08 \text{ V}$$

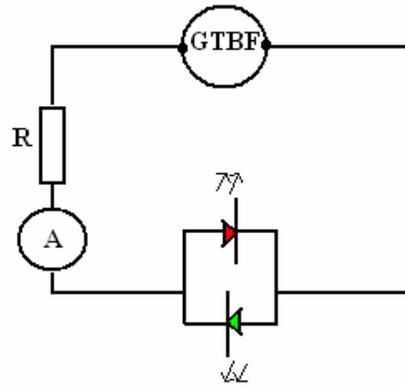
$$U_{D.E.L} = 2,41 \text{ V}$$

$$R = 220 \Omega$$

Le rôle de la résistance est de protéger les D.E.L en limitant l'intensité du courant dans le circuit (notion abordée dans le chapitre 1 : La résistance électrique).

Dans ce circuit, seul la D.E.L rouge s'allume.

D'autre part, on constate que la loi de la tension pour un circuit en série et la loi d'Ohm sont bien vérifiées.



Dans ce second circuit, on voit tour à tour s'allumer la D.E.L rouge puis la D.E.L verte.

Remarque :

La D.E.L (ou **D**iode **E**lectro**l**uminescente) est un composant électronique qui fait partie de la catégorie des dipôles.

Elle a le même comportement qu'une diode classique si ce n'est qu'elle émet de la lumière lorsqu'elle est traversée par un courant.

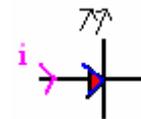
Il existe deux manières de brancher une D.E.L dans un circuit :

- le **sens passant** :

Il s'agit du branchement réalisé quand la DEL émet de la lumière.

Dans ce cas elle se laisse traverser par le courant.

(Le triangle du symbole normalisé de la DEL est orienté dans le même sens que celui du courant)

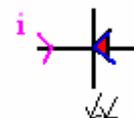


- le **sens bloquant** :

Il s'agit du branchement réalisé quand la DEL n'émet de pas de la lumière.

Dans ce cas elle ne se laisse pas traverser par le courant.

(Le triangle du symbole normalisé de la DEL est orienté dans le sens contraire de celui du courant)



1-2 Conclusion.

La pile fournit un courant dont l'intensité est constante. Ce courant circule toujours dans le même sens. Le courant est dit **continu**.

Le générateur du second circuit délivre un courant qui change constamment de sens. Ce qui explique l'alternance. Le courant est dit **alternatif**.

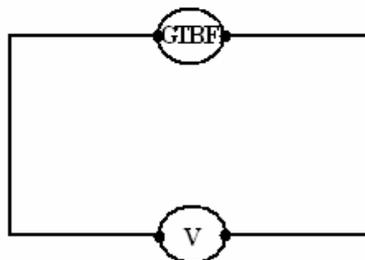
Lorsque le circuit électrique est soumis à une tension continue, le courant circule dans un seul sens.

Lorsque le circuit est soumis à une tension alternative, le courant circule dans un sens puis dans l'autre.

2- Etude d'une tension alternative.

2-1 Tracé d'une tension alternative.

Afin de tracer la courbe représentant la tension fournie par un GTBF en fonction du temps, on réalise le circuit électrique suivant :



Le temps est relevé grâce à un chronomètre.

Les valeurs de la tension sont relevées toutes les 2 secondes.

Les valeurs du temps, noté t , et de la tension U sont reportées dans le tableau suivant :

Temps (en s)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Tension (en V)	0,0	0,8	1,9	2,4	3,2	3,8	4,2	4,4	4,4	4,2	3,8	3,2	2,5	1,7	1,0

30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62
0	-1,0	-1,8	-2,6	-3,3	-3,8	-4,2	-4,4	-4,4	-4,2	-3,8	-3,3	-2,5	-1,8	-0,8	0,0	0,8

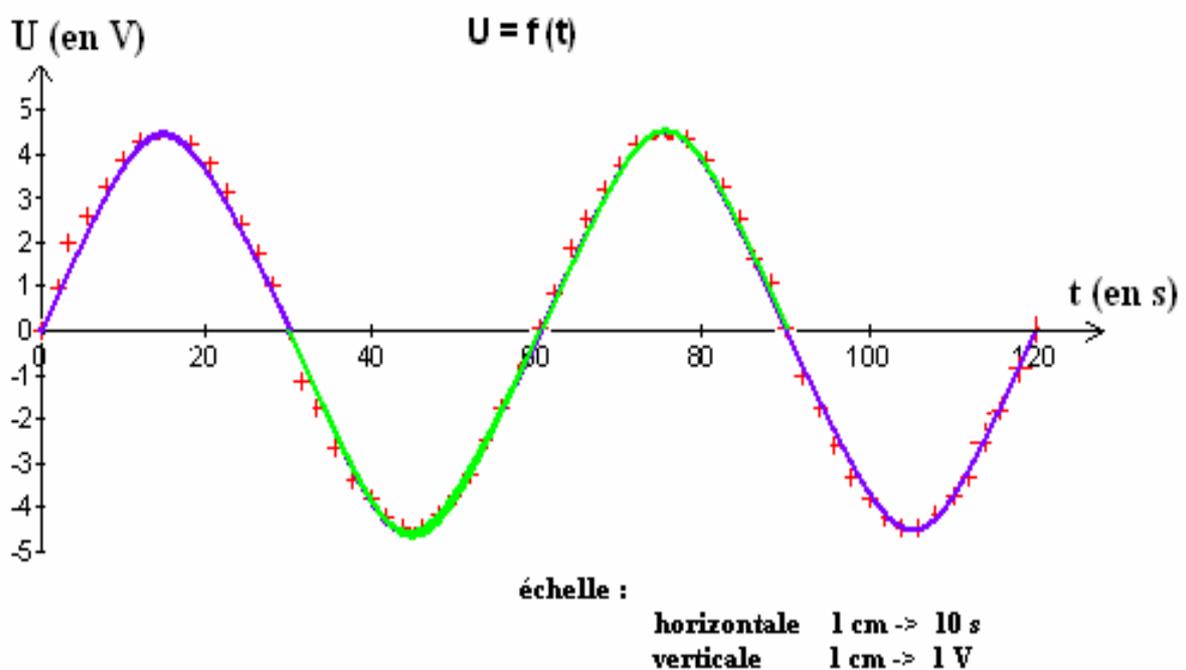
64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96
1,9	2,4	3,2	3,8	4,2	4,4	4,4	4,2	3,8	3,2	2,5	1,7	1,0	0,0	-1,0	-1,8	-2,6

98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120
-3,3	-3,8	-4,2	-4,4	-4,4	-4,2	-3,8	-3,3	-2,5	-1,8	-0,8	0,0

Ces résultats permettent de tracer la courbe qui représente la variation de la tension alternative U en fonction du temps t .

Ce qui se note encore sous la forme mathématique suivante : $U = f(t)$

On obtient le graphique suivant :



On constate que la tension fournie par le GTBF n'est pas constante au cours du temps. Elle varie en reprenant les mêmes valeurs au bout de 60 s.

2-2 Caractéristiques d'une tension alternative.

Une tension électrique dont les valeurs changent au cours du temps est une tension **variable**.

D'autre part, elle prend des valeurs tantôt positives tantôt négative. De ce fait, on dit que la tension est **alternative**.

La courbe est constituée d'un motif élémentaire (partie en vert sur le graphique) qui se répète au bout de 60s. De ce fait, on dit que la tension est **périodique**.

Le motif élémentaire est une sinusoïde. La tension est dite **sinusoïdale**.

Par conséquent, la tension électrique fournie par E.D.F est une tension **variable, alternative, périodique, sinusoïdale**.

a) La période.

On appelle **période** d'une tension alternative, la durée du motif élémentaire. Elle est notée **T** et s'exprime en **seconde**, que l'on note **s**.

Exemple : La période de la tension alternative étudiée est de 60s.

La période de la tension alternative fournie par E.D.F est de 0,02 s.

En général, une période de tension alternative est de l'ordre de quelques millisecondes.

b) La fréquence.

On appelle **fréquence** d'une tension alternative, le nombre de période par seconde. Elle est notée **f** et s'exprime en **Hertz**, que l'on note **Hz**.

Il existe une relation mathématique reliant la période et la fréquence :

$$f = 1 / T$$

f : Hertz (Hz)

T: seconde (s)

Exemple : la fréquence de la tension alternative étudiée est de 0,016 Hz environ

Pour E.D.F, on a vu que la période de la tension fournie est de 0,02 s

$$f = 1 / T$$

donc

$$f = 1 / 0,02$$

$$f = 50 \text{ Hz.}$$

En France la fréquence de la tension alternative fournie par E.D.F est de 50 Hz.
(Elle est de 60 Hz aux Etats-Unis).



Heinrich Rudolf Hertz (1857- 1894) est un ingénieur et physicien allemand.

Sa contribution essentielle à la physique demeure la vérification expérimentale de la théorie de James Maxwell de 1884, selon laquelle la lumière n'est rien d'autre qu'une onde électromagnétique.

C'est à Karlsruhe qu'à l'aide d'un oscillateur, il mit en évidence l'existence d'autres ondes électromagnétiques, celles-là non visibles. Il démontra que ces nouvelles ondes

se propageaient à la même vitesse que la lumière.

Le 13 novembre 1886, il effectua la première liaison par faisceau hertzien entre un émetteur et un récepteur.

Ces résultats ouvraient la voie à la télégraphie sans fil et à la radiophonie. Pour cette raison, les ondes radio sont dites *ondes hertziennes*, et l'unité S.I. de mesure des fréquences est le hertz.

Suite à sa découverte sur les ondes hertziennes, Hertz la publia devant une assemblée d'étudiants. L'un d'entre eux demanda s'il y aurait des applications de ces ondes. Hertz répondit alors qu'il n'y en aurait aucune.

Plus tard, le physicien italien Guglielmo Marconi pensa au contraire qu'il y en aurait. Reprenant les travaux de Hertz (il les connaissait bien), il améliora le télégramme en fabriquant le premier télégraphe sans fil, procédé qui se développa à travers le monde et qui intéressa bon nombre de personnes.

Plus tard, le physicien italien Guglielmo Marconi pensa au contraire qu'il y en aurait.

Reprenant les travaux de Hertz (il les connaissait bien), il améliora le télégramme en fabriquant le premier télégraphe sans fil, procédé qui se développa à travers le monde et qui intéressa bon nombre de personnes.

les fréquences et les ondes

Il y a NRJ, Skyrock, Fun radio, et puis tant d'autres...

On se passe de bouche à oreille les réglages à effectuer sur la FM pour réceptionner la radio convoitée : 91,3 MHz par exemple.

On est dans le domaine des ondes hertziennes, des ondes sinusoïdales alternatives...

Les radio pirates

Ces radios doivent leur nom de « pirate » au fait qu'à l'origine elles émettaient de la mer. En effet, les radios étaient sur des bateaux qui mouillaient en dehors des eaux territoriales des pays vers lesquels ils voulaient émettre. Elles échappaient ainsi au contrôle technique, juridique et financier des gouvernements. La première radio pirate est Radio-Veronica qui émit en avril 1960 depuis le bateau Veronica au large des côtes hollandaises.

Le 15 août 1967, un décret du Parlement britannique déclara ces radios hors la loi à la suite de plaintes multiples des 9 pays du Conseil de l'Europe.



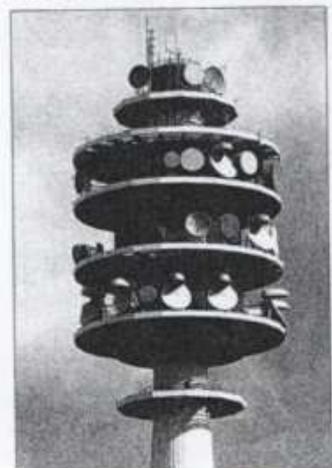
Les ondes hertziennes

Les ondes hertziennes balaient un domaine de fréquences compris entre 3000 Hz soit 3 kHz et 3×10^9 Hz soit 3 GHz.

En fait, les fréquences sonores sont de l'ordre du kilohertz; la fréquence annoncée en mégahertz pour une radio n'est en réalité que la fréquence de l'onde « porteuse ».

En effet, les ondes électriques ne se propagent pas sur de grandes distances dans l'air, à moins que leur fréquence ne soit élevée, de l'ordre du mégahertz.

De plus comme une onde sinusoïdale n'apporterait aucune information puisqu'elle se reproduit identique à elle-même, on la module, en fréquence (FM) ou en amplitude (AM).



Acronyme	Translittération	VF	longueurs d'ondes (1)	gamme de fréquences	Principales applications	
ULF	Ultra Low Freq.	UBF	10 000 km	3	30 Hz	Communications navales stratégiques (3)
ELF	Extremely Low Freq.	EBF	1 000 km	30	300 Hz	(avec les sous-marins en plongée)
VF	Voice Frequencies	FV	100 km	300	3000 Hz	Id. Dites fréquences vocales (4)
VLF	Very Low Freq.	TBF	10 km	3 kHz	30 kHz	Communications navales
LF	Low Frequencies	BF	(2) 1 km	30 kHz	300 kHz	Navigation, communications, radio GO
MF	Medium Freq.	MF	100 m	300 kHz	3 MHz	Navigation, radio AM (PO)
HF	High Freq.	HF	10 m	3 MHz	30 MHz	radio OC, amateurs, CB comm. militaires
VHF	Very-High Freq.	THF	1 m	30 MHz	300 MHz	Radio FM, TV VHF, police, pompiers
UHF	Ultra-High Freq.	UHF	10 cm	300 MHz	3 GHz	Sat., GPS, téléphonie mobile, TV UHF
SHF	Super-High Freq.	SHF	1 cm	3 GHz	30 GHz	Comm sat., télédiffusion
EHF	Extremely-High Freq.	EHF	1 mm	30 GHz	300 GHz	Communications satellite

(1) Les ondes radio se transmettent à la vitesse de la lumière (300 000 km/s), longueur d'ondes et fréquence sont inversement proportionnelles dans un rapport de 1/300 000. Une longueur d'ondes de 1 mètre correspond à une fréquence de 300 MHz, une longueur d'ondes de 1000 m à une fréquence de 300 kHz.

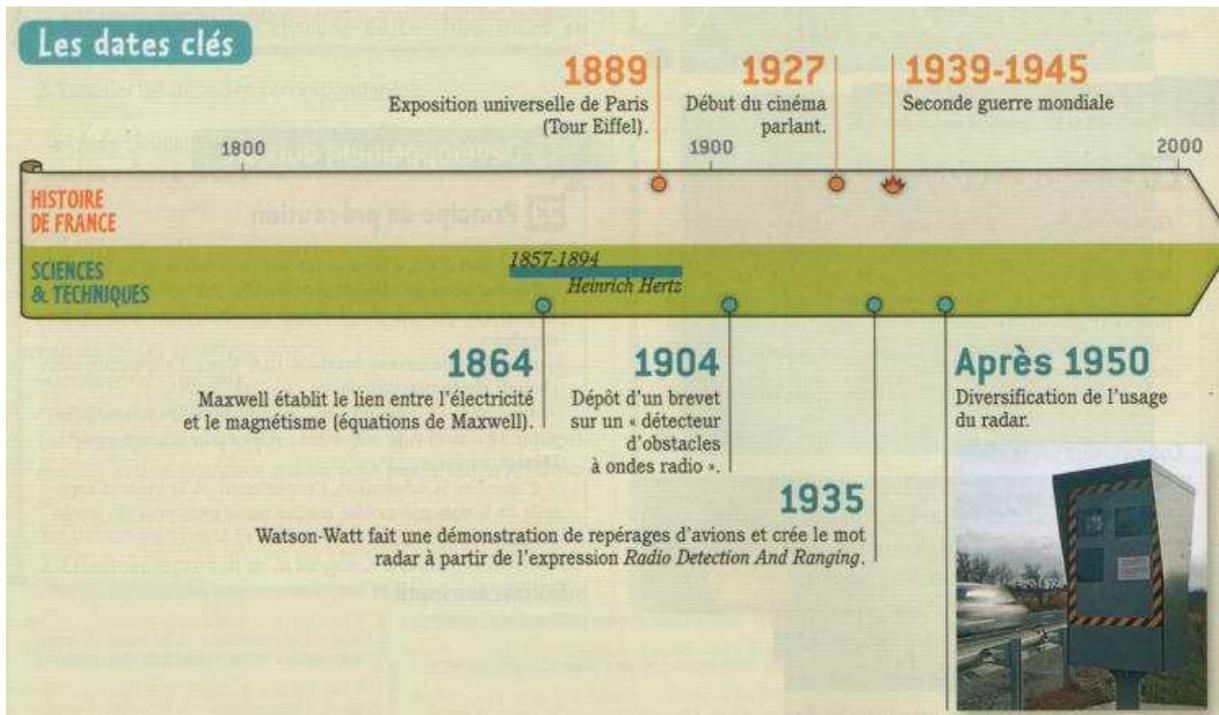
(2) Naguère encore, on se servait des longueurs d'ondes pour qualifier les domaines de fréquence :

kilométriques (1-10km), hectométriques (100m-1000m), décamétriques (10-100m), centimétriques (1-10cm), millimétriques (1-10mm).

(3) On classe parfois dans les ULF toutes les fréquences inférieures à 3 Hz pour regrouper dans les ELF l'ensemble de la gamme 3Hz-3 KHz.

(4) Dites aussi fréquences téléphoniques. Ainsi qualifiées parce qu'elles recouvrent la gamme de fréquences audio de la parole humaine utilisée pour les communications téléphoniques classiques (non full) et la radio en modulation d'amplitude.

(Attention : Ne pas confondre fréquences acoustiques — celles du son dans l'air — et fréquences radio-électriques, celles des transmissions.)



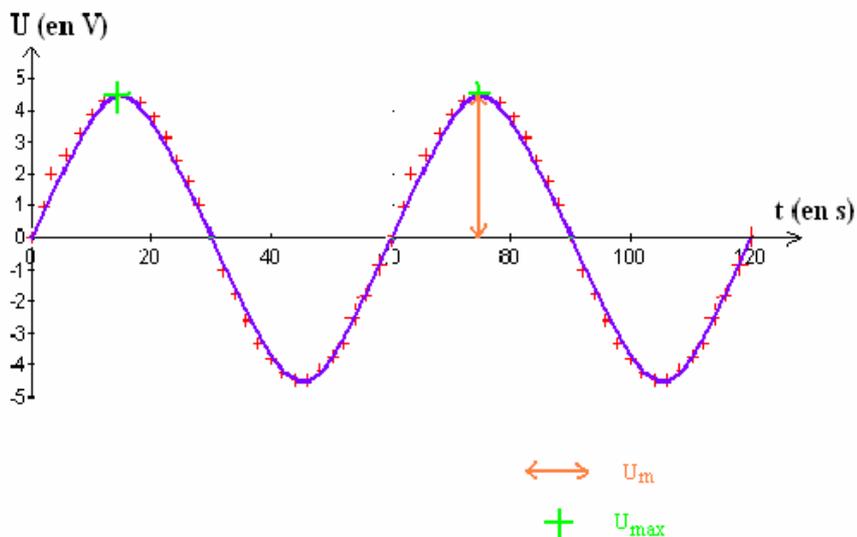
c) L'amplitude et la tension efficace.

La tension alternative étudiée varie entre deux valeurs extrêmes :

- un maximum positif que l'on note U_{\max}
- un minimum négatif que l'on note U_{\min}

On appelle **amplitude** la « hauteur » de la sinusoïde. Elle est notée U_m et s'exprime en Volt. Par définition :

$$U_m = U_{\max}$$



La tension alternative a des valeurs qui changent constamment. Elle n'a donc pas tout le temps la même efficacité sur le fonctionnement des appareils qu'elle alimente :

Par exemple lorsque la valeur de la tension est nulle ($U = 0 \text{ V}$), l'appareil (par exemple une lampe) ne doit pas marcher (donc la lampe est éteinte).

Au contraire, lorsque la valeur de la tension est maximale, l'appareil tourne à « plein régime » (la lampe brille très fortement).

On appelle **tension efficace** la tension mesurée par un voltmètre en position alternative. Elle est notée U_{eff} ou U .

C'est la valeur qu'aurait une tension continue (une pile) produisant les mêmes effets que la tension alternative.

La tension efficace et l'amplitude sont deux grandeurs liées par la relation suivante :

$$U_{\text{eff}} = U_m / \sqrt{2}$$

Exemple :

$$\text{Pour la tension alternative étudiée } U_{\text{eff}} = 4.5 / \sqrt{2}$$

$$U_{\text{eff}} = 4.5 / 1.414$$

$$U_{\text{eff}} = 3.18 \text{ V}$$

3- Visualisation d'une tension alternative à l'oscilloscope.

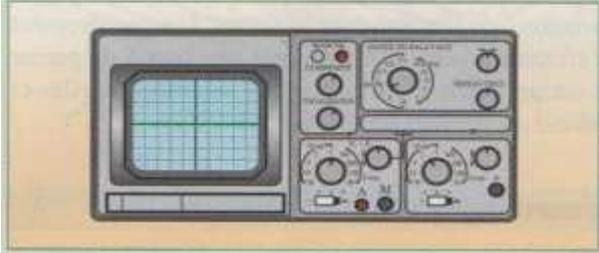
Un **oscilloscope** est un appareil qui permet de visualiser l'évolution de la tension électrique en fonction du temps et d'en déduire les caractéristiques.

L'image qui apparaît sur l'écran est appelée **oscillogramme**.

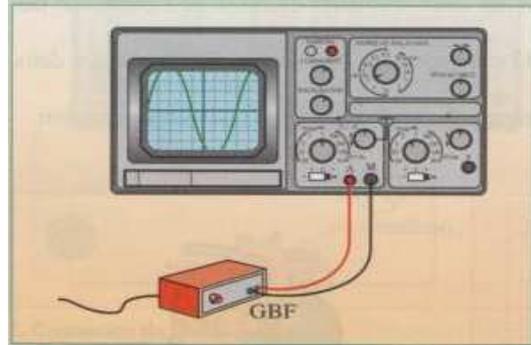
Voici les différentes étapes permettant de trouver les caractéristiques d'une tension alternative :

1. Régler l'oscilloscope

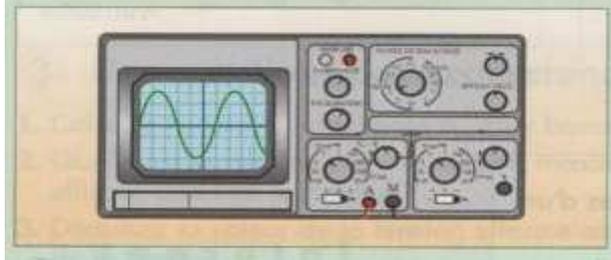
- 1 • Mettez l'oscilloscope sous tension.
• Réglez la luminosité du spot.
• Centrez la trace lumineuse.



- 2 Connectez la voie A de l'oscilloscope aux bornes du générateur.



- 3 • Ajustez la **sensibilité verticale** : ici, 2 V/DIV.
• Ajustez la **durée du balayage** : ici, 2 ms/DIV pour obtenir un ou deux motifs.

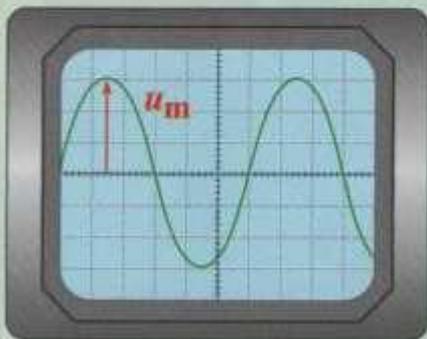


Une fois les réglages de l'oscilloscope effectués, on peut déduire les caractéristiques de la tension alternative qui apparaît sur l'écran :

2. Mesurer la tension maximale

- 4 • Comptez sur l'axe vertical le nombre de divisions correspondant à la tension maximale : ici, 3.
• Multipliez le nombre de divisions par la sensibilité verticale : ici, 2 V/DIV.

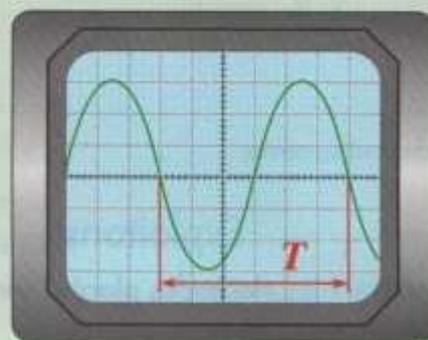
Tension maximale : $u_m = 3 \times 2 = 6 \text{ V}$.



3. Mesurer la période

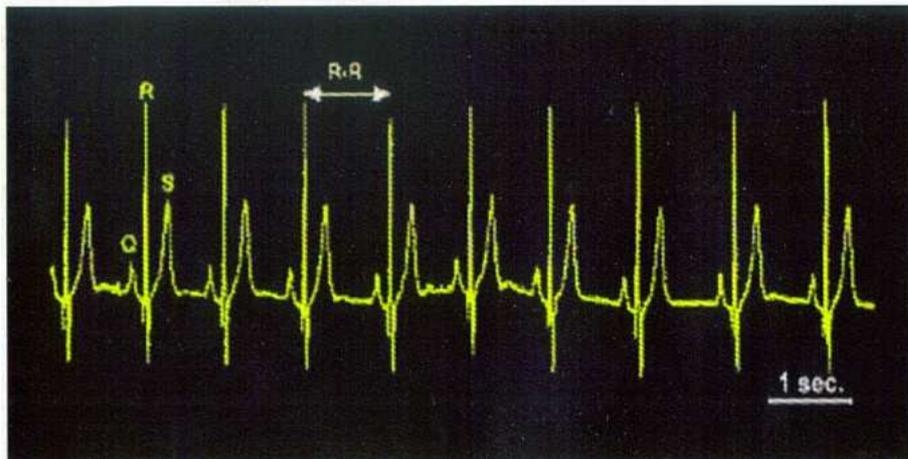
- 5 • Comptez sur l'axe horizontal le nombre de divisions correspondant à une période : ici, 6.
• Multipliez le nombre de divisions par la durée du balayage : ici, 2 ms/DIV.

Période : $T = 6 \times 2 = 12 \text{ ms}$.

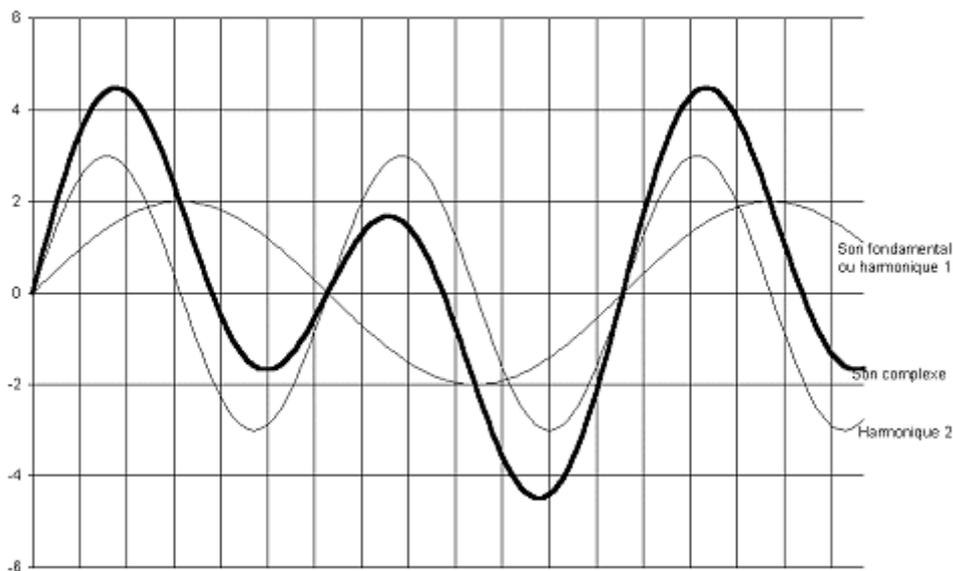


Dès lors, connaissant les valeurs de la période et de la tension maximale, on peut facilement remonter aux valeurs de la fréquence et de la tension efficace via les formules mathématiques rencontrées durant ce chapitre.

L'utilisation de l'oscilloscope est très fréquente dans la vie de tous les jours :



Électrocardiogramme : chaque partie de cet oscillogramme correspond à un mouvement du cœur humain.



Harmonique sonore : ici on visualise des tensions alternatives correspondant à des sons d'un instrument de musique. Les différentes tensions alternatives qui apparaissent correspondent à des octaves supérieures ou inférieures à la note de base appelée fondamental.