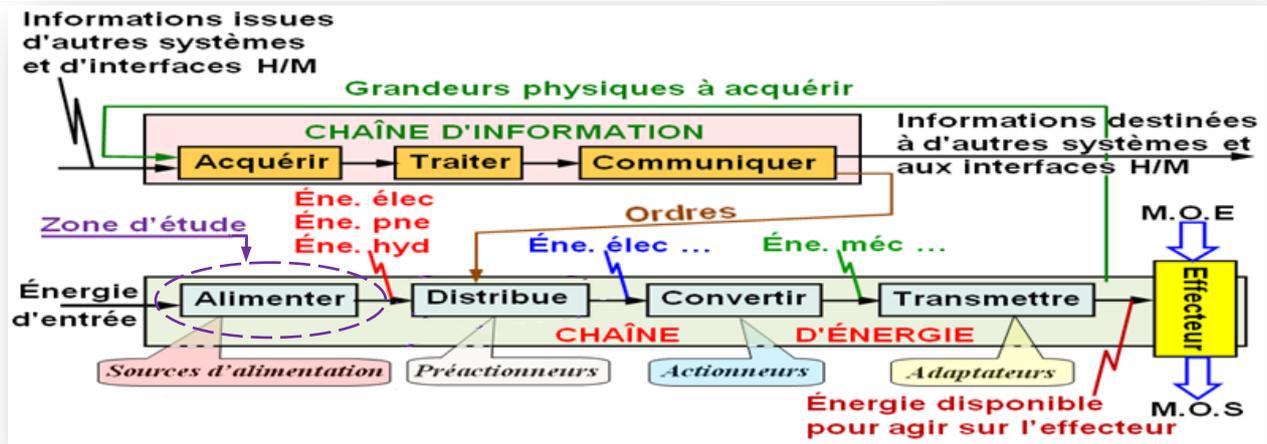


## I- SITUATION DE LA FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE :



## II- DÉFINITION DE LA FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE :

Alimenter c'est fournir au système l'énergie .....  
 ou ..... dont il a besoin pour fonctionner. L'origine de cette énergie peut provenir  
 d'une alimentation **réseau** ou **locale**. Pour réaliser ce but, cette fonction générique " **alimenter** "  
 est toujours associée aux fonctions génériques ..... et .....



## III- TYPES ET CARACTÉRISTIQUES DES ÉNERGIES :

Types d'énergies	Puissances	Caractéristiques et Unités
Électrique	Courant continu : $\mathcal{P}_{\text{éle}} = U.I$	Puissance absorbée par un <b>moteur électrique</b> $\mathcal{P}_{\text{éle}}$ : Puissance en Watt (W) $U$ : tension en Volts (V) $I$ : courant en Ampères (A) $\varphi$ : angle de déphasage
	Monophasé : $\mathcal{P}_{\text{éle}} = U.I.\cos\varphi$	
	Triphasé : $\mathcal{P}_{\text{éle}} = U.I.\cos\varphi.\sqrt{3}$	
Mécanique	Mouvement de Rotation : $\mathcal{P}_{\text{méc(R)}} = C.\omega$	Puissance fournie par un <b>moteur électrique</b> $\mathcal{P}_{\text{méc(R)}}$ en Watt (W) $C$ : Couple en Newton.mètre (N.m) $\omega$ : Vitesse angulaire en radian/seconde (rad/s)
	Mouvement de Translation : $\mathcal{P}_{\text{méc(T)}} = F.V$	Puissance fournie par un <b>vérin pneumatique</b> $\mathcal{P}_{\text{méc(T)}}$ en Watt (W) $F$ : Force en Newton (N) $V$ : Vitesse linéaire en mètre/seconde (m/s)
Pneumatique	$\mathcal{P}_{\text{pne}} = P.q_v$	Puissance fournie par un <b>compresseur</b> $\mathcal{P}_{\text{pne}}$ en Watt (W) $P$ : Pression en Pascal (Pa) $q_v$ : débit volumique en mètre cube/seconde (m <sup>3</sup> /s)
Hydraulique	$\mathcal{P}_{\text{Hyd}} = P.q_v$	Puissance fournie par une <b>pompe</b> $\mathcal{P}_{\text{Hyd}}$ en Watt (W) $P$ : Pression en Pascal (Pa) $q_v$ : débit volumique en mètre cube/seconde (m <sup>3</sup> /s)

## IV- TYPE D'ALIMENTATION :

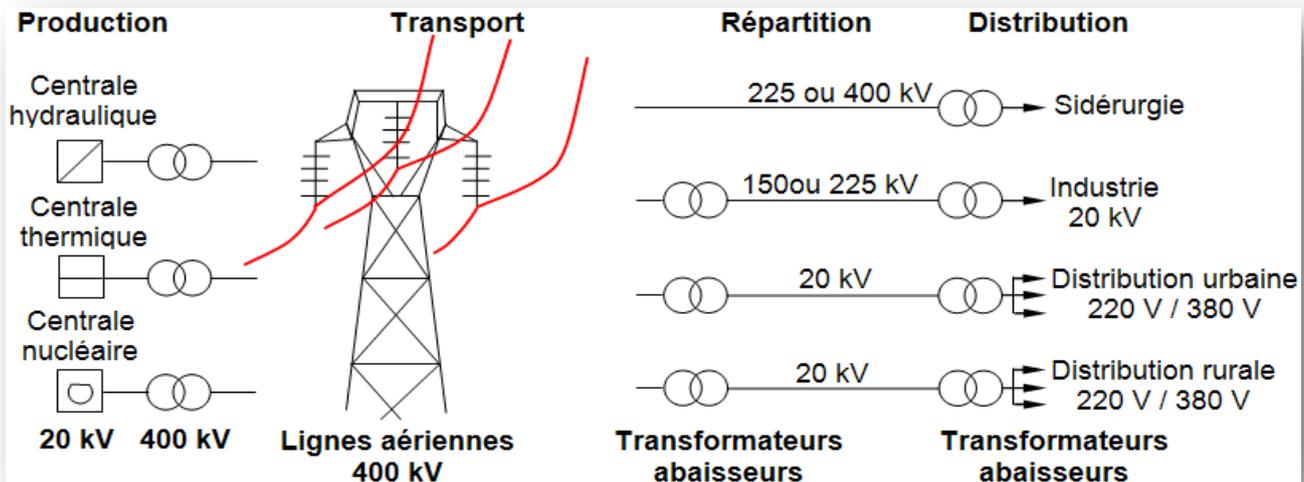
L'alimentation en énergie peut se faire de plusieurs manières. Ceci dépend de la nature d'énergie de fonctionnement du système (**électrique**, **pneumatique** ou **hydraulique**) et de l'origine de l'alimentation (**réseau** ou **locale**).

## 4.1- ALIMENTATION ÉLECTRIQUE :

### 4.11- Alimentation réseaux :

On appelle réseau électrique l'ensemble des infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centrales de production, vers les consommateurs d'électricité.

À partir d'un point de connexion (exemple prise 220 V). L'énergie produite par les réseaux est donc consommée en même temps. Cette alimentation d'énergie s'effectue en 3 phases : **produire, transporter et distribuer** l'énergie.



### Mode de production de l'énergie électrique :

À fin 2015, l'énergie totale installée du parc de production électrique de l'Office s'élève à 34,50 TWh\*, contre 33,10 TWh en 2014 dont 16,01% de l'énergie installée est de source renouvelable. (\* 1 TéraWatt =  $10^{12}$  Watt)

Source	2014	2015	Énergie primaire
Charbon	15,82	17,05	Combustion (charbon ; fioul ; gaz)
Pétrole	3,77	2,09	
Gaz naturel	5,60	5,78	
Hydraulique	2,03	2,28	Chute d'eau
Éolien	1,92	2,51	Vent
Énergie solaire	$0,170 \cdot 10^{-3}$	$0,203 \cdot 10^{-3}$	Rayons solaire
<b>Total</b>	<b>29,14</b>	<b>29,71</b>	

### Unité de mesure :

L'unité de mesure de la quantité d'énergie électrique est le Wattheure (Wh).

**a- Retrouver** la quantité d'énergie stockée dans les batteries d'un téléphone portable, en considérant une autonomie moyenne de trois heures et une puissance absorbée moyenne de 3 watts.



**b- Calculer** la quantité d'énergie consommée pendant une heure de travail d'un four électrique qui absorbe une puissance de 1000 W.



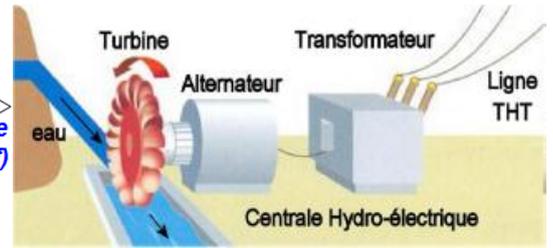
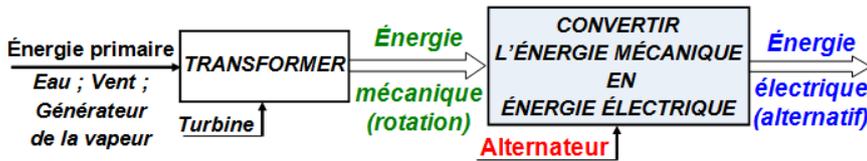
**c- Calculer** le temps d'utilisation du transpalette "tu" (en h) entre deux recharges de la batterie en supposant que le transpalette consomme une quantité d'énergie  $W_c = 46,5$  Wh pendant 90 s ; au cours d'un cycle standard ; si l'énergie disponible sur la batterie est de  $W_b = 10800$  Wh



# 2- Fonction Alimenter

2 SM-B; 1 STM; TCT (Doc : élève)

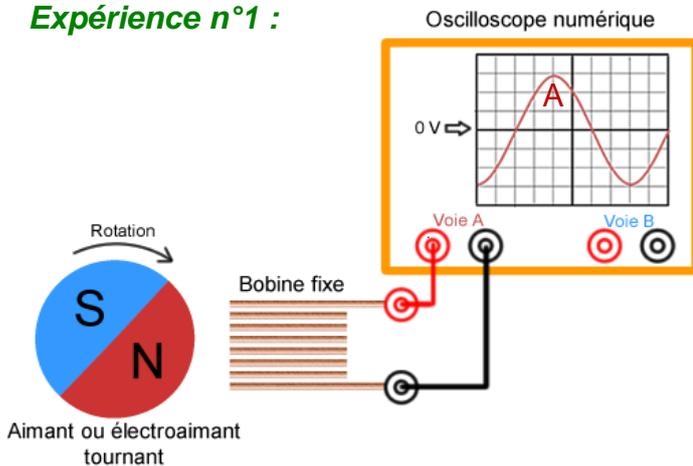
## Fonction d'un alternateur :



Exemple de centrale électrique

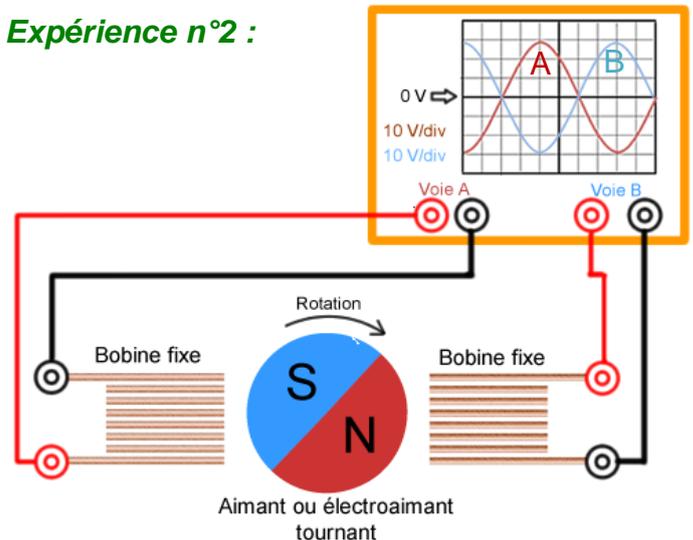
## Principe de production :

### Expérience n°1 :



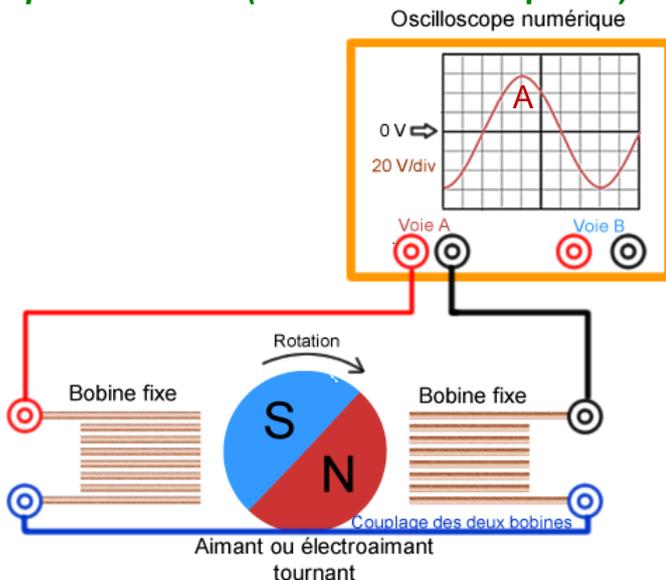
Un aimant ou un électroaimant tourne à fréquence constante devant une bobine fixe. La tension induite aux bornes de la bobine est alternative sinusoïdale. On a fabriqué un générateur de tension alternative.

### Expérience n°2 :



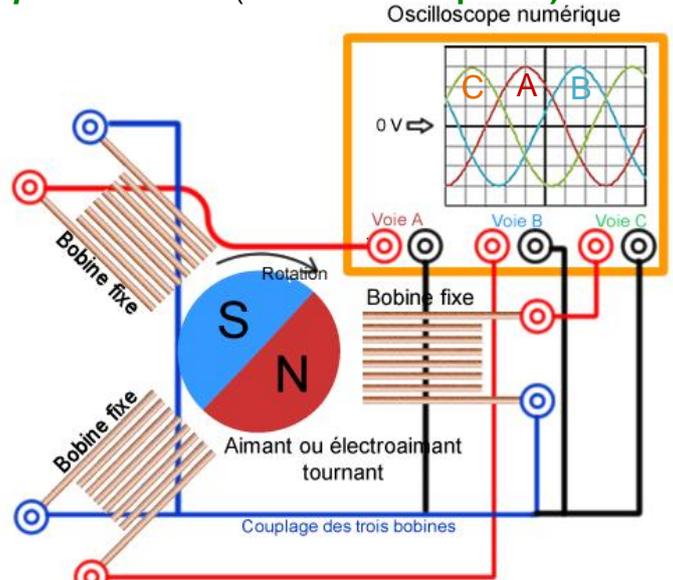
Un aimant ou un électroaimant tourne à fréquence constante devant deux bobines fixes diamétralement opposées. La tension induite aux bornes de chaque bobine est alternative sinusoïdale et déphasé de  $\pi/2$  l'une par rapport à l'autre.

### Expérience n°3 : (Alternateur monophasé)



Un aimant ou un électroaimant tourne à fréquence constante devant deux bobines fixes diamétralement opposées. La tension induite aux bornes des deux bobines couplées est alternative sinusoïdale et double par rapport à la tension aux bornes d'une seule bobine. On a fabriqué un générateur de tension alternatif monophasé (alternateur monophasé).

### Expérience n°4 : (Alternateur triphasé)



La rotation d'un aimant ou un électroaimant à vitesse constante  $N_s$  devant 3 bobines fixes disposées à  $120^\circ$  l'une de l'autre crée 3 tensions alternatives déphasées de  $\pi/3$  l'une de l'autre de fréquence  $f$  tel que :

$$N_s = \frac{f}{p}$$

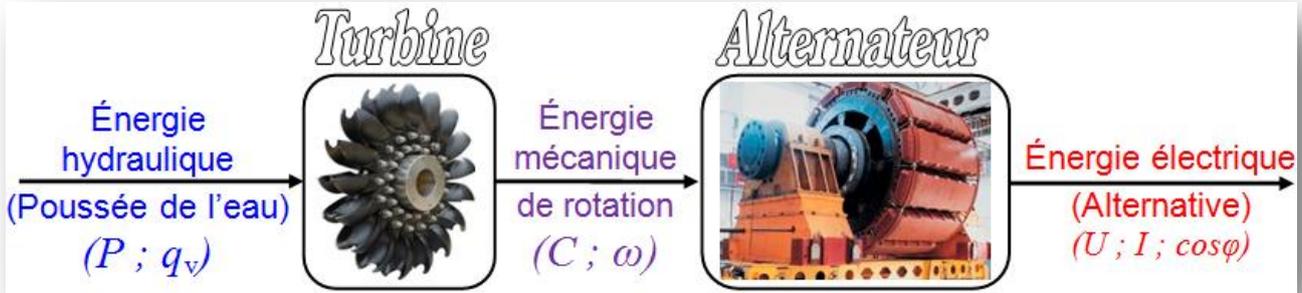
$N_s$  : en (tr/s) de l'alternateur;  
 $f$  : en (Hz) des tensions;  
 $p$  : Nombre de **paires** de pôles de l'alternateur.

**Remarque de l'Expérience n°4 :**

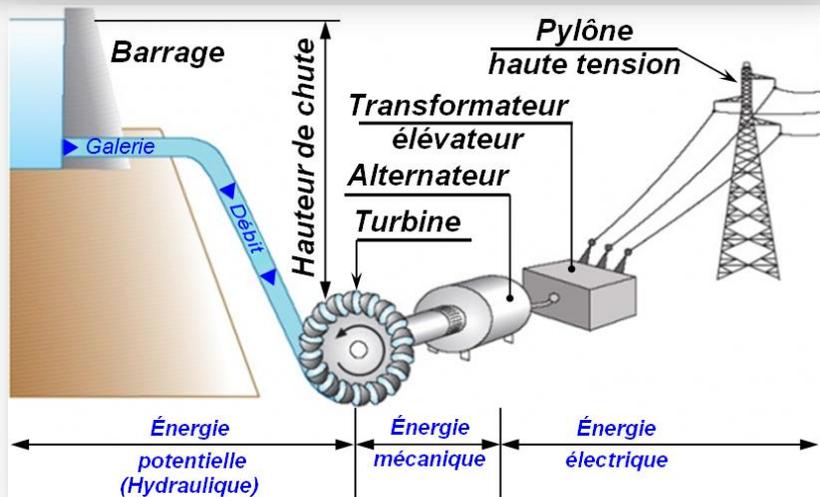
Chaque bobine possède 2 bornes. Aux total, il y a 6 bornes, toutefois, il est possible de réduire ce nombre de bornes par couplage des 3 bobines : il y a alors 3 phases; ce qui donne le nom d'alternateur triphasé.

☉ **Quelques exemples de production d'électricité (Centrale de production) :**

➤ **Centrales hydrauliques :** Principe de fonctionnement



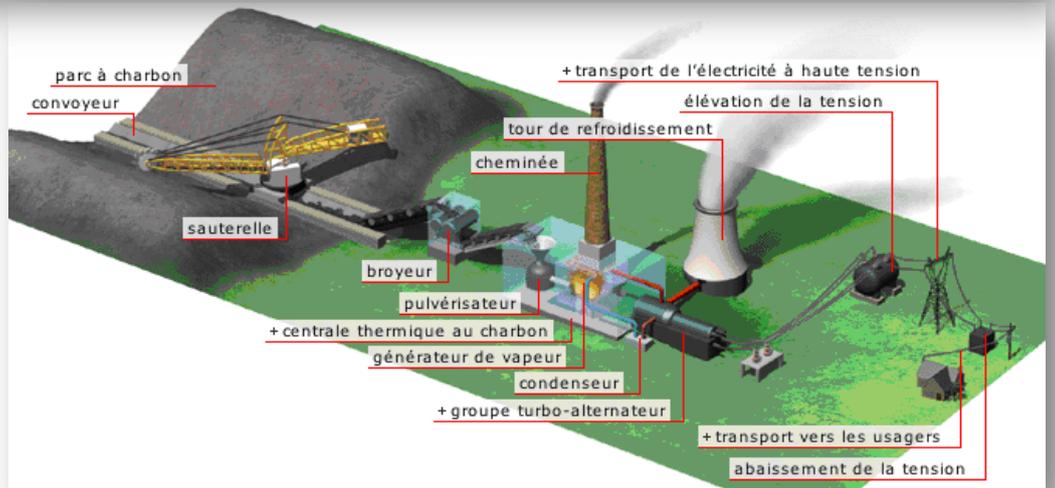
L'énergie cinétique de l'eau en mouvement est transmise à une turbine qui entraîne en rotation une machine électrique (alternateur).



➤ **Centrales thermiques :** Principe de fonctionnement

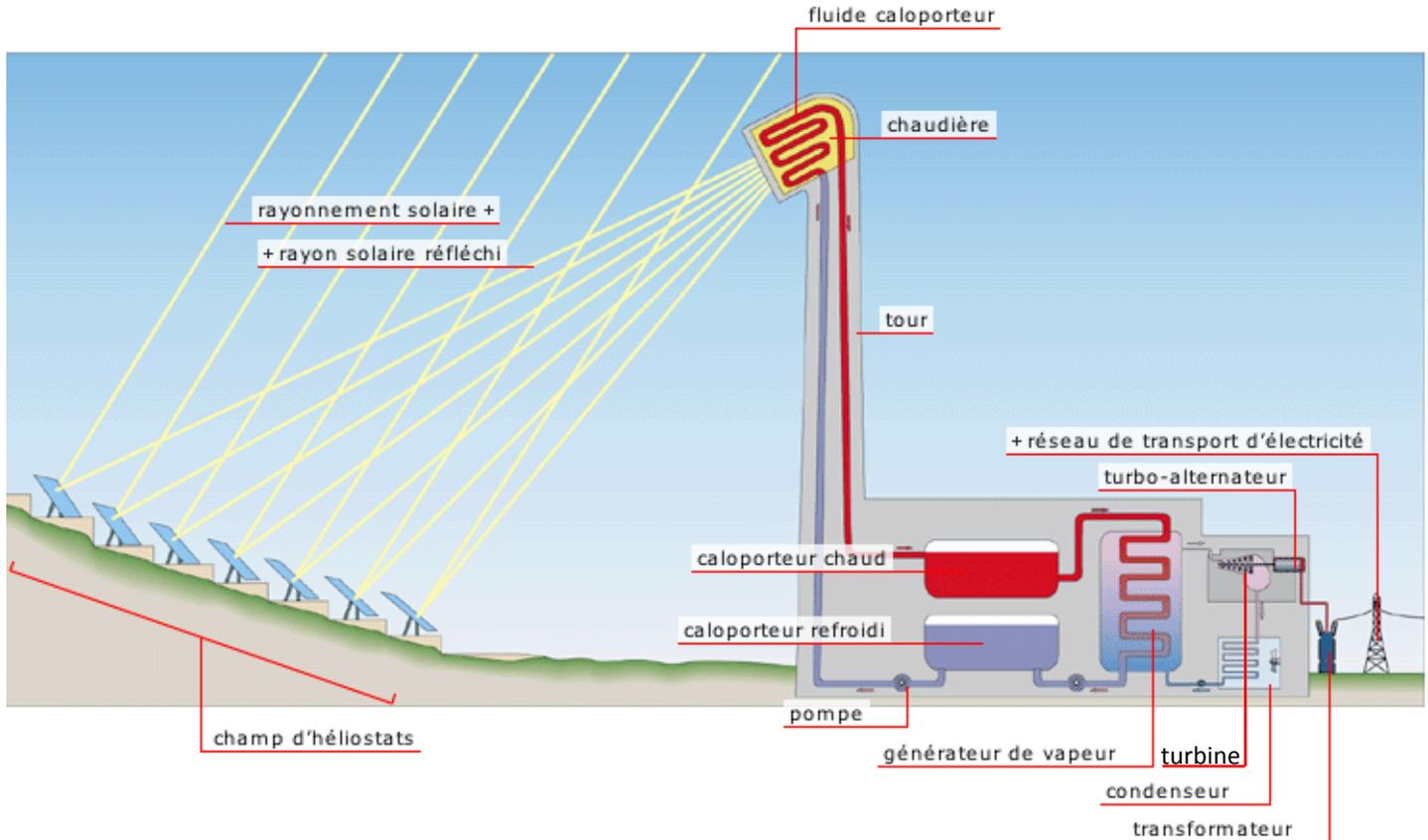


Une centrale thermique à flamme produit de l'électricité en **brulant** un combustible (fossiles charbon, lignite, gaz naturel, fioul) dans une chaudière qui produit de la vapeur. Cette vapeur actionne une turbine qui entraîne un alternateur.

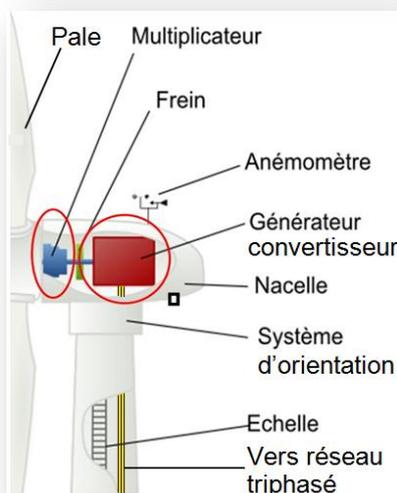
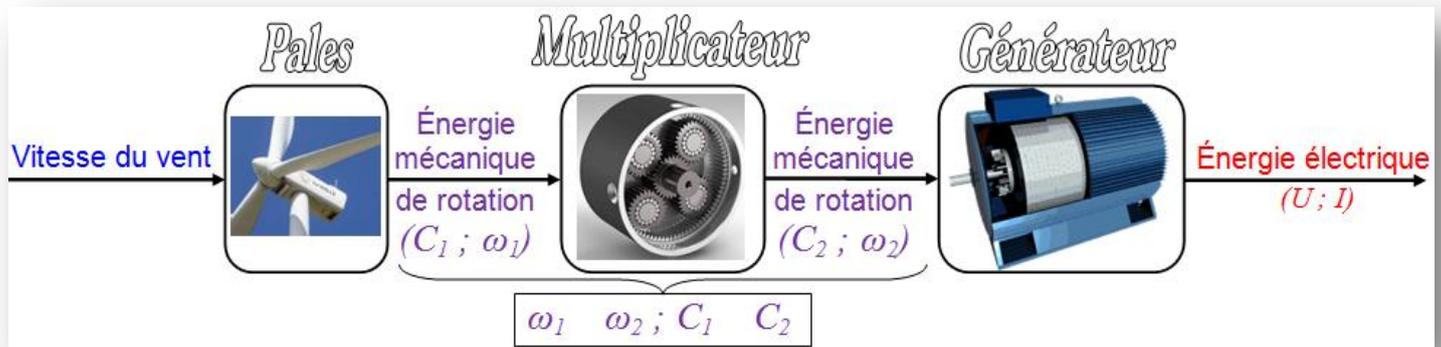


➤ **Centrales solaires** : Principe de fonctionnement

Expliquer comment produire de l'électricité par l'énergie solaire ?



➤ **Centrales éoliennes** : Principe de fonctionnement



Constituées de plusieurs générateurs éoliens (**aérogénérateur**) situés sur des terrains de fort vent. L'énergie du vent est captée par des pales d'hélices qui forment un rotor, ce rotor entraîne un générateur convertisseur d'électricité par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse.



## Mode de transport de l'énergie électrique :

À la sortie de la centrale, un premier poste de transformation (poste **élevateur**) augmente la tension à 400 kV. Ceci permet de **minimiser** les pertes d'énergie pendant le transport.

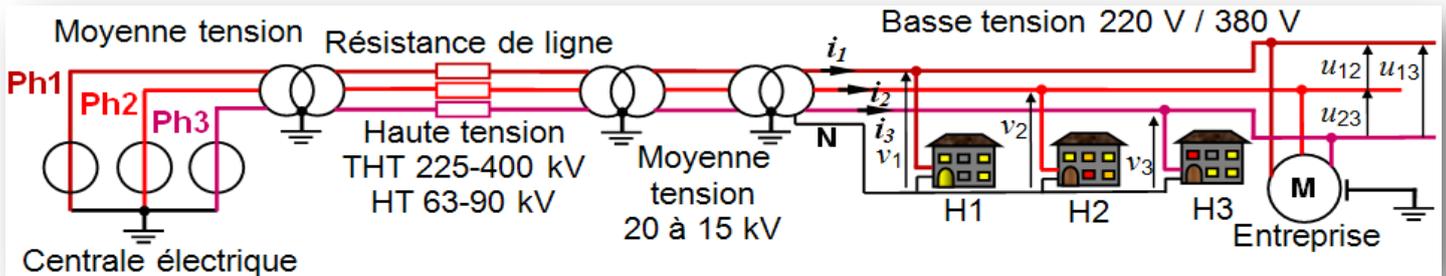
Près du point de livraison, un deuxième poste de transformation (poste **abaisseur**) fait l'opération inverse : il abaisse la tension pour la mettre aux normes du réseau domestique ou industriel.

Pour des besoins industriels, on transporte l'énergie électrique sous forme **triphasée**.

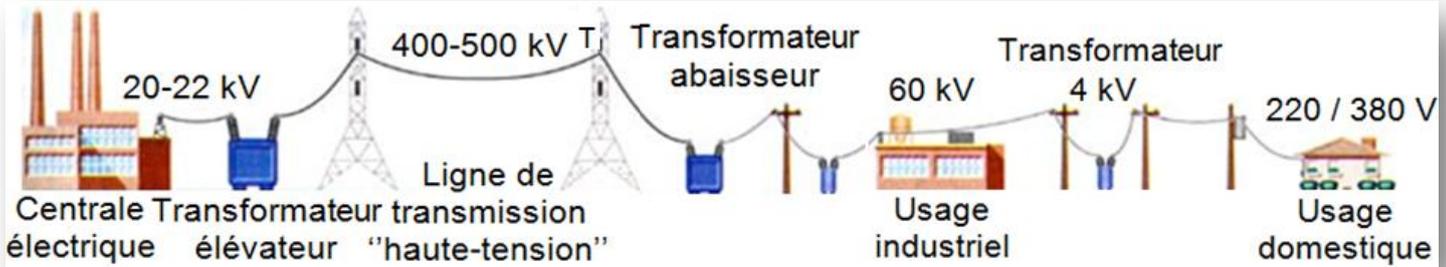
Dans ce cas nous avons 4 conducteurs (en général) : - 3 conducteurs de **phase** (Ph1, Ph2, Ph3) ;  
- 1 conducteur appelé **neutre** (N).

La tension entre conducteurs de phase est appelée **tension composée** ( $U = 380 \text{ V}$ ).

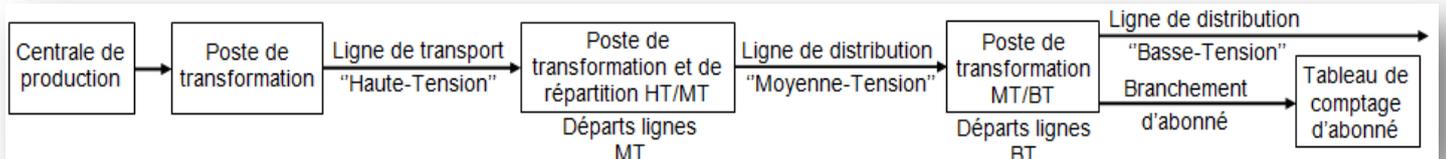
La tension entre le neutre et une phase est appelée **tension simple** ( $V = 220 \text{ V}$ ).



Ou



Ou



**Remarque :** L'énergie électrique produite par ces centrales se distingue des autres formes par :

- ♦ La **facilité de la transporter**, de modifier ses caractéristiques (Tension ; Intensité) pour l'adapter aux nécessités du transport ou l'emploi.
- ♦ L'**impossibilité de la stocker**, d'où la nécessité d'ajuster constamment la production à la consommation.
- ♦ L'énergie électrique fournie par le réseau ONE est de type courant alternatif de fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$  et des tensions variables (220 V en monophasé ou 380 V en triphasé). Elle nécessite un raccordement et une protection.

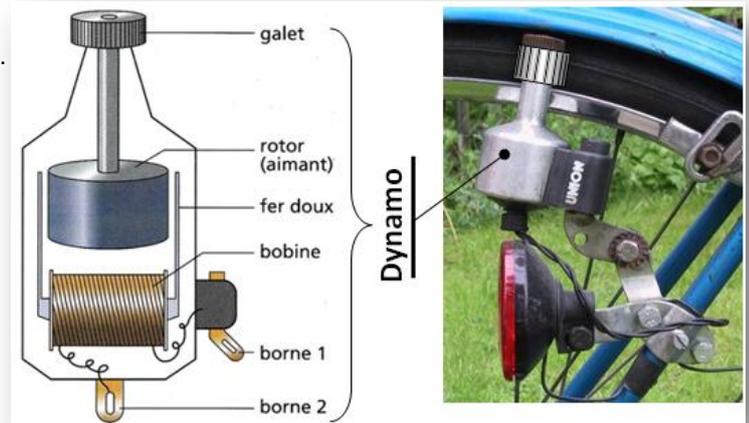
## 4.12- Alimentation locale : (Sources autonomes)

À l'échelle réduite (d'un Générateur ou Alternateur) on trouve la dynamo.

### ☉ Fonction d'un Dynamo :

Lorsque le galet tourne, il entraîne le .....  
et une tension variable apparaît aux bornes  
de la .....

**Conclusion :** Pour obtenir une tension variable, on déplace un aimant devant une bobine fixe ou on déplace une bobine au voisinage d'un aimant fixe.



### Résumé :

- 1- L'élément commun à toutes les centrales électriques est ..... C'est lui qui ..... l'énergie électrique.
- 2- Toutes les centrales, sauf l'éolienne, possède une ..... qui entraîne l'alternateur en .....
- 3- Dans une éolienne, ce sont ..... qui actionnent l'alternateur par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse.
- 4- Description d'une centrale thermique : un ..... brûle dans une chaudière en dégageant de la chaleur ce qui transforme l'eau de la chaudière en vapeur. La vapeur fait tourner une ..... qui entraîne ..... pour produire le courant électrique qui est transporté dans les lignes. La vapeur est ..... dans un circuit de refroidissement.

### ☉ Panneaux solaires :

L'énergie solaire est, en réalité, produite par deux types de panneaux.

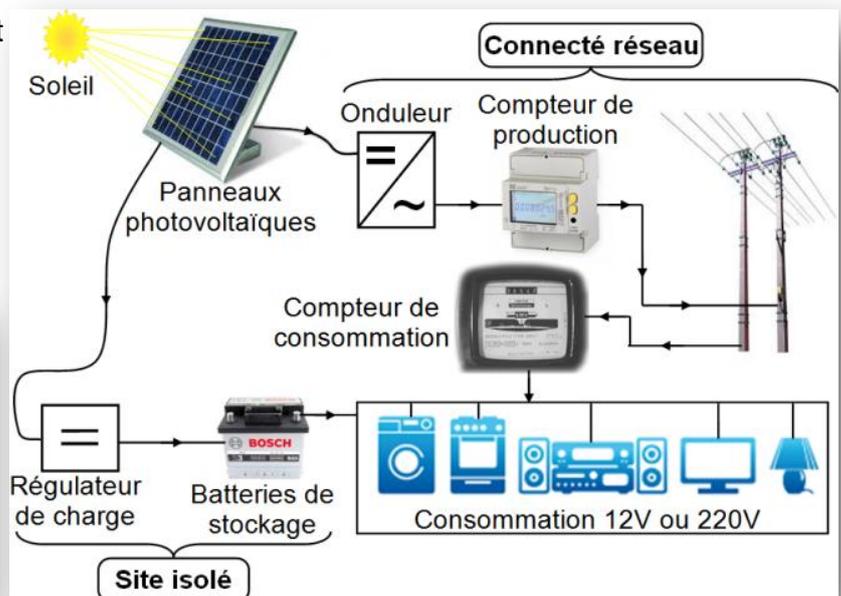
#### **a- Panneaux solaires thermiques :**

Ils convertissent le rayonnement solaire en chaleur nécessaire à évaporer l'eau qui entrainera la turbine d'un alternateur. (Voir **Centrales solaires** ci-dessous)

#### **b- Panneaux solaires photovoltaïques :**

Le système comprend une fonction stockage d'énergie.

L'énergie solaire peut être directement captée et transformée en électricité grâce à des panneaux solaires installés sur les façades ou les toits des bâtiments.



### ☉ Piles et accumulateurs :

- ♦ L'énergie électrique est produite par effet chimique entre une cathode (+) et une anode(-).
- ♦ L'accumulateur est rechargeable par opposition à une pile qui ne l'est pas. Le terme batterie est utilisé pour caractériser un assemblage de cellules élémentaires (en général rechargeables).



### ☉ Groupe électrogène :

Le fonctionnement d'un groupe électrogène se base sur le principe suivant : l'énergie mécanique est produite par un moteur à essence ou moteur diesel (moteur thermique) qui entraîne un alternateur produisant de l'électricité.

Ces groupes sont généralement utilisés comme alimentation de secours, alimentation électrique interruptible dans les locaux exigeant une continuité de service tel que les hôpitaux, les centres informatiques . . .



### Quelles différences entre courant alternatif et courant continu ? Quelles sont leurs caractéristiques et leurs applications ?

Le **Courant Continu** (**CC** ou **DC** pour **D**irect **C**urrent) est un courant électrique dans lequel les électrons (de charge électrique  $q = -e \approx -1,6 \times 10^{-19}$  Coulomb) circulent continuellement dans la même direction, c'est-à-dire **du pôle négatif vers le pôle positif**. Sa vitesse de déplacement est de plusieurs mètres par heure et sa propagation se fait à la vitesse de la lumière.

Le **Courant Alternatif** (**CA** ou **AC** pour **A**lternative **C**urrent) est l'autre type de courant électrique.

Les électrons circulent de manière alternative dans les deux sens du circuit. En fait, c'est la rotation d'un alternateur qui génère un mouvement de va et vient des électrons.

Dans ce cas, le déplacement des électrons se limite à quelques millièmes de millimètre.

Le courant alternatif est mesuré par sa fréquence  $f$  (en hertz). Au Maroc, la fréquence est de 50Hz, le courant effectue donc 50 allers-retours par seconde.

Dans la majorité des cas, **le transport de l'électricité** se fait avec du courant alternatif. En effet, l'intensité de celui-ci étant limitée, la déperdition de chaleur et d'énergie (effet Joule) est moins importante qu'en courant continu.

Sur de très longues distances ou dans des cas de câbles enterrés ou sous-marins, le courant continu est privilégié. En effet, pour transporter de l'électricité en **CC**, il suffit de deux câbles, alors que trois câbles sont nécessaires pour effectuer le transport en **CA**.

## 4.2- Grandeur physique de l'énergie électrique :

### 4.21- Capacité (en Coulomb ou Ah) :

La capacité est la charge maximale pouvant être fournie par l'accumulateur, ou la pile.  
Ou (Quantité d'électricité débitée par le courant pendant une durée)

$$q = i \cdot t$$

Diagram showing the equation  $q = i \cdot t$  with arrows pointing to units: Coulomb (C), Ah, s, and h.

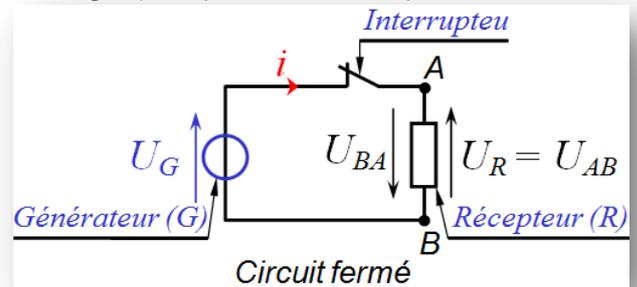


### 4.22- Le courant électrique "i" (en Ampère ou A) :

Un courant électrique (déplacement de porteur des charges) ne peut s'établir que dans un circuit fermé.

$$i = \frac{q}{t} = \frac{dq}{dt}$$

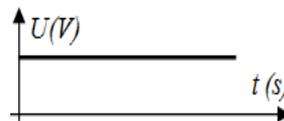
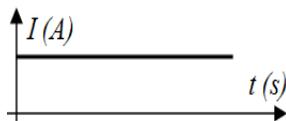
Diagram showing the equation with arrows pointing to units: Coulomb, Ah, A, s, and h.



- $i$  : Le courant électrique traversant le récepteur en (A) ;
- $dq$  : La variation de la quantité d'électricité en (C) ;
- $dt$  : La variation du temps en (s).

### 4.23- Le Courant Continu :

En régime continu, les **courants** et les **tensions** sont constants dans le temps.



**Dipôle passif ; dipôle actif :**  
 Un dipôle passif est un dipôle qui consomme de l'énergie électrique et qui transforme toute cette énergie en chaleur. (Exemple : résistance, ampoule ...)  
 Autrement, on parle de dipôle actif. (Exemple : pile, moteur électrique à courant continu ...)

#### a- Dipôles passifs :

Un dipôle passif est un dipôle récepteur de puissance.  
 La caractéristique  $U = f(I)$  passe par l'origine :  $U = 0 \text{ V} ; I = 0 \text{ A}$

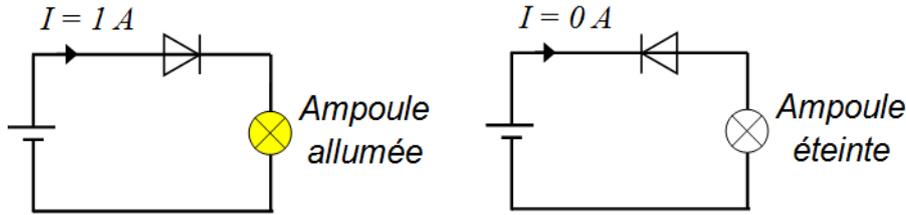
#### a.1- Dipôle passif non linéaire :

La caractéristique  $U = f(I)$  n'est pas une droite.

<p>☞ Dipôle passif non linéaire symétrique                  La courbe <math>U = f(I)</math> est symétrique par rapport à l'origine :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> </div>	<p>☞ Dipôle passif non linéaire non symétrique                  La courbe <math>U = f(I)</math> n'est pas symétrique par rapport à l'origine.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> </div>
---	--

**Remarque :**

Le comportement d'un dipôle non linéaire non symétrique dépend de son sens de branchement :



**a.2- Dipôle passif linéaire :**

$U = f(I)$  est une droite qui passe par l'origine : (Une droite est caractérisée par sa pente).

On retrouve la résistance (**Loi d'Ohm**) :

Les dipôles passifs linéaires sont donc les **résistances** et les **conducteurs** ohmiques :

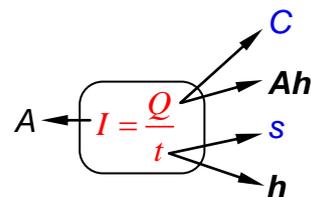
$R = \frac{\rho \cdot \ell}{S}$	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>R</math> : Résistance (<math>\Omega</math>)</li> <li><math>\rho</math> : Résistivité électrique du conducteur (<math>\Omega \cdot m</math>)</li> <li><math>\ell</math> : Longueur (m)</li> <li><math>S</math> : Section (<math>m^2</math>)</li> </ul>	
<p>Résistance</p>	<p>Potentiomètre (résistance réglable)</p>	<p>Rhéostat (résistance de puissance réglable)</p>

**Remarque :**

$G = \frac{1}{R}$  : **Conductance** c'est l'inverse de la résistance, exprimée en ( $\Omega^{-1}$ ) ou Siemens (S).

**a.3- Intensité du \*courant continu :**

Le courant électrique s'exprime en **Ampères (A)**

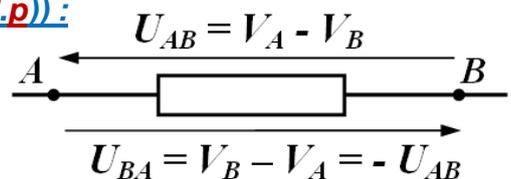


**a.4- Tension électrique (différence de potentiel – d.d.p.) :**

Soit un dipôle AB :

La tension entre le point A et le point B (ou la différence de potentiel entre A et B) est égale au potentiel électrique du point A **moins** le potentiel électrique du point B.

La tension électrique est une grandeur algébrique, on la mesure à l'aide d'un Voltmètre. Elle s'exprime en **Volts (V)**



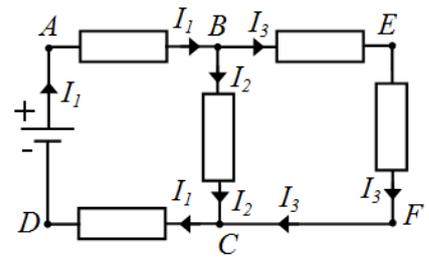
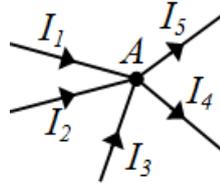
\* 50 mA est l'ordre de grandeur du courant mortel pour l'homme.

## a.5- Loi des nœuds (KIRCHHOFF) :

On considère le nœud A ci-contre :  
La quantité de charge amenée par les courants **entrants** (+) est égale à celle retirée par les courant **sortants** (-) :

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

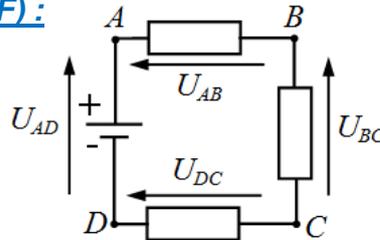
La somme algébrique des courants dans un nœud est nulle.



Au nœud B :  $I_1 = I_2 + I_3$

## a.6- Loi des mailles (KIRCHHOFF) :

La somme algébrique des tensions dans une maille est nulle.



Maille ABCDA :

$$U_{AD} - U_{AB} - U_{BC} + U_{DC} = 0$$

Branche AC :

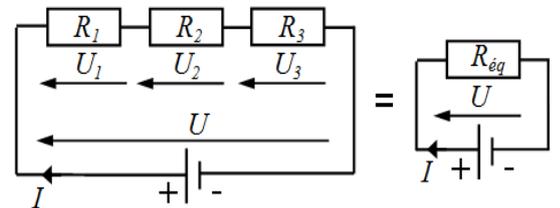
$$U_{AC} - U_{AD} - U_{DC} = 0$$

## a.7- Association des résistances en séries :

La loi des branches donne :  $U = U_1 + U_2 + U_3$   
La loi d'Ohm donne :  $U_1 = R_1 \cdot I$  ;  $U_2 = R_2 \cdot I$  ;  $U_3 = R_3 \cdot I$   
Il vient :  $U = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I = R_{eq} \cdot I$

Alors en série, les **résistance** s'additionnent

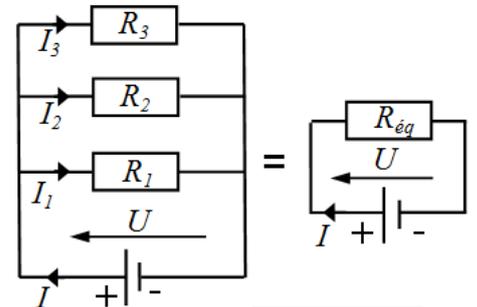
$$R_{eq} = \sum_{i=0}^n R_i$$



## a.8- Association des résistances en parallèles :

En parallèle, les **conductances** s'additionnent

$$G_{eq} = \sum_{i=0}^n G_i \text{ ou } \frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=0}^n \frac{1}{R_i}$$



## a.9- Diviseur de tension :

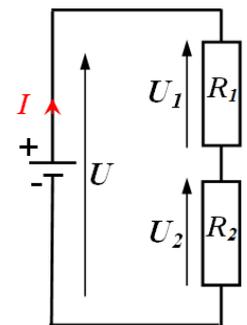
La loi des mailles donne :  
 $U = U_1 + U_2 = (R_1 + R_2) \cdot I$

La loi d'Ohm donne :

$$U_1 = R_1 \cdot I \text{ et } U_2 = R_2 \cdot I$$

Alors :  $U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$  et  $U_2 = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

En générale :  $U_i = U \cdot \frac{R_i}{\sum_{i=0}^n R_i}$



### Remarque :

On ne peut appliquer la formule du diviseur de tension que si  $R_1$  et  $R_2$  sont parcourus par la même intensité  $I$ .

## a.10- Diviseur de courant :

La loi des nœud donne :

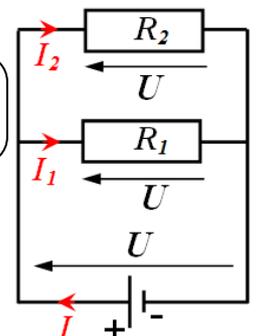
$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$$

La loi d'Ohm donne :

$$U = R_1 \cdot I_1 \text{ et } U = R_2 \cdot I_2$$

Alors :  $I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$  et  $I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

En générale :  $I_i = I \cdot \frac{G_i}{\sum_{i=0}^n G_i}$



## b- Dipôles actifs :

La caractéristique  $U = f(I)$  ne passe pas par l'origine.

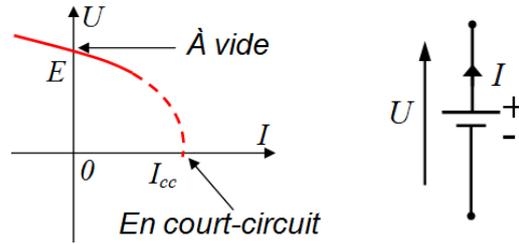
Un dipôle actif n'est pas symétrique et il faut distinguer ses deux bornes : il y a une polarité.

Exemples : - pile, batterie ; dynamo (**dipôles générateurs**)

- batterie en phase de recharge, moteur à courant continu (**dipôles récepteurs**).

### b.1- Dipôle actif non linéaire :

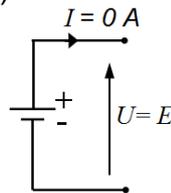
La caractéristique  $U = f(I)$  n'est pas une droite.  
(Exemple : pile)



À vide ( $I = 0 \text{ A}$ ) :  $U = E \neq 0 \text{ V}$

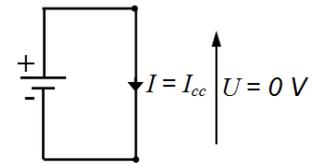
$E$  est appelée **tension à vide** ou **fem**

(force électromotrice)



En court-circuit ( $U = 0 \text{ V}$ ) :  $I = I_{cc}$

$I_{cc}$  est le **courant de court-circuit**



### b.2- Dipôle actif linéaire :

La caractéristique  $U = f(I)$  est une droite qui ne passe pas par l'origine.

**En convention générateur :**

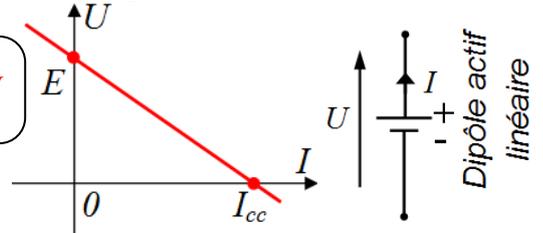
☞ Résistance "interne"

L'équation de la droite est :

$$U = E - \frac{E}{I_{cc}} \cdot I = E - R \cdot I$$

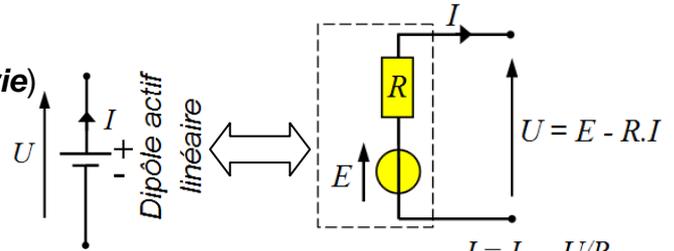
Avec  $R = \frac{E}{I_{cc}}$  la résistance interne.

Autre écriture  $I = I_{cc} - \frac{I_{cc}}{E} \cdot U = I_{cc} - \frac{U}{R}$



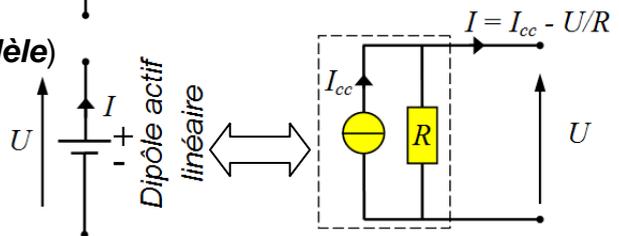
☞ Modèle équivalent de **Thévenin** (modèle **série**)

Un dipôle actif linéaire peut être modélisé par une **source de tension** continue parfaite  $E$  en série avec une résistance interne  $R$  :



☞ Modèle équivalent de **Norton** (modèle **parallèle**)

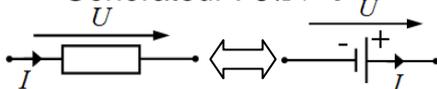
Un dipôle actif linéaire peut être modélisé par une **source de courant** continue parfaite  $I_{cc}$  en parallèle avec une résistance interne  $R$  :



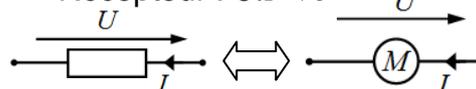
Le passage d'un modèle à l'autre se fait par les relations :  $E = R \cdot I_{cc}$  ou  $I_{cc} = E / R$

### b.3- Convention des dipôles :

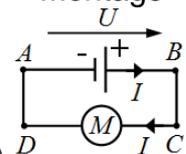
Générateur :  $U \cdot I > 0$



Récepteur :  $U \cdot I < 0$



Montage



## c- Énergie et puissance :

$$\mathcal{P} = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} = \frac{W}{t}$$

$\mathcal{P}$  : Puissance fournie par le générateur en (W)

$U$  : Tension efficace (V)

$W$  : Énergie fournie en (J) ou (Wh)

## d- Rendement :

$$\eta = \frac{W_u}{W_a} = \frac{\mathcal{P}_u}{\mathcal{P}_a} \leq 1$$

## Exercices de mise à niveau

### EX1-

1.1- Dans le montage 1 ci-contre l'ampèremètre mesure  $I_1 = 120 \text{ mA}$ .

**Calculer** la résistance  $R$  de chaque conducteur ohmique sachant qu'ils sont identiques.

1.2- Dans le montage potentiométrique 2 ci-contre, on utilise un rhéostat qui porte l'indication  $100 \Omega$ . On manœuvre le curseur du rhéostat pour que l'intensité du courant lue par l'ampèremètre soit minimale ; on lit la valeur  $I_1 = 120 \text{ mA}$ .

1.2.1- **Quelle est** la valeur de la résistance du rhéostat qui est traversé par un courant d'intensité  $I_1$  ? **Quelle est** alors la position du curseur  $C$  ?

1.2.2- Si on déplace le curseur  $C$ , cette valeur de résistance **va-t-elle** diminuer, augmenter ou rester constante ?

1.2.3- **Quel** risque présente le montage si le curseur  $C$  est déplacé jusqu'en  $A$  ?

1.3- On a déplacé le curseur. L'ampèremètre indique alors  $I_2 = 200 \text{ mA}$ .

**Quelle est** la valeur de la résistance du rhéostat qui est traversé par  $I_2$  ?

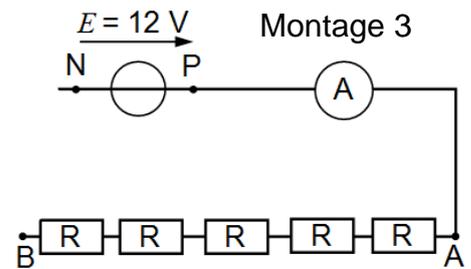
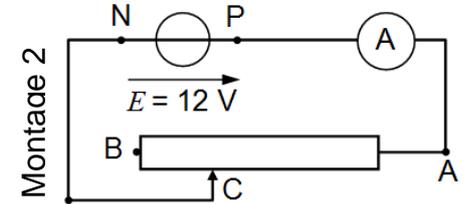
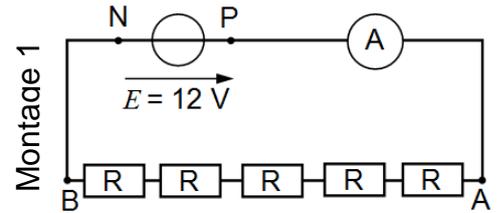
1.4- Soit le Montage 3 ci-dessous :

1.4.1- **A quel** point  $C$  situé entre  $A$  et  $B$  faut-il relier le point  $N$  pour que l'intensité affichée par l'ampèremètre soit  $I_2 = 200 \text{ mA}$  ?

**Représenter** alors le fil de la liaison  $NC$  sur le montage 3.

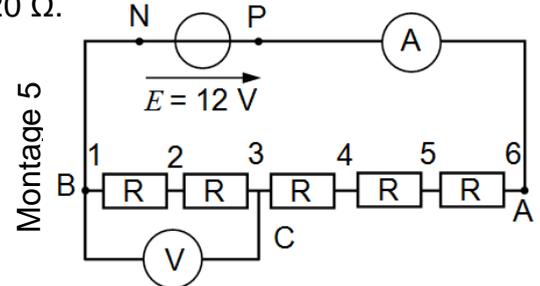
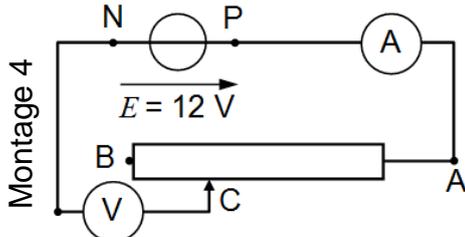
1.4.2- Certains éléments du montage **pourraient-ils** ne pas figurer sur le schéma ? **Pour quelle** raison ?

**Les rayer** sur le schéma.



### EX2-

2.1- Pour les deux montages 4 et 5 ci-dessous, les indications des ampèremètres et les indications des voltmètres sont identiques et  $R = 20 \Omega$ .



2.1.1- **Comment** s'appelle le montage 4 ?

2.1.2- **Quelle est** la valeur, notée  $R_B$ , de la résistance de la partie du rhéostat comprise entre  $B$  et  $C$  ? **En déduire** la valeur, notée  $R_A$ , de la résistance de la portion du rhéostat placée entre  $C$  et  $A$ .

2.1.3- **Quelle est** la valeur numérique commune affichée sur les deux ampèremètres ?

2.1.4- **Quelle est** la valeur numérique commune affichée sur les deux voltmètres ?

2.2- Sur le montage 5, il existe six positions possibles du point  $C$  numérotées de  $C_1$ , à côté de  $B$ , à  $C_6$  à côté de  $A$ .

**Compléter** le tableau :

2.3- Dégager brièvement l'utilité des montages 4 et 5.

**Quelle différence** y trouverait l'utilisateur ?

Position de C	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
Tension lue par le voltmètre						

## Rep\_EX1- Exercice de mise à niveau

### Rep\_EX1-

1.1-  $R_e$  est la résistance équivalente aux cinq conducteurs ohmiques identiques branchés en série entre A et B donc  $R_{eq} = 5R$ .

$U_{AB} = U_{PN} = 12 \text{ V}$  et  $U_{AB} = R_{eq} \cdot I_1$  puisque  $I_1$  circule de A vers B dans ces cinq conducteurs.

$$\text{donc } R_{eq} = \frac{12}{0,12} = 100 \Omega \text{ et } R = \frac{100}{5} = 20 \Omega$$

### 1.2-

1.2.1- Seule la portion du rhéostat placée entre A et C est parcourue par  $I_1$ .

Soit  $R_1$  sa résistance :

$$U_{PN} = U_{AC} = R_1 \cdot I_1 \text{ donc } R_1 = \frac{U_{AC}}{I_1} = \frac{12}{0,12} = 100 \Omega = 5 \cdot R$$

On utilise donc la totalité de la résistance du rhéostat ; le point C se trouve le plus près possible du point B. Le montage 2 est alors électriquement équivalent au montage 1.

1.2.2- On ne peut déplacer le curseur qu'en le rapprochant du point A, la valeur de la résistance du rhéostat parcourue par un courant diminue.

1.2.3- Ce montage est utilisé pour faire varier l'intensité d'un courant. Mais si le point C se rapproche trop de A, l'alimentation et l'ampèremètre seront en court-circuit.

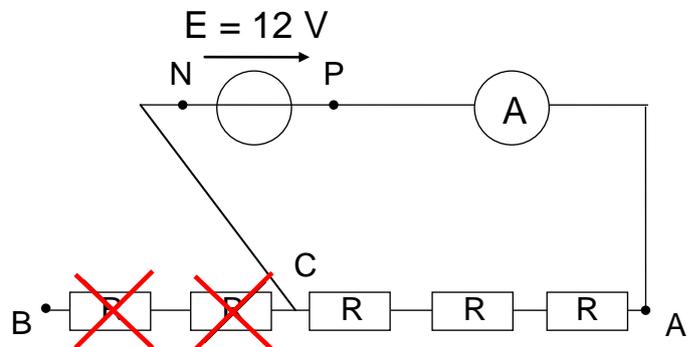
1.3- On a  $U_{AC} = R_2 \cdot I_2$  avec  $R_2$  la résistance de la portion du rhéostat comprise entre A et la nouvelle position du curseur.

$$U_{AC} = 12 \text{ V} \text{ donc } R_2 = \frac{U_{AC}}{I_2} = \frac{12}{0,2} = 60 \Omega$$

### 1.4-

1.4.1- Comme à la question 1.3-, on doit avoir une résistance de  $60 \Omega$  entre les points A et C du circuit. On trouve donc trois résistances de  $20 \Omega$  entre les points A et C.

1.4.2- Les deux résistances situées entre C et B ne sont pas traversées par un courant. On pourrait les supprimer du schéma ou les rayer (en rouge).



## Exercices de mise à niveau

### EX3-

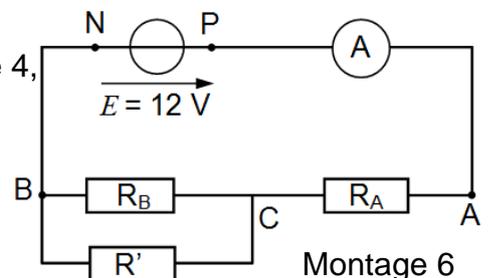
Sans modifier la position du curseur par rapport au montage 4, on réalise maintenant le montage 6. Pour plus de clarté on a représenté les deux parties du potentiomètre comme deux résistances séparées.

Les valeurs de  $R_A$  et de  $R_B$  sont donc les mêmes qu'à la question 2.1.2 et on connaît  $R' = 47 \Omega$ .

3.1- Calculer la résistance équivalente à la portion AB du circuit.

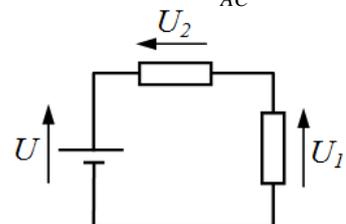
3.2- Calculer l'intensité  $I_3$  du courant débité par le générateur puis la tension  $U_{AC}$ .

3.3- Comparer  $U_{CB}$  à la valeur trouvée pour le montage n°5.



### EX4- Loi des mailles :

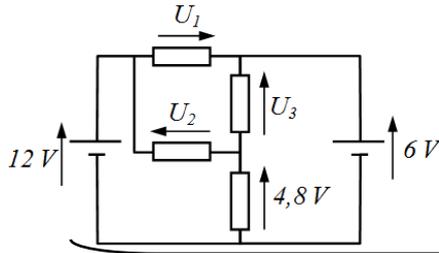
On donne  $U = 10 \text{ V}$  et  $U_1 = 6 \text{ V}$ . Calculer la tension  $U_2$  :



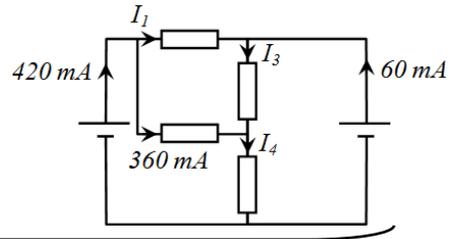
## Exercices de mise à niveau

**EX5-** Loi des mailles – Loi des nœuds :

**Calculer** la tension  $U_1$  ;  $U_2$  et  $U_3$  :



**Calculer** l'intensité  $I_1$  ;  $I_4$  et  $I_3$  :



**Que vaut** la puissance électrique consommée par l'ensemble des quatre résistances ?

**EX6-** La fonction  $U = f(I)$  d'une batterie est donnée par la courbe ci-dessous :

**6.1- Calculer** la tension  $U$  aux bornes de la batterie lorsqu'elle débite un courant de 4 A ?

**6.2- Calculer** la tension  $U$  aux bornes de la batterie lorsqu'elle **consomme** un courant de 500 mA ?

**6.3-** Quand  $U = 10$  V, **quelle est** la puissance électrique fournie par la batterie ?

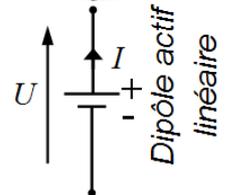
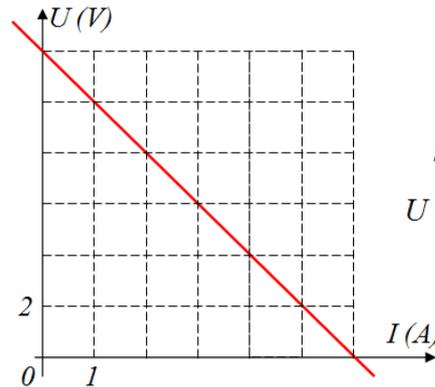
**6.4- Quelle** puissance maximale peut fournir la batterie ?

**6.5- Quelle est** la relation entre  $U$ , la *f.e.m.*  $E$ , la résistance interne  $R$  et  $I$  ?

**6.6- Quelle est** la résistance interne  $R$  de la batterie ?

**6.7-** On branche une résistance de  $10 \Omega$  aux bornes de la batterie. **Calculer** le courant ?

**6.8-**  $E$  désigne la *f.e.m.* Quand la batterie est en phase de recharge. **Comparer**  $U$  et  $E$  ;  $I$  et  $0$

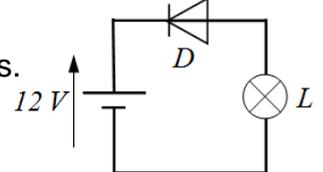


**EX7-** On dispose d'une résistance de  $1 \Omega$  pouvant consommer une puissance maximale de 4W.

**Quelle** tension maximale peut-on appliquer à cette résistance ?

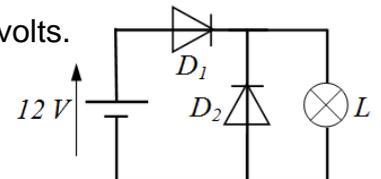
**EX8-** Dans ce circuit :  $D$  est une diode.  $L$  est une ampoule à filament 12 volts.

**Quelle** est l'état de la diode et de l'ampoule ?



**EX9-** Dans ce circuit :  $D_1$  est une diode.  $L$  est une ampoule à filament 12 volts.

**Quelle** est l'état des diodes et de l'ampoule ?

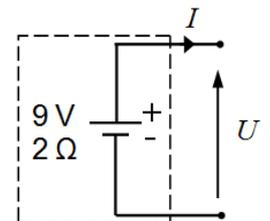


**EX10- 10.1- Déterminer** le Modèle équivalent de **Thévenin** (modèle **série**) ;

**10.2- Déterminer** le Modèle équivalent de **Norton** (modèle **parallèle**)

**10.3- Déterminer** la caractéristique  $U = f(I)$  du dipôle suivant :

**10.4- Calculer**  $U$  ; si  $I = +1$  A.



**EX11-** Considérons l'association ci-contre :

- d'une pile (*fem* 9 V , résistance interne 2  $\Omega$ )

- et d'une résistance (8  $\Omega$ ) :

Pour connaître le comportement de l'association,

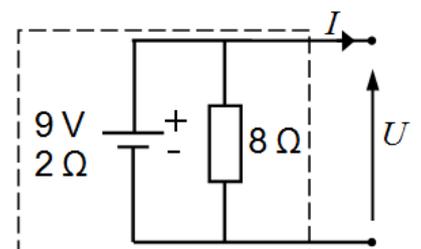
il suffit de **déterminer** la caractéristique  $U = f(I)$  ;

pour cela appliquer :

le Modèle équivalent de **Thévenin** (modèle **série**) ;

le Modèle équivalent de **Norton** (modèle **parallèle**) ;

**faire** un schéma du dipôle équivalent pour chaque cas.



**EX12-** Une rallonge électrique de 5 m est composée de 2 conducteurs de cuivre de section égale à  $0,75 \text{ mm}^2$  ; et de résistivité électrique  $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$  :  
**Quelle est** la valeur de sa résistance.

.....

**EX13-** Un radiateur électrique porte les indications suivantes : 220 V, 1500 W.  
 L'élément chauffant à une longueur de 2 m et une section de  $0,8 \text{ mm}^2$ .  
**Calculer** la valeur de l'intensité du courant consommée :

.....

**Calculer** la valeur de la résistance de l'élément chauffant :

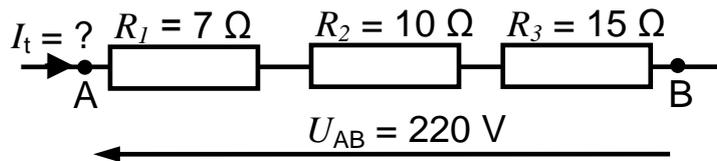
.....

**Calculer** la valeur de la résistivité de l'élément chauffant :

.....

**EX14-** Soit le montage suivant :

**Calculer** les valeurs suivantes :



$R_{eq} =$  .....

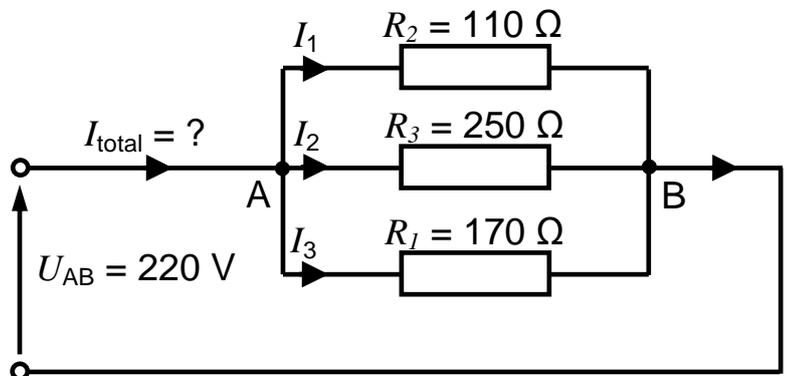
$I_t =$  .....

$U_{R1} =$  .....

$U_{R2} =$  .....

$U_{R3} =$  .....

**EX15-** Soit le montage suivant :



**Calculer** la valeur de la résistance  $R_{eq}$  :

.....

**Calculer** la valeur de l'intensité du courant  $I_{totale}$  :

.....

**Calculer** la valeur de l'intensité du courant  $I_1$  :

.....

**Calculer** la valeur de l'intensité du courant  $I_2$  :

.....

**Calculer** la valeur de l'intensité du courant  $I_3$  :

.....

## e- Effet Joule :

Tout conducteur électrique d'une certaine résistance ( $R$ ) parcouru par le passage du courant ( $I$ ) s'échauffe. Il se produit un dégagement de chaleur. Le phénomène est général et il constitue l'effet Joule :

- ♦ Puissance dissipée en chaleur :  $\mathcal{P} = R \cdot I^2$       ♦ Énergie dissipée en chaleur :  $W = R \cdot I^2 \cdot t$
- $W \quad \Omega \quad A^2$        $J \quad \Omega \quad A^2 \quad s$

**Remarque :** ♦ Si le temps est en heure (h), alors l'unité d'énergie est le Wh soit 1 Wh = 3600 J  
 ♦ Exemple : le compteur électrique chez un abonné mesure l'énergie en kWh = 3600 kJ

### e.1- Conséquences technologique :

- **Avantages :** - L'effet joule est mis à profit pour le fonctionnement des appareils fournissant de la chaleur : four, radiateur ...  
 - Effet utilisé dans les : fusibles, disjoncteur thermique...
- **Inconvénients :** - Pertes d'énergie dans le transport de l'électricité.  
 - Dégagement de chaleur dans les appareils.  
 - Cas particulier pour un résistor : Toute la puissance qu'il consomme est transformée en chaleur.

### e.2- Applications numériques :

1- L'effet joule **est-il utile** pour les appareils suivant :

- Aspirateur     Tube fluorescent     Lampe halogène     Grille-pain

2- Un moteur a une résistance interne de  $2 \Omega$ . IL est traversé par un courant de 8 A lorsqu'il fonctionne sous 190 V. **Quelle est** la valeur de la puissance perdue en chaleur :

- 16 W       128 W       380 W       72 200 W

3- Une résistance de chauffage électrique a une puissance de 1200 W pour une valeur d'intensité du courant de 6,5 A. **Déterminer** la valeur de la résistance de l'élément chauffant .....

4- Pour un résistor au carbone codé  $R = 470 \Omega$ , le constructeur indique une puissance maximale de 2 W. **Quelle est** la valeur maximale de l'intensité du courant pour ce composant ?  2,35 A     0,94 A     65 mA     4,25 mA

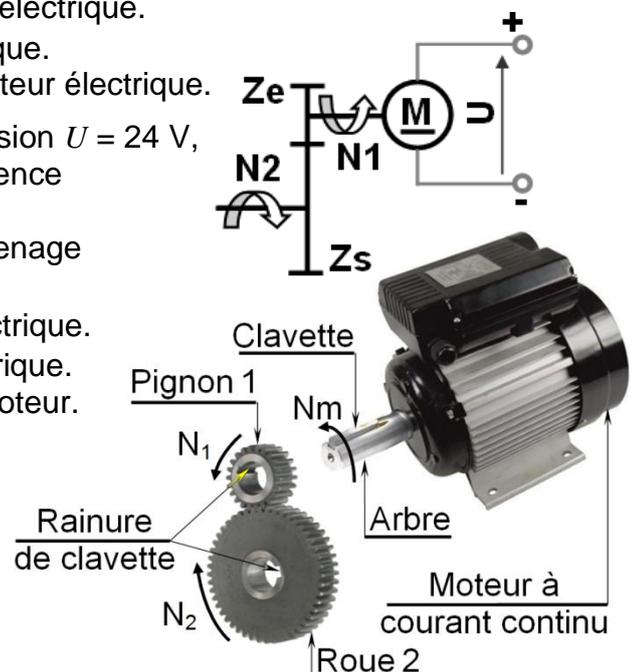
**EX16-** Un moteur à courant continu alimenté sous une tension  $U = 24 \text{ V}$ , absorbe un courant  $I = 5 \text{ A}$ , tourne à une fréquence  $N = 600 \text{ tr/min}$  et il a un rendement  $\eta = 0,8$ .

- 1- **Établir** l'actigramme A-0 du moteur électrique.
- 2- **Calculer** la puissance d'entrée  $\mathcal{P}_e$  du moteur électrique.
- 3- **Calculer** la puissance de sortie  $\mathcal{P}_s$  du moteur électrique en Chevale Vapeur (CV).
- 4- **Calculer** la puissance perdue  $\mathcal{P}_f$  dans le moteur électrique.
- 5- **Calculer** la vitesse angulaire  $\omega$  du moteur électrique.
- 6- **Calculer** le couple moteur  $C$  développé par le moteur électrique.

**EX17-** Un moteur à courant continu alimenté sous une tension  $U = 24 \text{ V}$ , donne une puissance de 480 w, tourne à une fréquence  $N_m = 600 \text{ tr/min}$  et il a un rendement  $\eta_m = 0,8$ .

Ce moteur entraine en rotation un réducteur à engrenage ( $Z_e = 15$  dents,  $Z_s = 30$  dents,  $\eta_R = 0,8$ ).

- 1- **Calculer** la puissance d'entrée  $\mathcal{P}_e$  du moteur électrique.
- 2- **Calculer** le courant  $I$  absorbé par le moteur électrique.
- 3- **Calculer** le couple moteur  $C_m$  développé par le moteur.
- 4- **Calculer** la fréquence de rotation  $N_2$  à la sortie du réducteur de vitesse.
- 5- **Calculer** la puissance de sortie  $\mathcal{P}_s$  à la sortie du réducteur de vitesse.
- 6- **Calculer** le couple moteur  $C_R$  à la sortie du réducteur de vitesse.



## 4.24- Régime sinusoïdal :

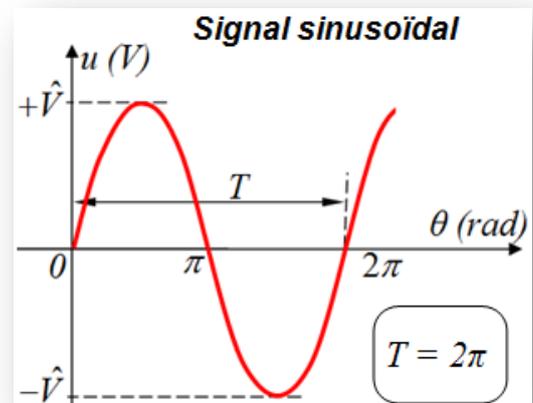
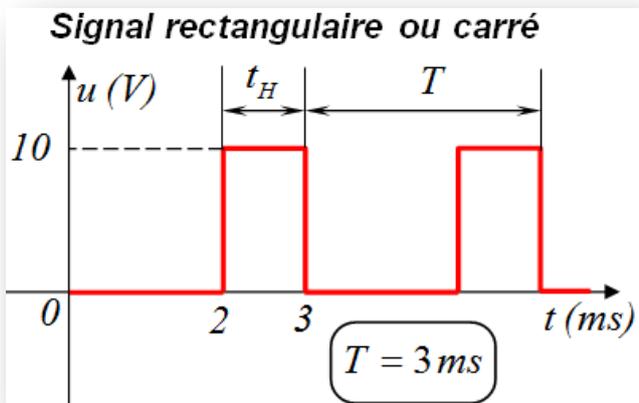
### Repère et relation simplificatrices

Période	Fréquence	Pulsation
$T$ (s)	$f$ (Hz)	$\omega$ (rad/s)
Valeur moyenne	Valeur efficace	Valeur maximale
$\langle u \rangle$ ou $\langle v \rangle$ ou $v_{\text{moy}}$ (V) $\langle i \rangle$ ou $i_{\text{moy}}$ (A)	$U$ ou $U_{\text{eff}}$ (V) $I$ ou $I_{\text{eff}}$ (A)	$\hat{U}$ ou $U_{\text{maxi}}$ (V) $\hat{I}$ ou $I_{\text{maxi}}$ (A)
Fonction $f(x)$	Dérivée de $f(x) = (f(x))' = \frac{d(f(x))}{dx}$	Primitive de $f(x) = \int f(x)$
$\sin(x)$	$\cos(x)$	$-\cos(x)$
$\cos(x)$	$-\sin(x)$	$\sin(x)$
$\tan(x)$	$\frac{1}{\cos^2(x)} = 1 + \tan^2(x)$	$-\ln \cos(x) $
$\sin(a \cdot x)$	$a \cdot \cos(a \cdot x)$	$-\frac{1}{a} \cos(a \cdot x)$
$\cos(a \cdot x)$	$-a \cdot \sin(a \cdot x)$	$\frac{1}{a} \sin(a \cdot x)$
$\sin^2(x) = \frac{1 - \cos(2x)}{2}$		$\cos^2(x) = \frac{1 + \cos(2x)}{2}$

### a- Introduction : les grandeurs périodiques :

#### a.1- Période : "T"

Un signal périodique est caractérisé par sa période  $T$  :



#### a.2- Fréquence : "f"

La fréquence  $f$  (Hertz =  $s^{-1}$ ) correspond au nombre de périodes par unité de temps :  $f = \frac{1}{T}$

#### a.3- Pulsation : "omega"

La pulsation est définie par :  $\omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T} = \frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta} = \theta'$  (en radians par seconde)

#### a.4- Rapport cyclique : "alpha"

Le rapport cyclique définit le rapport entre la durée à l'état haut ( $t_H$ ) d'un signal par rapport à la période ( $T$ ). On le note souvent par la lettre grecque :  $\alpha$  (alpha).  $\alpha = \frac{t_H}{T}$

**EX16-** Un générateur délivre une tension alternative sinusoïdale de fréquence 50 Hz.

**Calculer** sa période et sa pulsation.

$T = \dots \dots \dots \omega = \dots \dots \dots$

**EX17-** Un générateur délivre une tension alternative sinusoïdale de période 4 ms.

**Calculer** sa fréquence et sa pulsation.

$f = \dots \dots \dots \omega = \dots \dots \dots$

## a.5- Valeur moyenne : " $u_{moy} = \langle u \rangle$ "

La valeur moyenne d'une tension ou d'un courant se calcule sur une période  $T$  en suivant les deux relations générales suivant la variable choisie :  $t$  ou  $\theta$ .

$$u_{moy} = \langle u \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \dots\dots$$

$$u_{moy} = \langle u \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(\theta) d\theta$$

La valeur moyenne d'une grandeur dépendante du temps (ou  $\theta$ ), périodique, de période  $T$

est donnée par la relation particulière suivante :

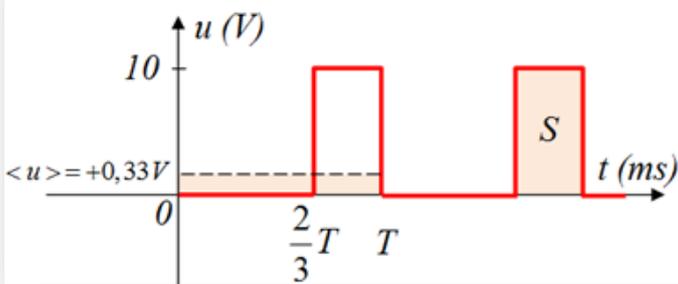
$$u_{moy} = \langle u \rangle = \frac{S}{T}$$

Avec : -  $u_{moy} = \langle u \rangle$  la valeur moyenne dans le temps de la tension  $u(t)$  ;

-  $S$  est la surface comprise entre la courbe  $u(t)$  et l'axe des temps pendant la durée de la période  $T$ .

### Exemple d'application :

#### Signal rectangulaire ou carré



$$\langle u \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$$

$$\langle u \rangle = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{2}{3}T} 0 dt + \frac{1}{T} \int_{\frac{2}{3}T}^T 10 \cdot dt$$

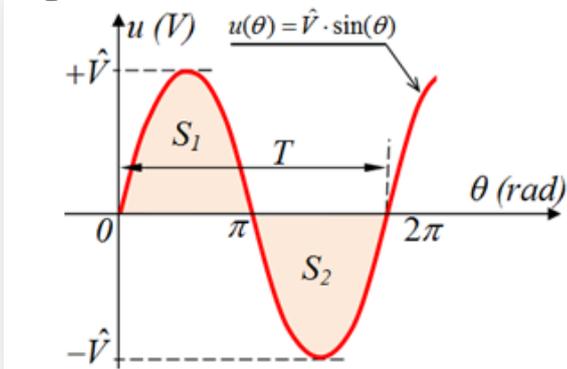
$$\langle u \rangle = 0 + \frac{10}{T} (T - \frac{2}{3}T) = +\frac{10}{3} = +3,333V$$

Ou

$$\langle u \rangle = \frac{S}{T} = \frac{10}{T} (T - \frac{2}{3}T) = +\frac{10}{3} = +3,333V$$

$\alpha = \dots\dots$

#### Signal sinusoïdal



$$\langle u \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(\theta) d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \hat{V} \sin(\theta) d\theta$$

$$\langle u \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \hat{V} \sin(\theta) d\theta - \frac{1}{2\pi} \int_{\pi}^{2\pi} \hat{V} \sin(\theta) d\theta$$

$$\langle u \rangle = -\frac{1}{2\pi} \hat{V} [\cos(\theta)]_0^{\pi} + \frac{1}{2\pi} \hat{V} [\cos(\theta)]_{\pi}^{2\pi} = 0$$

Ou

$$\langle u \rangle = \frac{S_1 - S_2}{2\pi} = 0 \quad (\text{car } S_1 = S_2)$$

### Remarque :

La composante **sinusoïdal alternative** a une valeur moyenne nulle :  $\langle u \rangle = u_{moy} = 0$

## a.6- Valeur efficace : " $U_{eff} = U$ "

Idem pour la valeur efficace qui s'exprimera à l'aide des deux relations générales :

$$U_{eff} = \sqrt{\langle u^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

$$U_{eff} = \sqrt{\langle u^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u^2(\theta) d\theta}$$

La valeur efficace d'une grandeur dépendante du temps (ou  $\theta$ ), périodique, de période  $T$

est donnée par la relation particulière suivante :

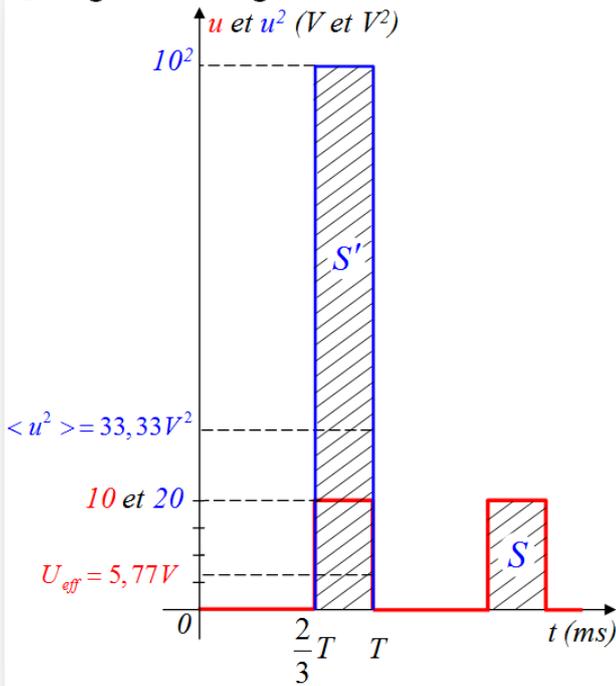
$$U_{eff} = \sqrt{\frac{S'}{T}}$$

Signal carré  
ou rectangulaire

$$U_{eff} = \frac{\hat{V}}{\sqrt{2}} = \frac{V_{max i}}{\sqrt{2}}$$

Signal sinusoïdal

### Signal rectangulaire ou carré



$$U_{eff} = \sqrt{\langle u^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

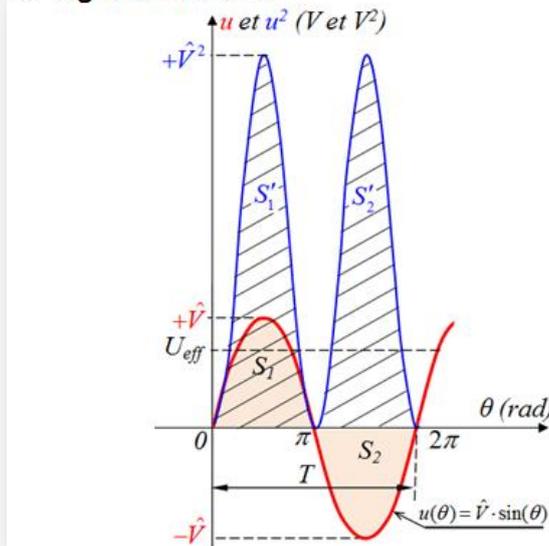
$$U_{eff} = \sqrt{\langle u^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\frac{2}{3}T} 0 dt + \frac{1}{T} \int_{\frac{2}{3}T}^T 10^2 \cdot dt}$$

$$U_{eff} = \sqrt{\langle u^2 \rangle} = \sqrt{0 + \frac{10^2}{T} (T - \frac{2}{3}T)} = \sqrt{+\frac{100}{3}} = 5,77 V$$

Ou

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{S'}{T}} = \sqrt{\frac{10^2 \cdot T(1 - \frac{2}{3})}{T}} = \sqrt{\frac{100}{3}} = 5,77 V$$

### Signal sinusoïdal



$$U_{eff} = \sqrt{\langle u^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u^2(\theta) d\theta}$$

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u^2(\theta) d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} u^2(\theta) d\theta}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (\hat{V} \sin(\theta))^2 d\theta} = \sqrt{\frac{\hat{V}^2}{\pi} \int_0^{\pi} \sin^2(\theta) d\theta}$$

$$= \sqrt{\frac{\hat{V}^2}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{1 - \cos(2\theta)}{2} d\theta} = \sqrt{\frac{\hat{V}^2}{2\pi} \int_0^{\pi} (1 - \cos(2\theta)) d\theta}$$

$$= \sqrt{\frac{\hat{V}^2}{2\pi} \left[ \theta - \frac{\sin(2\theta)}{2} \right]_0^{\pi}} = \sqrt{\frac{\hat{V}^2}{2\pi} \pi} = \sqrt{\frac{\hat{V}^2}{2}} = \frac{\hat{V}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{eff} = \frac{\hat{V}}{\sqrt{2}}$$

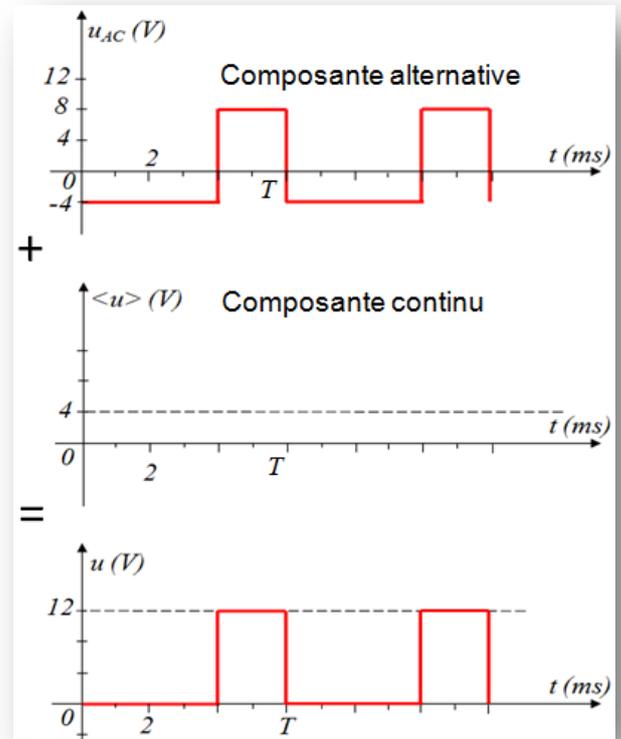
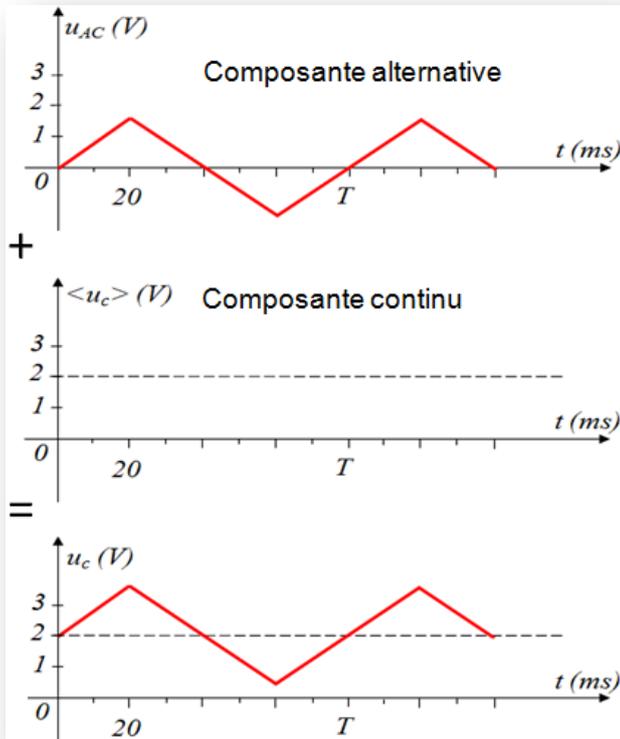
Ou

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{S'_1 + S'_2}{T}} = \sqrt{\frac{2S'_1}{T}}$$

A chaque instant  $t$  :

$u(t)$  est la somme de sa composante alternative  $u_{AC}(t)$  et de sa valeur moyenne  $\langle u \rangle$  :

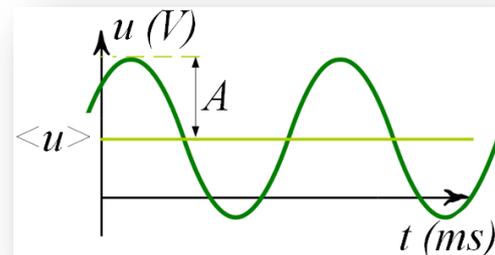
$$u(t) = \langle u \rangle + u_{AC}(t)$$



### Remarque :

- Pour une grandeur sinusoïdale quelconque :

$$U_{eff} = U = \sqrt{\langle u \rangle^2 + \left(\frac{A}{\sqrt{2}}\right)^2}$$



- Valeur efficace d'un courant électrique :

$$I_{eff} = I = \sqrt{\langle i^2 \rangle}$$

- Pour un courant sinusoïdal alternatif :

$$I_{eff} = I = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} = \frac{I_{maxi}}{\sqrt{2}}$$

### a.7- Puissance électrique "P":

Soit une résistance parcourue par un courant **continu** :

La résistance consomme une puissance électrique :  $\mathcal{P} = RI^2 = U^2/R$  (loi de Joule)

Soit la même résistance parcourue par un courant périodique  $i(t)$  de valeur efficace  $I_{eff}$  :

La puissance moyenne consommée est :  $\mathcal{P} = \langle Ri^2 \rangle = R\langle i^2 \rangle = RI_{eff}^2 = U_{eff}^2/R$

Pour avoir les mêmes effets thermiques, il faut que  $I_{eff}$  soit égal à la valeur du courant en régime continu  $I$  (idem pour les tensions).

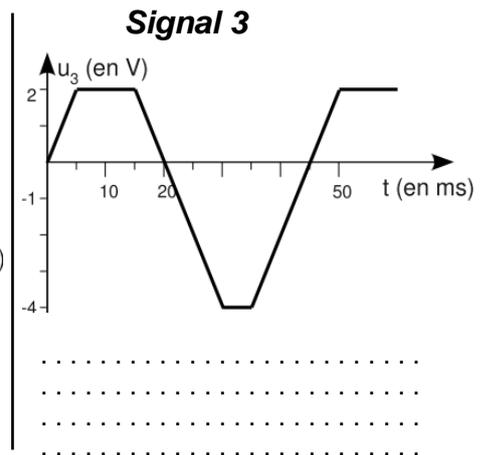
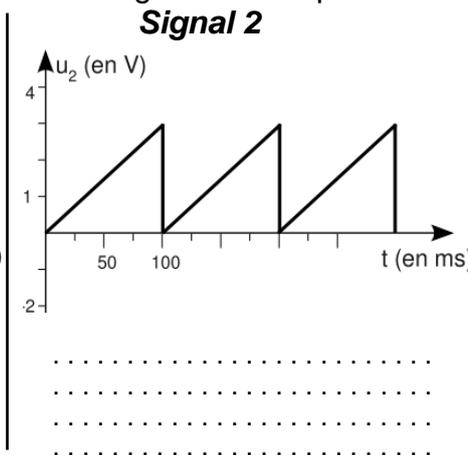
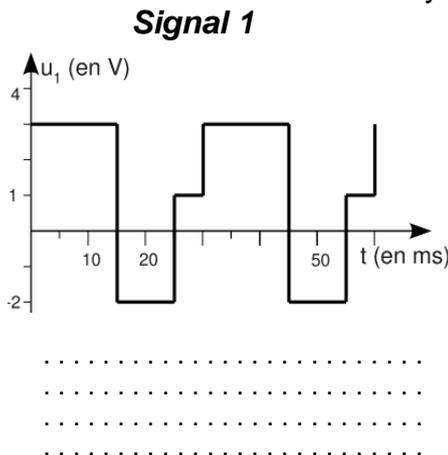
$\mathcal{P}(t) = u(t) \cdot i(t)$  est la puissance électrique consommée à l'instant  $t$  (ou puissance instantanée).

En régime **périodique**, ce n'est pas  $\mathcal{P}(t)$  qu'il est intéressant de connaître mais la puissance moyenne dans le temps :

$$\mathcal{P} = \langle \mathcal{P}(t) \rangle = \langle u(t) \cdot i(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt$$

Attention : en général,  $\langle u(t) \cdot i(t) \rangle \neq \langle u(t) \rangle \cdot \langle i(t) \rangle$

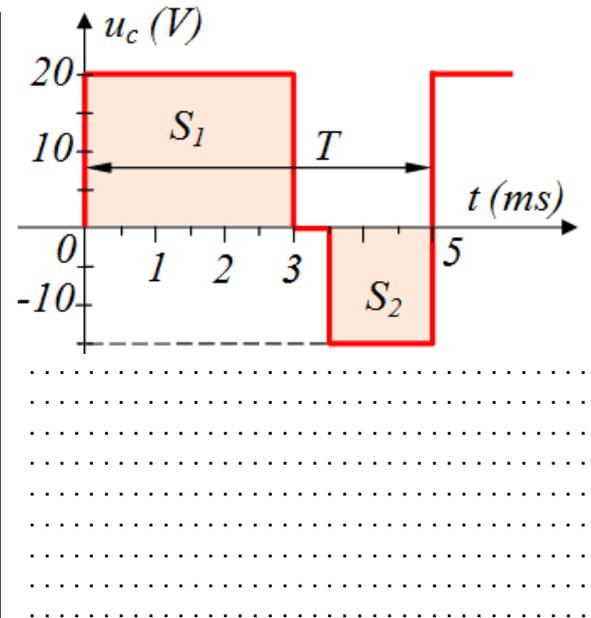
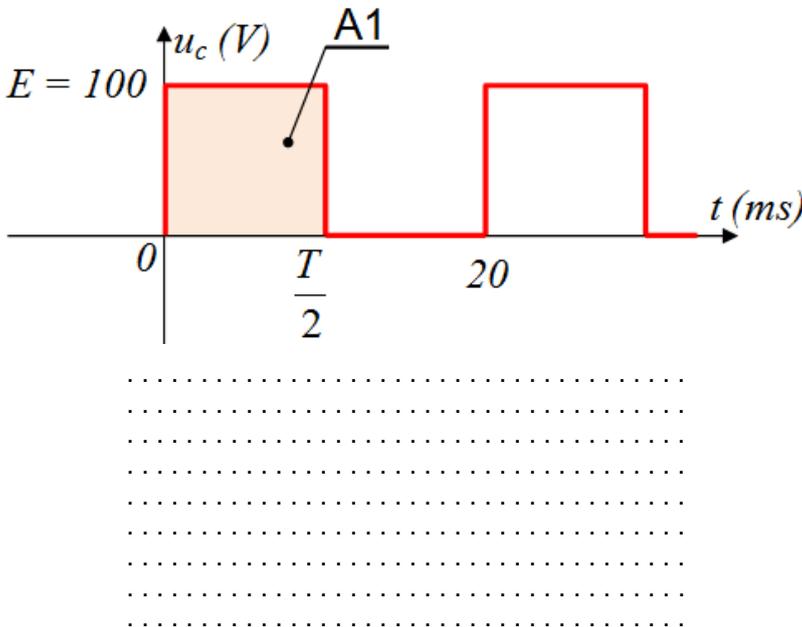
**EX18- Calculer** la valeur moyenne des grandeurs représentées ci-dessous.



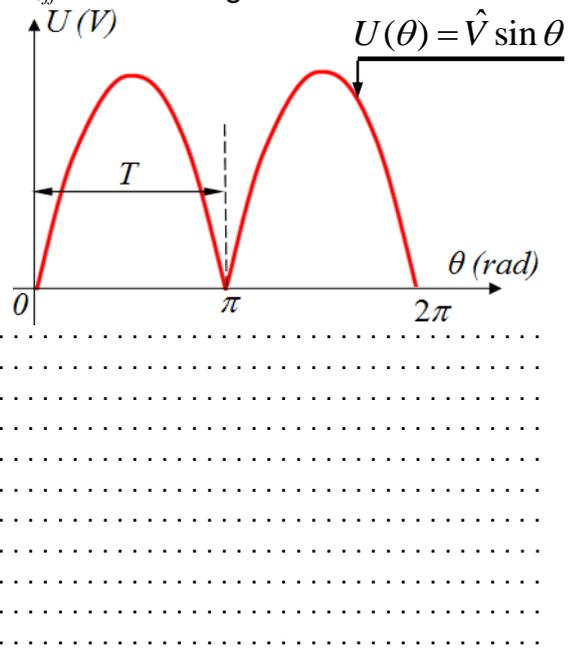
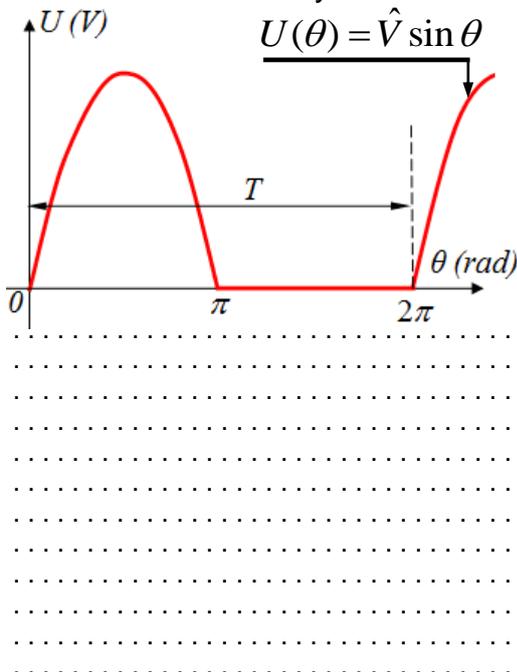
**EX19-**

**a- Calculer et représenter** la valeur moyenne  $\langle u_c \rangle$  des deux signaux (Oscillogrammes).

**b- Calculer** la valeur efficace  $U_{c\text{eff}}$  de la tension  $u_c(t)$  des deux signaux (Oscillogrammes).

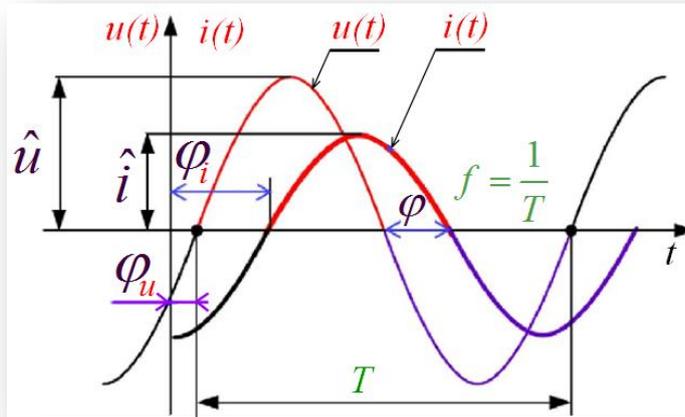


**EX20- Calculer** la valeur moyenne  $\langle U \rangle$  et la valeur efficace  $U_{\text{eff}}$  des oscillogrammes ci-dessous.



## b- Courant alternatif sinusoïdale monophasé :

### b.1- Valeurs instantanées :

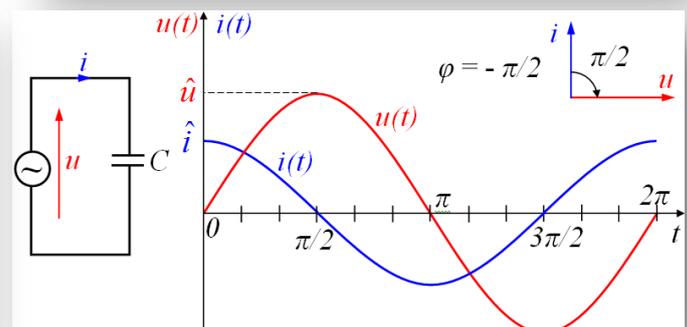
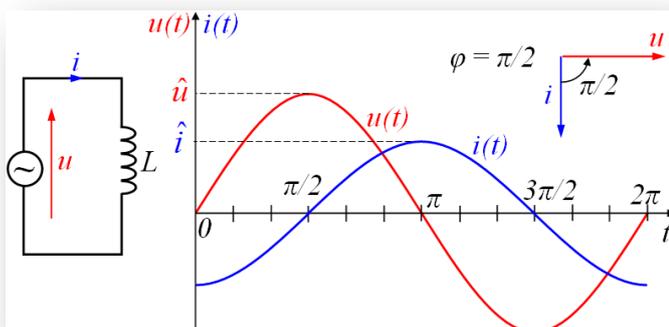
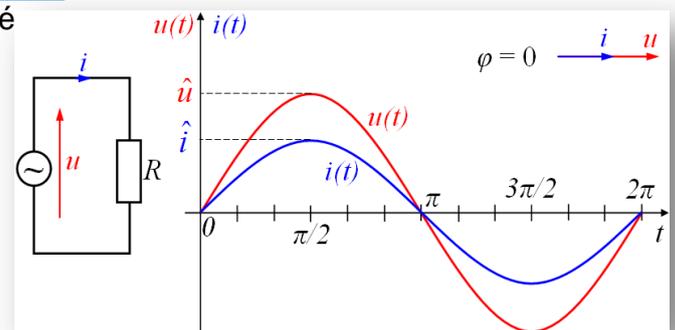


<p>Une <b>tension</b> alternative sinusoïdale à pour équation :</p> $u(t) = \hat{U} \sin(\omega t + \varphi_u)$ $u(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \varphi_u)$ $u(t) = U\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_u)$ <p><math>u(t)</math> : Valeur instantanée de la tension en (V) ;  <math>\hat{U}</math> : Valeur maximale (Amplitude) de <math>u(t)</math> ;  <math>U</math> : Valeur efficace de <math>u(t)</math> en (V) ;  <math>\omega</math> : Pulsation (Vitesse angulaire) en (rad/s) ;  <math>\omega t + \varphi_u</math> : Phase à l'instant "t" en (rad) ;  <math>\varphi_u</math> : Phase à l'origine "t<sub>1</sub> = 0" en (rad) ;</p>	<p>Un <b>courant</b> alternatif sinusoïdale à pour équation :</p> $i(t) = \hat{I} \sin(\omega t + \varphi_i)$ $i(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi_i)$ $i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_i)$ <p><math>i(t)</math> : Valeur instantanée de l'intensité en (A) ;  <math>\hat{I}</math> : Valeur maximale (Amplitude) de <math>i(t)</math> ;  <math>I</math> : Valeur efficace de <math>i(t)</math> en (A) ;  <math>\omega</math> : Pulsation (Vitesse angulaire) en (rad/s) ;  <math>\omega t + \varphi_i</math> : Phase à l'instant "t" en (rad) ;  <math>\varphi_i</math> : Phase à l'origine "t<sub>2</sub> = 0" en (rad) ;</p>
<p>Avec :</p> $\varphi = \varphi_i - \varphi_u$ $\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} \quad ; \quad f = \frac{1}{T} \quad \text{et} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$	<p><math>\varphi</math> : Déphasage en (rad)  <math>f</math> : Fréquence en (Hz)  <math>T</math> : Période en (s)</p>

### b.2- Déphasage courant-tension selon la charge :

Suivant le type de récepteur, le courant engendré peut être soit en **phase** (en synchronisme) (cas d'une résistance  $R$ ) avec la tension, soit **déphasé en retard** (cas d'une bobine  $L$ ) ou en **avance** (cas d'un condensateur  $C$ ) par rapport à la tension.

Autrement dit, lorsque la tension est maximum, le courant ne l'est pas forcément.



Dans la courbe de (b.1-) le courant est en retard sur la tension d'un angle  $\varphi$  (phi).

**Ex21-** La valeur efficace d'une tension sinusoïdale est 220 V. **Calculer** sa valeur maximale.

**Ex22-** Une tension alternative sinusoïdale a pour valeur maximale 537 V.

**Quelle est** sa valeur efficace ?

**Ex23- Quelle est** la période d'une tension sinusoïdale de fréquence  $f = 50$  Hz ?

**Exprimer** le résultat en ms.

**Ex24- Calculer** la fréquence d'une tension sinusoïdale dont la période vaut 100 ms.

## Ex25

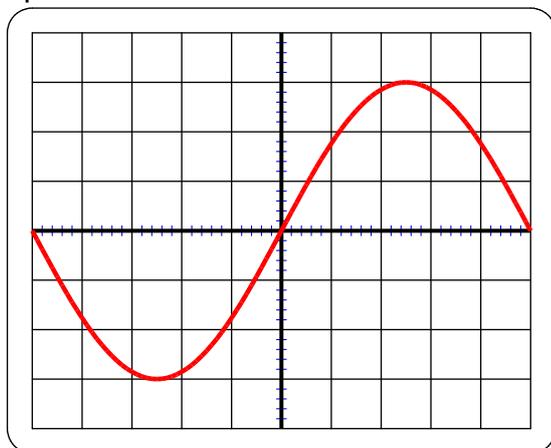
L'oscillogramme représenté ci-contre a été obtenu avec les calibres suivants : - Sensibilité verticale : 16 V/div  
- Vitesse de balayage : 0,4 ms/div.

**25.1- Déterminer** la tension maximum du signal.

**25.2- Déterminer** la période du signal.

**25.3- Calculer** la tension efficace du signal.

**25.4- Calculer** la fréquence du signal.



## Ex26

Sur l'oscillogramme ci-contre obtenu avec les calibres suivants, on observe une tension.

- Sensibilité verticale : 0,41 V/div

- Vitesse de balayage : 0,4 ms/div.

Le signal a pour équation :  $u(t) = 4,95\sqrt{2} \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t)$

A partir de l'équation de  $u(t)$ , **déterminer** :

**26.1-** L'amplitude de  $u(t)$  :

**26.2-** La valeur efficace de  $u(t)$  :

**26.3-** La période  $T$  :

**26.4-** La fréquence  $f$  :

**26.5-** La pulsation  $\omega$  :

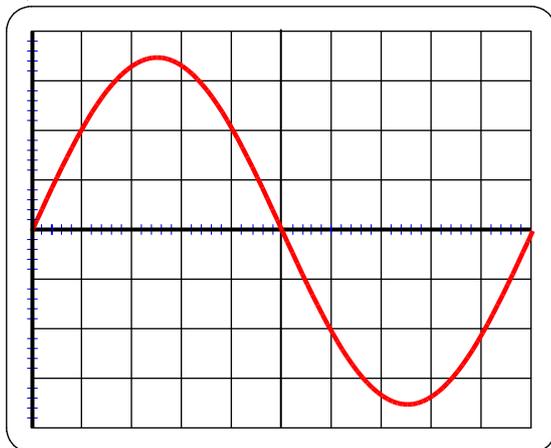
**26.6-** La phase à l'origine  $\varphi$  :

**26.7-** La valeur instantanée de la tension  $u(t)$  à l'origine  $u(0)$  :

**26.8-** La valeur instantanée de la tension  $u(t)$  à l'instant " $t_1 = 2 \cdot 10^{-3}$  ms" :

**26.9-** La valeur instantanée de la tension  $u(t)$  à l'instant " $t_2 = \frac{3T}{5}$  ms" :

**26.10-** La valeur moyenne de  $u(t)$  :



## Ex27

On étudie la tension aux bornes d'une lampe et l'intensité du courant qui la traverse. Pour cela, on utilise : un voltmètre, un ampèremètre, un oscilloscope. Ce qui apparaît sur l'écran de l'oscilloscope est représenté ci-contre :

- Sensibilité verticale : 0,5 V/div

- Vitesse de balayage : 5 ms/div.

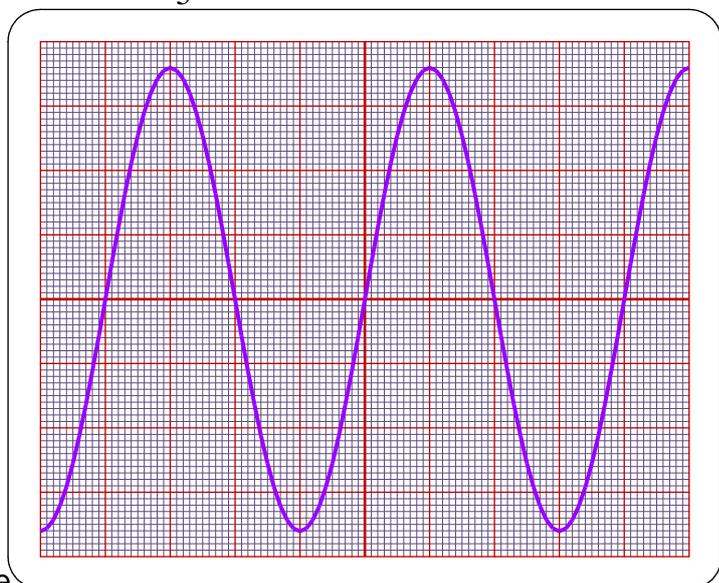
**Évaluer** la valeur de la période  $T$ .

**Évaluer** la valeur de la tension maximale  $U_{max}$  aux bornes de la lampe.

Le voltmètre indique 12 Volts.

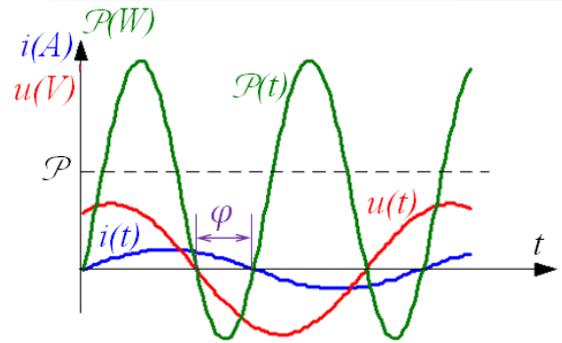
**Que représente** cette mesure ?

**Quelle est** la mesure de la résistance de la lampe si l'ampèremètre indique 0,5 A ? On rappelle  $U = R \times I$ .



## c- Les puissances :

Comme l'indique la représentation de la figure la puissance varie à chaque instant.



### c.1- puissance active :

La **puissance active** (ou **puissance réelle**) correspond à la puissance moyenne consommée sur une période. Elle est notée  $\mathcal{P}$  et est exprimée en watt (W).

Pour un courant  $i(t)$  et une tension  $u(t)$  de période  $T$ , son expression est :

$$\mathcal{P} = \langle \mathcal{P}(t) \rangle = \langle u(t) \cdot i(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt$$

Pour une tension sinusoïdale de valeur efficace  $U$  et un courant sinusoïdal de valeur efficace  $I$  déphasé de  $\varphi$  par rapport à la tension, cette expression devient :

$$\mathcal{P} = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos \varphi = U \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{\hat{U} \cdot \hat{I}}{2} \cdot \cos \varphi = \frac{U_{\text{max}} \cdot I_{\text{max}}}{2} \cdot \cos \varphi$$

$\cos \varphi$  : Correspond alors au **facteur de puissance**.

C'est la seule puissance à avoir un sens physique direct : par exemple dans le cas d'une **résistance** la puissance active est également la puissance thermique dissipée.

Il n'y a pas de déphasage dans une résistance, donc  $\varphi = 0$  et  $\cos \varphi = 1$ .

La puissance active absorbée par un récepteur est toujours positive.

### c.2- Puissance réactive :

En régime sinusoïdal, la **puissance réactive** est la partie imaginaire de la puissance apparente complexe. Elle se note  $Q$ , est exprimée en **voltampère réactif** (VAR, VAR ou var)

et on a :

$$Q = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin \varphi = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Les dipôles ayant une **impédance** dont la valeur est un **nombre imaginaire pur** (**capacité** ou **inductance**) ont une puissance active nulle et une puissance réactive égale en valeur absolue à leur puissance apparente.

Le signe de la puissance réactive est fonction de l'angle de déphasage produit par le récepteur considéré :

- Pour un **récepteur inductif** ( $\varphi > 0$ ) la puissance réactive est **positive**,
- Pour un **récepteur capacitif** ( $\varphi < 0$ ) la puissance réactive est **négative**.

### c.3- Puissance apparente :

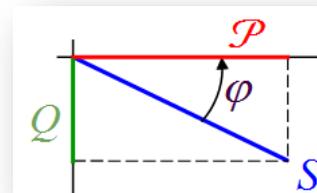
La **puissance apparente** reçue en régime alternatif est le produit de la **valeur efficace** de la **tension électrique** aux bornes du dipôle par la valeur efficace du **courant électrique** traversant ce dipôle. La puissance apparente se note  $S$  et est exprimée en **voltampère** (VA).

$$S = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} = U \cdot I$$

### c.4- Relations entre ces Puissances (active ; réactive et apparente) :

On a les puissances :

- Active :  $\mathcal{P} = U \cdot I \cdot \cos \varphi$
  - Réactive :  $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$
  - Apparente :  $S = U \cdot I$
- Qui se représentent se forme d'un triangle rectangle.



En s'appuyant sur le théorème de Pythagore on tire :

$$\cos \varphi = \frac{\mathcal{P}}{S}$$

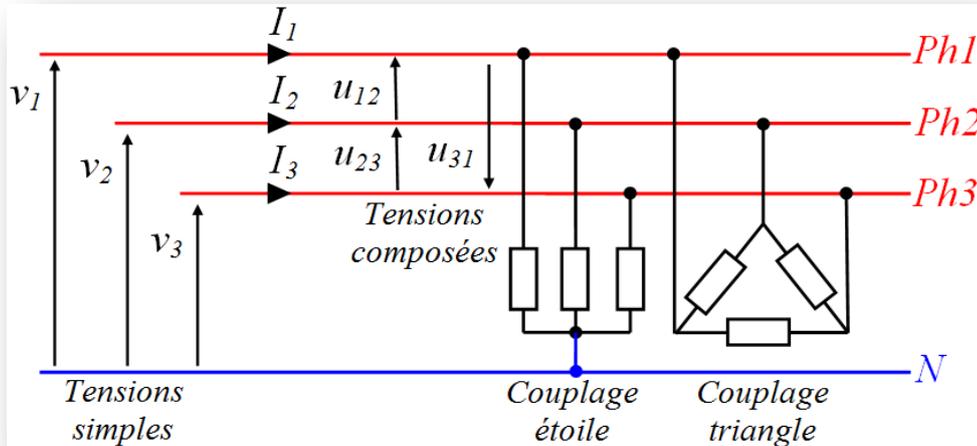
$$\sin \varphi = \frac{Q}{S}$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{Q}{\mathcal{P}}$$

$$S = \sqrt{\mathcal{P}^2 + Q^2}$$

## d- Courant alternatif triphasé :

La majeure partie de la production et du transport de l'énergie électrique se fait sous forme triphasée. Néanmoins, il faut garder à l'esprit que la plupart des appareils domestiques fonctionnent en monophasé. En général, sur les installations modernes, vous n'avez qu'une phase et le neutre qui arrive chez vous mais dans les vieilles installations, les 3 phases et le neutre arrivent chez vous. L'utilisation directe d'énergie électrique triphasée concerne essentiellement les machines industrielles de forte puissance.



$u = 380 V$   
 Au Maroc :  $v = 220 V$   
 $f = 50 Hz$

### d.1- Régime équilibré:

Un système triphasé est dit équilibré si les valeurs efficaces des 3 courants sont égales et déphasées de  $2\pi/3$  (en rad) l'une par rapport à l'autre. ( $2\pi/3 \text{ rad} = \dots$ )

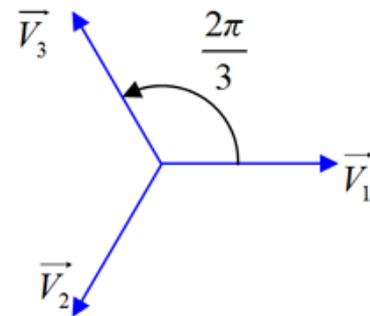
### d.2- Tensions triphasées :

- **Tensions simples** : tension entre une phase et le neutre

$$V_1 = v_1 = v_1(t) = V\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$$

$$V_2 = v_2 = v_2(t) = V\sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$V_3 = v_3 = v_3(t) = V\sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$



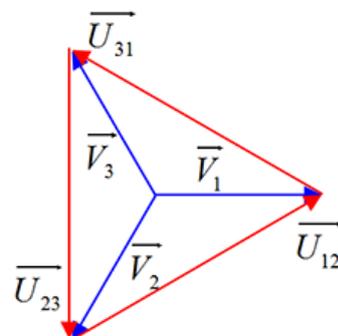
- **Tensions composées** : tension entre deux phases

$$u = U\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \theta); \text{ avec : } U = V\sqrt{3}$$

$$u_{12} = v_1 - v_2 \quad \vec{U}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$$

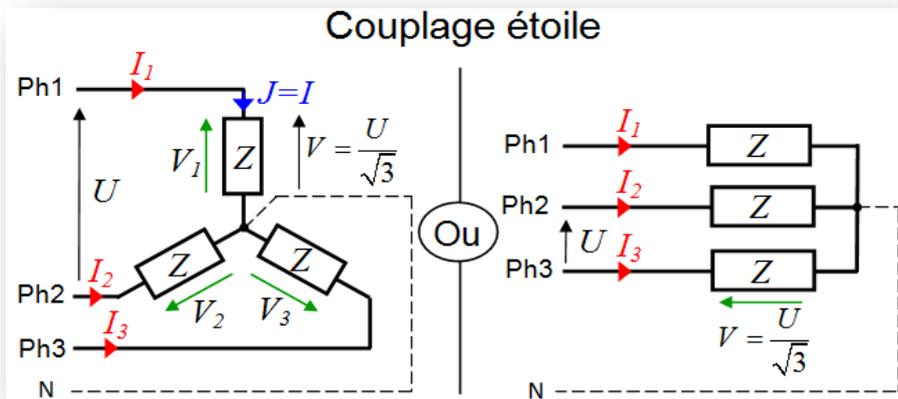
$$u_{23} = v_2 - v_3 \quad \vec{U}_{23} = \vec{V}_2 - \vec{V}_3$$

$$u_{31} = v_3 - v_1 \quad \vec{U}_{31} = \vec{V}_3 - \vec{V}_1$$

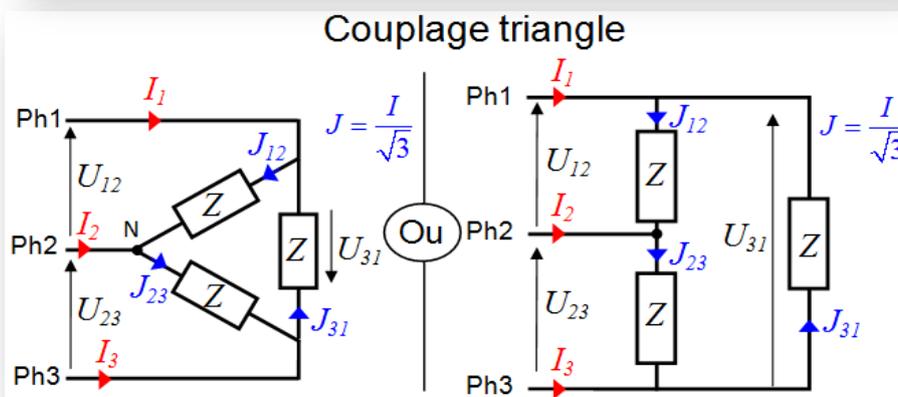


### d.3- Récepteur triphasé :

Un récepteur triphasé est constitué par trois récepteurs monophasés identiques peuvent être couplés de façons suivantes :



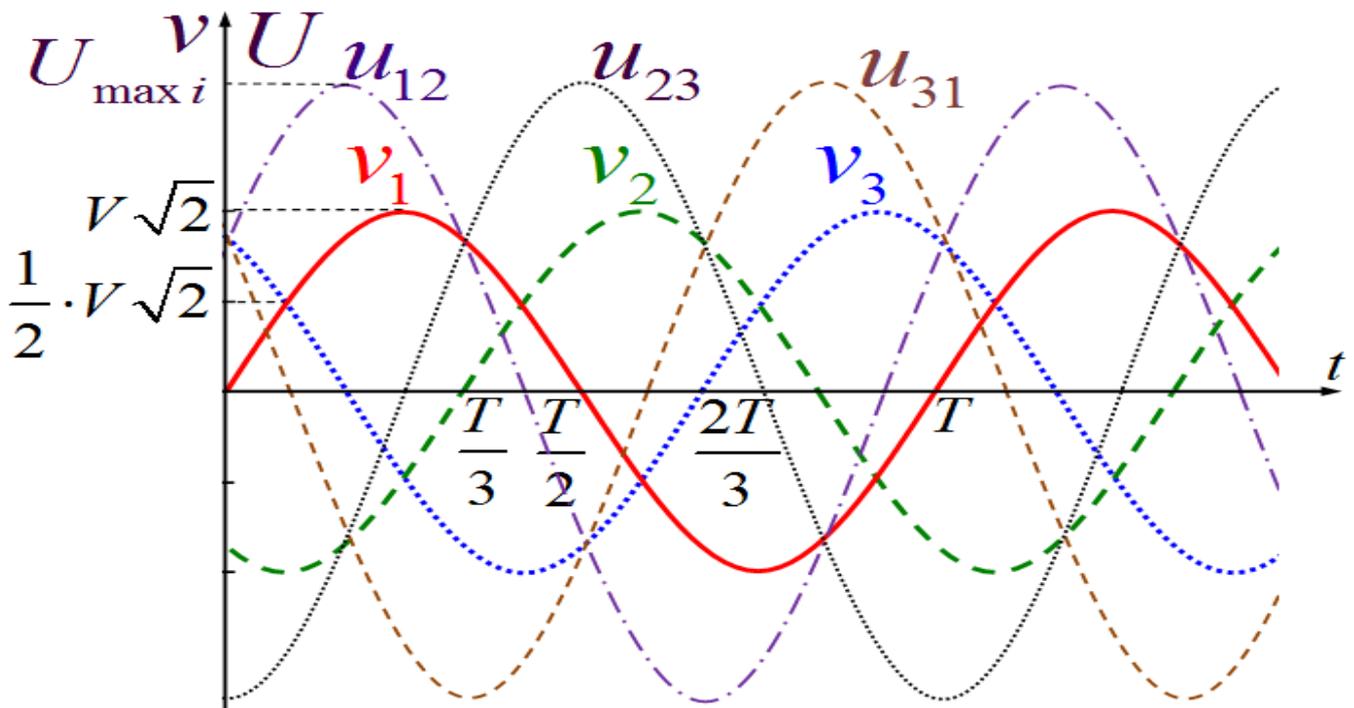
Chaque récepteur est soumis à la tension simple du réseau soit  $V = V_1 = V_2 = V_3 = 220 \text{ V}$



Chaque récepteur est soumis à la tension composée du réseau soit  $U = U_{12} = U_{23} = U_{31} = \sqrt{3}V = 380 \text{ V}$

Relation entre la valeur efficace du courant en ligne  $I$  et celle du courant  $J$  qui parcourt un dipôle: (Couplage étoile :  $I = J$  ; Couplage triangle :  $I = J \cdot \sqrt{3}$ ).

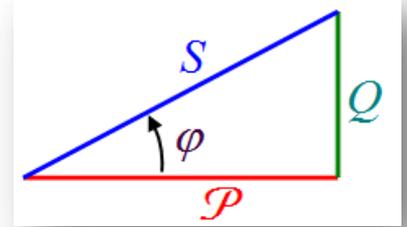
### d.4- Représentation des tensions entre phases en fonction du temps :



Ce graphique met en évidence la relation  $U_{12} + U_{23} + U_{31} = 0 \text{ V}$  qui est vraie à tout instant  $t$ .

## d.5- Puissances :

- Triangle des puissances



$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = P \cdot \tan \varphi$$

- Puissance **active**  $P$  en W (Watts)

C'est la puissance réellement utilisée par la machine :  $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$

- Puissance **réactive**  $Q$  en var (Volts Ampères réactif)

Elle représente les pertes, par effet Joule notamment, on peut la minimiser via des condensateurs.  $Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = 3 \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi$

- Puissance **apparente**  $S$  en VA (Volts Ampères)

Utilisée pour caractériser un alternateur ou transformateur, elle exprime la puissance maximale qu'ils peuvent fournir et sert aussi à dimensionner la section des fils. (Sachant que toute cette puissance ne sera pas utilisée à cause des pertes).

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 3 \cdot V \cdot I$$

- **Facteur de puissance** aussi appelé "cos phi"

Il exprime la "performance" de la machine, plus il tend vers 1, plus les pertes sont faibles. Il représente le déphasage angulaire entre la tension et l'intensité du courant.

$$-1 \leq \cos \varphi = \frac{P}{S} \leq 1$$

- **Pertes joules (PJ)** pour un dipôle résistif

$R$  : Résistance entre deux phases

$r$  : résistance réelle d'un dipôle

Couplage étoile  $I = J$

$$R = 2 \cdot r \text{ et } \mathcal{P}_j = 3 \cdot r \cdot I^2 = \frac{3}{2} \cdot R \cdot I^2$$

$I$  : Valeur efficace du courant en ligne

$J$  : Courant parcourt un dipôle

Couplage triangle  $I = J \cdot \sqrt{3}$

$$R = \frac{2}{3} \cdot r \text{ et } \mathcal{P}_j = 3 \cdot r \cdot J^2 = \frac{3}{2} \cdot R \cdot I^2$$