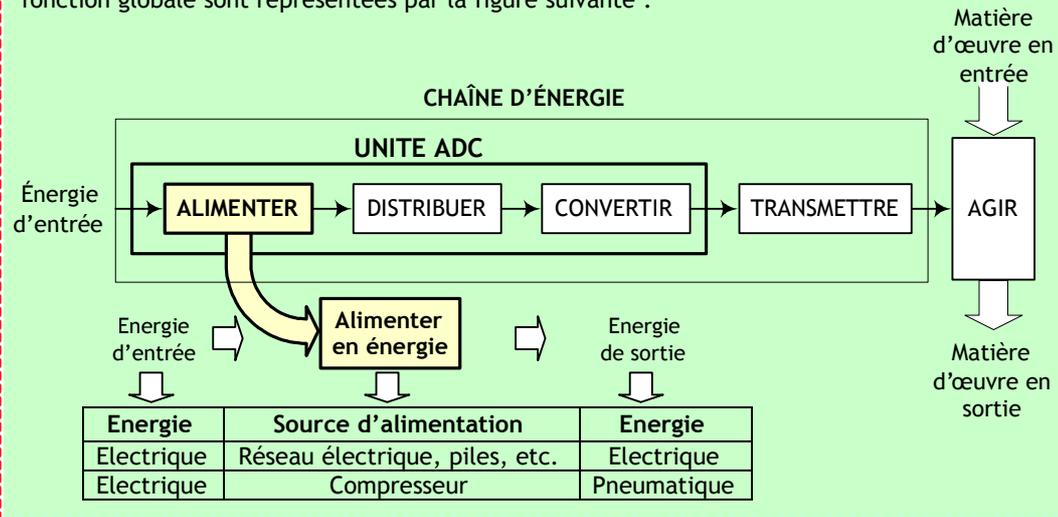


PRESENTATION

En général, les systèmes automatisés mettent en œuvre plusieurs types d'énergie. Les énergies principalement exploitées sont l'énergie électrique et l'énergie mécanique sous leurs différentes formes. On note en particulier :

- La source d'énergie électrique, qui grâce à la souplesse de ses méthodes de génération et de transport, demeure une richesse inégalée. Il n'est pas surprenant donc de remarquer que l'alimentation en énergie électrique est largement adoptée aussi bien en milieu industriel qu'en milieu domestique ;
- La source d'énergie pneumatique qui est aussi largement présente dans les systèmes industriels. Cette énergie est dans la plupart des cas générée à partir de l'énergie électrique.

La position de la fonction Alimentation en énergie dans une chaîne d'énergie, ainsi que sa fonction globale sont représentées par la figure suivante :



COMPETENCES ATTENDUES

A partir de tout ou partie d'un produit support avec son cahier des charges et son dossier technique :

- Identifier les constituants du réseau d'alimentation
- Exprimer les caractéristiques des constituants du réseau d'alimentation

CHAPITRES INCLUS DANS LA FONCTION ALIMENTER

- Alimentation électrique
- Grandeurs électriques caractéristiques
- Sécurité des biens et des personnes
- Alimentation pneumatique

# L'ENERGIE ELECTRIQUE

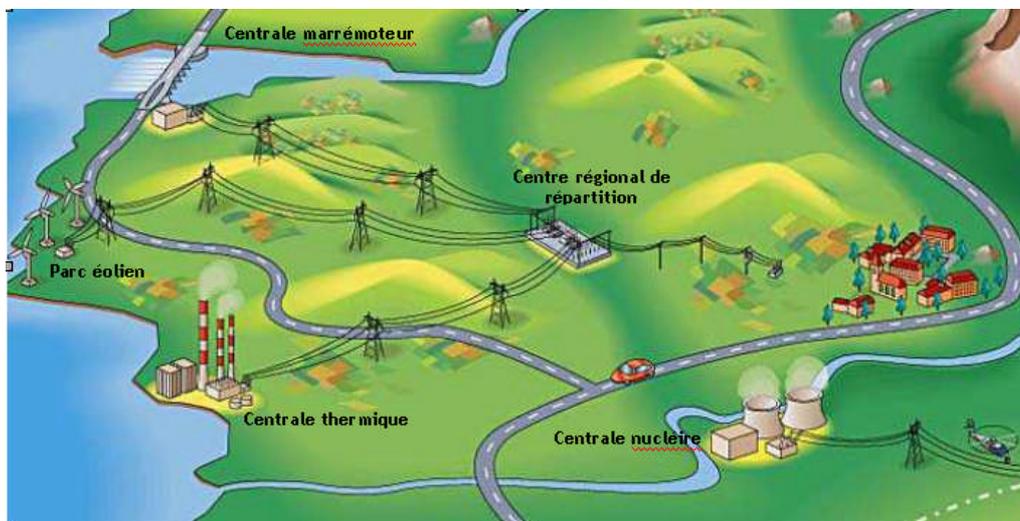
## INTRODUCTION :

L'énergie électrique provient d'une transformation d'énergie mécanique, magnétique, chimique ou lumineuse. Cette source d'énergie peut se présenter sous forme d'une source de tension continue ou alternative. L'unité d'une tension électrique est le Volt (V).

## 1. TOPOLOGIE DU RESEAU ELECTRIQUE :

Le système électrique comprend des sites de production (centrales nucléaires, thermiques, hydrauliques, ou production décentralisée : éoliennes, petite hydraulique, cogénération, etc.), et des lieux de consommation (communes, entreprises, etc.), reliés par le réseau électrique (transport et distribution). Ce dernier a pour rôle d'acheminer l'énergie vers les lieux de consommation, avec des étapes d'élévation et de baisse du niveau de tension dans des postes de transformation. La tension à la sortie des grandes centrales est portée à 400 000 volts pour limiter les pertes d'énergie sous forme de chaleur dans les câbles ; ce sont les pertes par « effet Joule ».

Ensuite, la tension est progressivement réduite au plus près de la consommation, pour arriver aux différents niveaux de tension auxquels sont raccordés les consommateurs (400 000 volts, 225 000 volts, 90 000 volts, 63 000 volts, 20 000 volts, 400 volts ou 230 volts suivant leurs besoins en puissance).



L'ONE (Office National d'Electricité) assure cette fourniture par l'exploitation directe d'unités de production ainsi que par les ouvrages qu'il a confiés à des opérateurs privés dans le cadre de contrats de production concessionnel.

En terme de production le réseau national a pour mission de :

- assurer une gestion optimale du parc de production ;
- veiller à la satisfaction de la demande en énergie électrique exprimée par le Dispatching National, et ceci dans les meilleures conditions de sécurité, de rendement, de disponibilité et de coût.

Le parc national de production est composé de moyens de production thermique, hydraulique et éolienne.

A la fin 2005, ce parc se compose comme suit :

	Puissance installée en MW
<b>26 usines hydrauliques</b>	<b>1 265</b>
Station Pompage et turbinage d' Afourer*	464
<b>5 centrales thermiques vapeur</b>	<b>2 385</b>
charbon	1785
Fioul	600
6 centrales turbines à gaz	615
Cycle combiné de TAHADDART	400
Thermique diesel	69
<b>Total Thermique</b>	<b>3 469</b>
<b>Eolien (dont 50 MW de la CED*)</b>	<b>53,9</b>
<b>Total ONE</b>	<b>5 252</b>

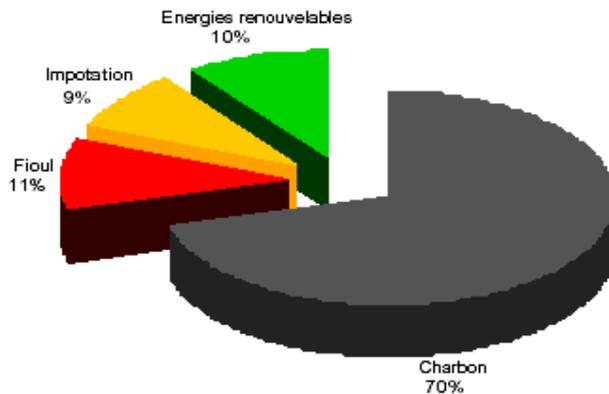
\* région d'errachidia.

\*\* Comité européenne de distribution.

NOTA : Le Watt (W) est l'unité de la puissance. Une source de puissance 1kW peut alimenter, en même temps, dix ampoules de 100W chacune.

#### SATISFACTION DE LA DEMANDE

Le graphique suivant représente la satisfaction en énergie électrique du client marocain. Une part de cette consommation est assurée par les centrales de production hydraulique, une autre par les centrales de production thermique, une autre par les techniques nouvelles (éoliens, solaires, etc.) ; le reste de la demande est importé de l'Union Européen.



## 2. TYPES DE CENTRALE :

### 2.1. Définitions générales :

#### 2.1.1. Turbine :

C'est un moteur rotatif qui convertit l'énergie d'un courant d'eau, de vapeur ou de gaz en énergie mécanique. Dans le domaine de la production on peut donner à titre d'exemple :

Turbine pelton



Turbine à vapeur



### 2.1.2. alternateur :

C'est l'organe qui transforme l'énergie de la rotation en une énergie électrique :

L'alternateur fournit une ligne trifilaire (signal triphasé) dont les tensions sont des sinusoïdes déphasées de 120° et dont la valeur efficace est de 20kV.

La fréquence des tensions est de 50Hz ; cette fréquence (f) est fixée par la vitesse de rotation de la turbine (n) et le nombre des pôles (P) de l'alternateur selon la relation :

$$f = p \times n.$$

Avec :

- f en Hz (Hertz)
- n en trs/s (tours/seconde)

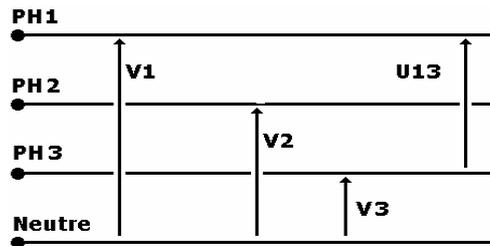
Exemple : n=1500tr/min et p= 2 donc f = 50Hz.

$$V1(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi f t)$$

$$V2(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi f t - 2\pi/3)$$

$$V3(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi f t - 4\pi/3)$$

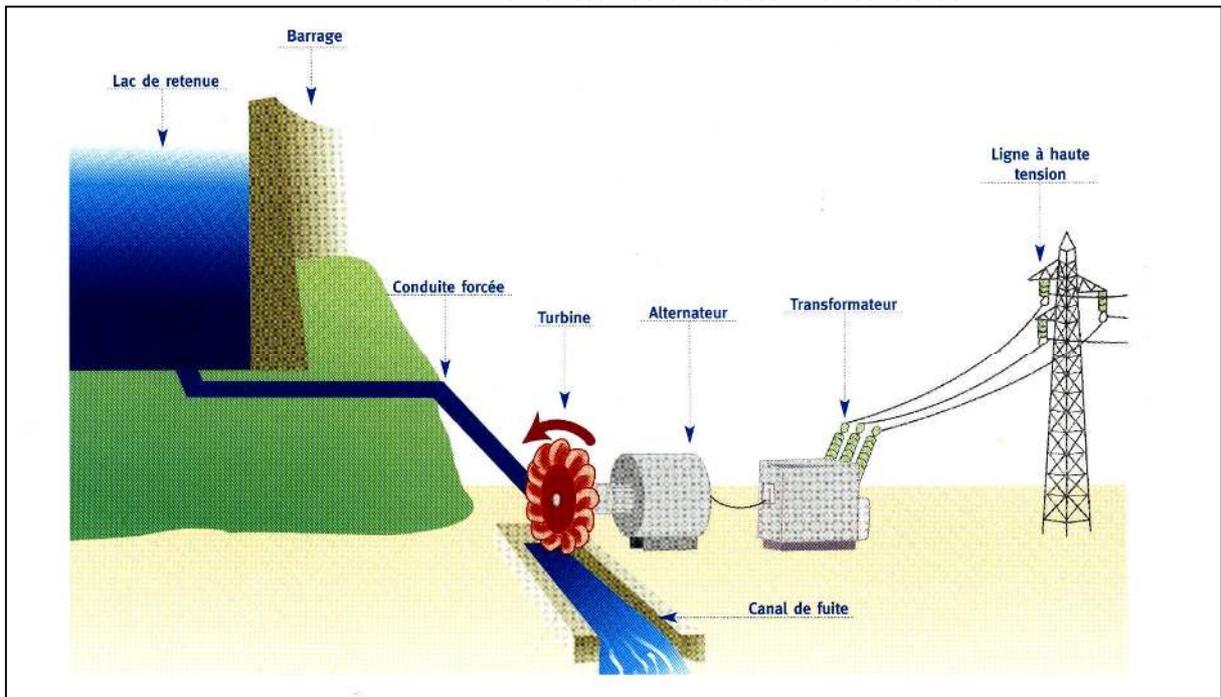
Avec V = 20kV



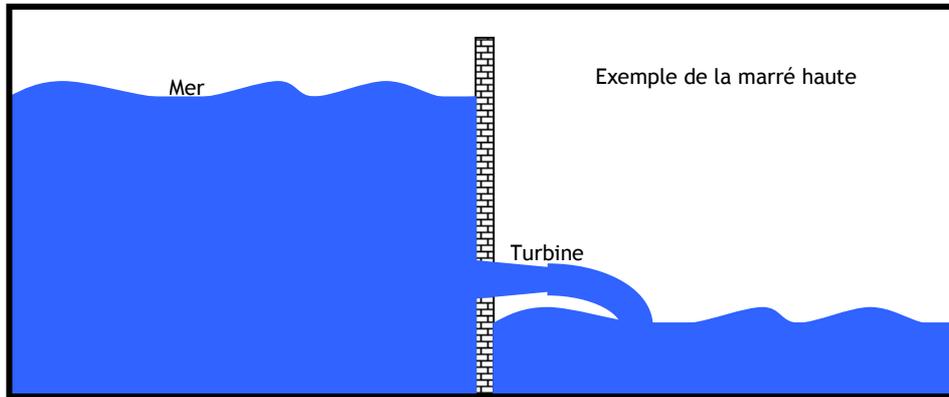
### 2.2. Energie d'origine hydraulique :

Dans ce type de centrale la puissance de l'eau (énergie potentielle) est exploitée pour entraîner des turbines couplées à des alternateurs. On distingue :

- **Les centrales de haute chute :** La hauteur de chute est supérieure à 200m.
- **Les centrales de moyenne chute :** La hauteur de chute est comprise entre 30m et 200m.
- **Les centrales de basse chute :** La hauteur de chute est inférieure à 30m.

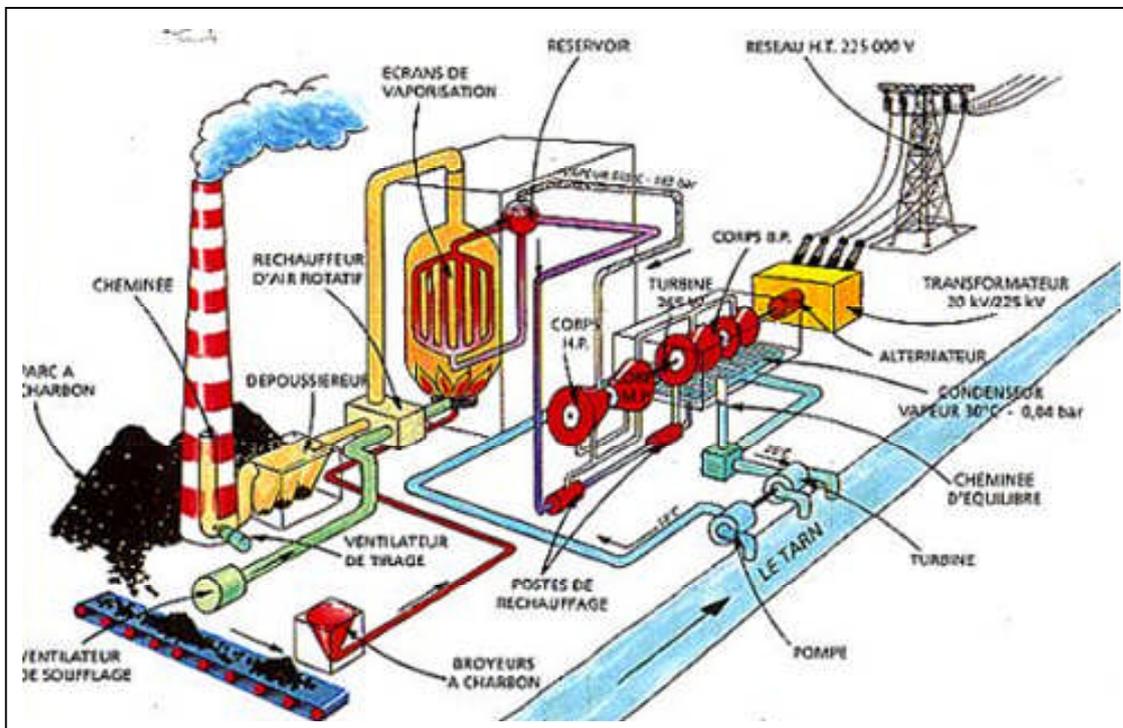


- **Les usines de pompage/turbinage** : Les stations de transfert d'énergie par pompage fonctionnent sur le principe du recyclage de l'eau par pompage :
  - Turbinage : l'alternateur produit de l'énergie électrique.
  - Pompage : la pompe consomme de l'énergie pour remonter l'eau d'un bassin inférieur à un bassin supérieur.
- **Les stations marémotrices** : qui exploitent la force de la marée pour entraîner les turbines.



### 2.3. Energie d'origine thermique :

Dans ce type de centrale, la chaleur produite par la combustion d'un combustible (charbon, fuel, etc.), produit l'évaporation de l'eau. Cette vapeur sous pression permet d'entraîner une turbine à vapeur en rotation :

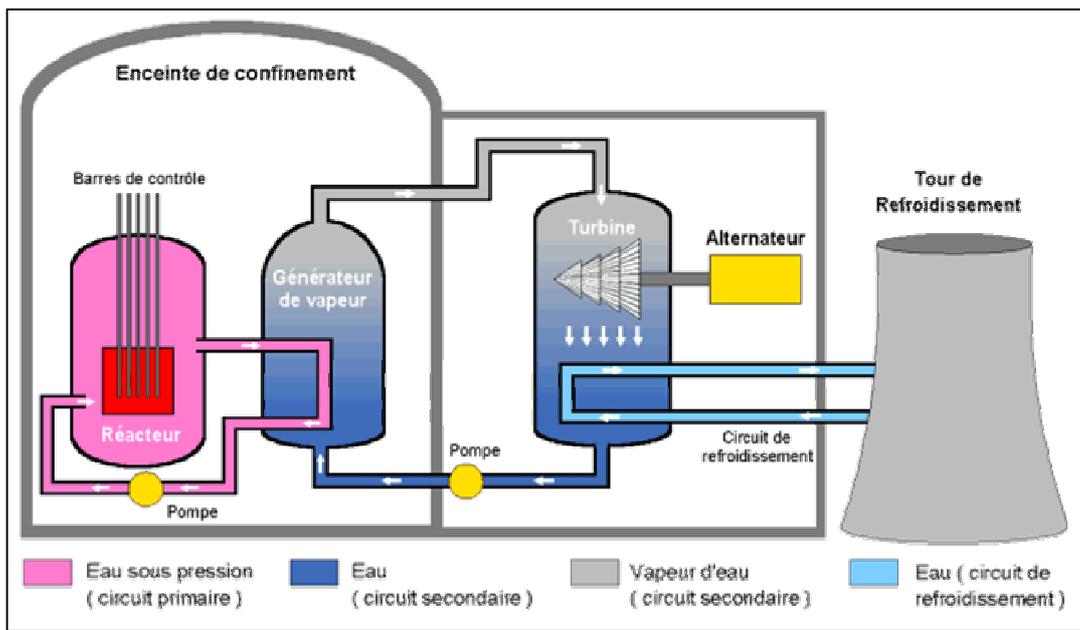


### 2.4. Energie d'origine nucléaire :

Une centrale nucléaire est une centrale thermique qui utilise l'énergie fournie par un réacteur nucléaire. Ce réacteur produit une grande quantité de chaleur qui est captée par de l'eau sous pression circulant dans le circuit primaire (circuit fermé).

Par l'intermédiaire du générateur de vapeur, l'eau sous pression du circuit primaire communique sa chaleur à l'eau d'un deuxième circuit fermé, le circuit secondaire. Il est ainsi possible d'obtenir de la vapeur à haute pression dans ce circuit secondaire.

La pression de cette vapeur fait tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne elle-même un alternateur qui produit une tension alternative sinusoïdale. A la sortie de la turbine la vapeur est refroidie pour se transformer en eau, puis renvoyée dans le générateur de vapeur.



Le refroidissement de la vapeur issue de la turbine est confié à une tour de refroidissement ou un cours d'eau important.

### 3. LES SOURCES AUTONOMES :

#### 3.1. Energie solaire :

On distingue deux types de centrale exploitant l'énergie du soleil :

**Centrales thermodynamiques :** La concentration du rayonnement solaire par des miroirs permet d'obtenir des températures de l'ordre de 450°C. Cette température permet d'évaporer l'eau qui fait tourner des turbines.



**Centrales photovoltaïques ou photopiles :** Dans ces centrales des cellules photovoltaïques utilisées à cet effet sont des composants électroniques à semi conducteur capable de débiter un courant électrique dans un circuit extérieur, lorsqu'ils sont éclairés par le rayonnement solaire.



### 3.2. Energie du vent :

L'énergie cinétique du vent produit la rotation des pâles d'une éolienne, qui est une sorte de grand moulin, qui actionne l'alternateur. Les ressources du vent sont considérables mais irrégulières entre le jour et la nuit, entre l'hiver et l'été ; c'est pourquoi, cette solution reste onéreuse.



### 3.3. Groupes électrogènes :

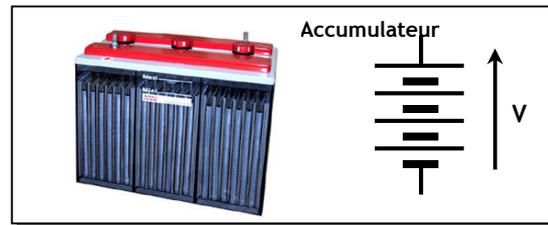
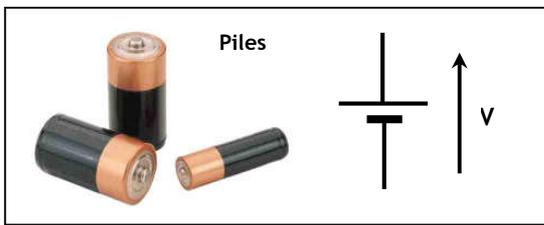
Les groupes électrogènes sont des petits alternateurs dont l'entraînement en rotation se fait en général, par un moteur thermique (moteur Diesel par exemple). La puissance est généralement limitée à quelques dizaines de kilowatts.

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



### 3.4. Piles et accumulateurs :

Parmi les générateurs de tension continue les plus rencontrés dans la pratique quotidienne, on trouve les piles et les batteries d'accumulateurs. Cette source représente une transformation de l'énergie chimique en énergie électrique.



## EXERCICE RESOLU

Une station d'irrigation est alimentée par cellules solaires. Sachant que la station est constituée par deux pompes dont la puissance de chacune est 3kW et de rendement 93 %. La tension d'alimentation nominale est de 100 V (c'est la tension à fournir au groupe pompe/convertisseur).

Sachant que chaque cellule élémentaire peut fournir une puissance 1W avec une tension 1.25V :

1. Quel est le nombre de cellules photovoltaïques à utiliser.
2. Donner un schéma de branchement de ces cellules.
3. Si l'aire d'une cellule est de  $5\text{cm}^2$ . Quel est l'aire total en  $\text{m}^2$  occupé par le panneau solaire.

#### CORRIGE

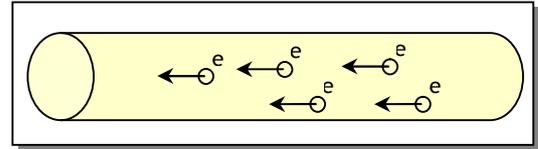
1. Le nombre de cellules à utiliser est :  
 $N = \frac{\text{la puissance totale demandée}}{\text{la puissance d'une cellule.}}$   
 $N = 6000 / 1$  soit 6000 cellules photovoltaïques.
2. La tension que doit fournir le panneau est  $U = 100\text{V}$ . Donc le nombre de cellule à mettre en série est :  $N_s = 100/1.25$  soit 80 cellules.  
Or on doit utiliser au minimum 6000 cellules pour assurer la puissance demandée. Donc le nombre de rangées (80 cellules dans chaque rangé) à mettre en parallèle :  $N_p = 6000/80$  soit 75 rangées.
3. L'aire totale occupée par le panneau est :  $A = 6000 \times 5 \text{ cm}^2 = 30\,000 \text{ cm}^2$ , soit  $A = 3 \text{ m}^2$ .

# LES GRANDEURS ELECTRIQUES

## 1. GRANDEURS CARACTERISTIQUES MISES EN JEU :

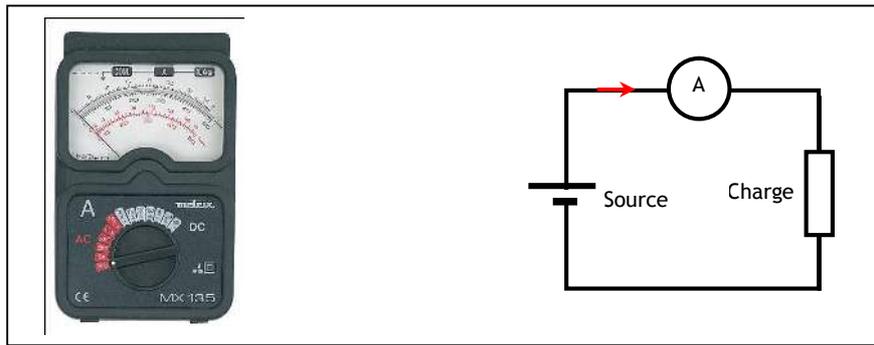
### 1.1. Notion du courant électrique :

Le déplacement des électrons libres dans un circuit électrique fermé engendre ce qu'on appelle un courant électrique. L'unité du courant électrique est l'Ampère (A).



### 1.2. Mesure de courant électrique :

On mesure le courant électrique par l'utilisation d'un ampèremètre. L'ampèremètre est un appareil qui doit être monté en série dans un circuit comme le montre la figure suivante :



### 1.3. Notion de résistance :

#### 1.3.1. Principe et symbole :

Un fil conducteur présente une différence de potentiel (d.d.p) entre ses bornes lorsqu'il est traversé par un courant électrique. Ceci est dû à sa résistance interne dont la valeur est donnée par la formule :

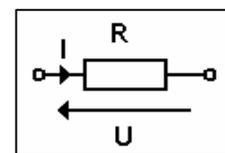
$$R = \rho \cdot l / S \quad \text{avec :}$$

- $l$  : longueur du fil ;
- $S$  : sa section ;
- $\rho$  : la résistivité (caractéristique de la nature du conducteur)

#### 1.3.2. Loi d'Ohm :

Cette loi exprime que certains matériaux ont une réponse linéaire en courant à une différence de potentiel imposée. Si on considère une résistance, noté  $R$  avec à ses bornes une tension  $U$ , elle sera traversée par un courant  $I$ , tel que, quelque soit le temps  $t$ ,  $U$  et  $I$  vérifient toujours la relation de proportionnalité :

$$U = R \cdot I$$

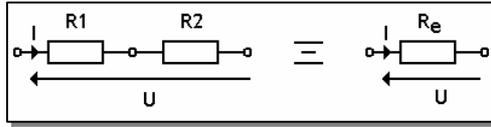


### 1.3.3. Association des résistances :

Suivant que des résistances sont associées en série ou en parallèle, il résulte de leur association une résistance équivalente  $R_e$  dont la valeur dépend des valeurs des différentes résistances associées.

#### a. Association série :

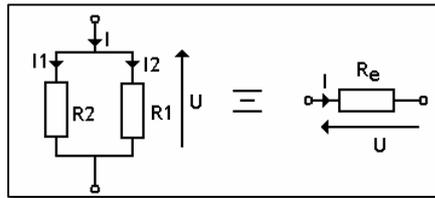
La résistance équivalente de deux résistances en série est la somme de ces deux résistances.



$$R_e = R_1 + R_2$$

#### b. Association en parallèle :

La résistance équivalente de deux résistances en parallèle est tel que :



$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

### 1.3.4. Code de couleurs :

On ne peut pas fabriquer les résistances avec toutes les valeurs possibles. Les résistances sont fabriquées en grandes séries par les constructeurs des composants électroniques. On les fabrique alors suivant des valeurs normalisées, qui couvrent largement les besoins en résistances. Ces valeurs sont indiquées sur ces résistances sous forme d'anneaux en couleur suivant le code suivant :

Chiffre1	Chiffre2	Multiplicateur	Tolérance
noir	0	argent	+/- 5%
brun	1	or	+/- 10%
rouge	2	noir	x 1
orange	3	brun	x 10
jaune	4	rouge	x 100
vert	5	orange	x 1000
bleu	6	jaune	x 10K
violet	7	vert	x 100K
gris	8	bleu	x 1M
blanc	9	violet	x 10M

La tolérance est un pourcentage qui indique la précision de la résistance. Connaissant la valeur de chaque chiffre on peut déterminer la valeur de la résistance comme suit:

$$R = [(1^{\text{er}} \text{ chiffre} \times 1) + (2^{\text{eme}} \text{ chiffre} \times 10)] \times 10^{\text{Multiplicateur}} \pm \text{la tolérance} \text{ en } \Omega.$$

**Exemple :** Calcul de la valeur d'une résistance dont les trois couleurs significatives sont le rouge.

$$R = [ (2 \times 1) + (2 \times 10) ] \times 10^2 = 22 \times 100 = 2,2 \text{ K}\Omega$$

Les valeurs normalisées des résistances sont classées par des séries de valeurs notées (E6, E12, E24 ou E48), qui indiquent le nombre de valeurs dans une série. Par exemple, les valeurs de la série E12 sont :

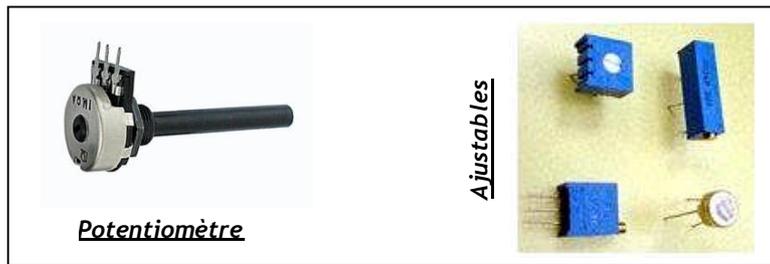
10 ; 12 ; 15 ; 18 ; 22 ; 27 ; 33 ; 39 ; 47 ; 56 ; 68 ; 82

Toutes les résistances de la série E12 sont des multiples ou des sous multiples de ces valeurs .Par exemple, on trouve 1,2Ω , 12Ω, 120Ω, 1.2KΩ, 12KΩ, 120KΩ, 1.2MΩ et ainsi de suite.

### 1.3.5. Résistance variable :

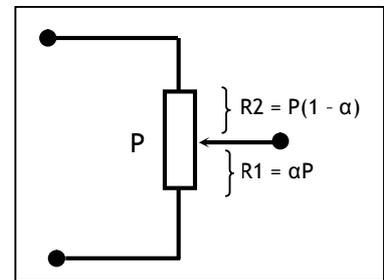
On a souvent besoin, dans les montages électroniques, de régler une résistance sur place pour avoir la valeur exacte exigée par un montage donné ; on utilise alors :

- Soit un potentiomètre pour régler la résistance régulièrement comme pour le volume d'un poste Radio ;
- Soit un ajustable pour ajuster la valeur nécessaire une fois pour toute ;



Dans les 2 cas, le symbole est le même : P est la valeur totale de la résistance. Le curseur  $\alpha$  divise la résistance totale P en 2 portions :

- $R1 = \alpha P$  :
  - Si le curseur est en position haut, alors  $\alpha = 1$  et  $R1 = P$  ;
  - Si le curseur est en position basse, alors  $\alpha = 0$  et  $R1 = 0$ .
- $R2 = P - R1 = P - \alpha P = P(1 - \alpha)$ .



### 1.4. Diviseur de tension :

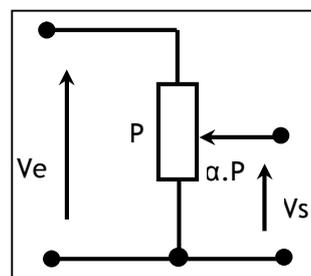
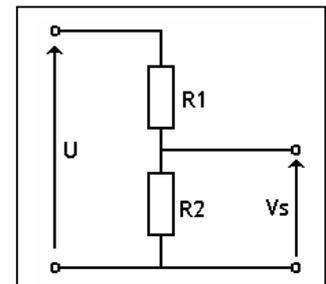
Pour diviser une tension, on utilise un pont diviseur de tension. Ce pont est constitué de l'association en série de deux résistances R1 et R2 :

$$V_s = [R_2 / (R_1 + R_2)] \cdot U$$

**Remarque :** Cas d'une résistance variable :

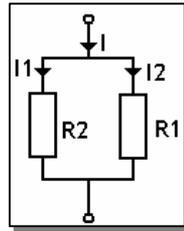
$$V_s = V_e \cdot \alpha P / P$$

$$\rightarrow V_s = \alpha \cdot V_e$$



### 1.5. Diviseur de courant :

On divise un courant par la mise en parallèle de deux résistances  $R_1$  et  $R_2$  :



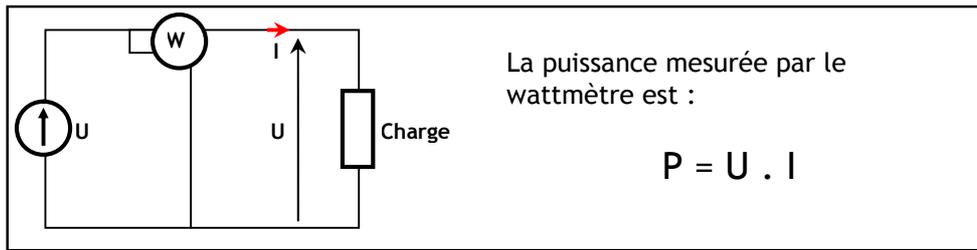
$$I_1 = I \cdot [R_2 / (R_1 + R_2)]$$

### 1.6. Puissance :

On appelle puissance l'énergie consommée ou débitée par une charge pendant une seconde. C'est le produit du courant qui traverse la charge avec la tension aux bornes :

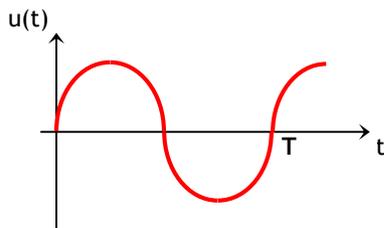
$$P = U \cdot I$$

Pour mesurer la puissance on utilise généralement un wattmètre.



### 1.7. Fréquence :

Pour un signal périodique  $u(t)$ , c'est le nombre de périodes par seconde. L'unité de la fréquence est le hertz (Hz). De ce fait la relation qui lie la fréquence à la période est :



$$F = 1/T$$

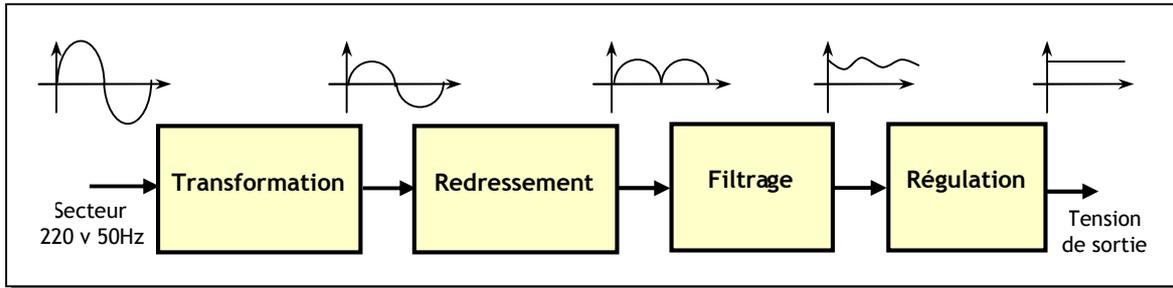
T : période en seconde (s). C'est le temps après lequel le signal se répète.

## 2. ALIMENTATION CONTINUE STABILISEE :

Les systèmes électroniques ont besoin d'une alimentation continue. Cette tension continue est généralement générée à partir de :

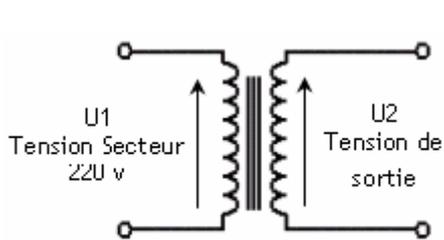
- piles pour les systèmes portables et à faible consommation, tel qu'une télécommande de télévision, etc.
- de batterie d'accumulateurs pour les systèmes tel que la voiture, etc.
- secteur pour des systèmes qui demande de la puissance et qui ont accès au réseau alternatif.

Dans ce dernier cas, la tension alternative doit être convertie en tension continue stabilisée, conformément au schéma synoptique suivant :



## 2.1. Transformation :

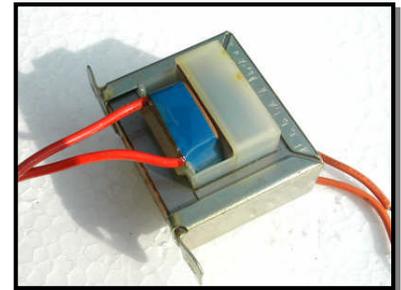
Le rôle de la transformation est d'abaisser la tension du secteur, qui est de 220V. L'élément électrique qui réalise cette fonction est le transformateur.



$$U1/U2 = n2/n1$$

Avec  $n2$  et  $n1$  sont respectivement les nombres de spires de la bobine primaire et la bobine secondaire.

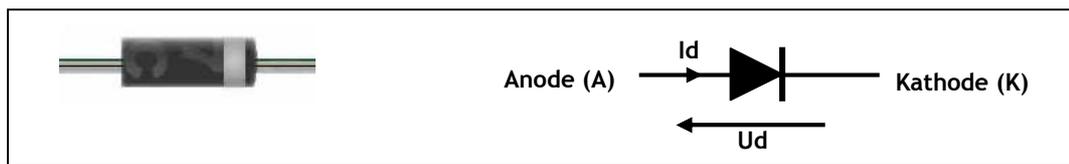
Alors pour avoir une tension en sortie plus petite qu'en entrée, il faut avoir la condition ( $n2 < n1$ ).



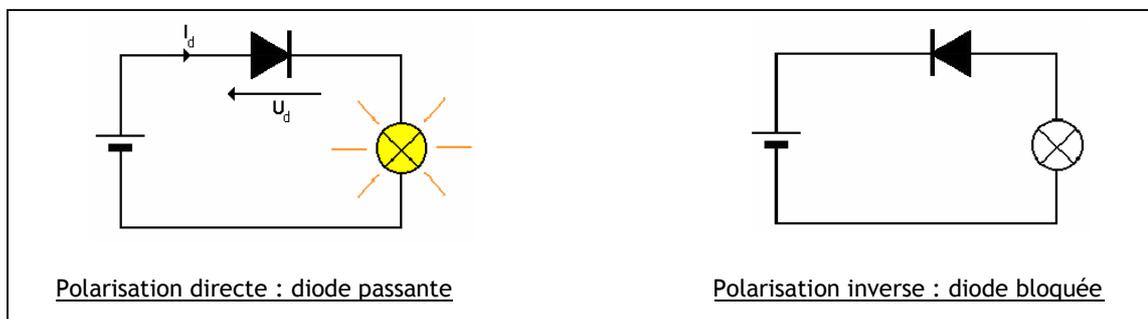
## 2.2- Redressement :

Cette fonction est réalisée à l'aide de la diode.

### 2.2.1- Fonctionnement et symbole :



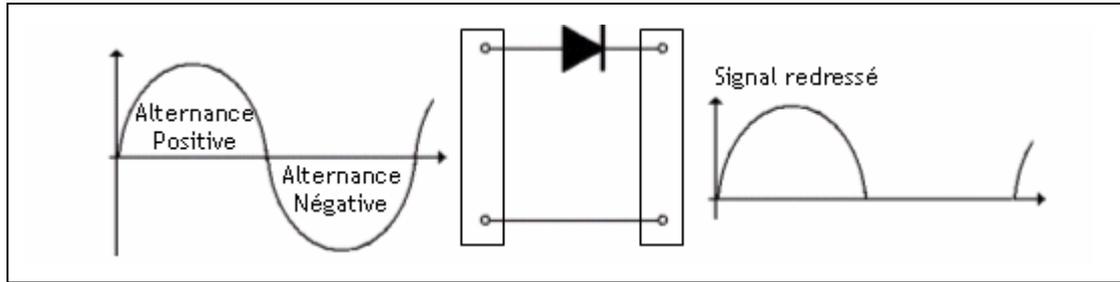
La diode est un composant électronique à conduction unidirectionnelle : elle ne conduit que dans le sens de l'anode A vers la cathode K. Son symbole est représenté à la figure ci-dessous. Le symbole de la diode indique le sens de conduction.  $U_d = 0,7V$  est appelée la **tension de seuil** de la diode.



### 2.2.2- Réalisation du redresseur :

#### a. Redressement mono alternance :

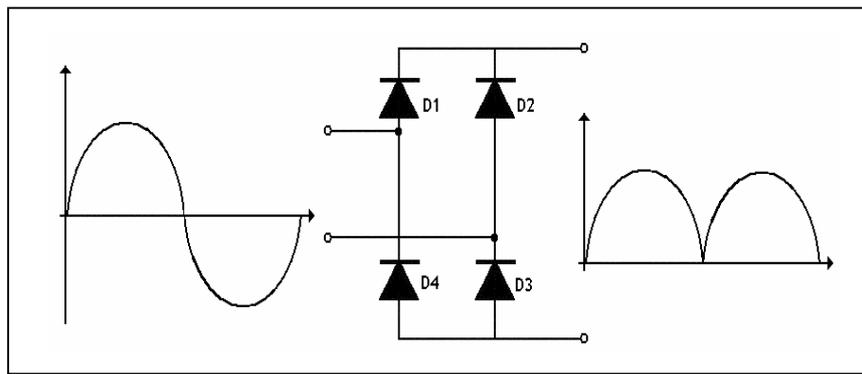
Le signal issu du transformateur est sinusoïdal. La diode est polarisée en directe dans l'alternance positive et en inverse dans l'alternance négative.



#### b. Redressement double alternance :

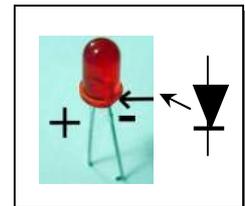
Le montage le plus populaire est le redresseur à pont de diodes ; il a 2 diodes conductrices par alternance :

- D1 et D3 conduisent pendant l'alternance positive ;
- D2 et D4 conduisent pendant l'alternance négative.



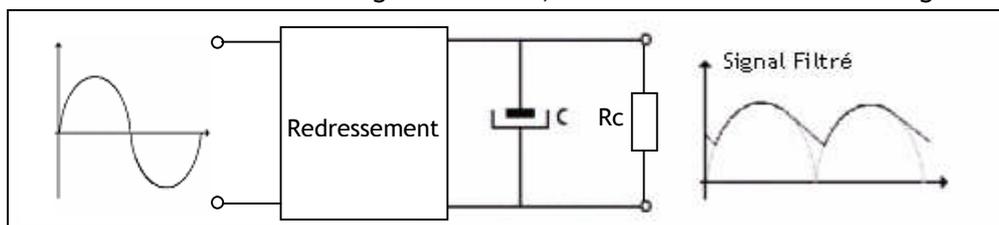
On remarque que le courant en sortie passe toujours dans le même sens, d'où la forme du signal en sortie.

**Note :** Une LED est une diode qui a le même fonctionnement qu'une diode ordinaire, à la différence qu'elle est destinée à émettre une lumière (rouge, vert, jaune et orange) quand elle est passante. Pour une LED rouge, la tension de seuil est 1.5V et un courant de 10mA donne une intensité lumineuse de signalisation satisfaisante.



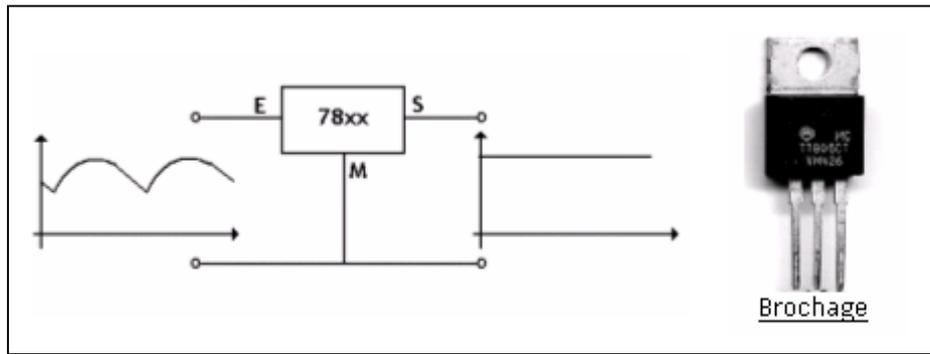
### 2.3. Filtrage :

Cette fonction est réalisée par un condensateur. Le condensateur en se chargeant et en se déchargeant diminue l'ondulation du signal redressé ;  $R_c$  étant la résistance de charge :



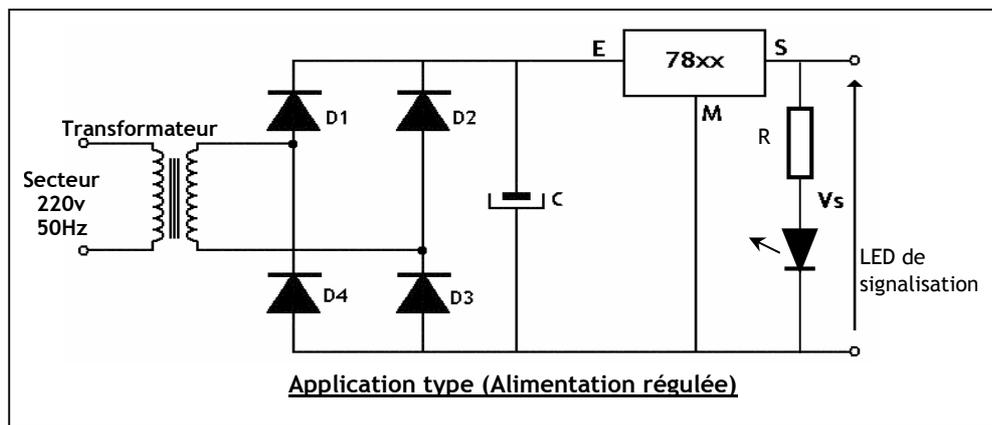
## 2.4. Régulation :

La régulation est la fonction qui permet d'avoir une tension hautement continue à partir d'une tension ondulée comme issue du condensateur ci-dessus. Elle est assurée par le régulateur intégré qui est un composant électronique généralement à trois broches.



Dans la pratique, la famille des régulateurs de type 78xx est la plus utilisée. Un régulateur de cette famille délivre une tension constante à ses bornes de sortie égale à xx V.

Exemples :  
7805 : tension à la sortie égale à +5V.  
7812 : tension à la sortie égale à +12V.



## EXERCICE RESOLU

On suppose qu'on a une alimentation à base du régulateur 7805. Calculer la résistance de protection de la LED de signalisation de la présence de la tension de sortie du régulateur (5V).

### CORRIGE :

$$U_R = 5 - U_{LED} = 5 - 1.5 = 3.5V ; I_{LED} = I_R = 10mA \rightarrow R = U_R / I_R = 350 \Omega.$$

La valeur normalisée la plus proche dans la série E12 est 330  $\Omega$ .

$$P_R = U_R \cdot I_R = 3.5 \times 0.01 = 35 \text{ mW}.$$

Les puissances normalisées sont : 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W, etc. On retient alors 1/8W. Le choix final est :

**330  $\Omega$  - 1/8W**

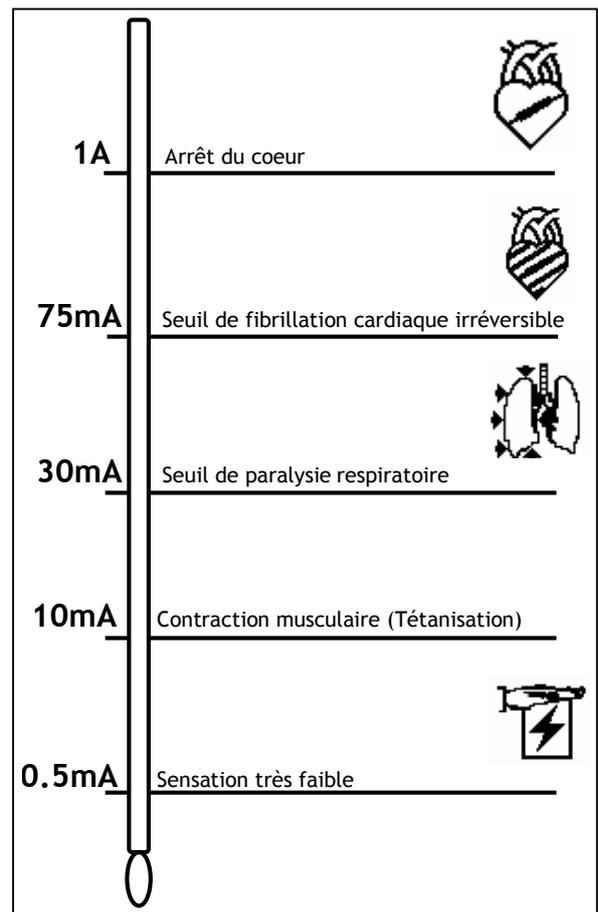
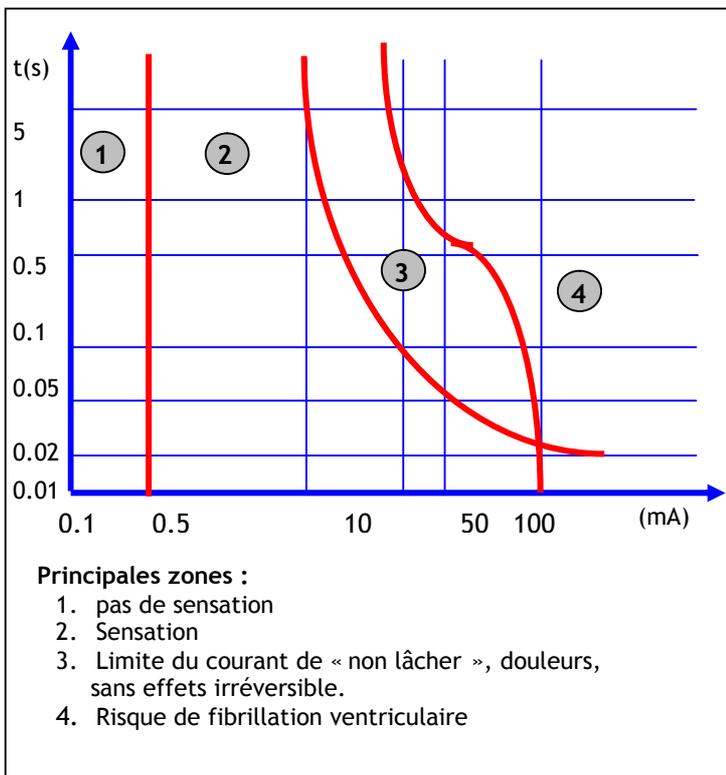
# SECURITE DES BIENS ET DES PERSONNES

## INTRODUCTION :

L'utilisation de l'électricité peut présenter des risques d'électrocution et aussi des risques d'incendie. En effet le courant électrique a des effets physiques sur le corps ; ceci peut se produire avec un contact direct ou indirect avec un conducteur sous tension. Il convient alors de prendre les mesures de sécurité nécessaires pour protéger les biens et les personnes.

## 1. EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU COURANT ELECTRIQUE

Le passage du courant affecte essentiellement les fonctions respiratoires et circulatoires ; il provoque également des brûlures. La gravité du danger est fonction de l'intensité du courant qui parcourt le corps, de son trajet, et du temps de passage :



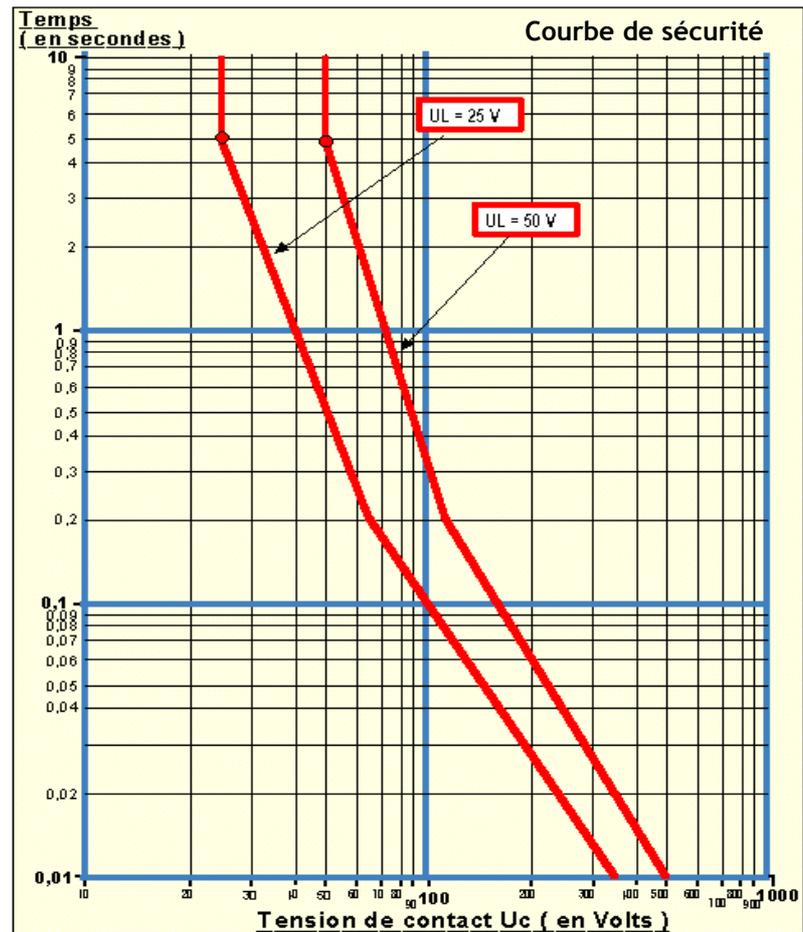
Effet du courant électrique sur le corps humain

## 2. TENSION LIMITE DE SECURITE

Selon le type de local, on définit deux types de tension de sécurité, 25V pour les locaux humides et 50V pour les locaux secs. Ces tensions dites non dangereuses écoulent dans le corps humain un courant inférieur à 30 mA (seuil de paralysie respiratoire). Le danger du courant électrique étant fonction de sa durée de passage. Sur la figure suivante on représente le temps de coupure maximal du dispositif de protection en fonction de la tension de défaut.

### Exemple :

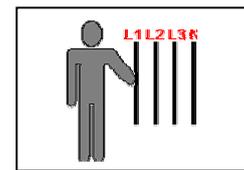
Lors d'un défaut dans un *local sec* ( $U_c = 50 \text{ V}$ ), si la tension de contact vaut 120 V, le dispositif de protection doit couper le circuit en moins de **0,2 secondes**.



## 3. CONTACT DIRECT ET INDIRECT ET PROTECTION ASSOCIEE :

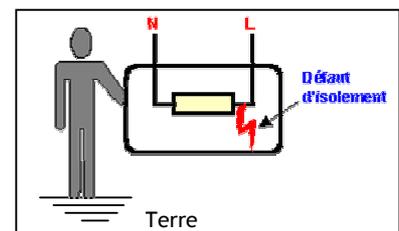
### 3.1- Contact direct :

C'est le contact des personnes avec les parties actives des matériels électriques, conducteurs ou pièces sous tension.



### 3.2- Contact indirect :

Contact des personnes avec des masses mises accidentellement sous tension généralement suite à un défaut d'isolement.

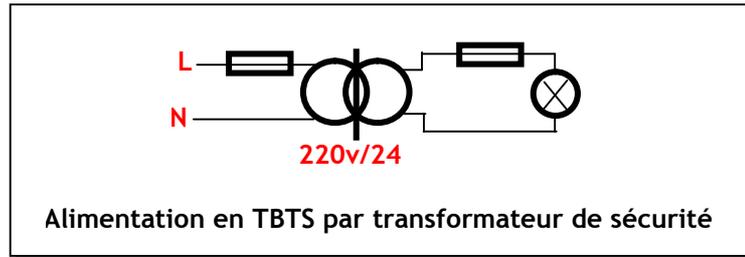


### 3.3- Protection contre les contacts directs :

Les principales mesures de protection contre les contacts directs sont :

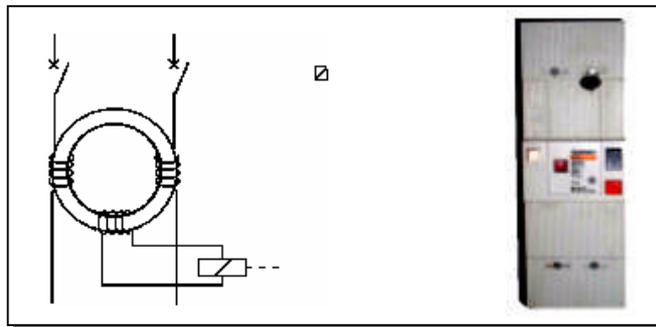
- L'isolation des parties actives du matériel électrique (gaine, cache bornes, etc.).
- La protection au moyen d'enveloppes et de barrières (coffrets, tableaux, etc.) qui permettent de rendre le matériel électrique inaccessible.
- Mise hors de portée, par éloignement : C'est le cas des lignes aériennes à haute tension et basse tension.

- L'utilisation de la TBTS (Très Basse Tension de Sécurité : inférieure à 25 V). Cette mesure consiste à alimenter des circuits sous très basse tension fournie par un transformateur de sécurité.



### 3.4. Protection contre les contacts indirects

En cas de défaut d'isolement, il faut couper automatiquement l'alimentation du circuit présentant le défaut. Pour mettre en oeuvre cette mesure, on utilise en général le DDR (Disjoncteur Différentiel à courant Résiduel) ; le principe d'un tel dispositif est de détecter le courant de défaut qui passe à travers la terre et ouvre le circuit, ce qui offre une protection des biens et des personnes.



## EXERCICE RESOLU

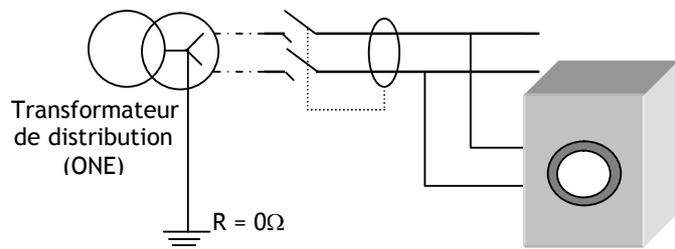
Dans un atelier, la tension limite de sécurité  $U_L = 12 \text{ V}$ . On a mesuré une résistance de prise de terre de  $40\Omega$ . Quel doit être le calibre du disjoncteur différentiel ?.

### CORRIGE :

On sait que  $U_L \geq R \times I_r$  d'où  $I_r \leq U_L/R = 0,3\text{A}$  soit  $I_r=300\text{mA}$ .

## EXERCICE NON RESOLU

Une machine à laver est alimentée par une prise de courant bifilaire (phase et neutre) sans prise de terre. Lors d'un défaut d'isolement la ligne de phase touche la carcasse.



1. Est-ce que le disjoncteur différentiel peut détecter le défaut ?.
2. Quels sont les dangers prévisibles dans cette situation ?
3. pour quelle tension limite  $U_L$  vous optez dans cette situation ?
4. On installe une prise de terre dont la résistance peut prendre des valeurs entre 30 et  $50\Omega$ . Proposer un réglage du disjoncteur différentiel pour que la protection soit optimale.

# L'ENERGIE PNEUMATIQUE

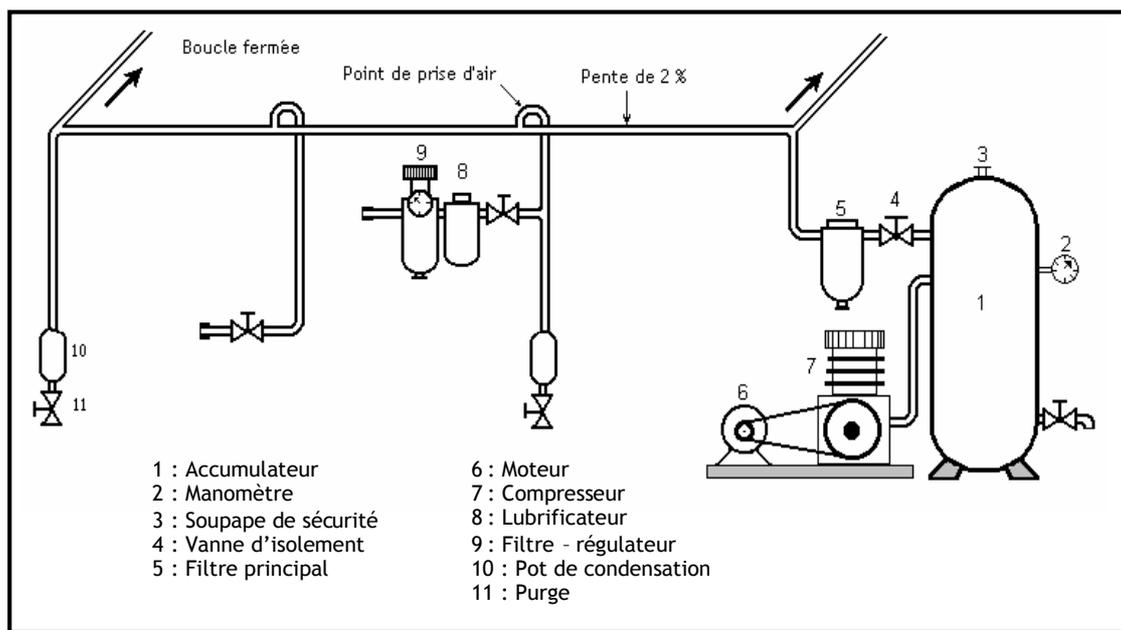
## INTRODUCTION :

L'énergie pneumatique est couramment utilisée dans la partie opérative d'un système automatisé ; la source de cette énergie est l'air comprimé. La production de l'énergie pneumatique (air comprimé) peut être résumée en 3 phases principales : la compression, stockage et distribution de l'air comprimé.

## 1. Constitution d'une installation pneumatique:

Une installation pneumatique est composée de :

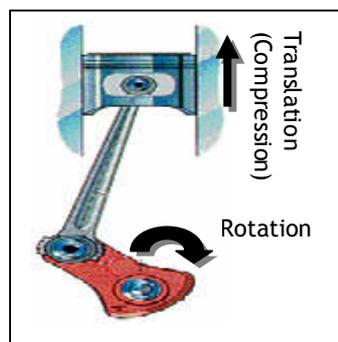
1. un générateur d'air comprimé (compresseur)
2. un réservoir de capacité proportionnelle au débit de l'installation
3. un réseau de canalisations
4. des appareils auxiliaires assurant diverses fonctions :
  - réglage des caractéristiques de l'air : détendeur, régulateur de pression, etc.
  - conditionnement de l'air : filtre, lubrificateur, etc.
  - contrôle et sécurité : manomètre, soupape, etc.



## 2. Production de l'énergie pneumatique :

### 2.1. Compression de l'air :

Un compresseur (7), entraîné par un moteur (6), aspire et comprime l'air ambiant et l'accumule dans un réservoir (accumulateur).



## 2.2- Stockage :

L'accumulateur (1) stocke l'air comprimé issu du compresseur et évite ainsi de faire fonctionner le moteur tout le temps. Il permet en plus de compenser les variations de pression. Pour des raisons de sécurité, l'accumulateur comporte :

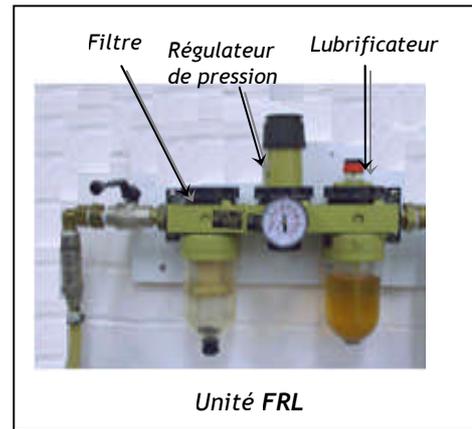
- une vanne d'isolement
- un robinet de purge,
- un manomètre.



## 2.3- Distribution :

La distribution de l'air comprimé s'effectue par un réseau de canalisations et différents piquages servant de point d'accès à ce réseau pneumatique. Un groupe de conditionnement y est installé afin de filtrer et de lubrifier l'air comprimé:

- **un filtre** : pour assécher l'air et filtrer les poussières.
- **un mano-régulateur** : pour régler et réguler la pression de l'air.
- **un lubrificateur** : pour éviter la corrosion et à améliorer le glissement.

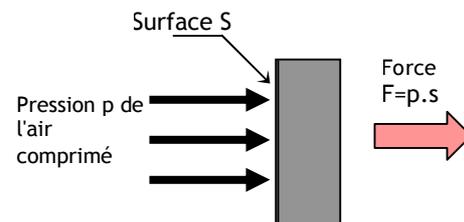


## 3. PRINCIPES PHYSIQUES :

La force mécanique produite par l'énergie pneumatique est liée à la pression par la relation :

$$F = p \cdot S$$

- F est la force résultante en Newton
- p est la pression en Pascals (Pa)
- S est la surface en m<sup>2</sup>.



Le pascal étant trop petit pour les pressions utilisées dans l'industrie, on utilise souvent le bar :

- **1 bar = 10<sup>5</sup> Pa.**
- **1 bar = 100000 N/m<sup>2</sup>**

Dans une installation pneumatique on se limite à une pression de 6 à 10 bar.