

I. Conversion énergie électrique en énergie lumineuse

Cette conversion, appelée aussi éclairage, consiste en une transformation de l'énergie électrique en rayonnement lumineux. Elle se produit :

- par incandescence
- par fluorescence
- par luminescence

I.1. Conversion par incandescence

I.1.1. Principe

Un filament métallique formant résistance électrique est parcouru par un courant électrique.

L'énergie électrique est transformée en énergie calorifique ; du fait de la haute température, il y a production d'énergie lumineuse. Pour éviter la détérioration du filament on place celui-ci à l'abri de l'oxygène de l'air dans une ampoule contenant un gaz inerte (Argon, Krypton).

I.1.2. Ampoule classique

I.1.2.1. Constitution générale

a) Filament

Après avoir utilisé du carbone qui permettait une température du filament de 1800°C, on a utilisé du tantale (2000°C) puis du tungstène (de 2250 à 2400°C) en double spiralage.

b) Arrivées de courant

Dans le pied de la lampe, on utilise du cuivre ainsi qu'à l'extérieur de l'ampoule, vers le culot.

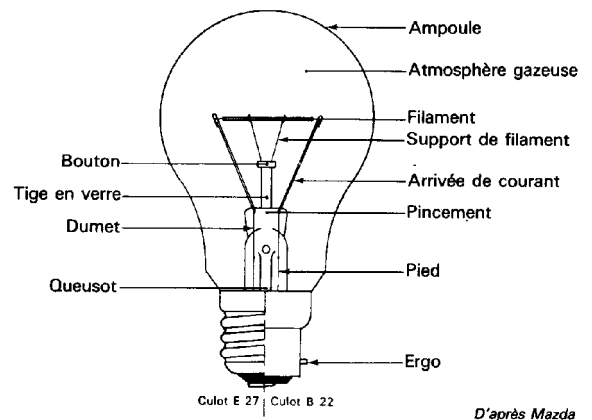
Dans la traversée du pincement, on utilise un alliage de ferro-nickel cuivré (dumet) dont la propriété est d'avoir le même coefficient de dilatation que le verre.

c) Verre et atmosphère

Le rôle de l'ampoule est à la fois de contenir l'atmosphère de la lampe, de diminuer la luminescence de la source, d'apporter une forme décorative.

d) Culot

Il permet d'assurer la liaison électrique avec l'alimentation en énergie et de fixer la lampe dans son support. On distingue les culots à vis, les culots à baïonnette et les culots lisses.



I.1.2.2. Désignation d'une lampe

Elle doit comprendre :

a) La puissance

En watts : 15 - 25 - 40 - 60 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 1000.

b) La tension

En volts : en général 220 V ; tension particulière : 24/27 - 115/120 - 135/140 - 240 - 250 V.

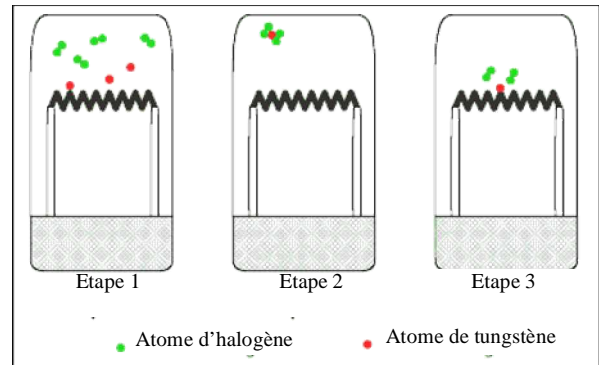
c) Le type de culot : ils sont normalisés.

d) La forme de l'ampoule : éventuellement le revêtement.

1.1.3. Lampes à iode (halogène)

1.1.3.1. Principe

La vaporisation du tungstène du filament (due à la forte température) libère des molécules de tungstène (1) qui se combine à des molécules d'iode (2) et forme un iodure de tungstène (dans une zone plus froide de l'ampoule, près de l'enveloppe). Portée à une température supérieure à 2000 °C, cette molécule se décompose en libérant le tungstène qui se redépote sur le filament (3).



1.1.3.2. Caractéristiques des lampes aux halogènes

- Efficacité lumineuse supérieurs aux lampes à incandescence
- Flux lumineux constant dans le temps
- Absence de noircissement de la paroi de la lampe
- Durée de vie double de l'incandescence normale

1.2. Conversion d'énergie par fluorescence

1.2.1. Principe de la fluorescence

L'éclairage par fluorescence associe la décharge électrique dans un gaz (luminescence) et la production de lumière par la fluorescence

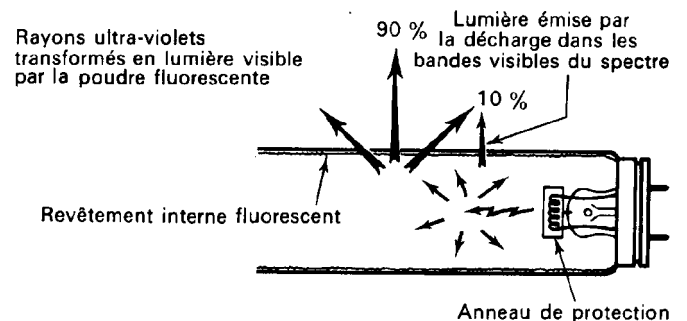
Un corps est dit fluorescent lorsque, frappé par certaines radiations, il les absorbe et restitue des radiations de plus grandes longueurs d'onde.

1.2.2. Amorçage du tube

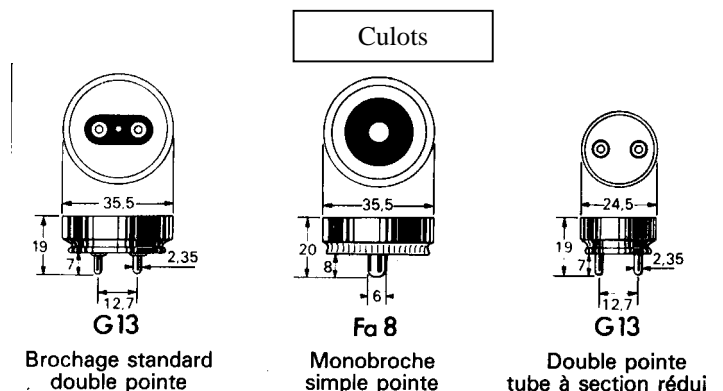
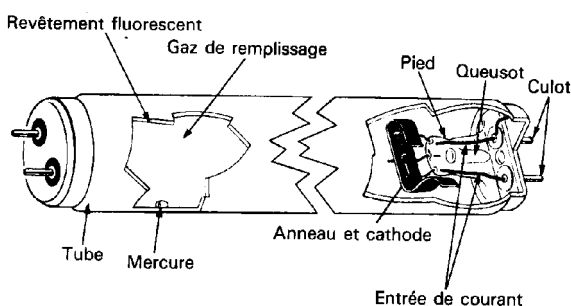
On provoque une décharge électrique dans un tube contenant de l'argon et une très faible quantité de mercure. Elle entraîne l'ionisation du gaz, qui entraîne à son tour la vaporisation du mercure. C'est la phase d'amorçage du tube. Elle nécessite une tension assez élevée.

1.2.3. Production de la lumière

Une fois l'ionisation réalisée, une tension plus faible suffit pour entretenir le déplacement des électrons dans le tube, de la cathode vers l'anode. Sur leur parcours, les électrons entrent en collision avec les atomes de mercure. Chaque collision libère des photons, qui donnent des rayons ultraviolets, invisibles. Aussi l'intérieur du tube est-il tapissé de poudres fluorescentes qui, excitées par les rayons ultraviolets, vont émettre la majeure partie de la lumière utile.



1.2.4. Constitution d'un tube fluorescent.



a) Cathodes

Elles sont constituées par un fil de tungstène trispiralé et enduites de substances alcalinoterreuses qui favorisent l'émission des électrons.

b) Tube.

Il contient de l'argon qui s'ionise très rapidement, s'échauffe instantanément et provoque la vaporisation du mercure. Le revêtement du tube est un mélange de sels minéraux fluorescents dont la structure moléculaire est ordonnée et qui se présente sous forme de poudre en cristaux de quelques microns

c) Culots.

Les culots sont normalisés selon les figures ci-dessous pour 1 culots les plus courants.

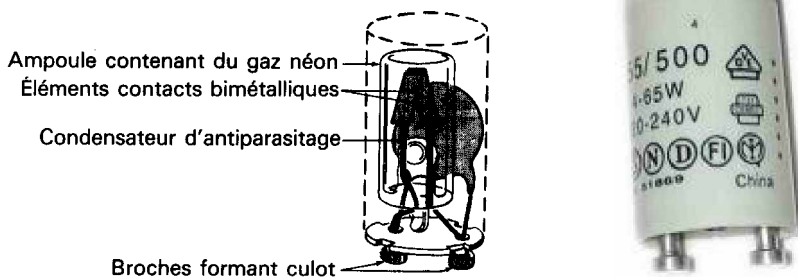
d) Alimentation du tube : stabilisation.

La décharge électrique alimentée par le courant électrique provoquerait aussitôt amorcée un court-circuit si une résistance ou impédance de stabilisation n'était pas intercalée entre la source du courant et le tube, c'est le ballast.

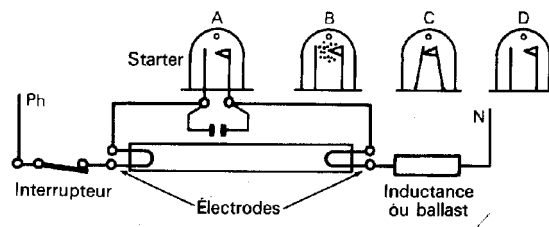
e) Starter.

Le starter a pour but, en fermant le circuit des filaments, d'assurer le chauffage des cathodes pour les rendre très émissives pendant un court instant.

- **Constitution**



- **Analyse détaillée du fonctionnement.**



- Au repos le starter est ouvert
- On ferme l'interrupteur, la tension secteur se trouve appliquée aux bornes du starter, le néon qui s'ionise à partir de 80 à 120 V devient conducteur. Le starter s'allume.
- Le starter allumé, la chaleur dégagée par cette décharge déforme les électrodes bimétalliques qui viennent en contact. A ce moment la lueur disparaît. D'autre part, le courant s'établit par le starter, les deux électrodes montées en série avec l'inductance s'échauffent et deviennent émissives (circuit en rouge).
- Les électrodes bimétalliques du starter se refroidissent et se séparent brutalement en reprenant leur position initiale. Cette coupure entraîne une surtension aux bornes de l'inductance, permettant l'amorçage de la lampe ; le courant s'établit dans le tube. La tension aux bornes du starter devient alors la tension d'arc de la lampe, de l'ordre de 12 à 20 V qui est insuffisante pour provoquer l'ionisation du néon dans le starter.

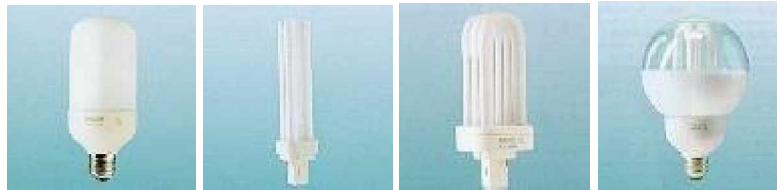
1.2.5. Désignation d'un tube fluorescent.

Un tube fluorescent est indissociable de son appareillage et il faut bien tenir compte des éléments suivants :

- Puissance électrique. Elle est directement liée à la long du tube : **18W-0,60m; 36W-1,20m; 58W-1,50m.**
- Teinte de couleur. Blanc confort, Blanc soleil, etc.
- Nature du dispositif d'allumage : Avec starter ou bande d'amorçage extérieure ou inférieure.
- Culot : 1 ou 2 broches.
- Forme du tube : droit, circulaire, en U, miniature.

I.2.6. Lampe fluocompacte

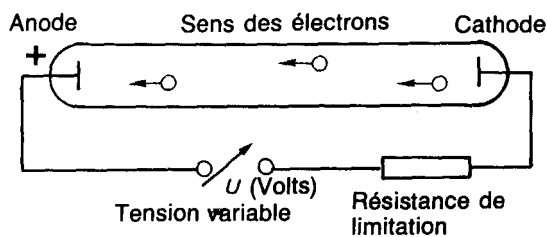
Une lampe fluocompacte fonctionne comme un tube fluorescent mais le tube est replié de manière à la rendre plus compacte.



I.3. Luminescence

I.3.1. Principe

Dans un tube comportant un gaz à faible pression, on dispose deux électrodes. En appliquant entre les électrodes une forte différence de potentiel, on constate l'apparition d'une lueur à l'intérieur du tube. C'est le phénomène de luminescence.

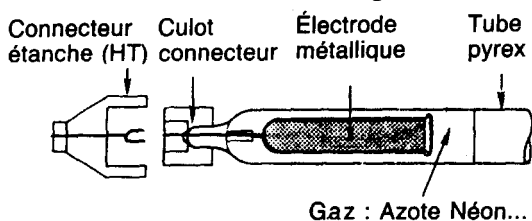


Décharge lumineuse dans un tube.

L'ionisation du gaz produit des radiations lumineuses visibles. On est en régime de décharge lumineuse. La cathode reste froide.

I.3.2. Constitution

Ces tubes sont surtout utilisés pour les enseignes lumineuses et la décoration.



Coupe d'une extrémité de tube lumineux

Gaz	Couleur
Néon pur	Rouge
Argon pur	Bleuâtre
Vapeur mercure	Bleue
Hélium	Blanche

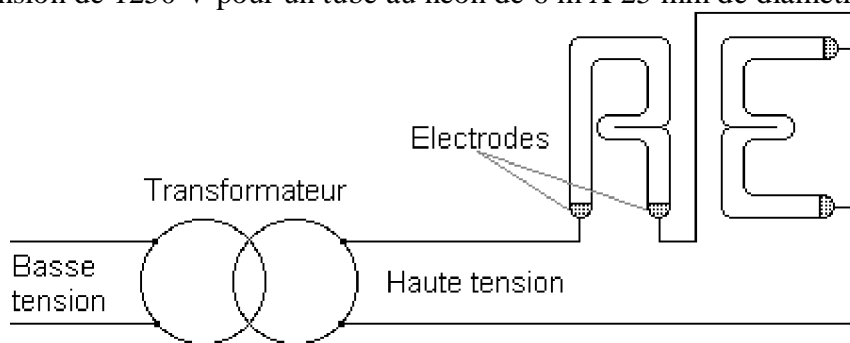
La couleur varie selon la nature du gaz (tableau ci-contre).

Pour que le gaz contenu dans le tube soit lumineux, il faut maintenir entre les électrodes une tension élevée. L'alimentation du tube se fait en courant alternatif haute tension à l'aide d'un transformateur spécial : transformateur à fuite.

Le courant traversant le tube est faible : de 20 à 100mA.

La tension nécessaire varie avec la nature du gaz, la longueur et le diamètre du tube. Elle est comprise entre 500 et 10000V.

Exemple : tension de 1250 V pour un tube au néon de 6 m X 25 mm de diamètre.



Les électrodes et la colonne gazeuse luminescente restent à température assez basse : d'où le nom de tube à cathode froide.

II. Conversion énergie électrique en énergie thermique

II.1. Principe

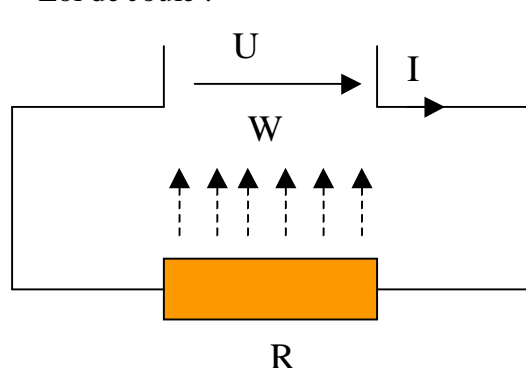
Cette conversion, appelée aussi chauffage, consiste en une transformation de l'énergie électrique en chaleur. Elle est facilement sans combustion, sans fumée ; sa régulation en température est souple et précise.

Conversion de l'électricité

Rappels d'électrotechnique

La conversion de l'énergie électrique s'effectue, par effet Joule, dans une résistance traversée par un courant électrique

Loi de Joule :



$$W = U I t = R I^2 t$$

Avec :

- W : énergie [J]
- U : Tension [V]
- I : Courant [A]
- T : Temps de passage du courant [s]
- R : résistance [Ω]

II.2. Grandeurs en énergie thermique

La correspondance entre l'énergie électrique en joule et l'énergie thermique est donnée par la relation :

$$1 \text{ calorie [cal]} = 4,186 \text{ joules [J]}$$

La calorie représente la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 g d'eau

Multiples :

1 kilocalorie [kcal] = 10^3 calories
1 thermie [th] = 10^6 calories
1 calorie = 1 microthermie [μ th]

Autres unités :

Le wattheure 1 Wh = 3600 J
Le kilowattheure 1 kWh = 10^3 Wh

II.3. Résistance électrique

C'est dans la résistance électrique que s'effectue la transformation de l'énergie électrique en chaleur. Le calcul de la résistance s'effectue, en général, à partir de la puissance à obtenir et de la tension du réseau. A partir des relations :

$$P = U I$$

$$U = R I$$

On a donc : $R = \frac{U^2}{P}$

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Avec :

- P : Puissance dissipée [W]
- L : longueur du fil [m]
- S : section du fil [m²]
- ρ : résistivité du fil [Ωm] ou [Ω.mm².m⁻¹]

II.4. Matériaux résistants.

Le matériau résistant est l'organe actif qui transforme le courant électrique en chaleur.

Les matériaux utilisés doivent avoir :

- une résistivité plus élevée que les conducteurs ;
- un coefficient de température assez faible ;
- une température de fusion élevée ;
- une inoxydabilité à haute température

Diamètre des fils normalisés.

0,14- 0,16-0,18- 0,20- 0,224- 0,250- 0,280- 0,315- 0,355- 0,400 - 0,450 - 0,500 - 0,560 - 0,630 - 0,710 - 0,800 - 0,900 - 1,00 - 1,12 -1,25- 1,40-1,60- 1,80- 2,00- 2,24- 2,50- 2,80- 3,15- 3,55- 4,00.

Tableau : Alliage pour résistances électriques

Marques	Composition type	Caractéristiques types			Observations et principaux emplois
		Résistivité μΩ-cm à 15°C	Température limite d'emploi (°C)	Coefficient de thermo- résistivité x 10 ⁻³	
Superimphy	Ni 80 - Cr 20	109	1 200	0,015	Fours de traitement - Chauffage aux températures levées - Appareils ménagers - Résistances de mesure - Radiateurs lumineux
Carbimphy	Ni 45 - Cr 25 Fe solde	112	1 150	0,12	Fours de traitement (résistances spécialement étudiées pour les atmosphères réductrices, carburantes ou faiblement sulfureuses) - Shunts Radiateurs - Bougies d'allumage
RNC. 1	Ni 30 - Cr 20 Fe solde	104	1 100	0,27	Chauffage à température moyenne
RNC. 0	Ni 12 - Cr 12 Fe solde	74	600	0,8	Rhéostats de démarrage

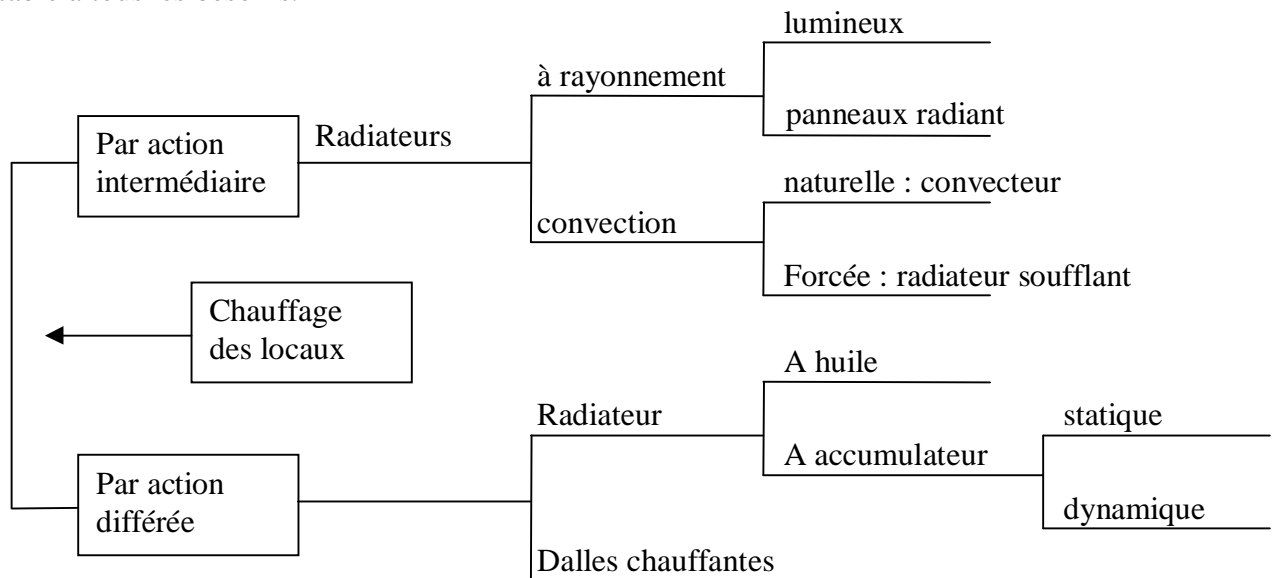
II.5. Transmission de la chaleur

La chaleur se transmet toujours du point le plus chaud vers le point le plus froid. Selon que l'on a des solides, des liquides ou des gaz, la transmission peut se faire par conduction, par convection, par rayonnement.

II.6. Appareils et procédés de chauffage

II.6.1. Chauffage des locaux

Le développement du chauffage électrique des locaux a donné naissance à une grande variété d'appareils adaptable à tous les besoins.



II.6.2. Chauffage industriel

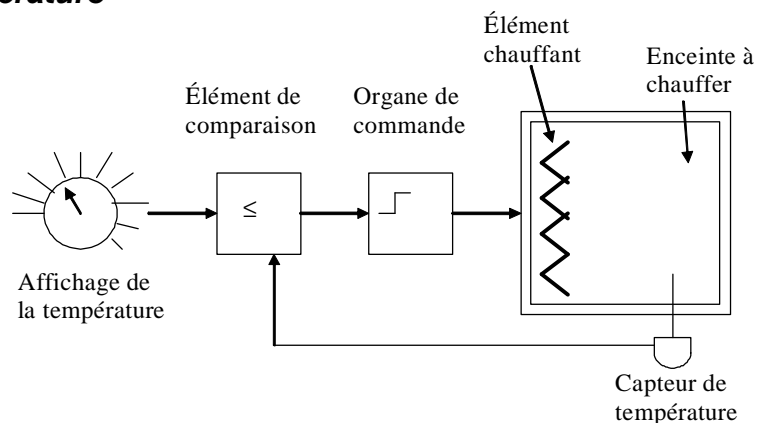
Les principaux procédés de chauffage industriels sont :

- Par résistance, directe ou indirecte
- Par arc électrique
- Par induction
- Diélectrique
- Par rayonnement infrarouge

II.6.3. Contrôle et régulation de la température

II.6.3.1. Principe général

La régulation de température consiste à amener une grandeur physique (température) à une valeur prédéterminée (consigne) et à la maintenir à cette valeur



II.6.3.2. Régulation Tout ou Rien (T.O.R.)

La régulation T.O.R. s'effectue en coupant le circuit dès que l'on atteint la température de consigne. Lorsque la température redescend en dessous de cette valeur, on rétablit le circuit.

II.6.3.3. Régulation continue

A chaque instant, on contrôle la température et on la compare à une valeur de consigne. Selon l'écart détecté, on règle l'intensité de chauffage, de façon à obtenir, en permanence, la température affichée.

II.6.4. Commande des appareils de chauffage

II.6.4.1. Schémas des commutateurs

Les commutateurs rotatifs permettent de commander plusieurs circuits selon un ordre prédéterminé. Ils sont caractérisés essentiellement par

- un nombre de positions ;
- des contacts qui assurent pour chaque position la commutation de circuits.

II.6.4.2. Tableau de commutation

Soit un commutateur à quatre positions qui réalise trois circuits, on aura le tableau ci-dessous.

POSITIONS	0	1	2	3
CONTACTS				
P1 1				
P1 2				
P2 1				

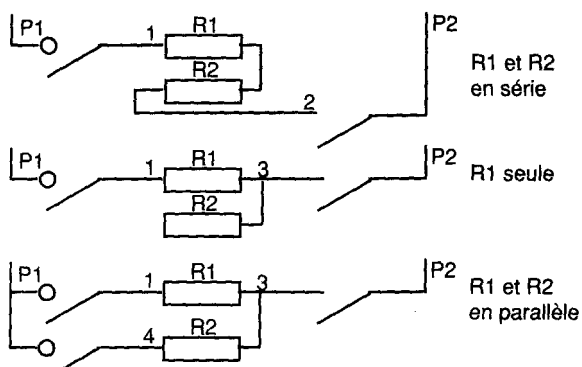
- Le contact P1- aux positions 1 et 3 ;
 - le contact P1-2 est fermé à la position 2 et
 - le contact P2-1 est fermé aux positions 2 et 3.
- La position 0 correspond à l'arrêt : tous les contacts sont ouverts.

II.6.4.3. Couplage de résistances

Soit à coupler deux résistances de 20 Ω pour obtenir trois allures de chauffe :

- position 0 : arrêt ;
- position 1 : résistances R_1 en série avec R_2 ;
- position 2 : résistance R_1 seule ;
- position 3 : résistances R_1 et R_2 en parallèle.

Il faut réaliser les schémas suivants



D'où le tableau de commutation

POSITIONS	0	1	2	3
P1 1				
P1 4				
P2 2				
P2 3				

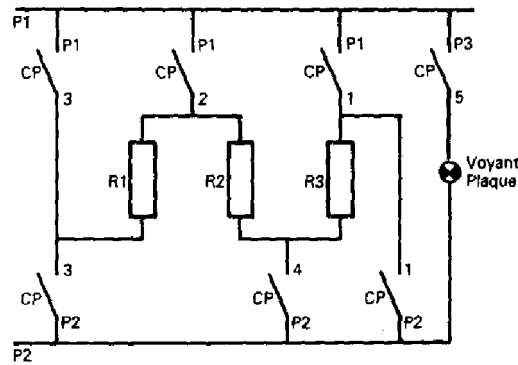
II.6.4.4. Exemple de plaque chauffante

a. Fonctions à réaliser

Pour obtenir six allures de chauffe, on réalise le couplage de trois résistances R_1 , R_2 , R_3 , selon les positions :

- 0 : arrêt
- 1 : R_1 , R_2 , R_3 en série
- 2 : R_1 , R_2 en série
- 3 : R_2 seule
- 4 : R_1 seule
- 5 : R_1 et R_2 en parallèle
- 6 : R_1 , R_2 , R_3 en parallèle

b. Schéma développé



c. Tableau de commutation

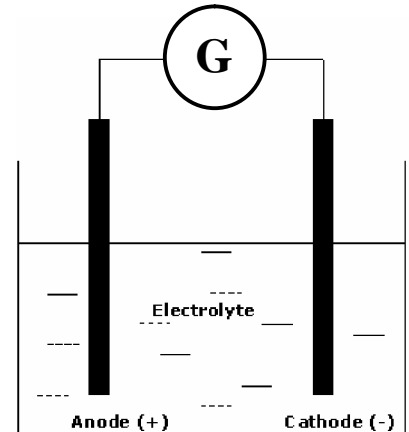
Commutateur à 7 positions							
Positions	0	1	2	3	4	5	6
Contacts		$R_1.R_2.R_3$	$R_1.R_2$	R_2	R_1	R_1+R_2	$R_1+R_2+R_3$
P3 — 5							
P1 — 2							
P1 — 1							
P1 — 3							
P2 — 3							
P2 — 1							
P2 — 4							

III. Conversion énergie électrique en énergie chimique

III.1. Définition et principe

Cette conversion, appelée aussi électrolyse, est un processus d'échange au cours duquel l'énergie électrique est transformée en énergie chimique. La réaction a lieu dans une solution : l'électrolyte.

Les ions doivent pouvoir circuler librement dans l'électrolyte pour passer d'une électrode à l'autre. Les deux électrodes sont reliées par l'électrolyte et par un générateur de courant électrique.



III.2. Applications

Une application très courante de l'électrolyse est la recharge de l'accumulateur.

Un accumulateur est capable de fonctionner en pile (décharge) ou en électrolyseur (charge). Dans un accumulateur, les réactions aux électrodes sont inversables : les réactions traduisant la charge et la décharge sont inverses l'une de l'autre.

Lors de certaines électrolyses, un dépôt métallique peut se former sur une électrode. Ce phénomène est utilisé dans l'industrie pour :

- la purification de métaux (L'électroraffinage du cuivre),
- le revêtement métallique d'objets pour les protéger de la corrosion ou les décorer (La galvanostégie),
- la reproduction d'objets comme les CD (La galvanoplastie)...