

Lycée technique Mohammedia

www.9alami.com

Sciences de l'ingénieur

Module A.D.C

Cours

Année scolaire : 2014-2015

Nom :

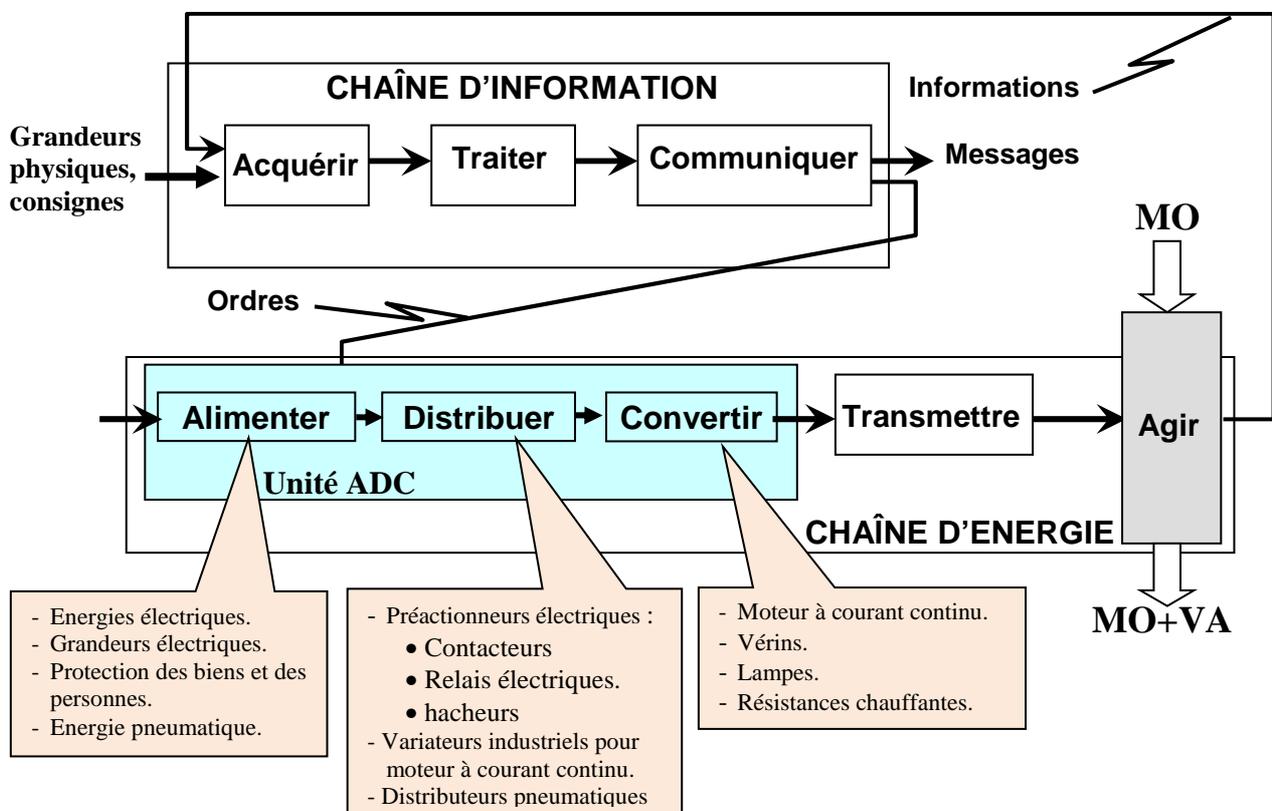
Classe : 1 STE 1

I. Présentation

Pour agir sur la matière d'œuvre, un système automatisé a besoin *d'énergie*, qui subira de nombreux traitements pour être adaptés à la nature de *l'action* sur la matière d'œuvre.

L'unité **ADC** traite donc de ces aspects qui peuvent être modélisés par *les fonctions génériques*, c'est à dire qui s'appliquent sur la plupart des systèmes ; il s'agit des fonctions :

- *Alimenter* ;
- *Distribuer* ;
- *Convertir* ;



I. Présentation

Alimenter c'est fournir au système l'énergie dont il a besoin pour fonctionner. Les types d'énergie :

- Energie *électrique*
- Energie *pneumatique*
- Energie *mécanique*

II. Energie primaire et secondaire

L'énergie primaire est l'énergie brute avant transformation ;

L'électricité (Energie) est obtenue principalement à partir du charbon, de l'énergie hydraulique et de l'énergie nucléaire.

II. Energie électrique

L'énergie électrique se distingue des autres formes d'énergie :

- par la **facilité de la**, de modifier ses caractéristiques (tension, courant) pour l'adapter aux nécessités du transport ou de l'emploi.
- par l'**impossibilité de la**, d'où la nécessité d'ajuster constamment la production à la consommation.

III. Différentes sources de production de l'énergie électrique

Différents types de centrales

Centrales	Energie primaire
Hydrauliques	Chute de
Thermiques	Combustion,
Nucléaires
Éoliennes

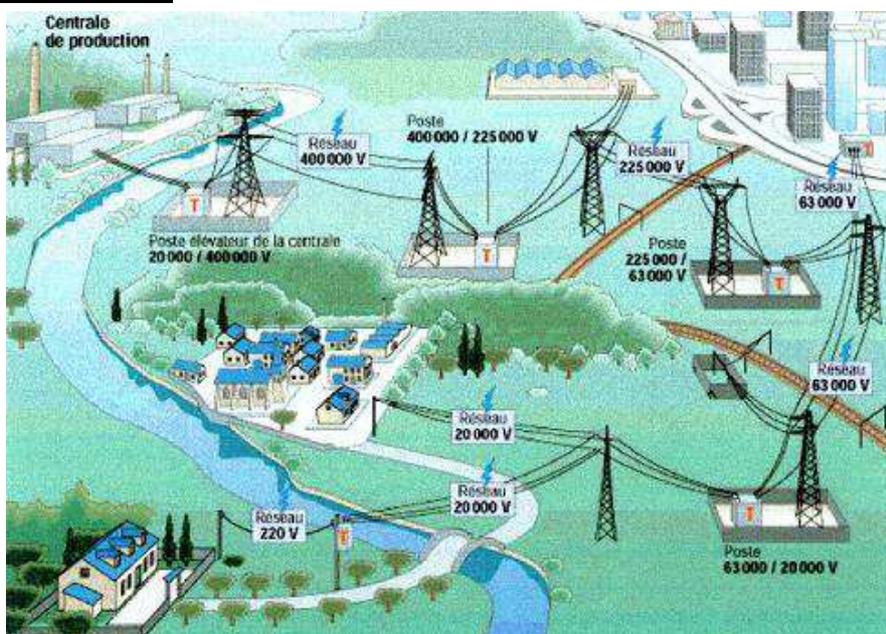
Unité de mesure

L'unité de mesure de la **quantité d'énergie électrique** est le (Wh). Pour une installation domestique on parle plus de kilowattheure (KWh).

Exemple : 1 four électrique d'une puissance de 1000 W, qui fonctionne 1 heure consomme 1000Wh ou 1KWh.

IV. Réseau national

1. topologie du réseau



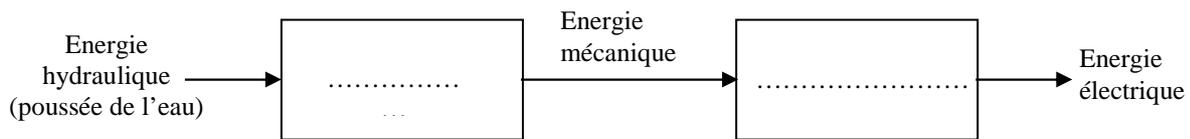
On appelle réseau électrique l'ensemble des infrastructures permettant d'..... l'énergie électrique des centrales de production, vers les consommateurs d'électricité.

A la sortie de la centrale, un premier poste de transformation (*poste*) augmente la tension à **400 KV**. Ceci permet de les pertes d'énergie pendant le transport. Près du point de livraison, un deuxième poste de transformation (*poste*) fait l'opération inverse : il abaisse la tension pour la mettre aux normes du réseau domestique ou industriel.

Pour satisfaire sa mission de service public, **ONE** se doit de garantir *une électricité* de qualité à l'ensemble de ses *clients*, tous les jours de l'année et en tout point du territoire

2. Centrales hydrauliques

Principe de fonctionnement



La puissance **P** que met en jeu une chute d'eau, d'une hauteur **h** et d'un débit **q** est donnée par :

$$P = 9,81 \cdot q \cdot h$$

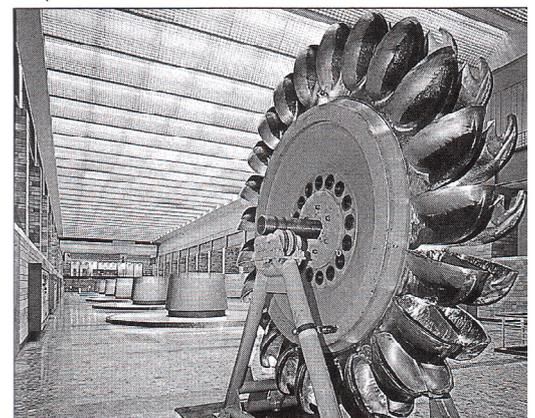
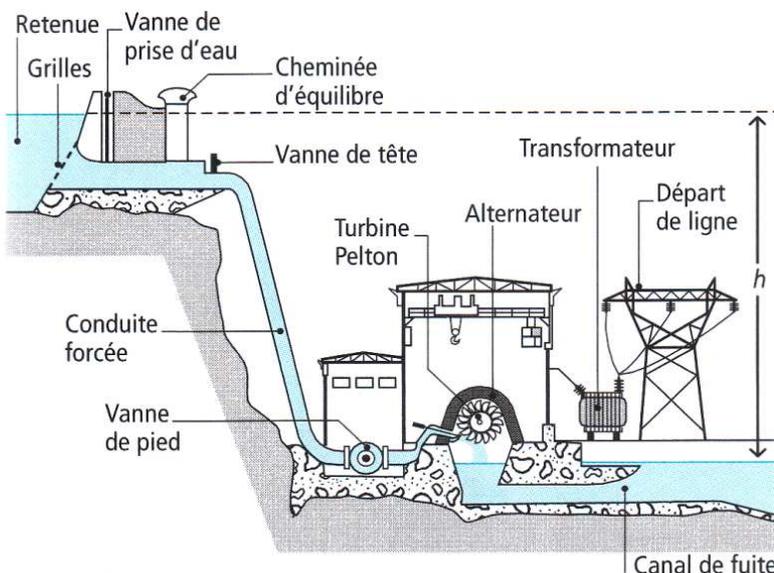
Puissance en KW
Hauteur de chute en m
Débit en m³/s

Différentes centrales hydrauliques

Centrale	Hauteur de chute	Turbine	Situation de la centrale
Haute chute	$h > 200 \text{ m}$	à quelques km de la prise d'eau
Moyenne chute	$30 \text{ m} < h < 200 \text{ m}$	implantée dans le barrage
Basse chute ou fil de l'eau	$h < 30 \text{ m}$	implantée au fil de l'eau

Les hautes chutes : $h > 200\text{m}$:

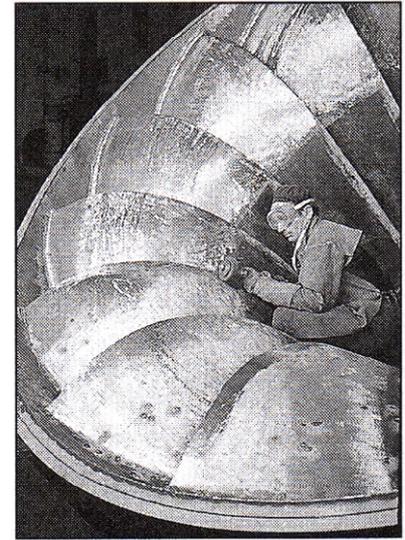
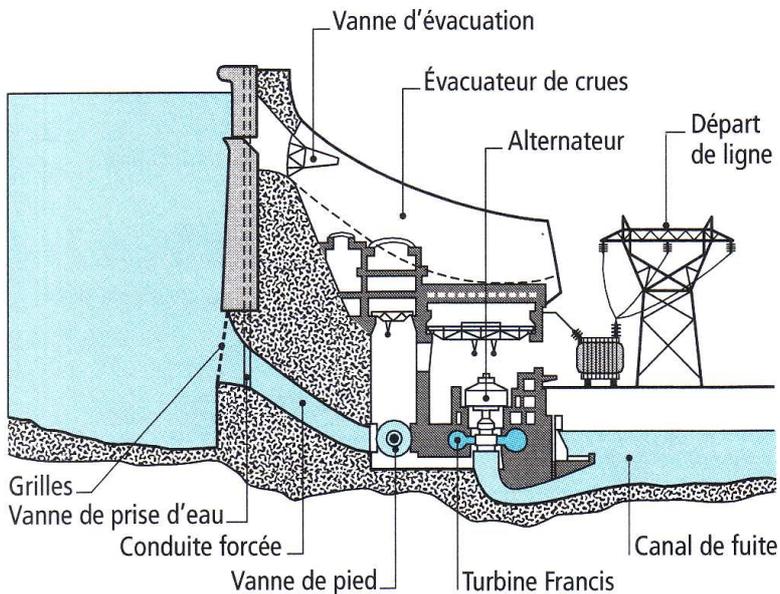
Elles sont situées en montagne. L'alimentation en eau des turbines s'effectue grâce à une conduite forcée. L'énergie produite par ces centrales sert généralement aux heures de pointe, du fait de la rapidité de sa mise en production. Les turbines utilisées sont de type Pelton.



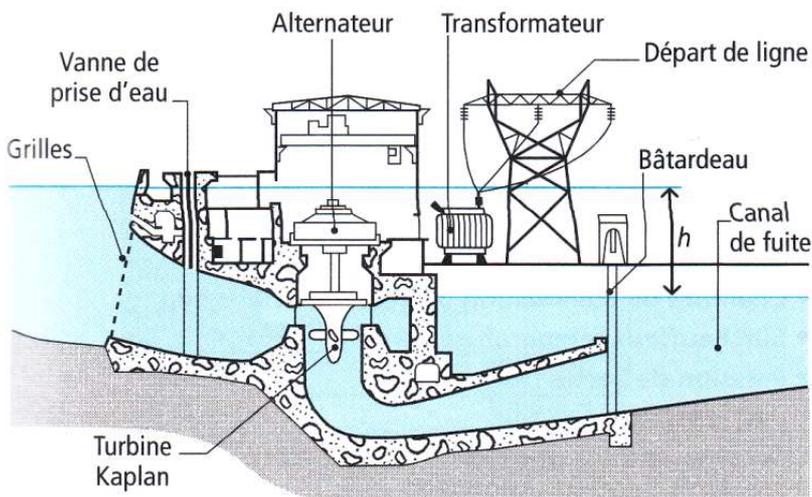
Turbine Pelton

Les moyennes chutes : $30m < h < 200m$

Elles sont situées en moyenne montagne. L'énergie produite par ces centrales sert à la régulation quotidienne ou hebdomadaire de la production. Elle utilise des turbines de types Francis

**Turbine Francis****Les basses chutes : $h < 30m$**

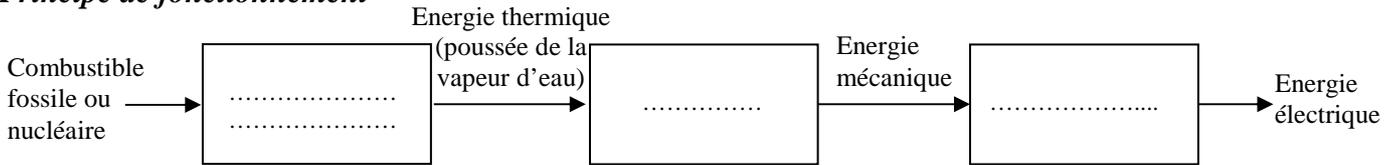
On les appelle aussi centrales au fil de l'eau. Elles sont caractérisées par une faible chute, et un débit important. Ces centrales fournissent de l'énergie en permanence. Elles utilisent des turbines en forme d'hélice, de type Kaplan

**Turbine Kaplan****Les stations de pompages**

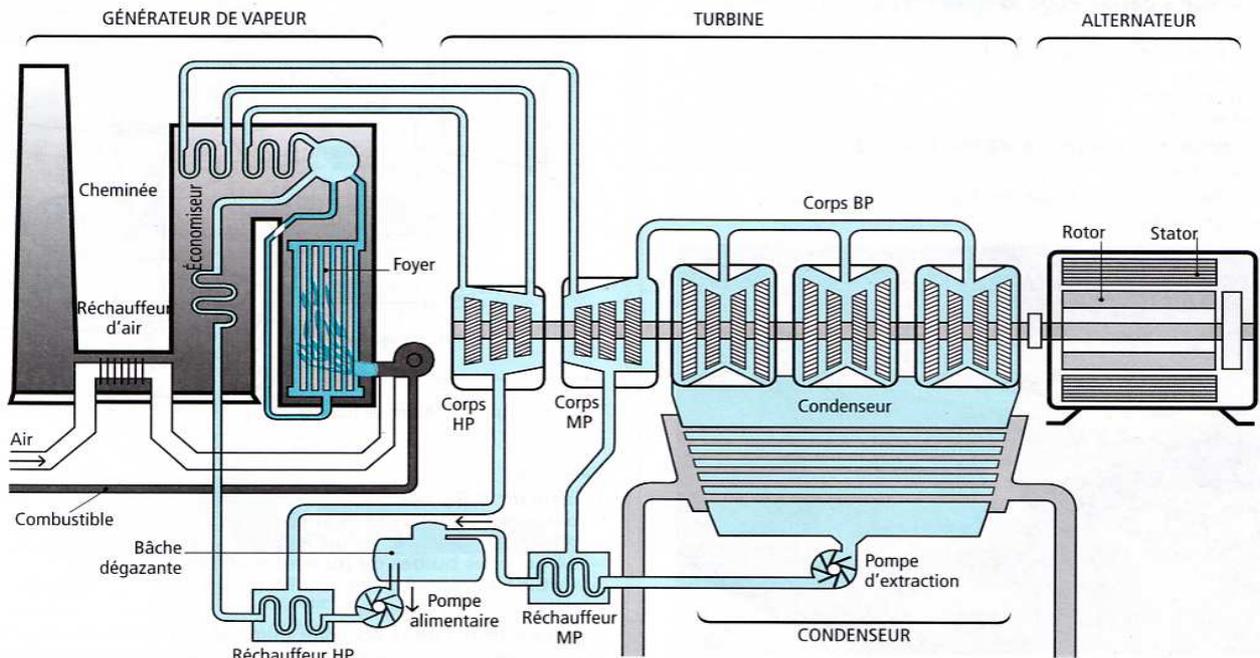
Ces centrales sont équipées de deux bassins. Aux heures de pointe, l'eau passe du bassin supérieur au bassin inférieur entraînant au passage en rotation une turbine couplée à un alternateur. Pendant les heures creuses, l'eau du bassin inférieur est pompée vers le bassin supérieur pour y être de nouveau stockée.

3. Centrales thermiques

Principe de fonctionnement



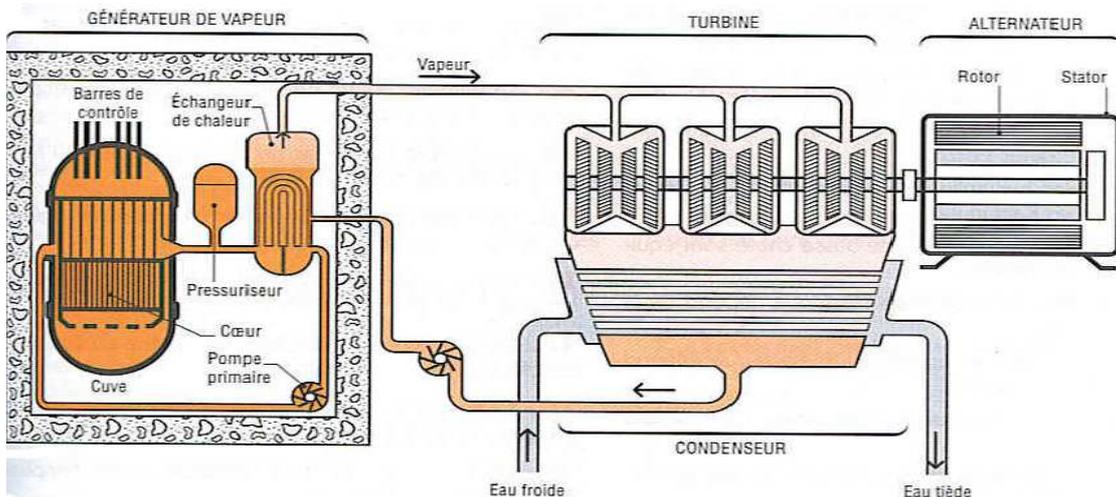
Centrales thermiques à flamme



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



Centrales thermiques nucléaires



A l'intérieur du réacteur, *l'uranium 235* est le siège d'une réaction nucléaire qui produit une grande quantité de Cette chaleur est continuellement évacuée hors du réacteur vers un échangeur de chaleur grâce à un fluide dit caloporteur. L'échangeur transfère la chaleur qui vient du réacteur, à un circuit eau-vapeur analogue à celui d'une centrale thermique classique. La vapeur produite sous forte pression un groupe turbo alternateur, puis se condense dans un condenseur et est ensuite réinjectée dans l'échangeur.

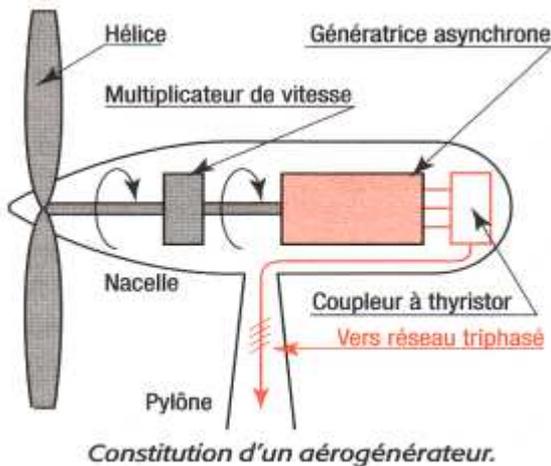
4. Les centrales éoliennes

Constituées de plusieurs générateurs éoliens situés sur des terrains de fort vent. Un générateur éolien produit de l'électricité à partir de orientables. Ces pales ou hélices vont entraîner à leur tour la rotation d'un qui fournit *une puissance électrique liée à la force du vent*.

Principe de fonctionnement des éoliens

L'énergie du vent est captée par les pales d'hélices qui forment un rotor.

Ce rotor entraîne un générateur d'électricité par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse. On les appelle aussi aérogénérateurs



V. Sources autonomes

1. Energie solaire

Il existe deux types d'énergie solaire : le photovoltaïque et le solaire thermique.

Photovoltaïque

L'effet photovoltaïque est simple dans son principe. Les panneaux solaires se composent de *photopiles* constituées de silicium, un matériau semi-conducteur qui abrite donc des électrons. Excités par les rayons du soleil, les électrons entrent en mouvement et produisent de

L'énergie solaire photovoltaïque est surtout utilisée pour la fourniture d'électricité dans les sites isolés : électrification rurale et pompage de l'eau (50%), télécommunications et signalisation (40%), applications domestiques (10%).



Solaire thermique

Le solaire thermique ne produit pas d'électricité mais de la chaleur. Celle-ci permet d'obtenir des *températures* de l'ordre de 450°C. Cette température permet d'évaporer l'eau qui fait tourner des turbines.

2. Groupe électrogène

Le fonctionnement d'un groupe électrogène se base sur le principe suivant lequel l'énergie mécanique est produite par un moteur à essence ou moteur (moteur thermique) qui entraîne un alternateur produisant de l'électricité. Ces groupes sont généralement utilisés comme de secours, alimentation électrique ininterrompue dans les locaux exigeant une continuité de service tel que les hôpitaux, les centres informatiques



3. Piles et accumulateurs

Les accumulateurs et les piles sont des systèmes servant à stocker de l'énergie. Ceux-ci restituent sous forme d'énergie électrique, exprimée en **wattheure (Wh)**, l'énergie chimique générée par des réactions électrochimiques. Ces réactions sont activées au sein d'une cellule élémentaire entre deux baignant dans un lorsqu'une résistance, un moteur électrique par exemple, est branchée à ses bornes.

Piles

Piles salines	Piles alcalines	Piles au Lithium
Bon marché	Grande capacité (Certaines sont rechargeables)	Calculatrices, PDA, montres Grande capacité massique Coût élevé
		

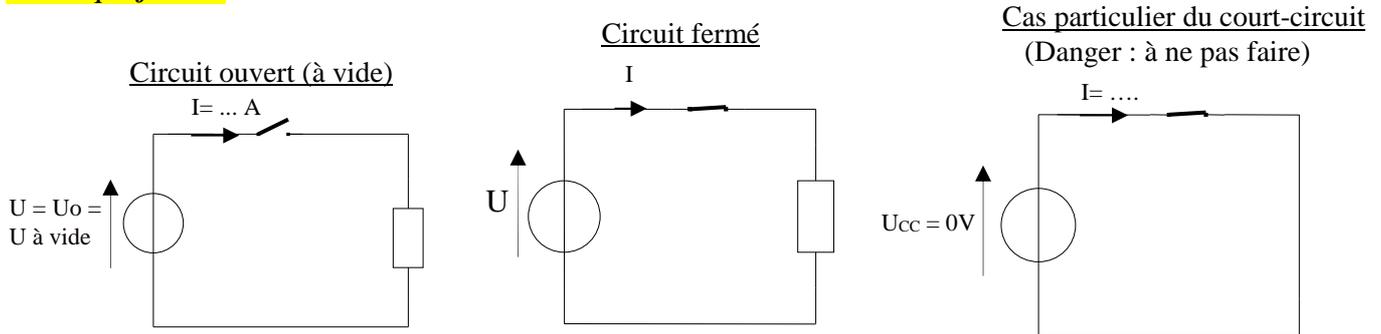
Accumulateur

L'accumulateur est basé sur un système électrochimique réversible. Il est **rechargeable** par opposition à une **pile** qui ne l'est pas. Le terme **batterie** est alors utilisé pour caractériser un **assemblage** de cellules élémentaires (en général rechargeables).

Accumulateurs Ni-Cd	Accumulateur Ni-Mh	Accumulateur Lithium-Ion	Accumulateur Plomb
<p>Av : Les plus courants, charge facile, acceptent une surcharge, Possibilité de charge rapide</p> <p>Inc : Problème d'effet mémoire, pollution du Cadmium</p>	<p>Av : Plus grande capacité (+40%), pas d'effet mémoire</p> <p>Inc : Charge plus délicate Courant de décharge plus limité</p>	<p>Av : La plus grande capacité, Meilleure gestion du niveau de charge</p> <p>Inc : Coût élevé Chargeur spécifique</p>	<p>Av : Grande capacité volumique, fort courant de décharge, très faible résistance interne</p> <p>Inc : Très lourds Electrolyte liquide (acide)</p>
			
Tension d'un élément : 1,2V	Tension d'un élément : 1,2V	Tension d'un élément : 3,6V	Tension d'un élément : 2V

I. Le courant électrique

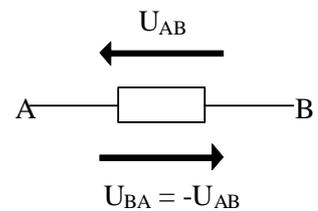
Un **courant électrique (déplacement de porteur des charges)** ne peut s'établir que dans un **circuit électrique fermé**.



Par convention, on dit que le courant sort de la borne + du générateur ; il est opposé au sens réel du déplacement des porteurs de charges. Ce sont **les électrons** dans les métaux.
L'intensité du courant est une grandeur algébrique, elle se mesure à l'aide d'un
Elle s'exprime en(A).

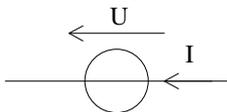
II. Différence de potentiel (d.d.p). Tension

Soit un dipôle AB :
Ce lit comme suit : **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 est une grandeur algébrique, on la mesure à l'aide d'un
Elle s'exprime en(V).



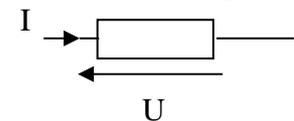
III. Convention d'orientation des dipôles

Convention générateur



Les grandeurs tension et courant sont toutes deux considérées positives

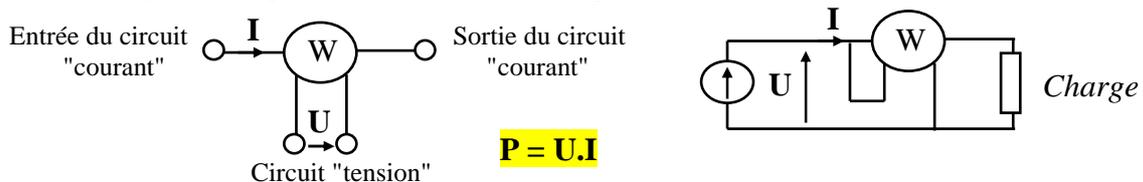
Convention récepteur



IV. Puissance électrique

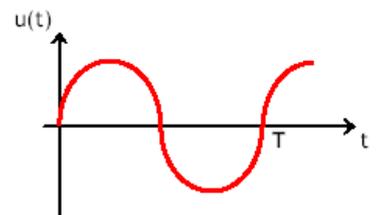
En physique, **une puissance représente une quantité d'énergie par unité de temps**. Ainsi, un système qui fournit beaucoup de puissance fournit beaucoup d'énergie (Joules) par secondes, on appelle ça des Watt ($1W = 1J/s$). Pour mesurer la puissance consommée ou fournie par un dipôle, il n'existe qu'un seul type d'appareil : **le**

Un Wattmètre se symbolise par l'indication W et comporte 4 bornes :



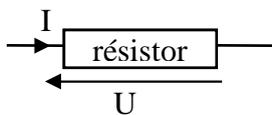
V. Fréquence

Pour un signal périodique $u(t)$, **c'est le nombre de par seconde**.
L'unité de la fréquence est l'**hertz** (Hz). De ce fait la relation qui lie la fréquence à la période est : **$f = \dots$**
T : période en seconde (s). C'est le temps après lequel le signal se répète.



VI. Résistances

1. Loi d'ohm pour une résistance en convention récepteur



R : résistance du résistor (en Ohm Ω)

U =

(Ceci veut dire qu'aux bornes du résistor R, il y a la tension U et qu'il est traversé par le courant I).

Expression de la résistance :

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

L en m (mètre)
s en m^2
 ρ résistivité du résistor en Ωm

Avec **la résistivité** dépend de la température par la relation :

$\rho_t = \rho_0 (1 + at)$

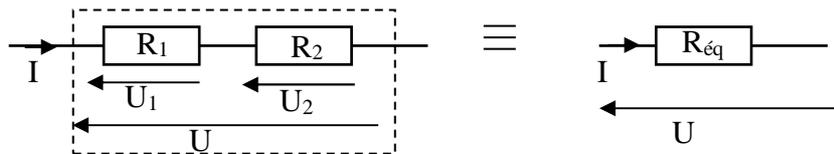
Avec : ρ_t résistivité à la température t et ρ_0 résistivité à la température $0^\circ C$
a est le coefficient de température du résistor

Soit **$R_t = R_0 (1 + at)$**

2. Association de résistances

2.1. Association série

Des dipôles sont en série lorsqu'ils sont traversés par le même **courant** et partagent une même connexion qui ne soit pas un nœud de courant.



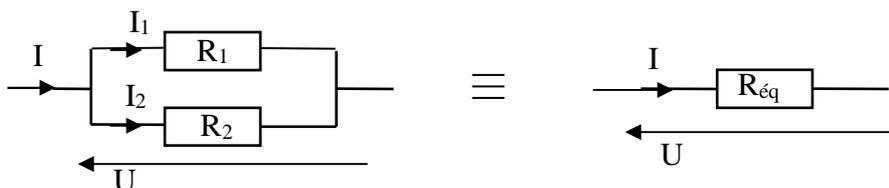
$U = U_1 + U_2 = (\dots\dots\dots) \dots$

$U = \dots\dots\dots$

Donc : **$R_{eq} = \dots\dots\dots$** **En série, les résistances s'additionnent.**

2.2. Association parallèle

Des dipôles sont en parallèle, lorsqu'ils sont soumis à la même **tension** et sont connectés bornes à bornes.



$I = I_1 + I_2 = \dots (\dots\dots\dots)$

$I = \dots\dots\dots$

Donc: **$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{\dots} + \frac{1}{\dots}$** **$R_{eq} = \dots\dots\dots$**

3. Données techniques des résistances

Les résistances sont les composants les plus utilisés dans les circuits ; on en trouve de nombreux types, différents par leur structure, leur forme, leurs caractéristiques électriques selon la technique de fabrication adoptée et l'emploi auquel elles sont destinées. Les résistances peuvent êtreou

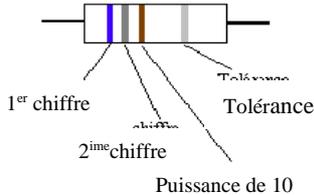
3.1. Résistances fixes

Ces résistances possèdent une valeur déterminée et se présentent sous trois types : **aggloméré**, à **couche** et **bobiné**. La valeur de la résistance nominale en ohm est indiquée en clair, ou avec le code des couleurs sur le composant. La tolérance c'est la fourchette des valeurs **extrêmes** entre lesquelles le constructeur garanti la valeur réelle.

Code des couleurs

Couleur	Noir	Marron	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Bleu	Violet	Gris	Blanc
1^{er} chiffre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2^{im}e chiffre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Puissance de 10	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹
Tolérance		Or 5%		Argent 10%		Sans marquage 20%				

Marquage d'une résistance



Exemple :
 Couleurs : Rouge-Rouge-Orange-Or
 La valeur de la résistance est :

 La valeur réelle est comprise entre :

Il existe des séries normalisées pour chaque précision voulue.
 La série **E6** qui est la série de valeur nominale à 20%.
 La série **E12** qui représente les valeurs d'une série à 10%.
 La série **E24** qui est la série à 5%.

E6	10				15				22				33				47				68			
E12	10		12		15		18		22		27		33		39		47		56		68		82	
E24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91

Dissipation nominale en Watt.

C'est la puissance que l'élément peut *dissiper* d'une façon continue sans risque de détérioration.
 On trouve les puissances suivantes : **1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 3W** et **4W** dont les dimensions varient proportionnellement.

3.2. Résistances réglables

Résistances ajustables

On appelle ajustables ou potentiomètres ajustables des résistances dont la valeur est *variable* et peut être *ajustée* par l'utilisateur.

Ces résistances se présentent sous la forme d'un petit boîtier muni de trois pattes et d'un curseur rotatif, à souder sur le circuit imprimé.

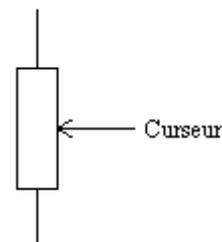
Il existe une grande variété de modèles, à piste de carbone ou à piste cermet, capotés ou non, horizontaux (pour un montage "couché") ou verticaux (montage "debout").

Elles s'ajustent en tournant, à l'aide d'un tournevis, le curseur central.



Potentiomètres

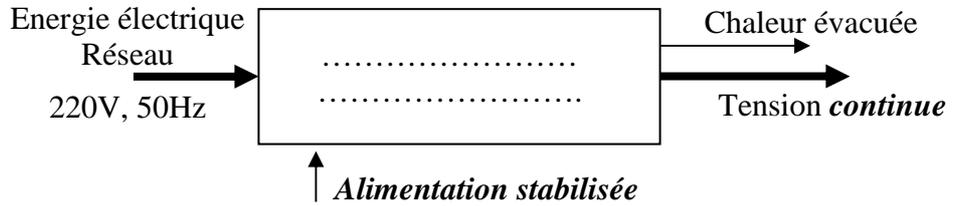
Les potentiomètres sont identiques, dans leur principe, aux ajustables, mais ils sont nettement plus volumineux et munis d'*axe*, sur lequel on peut au besoin adapter un bouton de réglage.



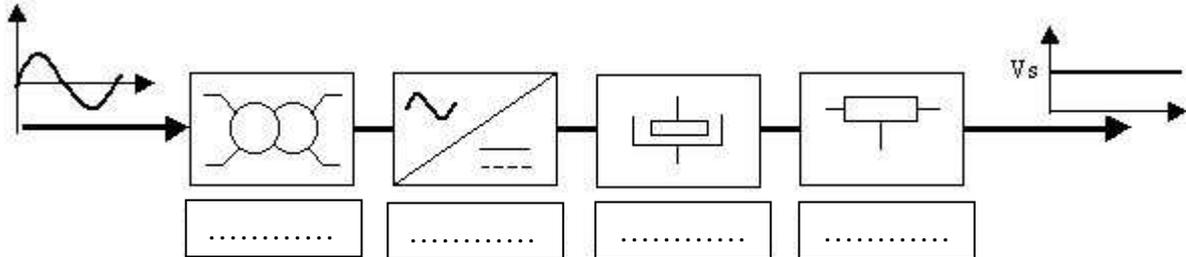
VII. Alimentations stabilisées

1. Présentation

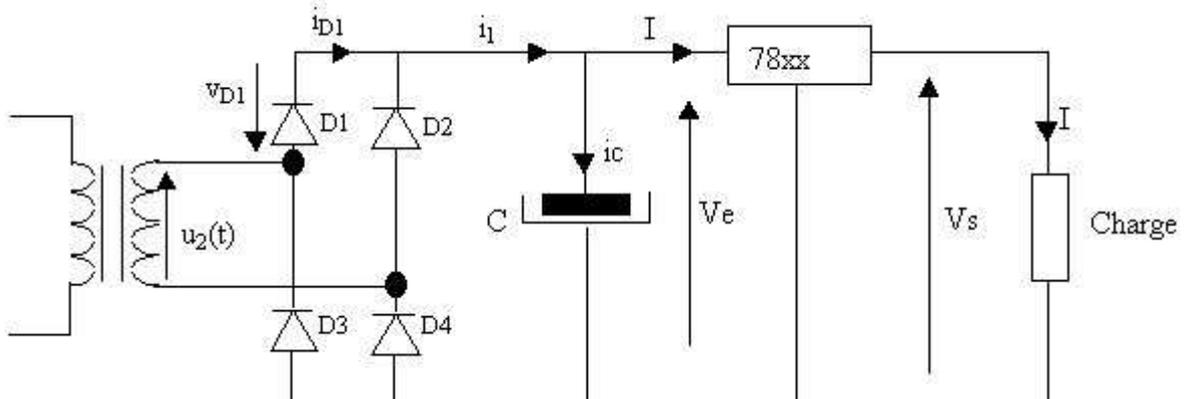
Les **alimentations stabilisées** sont utilisées pour fournir une **tension continue**. On en trouve pratiquement dans tous les appareils électroniques. (Audio, vidéo, ordinateur, etc...)



2. synoptique de l'alimentation stabilisée



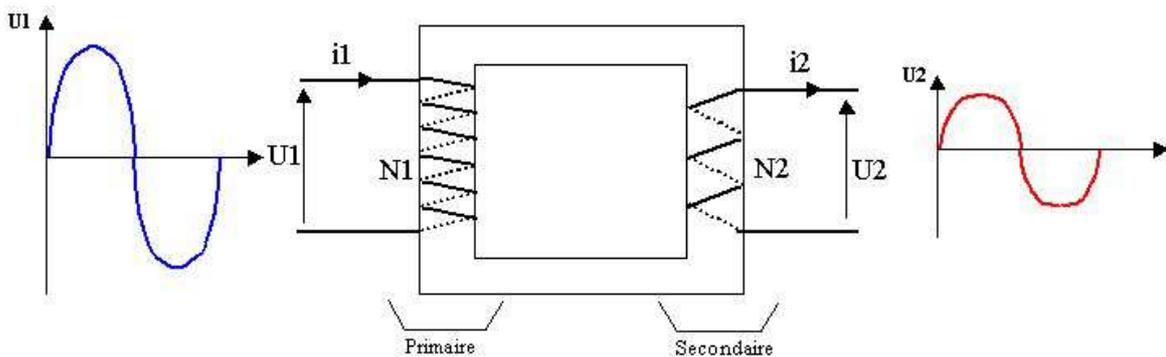
3. schémas de principe



4. fonctionnement

4.1. Fonction abaisser la tension

Cette fonction est réalisée par un **transformateur**. Il permet de diminuer l'amplitude de la tension secteur.



4.2. Caractéristique du transformateur

Rapport de transformation

Un transformateur est caractérisé par son rapport de transformation. Ce rapport est fonction du nombre de spires des enroulements primaire et secondaire :

$m = U_{20} / U_1 = \dots = \dots\dots$

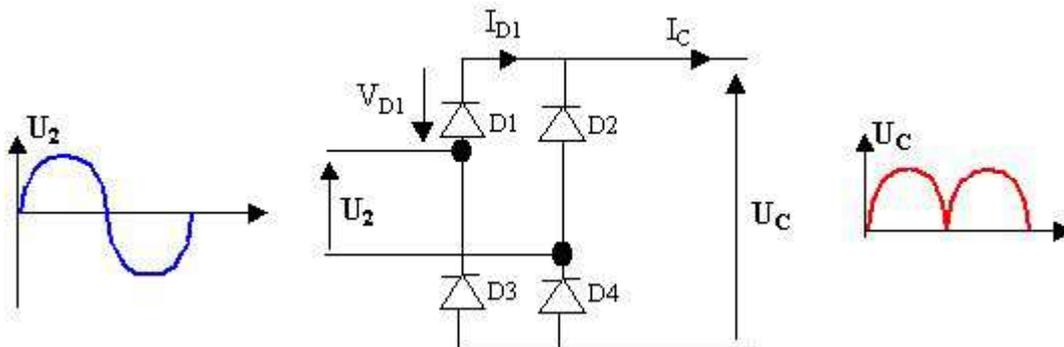
- Avec :
- | | |
|---|---|
| U ₁ : tension primaire | N ₁ : nombre de spires primaires |
| U ₂₀ : tension à vide secondaire | N ₂ : nombre de spires secondaires |

Puissance apparente d'un transformateur

L'autre caractéristique d'un transformateur est la puissance transmise du primaire vers le secondaire. Cette puissance est appelée **puissance apparente** S et s'exprime en VA (voltampère) et est égale à : $S = U I$ donc dans notre cas : **S =**

4.2. Fonction redresser la tension

Cette fonction est réalisée par un pont de diode. L'opération consiste à redresser l'alternance négative. On parle de tension continue redressée



Alternance positive

La tension U₂(t) est positive, les diodes D1 et D4 se mettent à conduire. Les diodes D2 et D3 sont bloquées car la tension à leurs bornes est négative.

- D1 et D4
- D2 et D3

Alternance négative

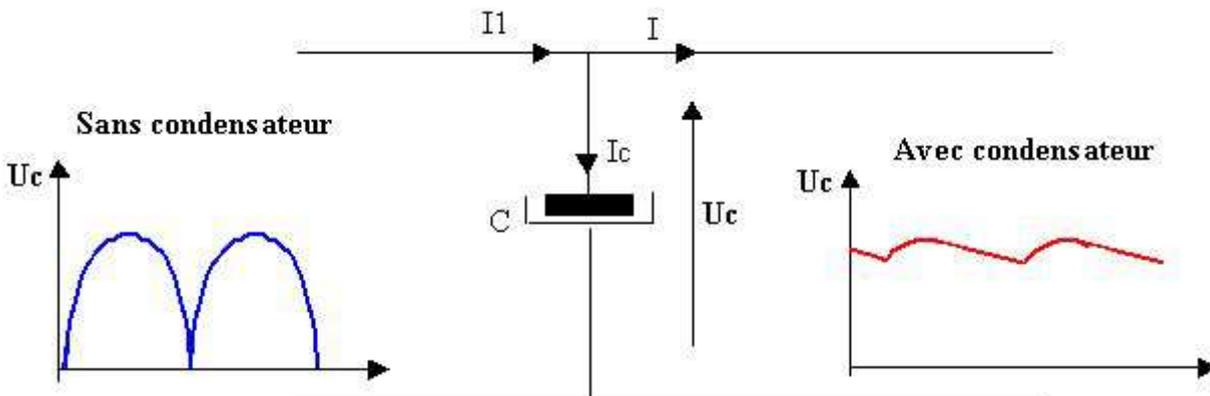
La tension U₂(t) est négative, les diodes D2 et D3 se mettent à conduire. Les diodes D1 et D4 se bloquent car la tension à leurs bornes est négative.

- D2 et D3
- D1 et D4

4.3. Fonction filtrer la tension

Après redressement, la tension de sortie aux bornes du pont redresseur est loin d'être continue. Le filtrage a pour but de transformer cette tension **redressée** en une tensionlégèrement ondulée.

L'élément utilisé pour réaliser cette fonction est



Loi électrique du condensateur

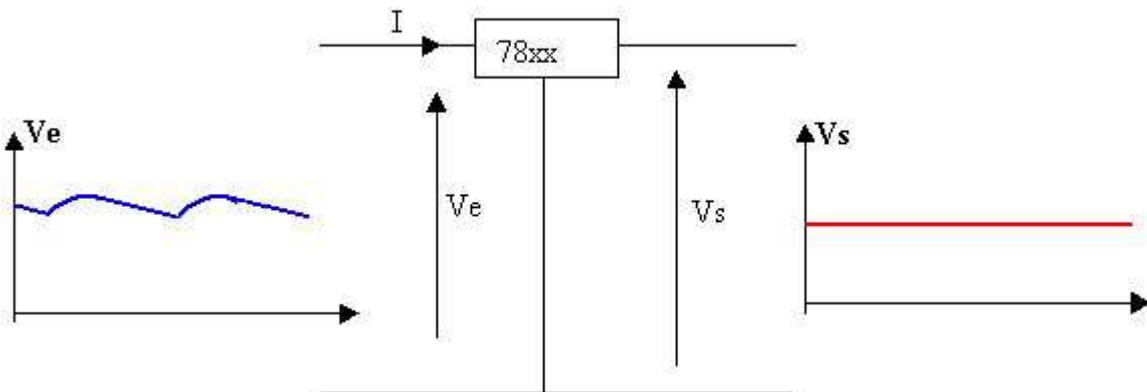
Charge électrique Q : $Q = C \cdot U = I \cdot t$ ou $\Delta Q = C \cdot \Delta U = I \cdot \Delta t$

- La charge électrique Q s'exprime en Coulombs
- C capacité en Farad
- U ddp entre armature en Volt

4.4. Fonction réguler la tension

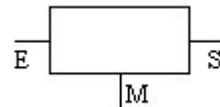
Malgré le filtrage, la tension aux bornes du condensateur n'est pas parfaitement continue, elle présente une légère

Pour obtenir une tension parfaitement continue, on utilise un

**Caractéristique du régulateur**

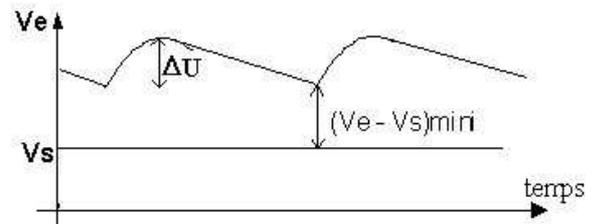
Un régulateur de tension possède trois bornes :

- une entrée **E** **recevant** la tension redressée filtrée
- une sortie **S** qui **délivre** une tension très précise à la charge à alimenter
- une masse **M** reliée à la polarité **négative** de la tension redressée filtrée.

**Fonctionnement du régulateur**

La tension d'entrée du régulateur doit être suffisamment **grande** afin de maintenir V_s **constant**.

Les constructeurs donnent une tension d'entrée minimum à respecter afin d'assurer le fonctionnement correct du régulateur.

**Aspect énergétique**

- Puissance absorbée par le montage : $P_a = V_e \cdot I$
- Puissance fournie à la charge : $P_u = V_s \cdot I$
- Puissance perdue par effet joule : $P_p = (V_e - V_s) I$
- Le rendement du montage est donc : $\eta = P_u / P_a = V_s / V_e$

Remarques

Pour obtenir un rendement convenable, la valeur de la tension d'entrée V_e doit être la plus près possible de V_s . Mais la tension $(V_e - V_s)$ ne peut descendre en dessous d'une valeur minimale (valeur imposée par le régulateur, de l'ordre de 2 à 3 Volts).

Donc, la tension d'entrée non régulée V_e ne devra jamais être inférieure à $(V_s + (V_e - V_s)_{\text{mini}})$ sinon la tension de sortie ne sera plus constante.

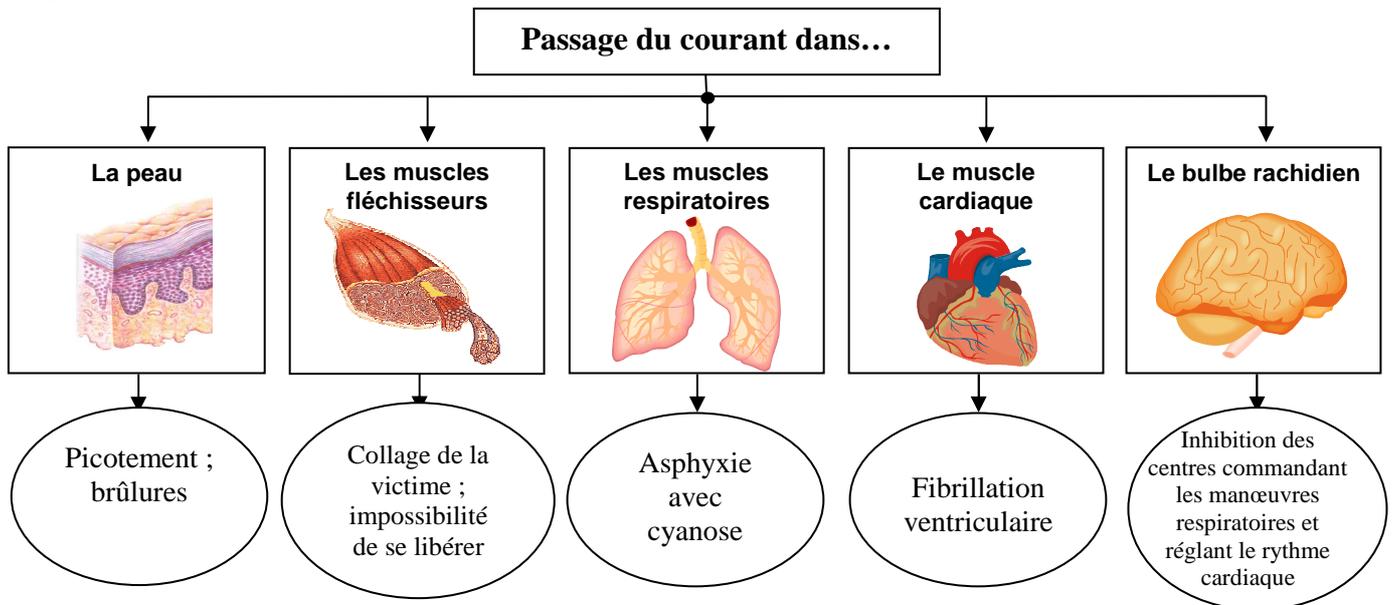
I. Protection des personnes

L'électricité ne sent pas, ne se voit pas et ne s'entend pas, ce qui la rend *très dangereuse* pour les utilisateurs. En effet, la mauvaise utilisation de l'électricité peut entraîner *des accidents* plus ou moins graves.

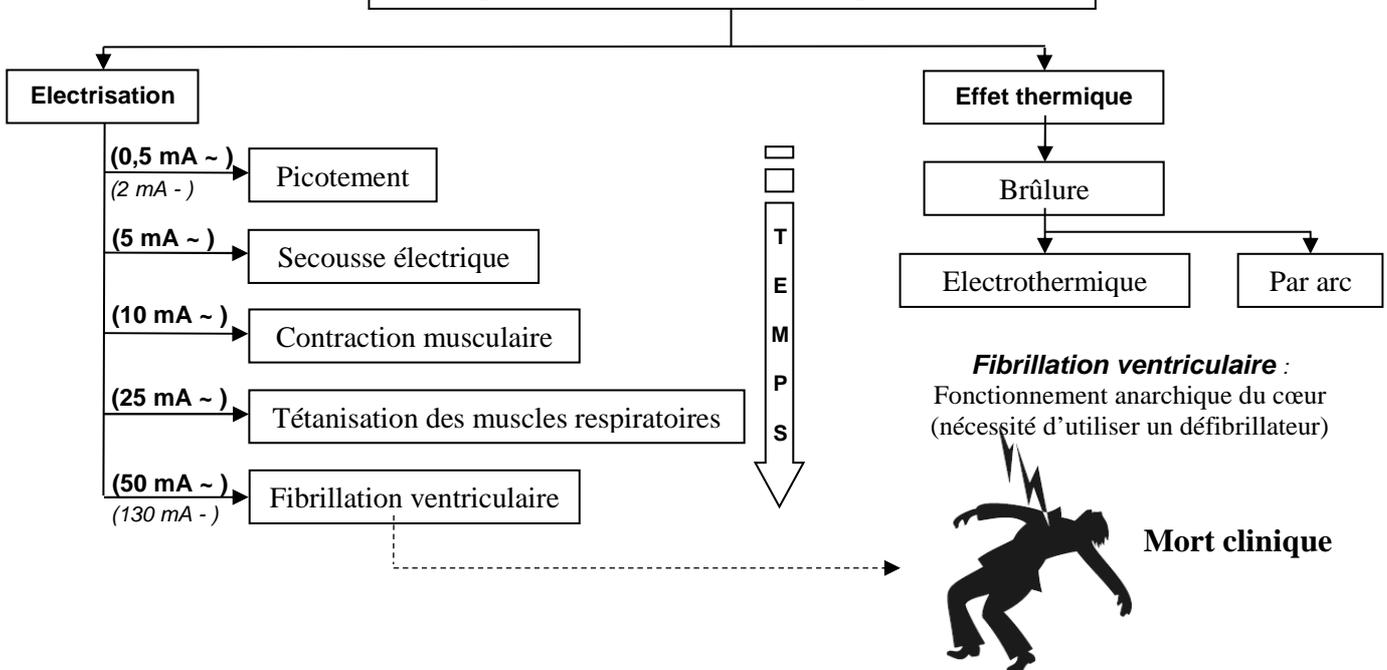
1. Effets physiologiques du courant électrique

1.1. Effet du courant sur le corps

Les effets et dommages provoqués dépendent du trajet du courant électrique dans le corps humain. Certains organes souffrent plus fortement des chocs électriques.



Principaux effets du courant électrique sur l'homme

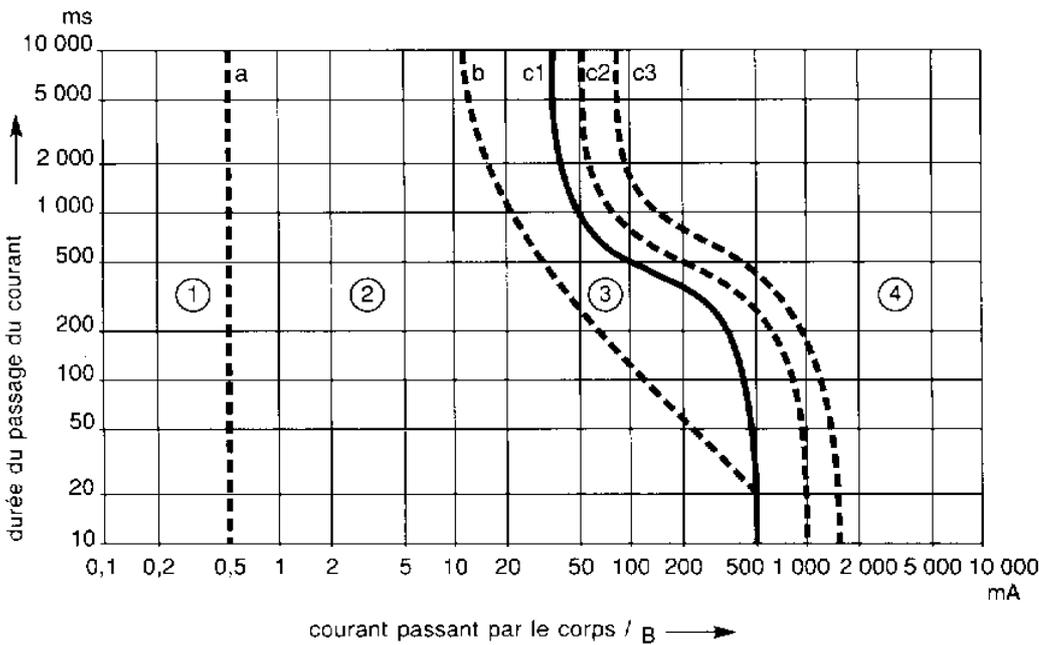


1.2. Paramètres à prendre en compte pour l'évaluation des risques

Quatre paramètres interdépendants influent sur le niveau des risques :

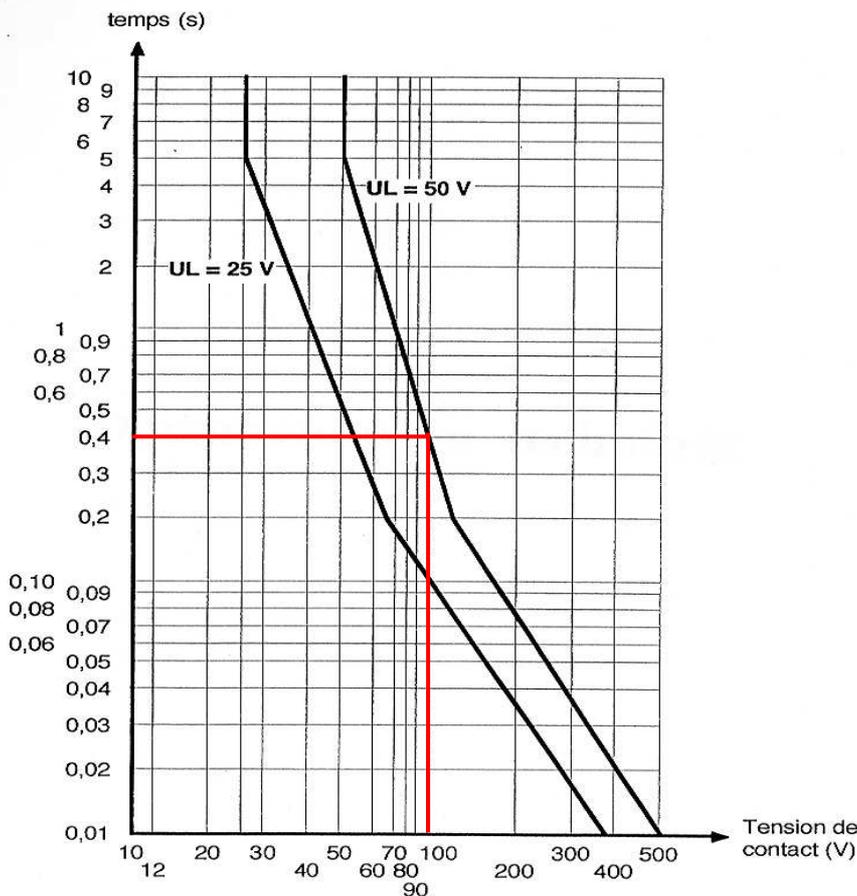
- I_c : courant qui dans le corps humain,
- U_c : tension au corps,
- R : résistance,
- t : temps de du courant dans le corps.

Relation entre le temps de passage du courant de choc dans le corps humain et l'intensité de ce courant



* **Zone 1** : habituellement aucune réaction
 * **Zone 2** : habituellement, aucun effet physiologique dangereux
 * **Zone 3** (de la ligne b jusqu'à la courbe c₁) : Habituellement aucun dommages organiques. Probabilités de contractions musculaires et de difficultés de respiration pour des durées de passage du courant supérieures à 2 secondes.
 * **Zone 4 (au-delà de la courbe c₁)** : risques d'arrêt du cœur, arrêt de la respiration, brûlures graves
 - **Entre les courbes c₁ et c₂** : la probabilité de fibrillation ventriculaire augmente jusqu'à 5%
 - **Entre les courbes c₂ et c₃** : probabilité de fibrillation ventriculaire jusqu'à environ 50%
 - **Au-delà de la courbe c₃** : probabilité de fibrillation ventriculaire supérieure à 50%

Relation entre le temps de passage du courant de choc dans le corps humain et la tension de contact



Selon le type de local, la norme NFC 15-100 précise, pour une tension d'alimentation en courant alternatif, deux valeurs de tensions limites conventionnelles de sécurité U_L :

- $U_L = 25 \text{ V}$ pour les locaux mouillés,
- $U_L = 50 \text{ V}$ pour les locaux secs.

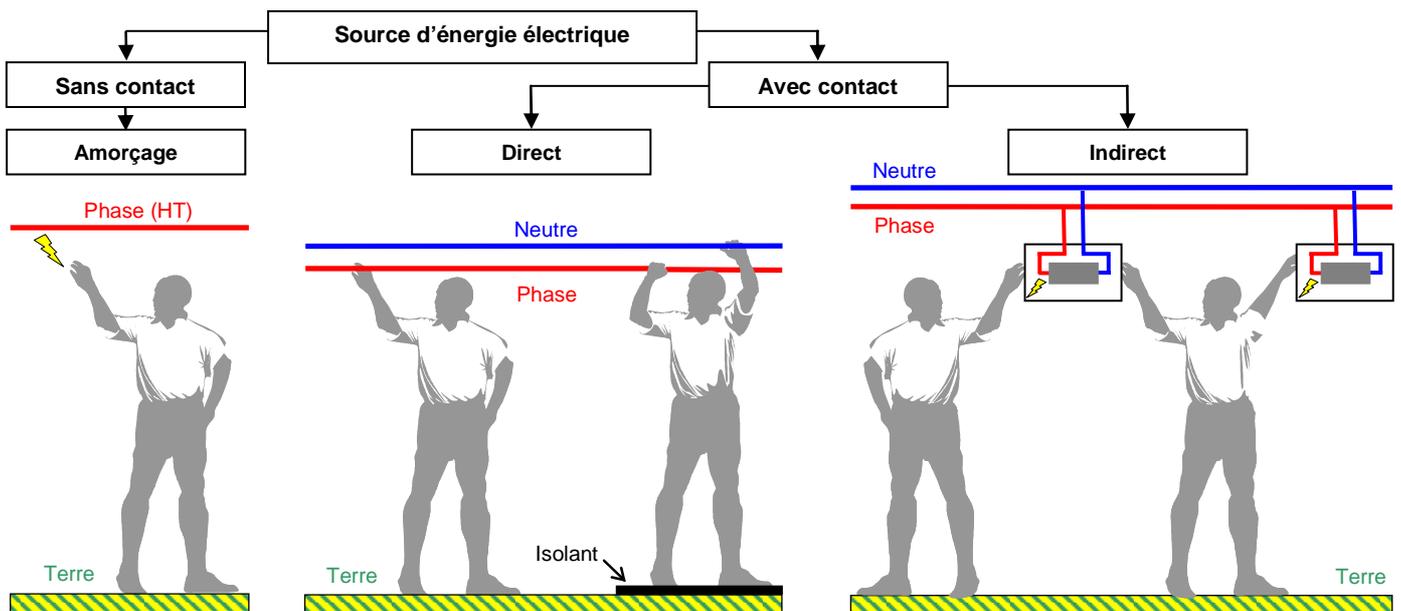
Ces tensions, non **dangereuses** dans des environnements précis, définissent des courbes où les risques sont contrôlés en fonction du temps de **passage** du courant dans le corps.

Exemple :

Lors d'un défaut dans un **local sec** ($U_L = \dots\dots$), si la tension de contact vaut 100 V, le dispositif de protection doit couper le circuit en moins de :

.....

2. Formes d'accidents



2.1. Contacts directs

Qu'appelle-t-on un contact direct ?

C'est le contact d'une personne avec une partie d'un équipement ou d'une installation normalement sous tension.

Moyens de protection

Les dispositions de protection contre les risques de contacts directs ont pour but d'assurer la mise hors de portée de pièces nues sous tension accessibles aux travailleurs.

La protection peut être obtenue par l'un des trois moyens suivants :

- 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.

2.2. Contacts indirects

Qu'appelle-t-on un contact indirect ?

C'est le contact d'une personne avec une masse métallique mise accidentellement sous tension par défaut d'isolement. Ce type de contact est très dangereux car, contrairement au contact direct, il n'est pas lié à l'imprudence ou à la maladresse de l'utilisateur.

Différents moyens de protection

Utilisation de la Très Basse Tension (TBT)

La protection est assurée aussi bien contre les contacts directs qu'indirects lorsque la tension ne dépasse pas celle donnée dans le tableau. Les installations en TBT doivent être alimentées à partir de sources de sécurité, c'est à dire parfaitement isolées des installations de tension supérieure (exemple : transformateurs d'isolement, piles, accumulateurs, ...)

Tension limite		Exemples d'utilisation
En alternatif	En continu	
50 V	120 V	Locaux d'habitation, bureaux, locaux non mouillés
25 V	50 V	Locaux mouillés, chantiers extérieurs secs
12 V	25 V	Piscines, volume dans salle de bain

Association de la mise à la terre avec des dispositifs de coupure automatique de l'alimentation

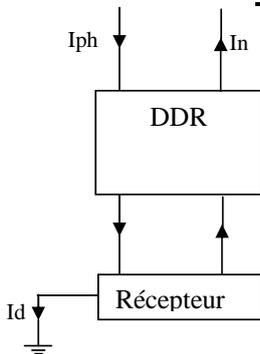
Dans le cas d'installations alimentées directement en BT par Lydec (régime TT), on utilise un dispositif à coupure automatique de l'alimentation en cas de défaut : disjoncteur ou interrupteur à courant différentiel résiduel (DDR).

3. Disjoncteur différentiel à courant résiduel (D.D.R.)

Le disjoncteur différentiel magnéto thermique est aussi appelé Dispositif Différentiel à courant Résiduel (DDR), qui a pour rôle d'assurer :

- La protection des circuits contre les courants de défauts de surcharge et de court-circuit (fonction disjoncteur magnéto – thermique).
- La protection des personnes contre les contacts indirects, fuite de courant à la terre (fonction différentielle).

Fonctionnement



Pas de défaut : $I_d = 0 \Rightarrow I_{ph} \dots I_n$
 ➤ le DDR

Défaut : $I_d \neq 0 \Rightarrow I_{ph} \dots I_n$
 ➤ le DDR si le courant de défaut est supérieur à sa sensibilité $I_{\Delta n}$.

symboles

Symboles unifilaires

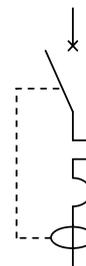
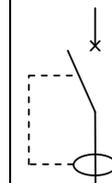


Tableau: Sensibilité DDR / Résistance maxi prise de terre

	Valeur de DDR	Résistance maxi de la prise de terre pour une U_L de 25 V	Résistance maxi de la prise de terre pour une U_L de 50 V
Basse sensibilité	1000 mA	25 Ω	50 Ω
	650 mA	38 Ω	76 Ω
Moyenne sensibilité	500 mA	50 Ω	100 Ω
	300 mA	83 Ω	166 Ω
	100 mA	250 Ω	500 Ω
Haute sensibilité	30 mA	830 Ω	1660 Ω
	10 mA	2490 Ω	4980 Ω

Remarque:

En fait le dispositif déclenche sur une plage, c'est à dire qu'il est susceptible de fonctionner entre $I_{\Delta n}/2$ et $I_{\Delta n}$.

Règles à respecter

- *Le neutre de l'installation doit être relié à la terre.*
C'est le travail de Lydec, quand le poste de transformation n'appartient pas à l'utilisateur (domestique, petite industrie,...)
- *Interconnecter les masses et les relier à une prise de terre différente de la prise de terre du neutre*
C'est à la charge de l'utilisateur.
- *Mettre en place un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) de calibre :*

$$I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_A}$$

U_L : Tension limite de sécurité du local
 $I_{\Delta n}$: Calibre du DDR (multiple de 3 ou de 1)
 R_A : Résistance de terre de l'installation

C'est à la charge de l'utilisateur.

II. Protection des biens

Protéger le bien (matériel) contre la détérioration et éviter le risque d'incendie par coupure du service électrique en cas de danger.

1. Appareillage à protéger :

- Les machines
- Les appareils de commande
- Les appareils de mesures
- Les câbles et fils d'alimentation

2. Défauts rencontrés

Défauts	Causes	Effets	Elimination
Surtensions	Foudre, réactions des lignes (résonnance), erreurs	Claquage des isolants des conducteurs et surintensité.	Limiteur de surtension, parafoudre, éclateurs, VDR .
Sous-tension	Trop d'appareils fonctionnant sur une même ligne, erreurs.	Danger pour les moteurs car I augmente pour une même puissance mécanique.	Détection par relais à manque de tension et coupure d'alim.
Surintensité	Courts-circuits dus à des erreurs ou provoqués par des animaux rongeurs.	Risque de destruction des isolants et des conducteurs par effet joule. Risque d'incendie.	Coupure avec fusibles ou disjoncteur.
Surcharge	Légère surintensité prolongée due à une demande d'énergie supérieure à celle prévue pour l'installation (moteur entraînant une lourde charge, trop d'appareils connectés sur une même ligne).	Risque pour les isolants dû à l'échauffement, conducteurs, moteurs et appareillage.	Détection avec relais thermique ou disjoncteur suivi de la coupure de l'alim.

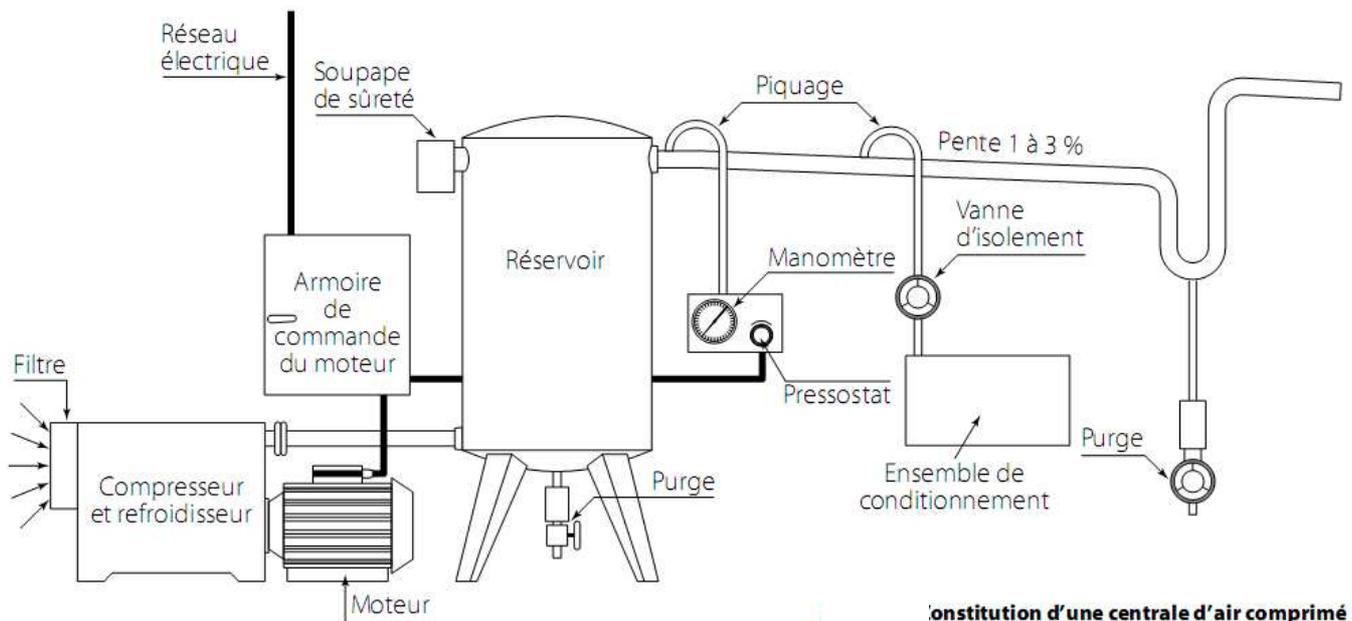
L'énergie pneumatique utilise comme fluide pour le transport de l'énergie, et sa transformation en énergie mécanique.

I. Constitution d'une installation pneumatique

La production est assurée par une installation qui comprend :

- Unactionné par un moteur électrique (pression de 7 à 10 bar).
- Un d'énergie.
- Des (soupape de sûreté, purges, filtres...).
- Des circuits de distributions généralement réalisés en
- Un repérage suivant la norme NF E 04-054 qui permet une visualisation rapide de l'installation : pour l'air comprimé, on peint un anneau vert clair suivi d'un anneau rouge pour indiquer qu'il est sous pression.

L'air comprimé est chargé d'impureté et d'eau qu'il faut éliminer pour assurer la longévité du matériel.



II. Production de l'énergie pneumatique

La production d'air comprimé est relativement aisée et nécessite principalement un compresseur, un filtre d'aspiration, un refroidisseur, un sécheur, un accumulateur, des purges et une armoire

1. Compresseur

Il a pour rôle d'augmenter la pression de l'air.

Deux types de compresseurs sont utilisés industriellement.

- Compresseurs volumétriques : une quantité d'air à pression P1 est enfermée dans une enceinte à volume variable, on diminue le de l'enceinte : la pression augmente jusqu'à P2, cet air est alors dirigé vers le point d'utilisation.
- Turbocompresseurs : une vitesse élevée est communiquée à l'air basse pression. L'air acquiert une énergie, il est alors canalisé vers le point d'utilisation, son énergie cinétique se transformant en augmentation de

2. Stockage

Le compresseur a souvent un débit pulsé, la pression d'air est donc variable.

Un réservoir permet d'..... ces variations de pression jusqu'à les rendre négligeables.

Le réservoir permet également de ménager des temps d'..... dans le fonctionnement du compresseur.

III. Réseau de distribution de l'air

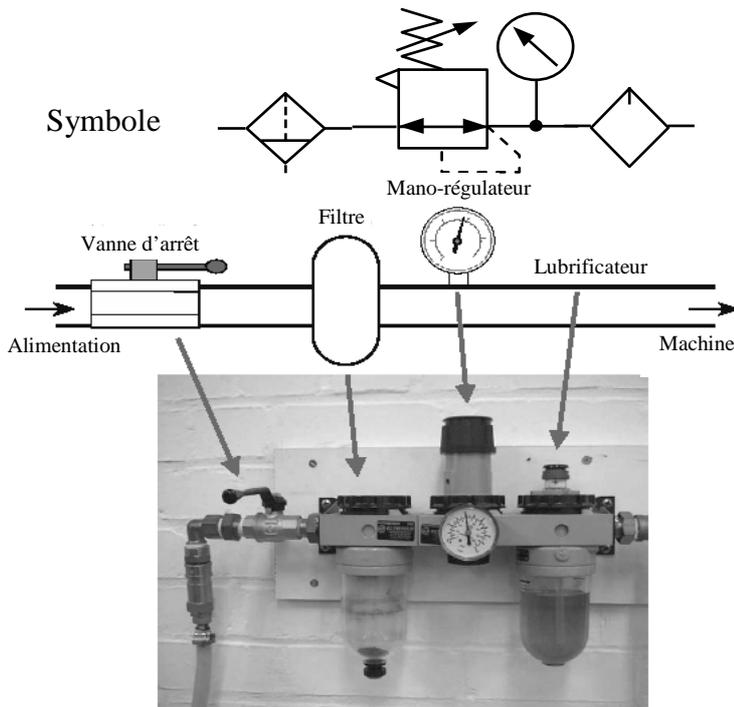
La distribution d'énergie pneumatique se fait par rigides reliées par des cols de cygnes pour éviter de **recevoir** des impuretés ou de l'eau pouvant séjourner dans les conduites. Pour supprimer ces impuretés ou ces eaux stagnantes, il y a des **purgeurs** au point bas de chaque raccordement, et les canalisations ont une légère pente.

IV. Conditionnement de l'air (Unité FRL)

Avant d'utiliser l'air, il faut le filtrer, l'assécher, le graisser et réguler sa pression.

Ainsi, avant chaque SAP (Système Automatisé de Production), on place une unité de conditionnement F.R.L. (appelées aussi « Tête de ligne ») qui l'énergie pneumatique au système.

Cette unité FRL est constituée d'un **Filtre**, d'un **mano-Régulateur** et d'un **Lubrificateur**.

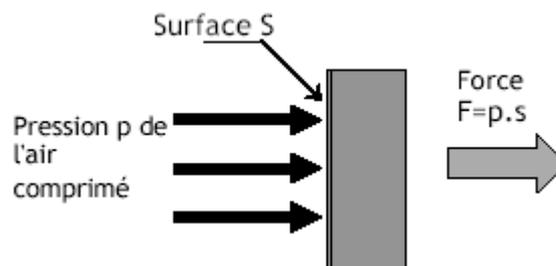


Le **Filtre** sert à assécher l'air et filtrer les poussières.

Le **mano-Régulateur** sert à régler et réguler la pression de l'air.

Le **Lubrificateur** sert à éviter la corrosion et à améliorer le glissement.

V. Principes physiques



En faisant agir l'air comprimé sur une face immobile, on obtient **une force F** proportionnelle à la pression **p** et à sa surface d'action **S** :

$$\mathbf{F} = \dots\dots\dots$$

- F est la force résultante en **Newton**
- p est la pression en Pascals (**Pa**)
- S est la surface en **m²**.

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

1 bar = Pa. (Pa : Pascal)

I. Présentation

L'énergie fournie par l'alimentation, qu'elle soit d'origine électrique ou pneumatique doit être *distribuée* aux différents actionneurs du système. Deux possibilités peuvent alors être envisagées :

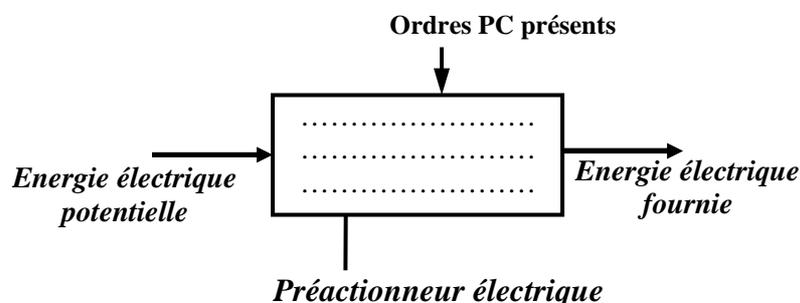
- **Distribution en** (ou par commutation), la source d'énergie est alors mise directement en relation avec l'actionneur.
- **Distribution par**, dans ce cas l'actionneur reçoit l'énergie de façon graduelle.

Ces distributions sont assurées par des préactionneurs qu'on peut classer en fonction des grandeurs d'entrée et de sortie :

- *Préactionneurs électriques*
- *Préactionneurs pneumatiques*

II. Préactionneurs électriques T.O.R.

Un préactionneur T.O.R est un constituant de gestion de l'énergie de commande afin de distribuer une énergie de puissance vers les actionneurs.



Parmi les préactionneurs électriques les plus utilisés on trouve *les relais* et *les contacteurs*.

Ces dispositifs permettent de commander un circuit de puissance à partir d'un circuit de commande.

Les relais sont utilisés avec des circuits intégrés et un petit circuit de commutation (transistor), ils permettent de un circuit de puissance (contacteurs, lampes...).

Les contacteurs fonctionnent de la même façon que les relais, ils permettent cependant la circulation d'un courant beaucoup **plus** Les contacteurs sont utilisés pour des très fortes puissances (moteur).

1. Relais

1.1. Relais électromagnétique

Définition :

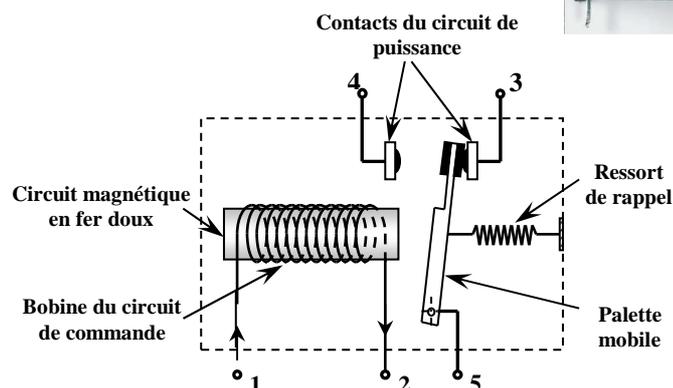
Comme son nom l'indique, il sert en tout premier lieu à " relayer ", c'est à dire à faire une entre un courant faible et un courant fort.

Mais il sert également à commander plusieurs organes **simultanément** grâce à ses multiples contacts synchronisés.

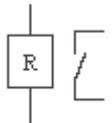
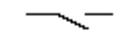
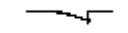
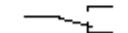


Constitution :

Un relais " standard " est constitué d'une **bobine** qui lorsqu'elle est sous tension attire par un phénomène électromagnétique une **armature** ferromagnétique qui déplace **des contacts**.



Contacts :

Types de contacts		
		Contact à fermeture NO
		Contact à ouverture NF
		Contact inverseur

Caractéristiques :

Un relais est caractérisé par :

- La tension de sa bobine de commande, 5V à 220V.
- Le pouvoir de coupure de ses contacts, qui est généralement exprimé en Ampère, 0,1A à 50A. C'est le courant maximal qui pourra traverser les contacts.
- Le nombre de contacts souhaités.
- Son emplacement, circuit imprimé, à visser, embrochable, à souder.
- Le type de courant de sa bobine, en général du continu.
- La tension d'isolement entre la bobine et les contacts.
- La gamme de temps pour un relais temporisé.
- Son ambiance, vibrations, humidité, poussières, température.

1.2. Relais statique

Définition :

Un relais statique est par définition un organe ayant la fonction d'un relais mais réalisé avec des composants, sans aucune pièce mécanique en mouvement.

Constitution :

- Circuit d'entrée

Celui-ci assure l'..... galvanique entre le circuit de commande et celui de puissance. Cet isolement est assuré par un *photocoupleur*.

- Circuit d'adaptation

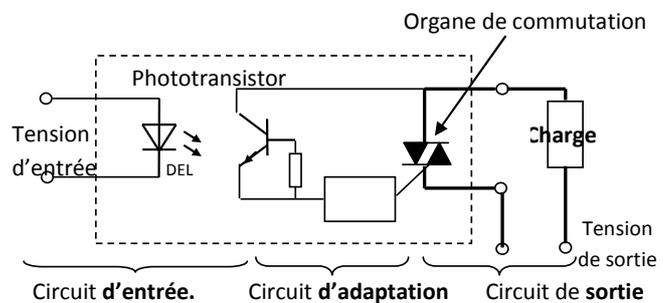
Il le signal d'entrée et assure la commutation du circuit de sortie.

En particulier dans le cas de la commutation au zéro de tension, ce circuit assure que *la commutation* de la sortie a lieu au zéro de tension suivant.

- Circuit de sortie

Il est composé de l'organe de

Celui-ci peut être un *triac* soit des *thyristors* antiparallèles. Dans le cas de la commutation de charges continues, l'élément de puissance est soit un *transistor* soit un *MOSFET*.



2. Contacteurs

Les contacteurs électromagnétiques sont les associés aux actionneurs électriques, principalement les

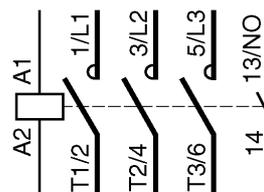
Ils comportent 4 ensembles fonctionnels :

- le circuit principal ou circuit **de puissance**,
- le circuit de **commande**,
- le circuit **auxiliaire**,
- l'organe **moteur**.

2.1. Circuit principal :

C'est un ensemble de pièces conductrices du courant principal du contacteur. Il est constitué de :

- pôles **principaux** (L1, L2, L3),
- **contacts** principaux (1-2 ; 3-4 ; 5-6),



2.2. Circuit de commande :

Il comprend le contact de **commande** ou d'auto-maintien ainsi que toutes les pièces conductrices autres que le circuit principal (*n°3 et 7*).

2.3. Circuit auxiliaire :

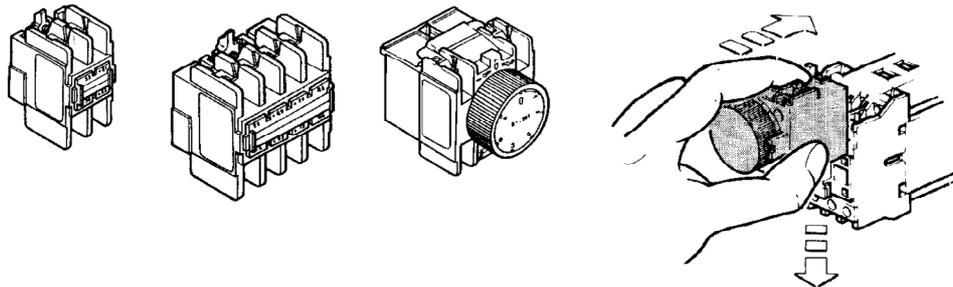
Ce circuit est destiné à remplir des fonctions autres que celles assurées par les deux premiers circuits :

- verrouillage électrique
- signalisation

Il comporte essentiellement des contacts auxiliaires **instantanés** et **temporisés**.

Les différents blocs sont représentés ci-dessous.

Ils ont la particularité de **s'installer** sur la face avant comme indiqué sur le schéma.

**2.4. Organe moteur :**

L'électro-aimant est l'élément **moteur** du contacteur. Il comprend :

- une (24V ; 48V ; 110V ; 230V ; 400 V) alimenté en alternatif ou continu.
- un fixe (la culasse) et un circuit magnétique **mobile** (l'armateur)

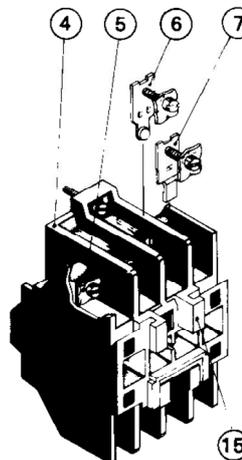
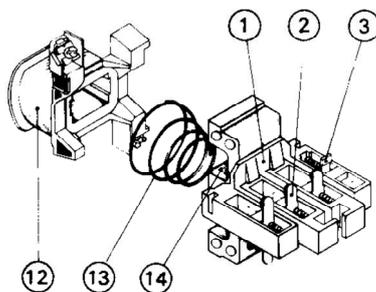
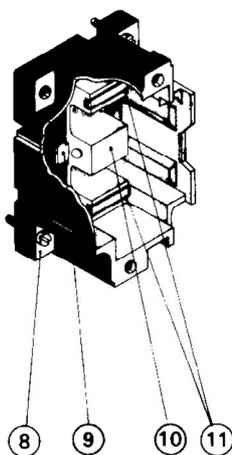
Le circuit magnétique est :

- feuilleté pour l'alimentation en alternatif pour limiter les pertes dues au courant de Foucault.
- massif pour l'alimentation en continu.

Dans une alimentation alternative, le courant est de fréquence 50 Hz. Cela crée dans le circuit magnétique un flux qui s'annule 100 fois par seconde. Sous l'effet du ressort de rappel, le circuit magnétique se met à **vibrer**.

Afin d'éviter ce phénomène, une **bague** rectangulaire en cuivre ou en laiton est disposée de façon à embrasser les 2/3 du circuit magnétique. Ceci à pour effet d'annuler les vibrations.

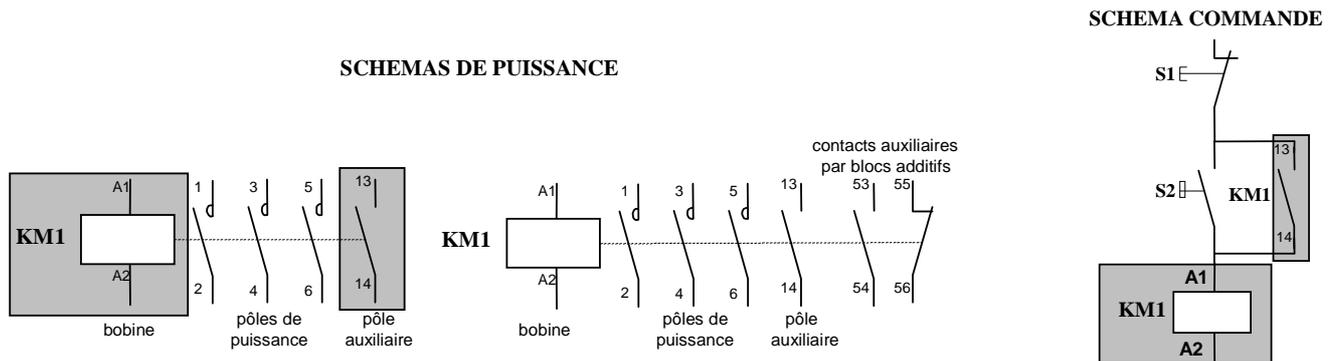
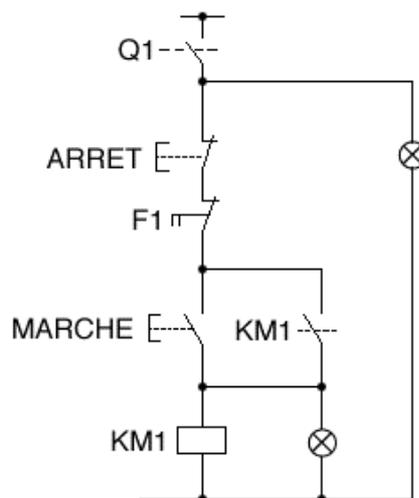
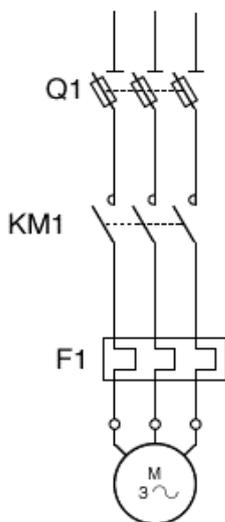
Cette bague est appelée **spire de déphasage** ou spire de Frager (*n° 11*).



1. Support contacts mobiles de pôle.
2. Contact mobile de pôle « F ».
3. Contact mobile auxiliaire « O ».
4. Boîtier de pôles et chambre de coupure de l'arc.
5. Connexion de puissance.
6. Contact fixe de pôle « F ».
7. Contact fixe auxiliaire « O ».
8. Socle.
9. Amortisseur de choc de l'électro-aimant
10. Partie fixe de l'électro-aimant.
11. Bague de déphasage.
12. Bobine d'attraction.
13. Ressort de rappel de la partie mobile de l'électro-aimant.
14. Partie mobile de l'électro-aimant fixation pour bloc auxiliaire.

2.5. Caractéristiques des contacteurs :

- **Tension nominale** : tension maximale d'utilisation en courant continu ou en courant alternatif de fréquence 50 ou 60Hz.
- **Intensité nominale** : courant d'utilisation.
- **Pouvoir de coupure** : valeur du courant que le contacteur peut couper sous une tension donnée.
- **Nombre de pôles** : uni-, bi-, tri- et tétrapolaire selon le type d'installation et le régime de neutre.

2.6. Représentation et schéma :**2.7. Utilisation du contacteur pour commander un moteur :**

- Une impulsion sur **MARCHE** KM1 qui s'autoalimente (par son contact auxiliaire). Le moteur
- Une impulsion sur **ARRET** provoque Le moteur

2.8. Choix d'un contacteur :

Le choix se fait en fonction du courant nominal alternatif ou continu et de la tension nominale et en tenant compte de certains éléments comme :

- la catégorie d'emploi (chauffage, distribution, commande moteur, ascenseurs....).
- de la nature du circuit de commande : tension d'alimentation de la bobine.
- du nombre de manœuvres par heure et du nombre d'heures d'utilisation par jour.
- du pouvoir de coupure.

Exemple de choix : Moteur 2,2 KW /400 V en catégorie AC3 commande 24V alt

puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3 ($\theta \leq 60^\circ\text{C}$)

220 V	380 V	440 V	jusqu'à	contacts auxiliaires instantanés	référence de base à compléter par le repère de la tension (1)	tensions usuelles	
kW	kW	A			vis		~
2,2	4	9			LC1 D09** (4)	B7	P7
3	5,5	12			LC1 D12** (4)	B7	P7
4	7,5	18			LC1 D18** (4)	B7	P7
5,5	11	25			LC1 D25** (4)	B7	P7
7,5	15	32			LC1 D32** (4)	B7	P7
9	18,5	38			LC1 D38** (4)	B7	P7

(1) tensions ou circuit de commande préférentielles.

Courant alternatif

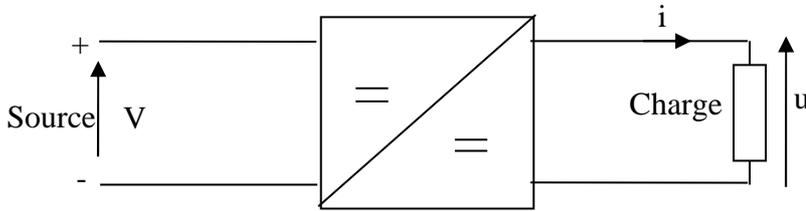
volts	24	48	115	230
LC1 D09...D150 (bobines D115 et D150 antiparasitées d'origine)				
50/60 Hz	B7	E7	FE7	P7

Choix :

I. Hacheur série à transistor

1. Définition

Un hacheur est un convertisseur permettant d'alimenter (moteur à courant continu) sous tension de valeur moyenne à partir d'une source de tension (réseau alternatif redressé et filtré, batterie d'accumulateurs, alimentation stabilisée...), avec un très bon rendement.

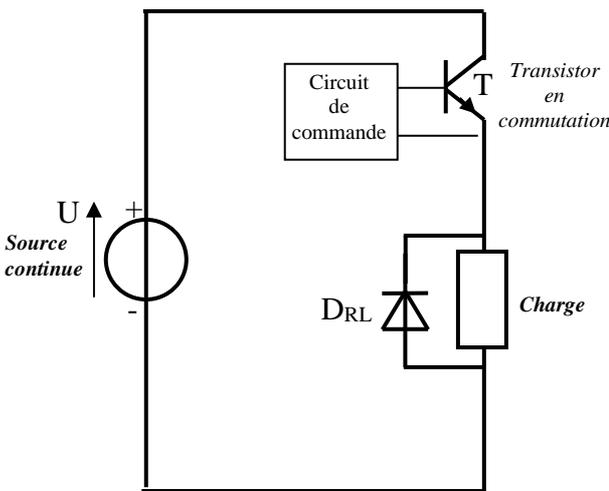


2. Principe de fonctionnement

2.1. Interrupteur électronique

Le principe du hacheur consiste à **établir puis interrompre** périodiquement la liaison source- charge à l'aide d'un **interrupteur électronique**. Celui-ci doit pouvoir être fermé ou ouvert à volonté, ce sera un thyristor ou un **transistor de puissance** fonctionnant en régime de

2.2. Schémas



Le transistor fonctionne en commutation (tout ou rien), il est donc :

- soit **bloqué**
- soit **saturé**

La tension de commande du transistor (reliée à la base) est une tension **créneaux**, de fréquence et rapport cyclique variables indépendamment l'une de l'autre. Lorsque cette tension de commande est positive, elle rend le transistor et saturé.

Lorsque cette tension est nulle (ou de préférence faiblement négative), elle le transistor.

T : est la période de fonctionnement.

α : est le rapport cyclique. Il est égal au rapport :

$$\frac{\text{Durée de fermeture}}{\text{Période}} = \frac{t_f}{T} = \alpha.$$

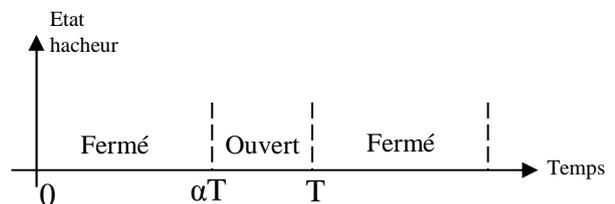
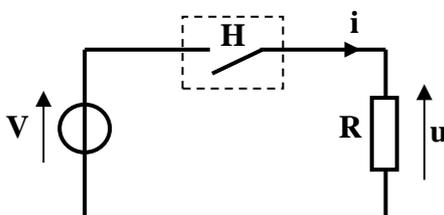
Remarque :

La diode de roue libre **DRL** assure la continuité du courant dans la charge si celle-ci est **inductive** (bobine ou moteur à courant continu) quand le transistor est **bloqué**.

3. Caractéristiques électriques

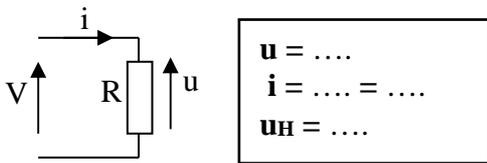
3.1. Débit sur une charge résistive

Schémas de montage :

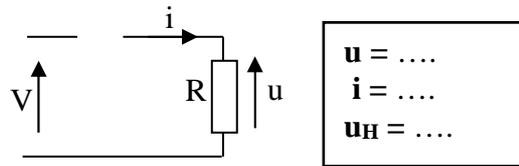


Analyse de fonctionnement

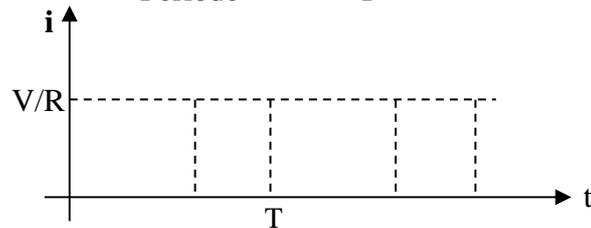
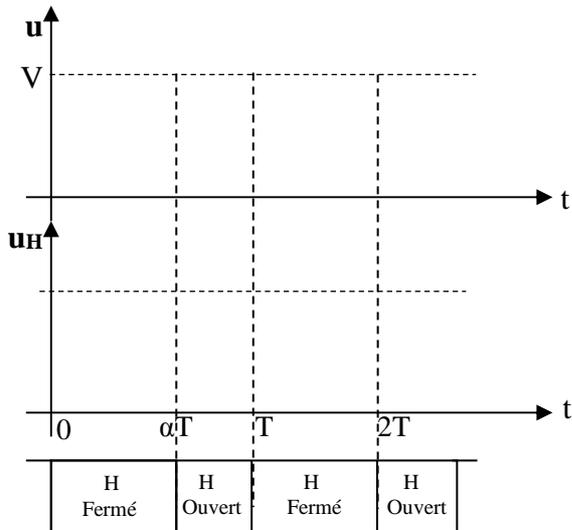
$0 < t < \alpha T$: H est fermé :



$\alpha T < t < T$: H est ouvert :



On appelle α le rapport cyclique. Il est égal au rapport $\frac{\text{Durée de fermeture}}{\text{Période}} = \frac{t_f}{T} = \alpha$.



Valeur moyenne de la tension en sortie du hacheur

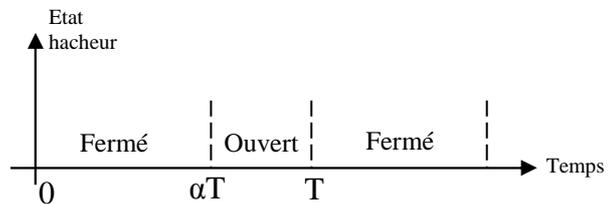
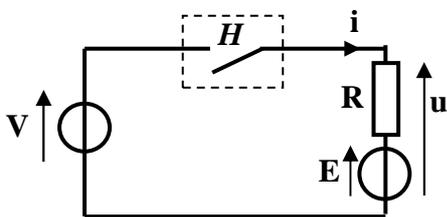
Exprimons la valeur moyenne de u en fonction du rapport cyclique α .

Pour cela nous calculons sa valeur moyenne sur une période : = soit : $u = \dots$

Remarque : En réglant α de **0** à **1**, on fait varier la tension aux bornes de la résistance de **0** à **V**.

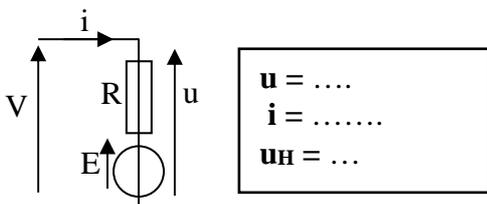
3.2. Débit sur une charge R,E

Schéma de montage :

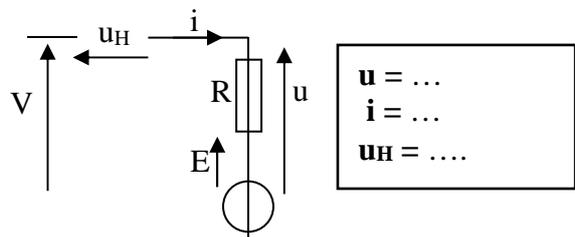


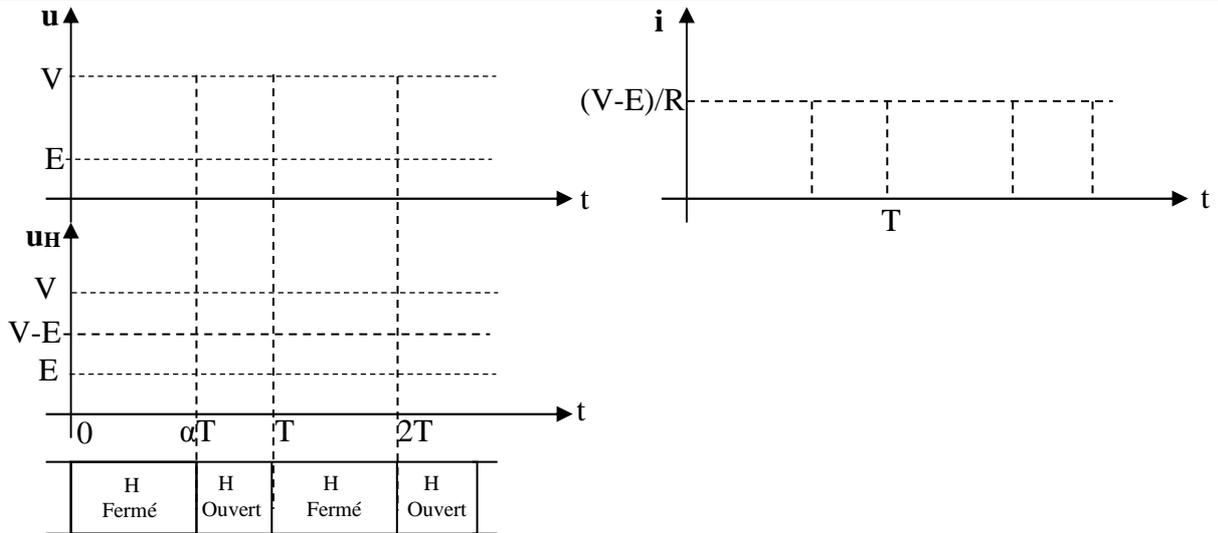
Analyse de fonctionnement :

$0 < t < \alpha T$: H est fermé :



$\alpha T < t < T$: H est ouvert :





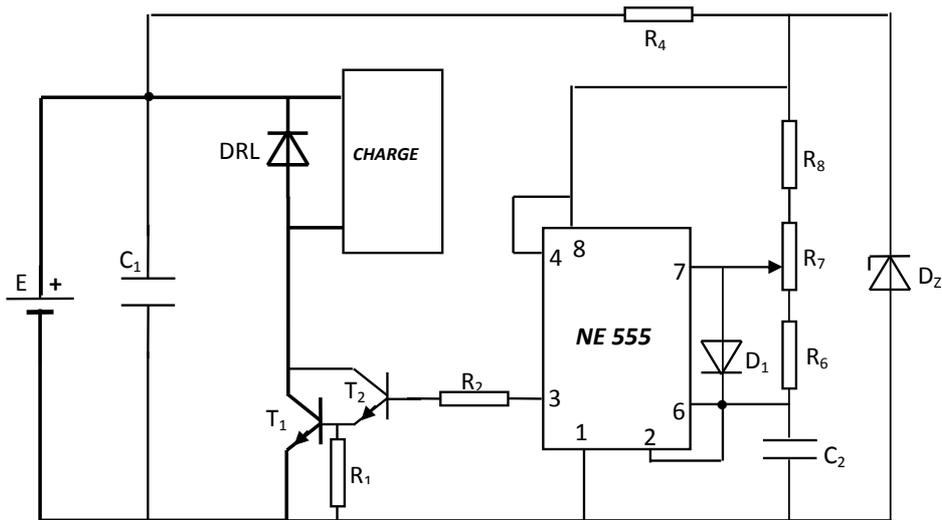
Valeur moyenne de la tension en sortie du hacheur

Exprimons la valeur moyenne de u en fonction du rapport cyclique α .

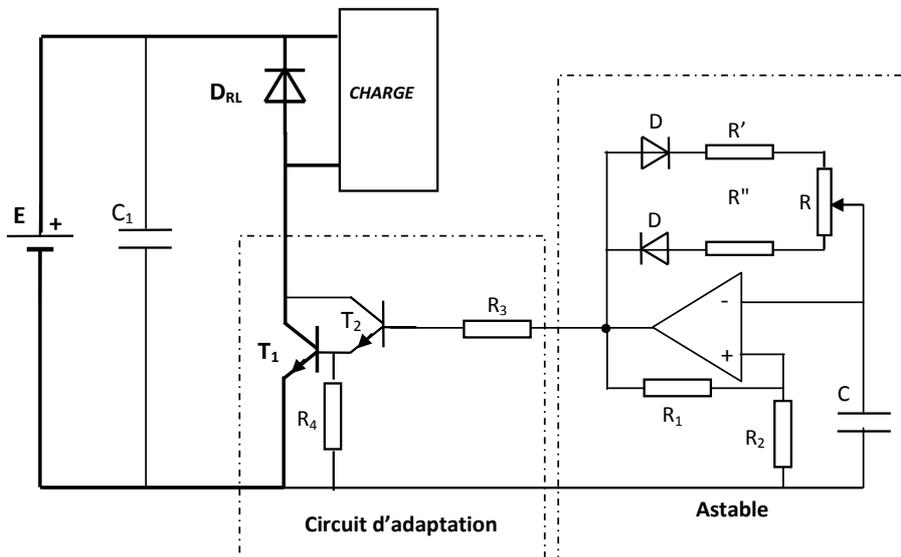
Valeur moyenne : $\bar{u} = S/T = \alpha \cdot T \cdot V/T + (T - \alpha \cdot T) E/T$ Soit : $\bar{u} = \dots\dots\dots$

4. Exemple de circuit de commande

4.1 Circuit de commande à base de NE 555



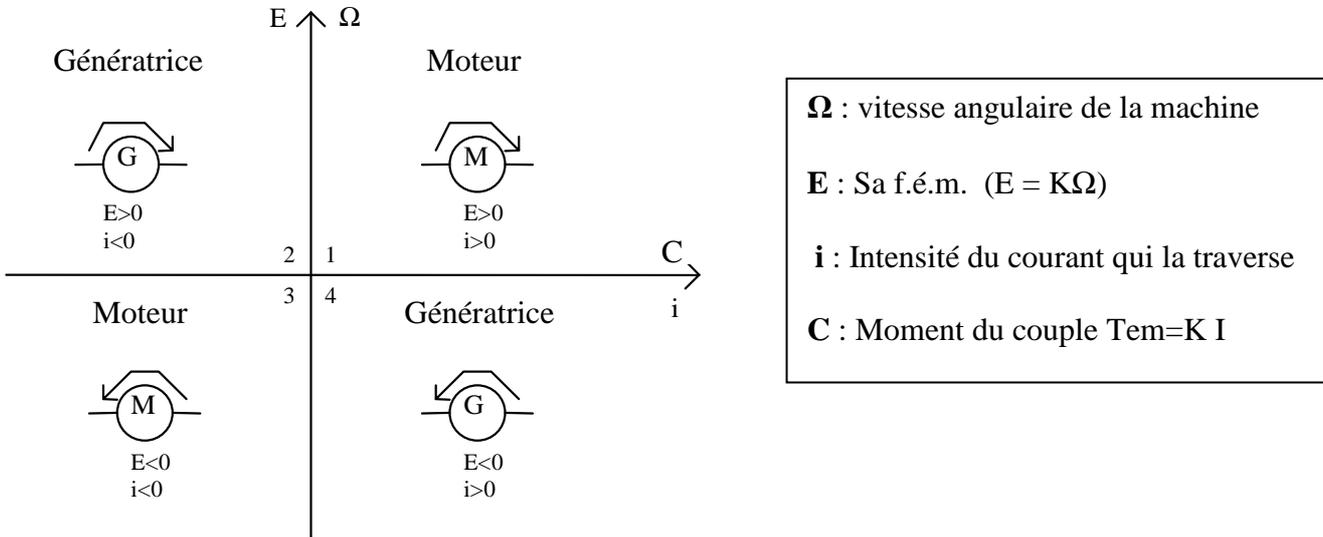
4.2. Circuit de commande à base de l'amplificateur opérationnel



II. Hacheur réversible

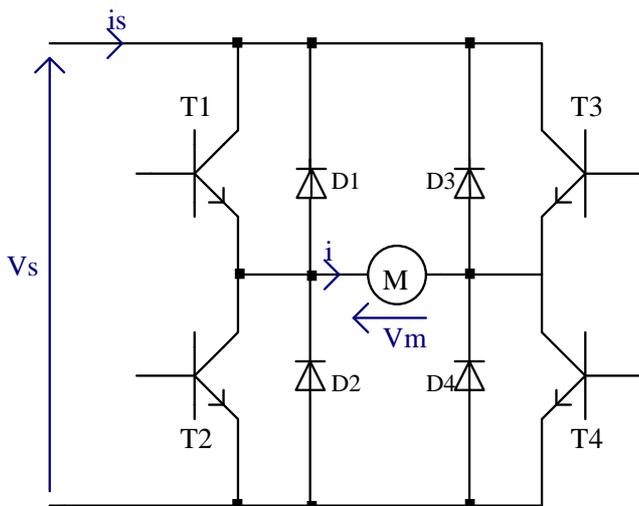
Ce fonctionnement n'est possible que si la charge est un moteur à courant continu qui est une machine réversible.

1. Réversibilité



Si la machine est un moteur de traction fonctionnant normalement dans le **quadrant 1**, on doit pouvoir freiner celui-ci : au lieu d'utiliser pour cela des moyens mécaniques, on peut utiliser des moyens électriques qui économisent de l'énergie. Il suffit en effet de faire fonctionner la machine en génératrice, et, tant qu'elle tourne ($E > 0$), de lui faire renvoyer de l'énergie dans sa source d'alimentation. La figure ci-dessus montre alors que le courant change de signe et on passe dans le **quadrant 2**. Après la phase de freinage, on peut être conduit à demander à la machine de reprendre son fonctionnement en moteur, mais avec un sens de rotation différent du premier ($\Omega < 0$). L'explication des deux autres quadrants se fait de manière identique à la précédente.

2. Hacheur "quatre quadrants"



Fonctionnement :

A chaque période T ,

- on commande la fermeture de T1 et T4 pendant αT ;
- on commande la fermeture de T2 et T3 pendant le reste de la période.

Pour $0 < t < \alpha T$, on commande la fermeture de T1 et T4 :

- si $i > 0$, il passe par T1 et T4 et $V_m = \dots$;
- si $i < 0$, il passe par D1 et D4 et $V_m = \dots$

Pour $\alpha T < t < T$, on commande la fermeture de T2 et T3 :

- si $i > 0$, il passe par D2 et D3 et $V_m = \dots$;
- si $i < 0$, il passe par T2 et T3 et $V_m = \dots$

III. Variateurs de vitesse pour moteur à courant continu

Les variateurs de vitesse sont des **préactionneurs** c'est-à-dire qu'ils permettent de commander des actionneurs électriques (moteurs) par **modulation de l'énergie**.

1. Principe

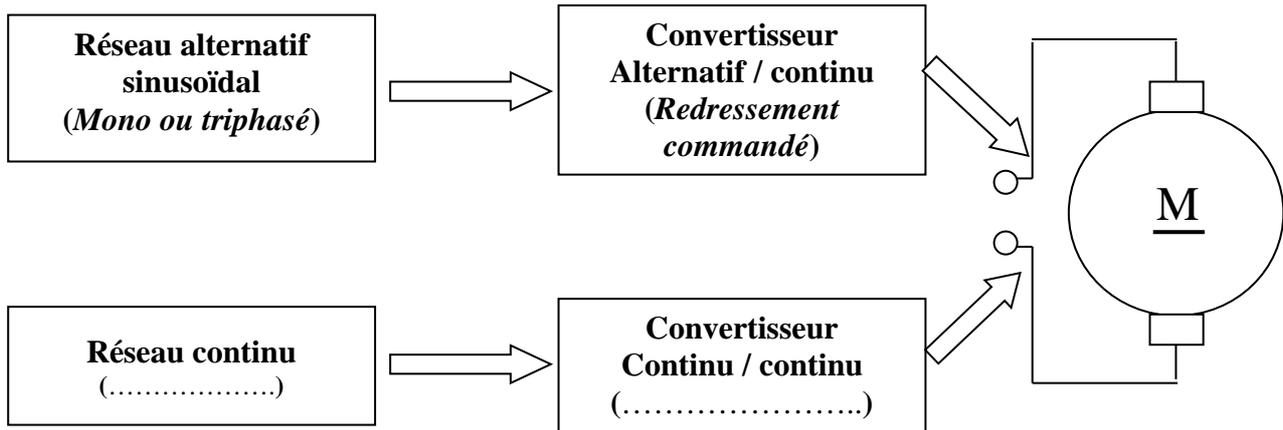
D'après les principes des moteurs à courant continu, on fait varier sa vitesse :

- Par variation **de la tension moyenne aux bornes de l'induit.**
- Par variation du flux inducteur (variation de la tension d'inducteur).

Pour faire varier les tensions d'induit ou d'inducteur, le variateur utilise des convertisseurs statiques constitués de composants électroniques.

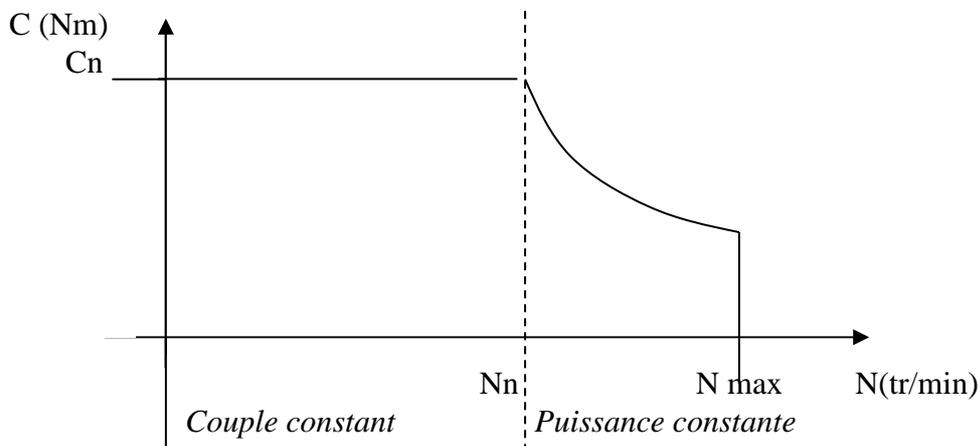
2. Constitution

En fonction de la nature de la source électrique, il existe deux types de convertisseur :



3. Variateur pour moteur à courant continu dans l'industrie

3.1. Caractéristique de l'association moto variateur



De 0 à la vitesse nominale (N_n) :

- fonctionnement à couple constant.
- Variation de vitesse par variation de la tension d'induit
- Fonctionnement à flux constant

De la vitesse nominale à la vitesse maximale (N_{max}) :

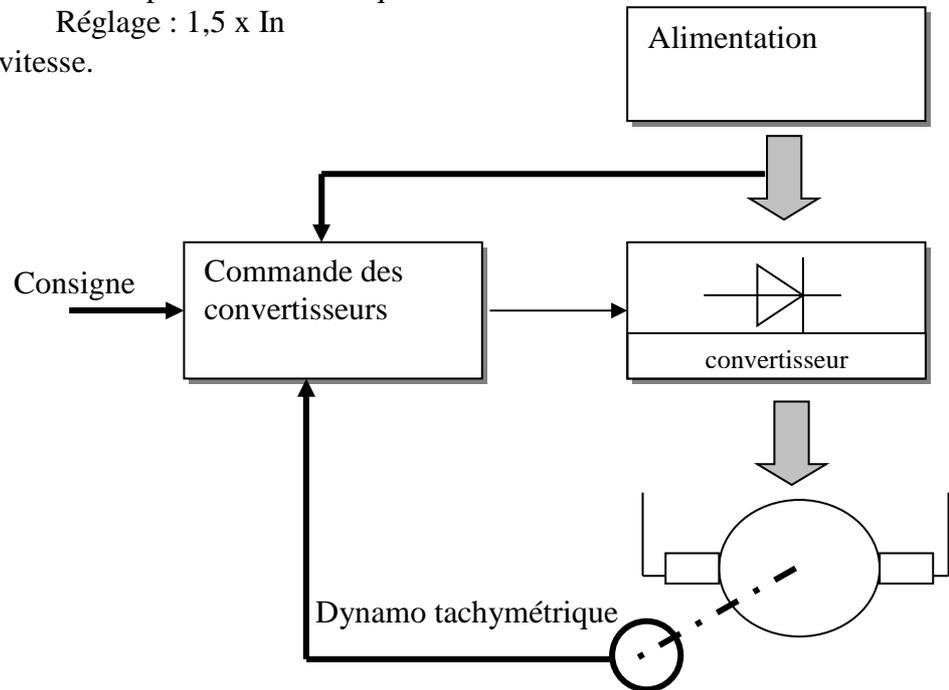
- Fonctionnement à puissance constante
- Variation de vitesse par diminution du flux inducteur (defluxage).

Les variateurs de vitesse permettent une gamme de vitesse de 1 à 200.

$$\left(\text{Gamme de vitesse} = \frac{\text{Vitesse max}}{\text{Vitesse min}} \right)$$

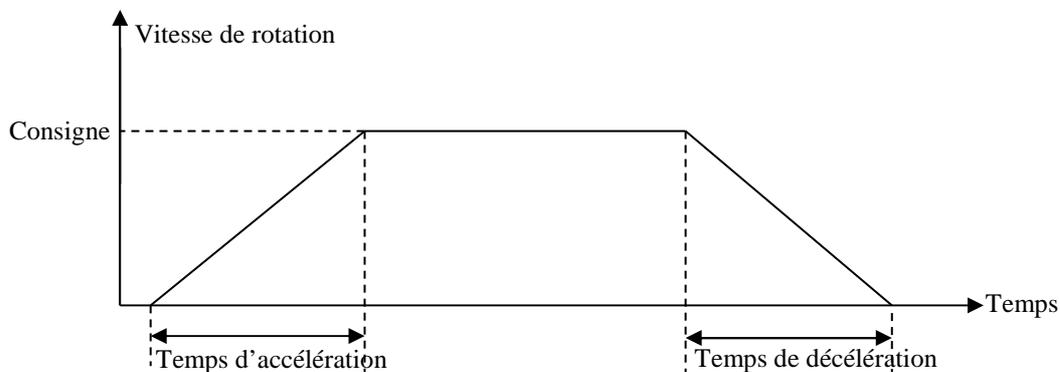
3.2. Fonctions disponibles sur les variateurs.

- Limitation de courant Rôle : protection thermique du moteur
Réglage : $1,5 \times I_n$
- Asservissement en vitesse.



La vitesse du moteur est réglée, en fonction :

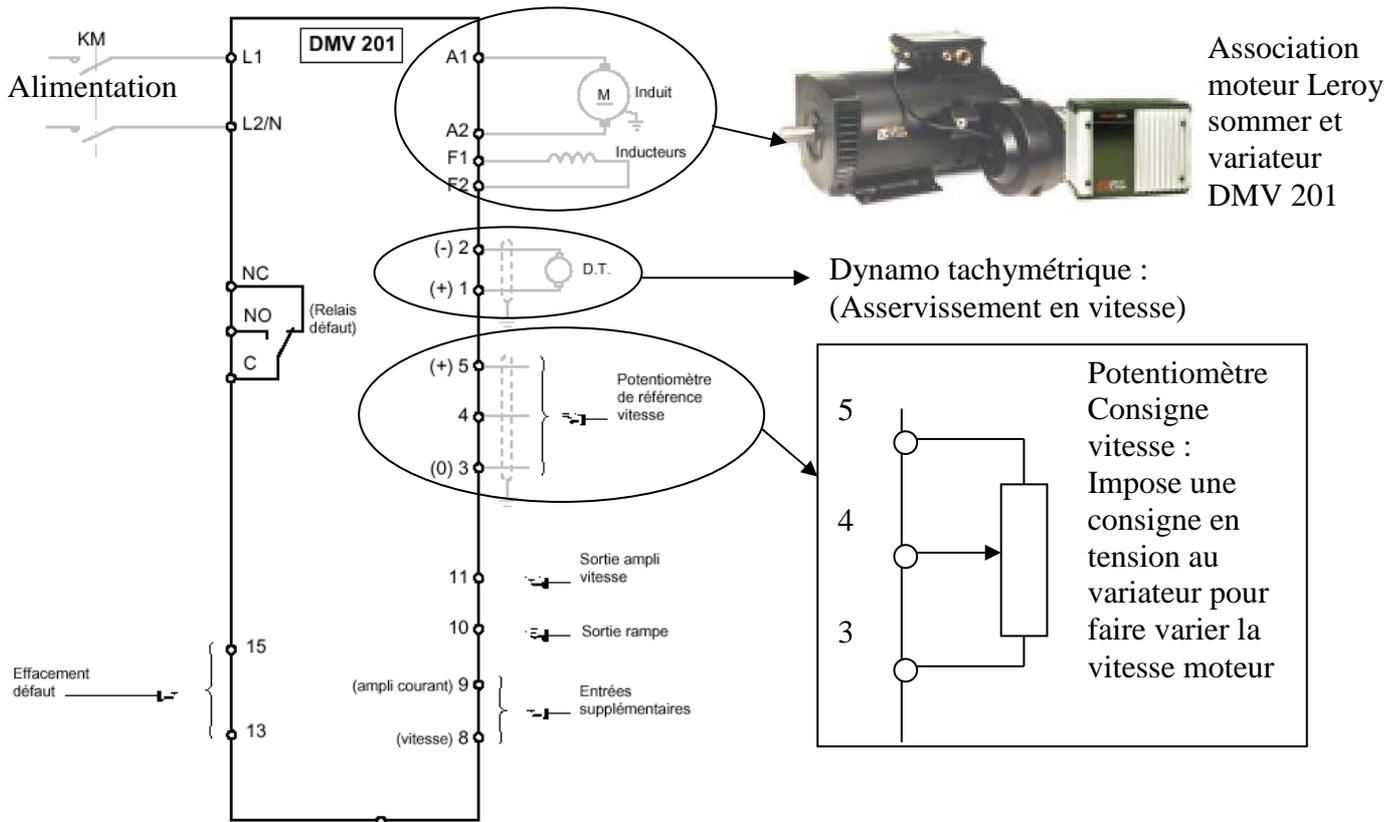
- La consigne.
- L'image de la vitesse donnée par la dynamo tachymétrique.
- Rampe d'accélération et de décélération réglable



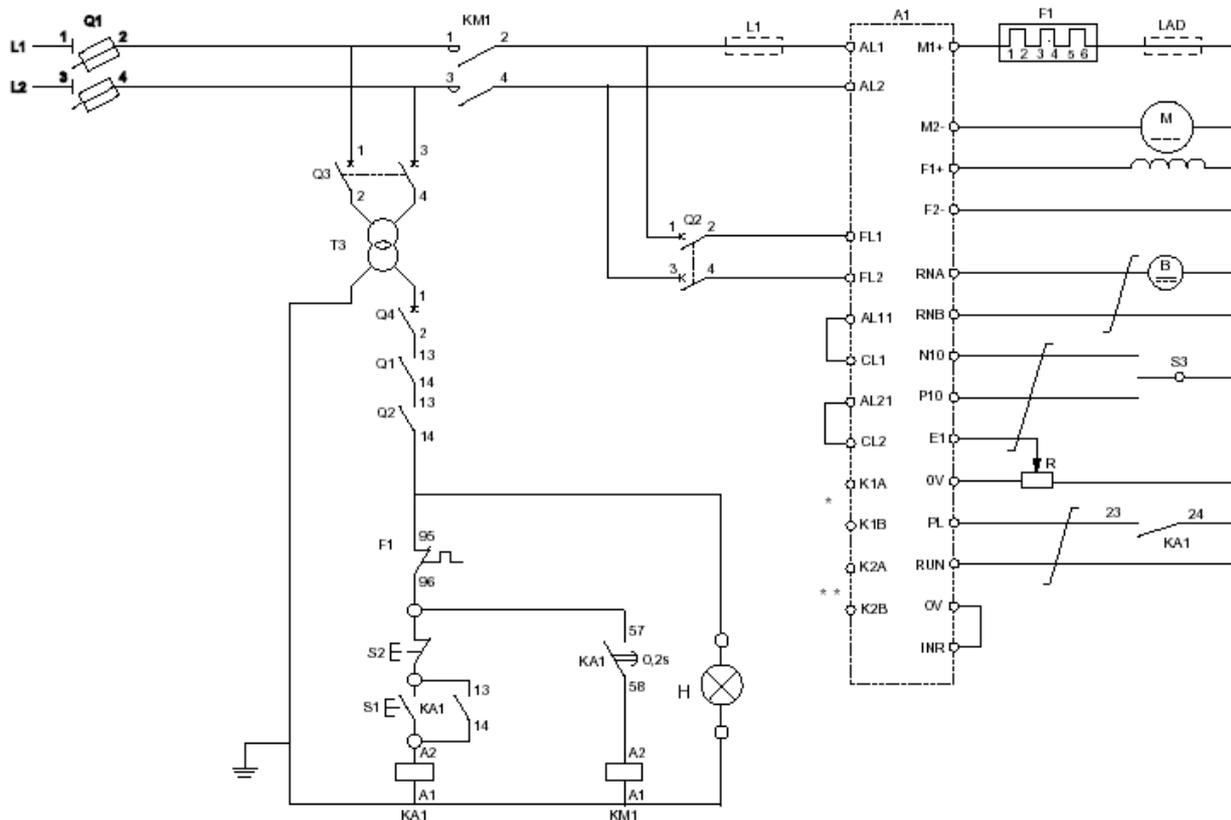
3.3. Exemples de variateur de vitesse industriel



3.4. Présentation des schémas de câblage



Le variateur **LEROY SOMMER DMV 201** est un variateur 2 quadrants (quadrant 1 et 4)



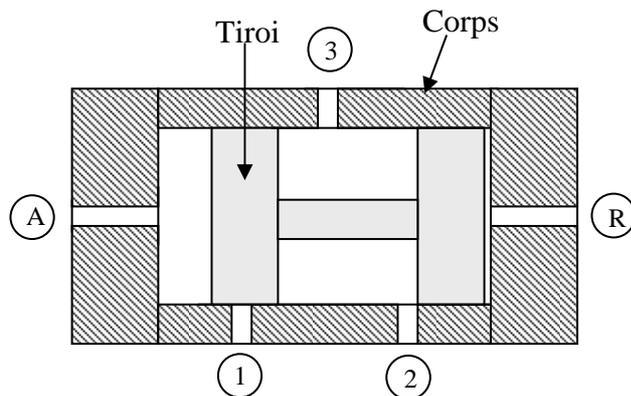
Le variateur **RECTIVAR 4** série 44 est un variateur 4 quadrants

I. Rôle d'un préactionneur pneumatique

L'étude est limitée aux préactionneurs pneumatiques Tout Ou Rien (TOR) que l'on appelle distributeurs pneumatiques. **Ils ont pour rôle de le fluide ou l'air (sous pression) dans certaines directions.** C'est grâce à eux qu'on peut commander de la sortie ou de la rentrée de tige d'un vérin par exemple.

II. Constitution (description)

Nous ne parlerons que des distributeurs à tiroirs (les plus utilisés).



- ① ② ③ : Orifice pour branchement
 (A) (R) : Orifice de commande du distributeur

D'une manière générale, un distributeur est composé principalement d'un **corps**, d'un **tiroir**, des **orifices** d'entrée et de sortie du fluide ou de l'air et une ou deux **commandes** de pilotage.

III. Fonctionnement

Par hypothèse, on suppose que :

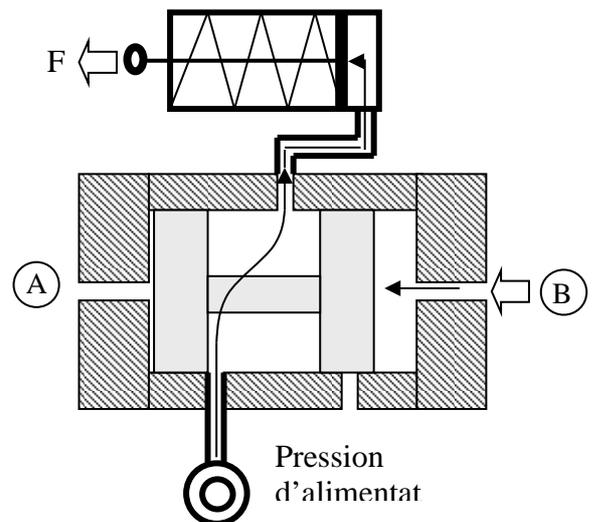
- La pression alimente l'**orifice 1**
- L'**orifice 2** est à l'air libre
- L'**orifice 3** est relié à un vérin simple effet.

Si l'on applique une pression à la commande (B)

Le tiroir se déplace vers, et l'air sous pression sera envoyé dans la chambre du Vérins : la tige

Si l'on applique une pression à la commande (A)
 Le tiroir se déplace vers : la tige du vérin

IV. Schéma de principe



V. Caractéristiques

Un distributeur est caractérisé par :

- Son nombre d'orifice (sans compter les orifices de commande).
- Le nombre de position du tiroir
- Le type de commande (1 ou 2 position stable ; on parle de monostable ou bistable)

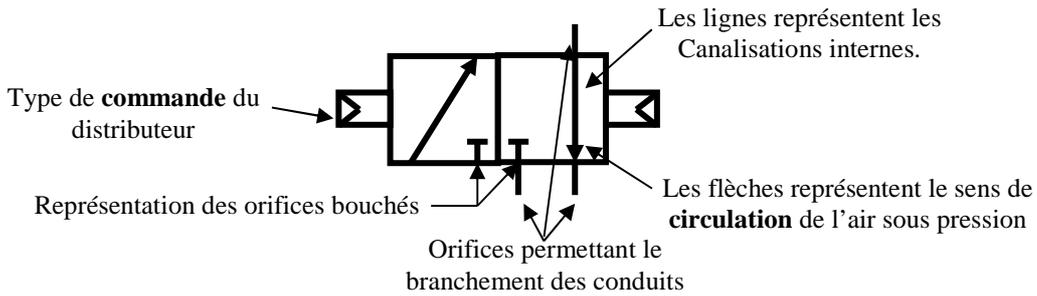
Les positions des tiroirs se symbolisent par des carrés, on symbolise le distributeur dans sa position de repos.

Exemple : Le distributeur utilisé précédemment utilise :

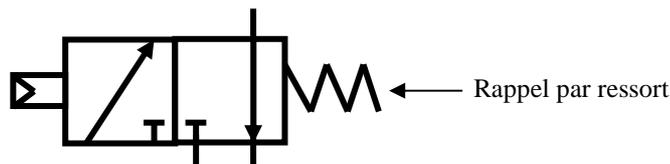
- 3 orifices
- 2 positions de tiroir
- 2 commandes pour 2 positions (bistable)

Il s'agit donc d'un distributeur 3/2 bistable

Il se symbolise de la façon suivante :



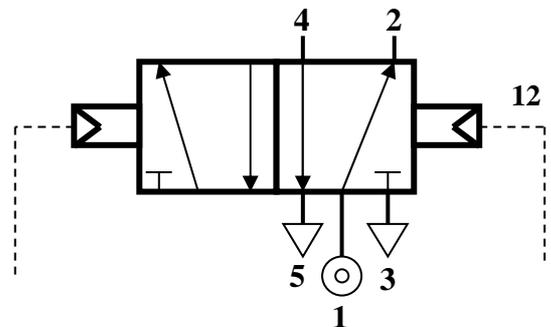
S'il s'agissait d'un distributeur 3/2 monostable, il se symboliserait de la façon suivante :



VI. Repérage des orifices

Le repérage des orifices des distributeurs est réalisé suivant une codification normalisée.

- 1 : alimentation de pression
- 2 et 4 : orifices d'utilisation
- 3 et 5 : orifice d'échappement
- 14 : pilotage, fonction commande (mettant en communication l'arrivée de pression (1) avec l'utilisation (4)).
- 12 : pilotage, fonction rappel (mettant en communication l'arrivée de pression (1) avec l'utilisation (2)).



VII. Commande des distributeurs

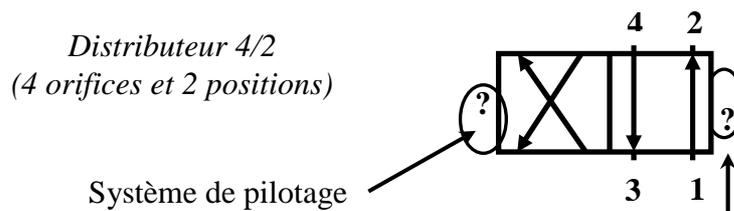
On indique les dispositifs de commande à l'aide de symbole normalisé

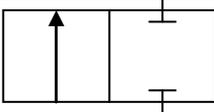
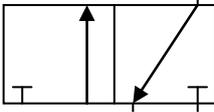
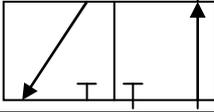
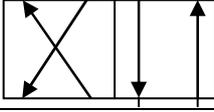
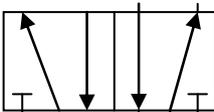
Si le distributeur possède une commande de chaque côté, il est dit C'est à dire qu'il faut faire une **action** à chaque fois que l'on veut changer d'état.

Si le distributeur possède une seule commande d'un côté et un ressort de l'autre, il est dit C'est à dire qu'il faut faire une action pour changer d'état et **cesser** cette action pour revenir à l'état précédent.

VIII. Types de distributeurs et leur symbolisation

Schéma normalisé d'un distributeur :



	<i>Symbole</i>	<i>orifices</i>	<i>positions</i>	<i>symboles de pilotages</i>																														
2/2	 <p style="margin-left: 20px;">Normalement fermé</p>	2	2	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td>général</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">Manuel</td> </tr> <tr> <td></td> <td>bouton</td> </tr> <tr> <td></td> <td>poussoir</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">Mécanique</td> </tr> <tr> <td></td> <td>pédale</td> </tr> <tr> <td></td> <td>poussoir</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">Électrique</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ressort</td> </tr> <tr> <td></td> <td>galet</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">Électrique</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1 enroulement</td> </tr> <tr> <td></td> <td>hydraulique</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">Électrique</td> </tr> <tr> <td></td> <td>pneumatique</td> </tr> </table>		général	}	Manuel		bouton		poussoir	}	Mécanique		pédale		poussoir	}	Électrique		ressort		galet	}	Électrique		1 enroulement		hydraulique	}	Électrique		pneumatique
	général	}	Manuel																															
	bouton																																	
	poussoir	}	Mécanique																															
	pédale																																	
	poussoir	}	Électrique																															
	ressort																																	
	galet	}	Électrique																															
	1 enroulement																																	
	hydraulique	}	Électrique																															
	pneumatique																																	
3/2		3	2																															
3/2		3	2																															
4/2		4	2																															
5/2		5	2																															

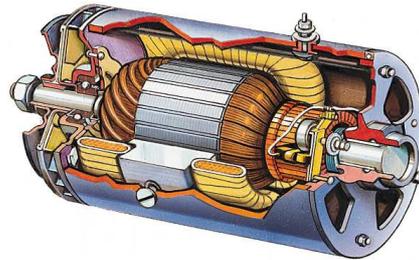
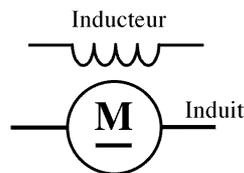
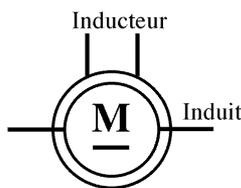
I. Présentation

Puisque l'énergie souvent disponible est électrique et moins encore pneumatique, alors il faut convertir cette énergie disponible en énergie mécanique ; d'où l'utilisation des qui assurent cette fonction de conversion. On trouve :

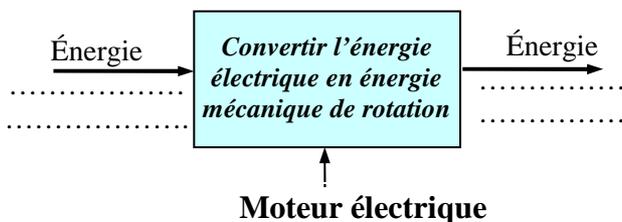
- Actionneurs électriques.
- Actionneurs pneumatiques

II. Actionneur électrique : Moteur électrique à courant continu

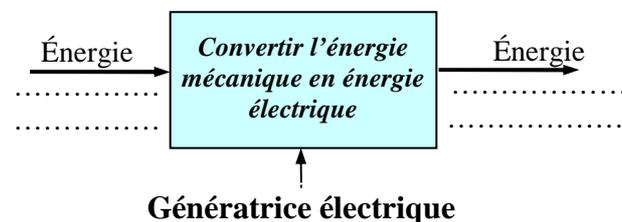
1. Symbole



2. Modèle fonctionnel



<i>Caractéristiques MOE : Pa</i>	U = tension en Volt (V) I = courant en Ampère (A)
<i>Caractéristiques MOS : Pu</i>	Cu = Couple utile en Newton. Mètre (N.m) Ω = Vitesse angulaire en radians/seconde (tr/s)



<i>Caractéristiques MOE : Pa</i>	Ce = Couple d'entraînement en (N.m) Ω = Vitesse angulaire en radians/seconde (tr/s)
<i>Caractéristiques MOS : Pu</i>	U = tension en Volt (V) I = courant en Ampère (A)

3. Constituants électriques

3.1. Inducteur

Situé dans le stator (partie fixe), **il.....le champ d'induction magnétique**. Il peut être formé d'aimants en ferrite ou de bobines parcourues par un courant continu.

3.2. Induit

Solidaire du rotor (partie mobile ou tournante de la machine), **il est le siège des nécessaires à son entraînement**. Il est composé de spires placées dans des encoches situées à la périphérie d'un empilement de tôles cylindriques. Les extrémités des spires sont reliées sur les lames du collecteur



3.3. Collecteur et Balais

Le collecteur est un ensemble de lames de cuivre où sont reliées les extrémités du bobinage de l'induit.

Les balais (ou charbons) sont situés au stator et frottent sur le collecteur en rotation.

Le dispositif collecteur / balais permet donc de faire un courant dans l'induit.

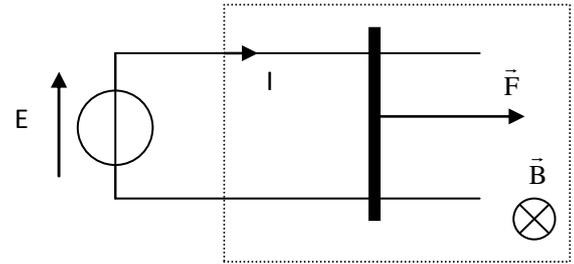


4. Fonctionnement

4.1. Force de Laplace (expérience des rails de Laplace)

Lorsqu'un conducteur, plongé dans un champ magnétique, est traversé par un courant continu, ce conducteur se met en mouvement sous l'action d'une force dite force de Laplace telle que :

- **Direction** : perpendiculaire au plan formé par le conducteur et le champ magnétique.
- **Sens** : donné par la règle des 3 doigts de la main droite.
- **Intensité** : $F = B.I.L$. (lorsque le champ est perpendiculaire au conducteur)



4.2. Couple électromagnétique

Lorsqu'on alimente l'inducteur et l'induit par une source de tension continue, chacun des conducteurs de l'induit est alors parcouru par un courant et, placé dans le champ magnétique inducteur, est soumis à une force de Laplace telle que : $F = B.I.l$.

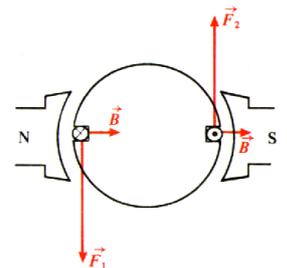
Les deux conducteurs sont soumis à un couple de force \vec{F}_1 et \vec{F}_2 .

On a donc $C = 2.r.F = 2.r.B.I.l = S.B.I = \Phi.I$

Dans le cas général (de nombreux conducteurs), la somme des moments des couples de forces agissant sur l'ensemble des conducteurs est appelée le **moment du couple électromagnétique** noté C_{em} .

$C_{em} = \dots\dots\dots$ avec :

- K : constante du moteur qui ne dépend que de sa constitution (nombre total de conducteurs N)
- Φ : flux créé par un pôle inducteur, en webers (Wb)
- I : intensité du courant dans chaque conducteur de l'induit, en ampères (A)



4.3. Force électromotrice d'induction

Loi de Lenz :

Si on déplace un conducteur dans un champ magnétique, il apparaît aux bornes de ce conducteur une **f.é.m.** induite.

loi : Tout phénomène induit s'oppose, par ses effets, à la cause qui lui a donné naissance.

Conformément à cette loi, on montre que la f.é.m. induite totale E qui apparaît aux bornes de l'induit vaut (convention générateur) :

$E = \dots\dots\dots$

Avec : K : constante du moteur
 Φ : Flux utile sous un pôle (Wb)
 Ω : vitesse de rotation (rad/s)

5. Réversibilité des machines à courant continu

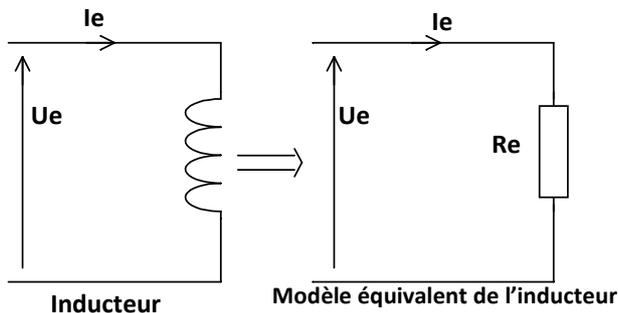
Les machines à courant continu peuvent fonctionner tant en moteur qu'en génératrice :

- si on alimente l'induit, le rotor se met à
- si on fait tourner le rotor, l'induit une f.é.m. E.

On dit que les machines à C.C. sont

6. Modèle équivalent du moteur à courant continu

Modèle équivalent de l'inducteur

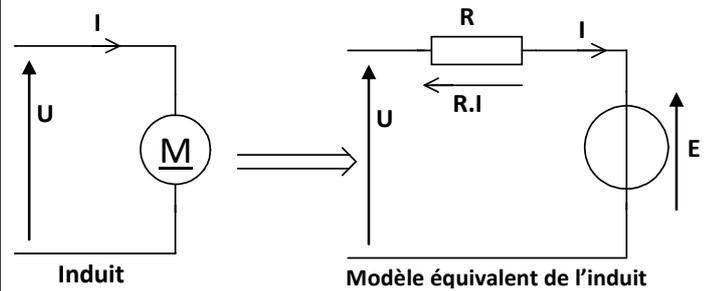


Lorsque l'inducteur n'est pas à aimants permanents, il est constitué de bobines en série traversées par un courant continu I_e , appelé **courant d'excitation**. On sait, de plus, qu'en courant continu, une bobine est équivalente à sa résistance.

$U_e = \dots\dots$

avec R_e : résistance de l'inducteur (Ω)
 U_e : tension d'alimentation de l'inducteur (V)
 I_e : intensité du courant d'excitation (A)

Modèle équivalent de l'induit



L'induit, soumis à une tension U dite tension d'induit, est constitué de conducteurs, de résistance R , traversés par un courant continu I dit courant d'induit. Il génère une f.é.m. ou une f.c.é.m. suivant qu'il fonctionne en génératrice ou en moteur.

Loi des mailles : $U - R.I - E = 0$ donc :

$U = \dots\dots\dots$

avec R : résistance de l'induit (Ω)
 U : tension d'alimentation de l'induit (V)
 I : intensité du courant de l'induit (A)
 E : f.c.é.m générée par l'induit (V)

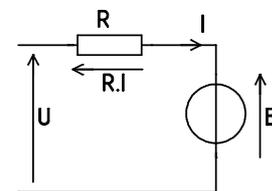
7. Bilan des puissances

Relation correspondante :

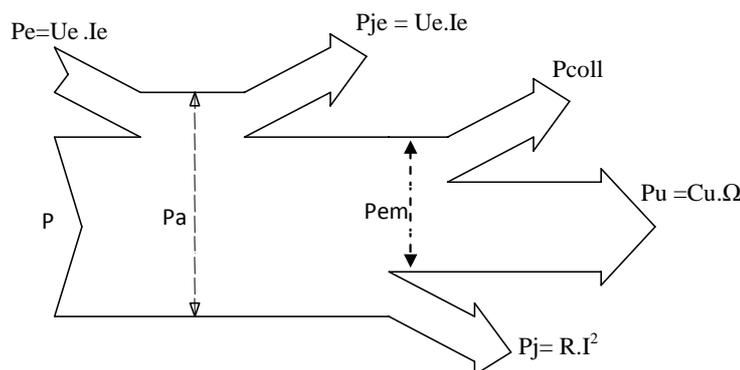
$U = E + R.I$

En multipliant par I , on obtient :

$U.I = E.I + R.I^2$
 Puissance absorbée = Puissance électromagnétique + Pertes par effet Joule dans l'induit



En résumé :



De plus, le rotor (matériau ferromagnétique) est en mouvement dans un champ magnétique, d'où l'apparition de **pertes magnétiques** notée P_{fer} .

D'autre part, le rotor en rotation sera le siège de **pertes mécaniques** notées $P_{méca}$

Remarque :

Toute la puissance absorbée par l'inducteur (P_e) est convertie en pertes par effet Joule (P_{je})

8. Rendement :

Du fait de ces différentes pertes, le rendement d'une machine à courant continu varie entre 80 et 95 %.

Rendement = Puissance fournie (utile) / Puissance totale absorbée. = P_u / P_a

- $P_a = U \cdot I$ (puissance absorbée par l'inducteur)

- $P_u = C_u \cdot \Omega$ d'où rendement

$\eta = (C_u \cdot \Omega) / (U I + P_e) = (P_a - \sum \text{pertes}) / P_a$

9. Comportement au démarrage

$U = E + R I$ (équation toujours vraie)

Au démarrage, la vitesse de rotation est **nulle** ($n = 0$) donc $E = 0$. Le courant de démarrage vaut donc :

$I_d = \dots\dots$

Et $C_d = k' \cdot I_d = k' \cdot U / R$

Le courant peut-être très important au démarrage et détruire les contacts collecteur-balai : il faut donc ce courant I_d : utilisation de démarreur, variateurs de vitesses.

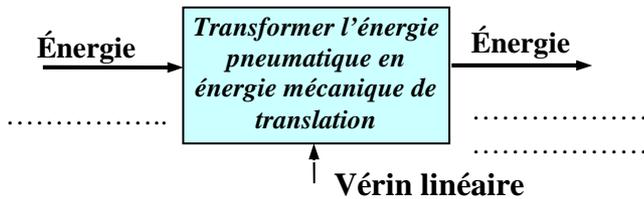
Le couple de démarrage est aussi très important et pas forcément toléré par les organes mécaniques ...

I. Vérins pneumatiques

1. Définition

Les actionneurs pneumatiques les plus répandus sont les vérins pneumatiques linéaires. Ils transforment l'énergie pneumatique (pression, débit) en énergie mécanique (effort, vitesse)

2. Modèles fonctionnels

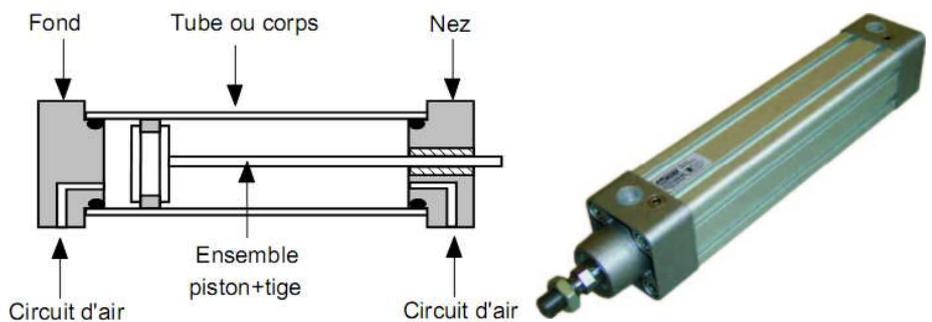


<i>Caractéristiques</i>	$p =$ pression en Pascal (Pa)
<i>MOE : Pa = p . Q</i>	$Q =$ débit en (m ³ /s)
<i>Caractéristiques</i>	$V =$ vitesse déplacement tige en (m/s)
<i>MOS : Pu = V . F</i>	$F =$ poussée (effort) en Newton (N)

3. Constitution d'un vérin

Quel que soit le vérin, son type et son constructeur, il sera constitué des mêmes éléments. Le **piston** est solidaire de la **tige** qui peut se déplacer à l'intérieur du **corps**. Le corps est délimité par le **nez** et le **fond** dans lesquels sont aménagés les **orifices** d'alimentation en air comprimé.

Les espaces vides qui peuvent être remplis d'air comprimé s'appellent les **chambres**.

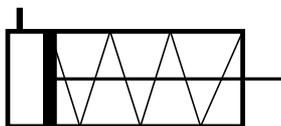


4. Principaux types

Vérin simple effet

Le vérin simple effet est un composant (Stable dans une seule position).

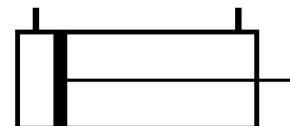
Ce type de vérin ne peut produire un effort significatif que dans un seul sens, le rappel de tige est assuré par un ressort.



Vérin double effet

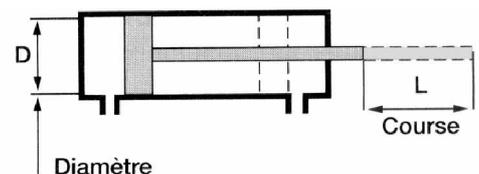
Le vérin double effet est un composant (Stable dans deux positions).

Ce type de vérin peut produire un effort significatif dans les deux sens, le rappel de tige est obtenu par inversion de l'alimentation des deux chambres.



5. Caractéristiques et effort axial exercé

- Diamètre du piston
- Diamètre de la tige
- Pression d'alimentation (**Pa** ou **bar avec 1 bar = 10⁵ Pa**)



Calcul de l'effort axial en sortie de tige

$$F = p \cdot S$$

Avec

F : Force exercée par la tige en Newton (N)

S : Surface d'action de l'air sur le piston en m²

p : Pression de l'air à l'alimentation en Pascal (**Pa**)

Lorsqu'on alimente la chambre avant, la surface d'action de l'air est plus faible que lorsqu'on alimente la chambre arrière du fait de la présence de la tige. Pour une même pression d'alimentation, la tige exerce donc une force plus grande en sortant qu'en rentrant

- Pour la sortie de tige : $F_{sp} = \dots\dots\dots$
- Pour la rentrée de tige : $F_{st} = \dots\dots\dots$

Avec :

D : diamètre de piston (cm).

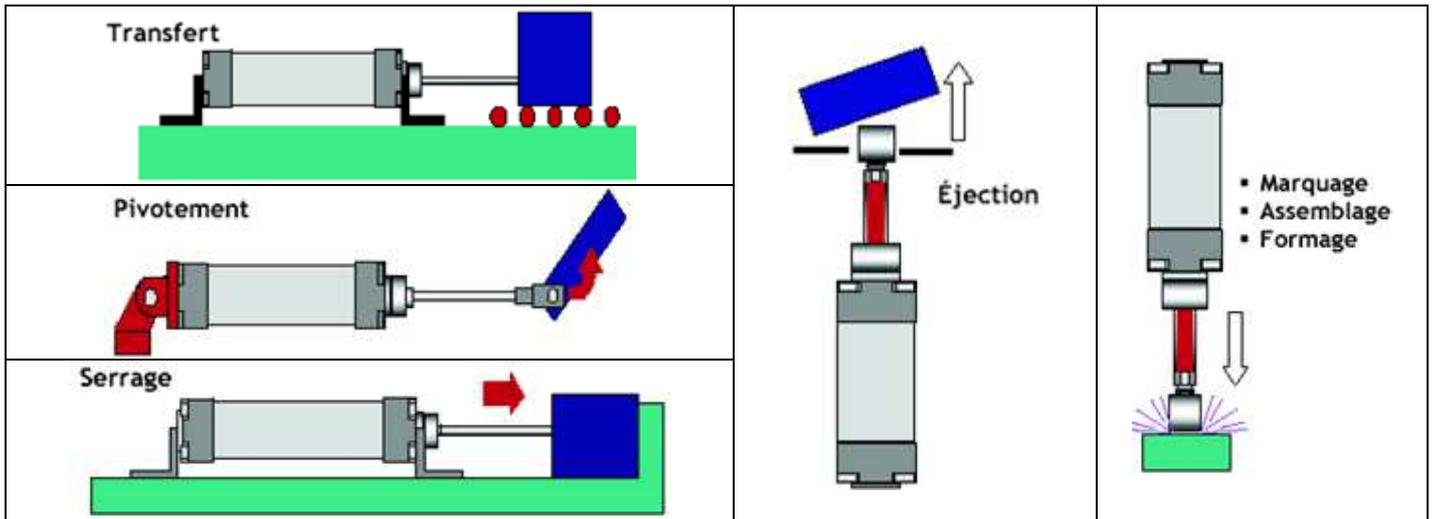
d : diamètre de la tige (cm).

p : pression d'alimentation (bar).

F_{sp} : effort statique développé en poussant (daN).

F_{st} : effort statique développé en tirant (daN).

6. Exemple d'utilisation des vérins



7. Vérins spéciaux

7.1. Vérin compact

Permet de développer des efforts importants sur des courses faibles dans des applications où l'encombrement axial doit être le plus réduit possible. Particulièrement adapté, grâce à sa compacité et son court temps de réponse, aux fonctions de serrage, blocage, éjection, indexage, élévation et verrouillage de pièce dans toutes les applications industrielles.



7.2. Vérin anti-rotation

Permet de translater entre deux positions fixes un produit qui n'exige pas de guidage du type glissière, mais nécessite d'être arrêté en rotation. Très utilisé dans les mouvements terminaux de manipulation de produit. Mouvement de montée baisse de pièce suspendue. Pousseur de pièce dans les systèmes de transitique, manipulation de produit léger.



7.3. Vérin rotatif

Assure le plus généralement deux fonctions : guidage et entraînement en rotation du mobile, d'où l'importance de le dimensionner par rapport au mouvement à développer (couple, angle, moment d'inertie) et aux efforts axiaux et radiaux appliqués sur l'arbre de sortie. Principalement utilisé pour des opérations de manipulation lorsqu'il y a lieu d'orienter le produit.



7.4. Vérin sans tige

Permet de mouvoir en translation, avec une grande amplitude, un mobile guidé entre deux positions précises de fin de course. Très utilisé dans les tâches de manipulation, manutention, transitique et palettisation, en raison de son faible encombrement en longueur et de ses sections de piston identiques



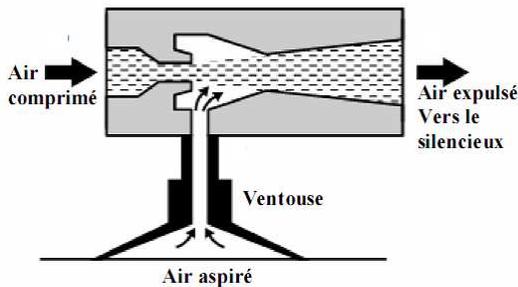
II. Générateur de vide ou "Venturi"

Le générateur de vide a pour fonction de transformer la pression de l'air comprimé en une pression inférieure à la pression atmosphérique.

Un tuyau branché sur la prise de vide transmet cette dépression à l'effecteur (les ventouses).

Cette dépression permet aux ventouses de saisir les objets à déplacer en les Les ventouses plaquent ainsi les objets contre elles

Fonctionnement :



L'air comprimé, en passant rapidement dans le venturi, provoque à cet endroit une dépression et entraîne avec lui l'air présent dans le conduit perpendiculaire. D'où l'aspiration disponible au niveau de la ventouse.

III. Moteurs

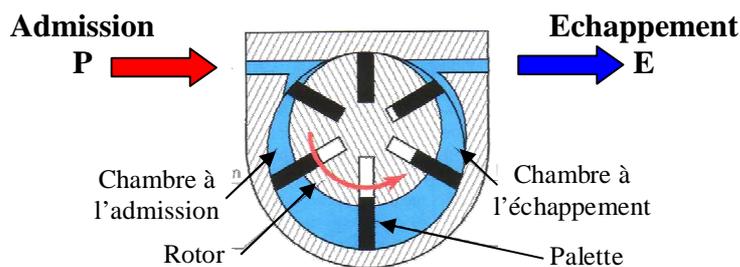
Un moteur rotatif alimenté en air comprimé produit un mouvement de rotation dans un ou deux sens, à des fréquences pouvant atteindre 30 000 tr/min et des puissances de 10 kW. Il en existe plusieurs types : à piston, à engrenage, à turbine.

La technologie à palettes est la plus utilisée, en raison de ses nombreuses qualités.

Fonctionnement :

L'air comprimé pénètre dans le moteur par l'orifice **P** et arrive dans une chambre d'admission, où il exerce une force motrice sur la palette la plus proéminente. Ainsi, le rotor tourne et l'air se détend.

Dans le deuxième secteur du moteur, l'air des chambres à l'échappement se vide par l'orifice **E**.



I. Conversion énergie électrique en énergie lumineuse

Cette conversion consiste en une transformation de l'énergie électrique en rayonnement lumineux.

Si l'on ne s'en tient qu'à l'éclairage nous avons 2 grandes familles qui regroupent plusieurs catégories.

Familles	Catégorie
Lampes à incandescence	La lampe standard La lampe à iode (halogène)
Lampes à décharge	Lampe fluorescente Lampe Fluo compacte Lampe à vapeur de mercure Lampe à iodure métallique Lampe à vapeur de sodium : - Basse pression - Haute pression

1. La lampe incandescence

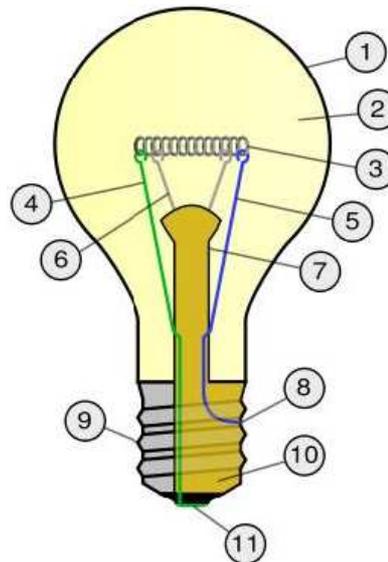
1.1. La lampe à incandescence standard

Principe et constitution :

Un filament en *tungstène* est porté à une température de **2250°** à **2400°**.

L'énergie électrique est transformée **en énergie calorifique** ; du fait de la haute température, il y a production d'énergie.

Pour éviter la détérioration du filament, on le place à l'abri de l'oxygène dans une ampoule contenant un gaz inerte (argon, krypton).



1. Bulbe de verre, ou enveloppe
2. Gaz inerte à basse pression
3. Filament de tungstène
4. Fil conducteur (contact avec le culot)
5. Fil conducteur (contact avec la base)
6. Fils de support
7. Monture ou support en verre
8. Base (contact électrique)
9. Culot (pas de vis)
10. Isolant
11. Plot (contact électrique)

Forme des ampoules

Lampe Standard Belle



Lampe Flamme



Lampe Sphérique



Lampe Tube



Lampe Tube Linolite



Désignation d'une lampe :

Elle doit comprendre :

La puissance : 15 - 25 - 40 - 60 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 1000. (Watts)

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

Le type de culots : ils sont normalisés.

Culots à vis (Edison)



E27

E14

Culots à baïonnette



B 22

Avantages / Inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lumière agréable. ▪ Peu encombrante. ▪ Montage facile. ▪ Allumage instantané. ▪ Prix d'achat faible. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficacité lumineuse faible : 12 lm/W. ▪ Durée de vie assez courte : 1000 heures. ▪ Pertes d'énergie sous forme calorifique relativement importante pour les grandes puissances.

1.2. Les lampes à iodes (halogène).

La lampe à **iode** est une variante de la précédente.

Ces lampes à iode ont une efficacité supérieure, un flux lumineux constant, ne noircissent pas et durent deux fois plus longtemps.

Forme des ampoules :2. Les lampes à décharge

On distingue deux grands modes de fonctionnement des lampes à décharge :

- **à cathode froide** : tubes luminescents (enseignes lumineuses), lampes néon (voyant, veilleuses)
- **à cathode chaude** : tube fluorescent, lampes à vapeur de mercure, lampes à vapeur de sodium haute et basse pression, lampes aux iodures métalliques.

Remarque : toute lampe à décharge nécessite un **appareillage auxiliaire** : il faut limiter le courant qui traverse la lampe (ballast) et créer une surtension (ballast + starter)

2.1. Les lampes fluorescentesPrincipe de la fluorescence :

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.

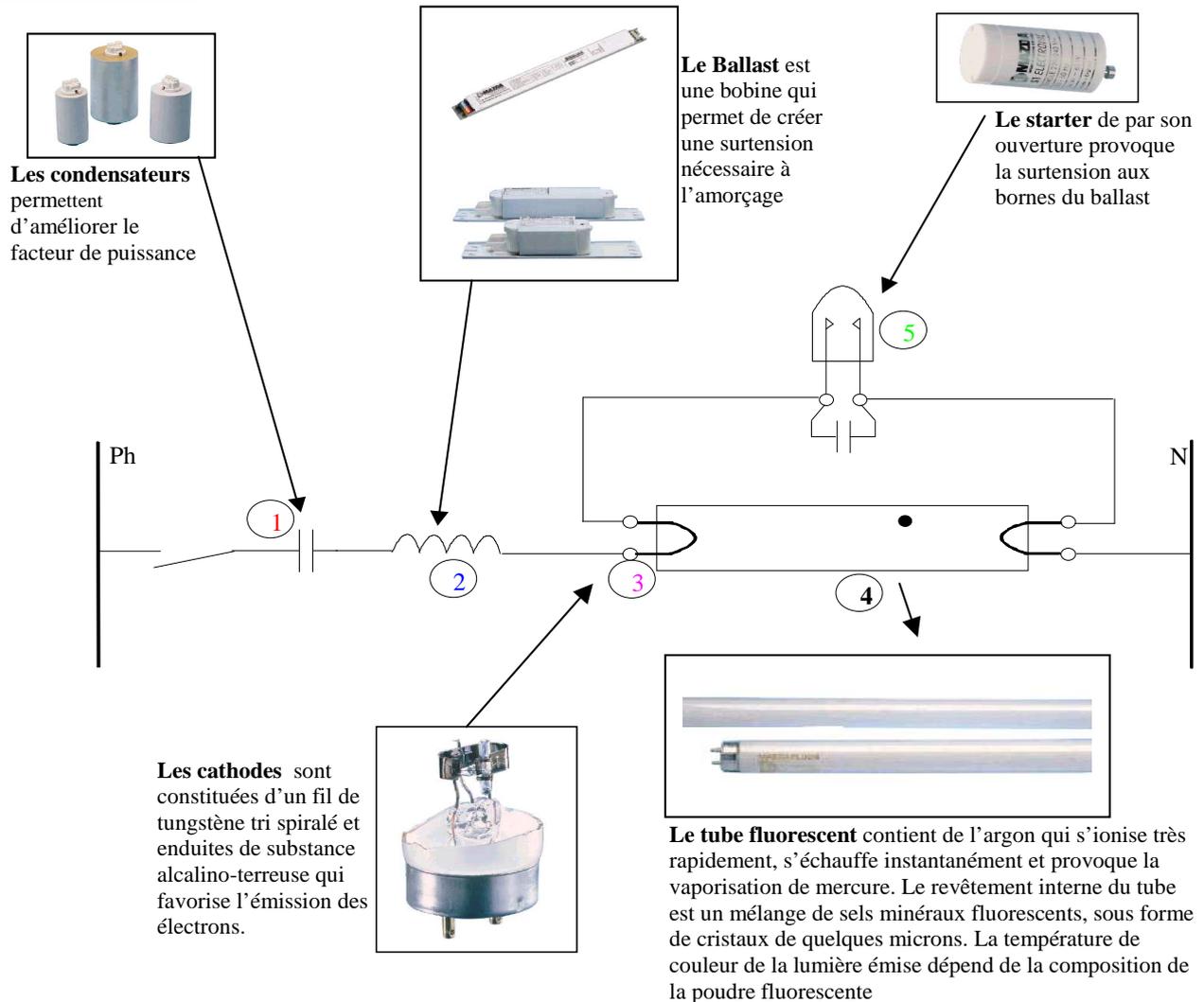
C'est la phase d'amorçage du tube. Elle nécessite une **tension assez élevée**.

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**. Ces derniers sont transformés en visible par la poudre **photoluminescence**.

Désignation d'un tube fluorescent.

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

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

Eléments constitutifsAvantages / Inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durée de vie de l'ordre de 7000 heures. ▪ Faible consommation d'énergie ▪ Permet de réaliser des éclairagements élevés ▪ Efficacité lumineuse : 25 à 75 lm/W 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un équipement d'amorçage et d'alimentation spécial est nécessaire ▪ Prix de l'installation initiale plus élevé qu'en incandescence

2.2. Les lampes fluo compactes

Ces lampes ont été créées pour remplacer la lampe à **incandescence** .

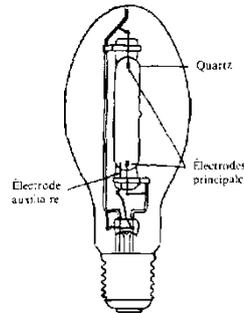
Elles sont munies d'un ballast intégré dans le culot, soit à baïonnette soit à vis, pouvant être mise en place directement à la place des lampes à incandescence standard.

Forme des ampoules :

2.3. Les lampes à vapeur de mercure

Cette lampe est constituée d'un tube en quartz contenant du mercure est placé à l'intérieur d'une ampoule en verre dont les parois sont recouvertes d'une poudre fluorescente. L'atmosphère à l'intérieur est un gaz neutre. Elles nécessitent **un appareillage spécial**.

- La durée de mise en régime est **de 10 minutes pour 80% du flux nominal**.
- Le temps de mise en régime est de 3 à 5 minutes.
- La température de couleur varie de 3900 à 4300°K et l'indice de rendu de couleur de 33 à 49.
- Utilisation : Ateliers, halls, jardins, stations-services ...



2.4. Les lampes à vapeur de sodium à basse pression

Cette lampe à décharge est composée d'un tube en U dans lequel se trouvent du sodium à basse pression avec du néon pour faciliter le démarrage.

- La lumière émise est de couleur jaune orangée.
- L'efficacité lumineuse de ces lampes est **très élevée**, jusqu'à 210lm/W
- La durée de mise en régime est de 5 à 10 minutes.
- Utilisation : l'éclairage routier, domaine dans lequel leur efficacité très élevée est un avantage considérable.



2.5. Les lampes à vapeur de sodium à haute pression

Le tube est en céramique translucide, le verre et le quartz ne pouvant pas résister à la forte corrosion de la vapeur de sodium portée dans ces lampes à plus de 1000°C.

La lumière n'est pas monochromatique car d'autres raies, de longueurs d'onde différentes, du sodium sont émises. Elle se rapproche d'une lumière très chaude.



- L'intensité du courant d'amorçage est supérieure de 50% au courant de marche. Le temps de mise en régime est de 10 minutes.
- La gamme de puissance est étendue, de 50W à 1kW.
- Leurs efficacités lumineuses vont de 68 à 140 lm/W.
- Utilisation : les parcs de stockage, tunnels souterrains, piscines, gymnases,...

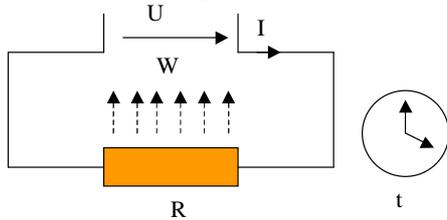
II. Conversion énergie électrique en énergie thermique

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.

2. Rappels d'électrotechnique

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



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

2.1. 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

Autres unités :

1 kilocalorie [kcal] = 10³ calories
1 thermie [th] = 10⁶ calories
1 calorie = 1 microthermie [μth]

Multiples :

Le wattheure 1 Wh = 3600 J
Le kilowattheure 1 kWh = 10³ Wh

2.2. 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 :

$$P = \dots\dots\dots$$

P : Puissance dissipée [W]

$$U = \dots\dots\dots$$

On a donc : $R = \dots\dots\dots$

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

L : longueur du fil [m]

S : section du fil [m²]

ρ : résistivité du fil [Ωm]
ou [Ω.mm².m⁻¹]

3. Matériaux résistants.

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

Tableau : Alliage pour résistances électriques

Marques	Composition type	Caractéristiques types			Observations et principaux emplois
		Résistivité μΩ-cm à 15°	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 élevées - 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

Diamètre des fils normalisés :

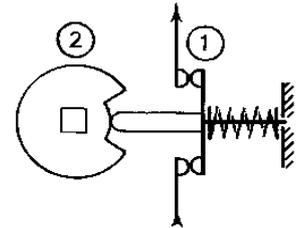
0,14- 0,16-0,18- 0,20- 0,224- 0,250- 0,280- 0,315- 0,355- 0,400 - 0,450 - 0,500 - 0,560 - 0,630 - 0,710 - 0,800 - 0,900 - 1,00 - 1,12 -1,25- 1,40-1,60- 1,80- 2,00- 2,24- 2,50- 2,80- 3,15- 3,55- 4,00.

4. Commande des appareils de chauffage

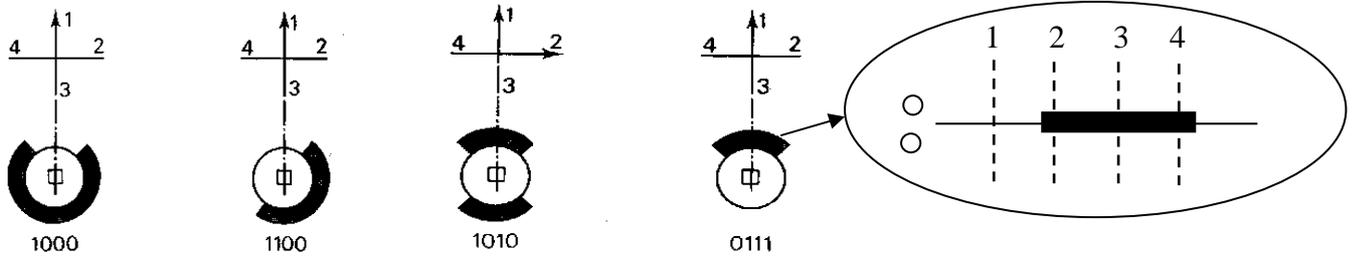
4.1. Schémas des commutateurs

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

- Des contacts (1), en général, 2 par étage de commutation ; ces contacts sont indépendants. Le nombre de contacts nécessaires dans un schéma détermine le nombre d'étages du commutateur (2 par étage).
- Des cames (2) qui réalisent le programme de fonctionnement des contacts selon les conditions imposées par l'utilisation des circuits ; 1 came par contact



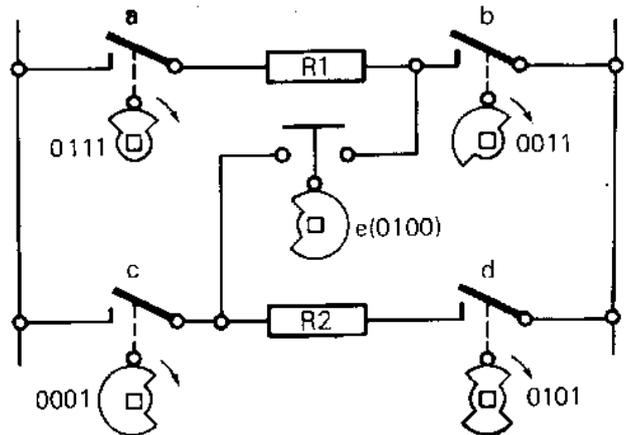
Selon le programme de fonctionnement on a 4 types de cames :



4.2. Tableau de commutation

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

Contacts Positions	a	b	c	d	e
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	1	1
3	1	1	0	0	0
4	1	1	1	1	0



4.3. Couplage de résistances

On couple deux résistances de 20 Ω pour obtenir trois allures de chauffe :

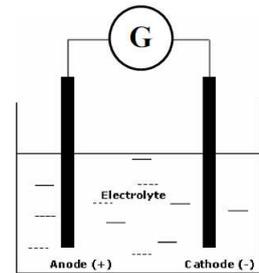
- position 0 : arrêt ;
- position 1 :
- position 2 :
- position 3 :

III. Conversion énergie électrique en énergie chimique

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.



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)...