

SCIENCES DE L'INGENIEUR

Première année du cycle de Baccalauréat

Sciences et Technologies Électriques (STÉ)

LES AUTEURS

EL MIMOUNI EL HASSAN
Inspecteur de Génie Electrique

LAJOUAD RACHID
Professeur agrégé de Génie Electrique

JEMILY ABDELGHANI
Professeur de Fabrication mécanique

HANAFI AHMED
Professeur d'Electronique

RMICHA ABDELHAY
Professeur de Construction Mécanique

ERRAHOUTI ALI
Professeur d'Electronique

MOJIBI KAMAL
Professeur de Construction Mécanique

Cher lecteur,

Comme pour les autres matières d'enseignement, le ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur, de la formation des cadres et de la recherche scientifique a organisé un concours pour le manuel scolaire des « Sciences de l'ingénieur » de la 1ere STE.

Ce projet d'ouvrage, est le résultat de la participation à ce concours dont le nombre de candidats était de 2. Mais malheureusement, aucun de ces 2 candidats n'a réussi.

Alors dans l'absence presque sûre d'un manuel pour nos élèves de la 1ere STE pour la rentrée 2006/2007, nous avons jugé bon de diffuser notre travail dans le but et le souhait que nos professeurs et nos élèves en tirent profit.

Nous notons que :

- La dernière révision de notre travail était celle que nous avons faite avant l'envoi de notre travail au jury (22/05/2006) ;
- Le nombre de pages fixé par le concours qui est de 216, nous a vraiment gêné, car d'après notre modeste expérience, un tel ouvrage en exige au moins 250 ;

Si vous jugez bon de nous faire une de vos précieuses remarques, n'hésitez pas à le faire, car elle contribuera à corriger une éventuelle erreur, améliorer une partie, encourager les auteurs, etc.

Enfin dans l'attente d'un manuel officiel, nous espérons que cette version électronique de ce manuel vous sera utile et vous poussera à chercher plus, car comme on l'a déjà signalé, les 216 pages imposées par le cahier des charges du concours nous ont contraints de faire des choix...

Le 23/07/2006

e-mail (coordonnateurs de l'équipe pédagogique) :

- el.mimouni@caramail.com
- ahmed_hanafi@menara.ma

Dans notre environnement quotidien, on utilise de plus en plus des systèmes dont la complexité exige une démarche d'étude structurée fondée sur la théorie des systèmes. Pour aborder de tels systèmes, il faut :

- ⊕ Un minimum de connaissances ou une culture technologique de base, en tant qu'utilisateur ;
- ⊕ Et des compétences pluridisciplinaires impliquant une compréhension approfondie des principes scientifiques et techniques sous-jacents, en tant que concepteur-réalisateur.

L'enseignement des Sciences de l'ingénieur apporte alors les concepts élémentaires pour aborder les systèmes. Il permet de :

- ⊕ Faire découvrir à l'élève les constituants des divers champs technologiques pour l'aider à mieux affirmer son projet personnel ;
- ⊕ Développer chez l'élève les compétences de raisonnement, de communication, d'expression, d'organisation de travail et de recherche méthodique ;
- ⊕ Développer chez l'élève les capacités d'auto apprentissage.

L'enseignement des Sciences de l'ingénieur privilégie l'acquisition de connaissances globales par approche inductive et en promouvant l'utilisation des nouvelles technologies informatiques. Il se base sur des produits-support qui peuvent être aussi bien de l'environnement quotidien de l'élève que de l'environnement industriel. Le produit-support met en évidence principalement :

- ⊕ Une approche fonctionnelle répondant à la question "A quoi sert le produit ?" ;
- ⊕ Une approche technologique répondant à la question "Comment est construit le produit ?" ;
- ⊕ Une approche physique répondant à la question "Comment le produit se comporte-t-il ?".

Ces différentes approches se conjuguent très bien avec la démarche de projet qui est fortement conseillée pour la qualité d'enseignement qu'elle procure en favorisant l'autonomie, la recherche, le travail en équipe, la communication, etc.

La structure de cet ouvrage est le reflet de cet aspect pluridisciplinaire qu'offre cet enseignement. Il est conforme aux directives et programmes officiels. Il est axé principalement sur 4 unités :

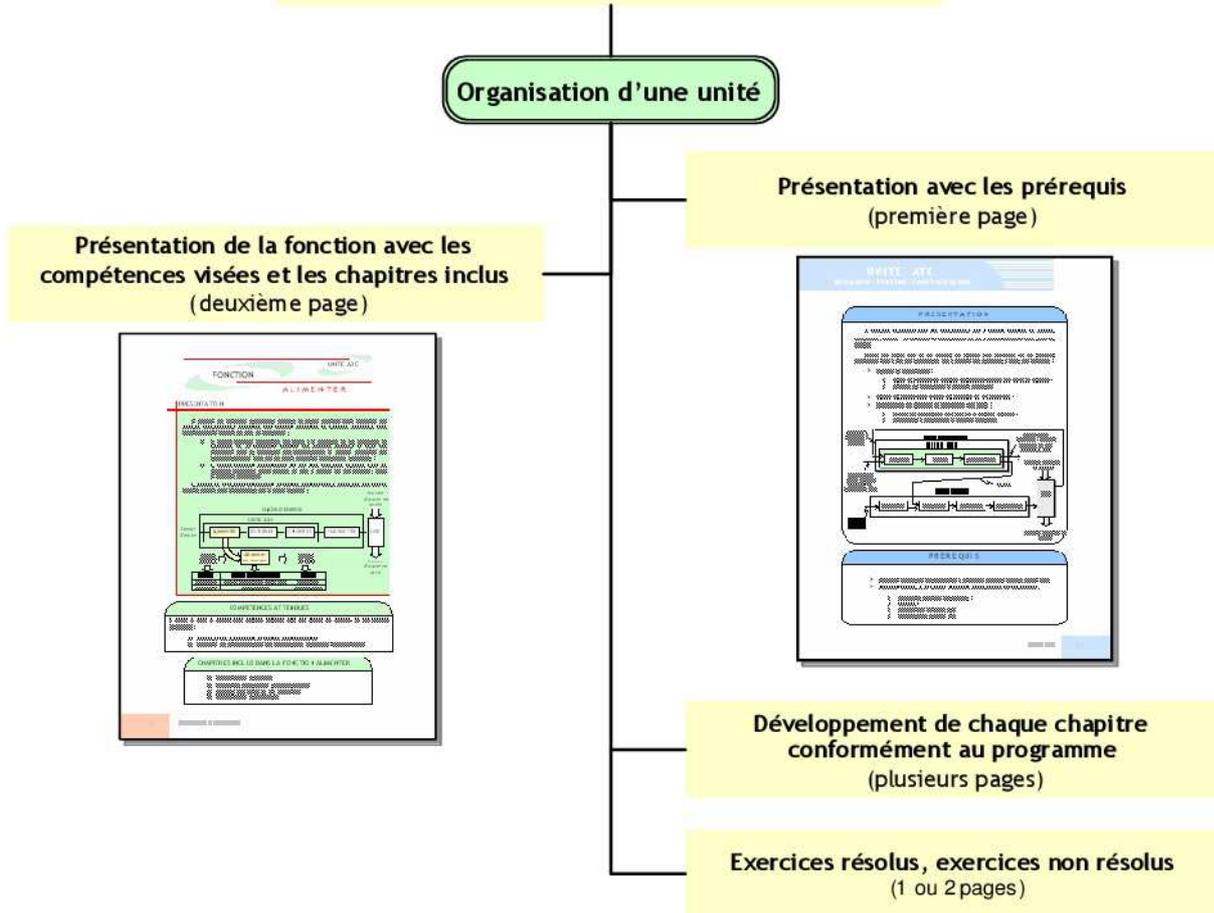
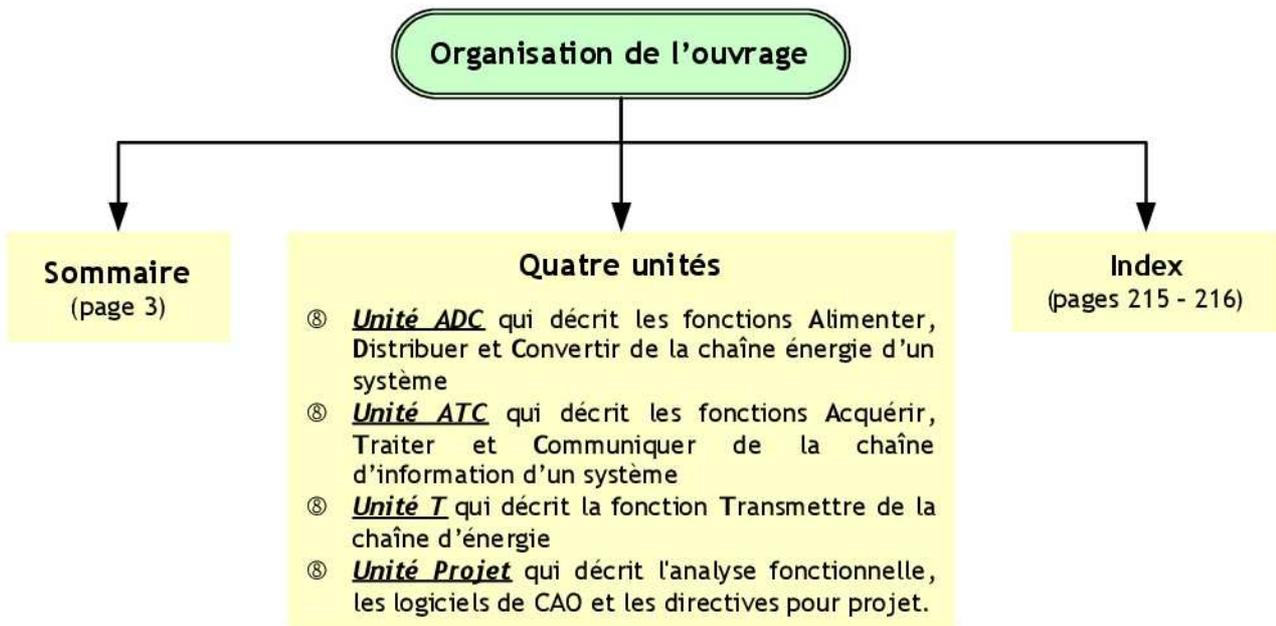
- ⊕ **Unité 1** : Relative à la chaîne d'énergie, elle traite des fonctions alimenter, distribuer et convertir ;
- ⊕ **Unité 2** : Relative à la chaîne d'information, elle traite des fonctions acquérir, traiter et communiquer ;
- ⊕ **Unité 3** : Relative à la chaîne d'énergie, elle traite de la fonction transmettre ;
- ⊕ **Unité 4** : Projet encadré traitant de l'analyse fonctionnelle, logiciels de CAO et directives pour la gestion d'un projet.

Pédagogiquement, ces 3 unités constituent les centres d'intérêt cognitifs et méthodologies qui :

- ⊕ organise et structure les problèmes à résoudre pour l'acquisition des connaissances ;
- ⊕ détermine les activités proposées possibles à proposer aux élèves.

LES AUTEURS

COMMENT UTILISER CE MANUEL ?



UNITÉ ADC

FONCTION ALIMENTER

CHAPITRE 1 : L'ENERGIE ELECTRIQUE	11
1. TOPOLOGIE DU RESEAU ELECTRIQUE	11
2. TYPES DE CENTRALE	12
3. LES SOURCES AUTONOMES	15
CHAPITRE 2 : LES GRANDEURS ELECTRIQUES	17
1. GRANDEURS CARACTERISTIQUES MISES EN JEU	17
2. ALIMENTATION CONTINUE STABILISEE	20
CHAPITRE 3 : SECURITE DES BIENS ET DES PERSONNES	24
1. EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU COURANT ELECTRIQUE	24
2. TENSION LIMITE DE SECURITE	25
3. CONTACT DIRECT ET INDIRECT ET PROTECTION ASSOCIEE	25
CHAPITRE 4 : L'ENERGIE PNEUMATIQUE	27
1. CONSTITUTION D'UNE INSTALLATION PNEUMATIQUE	27
2. PRODUCTION DE L'ENERGIE PNEUMATIQUE	27
3. PRINCIPES PHYSIQUES	28

FONCTION DISTRIBUER

CHAPITRE 1 : LES PREACTIONNEURS ELECTRIQUES	30
1. LE RELAIS	30
2. LE CONTACTEUR	32
3. LE SECTIONNEUR	33
4. LES FUSIBLES	34
5. LE RELAIS THERMIQUE	34
CHAPITRE 2 : HACHEUR SERIE / VARIATEUR DE VITESSE INDUSTRIEL	37
1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	37
2. VARIATEURS INDUSTRIELS POUR MOTEUR A COURANT CONTINU	39
CHAPITRE 3 : LES PREACTIONNEURS PNEUMATIQUES	41
1. FONCTION	41
2. CONSTITUANTS D'UN DISTRIBUTEUR	41
3. LES PRINCIPAUX DISTRIBUTEURS PNEUMATIQUES	41
4. LES DISPOSITIFS DE COMMANDE	42
5. APPLICATION: PRESSE PNEUMATIQUE	43

FONCTION CONVERTIR

CHAPITRE 1 : CONVERTISSEUR ELECTROMECHANIQUE	46
1. ORGANISATION DE LA MACHINE	46
2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	46
3. MODELE ELECTRIQUE SIMPLE DU MOTEUR A COURANT CONTINU	48
4. DEMARRAGE DU MOTEUR A COURANT CONTINU	48
5. BILAN DES PUISSANCE	49
6. REVERSIBILITE DE LA MACHINE A COURANT CONTINU	49
7. ALIMENTATION DU MOTEUR	50
8. FONCTIONNEMENT A VITESSE VARIABLE	50
CHAPITRE 2 : LES ACTIONNEURS PNEUMATIQUES	52
1. LES VERINS	52
2. LE GENERATEUR DE VIDE OU VENTURI	54
CHAPITRE 3 : AUTRES TYPES DE CONVERSION	56
1. CONVERSION ENERGIE ELECTRIQUE / ENERGIE LUMINEUSE	56
2. CONVERSION ENERGIE ELECTRIQUE / ENERGIE THERMIQUE	57
3. CONVERSION ENERGIE ELECTRIQUE / ENERGIE CHIMIQUE	57

UNITE ATC

FONCTION ACQUERIR

CHAPITRE 1 : LES CAPTEURS	61
1. DEFINITION	61
2. NATURE DE L'INFORMATION FOURNIE PAR UN CAPTEUR	61
3. CARACTERISTIQUES D'UN CAPTEUR	62
4. CAPTEURS LOGIQUES (TOUT OU RIEN : TOR)	62
5. CAPTEURS NUMERIQUES	66
CHAPITRE 2 : CONDITIONNEMENT DU SIGNAL	69
1. INTRODUCTION	69
2. MISE EN FORME PAR COMPAREUR A UN SEUIL	71
CHAPITRE 3 : INTERFACE EN ENTREE	74
1. INTERFACE HOMME /MACHINE (IHM)	74
2. ISOLATION GALVANIQUE	75

FONCTION TRAITER

CHAPITRE 1 : REPRESENTATION ET CODAGE DE L'INFORMATION BINAIRE	78
1. LES SYSTEMES DE NUMERATION	78
2. CODAGE DE L'INFORMATION BINAIRE	79
3. NOTIONS D'ARITHMETIQUE BINAIRE	81
CHAPITRE 2 : FONCTIONS COMBINATOIRES DE BASE	83
1. OPERATIONS BOOLEENNES ELEMENTAIRES	83
2. AUTRES OPERATIONS	85
3. REPRESENTATION DES FONCTIONS LOGIQUES	87
CHAPITRE 3 : SIMPLIFICATION DES FONCTIONS LOGIQUES	89
1. METHODE ALGEBRIQUE	89
2. METHODE GRAPHIQUE	89
CHAPITRE 4 : FONCTIONS COMBINATOIRES AVANCEES	92
1. LES DECODEURS	92
2. LE MULTIPLEXEUR	94
3. LE DEMULTIPLEXEUR	95
4. L'ADDITIONNEUR	96
5. LE COMPAREUR	100
CHAPITRE 5 : NOTION DE MEMOIRE	102
1. CIRCUIT MEMOIRE EN TECHNOLOGIE ELECTRIQUE	102
2. CIRCUIT MEMOIRE EN TECHNOLOGIE ELECTRONIQUE	102
CHAPITRE 6 : FONCTIONS SEQUENTIELLES	104
1. LES BASCULES	104
2. LES COMPTEURS	107
3. LES REGISTRES	110
4. LES MEMOIRES	112
CHAPITRE 7 : FAMILLES LOGIQUES TTL ET CMOS	117
1. NOTION DE FAMILLE DE CIRCUIT LOGIQUE	117
2. LES VARIANTES TECHNOLOGIQUES DES FAMILLES LOGIQUES TTL ET CMOS	117
3. LA STRUCTURE DE BASE DES FAMILLES LOGIQUES TTL ET CMOS	118
4. LES PARAMETRES ELECTRIQUES DES CIRCUITS LOGIQUES	118
5. LES PERFORMANCES DYNAMIQUES DES CIRCUITS LOGIQUES	119
6. PERFORMANCES COMPAREES DES DIFFERENTES FAMILLES TTL ET CMOS	120
7. LES DIFFERENTS ETAGES DE SORTIE	120
8. INTERFACAGE DES CIRCUITS LOGIQUES	121

CHAPITRE 8 : TEMPORISATEURS A BASE DE CIRCUITS INTEGRES	123
1. LE CIRCUIT DE BASE : LE CIRCUIT RC	123
2. PRINCIPE DE BASE	124
3. LE TEMPORISATEUR NE555	124
4. MODES DE FONCTIONNEMENT DU NE555	124
CHAPITRE 9 : CIRCUITS LOGIQUES PROGRAMMABLES	127
1. PRINCIPES ET TECHNIQUES DE BASE	127
2. LA CLASSIFICATION DES PLD	128
3. LES PAL (PROGRAMMABLE ARRAY LOGIC)	128
4. LES GAL (GENERIC ARRAY LOGIC)	129
5. PROGRAMMATION DES PLD	129
CHAPITRE 10 : LE GRAFCET	132
1. TYPES DE GRAFCET	132
2. ELEMENTS DE BASE	134
3. LES REGLES D'EVOLUTION D'UN GRAFCET	134
4. STRUCTURES DE BASE D'UN GRAFCET	135
CHAPITRE 11 : AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL	139
1. LOGIQUE CABLEE	139
2. AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL	140

FONCTION COMMUNIQUER

CHAPITRE 1 : INTERFACE EN SORTIE	148
1. INTERFACE HOMME/MACHINE (IHM)	148
2. ISOLATION GALVANIQUE	149
CHAPITRE 2 : LIAISON PARALLELE ET LIAISON SERIE	151
1. LIAISON PARALLELE	151
2. LIAISON SERIE	151
3. NORME RS232	152
4. NORME RS485	153

U N I T E T

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LE DESSIN TECHNIQUE	157
1. PRINCIPAUX TYPES DE DESSINS INDUSTRIELS	157
2. FORMATS	157
3. ELEMENTS PERMANENTS	158
4. L'EHELLE	158
5. LE CARTOUCHE	158
6. NOMENCLATURE	159
7. ECRITURE	159
8. LES TRAITS	159
CHAPITRE 2 : TRACES GEOMETRIQUES - INTERSECTIONS	160
1. TRACES GEOOMETRIQUES	160
2. INERSECTIONS	161
CHAPITRE 3 : REPRESENTATION GEOMETRIQUE DES PIECES	162
1. PERSPECTIVE CAVALIERE	162
2. PROJECTIONS ET VUES	162
3. COUPES SIMPLES - HACHURES	164
4. SECTION	165
5. NOTIONS SUR LE FILETAGE	166
CHAPITRE 4 : EXECUTION GRAPHIQUE DE LA COTATION	168
1. ROLES	168
2. EXECUTION GRAPHIQUE DE LA COTATION	168

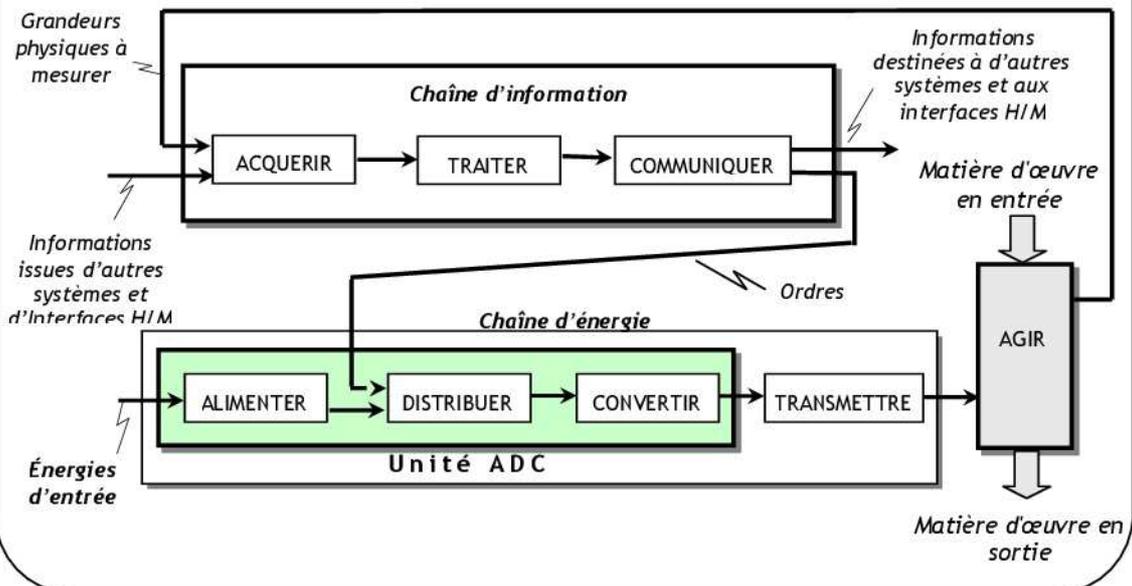
CHAPITRE 5 : REPRESENTATION VOLUMIQUE	170
1. MODELEUR VOLUMIQUE	170
2. CREATION DES VOLUMES ELEMENTAIRES	171
3. CREATION D'UNE PIECE SIMPLE	171
4. CREATION D'UN ASSEMBLAGE SIMPLE	172
CHAPITRE 6 : TOLERANCES ET AJUSTEMENTS	174
1. TOLERANCES DIMENTIONNELLES	174
2. AJUSTEMENTS	174
3. TOLERANCES GEOMETRIQUES	175
CHAPITRE 7 : COTATION FONCTIONNELLE	177
1. DEFINITIONS	177
2. METHODE POUR TRACER UNE CHAINE DE COTES	178
CHAPITRE 8 : LES MATERIAUX	179
1. NOTIONS GENERALES	179
2. DESIGNATION DES MATERIAUX	180
3. MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX	181
CHAPITRE 9 : LIAISONS ET SCHEMATISATION	184
1. NOTION DE FONCTIONS MECANIQUES	184
2. FONCTION LIAISON	184
3. SCHEMATISATION	186
CHAPITRE 10 : LIAISONS ENCASTREMENTS	188
1. DEFINITION	188
2. MOYENS D'ASSEMBLAGE DEMONTABLES	188
3. MOYENS D'ASSEMBLAGE NON DEMONTABLES (PERMANENTS)	190
CHAPITRE 11 : LUBRIFICATION - ETANCHEITE	192
1. LUBRIFICATION	192
2. ETANCHEITE	193
CHAPITRE 12 : FONCTION GUIDAGE	195
1. GUIDAGE EN ROTATION	195
2. GUIDAGE EN TRANSLATION	196
UNITE PROJET ENCADRE	
CHAPITRE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE	199
1. ANALYSE FONCTIONNELLE EXTERNE	199
2. ANALYSE FONCTIONNELLE INTERNE	202
3. STRUCTURE FONCTIONNELLE D'UN SYSTEME	205
CHAPITRE 2 : CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR (CAO)	210
CHAPITRE 3 : PROJET ENCADRE - DIRECTIVES	211
1. DIRECTIVES	211
2. EXEMPLES DE PROPOSITIONS DE PE	212
3. EXEMPLES DE SYSTEMES	213
BIBLIOGRAPHIE	215
INDEX	216

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 ;



PREREQUIS

- Connaissances générales acquises dans l'enseignement Tronc Commun.
- Concepts d'analyse fonctionnelle :
 - Système ;
 - Fonction globale et fonctions de services ;
 - Fonctions techniques, FAST, SADT, etc.

FONCTION

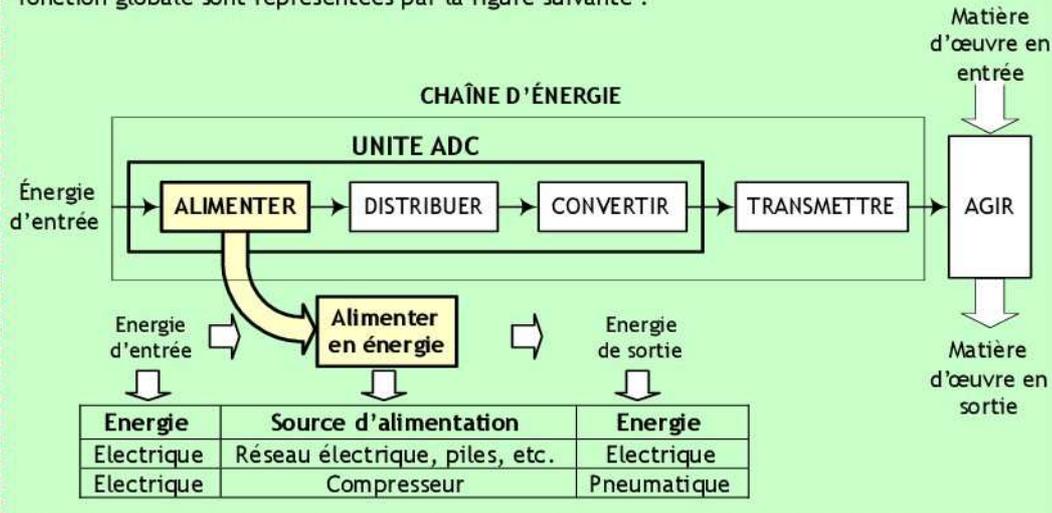
ALIMENTER

PRESENTATION

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

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

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



COMPETENCES ATTENDUES

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

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

CHAPITRES INCLUS DANS LA FONCTION ALIMENTER

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

L'ENERGIE ELECTRIQUE

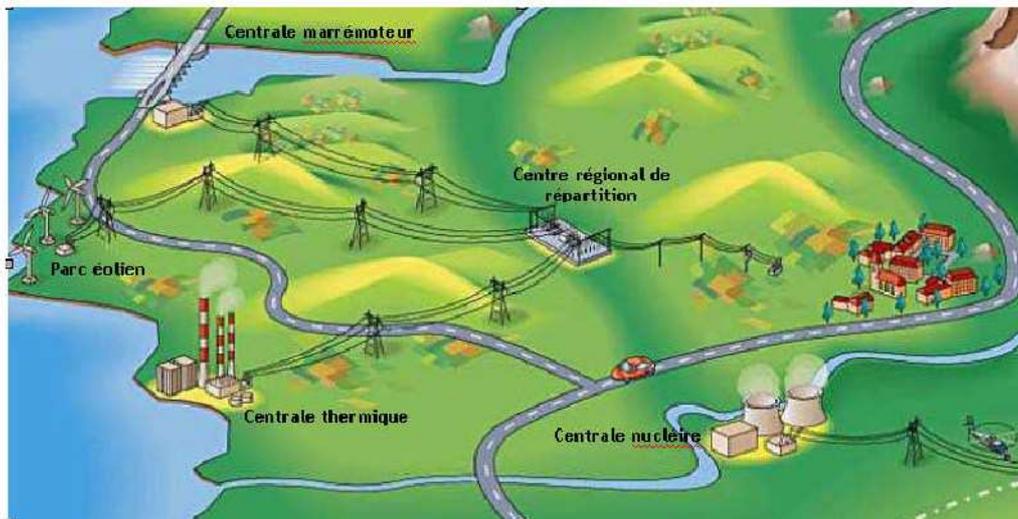
INTRODUCTION :

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

1. TOPOLOGIE DU RESEAU ELECTRIQUE :

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

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



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

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

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

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

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

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

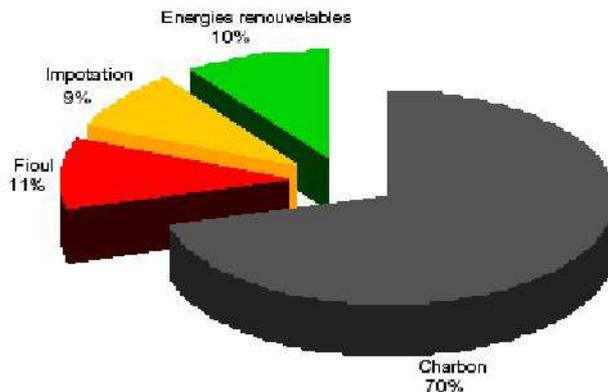
* région d'errachidia.

** Comité européenne de distribution.

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

SATISFACTION DE LA DEMANDE

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



2. TYPES DE CENTRALE :

2.1. Définitions générales :

2.1.1. Turbine :

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

Turbine pelton



Turbine à vapeur



2.1.2. alternateur :

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

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

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

$$f = p \times n.$$

Avec :

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

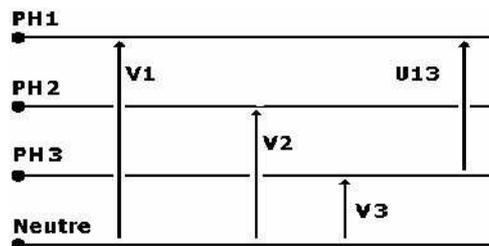
Exemple : $n=1500\text{tr/min}$ et $p= 2$ donc $f = 50\text{Hz}$.

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

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

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

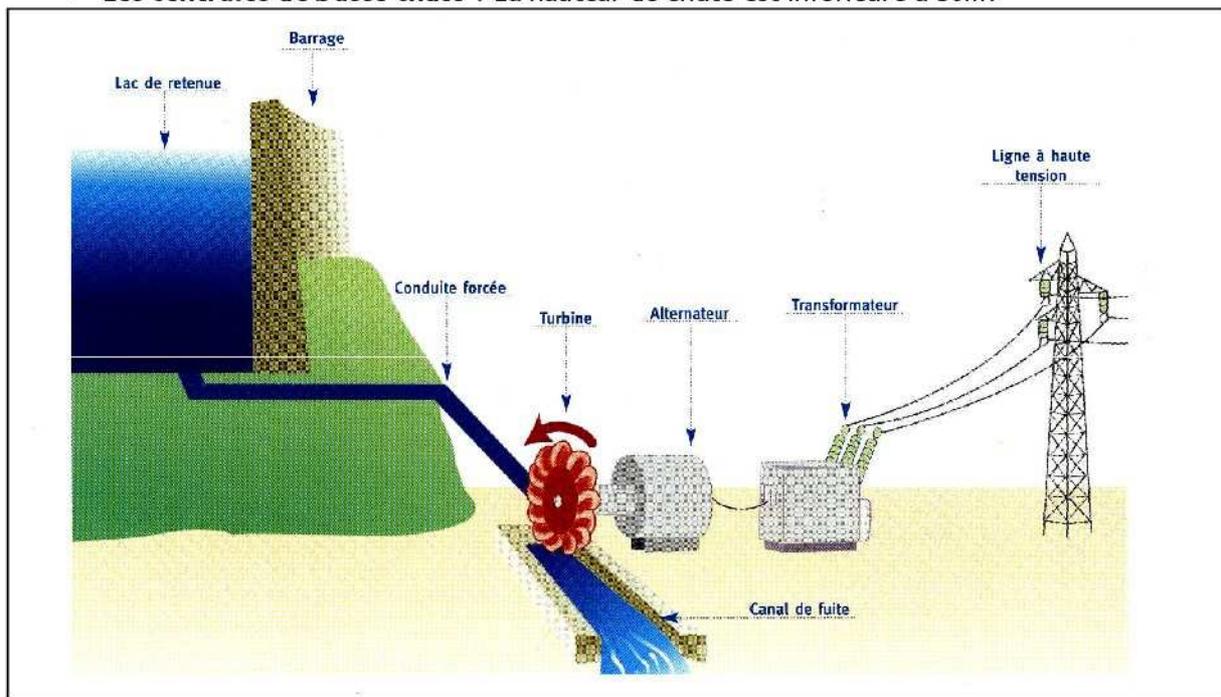
Avec $V = 20\text{kV}$



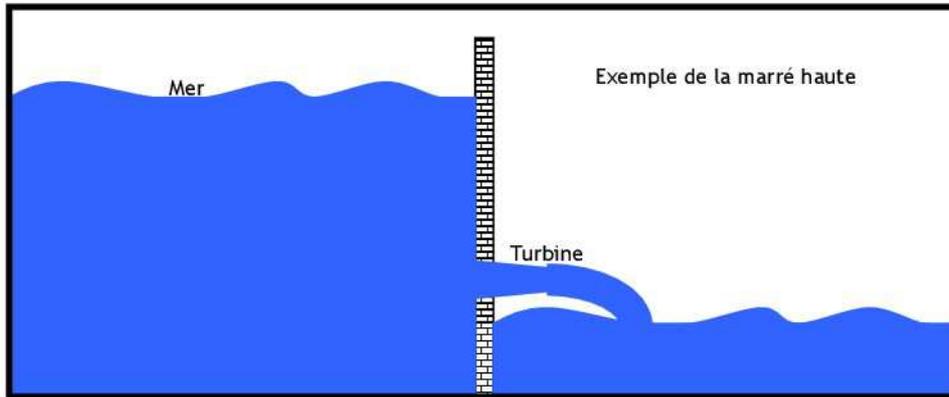
2.2. Energie d'origine hydraulique :

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

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

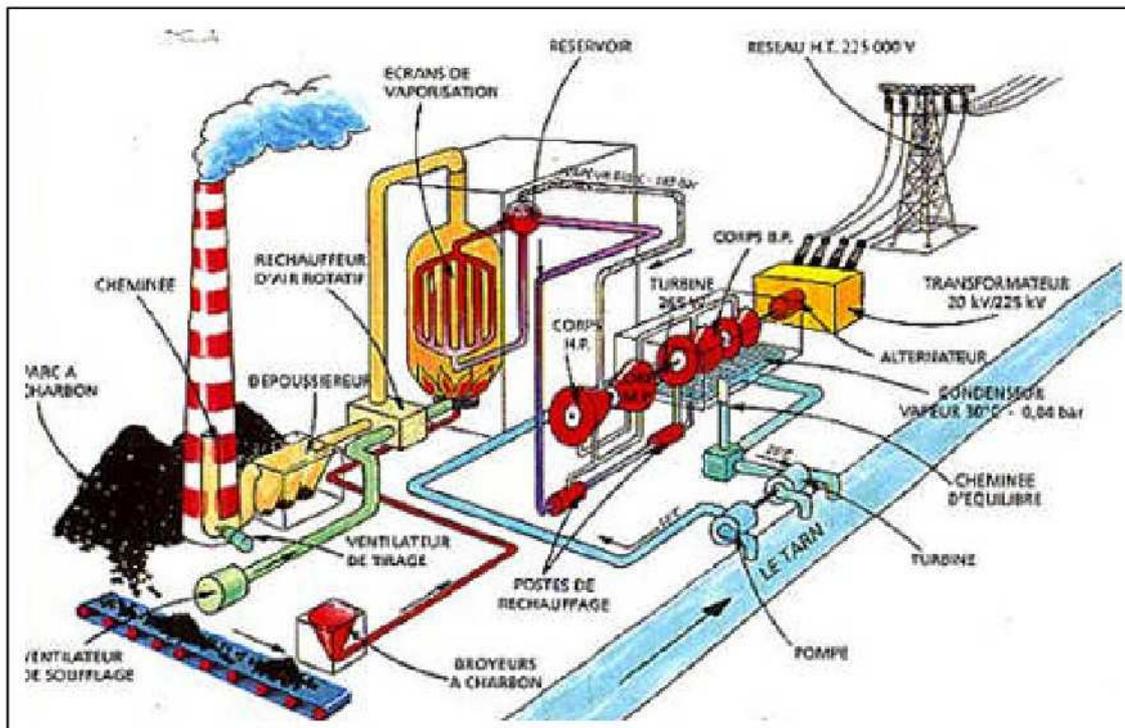


- **Les usines de pompage/turbinage** : Les stations de transfert d'énergie par pompage fonctionnent sur le principe du recyclage de l'eau par pompage :
 - Turbinage : l'alternateur produit de l'énergie électrique.
 - Pompage : la pompe consomme de l'énergie pour remonter l'eau d'un bassin inférieur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



2.3. Energie d'origine thermique :

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

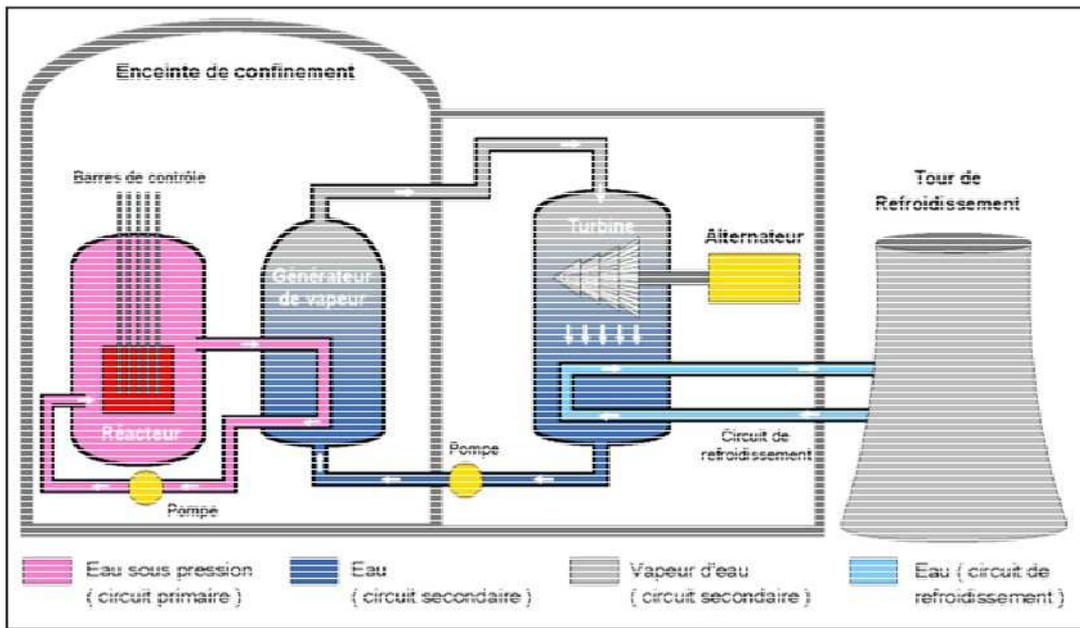


2.4. Energie d'origine nucléaire :

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

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

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



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

3. LES SOURCES AUTONOMES :

3.1. Energie solaire :

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

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



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



3.2. Energie du vent :

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



3.3. Groupes électrogènes :

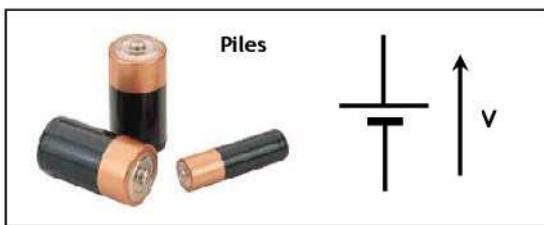
Les groupes électrogènes sont des petits alternateurs dont l'entraînement en rotation se fait en général, par un moteur thermique (moteur Diesel par exemple). La puissance est généralement limitée à quelques dizaines de kilowatts.

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



3.4. Piles et accumulateurs :

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



EXERCICE RESOLU

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

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

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

CORRIGE

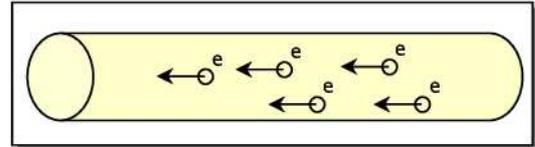
1. Le nombre de cellules à utiliser est :
 $N = \frac{\text{la puissance totale demandée}}{\text{la puissance d'une cellule.}}$
 $N = 6000 / 1$ soit 6000 cellules photovoltaïques.
2. La tension que doit fournir le panneau est $U = 100\text{V}$. Donc le nombre de cellule à mettre en série est : $N_s =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

LES GRANDEURS ELECTRIQUES

1. GRANDEURS CARACTERISTIQUES MISES EN JEU :

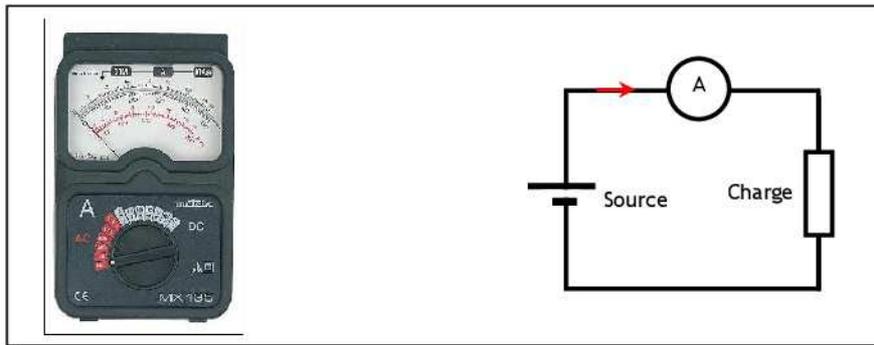
1.1. Notion du courant électrique :

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



1.2. Mesure de courant électrique :

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



1.3. Notion de résistance :

1.3.1. Principe et symbole :

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

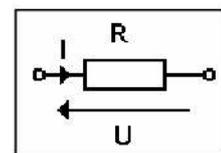
$$R = \rho \cdot l / S \quad \text{avec :}$$

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

1.3.2. Loi d'Ohm :

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

$$U = R \cdot I$$

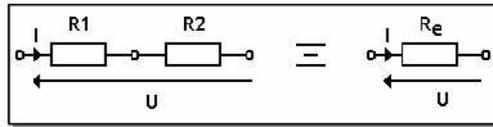


1.3.3. Association des résistances :

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

a. Association série :

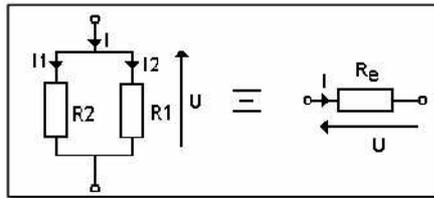
La résistance équivalente de deux résistances en série est la somme de ces deux résistances.



$$R_e = R_1 + R_2$$

b. Association en parallèle :

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



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

1.3.4. Code de couleurs :

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

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

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

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

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

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

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

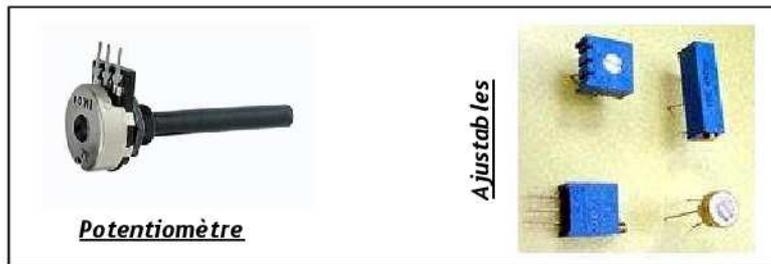
10 ; 12 ; 15 ; 18 ; 22 ; 27 ; 33 ; 39 ; 47 ; 56 ; 68 ; 82

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

1.3.5. Résistance variable :

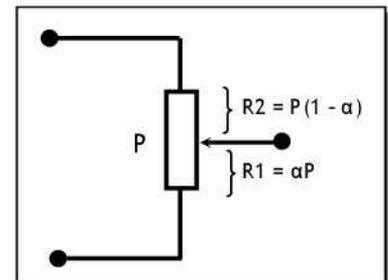
On a souvent besoin, dans les montages électroniques, de régler une résistance sur place pour avoir la valeur exacte exigée par un montage donné ; on utilise alors :

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



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

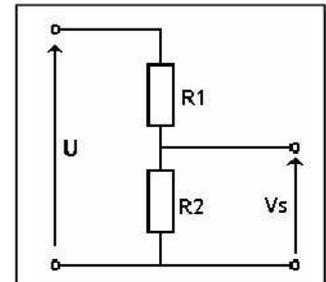
- $R1 = \alpha P$:
 - Si le curseur est en position haut, alors $\alpha = 1$ et $R1 = P$;
 - Si le curseur est en position basse, alors $\alpha = 0$ et $R1 = 0$.
- $R2 = P - R1 = P - \alpha P = P(1 - \alpha)$.



1.4. Diviseur de tension :

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

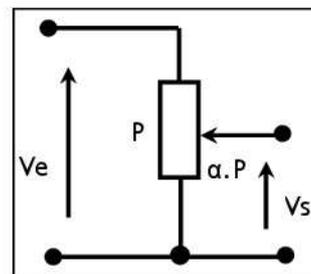
$$V_s = [R_2 / (R_1 + R_2)] \cdot U$$



Remarque : Cas d'une résistance variable :

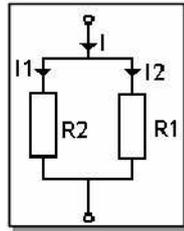
$$V_s = V_e \cdot \alpha P / P$$

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



1.5. Diviseur de courant :

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



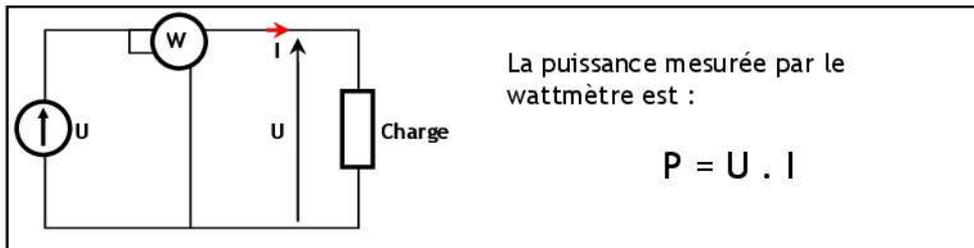
$$I_1 = I \cdot [R_2 / (R_1 + R_2)]$$

1.6. Puissance :

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

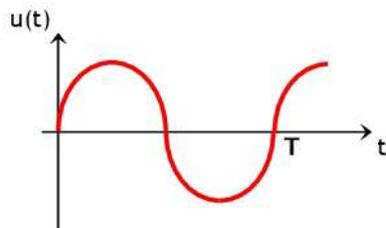
$$P = U \cdot I$$

Pour mesurer la puissance on utilise généralement un wattmètre.



1.7. Fréquence :

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



$$F = 1/T$$

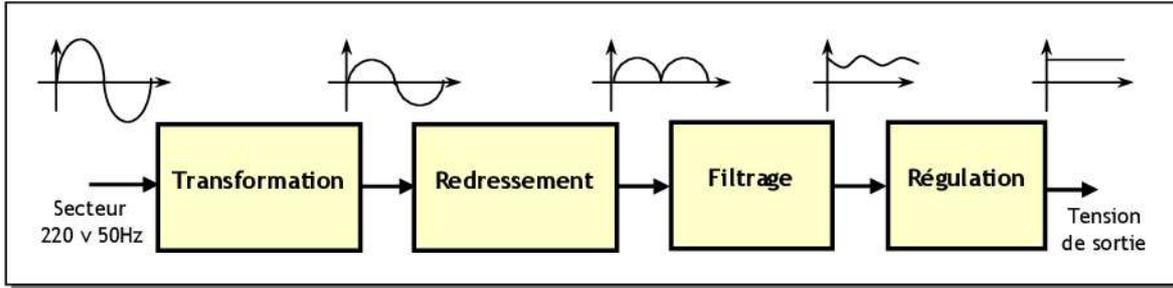
T : période en seconde (s). C'est le temps après lequel le signal se répète.

2. ALIMENTATION CONTINUE STABILISEE :

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

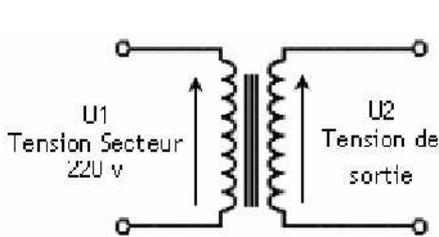
- piles pour les systèmes portables et à faible consommation, tel qu'une télécommande de télévision, etc.
- de batterie d'accumulateurs pour les systèmes tel que la voiture, etc.
- secteur pour des systèmes qui demande de la puissance et qui ont accès au réseau alternatif.

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



2.1. Transformation :

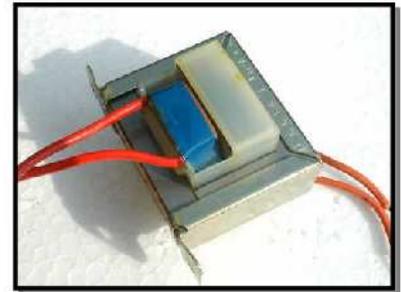
Le rôle de la transformation est d'abaisser la tension du secteur, qui est de 220V. L'élément électrique qui réalise cette fonction est le transformateur.



$$U1/U2 = n2/n1$$

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

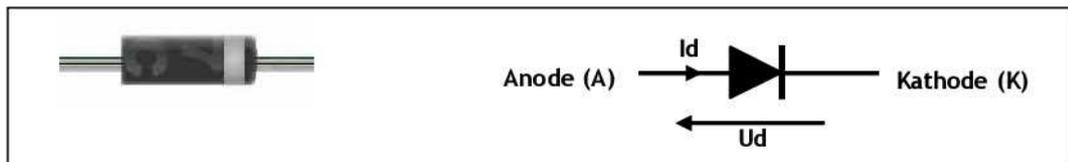
Alors pour avoir une tension en sortie plus petite qu'en entrée, il faut avoir la condition ($n2 < n1$).



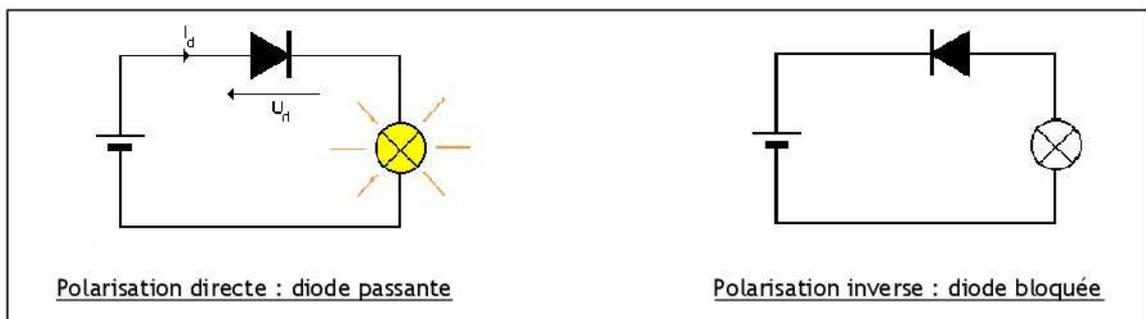
2.2- Redressement :

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

2.2.1- Fonctionnement et symbole :



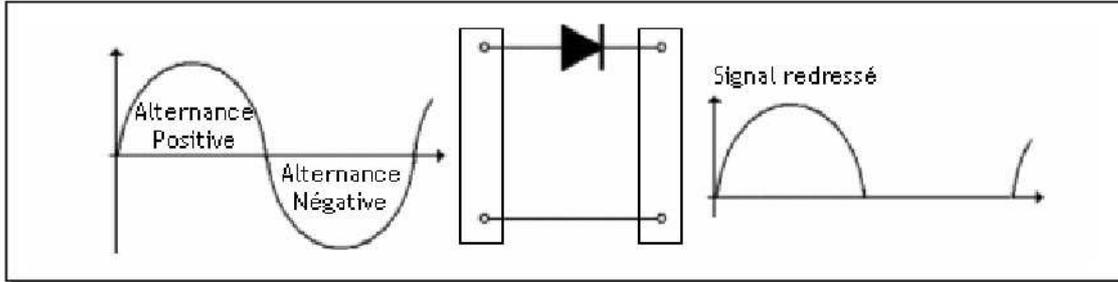
La diode est un composant électronique à conduction unidirectionnelle : elle ne conduit que dans le sens de l'anode A vers la cathode K. Son symbole est représenté à la figure ci-dessous. Le symbole de la diode indique le sens de conduction. $U_d = 0,7V$ est appelée la **tension de seuil** de la diode.



2.2.2- Réalisation du redresseur :

a. Redressement mono alternance :

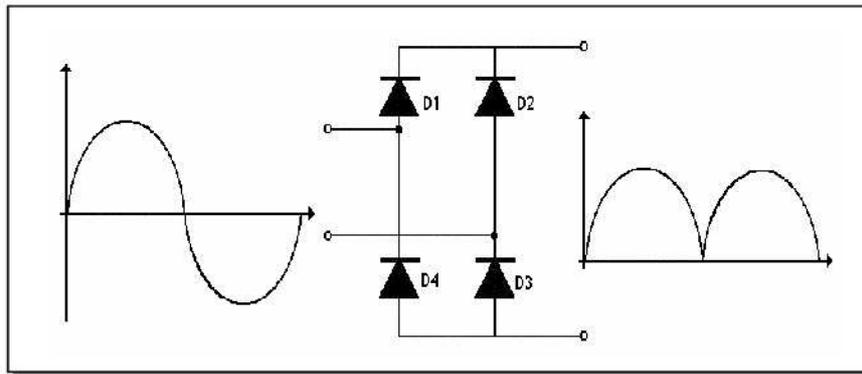
Le signal issu du transformateur est sinusoïdal. La diode est polarisée en directe dans l'alternance positive et en inverse dans l'alternance négative.



b. Redressement double alternance :

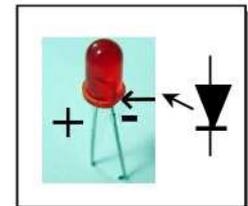
Le montage le plus populaire est le redresseur à pont de diodes ; il a 2 diodes conductrices par alternance :

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



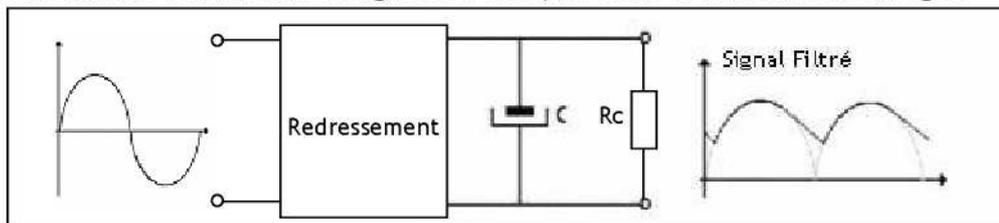
On remarque que le courant en sortie passe toujours dans le même sens, d'où la forme du signal en sortie.

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



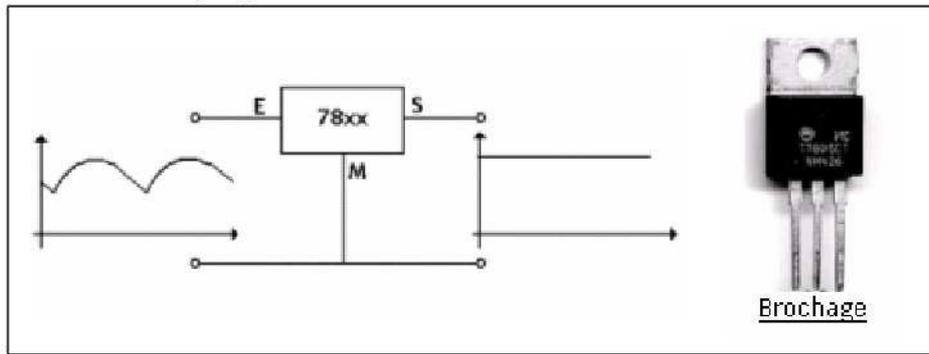
2.3. Filtrage :

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



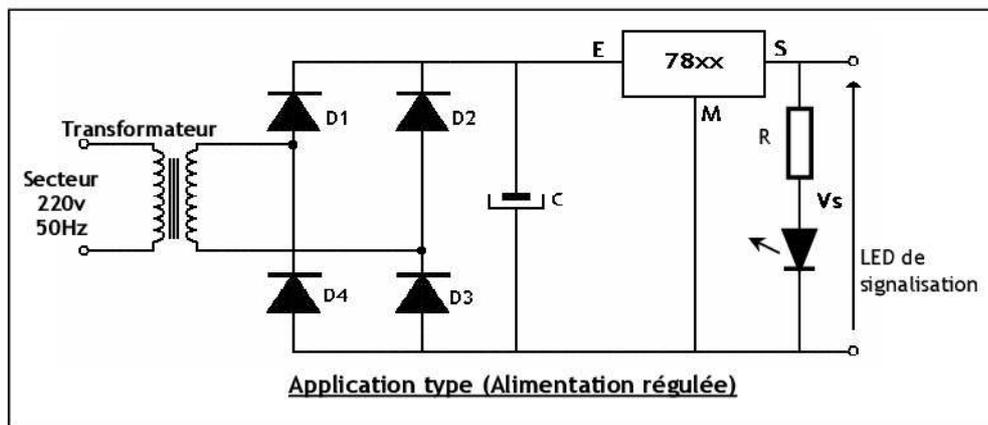
2.4. Régulation :

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



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

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



EXERCICE RESOLU

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

CORRIGE :

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

La valeur normalisée la plus proche dans la série E12 est 330 Ω .

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

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

330 Ω - 1/8W

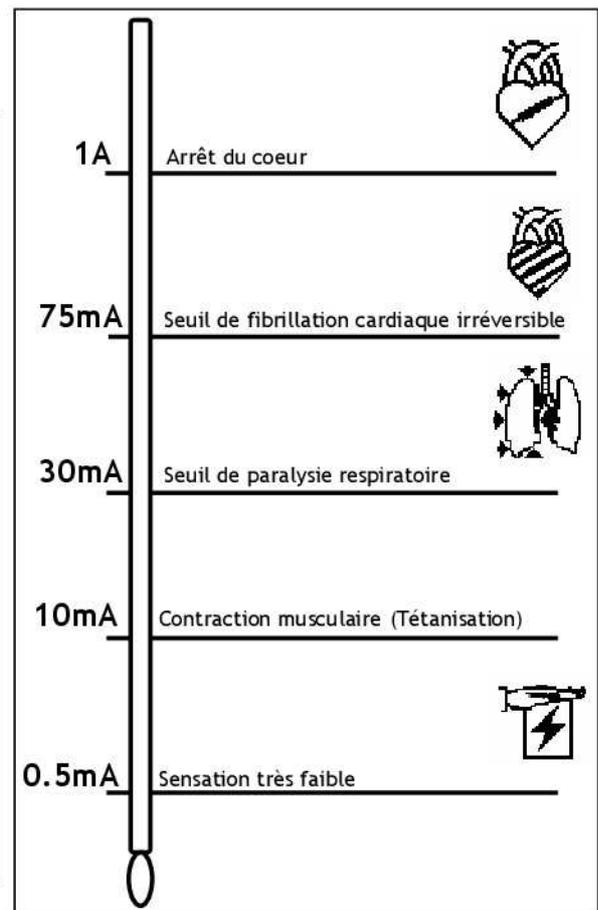
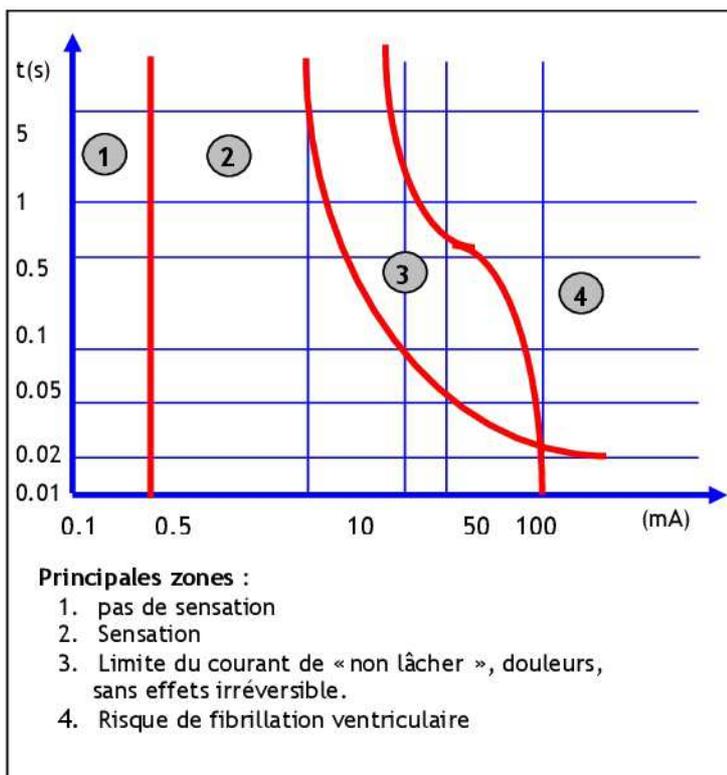
SECURITE DES BIENS ET DES PERSONNES

INTRODUCTION :

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

1. EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU COURANT ELECTRIQUE

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



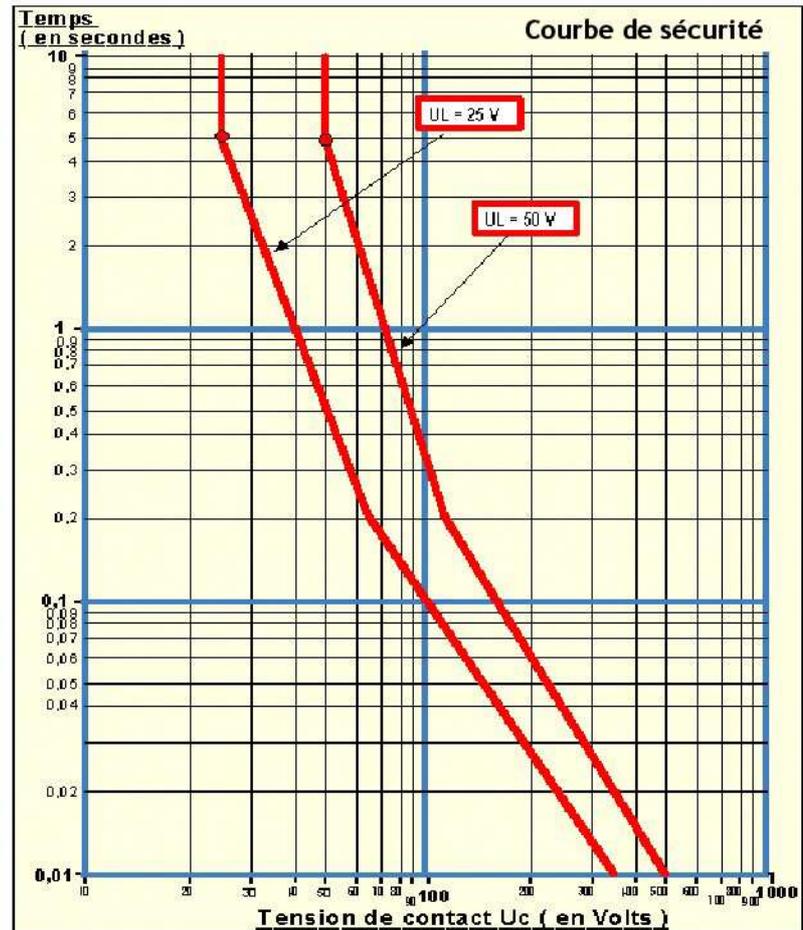
Effet du courant électrique sur le corps humain

2. TENSION LIMITE DE SECURITE

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

Exemple :

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



3. CONTACT DIRECT ET INDIRECT ET PROTECTION ASSOCIEE :

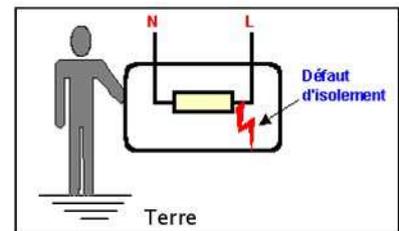
3.1- Contact direct :

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



3.2- Contact indirect :

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

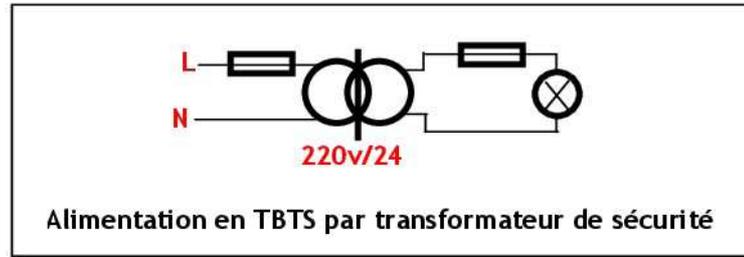


3.3- Protection contre les contacts directs :

Les principales mesures de protection contre les contacts directs sont :

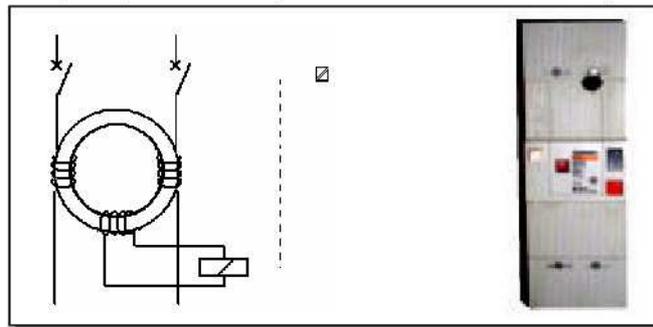
- L'isolation des parties actives du matériel électrique (gaine, cache bornes, etc.).
- La protection au moyen d'enveloppes et de barrières (coffrets, tableaux, etc.) qui permettent de rendre le matériel électrique inaccessible.
- Mise hors de portée, par éloignement : C'est le cas des lignes aériennes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

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



3.4. Protection contre les contacts indirects

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



EXERCICE RESOLU

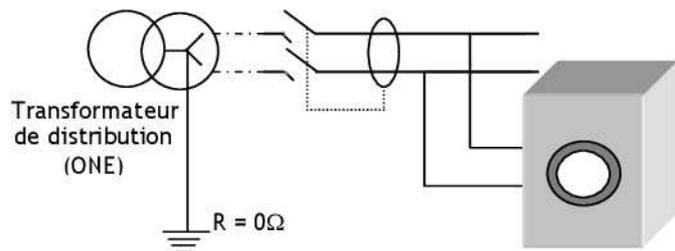
Dans un atelier, la tension limite de sécurité $U_L = 12 \text{ V}$. On a mesuré une résistance de prise de terre de 40Ω . Quel doit être le calibre du disjoncteur différentiel ?

CORRIGE :

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

EXERCICE NON RESOLU

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



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

L'ENERGIE PNEUMATIQUE

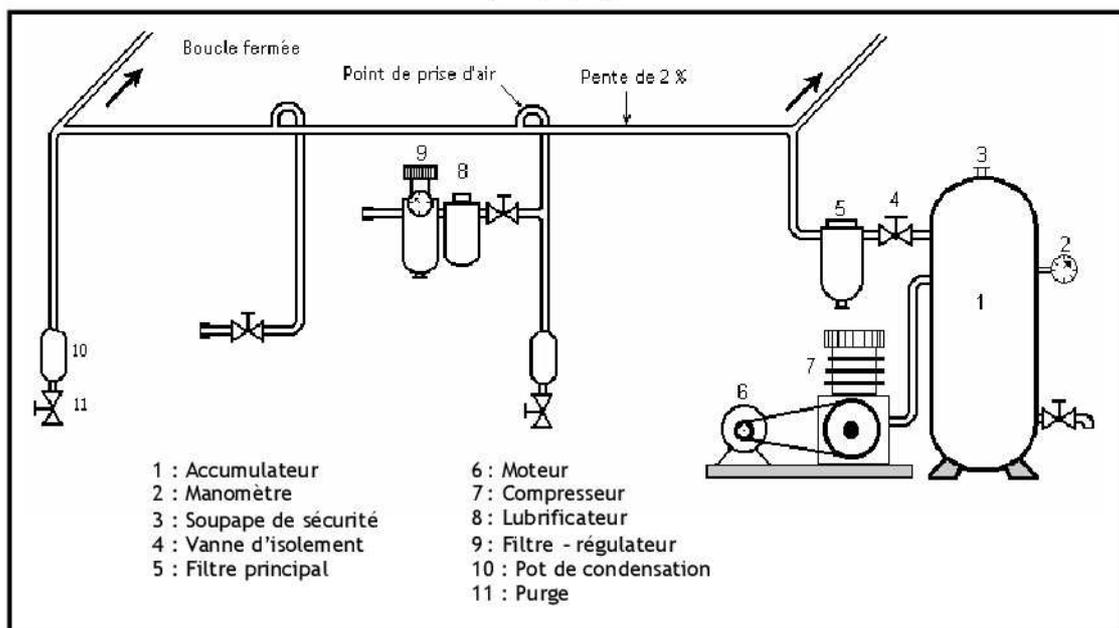
INTRODUCTION :

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

1. Constitution d'une installation pneumatique:

Une installation pneumatique est composée de :

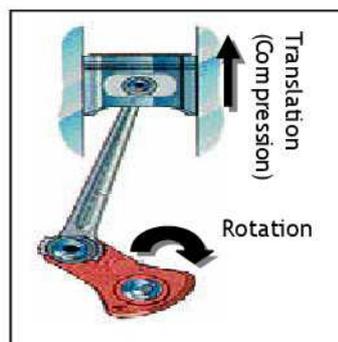
1. un générateur d'air comprimé (compresseur)
2. un réservoir de capacité proportionnelle au débit de l'installation
3. un réseau de canalisations
4. des appareils auxiliaires assurant diverses fonctions :
 - réglage des caractéristiques de l'air : détendeur, régulateur de pression, etc.
 - conditionnement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



2. Production de l'énergie pneumatique :

2.1. Compression de l'air :

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



2.2- Stockage :

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

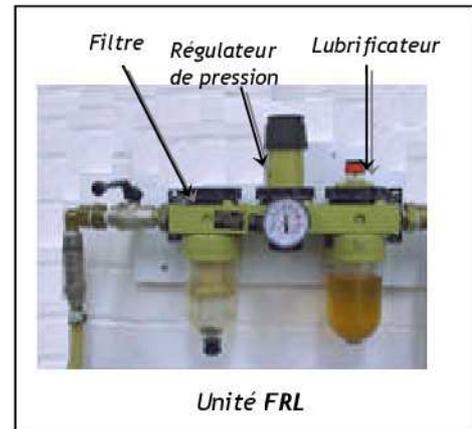
- une vanne d'isolement
- un robinet de purge,
- un manomètre.



2.3- Distribution :

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

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

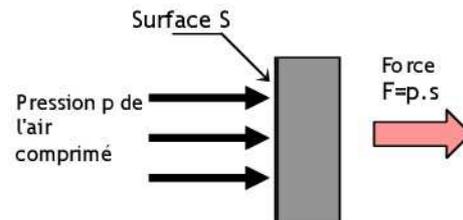


3. PRINCIPES PHYSIQUES :

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

$$F = p \cdot S$$

- F est la force résultante en Newton
- p est la pression en Pascals (Pa)
- S est la surface en m^2 .



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

- **1 bar = 10^5 Pa.**
- **1 bar = 100000 N/m²**

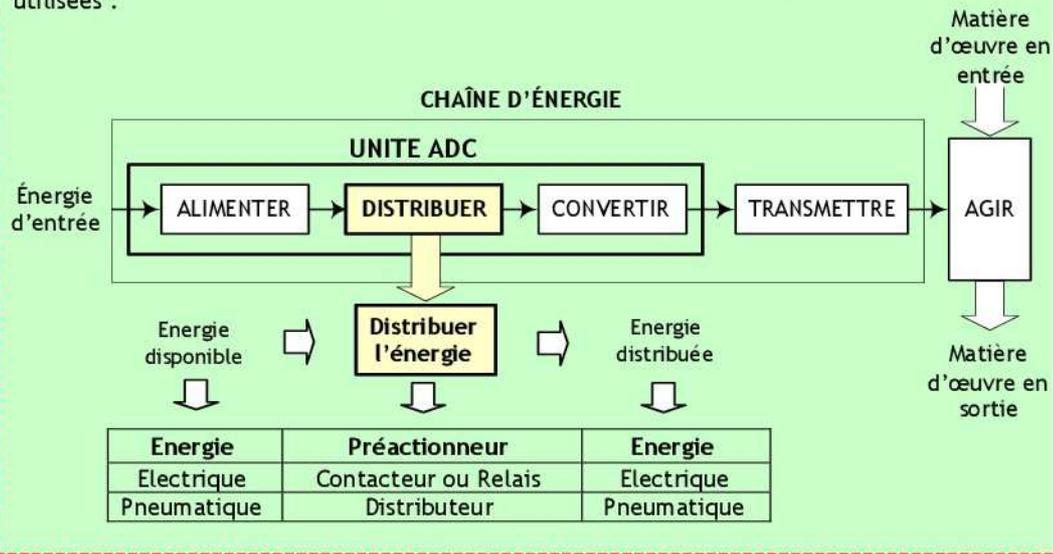
Dans une installation pneumatique on se limite à une pression de 6 à 10 bar.

PRESENTATION

La partie commande d'un système automatisé met en œuvre une énergie faible. Elle est donc incapable d'envoyer directement l'énergie nécessaire à l'actionneur ; d'où l'utilisation des préactionneurs qui assurent la distribution de l'énergie aux actionneurs.

La position d'une telle fonction dans une chaîne d'énergie, ainsi que sa fonction globale sont représentées par les figures suivantes.

On s'intéresse surtout aux énergies électriques et pneumatiques, qui sont le plus souvent utilisées :



COMPETENCES ATTENDUES

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

- Expliquer le principe de fonctionnement d'une commande
- Choisir et mettre en œuvre l'appareil de commande

CHAPITRES INCLUS DANS LA FONCTION DISTRIBUER

- Préactionneurs électriques
- Hacheur série / Variateur de vitesse industriel
- Préactionneurs pneumatiques

LES PREACTIONNEURS ELECTRIQUES

INTRODUCTION

Les préactionneurs sont des constituants qui, sur ordre de la partie de commande, assurent la distribution de l'énergie de puissance aux actionneurs. Dans les circuits électriques, les préactionneurs sont généralement soit un relais, soit un contacteur. Le contacteur assure en plus l'extinction de l'arc électrique qui accompagne souvent la commutation de l'énergie de forte puissance. En effet, quand on ouvre un circuit en cours de fonctionnement, le contact en cause provoque un arc électrique qui peut être dangereux pour les biens et les personnes.



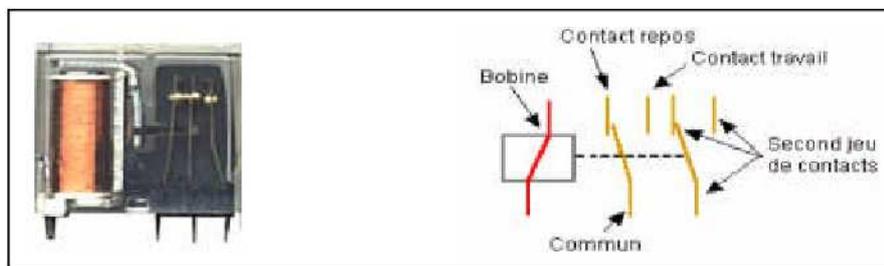
1. LE RELAIS

Le relais est un composant électrique réalisant la fonction d'interfaçage entre un circuit de commande, généralement bas niveau, et un circuit de puissance alternatif ou continu (Isolation galvanique). On distingue deux types de relais : le relais électromagnétique et le relais statique.

1.1. Relais électromagnétique :

1.1.1. principe :

Un relais électromagnétique est constitué d'une bobine alimentée par le circuit de commande, dont le noyau mobile provoque la commutation de contacts pouvant être placé dans un circuit de puissance. Le relais électromagnétique est réservé pour les faibles puissances.



1.1.2. Caractéristiques fondamentales :

- Tension d'alimentation : C'est une tension continue qui permet d'exciter la bobine.
- La résistance de la bobine : paramètre permettant de déterminer le courant circulant dans le circuit de commande.
- Le courant des contacts : c'est le courant maximal que peut commuter les contacts de relais sans dommage.

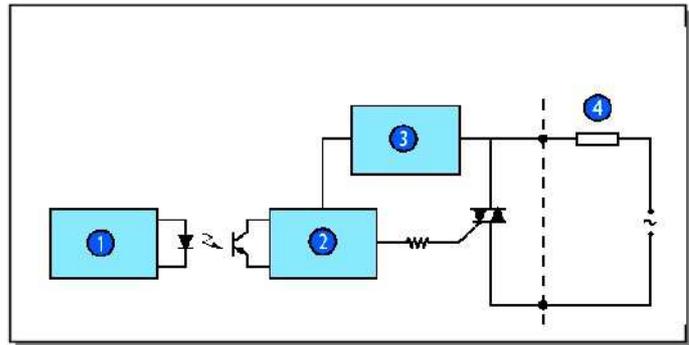
1.2. Relais statique :

1.2.1. Définition

Ce qui est vrai pour un relais électromagnétique est vrai pour un relais statique. De plus un relais statique commute de manière totalement statique, sans pièce en mouvement, conférant au composant une durée de vie quasi illimitée. La structure de base d'un relais statique ainsi que son fonctionnement sont comme suit :



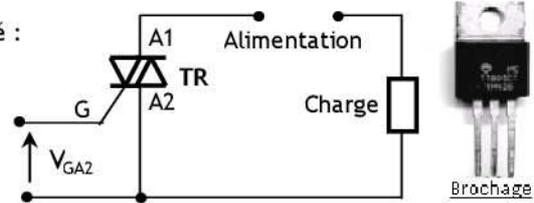
1. Le circuit d'entrée correspond à l'unité de traitement ;
2. Le circuit de mise à niveau ;
3. Le circuit de détection de passage de zéro permet de ne commuter le relais que si la tension secteur est pratiquement nulle ; ainsi on évitera les rayonnements dus à une commutation d'une grande valeur ;
4. La charge.



Fonctionnement simplifié d'un TRIAC

Le triac TR se comporte comme un interrupteur commandé :

- Si $V_{GA2} = 0$, TR est bloqué (circuit ouvert), la charge n'est pas alimentée ;
- Si $V_{GA2} = 1V$, TR conduit (circuit fermé : sa tension V_{A1A2} est négligeable), la charge est alimentée.

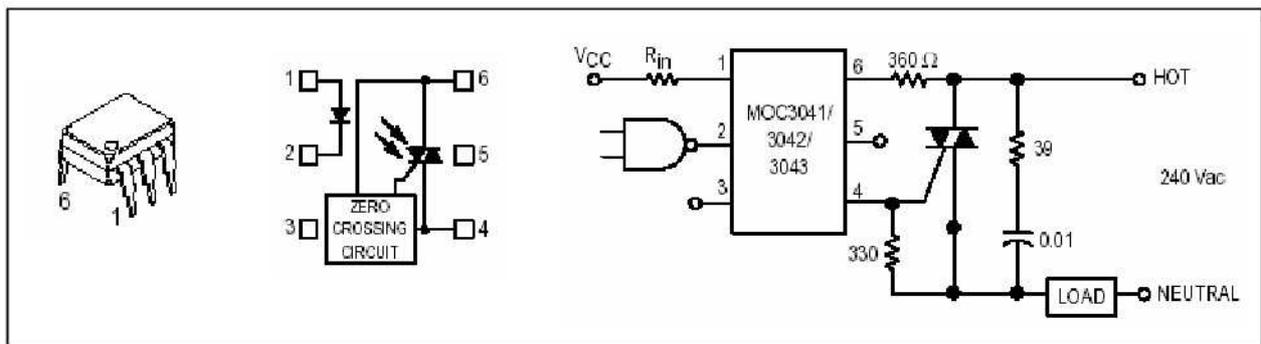


1.2.2. Caractéristiques fondamentales :

- Courant d'emploi : courant maximal que peut commuter le contact de sortie.
- Tension d'entrée : c'est la tension d'alimentation. Elle peut être continue ou alternative.
- Tension de sortie : c'est la tension d'alimentation de la charge. Elle est généralement de type alternative.

1.3. Exemple de circuit :

La figure suivante présente un exemple de relais statique bien connu le **MOC 341**, ainsi que le montage de base le mettant en œuvre :



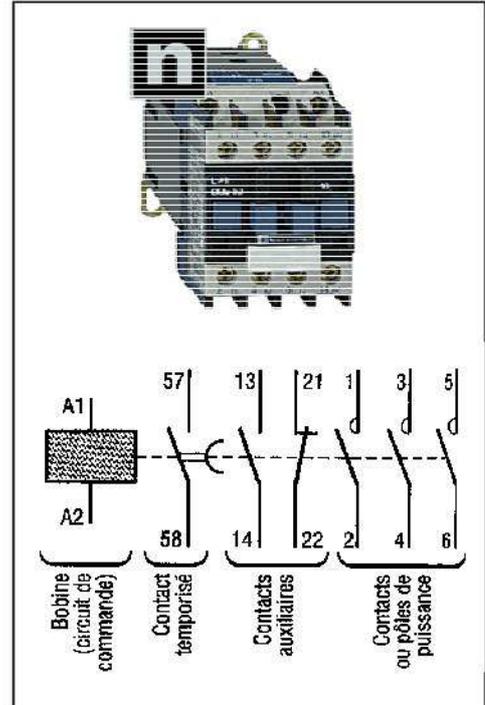
- Si l'unité de commande, ici matérialisée par une porte NAND, fournit un 0 à la sortie de cette porte, la diode infrarouge conduit, ce qui fait conduire l'optotriac interne, qui à son tour commande le triac extérieur, qui devient comme un circuit fermé ; la charge (LOAD) est alors alimentée par 240V AC
- Le relais est muni du système "zero crossing", ce qui évite de commander le triac quand la tension secteur est grande, ce qui évite des parasites de commutation.

2. LE CONTACTEUR

2.1. Principe :

Un contacteur est un relais électromagnétique particulier, pouvant commuter de fortes puissances grâce à un dispositif de coupure d'arc électrique. Sa commande peut être continue ou alternative. Sa constitution est comme suit :

- Des pôles principaux de puissance ;
- Un contact auxiliaire (avec possibilité d'ajouter au contacteur un bloc de contacts auxiliaires instantanés ou temporisés) ;
- une armature fixe et un autre mobile ;
- Un ressort de rappel ;
- Un circuit magnétique ;
- Une bobine de commande du contacteur. Si la bobine est alimentée elle attire l'armature mobile pour actionner les pôles de puissance ; Si elle n'est pas alimentée, un ressort de rappel ouvre les pôles de puissance.



2.2. Caractéristiques électriques :

- Tension nominale d'emploi U_e : C'est la tension entre deux pôles de puissance qui ne provoque ni échauffement ni détérioration du contacteur.
- Courant nominale d'emploi I_e : C'est le courant qui peut circuler dans les pôles de puissance sans provoquer ni échauffement ni détérioration du contacteur.
- Courant thermique conventionnel (I_{th}) : courant qu'un contacteur en position fermée peut supporter pendant 8 heures sans que l'échauffement de la bobine ne dépasse $90^\circ C$.
- Pouvoir de coupure : courant maximal que le contacteur peut couper.

2.3. Catégories de fonctionnement et choix :

Pour choisir un contacteur il faut tenir compte, en plus des caractéristiques précédentes, des catégories d'emploi. Une catégorie d'emploi définit, pour l'utilisation normale d'un contacteur, les conditions d'établissement et de coupure du courant, en fonction du courant nominal d'emploi " I_e " et de la tension nominale d'emploi " U_e "; elle dépend :

- De la nature du récepteur contrôlé (résistance, moteur à cage, moteur à bagues, etc.).
- Des conditions d'emploi dans lesquelles s'effectuent les fermetures et les ouvertures (moteur lancé ou calé, en cours de démarrage, freinage par contre courant, etc.).

En alternatif		En courant continu	
Catégorie	Utilisation	Catégorie	utilisation
AC1	Résistance	DC1	Résistance
AC2	Moteur asynchrone à bague	DC2	Moteur Shunt
AC3	Moteur asynchrone à cage.	DC3	Démarrage et freinage par contre courant des moteurs Shunt
AC4	Moteurs asynchrone à cage et à bagues - Inversion du sens de marche - Freinage par contre courant - Marche par "à coups"	DC4	Moteurs série
		DC5	Démarrage et freinage par contre courant des moteurs série

Pour choisir un contacteur on utilise généralement les guides de choix proposés par les constructeurs :

Tripolaires

charges non inductives courant maximal ($\theta \leq 60^\circ\text{C}$) catégorie d'emploi AC-1	nombre de pôles	contacts auxiliaires instantanés	réf. de base à compléter par le repère de la tension (2) fixation (1)
A			
raccordement par vis-étriers ou connecteurs			
25	3 -	1 1	LC1 D09.. OU LC1 D12..
32	3 -	1 1	LC1 D18..
40	3 -	1 1	LC1 D25..
50	3 -	1 1	LC1 D32.. OU LC1 D38..
60	3 -	1 1	LC1 D40..
80	3 -	1 1	LC1 D50.. OU LC1 D65.. (3)
125	3 -	1 1	LC1 D80.. OU LC1 D95.. (3)
200	3 -	1 1	LC1 D115.. OU LC1 D150.. (4)

Exemple de choix : Un circuit de chauffage est composé par deux charges résistives triphasés. Chaque charge consomme un courant de 10A par phase sous une tension $U = 380\text{V}$.

Il s'agit de la catégorie de fonctionnement AC1. Sur le guide de choix on peut opter pour le contacteur suivant :

LC1-D09 A65

2.5. Schémas de mise en œuvre :

Pour alimenter la bobine d'un contacteur on peut utiliser l'un des deux montages suivants :



Si on appuie sur le bouton poussoir MA la bobine du contacteur est alimentée et ferme le contact K. Même si on relâche le bouton poussoir la bobine reste alimentée (automaintien). Pour couper l'alimentation il suffit d'ouvrir le bouton poussoir AR.

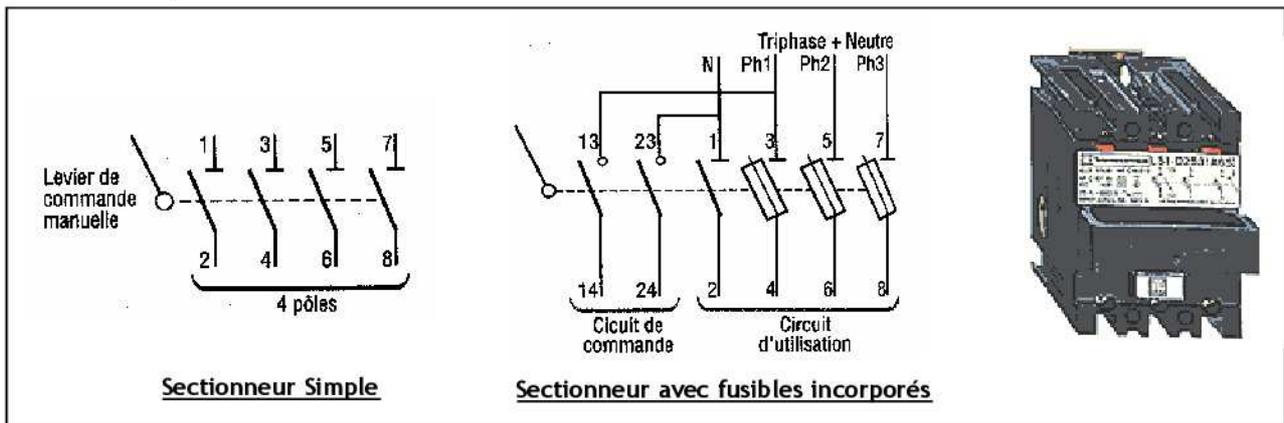
Généralement, dans une chaîne d'énergie électrique, le préactionneur ne s'utilise pas seul, mais associé à une classe d'appareillage typique : sectionneur, relais thermique, etc.

3. LE SECTIONNEUR

Le sectionneur est un appareil de connexion qui permet **d'isoler** (séparer électriquement) un circuit pour effectuer des opérations de maintenance ou de modification sur les circuits électriques qui se trouvent en aval. Ainsi il permet d'assurer la sécurité des personnes qui travaillent sur le reste de l'installation en amont.

Le sectionneur ne possède aucun pouvoir de coupure, **par conséquent, il ne doit pas être manœuvré en charge.**

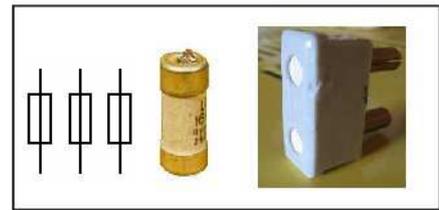
On trouve également des sectionneurs qui servent en plus de porte-fusible. On les désigne par "Sectionneurs porte-fusible" :



4. LES FUSIBLES

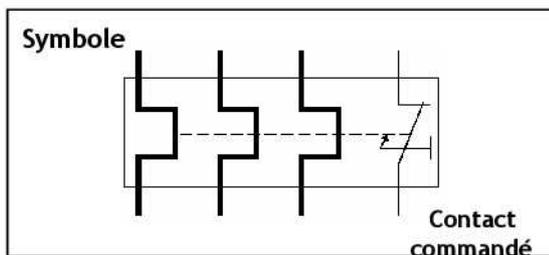
Les fusibles sont des appareils de protection dont la fonction est d'ouvrir un circuit par fusion d'un élément calibré, lorsque le courant dépasse une valeur précise, pendant un temps donné. On trouve :

- La classe gI ou gG : ce sont les fusibles d'usage général ; ils protègent contre les surcharges et les courts-circuits.
- La classe aM : ce sont les fusibles d'accompagnement Moteur prévus pour la protection contre les courts-circuits et surtout pour la protection des moteurs.



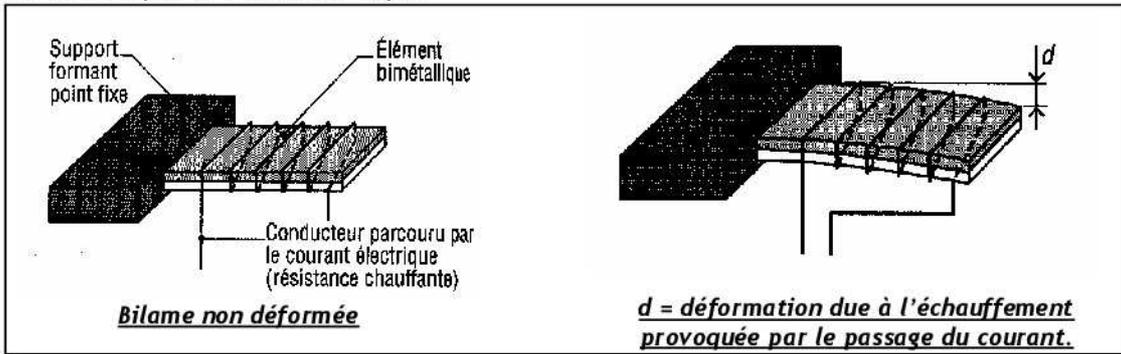
5. LE RELAIS THERMIQUE

Le relais thermique est un appareil de protection capable de protéger contre les surcharges prolongées. Une surcharge est une élévation anormale du courant consommé par le récepteur (1 à 3 In), mais prolongée dans le temps, ce qui entraîne un échauffement de l'installation pouvant aller jusqu'à sa destruction. Le temps de coupure est inversement proportionnel à l'augmentation du courant.



Le relais thermique utilise la propriété d'un bilame formé de deux lames minces ayant des coefficients de dilatation différents. L'apparition d'une surcharge se traduit par l'augmentation de la chaleur (effet joule) ; Le bilame détecte l'augmentation de chaleur, se déforme et ouvre le contact auxiliaire.

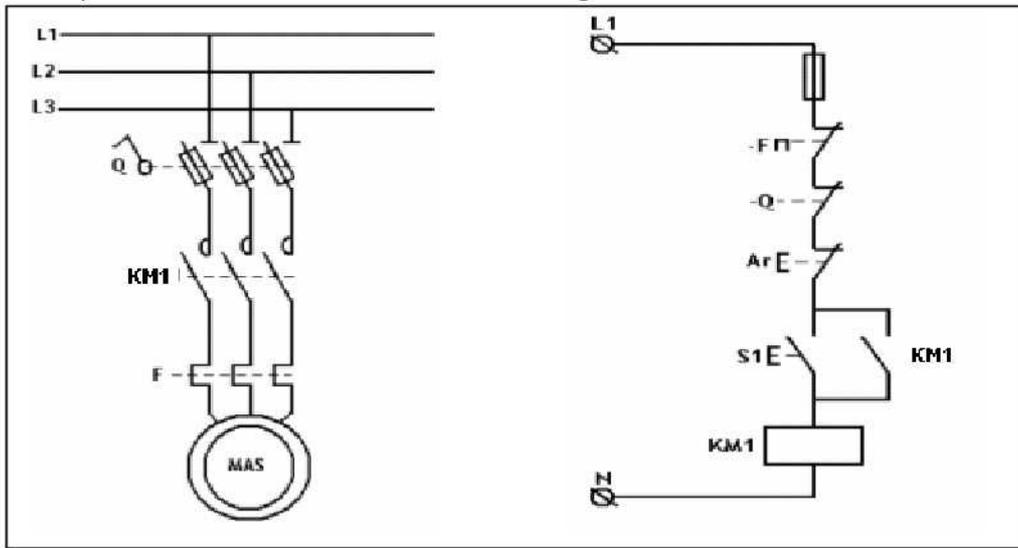
Ce contact étant convenablement placé dans le circuit de commande va couper l'alimentation de la bobine du contacteur qui va ouvrir ses pôles de puissances et interrompre le passage de l'énergie électrique au travers du récepteur. C'est donc l'appareillage de commande qui coupe le circuit de puissance est non pas le relais thermique.



EXERCICE RESOLU

EXERCICE N° 1 :

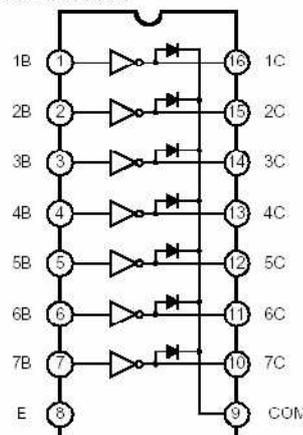
Pour distribuer l'énergie vers l'actionneur, typiquement un moteur triphasé, le schéma suivant est généralement adopté. Décrire le fonctionnement du montage :



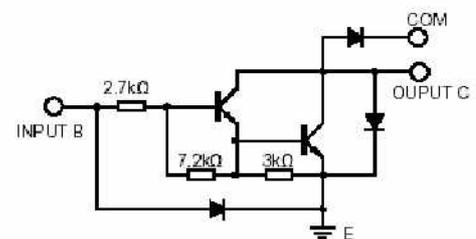
EXERCICE N° 2 :

Lorsqu'on a à commander plusieurs relais, on a besoin donc de plusieurs transistors. Pour diminuer la surface du circuit imprimé, on utilise des circuits intégrés contenant plusieurs transistors de commande ; ce en plus des montages Darlington. On donne à titre d'exemple le ULN 2003. Donner alors le montage de commande d'un relais avec ce circuit.

LOGIC DIAGRAM



SCHEMATIC(EACH DARLINGTON PAIR)

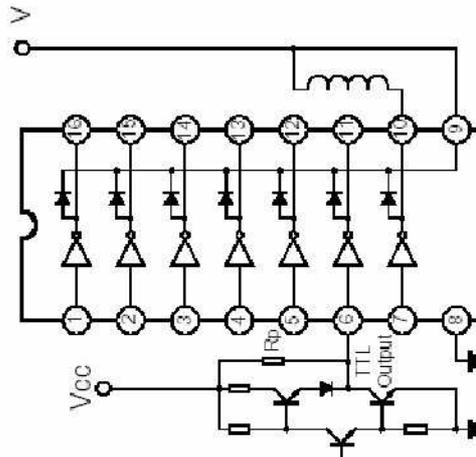


CORRIGE :

EXERCICE N° 1 :

- Si le bouton poussoir S1 du circuit de commande est actionné, la bobine du contacteur KM1 est alimentée ; le contact KM1 du **circuit de commande** se ferme ainsi que les contacts KM1 du **circuit de puissance**, ce qui entraîne la rotation du moteur MAS ;
- Si S1 est relâché le contact KM1 du circuit de commande maintient l'alimentation de la bobine du contacteur (mémorisation). On parle alors d'auto maintien ;
- Pour arrêter le moteur MAS, on appuie sur le bouton poussoir Ar, ce qui ouvre le circuit de commande ; la bobine KM1 n'est plus alimentée et les contacts KM1 (commande et puissance) sont ouverts ;
- Si au cours du fonctionnement (KM1 fermé) il y a une surcharge le relais thermique F s'échauffe, le contact qui lui est associé F s'ouvre, ce qui ouvre le circuit de commande et protège le moteur MAS ;
- Le sectionneur porte fusible a aussi un contact auxiliaire noté Q qui s'ouvre avant les contacts Q du circuit de puissance e, cas où on manœuvre le sectionneur en charge ; ceci a le même effet que le contact auxiliaire du relais thermique. Ce contact est appelé « contact de précoupure ».

EXERCICE N° 2 :



EXERCICES NON RESOLUS

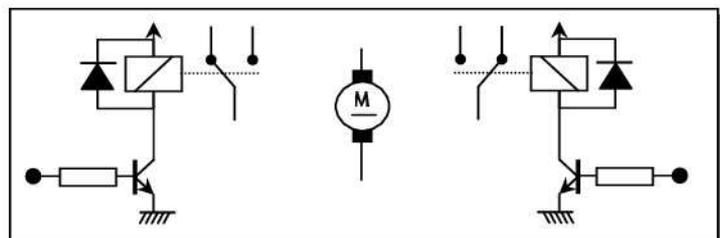
EXERCICE N° 1 :

A fin de minimiser le courant de démarrage d'un moteur asynchrone, on utilise un démarrage à résistances statoriques. Au démarrage l'alimentation du moteur se fait via ces résistances. Après une temporisation T on court-circuite ces résistance pour éliminer leurs effets, le moteur est alors alimenter directement avec le réseau. Donner le circuit de puissance et de commande.

EXERCICE N° 2 :

Donner un branchement des relais avec le moteur pour que la commande de l'un des deux relais permet de commander la rotation du moteur dans un sens ; et la commande de l'autre permet de le faire tourner dans l'autre sens.

Une utilisation de ce montage est la commande d'un store automatisé.

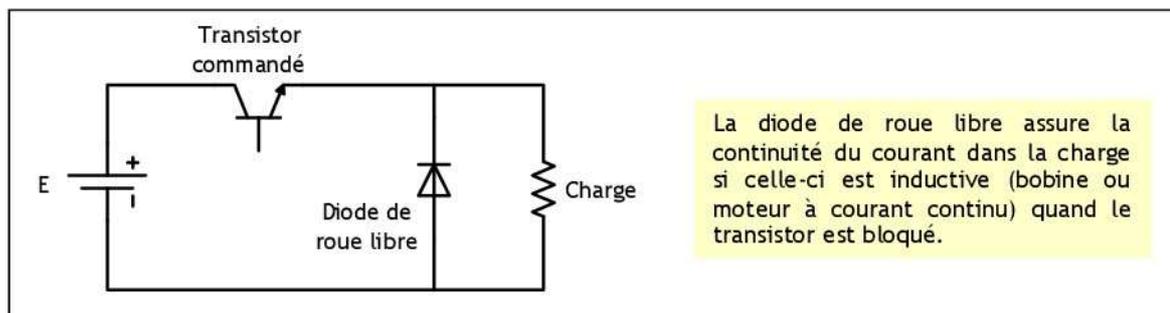


HACHEUR SERIE / VARIATEUR DE VITESSE INDUSTRIEL

1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

1.1. Structure :

La structure adoptée généralement pour un hacheur est la suivante :

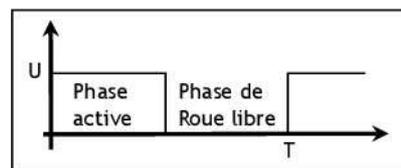


1.2. Fonctionnement :

Le fonctionnement d'un hacheur comprend deux phases principales : phase active et phase de roue libre :

- **Phase active** : transistor passant et la diode de roue libre bloquée ; la pleine tension E est appliquée à la charge.
- **Phase de roue libre** : le transistor est bloqué et la diode est passante. La tension est nulle aux bornes de la charge jusqu'à ce que la diode devienne bloquée.

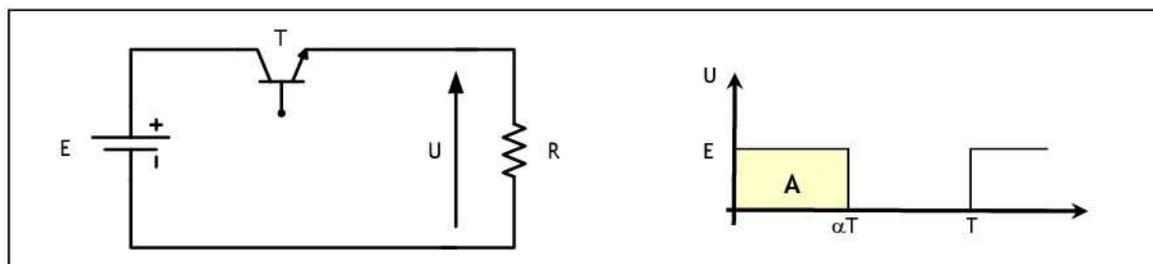
Pour arriver à cette fin la base du transistor doit être alimentée par un signal rectangulaire de la forme :



1.3. Caractéristiques électriques :

1.3.1. Charge R :

La charge est purement résistive : donc si le transistor est saturé la tension de sortie $U = E$, et si le transistor est bloqué la tension de sortie est nulle (l'utilisation de la diode de roue libre n'est pas nécessaire) :



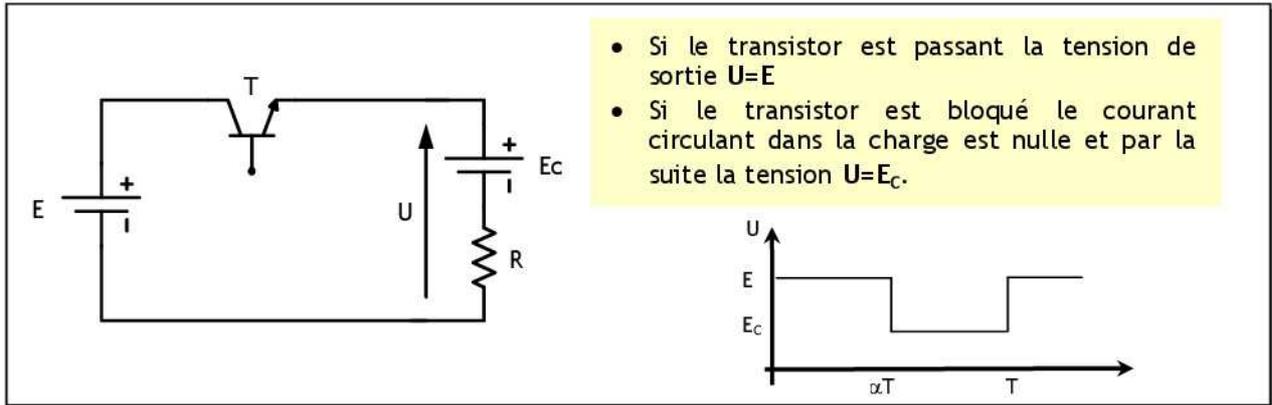
On appelle valeur moyenne de la tension u l'aire A entre le tracé de celle-ci ($u(t)$) et l'axe de temps divisé par la période T . De ce fait la valeur moyenne de la tension de sortie est :

$$U = (\alpha \cdot T \cdot E) / T \text{ soit } U = \alpha \cdot E$$

On peut remarquer que l'action sur la valeur moyenne de la tension U se fait par l'intermédiaire du rapport cyclique α .

Nota : l'action sur la tension U permet de modifier l'éclairage d'une lampe, la chaleur d'un chauffage, etc.

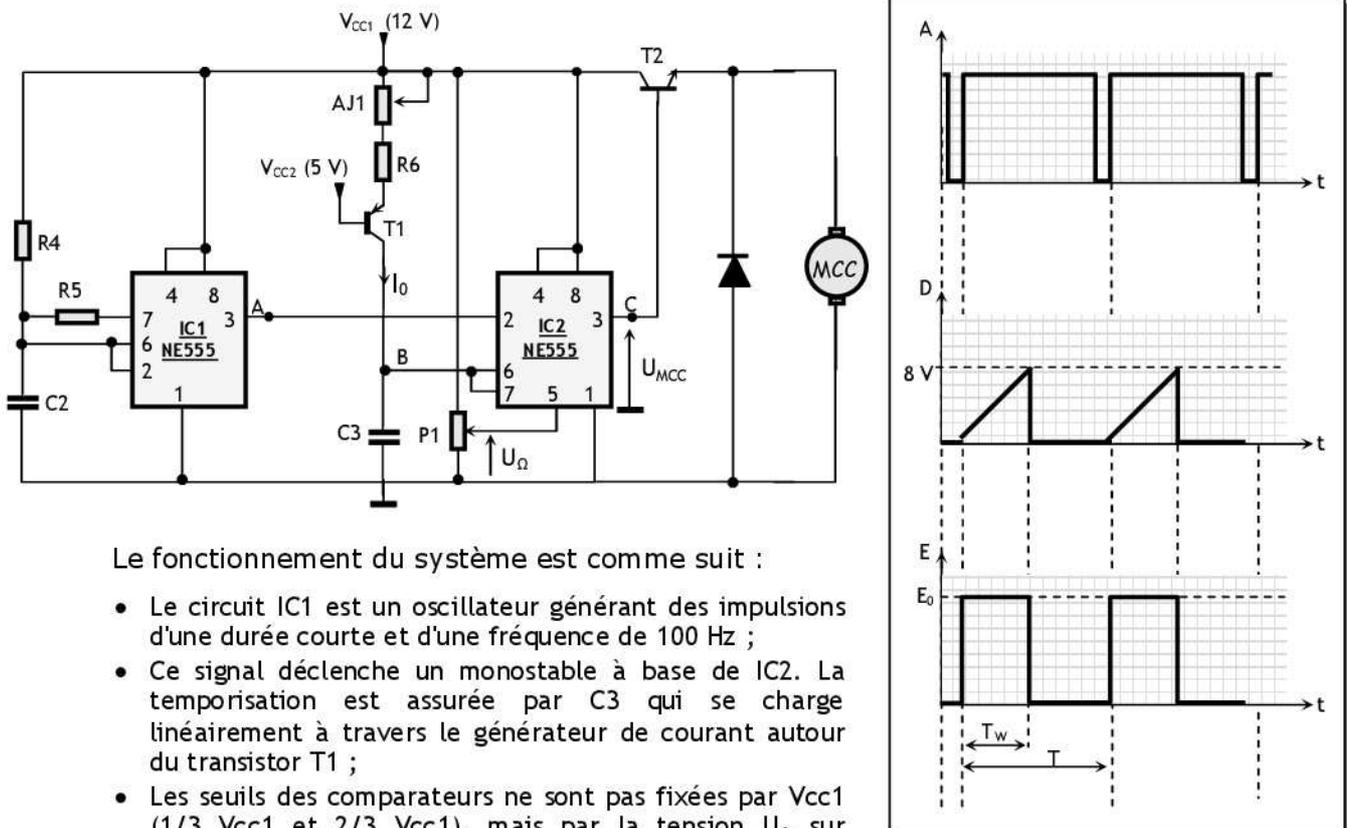
1.3.2. Charge E-R :



La valeur moyenne de ce signal de sortie est : $U_{moy} = (\alpha \cdot T \cdot E + (1-\alpha) \cdot T \cdot E_C) / T$ soit $U = \alpha \cdot E + (1-\alpha) \cdot E_C$

1.4. Exemple de circuit de commande :

Le circuit de commande doit générer un signal rectangulaire dont le rapport cyclique est ajustable.



Description du montage :

- Le variateur est alimenté par le réseau électrique (entrée L1 et L2/N).
- L'induit du moteur est connecté aux sorties de puissance A1 et A2.
- La dynamo tachymétrique DT donne une image de la vitesse de rotation de la machine à courant continu.
- Le potentiomètre RF permet de choisir la vitesse désirée (linéairement).
- Le bouton poussoir Marche permet de lancer le moteur (avec automaintien) ; le bouton arrêt permet de lancer le procédé de freinage.

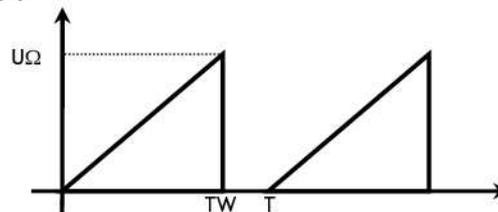
EXERCICE RESOLU

Pour le montage de commande à base du NE555 précédant :

1. Montrer que le courant de charge de C3 est constant. On appelle ce courant I_0 .
2. Donner alors la loi de variation de la tension de C3. On appelle cette tension U_{C3} . On suppose que la constante d'intégration est nulle (condensateur déchargé).
3. Tracer la forme de la tension U_{C3} .
4. Montrer qu'on a : $TW = C3 \cdot U_{\Omega} / I_0$.
5. Montrer que la valeur moyenne du signal commandant la MCC est de la forme :
$$UMCC = (VCC1 \cdot C3 / T \cdot I_0) \cdot U_{\Omega}$$
6. Conclure alors.

CORRIGE :

1. $I_0 = (VCC1 - VCC2 - VBE) / (R6 + RAJ1)$. Toutes les composantes de cette équation sont des constantes alors I_0 est constant.
2. On sait que $I_0 = C3 \cdot (dU_{C3}/dt)$ alors : $U_{C3} = (I_0/C3) \cdot t$.
3. le tracé de la tension U_{C3} :



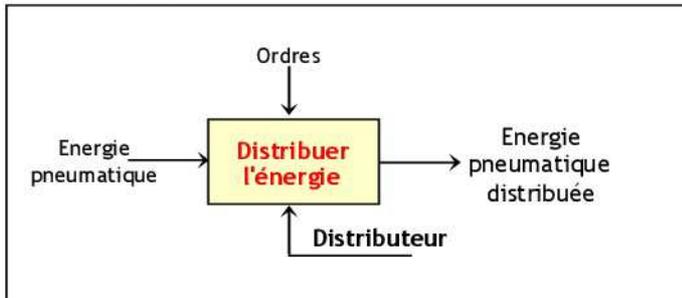
4. De ce qui précède on peut écrire : $U_{\Omega} = (I_0/C3) \cdot TW$ donc $TW = (U_{\Omega} \cdot C3) / I_0$.
5. $UMCC = VCC1 \cdot TW/T$ en remplaçant TW par son expression on peut écrire :
$$UMCC = (VCC1 \cdot C3 / T \cdot I_0) \cdot U_{\Omega}$$
6. L'action sur la résistance ajustable AJ1 permet de varier le courant I_0 et par la suite varier la tension de commande du moteur, ce qui agit sur la vitesse de rotation du moteur.

LES PREACTIONNEURS PNEUMATIQUES

1. FONCTION :

Ils ont pour fonction essentielle de distribuer l'air sous pression aux différents orifices des **actionneurs pneumatiques**. Comme le contacteur est associé à un moteur électrique, le distributeur est le pré-actionneur associé à un vérin pneumatique :

Rôle d'un distributeur pneumatique



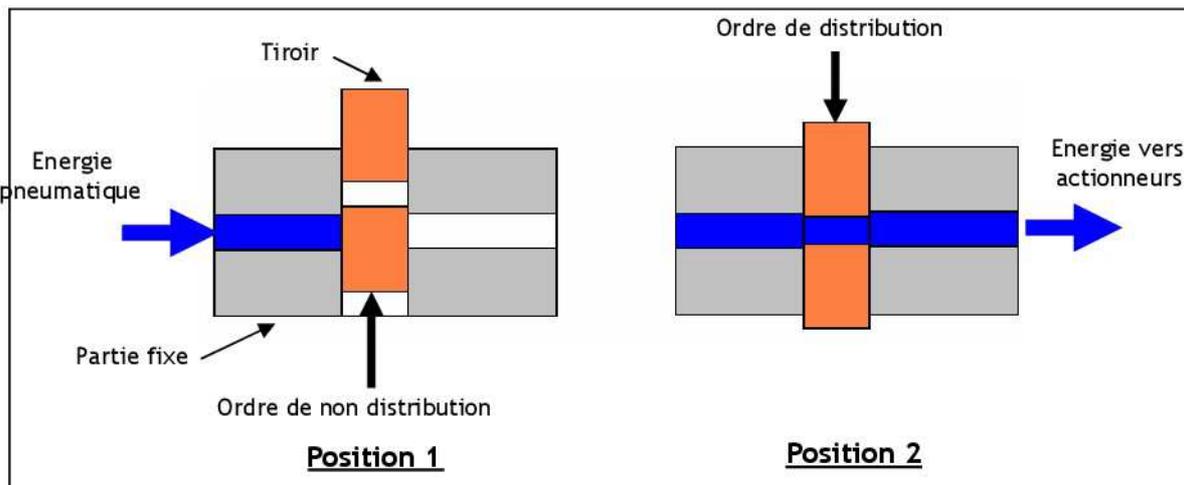
Distributeur pneumatique



2. CONSTITUANTS D'UN DISTRIBUTEUR :

On peut comparer un distributeur à un robinet que l'on ouvre et ferme non pas à la main, mais par des ordres donnés par la PC.

Il est constitué d'une partie fixe (le corps) et d'une partie mobile (le tiroir) qui peut se déplacer à l'intérieur de la partie fixe selon un ordre directe (manuelle) ou indirecte (provenant de la PC). Le tiroir est doté de conduites permettant le passage de l'air entre les différents orifices de la partie fixe.

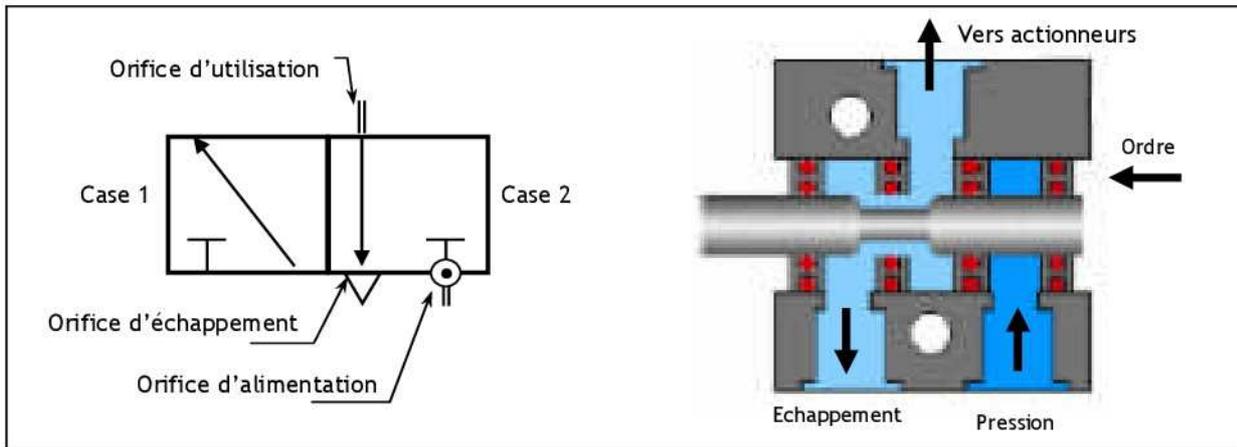


3. LES PRINCIPAUX DISTRIBUTEURS PNEUMATIQUES:

Un distributeur est caractérisé :

- Par son nombre d'orifices, c'est à dire le nombre de liaisons qu'il peut avoir avec son environnement (arrivée, sortie(s) et échappement de la pression) ;
- Par son nombre de positions que peut occuper le tiroir.

Le nom et la représentation d'un distributeur découlent de ces deux caractéristiques. Chaque position est symbolisée par un carré dans lequel figurent les voies de passage de l'air comprimé :



Exemples :

<p>Distributeur 3/2</p> <ul style="list-style-type: none"> • En position repos, l'orifice d'alimentation du vérin est relié à l'orifice d'échappement : la tige est maintenue donc rentrée ; • En position travail, provoquée par un ordre de la PC, l'orifice d'alimentation du vérin est mis en liaison avec la source d'air comprimé. Par conséquent, la tige sort. 	
<p>Distributeur 5/2</p> <p>Suivant la position occupée, l'air comprimé est verrouillé vers l'un des deux orifices d'alimentation du vérin tandis que l'autre est à l'échappement.</p>	

4. LES DISPOSITIFS DE COMMANDE :

La commande du distributeur a pour fonction de positionner le tiroir dans une position ou dans l'autre. Elle peut être électromagnétique, pneumatique, électropneumatique ou manuelle. On parle :

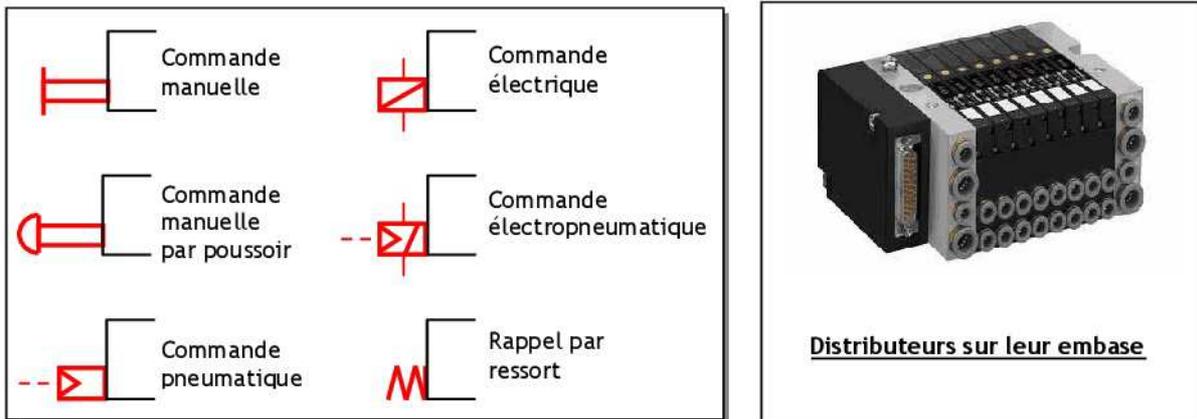
- D'un distributeur monostable si le retour du tiroir à sa position initiale est assuré par un ressort de rappel ;
- d'un distributeur bistable si le tiroir reste dans l'état que lui a imposé le dernier ordre envoyé par la PC

Distributeur à commande électrique

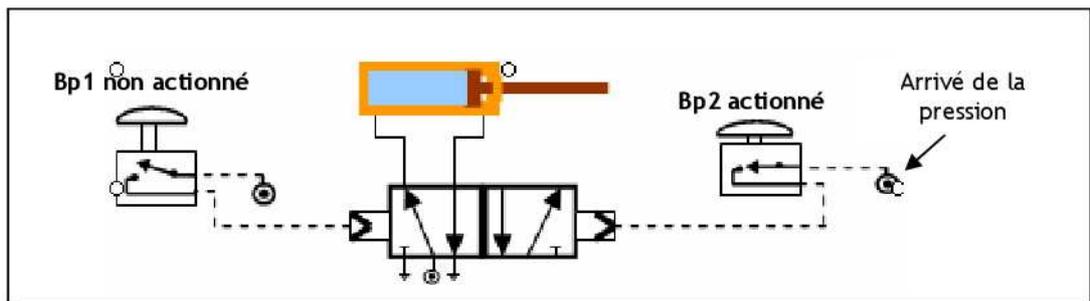


La commande du distributeur est représentée par un rectangle accolé à la case qu'elle commute et complétée par un ou plusieurs symboles schématisant la technologie utilisée.

La figure suivante donne la schématisation des différents dispositifs de commande :



Exemples: distributeur à pilotage pneumatique

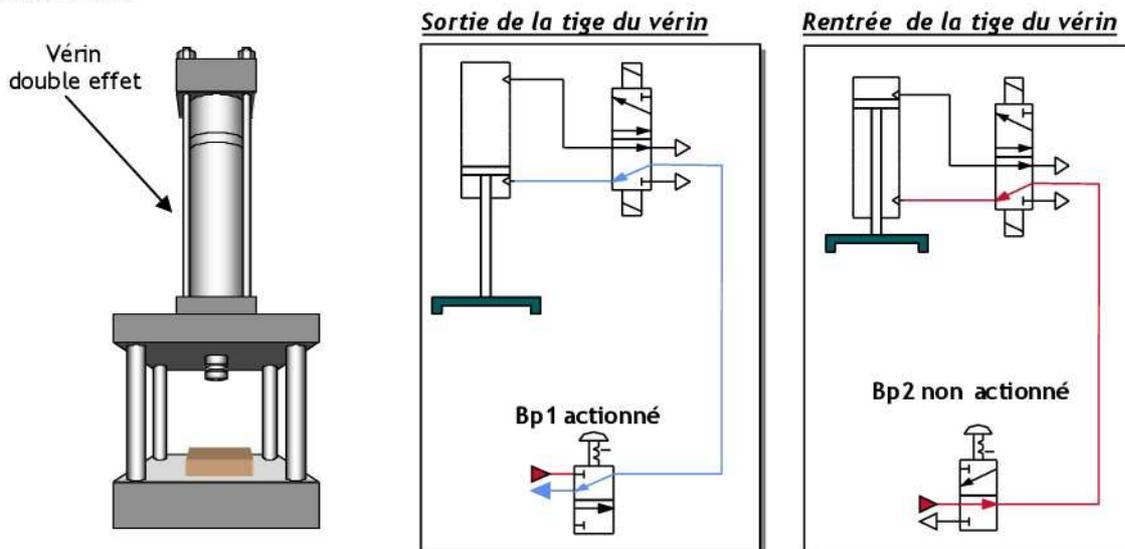


5. APPLICATION: PRESSE PNEUMATIQUE

Dans une presse pneumatique on a le cycle suivant:

- ✓ Un appui sur un bouton poussoir (Bp1) : descente de la tige du vérin
- ✓ Un appui sur un bouton poussoir (Bp2) : rentrée de la tige du vérin

Le schéma ci-dessus montre le câblage du vérin pneumatique de la presse avec le distributeur bistable 5/2:



EXERCICE NON RESOLU

Dans une usine de fabrication de voitures miniatures, on désire le fonctionnement suivant :

- L'opérateur place sur un gabarit le châssis, les essieux de roues avant et arrière, ainsi que la coque.
- Lorsque cela est prêt, il appuie sur un bouton poussoir, ce qui a pour effet de faire descendre le vérin de sertissage, qui remonte dès qu'il est arrivé en bout de course.

En appelant

V+ le mouvement de sortie de tige
V- le mouvement de rentrée de tige
h le capteur haut
b le capteur bas
m le bouton poussoir,

La première équation s'écrit :

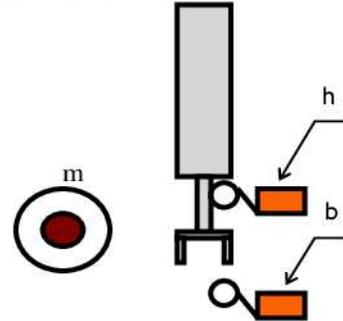
$$V+ = h.m$$

La deuxième équation s'écrit :

$$V- = b$$

1. Etablir le schéma de câblage en utilisant un distributeur bistable 5/2 et un vérin double effet.
2. Modifier le câblage de manière à ce que la sortie du vérin ne se fasse qu'après appui simultané sur deux boutons poussoirs **m** et **r** (pour améliorer la sécurité, l'opérateur devra appuyer sur un bouton avec chaque main, de manière à éviter « d'oublier » une main sous le vérin).

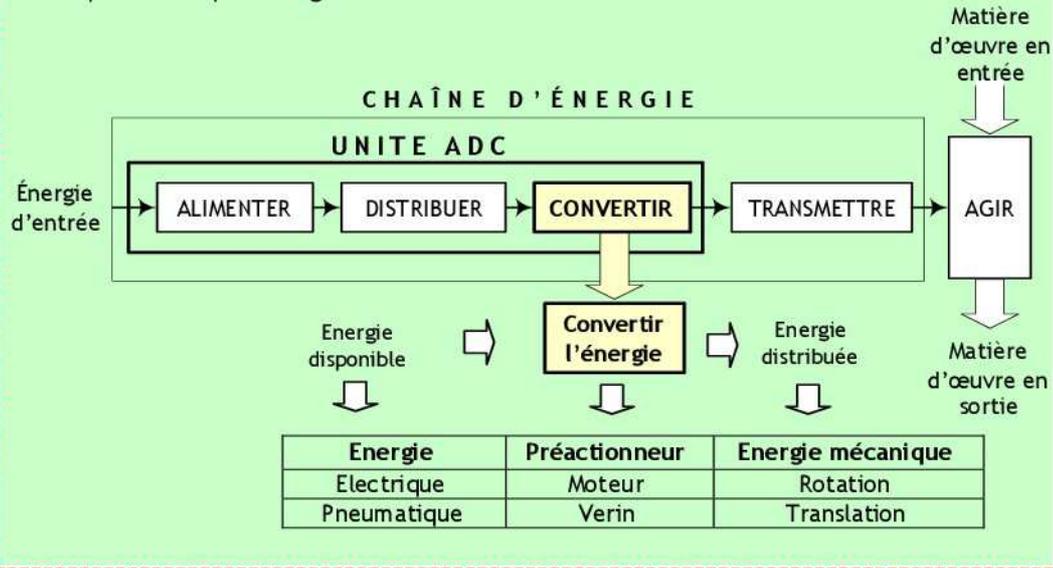
N.B les capteurs **a** et **b** sont des capteurs pneumatiques (distributeur 2/2).



PRESENTATION

Dans un système automatisé, souvent la finalité de l'action sur la matière d'œuvre est de nature mécanique. 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 actionneurs qui assurent cette fonction de conversion.

La position d'une telle fonction dans une chaîne d'énergie, ainsi que sa fonction globale sont représentées par les figures suivantes :



COMPETENCES ATTENDUES

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

- Énoncer le principe de fonctionnement d'un convertisseur
- Mettre en œuvre un convertisseur

CHAPITRES INCLUS DANS LA FONCTION CONVERTIR

- Convertisseur électromécanique
- Convertisseur pneumatique
- Autres types de convertisseur

CONVERTISSEUR ELECTROMECHANIQUE

INTRODUCTION :

C'est un convertisseur permettant de convertir l'énergie électrique (courant continu) en rotation mécanique. C'est le moteur le plus simple à mettre en œuvre. Il trouve son utilisation, entre autres dans :

- L'électronique de faible signaux (radio, video, entraînement en rotation de la parabole, etc.) ;
- La traction électrique.



1. ORGANISATION DE LA MACHINE :

Dans l'organisation d'une machine à courant continu, on peut distinguer les principaux éléments suivants :

- les pôles inducteurs avec leurs enroulements ou leurs aimants, placés généralement sur le stator (partie fixe)
- l'induit, dont les différentes voies d'enroulements sont connectées au collecteur, l'ensemble étant généralement placé sur le rotor (partie tournante)
- les organes mécaniques permettant la rotation du rotor et le maintien des différents sous ensembles.



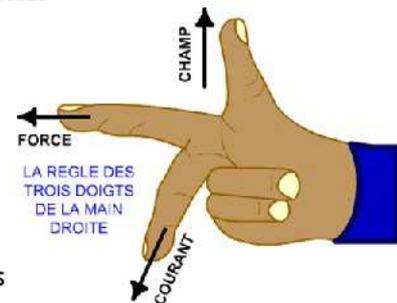
2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

2.1. Loi de Laplace :

Un conducteur traversé par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force dont le sens est déterminé par la règle des trois doigts de la main droite.

$$F = B \times I \times L$$

- F : Force en Newtons
- B : Induction magnétique en teslas
- I : Intensité dans le conducteur en ampères
- L : Longueur du conducteur en mètres



Pour déterminer le sens de la force, il faut placer les trois doigts (pouce, index, majeur) perpendiculairement entre eux.

Le pouce se place dans le sens du champ (le sens des lignes d'induction est toujours du N au S à l'extérieur d'un aimant et du S au N à l'intérieur).

Le majeur se place dans le sens du courant (sens conventionnel toujours du + vers le -).

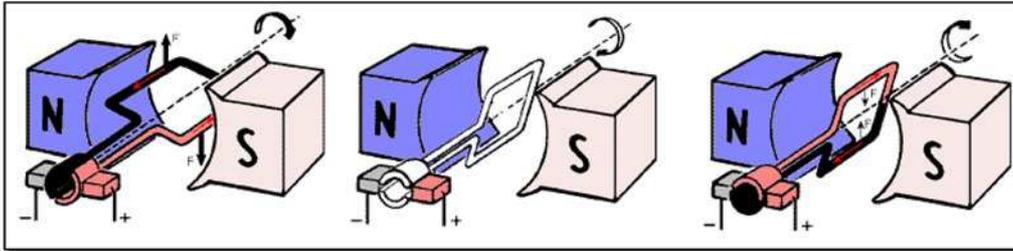
L'index détermine alors le sens de la force.

2.2. Principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu :

Lorsque l'on place une spire parcourue par un courant (grâce aux balais et au collecteur) dans un champ magnétique, il apparaît un couple de forces. Ce couple de forces crée un couple de rotation qui fait dévier la spire de plus ou moins 90 degrés par rapport au plan vertical, le sens du courant restant inchangé dans la spire, au cours de ce déplacement, le couple de rotation diminue constamment jusqu'à s'annuler après rotation de la bobine de plus ou moins 90 degrés (zone neutre, la spire se trouve à l'horizontale et perpendiculaire aux aimants naturels).

Afin d'obtenir une rotation sans à coup, l'enroulement d'induit doit être constitué d'un nombre élevé de spires similaires. Celles-ci seront réparties de façon régulières sur le rotor (induit), de manière à obtenir un couple indépendant de l'angle de rotation. Après le passage de la zone neutre, le sens du courant doit être inversé simultanément dans chacune de ces spires.

L'inversion du courant est opérée par l'inverseur ou commutateur (collecteur) qui, associé au balais, constitue l'élément assurant la transmission du courant de la partie fixe à la partie tournante du moteur.



2.3. Force contre électromotrice induite :

Cette spire est le siège d'une fcem (force contre électromotrice) E qui dépend de la structure de la machine :

$$E = (p/a) \cdot N \cdot n \cdot \varphi$$

P : nombre de paires de pôles inducteurs.

a : nombre de paires de voies de conducteurs dans l'induit.

N : nombre de conducteurs actifs.

n : vitesse de rotation du rotor en tr/s.

φ : flux sous un pôle.

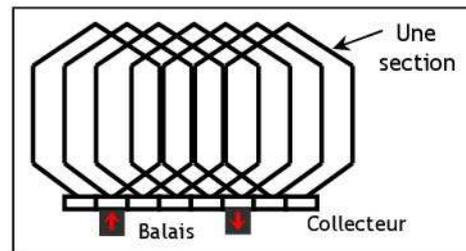
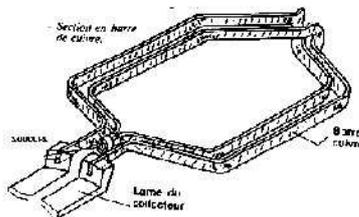
Si le flux est constant cette fcem peut s'écrire :

$$E = k \cdot n$$

Remarque :

Une machine à courant continu (MCC) n'est plus constituée par une seule spire mais par plusieurs spires mises en série selon la représentation suivante :

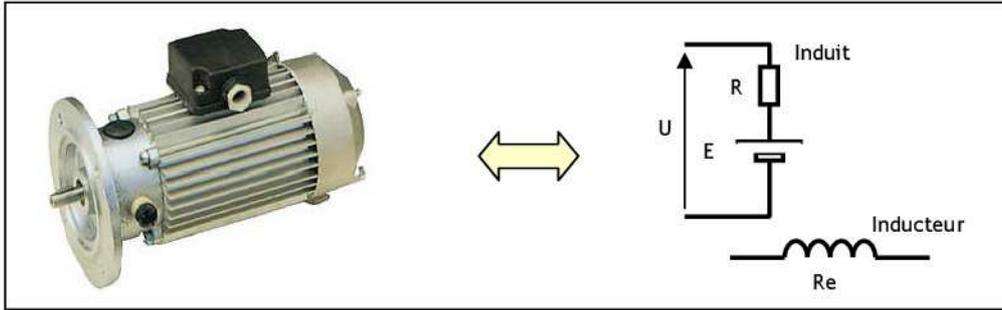
2.4. Couple électromagnétique :



La puissance électromagnétique totale est le produit fcem avec le courant induit I : $P_e = E \cdot I$. Or on sait que la relation qui lit le couple avec la puissance est : $C = P / \Omega$ (avec Ω est la vitesse de rotation en rd/s). Et puisque $\Omega = 2\pi \cdot n$ (avec n est la fréquence de rotation en tr/s). Donc :

$$C = (k/2\pi) \cdot I \text{ (pour un flux } \varphi \text{ constant)}$$

3. MODELE ELECTRIQUE SIMPLE DU MOTEUR A COURANT CONTINU :



On peut écrire la loi d'ohm électrique (on suppose que l'inducteur est à aimant permanent ou alimenté par une tension continu constante, ce qui revient à supposer que le flux est constant).

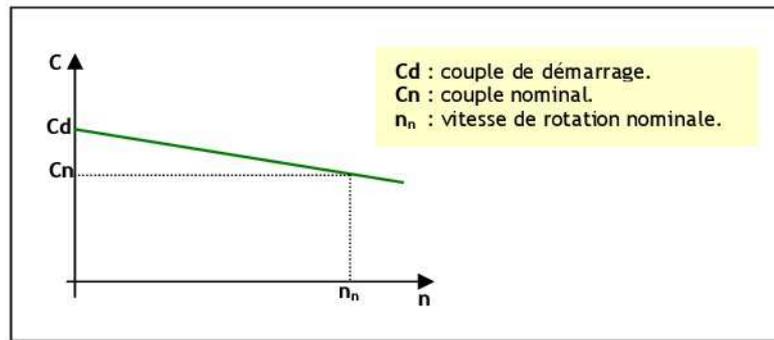
$$\begin{aligned}
 U &= E + R.I \\
 E &= k.n \\
 C &= (k/2\pi).I = k'.I
 \end{aligned}$$

Si on suppose que le moteur est alimenté avec une tension constante U. On peut tracer la caractéristique mécanique $C=f(n)$ du moteur :

$$C = k'.I = k'.(U - E)/R$$

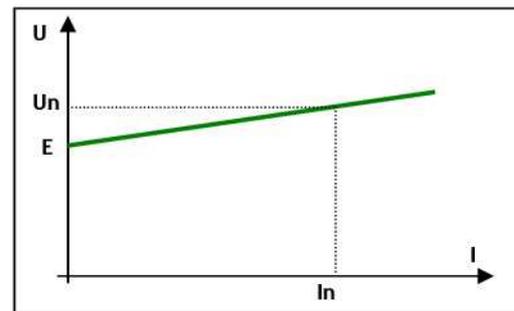
$$C = k'.\left(\frac{U}{R} - \frac{k.n}{R}\right)$$

Cette caractéristique est représentée dans la courbe ci contre :



On peut aussi tracer la caractéristique électrique $U = f(I)$ à la vitesse nominale :

$$U = E + R.I$$



4. DEMARRAGE DU MOTEUR A COURANT CONTINU :

4.1. courant de démarrage :

Au démarrage la vitesse est nulle donc $n = 0$. Donc $E = 0$. On peut alors écrire :

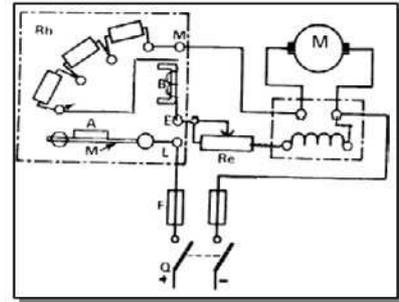
$$U = R.I_d \text{ (} I_d \text{ : courant au démarrage).}$$

Pour les grosses machines R est faible (de l'ordre de quelques dixièmes d'Ohms) et pour les petits moteurs cette résistance est relativement grande. Ce qui impose de prévoir un circuit permettant de minimiser ce courant lors de démarrage des grosses machines.

4.2. circuit de démarrage :

Pour minimiser I_D on peut :

- Soit démarrer avec une tension U faible (Démarrage à tension réduite).
- Soit ajouter une résistance en série avec l'induit lors du démarrage (Rhéostat de démarrage) (voir figure ci contre).



5. BILAN DES PUISSANCES :

5.1. L'ensemble des pertes :

Dans un moteur à courant continu on peut distinguer les pertes suivantes :

- **Pertes mécaniques** : dues aux frottements et à la résistance aérodynamique du ventilateur.
- **Pertes magnétiques** : dues aux pertes dans le circuit magnétique (pertes par hystérésis, pertes par courant de Foucault).
- **Pertes Joules** : pertes dans les résistances de l'induit et de l'inducteur

$$P_j = R \cdot I^2 + R_e \cdot I_e^2 \cong R \cdot I^2.$$

La somme des pertes mécanique et des pertes magnétiques s'appelle pertes constantes (P_c).

5.2. Le rendement :

On appelle le rendement le rapport entre la puissance absorbée et la puissance utile :

- **La puissance absorbée** : C'est la puissance électrique absorbée par le moteur.

$$P_a = U \cdot I$$

- **La puissance utile** : C'est la puissance mécanique disponible sur l'arbre du moteur.

$$P_u = P_a - \text{Somme(pertes).}$$
$$P_u = P_a - (P_c + P_j).$$

- **Le rendement** s'écrit :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

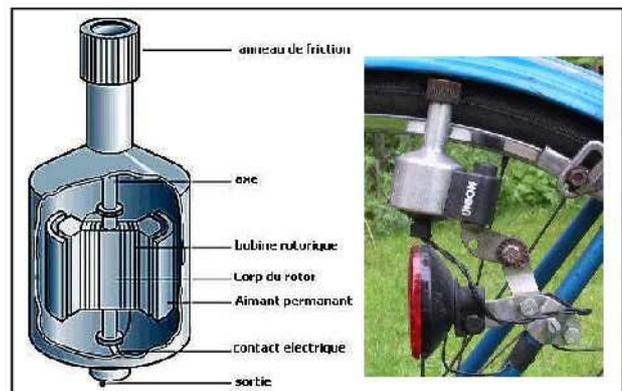
6. REVERSIBILITE DE LA MACHINE A COURANT CONTINU :

La loi de Faraday énonce que si un conducteur se déplace dans un champ magnétique il est le siège d'une fem (force électromotrice) induite qui représente la variation du flux dans le temps à travers cette spire.

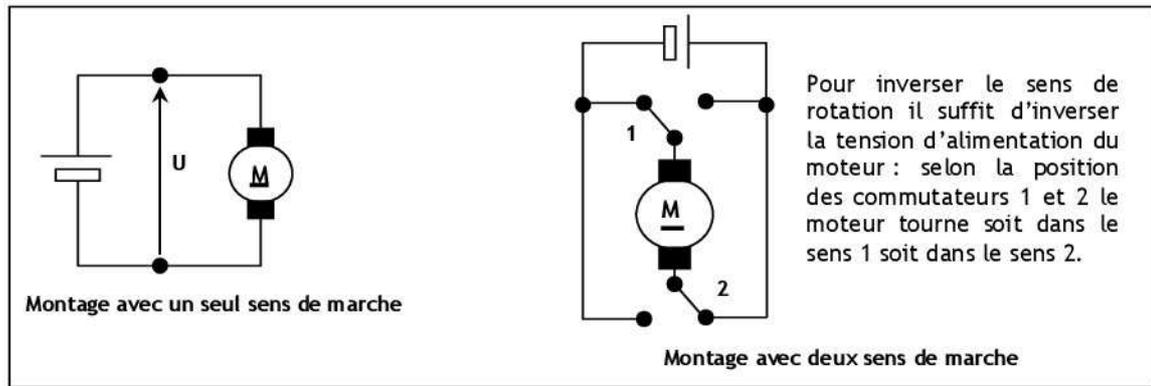
De ce principe découle le fonctionnement en génératrice de la machine à courant continu.

Si l'arbre de la génératrice est entraînée en rotation, entre les bornes de l'induit on peut mesurer une tension U proportionnelle à la vitesse de rotation.

Une application très connue de ce fonctionnement est la dynamo de la bicyclette.



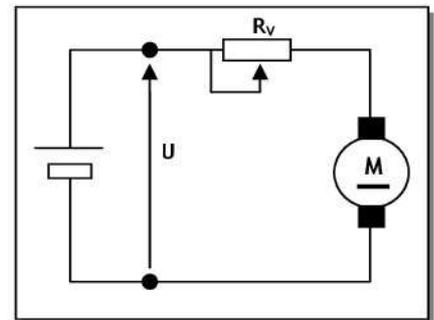
7. ALIMENTATION DU MOTEUR :



8. FONCTIONNEMENT A VITESSE VARIABLE :

On peut envisager plusieurs cas dans lesquels on a besoin de faire fonctionner le moteur à courant continu à vitesse variable. Pour arriver à ce résultat, une mauvaise solution (mais qui est quand même applicable dans certains applications ou la notion de pertes n'est pas primordiale) consiste à mettre une résistance variable en série avec le moteur. La vitesse maximale est atteinte en prenant $R_v = 0$.

Une deuxième solution consiste à utiliser un hacheur. Dans ce cas l'action sur le rapport cyclique permet de varier la valeur moyenne de la tension de commande et par la suite la variation de la vitesse de rotation du moteur.



EXERCICE RESOLU

Les caractéristiques d'une MCC à excitation séparée accouplée à une charge mécanique sont les suivantes :

Flux constant $k = 4.8$; résistance d'induit $R = 0.5$; couple de pertes collectives $T_p = 1$ mN (constant quelque soit la vitesse) ; la charge mécanique accouplée oppose un couple résistant T_r de 10 mN à 157.08 rad/s.

1. Calculer le courant de démarrage (sans circuit de démarrage) de la machine si la tension $U=120$ v.
2. Calculer la FCEM « E » pour la vitesse 157.08 rad/s.
3. Calculer les pertes joules de la machine. En déduire le rendement.

CORRIGE :

$$1. I_D = U/R \quad \text{AN} \quad I_D = 240 \text{ A.}$$

$$2. E = (k/2\pi) \cdot \Omega = 0.764 \times 157.08 \quad \text{AN} \quad E = 120 \text{ V.}$$

3. Il faut tout d'abord calculer le courant d'induit :

$$I = 2 \cdot \pi \cdot C/k \quad \text{AN} \quad I = 13 \text{ A.}$$

$$\text{Donc } P_j = R \cdot I^2 \quad \text{AN} \quad P_j = 85.6 \text{ W.}$$

Pour calculer le rendement on doit tout d'abord calculer la puissance absorbée :

$$P_a = U \cdot I \quad \text{AN} \quad P_a = 1560 \text{ W.}$$

Calcul des pertes constantes :

$$P_c = T_p \cdot \Omega \quad \text{AN} \quad P_c = 157.08 \text{ W.}$$

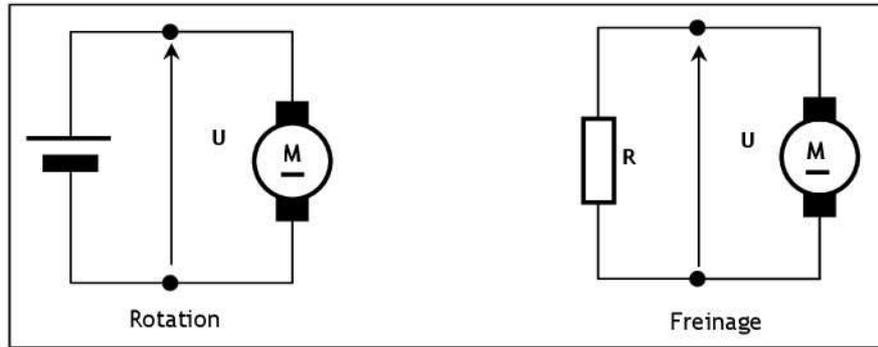
$$\text{Donc } \eta = (P_a - P_c - P_j) / P_a \quad \text{AN} \quad \eta = 84.4 \%$$

Exercice 1 :

Une méthode pour freiner le moteur à courant continu consiste à le brancher sur une résistance R. Cette technique qu'on appelle freinage rhéostatique permet d'accélérer le freinage.

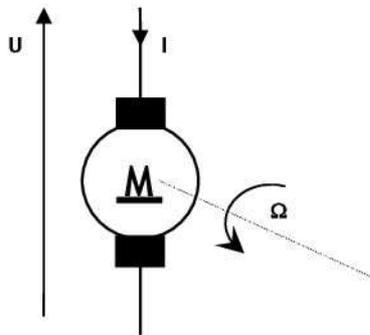
Donner un montage avec contacteurs permettant un démarrage deux sens de marche avec un freinage rhéostatique. La console de commande contient 4 boutons poussoirs :

- S1 : Marche sens 1.
- S2 : Marche sens 2.
- Fr : Freinage rhéostatique.
- Au : Arrêt d'urgence (Couper l'alimentation et laisser le moteur ralentir).



Exercice 2 : ETUDE D'UNE MACHINE A COURANT CONTINU

Caractéristiques



- Inducteurs à aimants permanents
- Induit : résistance $R = 4,0 \Omega$
- constante de f.é.m. et de couple : $k = 0,30 \text{ V.s.rad}^{-1}$
- intensité nominale : $I_n = 4,0 \text{ A}$

Les frottements ainsi que les pertes dans le fer seront négligés. On notera en outre :

- C_e le moment du couple électromagnétique,
- Ω la vitesse angulaire de rotation,
- n la fréquence de rotation en tr/s,
- E la FEM ; $E = k \Omega$,
- U la tension aux bornes de la machine,

- 1.1. Etablir l'expression du moment du couple électromagnétique,
- 1.2. Pour le courant nominal d'intensité I_n , calculer les valeurs numériques de la tension d'alimentation U et du moment du couple électromagnétique pour les fréquences de rotation
 - a) $n = 0$
 - b) $n = 50 \text{ tr/s}$
- 1.3 On applique sur l'arbre de la machine, un couple résistant, de moment $C_R = 0,80 \text{ N.m}$.
 - 1.3.1. Quelle relation lie les moments des couples électromagnétique et résistant en régime permanent ?
 - 1.3.2. Déterminer la relation exprimant Ω en fonction de U , R , k et C_R en régime permanent.
 - 1.3.3 A partir de quelle valeur de l'intensité I , le moteur peut-il démarrer ? Quelle est la tension U correspondante ?
- 1.4 Quelle tension U maximale doit-on s'imposer au démarrage pour que l'intensité I_d de démarrage demeure inférieure à $1,25 I_n$?

LES ACTIONNEURS PNEUMATIQUES

INTRODUCTION :

Un actionneur pneumatique est un dispositif qui transforme l'énergie de l'air comprimé en travail mécanique. Parmi les actionneurs pneumatiques les plus utilisés dans les systèmes automatisés on trouve :

- le vérin pneumatique ;
- le générateur de vide Venturi.

Presse pneumatique

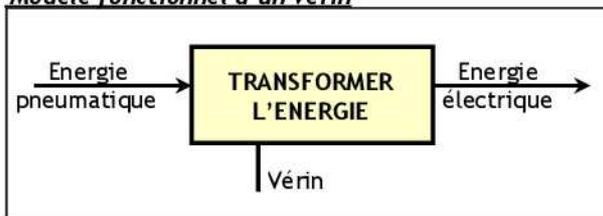


1. LES VERINS :

Ce sont les actionneurs qui réalisent des mouvements généralement linéaires à l'endroit même où on a besoin d'une force.

Exemples: perceuse, porte autobus, presse (figure ci-dessus), etc.

Modèle fonctionnel d'un vérin

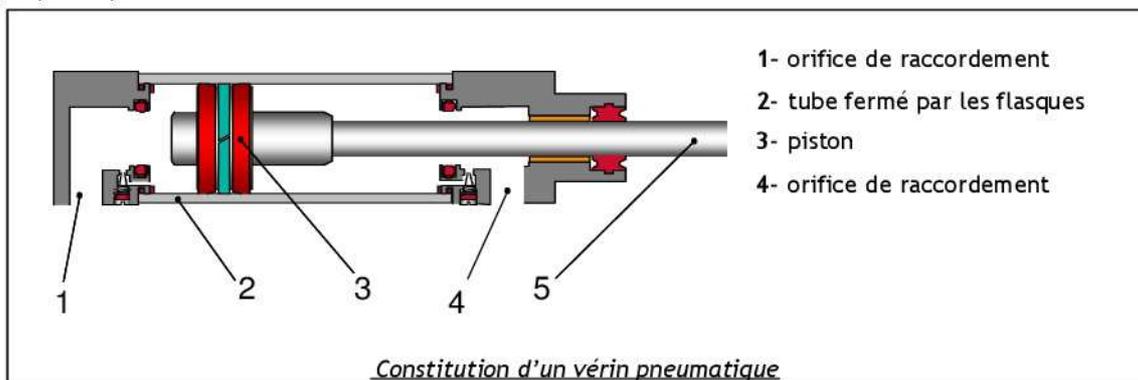


Vérin standard



1.1. Constitution et principe de fonctionnement :

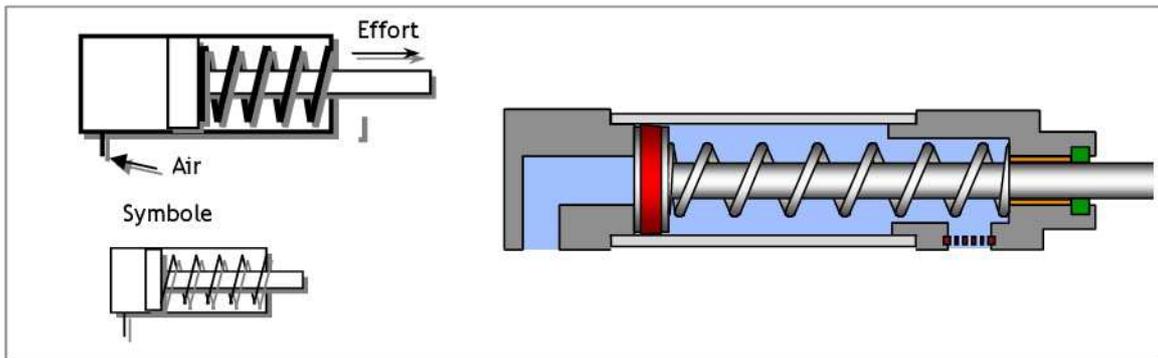
Un vérin est constitué d'un cylindre, fermé aux deux extrémités, à l'intérieur duquel se déplace librement un piston muni d'une tige, sous l'effet des forces dues à la pression de l'air comprimé. Pour faire sortir la tige, on applique la pression sur la face arrière du piston et pour la faire rentrer, on applique la pression sur la face avant :



1.2. Types usuels des vérins:

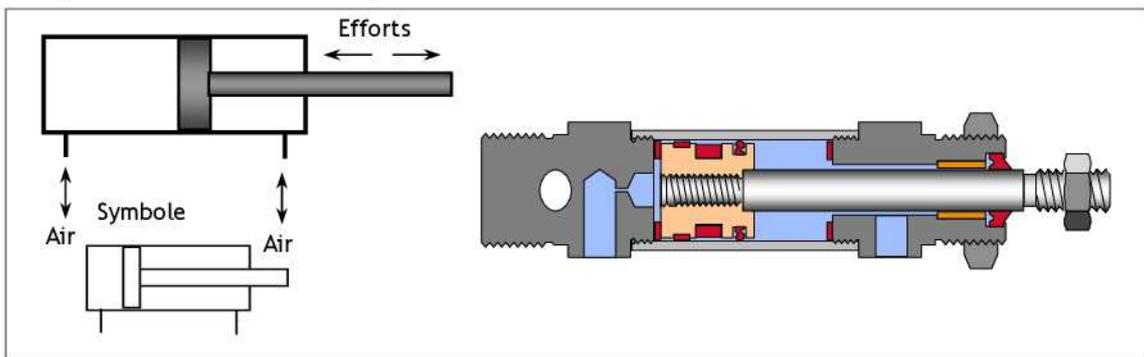
1.2.1. Vérin simple effet:

Ce vérin produit l'effort dans un seul sens. Il n'est donc alimenté que d'un seul coté. Le retour à la position initiale s'effectue en général par un ressort.

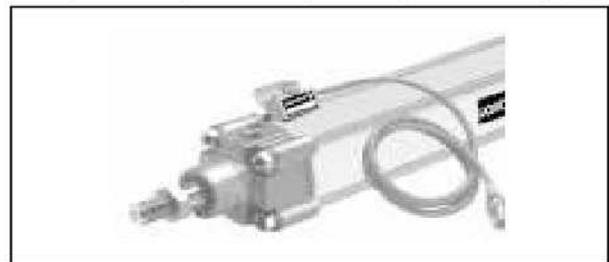


1.2.2 Vérin double effet :

Dans un vérin double effet, la sortie et la rentrée de la tige s'effectue par l'application de la pression, alternativement, de part et d'autre du piston. Les vérins double effet sont utilisés lorsqu'on a besoin d'effort important dans les deux sens.



Vérin pneumatique avec capteur de fin de course (ILS)



Remarque : Dans les vérins on peut trouver d'autres fonctions complémentaires tel que : amortissement de fin de course, capteur de position, dispositifs de détection, etc.

1.3. Vérins spéciaux

Vérins sans tige



Vérins rotatifs



Vérins compacts



1.4. Caractéristiques et performances d'un vérin :

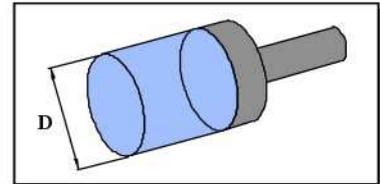
Le fonctionnement d'un vérin dépend des caractéristiques suivantes :

- Le diamètre du piston ;
- La course de la tige ;
- La pression d'alimentation.

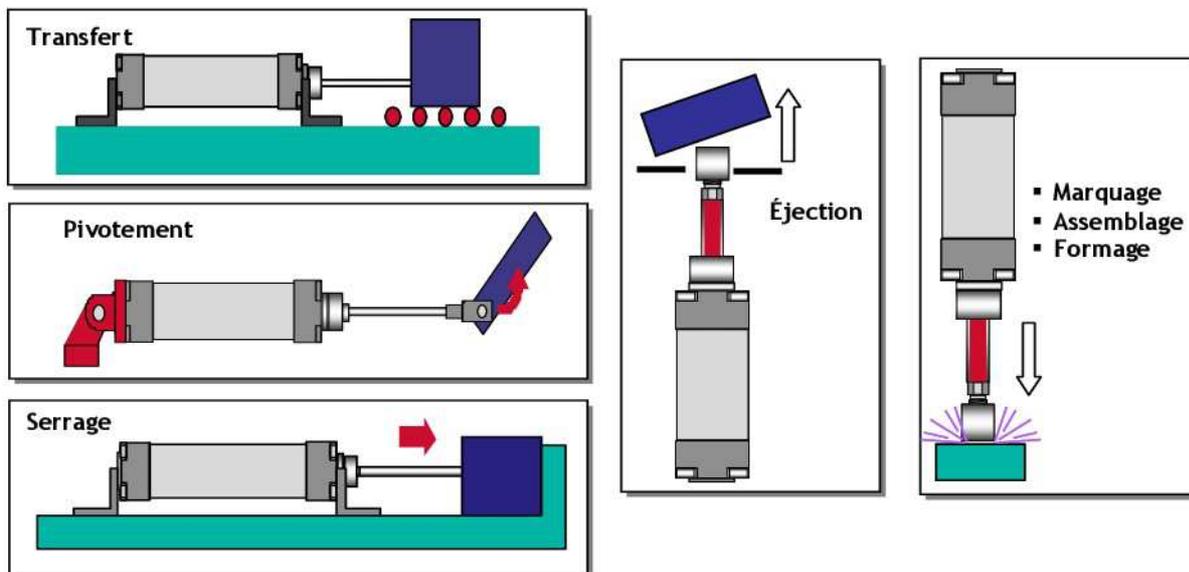
Le choix et le dimensionnement d'un vérin s'effectuent en fonction de l'effort à transmettre.

Exemple:

Un vérin ayant un piston de diamètre $D = 8 \text{ mm}$ et alimenté par une pression de 6 bar (60000 Pa) fournit un effort sortant: $F = (p \times \pi \times D^2) / 4$ soit **3016 N**.



1.5. Exemple d'utilisation des vérins pneumatiques:

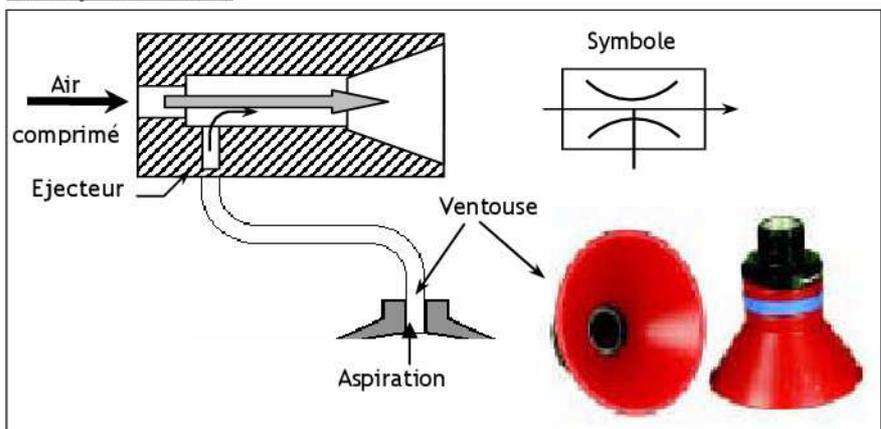


2. LE GENERATEUR DE VIDE OU VENTURI :

Un générateur de vide ou venturi est un actionneur pneumatique dont le rôle est de transformer l'énergie pneumatique en surpression en une énergie pneumatique en dépression.

Un venturi est composé d'un éjecteur muni d'une conduite d'air plus étroite du côté de l'entrée et d'un orifice, perpendiculaire à la conduite, servant à connecter la ventouse. Le passage de l'air comprimé dans le conduit provoque une dépression et entraîne avec lui l'air présent dans l'orifice perpendiculaire. Par conséquent, une aspiration se produit au niveau de la ventouse.

Principe du venturi



EXERCICE RESOLU

Dans un autobus, le vérin utilisé pour ouvrir ou fermer la porte est un vérin double effet. Sachons que le diamètre:

- du piston $D=40\text{mm}$;
- de la tige $d=15\text{mm}$;

La pression est égale à : $P=6\text{bar}$



1- Calculer :

- a) l'effort théorique F_o pour ouvrir la porte.
- b) l'effort théorique F_f pour fermer la porte.

2- Pour l'ouverture et la fermeture de la porte le chauffeur appuie sur deux boutons poussoirs Bp1 Bp2. Etablir le schéma de câblage du circuit pneumatique (vérin+distributeur+Bp1+ Bp2).

CORRIGE :

1- a) $F_o = p \times \pi D^2/4$ AN $F_o = 754 \text{ N.}$
b) $F_f = p \times \pi (D^2 - d^2)/4$ AN $F_f = 648 \text{ N.}$

2- Voir le schéma de câblage de la presse (chapitre préactionneurs pneumatiques)

EXERCICES NON RESOLUS

EXERCICE N° 1 :

L'effort de serrage que doit exercer un vérin de bridage est de 6500N. Si le diamètre d'alésage D est de 125 mm, déterminer la pression théorique nécessaire.

EXERCICE N° 2 :

Soit une masse d'une charge de 700 kg à soulever par un vérin V (avec l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Les pertes par frottements internes sont estimées à 10%, la pression d'alimentation en air est de 600kPa. Si les forces d'inertie et la contre-pression sont négligées, déterminer le diamètre du piston.

EXERCICE N° 3 :

Calculer les efforts théoriquement développables, en poussant et en tirant, d'un vérin ($D = 100 \text{ mm}$ et $d = 25 \text{ mm}$) si la pression d'utilisation est de 500 kPa. Refaire la question si les pertes par frottements sont de 12 %.

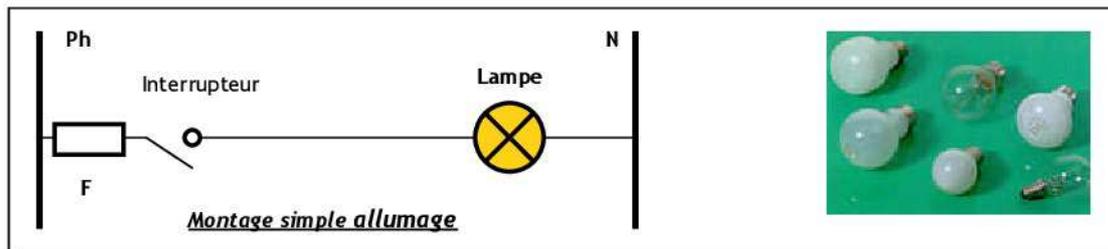
AUTRES TYPES DE CONVERSION

1. CONVERSION ENERGIE ELECTRIQUE / ENERGIE LUMINEUSE :

Cette conversion est connue sous l'appellation d'éclairage consiste en une transformation de l'énergie électrique en rayonnement lumineux. Le matériel d'éclairage proprement dit comprend les lampes, leurs accessoires de fonctionnement. Les différentes familles de lampes représentent des technologies particulières qui les destinent à tel champ d'application plutôt qu'à tel autre. On peut citer, à titre d'exemple, les procédés d'éclairages suivants :

1.1. Les lampes à incandescence :

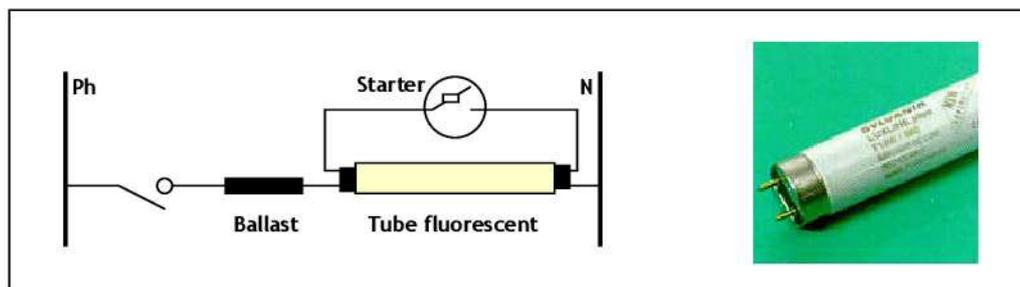
- C'est la lampe traditionnelle. Elle est constituée d'une ampoule en verre qui contient du gaz (souvent l'azote ou l'argon). Un filament de tungstène est porté à très haute température par le courant électrique qui le traverse, devient **incandescent** et émet de la lumière.
- Les lampes à incandescence existent en une très grande variété de formes, couleurs et puissances.
 - Puissance : 25 à 200 W
 - Durée de vie : environ 1000 h



1.2. Les lampes fluorescentes

- Plus connues sous l'appellation de tubes fluo ou tubes de **néon** (bien qu'ils ne contiennent pas de néon), les lampes fluorescentes ont une forme de tube dans lequel la lumière est principalement émise par des couches de substances luminescentes excitées par une décharge électrique.
- différents diamètres et longueurs liés à des puissances :

	Diamètre 16 mm			Diamètre 26 mm				
Puissance	6W	8W	13W	15W	18W	30W	36W	58W
Longueur de tube	28cm	40cm	88cm	43,7cm	59cm	89,5cm	1,2m	1,5m



1.3. Lampes fluo compactes :

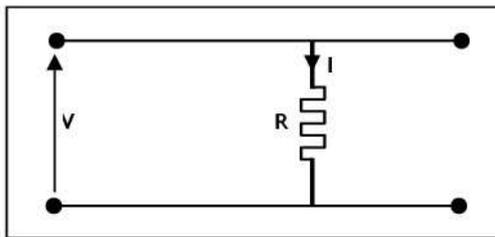
Des lampes fluorescentes miniaturisées dont : le tube de petit diamètre est recourbé pour tenir dans un volume réduit. Elles ressemblent, plus ou moins à des lampes classiques et elles s'utilisent sur des douilles à vis.

- Puissance : 3 à 23 W.
- Durée de vie : 6000 à 12 000 h
- prix : 9 fois celui d'une ampoule incandescente standard



2. CONVERSION ENERGIE ELECTRIQUE / ENERGIE THERMIQUE :

Cette conversion est connue sous l'appellation de chauffage consiste en une transformation de l'énergie électrique en chaleur. Cette conversion est réalisée à l'aide des résistances de chauffage. La puissance consommée par une telle résistance dépend de la valeur de celle-ci. Cette transformation résulte de l'effet Joule. Un équipement de chauffage contient généralement plusieurs résistances chauffantes, dont la mise en série ou en parallèle varie la puissance consommée, et par la suite varie la température.



La puissance dissipée par cette résistance chauffante est :

$$P = V^2/R = R I^2$$

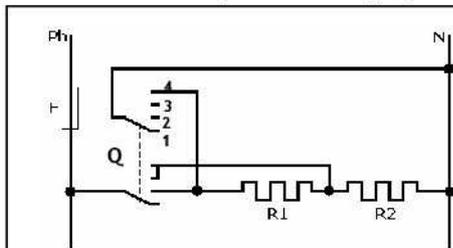
Deux résistances de mêmes valeurs R montées en série consomment une puissance :

$$P_2 = V^2 / (2R) = P/2 \quad (P \text{ la puissance consommée par } R \text{ seule})$$

Deux résistances de mêmes valeurs R montées en parallèle consomment une puissance :

$$P_2 = V^2 / (R/2) = 2P \quad (P \text{ la puissance consommée par } R \text{ seule})$$

La majorité des chauffages commerciaux disposent d'un commutateur à trois positions permettant de choisir entre trois puissances P , P_2 série, P_2 parallèle.

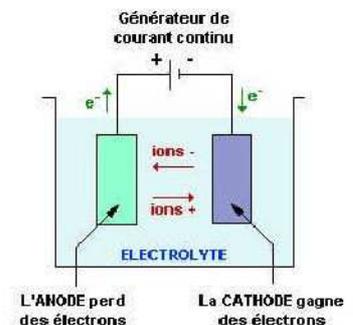


Selon la position du commutateur Q on aura une allure de chauffage :

- ❖ Position 1 : $R = \infty$ (point neutre : pas de chauffage)
- ❖ Position 2 : $R = R_1 + R_2$ (allure faible).
- ❖ Position 3 : $R = R_2$ (allure moyenne).
- ❖ Position 4 : $R = R_1 // R_2$ (allure forte).

3. CONVERSION ENERGIE ELECTRIQUE / ENERGIE CHIMIQUE :

L'électrolyse est un processus d'échange au cours duquel l'énergie électrique est transformée en énergie chimique. La réaction a lieu dans une solution d'eau salée : l'électrolyte. Les ions doivent pouvoir circuler librement dans l'eau pour passer d'une électrode à l'autre. Les deux électrodes sont reliées par l'électrolyte et par un générateur de courant électrique. Cette unité est présentée dans le graphique ci-contre.



Si l'on applique un courant électrique entre les deux électrodes, les ions positifs migrent jusqu'à la cathode pendant que les ions négatifs se déplacent en direction de l'anode. Les ions positifs sont appelés cations alors que les ions négatifs sont eux appelés anions.

Cette technique est utilisée pour :

- **Recharger les accumulateurs** (chargeur de batteries).
- **La purification des métaux** : Pour produire du cuivre très pur, il faut installer une anode de cuivre polluée qui sera nettoyée par électrolyse. Le cuivre est oxydé en ions Cu^{2+} et précipite ensuite sur la cathode pour donner une couche de cuivre plus pure qu'auparavant.
- **La galvanisation des métaux oxydables** : Un métal altérable est protégé contre la corrosion grâce au dépôt par électrolyse d'un métal inaltérable. L'objet à recouvrir est relié au pôle négatif d'un générateur et plongé dans un bain électrolytique.

EXERCICE RESOLU

Calculer la longueur du fil résistant nécessaire pour réaliser une résistance de 2kW alimentée sous 220V. On optera pour un fil de Nickel-Chrome de diamètre 0.7mm et de résistivité $75 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

CORRIGE :

$$P = U \cdot I = U^2/R \Rightarrow R = U^2/P = 24,2 \Omega.$$

$$R = \rho \cdot L/S \Rightarrow L = R \cdot S/\rho$$

$$S = \pi \cdot (D/2)^2 = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{m}^2 \Rightarrow L = 12,9 \text{m}$$

EXERCICE NON RESOLU

Une plaque électrique de cuisinière est chauffée par trois résistances. La puissance de ces résistances est successivement : 250W, 500W et 850W.

Si la tension d'alimentation est $U = 220\text{V}$.

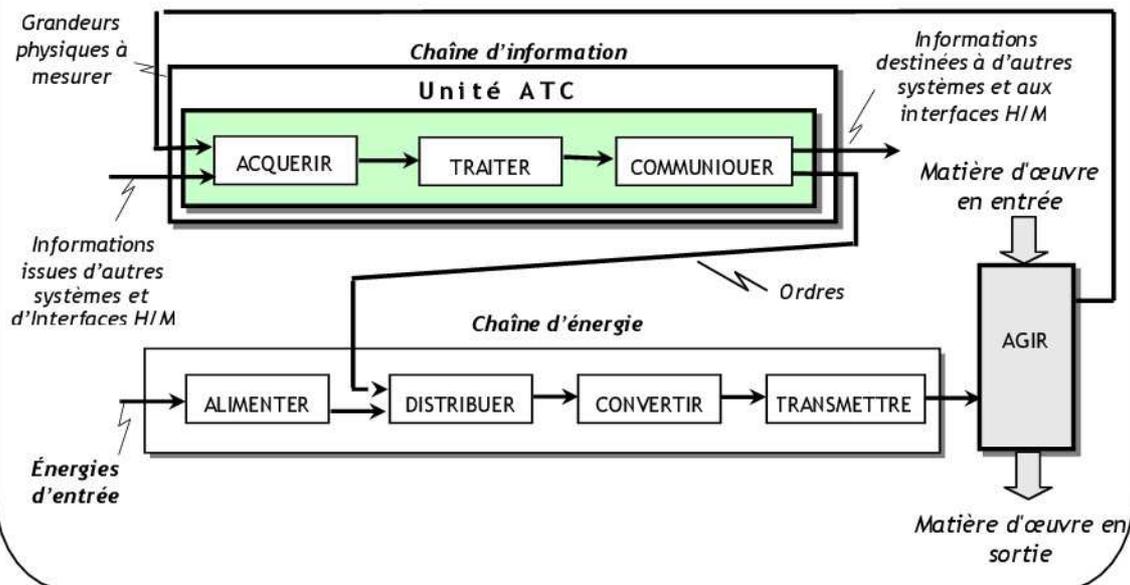
1. Calculer la valeur de chaque résistance.
2. Quelle est la puissance minimale que peut consommer cette plaque chauffante.
3. Quelle est la puissance maximale que peut consommer cette plaque chauffante.
4. Donner les puissances possibles par association (série ou parallèle) de deux résistances.

PRESENTATION

En présence d'énergie, pour agir correctement sur la matière d'œuvre, un système automatisé a besoin de recueillir les informations sur de la partie opérative pour gérer les actions.

L'unité ATC 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 :

- Acquérir les informations :
 - Issues de capteurs qui donnent des comptes-rendus sur l'état du système ;
 - Fournies par l'utilisateur ou d'autres systèmes.
- Traiter ces informations suivant des règles et de lois physiques ;
- Communiquer les résultats de traitement sous forme :
 - D'ordre aux actionneurs pour agir sur la matière d'œuvre ;
 - De messages à l'utilisateur ou d'autres systèmes.



PREREQUIS

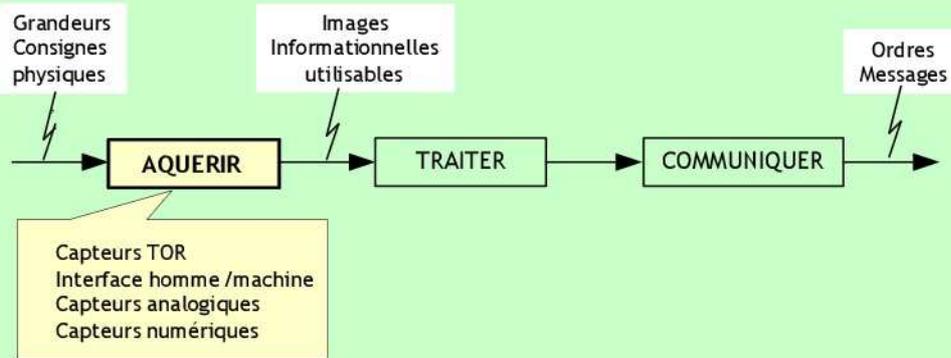
- Concepts d'analyse fonctionnelle : Système, fonction global, FAST, etc.
- Concepts relatifs à la chaîne d'énergie (constituants et grandeurs) :
 - Tension et courant électriques ;
 - Pression ;
 - Contacteur, Moteur, etc.
 - Distributeur, Vérins, etc.

PRESENTATION

Dans un système automatisé, l'acquisition d'informations est la première fonction générique de la chaîne d'information. Elle permet principalement :

- De lire l'état des capteurs de la PO du système
- Recevoir les consignes de l'utilisateur du système grâce aux constituants de dialogue.

La position de la fonction "Acquérir" dans une chaîne d'information, ainsi que les différentes réalisations principales sont représentées par la figure suivante :



COMPETENCES ATTENDUES

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

- Enoncer le principe d'acquisition et de conditionnement de données
- Mettre en œuvre un bloc d'acquisition de données

CHAPITRES INCLUS DANS LA FONCTION AQUERIR

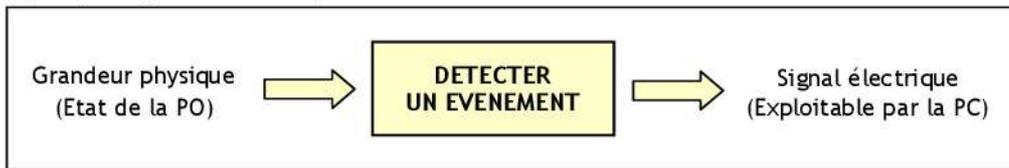
- Les capteurs
- Conditionnement de signal
- Interfaces d'entrée / sortie

LES CAPTEURS

1. DEFINITION :

Un capteur est un composant technique qui détecte un événement physique se rapportant au fonctionnement du système (présence d'une pièce, température, etc.) et traduit cet événement en un signal exploitable par la PC de ce système. Ce signal est généralement électrique sous forme d'un signal basse tension. La figure 1 illustre le rôle d'un capteur :

Fig. 1 : Rôle général d'un capteur



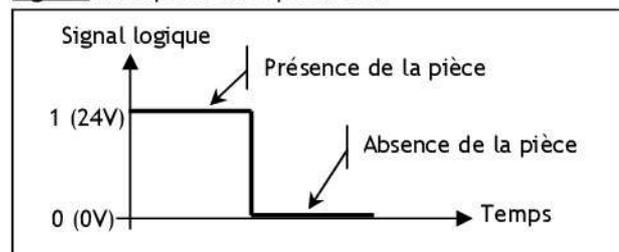
L'information détectée par un capteur peut être d'une grande variété, ce qui implique une grande variété de besoins en capteurs. On cite parmi les plus connus et fréquents, les capteurs de position, de présence, de vitesse, de température et de niveau.

2. NATURE DE L'INFORMATION FOURNIE PAR UN CAPTEUR :

Suivant son type, L'information qu'un capteur fournit à la PC peut être :

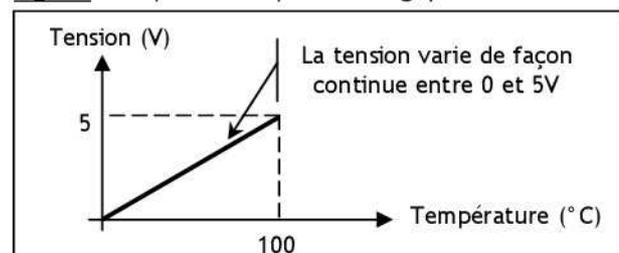
- **Logique** : L'information ne peut prendre que les valeurs 1 ou 0 ; on parle alors d'un capteur Tout ou Rien (TOR). La figure 2 montre la caractéristique d'un capteur de position :

Fig. 2 : Exemple d'un capteur TOR



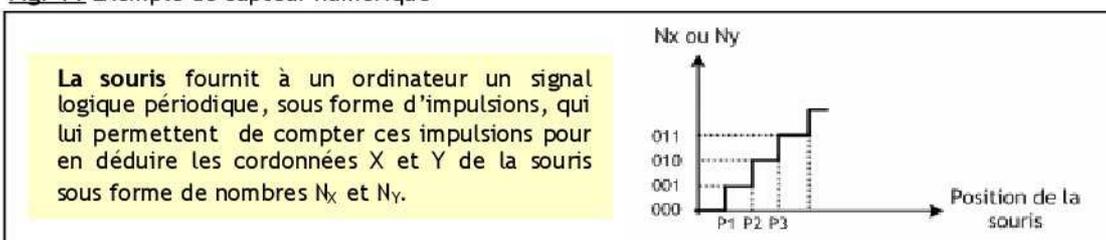
- **Analogique** : L'information peut prendre toutes les valeurs possibles entre 2 certaines valeurs limites ; on parle alors d'un capteur analogique. La figure 3 montre la caractéristique d'un capteur de température :

Fig. 3 : Exemple d'un capteur analogique



- **Numérique** : L'information fournie par le capteur permet à la PC d'en déduire un nombre binaire sur n bits ; on parle alors d'un capteur numérique. La figure 4 illustre le principe de fonctionnement de la souris :

Fig. 4 : Exemple de capteur numérique



3. CARACTERISTIQUES D'UN CAPTEUR :

Certains paramètres sont communs à tous les capteurs. Ils caractérisent les contraintes de mise en œuvre et permettent le choix d'un capteur :

- **L'étendue de la mesure** : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.
- **La sensibilité** : ce paramètre caractérise la capacité du capteur à détecter la plus petite variation de la grandeur à mesurer. C'est le rapport entre la variation ΔV du signal électrique de sortie pour une variation donnée $\Delta \Psi$ de la grandeur physique d'entrée : $S = \Delta V / \Delta \Psi$
- **La fidélité** : Un capteur est dit fidèle si le signal qu'il délivre en sortie ne varie pas dans le temps pour une série de mesures concernant la même valeur de la grandeur physique Ψ d'entrée. Il caractérise l'influence du vieillissement.
- **Le temps de réponse** : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information est prise en compte par la partie commande.

4. CAPTEURS LOGIQUES (Tout Ou Rien : TOR) :

Les capteurs TOR fournissent une information logique, généralement sous forme d'un contact électrique qui se ferme ou s'ouvre suivant l'état du capteur.

4.1- Capteurs avec contact :

Ce type de capteur est constitué d'un contact électrique qui s'ouvre ou se ferme lorsque l'objet à détecter actionne par contact un élément mobile du capteur (dispositif d'attaque). Les gammes de ce type de capteur sont très variées ; elles sont fonction des problèmes posés par leur utilisation.

Ainsi, la tête de commande et le dispositif d'attaque sont déterminés à partir de :

- La forme de l'objet : came 30°, face plane ou forme quelconque ;
- La trajectoire de l'objet : frontale, latérale ou multidirectionnelle ;
- La précision de guidage.

Les figures suivantes montrent des exemples de capteur de position :

Fig. 5 : Capteur rectiligne à poussoir



Fig. 6 : Capteur rectiligne à poussoir à galet thermoplastique

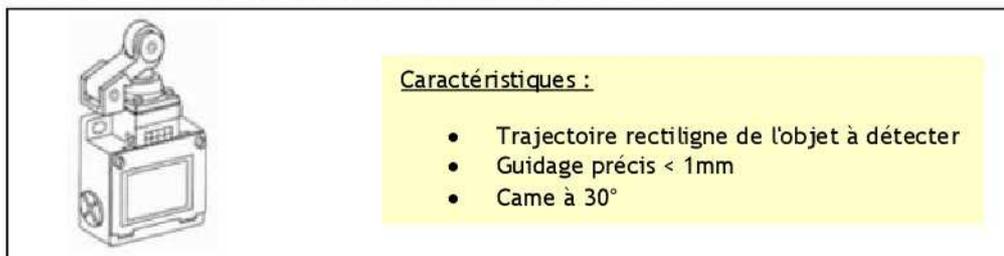


Fig. 7 : Capteur angulaire à levier à galet

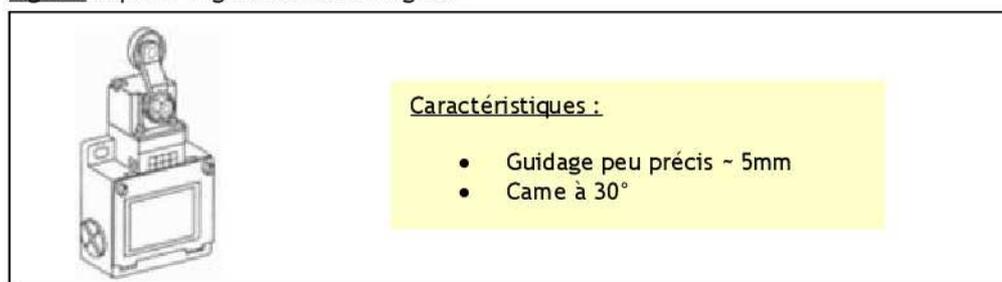
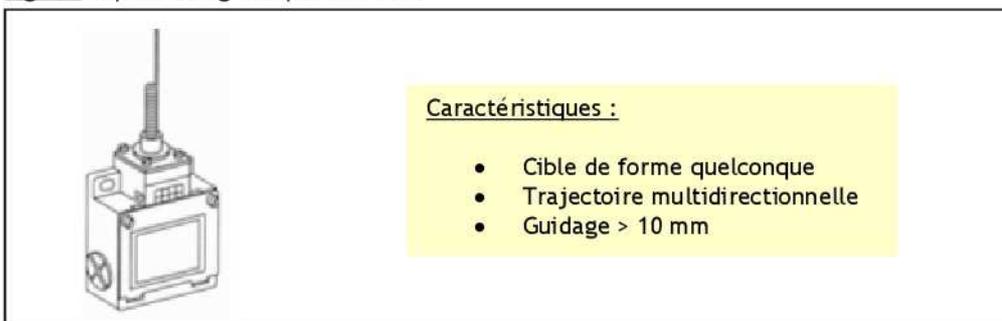


Fig. 8 : Capteur à tige souple à ressort



4.2- Capteurs sans contact :

Les capteurs sans contact ou de proximité détectent à distance et sans contact avec l'objet dont ils contrôlent la position. Un contact électrique s'ouvre alors ou se ferme en fonction de la présence ou de la non présence d'un objet dans la zone sensible du capteur.

A l'inverse des capteurs avec contacts, les capteurs de proximité sont des détecteurs statiques (pas de pièce mobile) dont la durée de vie est indépendante du nombre de manœuvres. Ils ont aussi une très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante).

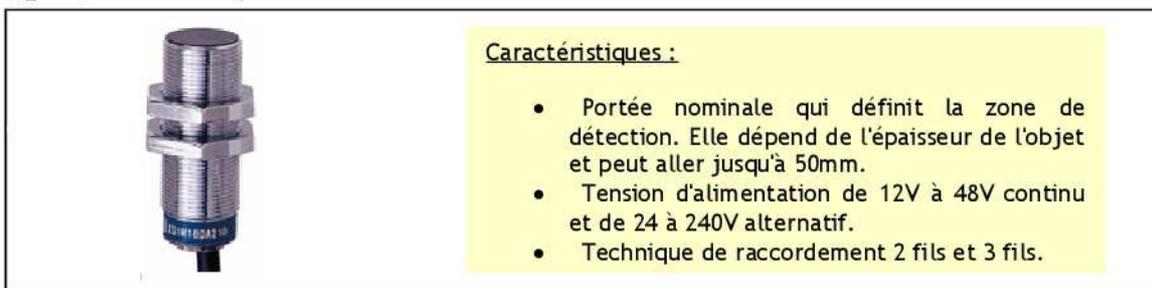
Le choix d'un détecteur de proximité dépend :

- de la nature du matériau constituant l'objet à détecter,
- de la distance de l'objet à détecter,
- des dimensions de l'emplacement disponible pour implanter le détecteur.

4.2.1- Capteurs inductifs :

La technologie des détecteurs de proximité inductifs est basée sur la variation d'un champ magnétique à l'approche d'un objet conducteur du courant électrique. Leur usage est uniquement réservé à la détection d'éléments métalliques dans les secteurs de la machine-outil, l'agro-alimentaire, la robotique, et les applications de l'usinage, la manutention, l'assemblage, le convoyage.

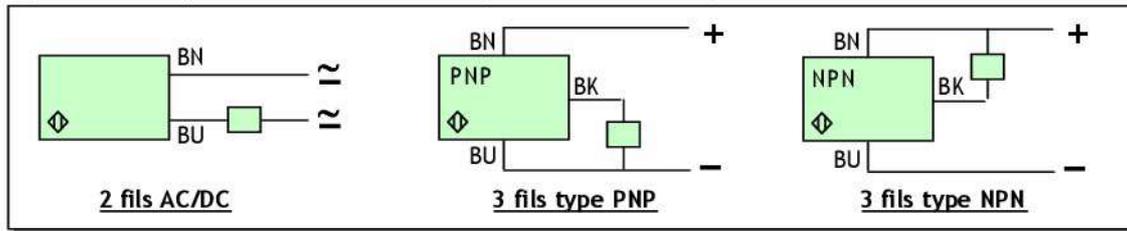
Fig. 9 : Détecteur de proximité inductif



Les détecteurs inductifs existent suivant différents modèles ; ceci en fonction de leur mode de raccordement comme c'est illustré à la figure 10 :

- 2 fils avec courant continu ou alternatif ;
- 3 fils avec courant continu type PNP ou NPN, en fonction de l'électronique interne.

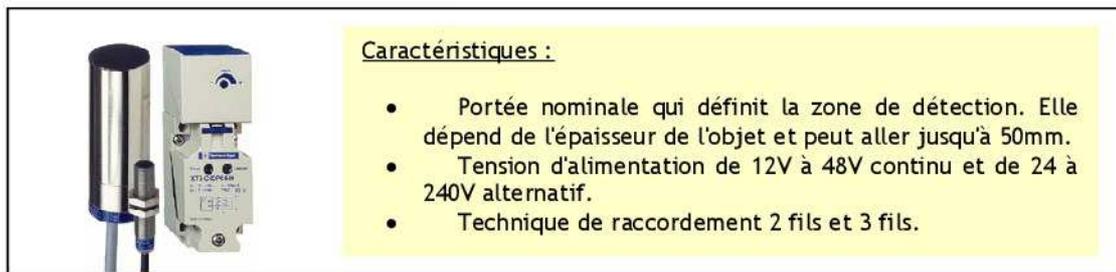
Fig. 10 : Technique de raccordement des capteurs inductifs et capacitifs



4.2.2- Capteurs capacitifs :

La technologie des détecteurs de proximité capacitifs est basée sur la variation d'un champ électrique à l'approche d'un objet quelconque. Ils permettent de détecter tout type d'objet dans les domaines de l'agro-alimentaire, de la chimie, de la transformation des matières plastiques, du bois et des matériaux de construction.

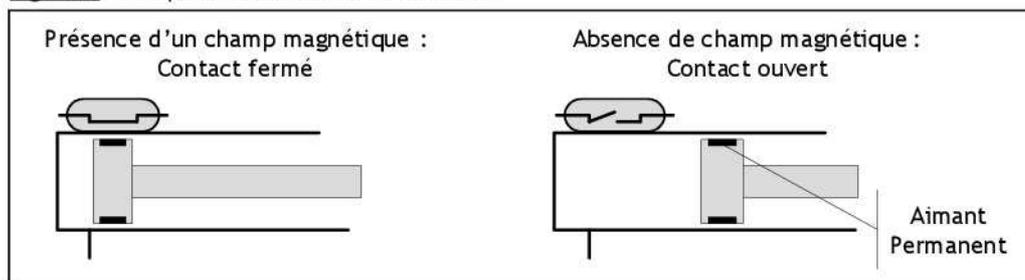
Fig. 11 : Détecteur de proximité capacitif



4.2.3- Capteurs magnétiques :

Un interrupteur à lame souple (I.L.S.) est constitué d'un boîtier à l'intérieur duquel est placé un contact électrique métallique souple sensible aux champs magnétiques. Il permet de détecter tous les matériaux magnétiques dans le domaine de la domotique pour la détection de fermeture de portes et fenêtres et le domaine pneumatique pour la détection de la position d'un vérin, etc.

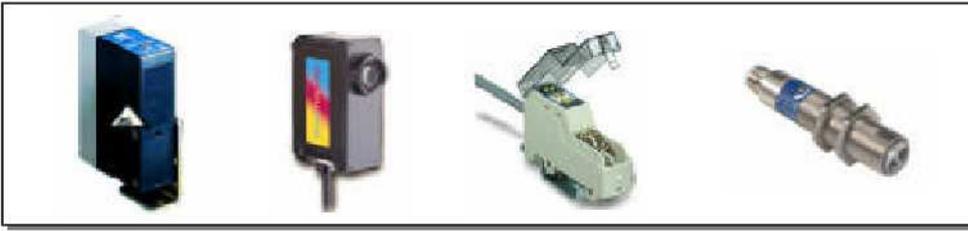
Fig. 12 : Principe de fonctionnement d'un ILS



4.3- Capteurs Photoélectriques à distance :

Les cellules photoélectriques permettent de détecter sans contact tous les matériaux opaques (non transparents), conducteurs d'électricité ou non. Ce type de capteurs se compose essentiellement d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible. La figure 13 montre une illustration de quelques capteurs photoélectriques :

Fig. 13 : Exemple de capteurs photoélectriques



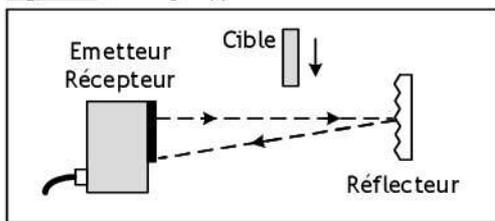
Ces détecteurs sont utilisés dans les domaines industriels et tertiaires les plus divers comme :

- La détection d'objets et de produits dans la manutention et le convoyage ;
- La détection de pièces machine dans les secteurs de la robotique et du bâtiment ;
- La détection de personnes, de véhicules ou d'animaux, etc.

Pour réaliser la détection d'objets dans les différentes applications, 3 techniques de montages sont possibles:

- **Système barrage** (figure 14) caractérisé par :
 - ✓ L'émetteur et le récepteur sont situés dans deux boîtiers séparés ;
 - ✓ La portée la plus longue pour ce type de capteur (jusqu'à 30 m) ;
 - ✓ Le faisceau est émis en infrarouge ;
 - ✓ La détection des objets opaques ou réfléchissant quelque soit le matériau ;
 - ✓ L'alignement entre émetteur et récepteur doit être réalisé avec soin.
- **Système reflex** (figure 15) caractérisé par :
 - ✓ L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier ;
 - ✓ Utilisation d'un réflecteur qui renvoie le faisceau lumineux en cas d'absence de cible ;
 - ✓ La portée peut atteindre jusqu'à 15 m ;
 - ✓ Le faisceau est émis en infrarouge ;
 - ✓ La détection des objets opaques et non réfléchissant quelque soit le matériau ;
- **Système proximité** (figure 16) caractérisé par :
 - ✓ L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier ;
 - ✓ La présence de la cible renvoie le faisceau lumineux vers le capteur ;
 - ✓ La portée dépend de la couleur de la cible, de son pouvoir réfléchissant et de ses dimensions. Elle augmente si l'objet est de couleur claire ou de grande dimension.

Fig. 15 : Montage type " Reflex "



Réflecteur



Fig. 14 : Montage type " Barrage "

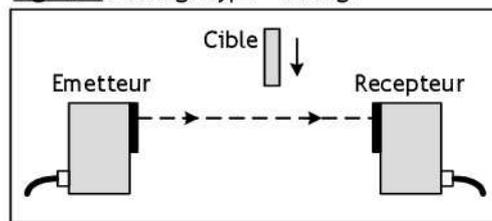
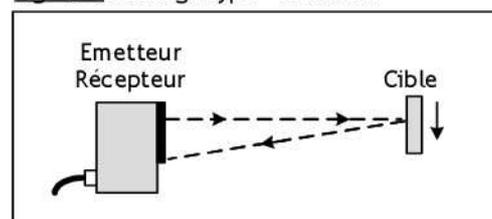


Fig. 16 : Montage type " Proximité "

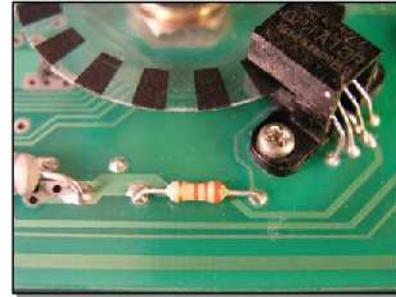
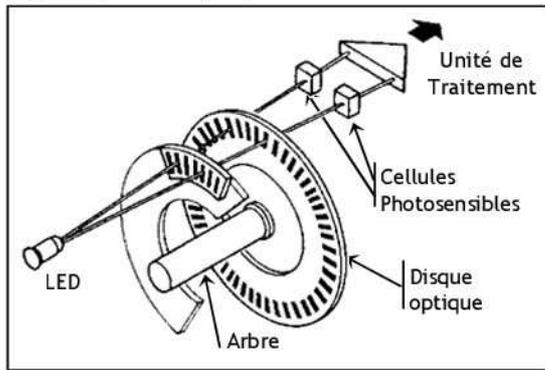


5. CAPTEURS NUMERIQUES :

5.1- Codeur optique incrémental :

Un disque rotatif comporte au maximum 3 pistes. La piste périphérique A du disque est divisée en "n" fentes régulièrement réparties. Ainsi, pour un tour complet de l'axe du codeur, le faisceau lumineux est interrompu n fois et délivre à la sortie de la cellule photosensible "n" signaux carrés. La figure 18 décrit un capteur incrémental :

Fig. 18 : Codeur optique incrémental



Pour connaître le sens de rotation du codeur, on utilise une deuxième piste B qui sera décalée par rapport à la première de 90° (1/4 de tour).

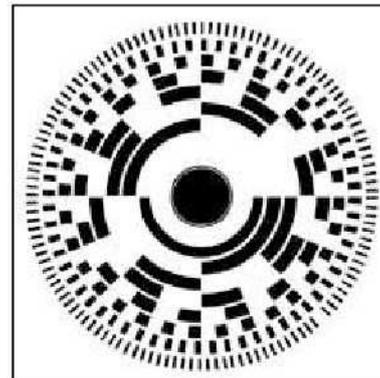
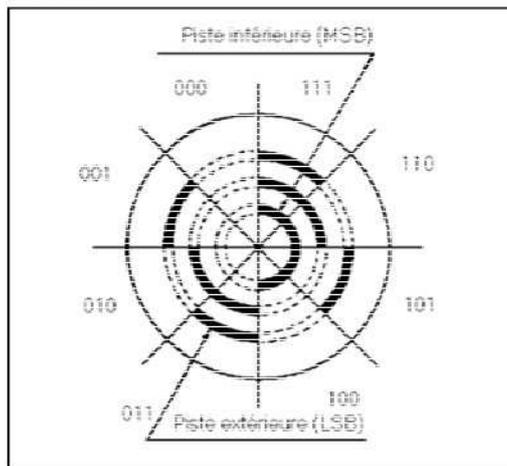
5.2- Codeur optique absolu :

Les codeurs absolus sont destinés à des applications de contrôle de déplacement et de positionnement d'un mobile par codage. Le disque du codeur comporte plusieurs pistes (jusqu'à 20). Chaque piste est alternativement opaque et transparente et possède son propre système de lecture (diode émettrice et diode réceptrice).

A chaque position angulaire de l'axe du codeur correspond un nombre binaire codé en GRAY. Dans ce code, il n'y a qu'un seul bit qui change à chaque fois pour éviter les aléas de fonctionnement. Avant toute utilisation, le mot fourni par le codeur doit donc être transcodé en binaire, car l'unité de traitement travaille en binaire pur.

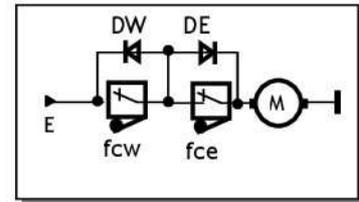
A titre pédagogique, voyons à la figure 19 les différentes combinaisons d'un codeur optique absolu binaire sur 3 bits :

Fig. 19 : Codeur optique absolu binaire 3 bits



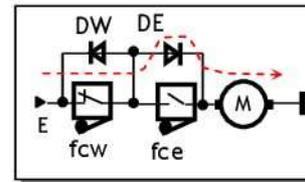
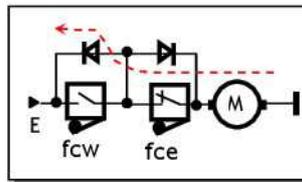
EXERCICE RESOLU

Le montage ci-contre permet de protéger un moteur à courant continu, fonctionnant avec 2 sens. La protection est contre les positions limites où le moteur peut être calé ; dans ce cas le couple augmente, ainsi le courant dans le moteur, ce qui peut détériorer le moteur. C'est le cas du moteur du position d'antenne parabolique. La tension E est soit positive, soit négative, suivant la commande qui n'est pas représentée ici, ainsi que le système à came qui permet d'actionner les "fins de course" (fcw et fce). Analyser le fonctionnement d'un tel montage. Les fins de course sont fermés au repos.



CORRIGE :

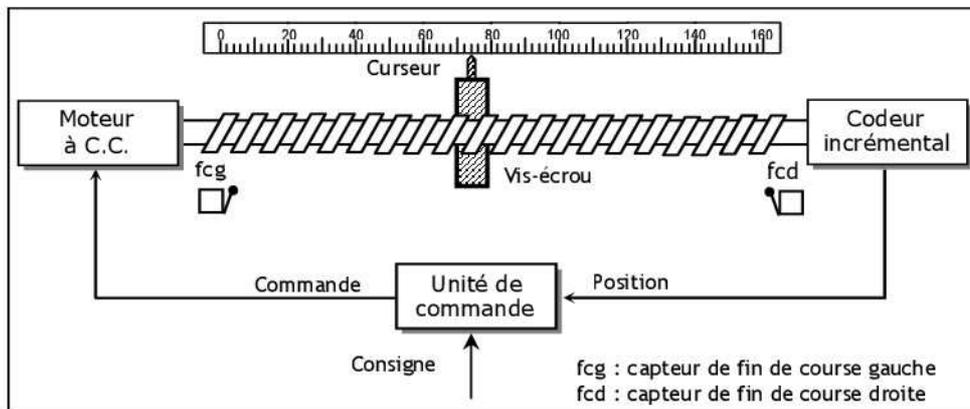
- Au repos, on suppose le moteur dans une position où ni fcw ni fce n'est actionné.
- Quand le moteur tourne vers "West" et arrive à la position limite "West" fcw s'ouvre et le moteur s'arrête. Pour tourner vers "East", Il faut alors inverser le sens.
- En inversant le sens, la diode DW joue le rôle fcw pour un court instant, après quoi fcw se ferme (voir figure ci-dessous à gauche).
- En tournant vers "East" et arrivant à la position limite "East", fce s'ouvre et le moteur s'arrête. Pour tourner vers "West", Il faut alors inverser le sens.
- Et ainsi de suite (voir figure ci-dessous à droite).



EXERCICES NON RESOLUS

Les asservissements numériques, sont abondants dans le domaine industriel. On s'intéresse dans cette étude à l'asservissement de position. La structure du système est donnée à la figure ci-dessous. Sa description est comme suit :

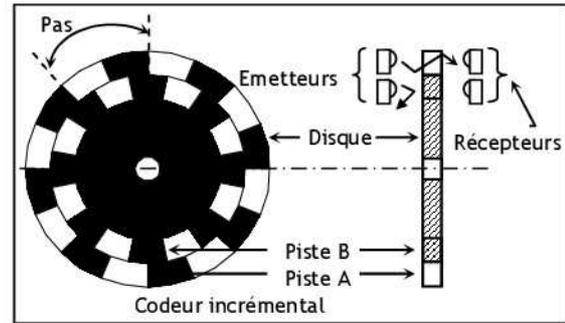
- Un curseur se déplace linéairement grâce à un système vis-écrou ;
- Le système vis-écrou est entraîné en rotation par un moteur à courant continu ;
- La position du curseur est captée par un codeur incrémental solidaire à l'axe du moteur ;
- La commande permet de comparer la position captée et la position de consigne ; si les 2 positions sont égales, on arrête le moteur.



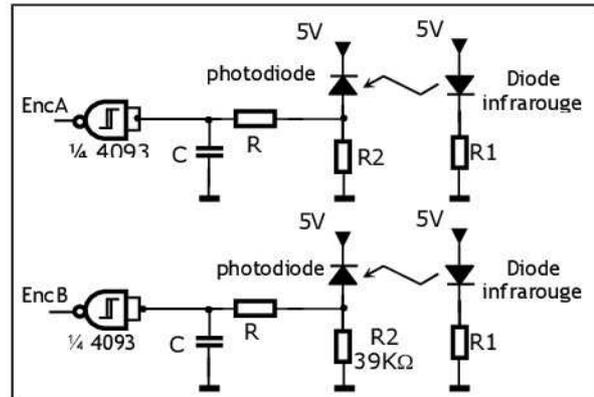
1- ETUDE DU CODEUR INCREMENTAL :

Comme le montre la figure ci-contre, la capture de la position se fait à l'aide d'un codeur incrémental constitué de :

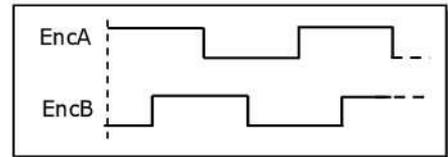
- Un disque contenant deux pistes A et B décalées et divisées chacune, en 16 secteurs équidistants et alternativement opaques et transparents ;
- Deux éléments optoélectroniques (une diode infrarouge et une photodiode) disposés de part et d'autre de chaque piste.



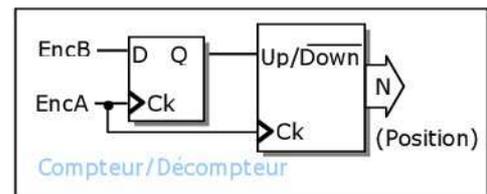
- 1.1- Calculer la sensibilité de ce capteur et préciser son unité.
- 1.2- Calculer le déplacement minimal du curseur détecté par ce capteur sachant que le pas de la vis est de 5 mm.
- 1.3- Quel est le rôle :
 - a/ Du circuit RC ?
 - b/ De la porte inverseuse de type "Trigger" ?



- 1.4- La photodiode est caractérisée par un courant $I_D = 100 \mu A$ en éclairage et un courant $I_D = 100 nA$ en obscurité. Sachant que $V_{IH \min} = 3,5 V$ et $V_{IL \max} = 1,5 V$ pour une porte CMOS avec $V_{CC} = 5 V$, vérifier le bon choix de R_2 .
- 1.5- On suppose que le disque a subi une rotation d'un demi-tour dans un sens et d'un demi-tour dans le sens contraire, à une vitesse constante. Compléter les chronogrammes des signaux EncA et EncB correspondants à ce mouvement sachant qu'ils débutent comme le montre la figure ci-contre.



- 1.6- Le principe de la détermination de la position du curseur consiste, en l'accumulation des impulsions fournies par une piste, à l'aide d'un compteur/décompteur selon le montage de la figure ci-contre. Le compteur est incrémenté ou décrémenté suivant le sens de rotation donné par l'état du signal EncB à chaque transition positive du signal EncA.



- a/ Que représente alors le signal Q ?
 - b/ Combien de tours fera le disque, pour que le curseur parcourra la course maximale de la vis, qui est de 160 mm ?
 - c/ En déduire le nombre de bits nécessaire pour représenter la position.
- 1.7- Proposer un montage pour l'unité de traitement de ce système sachant qu'on peut utiliser un des signaux (EncA , EncB) comme signal d'horloge et l'autre comme signal (Comptage/décomptage).

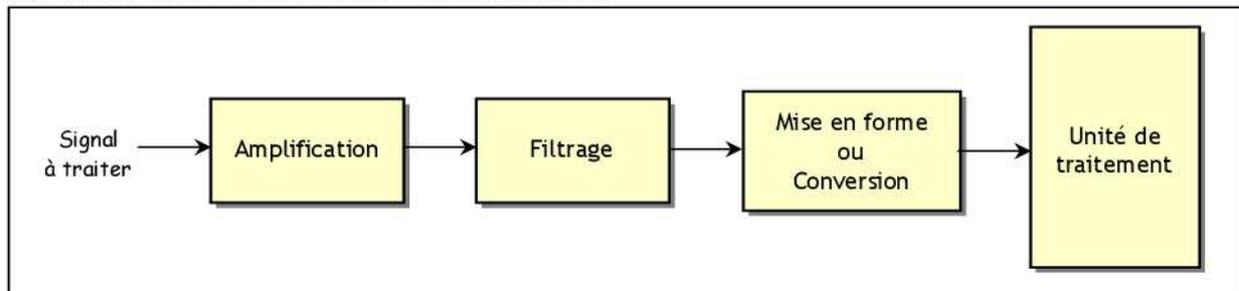
CONDITIONNEMENT DU SIGNAL

1. INTRODUCTION :

Généralement, un capteur fournit un signal électrique qui peut se mettre sous différentes formes (tension, courant, etc.) et qui n'est pas directement exploitable.

Le conditionnement du signal consiste à transformer et adapter le signal de départ afin de lui donner la forme la plus appropriée pour son traitement. Plusieurs fonctions contribuent à cette fin comme c'est indiqué dans la figure 1 :

Fig. 1 : Les fonctions de base d'une chaîne d'acquisition



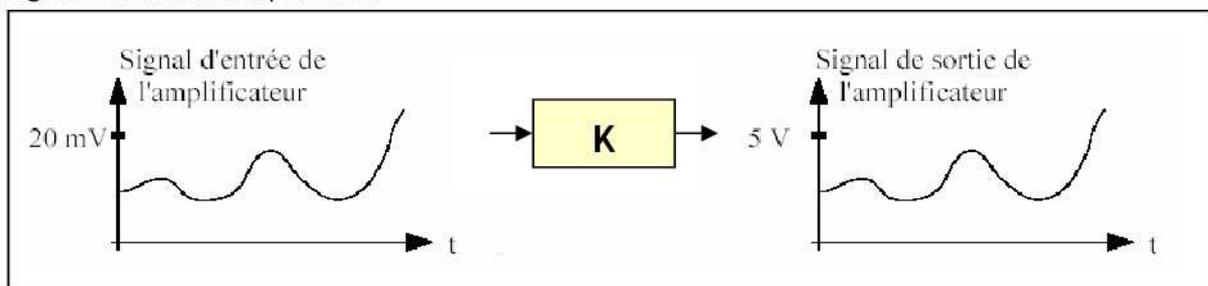
- L'amplification consiste à modifier l'amplitude du signal sans changer sa forme ni sa nature ;
- Le filtrage consiste en une structure adaptée et calculée, qui laissera passer certains signaux et pas d'autres.
- La mise en forme ou la conversion consiste en une modification de la nature du signal. Par exemple, cela peut être une transformation :
 - ✓ d'un courant en une tension et inversement ;
 - ✓ d'un signal analogique en un signal logique ou numérique.

Dans ce qui suit, on se limitera à l'étude des fonctions "Amplification" et "Mise forme".

2. L'AMPLIFICATION A BASE D'UN AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

L'amplification se résume par une simple multiplication du signal d'entrée par un coefficient K comme le montre la figure 2. L'amplification se justifie dans les cas où le signal est très faible. Par exemple, un capteur fournit quelques millivolts, alors que l'on a besoin de plusieurs volts.

Fig. 2 : La fonction d'amplification



2.1- Amplificateur Opérationnel (AOP) :

L'amplificateur opérationnel (figure 3) est un composant intégré constitué d'un assemblage de transistors et de résistances. Il est caractérisé par :

- Deux bornes d'alimentation +V et -V ;
- Deux entrées e+ et e- ;
- Une tension différentielle ϵ de ses entrées : $\epsilon = e+ - e-$;
- Une sortie Vs.

L'AOP est caractérisé par une amplification différentielle A_d très grande (10^5 ou plus). L'examen de sa caractéristique de transfert donnée à la figure 4 fait apparaître deux modes de fonctionnements :

- Régime linéaire d'amplification où $V_s = A_d \cdot \epsilon$;
- Régime non linéaire de saturation où V_s peut prendre deux valeurs :
 - ✓ $V_s = +V$ si $\epsilon > 0$ et donc $e+ > e-$;
 - ✓ $V_s = -V$ si $\epsilon < 0$ et donc $e+ < e-$.

Dans ce qui suit, on va travailler dans le régime linéaire spécifique à l'amplification et en considérant l'AOP idéal c'est-à-dire la valeur de l'amplification A_d est considérée comme infinie. Les conséquences pratiques de l'AOP idéale seront les suivantes :

- $A_d \rightarrow \infty$: ainsi $\epsilon = V_s/A_d \cong 0$ et donc $e+ = e-$;
- Résistance d'entrée $\rightarrow \infty$: ainsi $i+ = i- = 0$

Fig. 4 : Caractéristique de transfert d'un AOP

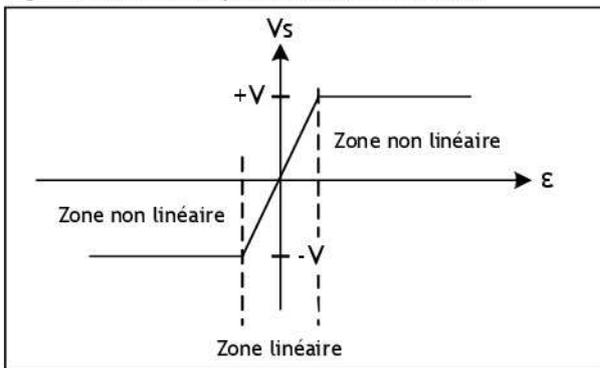
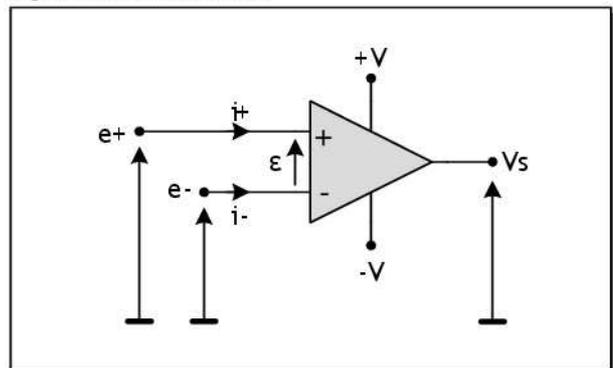


Fig. 3 : Schéma d'un AOP



2.2- Montage amplificateur à base d'AOP :

2.2.1. Amplificateur inverseur :

Le montage de la figure 5 représente un amplificateur de tension non inverseur à base d'AOP, la résistance R2 effectuant une réaction négative. En considérant l'AOP idéal on peut démontrer la relation entre la sortie Vs et l'entrée Ve :

Hypothèses :

$$i+ = i- = 0$$

$$e+ = e-$$

R1 et R2 sont en série donc on peut appliquer le pont diviseur de tension :

$$e^- = V_s \cdot \frac{R1}{R1 + R2}$$

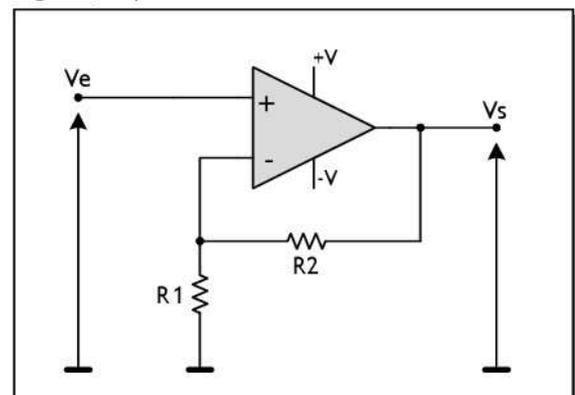
et :

$$e^+ = V_e$$

Donc :

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R2}{R1}$$

Fig. 5 : Amplificateur non inverseur



2.2.2. Suiveur :

Le montage de la figure 6 représente un montage suiveur qui peut être utilisé comme adaptateur d'impédance. En considérant l'AOP idéal on démontre la relation entre la sortie V_s et l'entrée V_e :

Hypothèses :

$$e^+ = e^-$$

On a :

$$e^- = V_s$$

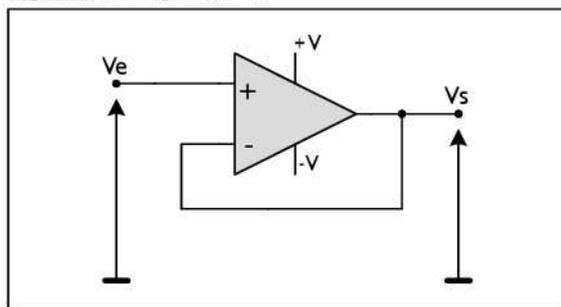
et :

$$e^+ = V_e$$

Donc :

$$V_s = V_e \Rightarrow A_v = \frac{V_s}{V_e} = 1$$

Fig. 6 : Montage suiveur



2.2.3. Amplificateur sommateur :

Le montage de la figure 7 représente un amplificateur sommateur inverseur à base d'AOP, la résistance R_2 effectuant une réaction négative. En considérant l'AOP idéal on peut démontrer la relation entre la sortie V_s et l'entrée V_e :

Hypothèses :

$$i^+ = i^- = 0$$

$$e^+ = e^-$$

On peut appliquer le théorème de Millman pour déterminer le potentiel de e^- :

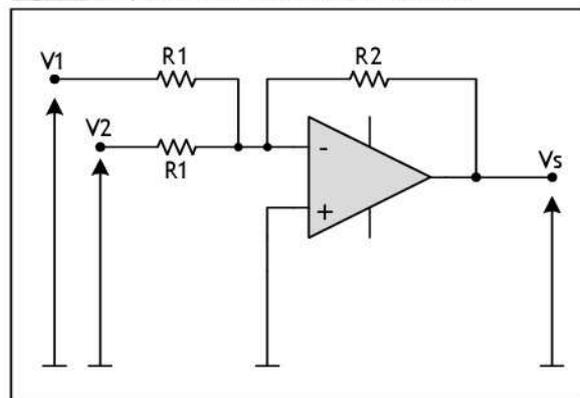
$$e^- = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_1} + \frac{V_s}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_2 \cdot (V_1 + V_2) + R_1 \cdot V_s}{2R_2 + R_1}$$

$$e^+ = 0$$

Donc :

$$V_s = -\frac{R_2}{R_1} (V_1 + V_2)$$

Fig. 7 : Amplificateur sommateur inverseur

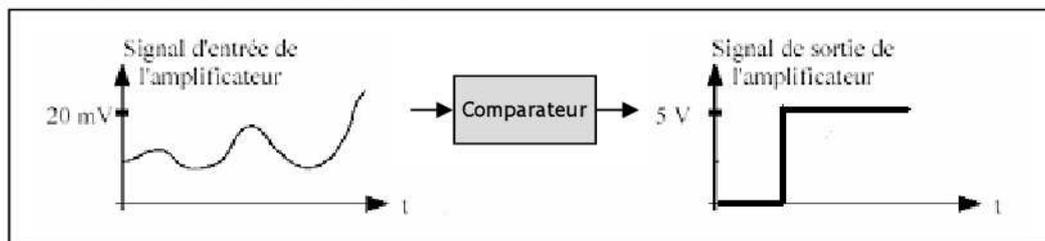


2. MISE EN FORME PAR COMPAREUR À UN SEUIL :

Cette fonction correspond à une conversion d'un signal analogique en un signal logique comme le montre la figure 6. En effet, le comparateur à un seuil consiste à comparer le signal analogique d'entrée par rapport un seuil de référence :

- Si ce seuil est atteint, alors la sortie du comparateur est à un niveau logique ;
- Si ce seuil n'est pas atteint, alors la sortie du comparateur est à l'autre niveau logique.

Fig. 6 : La fonction de mise en forme



Le montage de la figure 7 représente un comparateur à un seuil à base d'AOP. L'AOP fonctionne en régime non linéaire. Les calculs suivants déterminent le seuil de basculement de ce comparateur ainsi que le mode de fonctionnement :

$$e^+ = V_e \quad \text{et} \quad e^- = V_{ref}$$

Comme l'AOP fonctionne en régime non linéaire, il y a deux cas à envisager :

Si $V_e > V_{ref}$ alors : $V_s = +V$

Si $V_e < V_{ref}$ alors : $V_s = -V$

La caractéristique de transfert donnée à la figure 8 résume le fonctionnement du comparateur à un seuil :

Fig. 7 : Comparateur à AOP

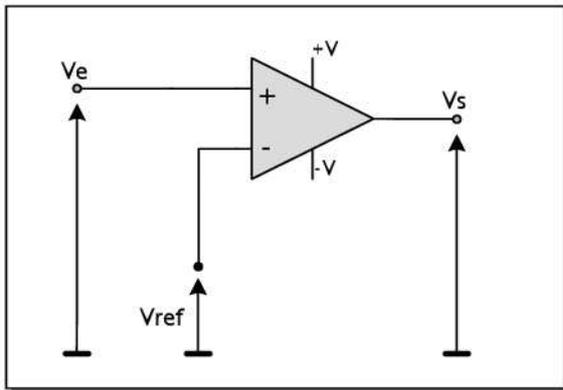
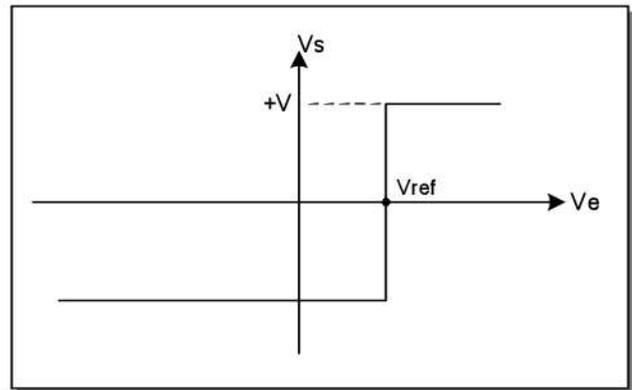


Fig. 8 : Caractéristique de transfert



EXERCICES RESOLUS

EXERCICE N° 1 :

Le schéma ci-contre représente un amplificateur à gain variable destiné pour les capteurs :

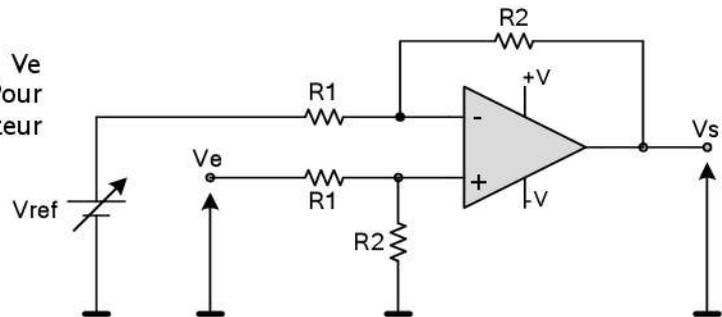
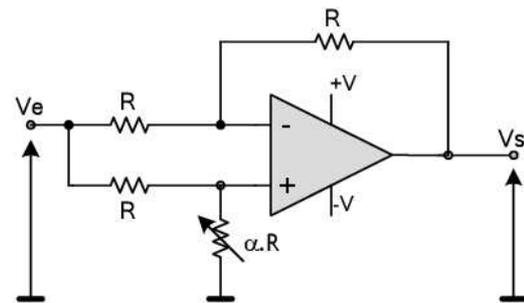
Démontrer que :

$$V_s = V_e \cdot \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}$$

EXERCICE N° 2 :

On désire amplifier et adapter la tension V_e fournie par un capteur de température. Pour cela, on utilise le montage amplificateur différentiateur suivant :

AOP est considéré idéal
 $V_{ref} = 2.73V$
 $V = 12V$
 $T(^{\circ}C) = T(^{\circ}K) - 273^{\circ}K$



- 2.1. Exprimez la tension V_s en fonction de R_1 , R_2 , V_{ref} et V_e ?
- 2.2. Sachant que le capteur de température fournit une tension de 10mV pour 1°K , calculer le rapport R_2/R_1 pour qu'à la sortie de l'amplificateur, $V_s = 20\text{mV}$ pour 1°C ?
- 2.3. Pourquoi utilise-t-on un différentiateur et pourquoi $V_{ref} = 2.73\text{V}$?

CORRIGES :

EXERCICE N° 1 :

$$e^+ = V_e \cdot \frac{\alpha R}{\alpha R + R} = V_e \cdot \frac{\alpha}{\alpha + 1} \quad (\text{pont diviseur de tension})$$

$$e^- = \frac{\frac{V_s}{R} + \frac{V_e}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{V_s + V_e}{2} \quad (\text{théorème de Millman})$$

$$\text{Or } e^+ = e^- \Rightarrow V_s = V_e \cdot \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}$$

EXERCICE N° 2 :

$$2.1. e^+ = V_e \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{pont diviseur de tension})$$

$$e^- = \frac{V_s R_1 + V_{ref} R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{théorème Millman}) \quad \text{Or } e^+ = e^- \Rightarrow V_s = \frac{R_2}{R_1} \cdot (V_e - V_{ref})$$

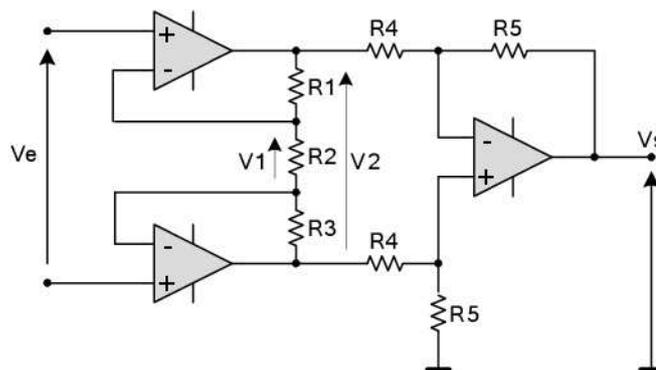
$$2.2. T = 1^\circ\text{C} = 274^\circ\text{K} \Rightarrow V_e = 10\text{mV} \cdot \frac{274^\circ\text{K}}{1^\circ\text{K}} = 2,74\text{V} \quad (\text{règle de trois})$$

$$\text{Puisqu'on désire } V_s = 20\text{mV} \text{ pour } T = 1^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{V_s}{V_e - V_{ref}} = 2$$

$$2.3. \text{ Pour réaliser la formule } T(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{K}) - 273^\circ\text{K}. \quad 2.73\text{V} \rightarrow 273^\circ\text{K}.$$

EXERCICE NON RESOLU

Le montage ci-dessous représente un amplificateur différentiel utilisé dans les instruments de mesure, pour les faibles tensions continues issues d'un capteur : (amplificateur d'instrumentation):



- 4.1. Sachant que les 3 AOP sont idéaux, Exprimer la tension V_1 en fonction de V_2 , R_1 , R_2 et R_3 ?
- 4.2. En déduire la tension V_2 en fonction de l'entrée V_e ?
- 4.3. Exprimer la tension V_s en fonction de V_A , V_B , R_4 et R_5 ?
- 4.4. Déduire l'expression de V_s en fonction de V_2 , puis de V_s en fonction de V_e ?

INTERFACE EN ENTREE

INTRODUCTION :

Dans un système automatisé, l'unité de traitement reçoit les informations traitées principalement de :

- L'utilisateur, grâce aux organes de dialogue en entrée tel un bouton d'arrêt d'urgence ; il s'agit de l'interface Homme/Machine (IHM) ;
- Des capteurs tel un "fin de course" ; il s'agit d'interface centré principalement sur l'isolation électrique ou galvanique et la mise en forme du signal

1. INTERFACE HOMME/MACHINE (IHM) :

L'interface Homme/Machine en entrée est une fonction de communication indispensable pour bien gérer un système automatisé. Il consiste à transmettre au système automatisé les ordres de l'opérateur qu'on désigne par "consignes". Le dialogue Homme/Machine se fait par l'utilisation de constituants regroupés dans ce qu'on appelle « pupitre » de commande.

1.1. Les boutons poussoirs :

Les boutons poussoirs constituent l'interface de dialogue privilégiée lorsque les informations transférées vers le système sont peu nombreuses et limitées à des signaux Tout Ou Rien (TOR). Parmi les boutons poussoirs utilisés, on distingue :

- Les boutons " coup de poing " à accrochage pour les arrêts d'urgence ;
- Les boutons poussoirs affleurants ;
- Les boutons tournants à manette ;
- Les boutons tournants à clé.

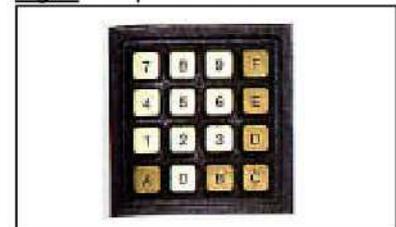
Fig 2. Exemples de boutons poussoirs



1.2. Les claviers :

Les claviers de saisie permettent l'introduction d'informations alphanumériques et la modification de données et paramètres comme le nombre de pièces à fabriquer ou les coordonnées d'une pièce à usiner, etc.

Fig 3. Exemple de clavier



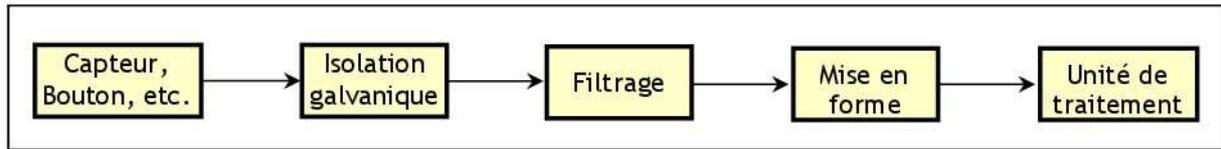
1.3. Les terminaux d'exploitation :

Un terminal d'exploitation est un constituant de dialogue permettant les premières mises en œuvre du système automatisé. Il est lié temporairement à la partie commande (automate programmable) pour introduire des codes et des paramètres décrivant le processus étudié.

2. ISOLATION GALVANIQUE :

2.1. Principe et rôle :

L'unité de traitement travaille typiquement avec une tension de 5V DC, nécessaire pour alimenter principalement les circuits intégrés logiques. Alors qu'un capteur tel un "fin de course" fournit typiquement une tension de 24 V DC. Pour protéger l'unité de traitement contre une éventuelle liaison directe avec tension relativement dangereuse pour elle, il faut une isolation électrique ou galvanique, ainsi qu'un filtrage et mise en forme du signal. Le principe est résumé par le schéma fonctionnel suivant :

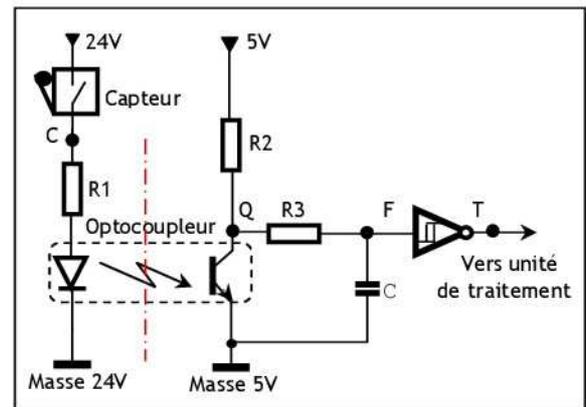


2.2. Exemple de schéma :

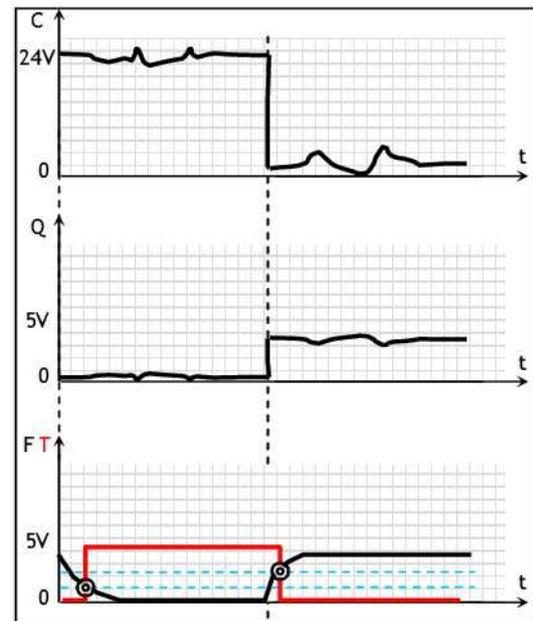
2.2.1- Principe :

Le schéma le plus classique dans ce domaine est à base d'un optocoupleur, ce qui donne le schéma de base suivant ; un tel montage, on le trouve déjà intégré dans un API :

- Le trait d'axe rouge sert uniquement à marquer l'isolation entre les 2 milieux ;
- Quand le capteur est actionné, son contact est fermé, il fournit du 24 V au circuit de la diode infrarouge de l'optocoupleur :



- La diode de l'optocoupleur conduit et émet de l'infrarouge ;
 - Le transistor de l'optocoupleur, travaillant en commutation se sature ;
 - La porte inverseuse Trigger reçoit un 0 logique et fournit à sa sortie T un 1.
- Quand le capteur est non actionné, alors :
 - La diode de l'optocoupleur est bloquée et n'émet pas d'infrarouge ;
 - Le transistor de l'optocoupleur se bloque ;
 - La porte inverseuse Trigger reçoit un 1 logique et fournit à sa sortie T un 0.
 - L'état de la porte reflète l'état du capteur ;
 - Le bruit affectant le signal du capteur, à cause des parasites industrielles, est filtré par le circuit RC ;
 - La porte Trigger met en forme le signal et envoie à l'unité de traitement un signal "propre", et donc bien compatible.



EXERCICE N° 1:

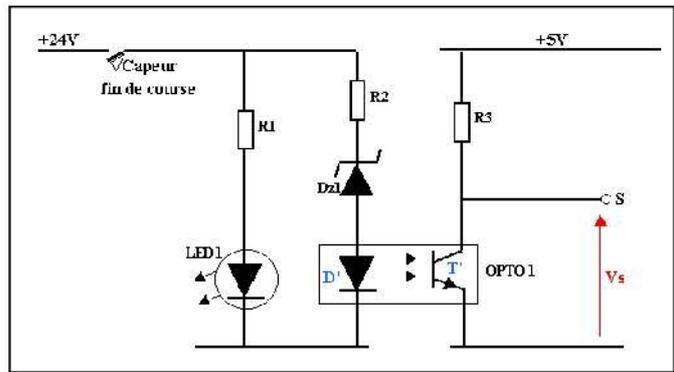
Proposer un montage permettant :

- d'acquérir l'état d'un bouton d'arrêt d'urgence ;
- de signaler l'état par un LED.

EXERCICE N° 2:

Le montage ci-contre est une variante du montage de base, vu dans le cours. On représente uniquement la partie isolation.

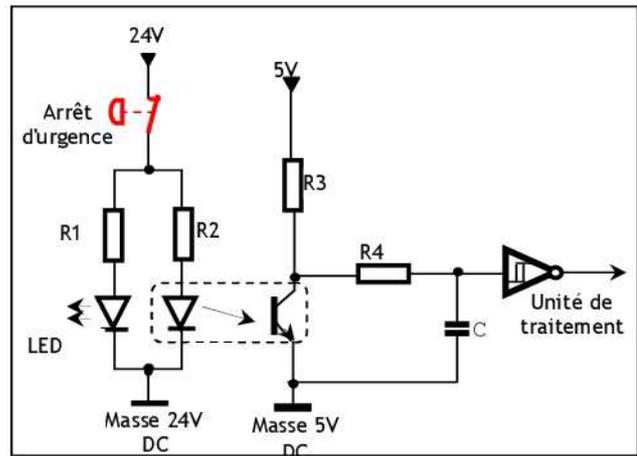
- 2.1- Rappeler le rôle de l'isolation.
- 2.2- Quel es le rôle de DZ1 et quelle doit être typiquement sa valeur ?



CORRIGES :

EXERCICE N° 1 :

De point de vue aspect physique, le bouton d'arrêt d'urgence est pris comme un capteur par l'unité de traitement.



EXERCICE N° 2:

- 2.1- L'isolation galvanique, donc la protection des biens et des personnes.
- 2.2- Ecrête la tension en cas d'une tension plus grande que 24 V. Sa valeur doit être typiquement de 24V.

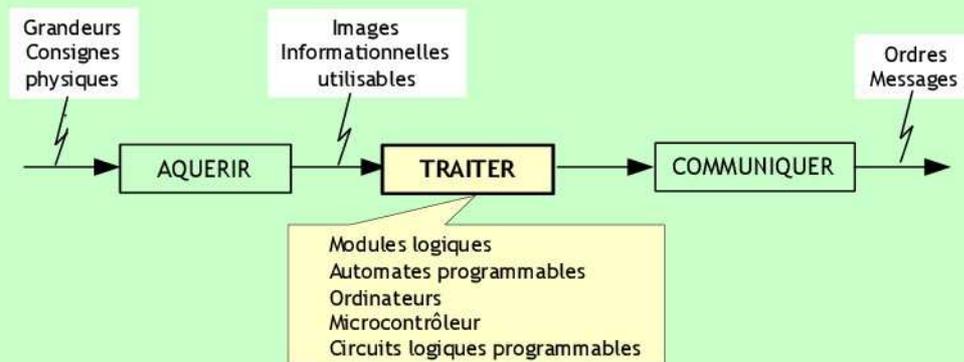
FONCTION

TRAITER

PRESENTATION

Dans un système automatisé, le traitement des informations concernant principalement l'état de la PO (capteurs, consignes utilisateur, etc.) nécessitent des organes de commande dotée d'une certaine intelligence relativement élevée, allant du simple circuit logique combinatoire jusqu'au microordinateur sophistiqué.

La position de la fonction "Traiter" dans une chaîne d'information, ainsi que les différentes réalisations principales sont représentées par la figure suivante.



COMPETENCES ATTENDUES

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

- Exprimer les entrées/sorties d'une unité de traitement des données acquises
- Mettre en œuvre une unité de traitement de l'information

CHAPITRES INCLUS DANS LA FONCTION TRAITER

- Représentation et codage de l'information binaire
- Fonctions combinatoires de bases
- Simplification des fonctions logiques
- Fonctions combinatoires avancées
- Fonctions séquentielles
- Familles logiques TTL et CMOS
- Circuits intégrés de temporisation
- Circuits logiques programmables
- GRAFCET
- Les systèmes programmables : Automate programmable industriel

REPRESENTATION ET CODAGE DE L'INFORMATION BINAIRE

INTRODUCTION :

La numération arabe est universellement adoptée, étant donné sa capacité à faire les calculs. Il s'agit du système de numération avec la base 10. Comme on le sait, dans cette base familière :

- On utilise les 10 symboles, appelés chiffres, de l'ensemble : $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$;
- Un nombre quelconque peut s'écrire en utilisant les puissances de 10 ;

Exemple : $571 = 5 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 1 \times 10^0$.

Mais la représentation des nombres avec le système décimal (base 10) n'est pas la seule utilisée. On peut donc en utiliser d'autres, en particulier le système binaire (base 2). Les circuits logiques ne connaissent que les valeurs 0 et 1 ; alors on peut faire des calculs et des traitements comme on le fait avec le système décimal. Ceci permet de rendre le traitement de l'information automatique et rapide.

1. LES SYSTEMES DE NUMERATION :

1.1. Principe :

D'une façon générale, soit une base B, donc associée à B symboles : $\{S_0, S_1, \dots, S_{B-1}\}$; un nombre N, a les caractéristiques suivantes :

- Il s'écrit $N = A_{n-1} \dots A_i \dots A_1 A_0$ avec $A_i \in \{S_0, S_1, \dots, S_{B-1}\}$;
- Il a pour valeur $N = A_{n-1} \cdot B^{n-1} + \dots + A_i B^i + \dots + A_1 B^1 + A_0 B^0$ (forme polynomiale) ;
- A_i est le chiffre (digit) de rang i et de poids B^i ;
- A_n est le chiffre le plus significatif (MSD : Most Significant Digit) ;
- A_0 est le chiffre le moins significatif (LSD : Less Significant Digit).

On va étudier les bases 2 et 16 pour leur intérêt dans les circuits logiques. La référence à la base 10 est d'un usage pratique, on étudiera alors la conversion de la base 2 vers la base 10 et vice versa.

1.2. Système binaire (base 2) :

L'homme connaît la base 10 ; il fait alors ses calculs dans cette base. Alors, puisque les systèmes numériques ne reconnaissent que 2 états 0 ou 1, ils seront très aptes de faire les calculs dans la base 2. La base 2 a les caractéristiques suivantes :

- Un nombre N s'écrit : $N = A_n A_{n-1} \dots A_i \dots A_1 A_0$ avec $A_i \in \{0, 1\}$; chaque chiffre est appelé couramment bit, contraction de binary digit (chiffre binaire) ; Ce nombre N est couramment désigné aussi par "Mot de n bits" ;
- A_n est le chiffre le plus significatif, couramment appelé MSB (Most Significant Bit) ;
- A_0 est le chiffre le moins significatif, couramment appelé LSB (Less Significant Bit).
- Ce nombre a pour valeur $N = A_{n-1} 2^{n-1} + \dots + A_i 2^i + \dots + A_1 2^1 + A_0 2^0$ (forme polynomiale) ;
Exemple : $N = 110101$; il a pour valeur $N = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$.

1.3. Conversion de la base 2 vers la base 10 :

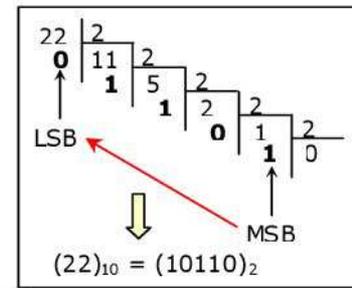
On exploite directement la forme polynomiale.

Exemple pour la base 2 : $(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 8 + 0 + 2 + 1 = 8 + 4 + 2 = (11)_{10}$.

1.4. Conversion de la base 10 vers la base 2 :

La méthode de division est la plus utilisée ; elle consiste en des divisions successives du nombre $(N)_{10}$ par 2, jusqu'à obtenir un quotient nul. Les restes des divisions successives, écrits dans l'ordre inverse, constituent le nombre N dans la base 2 $(N)_2$.

Exemple : $(22)_{10} = (?)_2$.



2. CODAGE DE L'INFORMATION BINAIRE :

Un système électronique traite les informations en binaire. Or, ces informations à traiter sont de différentes natures. Par exemple, en traitement de texte, on manipule des caractères ; pour qu'un ordinateur traite ces caractères, il faut associer alors à chaque caractère un nombre binaire. Cette association s'appelle "Codage" de l'information binaire et permet d'utiliser plusieurs codes suivant le domaine d'application. L'opération inverse s'appelle "Décodage" ou "Transcodage". On étudie en particulier : Le code binaire pur, le code GRAY, le code BCD et le code ASCII.

2.1. Le code binaire pur :

Il est aussi appelé code binaire naturel. C'est le code binaire sans aucune codification, c'est à dire qui découle directement du principe général de la numération. C'est le code naturel utilisé dans les systèmes numériques (ordinateur, etc.). Le tableau suivant donne le code binaire pur pour un exemple d'un mot de 4 bits $(A_3 A_2 A_1 A_0)$:

Valeur décimale	Code binaire			
	A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Pour remplir rapidement une table de vérité avec toutes les combinaisons possibles des variables d'entrée, on procède comme en décimal :

- On part du poids faible (A_0), qui balaye la plage 0 à 1 ;
- On passe au poids suivant (A_1), qui reste à 0 pour la plage 0 à 1 de A_0 , puis à 1 pour la même plage ;
- Et ainsi de suite.

A_2	A_1	A_0
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

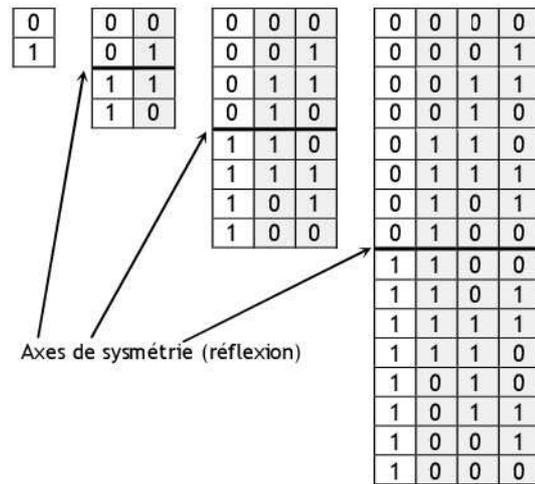
2.2. Le code GRAY :

Dans les systèmes industriels où on a besoin de mesurer un déplacement linéaire ou angulaire, on utilise le "code GRAY". La raison de ce choix est que si le système qui mesure le déplacement (capteur) utilise le code binaire pur, le déplacement d'une position à une autre voisine génère des combinaisons intermédiaire fausses, car plusieurs bits varient en même temps.

Pour remédier à ce problème, il suffit de coder chaque position de façon que les valeurs de positions successives ne diffèrent que d'un seul bit. C'est pour cela qu'on l'appelle "code à distance unité". On l'appelle aussi "code binaire réfléchi" parce que pour le construire, on procède par réflexion comme l'indique le tableau suivant avec 4 bits :

- on a 16 combinaisons différentes ;
- dans le passage d'une combinaison à une autre, il n'y a qu'un bit qui change.

Valeur décimale	Code binaire				Code GRAY			
	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	G ₃	G ₂	G ₁	G ₀
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	0
5	0	1	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1	0	1
7	0	1	1	1	0	1	0	0
8	1	0	0	0	1	1	0	0
9	1	0	0	1	1	1	0	1
10	1	0	1	0	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	0	1	0
13	1	1	0	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1	0	0	1
15	1	1	1	1	1	0	0	0



2.3. Le code ASCII :

Le code ASCII (American Standard Code for Information Interchange) est un code qui représente les caractères éditables ou non éditables : éditables parce que l'on peut les éditer comme le caractère "A" et non éditables comme le caractère "Escape" ou "Return". Il est codé sur 7 bits (b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0), ce qui permet de représenter 128 (2^7) caractères différents. La table suivante montre un tel codage. Par exemple, Le code de la lettre "A" (majuscule) est :

- en binaire : b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 = 1000001 ;
- en hexadécimal 41 ;
- en décimal 65.

Binaire				Hexadécimal									
				b6	0	0	0	0	1	1	1	1	
				b5	0	0	1	1	0	0	1	1	
				b4	0	1	0	1	0	1	0	1	
b3	b2	b1	b0	Décimal	0	1	2	3	4	5	6	7	
				Décimal	0	16	32	48	64	80	96	112	
0	0	0	0	0	+0	NUL	TC7 (DEL)	SP	0	@	P	·	p
0	0	0	1	1	+1	TC1 (SOH)	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	+2	TC2 (STX)	DC2	..	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	+3	TC3 (ETX)	DC3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	+4	TC4 (EOT)	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	+5	TC5 (ENO)	TC8 (NAK)	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	+6	TC6 (AC2)	TC9 (SYN)	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	+7	BEL	TC10 (ETB)	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	+8	FE0 (BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	+9	FE1 (HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	A	+10	FE2 (LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	B	+11	FE3 (VT)	ESC	+	;	K	[	k	è
1	1	0	0	C	+12	FE4 (FF)	IS4 (FS)	,	<	L	\	l	ù
1	1	0	1	D	+13	FE5 (CR)	IS3 (RS)	-	=	M	]	m	è
1	1	1	0	E	+14	SO	IS2 (RS)	.	>	N	^	n	-
1	1	1	1	F	+15	SI	IS1 (US)	/	?	O	_	o	DEL

2.4. Le code BCD :

Le code BCD (Binary Coded Decimal) qui veut dire Binaire Codé en Décimal est la traduction en binaire des 9 premiers chiffres du systèmes décimal.

Si on a un nombre décimal N à m chiffres, il sera codé en BCD sur (m x 4) bits : chaque chiffre décimal est traduit en code BCD sur 4 bits.

Exemple : $(571)_2$ = 1000111011 en binaire pur
= 0101 0111 0001 en BCD
 5 7 1

Valeur décimale	Code BCD			
	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1