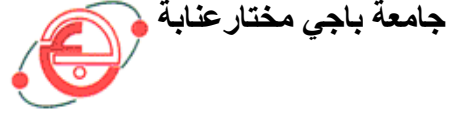


وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULÉ

AUTOMATISATION D'UN DISPOSITIF DE PERÇAGE.

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : MECATRONIQUE

PRESENTE PAR : ATTOUI AIMEN ABED EL AZIZ

DIRECTEUR DU MEMOIRE : KALLOUCH.A MA UNIVERSITÉ D'ANNABA

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Mr : L.LAOUAR

PRO. à UNIVERSITÉ D'ANNABA

EXAMINATEUR : Mr : R.YOUNES

DR. à UNIVERSITÉ D'ANNABA

Mr : O.BOUSSAID

DR. à UNIVERSITÉ D'ANNABA

Mr : Y.KHADRI

DR. à UNIVERSITÉ D'ANNABA

Année: 2016/2017

SOMMAIRE

Introduction

Résumé

Chapitre I contexte générale sur la mécatronique

| | |
|---|----|
| I.1 définition de la mécatronique | 01 |
| 1.2. élément électronique | 04 |
| I.2.1 introduction su l'électronique..... | 03 |
| I.2.2 composants classique | 04 |
| I.3 la régulation..... | 07 |
| I.4. Les capteurs..... | 9 |
| I.4.1. définition..... | 9 |
| I.4.2.rôle d'un capteur..... | 9 |
| I.4.3 3Elémentsconstitutifs d'un capteur..... | 9 |
| I.4.4 Classification des capteurs..... | 10 |
| I.4.5. Le capteur TOR..... | 11 |
| I.4.6. Les interrupteurs de position électromécaniques..... | 12 |

Chapitre II montage d'usinage

| | |
|---|----|
| II. 1. Introduction | 13 |
| II.2.Etapes pour l'élaboration d'un montage..... | 13 |
| II.2.Etapes pour l'élaboration d'un montage | 13 |

| | |
|--|----|
| II.3.Allocation de ressources aux opérations d’usinage..... | 14 |
| II.4.Types de montage de Mise en Position(MIP)-Centrage | 23 |
| II.5.Types de montage de Maintien en Position(MAP)–bridage | 26 |

Chapitre III automatisation d’un dispositif de perçage

| | |
|--|----|
| III. 1les automates programmables industriels. | |
| III.1.1.Structure des systèmes automatisés de production(SAP)..... | 33 |
| III.1.2.Architecture matérielle des API..... | 35 |
| III.2.le grafcet..... | 45 |
| III.3.les vérins..... | 62 |
| III.4.les moteurs électrique..... | 66 |
| III.5.Système d’étude: dispositif de bridage à serrage vertical..... | 77 |
| Conclusion Générale..... | 84 |
| Références Bibliographiques..... | 85 |

Introduction générale :

Une économie forte exige des moyens à la hauteur du développement souhaité.

Les compétences dans les domaines techniques et scientifiques assurent une croissance permanente et l'épanouissent de la piété.

Le domaine de la mécatronique d'est avéré un axe de développement sur. Avec les nouvelles technologies et découvertes (électronique, informatique, automatisation.....).

La productivité augmente d'une manière exponentielle, et la valeur ajoutée n'est que croissante.

L'obtention des éléments de construction mécanique et autres. Vu les différents procédés d'usinage, n'est pas resté à la traîne, ou l'introduction de la mécatronique, nous fait gagner en temps et en nombre, d'où une plus-value importante à moindre cout et au moindre risque.

Résumé :

Les processus de fabrication, sont pratiquement automatisés, est devenue l'un des objectifs technico-économique à améliorer, et ce pour les responsables d'entreprise.

Concevoir un dispositif d'usinage automatisé répond aux différentes exigences, économiques et techniques.

Mots clés :

Dispositif d'usinage, automates et capteurs, moteurs électriques, calcule effort.

1-1-Définition de la mécatronique :

Qu'est-ce que la mécatronique ? La définition de la mécatronique est très variable

Selon les auteurs. En général, il est admis qu'elle représente la combinaison de la mécanique, de l'électronique et du contrôle en temps réel [1].

D'après Compétences Canada,

La mécatronique combine la technologie de la mécanique, de l'électronique, de l'informatique, de la pneumatique, de l'électricité et de l'hydraulique.

Un emploi dans ce domaine peut comprendre l'assemblage, la fabrication, l'entretien ou la commande de produits ou de systèmes de Production. Les travailleurs doivent réaliser l'assemblage des éléments Mécaniques, électriques et pneumatiques de systèmes de transfert suivant la documentation et les schémas fournis. Le câblage électrique comprend les connexions d'entrée et de sortie, les capteurs et le câblage de Moteur, les commutateurs, les boutons de commandes et les solénoïdes Pneumatiques. »[1]

La mécatronique est un domaine de plus en plus largement enseigné dans le monde Francophone, que ce soit en France (INSA Strasbourg, ENSAM, Polytech'Orléans, ESTACA, UTC, etc.), au Canada (universités de Waterloo, Vancouver, Toronto, Mc-Master, Victoria, etc.), mais aussi internationalement (Rensselaer Polytechnic Institute aux Etats-Unis, DLR Institute of Robotics and Mechatronics en Allemagne, etc.).

La raison de cette expansion est qu'elle répond à un besoin pressant de la part des industriels. En effet, les produits qui ne sont pas à la fine pointe de la technologie sont plus viables économiquement. Dans le monde moderne, les produits à faible valeur ajoutée sont fabriqués pour un coût dérisoire dans les pays en voie de développement.

La seule solution pour les pays plus développés de conserver leur tissu industriel est de passer à une économie basée sur la production automatique et/ou les produits technologiques complexes. Le Japon, en concurrence directe avec la Chine et autres pays de l'Asie du Sud-Est depuis toujours, l'a compris depuis longtemps et dénommé cette stratégie par le poétique **vol des oies sauvages**. Sa réussite se lit dans son économie qui affiche un des plus hauts PIB de la planète, sans quasiment la moindre ressource naturelle à sa disposition et une population limitée. Une autre raison de l'essor de la mécatronique est le besoin important d'augmentation de la productivité des entreprises. En effet, en raison du vieillissement de la population dans les pays occidentaux, un déséquilibre majeur entre la population active et la population passive est à prévoir. Ainsi, on peut citer l'exemple du Québec où un déficit du nombre de travailleurs s'élevant à 200 000 individus est prévu [31] en 2025.

Cette diminution de la taille de la population active couplée à une augmentation de la population totale provoquera une diminution du produit intérieur brut et donc du budget du gouvernement pour financer les services. Plusieurs actions ont été proposées pour enrayer ce phénomène (hausse de l'immigration, hausse de la natalité, hausse des taxes et impôts, diminution des prestations sociales, l'âge de la retraite repoussé, etc.) mais certaines de celles-ci sont des choix de société difficiles et avec un lourd impact sur la qualité de vie des gens. Il est probable que le futur passe par un mélange de ces différentes voies et la hausse de la

productivité par le biais de l'introduction de l'automatique et la robotique dans l'industrie fait partie de l'éventail des solutions dans ce contexte. Notons que si le domaine porte-étendard de la mécatronique est probablement le robot, elle ne se limite pas à celui-ci et bien d'autres applications existent.

1-2-Introduction sur l'électronique :

Dans cet important (et imposant) chapitre, nous allons présenter les aspects de l'électronique nécessaires à la compréhension et à l'analyse des systèmes mécatroniques.

Contrairement à un cours d'électronique classique, nous ne présenterons pas l'électronique au niveau atomique. Il n'est pas nécessaire pour l'ingénieur ou le technicien en mécatronique de connaître le mouvement des électrons et des charges dans un matériau particulier, ou de comprendre la fabrication et l'agencement des jonctions dans les matériaux semi-conducteurs qui constituent la plupart des composants électroniques modernes. En revanche, il lui est nécessaire de comprendre les caractéristiques de ces composants et de savoir les utiliser dans son système. Nous passerons ainsi très rapidement sur les bases fondamentales de l'électronique pour insister ensuite plus longuement sur les aspects pratiques.

L'électronique est une partie fondamentale de la mécatronique moderne car elle intervient partout dans la chaîne de commande. *Le*. Pour chacun de ses éléments, par exemple avec :

- le contrôleur : on s'en sert pour effectuer les opérations de calcul de la commande ;
- l'actionneur : on amplifie électriquement la puissance des signaux ;
- le capteur : des circuits réalisent le conditionnement et le traitement du signal de mesure.

1-3-Composants classiques

Résistance :

La résistance, est le composant électronique le plus courant et certainement le plus simple. La relation entre courant et tension qui caractérise son comportement est appelée la loi d'Ohm, d'après Georg Ohm (1789-1854), qui s'exprime mathématiquement par [1] :

$$V = R i$$



symbole de Résistance

Où V est la tension aux bornes de la résistance, i le courant qui la traverse et R une constante caractéristique, appelée résistance elle aussi et mesurée en ohms (Ω).

Condensateur :

Le condensateur, est aussi un composant électronique omniprésent dans les circuits. Il est constitué de deux électrodes séparées par un isolant diélectrique. Lorsqu'une tension est appliquée à cet ensemble, les électrodes vont accumuler des électrons dans une certaine limite et donc un courant va circuler. Cependant, ces électrodes ne peuvent fournir et recevoir qu'un nombre limité de charges donc le courant ne circule que pendant une courte période de temps et ensuite décroît rapidement jusqu'à zéro. La relation courant-tension des condensateurs prend la forme [1] :

$$I = C (dV/dt)$$



Symbole de Condensateur

Où C est la capacité du condensateur exprimée en farad (F) qui est proportionnel aux nombres de charges que le condensateur peut contenir et restituer ensuite. Les valeurs typiques des capacités des condensateurs électroniques courants sont de l'ordre de quelques centaines de microfarads (μF) à quelques picofarads (pF). Il existe des condensateurs de capacité beaucoup plus importante mais on les emploie surtout dans le domaine de l'électrotechnique (haute puissance). La relation entre courant et tension dans un condensateur est une relation qui dépend du temps, plus précisément une équation différentielle. Le condensateur est un élément de stockage d'énergie, il permet de stocker une charge électrique (somme des paires de charges individuelles accumulées sur chaque électrode) qui aura été préalablement placée par une source externe. Son équivalent hydraulique/pneumatique est le réservoir de pression qui stocke un fluide sous pression et sert, soit à absorber une surpression, soit à compenser une chute de pression temporaire. De la même façon, un condensateur peut absorber une fluctuation de tension électrique. Si la tension à laquelle est soumis le condensateur est sinusoïdale, d'après l'équation (2.9), on peut affirmer que l'intensité qui circule à travers le composant est elle aussi sinusoïdale mais déphasée de $-1-90^\circ$ et pondérée en amplitude par une constante.

Bobine :

La bobine, dont le symbole est illustré à la figure, est par bien des aspects le composant miroir du condensateur en ce sens que les relations qui les caractérisent sont similaires mais que les rôles de la tension et du courant y sont échangés. Une bobine est typiquement constituée d'un enroulement de fil électrique autour d'un noyau ferromagnétique cylindrique

Néanmoins, ce noyau n'est pas indispensable et l'enroulement n'a pas forcément une forme cylindrique mais ce sont les cas les plus courants. La relation courant-tension des bobines est :

$$v = L(di/dt)$$



Symbole de bobine

Où L est une constante appelée l'inductance de la bobine et mesurée en henry (H).

Les valeurs typiques des inductances en électronique sont de quelques centaines de Micro henrys (pH) à quelques henrys. Comme indiqué précédemment, il s'agit du composant « miroir » du condensateur, quelquefois appelé un « condensateur en courant » de façon imagée.

Celles-ci sont très similaires. Si la tension à laquelle est soumise la bobine est sinusoïdale, d'après l'équation (2. 12) on peut affirmer que l'intensité qui circule à travers ce composant est elle aussi sinusoïdale mais déphasée de -90° et pondérée par une constante

Diode :

La diode est un composant constitué d'une jonction de deux semi-conducteurs qui a pour propriété de ne laisser passer le courant que dans une seule direction. Son symbole

La borne négative de la diode, indiquée par une barre (horizontale sur la figure précédente), est appelée la cathode et la borne positive, indiquée par la base du triangle

(Du côté de la flèche /), est appelée anode. Remarquez que les termes cathode et anode sont en fait valables pour tous les composants polarisés (comme les condensateurs électrolytiques par exemple).



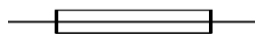
Symbole de diode

Fusible :

Les fusibles sont des composants essentiels à la sécurité électrique. Leur fonctionnement de base consiste à couper un circuit électrique dans lequel une intensité trop élevée circule. Le comportement idéal d'un fusible est donc associé à deux états distincts :

- en dessous d'un courant i_{max} se comporte comme un interrupteur fermé et laisse passer le courant sans le modifier ;

- au-dessus de ce courant i_{max} se déclenche et se comporte ensuite comme un interrupteur ouvert empêchant donc tout courant de circuler.



Symbol de fusible

Transistor :

Le transistor est un composant à trois pattes fondamental en électronique. Son nom est la contraction de l'anglais *transconductance varistor*. Il s'agit d'un composant qui a été développé dans les années 1940 aux laboratoires Bell et qui a progressivement remplacé les tubes à vide car il est plus petit, moins cher, plus facilement manufacturable, plus robuste, etc. Il est présent dans tous les circuits intégrés électroniques parfois à des dizaines de millions d'exemplaires, voire plus ! Le transistor a permis à l'électronique de passer de l'artisanat à la production industrielle. Il existe une multitude de technologies de transistors, nous en présenterons deux : les transistors bipolaires et à effet de champ, en insistant surtout sur les premiers.



Symbole de transistor

1-4-La régulation :

La régulation automatique est la technique de l'ingénieur offrant les méthodes/outils nécessaires à la prise de contrôle d'un système physique (installation de production, robot, alimentation électronique stabilisée, etc) en vue d'en imposer le comportement. Cette prise de contrôle s'effectue par l'intermédiaire de certains signaux (grandeurs physiques) qu'il est alors nécessaire de mesurer afin de déterminer l'action à entreprendre sur le système. Le contrôle est automatique, i.e. aucune intervention humaine n'est nécessaire.

Le comportement des grandeurs contrôlées peut/doit en général satisfaire plusieurs critères :

- on souhaite qu'une certaine grandeur physique (vitesse, courant, température) ait une valeur moyenne donnée en régime permanent
- cette même grandeur physique doit passer d'une valeur à une autre en un temps donné, voire avec un profil de variation imposé.

Les méthodes de l'automatique offrent donc la possibilité de modifier le comportement statique et dynamique d'une grandeur physique, afin qu'elle évolue conformément aux exigences de l'application.

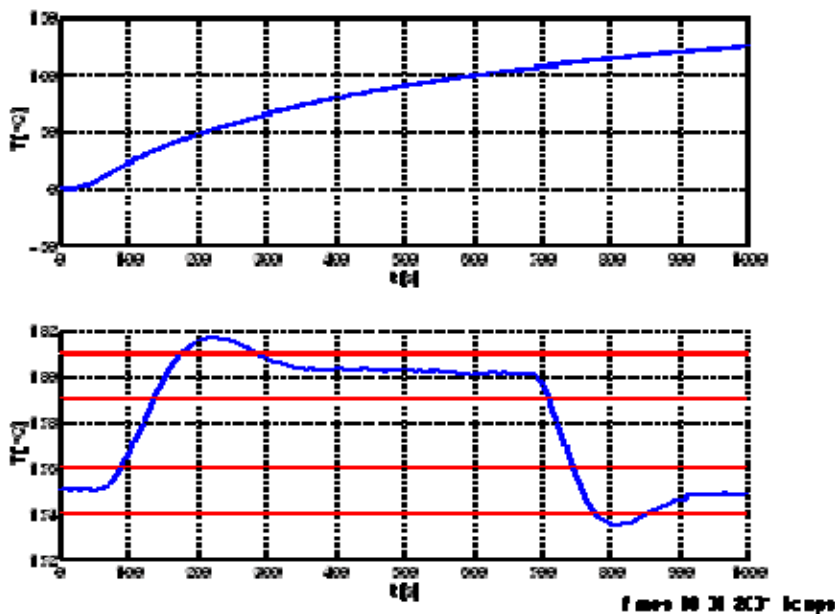


Figure 1.1: Régulation de la température

D'un processus industriel : en haut, la réponse indicielle du système seul, en bas la réponse indicielle en régulation automatique. On voit que l'on arrive à rendre le système beaucoup plus rapide (*mes_10_01_2001.m*).

En s'appuyant notamment sur la technique de la contre-réaction, les méthodes de l'automatique permettent de traiter des situations où interviennent des systèmes

- intrinsèquement lents devant être rendus plus rapides (figure [1.1](#));
- difficilement contrôlables manuellement (sustentation et lévitation magnétique, avion de chasse à voilure inversée) devant être rendus stables afin d'être utilisables.

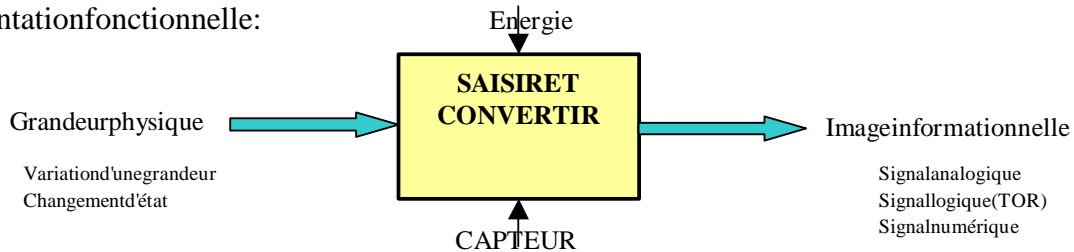
Les applications de la régulation automatique se trouveront donc dans tous les systèmes dont une (ou plusieurs) grandeur physique doit correspondre à une valeur prescrite (température, pH, débit, pression, courant, vitesse, force, altitude, profondeur, orientation, etc), laquelle pouvant être variable, et cela sans intervention humaine, i.e. de manière complètement automatique.

LES CAPTEURS

1-4-1-Définition :

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui labore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (généralement électrique) représentative de la grandeur prélevée, et utilisable à des fins de mesure.

Représentation fonctionnelle:

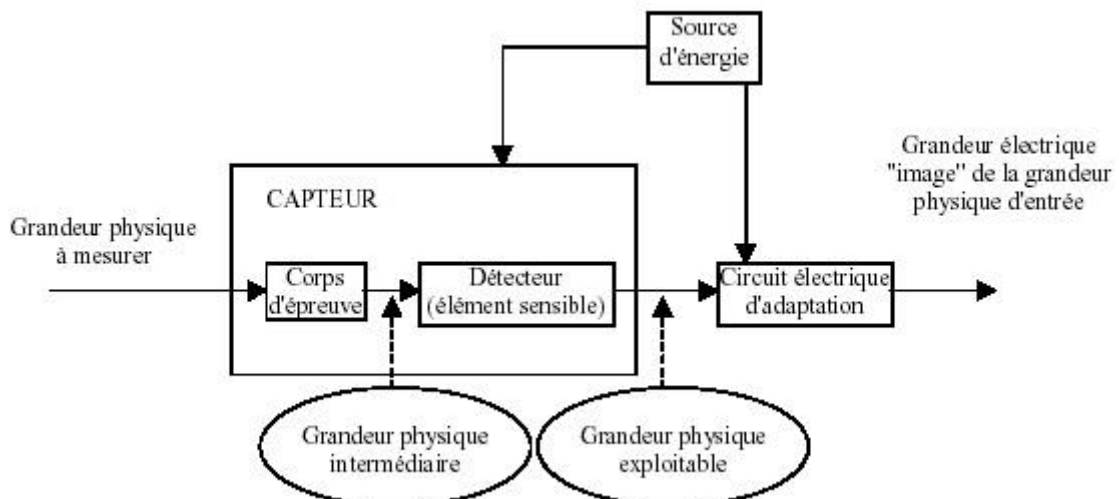


1-4-2-Rôle du capteur:

Parmi les informations de toutes natures issues de notre environnement, on distingue les grandeurs physiques associées à des événements climatiques, géométriques ou encore lumineux ou temporels. Le rôle du capteur est de rendre exploitable ces différentes grandeurs physiques en vue de leur traitement ultérieur.

- Mesure de présence: indique la présence d'un "objet" à proximité immédiate;
- Mesure de position, de déplacement ou de niveau: indique la position courante d'un objet animé d'un mouvement de rotation ou de translation
- Mesure de vitesse: indique la vitesse linéaire ou angulaire d'un "objet";
- Mesure d'accélération, de vibrations ou de chocs;
- Mesure de débit, de force, de couples, de pressions;
- Mesure de température, d'humidité.

1-4-3-Éléments constitutifs d'un capteur:

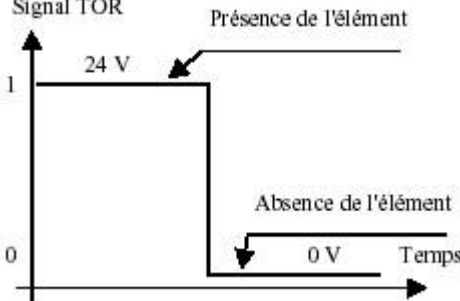
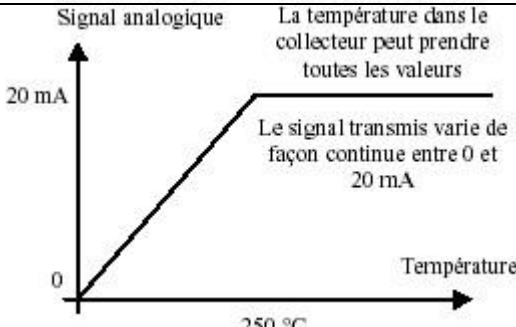
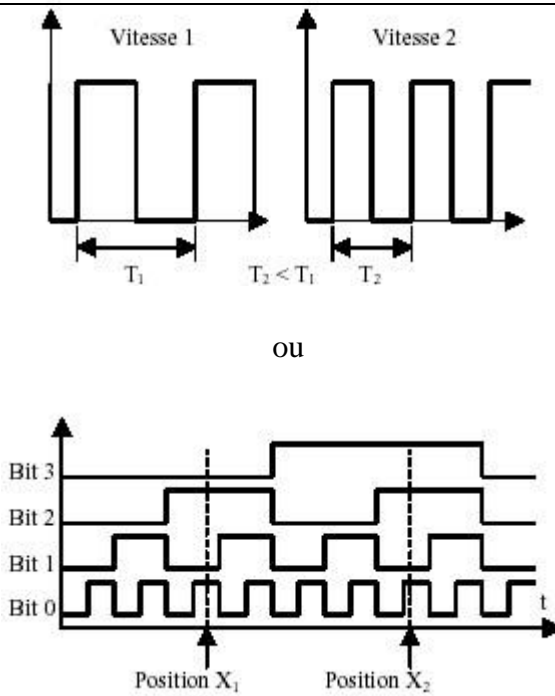


1-4-4-Classificationdescapteurs

La grandeur de sortie du capteur peut varier:

- De manière binaire (information vraie ou fausse), c'est le **capteur Tout Ou Rien (TOR)**;
- De façon progressive (variation continue), c'est le **capteur analogique**;
- D'échelle de tension ou de courant, c'est le **capteur numérique**.

Exemples:

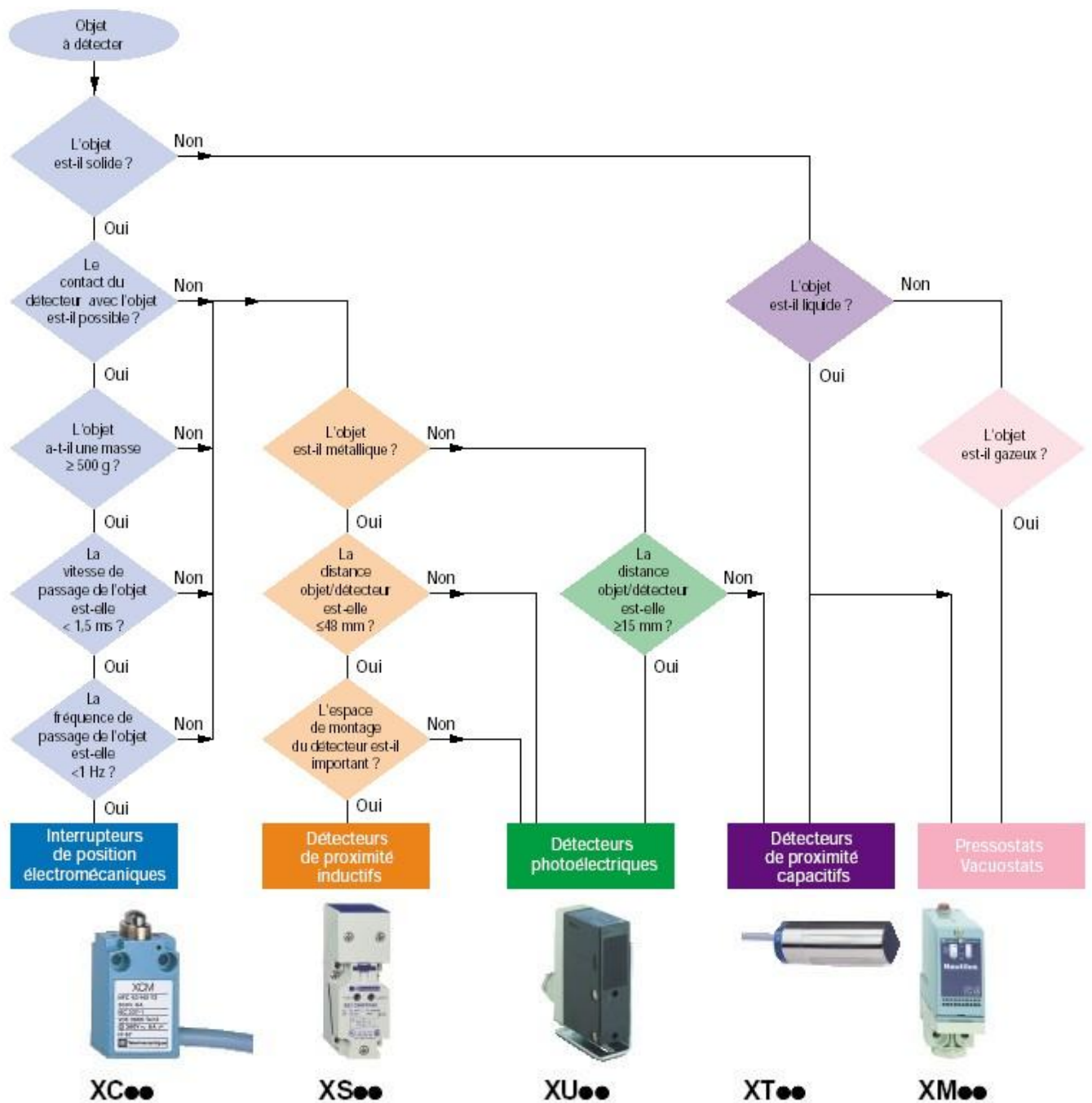
| | |
|---------------------------|--|
| <p>Capteur TOR</p> |  |
| <p>Capteur Analogique</p> |  |
| <p>Capteur Numérique</p> |  |

1-4-5-LecapteurTOR

On peut classer les capteurs TOR en 4 familles:

- Les **interrupteurs de position** électromécaniques actionnés par contact direct avec des objets ou des pièces;
- Les **détecteurs de proximité inductif et magnétiques** pour détecter sans contact physique et à faible distance du métal;
- Les **détecteurs de proximité capacitifs**, pour détecter sans contact physique et à faible distance des objets de natures diverses;
- Les **détecteurs photoélectriques** pour détecter des objets situés jusqu'à plusieurs dizaines de mètres.

Démarche d'aide au choix des capteurs: DOMAINE D'UTILISATION



1-4-6-Les interrupteurs de position électromécaniques

Présentation:

Les interrupteurs de positions sont des appareils actionnés par contact direct avec les objets, les pièces machines, etc. Ils transforment ce contact physique en une fermeture ou ouverture d'un contact électrique. Ils sont utilisés dans des applications très variées en raison de leurs nombreuses qualités. Ils résolvent pas certains problèmes pour lesquels il trouvent le relais de la solution électronique.



interrupteurs XCM

Domaines d'utilisations:

Les plus significatifs se rencontrent dans la mécanique et la machine-outil (usinage, manutention, levage, ...), dans l'agro-alimentaire et la chimie (conditionnement, emballage, etc.) sur des types d'applications relevant de :

- La détection de pièces machines (cames, butées, pignons...);
- La détection de balancelles, chariots, wagons;
- La détection directe d'objets, etc.

Constitution:

Les interrupteurs de position sont constitués à partir de trois éléments de base :

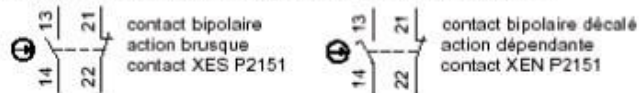
- Le dispositif d'attaque;
- La tête de commande;
- Le corps équipé de contacts électriques.

Extrait d'une documentation technique:



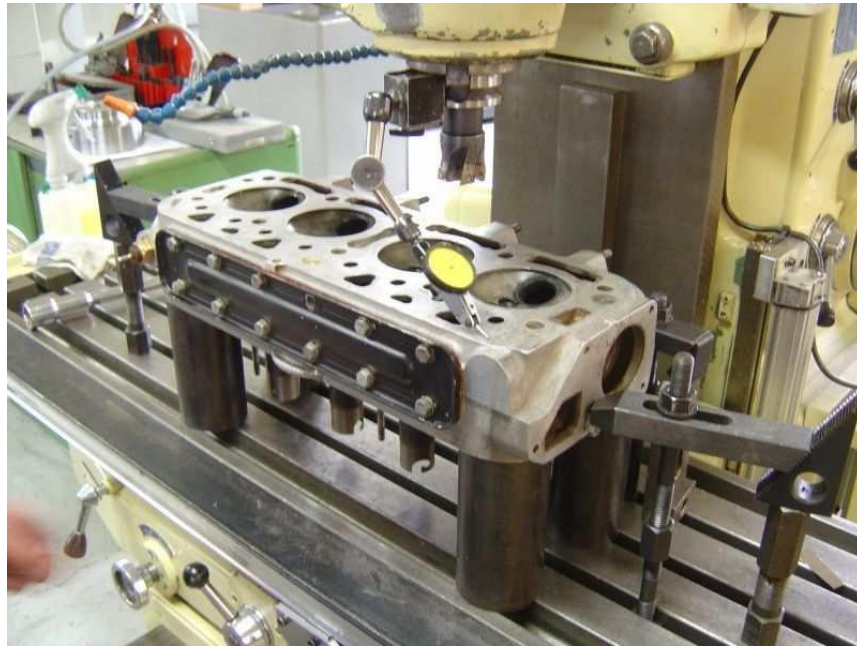
Type XCK-P plastique à double isolation, conforme à la norme EN 50047, à 1 entrée de câble

Blocs de contacts intégrés au produit complet

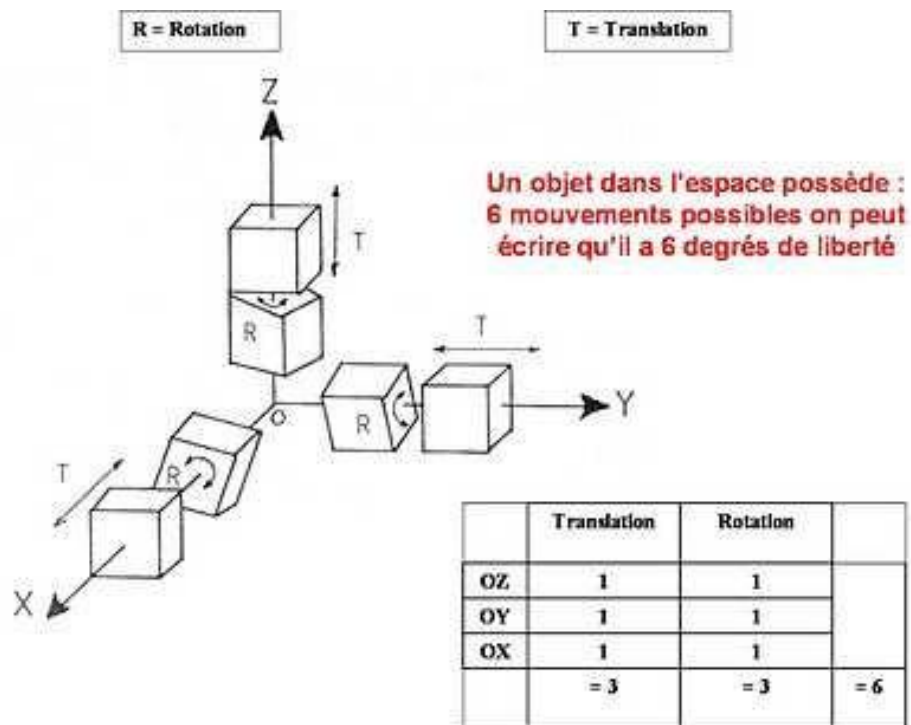


à poussoir

| | à poussoir en acier | à poussoir en acier avec soufflet de protection en caoutchouc | à poussoir à galet thermoplastique |
|---|---------------------|---|------------------------------------|
| endurance mécanique (millions de cycles de manœuvres) | 15 | 15 | 10 |
| vitesse d'attaque (m/s) | 0,5 | 0,5 | 0,3 |



Montages d'usinage



2-1-Introduction

1) But:

Les montages d'usinage sont surtout réalisés pour des fabrications série et doivent répondre à des critères particuliers:

- 1- Absorber les vibrations dues à la coupe.
- 2- Ne pas se déformer sous l'action de efforts:
 - Decoupe,
 - Debridage,
 - Des chocs accidentels,
 - Sous l'action du temps,
 - Etc.
- 3- Permettre:
 - Un engagement et un désengagement facile de la pièce,
 - Le passage des outils de coupe, de contrôle,
 - Une évacuation correcte des copeaux et lubrifiants
 - Un nettoyage facile des surfaces d'appui
- 4- Autoriser une manipulation aisée lors de son utilisation.

2-2-Etapes pour l'élaboration d'un montage:

- 1- **Eléments nécessaires au dessinateur d'outillage:**
 - Dessin de fabrication,
 - L'analyse de phase,
 - Le dossier machine,
 - Les normes d'établissement des dessins.
- 2- **Le dessinateur doit pour l'élaboration du montage:** Chercher à exploiter les outillages commerciaux, Utiliser des éléments normalisés (poignée, canon...), Eviter les solutions où le montage travaille en s'ouvrant, Stabiliser les montages avant l'usinage pour éliminer les tensions internes de coulée ou de soudure, Donner une masse importante aux portes pièces susceptibles de vibrer, sauf pour ceux qui sont déplacés à la main, des épaisseurs de 25 à 30 mm sont courantes dimensionner:
 - Brides,
 - goujons,
 - axes,
 - leviers.
 - Etc.Prévoir les guidages rectilignes très longs, si il n'y a pas de problème d'hyperstatisme:

Equilibrer les montages tournants,
 Simplifier les commandes et les mécanismes,
 Nécessaire d'agir de faire un montage perfectionné avec cames, engrenages, vérins
 uniquement si cela se justifie;
 Pour obtenir une poussée, remplacer un guidage rectiligne par une rotation
 (Exemple: excentrique),
 Penser à la sécurité de l'opérateur,
 Prévoir l'évacuation des copeaux,
 Prévoir des bornes pour le réglage des outils,
 Casser les angles des montages,
 Prévoir l'évacuation du lubrifiant, ou un circuit de lubrification intégré au montage,
 Prévoir des détrompeurs qui éviteront de mal monter la pièce,
 Si les cales de réglage sont nécessaires, les attacher au montage par une chaîne
 (pour éviter la perte),
 Penser à la manutention du montage (manilles)
 Précision du montage si possible:

précision de l'usinage pièce

10

Prévoir l'outillage de serrage tel que clef spéciale, rallonge,
 Si l'emploi de vérins est justifié ceux-ci doivent agir au serrage de pièce, le serrage étant
 assuré par des ressorts suffisamment puissants (rondelles Belleville).

2-3-Allocation des ressources aux opérations d'usinage:

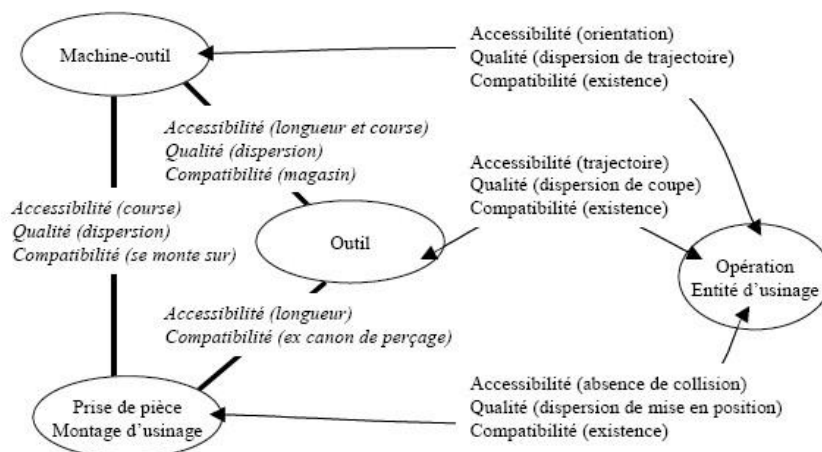


Figure 4 : Les différents liens entre les ressources (trait fort) et avec l'opération d'usinage (flèches).

Pour être effective, il est nécessaire d'associer à une opération au moins un outil de coupe, une prise de pièce et une machine-outil répondant aux critères suivants:

- **Compatibilité** : Par définition, une opération d'usinage ne peut avoir lieu que s'il existe au moins un outil, une prise de pièce et une machine-outil pour la mettre en œuvre. La prise de pièce oriente la pièce dans l'espace de travail de la machine-outil pour que l'outil puisse réaliser correctement l'opération d'usinage.
- **Accessibilité**: Pendant l'usinage, l'outil de coupe ne doit pas entrer en collision avec la pièce d'une part et les éléments constituant le montage d'usinage d'autre part. De plus, l'orientation de la pièce doit être compatible avec la cinématique de la machine-outil. Enfin, les trajectoires doivent rester dans les limites de travail de la machine-outil.
- **Qualité**: La surface usinée pendant l'opération doit être bien placée sur la pièce. Cette qualité est perturbée par l'ensemble des dispersions intervenant sur la machine-outil, l'outil, la prise de pièce et la pièce. Les dispersions de la machine-outil et de l'outil (phénomènes de coupe) sont assez bien maîtrisées. Par contre, il est plus difficile de maîtriser celles issues de la prise de pièce. Pour cela, nous avons mis en place des indicateurs de qualité permettant de s'assurer de la pertinence de la prise de pièce à garantir la qualité demandée.
- **Comportement** : Pendant l'usinage, la pièce est soumise à l'action successive des outils de coupe, à l'action du bridage et des forces d'inertie et à la réaction du posage. L'action du bridage doit être suffisante pour que la pièce conserve sa position sur la prise de pièce pendant toute la durée de l'usinage. Pour s'assurer de la stabilité, nous avons mis en place des indicateurs de stabilité mesurant la pertinence de la prise de pièce à garantir la stabilité. Cependant, les différents efforts peuvent générer des déformations pouvant nuire à la qualité de l'usinage. En effet, la méthode doit être adaptée au contexte de conception de gammes d'usinage où les calculs doivent être rapides et lancés à partir de données partiellement définies. De plus, les conditions de coupe et les trajectoires d'usinage devront être choisies pour éviter les broutements préjudiciables à la qualité de la surface usinée et à la durée de vie des différents éléments constituant le poste de travail.

Ondistinguealors

laMiseenPosition(MIP):

LA MISE EN POSITION.

Donc l'objectif d'ablocages est d'éliminer les six degrés de liberté par des appuis.

Placer les pièces dans le référentiel orthonormé de la machine et procéder à l'élimination des degrés de libertés par des appuis qui devront être matérialisés par des dispositifs de mise en position. I Immobiliser la pièce, conserver la précision de la mise en position.

- PIÈCES PRISMATIQUES

Elles peuvent être situées par exemple sur la table de la machine par six points d'appui :

Trois points par l'appui plan de la table

Deux points par l'appui linéaire de deux butées fixes ajustées dans une rainure.

Un point par l'appui d'une butée fixe.

- PIÈCES CYLINDRIQUES

Elles seront situées, en général, par cinq points d'appui :

- Quatre points pour le centrage long, utilisation de deux vés courts alignés,
- Un point pour l'appui ponctuel, utilisation d'une butée fixe .

LeMAintien Position(MAP):

Le maintien en position

Immobiliser la pièce : conserver la précision de la mise en position.

Éviter les déformations (ablocage, efforts de coupe).

- Appliquer les efforts de serrage en face des appuis dans une direction normale par rapport à la surface de contact, sauf dans le serrage par clames.

Des appuis secondaires ou vérins permettent d'éviter les phénomènes de vibrations et de déformations.

Le système adopté doit permettre :

le montage et le démontage rapide de la pièce, le passage de l'outil, le contrôle en cours d'usinage.

Les actions de serrage peuvent être verticales (brides, plateaux magnétiques), horizontales (brides, étaux), obliques (clames, montages d'usinage).

Remarque : Sous l'effet des forces de bridage , certaines pièces peuvent se déformer. Elles libéreront leurs contraintes lors du débridage ...

2-4-Types de montage de Mise en Position (MIP)-Centrage

1) Préalable: Iso statisme

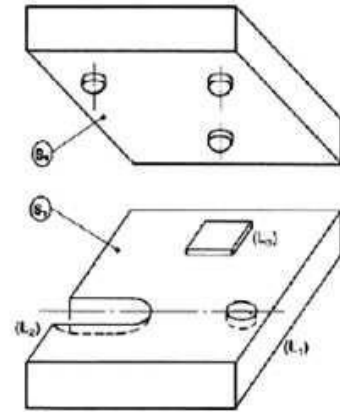
C'est l'ensemble des composants qui concourent à la liaison de la pièce et du porte pièce en permettant l'élimination des degrés de liberté (maximum 6). L'ensemble de ces composants doit permettre une remise en position identique après un nouveau montage pour assurer une bonne précision à l'usinage.

Principe de Kelvin:

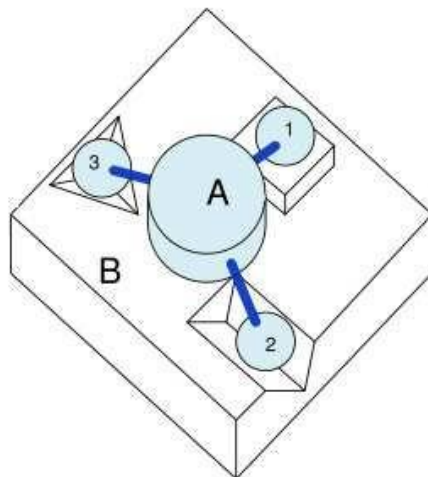
Exemple : positionnement isostatique de Kelvin

Dans ce positionnement, utilisé par exemple pour les tourelles de tour, la liaison isostatique et complète entre les pièces (S1) et (S2) est réalisée par l'association en parallèle des trois liaisons suivantes :

- (L_1) : liaison ponctuelle.
- (L_2) : liaison linéique annulaire, dont l'axe passe par le centre de la liaison rotule.
- (L_3) : liaison ponctuelle, dont la normale est perpendiculaire au plan formé par l'axe de la liaison linéique annulaire et le point de contact de la liaison ponctuelle.



Ceci dit, un mécanisme hyperstatique est souvent plus rigide qu'un mécanisme isostatique (par exemple un arbre monté sur trois paliers), ce qui est aussi un facteur de précision de position d'une pièce par rapport à un autre. Une telle construction est généralement employée pour les mécanismes de transmission d'actions mécaniques.



Iso statisme: Un mécanisme est dit **isostatique** lorsqu'il est constitué d'un ensemble de liaisons mécaniques, entre pièces qui le constituent, interdit de façon **optimale** (sans surabondance) certains degrés de liberté, en vue d'obtenir le ou les mouvement(s) de sortie attendu(s).

Hyper statisme: Un mécanisme est dit **hyperstatique** lorsqu'il est constitué d'un ensemble de liaisons mécaniques entre pièces qui le constituent interdit de façon **surabondante** certains degrés de liberté, en vue d'obtenir le ou les mouvements de sortie attendus (pour des questions de résistance, de précision, de pièces déformables notamment, pour permettre le fonctionnement dans certains cas de figure, ...).
L'assemblage d'un mécanisme

L'assemblage des pièces d'un mécanisme hyperstatique n'est possible que dans les cas suivants:

1. Les surfaces fonctionnelles sont réalisées avec une très grande précision.
2. On accepte des jeux importants.
3. On accepte de déformer les pièces lors du montage.
4. On lutte contre l'hyperstatique en choisissant des liaisons convenables.

2) Représentation:

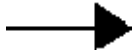

Règles d'isostatisme:

- Les symboles sont toujours placés du côté libre de la matière, normalement à la surface.
- Chaque symbole précise la suppression d'un degré de liberté
- Chaque pièce possède 6 degrés de liberté. L'immobilisation en position d'une pièce nécessitera au maximum 6 symboles de base.
- Chaque surface concernée par la MIP doit être à l'origine d'une cote de fabrication.

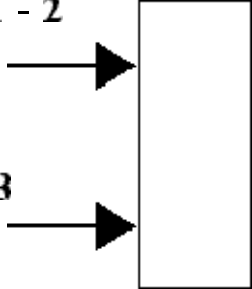

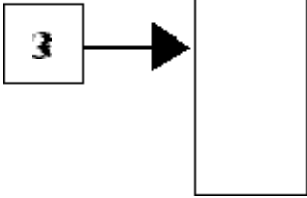
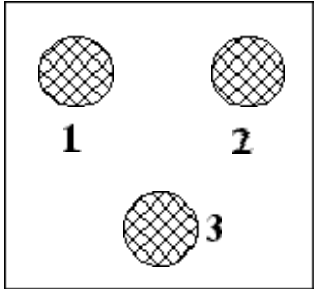
1ère partie de la norme (NFE 04-013)

Elle concerne les symboles de base utilisés dans la définition d'une mise en position géométrique d'une pièce. Elle ne permet pas de connaître les technologies utilisées pour la mise en position.
Elles s'appliquent lors de la réalisation d'APEF.

Symboles de base:

| Symboles de base | |
|--|---|
|  |  |

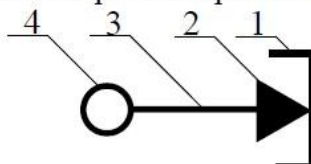
Exemples:

| Exemples équivalents | | |
|---|---|---|
| Symbolisations frontales équivalentes | | Symbolisation projetée |
| Représentation normale | Représentations simplifiées | |
| <p>1 - 2</p>  <p>3</p>  |  |  |

2ème partie de la norme (NFE04-013)

Elle concerne les symboles utilisés sur les contrats de phase pour représenter les éléments d'appui et de maintien des pièces au cours de l'usinage.
Chaque symbole se construit à l'aide de quatre éléments.

Partie Technologique de la norme
Un symbole peut comporter 4 éléments



Cette symbolisation est destinée à définir les types de solutions technologiques à utiliser pour mettre en position et maintenir en position une pièce au cours de sa fabrication

| 1 – NATURE DU CONTACT AVEC LA SURFACE OU LE TYPE D'APPUI | | | | |
|--|----------------------|--|---|--|
| Contact ponctuel | Contact surfacique | Contact strié | Pointe fixe | Pointe tournante |
| | | | | |
| Contact dégage | Cuvette | Vé | Palonnier | Orienteur |
| | | | | |
| 2 – FONCTION DE L'ÉLÉMENT GEOMÉTRIQUE | | | | |
| Mise en position | Centreur complet | | Appui | |
| Départ de cotation | Centreur dégage | | Pré positionnement Opposition aux déformations ou aux vibrations | |
| 3 – NATURE DE LA SURFACE DE LA PIÈCE | | | | |
| Surface usinée (un seul trait) | | | Surface brute (deux traits) | |
| 4 – TYPE DE TECHNOLOGIE | | | | |
| Appui fixe | | Pièce d'appui, touche ... | | Touche de prélocalisation, détrompeur ... |
| Centrage fixe | | Centreur, Broche ... | | Précentreur ... |
| Système à serrage | | Mise en position et serrage concentrique | | Bride, Vérin ... |
| Système à serrage concentrique | | Mandrin, Pincettes expansibles ... | | Entraîneur (serrage concentrique flottant) ... |
| Système de réglage irréversible | | Appui réglable de mise en position ... | | Appui réglable de soutien ... |
| Système de réglage réversible | | Appui réglable ... | | Antivibreur ... |
| Centrage réversible | | Pied conique, Broche conique ... | | Pied conique, Broche conique ... |

Appuis ponctuels

- Touches ponctuelles axiales.

Surfaces brutes.

Les touches d'appuis sont, en principe, sphériques. La pièce, lors du serrage, prend sa place avec la formation de petites empreintes sphériques.

Surfaces usinées.

Les touches d'appuis sont, en principe, planes. On évite ainsi de marquer la pièce lors du serrage. Il faut toutefois veiller à ce que la pression de contact soit nettement inférieure à la limite élastique du matériau de la pièce.

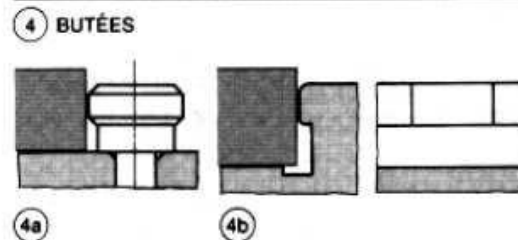
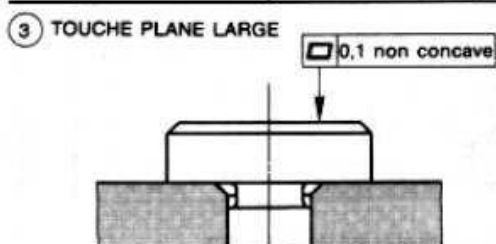
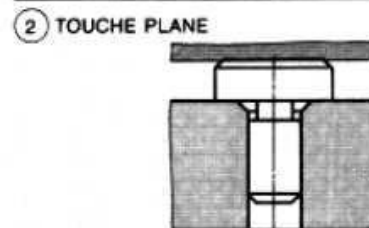
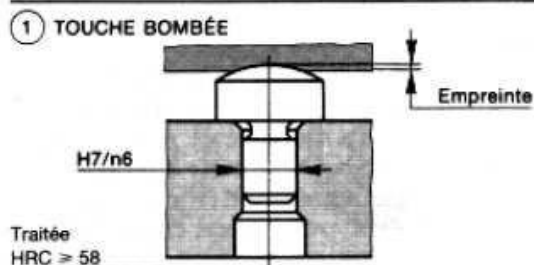
REMARQUES

- Si l'aire de la surface de contact est relativement importante (touche plane large), son action n'est plus comparable à celle d'une normale de repérage et la mise en position de la pièce devient aléatoire. On remédie à cet inconvénient en précisant que seule une surface non concave est admise.

- Touches ponctuelles radiales

Ces touches sont en contact avec la pièce par une de leur génératrice (fig. 4a). Comme précédemment, s'il est nécessaire d'éviter de marquer les surfaces usinées, on utilise les touches plates dont l'aire est fonction de la pression admissible (fig. 4b).

Pour des raisons de montage on utilise, dans certains cas, une butée dégagée ou « locating ». La qualité de celle mise en position n'est obtenue que pour des pressions négligeables.



Appuis plans

Un appui plan est équivalent à trois normales de repérage.

En fonction des pressions de contact admissibles, on choisit :

- . Soit trois contacts ponctuels, aussi distants que possible;
- . Soit une surface plane dont on ne conservera que trois portées ;
- . Soit une surface plane dégagée dans sa partie centrale;
- . Soit une surface plane continue; on précise, dans ce cas, que seule surface non convexe est admise.

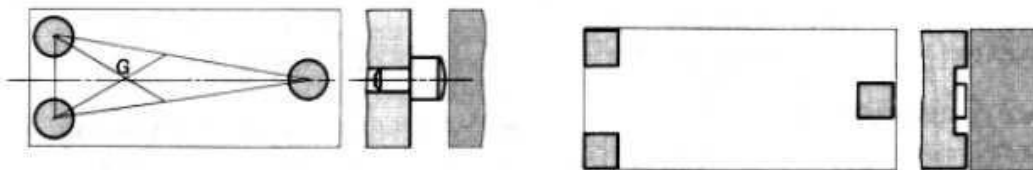
On obtiendra

- soit une surface plane,
- soit une surface concave.

Cette spécification de forme restrictive assure, dans tous les cas, une portée correcte de la pièce usinée sur son appui.

REMARQUES :

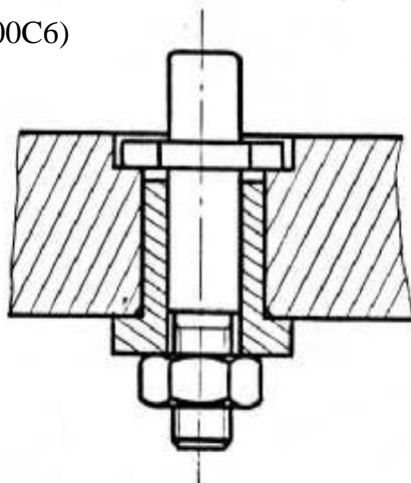
- Pour une bonne stabilité d'un appui plan à trois contacts, on recherche, que la résultante des forces élémentaires de contact soit sensiblement confondue avec le centre de gravité G du triangle de sustentation (G est à l'intersection des médianes).
- Entre deux surfaces planes de haute précision il est relativement difficile de chasser l'air et d'assurer une portée parfaite. On peut remédier à cet inconvénient en rainurant la surface concernée du montage.



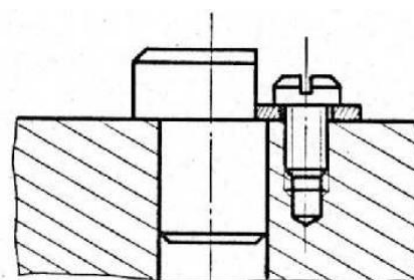
2-5 Les montages MIP

Centrages:

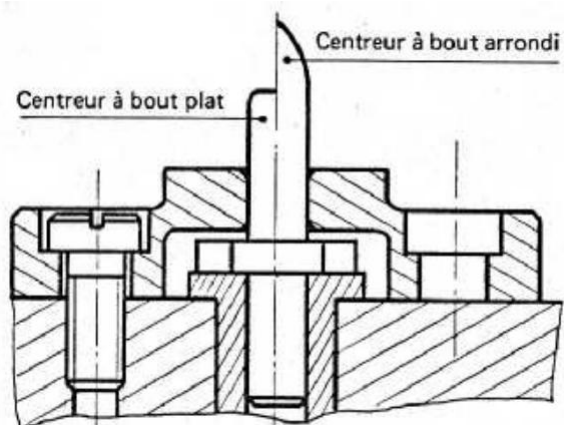
Centreur fileté (100C6)



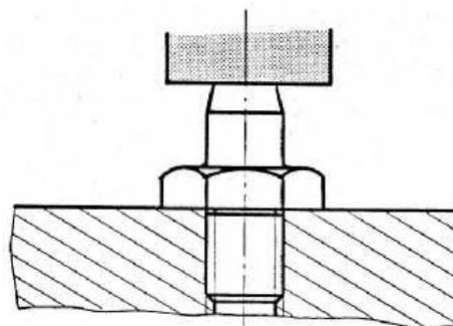
Appui à emmancher:



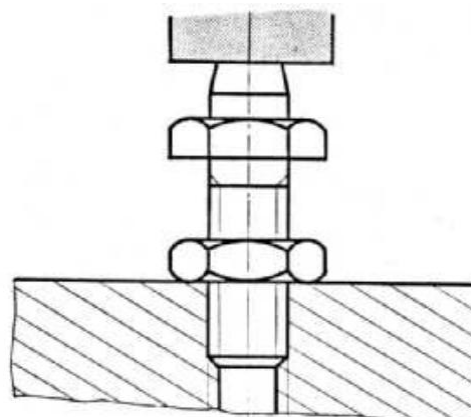
Appui à centreur incorporé:



Borned'appui:



Borned'appui réglable:



Centrage:

Centreurs pour arbres

Centreurs courts

Les centreurs courts éliminent deux degrés de liberté et les conditions à respecter sont les mêmes que, celles des centreurs pour alésages. Le jeu J nécessaire au montage et au démontage de la pièce limite la précision en coaxialité.

Centreurs longs

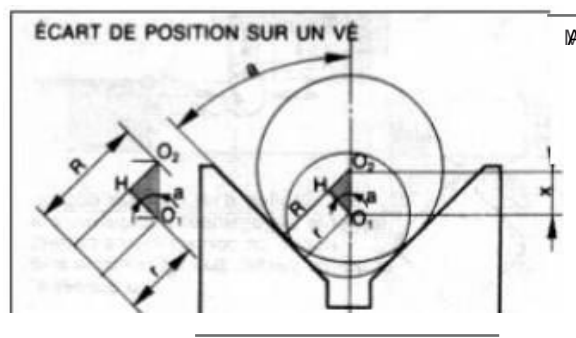
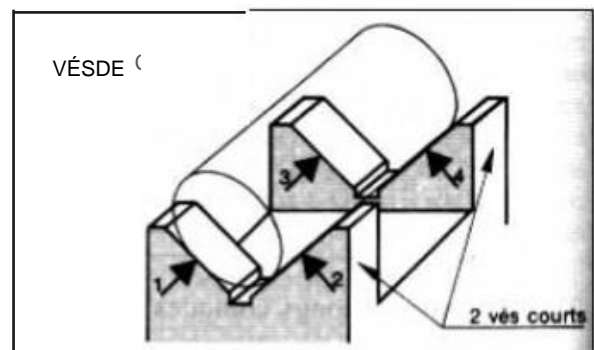
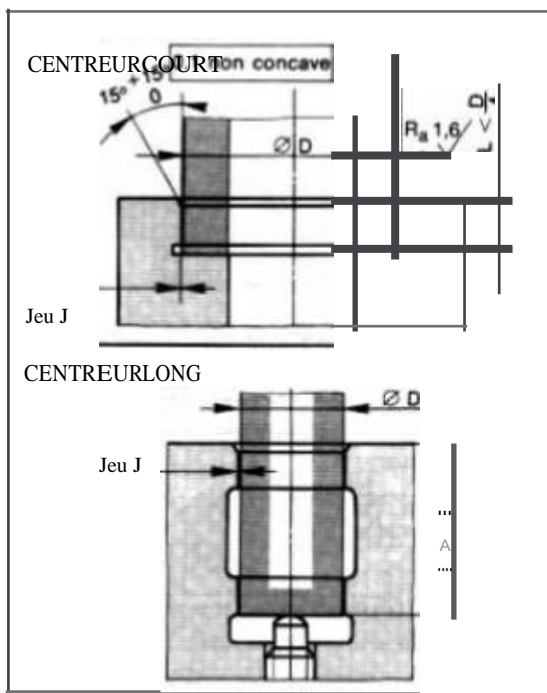
L'élimination des quatre degrés de liberté est obtenue par un alésage long, dégagé dans sa partie centrale.

On peut dire aussi qu'on matérialise deux centreurs courts.

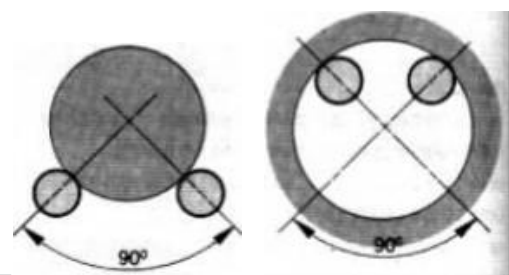
Véses de centrage

Les véses de centrage donnent une excellente qualité de la mise en position. Suivant les degrés de liberté à éliminer, on utilise:

- soit une vésede court (élimination de deux degrés de liberté),
- soit deux vésede courts (élimination de quatre degrés de liberté).



MATÉRIALISATION DW Vt PAR 2 BROCHES



Centreurs fixes

Centreurs courts

Les centreurs courts éliminent deux degrés de liberté. On améliore l'isostatisme de mise en position

- en réduisant, en fonction des pressions admissibles, les portées au maximum (longueur faible, centreur dégagé);

- en spécifiant que seule une génératrice \parallel à la concavité est admise.

Pour faciliter l'engagement, prévoir un chanfrein de précentrage relativement important.

Centreurs longs cylindriques

La surface cylindrique de centrage conserve à la pièce un degré de liberté en rotation et un degré de liberté en translation.

Pour obtenir une mise en position axiale, on lui associe un plan qui lui est rigoureusement perpendiculaire. L'immobilisation en rotation est obtenue par l'action d'un serrage.

Le jeu J_n est nécessaire au montage et au démontage manuels de la pièce limitant la précision en coaxialité.

Centreurs longs coniques

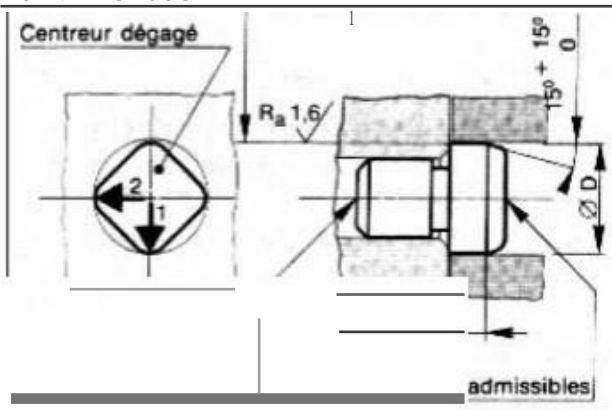
Le centrage obtenu est de très haute qualité. Les écarts de position axiale lors du montage de différentes pièces d'une série et le faible couple d'enclenchement de ces centreurs sont surtout utilisés pour des montages de contrôle.

REMARQUES:

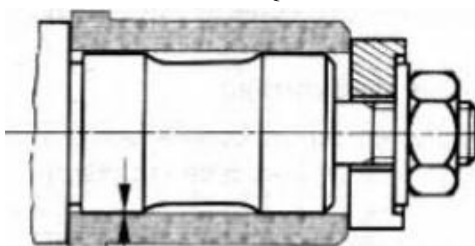
- La réduction des portées améliore l'isostatisme mais augmente quelquefois le prix d'achat.

- En principe, toutes les surfaces de portées sont traitées pour obtenir une dureté HRC 50.

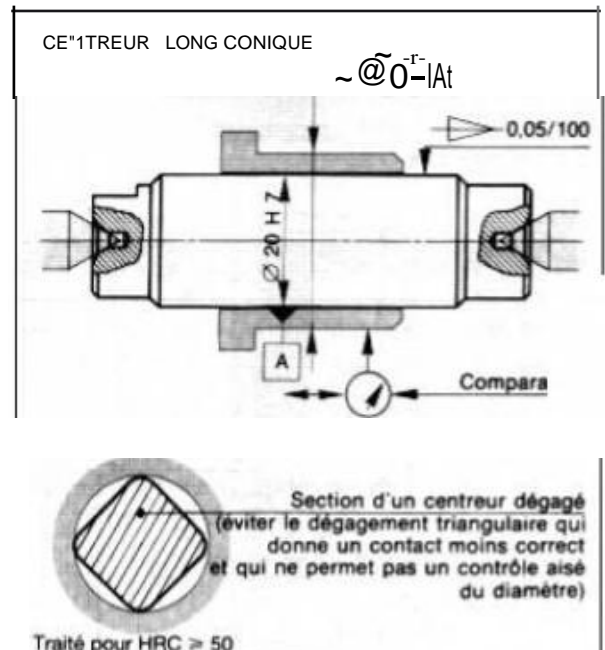
CENTREUR COURT



CENTREUR LONG CYLINDRIQUE



Jeu J



2-5-Types de montage de Maintien en Position (MAP) – bridage

Les étaux sont un moyen usuel de prise de pièces. On distingue les étaux à commande manuelle, à commande hydraulique et à commande oléopneumatique.

Il faut veiller, en fonction de la précision exigée, à ce qu'au moment du serrage l'action des mors conserve la mise en position initiale de la pièce.

EXEMPLES DE MORS SPÉCIAUX :

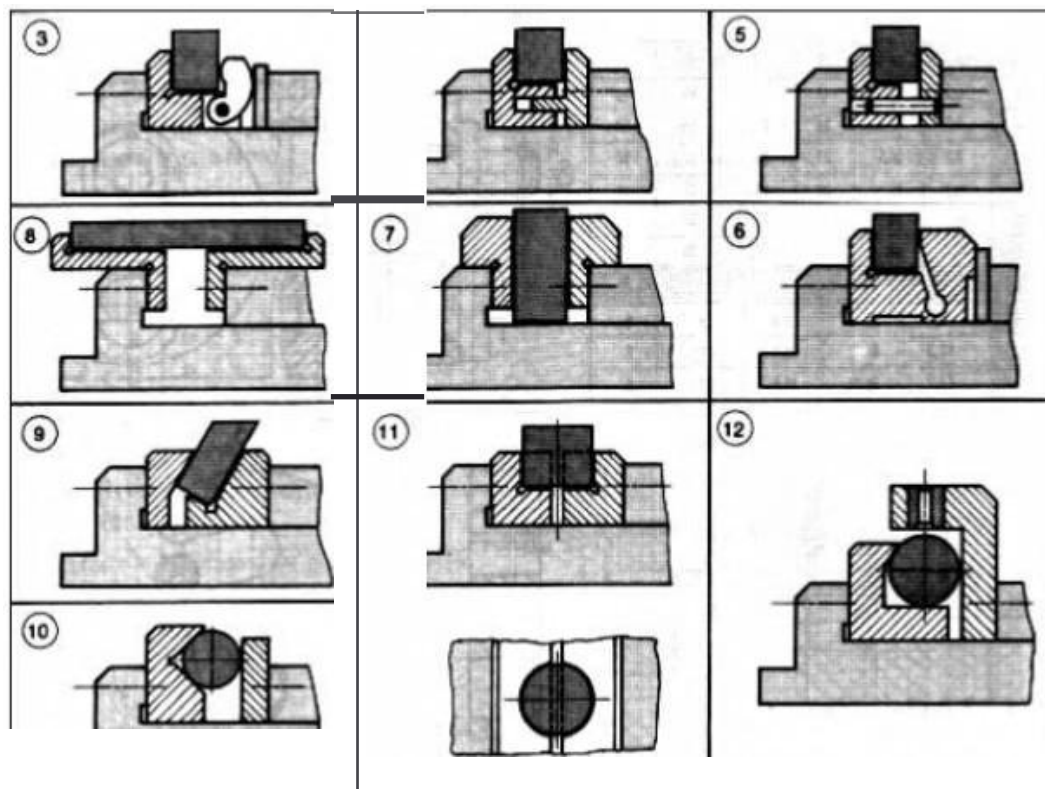
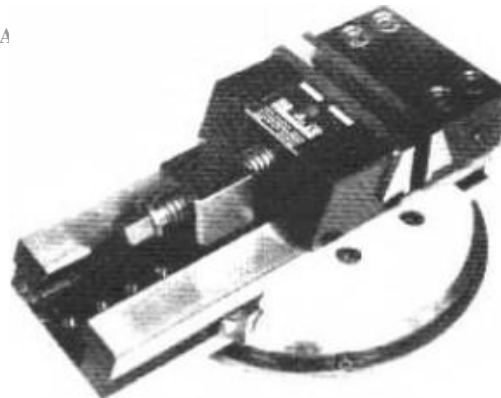
Figures 2 à 6: Le mors mobile à tendance à soulever la pièce de son appui, on y remédie à cet inconvénient en concevant des mors spéciaux en fonction des conditions de fabrication et des tolérances à respecter.

Figure 7 et 6: Augmentation de la capacité de serrage en longueur et en hauteur.

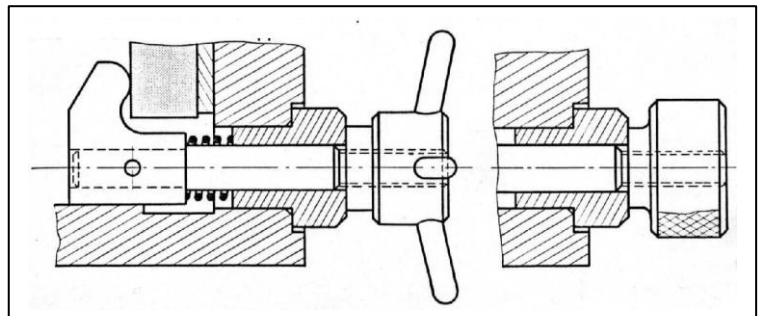
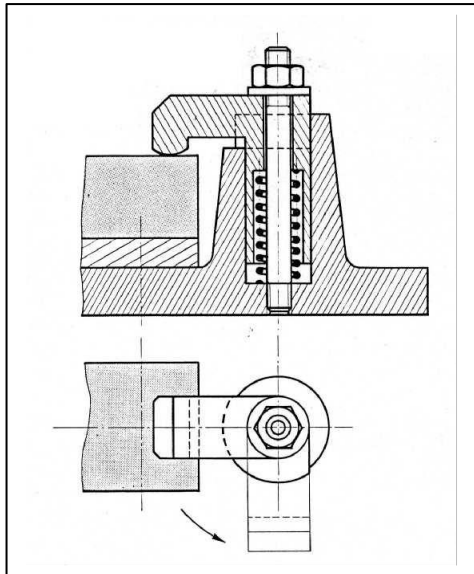
Figure 9: La poussée du mors mobile doit appliquer la pièce sur ses appuis.

Figures 10 à 12: Prises de pièces cylindriques.

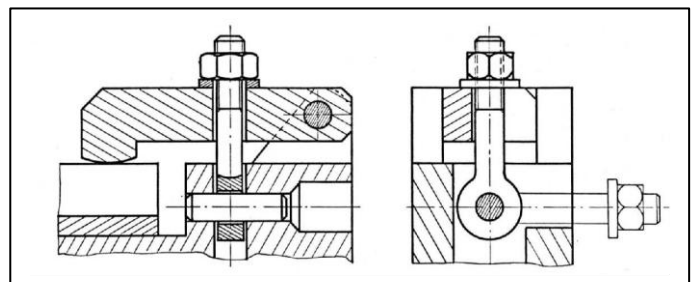
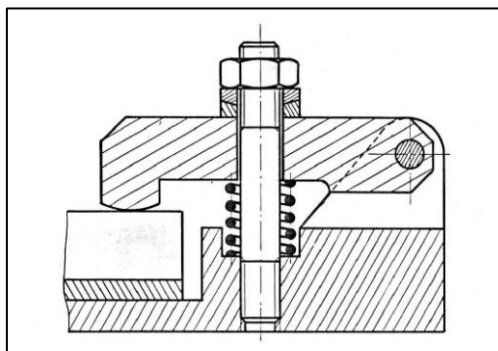
0 ÉTAU A



2-1 Bride rotative à talon: 2-2 Bride à crochet avec talon d'appui:

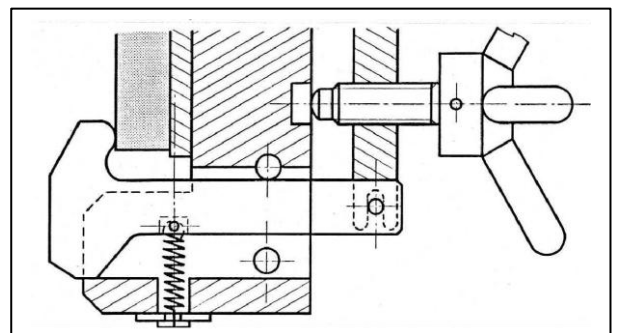
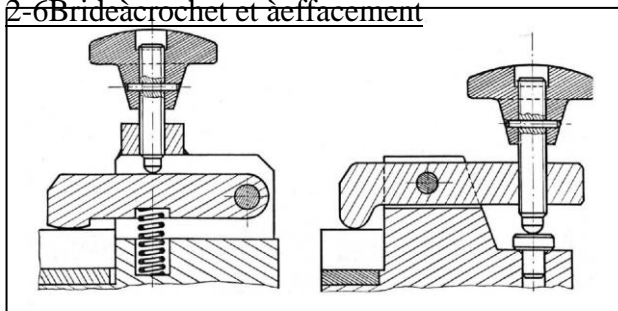


2-3 Bride articulée: 2-4 Bride avec boulon à œil:

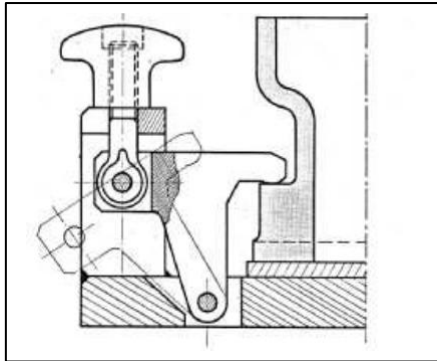


2-5 Bridage avec écrous croisés:

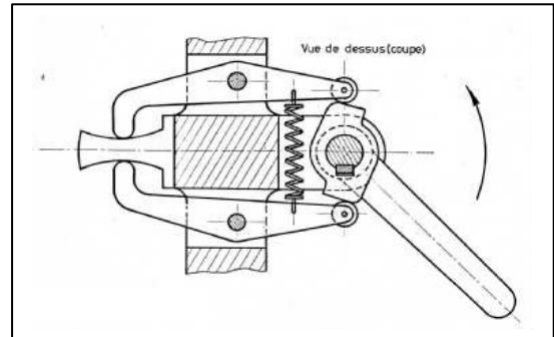
2-6 Bride à crochet et à effacement



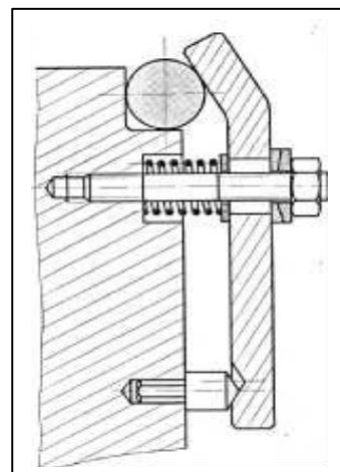
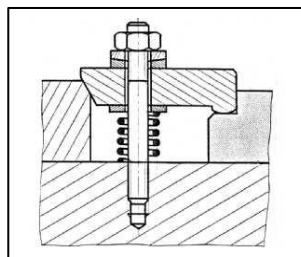
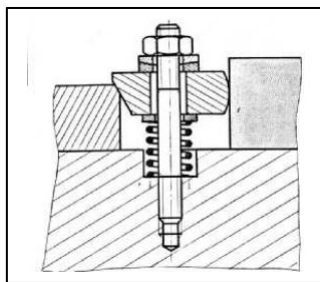
2-7Brideéclipsable:



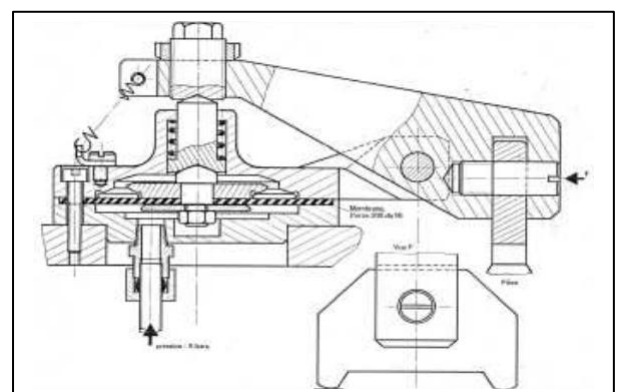
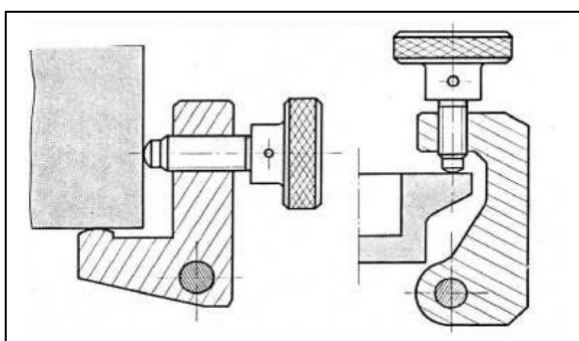
2-8Dispositifdedégauchissage:



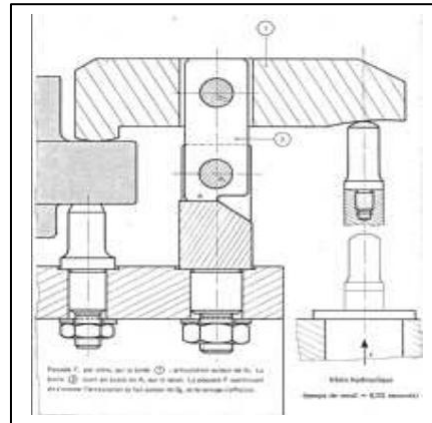
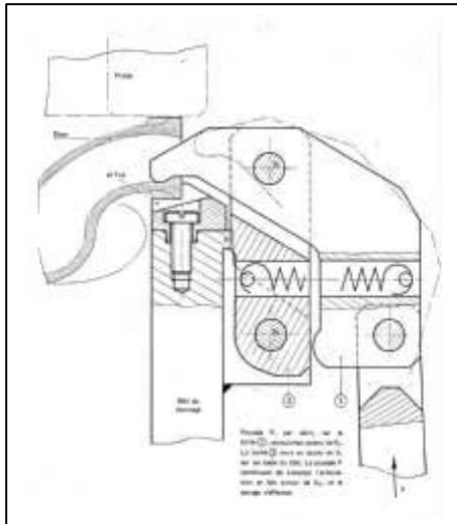
2-9Bridageavecvisetbrideàactionscombinées:2-10Bridageàactionde serrageoblique:



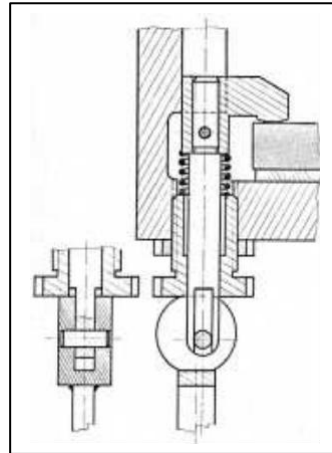
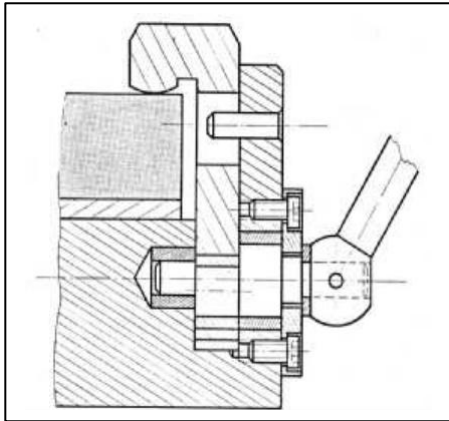
2-11Renvoieserrage:2-12Bridageparpalonnieràcommandeparmembrane:



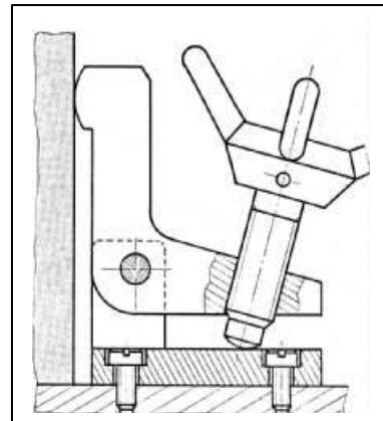
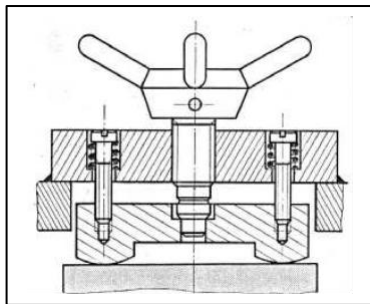
2-13 Bridage à évolution et serrage rapide: 2-14 Bridage à évolution et serrage rapide:



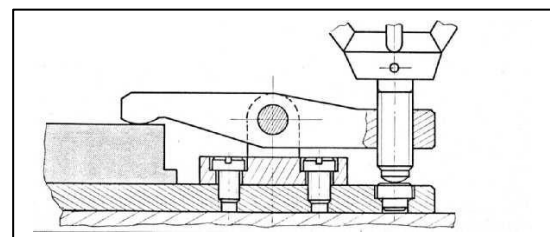
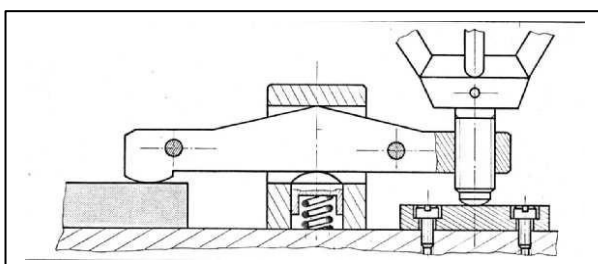
2-15 Bridage par excentrique et poignée: 2-16 Bridage par came:



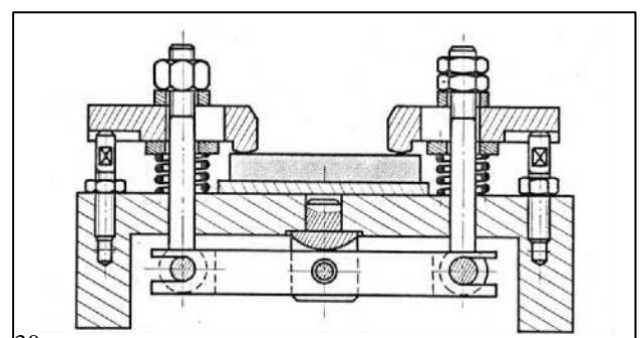
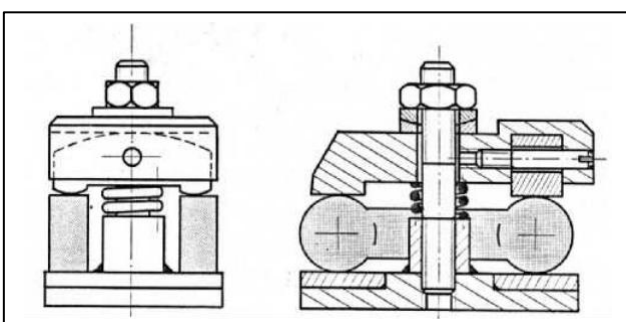
2-17 Bridage sur palonnier à faible amplitude: 2-18 Bridage par renvoi de serrage



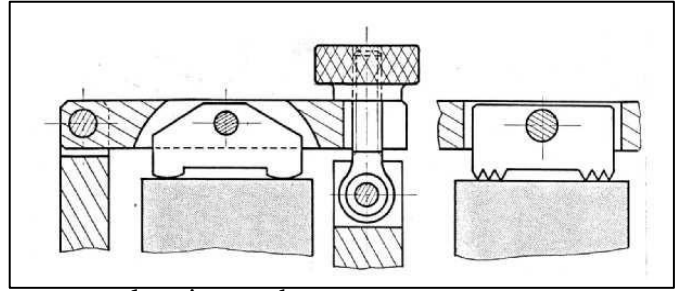
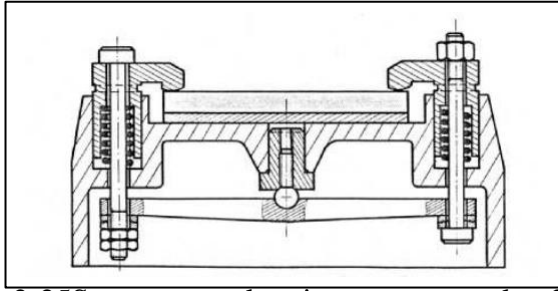
2-19 Bridage éclipable: 2-20 Bridage par renvoi de serrage par bride:



2-21 Serrage sur palonnier: 2-22 Renvoi de serrage sur palonnie

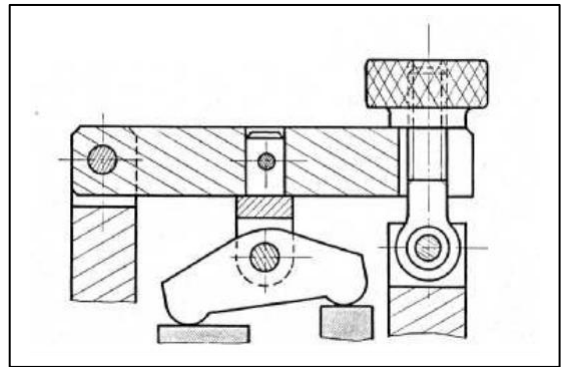
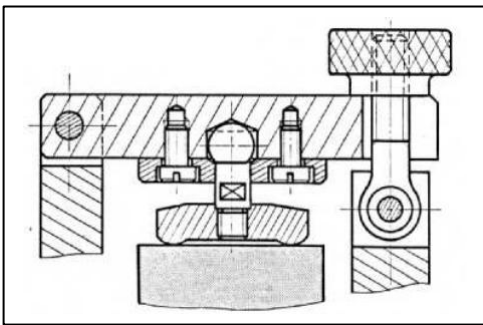


2-23 Renvoi de serrages sur palonnier: 2-24 Serrage, sur palonnier, par deux contacts ponctuels

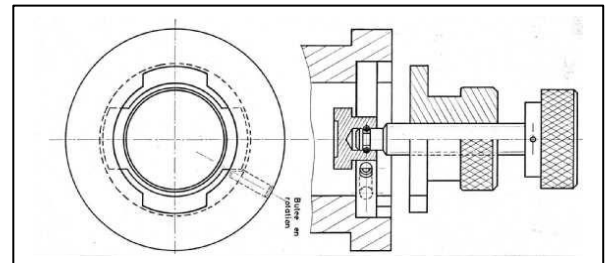
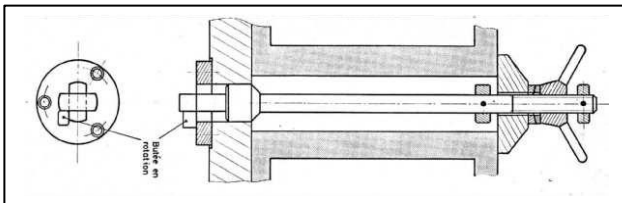


2-25 Serrage, sur palonnier, par contact plan:
(articulations sphérique)

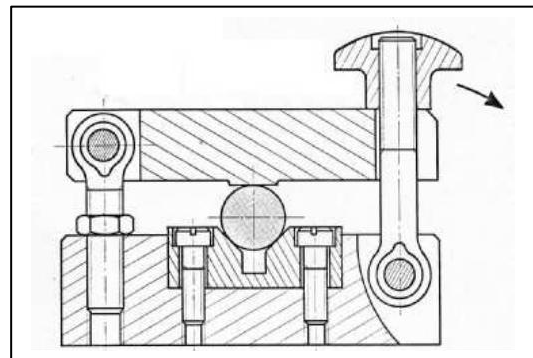
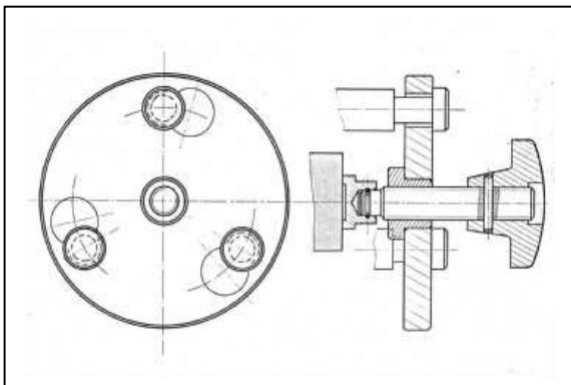
2-26 Serrage, sur palonnier, par deux contacts ponctuels: (surfaces dénivellement important)



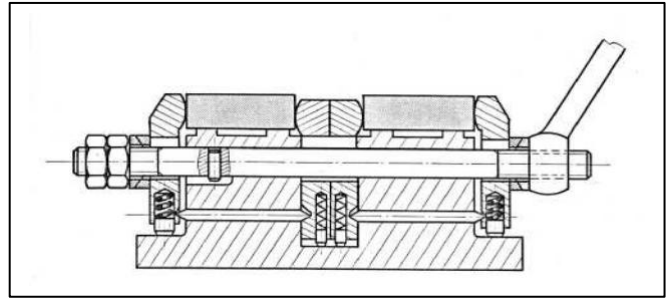
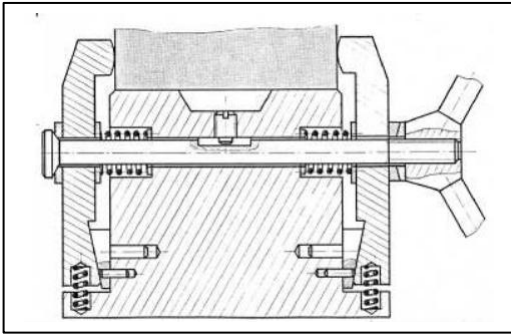
2-27 Serrages spéciaux dits à baïonnette: 2-28 Serrages spéciaux dits à baïonnette:



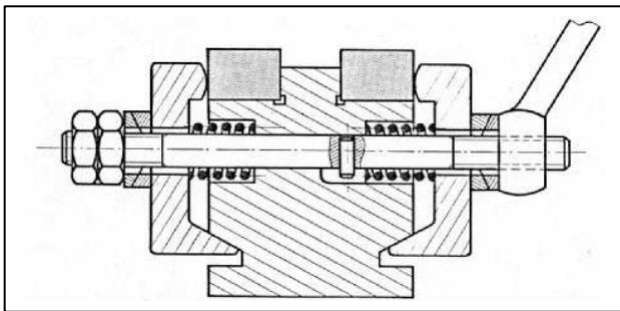
2-29 Serrage annulaire, effacement 2-30 Serrage de pièces cylindriques:
par boutonnière:



2-31 Serrage par double bride: 2-33 Serrages simultanés:



2-34 Serrage simultan



LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

Dans le domaine de l'automatisation de processus industriels, l'évolution de techniques de contrôle/commandes est traduite par:

- Un développement massif,

Une approche de plus en plus globale des problèmes, •

une intégration dès la conception de l'installation.

On est ainsi passé du stade de la machine automatisée à celui du système automatisé de production

3-1- Structure des systèmes automatisés de production (SAP):

Tout système automatisé comporte:

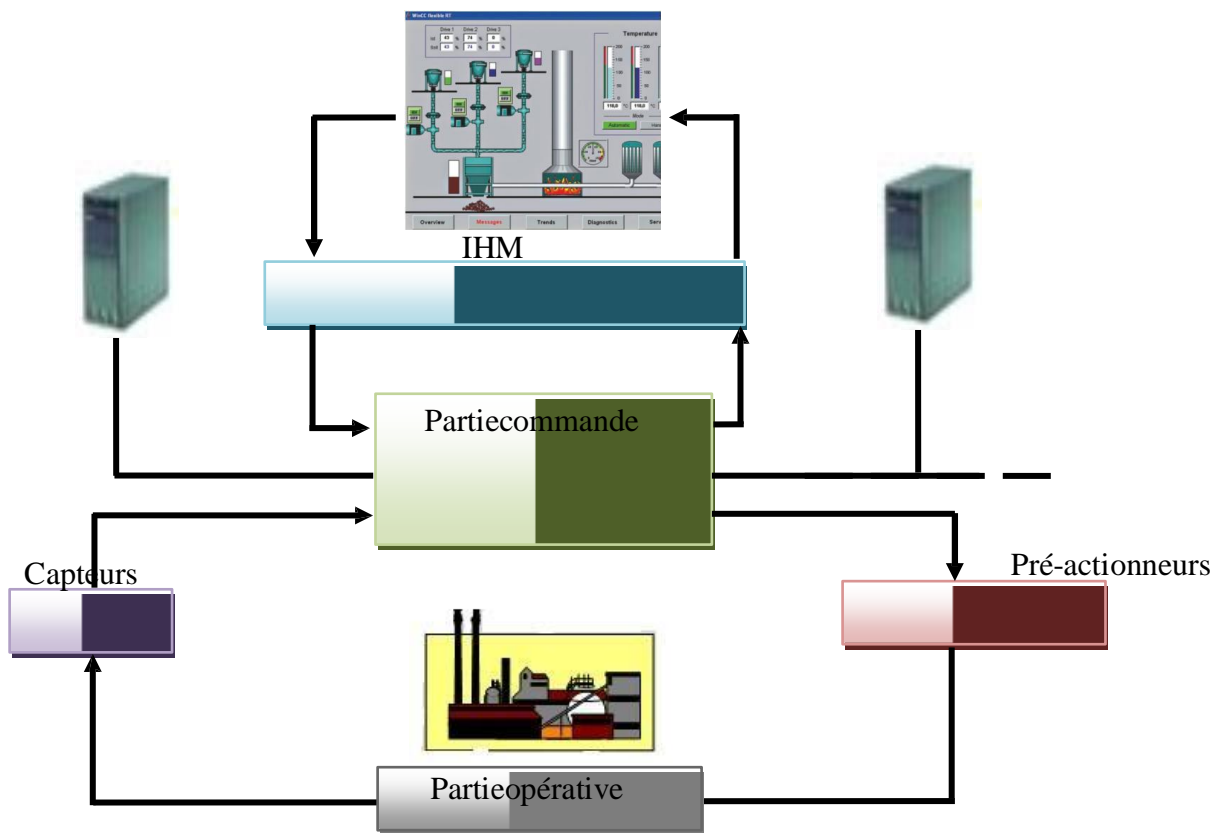


Figure 3-1: Structure d'un système automatisé

- Une partie opérative (**P.O**) procédant au traitement des matières d'œuvre afin d'élaborer la valeur ajoutée; c'est la partie mécanique du système qui effectue les opérations. Elle est constituée d'actionneurs tels que vérins, moteurs... utilisant de l'énergie électrique, pneumatique, hydraulique...
- Une partie interface (**P.I**): est la partie se trouvant entre les deux faces PO et PC Traduisant les ordres et les informations.
- Une partie commande (**P.C**) coordonnant la succession des actions sur la Partie Opérative avec la finalité d'obtenir cette valeur ajoutée.

La structure simplifiée d'un ensemble automatisé peut se décomposer en trois parties essentielles:

- les entrées Tout Ou Rien (TOR), parfois analogiques, destinées à fournir des informations sur l'état du processus: fin de course, détecteur de niveau, pressostat, thermostat, ect,
- L'automate qui traite les différentes informations d'entrée afin d'élaborer les ordres, les sortis transmettant les ordres élaborés par l'automate, aux différents actionneurs ou pré-actionneurs: voyants, distributeurs de vérins, contacteurs de moteur,

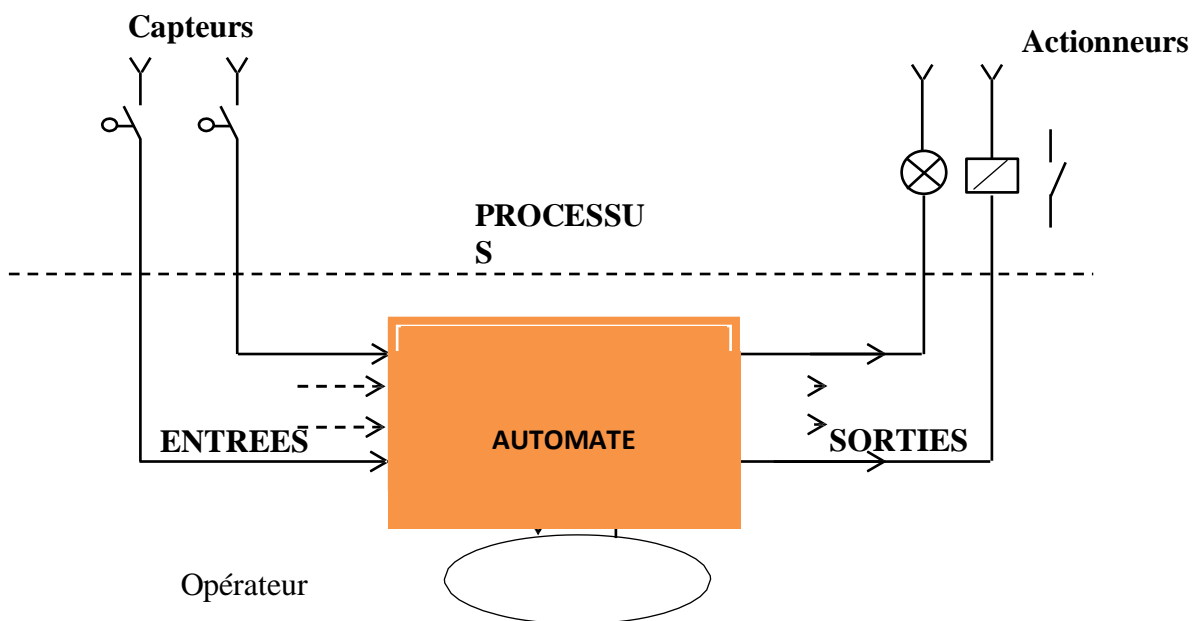


Figure 3-2: principe de lecture et commande de l'API

Selon sa complexité, la réalisation de la partie commande (PC) fait appel à diverses technologies dont les plus couramment utilisées sont:

- | | | |
|---|---|--------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Les relais électromécaniques • Les relais statiques électroniques les relais pneumatiques | } | LOGIQUE CABLEE |
| <ul style="list-style-type: none"> • L'automate programmable • Les cartes électroniques à base d'un microcontrôleur | } | LOGIQUE PROGRAMMEE |

A partir d'une certaine complexité, les relais électromécaniques et les relais statiques deviennent lourds à mettre en œuvre et le coût de l'automatisation est difficile à estimer.

L'automate programmable évite de faire appel à l'ordinateur qui, lui assure souvent des performances trop élevées pour le problème à résoudre et demande un personnel spécialisé.

Particulièrement bien adaptés aux problèmes de commandes séquentielle et d'acquisition des données, les API autorisent la réalisation aisée d'automatismes comprenant de quelques dizaines jusqu'à plusieurs milliers d'entrées/sorties.

3-2-Architecture matérielle des API

3-2-1-Description générale:

Un automate programmable industriel se présente sous la forme d'un ou plusieurs profilés supports (**racks**) dans lesquels viennent s'enficher les différents modules fonctionnels:

- L'alimentation 110/220 VCA ou 24 VCC
- L'unité centrale de traitement à base de microprocesseur,
- Des cartes d'entrées/sorties logiques (TOR),
- Des cartes d'entrées/sorties analogiques (ANA),
- Des cartes de comptage rapide,
- Des cartes de communication (CP),
- Des cartes spécifiques pour: réseaux, asservissement, régulation commandée d'axe....

Chaque module d'entrée/sortie comporte un bornier de raccordement et un ensemble de LEDs visualisation de l'état logique de chaque voie.

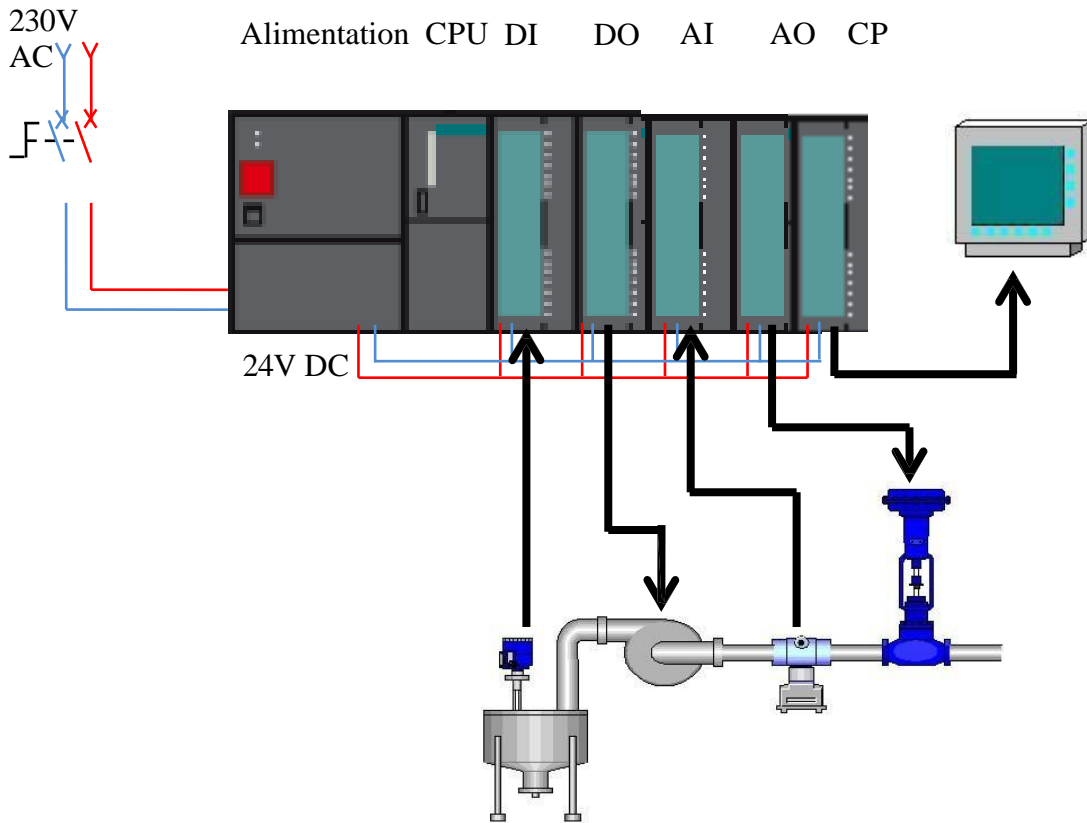


Figure 3-3: principe de lecture et commande de l'API

Cette organisation modulaire permet une grande souplesse de configuration adaptée aux besoins de l'utilisateur ainsi qu'un diagnostic et une maintenance facilités.

3-2-2 cartes d'entrées TOR:

Chaque carte comporte généralement 8, 16, 32 entrées logiques et peut correspondre au schéma fonctionnel ci-dessous:

L'API reçoit les informations du processus à partir des **capteurs liés aux entrées** de l'API. Le rôle de ces capteurs est de fournir des informations, par exemple, des capteurs qui reconnaissent si une pièce d'usinage se trouve à une position donnée ou de simples commutateurs ou boutons poussoirs, qui peuvent être ouverts ou fermés, appuyés ou relâchés.

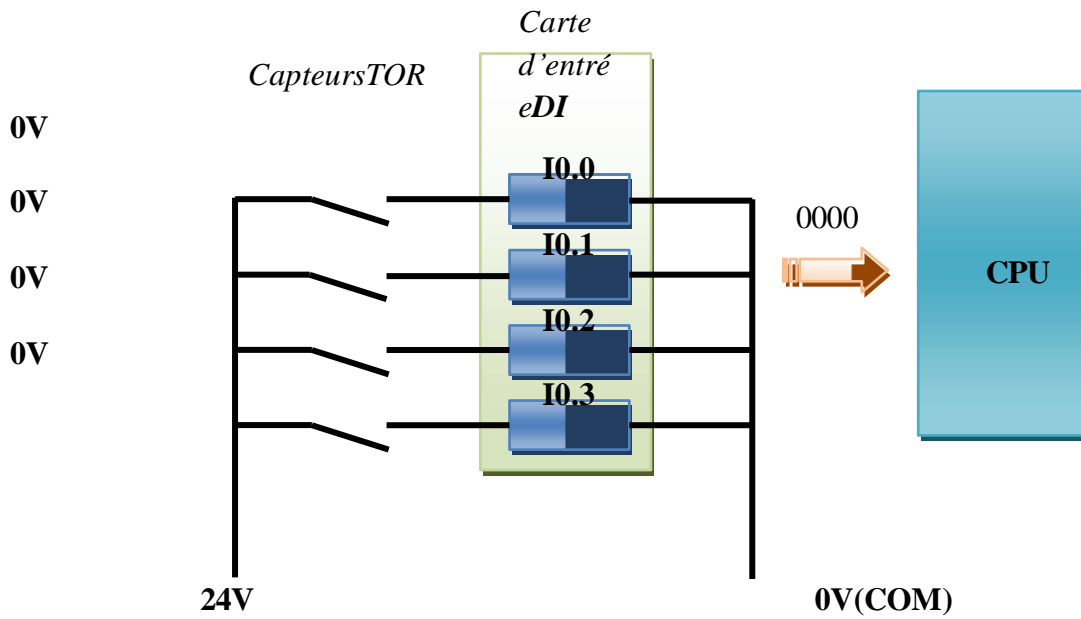


Figure3-4 : Principe de connexion des entrées états au repos

On distingue également entre les **contacts à ouverture** qui sont fermés au repos et les **contacts à fermeture** qui sont ouverts au repos.

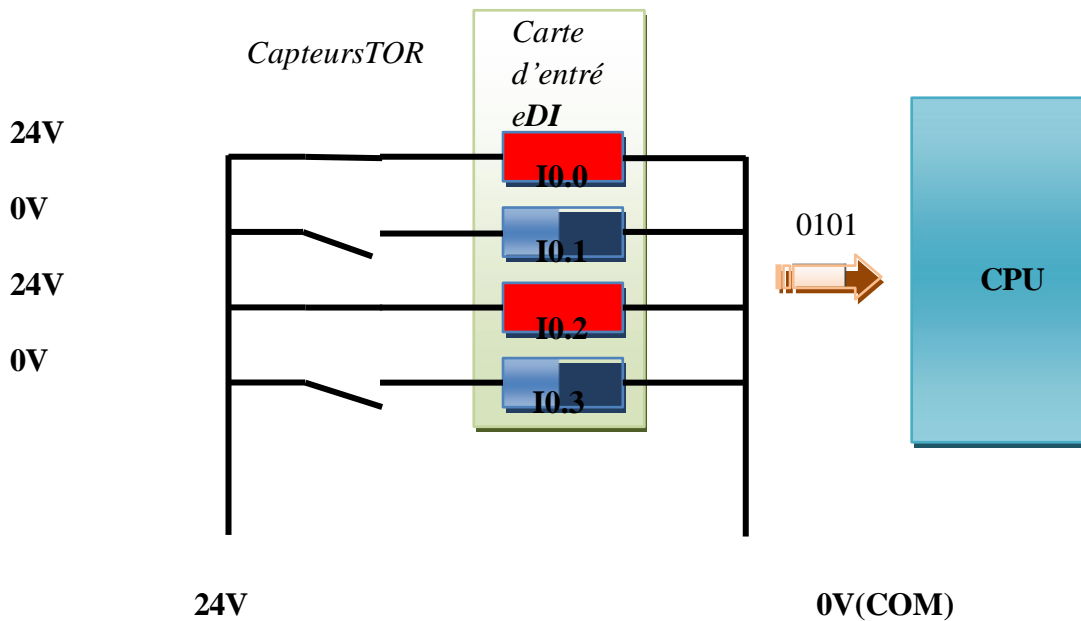


Figure3-5 : Principe de connexion des entrées états actionnées

Les capteurs TOR sont connectés ensemble par le pôle plus 24V fourni par l'automate et les sorties sont connectées aux entrées I0.0, I0.1, I0.2,

3-2-3- cartes des sorties TOR:

Chaque carte comporte généralement 8, 16, 32 sorties logiques et peut correspondre au schéma fonctionnel suivant:

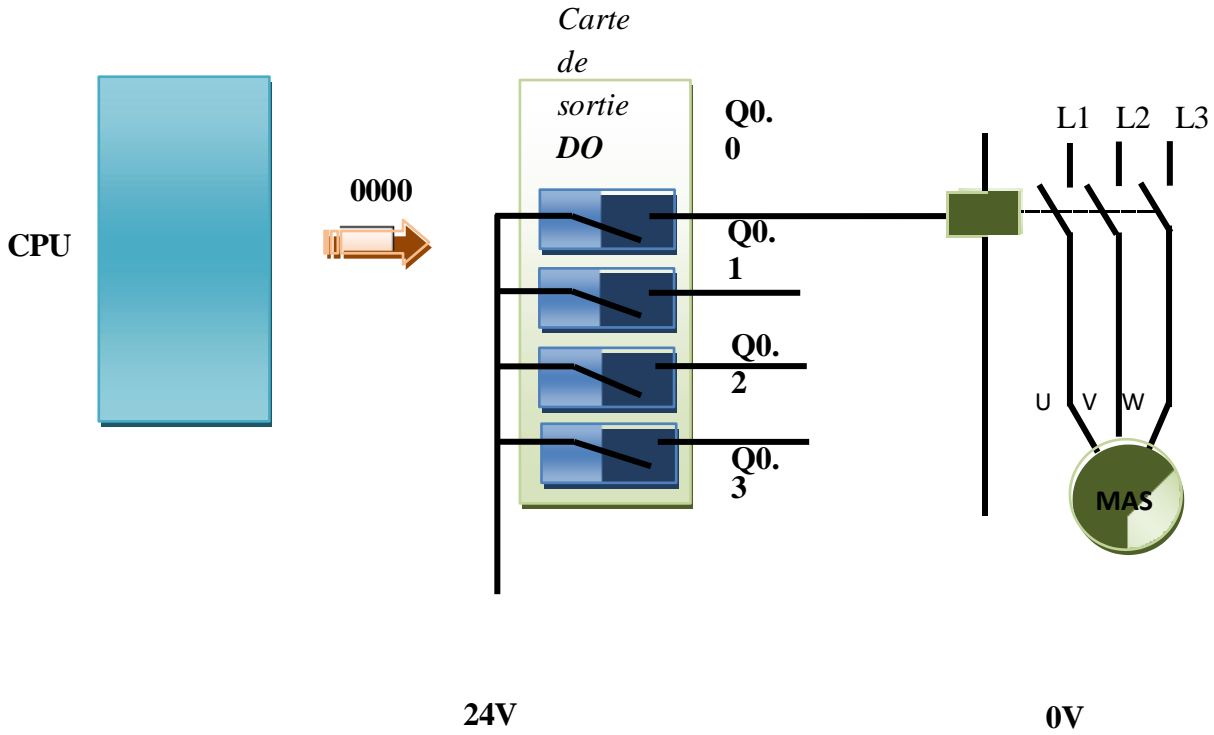
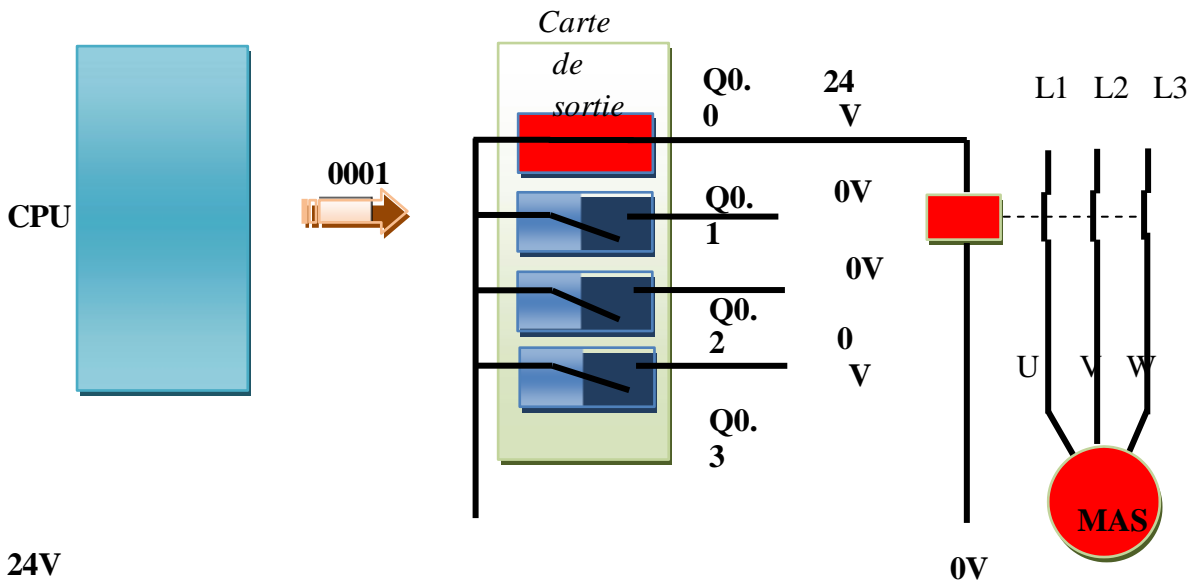


Figure 3-6 : Principe de connexion des sorties états au repos



L'API commande le processus en connectant des actionneurs via les points de connexion de l'API appelés **sorties** à une tension de commande de 24V p.ex.. Ceci permet de Démarrer ou d'arrêter un moteur, de faire monter ou descendre des vannes ou d'allumer et éteindre des lampes. Les pré-actionneurs se connectent à la borne négative 24V de l'automate et suivant le programme traité l'automate est équipé par des relais distribués 24V vers les pré-actionneurs. Dans ce cas le moteur ne fonctionne que si le programme autorise la fermeture de relais Q0.0.

3-2-5-Cartes d'entrées/sorties analogiques:

À la différence des signaux binaires qui ne peuvent prendre que les deux états "Tension disponible +24V" et "Tension indisponible 0V", les signaux analogiques sont capables (dans une certaine plage donnée) de prendre n'importe quelle valeur comprise entre 0V et 10V ou de 0 à 20mA.

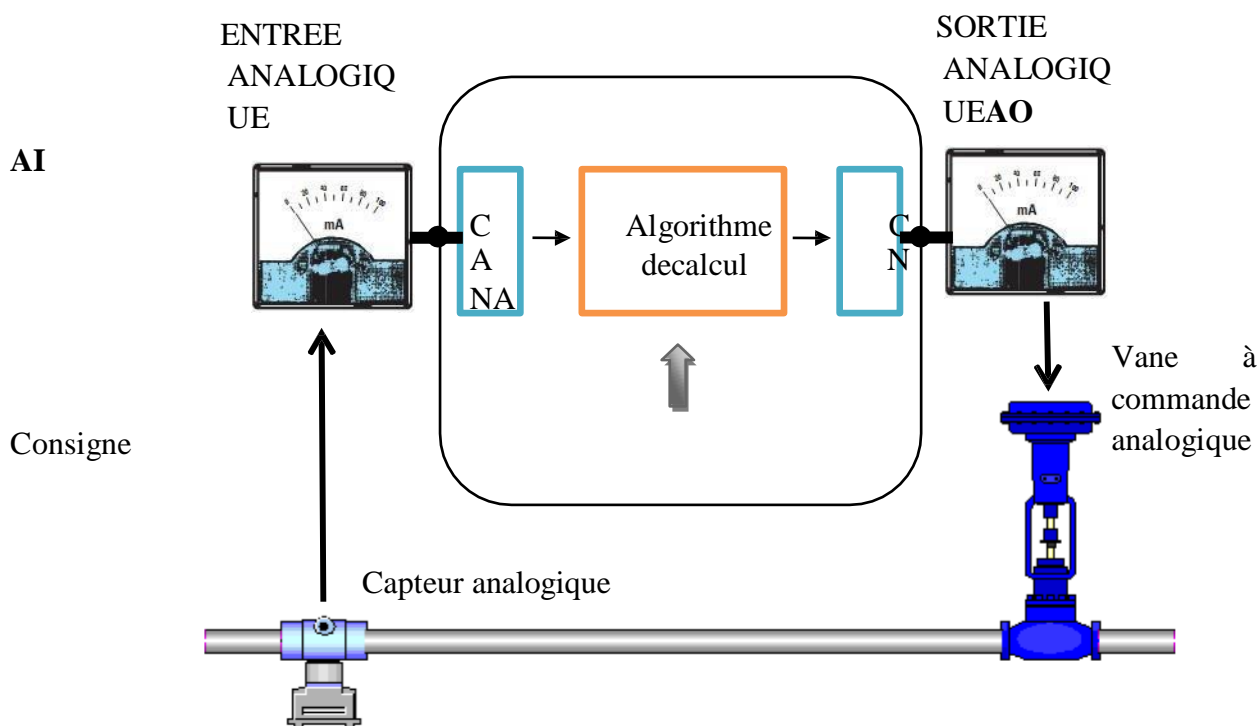


Figure 3-6: Principe de commande des sorties état actionnée

En utilisant un transducteur de mesure, ces variables sont converties en tensions électriques, en courants ou en résistances. Pour une vitesse mesurée de 865 tr/min, le transducteur de mesure afficherait une tension de 3,65V. Ces tensions électriques, courants et résistances sont ensuite connectés à un module analogique qui numérise le signal.

La chaîne d'acquisition et de traitement répond périodiquement à la procédure suivante (toutes les 100ms par exemple):

1. Acquisition de la mesure via la carte d'entrée analogique. Pour cela le CAN (convertisseur analogique numérique figure 8) fournit une valeur numérique codée sur 12 à 16 Bits.
2. Le programme de traitement (algorithme de calcul) détermine sous forme numérique la valeur à fournir en sortie, en tenant compte des différents paramètres:
 - La valeur de la mesure
 - La valeur de la consigne
 - Le type d'algorithme (PID, ...)
3. Emission par la carte de sortie analogique de commande pour cela le CNA (convertisseur numérique analogique figure 7) convertit la valeur numérique de sortie sous forme analogique (tension, courant...).

3-2-5-Cartes d'entrées/sorties complexes:

Toutes ces cartes dites <<intelligentes>> disposent en plus des interfaces d'entrée et de sortie, d'un véritable micro-ordinateur assurant un traitement local plus ou moins sophistiqué.

Ceci permet, d'une part d'éviter un développement souvent fastidieux de l'application, d'autre part de réduire parfois considérablement la place mémoire et le temps d'exécution au niveau de l'UC de l'automate programmable.

3-2-6-Carted'axespourmoteurà courant continuoualternatif

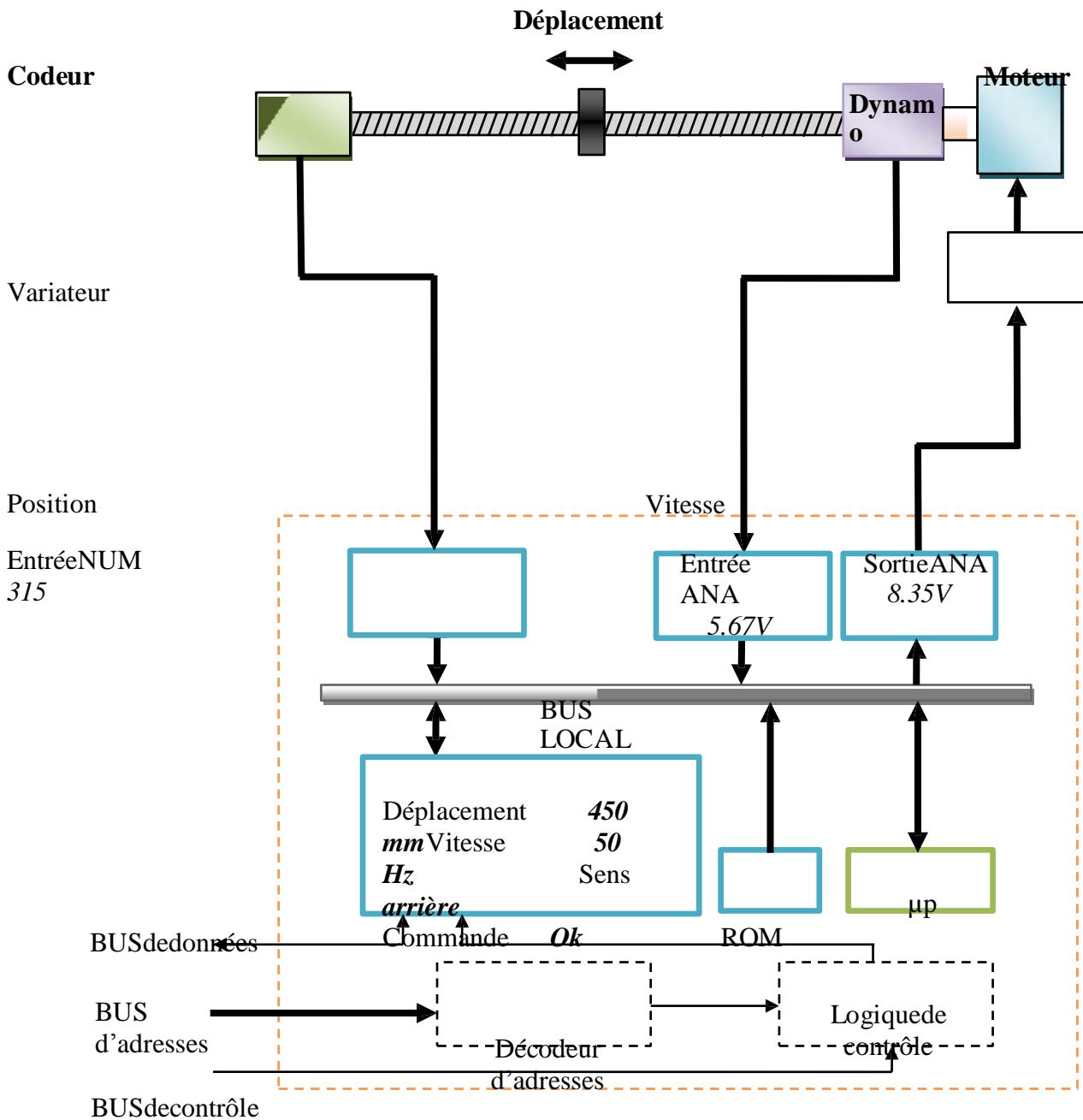


Figure 3-7: Principe de la commande d'un axe

La carte d'axe envoie sur sa sortie analogique $\pm 10V$ une tension proportionnelle à l'accélération et la vitesse souhaitée. Une dynamo-tachymétrique fournit une tension de retour, image de la vitesse réelle du moteur, afin que la carte puisse corriger tout écart éventuel.

Un codeur de position incrémental ou absolu, permet à la carte de connaître la position de l'axe, et donc de gérer la vitesse en conséquence.

3-2-6 Carted'axes pour moteurs pas à pas

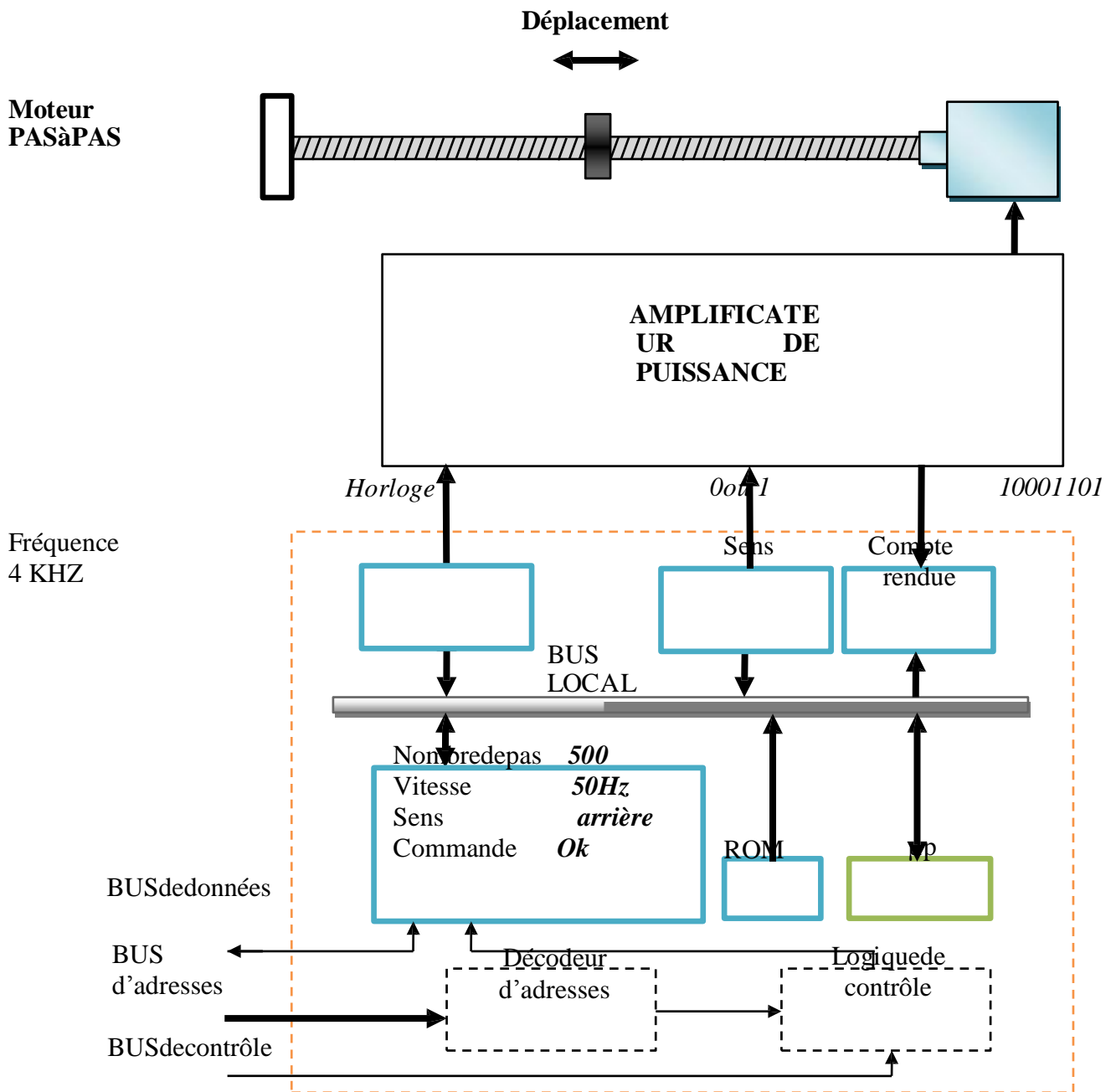


Figure 3-8: Principe de commande d'un moteur pas à pas avec API

La carte d'axe envoie sur sa sortie TOR une série d'impulsions avec une fréquence proportionnelle à l'accélération et à la vitesse souhaitée. La quantité totale d'impulsions envoyées correspond quand à celle au nombre de pas que doit parcourir le moteur.

3-2-7 Carte de régulation PID

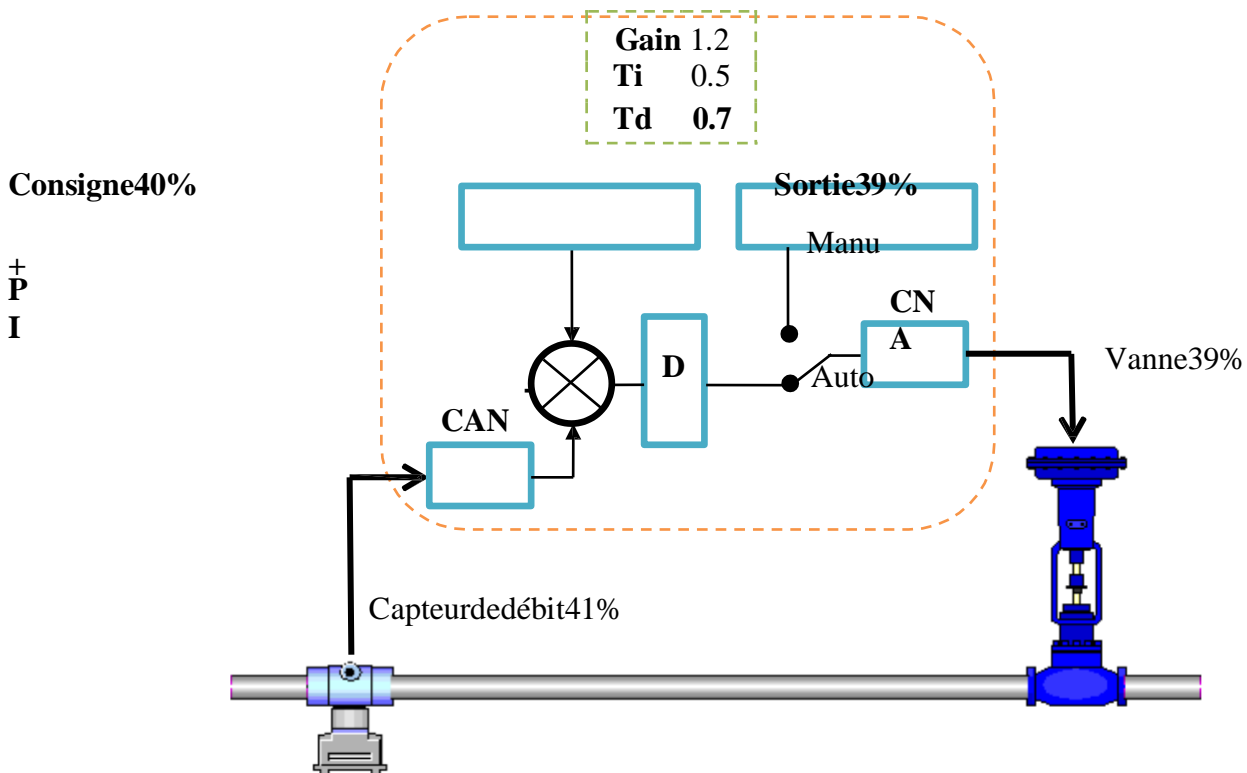


Figure 3-9: Principe de régulation par API

Cette carte comporte souvent plusieurs entrées analogiques permettant de recevoir le signal de mesure issu de transmetteurs 4-20 mA, ainsi que plusieurs sorties analogiques permettant de piloter les vannes de régulation.

Le microprocesseur local traite le programme élaboré à partir de différents algorithmes de régulation implantés sur la carte même (PID, Somme, Racine carrée, ...).

3-3- Critères de choix d'un API:

L'API se caractérise par:

- Une programmation qui offre un langage destiné à l'automaticien (et non celui de l'informaticien).
- Des possibilités de simulation et de visualisation qui apportent à l'utilisateur une aide efficace à la mise au point et à l'exploitation (modification aisée de l'automatisme).

- Une puissance de traitement et un ensemble de cartes spécialisées permettant un développement aisé d'applications particulières: communication, asservissement d'axes, régulation.
- Des possibilités d'extension en termes d'entrées/sorties.

Pour créer un projet à base d'un API, des outils nécessaires comme:

- Un API de caractéristique compatible au système à commander: nombre d'entrées/sorties; type d'entrées...
- Un logiciel de programmation adapté à l'API.

Un câble de liaison entre PC/API

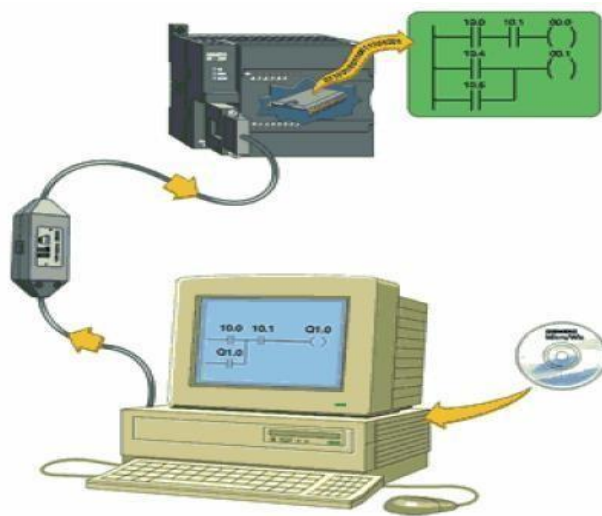


Figure 3-10 : outils pour démarrer un projet

LE GRAFCET

Objectifs:

Dans ce chapitre, nous étudierons un outil de représentation graphique des comportements dynamiques des systèmes automatisés: Le GRAFCET.

Cet outil peut être utilisé dans les différentes phases du processus d'automatisation en partant de la spécification du cahier des charges jusqu'à l'implémentation de l'automatisme.

Au cours de ce chapitre, vous aurez les informations de base concernant cet outil tels que les symboles utilisés, les règles appliquées et les structures de base employées. Un exemple d'illustration sera détaillé à la fin du chapitre.

À la fin de ce chapitre, vous serez capable de représenter le fonctionnement de tout système de production par un grafcet réduit ou détaillé selon le besoin!

I. Introduction

1) Le Processus de conception:

La conception d'un système automatisé procède par trois étapes successives qui sont: l'analyse de la demande, la pré-étude et l'étude de l'automatisation.

a- L'analyse de la demande:

Cette étape a pour objectif la rédaction du cahier des charges en fonction des besoins exprimés par le client. Au-delà des aspects purement techniques, il convient dès cette étape de s'assurer que l'automatisation apporte une réelle valeur ajoutée. C'est-à-dire que l'investissement pour l'automatisation: études, équipements, réalisations, mise au point, formations, frais financiers, ... est inférieur aux gains directs induits sur la production: économies de main d'œuvre, de matières, d'énergie, amélioration de la qualité ...

b- La pré-étude:

Son objectif est de spécifier et redimensionner un avant-projet. Il en résulte un cahier des charges précis de la partie commande et de la partie opérative.

c- L'étude d'automatisation:

C'est le dimensionnement détaillé d'une solution et l'étude fonctionnelle de la partie commande. On distingue en règle générale, les études qui portent sur la partie opérative et celles qui portent sur la partie commande.

C'est lors de cette troisième étape qu'est utilisé le GRAFCET.

2) Cahier des charges:

Le cahier des charges est le descriptif fourni par l'utilisateur au concepteur de l'automatisme pour lui indiquer les différents modes de marche et les sécurités que devra posséder l'automatisme. Il décrit le comportement de la partie opérative par rapport à la partie commande.

Cette description du fonctionnement d'un système automatisé ne doit pas être source de malentendus (mots ambigus, mots techniques...). En effet, l'automaticien doit se référer au cahier des charges pour réaliser l'automatisme, il fait force de loi.

Plusieurs outils ont été utilisés tels que le GRAFCET, les organigrammes, les logigrammes, les chronogrammes, ...

Cependant le GRAFCET est devenu l'outil préféré de l'automaticien, d'où l'intérêt que nous allons porter dans ce chapitre à cet outil de description.

II. Le GRAFCET

1) Introduction:

Le GRAFCET est né en 1977 des travaux de l'AFCE (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique), entant que synthèse théorique des différents outils existants à cette époque (organigramme, réseaux de Pétri, ...).

Il a été mis sous sa forme graphique actuelle par l'ADEPA (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée) en 1979, normalisé sur le plan français (norme NF C03-190), et il est aujourd'hui normalisé sur le plan international (norme CEI 848).

C'est un modèle de représentation graphique des comportements dynamiques de la partie commande. Sa formulation est indépendante de tout technologie de réalisation (que celle-ci soit câblée ou programmée).

Le GRAFCET permet de visualiser de façon particulièrement claire toutes les évolutions du système.

De plus, plusieurs niveaux hiérarchisés de description permettent, à partir de macro-représentations de haut niveau indépendantes de la technologie, d'accéder à différents niveaux de plus en plus détaillés, jusqu'au niveau le plus fin où toutes les ordres et toutes les informations élémentaires sont décrites.

2) Le modèle GRAFCET:

Le GRAFCET est un modèle de représentation graphique des comportements dynamiques de la partie commande, préalablement défini par ses entrées et ses sorties. Il décrit les interactions entre la partie commande et la partie opérative à partir de la frontière d'isolement.

Ce modèle est défini par un ensemble constitué:

- d'éléments graphiques de base: les étapes, les transitions et les liaisons orientées, formant l'ossature graphique du GRAFCET;

- d'une interprétation, traduisant les comportements de la partie commande vis-à-vis des entrées/sorties et caractérisée par les actions associées aux étapes et les réceptivités associées aux transitions;
- de cinq règles d'évolution, définissant formellement le comportement dynamique.

a- Eléments graphiques de base et interprétation:

i-Etape: Elle caractérise un comportement invariant d'une partie ou de la totalité de la partie commande à un instant donné: elle correspond à une phase durant laquelle on effectue une ACTION pendant une certaine DUREE (même faible mais jamais nulle). L'action doit être stable, c'est à dire que l'on fait la même chose pendant toute la durée d'activation de l'étape, mais la notion d'action est assez large, en particulier composition de plusieurs actions, ou à l'opposé l'inaction (étape d'attente). L'étape sera symbolisée par un carré et repérée par un identificateur, en général un numéro, mais pas nécessairement croissant par pas de 1, il faut simplement que deux étapes différentes n'aient pas le même numéro. L'action est représentée dans un rectangle à gauche de l'étape.



Par l'ensemble de ces étapes, le GRAFCET représente l'ensemble des comportements possibles du système.

Remarques:

Une ou plusieurs actions élémentaires ou complexes peuvent être associées à une étape afin de traduire "ce qu'il doit être fait" chaque fois que cette étape est active.



L'étape initiale (initialement active au début du fonctionnement) sera représentée par un double carré.



Suivant l'évolution du système, une étape est soit active, soit inactive et l'ensemble des étapes actives définit la situation de la partie commande.

Une étape est dite active lorsqu'elle correspond à une phase "en fonctionnement", c'est à dire qu'elle effectue l'action qui lui est associée. On représente quelquefois une étape active à un instant donné en dessinant un point à l'intérieur ou en changeant la couleur.

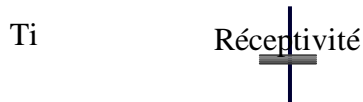


À chaque étape numéro i on associe une variable booléenne X_i telle que: si l'étape est active alors $X_i = 1$ sinon $X_i = 0$.

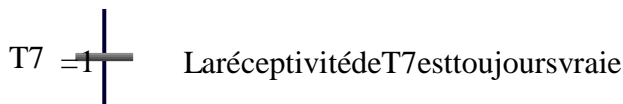
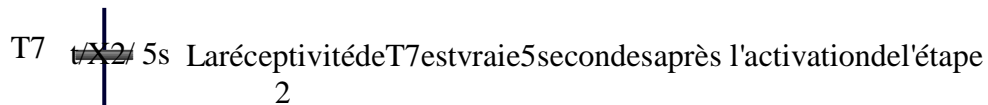
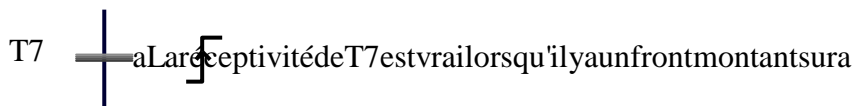
ii- Transition :Elle indique la possibilité d'évolution entre étapes. Chaque transition représente une et une seule possibilité d'évolution.

A chaque transition est associée une proposition logique appelée réceptivité qui regroupe par toutes les informations disponibles, uniquement celles qui sont susceptibles, à un instant donné, de faire évoluer la situation de la partie commande.

On représente une transition par un petit trait horizontal sur une liaison verticale. On note à droite la réceptivité et on peut noter à gauche un numéro de transition T_i (entier positif, indépendant des numéros d'étapes).

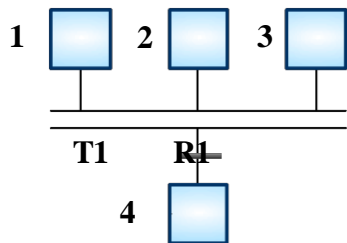


La réceptivité peut être sous plusieurs formes:

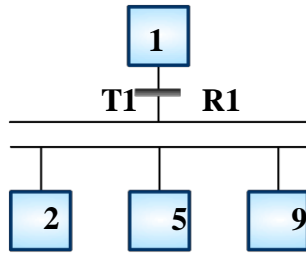


Remarques:

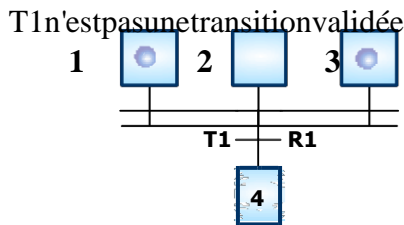
- Dans le cas de plusieurs liaisons arrivant sur une transition, on les fait converger sur une grande double barre horizontale, qui n'est qu'une représentation du dessus de la transition.



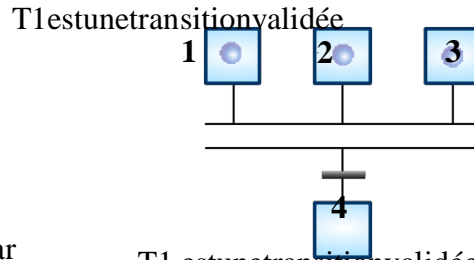
- De même le cas où plusieurs liaisons partent d'une transition (ceci représente plusieurs séquences simultanées), on utilise une grande double barre horizontale à la sortie de la transition.



-Une transition est dite validée lorsqu toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives (toutes celles reliées directement à la double barre supérieure de la transition).



T1 n'est pas une transition validée car l'étape 2 n'est pas active



T1 est une transition validée

- Une transition ne sera franchie que lorsqu'elle est validée et la réceptivité qui lui est associée est vraie.

iii- Liaisons : Les liaisons orientées relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes: elles indiquent les voies d'évolution du GRAFCET. Dans le cas général, les liaisons qui se font de haut vers le bas ne comportent pas de flèches. Dans les autres cas, il faut utiliser des flèches.

b- Règles d'évolution du GRAFCET:

La modification de l'état de l'automatisme est appelée évolution, et est régie par 5 règles que nous allons détailler dans ce paragraphe (extrait de la norme NFC03-190).

Règle 1 : Situation initiale:

La situation initiale caractérise le comportement initial de la partie commandée et correspond aux étapes actives au début du fonctionnement (à la mise sous tension du système). Elle est représentée par les étapes initiales qui sont souvent des étapes d'attente pour ne pas effectuer une action dangereuse par exemple après le rétablissement de l'alimentation électrique suite à un panne du secteur.

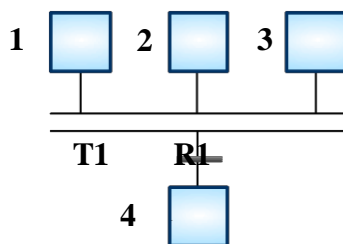


Règle 2 : Franchissement d'une transition:

L'évolution de la situation du GRAFCET s'accomplit par le franchissement d'une transition, ce qui ne se produit que lorsque:

- cette transition est validée;
- et la réceptivité associée à cette transition est vraie.

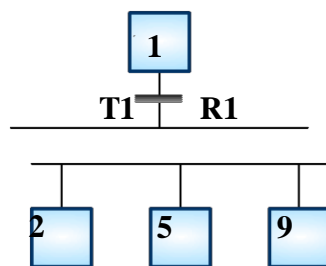
Exemple: la transition T1 du grafcet ci-dessous ne peut être franchie que si les 3 étapes d'entrée 1, 2 et 3 sont actives et la réceptivité R1 est vraie. Pour tester ce grafcet vous pouvez cliquer sur les étapes d'entrée de votre choix pour les activer et sur la réceptivité R1 pour la forcer à l'état vraie. Observer le résultat à chaque situation!



Règle 3 : Evolution des étapes actives:

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes précédentes.

Exemple: lors du franchissement de la transition T1 du grafcet ci-contre, il y aura simultanément activation des étapes 2, 3 et 4 et désactivation de l'étape 1. Pour tester ce grafcet vous pouvez cliquer sur l'étape d'entrée pour l'activer et sur la réceptivité R1 pour la forcer à l'état vraie. Observer le résultat!



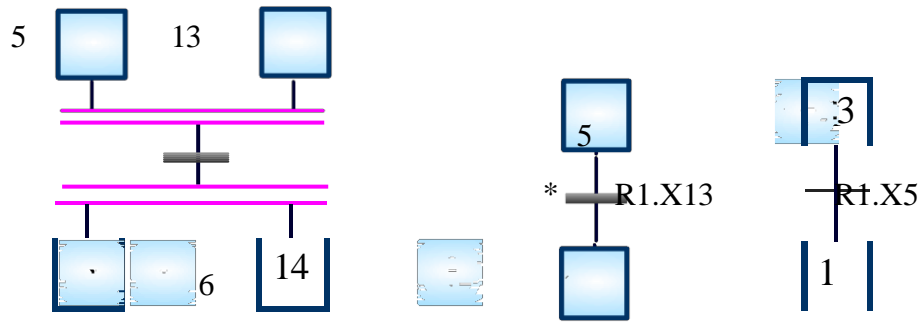
Règle 4 : Evolutions simultanées:

Toutes les transitions franchissables sont simultanément franchies.

Cette règle de franchissement simultané permet de décomposer un GRAFCET en plusieurs parties, tout en assurant de façon rigoureuse leurs interconnexions. Dans ce cas, il est indispensable de faire intervenir, dans les réceptivités, les états actifs ou inactifs de l'étape sinotés Xi et Xi respectivement.

Pour mettre en évidence les franchissements simultanés, les transitions correspondantes seront repérées par un astérisque (*).

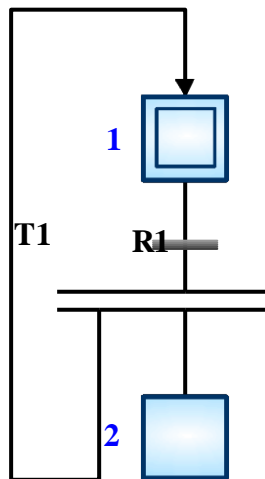
R1



Règle5 : Activation et désactivation simultanées:

Si, au cours du fonctionnement de l'automatisme, une même étape est en même temps désactivée et activée, elle reste active.

Exemple: La validation de la réceptivité R1 de la transition T1 du grafic suivant engendre à la fois l'activation et la désactivation de l'étape 1. Cette étape reste donc active. Vous pouvez tester ce fonctionnement en validant R1.



Règle6 : Durées de franchissement et d'activité:

La durée de franchissement d'une transition est considérée théoriquement comme petite que l'on veut, mais non nulle, même si en pratique cette durée peut être imposée

aussi par

De même, la durée d'activité d'une étape ne peut pas être nulle, mais suffisante, si besoin est, pour effectuer une action fugitive à la vitesse de la partie commande.

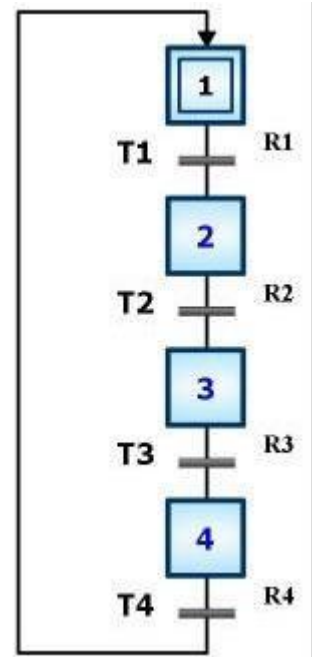
Structures de basses

1) Séquence unique:

Une séquence unique est composée d'une suite d'étapes pouvant être activées les unes après les autres. Chaque étape n'est suivie que par une seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape.

La séquence est dite active si une parmi ses étapes est active et inactive lorsqu'il n'y a aucune des étapes actives.

Exemple: pour le grafcet ci-contre une seule séquence linéaire peut être exécutée: l'activation successive des étapes 1, 2, 3 et 4.

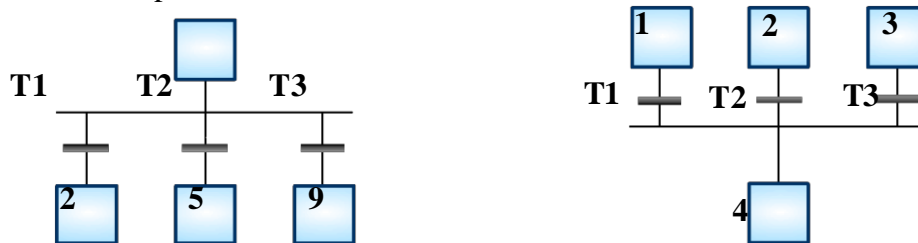


2) Sélection de séquence ou Aiguillage:

a- OU divergent/Convergent:

Une sélection de séquence est un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une ou de plusieurs étapes.

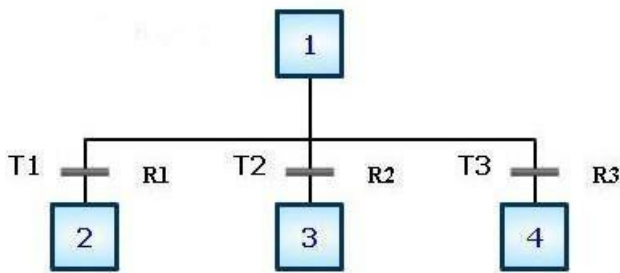
Une étape peut être reliée à plusieurs transitions en amont ou en aval:



Les notions de transitions en OU convergent et OU divergent sont introduites.

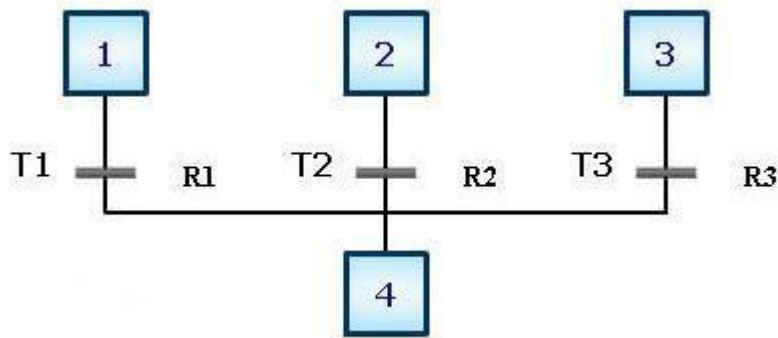
- i-* **OU divergent:** Le OU divergent permet de prendre en compte un choix: "aiguillage" entre deux possibilités d'évolution. Ce choix d'évolution entre plusieurs étapes ou séquences se présente, à partir d'une ou plusieurs étapes, par autant de transitions validées qu'il y a d'évolutions possibles. L'évolution du système vers une branche dépend des réceptivités associées aux différentes transitions.

Exemple: Sur cet exemple, lorsque l'étape 1 est active, la validation de l'une des réceptivités R conduit à l'activation de l'étape de sortie correspondante.



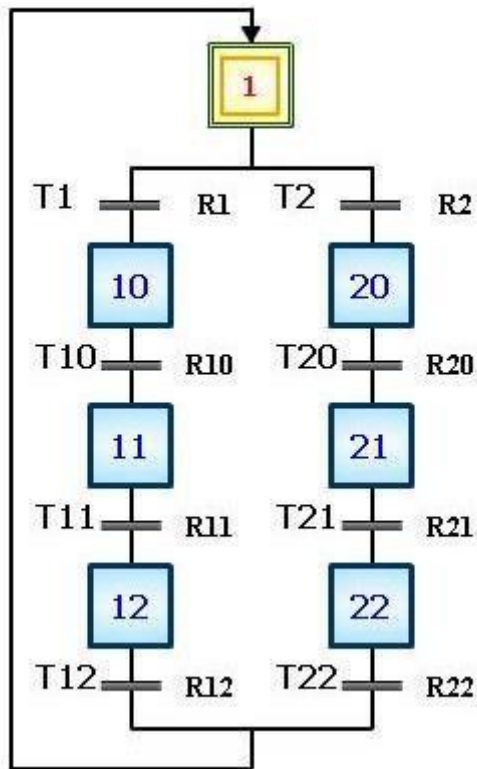
ii- OU convergent: Après l'évolution dans une branche, il y a convergence vers une étape commune.

Exemple:



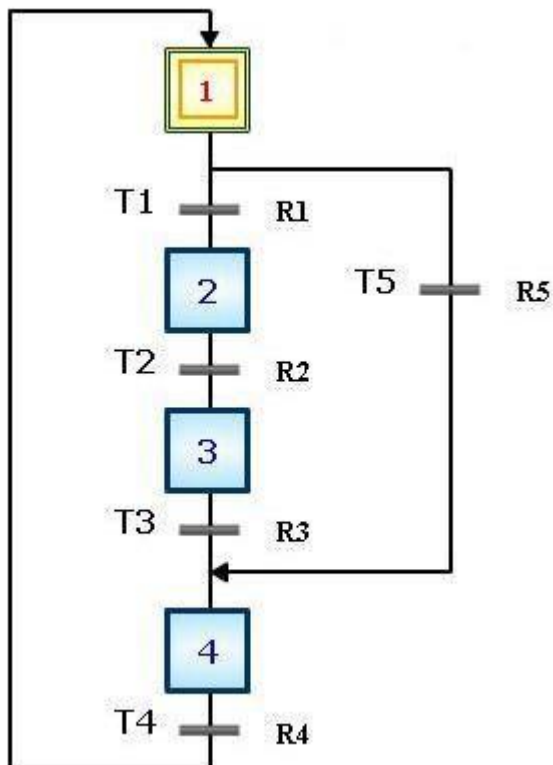
Remarques:

- Après une divergence en OU, on trouve une convergence en OU.
- Le nombre de branches peut être supérieur à 2.
- La convergence de toutes les branches ne se fait pas obligatoirement au même endroit.
- Dans le cas de cette structure on trouve une nouvelle qui est la structure exclusive, en effet pour obtenir une sélection exclusive entre plusieurs évolutions possibles à partir d'une même étape, il est nécessaire de s'assurer que toutes les réceptivités associées aux transitions sont exclusives, c'est à dire qu'elles ne peuvent pas être vraies simultanément. Il y a deux d'exclusion:
 - d'ordre physique (incompatibilité mécanique ou temporelle).
 - d'ordre logique ceci se manifeste dans l'écriture de réceptivités



b- Saut d'étape: saut en avant:

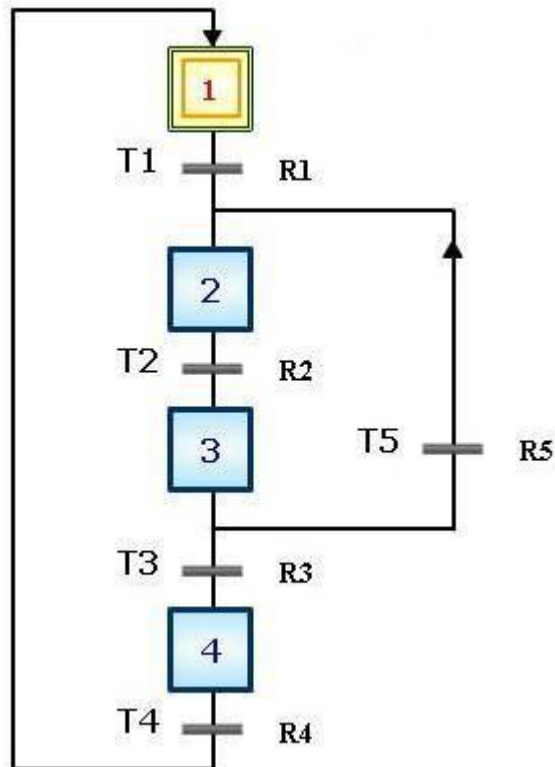
Il permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions à réaliser deviennent inutiles.



Dans l'exemple ci-contre, les autres étapes 2 et 3 sont effectuées lorsque l'étape 1 est active et la réceptivité R5 est valide. Dans ce cas, la transition T5 sera franchie ce qui aboutit à l'activation de l'étape 4. Tester ce concept!

c- R e p r i s e d' é t a p e : s a u t e n a r r i è r e :

Il permet de reprendre une séquence lorsque les actions à réaliser sont répétitives.



Remarque:

Pour éviter le problème d'indéterminisme, il faut utiliser des réceptivités mutuellement exclusives.

3) Séquences simultanées:

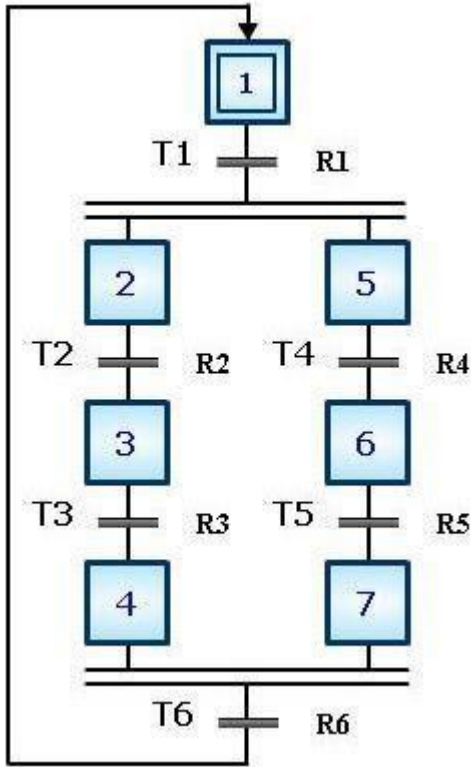
Souvent, dans une machine automatique à postes multiples, plusieurs séquences s'exécutent simultanément, mais les actions des étapes de chaque branche restent indépendantes. Pour représenter ces séquences simultanées, nous utilisons la structure en ET divergeant qui est représentée par une transition unique suivie de 2 traits parallèles indiquant le début des séquences simultanées et la structure en ET convergeant qui est représentée par 2 traits parallèles suivis par une transition unique indiquant la fin des séquences simultanées.

a- Divergence et convergence en ET:

Une transition peut supporter plusieurs étapes en amont et plusieurs étapes en aval: la notion de transitions en ET divergent, ET convergent est introduite. Le ET divergent et le ET convergent permettent de décrire deux ou plusieurs séquences parallèles.

Exemple:

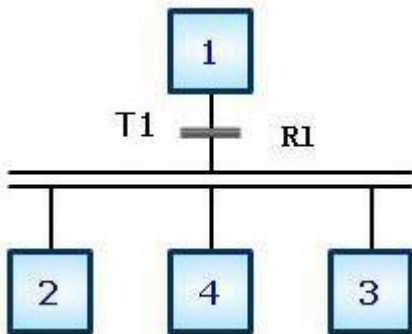
- Divergence enET: lorsquela transition T1 est franchie, les étapes 2 et 5 sont actives.
 - Convergence enET: la transition T6 sera validée lorsque les étapes 4 et 7 seront actives.
- Si la réceptivité associée à cette transition est vraie, alors celle-ci est franchie.



i-Début des séquences simultanées (divergence enET) :

Lorsque le franchissement d'une transition conduit à activer plusieurs séquences en même temps, ces séquences sont dites simultanées.

Un seul symbole commun de transition est permis au-dessus de la double ligne horizontale de synchronisation.

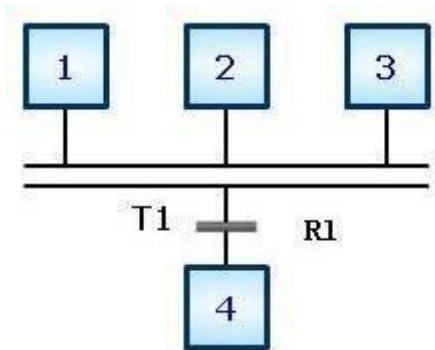


Après l'activation de ces séquences, les évolutions des étapes actives dans chacune des séquences deviennent alors indépendantes.

Fin des séquences simultanées (convergence enET):

- Dans le but de synchroniser la convergence de plusieurs séquences en même temps, la structure ci-contre est utilisée.

- Un seul symbole commun de transition peut être placé en dessous de la double ligne horizontale de synchronisation.



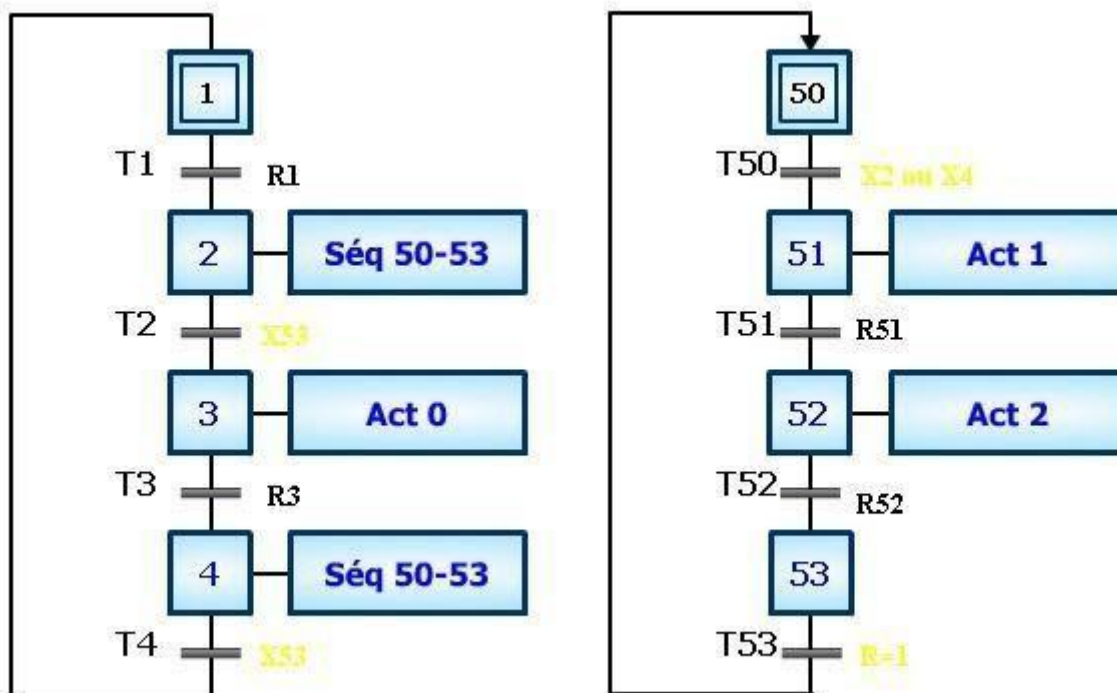
Remarques:

- Après unedivergenceenET, ontrouvesouventuneconvergenceenET.
- Lenombredebranchesparallèlespeut-êtresupérieurà2.
- Laréceptivitéassociéeàlaconvergencepeut-êtrédelaforme=1.Danscecas la transition estfranchiedèsqu'elle estactive.

4)Réutilisationd'un séquence(notion detâche):

Enfaituneséquencefonctionnelleutiliséplusieursfoispeutêtrereorganiséeenun sousdiagrammes. Cetteséquencedeviendraopérationnelleàchaquedemandesielleestdisponible,etelle peutêtré considéréecommeaction associéeàplusieursétapes.

sousdiagrammes.
peutêtré

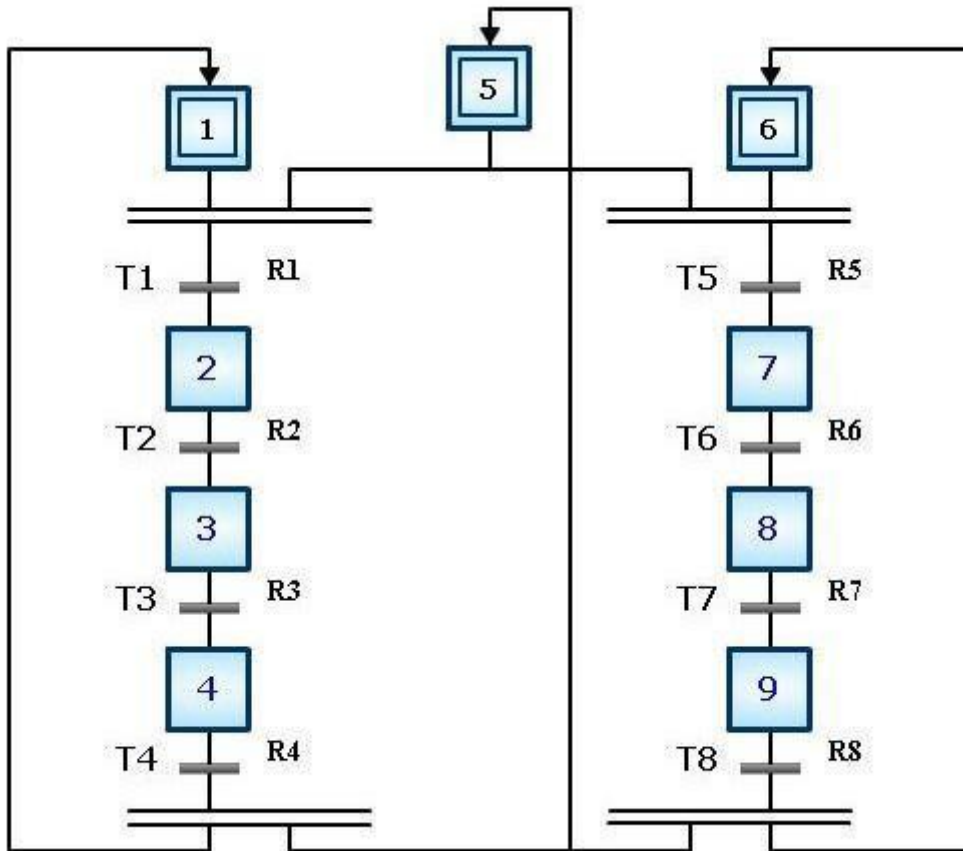


5)Partagederessource:

Uneresourcereprésentéesouslaformed' utilisatricesdevants'exécuter àlapremière

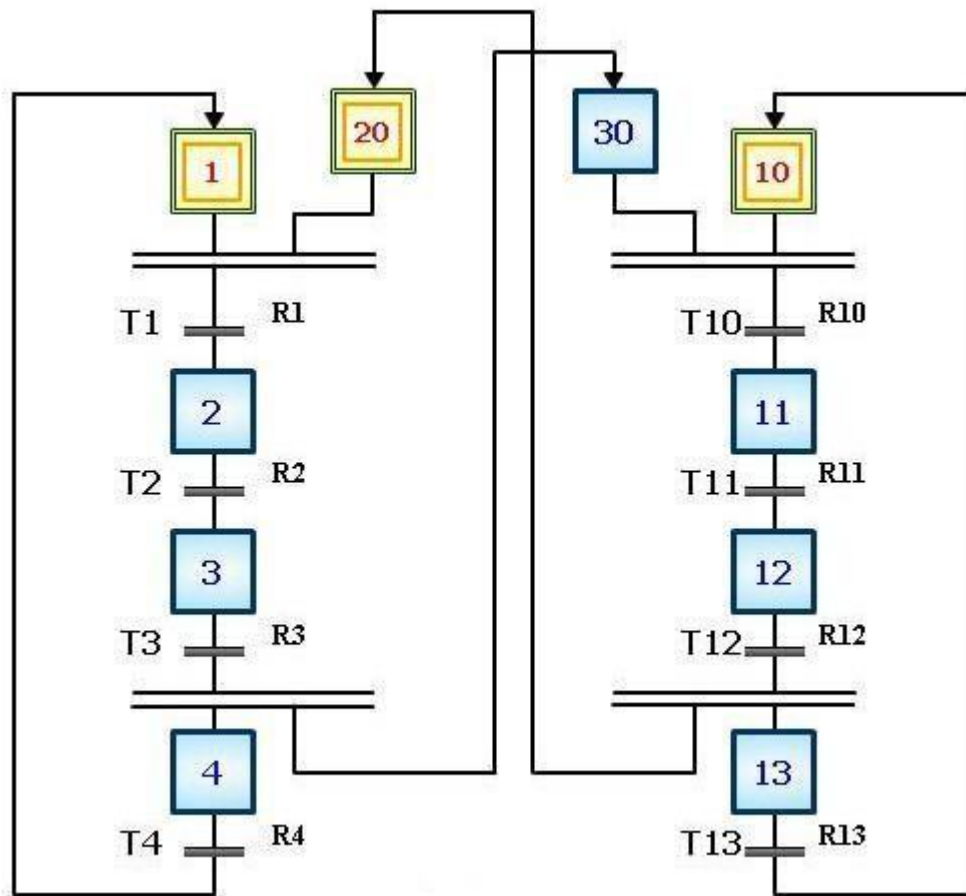
uneétapepeutêtrerepartagéeentreplusieursséquences. Lorsque cette étape estactive,laressourceseraattribuée transitionfranchissable.

Elle utilise une ET divergente pour la libération de ressource et une ET convergente pour sa prise.



6) Séquences alternées: Etape de Synchronisation:

Cette particularité se compose d'une étape initiale complémentaire et d'une étape normale. Elles synchronisent deux séquences dans le cas où une séquence devant obligatoirement se dérouler après une autre.



7) Macro-Représentation et Représentation détaillée:

Devant la complexité des systèmes automatisés actuels, il devient indispensable d'utiliser une méthodologie rigoureuse pour définir la commande. Celle-ci est basée sur l'utilisation d'une approche progressive structurée en partant d'un haut niveau de description (macro-représentation) jusqu'au niveau de détail complet où toutes les ordres et informations élémentaires sont pris en compte. Ceci permet d'obtenir une représentation claire et précise dont les avantages sont:

- une représentation homogène facilement analysable;
- sur format réduit: A4, A3;
- approche pédagogique;
- facilité de mise à jour, ...

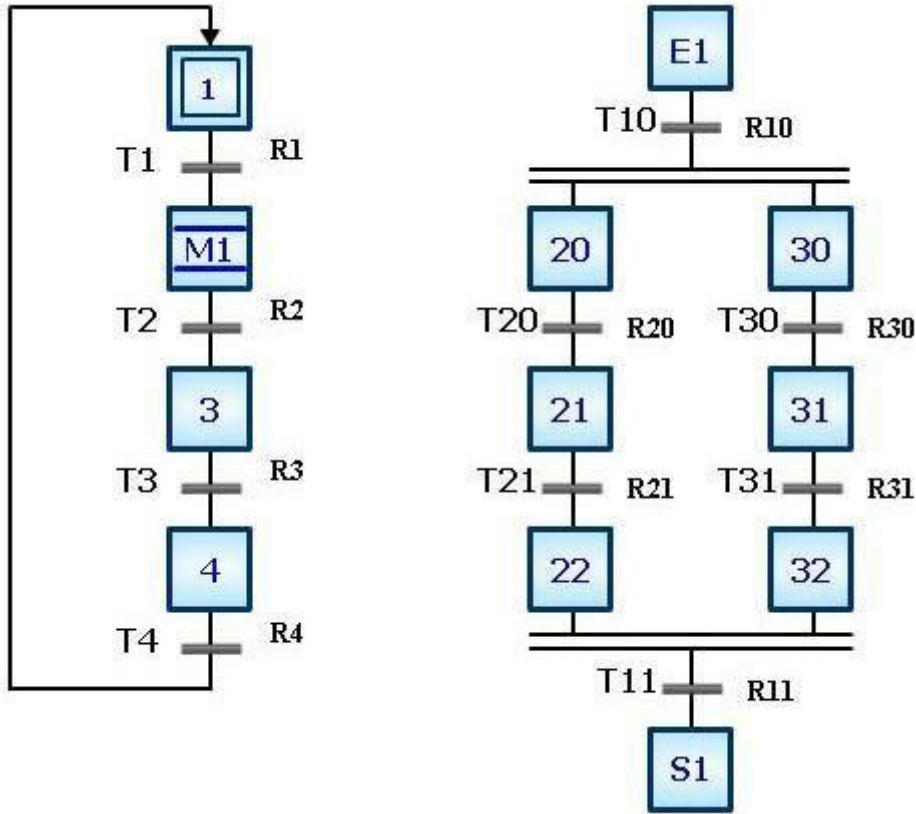
La Macro-Etape: est la représentation unique d'un ensemble fonctionnel d'étapes et de transitions appelé: expansion de Macro-Etape.

Les règles associées à la macro-étapesont:

- l'expansion de Macro-Etape comprend une étape d'entrée et une étape de sortie;
- l'étape de sortie participe à la validation des transitions suivantes
- aucun lien n'existe entre la Macro-Etape et son environnement en dehors des points d'accès qui sont l'étape d'entrée et l'étape de sortie

Remarque:

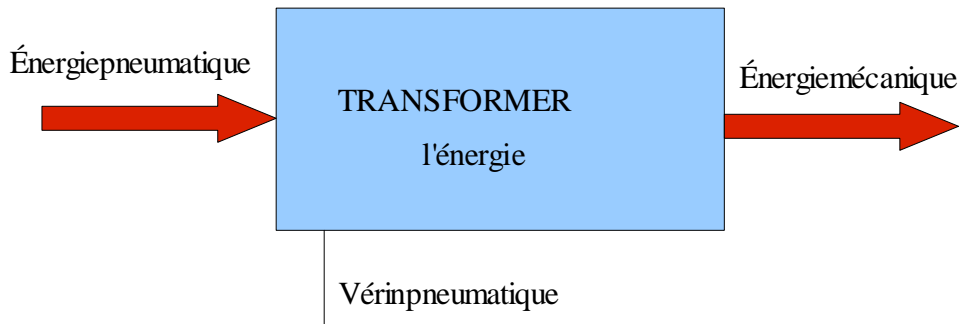
L'expansion d'une macro-étape peut comporter d'autres macro-étapes et des étapes initiales. Cependant, il faut éviter que ces étapes initiales ne soient l'étape de sortie ou d'entrée de l'expansion de la Macro-Étape.



LEVERIN PNEUMATIQUE

1. Rôle d'un vérin

Le vérin pneumatique fait partie des actionneurs pneumatiques.



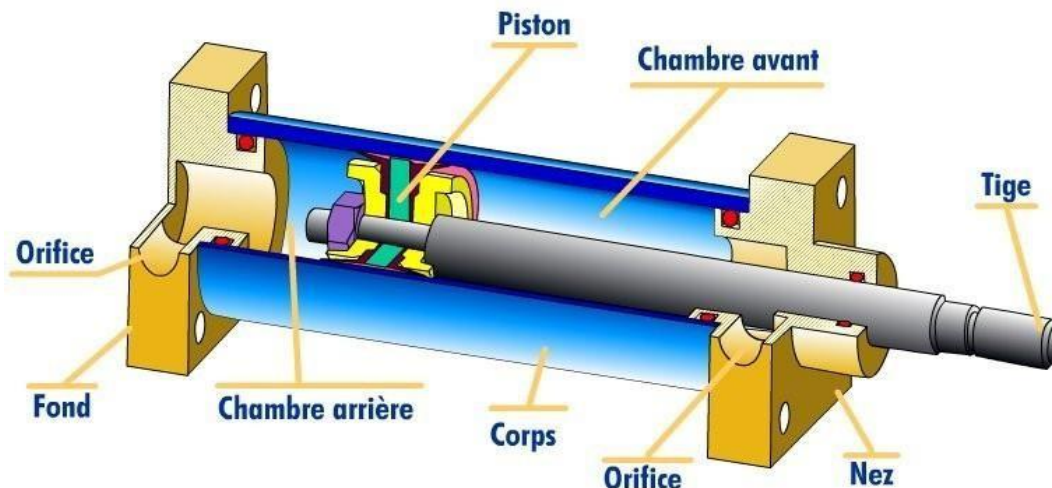
L'énergie mécanique est produite sous forme d'un mouvement permettant de provoquer un déplacement ou de créer une force.

2. Constitution d'un vérin



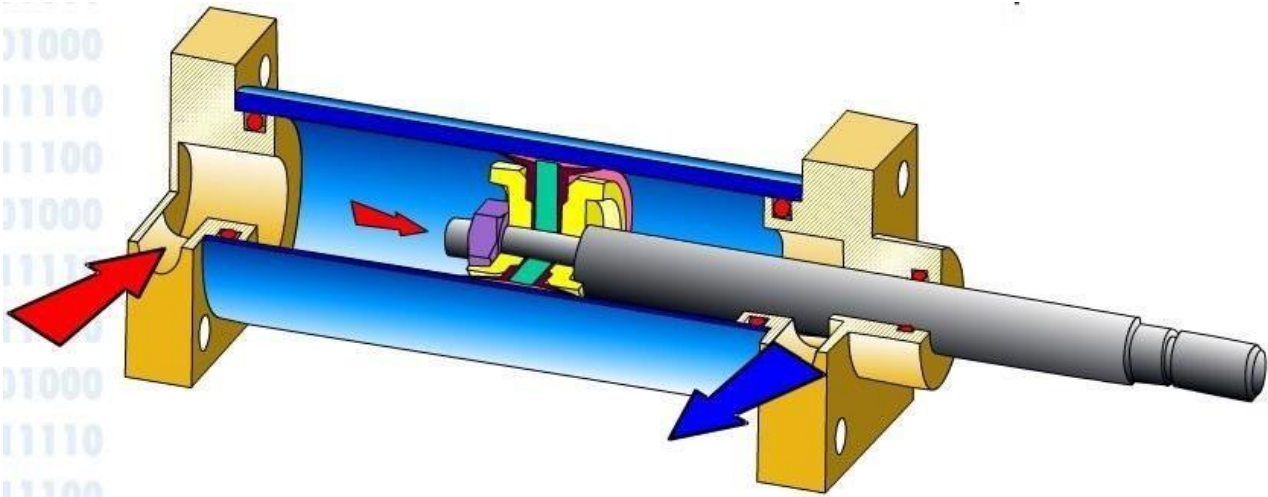
Quel que soit le vérin, son type et son constructeur, il sera constitué des mêmes éléments. Le piston est solidaire de la tige qui peut se déplacer à l'intérieur du corps. Le corps est délimité par le nez et le fond dans lesquels sont aménagés des orifices d'alimentation en air comprimé.

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

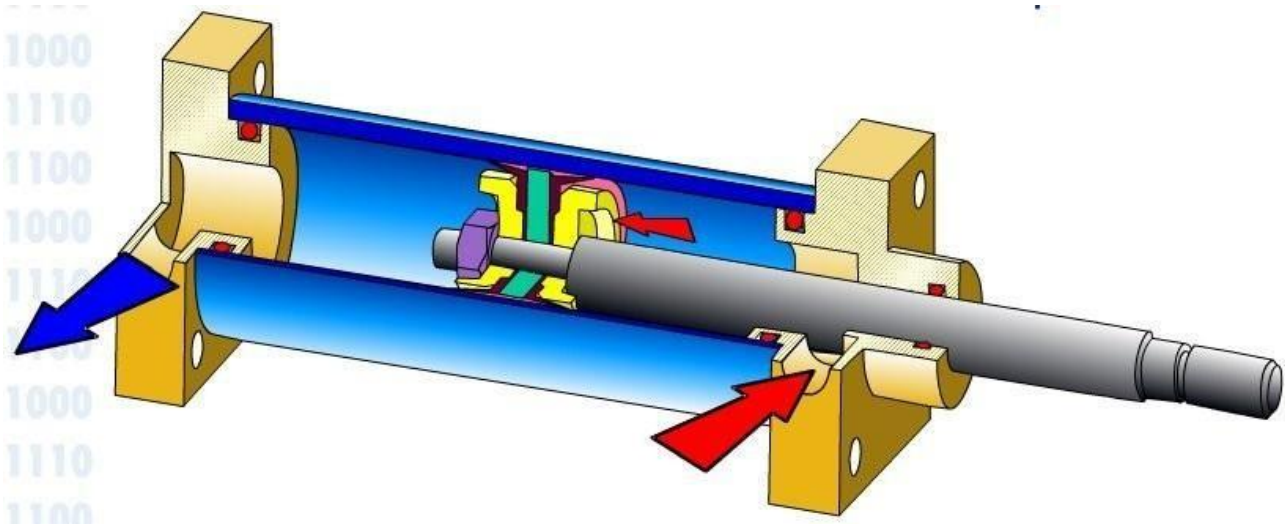


3.Principedefonctionnement

C'est l'air comprimé qui, en pénétrant dans l'une des chambres, **pousse le piston**. La tige se déplace. L'air présent dans l'autre chambre est **donc chassé et évacué** du corps du vérin.



Le mouvement contraire est obtenu en **inversant le sens de déplacement de l'air comprimé**.

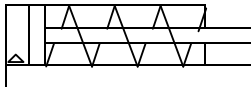
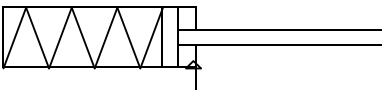


4. Les différents types de vérins

Il existe deux types de vérins pneumatiques:

- les vérins double effet (V.D.E.),
- les vérins simple effet (V.S.E.).

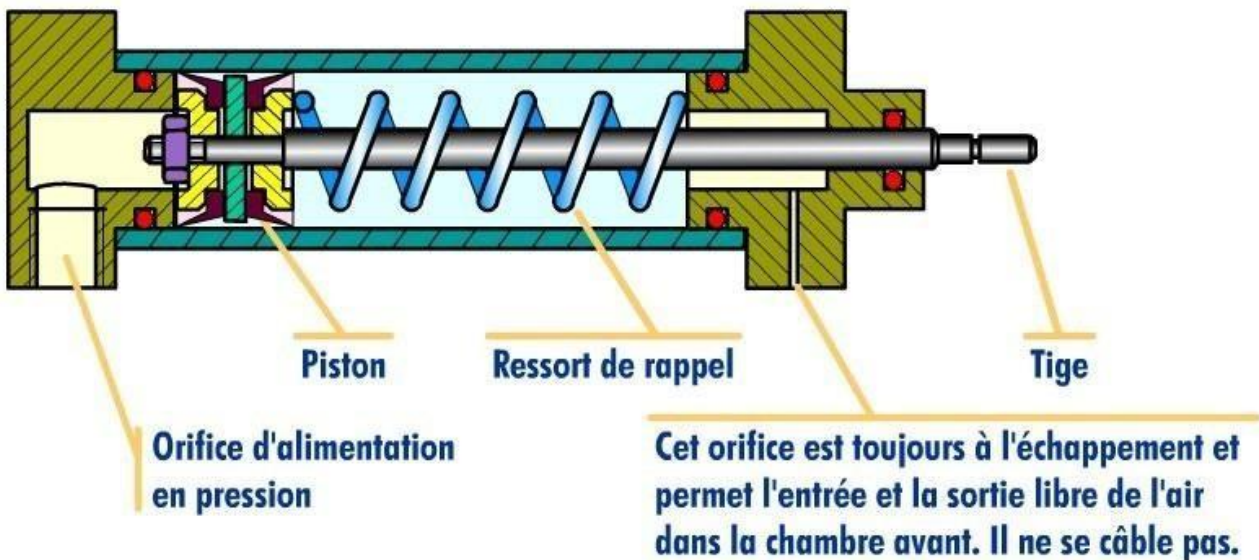
4.1) Les vérins simple effet

| | |
|--|--|
| Vérin simple effet en poussant (à l'état repos, la tige est rentrée) |  |
| Vérin simple effet en tirant (à l'état repos, la tige est sortie) |  |

Un des deux mouvements de la tige est obtenu à l'aide d'un ressort de rappel qui se comprime lors de l'effectif d'un autre mouvement.

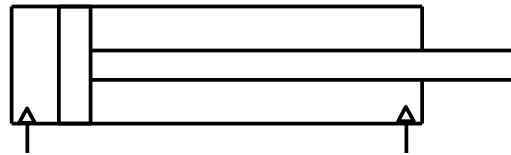
La position obtenue lorsque le ressort se détend (en absence d'air comprimé dans l'autre chambre) s'appelle la position repos.

Constitution d'un vérin simple effet (ici «en poussant»)



4.2) Les vérins double effet

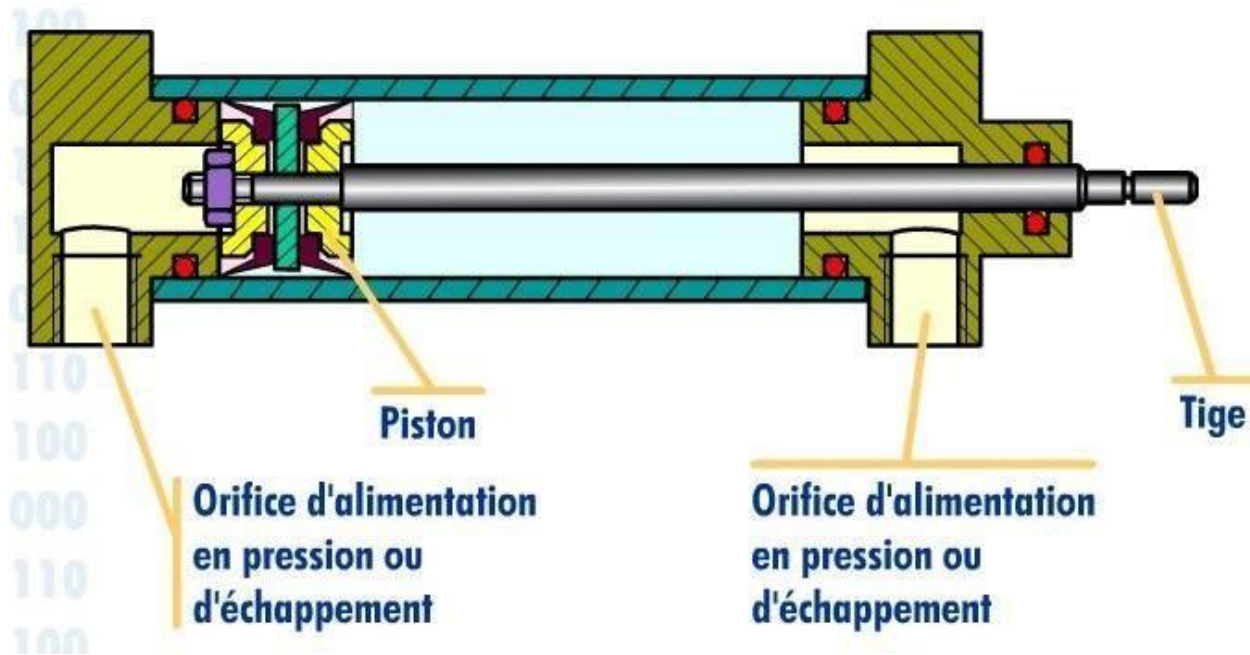
Symbolenormalisé



Le piston peut se déplacer librement dans le corps lorsqu'il est poussé par l'air comprimé.

En l'absence d'air comprimé, il reste en position (tige rentrée ou sortie).

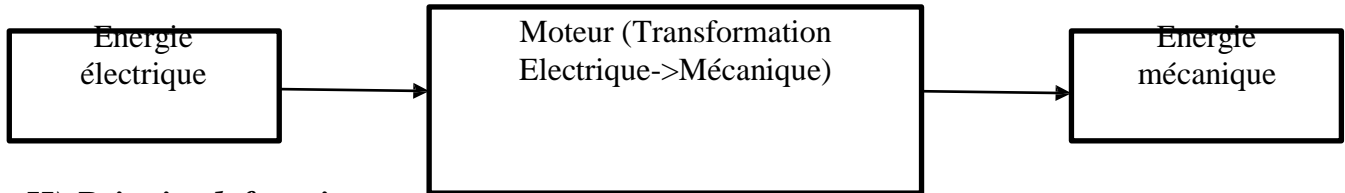
Constitution d'un vérin double effet



A). Présentation:

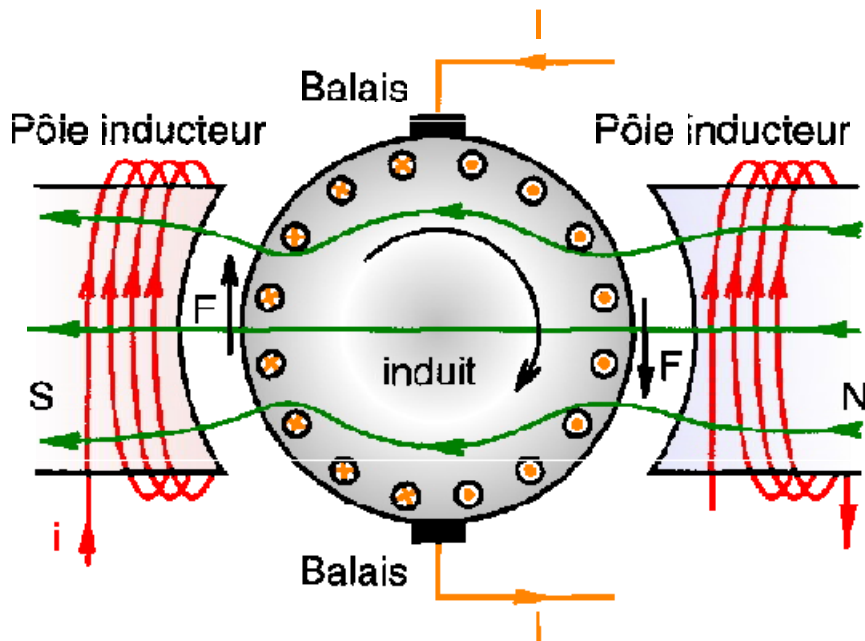
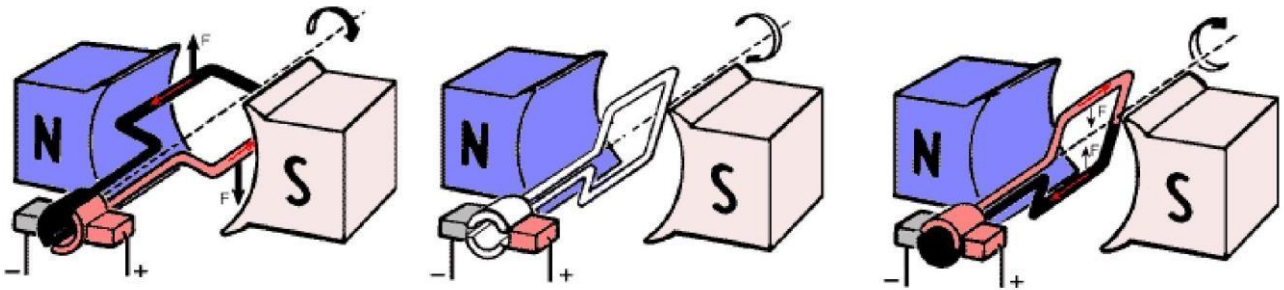
I). Schéma fonctionnel:

Un moteur est un élément qui permet de transformer une énergie électrique (Tension, Courant) en énergie mécanique (Rotation) caractérisée par son couple utile (T) et sa vitesse (Ω).



II). Principe de fonctionnement:

On place une spire de fil de cuivre dans le champ d'un aimant. Lorsque les conducteurs sont parcourus par un courant, ils sont soumis à des forces F_1 et F_2 qui tendent à faire tourner la spire. Le collecteur permet d'inverser le sens du courant dans les conducteurs lorsque ceux-ci passent le plan vertical. Ainsi le sens du couple des forces F_1 et F_2 et donc le sens de rotation du moteur est conservé.



III).Descriptioninterne:

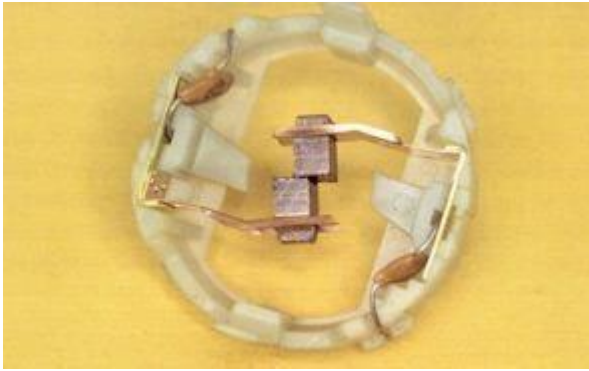
Le stator est la partie fixe ("statique") du moteur: il est constitué d'un électro-aimant alimenté en courant continu, dont le rôle est de produire un champ magnétique. Le stator, fixé sur la carcasse cylindrique du moteur, entoure le rotor. Le stator est aussi appelé "inducteur".



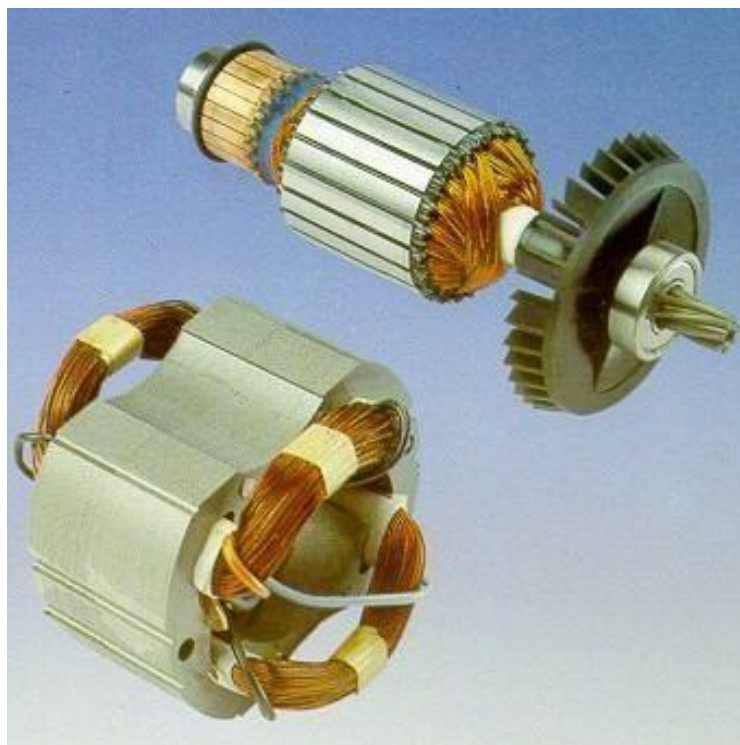
Le rotor, placé à l'intérieur du stator, est la partie tournante ("rotative") du moteur. Il est constitué d'un cylindre portant des bobinages (conducteurs), disposés latéralement sur sa surface. Les extrémités des fils de ces bobinages sont reliées au collecteur, qui tourne avec l'arbre du moteur. Le rotor est aussi appelé "induit".



Le collecteur, monté sur l'arbre du moteur, ressemble à une couronne. Il comporte des contacts métalliques isolés les uns des autres, qui assurent la distribution du courant continu aux bobinages du rotor par l'intermédiaire de deux "balais" (contacts glissants). Ces balais, parfois appelés "charbons", sont reliés à la source de tension continue. L'ensemble collecteur-balais, est la partie la plus fragile d'un moteur.



On alimente à la fois le stator, qui crée un champ magnétique, et les bobinages du rotor, qui sont donc parcourus par un courant électrique. Or, un conducteur placé perpendiculairement à un champ magnétique et parcouru par un courant est soumis à une force électromagnétique: il se déplace en "fauchant" le champ magnétique. Ce conducteur (ou bobinage) étant solidaire du rotor, celui-ci tourne autour de son axe, ou arbre: il peut alors entraîner une roue, une poulie, une hélice, etc...



IV). Définition et caractéristiques générales:

1°). Vitesse:

Elles s'expriment soit en tours par minute (noté en tr/min), soit en radian par seconde (notée Ω en rd/s).

On a donc:

$$\Omega = n \cdot \frac{2\pi}{60}$$

avec Ω en rd/s; n en tr/min

Pour un moteur à courant continu, elle est proportionnelle à la tension d'alimentation.

$$E=K\phi.n$$

Les vitesses peuvent varier de 0 jusqu'à 10000 tr/min.

2°. Sens de rotation:

Si le moteur le permet, pour un moteur à courant continu, le sens de rotation dépend du sens d'alimentation du moteur.

3°. Couple utile:

C'est la somme des moments des couples de forces électromagnétiques qui agissent sur la partie tournante. Ils s'expriment en newton.mètre (N.m).

$$T=F.d$$

Pour un moteur à courant continu, il est proportionnel au courant consommé.

$$T=K\phi.I$$

Exemple: vous êtes en vélo sur du terrain plat; pour avancer à 20 km/h, vous appuyez sur les 2 pédales. Vous exercez alors un couple noté T_u sur l'axe du pédalier, puis via la chaîne sur l'axe de la roue arrière, le pédalier oppose un couple résistant T_r .

Si vous tirez une remorque, toujours sur la même route et si vous exercez le même couple, vous irez moins vite car du fait de la remorque, le couple résistant est plus important. Pour rouler à cette même vitesse de 20 km/h il vous faudra appuyer plus fort sur les pédales, donc fournir un couple plus important. Il en va de même pour un moteur de train: plus il y a de wagons, plus le couple résistant T_r est important, plus le moteur devra fournir un couple T_u important pour rouler à la même vitesse. Quand T_r augmente, on dit que la charge du moteur augmente.

4°. Puissance utile:

C'est la puissance mécanique fournie par le moteur. Elle s'exprime par :

$$P_u = T.\Omega$$

avec P_u en Watt; T en Newton.mètre; Ω en radian par seconde.

5°. Puissance absorbée:

C'est la puissance électrique absorbée par le moteur. Elle s'exprime par :

$$P_a = U.I \text{ (en continu)}$$

avec P_a en Watt; U en Volt; I en Ampère.

La puissance absorbée peut aller de quelques mW à quelques centaines de MW (TGV).

6°. Rendement:

C'est le rapport de la puissance utile sur la puissance absorbée.

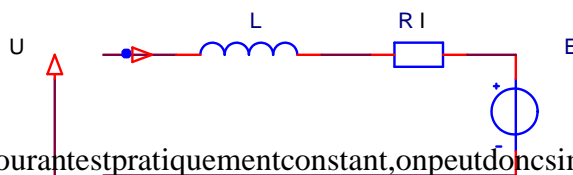
$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{T \cdot \Omega}{U \cdot I}$$

Le rendement d'un moteur peut aller jusqu'à 90 à 95 %. Il représente indirectement les pertes par frottement et par effet Joule.

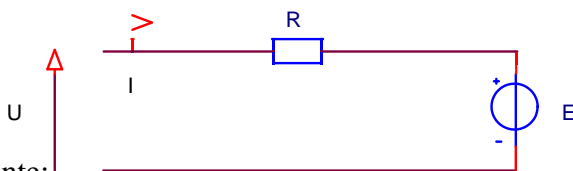
Le rendement d'un moteur peut aller jusqu'à 90 à 95 %.

V). Modèle électrique:

Pour faire une étude, il est possible de remplacer un moteur électrique par son schéma équivalent:



En régime permanent, le courant est pratiquement constant, on peut donc simplifier le schéma précédent, par le schéma suivant:



On a donc l'équation suivante:

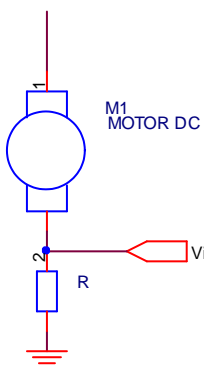
$$U = E + R \cdot I$$

où E représente la force contre électromotrice du moteur en volts.

R: la résistance équivalente du moteur (Quelques ohms).

VI). Mesure de courant consommé par le moteur:

On met une résistance en série avec le moteur, pour pouvoir mesurer le courant consommé, donc le couple fourni. Cette résistance doit être de faible valeur pour ne pas perturber le montage, et de forte puissance pour pouvoir supporter le courant qui traverse le moteur.



Lemoteuràcourantcontinu:

1*). Présentation:

C'est un moteur que l'on alimente avec une tension continue. Il peut être de 2 types:

❖ Soit c'est un moteur à aimant permanent,

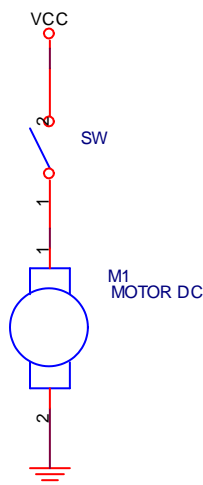
Le stator est constitué par un aimant.

❖ Soit c'est un moteur universel.

Le stator est constitué par un bobinage, et il est alimenté en série avec l'induit. Ce moteur fonctionne aussi en alternatif.

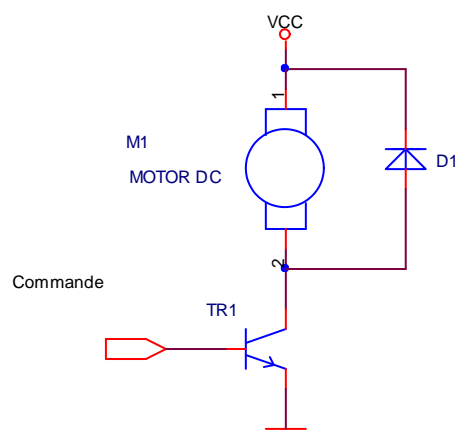
2*). Montages de base:

a) Lemontage simple:

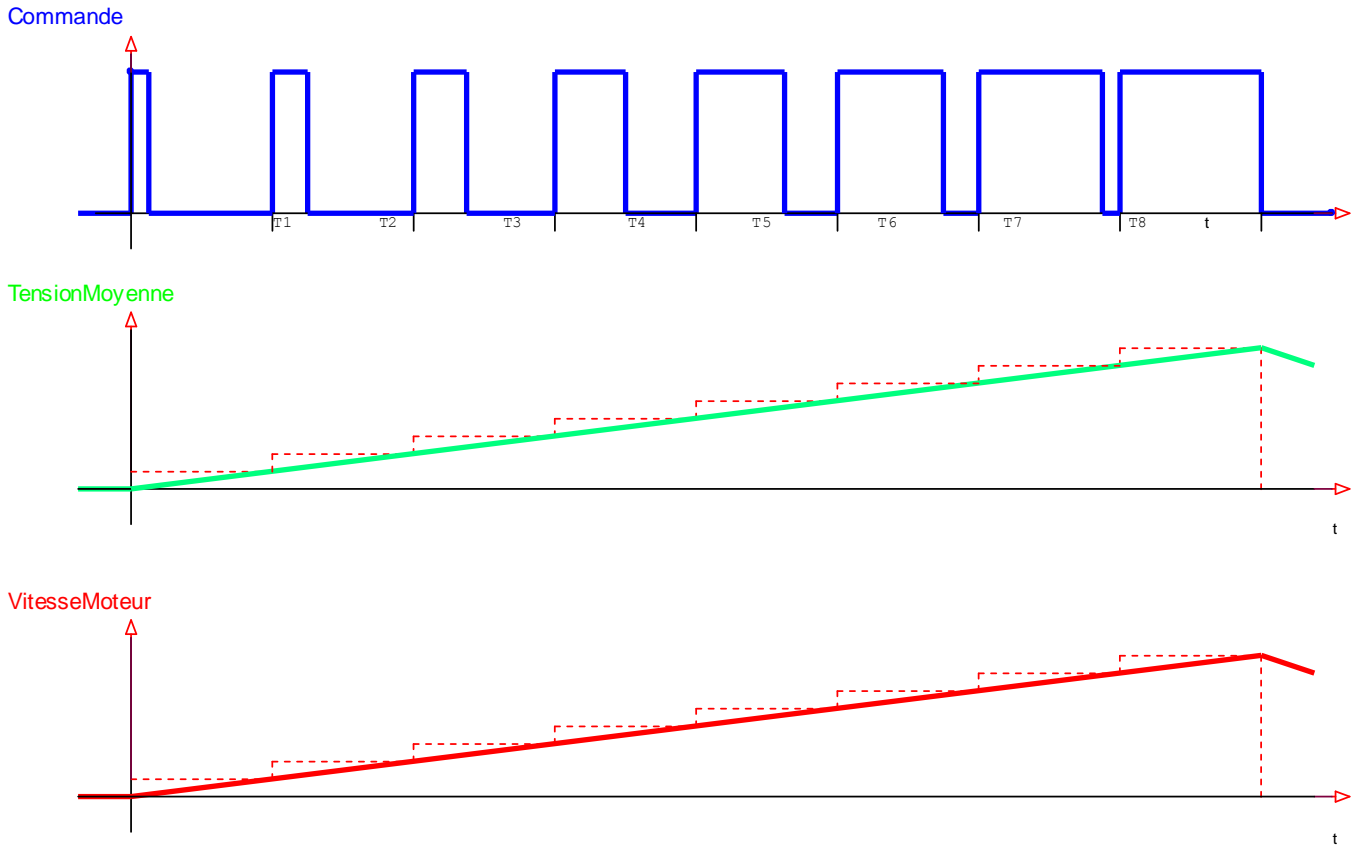


Le fonctionnement est en tout ou rien. On ne peut pas faire varier ni les sens, ni la vitesse.

b) Lemontage commandé:



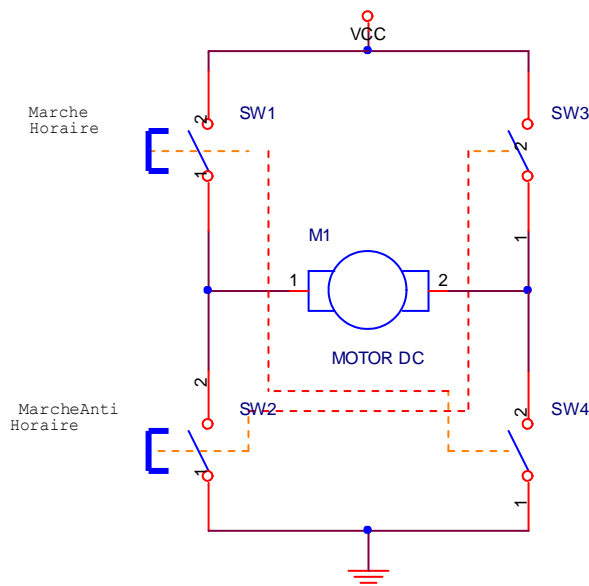
Le fonctionnement est en tout ou rien, mais avec une commande en signal carré avec un rapport cyclique variable (Modulation P.W.M. (Pulse Width Modulation)), on peut faire varier la tension moyenne aux bornes du moteur donc sa vitesse. Mais on ne peut pas faire varier les sens.



La diode D1 est une diode dite «deroulibre», elle court-circuite la tension inverse induite aux bornes du moteur au moment du blocage du transistor T1, et protège donc celui-ci.

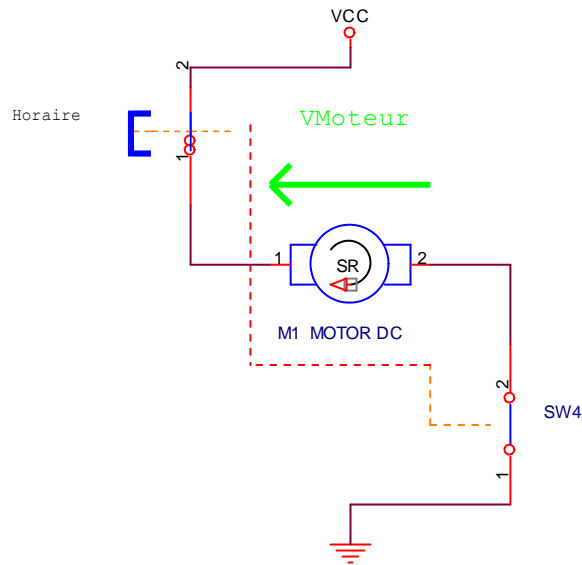
c) Lemontagedit «PontenH»:

Symbolisé par les schémas suivant:

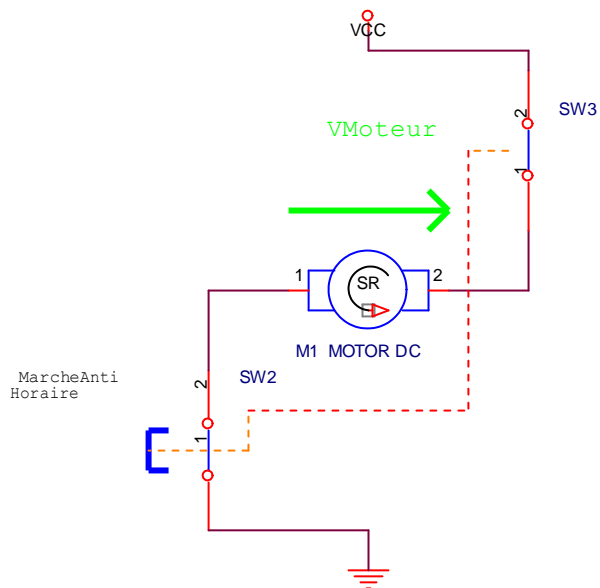


❖ Fonctionnement:

Si on appuie sur le bouton marche Horaire, les interrupteurs SW1 et SW4 se ferment (SW2 et SW3 restent ouverts), le moteur est alimenté, et un courant circule de 1 vers 2.



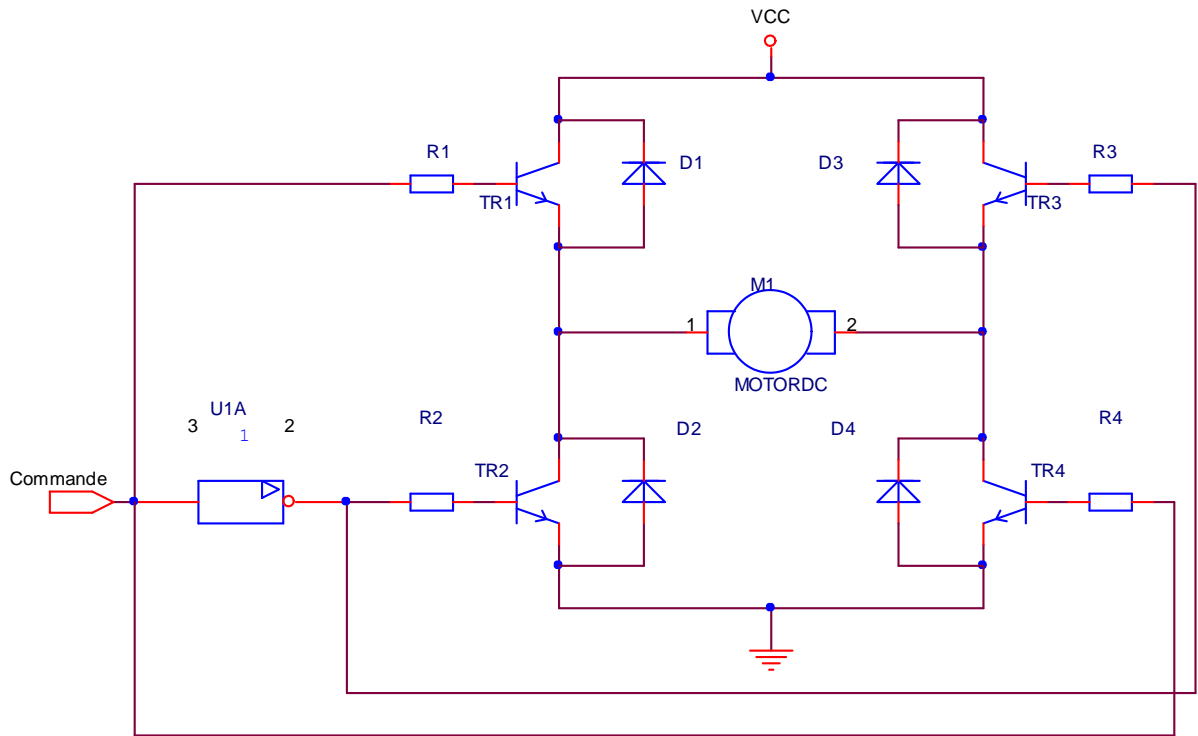
Si on appuie sur le bouton marche Anti Horaire, les interrupteurs SW2 et SW3 se ferment (SW1 et SW4 restent ouverts), le moteur est alimenté, et un courant circule de 2 vers 1.



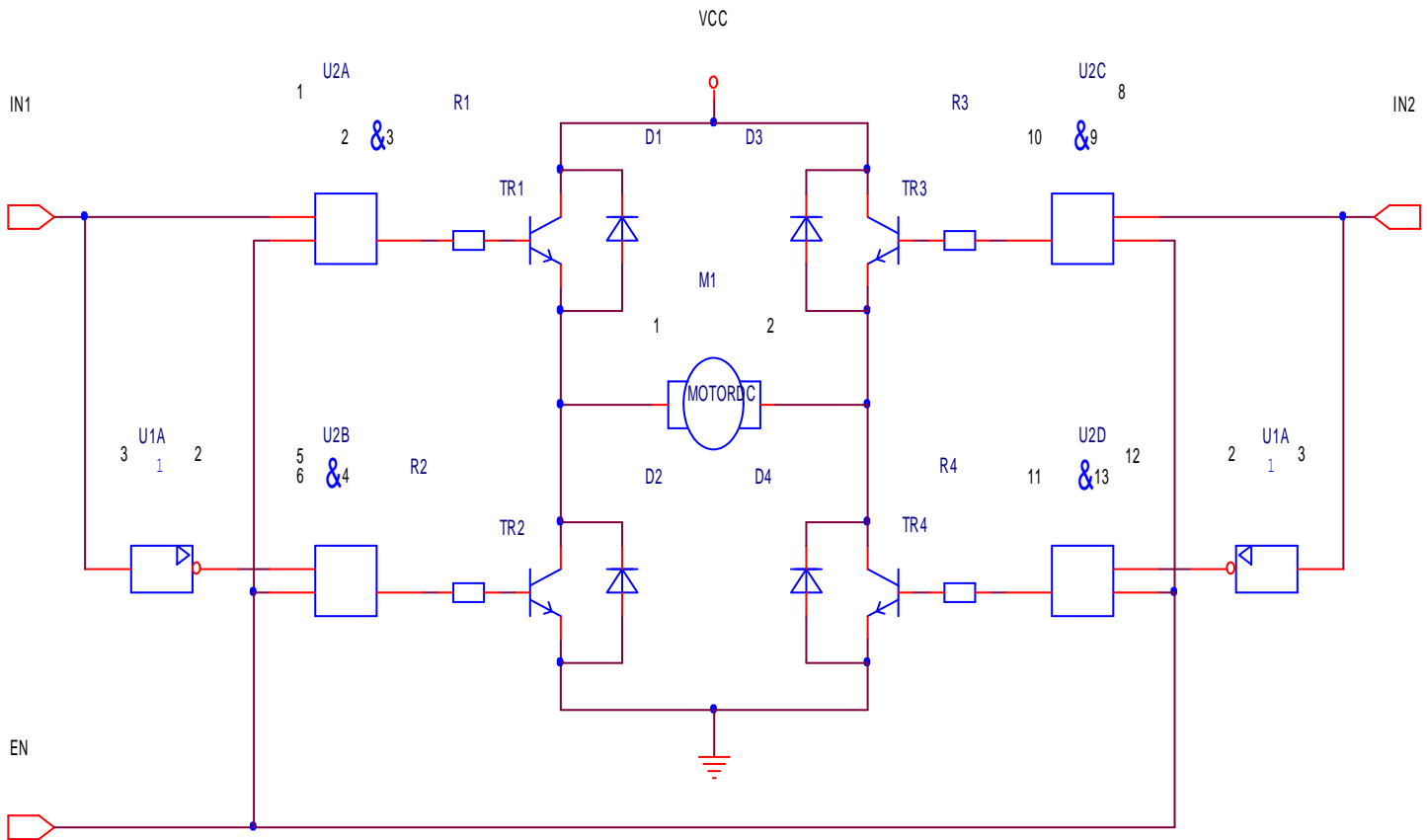
Si on appuie sur les deux boutons, il y a court-circuit!

❖ **Enpratique:**

Pour éviter le problème de court-circuit, on utilise le montage suivant:



Ouce montage:



❖ **Tabledefonctionnement:**

| EN | In2 | In1 | | TR1 | TR2 | TR3 | TR4 | EtatduMoteur |
|----|-----|-----|--|-----|-----|-----|-----|--------------|
| 0 | 0 | 0 | | B | B | B | B | Arrêt |
| 0 | 0 | 1 | | B | B | B | B | Arrêt |
| 0 | 1 | 0 | | B | B | B | B | Arrêt |
| 0 | 1 | 1 | | B | B | B | B | Arrêt |
| 1 | 0 | 0 | | B | S | B | S | Frein |
| 1 | 0 | 1 | | S | B | B | S | Sens1 |
| 1 | 1 | 0 | | B | S | S | B | Sens2 |
| 1 | 1 | 1 | | S | B | S | B | Frein |

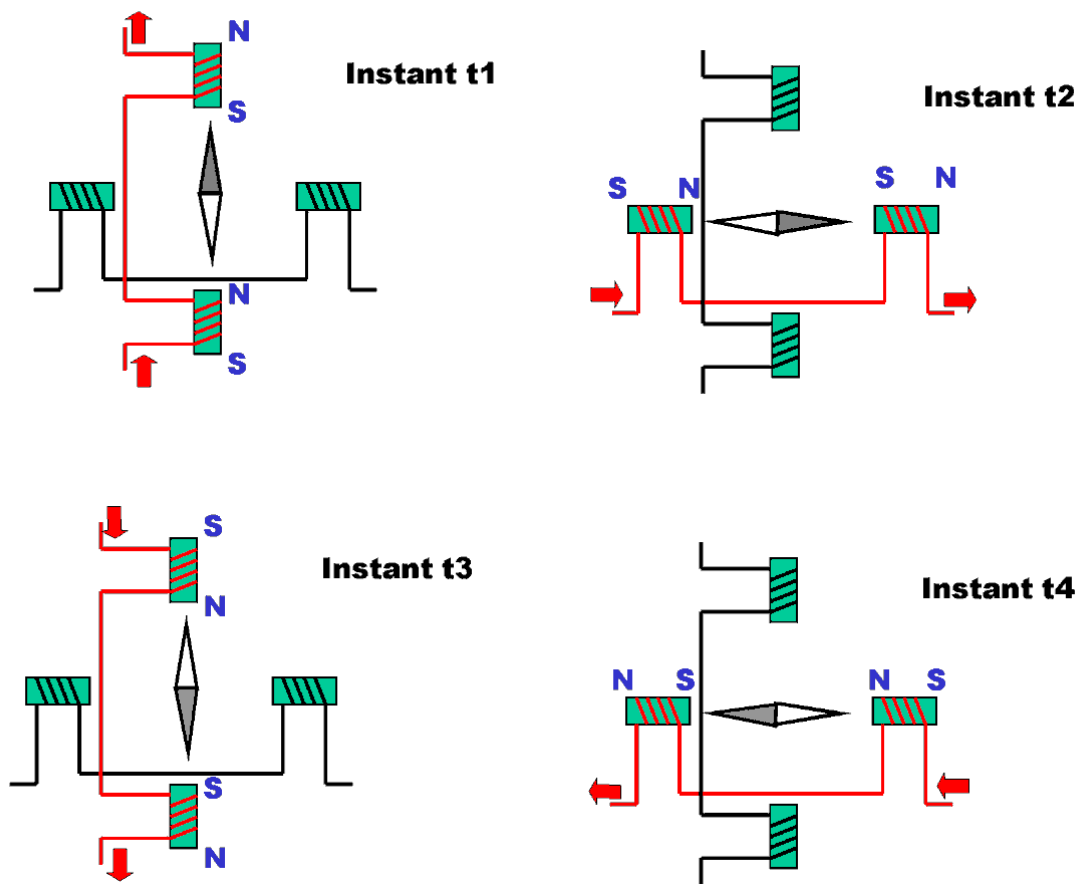
II). Lemoteur pas à pas:

1°. Introduction:

Lemoteur pas à pas est un moteur qui tourne en fonction d'*impulsions électriques* reçues dans ses bobinages. L'angle de rotation minimal entre deux modifications des impulsions électriques s'appelle un *pas*. On caractérise un moteur par le nombre de pas par tour (c'est à dire pour 360°). Les valeurs courantes sont 48, 100 ou 200 pas par tour.

Analysed'unmoteur théorique composé d'un aimant permanent (boussole) et de 2 bobinages constitués chacun de 2 bobines.

Le passage d'un courant, successivement dans chaque bobinage, fait tourner l'aimant.



Nous avons créé un moteur de 4 pas par tour.

Les impulsions électriques sont du type tout ou rien c'est à dire passage de courant ou pas de passage de courant. Les tensions d'utilisation des moteurs sont de 3,3V à 48V continues. La consommation est de 0,2A à 1,5 A. Le couple du moteur est de l'ordre de 5 N.Cm à 64 N.Cm.

L'électronique actuelle permet de piloter la chronologie de ces impulsions avec beaucoup de précision et d'en comptabiliser le nombre.

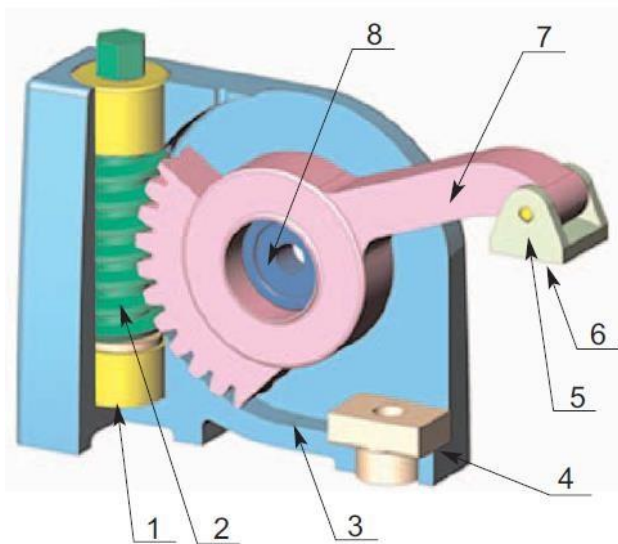
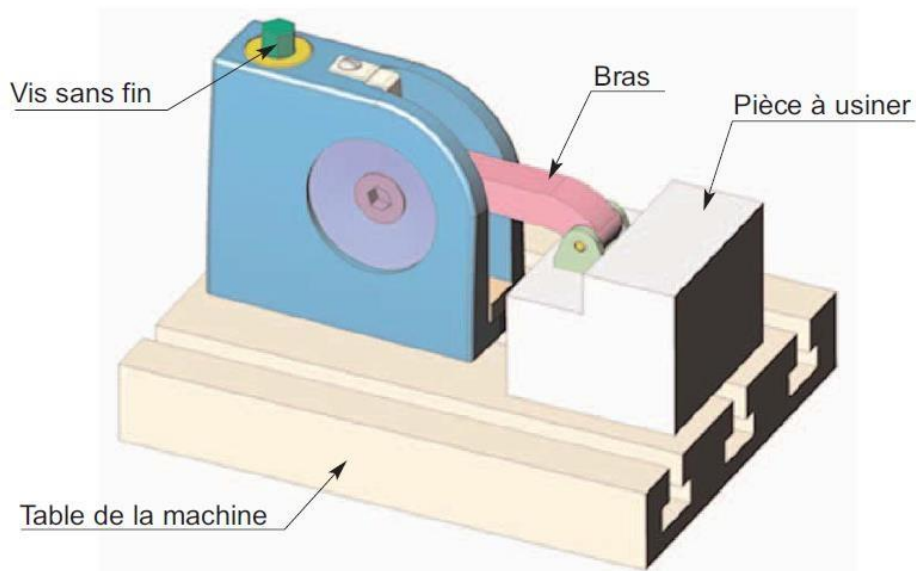
Lemoteur pas à pas et son circuit de commande permettent donc la rotation d'un axe avec beaucoup de précision en vitesse et en amplitude.

3-5-Système d'étude: dispositif de bridage à serrage vertical :

L'étude porte sur un dispositif de bridage à serrage vertical (voir les dessins d'ensemble en 3D suivants).

Le bras (7) est constitué d'un secteur de dent et d'une tige.

La manœuvre de la vis sans fin (2) à l'aide d'une clé spéciale permet la rotation du bras (7) entraînant l'immobilisation de la pièce à usiner par l'intermédiaire du patin (6).



| | | |
|------------------------------|-----------|--------------------|
| 8 | 1 | Flasque |
| 7 | 1 | Bras |
| 6 | 1 | Patin |
| 5 | 1 | Axe |
| 4 | 1 | Ecrou porte lardon |
| 3 | 1 | Corps |
| 2 | 1 | Vis sans fin |
| 1 | 2 | Bague |
| Rep | Nb | Désignation |
| DISPOSITIF DE BRIDAGE | | |

3-5-2-Principe de fonctionnement du dispositif d'usinage:

Pour automatiser ce bridage, il est nécessaire d'introduire, un automate, un moteur électrique, deux capteurs de position, capteur de niveau et un capteur de pression.

L'élément le plus important dans cette automatisation est le moteur électrique qui est à l'origine du mouvement de rotation, Le moteur consiste à faire tourner le vis sans fin.

Le premier capteur de position consiste à déterminer la position de la pièce sur le tapis roulant, qui va envoyer un signal à l'automate qui va à son tour faire sortir la tige de vérin afin de déplacer la pièce sur la table de la machine.

Le deuxième détecteur détermine la position de la pièce sur la table de la machine. Quand la présence de la pièce est détectée il va envoyer un signal à l'automate pour faire démarrer le moteur qui à son tour fait tourner le vis sans fin.

Le capteur de pression consiste à mesurer la force appliquée sur la pièce pour serrer de cette dernière. L'effort de serrage doit être respecté afin d'assurer l'immobilisation de la pièce à usiner et aussi à ne pas dépasser la force maximale pour ne pas abîmer ou détériorer notre dispositif d'usinage.

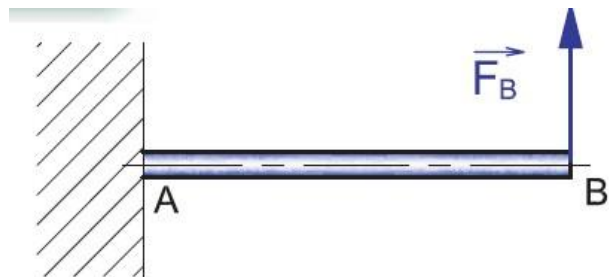
Le capteur de niveau consiste à mesurer la cote de perçage, quand on arrive au niveau nécessaire il envoie un signal à l'automate pour faire desserrer le dispositif.

Il est nécessaire de faire un calcul RDM, pour déterminer l'effort nécessaire afin d'assurer le serrage de la pièce à usiner.

Détermination de l'effort de serrage

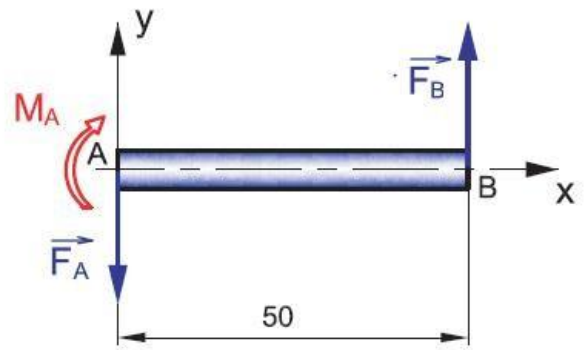
1- Modélisation :

Modélisation de la partie tige du bras AB La tige est assimilée à une poutre encastree en A soumise à l'action de la force concentrée F_B .



2- Etude statique:

On donne: $\|\vec{F}_B\| = 700$ N utile au serrage sans déformer la pièce à usiner.
 Le poids du bras est négligé. Étudions l'équilibre de la tige.
 Appliquons le principe fondamental de la statique



$$\vec{F}_A + \vec{F}_B = \vec{0} \quad \Rightarrow \quad F_A + F_B = 0 \quad (1)$$

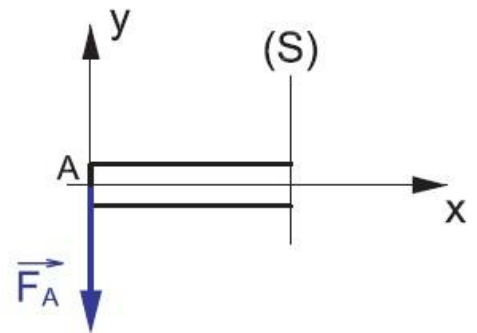
$$\vec{M}_{F_A/A} + \vec{M}_{F_B/A} + \vec{M}_A = \vec{0} \quad (2)$$

$$\Rightarrow (F_B \cdot AB) - M_A = 0$$

M_A est appelé moment d'encastrement au point A.
 L'équation (1) permet de déterminer $F_A = 700$ N.
 L'équation (2) permet de déterminer $M_A = 35$ N.m.

3- Variation de l'effort tranchant:

*Entre les sections A et B :
 On isole ce qui est à gauche de la section (S) et on applique la définition de l'effort tranchant:



$$T = -(-F_A) = 700 \text{ N}$$

Diagramme de l'effort tranchant:

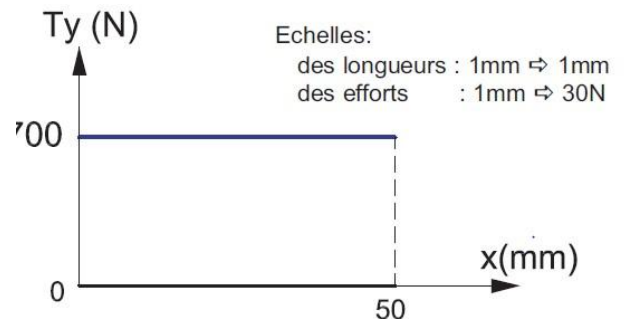
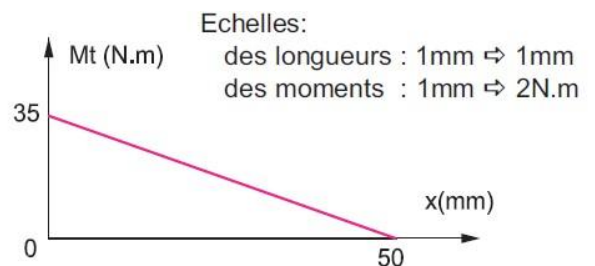


Diagramme des moments fléchissant:

$$M_f = -(F_A \cdot x - M_A)$$

$$= -F_A \cdot x + M_A = -700 \cdot x + 35000$$

si $x=0$ $M_f = 35$ N.m
 si $x=50$ $M_f = 0$ N.



La partie calcul d'effort deserrage est indispensable et ce pour le choix du type de capteur à sélectionner. Cet effort doit être respecté pour que la bride assure un effort deserrage suffisant et sans porter préjudice à l'intégrité de l'ensemble automatisé.

Ils en suit la présentation du Grafcet. La schématisation du dispositif étudié est représentée par la figure 3-11 .

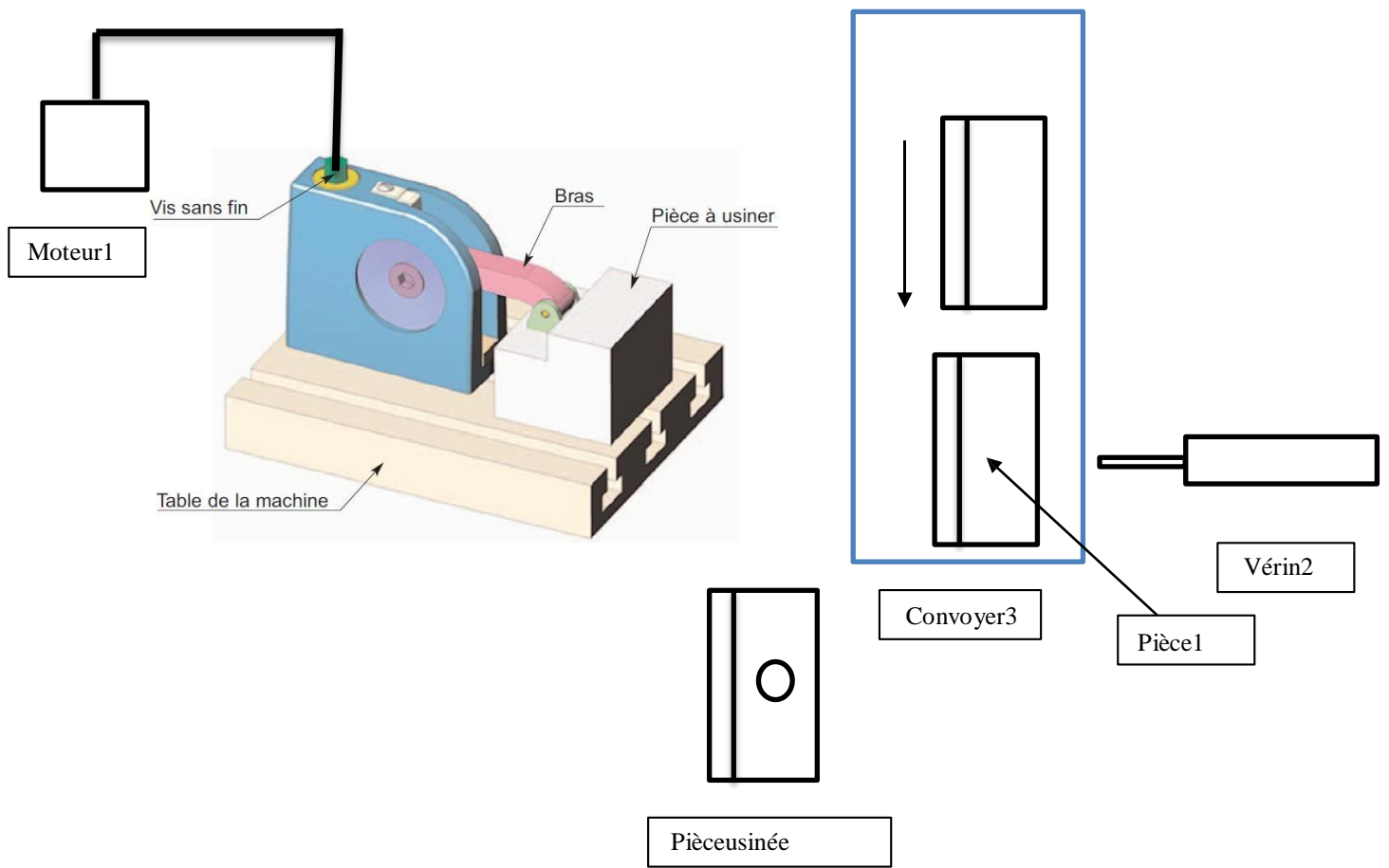
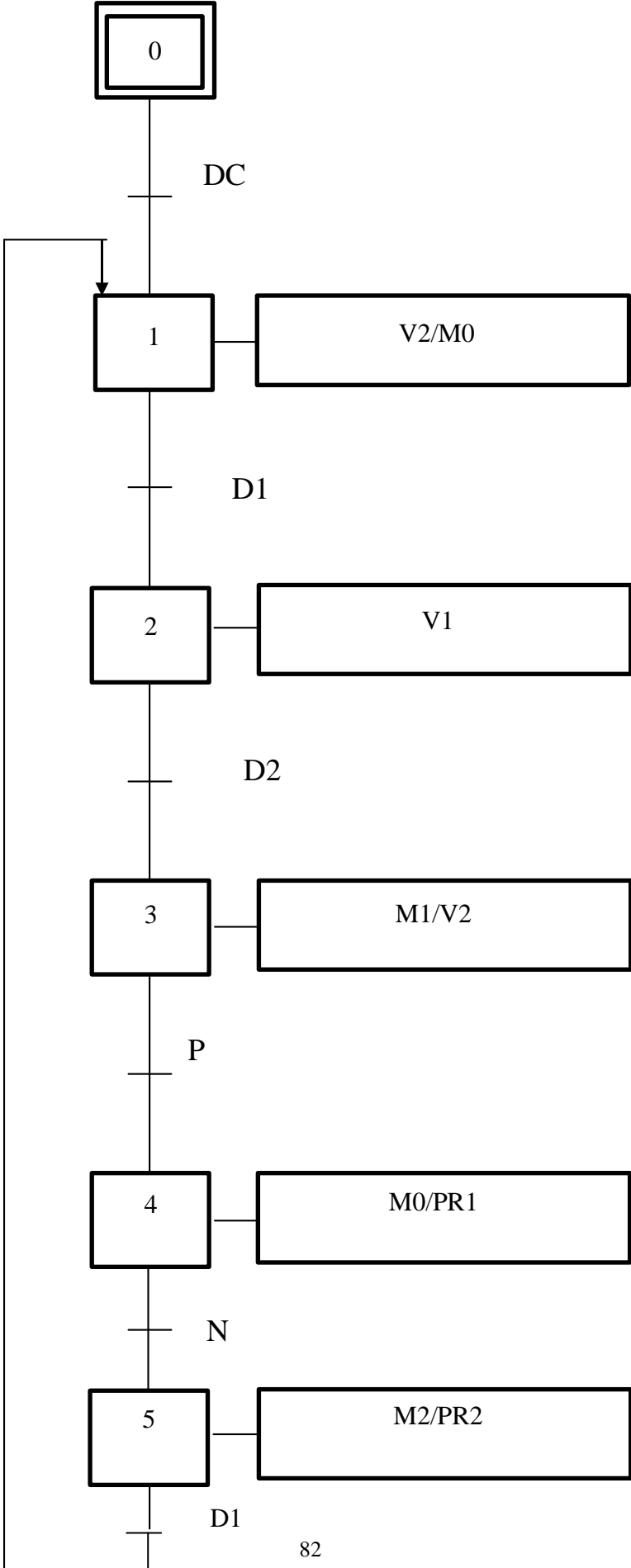


Figure 3-11 schéma d'usinage de la pièce

Legrafcetfonctionnel:



| | | |
|-----|-------------------------------------|--|
| D1 | Le premier détecteur | |
| D2 | Le deuxième détecteur | |
| P | Le capteur de pression | |
| N | Le capteur de niveau | |
| V1 | La sortie de la tige de vérin | |
| V2 | L'entrée de la tige de vérin | |
| M0 | L'arrêt de moteur | |
| M1 | Le moteur pour serrer le bridage | |
| M2 | Le moteur pour desserrer le bridage | |
| PR1 | Descente de foret de la perceuse | |
| PR2 | ASCENSION de foret de la perceuse | |

Conclusion: dans cette partie, qui est importante, nous avons appris à faire le choix des éléments mécaniques, électroniques, électriques..... selon les conditions d'utilisation. Le choix des séquences automatisées pour notre cas est essentiel, afin de gagner en temps d'usinage et en prix de revient de la pièce à usiner.

Conclusion générale :

Les techniques de conception et d'automatisation des processus de production et de fabrication, sont très diversifiées. Les progrès dans les domaines de l'informatique, de l'automatisation ainsi que les éléments de constructions ont favorisé la robotisation, des fois, complète de ces processus.

Le gain engendré par le domaine de la mécatronique, est inéluctable, il se présente en coût précision des actions automatisées, facilite de l'entretien et fiabilité.

Le but recherché par l'automatisation, est souvent pécunier, mais aussi ergonomique de lourds actions soumises au personnel sont pris en charge vu ces automates.

L'approche représentée, par le chapitre précédent, est de montrer la manière de transformer des actions manuelles en cycle automatisé, dans le but de gagner le temps, de précision et de productivité.

Références Bibliographique

[1] mécatronique cours et exercices corrigés.

[2] Salim BEN SAOUD le grafcet

[3] L. CUVELIER guide des automates.

[4] les automates programmables industriels.