Entretien et dépannage d'un organe électromécanique

I. Diagnostic
II. Déterminer les spécifications.
III. Modifier et Remplacer les éléments électromécaniques
IV. Dépannage des systèmes automatisés
V. Documents d' intervention de maintenance
VI. démontage remontage
VII. Les Moteurs
VIII. Lubrifier les parties mobiles des ensembles électromécaniques

1- Diagnostic.

التشخيص

1- Définition:

Identification de la cause probable de la (ou des) défaillance(s) à l'aide d'un raisonnement logique.

- La défaillance ignore les frontières entre les domaines technologiques (mécanique, électrique, pneumatique, hydraulique,..).
- La connaissance et la maîtrise des différentes technologies sont indispensables à la bonne conduite d'un diagnostic.
- Une collaboration utilisateurs-maintenance augmente de façon importante la probabilité de découverte rapide d'une défaillance.
- L'habitude, l'empirisme, le "flair" permettent d'identifier les pannes usuelles, mais sur des machines complexes, à technologies variées, une recherche logique s'impose.

Le diagnostic permet d'identifier la cause ayant entraîné la défaillance. Une action sera réalisée en intervenant sur la cause (action corrective) ou sur la défaillance (action palliative).

Exemple :

indisponsable

Cause السبب — **Défaillance** العجز

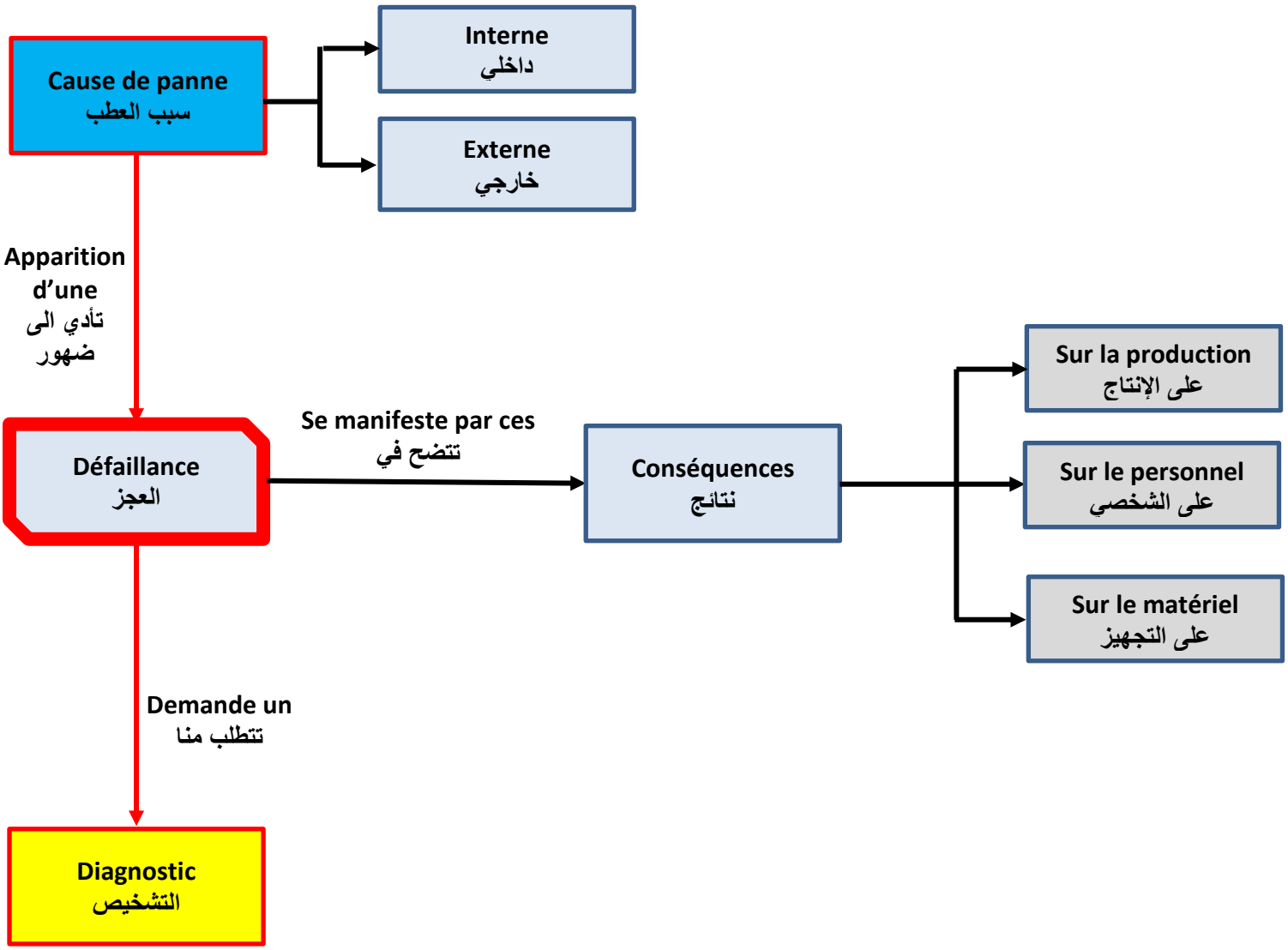
« Coupure de l'électricité انقطاع التيار **»** — **« Usure de fusible** تلف المصهر **»**

Action corrective فعل التصحيح	***Action Palliative فعل مسكن***
Mise en marche l'électricité **تشغيل التيار**	**Changement du fusible** **تغيير المصهر**

2- La défaillance (العجز):

C'est la cessation de l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise. Pour définir avec précision les défaillances, il faut tenir compte de la rapidité de manifestation, des causes, du degré d'importance, des conséquences ou d'une combinaison de tous ces éléments.

La défaillance demande un diagnostic pour identifier la ou les causes(s).



Cause de panne سبب العطب

Interne	Externe
- Santé de la matière طبيعة او صحة المواد - Fonctionnement التشغيل	- Accident (choc…) الحوادث (الصدم....) - Mauvaise utilisation سوء الاستعمال - Environnement non conforme عدم ملائمة المحيط او الوسط - Mauvaise entretien سوء الصيانة - Défaillance seconde عجز ثاني - Maintenance inadaptée ou défectueuse صيانة غير ملائمة او ناقصة

Conséquences نتائج

Conséquences Sur la production نتائج على جانب الإنتاج	Conséquences Sur le personnel نتائج على الجانب الشخصي	Conséquences Sur le matériel نتائج على الجانب التجهيز
- Baisse de rendement انخفاض المردودية - Augmentation couts de production ارتفاع تكلفة الانتاج - Détérioration des outillages… تلف الأدوات	- Insécurité عدم الأمان - Pollution التلوث - Pert de la crédibilité فقدان المصداقية	- Détérioration partielle ou complète التلف الجزئي او الكلي - Dégradation de la fiabilité et de la qualité تقهقر جودة او قيمة النوعية

3- Exploitation du Grafcet pour le diagnostic (استغلال الغرفسات في التشخيص):

Dans un système automatisé de production (SAP), commandé par un automate programmable industriel (API), on estime que 90% des causes sont en rapport avec la partie opérative et que les 2/3 de ces dernières sont liés aux capteurs.
L'unité de traitement présente une très faible probabilité de causes.

Le Grafcet est un outil très utile dans la recherche des causes de pannes. Il permet de localiser les actions et/ou les réceptivités en cause dans le dysfonctionnement du système.
Si le Grafcet est un outil très appréciable pour le diagnostic, il n'en reste pas moins indispensable d'y associer d'autres outils de recherche (les documents et schémas du système, par exemple).

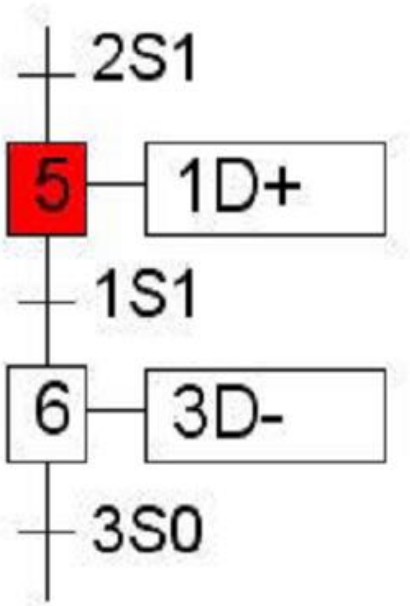
Exemple :

Soit l'extrait, (ci-dessous), d'un Grafcet Point de Vue Partie Commande.

Supposons que **l'action 3D- ne soit pas réalisée** (constat de l'utilisateur du système).

En fonction de l'étape active du Grafcet, les causes du dysfonctionnement et la méthodologie de recherche seront différentes.

Première cas :



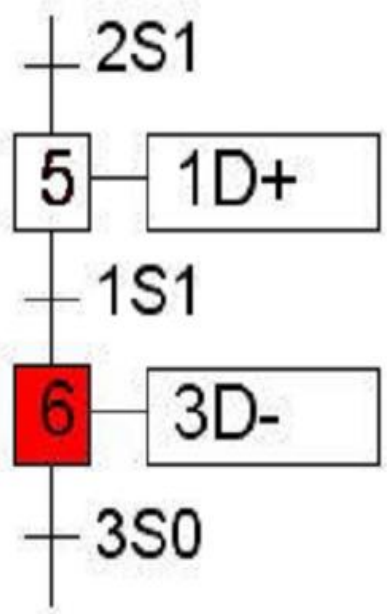
L'étape 5 est activer et le système est bloquée sur cette étape sans pouvoir passer à la suivant .la réceptivité 1S1 n'est donc pas vraie.

La cause du dysfonctionnement peut provenir :

- **D'une alimentation défectueuse des entrées**
- **Du capteur / détecteur 1S1 défectueuse**
- **Du capteur / détecteur 1S1 déréglé**
- **D'un mauvaise état des connections électriques**
- **D'un mauvaise état des connections pneumatique**
- **De l'entrée automate associée à 1S1 défectueuse**
- **D'un problème de programme ou de programmation**

L'exemple traité ici est très générale

Deuxième cas :



1- La sortie automate associée à 3D- est activé

Dans ce cas, la cause du dysfonctionnement peut provenir :

- **De l'alimentation des sorties automate défectueuse**
- **D'un mauvais état des connections électriques**
- **D'un mauvaise état des connections pneumatique/hydraulique**
- **Du distributeur 3D bloqué (tiroir)**
- **Du distributeur 3D hors service**
- **D'un problème mécanique (rupture, grippage, blocage, déréglage,….**

2- La sortie automate associée à 3D- n'est pas activer

la cause du dysfonctionnement peut provenir

- **D'un problème de programme ou de programmation**
- **De la sorties de l'automate défectueuse**

L'exemple traité ici est très générale

2- Déterminer les spécifications

تحديد الخصائص

Désignation des modes du défaillance NF X60-510 (تعيين العجز وفق المواصفات الفرنسية):

N^0 :	Désignation	التعيين
1.	Défaillance structurelle (rupture)	عجز بنيوي
2.	Blocage physique ou coincement	انحصار او توقف طبيعي
3.	Vibration	اهتزاز
4.	Ne reste pas en position	غير ثابت في مكانه
5.	Ne s'ouvre pas	لا يفتح
6.	Ne se ferme pas	لا يغلق
7.	Défaillance en position ouverte	عجز في وضعية مفتوحة
8.	Défaillance en position ferme	عجز في وضعية مغلقة
9.	Fuite interne	تسرب داخلي
10.	Fuite externe	تسرب خارجي
11.	Dépasse la limite supérieure tolérée	تجاوز الحد الأقصى المسموح به
12.	Est-en dessous de la limite inferieur tolérée	تحت الحد السفلي المسموح به
13.	Fonctionnement intempestif	تشغيل غير موفق
14.	Fonctionnement intermittent	تشغيل متناوب
15.	Fonctionnement irrégulière	تشغيل غير منتظم
16.	Indication erronée	اشارة خاطئة
17.	Ecoulement réduit	سليان منخفض
18.	Mise en marche erronée	وضع التشغيل خاطئ
19.	Ne s'arrête pas	لا يتوقف
20.	Ne démarre pas	لا ينطلق
21.	Ne commute pas	لا يتغير او يبدل
22.	Fonctionnement prématuré	تشغيل اولي
23.	Fonctionnement après le délai prévu (retard)	تشغيل متأخر
24.	Entré erroné (augmentation)	دخول خاطئ (صعود)
25.	Entré erroné (diminution)	دخول خاطئ (نزول)
26.	Sortie erroné (augmentation)	خروج خاطئ (صعود)
27.	Sortie erroné (diminution)	خروج خاطئ (نزول)
28.	Perte de l'entré	خسارة المدخل
29.	Perte de la sortie	خسارة المخرج
30.	Court-circuit (électrique)	دارة قصيرة (كهرباء)
31.	Circuit ouverte (électrique)	دارة مفتوحة (كهرباء)
32.	fuit (électrique)	تسرب (كهرباء)
33.	Autres conditions de la défaillance exceptionnelles suivant les caractéristiques du système. Les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles	شروط اخرى للإعطاب الخاصة بالنظام. هذه الشروط وظيفية و كل المؤثرات العملية

3- Modifier et Remplacer les éléments électromécaniques

تعديل او تبديل العناصر الكهرو ميكانيكية

1- Les cosses possibles des pannes (الأسباب المحتملة للإعطاب):

Causes possibles des pannes	N°	Vérifications
1) Pannes provoqués par le grippage d'un organe en mouvement: ce grippage pouvant provenir lui- même - d'un manque de graisse - d'un lubrifiant mal adapter - d'un lubrifiant sal - d'une fuit - d'une charge exagérée - d'un mouvait fonctionnement du refroidissement	1	Vérifié les divers points à graisser
	2	Vérifié les pleins à faire
	3	Vérifier les échauffements des paliers
	4	Contrôler les caractéristiques du lubrifiant employé
	5	Effectuer les vidanges nécessaires
	6	Nettoyer les filtres à huile
	7	Nettoyer les réservoirs à lubrifiants
	8	Effectuer des prélèvements à fin d'analyse
	9	Vérifier les excès de graissage (افراط
	10	Recherche les fuit éventuelles
	11	Contrôler les pressions d'huile
	12	Contrôler les charges accidentelles sur les palies
	13	Vérifier les pompes de circulation
	14	Contrôler l'entartrage رواسب
2) pannes provoquées par le desserrage des pièces d'assemblage des organes mécanique et électrique : (boulons, clavettes, coins, attaches de courroie ;…….)	15	Resserrer les écrous et les vis
	16	Remettre en place coins et clavette
	17	Ausculter les bruit et vibrations تسمع
	18	Vérifier les attaches de courroie
3) pannes provoquer par ; - l'usure - l'érosion - l'oxydation - les coups de feu - la corrosion chimique - l'amorçage d'un arc	19	Vérifier les cônes d'embrayages
	20	Vérifier les frrodo
	21	Contrôler les plaques d'usure
	22	Vérifier l'usure des galets
	23	Vérifier l'usure des rails ou chemins de roulements
	24	Vérifier l'usure de bagues et coussinets
	25	Contrôle l'usure des arbres
	26	Vérifier l'usure de coulisseaux
	27	Contrôler les pignons, barbotins et crémaillères مضرسة
	28	Vérifier l'usure des fourchettes et doigts
	29	Vérifier les cardans
	30	Vérifier les manchons d'accouplement
	31	Vérifier les chaines de transmission
	32	Contrôler l'usure des clavettes coulissantes
	33	Contrôler l'usure des bandes transporteuses
	34	Exécuter les contrôles géométriques nécessaires
	35	Rattraper les jeux des organes de réglage
	36	Contrôler l'état de la peinture et de la corrosion
4) pannes provenant du vieillissement de certains matériaux :	37	Vérifier les pièces isolements des contacteurs
	38	Vérifier les revêtements des câbles

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

comme les isolants électriques.	39	**Faire les contrôles d'isolement**
5) déraillement : Renversements ou autres accidents provenant d'un défaut des chemins de roulements.	40	**Vérifier l'écartement des rails**
	41	**Vérifier le niveau des chemins de roulement**
	42	**Vérifier les butoirs de fin de course**
	43	**Vérifier l'ancrage aux rails**
	44	**Vérifier le calage**
	45	**Vérifier l'observation des consignes**
6) pannes provoquées par la flexion : L'allongement ou la rupture intempestive d'un organe soit par - Mauvaise utilisation du matériel - Fatigue de matériel - Défaut de conception - Accident prévisible	46	**Examiner les pièces fragiles**
	47	**Vérifier les pièces flexibles** مرن قابل للتكييف
	48	**Contrôler l'emploi correct des machines**
	49	**Vérifier les chaines et câble de levage**
	50	**Contrôler les crochets et leur sécurité**
	51	**Vérifier les manilles**
	52	**Exécuter les contrôles statiques et dynamiques**
	53	**Retendre les courroies et les chaines**
7) détérioration des systèmes de commande : - électrique - pneumatique - hydraulique	54	**Vérifier l'état des contacts électrique**
	56	**Vérifier les ressort de contacte**
	57	**Vérifier la mise à la terre**
	58	**Vérifier la protection des transformateurs**
	59	**Contrôler les jeux de roulement des moteurs**
	60	**Contrôler l'empoussiéragé de moteur**
	61	**Faire fonctionner les électro -freins**
	62	**Faire fonctionner les diverses sécurités**
	63	**Vérifier l'état des files d'alimentation**
	64	**Contrôler le serrage des bornes**
	65	**Vérifier l'état des balais des bagues collecteurs**
	67	**Vérifier l'état diélectrique de l'huile du transformateur**
	68	**Vérifier les bougies**
	69	**Vérifier les pleins d'huile de commande**
	70	**Vérifier les fuit éventuelles de fluide**
	71	**Vérifier les fonctionnements des clapets**
	72	**Nettoyer le carter d'huile de commande**
8) panne provoqué par l'eau, l'humidité ou l'introduction d'un corps étranger, ci que peut entrainer : - courts -circuit - encrassement de butées - filtres inefficaces - embrayage gras - frein gras ou humides - blocages de sécurité	73	**Nettoyer les butées**
	74	**Nettoyer les glissières**
	75	**Nettoyer les arbres**
	76	**Signaliser les machines salle**
	78	**Vérifier les soupapes de sécurité**
	79	**Vérifier les arrêts automatiques**
	80	**Faire fonctionner les limiteurs des couples**
	81	**Vérifier les parachutes**
	82	**Contrôler les freins**
	83	**Contrôler les protections thermiques**

Remarque : cette liste propose un exemple de causes possibles de pannes et vérifications correspondantes.

Cette liste ne pas finies.

2- Défaillance sur les circuits électromécanique (العجز في الدرات الكهرو ميكانيكية):

Les circuits électriques et électroniques sont soumis à des perturbations de toutes natures : vibrations, parasites, humidité, détériorations mécanique,…….. Qui peuvent entrainer l'arrêt de l'installation.

Les causes de pannes sont donc multiples et souvent imprévisibles. Comme tout équipement, une installation électromécanique doit être remise en état de fonctionnement dans les meilleurs délais.

Coupure de circuit (قطع في الدارة)	
Cause possibles (السبب الممكن)	**Constatations** (الملاحظات او الإثباتات)
• Coupure d'un conducteur • Détérioration des contactes • Fusion d'un fusible	Arrêt totalement de fonctionnement de l'appareil ou de l'installation Nb : un moteur triphasé grogne lorsqu'il lui manque une phase alimentation

Mauvais contact (سوء الملامس)	
Cause possibles (السبب الممكن)	**Constatations** (الملاحظات او الإثباتات)
• Connexion mal serrée ou mal enclenché • Soudure sèche • Oxydation des contacts (phénomène de charbonnage de contacteur) • Echauffement d'une borne de connexion.	- Coupure intermittente - Production des parasites - Baisse de tension ou de courant - Risc d'arc électrique (détérioration rapide de matériel)

Mise à la terre (وضع في الأرض)	
Cause possibles (السبب الممكن)	**Constatations** (الملاحظات او الإثباتات)
• défaut d'isolement du à l'humidité, a une détérioration au montage ou à détérioration dans le temps des isolants	- mise sous tension des masses normalement isolées - déclenchement des systèmes de protection (disjoncteur différentielle générale)

Composant défectueux (قطع في الدارة)	
Cause possibles (السبب الممكن)	**Constatations** (الملاحظات او الإثباتات)
• échauffement anormale d'une résistance ou d'une bobine • claquage d'un condensateur d'un circuit à semi-conducteurs.	Disfonctionnement de l'appareil entrainant soit l'arrêt, soit un fonctionnement imparfait.

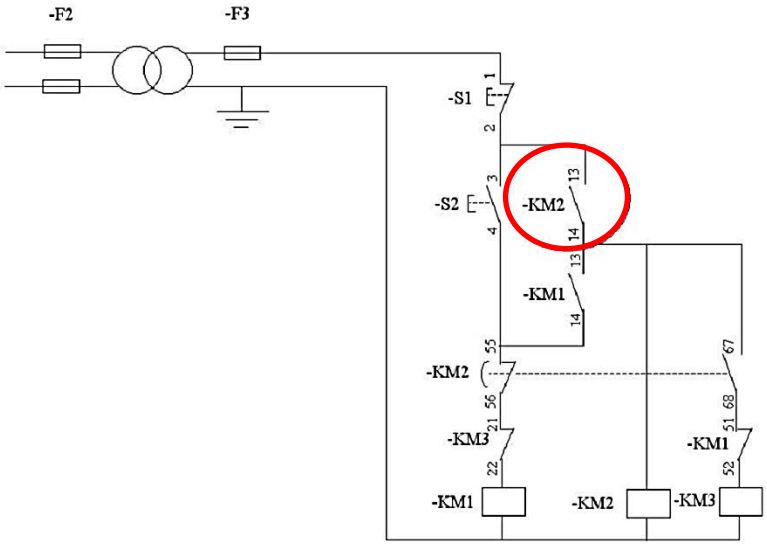
Lors du dépannage ou d'une réparation d'un système automatisé, il est fréquent que l'on ait à réaliser des tests et contrôle de continuité, de présence tension ou encore de consommation de courant sur le circuit électrique du système.

On prendra, pour thème d'étude, la défaillance d'un aspirateur à copeaux d'un atelier de menuiserie.

La défaillance constatée par l'opérateur est la suivante :

Lorsqu'il relâche le bouton « marche » l'aspirateur s'arrête.

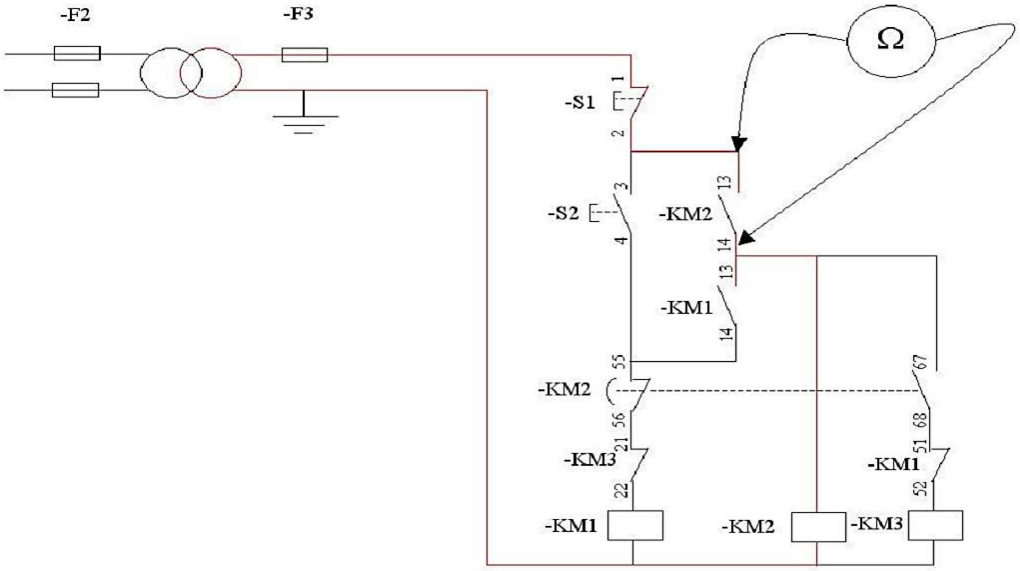
Une étude primitive de cette défaillance nous a permis d'accuser le contact 13-14 du contacteur de puissance KM2 du schéma de commande suivant :



1-Premiére possibilité : contrôle hors tension à l'ohmmètre (مراقبة خارج شدة آومتر)

Le contrôle à l'ohmmètre aux bornes 13-14 risque d'induire en erreur, surtout si l'appareil utilisé signale la continuité par sonnette ou un buzzer**"جرس الكهربائي"**.

En effet, si on branche l'ohmmètre comme l'indique la figure ci-dessous, celui-ci va réagir en indiquant que le circuit est passant, ce qui laisse supposer un défaut du contact.



Que se passe t'il ?

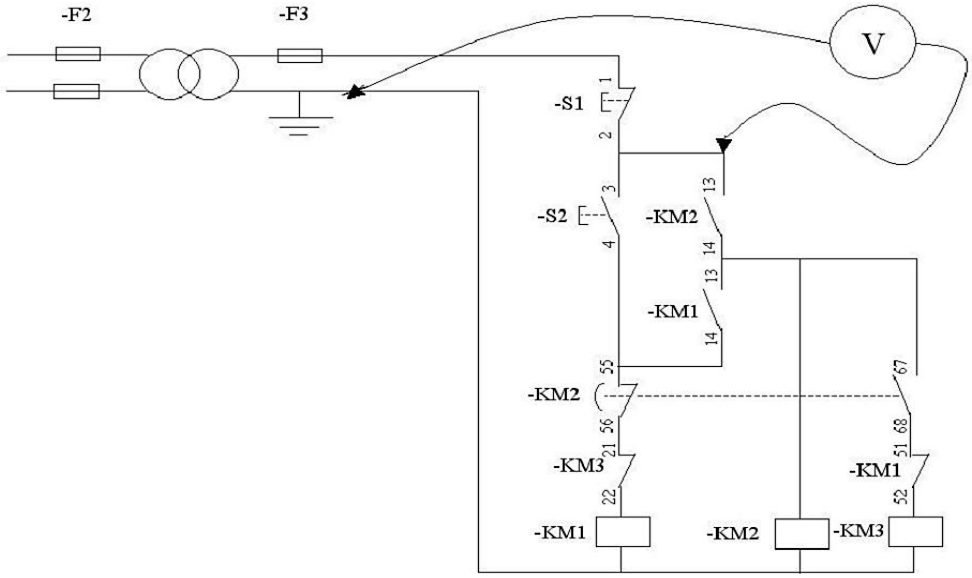
Le courant envoyé par l'ommètre ne pouvant pas passer par KM213-14 va passer par le secondaire T1, par F3, et S1. Les resistances de KM2 et de T1 étant très faible, lohmmètre indiquera le signal « circuit passant ».

Conclusion

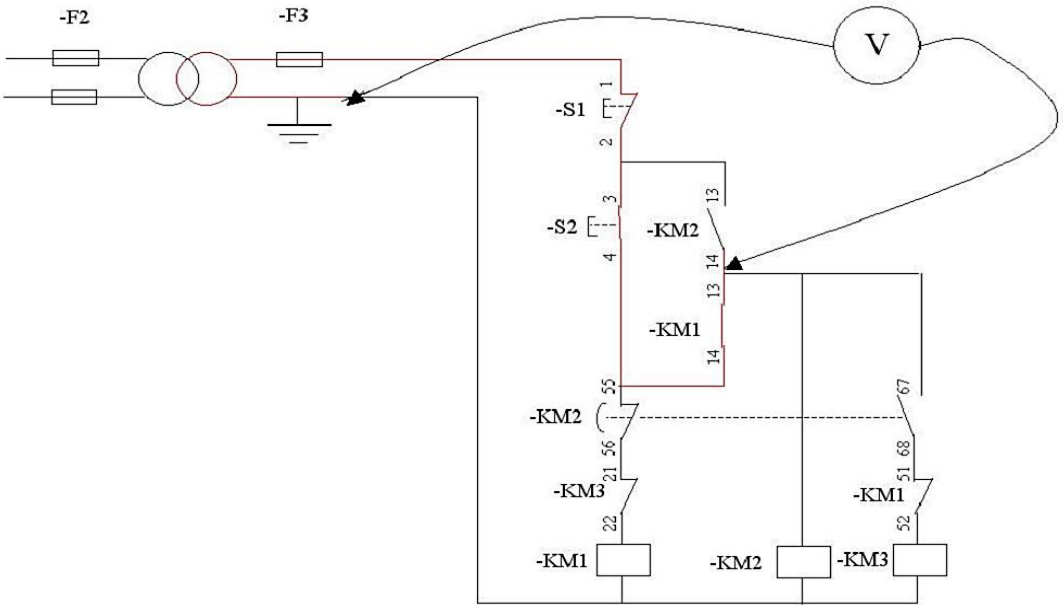
Pour effectuer le contrôle d'un contact, d'une bobine, d'une resistance… dans un circuit de commande alimenté par un transformateur, il est plus sur d'ouvrir le circuit, en otant le fusible F3 par exemple, ou encore en déconnectant un fil aux bornes du contact 13-14 de KM2.

2-Deuxième possibilité : contrôle sous tension voltmètre(مراقبة تحت توتر الفولتمتر) .

Sécurité : On peut pratiquer les contrôles sous tension à condition que l'appui sur les boutons poussoirs ne risque pas de mettre en danger l'agent de maintenance ou les matériels.
Le premier contrôle permet de s'assurer que le courant arrive à la borne 13 :



Le deuxième contrôle, à la borne 14, S2 étant appuyé pour que KM2 soit alimenté, KM1 est lui aussi alimenté.
Le voltmètre donnera la même que lors du premier contrôle, alors que le contact 13-14 de KM2 est peut-être ouvert.



Que se passe t'il ?
Le courant fournit par le transformateur passe par S1 – S2 – $KM1_{13-14}$ pour arriver au voltmètre.

Conclusion
La solution consiste à déconnecter le fil branché dans la borne 14 pour isoler le contact

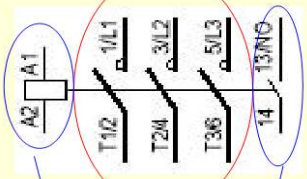
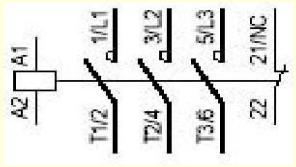
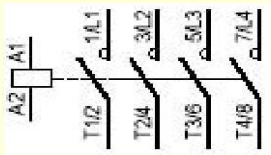
1. Le contacteur

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos et une seule position de travail.

- **Sa fonction** :Il est capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharges en service.



2. Symboles

Contacteur tripolaire + 1 contact auxiliaire NO	Contacteur tripolaire + 1 contact auxiliaire NC	Contacteur tétrapolaire
		

2. Relais thermique

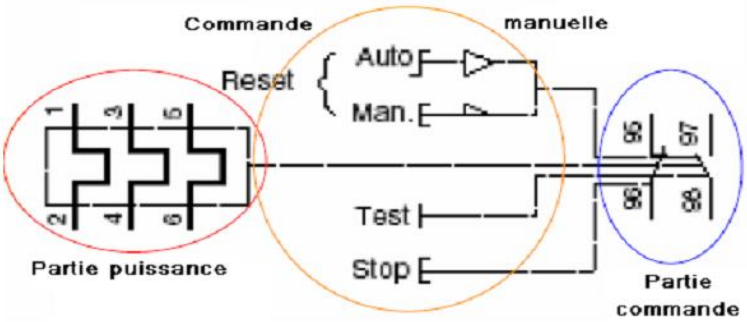
a. Rôle

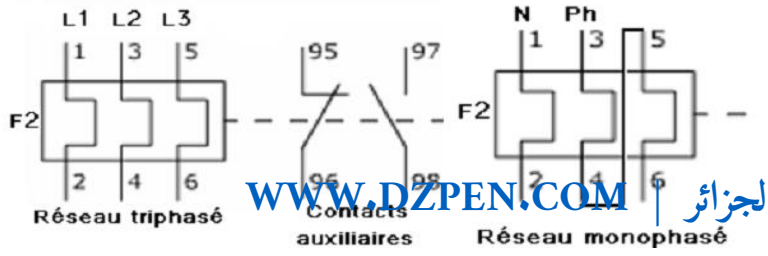
Le relais thermique est un appareil qui protège le récepteur placé en *aval* contre les surcharges et les coupures de phase. Pour cela, il surveille en permanence le courant dans le récepteur.

En cas de surcharge, le relais thermique n'agit pas directement sur le circuit de puissance. Un contact du relais thermique ouvre le circuit de commande d'un contacteur est le contacteur qui coupe le courant dans le récepteur.



b. Symbole

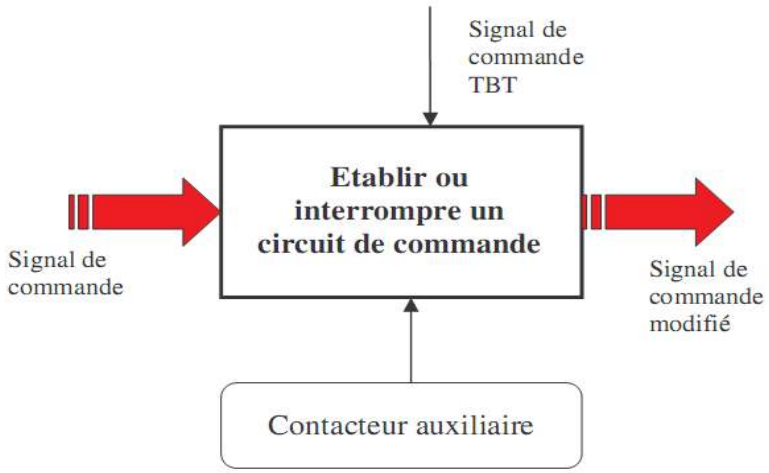




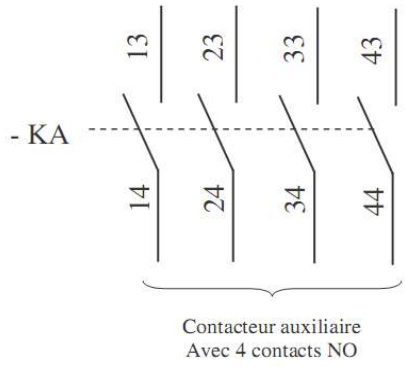
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

I – Rôle du contacteur auxiliaire (KA)

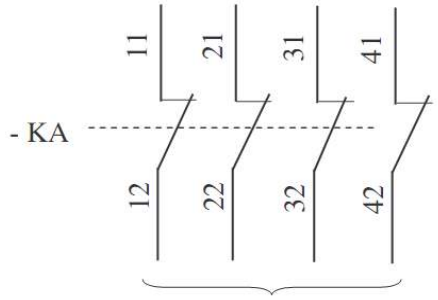
Le contacteur auxiliaire est un appareil directement dérivé du contacteur moteur dont il reprendla technologie. La différence réside essentiellement dans le remplacement des pôles principaux par des contacts auxiliaire ayant un courant thermique conventionnel de 10A. Cette identité de conception et de présentation avec les contacteurs puissance permet de constituer des ensembles d'appareillage homogènes. La réalisation et l'exploitation des équipement s'en trouvent facilitées.



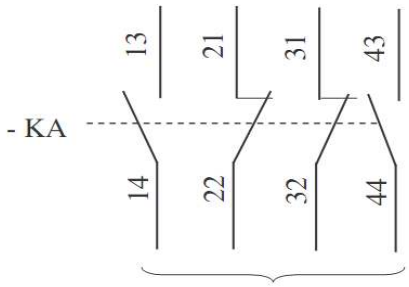
III – Symbôle



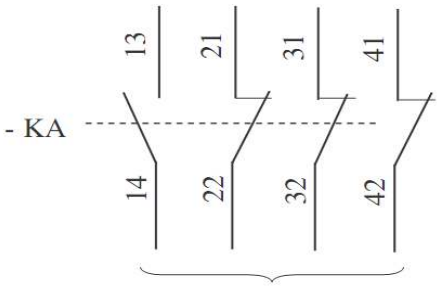
Contacteur auxiliaire
Avec 4 contacts NO



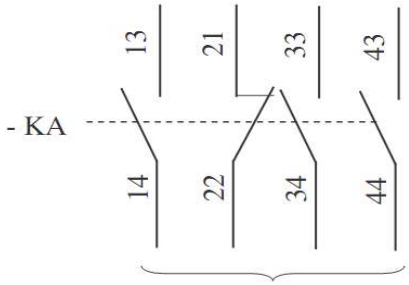
Contacteur auxiliaire
Avec 4 contacts NF



Contacteur auxiliaire
Avec 2 contacts NO et 2 contacts NF



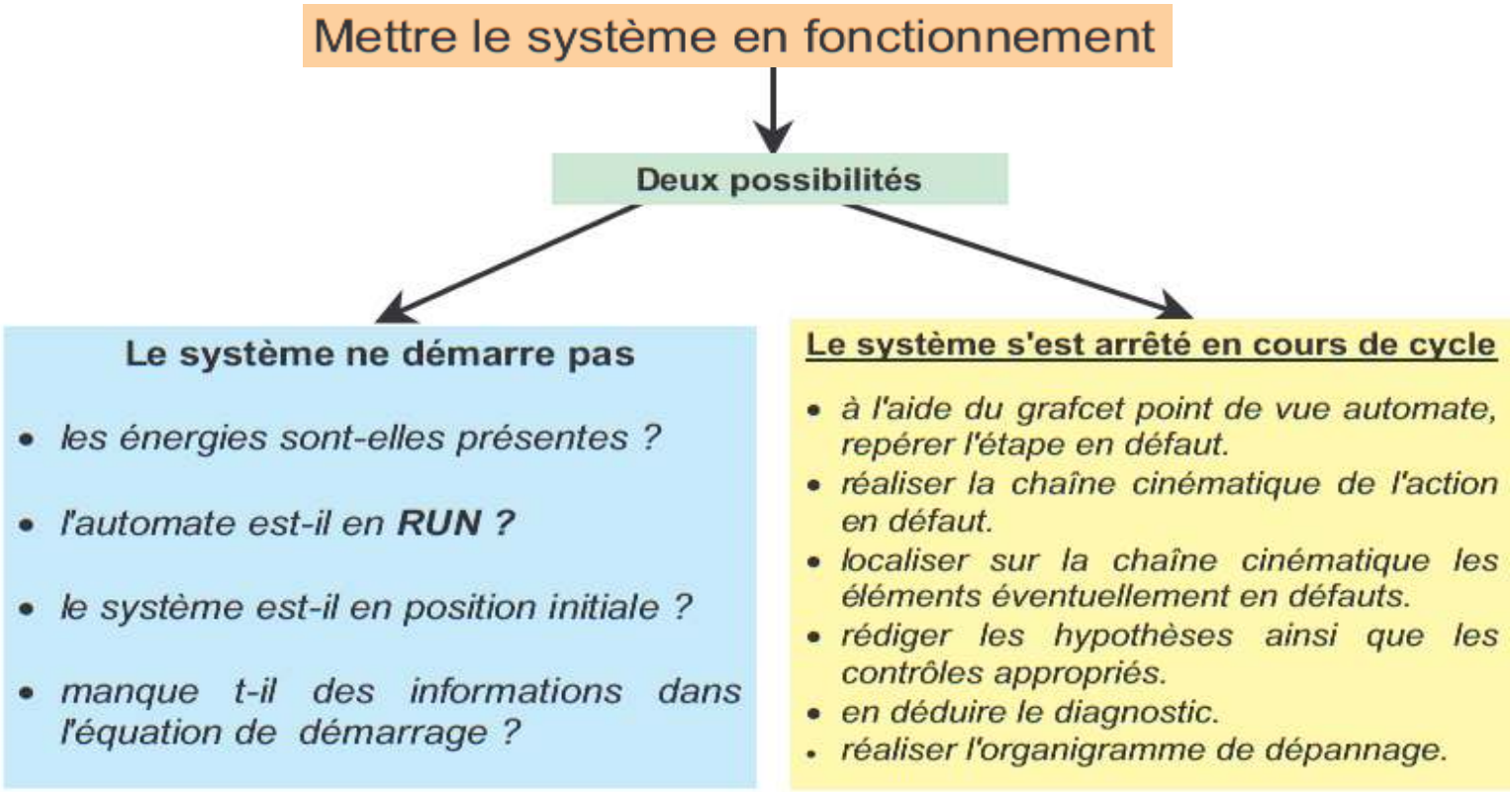
Contacteur auxiliaire
Avec 3 contacts NF et 1 contact NO



Contacteur auxiliaire
Avec 3 contacts NO et 1 contact NF

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

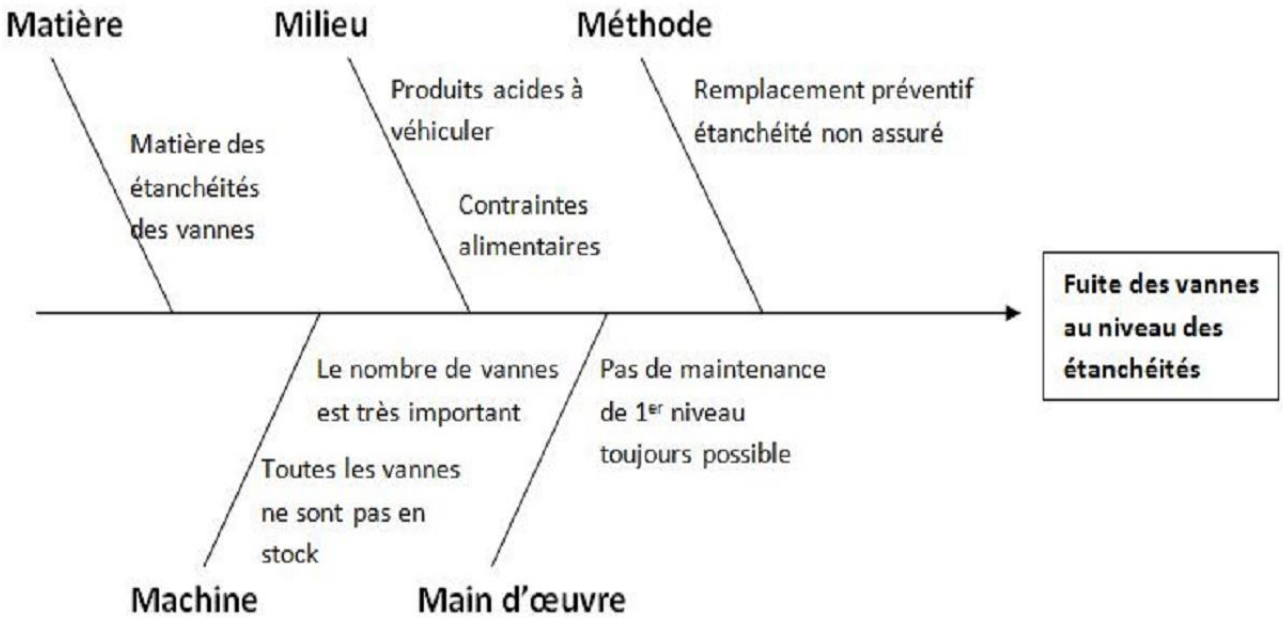
4- Dépannage des systèmes automatisés :



• **Diagramme d'Ishikawa :**(diagramme causes/effets) encore appelé« Diagramme en arêtes de poisson » ou « Méthodes des 5 M

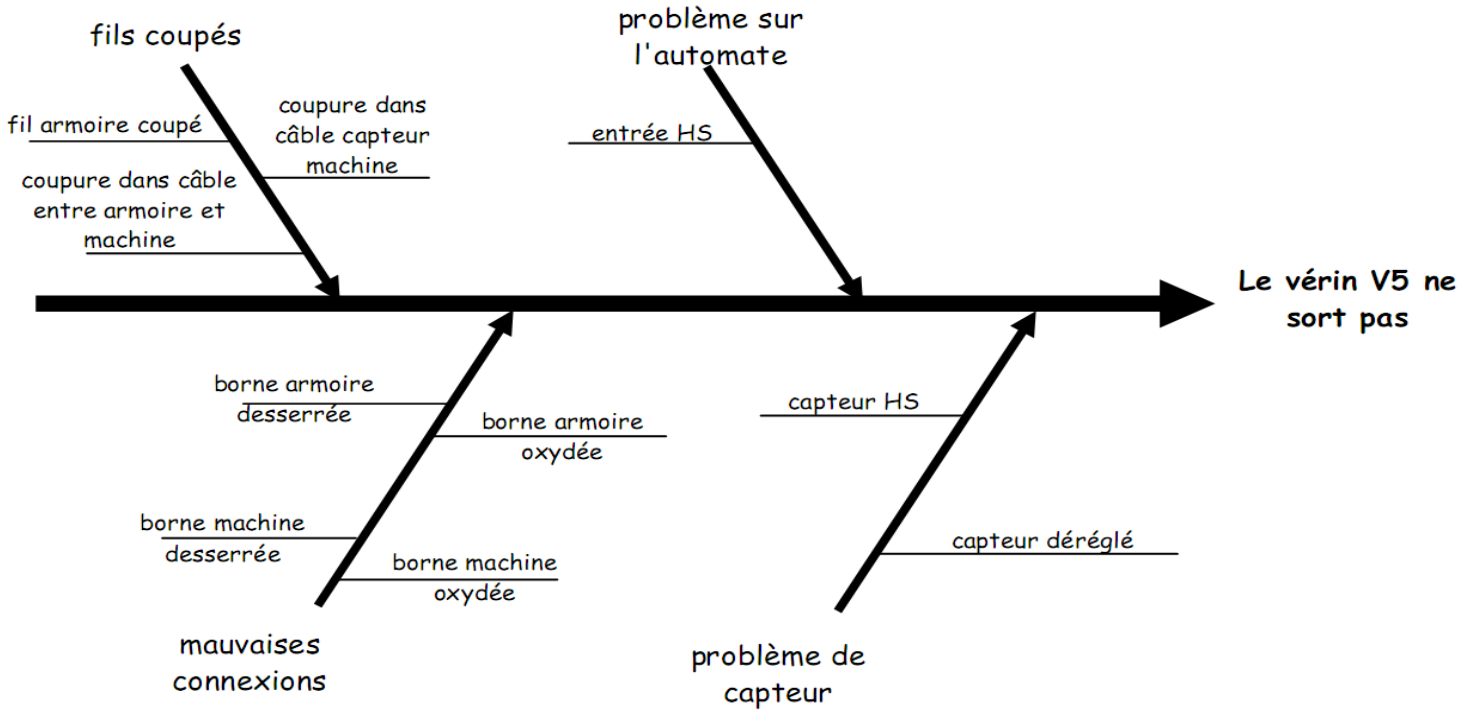
- o Méthodes
- o Milieu
- o Matière
- o Maintenance ou Main d'œuvre
- o Moyens ou Machines

Dont le but est de formuler collectivement les causes d'un problème, de déterminer avec précision les situations à problèmes, puis de lister toutes les causes pour ensuite les classer en famille afin de les positionner sur le diagramme.

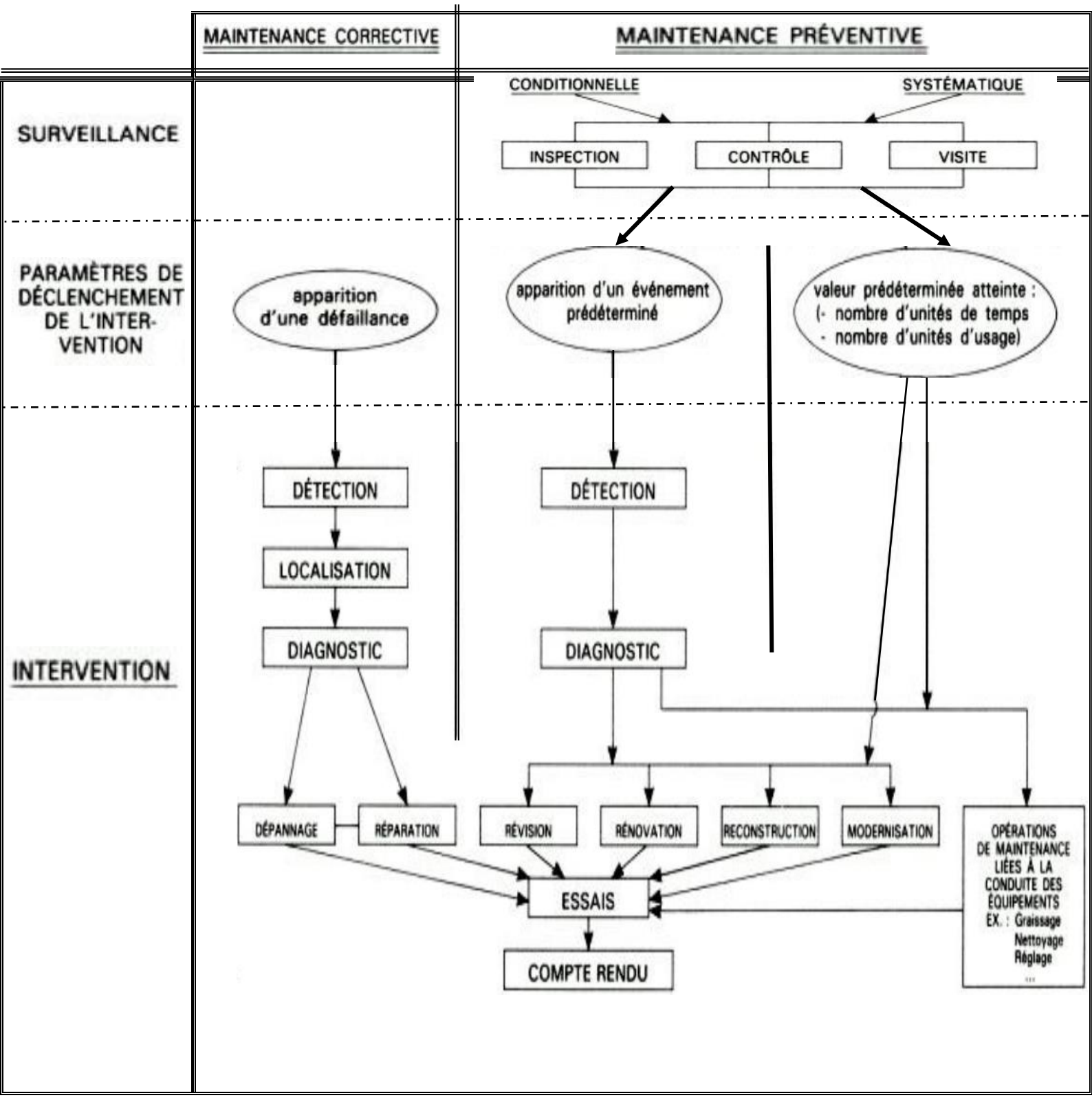


2- Exemple de diagramme d'Ishikawa :

La chaîne fonctionnelle incriminée est une chaîne d'acquisition. La conséquence de la panne est que le vérin V5 ne sort pas et bloque le cycle.



OPÉRATIONS DE MAINTENANCE



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

5- Documents d'intervention de maintenance :

FICHE D'ANALYSE DE LA DÉFAILLANCE			
Nom de l'intervenant		**Date du diagnostic**	
Système concerné		**Marque et type**	
NATURE DE LA DÉFAILLANCE			
Mécanique		Électrique	
Hydraulique		Électronique	
Pneumatique		Autre (préciser ci-dessous)	
DIAGNOSTIC (cause(s))			
Extrinsèque		**Intrinsèque**	
Accident		Matière	
Mauvaise utilisation		Mauvaise conception	
Environnement non conforme		Mauvaise réalisation	
Consignes non respectées		Mauvais montage	
Mauvaise intervention antérieure		Usure	
Nettoyage insuffisant		Corrosion	
Autre (préciser ci-dessous)		Autre (préciser ci-dessous)	
MANIFESTATION			
Progressive		Soudaine	
Complète		Partielle	
CONSÉQUENCES			
Sécurité du personnel engagé		Coût élevé	
Immobilisation, du matériel, de longue durée		Coût moyen	
Immobilisation, du matériel, de courte durée		Coût faible	
Observations concernant la défaillance:			

PROCESSUS (1) et COMPTE RENDU DE DIAGNOSTIC (2)

Établissement : _____ Nom de l'intervenant : _____

Date de l'intervention : _____ de : ____h ____ à : ____h ____. Temps passé : ____h ____.

Machine : _____ N° : _____ Marque : _____ Type : _____

Constat de défaillance :

1	Émettre les hypothèses dans un ordre logique et économique	Paramètres à contrôler	Moyens de mesure et/ou de contrôle	Points tests	Valeur théorique	Valeur réelle	Hypothèse retenue Oui ou Non
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

2

Fonction défaillante : _____

Élément défaillant : _____ Repère de la cause de panne : _____ Classe de la panne : _____

Raison(s) de la défaillance : _____

Intervention proposée (techniquement et économiquement justifiée) : _____

WWW.DZIEN.COM | موقع الأعضاء

TABLEAU DE PREPARATION AU DIAGNOSTIC

Système :	Atelier :

Constat de défaillance

Les voyants indiquent-ils une situation anormale ?	Oui	Non
Si Oui, laquelle :		
Le cycle a t-il commencé ?	Oui	Non
Le système s'est-il bloqué pendant son cycle ?	Oui	Non
A quelle étape le grafcet est bloqué ?		

A l'aide de l'organigramme de diagnostic de systèmes automatisés, déterminer si il s'agit d'une discordance d'action ou d'une discordance de réceptivité.

Appel professeur

Une discordance d'action	Action(s) non effectuées	Sortie(s) automate
Une discordance de réceptivité	Réceptivitée(s) absente(s)	Entrée(s) automate

Maintenant que la panne est localisée, faire un schéma partiel (électrique, pneumatique et/ou hydraulique) permettant de lister les différentes mesures et tests a réaliser.

Appel professeur

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

RAPPORT D'INTERVENTION

ÉQUIPEMENT	MARQUE	TYPE	PARC	N°

Défauts constatés:

Causes:

Réparations effectuées:

Outillage hors standard utilisé:

Conclusion - suggestions:

Durée de l'intervention:

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

HISTORIQUE DES PANNES ET DES INTREVENTIONS

EQUIPEMENT:	MARQUE:	TYPE:	PARC:	N°:

Dates 20 . .	N° B.T.	Désignation des travaux exécutés	Méthodes d'entretien						Heures d'arrêt machine	Temps passé					coûts en		
			1	2	3	4	5	6		Méca.	Elec.	Pneu.	Hydrau.	Total	M. O.	Fournit.	Total
		TOTAUX															

Méthodes d'entretien ➤
1 - dépannage
2 - réparation
3 - entretien de conduite
4 - entretien préventif conditionnel
5 - entretien systématique
6 - améliorations

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

6- démontage remontage

Introduction :

L’ activité de maintenance oblige souvent le technicien à démonter un ensemble de pièces mécaniques.

Cette activé doit être utilisée dans le respect des règles de l’ art, d’ hygiène et de sécurit étant pour les biens que pour les personnes.

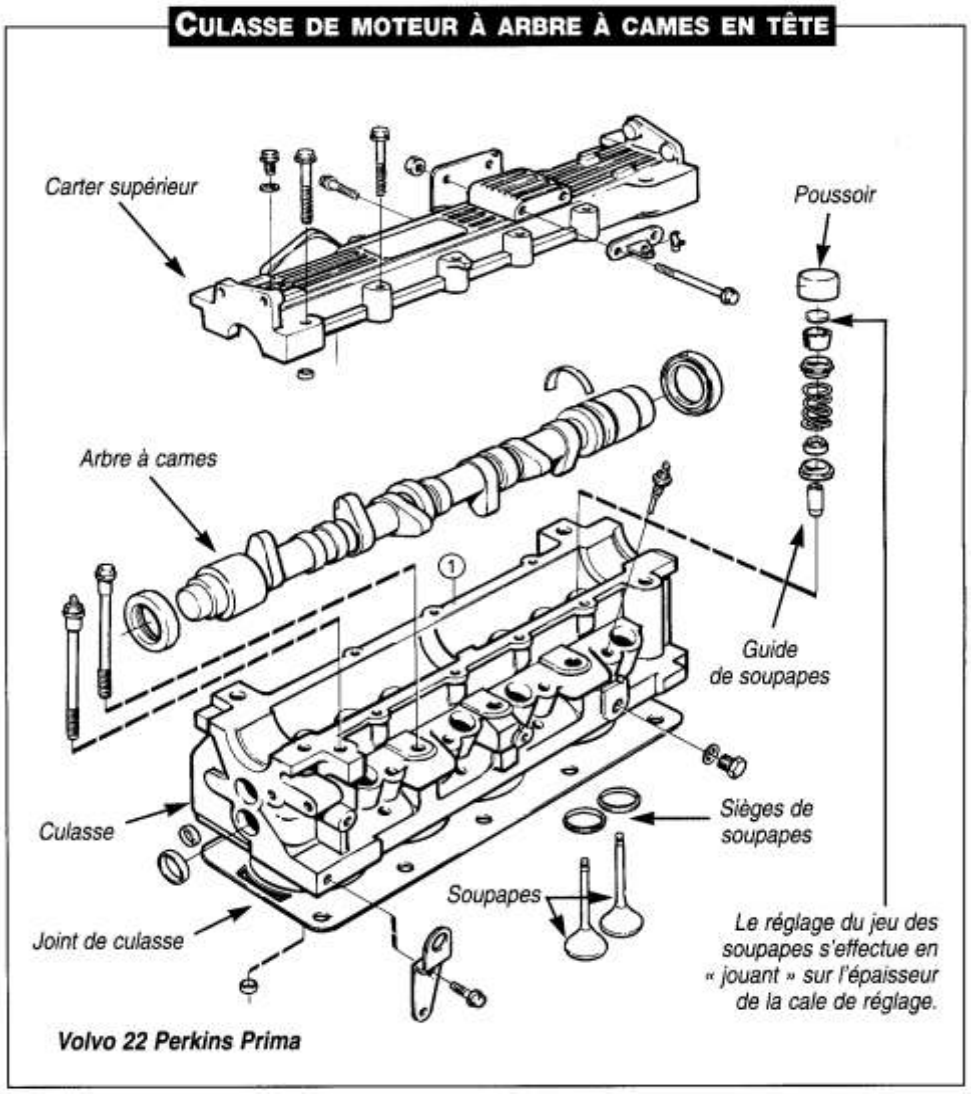
1- Méthodologie de démontage :

En maintenance, il est possible de classer l’ action de démontage en deux catégories :

- **Le démontage total :** pour la révision d’un système mécanique
- **Le démontage partiel ou ciblé :** pour remplacer un composant défectueux, ce qui nécessite la dépose d’un minimum de pièce à fin de réduire les temps d’intervention.

Suivant l’ objectif du démontage, la méthodologie pourra être différente mais dans les deux cas, il est préférable pour préparer l’ intervention de suivre la méthodologie suivante :

- Etudier le dessin d’ensemble (document technique du système)
- Localiser la pièce à démonter (dans le cas d’un démontage partiel)
- Rechercher les éléments de liaisons (vis, goupille….
- Repérer le sous ensemble indépendants
- Etablir la gamme de démontage
- Repérer la position des pièces entre elles à la cour de démontages si nécessaire (prendre des notes ou croquis sur un carnet de notes ou sur une feuille de brouillon et appliquer des repères : Marquages)
- Utiliser les outils appropriés et adaptés.



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Rappel : Il est impératif pour les travaux sur établi que le système mécanique soit maintenu serré dans un étau (utiliser des mordaches doux en plomb pour éviter de marquer les pièces)

2- Présentation des outils d'analyse et de préparation au démontage :

Pour faciliter les actions de démontage, il est nécessaire de réaliser les tâches dans un ordre chronologique, de détailler l'activité réalisée en désignant la pièce, le mode de dépose et l'outil utilisé.
Pour cela, nous allons étudier deux outils d'analyse :

2.1 La gamme de démontage : outil mise au point à partir des savoirs expliqués en cours de technologie et d'atelier.

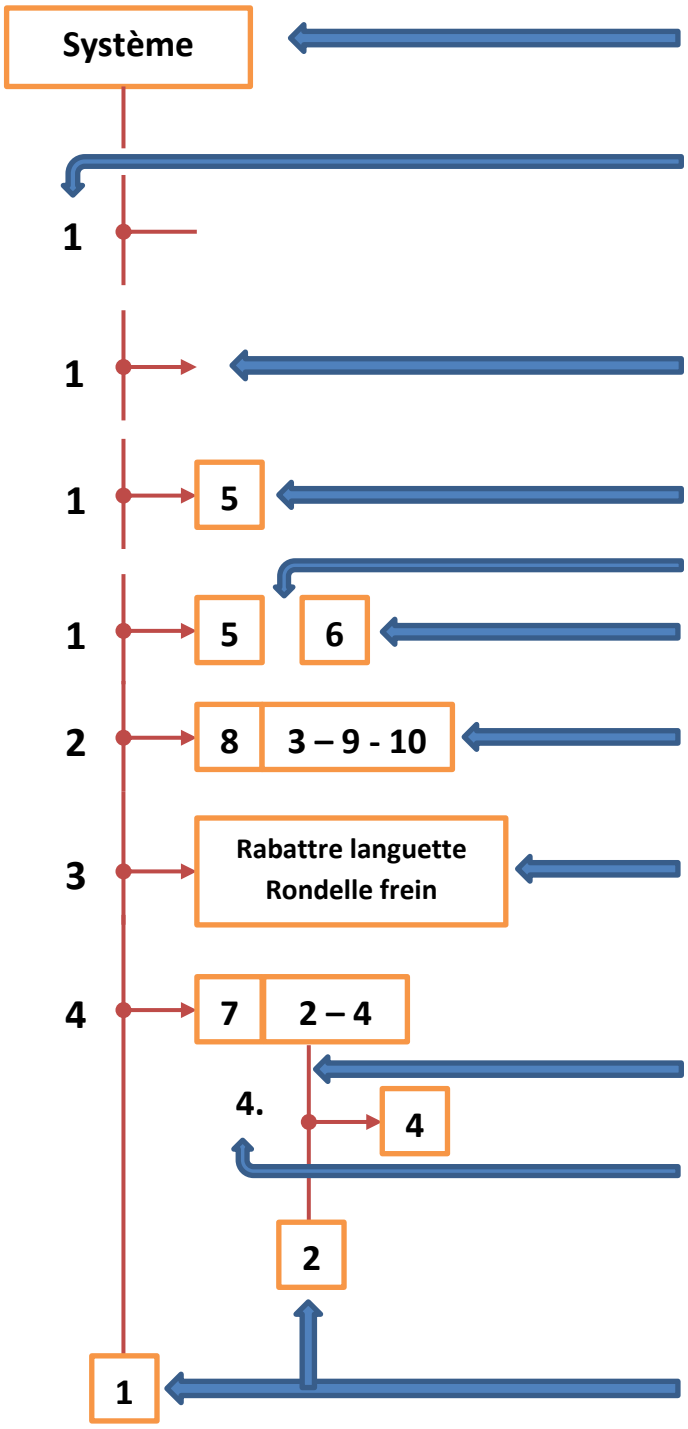
En remplir une gamme de démontage :

- la première colonne contient le numéro de l'opération
- La deuxième colonne contient la description détaillée de l'opération, elle contient
  * Un verbe d'action à l'infinitif choisi dans la liste de vocabulaire présentée pus loin
  * L'objet sur lequel on agit, désigné par son nom et son numéro
- L'outillage utilisé pour cette opération, correctement désigné

Exemple :

N°OP	Désignation de l'opération	Outillage utilisé
1	Dévisser le bouchon de vidange 26	Clé plate de 17
2	Repérer la position de 15 par rapport à 24	Pointeau à 60°

2.2 Le graphe de démontage : outil mise au point à partir des savoirs expliqués en cours de construction mécanique et d'analyse fonctionnelle et structurelle.



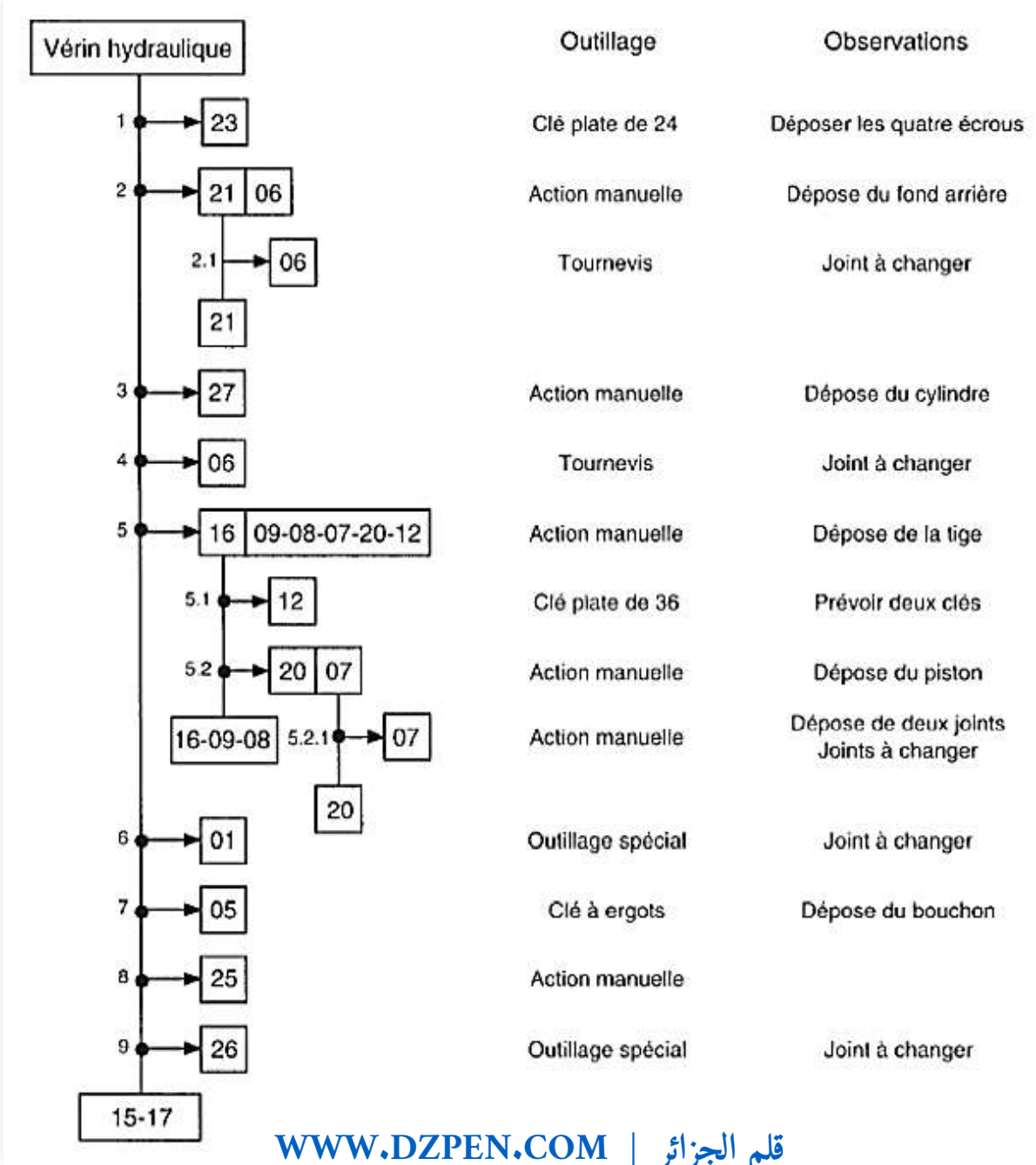
- *Désignation de l ' ensemble à démonter (Nom du*
- *Repère ordre de démontage, numéro et point. (Ordre chronologique croissant)*
- *Action de démontage représentée par une flèche*
- *Action : Dépose de la pièce repère 5*
- *Laisser un espace, pièces non liées entre*
- *Dépose de plusieurs pièces. La dépose de pièce5 entraîne la dépose de la pièce 6 (ex : Vis 5 et*
- *Dépose d ' un sous ensemble. L ' action sur la pièce 8 entraîne la dépose des autres pièces. Les pièces restent assemblées.*
- *Action n ' entraînant pas le démontage d ' une pièce*
- *Divergence pour le démontage d ' un sous- ensemble*
- *Repère ordre de démontage. Le numéro de la phase d ' origine est conservé et on lui rajoute le numéro d ' ordre chronologique de démontage du sous-ensemble.*
- *Repère de la pièce restante en fin de démontage (ou de sous-ensemble restant pour un démontage partiel)*

Exemple :

1. La gamme de démontage :

N⁰ Op	Désignation de l'opération et de l'élément	Outillage	Observation
1	Retirer l'anneau élastique rep10	Pince pour anneau élastique extérieur	
2	Chasser l'axe rep18	Chasse goupille et marteau	Attention ne pas endommager le bout de l'axe ou son logement
3	Retirer le levier rep6		
4	Dévisser les deux vis rep8	Tournevis plat	
5	Retirer le couvercle rep2		Attention au bouton rep3 qui peut sortir et du ressort rep7
6	Retirer le bouton rep3 s'il ne pas venu avec le couvercle rep2		
7	Dégager le piston rep13		Attention ne pas endommager la pièce rep13 qui doit sortir avec le piston
8	Remplacer le joint rep14	Pointe à tracer	Attention de ne pas marquer le logement du joint

2. Le graphe de démontage :



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

3- Vocabulaire du Démontage :

Mise en Sécurité	- Prendre connaissance et appliquer les Procédures de Consignation ou Mise en Sécurité des Personnes et des Biens - Apposer la Pancarte ARRET MAINTENANCE - Consigner le Système (Cadenas, Sectionneurs) - Purger le Système (Air comprimé, Huile) - Neutraliser les Mouvements en listant les Systèmes de Transmission (Courroies, Chaînes, Accouplements)
Vidanger	**Vider le contenu d'un Mécanisme des Produits de lubrifications usées (Huile, Graisse)**
Nettoyer	Oter les impuretés de façon à permettre l'examen d'éléments ou de Sous-Ensembles et en faciliter la Manipulation
Repérer	**Marquer par de légers coups de Pointeau la position des éléments entre - eux avant Démontage ou Dépose**
Dévisser	Utiliser un Outil de Démontage afin de libérer un élément(Généralement un élément fileté, Vis ou Ecrou) sans pour cela le Déposer
Déposer	**Retirer et Poser sur un support un élément ou Sous Ensemble Dévisser - Déposer** **- Retirer un élément fileté d'un Mécanisme.**
Chasser	Pousser à l'aide d'un outil approprié un élément ou Sous- ensemble hors de son Logement
Extraire	**Action d'utiliser un Extracteur**
Déplier	Rabattre un élément en tête afin de le ramener à sa position initiale (Rondelles MB servant au réglage du jeu de fonctionnement des Roulements) L'élément déplié est à remplacer pour des raisons de sécurité.
Engager	**Replacer un élément ou sous Ensemble sur un Arbre ou dans un Logement**
Visser	Actionner un élément fileté pour l'amener au contact avec une autre pièce du Mécanisme sans pour cela bloquer cet élément (Réglage)
Visser	**Bloquer -Amener l'élément fileté en contact d'une autre pièce du mécanisme et l'immobiliser pour le freiner (Couple de serrage)**
Remettre à Niveau	Introduit un lubrifiant neuf dans le mécanisme en respectant les Caractéristiques et Quantités préconisées par le Constructeur
Reposer	**Replacer un Sous ensemble dans la position qu'il occupait avant la Dépose**
Régler	Maitre au point le fonctionnement d'un ensemble ou sous-ensemble
Essayer	**Faire fonctionner l'ensemble ou le sous-ensemble de façon à parfaire les réglages afin de rendre le Système performant**
Contrôler	Vérifier ou Mesurer les performances au s'assurer de la conformité d'un élément (Pièce de Rechange)

7- Les Moteurs

Introduction

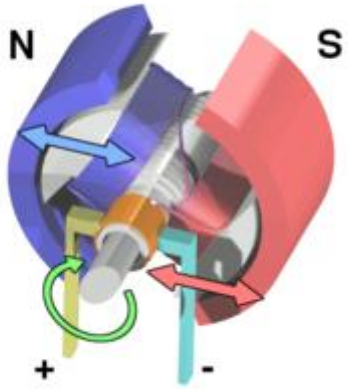
Un **moteur** (du latin *mōtor* : « celui qui remue ») est un dispositif permettant d'effectuer un mouvement qu'il soit spirituel (religion, syndicat, parti politique) ou physique (rotation, translation, ascension, etc.[1]) à partir d'une énergie (électrique, thermique, etc.)

1- Les moteurs électriques :

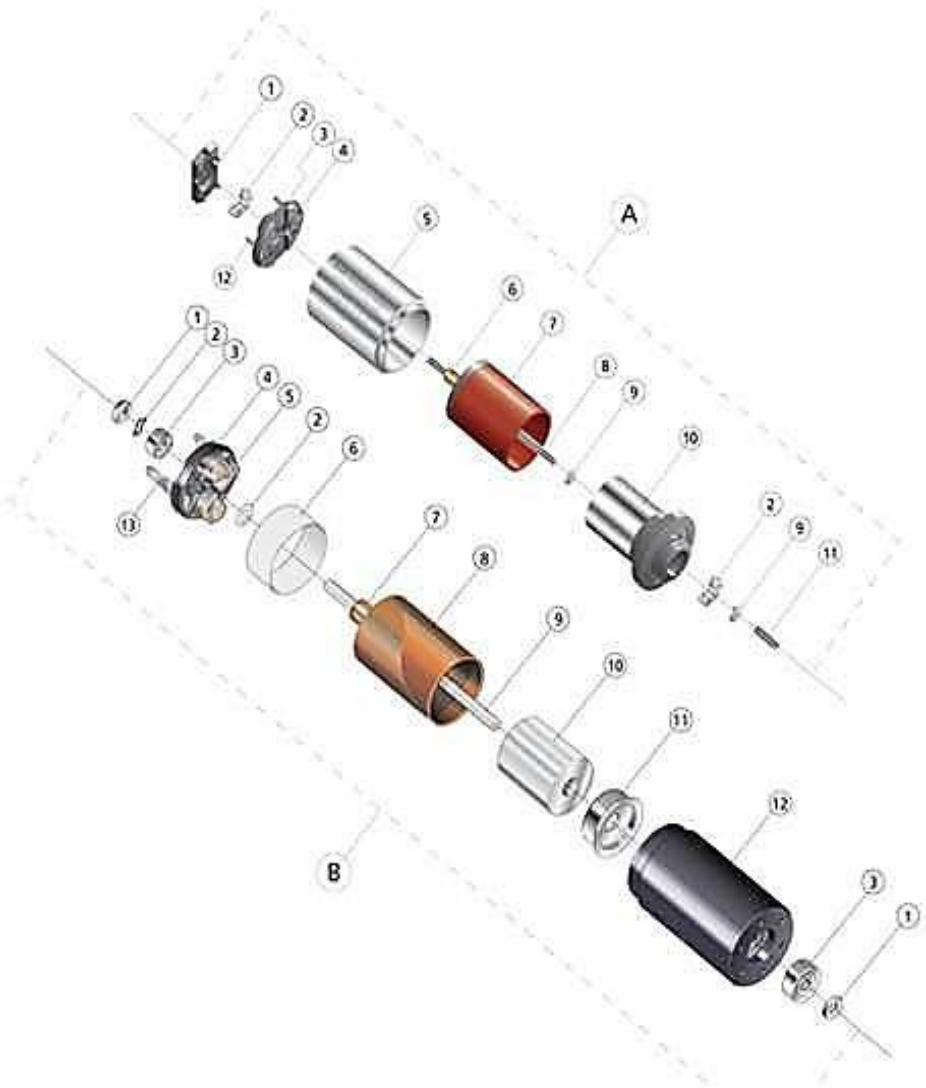
Dans les systèmes mécatroniques, le mouvement est généralement issu de l'énergie électrique car le principal intérêt de ces systèmes est de commander la partie mécanique de façon intelligente grâce à l'électronique. Le moyen le plus simple consiste à créer un champ magnétique qui va permettre de déplacer des pièces (généralement des aimants). Pour les moteurs, c'est-à-dire la création d'un mouvement rotatif, il existe plusieurs procédés.

1-1. Moteurs à courant continu :

Dans cette famille de moteurs, les aimants sont solidaires du boîtier (fixés sur le stator). Sur l'axe du moteur, sont disposées des bobines qui créent un champ magnétique qui attire ou repousse le rotor vers les aimants. Pour obtenir une rotation complète, il est impératif d'alterner la tension aux bornes des bobines. Cette inversion est faite mécaniquement à l'aide des balais, sorte de patins qui glissent sur le collecteur.
L'alimentation du moteur est constante d'où son nom.



Les frottements répétés entre les balais et le collecteur provoquent une usure des pièces. L'inversion brutale de polarité aux bornes d'un élément inductif, la bobine, provoque des problèmes de compatibilité électromagnétique. La vitesse maximum de ce type de moteur est généralement inférieure à 10 000 $tr.mn^{-1}$.
Le principal défaut de la machine à courant continu réside dans l'ensemble balais/ collecteur rotatif qui s'use, est complexe à réaliser et consomme de l'énergie. Un autre problème limite les vitesses d'utilisation élevées de ces moteurs lorsque le rotor est bobiné, c'est le phénomène de « dé frettage », la force centrifuge finissant par casser les liens assurant la tenue des ensembles de spires (le frettage).



A. Micromoteur C.C. avec commutation en métaux précieux	
1	Capot
2	Roulement à billes
3	Couvercle balais
4	Balais
5	Boîtier
6	Collecteur
7	Bobine
8	Arbre
9	Rondelle
10	Aimant
11	Douille
12	Contacts

B. Micromoteur C.C. avec commutation en graphite	
1	Bague de tenue
2	Rondelle ondulée
3	Roulement à billes
4	Couvercle balais
5	Balais graphite
6	Bague d'isolation
7	Collecteur
8	Bobine
9	Arbre
10	Aimant
11	Support aimant
12	Boîtier
13	Contacts

Vue éclatée de deux moteurs à courant continu.

1-2. moteurs à courant alternatif :

Pour des applications de forte puissance, les moteurs à courant alternatif sont généralement alimentés par une source de courants polyphasés. Le système le plus fréquemment utilisé est alors le triphasé (phases décalées de 120°) utilisé par les distributeurs d'électricité.

Ces moteurs alternatifs se déclinent en trois types :

- Les moteurs universels ;
- Les moteurs asynchrones ;
- Les moteurs synchrones.

Ces deux dernières machines ne diffèrent que par leur rotor.



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

a- Les moteurs universels :

Un moteur universel est un moteur électrique fonctionnant sur le même principe qu'une machine à courant continu à excitation série : le rotor est connecté en série avec l'enroulement inducteur. Le couple de cette machine indépendant du sens de circulation du courant est proportionnel au carré de son intensité. Il peut donc être alimenté indifféremment en courant continu ou en courant alternatif, d'où son nom. Pour limiter les courants de Foucault qui apparaissent systématiquement dans toutes les zones métalliques massives soumises à des champs magnétiques alternatifs, son stator et son rotor sont feuilletés.
Dans la pratique, ces moteurs ont un mauvais rendement, mais un coût de fabrication très réduit. Leur couple est faible, mais leur vitesse de rotation est importante. Quand ils sont utilisés dans des dispositifs exigeant un couple important, ils sont associés à un réducteur mécanique.
Ils sont principalement utilisés dans l'électroménager, par exemple les aspirateurs, l'outillage électroportatif de faible puissance (jusqu'à environ 1 200 W) et de nombreuses applications domestiques. On règle facilement leur vitesse de rotation avec des dispositifs électroniques peu coûteux tels que les gradateurs.

b- Les moteurs asynchrones :

La machine asynchrone, connue également sous le terme d'origine anglo-saxonne de « machine à induction », est une machine à courant alternatif sans alimentation électrique du rotor. Le terme anglais provient des courants induits dans le rotor par induction électromagnétique. Le terme « asynchrone » provient du fait que la vitesse de ces machines n'est pas forcément synchronisée avec la fréquence des courants qui les traversent.
La machine asynchrone a longtemps été fortement concurrencée par la machine synchrone dans les domaines de forte puissance, jusqu'à l'avènement de l'électronique de puissance. On la retrouve aujourd'hui dans de nombreuses applications, notamment dans le transport (métro, trains, propulsion des navires), de l'industrie (machines-outils), dans l'électroménager, etc.. Elles étaient à l'origine uniquement utilisées en moteur mais, toujours grâce à l'électronique de puissance, elles sont de plus en plus souvent utilisées en génératrice. C'est par exemple le cas dans les éoliennes.
Pour fonctionner en monophasé, ces machines nécessitent un système de démarrage N 3, condensateur en série sur l'un des enroulements (P max. 6 kW) ou bague de démarrage (P max. 400 W). Les moteurs à bague de démarrage sont employés dans les hottes aspirantes, pompes de vidange de machine à laver et ventilateurs car le couple de démarrage est extrêmement faible. Pour les applications de puissance, au-delà de 6 kilowatts, les moteurs asynchrones sont uniquement alimentés par des systèmes de courants triphasés.

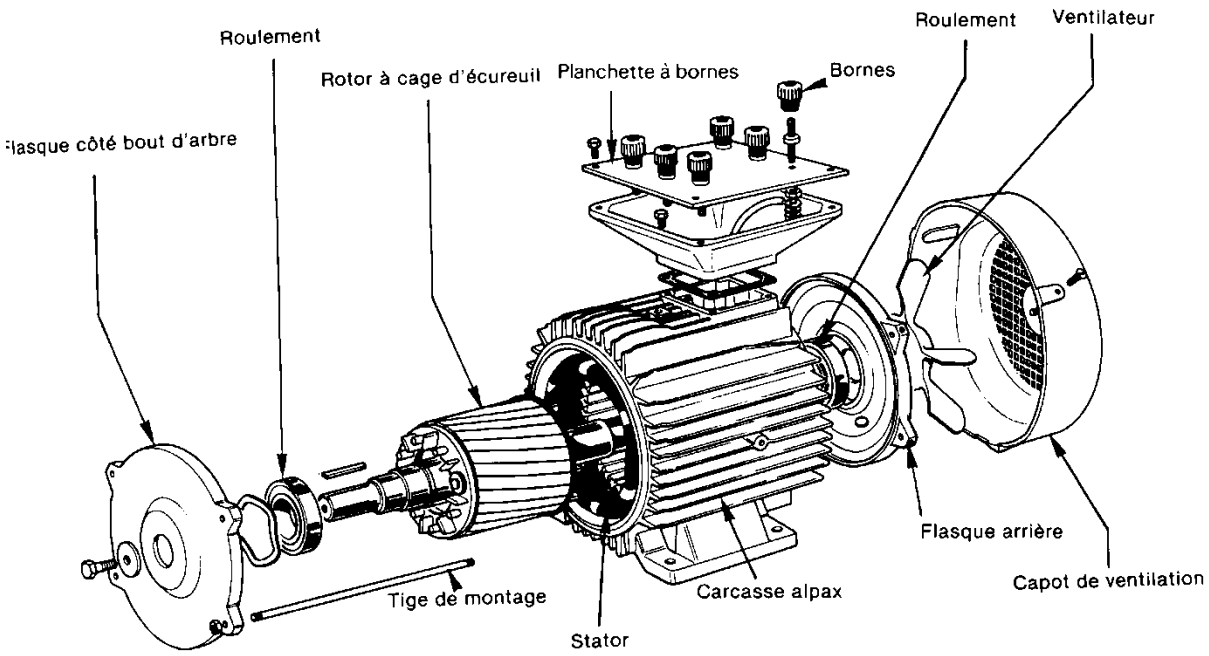




La machine se compose de deux pièces principales :

- le stator est une pièce construite en matériau ferromagnétique, servant de support et incluant un bobinage relié au réseau ou à un variateur de vitesse ;
- le rotor est un cylindre en matériau ferromagnétique relié au stator par des paliers. Il comporte un enroulement constitué de conducteurs en court-circuit parcourus par des courants induits par le champ magnétique créé par les courants statiques. C'est la principale différence avec une machine synchrone, laquelle a un rotor avec un champ magnétique provenant d'aimants permanents ou de bobines alimentées en courant continu.

Cette machine peut, selon sa construction, être alimentée par un réseau monophasé ou polyphasé (généralement triphasé car c'est celui de la distribution).



3.91 Moteur asynchrone à cage
(doc. Leroy - somer).

La machine asynchrone est la machine électrique la plus utilisée dans le domaine des puissances supérieures à quelques kilowatts car elle offre alors le meilleur rapport qualité prix. Surtout depuis l'apparition dans les années 1970 de variateurs permettant de faire varier la fréquence de rotation du moteur dans une large gamme

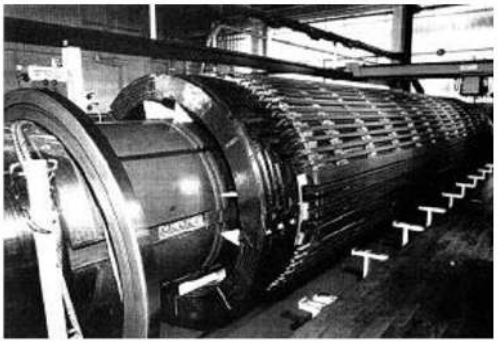
c- Les moteurs synchrones :

La machine synchrone est souvent utilisée comme génératrice. On l'appelle alors « alternateur ». Mis à part pour la réalisation de groupe électrogène de faible puissance, cette machine est généralement triphasée. Pour la production d' électricité, les centrales électriques utilisent des alternateurs dont les puissances peuvent avoisiner les1 500 MW. Comme le nom l'indique, la vitesse de rotation de ces machines est toujours proportionnelle à la fréquence des courants qui les traversent. Ce type de machine peut être utilisé pour relever le facteur de puissance d'une installation. On appelle celle-ci un « compensateur synchrone ».
Les machines synchrones sont également utilisées dans les systèmes de traction (tel le TGV); dans ce cas elles sont souvent associées à des onduleurs de courants, ce qui permet de contrôler le couple moteur avec un minimum de courant. On parle d'« autopilotage » (asservissement des courants statoriques par rapport à la position du rotor).

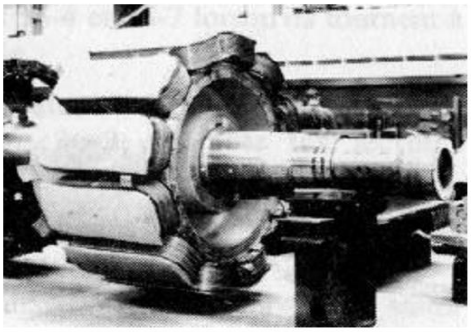


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

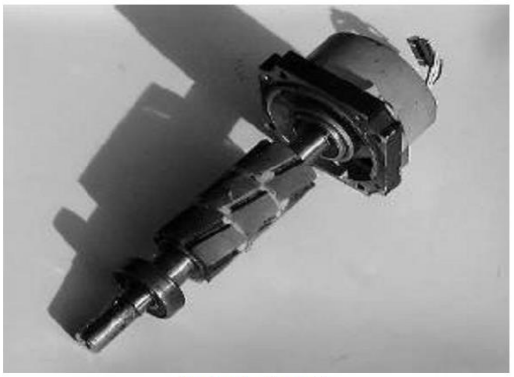
Il existe trois grandes familles de rotor, ayant pour rôle de générer le champ d'induction rotorique. Les rotors bobinés à pôles lisses, les rotors bobinés à pôles saillants ainsi que les rotors à aimants :



Rotor à pôles lisses



Rotor à pôles saillants



Rotor à aimants

1-3. Moteurs pas à pas :

Le concept d'un moteur pas à pas consiste à supprimer les balais et à les remplacer par une électronique de commande, ce qui simplifie la fabrication des moteurs. Les bobines peuvent être placées sur le stator et les aimants sur le rotor. L'électronique commande les bobines les unes à la suite des autres pour faire tourner le champ magnétique et par conséquent les aimants du rotor. Il est possible de placer le rotor dans une position donnée avec précision et stabilité.

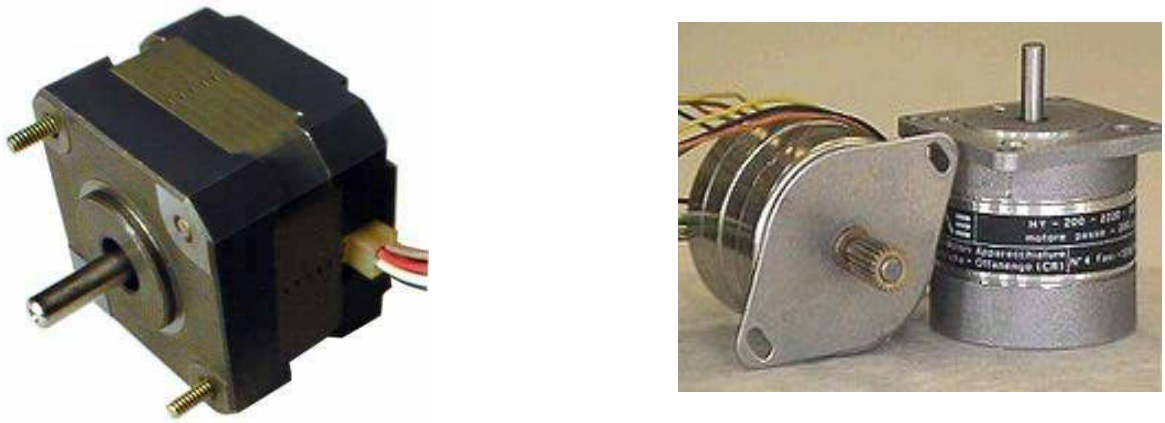


Figure: moteur pas à pas.

Les performances des moteurs pas à pas restent faibles : consommation élevée, couple et vitesse faibles (souvent inférieure à 3 000 $tr.mn^{-1}$). Il existe un problème supplémentaire : lorsque le couple et la vitesse sont élevées le rotor n'a parfois pas le temps de tourner et revient à sa position précédente, on parle alors de décrochage

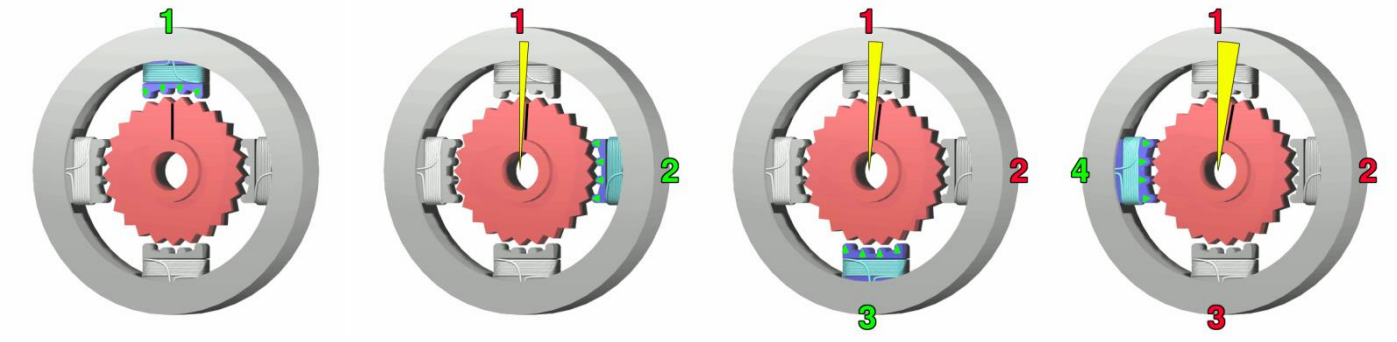


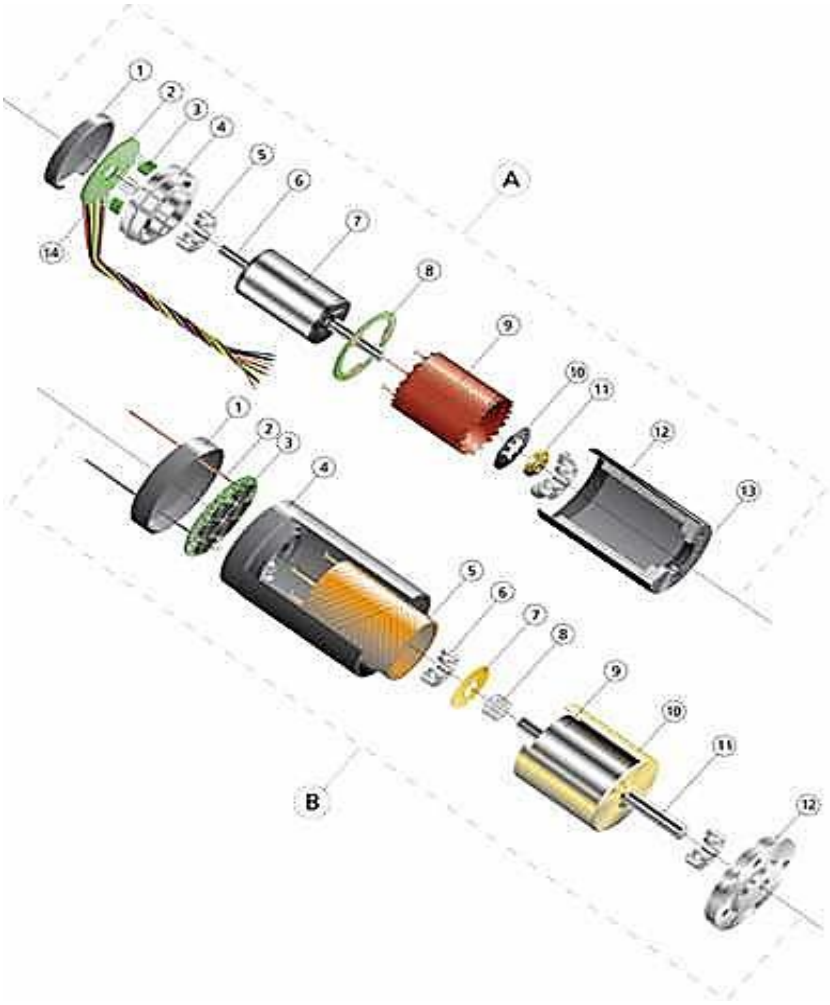
Figure: principe de fonctionnement d'un moteur pas à pas.

On constate que le système est beaucoup plus simple.
A chaque impulsion du signal de commande correspond au niveau du rotor un déplacement angulaire défini appelé « pas » ou « incrément mécanique ».
Exemple : les moteurs de positionnement des têtes de lecture/écriture des disques durs d'ordinateur ont longtemps été positionnées par ce type de moteur

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

1-4. Moteurs sans balais (Brushless) :

Le principe de ces moteurs est exactement le même que celui des moteurs pas à pas.
Ils ne possèdent généralement que quelques pôles (une dizaine pour le brushless contre quelques centaines pour le moteur pas à pas) mais leur conception est optimisée pour tourner à des vitesses élevées.
Pour éviter les problèmes liés au décrochage, la commande de ces moteurs est faite en boucle fermée, une mesure de la vitesse réelle de rotation du rotor est nécessaire afin d'adapter la commande. Les capteurs peuvent être des codeurs optiques, à effet hall, ou basés sur une mesure du courant dans la bobine qui n'est pas commandée (les aimants en mouvement devant la bobine créent un courant dans celle-ci).
Ce type de moteur peut obtenir des rendements supérieurs aux moteurs à courant continu. Ils peuvent en effet atteindre des vitesses supérieures à 30 000 $tr.mn^{-1}$.
L'inconvénient majeur réside dans la nécessité d'utiliser une électronique de commande. Notez que cette électronique est parfois miniaturisée et intégrée dans le boîtier du moteur.



A. Servomoteur C.C. sans balais	
1	Couvercle
2	Platine
3	Capteur de Hall
4	Support
5	Roulement à billes
6	Arbre
7	Aimant
8	Platine
9	Bobine
10	Rondelle élastique
11	Entretoise
12	Tôles du stator
13	Boîtier
14	Fils

B. Moteur C.C. sans balais	
1	Couvercle
2	Fils
3	Electronique
4	Boîtier
5	Bobine
6	Roulement à billes
7	Rondelle
8	Ressort
9	Aimant
10	Rotor extérieur
11	Arbre
12	Couvercle

Figure: vue éclatée de deux moteurs sans balais.

Les moteurs brushless équipent en particulier les disques durs et les graveurs de DVD de nos ordinateurs. Ils sont également très utilisés en modélisme pour faire se mouvoir des modèles réduits d'avions, d'hélicoptères et de voitures ainsi que dans l'industrie, en particulier dans les servomécanismes des machines-outils et en robotique.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

1-5. Servomoteurs :

Servomoteur est la concaténation de moteur et asservissement. Le moteur comporte une électronique intégrée (généralement un contrôleur en boucle fermée) qui asservit la position du moteur (par exemple pour commander une ouverture de vanne).



Figure: exemple de servomoteur (à gauche : servomoteur à courant continu, à droite : Brushless)

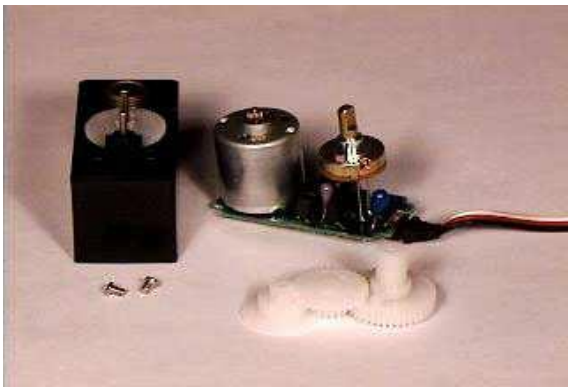


Figure: servomoteur de modélisme démonté.

1-6. Moteurs linéaires :

Un moteur linéaire est une sorte de moteur électrique « déroulé ». Le stator est constitué de bobines disposées en ligne. Le champ magnétique permet de faire avancer ou reculer l'axe du moteur qui contient les aimants.
Le principal atout de ces moteurs est la rapidité et la précision des déplacements. Les couples restent faibles, mais cette jeune technologie se développe rapidement.

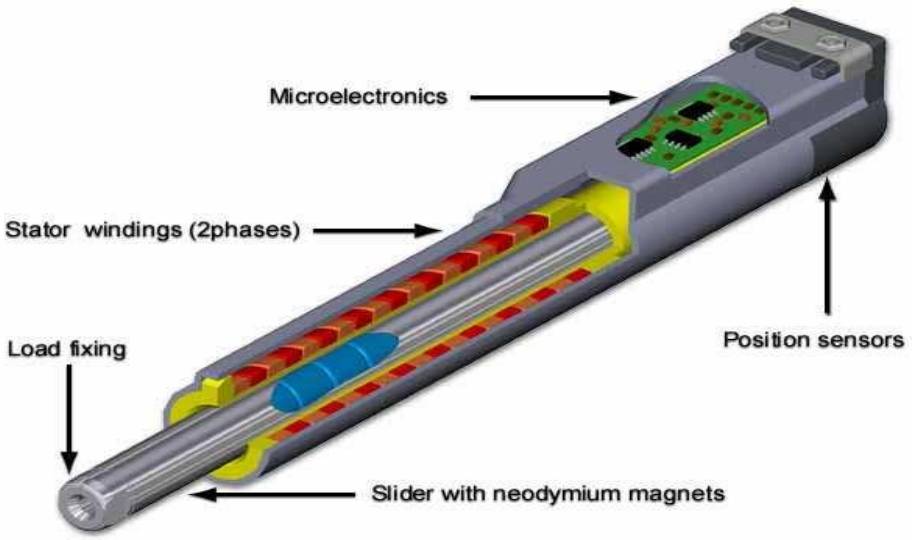
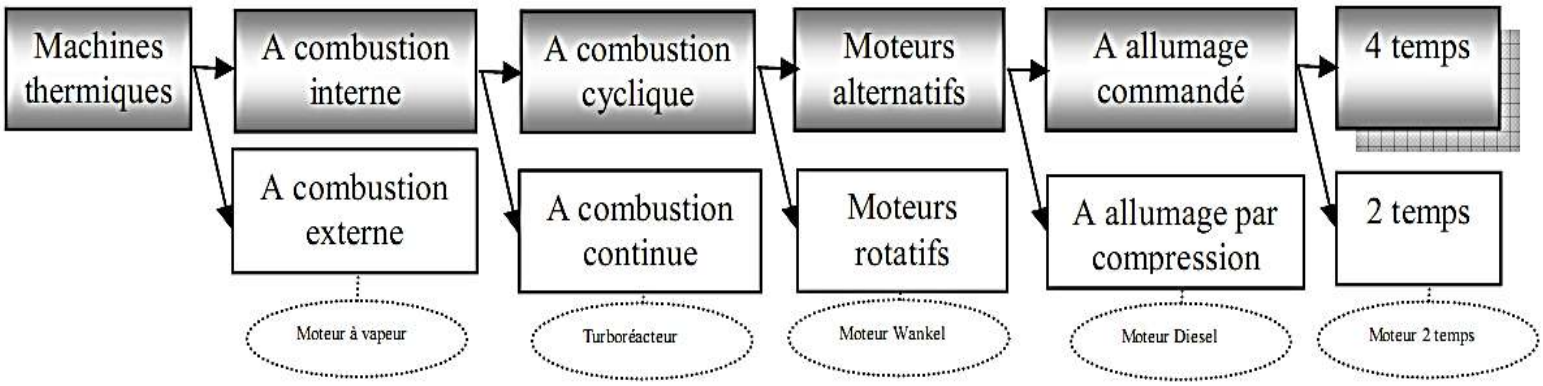
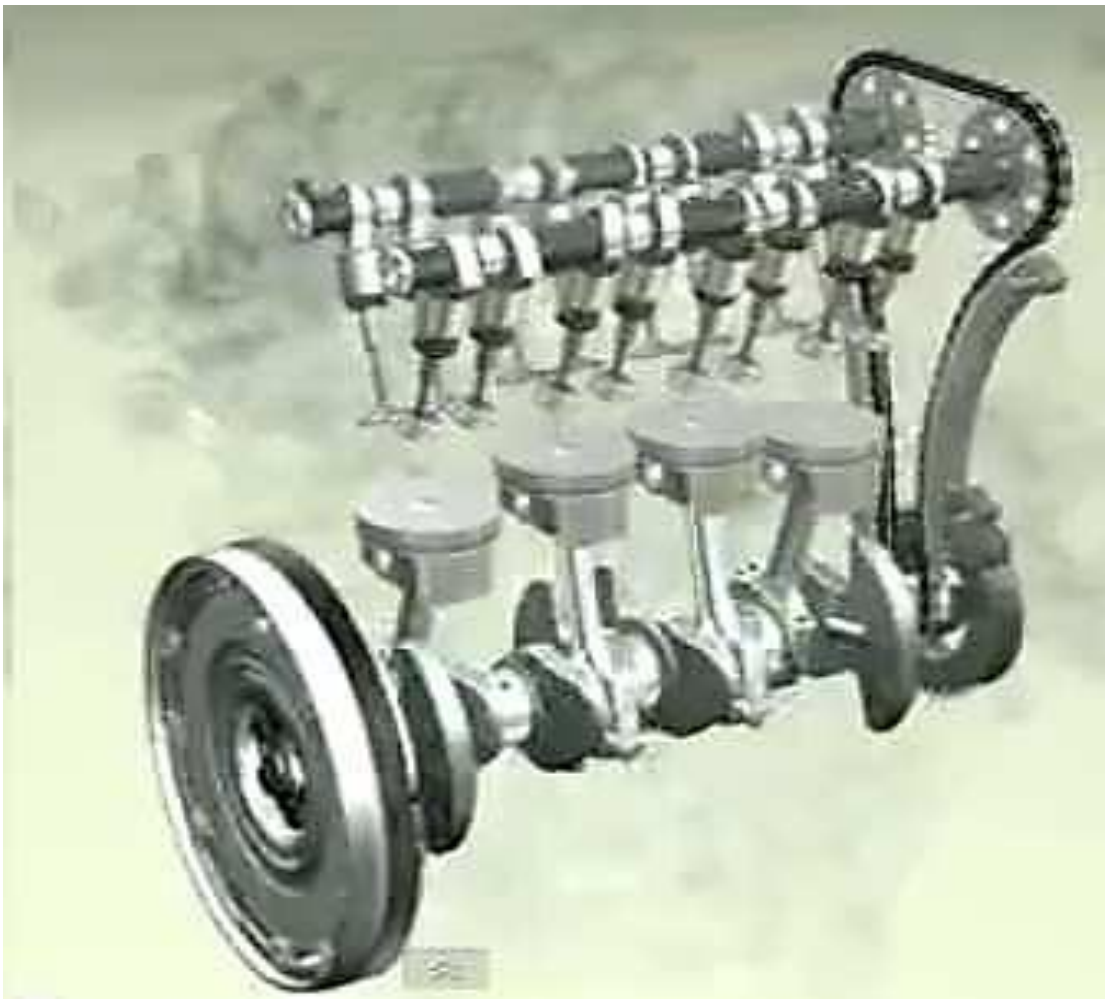


Figure: vue en coupe d'un moteur linéaire.

2- Les moteurs thermiques :

Les moteurs thermiques transforment de la chaleur en travail mécanique destiné à équilibrer le travail résistant d'un véhicule qui se déplace. Les machines thermiques sont représentées par le dessous :





2-1. Caractéristiques internes du moteur :

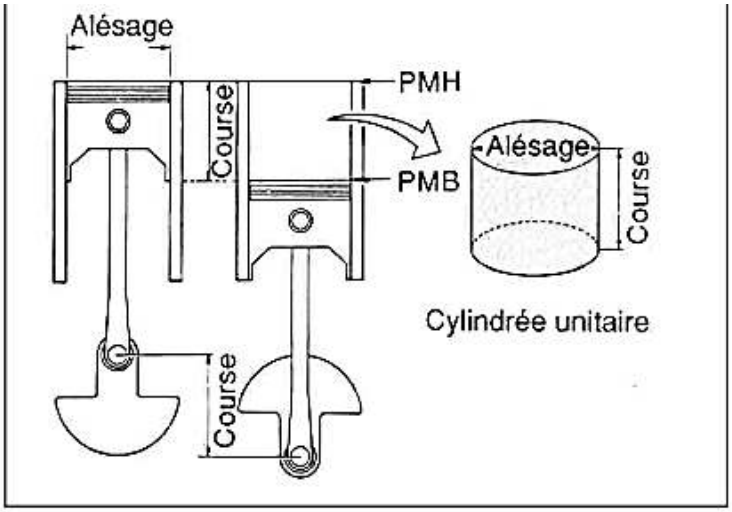
Un moteur à 4 temps se caractérise par sa cylindrée.

- **Cylindrée unitaire (V)**

C'est le volume défini entre le point mort haut (PMH) et le point mort bas (PMB) dans un cylindre.
Le diamètre du cylindre est nommé **alésage.**
La distance comprise entre le PMH et le PMB est **la course.**

Remarques : c'est la géométrie du vilebrequin qui définit la course : C = rayon de manivelle × 2.

Course et alésage s'expriment en général en mm, la cylindrée en cm³ parfois en litres.



$$V = \frac{\pi \times A^2}{4} \times C$$

- **Cylindrée du moteur Vt**

Lorsqu'il y a plusieurs cylindres, la cylindrée du moteur est le produit de la cylindrée unitaire par le nombre de cylindres n.

$$Vt = V \times n$$

- **Rapport volumétrique ρ**

Le volume compris entre la culasse et le piston lorsque celui-ci se trouve au PMH constitue la chambre de combustion (ou volume mort) v. Dans le cas des moteurs Diesel à préchambre de combustion, une partie de ce volume mort se situe dans la culasse. La valeur du rapport volumétrique est donnée par la formule :

$$\rho = \frac{V + v}{v}$$

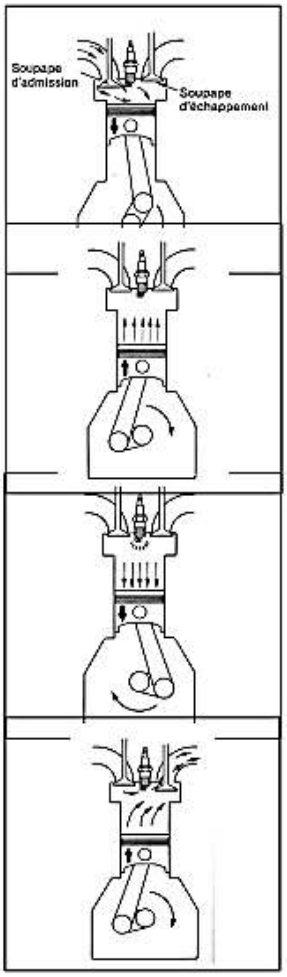
2-2. CYCLE À 4 TEMPS D'UN MOTEUR A ALLUMAGE COMMANDÉ :

1. Description du cycle thermodynamique :

Tous les moteurs thermiques font appel aux transformations thermodynamiques d'une masse gazeuse pour passer de l'énergie chimique contenue dans le combustible à l'énergie mécanique directement exploitable sur l'arbre moteur. Dans son brevet déposé en 1862, le français BEAU DE ROCHAS propose d'appliquer le processus décrit ci dessous à une masse gazeuse emprisonnée dans un moteur à piston. Le cycle complet comprend 4 courses de piston donc 2 tours de vilebrequin.

1er temps : l'admission

- le piston décrit une course descendante du PMH au PMB ;
- la soupape d'admission est ouverte ;
- le mélange air + carburant préalablement dosé pénètre dans le cylindre ;
- l'énergie nécessaire pour effectuer ce temps est fournie au piston par le vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle.



2ème temps : la compression

- les 2 soupapes sont fermées ;
- le piston est repoussé par vers le PMH par la bielle ;
- la pression et la température du mélange croissent.

3ème temps : la combustion détente

- un peu avant le PMH, une étincelle électrique déclenche le processus de combustion ;
- l'accroissement de la pression qui s'exerce sur le piston engendre un effort sur la bielle et donc un moment moteur sur le vilebrequin ;
- le piston redescend au PMB.

4ème temps : l'échappement

- la soupape d'échappement s'ouvre ;
- le piston remonte vers le PMH en expulsant les gaz brûlés.

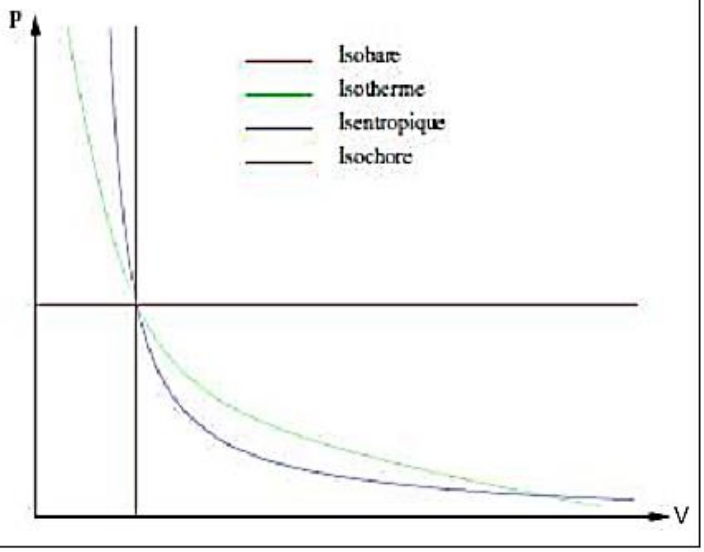
Thermodynamique : les transformations réversibles

Transformation **Isochore** :
à volume constant (V = cste)

Transformation **Isobare** :
à pression constante (P = cste)

Transformation **Isotherme** :
à température constante (T = cste – P x V=cste)

Transformation **adiabatique** ou isentropique :
sans échange de chaleur ($P \times V^{\gamma} = cste$)



Cycle théorique

L'évolution des pressions dans la chambre de combustion en fonction du volume du cycle « Beau de Rochas » se représente dans un diagramme (p,v).
A→B : Aspiration du gaz à la pression atmosphérique dans le cylindre le long de la droite isobare AB (PA = PB = Pa).

B→C : Compression adiabatique (sans échange de chaleur avec les parois du moteur) BC jusqu'au volume minimal V1, la pression devenant : P1

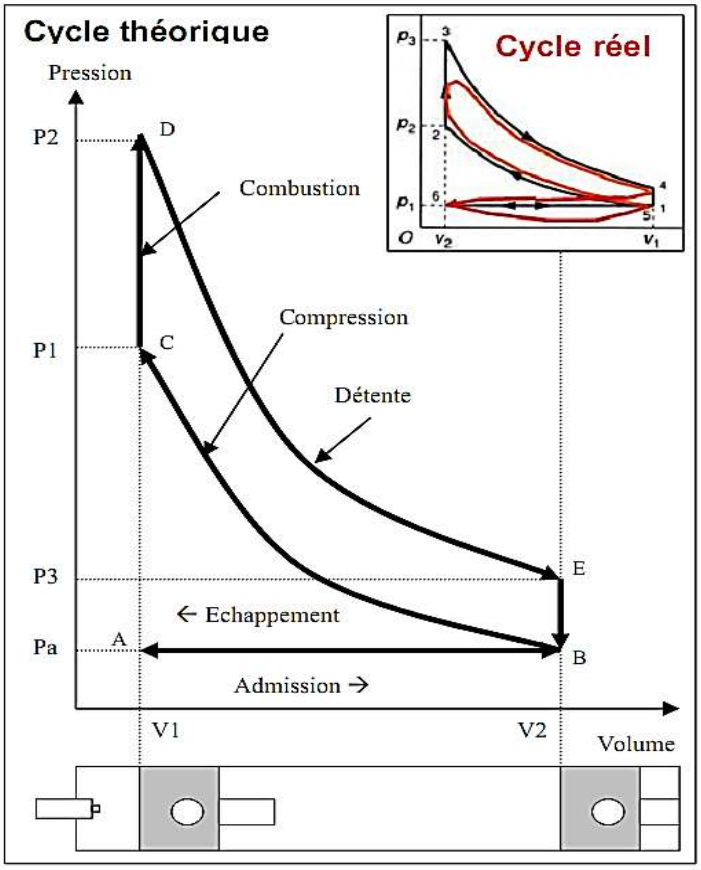
C→D : Combustion instantanée du gaz à volume constant le long de la droite isochore CD avec une forte élévation de température à T2 et de la pression à P2.

D→E : Détente du gaz chaud le long de l'adiabatique DE qui ramène le volume à V2, mais à une pression P3 supérieure à celle de l'atmosphère.

E→B : Détente théorique des gaz dans le cylindre donc la pression tombe instantanément à la pression atmosphérique le long de l'isochore EB, la température redescend.

B→A : Echappement des gaz brûlés en décrivant l'isobare BA. Retour au point de départ A.

Le cycle Beau de Rochas a été conçu pour un moteur tel que l'entrée et la sortie des gaz se fassent par des orifices à soupapes placés à l'extrémité fermée d'un cylindre dont l'autre extrémité est constituée par la tête du piston. Toutefois, il est appliqué dans d'autres configurations de moteur, par exemple le moteur rotatif.



Cycle réel

La première réalisation pratique d'un moteur à piston a été réussie par Otto chez Deutz à Cologne en 1876. Sur ce moteur, l'évolution de la pression relevée ne correspondait pas exactement au cycle théorique et le rendement en était très inférieur.
En voici les raisons :

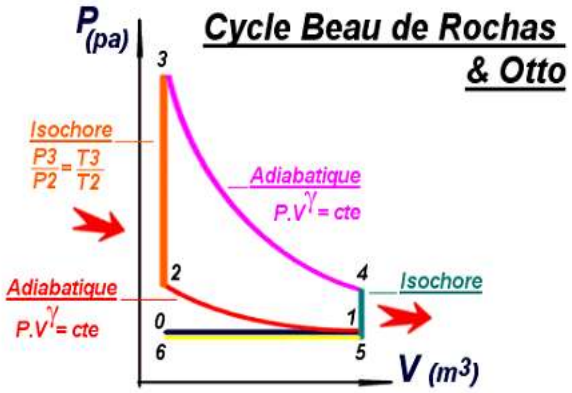
Admission : l'inertie des gaz augmentant avec la vitesse de rotation du moteur est responsable du remplissage incomplet du cylindre.

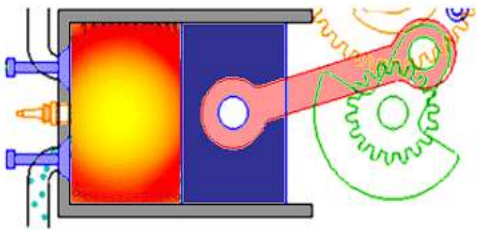
Compression : la compression n'est pas adiabatique. Du fait de la communication de la chaleur aux parois, la pression des gaz s'élève moins vite que dans la loi adiabatique.

Combustion : la combustion du mélange air/essence n'est pas instantanée au PMH d'où une zone de combustion arrondie sur le diagramme.

Détente : la détente des gaz brûlés n'est pas adiabatique car les gaz cèdent une partie de leur chaleur aux parois.

Echappement : en fin de détente, la pression des gaz est nettement supérieure à la pression atmosphérique.





LE CYCLE BEAU DE ROCHAS – OTTO EST CONSTITUE :

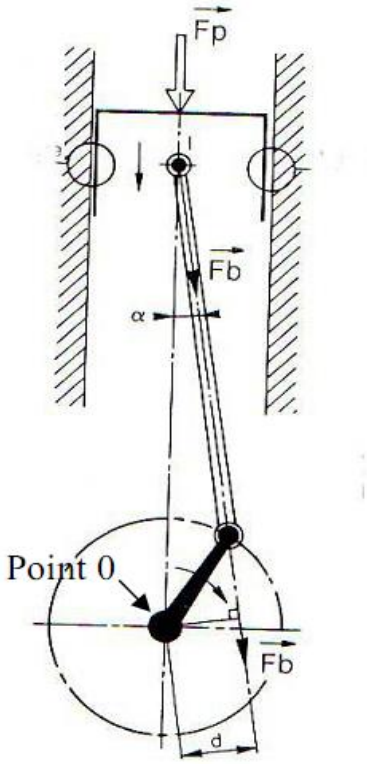
- D'UNE COMPRESSION ADIABATIQUE
- D'UNE COMBUSTION ISOCHORE
- D'UNE DETENTE ADIABATIQUE
- D'UN ECHAPPEMENT ISOCHORE

2-3. CARACTÉRISTIQUES D' UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE :

2.3.1 Le couple moteur :

La force de poussée des gaz qui s'exerce sur le piston lors du temps combustion détente engendre, par l'intermédiaire de la bielle et du maneton de vilebrequin, un couple moteur. Ce couple provoque la rotation du vilebrequin.

Par définition ce couple correspond au moment de la force Fb qu'exerce la bielle sur le vilebrequin par rapport à l'axe de rotation du vilebrequin, au point O (voir figure ci-contre).



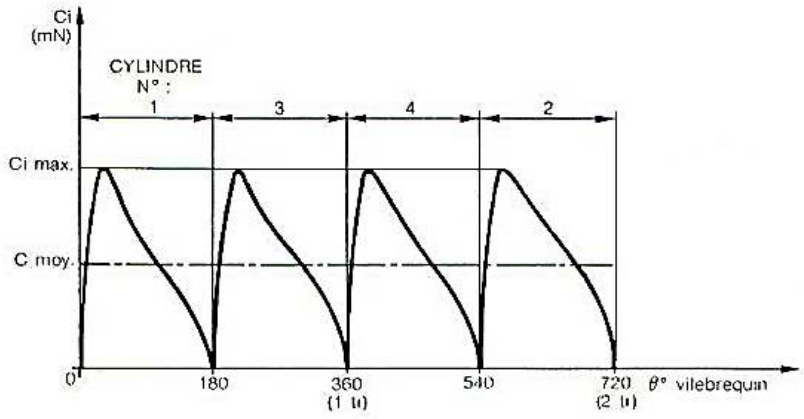
Ci = Fb x d

Avec Fb : force de la bielle sur le vilebrequin,
d : distance entre la force et le point O,
Ci : couple instantané.

Nous parlons ici de couple instantané, car ce couple n'est pas constant durant la phase de combustion détente.

En effet, l'intensité de la force Fb varie puisqu'elle dépend :

- de l'intensité de la force de poussée des gaz Fp, variable lors du temps combustion détente (voir diagramme cycle réel),
- de l'obliquité de la bielle (angle α),
- des forces de frottement entre le piston et le cylindre,
- de la valeur de d qui varie elle aussi suivant l'inclinaison de la bielle (angle α).



: Diagramme de variation du couple instantané produits lors des phases motrices sur un moteur 4 cylindres (ordre d'allumage : 1-3-4-2)

Conclusion :

la valeur du couple moteur instantané change donc constamment suivant l'angle de rotation du vilebrequin.

3.2 Le couple moyen

Sur le diagramme de la figure ci-dessous, le couple moyen développé pendant le temps moteur est défini de telle sorte que l'aire du rectangle Oabc soit identique à l'aire de la surface hachurée Si.
De la même manière on définit **un couple moyen résistant** lors des phases non motrices. On obtient ainsi le couple le couple moyen réel que peut fournir le moteur, que l'on appelle tout simplement **le couple moteur**.

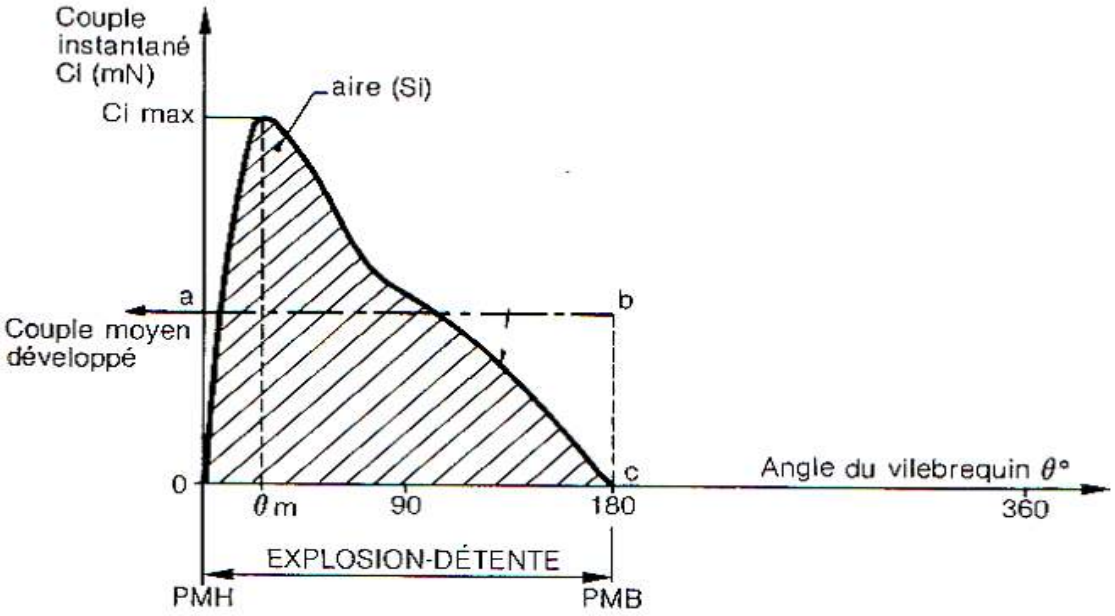


Diagramme représentant la variation du couple instantané en fonction de l'angle duvilebrequin durant la phase moteur

3.3 La puissance d'un moteur

$$P = C \cdot \Omega$$

Puissance du moteur en W (Watt)
1 cheval = 736 watts

Couple en N.m

Ω : vitesse angulaire du moteur en rad/s

$$\Omega = \frac{\pi \cdot N\ (tr/min)}{30}$$

N : fréquence de rotation moteur en tr/mn

3.4 La consommation spécifique d'un moteur

C'est la quantité de carburant en gramme que doit consommer le moteur pour produire une puissance de 1KW pendant une heure. Elle s'exprime en g / kW.h

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2-4. QUANTIFICATION DES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES MIS EN JEU DANS LES MOTEURS A COMBUSTION INTERNE :

4.1 Consommation massique d'air théorique d'un moteur 4 temps essence

$$Q_{math} = \frac{N\ (tr/min)}{120}\ .\ V\ (m^3)\ .\ \rho\ (kg/m^3)$$

- Q_{math} : consommation massique d'air théorique en Kg/s
- N : vitesse de rotation du moteur en tr/min
- V : cylindrée totale du moteur en m^3
- P : masse volumique de l'air en kg/m^3

4.2 Rapport air / carburant

$R = \frac{Q_{ma}}{Q_{mc}}$	R = 12 lorsque le moteur fonctionne avec un dosage de 1 gramme d'essence / 12 g d'air Q_{ma} : consommation massique d'air théorique en gramme/seconde Q_{mc} : consommation massique de carburant en gramme/seconde

4.3 Puissance thermique théorique dégagée par la combustion

PCth = Qmc . pc

- Puissance théorique dégagée par la combustion en KW
- Consommation massique de carburant en Kg/s
- Pouvoir calorifique du carburant (c'est l'énergie contenue dans le carburant)
  - 42000 KJ/kg pour l'essence
  - 39000 KJ/Kg pour le gazole

Remarque: 1 cheval = 736 watts

4.4 Rendement volumétrique.

En pratique la consommation massique d'air réelle du moteur q_{ma} réelle est inférieure à la consommation massique théorique q_{math} définie en 1.
A cause des pertes de charge dans le système d'admission, ainsi que la diminution de la densité de l'air qui pénètre dans le cylindre.

$\eta_V = \frac{Q_{ma\ réelle}}{Q_{ma\ théorique}}$	• η_V : rendement volumétrique • $Q_{ma\ réelle}$: consommation massique d'air réelle du moteur en kg/s • $Q_{ma\ théorique}$: consommation massique d'air théorique en Kg/s

4.5 Le rendement de combustion

En pratique la combustion n'est jamais parfaite à 100 %, on n'arrive pas à bruler tout le carburant. Le rendement de combustion est fonction :

- des caractéristiques propres au mélange gazeux (air + essence),
- des caractéristiques propres au système d'allumage chargé de déclencher la combustion du mélange (chaleur de l'arc électrique à la bougie, emplacement de cet arc dans la chambre de combustion, instant de production de cet arc électrique par rapport au point mort haut).

4.6 Rendement thermique du cycle théorique.

Dans le cycle théorique on considère :

- qu'il n'y a pas d'échange de chaleur entre le gaz et les parois du moteur (transformation adiabatique),
- que la combustion est instantanée,
- qu'il n'y a pas de perte de charge.

Le rendement thermique du cycle théorique donne un rendement éloigné de la réalité, mais qui a au moins un mérite, celui de montrer que le rendement est d'autant meilleur que le rapport volumétrique est grand. C'est d'ailleurs la raison majeure de la supériorité du diesel sur les moteurs à allumage commandé dans le domaine de la consommation.
Rappelons qu'il est impossible de fabriquer des moteurs à essence ayant un fort rapport volumétrique, car nous sommes limités par l'auto inflammation et le cliquetis.
Les lois de la thermodynamique appliquées au diagramme PV théorique donnent l'approximation de ces pertes conduisant à la définition du rendement thermodynamique η_{th}.

Cas du moteur essence

$$\eta_{th\,ess} = 1 - \frac{1}{\rho^{\gamma-1}}$$

ρ : taux de compression du moteur ou rapport volumétrique

$$\rho = \frac{V+v}{v}$$

avec V : cylindrée unitaire du moteur
v : volume de la chambre de combustion

γ: coefficient isentropique

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \approx 1{,}4 \; pour\, l'air$$

avec C_p : capacité thermique massique à pression constante ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)
C_V : capacité thermique massique à volume constant ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)

Pour augmenter la puissance thermique, on peut augmenter le rendement thermique en augmentant le rapport volumétrique, le pouvoir calorifique du carburant, ou la consommation massique :
- en admettant dans le cylindre une masse de carburant aussi élevée que possible (mais il faut que le carburant soit effectivement brulé)
- en augmentant la cylindrée par le nombre des cylindres et par la cylindrée unitaire (mais le refroidissement efficace d'un gros cylindre est difficile)
- en augmentant le nombre de cycles par seconde en augmentant le régime moteur, mais les forces d'inertie deviennent alors très élevées (le cycle 2 temps peut être choisi)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4.7 Rendement de forme (cycle réel du moteur).

Il prend en compte la différence entre le cycle théorique et réel : en effet, le cycle théorique n'a pas la même allure que le cycle réel. il se produit des pertes de chaleur résultant de la conduction entre l'enceinte thermique et le système de refroidissement : **environ 15% de la puissance dégagée par la combustion est transférée vers le circuit de refroidissement**, la combustion n'est pas instantanée, il y a des fuites de pression au niveau de la segmentation, une partie de l'énergie au niveau du piston est utilisée à aspirer l'air dans le cylindre et à l'en chasser et **40% de l'énergie est perdue dans les gaz d'échappement lors de l'ouverture de la soupape d'échappement comme dans le cycle théorique**, ce qui fait que le rendement thermique réel est considérablement inférieur à la valeur théorique.

Le rendement de forme peut être augmenté par :

- La diminution des échanges thermiques entre l'enceinte thermique du moteur et le système de refroidissement, ceci dans la limite de la tenue mécanique des pièces, de la température de carbonisation de l'huile et de la température d'auto inflammation du mélange combustible.

Dans le cycle réel environ 15% de la puissance dégagée par la combustion est transférée vers le circuit de refroidissement

- Par la diminution ou la récupération des pertes énergétiques à l'échappement (prolongation de la détente avec un moteur à course variable ou distribution variable), entrainement d'une turbine de turbo compresseur. En effet, lorsque la soupape d'échappement s'ouvre, les gaz d'échappement contiennent encore de l'énergie, cette énergie est fonction de la température des gaz d'échappement.

Environ 40% de l'énergie est perdue dans les gaz d'échappement lors de l'ouverture de la soupape d'échappement. Cette énergie peut être utilisée pour entrainer la turbine du turbo compresseur.

4.8 Rendement mécanique

En pratique, une partie de la puissance mécanique produite sur le piston est utilisée à vaincre les frictions dans les liaisons mécaniques, et à entraîner la distribution et les accessoires.

$\eta_m = \frac{P_u}{P_i}$	Ces pertes sont prisent en compte dans le rendement mécanique η_m Avec P_u : puissance utile P_i : puissance indiquée (recueillie sur le piston)

On admet souvent $\eta_{m_ess} = 0,9$ *et* $\eta_{m_diesel} = 0,8$

Le rendement mécanique peut être amélioré en réduisant les frottements aux contacts des éléments en mouvement relatif, par le choix des matériaux, par la qualité de la lubrification et du lubrifiant.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

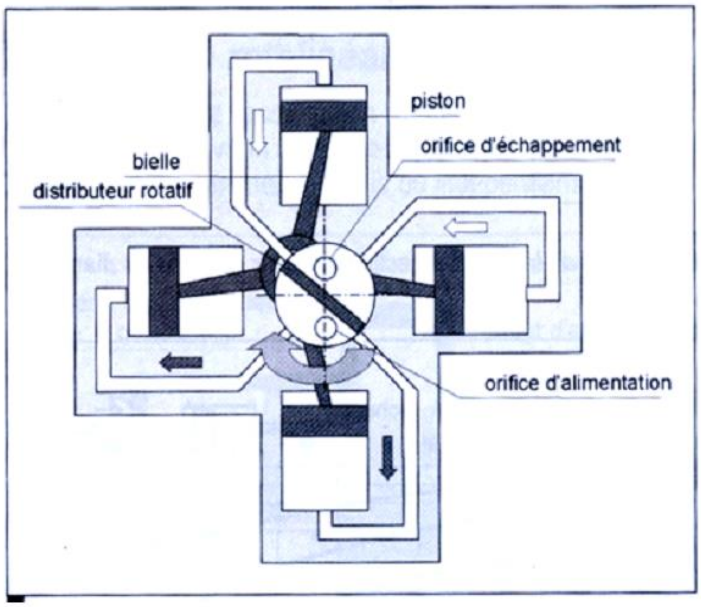
3- Moteur Pneumatique :

Il existe plusieurs moyens pour produire un mouvement de rotation continu à l'aide d'un débit d'air comprimé Le plus courant est le moteur à palettes qui est fréquemment utilisé dans les outillages pneumatiques (visseuses, meuleuses, perceuses, clefs à chocs, etc.).

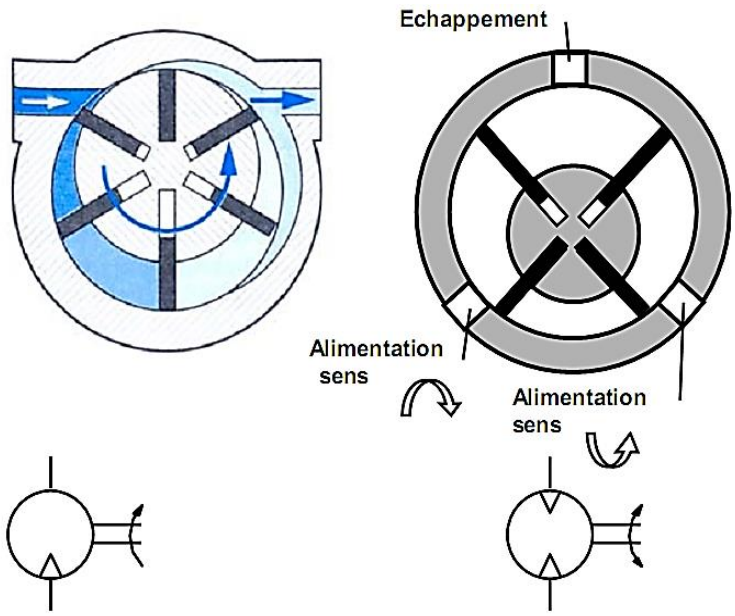




Il existe d'autres types de moteurs pneumatiques commercialisés :
- moteurs pneumatiques à pistons en étoile (vois ci-dessous) ;
- moteurs pneumatiques à pistons à coulisseaux
- moteurs pneumatiques à engrenage
- moteurs pneumatiques à turbine



Principe d'un moteur pneumatique à pistons en étoile [2].



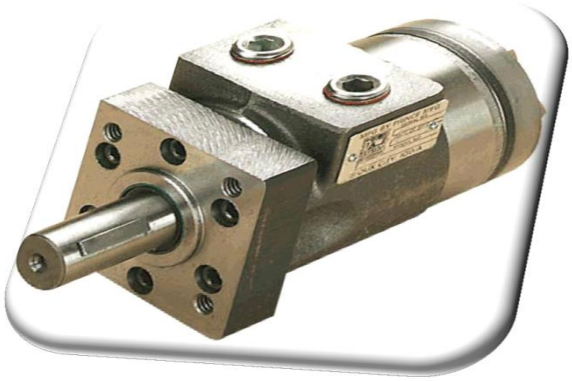
Principes de fonctionnement et schémas :

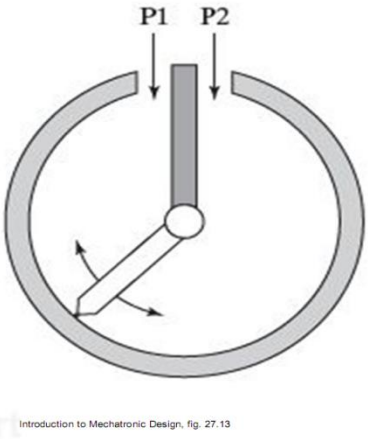
4- Moteurs hydrauliques :

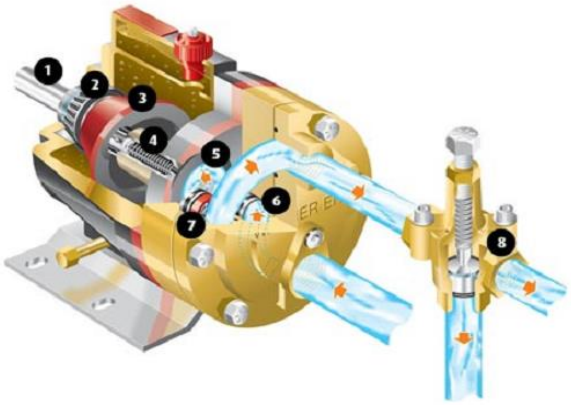
Un moteur hydraulique est un mécanisme utilisant l'énergie hydraulique pour mouvoir divers outils (moulins à grains ou à huiles, scieries, ateliers métallurgiques...). Cette énergie peut être fournie directement par un cours d'eau, ou par une dérivation (canal, rigole) d'un cours d'eau ou prenant l'eau d'une retenue, ou encore, plus rarement, de la marée (cas des moulins à marée ou des usines marémotrices).

Il ne doit pas être confondu avec un moteur hydraulique hydrostatique qui utilise l'énergie d'un circuit d'huile sous pression pour fournir un mouvement.

Il peut aussi être appelé moulin, bien qu'en toute rigueur, cette appellation soit réservée aux mécanismes permettant de produire des farines et des huiles par la rotation d'une ou plusieurs meules (les mots moulin,meule, moudre, partagent la même étymologie, du latin mola, qui signifie meule).









1. Arbre d'entraînement
2. Roulements à rouleaux
3. Came à angle fixe
4. Cellules hydraulique - déplace le diaphragme grâce à l'huile pressurisée
5. Diaphragme
6. Valve d'entrée
7. Valve de sortie
8. Valve de régulation de pression



8- Lubrifier les parties mobiles des ensembles électromécaniques

1- Définition :

La lubrification ou le graissage est un ensemble de techniques permettant de réduire le frottement, l'usure entre deux éléments en contact et en mouvement l'un par rapport à l'autre. Elle permet souvent d'évacuer une partie de l'énergie thermique engendrée par ce frottement, ainsi que d'éviter la corrosion… Dans ces situations, les écoulements fluides sont parallèles aux surfaces, ce qui simplifie leur description et leur calcul (théorie de la lubrification).
On parle de lubrification dans le cas où le lubrifiant (mécanique) est liquide et de graissage dans le cas où il est compact1.
En mécanique, on lubrifie les pièces de métal ou de céramique avec un corps gras, comme de l'huile ou de la graisse.
Les lubrifiants sont des produits liquides, pâteux ou solides d'origine minérale (hydrocarbures pour l'essentiel), animale, végétale ou synthétique

2- Les rôles de la lubrification :

la lubrification permet de changer le coefficient de frottement entre deux éléments afin de faciliter le glissement ou le roulement entre elles ainsi que d'éviter ou de minimiser l'usure et les échauffements,
les lois physiques qui régissent ce domaine (la tribologie) sont très complexes et sont fondées à la fois la résistance des matériaux et la mécanique des fluides.
Il est intéressant de comprendre des phénomènes tels que :

- la formation d'un coin d'huile ou d'un film d'huile entre deux pièces en mouvements.
- la notion d'épilâmes.
- le changement de propriétés physiques des huiles en fonction de la pression et de la température.

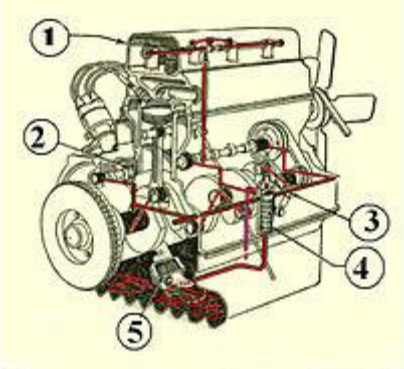
3- Modes de lubrification :

3.1 Lubrification ponctuelle :



Lubrification à la burette des culbuteurs d'un moteur marin Baudouin DK6 sur la vedette La Horaine. Cette opération est effectuée avant le lancement du moteur, puis toutes les quatre heures en actionnant par pédale une pompe à huile.
La première méthode consiste à mettre le lubrifiant avant le mouvement ou durant le mouvement. Cela peut se faire de manière manuelle, par exemple en déposant des gouttes d'huile avec une burette, en plaçant de la graisse avec les doigts (si celle-ci n'est pas toxique), ou bien en appliquant le lubrifiant avec un pinceau. C'est par exemple le cas de la lubrification d'une chaîne de vélo, des gonds d'une porte… Cette lubrification peut aussi s'effectuer par projection à l'aide d'un aérosol (bombe).

3.2 Lubrification continue :



1=culbuteurs, 2=Arbre à cames, 3=vilebrequin, 4=filtre, 5=pompe

WWW.DZPEN.COM | قسم الجزائر

La lubrification continue touche tous les mécanismes en mouvement et est constituée par un système de conduites qui amène, par l'intermédiaire d'une pompe, le lubrifiant vers les divers organes (paliers, coussinets, roulement à billes) à lubrifier. Le lubrifiant retourne au bac pour y être réfrigéré puis remonte en traversant un filtre qui retient les impuretés.

- C'est le cas notamment de l'huile pour un moteur à combustion interne. Le lubrifiant se dégrade, en particulier sous l'effet de la forte chaleur, et se charge en débris d'usure : il faut donc vidanger régulièrement le réservoir et le remplir avec du lubrifiant neuf. Dans certains cas (qui a tendance à se généraliser), l'huile passe par un radiateur de refroidissement, avant de retourner lubrifier les organes qui utilisent le même fluide (moteur, boîte-pont, turbo).
- Dans le cas du moteurs à deux temps, le carburant est mélangé avec un pourcentage d'huile spéciale (appelée huile 2 temps) qui assure le graissage des organes en mouvement. Il n'y a pas, ensuite, de récupération d'huile, car celle-ci est brûlée en même temps que le carburant.
- Sur les machines fixes par rapport au sol, on peut également faire tremper la mécanique dans un lubrifiant liquide, on parle alors de bain d'huile ou de barbotage. Comme dans le cas des moteurs thermiques, le carter doit être rempli en respectant les niveaux mini et maxi.
- Le graissage à bague : le système est utilisé dans les paliers pour le graissage des tourillons et consiste en une bague, posée librement sur l'arbre, et d'un diamètre suffisamment grand pour tremper dans un réservoir à la partie inférieure du palier. Pendant le mouvement de rotation de la bague, l'huile qui y adhère est entraînée pour venir graisser le tourillon.
- L'usinage des pièces mécaniques nécessite une lubrification afin d'assurer le refroidissement des outils et des pièces et de limiter les efforts de coupe au strict nécessaire permettant l'enlèvement de matière (copeaux).

3.3 Lubrification et réfrigération :

Dans le cas d'une lubrification automatique, l'appareil peut être équipé d'un bac de récupération qui permet de retraiter le lubrifiant en excès ou usagé.

Les machines-outils : tour, fraiseuse, etc, .., outre le lubrifiant pour le fonctionnement du mécanisme, utilisent des huiles de coupe pour faciliter le refroidissement de la pièce usinée et de l'outil, le glissement du copeau sur l'outil, augmenter la vitesse de coupe.

- Lubrification continue : Le lubrifiant est généralement versé en jet continu et ensuite, récupéré dans un bac sous la machine, filtré et renvoyé dans le circuit. Le fluide employé est de l'huile de synthèse ou un mélange, de 5 à 10 % d'huile soluble (lubrifiant) et d'eau (réfrigérant), appelé eau de savon de par sa couleur laiteuse.
- Lubrification ponctuelle : peut aussi se faire de manière automatique, en général sous forme d'aérosol ; c'est le cas par exemple de l'usinage avec un tour à commande numérique. Ou avec un pinceau et un fluide spécifique pour le métal à usiner : huile de lin, pétrole (pour l'aluminium), suif.

- Surface pré-lubrifiée :
-

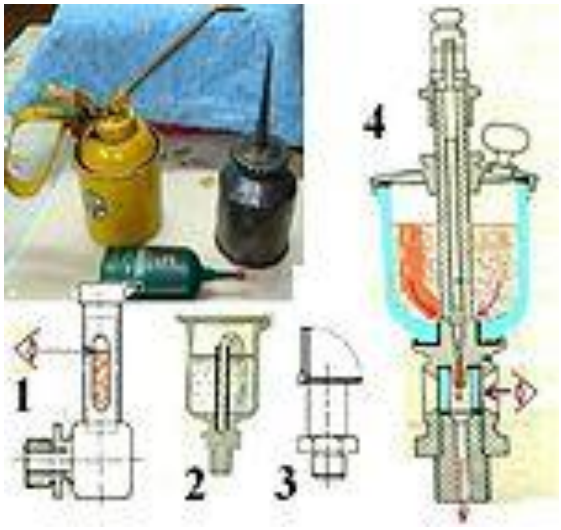
Le fabricant peut aussi livrer des organes ou des pièces pré-lubrifiés ou pré-graissés.

- C'est le cas par exemple de la plupart des préservatifs,
- certaines pièces mécaniques :
- roulement à billes graissé à vie, contient une réserve de graisse entre deux flasques d'étanchéité,
- coussinet autolubrifiant, en alliage de cuivre fritté dont les microscopiques alvéoles retiennent le lubrifiant introduit sous pression au moment de la fabrication,
- cas des machines outils fabriquées en Suisse: les glissières sont (étaient) "grattées" par des ouvriers spécialisés de manière à créer des micro-poches de lubrifiant chargées d'assurer l'existence de l'épilamen entre les surfaces en frottement

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

- Graisseurs à huile :

Burettes et graisseurs : 1=à niveau, 2=à mèche, 3=à couvercle, 4=à compte-gouttes

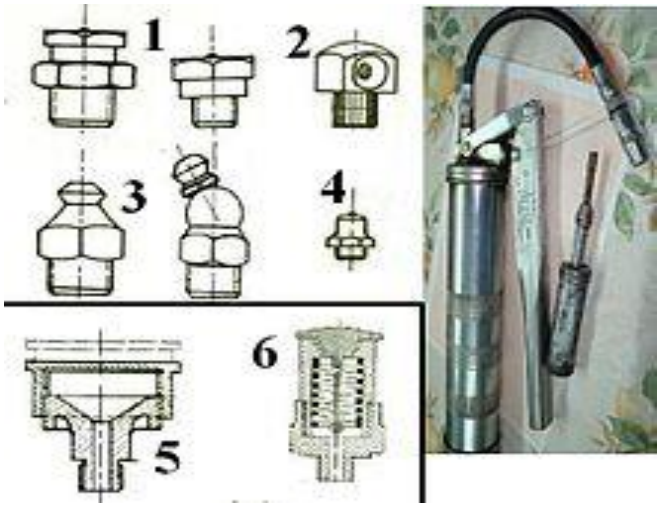


Il existe une multitude de réservoirs mobiles ou burettes pour l'approvisionnement en lubrifiant et également d'éléments, fixés sur les organes mécaniques, qui sont chargés de distribuer le fluide.

- fig. 1 : graisseur à niveau d'huile, réservoir muni d'une lumière par laquelle on vérifie le niveau ;
- fig. 2 : graisseur à mèche (en coton), celle-ci trempe dans le liquide qui remonte par capillarité et coule petit à petit jusqu'à l'organe à lubrifier ;
- fig. 3 : graisseur à couvercle monté sur ressort, simple réservoir que l'on remplit d'huile qui redescend par gravité ;
- fig. 4 : graisseur compte-gouttes, muni d'un réservoir en verre et d'un pointeau pour régler le débit et une petite lumière pour contrôler l'écoulement.

- Graisseurs à graisse :

Par suite de la consistance de la graisse, on est amené à exercer une pression pour l'obliger à s'écouler et à s'interposer entre les surfaces en contact. La graisse est utilisée de préférence pour les mécanismes exposés aux intempéries, où elle assure une protection contre les poussières ou/et lorsque la chaleur assure une fusion partielle, et également lorsqu'il est difficile d'effectuer des graissages fréquents. L'image à droite présente les différents types de graisseurs :



Pompes à graisse :
1 à 4 = graisseurs mécaniques
5 et 6 = graisseurs à main

- graissage sous pression :

On utilise soit des pompes à graisse dont la dimension dépend des fabricants et surtout du type de graisseurs. Pour les grandes installations de graissage (type garages autos), on utilise des centrales de graissage :

- 1 : système Técalémit où le graisseur présente un 6 pans pour l'accrochage du bec de la pompe,
- 2 : système Lub, le graisseur a une cuvette sphérique dans laquelle on vient appuyer l'embout sphérique de la pompe. Ces graisseurs présentent l'avantage d'être encastrables et ne présenter aucune aspérité sur les mécanismes où ils sont montés.
- 3 : système hydraulic, les graisseurs ont une tête sphérique où la pompe vient s'agrafer instantanément par une simple poussée.
- 4 : graisseur miniature.

- graissage à main :

- 1 : graisseur Stauffer constitué d'un réservoir rempli de graisse sur lequel un couvercle, rempli de graisse aussi, vient se visser. Un simple vissage manuel suffit à faire descendre la graisse.
- 2 : graisseur à ressort, un peu plus compliqué que le précédent, c'est le ressort qui fait descendre la graisse. Ce graisseur convient aussi pour l'huile.
- 3 : graisseur Dubrulle, fonctionnant sur principe du graissage à vis, utilisé sur les premières automobiles. C'est un élément de remplissage et de répartition de graisse permettant de centraliser la distribution du graissage dans les parties mécaniques. Le réservoir de graisse est relié aux organes à lubrifier par des tuyaux1.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4- Protection contre agents extérieurs :

Il existe, dans la vie courante, des actions de lubrification très banales que l'on opère inconsciemment :

- lubrification ponctuelle :
- goutte de suif déposée sur la pointe d'une vis à bois pour faciliter sa pénétration dans la matière dure et surtout pour permettre un démontage aisé, malgré le temps passé et les intempéries subies,
- dépôt de graisse graphitée sur les vis et écrous, soumis à de très fortes températures, pour un démontage facilité,
- Protection contre l'humidité : comme passer du suif sur les chaussures (de marche ou autre) pour les imperméabiliser et les assouplir,
- protection contre l'oxydation : phénomène normal aux produits exposés à l'air,
- comme la couche de paraffine déposée à la surface des confitures mises en verrines pour les isoler de l'air ambiant.
- la couche de paraffine projetée sur la carrosserie des voitures neuves pour les protéger des intempéries pendant le stockage ou le transport,
- la couche de graisse déposée sur les organes mécaniques inertes exposés au climat marin (câbles et treuils sur les navires)
- protection contre les ultraviolets : huile et crème solaire passées sur la peau pour l'isoler des rayons du soleil

Bibliographie

1- le diagnostic (internet)
2- la méthodologie de diagnostic CRTA (internet)
3- Regroupement inter académique Grand Ouest : BEP MSMA Maintenance préventive Session 2003
4- Synthèse Montage - Démontage Bac MEI
5- Mécanique – Transmission de puissance (internet)
6- Enseignements Technologiques Communs (moteur_ressource.doc)
7- Wikipédia (internet)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر