

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'EDUCATION

Génie Mécanique

4^{ème} année de l'enseignement secondaire
Sciences Techniques

TECHNOLOGIE

Manuel de cours

Les auteurs

SALHI Mohamed Zouhaïr

Inspecteur principal
des collèges et des lycées

SLITI Ridha

Inspecteur principal
des collèges et des lycées

NAÏFAR Noureddine

Inspecteur
des collèges et des lycées

BEN ACHOUR Nabil

Professeur principal

BAKINI Noomen

Professeur principal

Les évaluateurs

KHOUAJA Ali

Inspecteur principal
des collèges et des lycées

DOGUI Abdelwaheb

Professeur Universitaire

BEN HAMADOU Abdellatif

Inspecteur principal
des collèges et des lycées

Centre National Pédagogique

Remerciements

Les auteurs adressent tous leurs remerciements à :

- Monsieur le ministre de l'éducation et de la formation*
- La direction générale des programmes, pour nous avoir donné la responsabilité et l'honneur d'élaborer ce manuel.*
- Les évaluateurs, pour leur coopération constructive.*
- Les inspecteurs et les professeurs qui voudront bien nous faire part de leurs remarques en vue d'apporter une amélioration à la deuxième édition.*
- L'équipe technique de la direction de l'édition du CNP, pour leurs contributions dans la mise en œuvre de ce manuel.*

Avant-Propos

Ce manuel est réservé à l'enseignement du génie mécanique en 4^{ème} année secondaire section **Sciences Techniques**.

Il est destiné à la fois aux apprenants et aux enseignants et a l'avantage de:

-Proposer à l'apprenant la possibilité de s'exercer en autonomie, de développer ses acquis et de les mobiliser judicieusement dans d'autres situations.

-Permettre à l'enseignant d'assurer un enseignement centré sur les systèmes techniques et favorisant la manipulation, l'expérimentation, la constatation, l'analyse et la synthèse.

Les systèmes techniques et les sous systèmes utilisés, soit pour développer les connaissances relatives à chaque leçon, soit pour réaliser les différentes activités visant à les consolider ou les évaluer sont choisis en majorité parmi ceux qui existent dans les laboratoires de génie mécanique. Ils forment ainsi de véritables objets sur lesquels, les apprenants exercent les actions utiles pour construire leurs propres savoirs.

Le plan de ce manuel respecte la conception du programme officiel et traite les trois parties qu'il comporte :

- ▣ **Partie A : Analyse fonctionnelle ;**
- ▣ **Partie B : Analyse structurelle ;**
- ▣ **Partie C : Analyse comportementale.**

Concernant l'organisation des leçons, nous avons conservé volontairement celle du manuel de 3^{ème} année, non seulement pour assurer la continuité entre les deux niveaux mais aussi pour garantir une utilisation facile et efficace de ce manuel.

Les auteurs souhaitent que cet ouvrage répond à la fois aux attentes des enseignants et aux besoins des élèves.

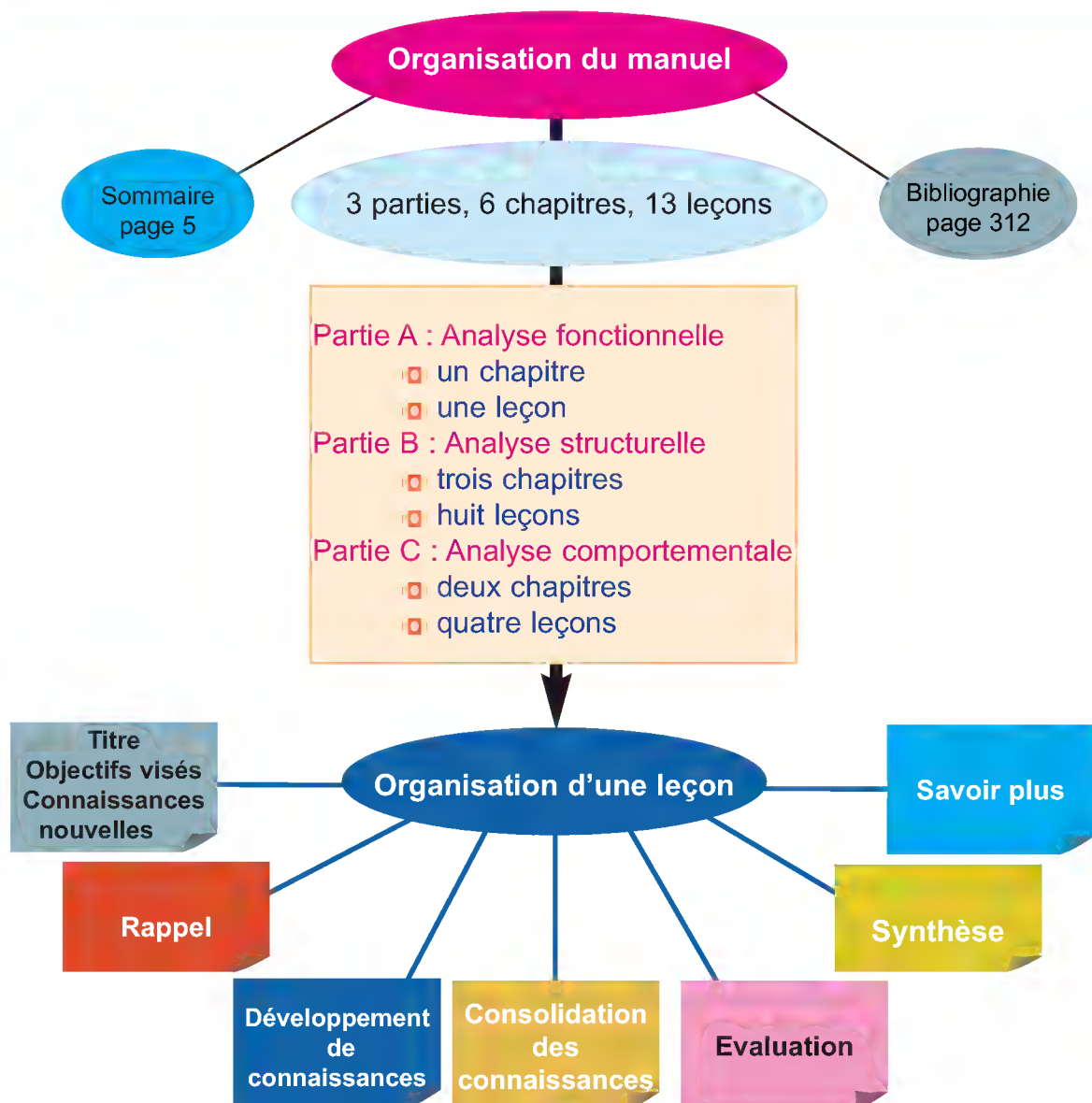
Enfin, nous serons très attentifs aux critiques et aux suggestions de celles et ceux qui utiliseront ce manuel.

Les auteurs

Présentation du manuel

Ce manuel qui répond aux exigences didactiques et pédagogique du programme officiel de l'enseignement du génie mécanique en 4^{ème} année secondaire section sciences techniques, est destiné à être utilisé comme un :

- ▣ Recueil des connaissances définies par le programme;
- ▣ Document ressource pour la conduite des activités pratiques;
- ▣ Outil personnel d'appropriation, de consolidation et d'évaluation de connaissances.



Sommaire

Avant propos		3
Présentation du manuel		4
Sommaire		5
PARTIE A : ANALYSE FONCTIONNELLE		
Chapitre 1	Analyse fonctionnelle interne d'un produit	
Leçon 1	- Organisation fonctionnelle d'un produit	9
PARTIE B : ANALYSE STRUCTURELLE		
Chapitre 2	Définition des éléments d'un produit	
Leçon 1	- Lecture d'un dessin d'ensemble	28
Leçon 2	- Cotation fonctionnelle	47
Leçon 3	- Représentation d'un produit fini	63
Chapitre 3	Les liaisons mécaniques	
Leçon 1	- La fonction assemblage : Les assemblages démontables	85
Leçon 2	- La fonction guidage en rotation: Guidage en rotation par roulements	109
Chapitre 4	Fonction transmission de mouvement	
Leçon 1	- Transmission sans transformation de mouvement sans modification de vitesse angulaire:	147
	Accouplements	
	Embrayages	
	Limiteurs de couple	
	Freins	

Leçon 2	- Transmission sans transformation de mouvement avec modification de la vitesse angulaire:	202
	Engrenage cylindrique à denture droite	
	Engrenage cylindrique à denture hélicoïdale	
	Engrenage conique	
	Roue et vis sans fin	
Leçon 3	-Transmission avec transformation de mouvement:	237
	Système vis écrou	
	Excentrique	
	Bielle manivelle	
	Came	
	Pignon et crémaillère	
PARTIE C : ANALYSE COMPORTEMENTALE		
Chapitre 5	Comportement d'un solide déformable	
Leçon 1	- Flexion plane simple	274
Leçon 2	- Torsion simple	294
Chapitre 6	Obtention des pièces	
Leçon 1	- Réalisation des surfaces élémentaires sur un micro-tour	306
Leçon 2	- Réalisation des surfaces élémentaires sur une micro-fraiseuse	309
	Bibliographie	312

Partie A

Analyse Fonctionnelle Analyse Fonctionnelle Analyse Fonctionnelle Analyse Fonctionnelle

Analyse Fonctionnelle

CHAPITRE 1

ANALYSE FONCTIONNELLE INTERNE D'UN PRODUIT

Leçon 1 :

Organisation Fonctionnelle D'un Produit

**O
B
J
E
C
T
I
F
S**

A1.1 Décomposer un produit en chaînes fonctionnelles.

A1.2 Identifier et ordonner les fonctions techniques qui contribuent à la satisfaction des fonctions d'usage

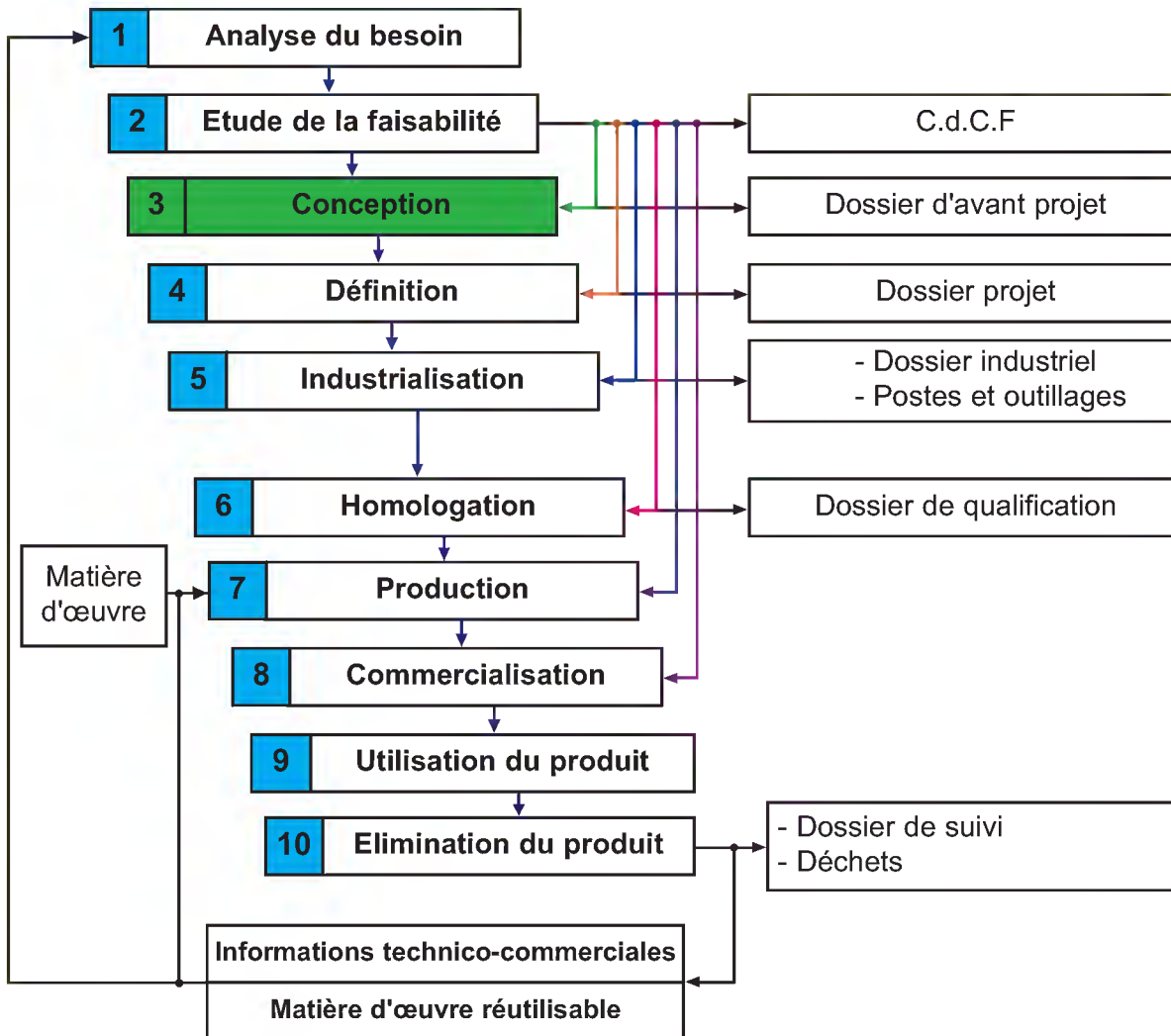
A1.3 Identifier les éléments assurant une fonction technique

CONNAISSANCES NOUVELLES

- Chaînes fonctionnelles.
- Fonctions techniques
- Diagramme de décomposition fonctionnelle (**F.A.S.T.**)

Rappel

1- Cycle de vie d'un produit



2- L'analyse fonctionnelle externe d'un produit

L'analyse fonctionnelle externe consiste à analyser le besoin auquel devra répondre le produit, les fonctions de service qu'il devra remplir, les contraintes auxquelles il sera soumis et à caractériser ces fonctions et ces contraintes. C'est la base de l'élaboration du **Cahier des Charges Fonctionnel**.

Développement de connaissances

1- L'analyse fonctionnelle interne d'un produit

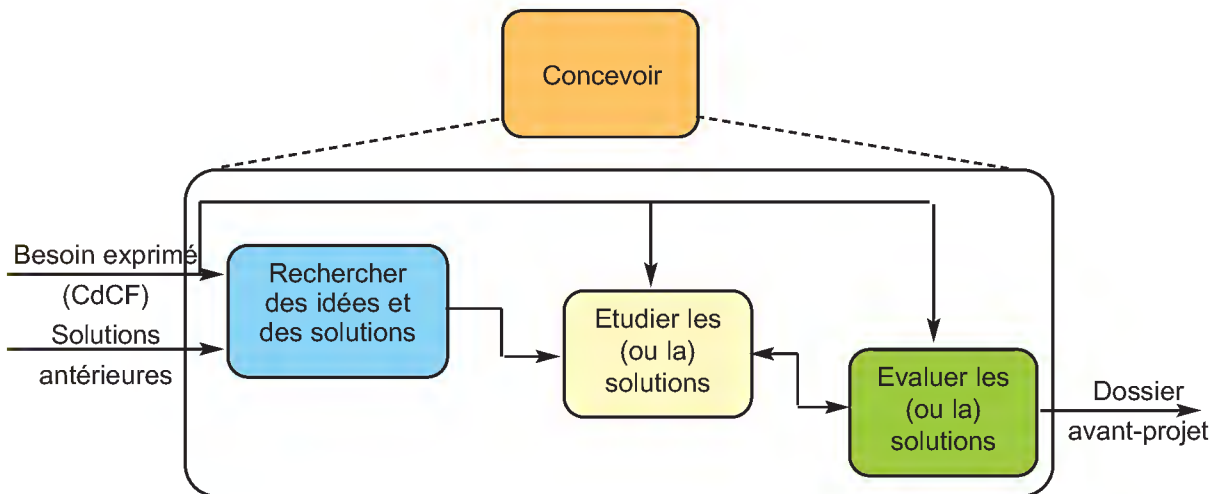
Un produit peut être considéré comme le support matériel d'un certain nombre de fonctions techniques.

L'analyse fonctionnelle interne d'un produit dégage chaque fonction technique permettant d'assurer les fonctions de service et permet la matérialisation des concepts de solutions techniques. C'est le point de vue du concepteur.

Ce type d'analyse consiste à rechercher les fonctions techniques, les solutions optimales et les composants qui doivent satisfaire une fonction de service.

2- La démarche

Pour aboutir au dossier «**avant-projet**» à partir du C.d.C.F.d'un produit, il faut passer par l'étape (ou l'activité) concevoir du diagramme des activités décrivant le cycle de vie d'un produit. Celle-ci se décompose et se structure selon les phases suivantes:

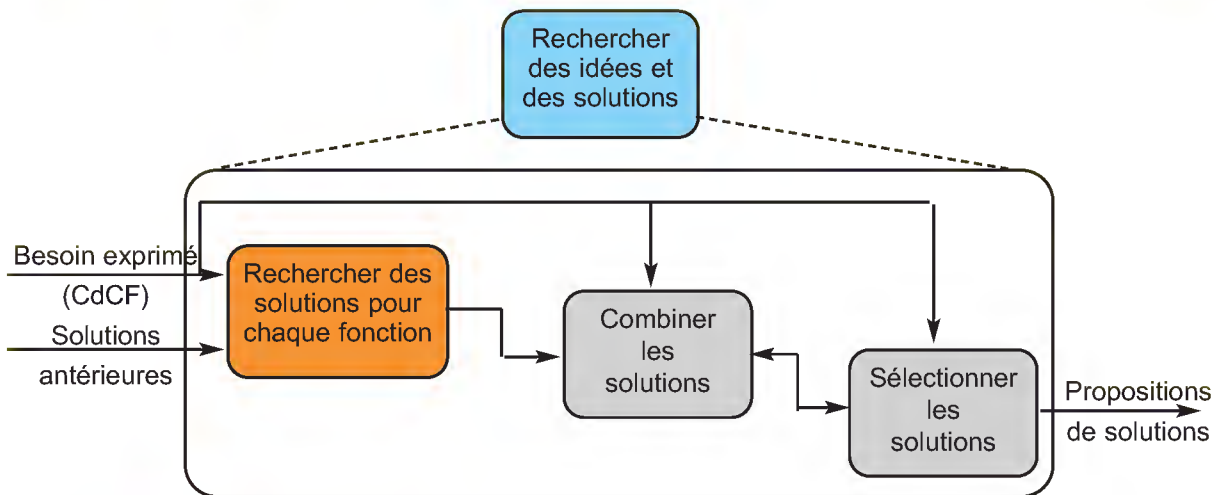


3- Rechercher des idées et des solutions :

Cette phase importante fait appel aux outils de créativité ; elle a pour objectif de recenser le maximum de solutions possibles.

Sachant que le problème est globalement complexe d'une part, et que le produit est conçu pour assurer des services à l'utilisateur, il est de loin préférable de raisonner fonction par fonction, c'est-à-dire :

- Rechercher le maximum de solutions possibles permettant de satisfaire chacune des fonctions de service ;
- Ne figer aucune solution avant d'analyser toutes les fonctions ;
- Combiner toutes les solutions.



NB : Dans tout ce qui suit on se limitera à l'étude de la tâche «rechercher des solutions pour chaque fonction».

4- Recherche des solutions pour chaque fonction :

Pour rechercher le maximum de solutions :

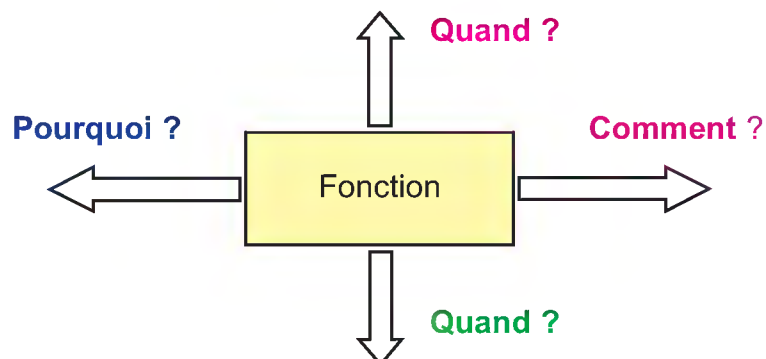
Il est nécessaire de procéder à une recherche progressive et descendante des fonctions techniques à partir de chacune des fonctions de service.

L'outil permettant de réaliser de visualiser cet enchaînement s'appelle le **F.A.S.T.** signifiant : **F**onction **A**nalyse **S**ystem **T**echnic, que l'on peut traduire par :

Technique d'**A**nalyse **F**onctionnelle et **S**ystématique

Le modèle **F.A.S.T.** se présente sous forme d'un arbre fonctionnel établi à partir de la fonction globale ou d'une fonction de service, en répondant aux questions :

Pourquoi ? Cette fonction doit-elle être assurée ? **Comment ?** **Quand ?**



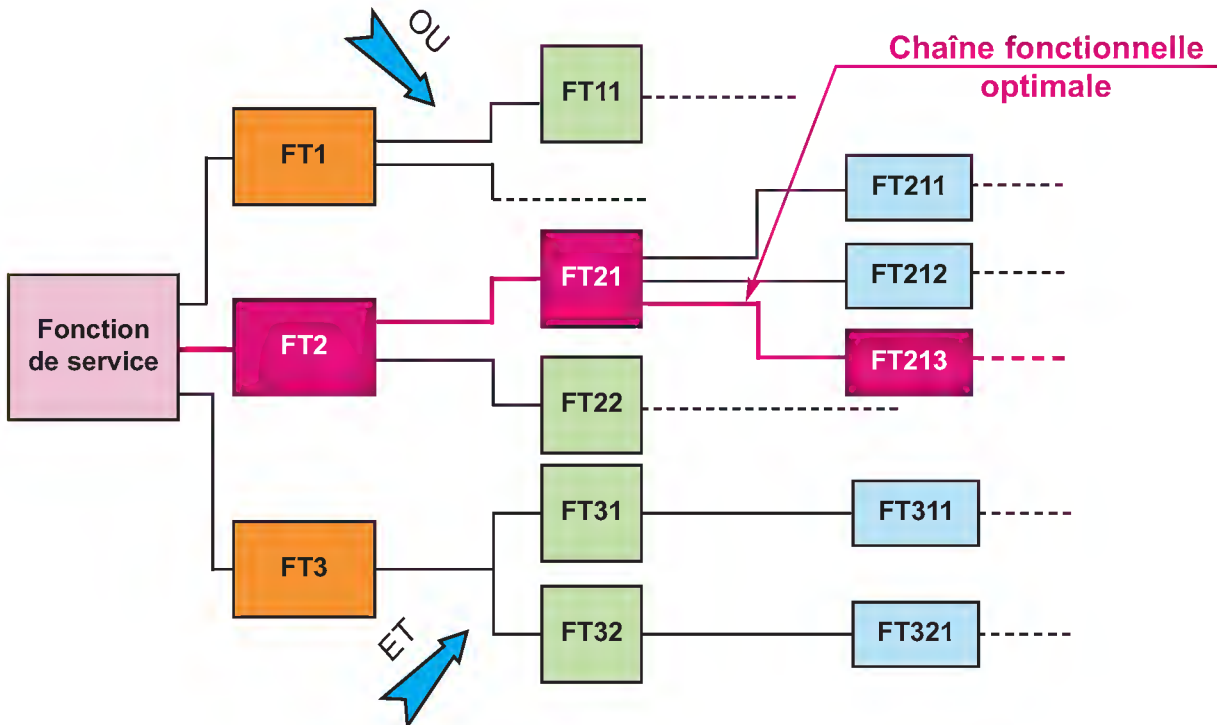
- Pourquoi ?** Cette question concerne la fonction précédente, la réponse commence par "pour".
- Quand ?** Cette question s'applique à une ou des fonctions situées au même niveau. La réponse commence par "si simultanément".
- Comment ?** Cette question s'adresse à la fonction suivante, la réponse commence par "en".

Les réponses à ces questions permettent de décomposer en plusieurs niveaux la fonction étudiée. Le dernier niveau fait apparaître des fonctions élémentaires auxquelles on associe des solutions techniques.

Chaîne fonctionnelle

La phase de recherche des solutions relatives aux fonctions de service (en utilisant l'outil F.A.S.T.) conduit à plusieurs cheminements ou «chaînes fonctionnelles».

La comparaison et l'évaluation de ces chaînes fonctionnelles conduit à identifier la chaîne la mieux adaptée dite «**Chaîne fonctionnelle optimale**».



Pour illustrer ce qui précède, prenons l'exemple : « la pompe à pied »

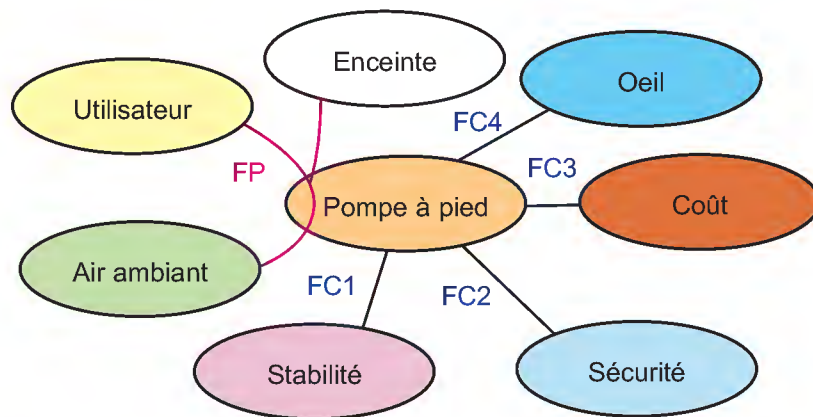
La pompe à pied figure ci-contre permet d'emmagasiner dans une enceinte fermée un fluide (air) sous une pression maximale de 6 bars. Exemples : Chambre à air, bateau pneumatique, etc.



Pompe à pied

L'analyse fonctionnelle externe a permis d'aboutir au diagramme suivant :

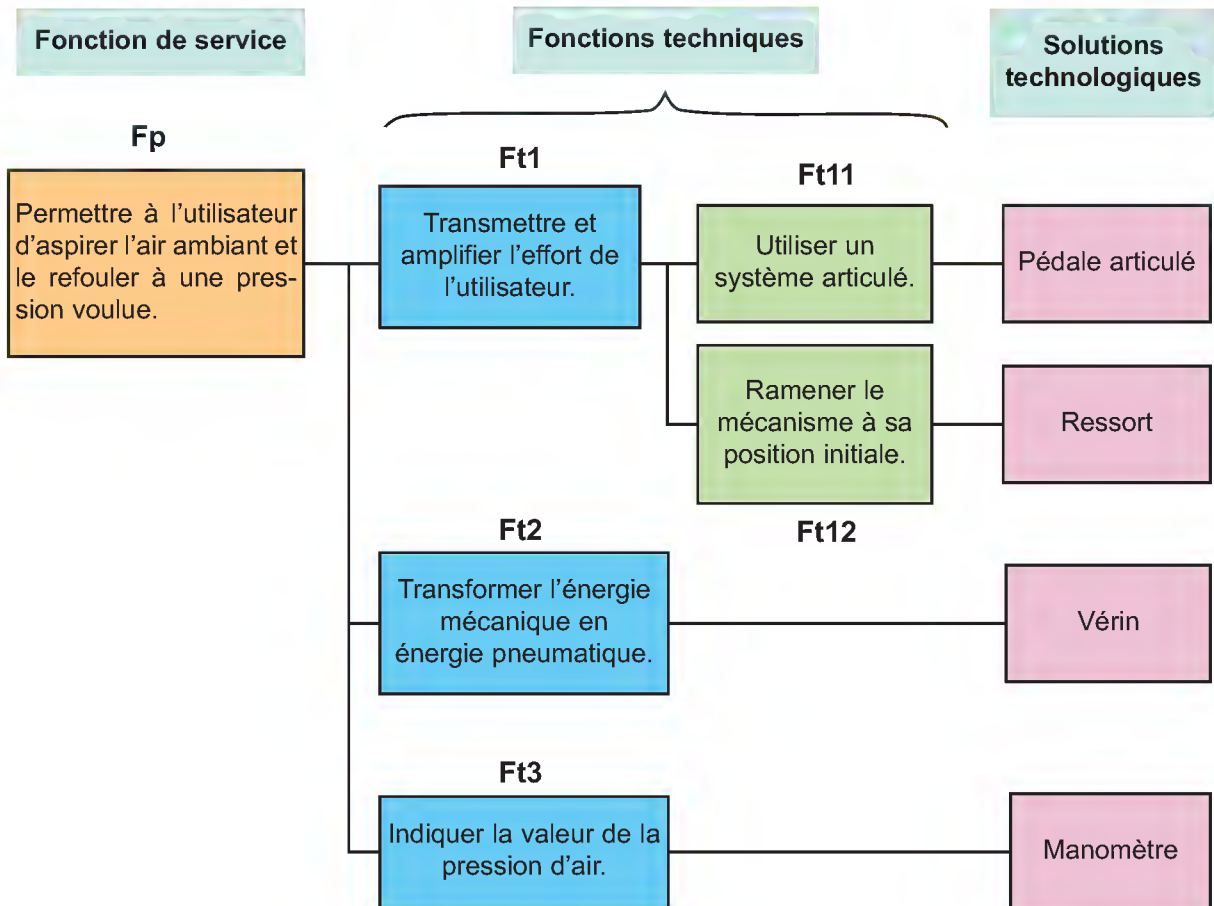
Diagramme d'interaction



Cahier des charges fonctionnel

FS	Expressions	Critères	Niveaux-Flexibilité
FP	Permettre à l'utilisateur d'aspirer l'air ambiant et le refouler à une pression voulue dans une enceinte	- L'effort de l'utilisateur - Pression d'air - Durée de vie	- Effort mini - ≤ 6 bars - ≥ 10 ans ± 5 ans
FC2	Ne pas présenter de danger pour l'utilisateur	- Sécurité	Respect des normes de sécurité
FC1	Être stable	- Centre de gravité - Surface d'appui	- Le plus bas possible - 3 points mini
FC3	Coût minimal	- Prix abordable	≤15 dinars
FC4	Plaire à l'œil	- Couleur - Forme	Choix en fonction de la sensibilité de l'utilisateur

Diagramme F.A.S.T. relatif à la fonction FP:



A partir de ce diagramme :

En posant la question : Comment permettre à l'utilisateur d'aspirer l'air ambiant et le refouler à une pression voulue? (**Fp**) Nous répondons : En transmettant et amplifiant l'effort de l'utilisateur, (**Ft1**) en transformant l'énergie mécanique en énergie pneumatique (**Ft2**) et en indiquant la valeur de la pression (**Ft3**).

On peut répondre à la question : **Pourquoi** transmettre et amplifier l'effort de l'utilisateur? par : Pour permettre à l'utilisateur d'aspirer l'air ambiant et le refouler à une pression voulue.

En posant la question : **Quand** faut-il indiquer la valeur de la pression d'air ? nous répondons par : Si seulement si on a transmis et amplifié l'effort de l'utilisateur et on a transformé l'énergie mécanique en énergie pneumatique.

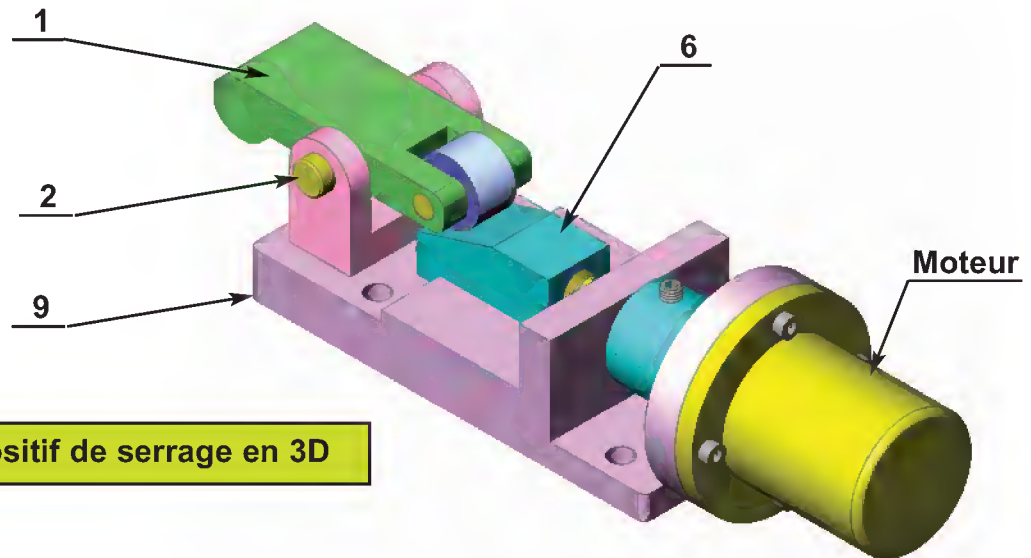
Consolidation des connaissances

Dispositif de serrage (voir dessin d'ensemble suivant)

Le dispositif de serrage est utilisé dans un poste automatique de fraisage en vue de fixer une pièce à usiner.

Le dispositif est fixé sur la table de la fraiseuse par quatre vis non représentées.

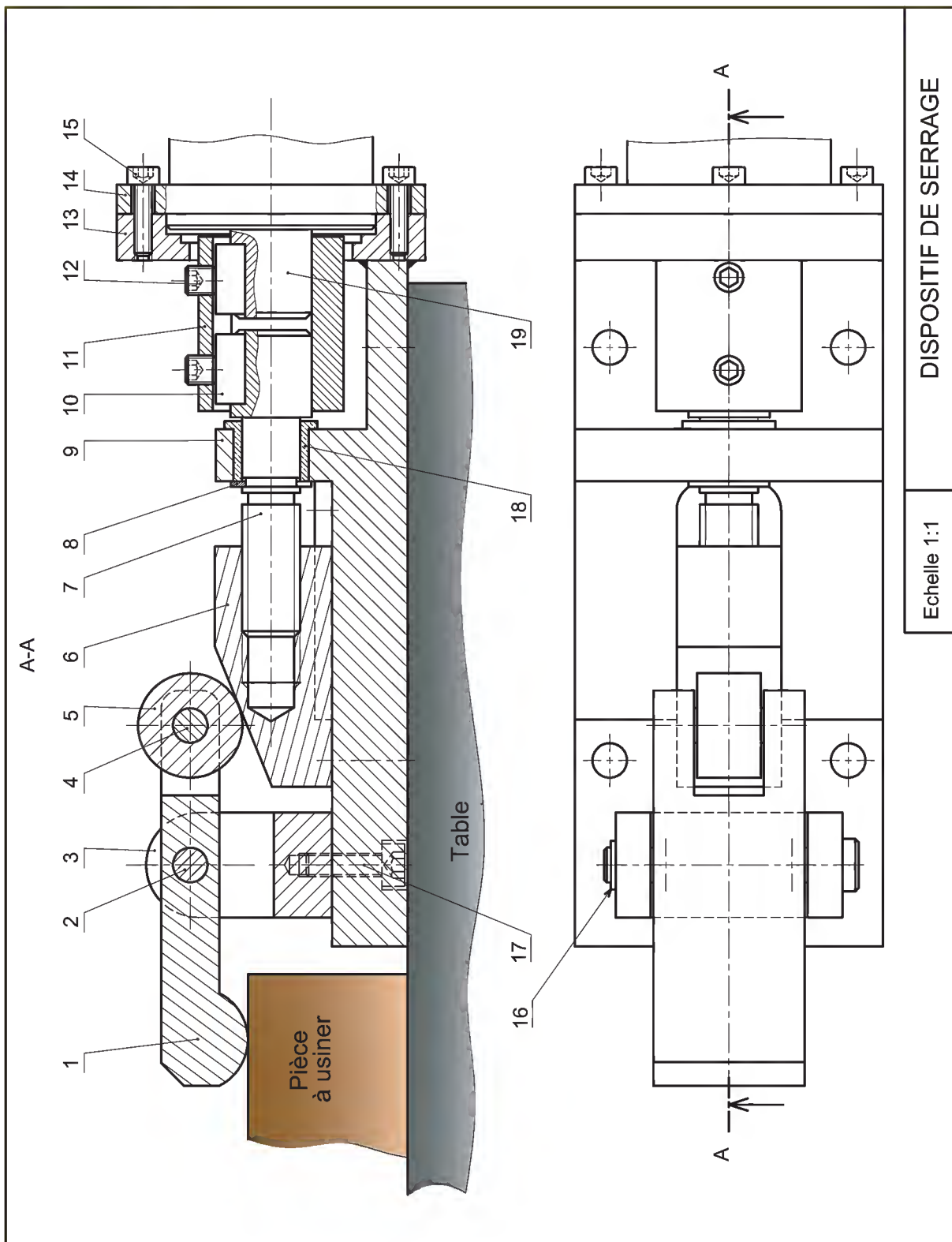
Le serrage et le desserrage de la pièce à usiner sont obtenus grâce à la rotation de la vis de manoeuvre (7) (liée à l'arbre moteur (19)) qui provoque la translation de la cale (6) assurant le pivotement de la bride (1) autour de l'axe (2).



Dispositif de serrage en 3D

Nomenclature

10	2	Clavette parallèle forme A	19	1	Arbre moteur
9	1	Support	18	1	Coussinet
8	1	Anneau élastique pour arbre	17	2	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762-M4
7	1	Vis de manoeuvre	16	1	Anneau élastique pour arbre
6	1	Cale oblique	15	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762-M3
5	1	Galet	14	1	Moteur
4	1	Axe	13	1	Boîtier
3	1	Chape	12	2	Vis sans tête à six pans creux à bout plat ISO 4726-M5
2	1	Axe	11	1	Douille
1	1	Bride			
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation
DISPOSITIF DE SERRAGE					



Travail demandé

En se référant au dessin d'ensemble fourni (page 17) du dispositif de serrage, on demande de :

- Compléter le diagramme F.A.S.T. relatif à la fonction principale : **FP «fixer la pièce à usiner»**
- Compléter le schéma cinématique en précisant l'emplacement de chaque fonction technique figurant dans le F.A.S.T.

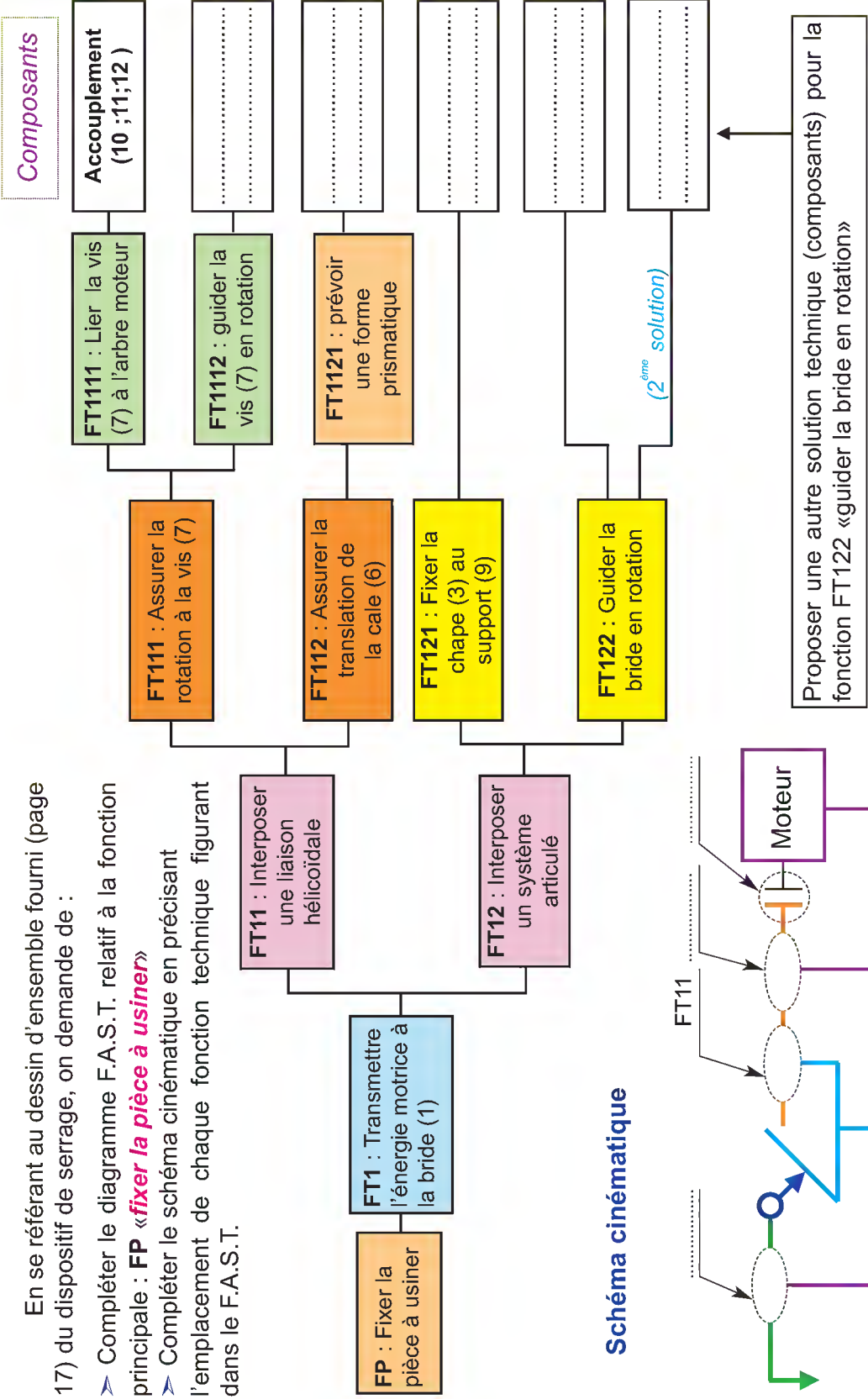
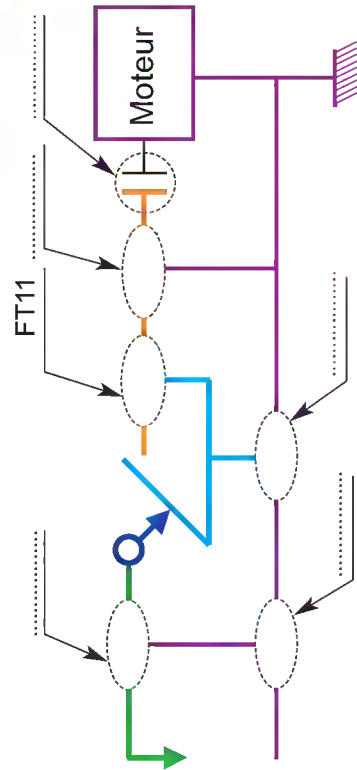


Schéma cinématique



Corrigé

Diagramme FAST

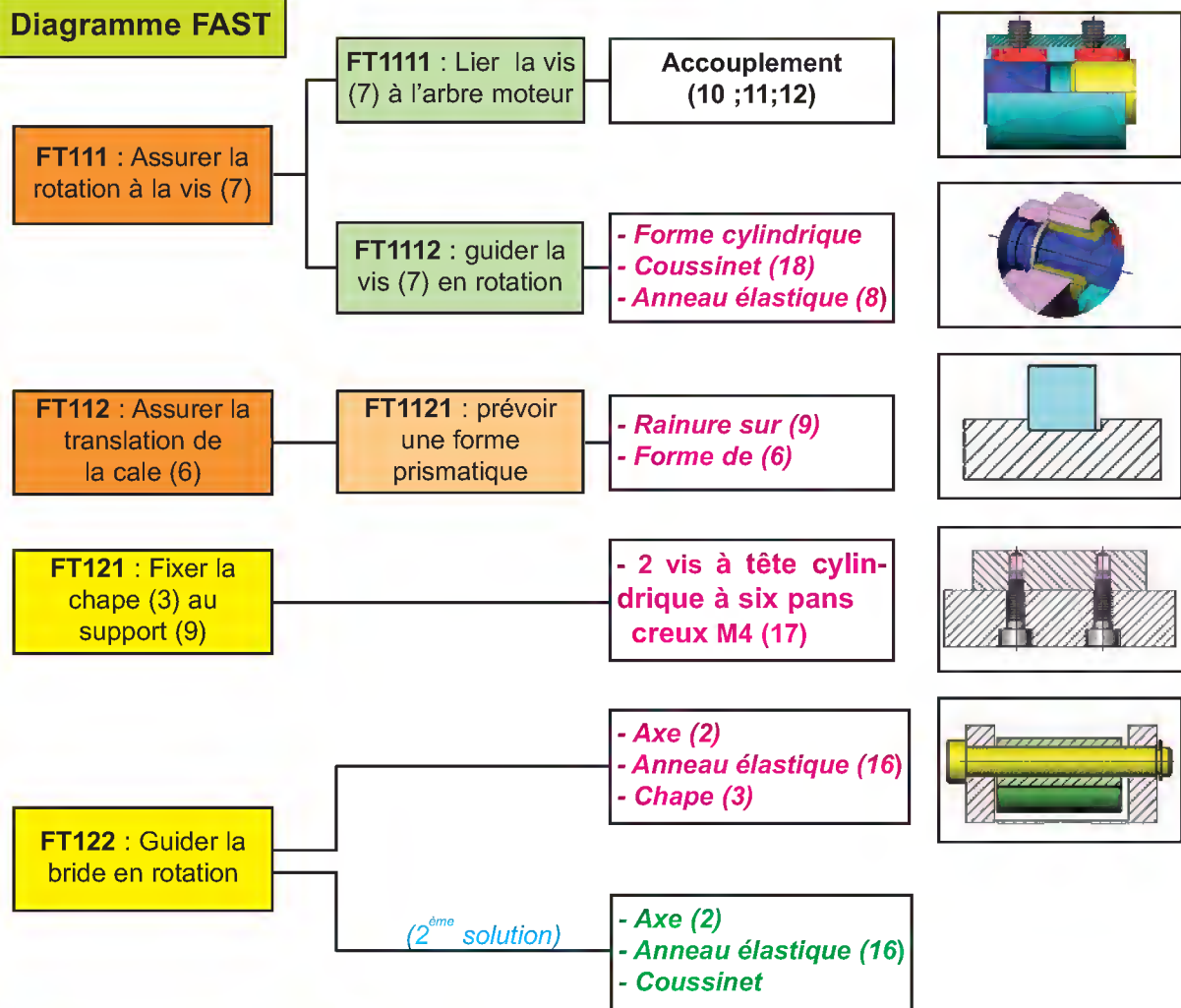
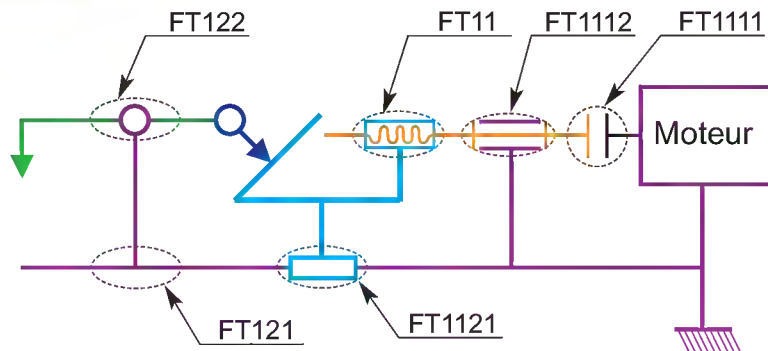


Schéma cinématique



Evaluation

TOUR SEMI-AUTOMATIQUE

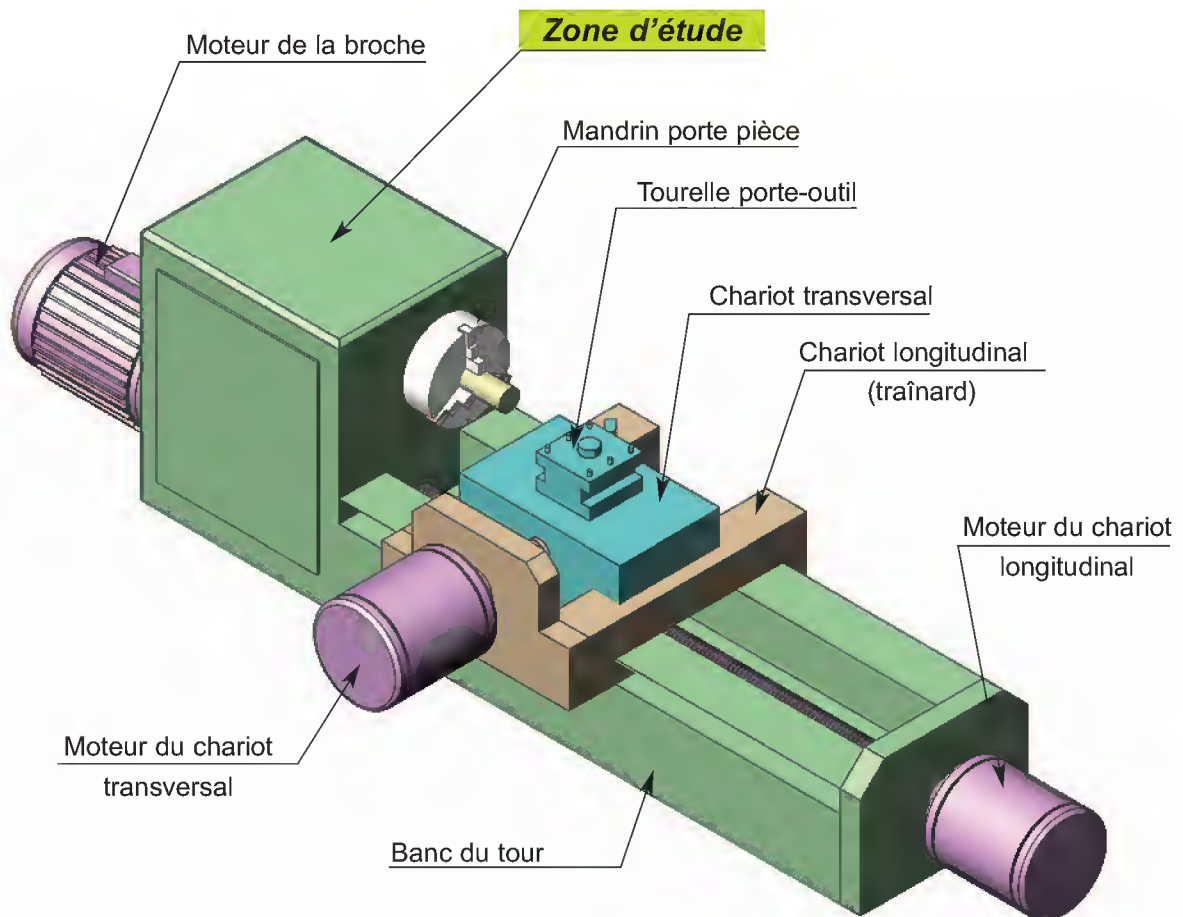
1- Fonction

Produire automatiquement des pièces de révolution.

2- Description

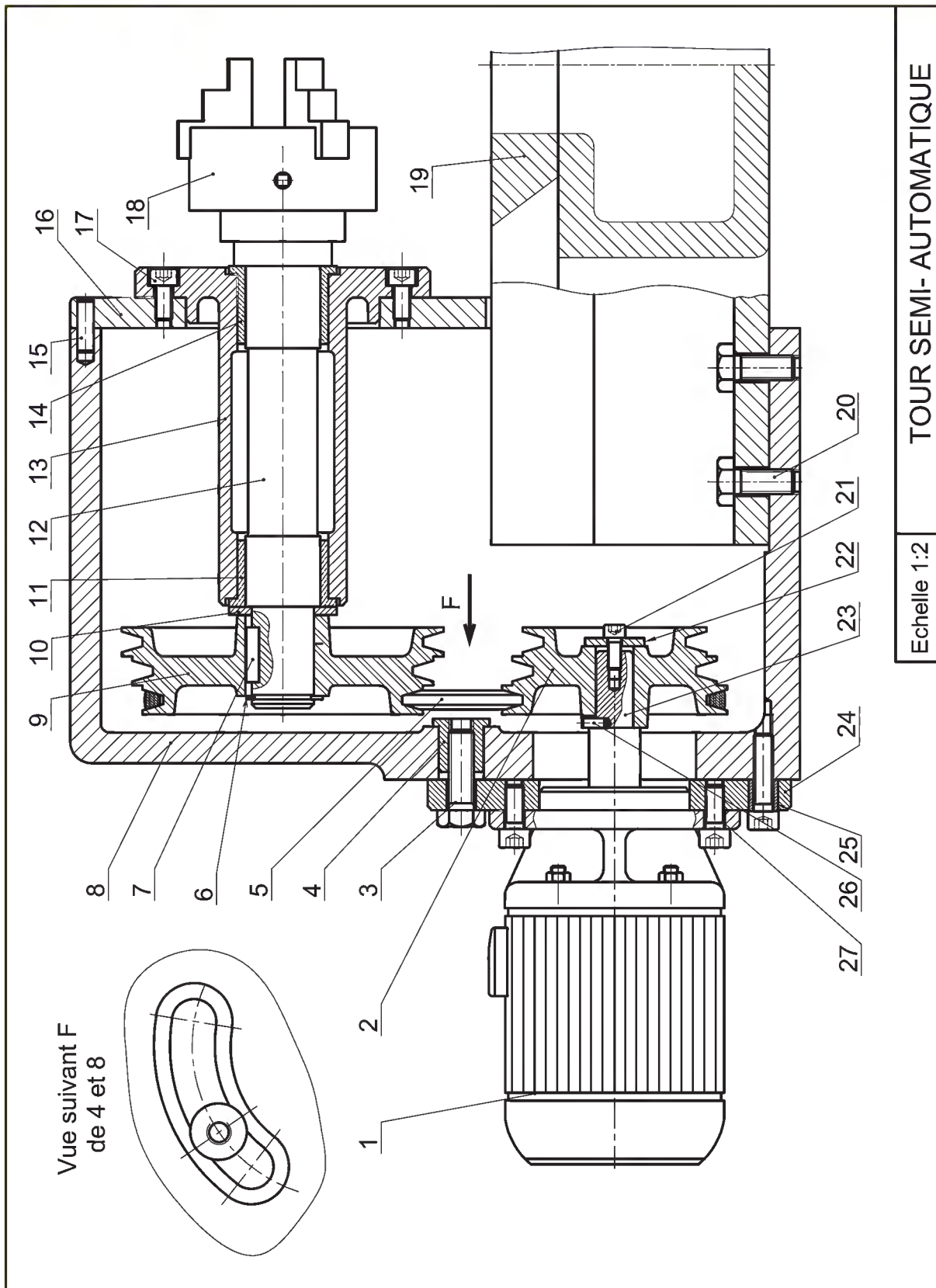
La pièce, fixée dans le mandrin est entraînée en rotation par le moteur de broche. Deux chariots (un chariot longitudinal et un chariot transversal) guidés en translation par queue d'aronde permettent à l'outil de se déplacer dans deux directions perpendiculaires.

Les deux chariots sont entraînés par des vis commandées par des moteurs pas à pas.



3- Description du fonctionnement : Voir dessin d'ensemble suivante.

La rotation du moteur de broche (1) est transmise au mandrin porte-pièce (18) par l'intermédiaire des deux poulies (9-2) et la courroie (5).



TOUR SEMI-AUTOMATIQUE

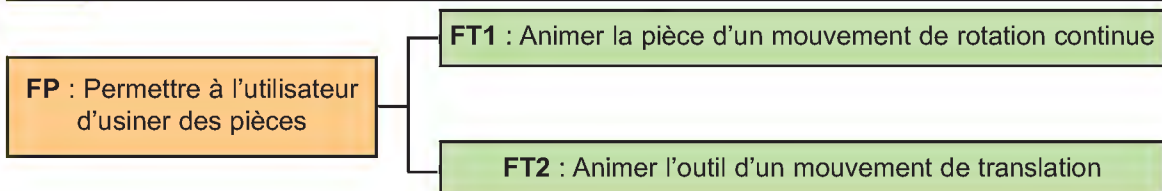
Echelle 1:2

Nomenclature

14	1	Coussinet			
13	1	Boîtier	27	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762-M6
12	1	Broche	26	1	Ergot
11	1	Coussinet	25	1	Bague de centrage
10	1	Rondelle	24	1	Support moteur
9	1	Poulie réceptrice	23	1	Arbre moteur
8	1	Carter	22	1	Rondelle plate
7	1	Clavette parallèle	21	1	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762-M4
6	1	Anneau élastique pour arbre	20	4	Vis à tête Hexagonale ISO 4014-M8
5	1	Courroie trapézoïdale	19	1	Glissière
4	1	écrou	18	1	Mandrin
3	1	Vis à tête Hexagonale ISO 4014-M8	17	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762-M5
2	1	Poulie motrice	16	1	Plaque
1	1	Moteur	15	2	Pied de centrage
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation
TOUR SEMI-AUTOMATIQUE					

Extrait du cahier des charges fonctionnel

FS	Expressions	Critères
FP	Permettre à l'utilisateur d'usiner des pièces.	- Avoir 3 vitesses différentes de la broche - La puissance
FC1	Supporter les actions mécaniques développées pendant l'usinage.	- Rigidité - Stabilité
FC2	Respecter l'environnement.	- L'encombrement - L'étanchéité - Déchets
FC3	Plaire à l'œil.	- Couleur - Forme

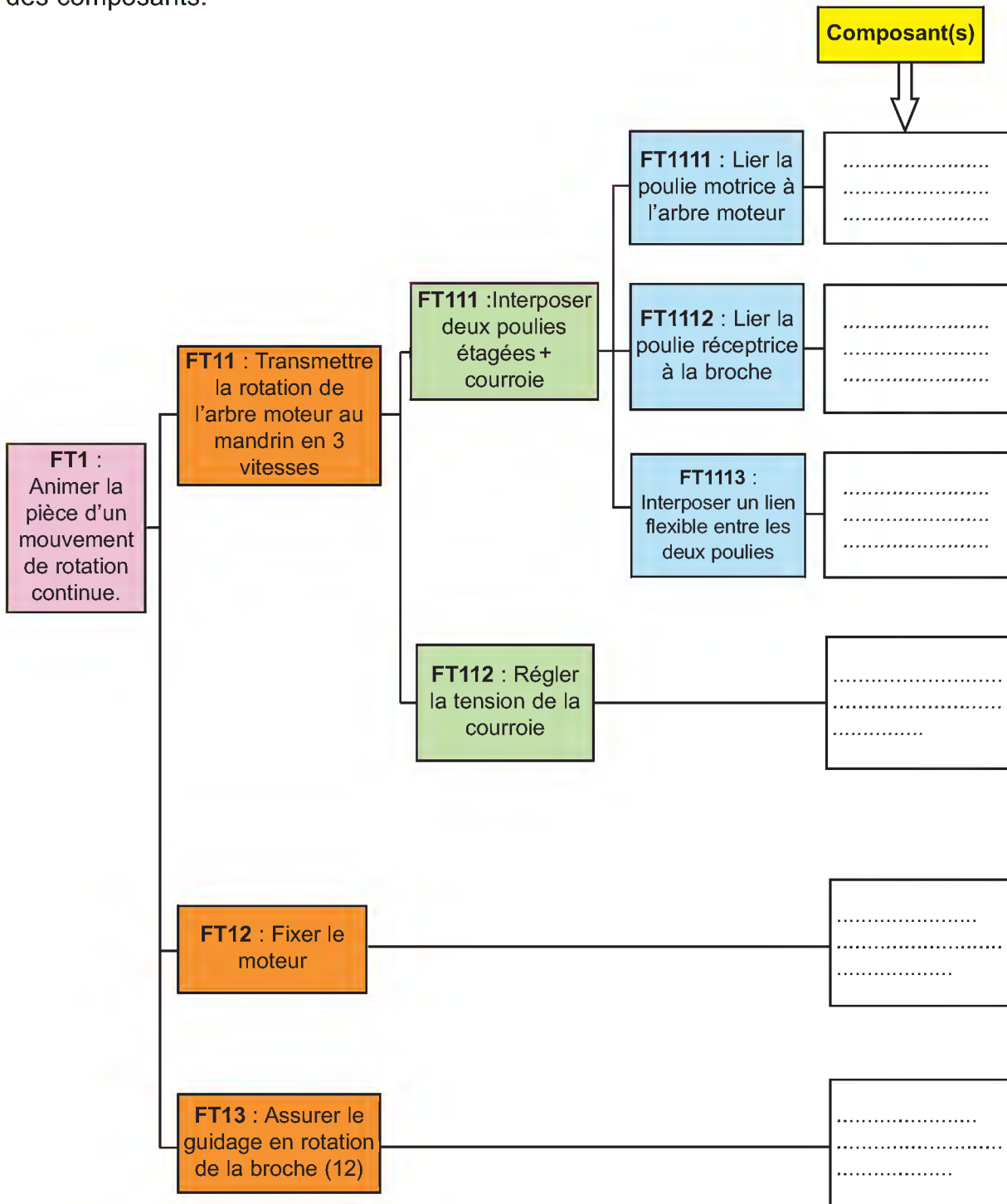


Travail demandé

En se référant au dessin d'ensemble du tour semi-automatique (page 21), on demande de :

➤ Compléter le diagramme F.A.S.T. relatif à la fonction technique :

FT1 «*Animer la pièce d'un mouvement de rotation continue*» en indiquant les noms des composants.



Synthèse

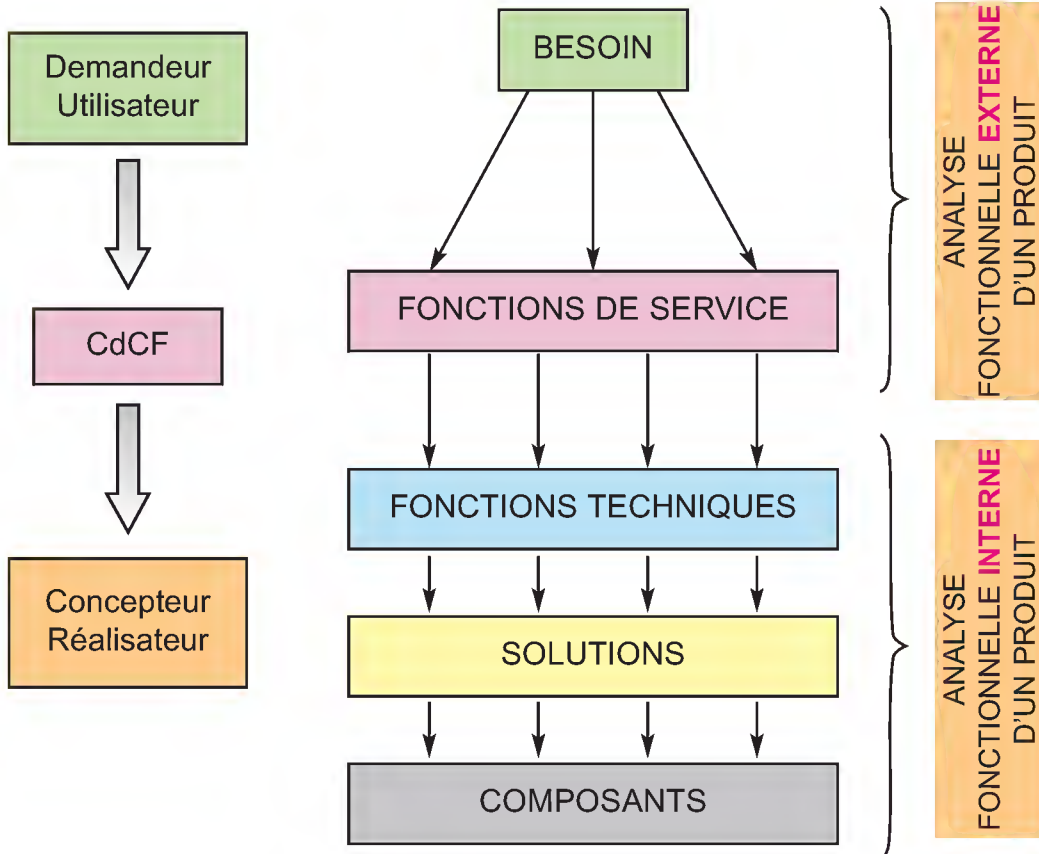
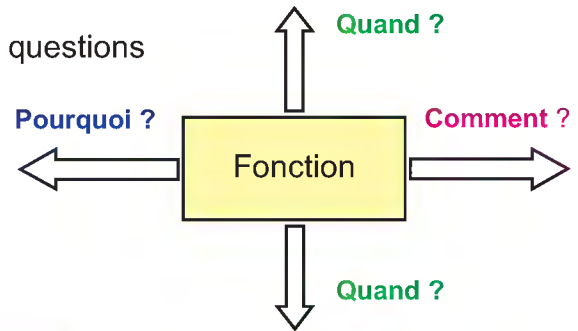
L'analyse fonctionnelle externe d'un produit a pour objectif de présenter ce produit comme un ensemble cohérent de satisfactions aux besoins énoncés par l'utilisateur c'est à dire un ensemble de fonctions de service.

L'analyse fonctionnelle interne d'un produit consiste à rechercher le maximum de solutions à chacune des fonctions techniques permettant d'assurer les fonctions de service avant de choisir la solution la mieux adaptée et la moins coûteuse en utilisant les outils d'aide adaptés à la décision.

L'outil utilisé pour rechercher les solutions d'une fonction technique s'appelle le F.A.S.T.

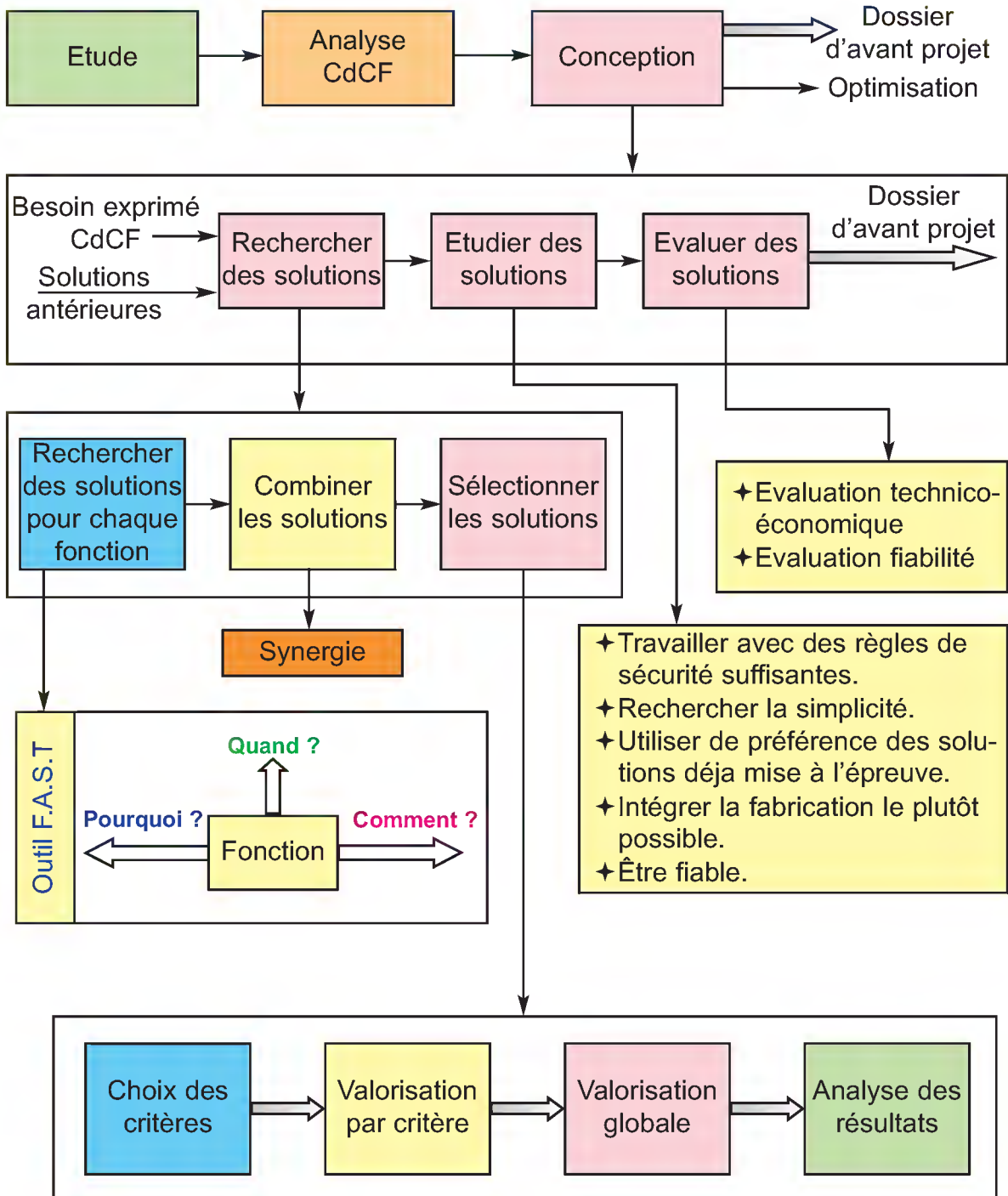
Son élaboration s'effectue en répondant aux questions suivantes :

- Pourquoi cette fonction existe-t-elle ?
- Comment cette fonction existe-t-elle ?
- Quand cette fonction existe-t-elle ?



Savoir plus

DÉMARCHE DE CRÉATION D'UN AVANT PROJET





Partie B

Analyse Structurelle

CHAPITRE 2

DÉFINITION DES ÉLÉMENTS D'UN PRODUIT

Leçon 1 : Lecture D'un Dessin D'ensemble

Leçon 2 : Cotation Fonctionnelle

Leçon 3 : Représentation D'un Produit Fini

**O
B
J
E
C
T
I
F
S**

B1.1- Identifier les différentes pièces constituant un mécanisme.

B1.2- Situer une cote condition sur un dessin d'ensemble.

B1.3- Dégager les surfaces fonctionnelles

B1.4- Déterminer une cote fonctionnelle

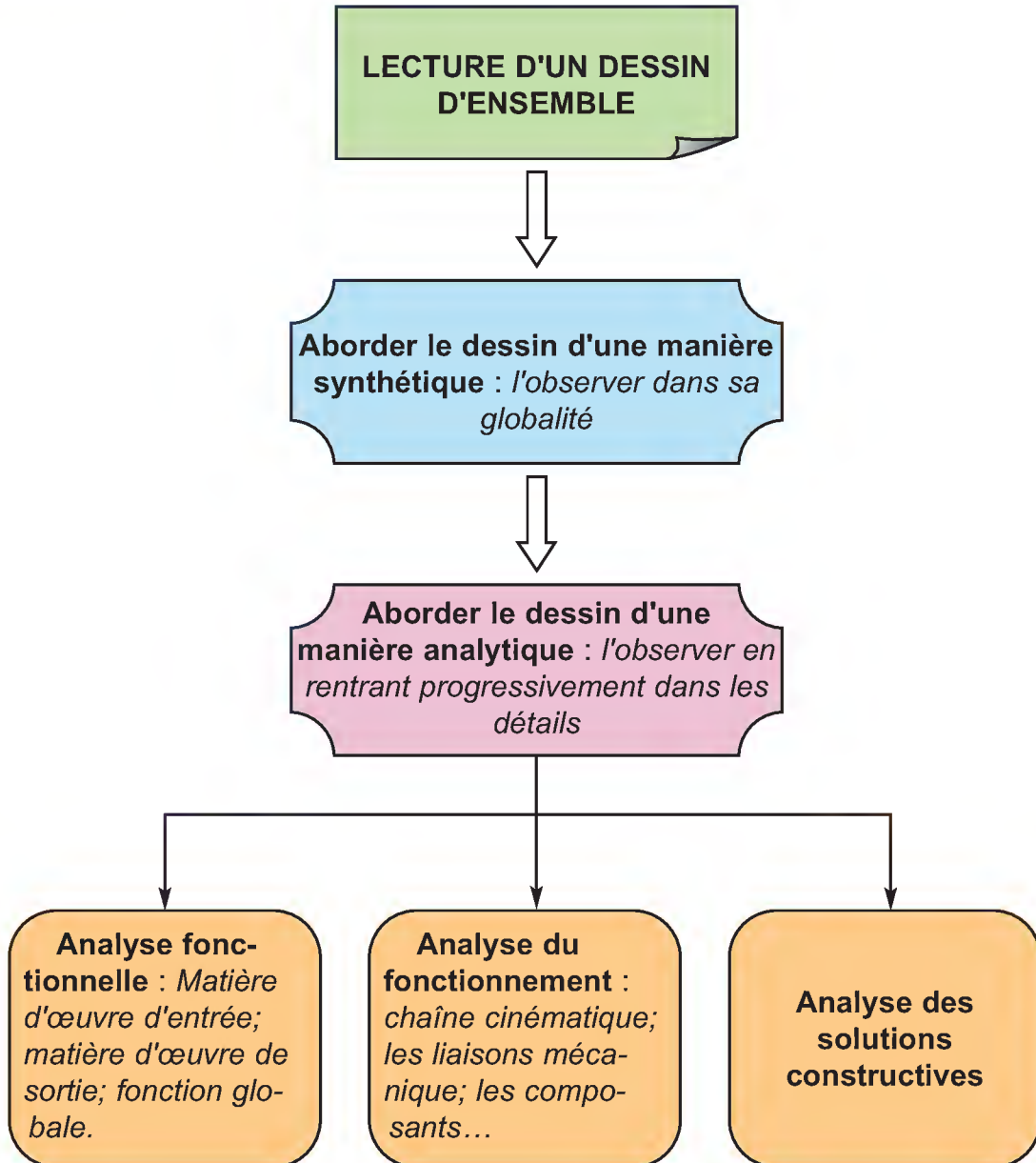
B1.5- Réaliser ou compléter le dessin de définition d'une pièce

CONNAISSANCES NOUVELLES

- Analyse des solutions constructives
- Cotation fonctionnelle : traçage d'une chaîne unilimite
- Les coupes particulières :
 - coupe brisée à plans parallèles
 - coupe brisée à plans sécants

Rappel

1- Méthode de lecture d'un dessin d'ensemble



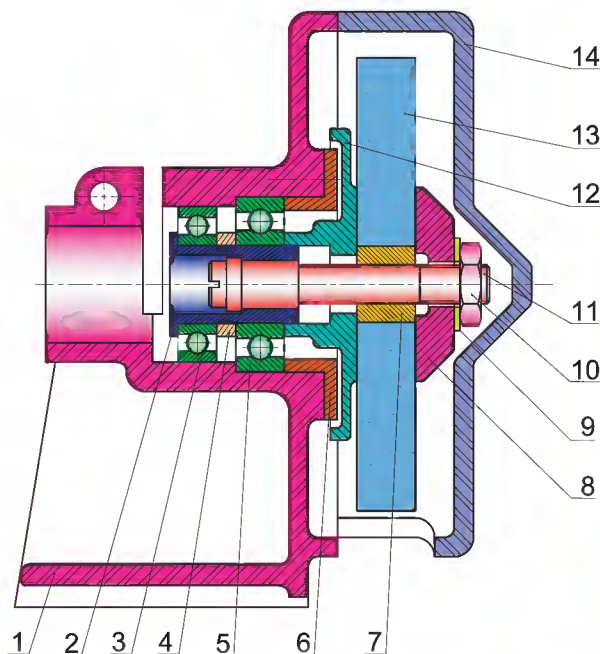
2 - Le dessin d'ensemble

Le dessin d'ensemble donne de façon plus ou moins détaillée, la représentation de tout ou partie (sous-ensemble) d'un système, d'un objet technique ou d'une installation.

En faisant apparaître tous ses éléments constitutifs, il permet de comprendre le fonctionnement du mécanisme.

Le dessin d'ensemble est accompagné d'une nomenclature (NF E 04-504) qui fournit avec précision la liste complète des éléments fonctionnels ainsi que certaines caractéristiques.

Mis à part l'indication de certaines conditions fonctionnelles (jeu) le dessin d'ensemble ne fait pas l'objet d'une cotation spécifique.



Dessin d'ensemble

Numéro repère: Il localise l'élément sur le dessin

Nombre de pièces similaires à l'élément repéré dans l'ensemble.

Désignation/nom de l'élément (normalisée à chaque fois que cela est possible).

Matière de l'élément désigné (désignations normalisées)

Observations éventuelles sur l'élément (traitement thermique, peinture...)

14	1	Couvercle	Zamak 3	
13	1	Meule		
12	1	Flasque gauche		
11	1	Arbre	C 40	Traité
10	1	Ecrou		
9	1	Rondelle		
8	1	Flasque droit	S 235	
7	1	Bague	S 235	
6	1	Chapeau	S 235	
5	1	Roulement		
4	1	Entretoise	S 235	
3	1	Roulement		
2	1	Moyeu	C 40	Traité
1	1	Corps	Zamak 3	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Ech 1:1		TOURET À MEULER		

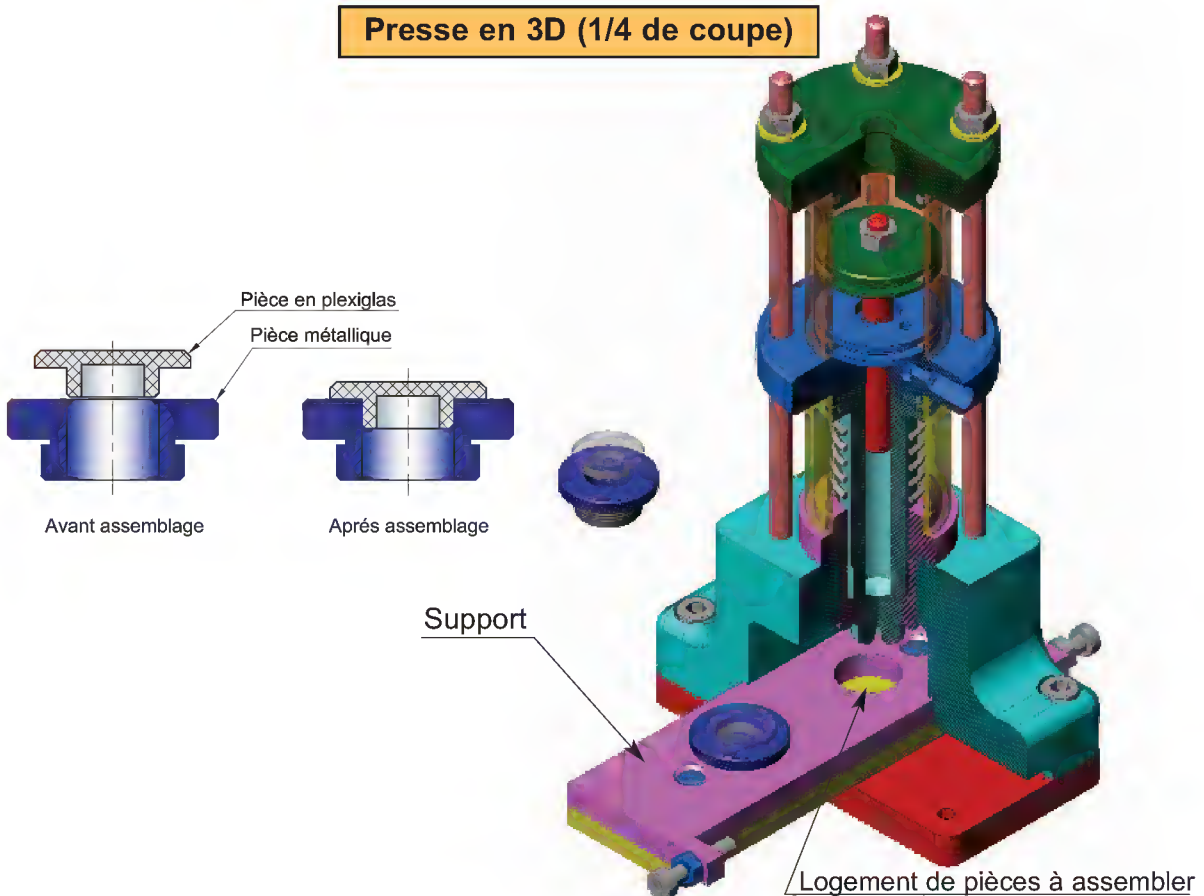
Cartouche et nomenclature

Développement de connaissances

1- Support d'étude : « Presse »

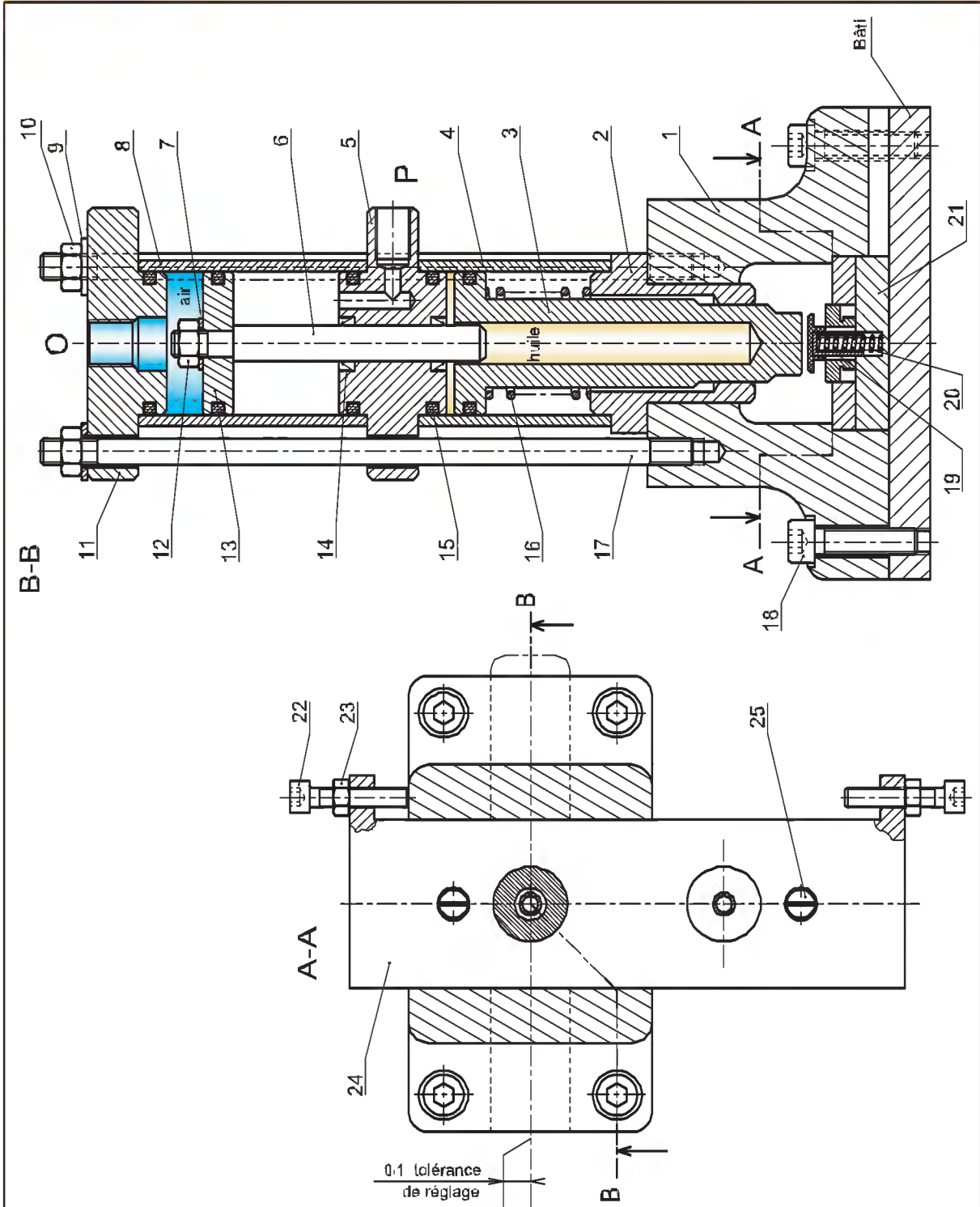
La fonction de cet appareil est d'assembler deux éléments, un en plexiglas et l'autre métallique (pour former un voyant du niveau d'huile pour une boîte de transmission de mouvement) à l'aide d'air sous pression à 6 bars. Cette pression étant multipliée à l'aide d'huile et de 2 pistons. Un piston pneumatique et un piston hydraulique.

L'utilisateur plaçant les deux pièces à assembler dans un des deux logements du support (24), puis déplace ce dernier pour les amener en position sous le piston hydraulique.

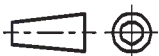


Transmission de l'énergie permettant l'assemblage.

Arrivant par l'orifice "O" à la pression de 6 bars, l'air pousse vers le bas le piston pneumatique (6) et (13) en créant un effort presseur. La pénétration de la tige (6) augmente la pression de l'huile du fait de sa petite surface d'appui sur l'huile (pression supérieure à 6 bars). L'huile pousse vers le bas le piston hydraulique (3) avec une force amplifiée.



Échelle 1 : 3



PRESSE

Nom :

Prénom :

ÉTABLISSEMENT

25	2	Vis		
24	1	Support	C 60	Trempé revenu
23	2	Ecrou		
22	2	Vis		
21	1	Coulisse	C 60	Trempé revenu
20	2	Ressort	60 Si Cr 7	
19	2	Doigt	C 60	
18	4	Vis		
17	4	Tige filetée	S 235	
16	1	Ressort cylindrique de compression	60 Si Cr 7	Ø fil 3 Ø moy 40.5
15	5	Joint torique 21, 95x1,78		
14	1	Joint à lèvres type A, 14, 20, 6		
13	1	Piston pneumatique	51 Cr V4	Trempé revenu
12	1	Ecrou		
11	1	Fond supérieur	C 60	
10	4	Ecrou		
9	4	Rondelle		
8	1	Cylindre supérieur	E 335	Anodisé
7	1	Rondelle		
6	1	Tige piston pneumatique	42 Cr Mo 4	Trempé revenu
5	1	Cylindre intermédiaire	C 60	
4	1	Cylindre tube	E 335	Anodisé
3	1	Piston hydraulique	51 Cr V4	
2	1	Cylindre inférieur	C 60	Anodisé
1	1	Corps	GS 275	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
PRESSE				

2- L'approche synthétique

- Lecture du dessin : (voir dessin d'ensemble à la page 31)

Fonction globale : *Assembler les éléments d'un voyant*

- L'échelle du dessin : *Echelle 1:3* : donne une idée sur la taille réelle du mécanisme.
- L'observation globale des vues donne une idée sur les formes générales de l'ensemble mécanique et des instructions sur la position normale d'utilisation de l'ensemble.

3- L'approche analytique

Analyse fonctionnelle : recherche des matières d'œuvres (d'entrée et de sortie) et la fonction globale.

Dans notre exemple : « Presse »

La matière d'œuvre d'entrée : *Pièce en plexiglas et pièce métallique*

La matière d'œuvre de sortie : *Voyant de niveau d'huile*

La fonction globale : *Assembler les éléments d'un voyant*

4- Analyse du fonctionnement :

- On reprend en détail l'analyse de la chaîne cinématique en mettant en évidence tous les mécanismes intermédiaires qui font passer de l'entrée à la sortie par transmission et / ou transformation de puissance.

- Reconnaître les liaisons entre les différentes pièces.

Cette analyse peut conduire à l'élaboration :

- des classes d'équivalence cinématiquement liées ;
- du graphe des liaisons;
- des schémas cinématiques et technologiques.

a- Les classes d'équivalence :

A (pièces fixes) : bâti, 1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 18

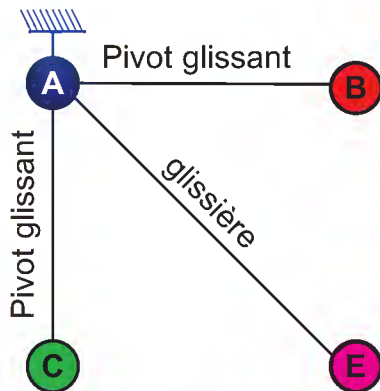
B : 6, 7, 12, 13

C : 3

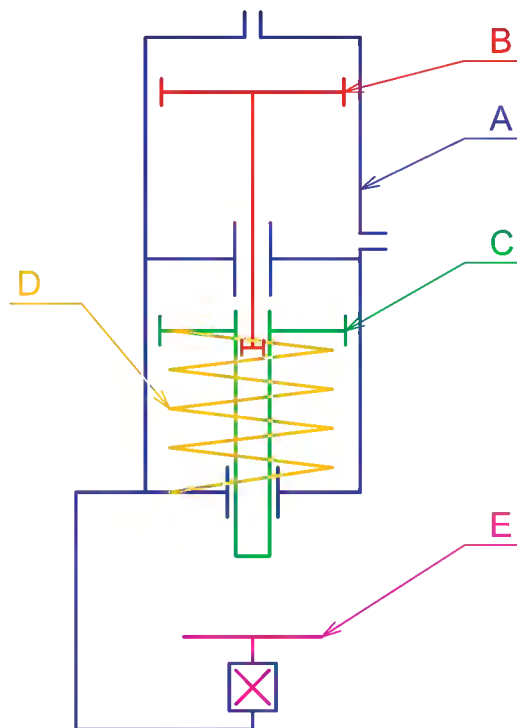
D (pièce déformable) 16

E (pièces mobiles en translation horizontale) :19, 20, 21, 22, 23

b- Le graphe des liaisons :



c- Le schéma cinématique de la presse



5- Analyse des solutions constructives :

- Détailler les solutions constructives utilisées pour réaliser chaque fonction technique élémentaire.
- Analyser plus finement les formes des pièces.

a- les solutions constructives : Voir tableau ci-dessous

Fonction technique élémentaire	Solution(s) constructive(s) utilisée(s)
Lier le fond supérieur (11) sur le corps (1)	Tige filetée (17); Rondelle (9); Ecrou (10)
Positionner les pièces à assembler	logement dans la coulisse (24); doigt (19); ressort (20)
Fixer le corps (1) sur le bâti	4 Vis (18)
Lier le piston (13) avec la tige (6)	Centrage; épaulement ; Ecrou (12); Rondelle (7)
Régler la position de la coulisse (21) / au bâti	Vis (22) et Ecrou (23)
Ramener le piston hydraulique (3) à sa position initiale	Ressort (16)

b- Analyse fine des formes

-Pour quelle(s) raison(s) a-t-on prévu des chanfreins (extérieurs) sur le piston (13) ? (figure 1) :

Pour faciliter le montage du piston

- Pourquoi a-t-on prévu un lamage sur le fond (11) ? (figure 2) :

Pour éviter la collision de la tige (6) et l'écrou (12) avec le fond

- Pourquoi a-t-on prévu les taraudages aux orifices O et P ? (figure 3) et le dessin d'ensemble : *Pour connecter la presse avec le circuit d'air sous pression par l'intermédiaire des raccords filetés*

Figure 1

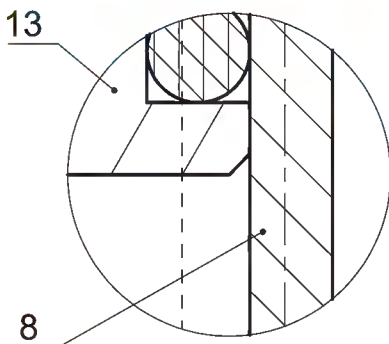


Figure 2

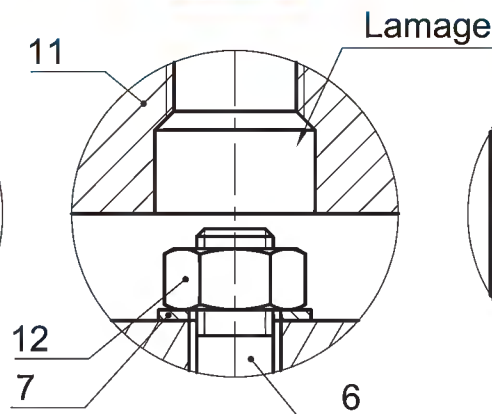
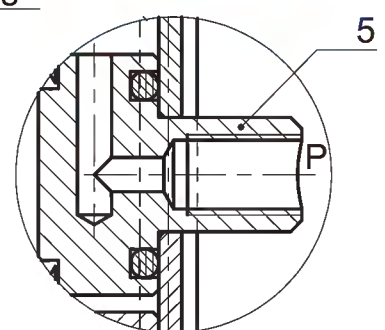


Figure 3



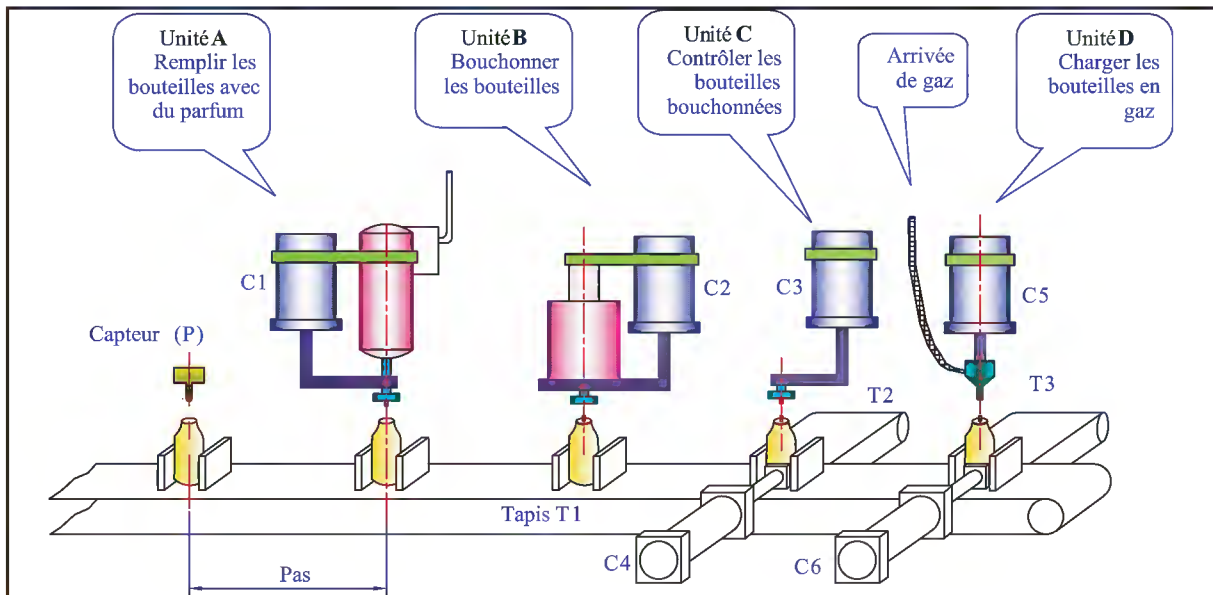
Consolidation des connaissances

SYSTEME DE CONDITIONNEMENT DE PARFUM

I- FONCTION GLOBALE DU SYSTEME :

Remplir des bouteilles avec du parfum liquide ; les bouchonner et les charger en gaz.

II- DESCRIPTION DU SYSTEME :



Principe de fonctionnement du système :

Le système est constitué par quatre unités A, B, C et D comme le montre la figure ci-dessus. Un tapis roulant T1 possédant, sur un pas régulier, des supports pour le maintien des bouteilles qui se déplacent successivement devant les quatre unités A, B, C et D.

Les bouteilles déposées automatiquement sur le tapis (ne pas en tenir compte) arrivent devant les différentes unités, leur présence est détectée par un capteur « P », puis passent par les étapes suivantes :

- Remplissage en parfum liquide ;
- Bouchonnage des bouteilles remplies ;
- Contrôle du bouchonnage ;
- Chargement des bouteilles remplies et bouchonnées en gaz puis évacuation par le vérin C6 sur le tapis T3 .

Les bouteilles évacuées sur le tapis T3 sont par la suite emballées dans des cartons.

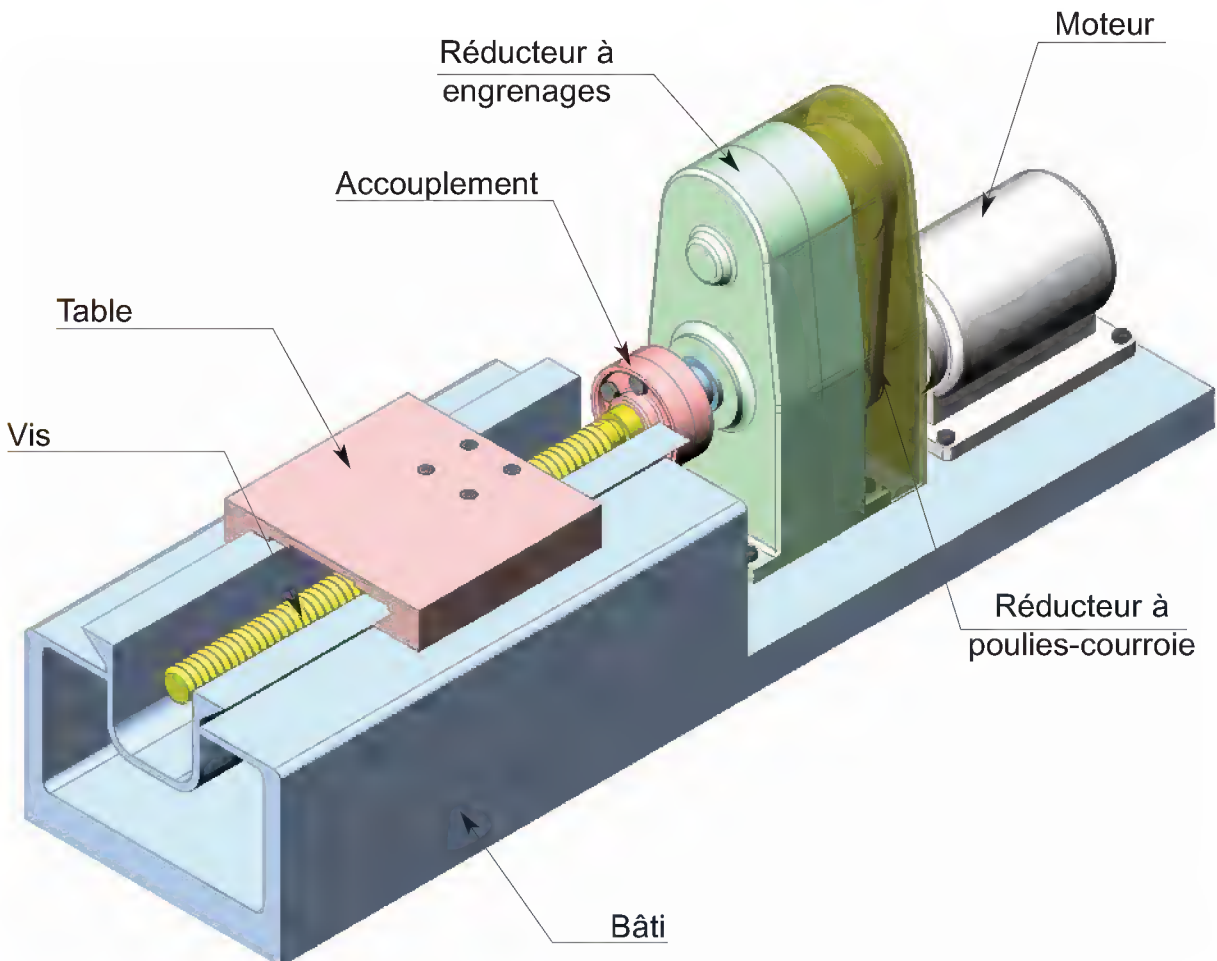
Description du système d'évacuation des cartons pleins de flacon :

Ce système est composé essentiellement :

- d'un moteur
- d'un réducteur à deux étages (poulies courroie et engrenages)
- d'une table coulissante (l'effecteur du système).

Fonctionnement du système : (voir le dessin d'ensemble à la page suivante)

L'arbre du moteur (1) transmet son mouvement au pignon arbré (12) (grâce au système : poulies courroie) à son tour il communique son mouvement à l'axe fileté (23) (grâce au système : engrenage : 12-15). Cet axe (23) en liaison hélicoïdale avec l'écrou spécial (19) engendre le mouvement de translation (par rapport au bâti (17)) à la table coulissante (18).



26	1	Coussinet	Cu Sn 8	
25	2	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
24	1	Arbre de sortie	C 35	Trempé revenu
23	2	Vis de manoeuvre	35 Ni Cr 6	
22	10	Cale de réglage		
21	6	Boulon ajusté	C 60	Trempé
20	2	Manchon	EN-JM 1050	
19	1	Ecrou spécial	Cu Sn 8	
18	1	Table	EN-GL-200	
17	1	Bâti	EN-GL-200	
16	1	Coussinet	Cu Sn 8	
15	1	Clavette parallèle		
14	1	Roue dentée	C 60	Trempé revenu
13	2	.....	Cu Sn 8	
12	1	Pignon arbré	C 60	Trempé revenu
11	1	Carter	EN-GL-200	
10	1	Joint plat		
9	1	Carter	EN-GL-200	
8	1	.....	
7	1	Anneau élastique	C 60	traité
6	1	Poulie réceptrice	Zamack 3	
5	1	Cage de protection	S185	
4	1	.....	
3	1	.....	Zamack 3	
2	1	Vis sans tête à six pans à bout plat ISO 4726		
1	1	Moteur		
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
TABLE COULISSANTE				

Corrigé

a- Les classes d'équivalence cinématique.

Classes	Composants
A	12;6;7;8
B	5;11;16;13;9;10;17;26
C	14; 15;23;20;21;24
D	18;19;25;22

Graphe des liaisons

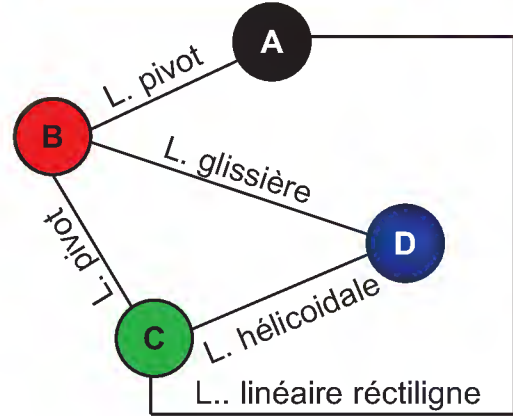
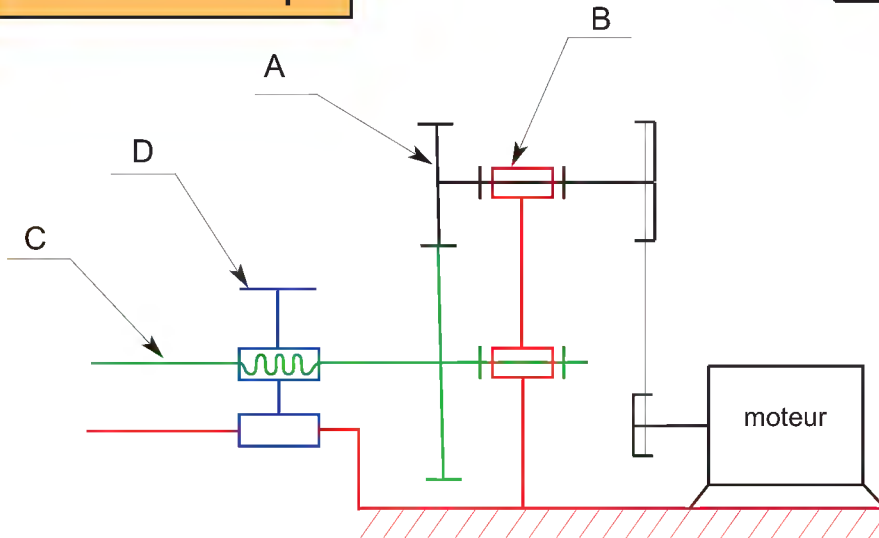


Schéma cinématique



b- Compléter le tableau suivant en indiquant la désignation et la fonction des pièces repérées :

Repère	Désignation	Fonction
(3)	<i>Poulie motrice</i>	<i>Participer à la transmission du mouvement du moteur à (12)</i>
(4)	<i>Courroie trapézoïdale</i>	<i>Transmettre le mouvement de (3) à (6)</i>
(8)	<i>Clavette parallèle</i>	<i>Éliminer la rotation relative entre (6) et (12)</i>
(13)	<i>Coussinet</i>	<i>Guider en rotation (12) par rapport au bâti</i>

c- La justification de la présence des évidements (H) réalisés sur la roue dentée (14):
Alléger la masse de la roue (14).

Evaluation

BROCHE DE CENTRE D'USINAGE VERTICAL

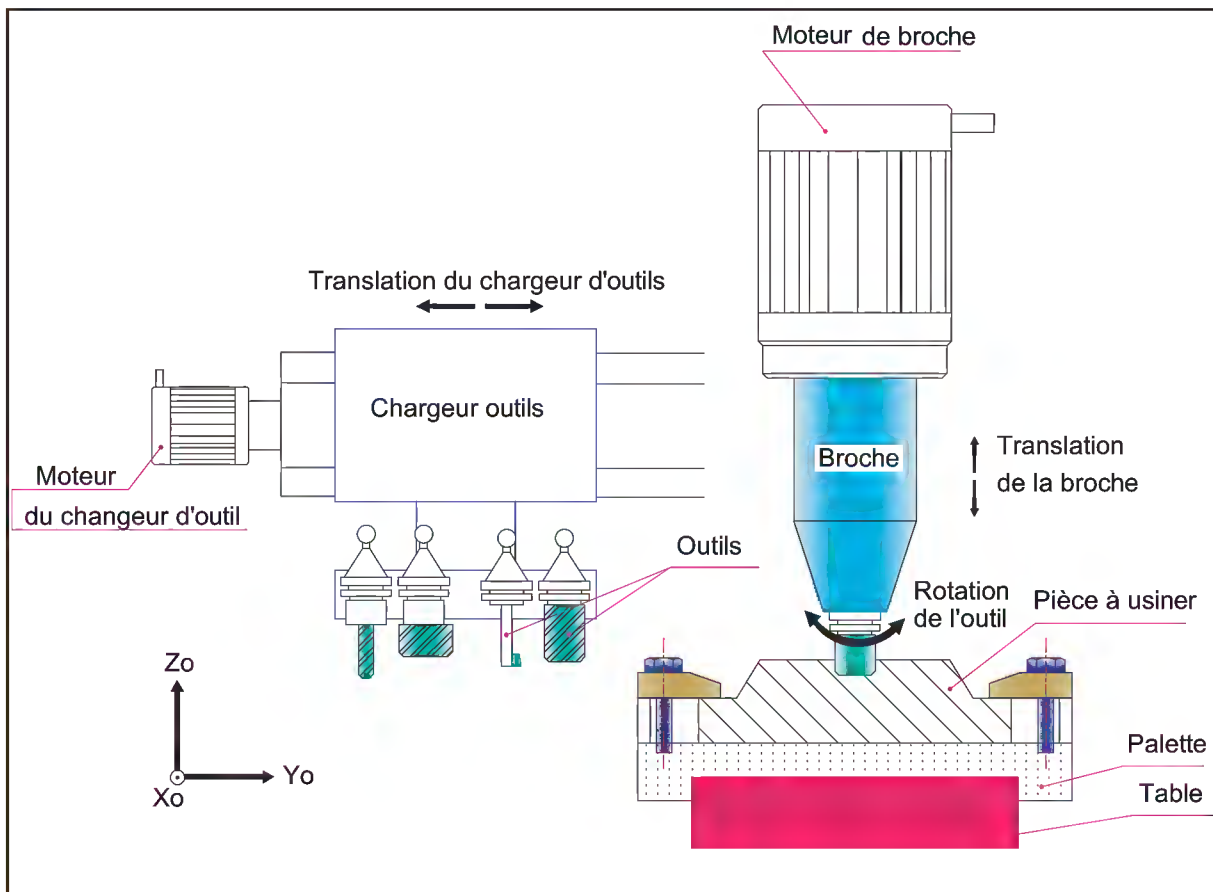
1- Mise en situation :

En production, l'utilisation des machines à commande numérique est de plus en plus courante.

Le centre d'usinage à axe de broche vertical, décrit ci-dessous, permet l'usinage de pièces complexes de petites dimensions en alliage léger. Il est composé de trois sous ensembles : une palette qui supporte la pièce à usiner, une broche permettant de faire tourner l'outil (mouvement de coupe) et un changeur automatique d'outils contenant 15 outils. On désigne par le terme « outil », l'ensemble {outil, porte-outil}.

Les mouvements d'avance suivant « X0 » et « Y0 » sont donnés à la pièce par l'intermédiaire du chariot. Le mouvement d'avance suivant « Z0 » est communiqué à la broche.

L'étude proposée sur le dossier de travail porte sur le système de verrouillage et déverrouillage de l'outil dans la broche (voir plan d'ensemble à la page 44 et sa nomenclature). Ce système associé au changeur permet de réaliser automatiquement les changements d'outil (sans intervention humaine).



2- Fonctionnement

Immobilisation d'un outil dans la broche

La mise en position de l'outil (22) par rapport à la broche (19) est réalisée par l'intermédiaire d'un emmanchement conique. Deux entraîneurs (23) interdisent la rotation de l'outil (22) par rapport à la broche (19).

Le maintien en position de l'outil (22) est assuré par les billes (24) qui interdisent, en position verrouillée, le déplacement axial de la tirette liée complètement à l'outil.

Le changement d'outil ne peut être réalisé que lorsque la broche est complètement arrêtée.

* **Phase 1** : La broche se déplace suivant " z_0 " afin que l'outil soit au niveau du plateau porte-outils.

* **Phase 2** : Le plateau porte outils se déplace et vient pincer l'outil (22) qui se trouve dans la broche (19).

* **Phase 3** : L'action du vérin (31) sur le levier (30) va provoquer : le déplacement vertical de l'ensemble composé des pièces {12, 13, 15, 37, 38} entraînant la compression de l'empilage des rondelles élastiques (13). Les billes (24) se trouvant alors libres radialement, la tirette n'est plus verrouillée. Le dégagement vertical de la broche libère complètement l'outil et le changeur peut s'escamoter.

L'opération inverse, associée à une rotation du plateau, permet de charger un nouvel outil dans la broche.

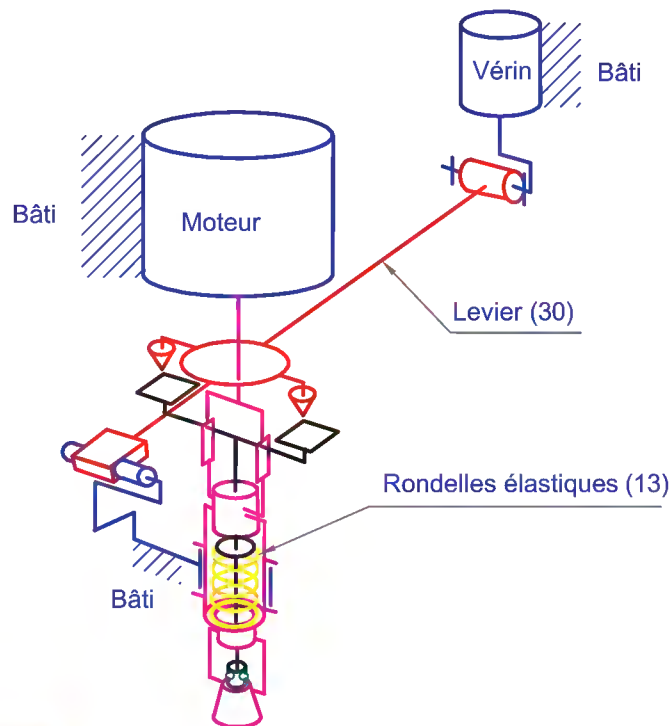
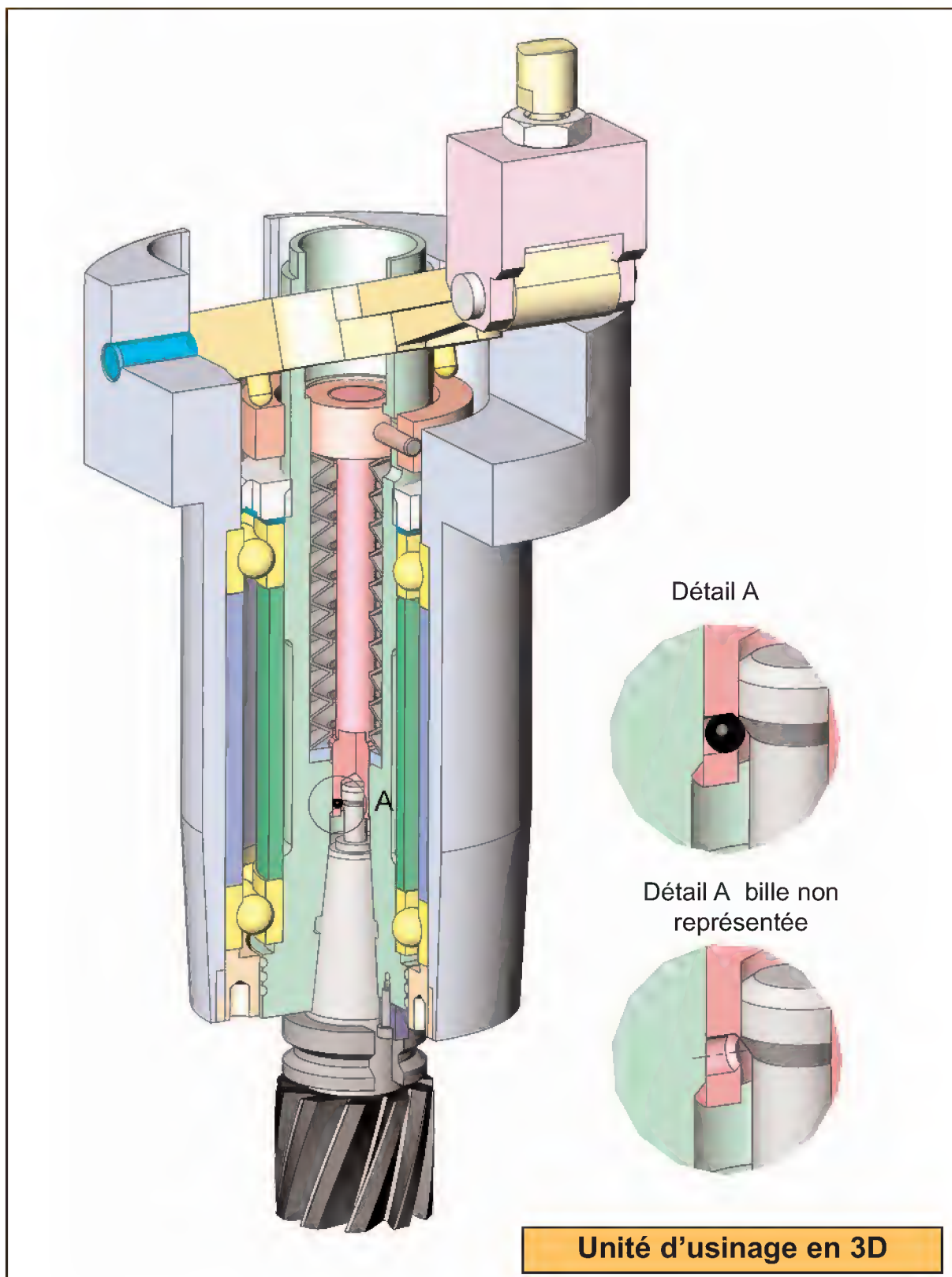
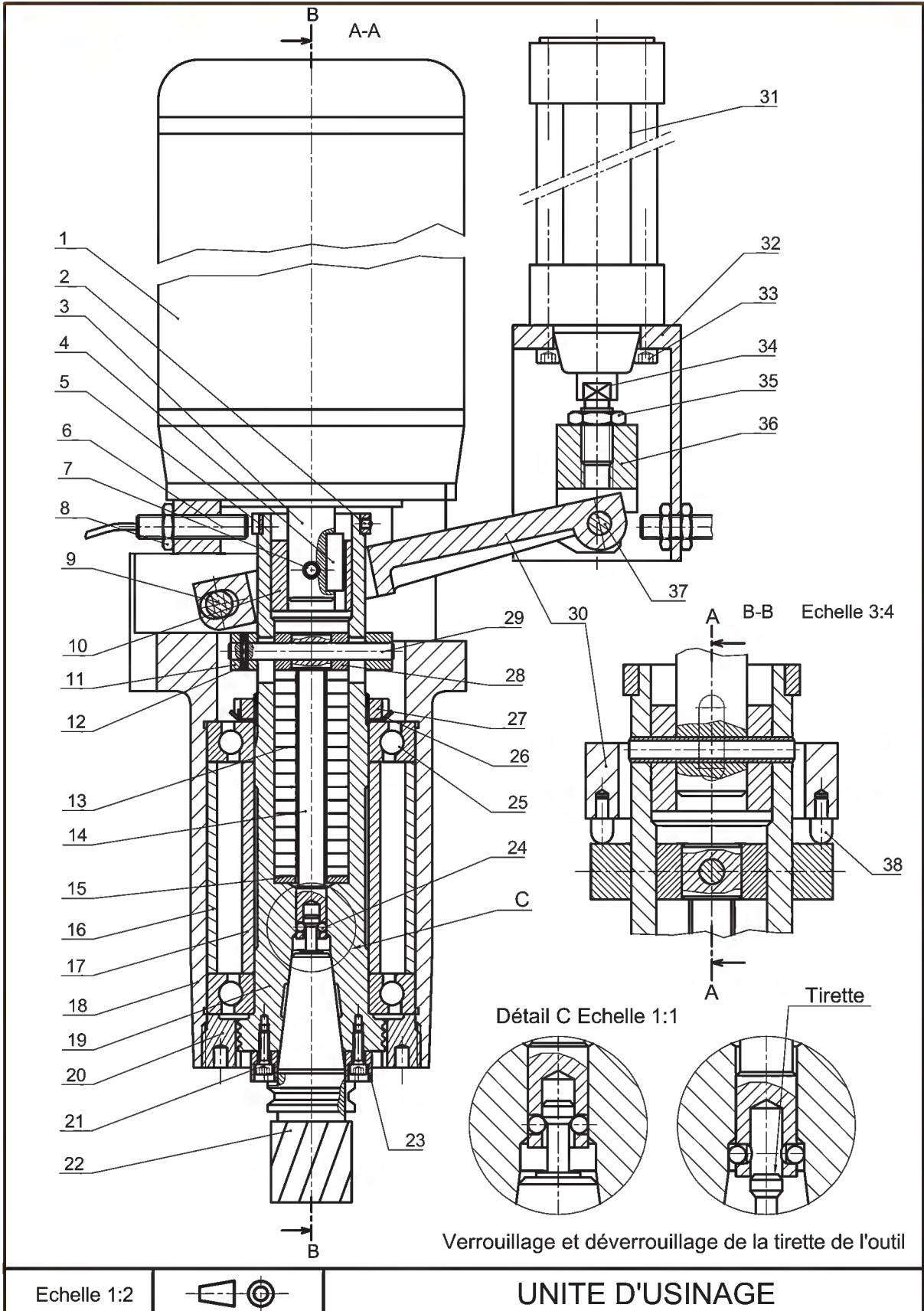


Schéma cinématique spatial





38	2	Pion de poussée	C60 E	
37	1	Axe	37 Cr 4	
36	1	Chape TELEMECANIQUE	C60	
35	1	Ecrou HM M16		
34	1	Tige du vérin, M16	C60 E	
33	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux M8-22		
32	1	Support de vérin Levier	EN-GJL-250	
31	1	Vérin pneumatique TELEMECANIQUE		
30	1	Levier	EN-GLJ MB-300-6	
29	1	Goupille cylindrique		
28	1	Bague	C60	
27	1	Ecrou à encoches KM 55		
26	1	Rondelle frein MB 55	C60	
25	2	Roulement à billes à contact oblique 55x100x21	100 C6	
24	4	Billes de diamètre 4	100 C6	
23	2	Entraîneur	C60	
22	1	Outil		
21	2	Vis à tête cylindrique à six pans creux M5-12		
20	1	Bague filetée	C60	
19	1	Broche	36 Ni Cr Mo 16	
18	1	Corps	EN-GJL-250	
17	1	Entretoise	C60	
16	1	Entretoise	C60	
15	1	Rondelle plate	C60	
14	1	Tirant	36 Ni Cr Mo 16	
13	15	Rondelle ressort élastique ELADIP	Cr Ni 18-10	
12	1	Goupille élastique épaisse 4x18		
11	1	Bague de poussée	C60 E	
10	1	Douille moteur	S235	
9	1	Axe	C35	
8	3	Ecrou à tête hexagonale M12		
7	2	Goupille élastique, épaisse, de 8x14		
6	2	Capteur inductif TELEMECANIQUE		
5	1	Came d'indexation	C35	
4	1	Clavette parallèle, forme A, 6x6x28		
3	1	Arbre moteur	C60	
2	1	Vis sans tête, à bout cuvette M5-6	C60	
1	1	Moteur électrique		
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs
UNITE D'USINAGE				

Travail demandé

Analyse fonctionnelle du système :

En se référant au dossier technique,

* dégager :

-la fonction globale du système:

-la matière d'œuvre d'entrée :

-la matière d'œuvre de sortie :

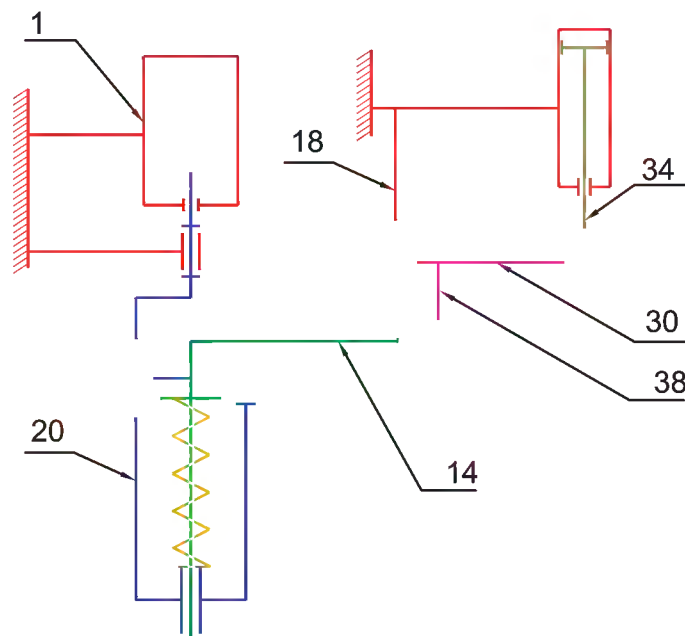
Analyse du fonctionnement du système :

Schéma cinématique :

Compléter le tableau suivant :

Pièces	Liaisons	symbole	Solutions technologiques
34/35/36
36/30
38/11
19/18
22/19

Compléter le schéma cinématique ci-dessous :



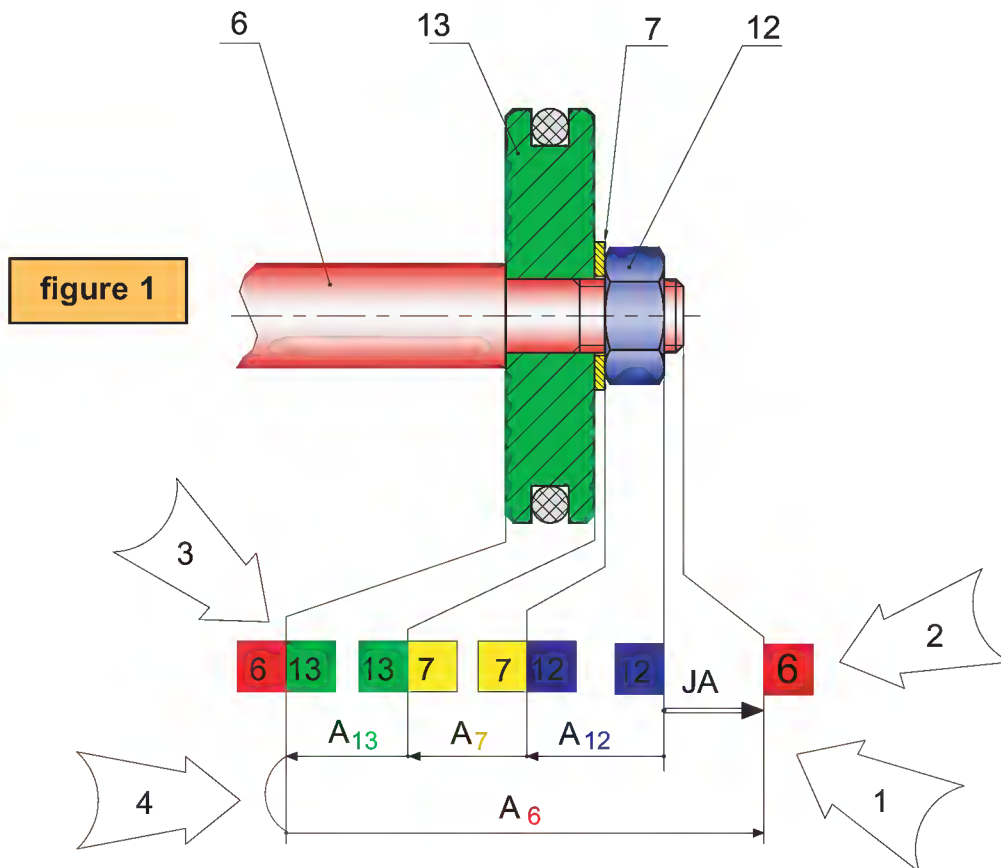
Rappel

1- Objectif :

La cotation fonctionnelle permet de faire un choix raisonné entre diverses dimensions géométriquement équivalentes et de ne coter et tolérancer que celles qui expriment directement les conditions d'aptitude à l'emploi du produit (conditions fonctionnelles).

2- Exemple : Système d'étude « Presse » (voir dessin d'ensemble à la page 31)

Montage du piston (13) sur la tige (6) : (figure 1)



Mise en place de la condition fonctionnelle :

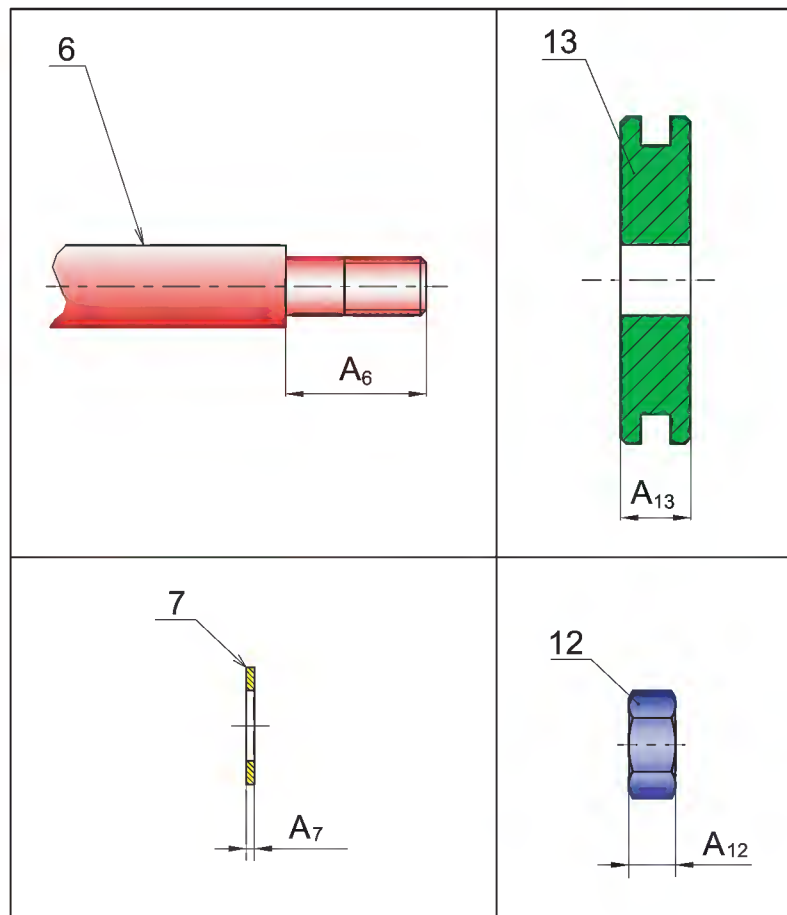
Le respect des surfaces de contact entre (6) et (12) implique une condition entre la surface terminale de (12) et du début de filetage sur (6).

Cette condition fonctionnelle (JA : condition de serrage) est repérée sur le dessin d'ensemble par un vecteur à double trait orienté de gauche à droite lorsqu'il s'agit d'une condition horizontale.

Etablissement de la chaîne de cotes relative à la condition JA (voir fig 1):

- 1- Installer la condition fonctionnelle (JA);
- 2- Repérer les deux surfaces terminales (encadrant JA) :
 - une surface terminale sur la pièce (6)
 - une surface terminale sur la pièce (12) ;
- 3- Repérer les surfaces de contact entre les pièces (ou surfaces de liaison);
- 4- En partant de la surface terminale origine de la cote condition fonctionnelle, relier les surfaces entre elles (comme un jeu de dominos: 12 avec (12/7) et (12/7) avec (7/13) etc.) et revenir à l'autre surface terminale ;
- 5- Reporter les cotes fonctionnelles sur le dessin de définition de chaque pièce (voir figure 2).

figure 2



3- Vérifications indispensables :

- Vérifier que la chaîne est fermée;
- Vérifier qu'il n'y a qu'une seule cote par pièce, condition pour que la chaîne soit minimale;
- Vérifier que chaque cote désigne bien une dimension que l'on retrouve sur une seule pièce.

Développement de connaissances

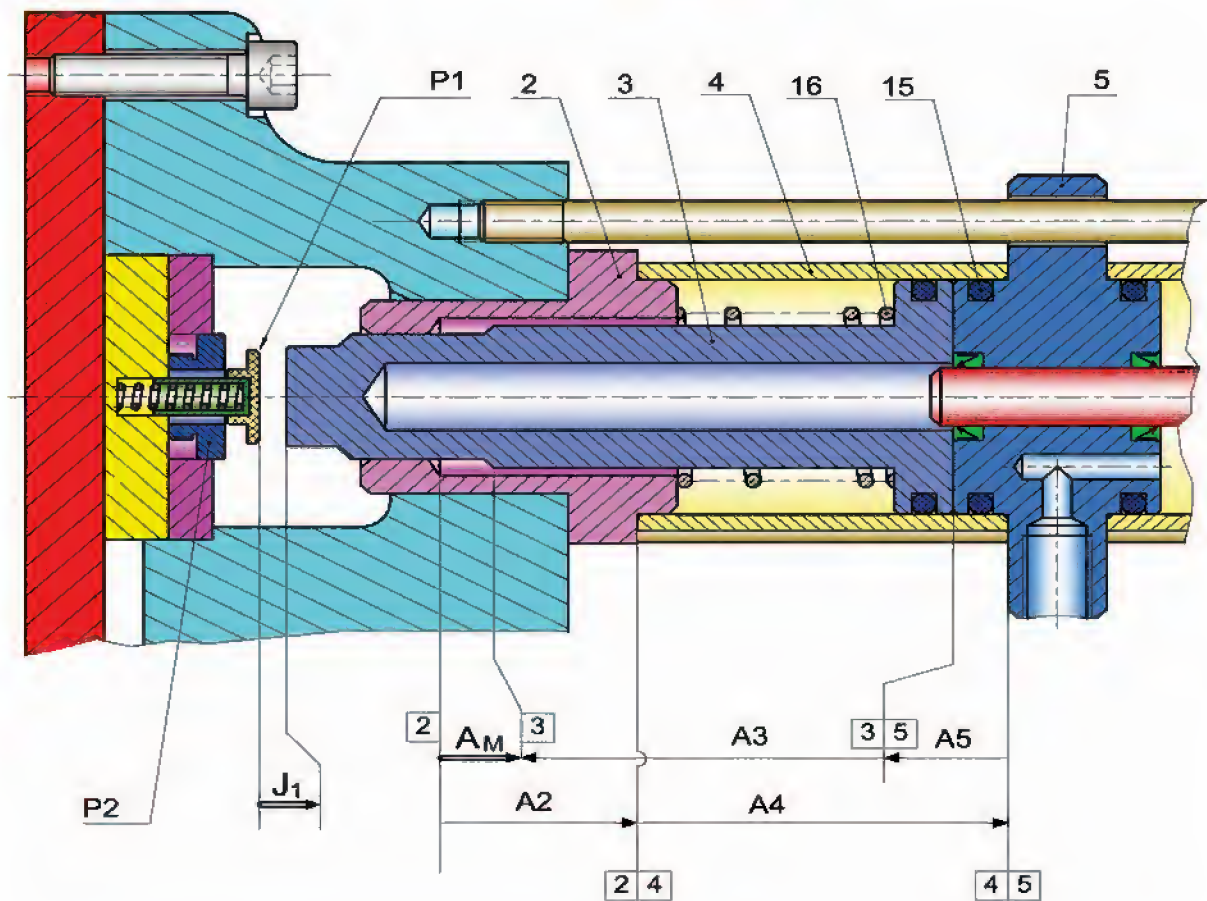
CHAÎNES DÉPENDANTES

Dans l'exemple traité précédemment "Presse" (voir dessin d'ensemble page 31), la position des surfaces terminales de la condition A dépend d'autres conditions :

- > J1 : Jeu entre le piston (3) et P1 (Position initiale du piston voir figure 3)
- > J2 : Jeu entre le piston (3) et la noix (5) (Position finale du piston voir figure 4)

En effet le déplacement des pièces (à la fin de l'assemblage des deux pièces P1 et P2) modifie la dimension de la condition A.

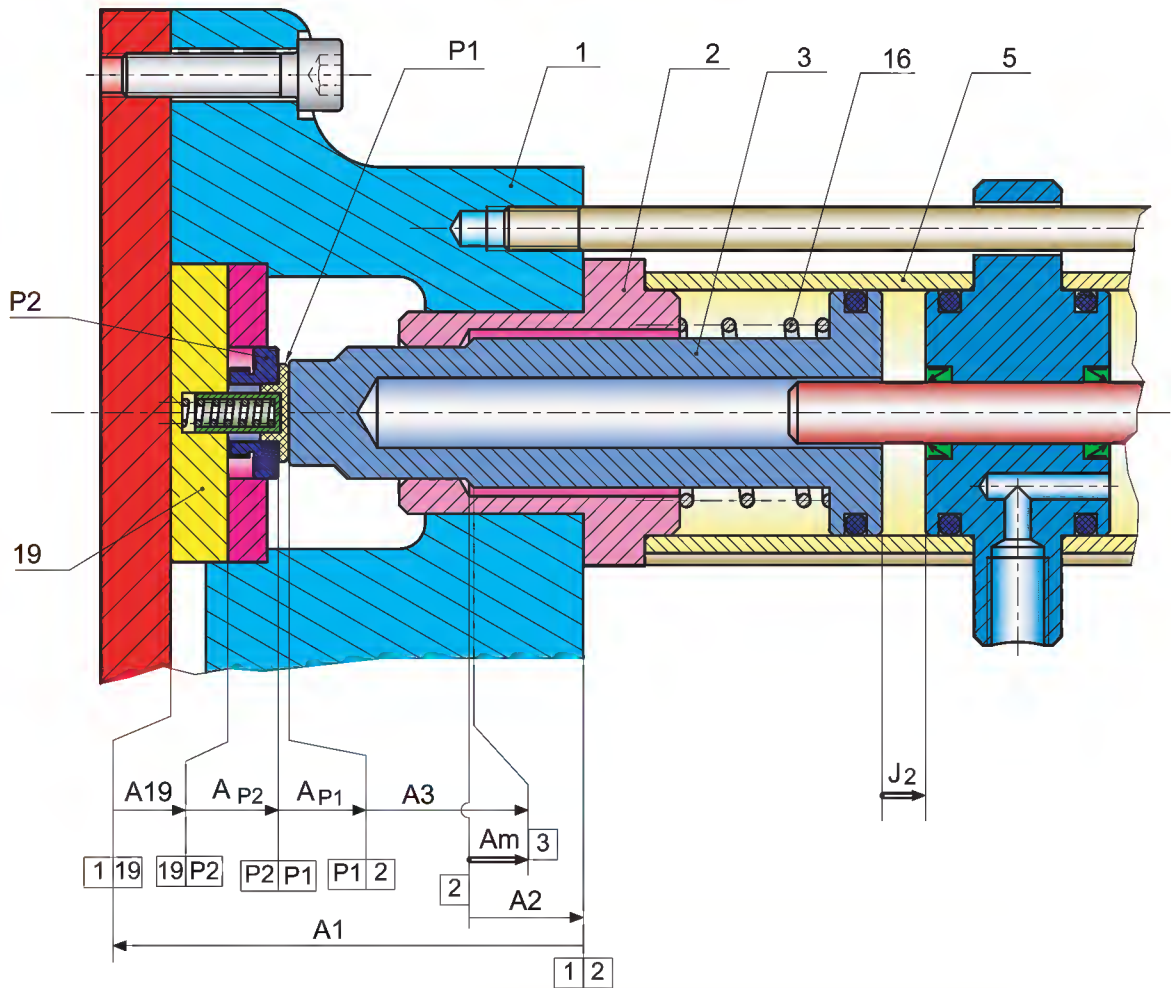
figure 3



Chaîne dépendante : jeu maximal

La figure (3) représente les cotes fonctionnelles qui permettent d'obtenir la condition A_{max} ; la figure (4) donne A_{min} .

figure 4



Chaîne dépendante : jeu minimal

Consolidation des connaissances

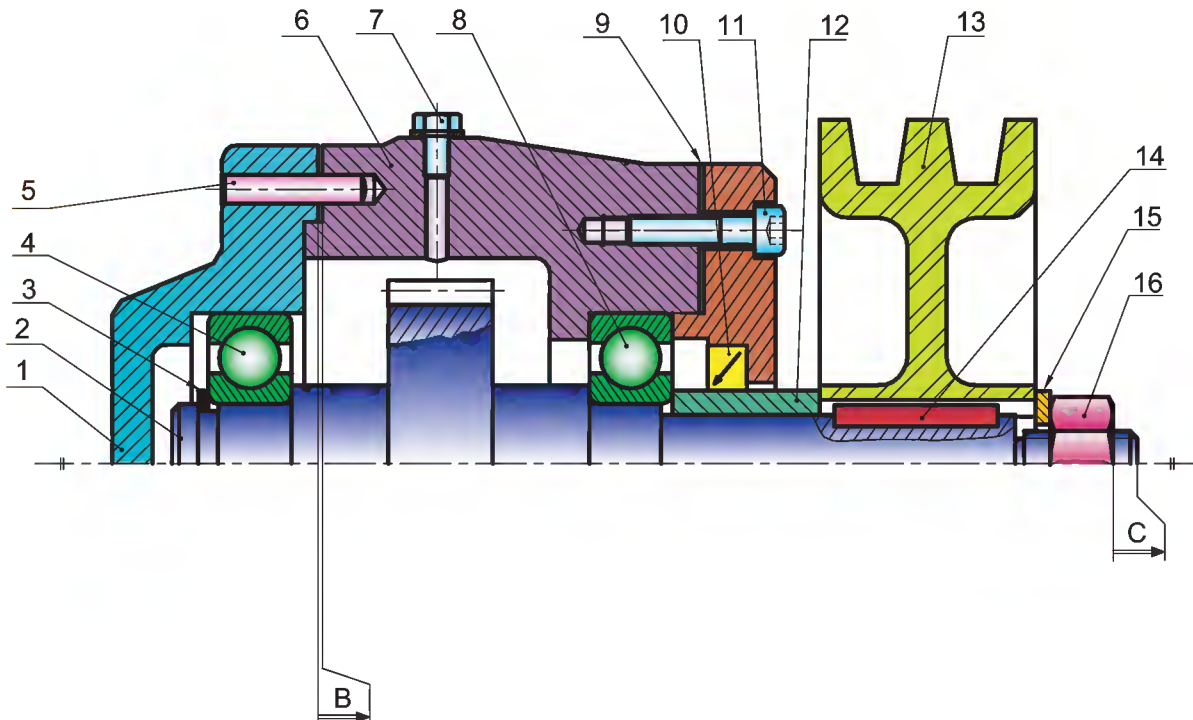
Application 1 : Arbre de transmission

On donne le dessin d'ensemble (partiel) d'un mécanisme de transmission.
(Voir ci-dessous) composé essentiellement :

- de la poulie (13);
- du pignon arbré (2);
- du carter (1; 6).

Travail demandé :

- 1- Localiser les surfaces terminales qui limitent la condition "jeu pour le montage de l'anneau élastique", placer son vecteur cote-condition "A" et tracer sa chaîne de cotes.
- 2- Justifier la présence de la condition B (voir dessin d'ensemble):
.....
- 3- Justifier la présence de la condition C (voir dessin d'ensemble):
.....
- 4- Tracer la chaîne de cote relative à B.
- 5- Tracer la chaîne de cote relative à C.

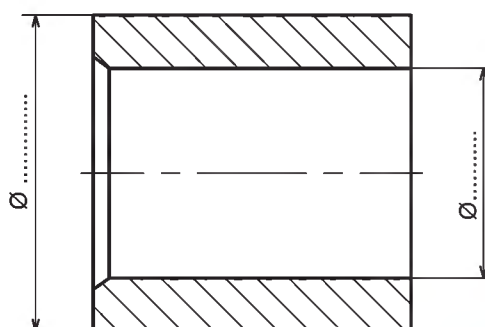
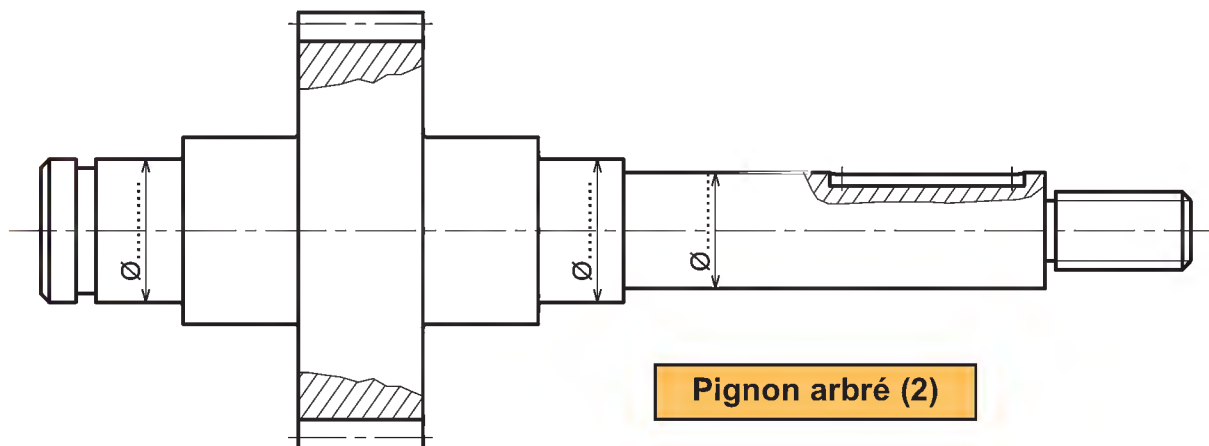


Cotations et ajustements

1- En se référant au dessin d'ensemble partiel de l'arbre de transmission, compléter le tableau ci-dessous.

Pièces	Ajustements
roulement (4) / arbre (2)
roulement (4) / boîtier (1)
joint à lèvres (10) / bague (12)
bague (12) / arbre (2)

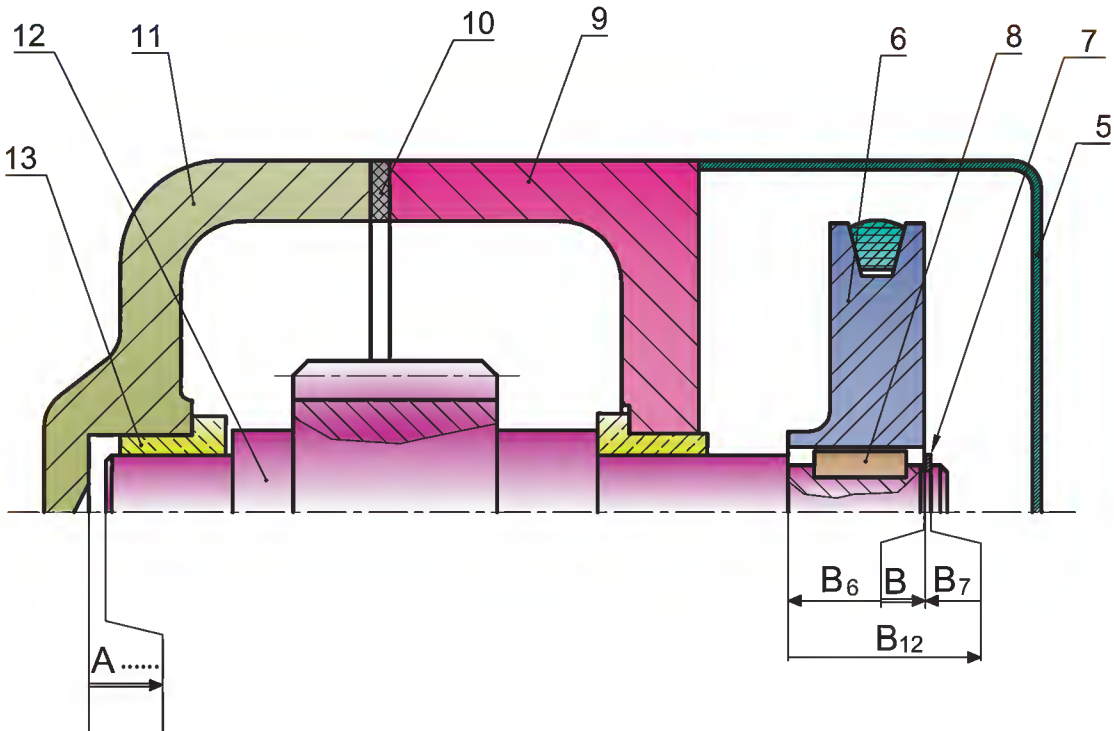
2- Reporter les cotes fonctionnelles sur les dessins de définition ci-dessous.



Echelle 2:1

Bague entretoise (12)

Application 2 : Arbre d'entrée « Table coulissante »



1° La condition A est elle minimale ou maximale ?.....

Justifier :

Sur le dessin ci-dessus, tracer la chaîne de cotes relative à la cote A :

2° Justifier la présence de la condition B :

Sachant que $0,1 \leq B \leq 0,5$; $B_6 = 40^{\pm 0,1}$ et $B_7 = 1,5^{\begin{smallmatrix} +0,1 \\ 0 \end{smallmatrix}}$. Calculer la cote B_{12} relative à la chaîne B

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

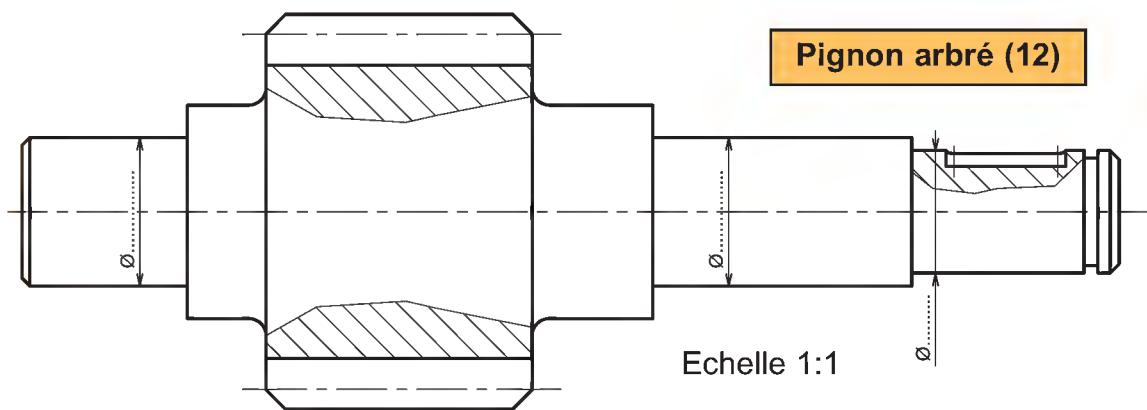
.....

Cotations et ajustements

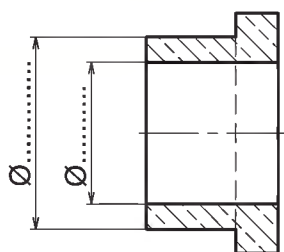
1- En se référant au dessin d'ensemble partiel de l'arbre d'entrée de la "Table coulissante", compléter le tableau ci-dessous.

Pièces	Ajustements
coussinet (13) / pignon arbré (12)
coussinet (13) / boîtier (11)
poulie (6) / pignon arbré (12)

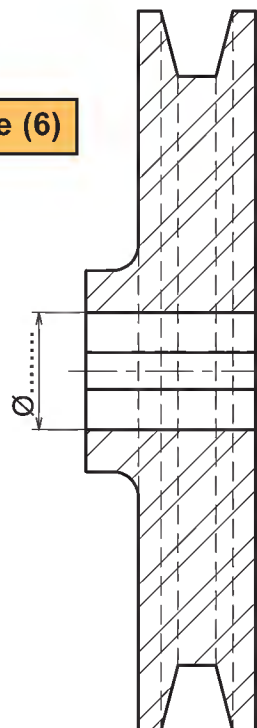
2- Reporter les cotes fonctionnelles sur les dessins de définition ci-dessous.



Coussinet (13)



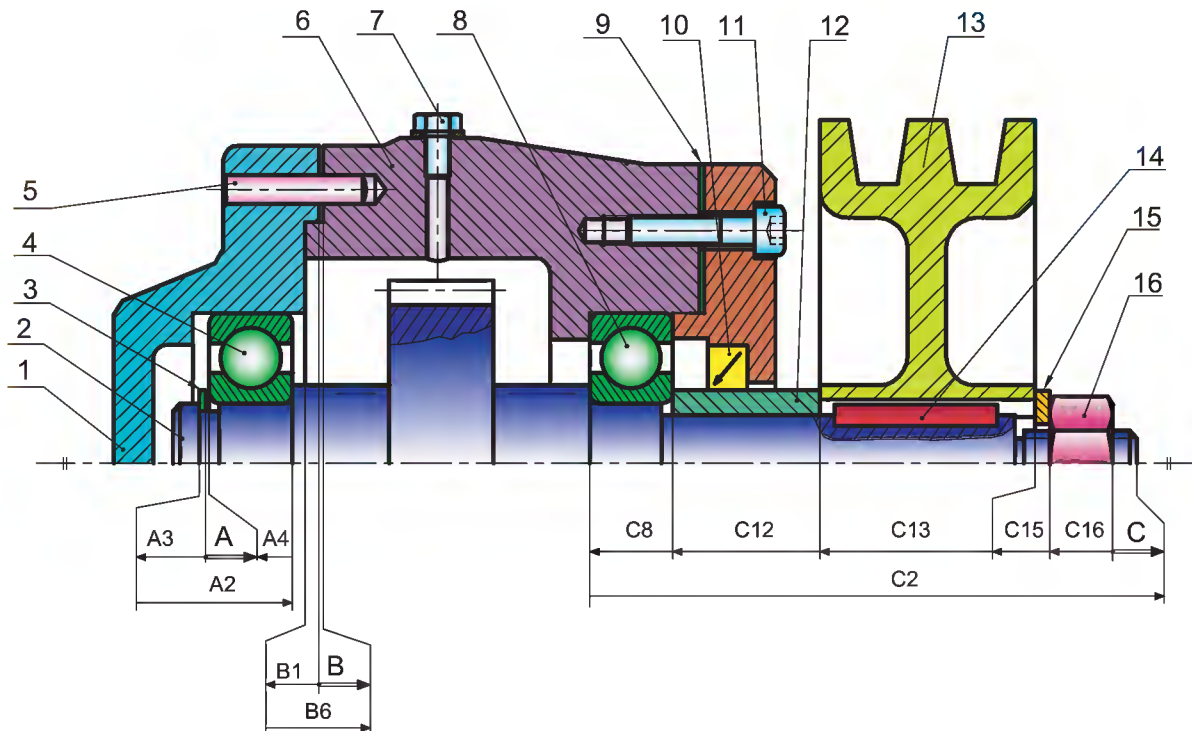
Poulie (6)



Corrigé

Application 1 : Arbre de transmission

- 1- Voir le dessin ci-dessous
- 2- Justifier la présence de la condition B :
C'est une condition pour éviter les contacts surabondants entre (1) et (6).
- 3- Tracer la chaîne de cote relative à B: Voir le dessin ci-dessous.
- 4- Justifier la présence de la condition C (voir dessin d'ensemble):
C'est une condition de serrage (pour s'assurer du bon serrage des éléments (8),(12) et (13) contre (2).
- 5- Tracer la chaîne de cote relative à C: Voir le dessin ci-dessous.



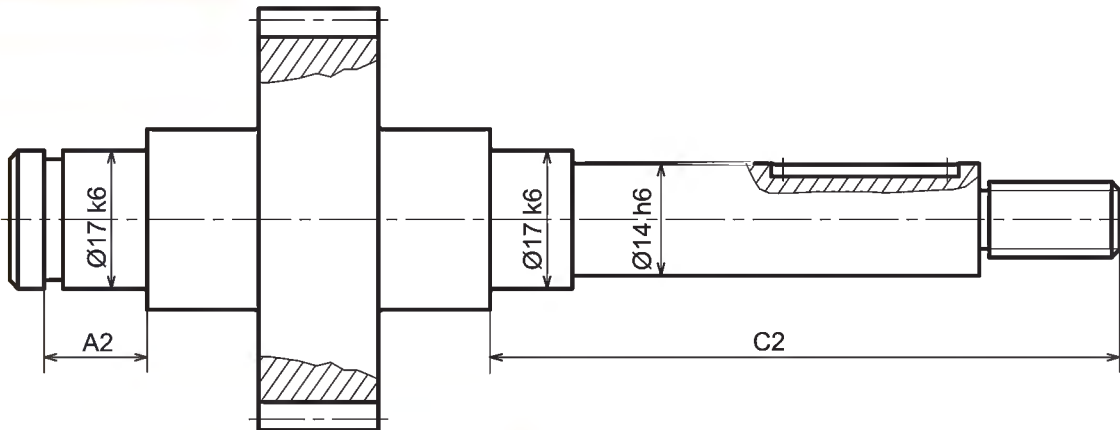
Cotations et ajustements

1- En se référant au dessin d'ensemble partiel de l'arbre de transmission, compléter le tableau ci-dessous.

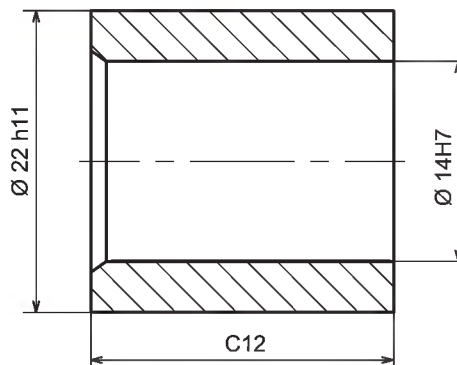
Pièces	Ajustements
roulement (4) / arbre (2)	$\text{Ø}17 \text{ k6}$
roulement (4) / boîtier (1)	$\text{Ø}40 \text{ H7}$
joint à lèvres (10) / bague (12)	$\text{Ø}22 \text{ h11}$
bague (12) / arbre (2)	$\text{Ø}14 \text{ H7/h6}$

2- Reporter les cotes fonctionnelles sur les dessins de définition ci-dessous.

Pignon arbré (2)



Bague entretoise (12)



Echelle 2:1

Application 2 : Arbre d'entrée «Table coulissante»

1° La condition A est maximale

Justification : Car l'axe (12) a la possibilité de se déplacer jusqu'à ce qu'il bute contre le coussinet (13).

Tracer la chaîne de cotes relative à la cote A_{max} : (voir le dessin ci-dessous)

2° Justifier la présence de la condition B: C'est un jeu pour le montage de l'anneau élastique (7).

Sachant que $0,1 \leq B \leq 0,5$; $B_6 = 40^{+0,1}$ et $B_7 = 1,5^{\begin{smallmatrix} +0,1 \\ 0 \end{smallmatrix}}$.

Calcul de la cote B₁₂ relative à la chaîne B

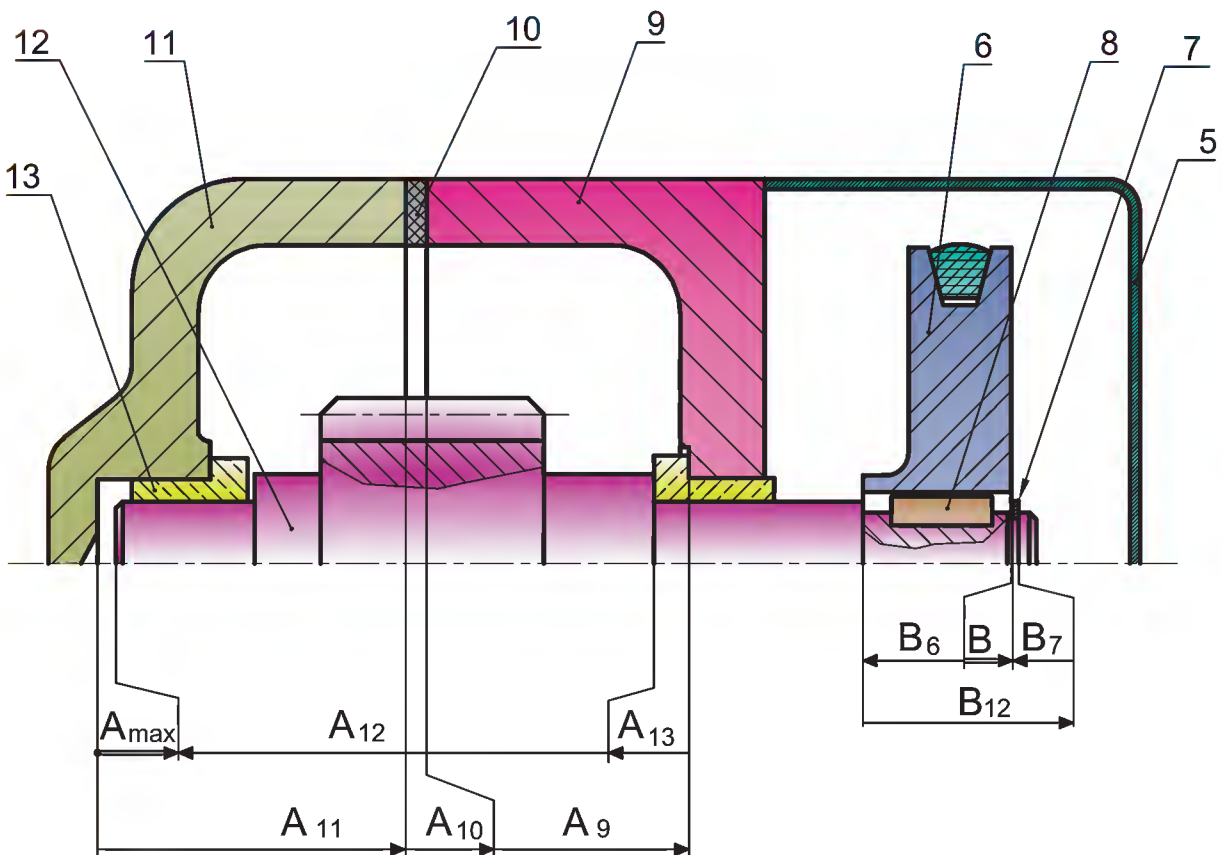
$$B = B_{12} - (B_6 + B_7)$$

$$B_{\max} = B_{12\max} - (B_6 + B_7)_{\min} \Rightarrow B_{12\max} = B_{\max} + (B_6 + B_7)_{\min}$$

$$B_{\min} = B_{12\min} - (B_6 + B_7)_{\max} \Rightarrow B_{12\min} = B_{\min} + (B_6 + B_7)_{\max}$$

$$B_{12\max} = 0,5 + 39,9 + 1,5 = 41,9$$

$$B_{12\min} = 0,1 + 40,1 + 1,6 = 41,8$$

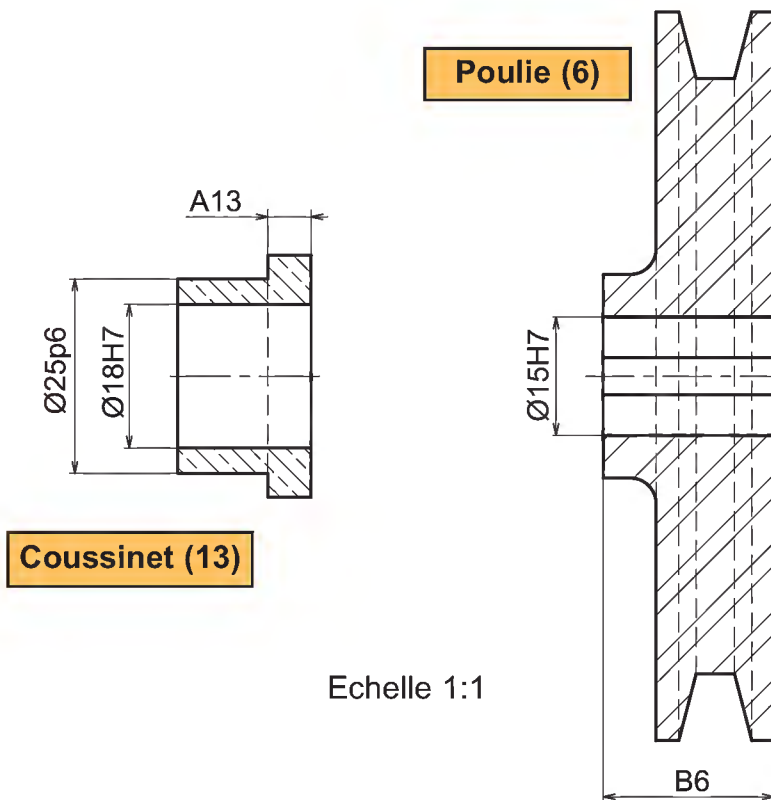
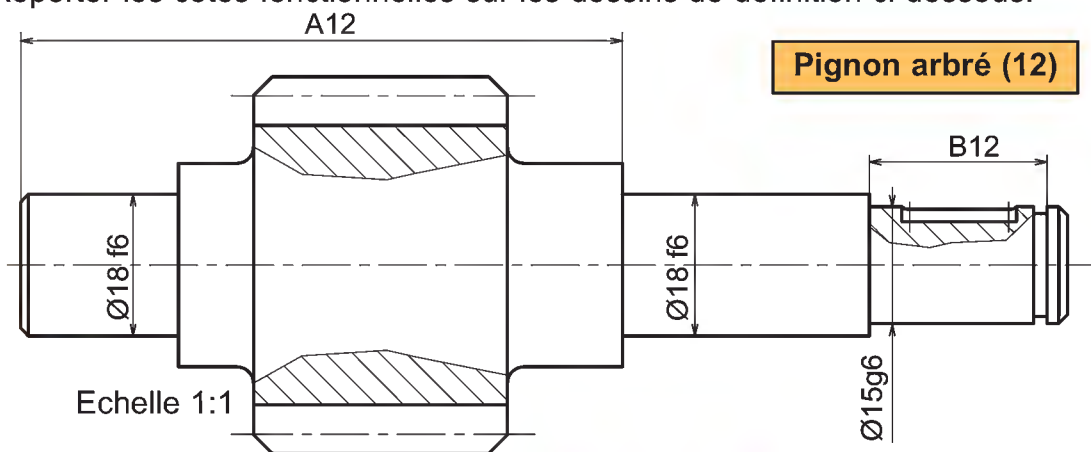


Cotations et ajustements :

1- En se référant au dessin d'ensemble partiel de l'arbre d'entrée du système table coulissante, compléter le tableau ci-dessous.

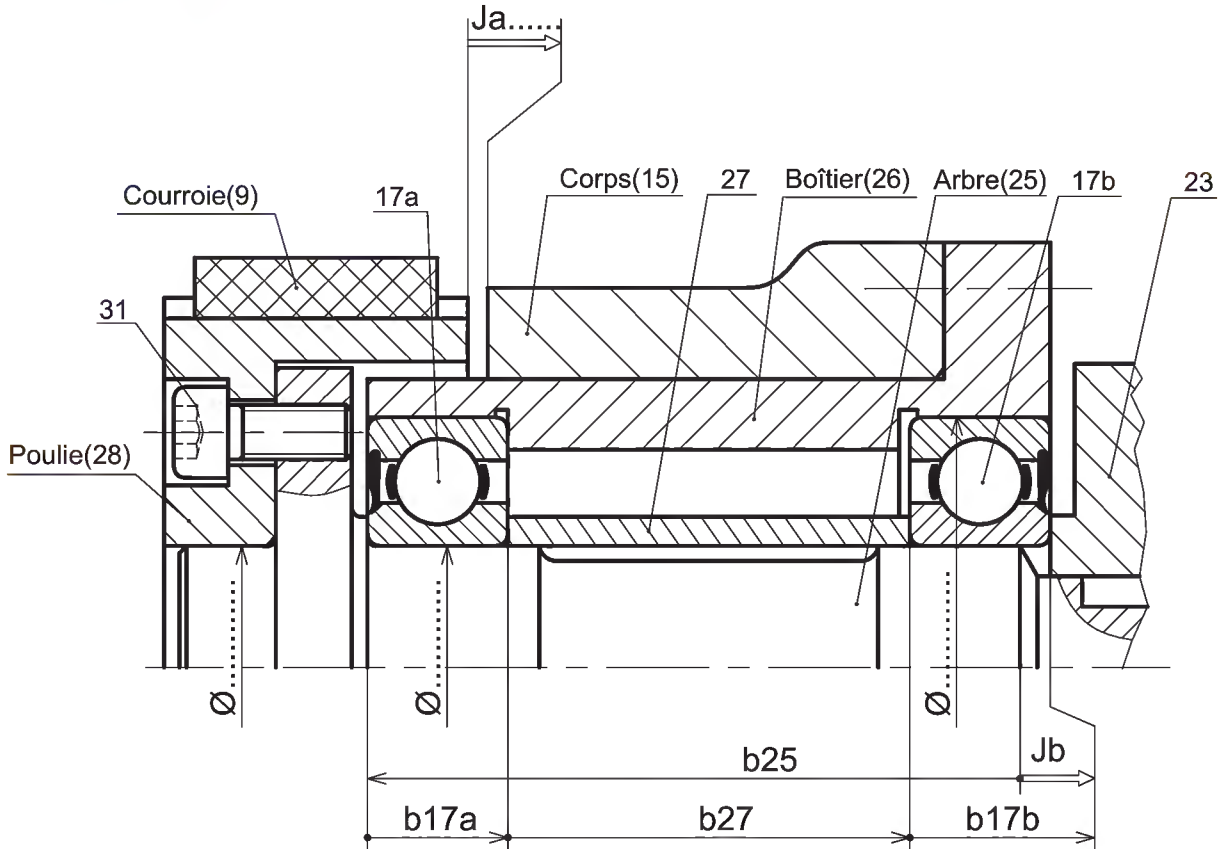
Pièces	Ajustements
coussinet (13) / pignon arbré (12)	$\text{Ø}18 \text{ H7/f6}$
coussinet (13) / boîtier (11)	$\text{Ø}25 \text{ H7/p6}$
poulie (6) / pignon arbré (12)	$\text{Ø}15 \text{ H7/g6}$

2- Reporter les cotes fonctionnelles sur les dessins de définition ci-dessous.



Evaluation

Application 1 : Arbre de sortie de mécanisme de préhension



1°/ La condition **Ja** est-elle minimale ou maximale ?.....

Justifier :

2°/ Sur le dessin ci-dessus, tracer la chaîne de cotes relative à la condition **Ja**.

3°/ Justifier la présence de la condition **Jb** :

4°/ Sachant que $b_{25} = 65 \pm 0,1$ et $b_{17} = 15 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,120 \end{smallmatrix}$. Quelle sera la longueur de la bague entretoise b_{27} si $J_b = 1 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ 0 \end{smallmatrix}$?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

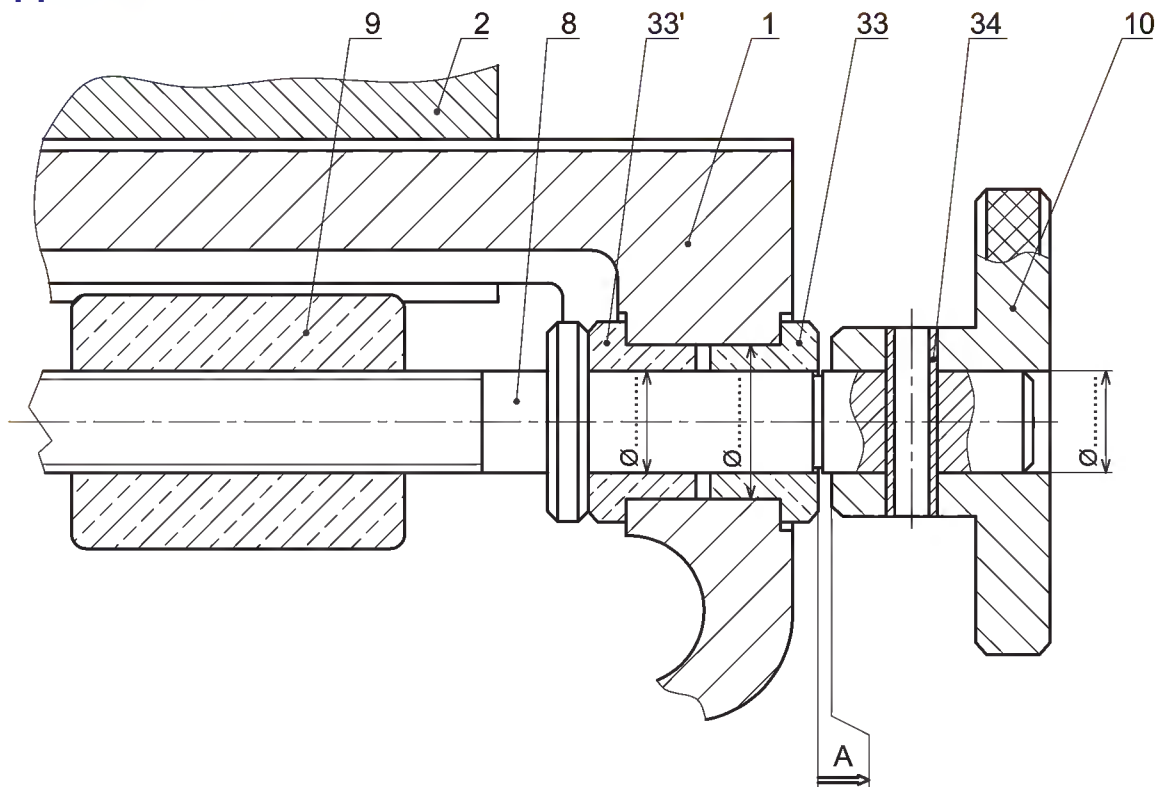
.....

.....

.....

5°/ Compléter les ajustements sur les portées des roulements (17a,17b) et de la poulie (28).

Application 2 : Vis de manoeuvre



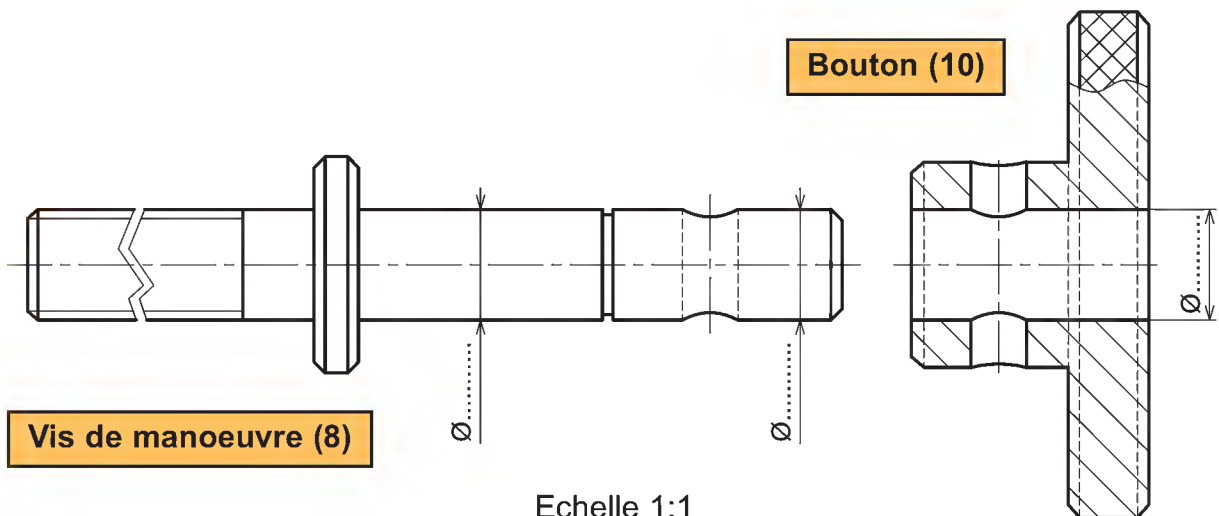
1° Justifier le choix du matériau des coussinets (33) et (33'):

2° Tracer sur le dessin ci-dessus la chaîne de cotes relative à la condition A.

3° Justifier la présence de la gorge sur la vis de manoeuvre (8).

4° Indiquer sur le dessin les ajustements.

5° Reporter respectivement sur les dessins de définition de la vis de manoeuvre (8) et le bouton (10), les cotes fonctionnelles.



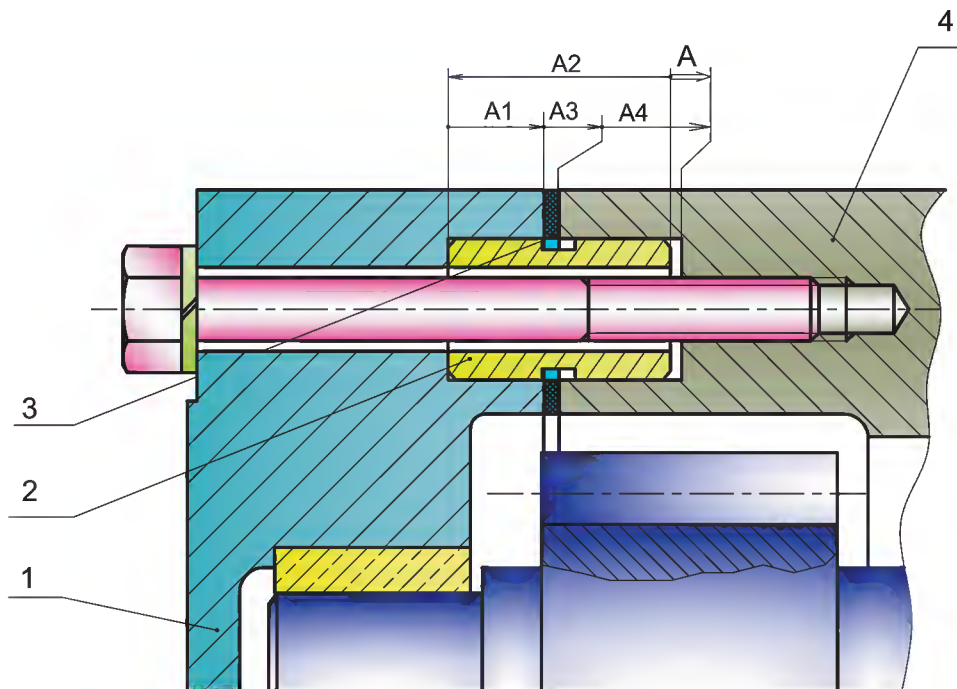
Savoir plus

MÉTHODE DU TABLEAU

Cette démarche est conçue pour faciliter les calculs des valeurs limites de la cote inconnue ; cette technique est couramment utilisée à l'atelier et en technologie de fabrication pour calculer les cotes de fabrication et de brut.

Principe de la méthode du tableau

* Soit la chaîne de cotes suivantes :



* l'équation condition minimale s'écrit:

$$A_{\min} = A1_{\min} + A3_{\min} + A4_{\min} - A2_{\max} \quad (1)$$

* l'équation (1) précédente est équivalente à l'équation (2) ci-dessous :

$$A_{\min} + A2_{\max} = A1_{\min} + A3_{\min} + A4_{\min} \quad (2)$$



* Que constatons-nous dans l'équation (2)?

Présentons les différents éléments sous la forme d'un tableau.

A gauche du signe =
nous trouvons :
-la condition (positive)
avec sa limite **mini** ;
-les composantes négatives
avec leurs limites **Max**

à gauche

A droite du signe =
nous trouvons :
-les composantes positives
avec leurs limites **min**

à droite

		Condition mini		
Rep.		M ←	→ m	Composantes
		m →		Condition
A		Amin		
A1			A1min	
A2		A2Max		
A3			A3min	
A4			A4min	
		$\sum \dots\dots\dots$	=	$\sum \dots\dots\dots$

Lorsque les sommes sont effectuées (colonne de gauche et colonne de droite), une simple soustraction suffit pour calculer la limite (Max ou min) de la cote recherchée.

* L'équation des intervalles de tolérance (IT) nous donne rapidement l'IT à attribuer à la cote dont on vient de définir une limite.

Condition	A	IT A
	A1	IT A1
Composantes	A2	IT A2
	A3	IT A3
	A4	IT A4
\sum IT composantes		IT A

$$\text{IT de la cote condition} = \sum \text{IT composantes}$$

* Avec la limite (Max ou min) calculée et l'intervalle de tolérance, il est possible d'exprimer correctement la cote recherchée (la cote nominale et les écarts)

Rappel

1- Représentation en phase d'étude :

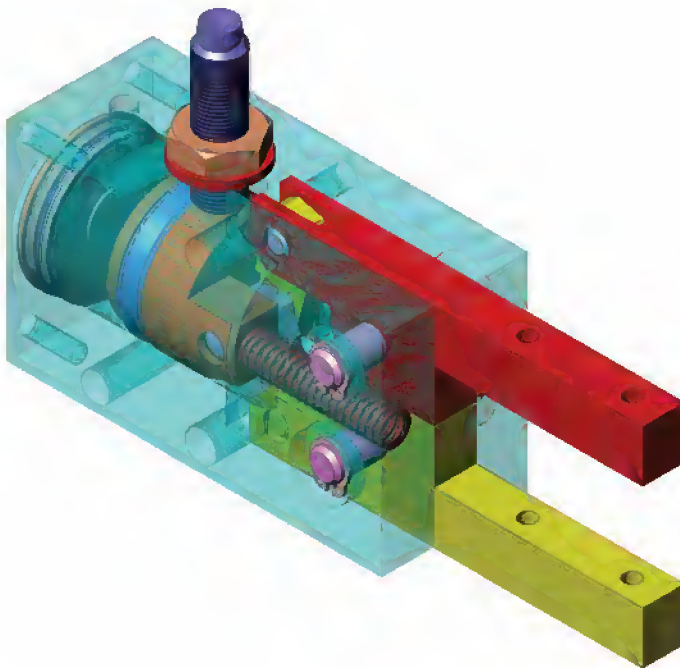
Le dessin de définition d'une pièce :

Ce dessin représente une seule pièce d'un ensemble ou d'un sous-ensemble. Il définit complètement et sans ambiguïté les exigences auxquelles doit satisfaire le produit. Ce dessin a une valeur de contrat et doit permettre à terme la fabrication de la pièce à partir des informations suivantes : matière, forme, cotation dimensionnelle, spécifications géométriques (perpendicularité entre les surfaces, planéité,...), qualité de l'état des surfaces à obtenir (rugosité).

Pour cela on est invité (dans la plus part des cas) à utiliser les coupes et les sections afin de montrer les parties intérieures d'une pièce.

2- Support d'étude : Pince de bras manipulateur "Schrader"

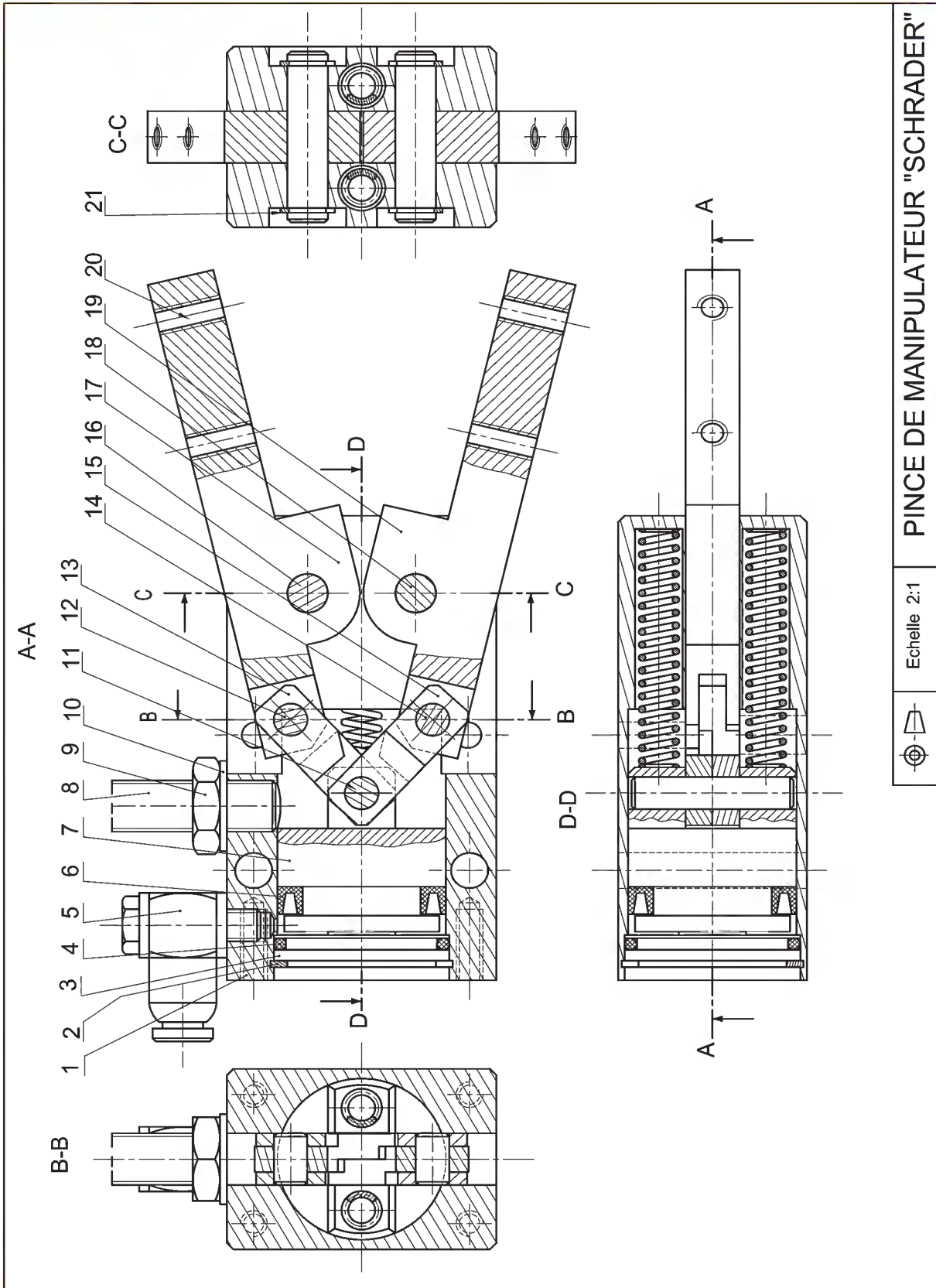
Voir le dessin d'ensemble à la page suivante :



Fonction d'usage : la pince permet la saisie de pièces.

Cette pince comprend :

- un actionneur pneumatique type vérin simple effet ;
- des transmetteurs essentiellement constitués de biellettes ;
- des effecteurs : les doigts de la pince.



PINCE DE MANIPULATEUR "SCHRADER"

Echelle 2:1



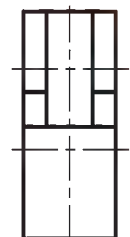
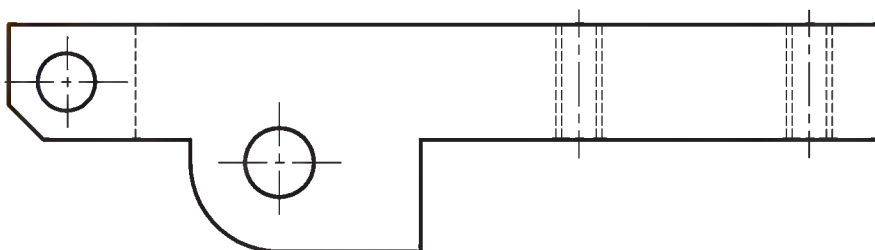
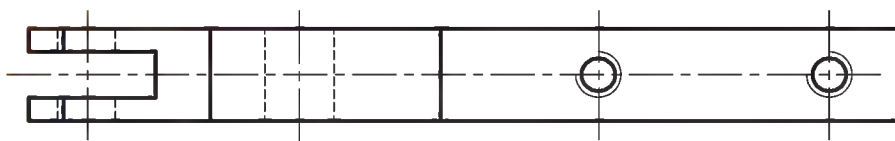
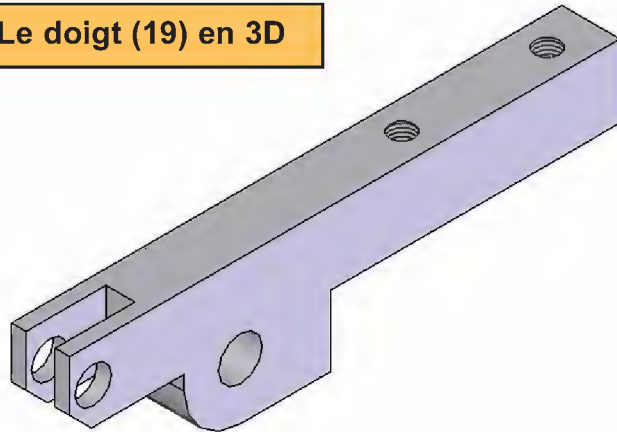
3- La coupe simple et les sections :

Données :

La représentation 3D du doigt (19) ainsi que son dessin de définition en :

- vue de face ;
- vue de gauche (sans les arrêtes cachés) ;
- vue de dessous.

Figure 1: Le doigt (19) en 3D



Travail demandé :

En vous aidant des données citées précédemment,

1- Compléter le dessin (figure 2) (la vue de face en coupe A-A)

2- Compléter le dessin (figure 3) (section sortie BB; Section rabattue CC).

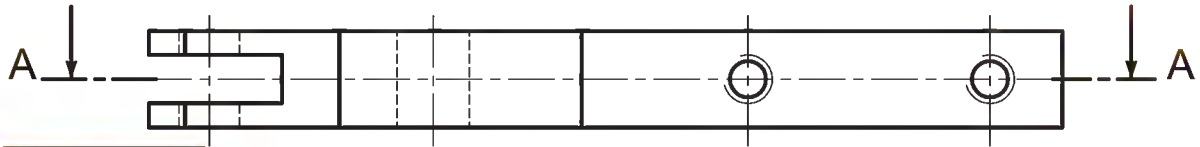
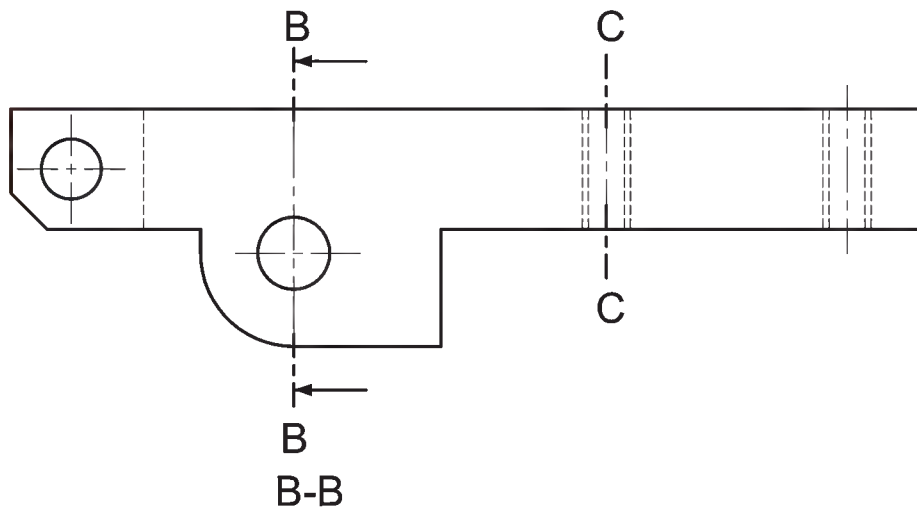
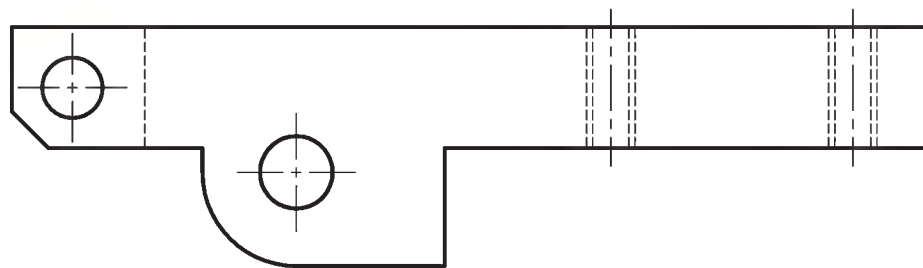


Figure 2

A-A



B-B

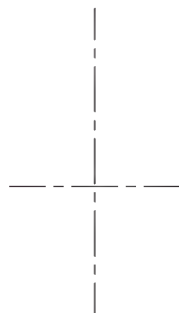
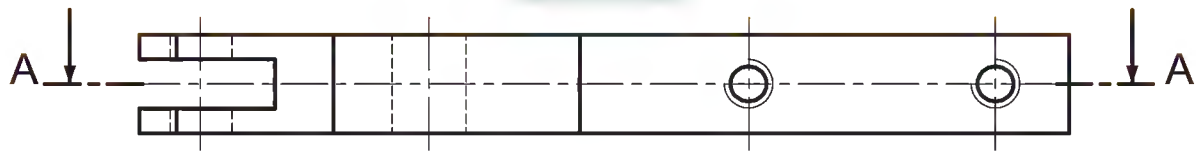
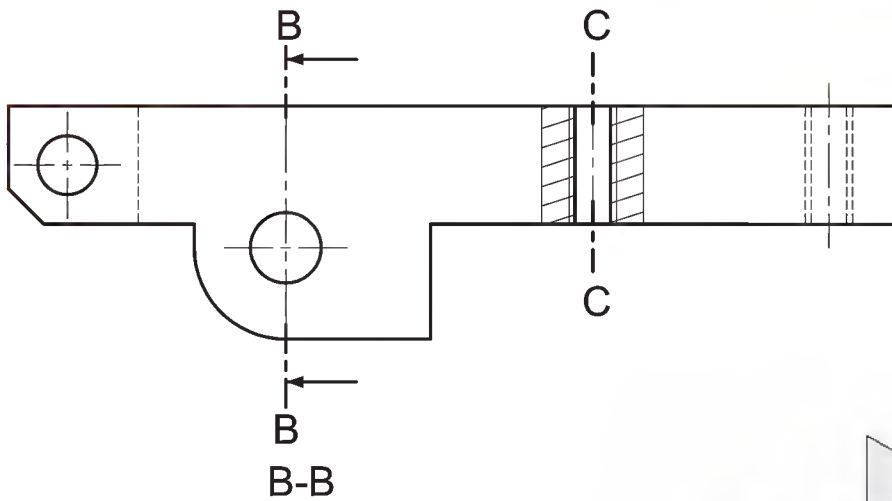
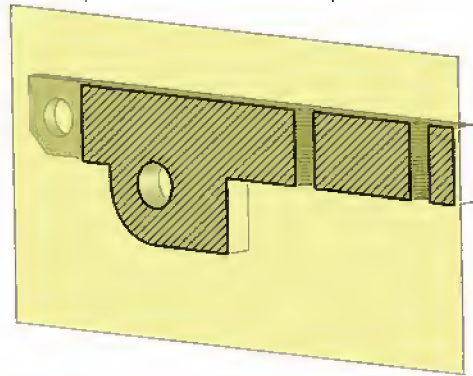
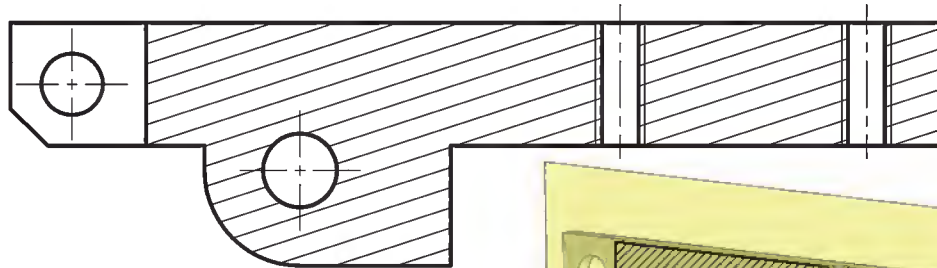


Figure 3

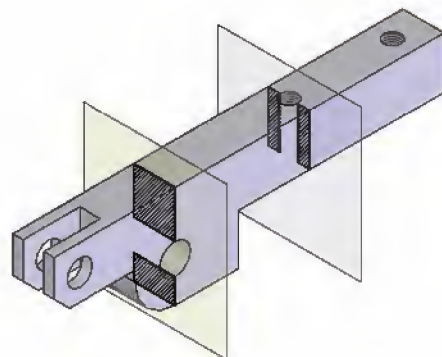
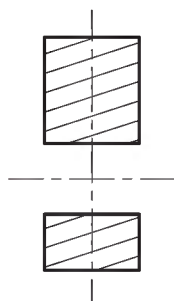
Corrigé



A-A



B-B



Développement de connaissances

LES COUPES PARTICULIÈRES

1- Coupe à plans parallèles : (à plans décalés)

Objectif :

Cette coupe permet de montrer, sur la même vue, des formes situées dans des plans de coupe parallèles.

Son emploi évite :

- soit une vue supplémentaire en coupe;
- soit la représentation de détails cachés.

Exemple : figure 4

Le doigt (19) de la pince comporte des formes intérieures situées dans des plans différents :

- le plan de coupe A permet de montrer les trous qui reçoivent l'axe (12),
- le plan de coupe A' permet de montrer le trou qui reçoit l'axe (16).

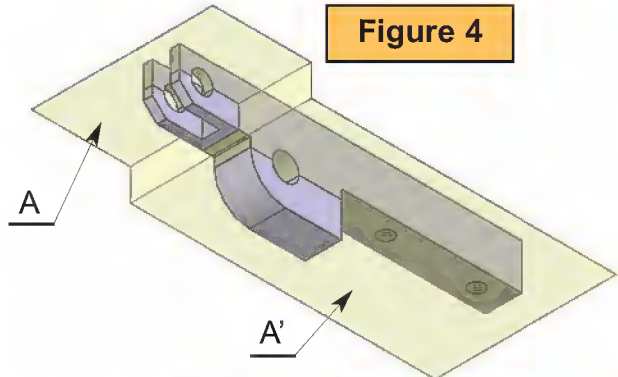


Figure 4

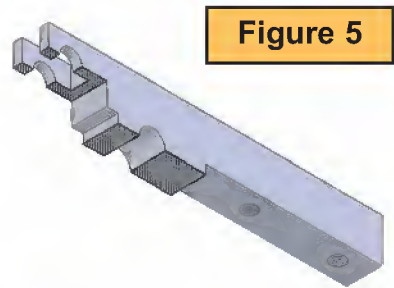


Figure 5

Méthode d'exécution :

1-Supposer la pièce coupée suivant les plans choisis : (figure 4 et 5)

2-Supposer les différents plans de coupe ramenés par translation dans le prolongement l'un de l'autre :(figure 5a)

3-Projeter sur le plan de projection P: (figure 5b)

4-Hachurer : (figure 5b)

- soit comme une coupe simple ;
- soit avec des hachures décalés au changement de plan si cela améliore la clarté du dessin.

5-Matérialiser la limite entre les deux plans par un trait mixte fin : (figure 5b)

6-Désigner comme une coupe simple.

Voir l'exemple à la page suivante :

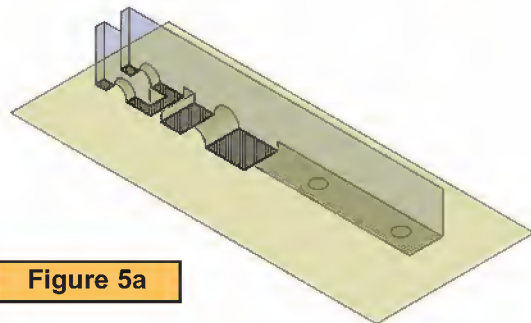


Figure 5a

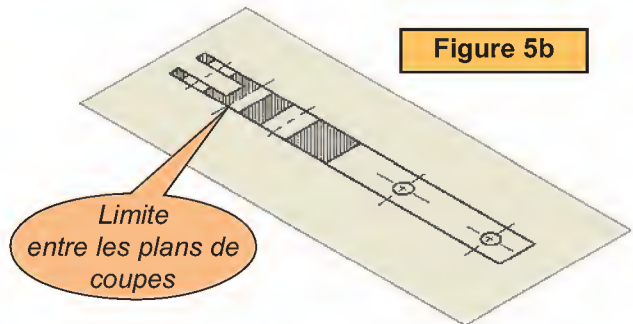
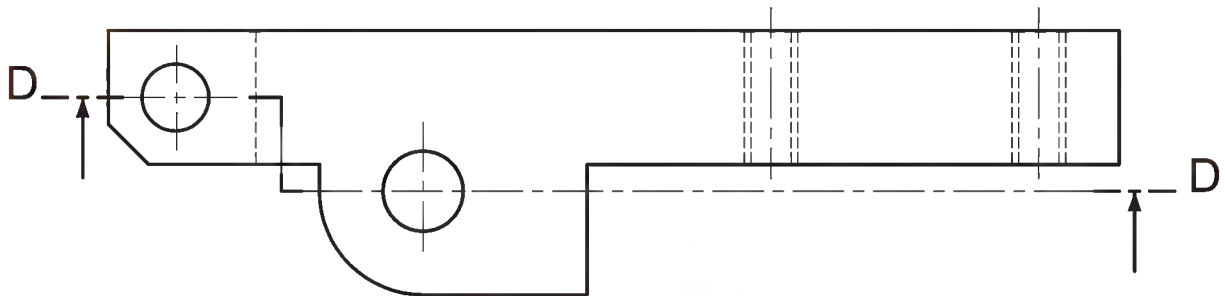
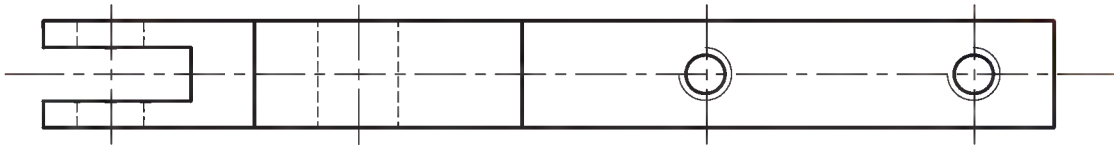


Figure 5b

Limite entre les plans de coupes

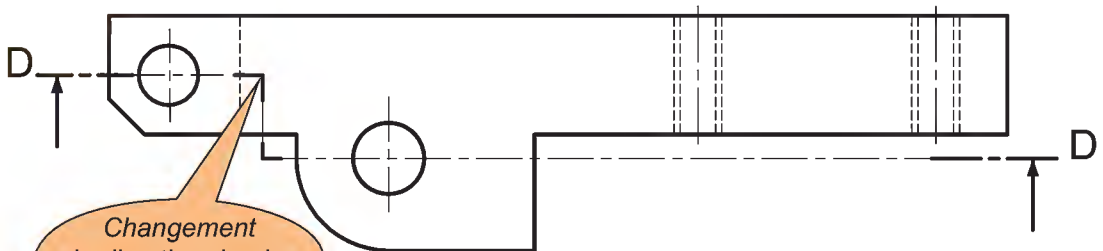
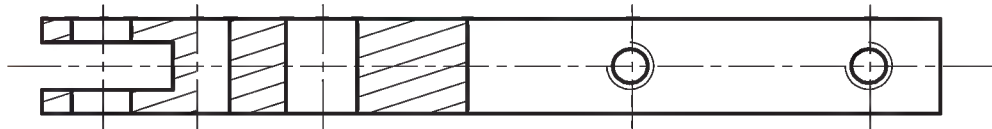
Exemple : On demande de compléter la vue de dessous en coupe D-D :

D-D



Corrigé

D-D



2- Coupe brisée à plans sécants : (par deux plans concourants)

Objectif :

La coupe par deux plans concourants permet de montrer, sur la même vue, des formes situées dans des plans de coupe sécants.

Son emploi évite :

- soit une vue supplémentaire en coupe, suivant une direction oblique ;
- soit la représentation déformée de certains détails.

Exemple : figure 6

La noix (5) de la presse comporte des formes intérieures qu'il est nécessaire de préciser à l'aide d'une coupe.

Le choix d'une coupe par le seul plan B conduirait à montrer le trou (qui reçoit la tige (17)) par une représentation déformée, longue à tracer et qui peut être source d'erreurs.

Le plan qui contient l'axe du trou taraudé permet de projeter ce dernier en vraie grandeur dans la vue en coupe.

Avant projection, le plan de coupe B' est amené par rotation dans le prolongement du plan B.

Méthode d'exécution :

- Supposer la pièce coupée suivant les plans choisis : (figure 7)
- Supposer le plan de coupe oblique ramené par rotation dans le prolongement de l'autre plan : (figure 7a)
- Projeter sur le plan de projection P : (figure 7b)
- Hachurer comme une coupe simple : (figure 7b);
- Désigner comme une coupe simple.

Le plan sécant oblique est amené, par une rotation d'angle (α), dans le prolongement du plan placé suivant une direction principale d'observation.

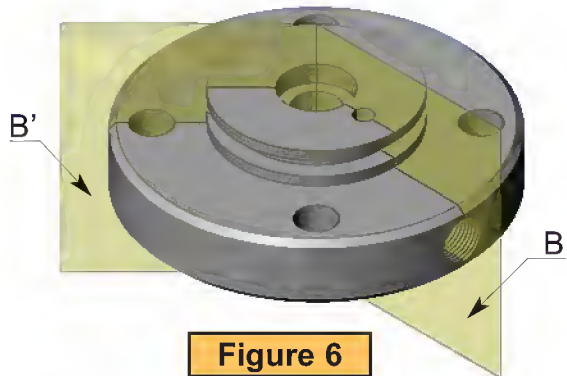


Figure 6

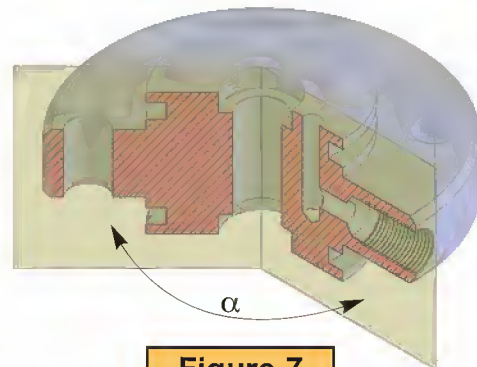


Figure 7

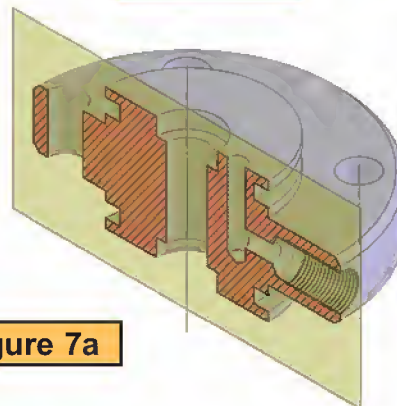


Figure 7a

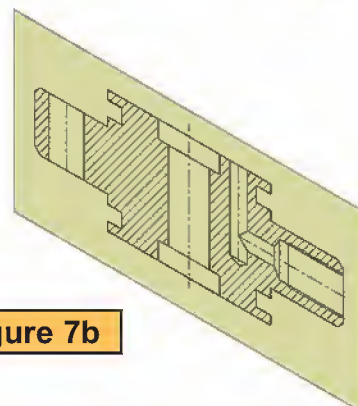
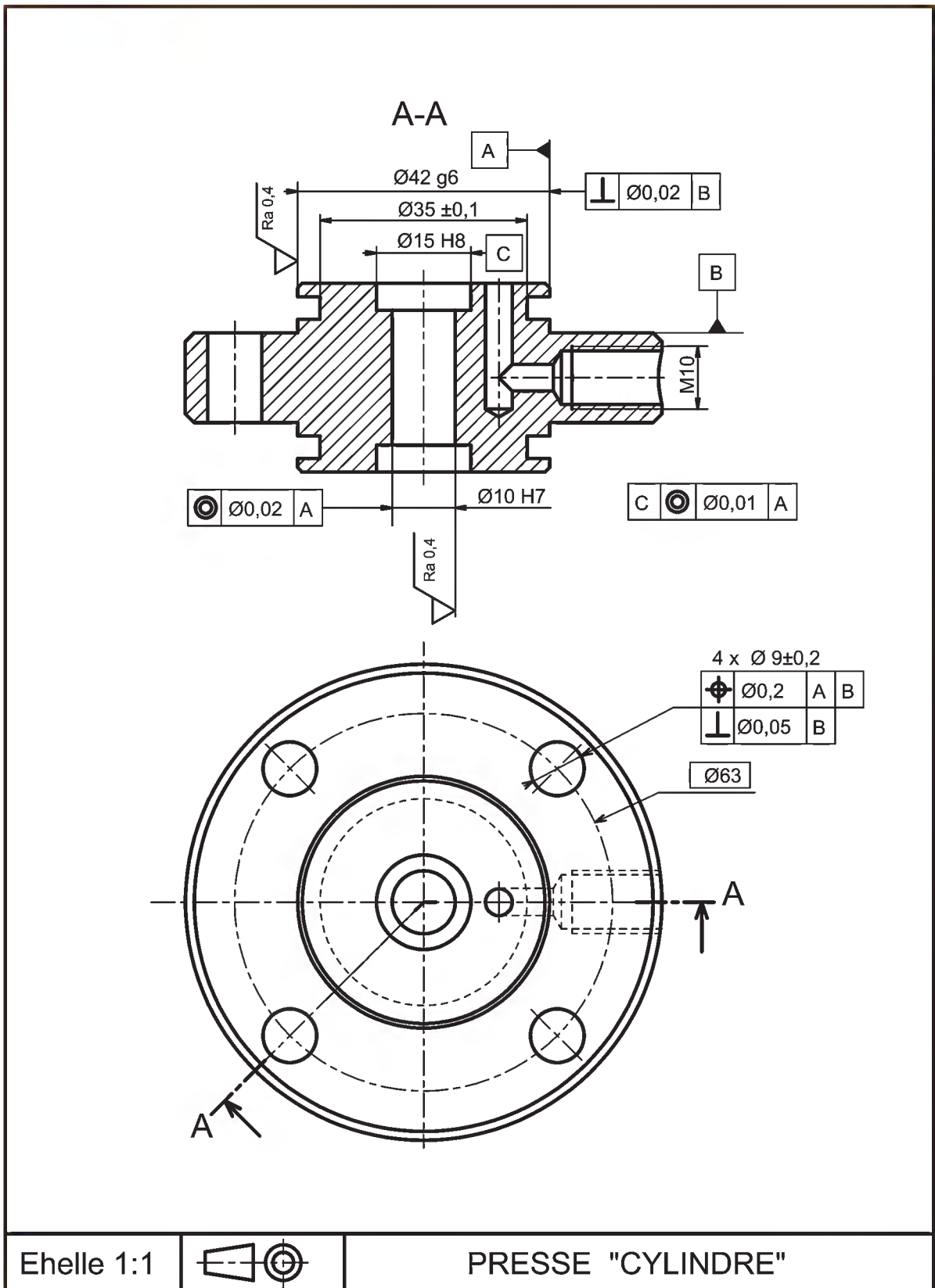


Figure 7b

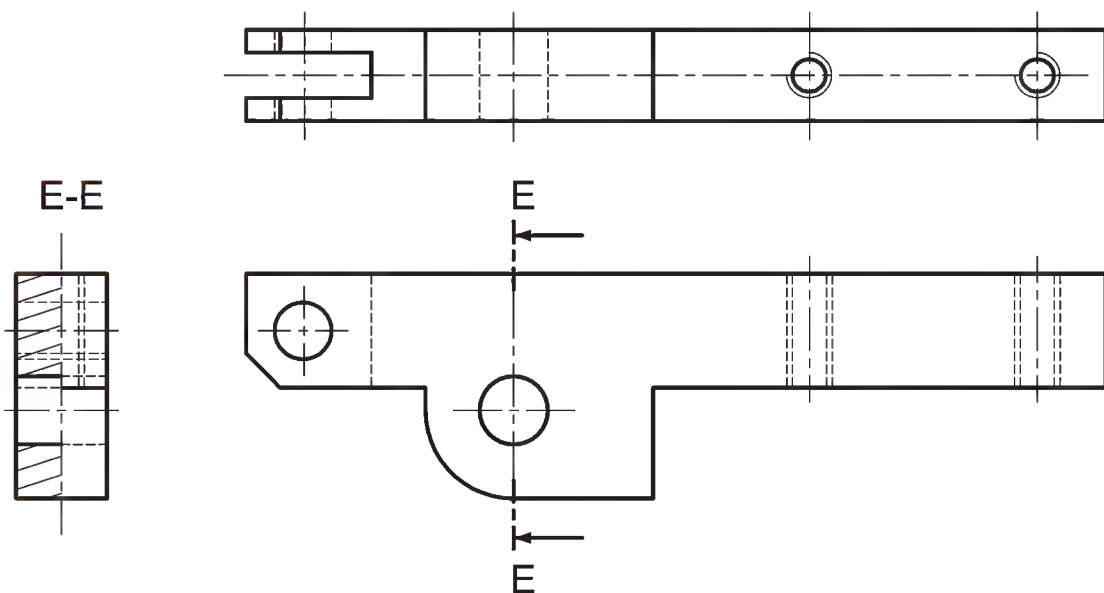
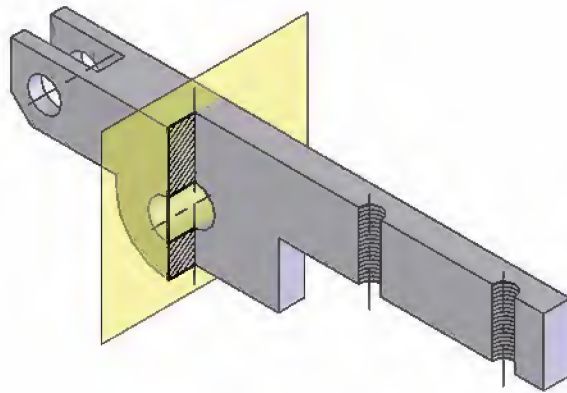


3- La demi-coupe :

Une demi coupe est la juxtaposition sur une même vue d'une demi vue extérieure et d'une demi vue en coupe.

Cette représentation est très utilisée lorsque les pièces présentent une symétrie par rapport à un plan.

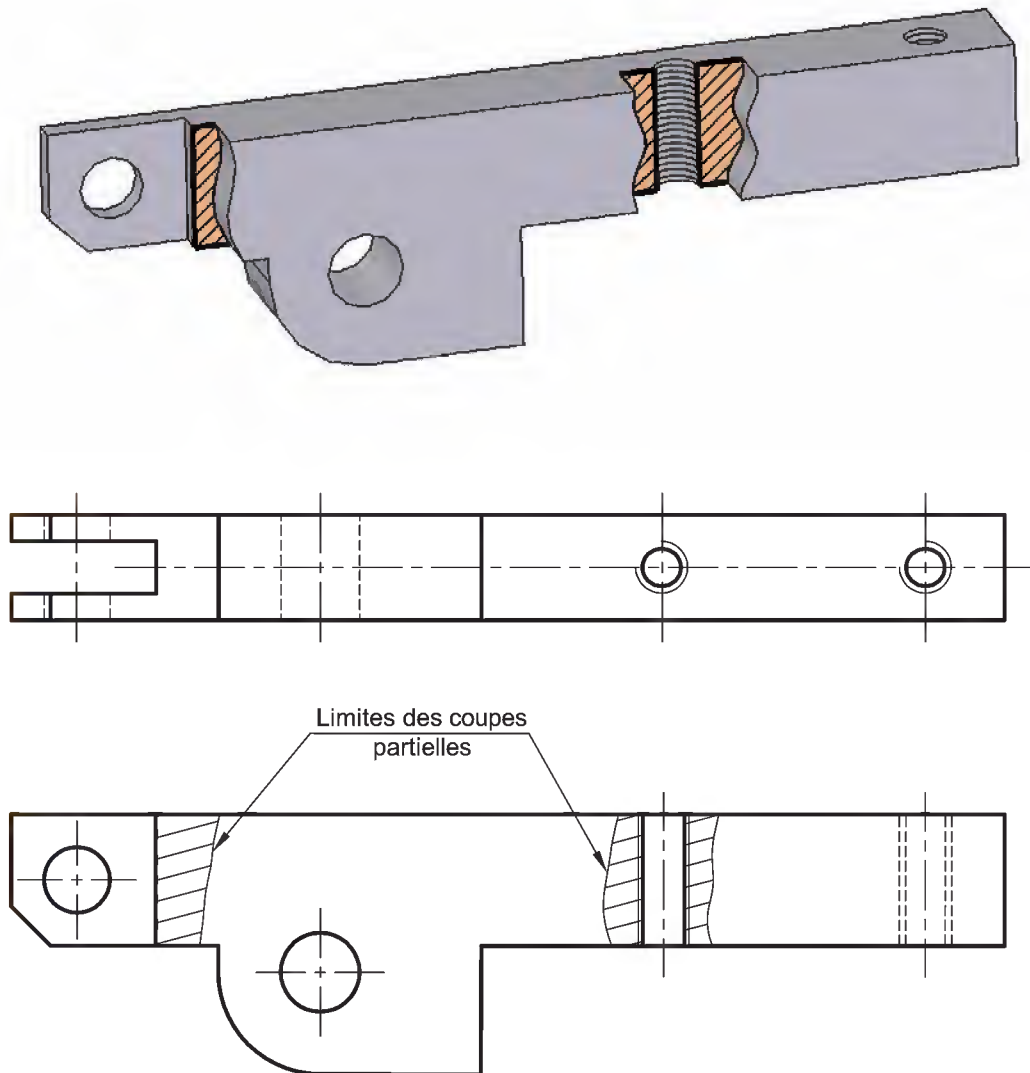
On ne dessine pas les lignes cachées sauf si elles permettent de définir un volume non défini par ailleurs.



4- La coupe locale :

La coupe locale (ou coupe partielle) permet de définir sur une vue extérieure un détail sans avoir à représenter une vue supplémentaire.

En général, l'indication du plan de coupe est inutile et la zone coupée est limitée par un trait fin tracé à main levée ou aux instruments avec zigzag.



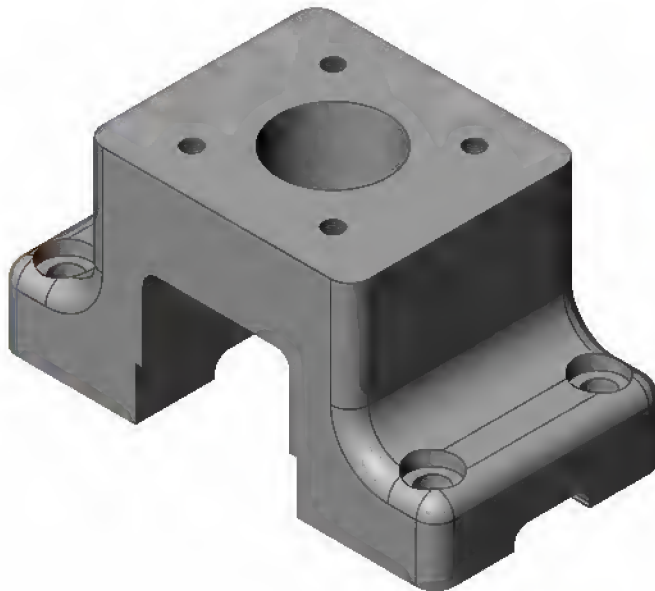
Consolidation des connaissances

Support d'étude : « Presse »

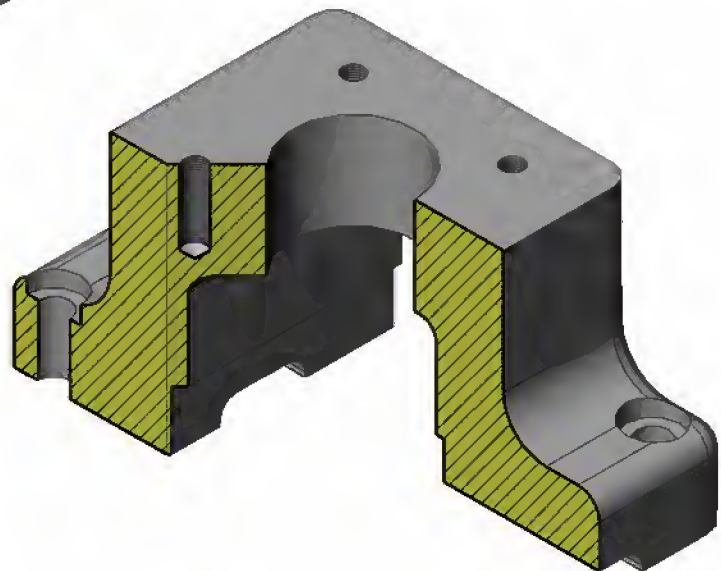
La pièce concernée par cette étude est le corps (1) de la presse (voir dessin d'ensemble page 31), en vous aidant par les vues en 3D de la pièce.

On demande de:

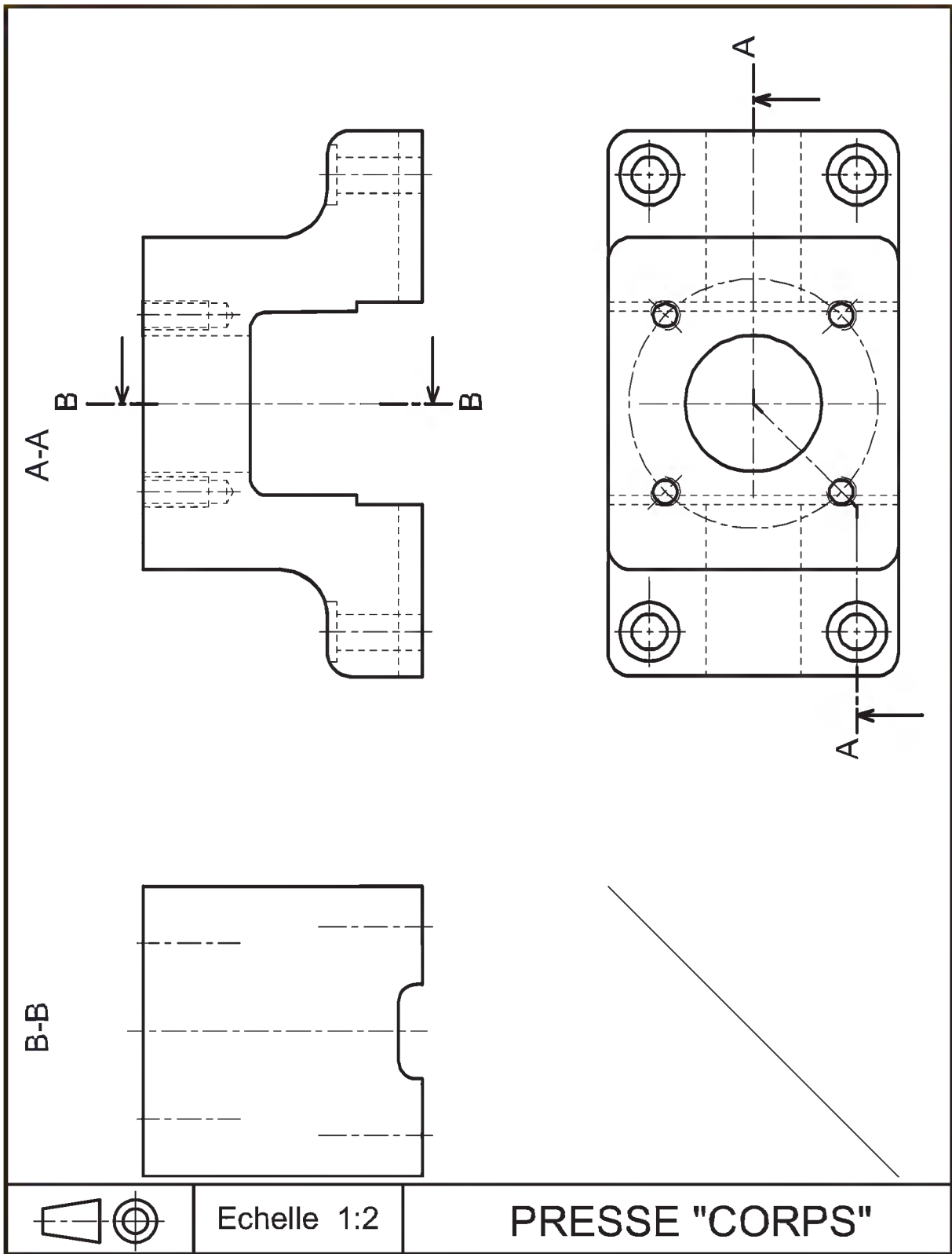
- 1- Compléter le dessin du produit fini par :
 - la vue de face en coupe A-A
 - la vue de droite en demi-coupe B-B
- 2- Inscrire les cotes dimensionnelles jugées nécessaires.
- 3- Inscrire les tolérances géométriques et les états de surface nécessaires.

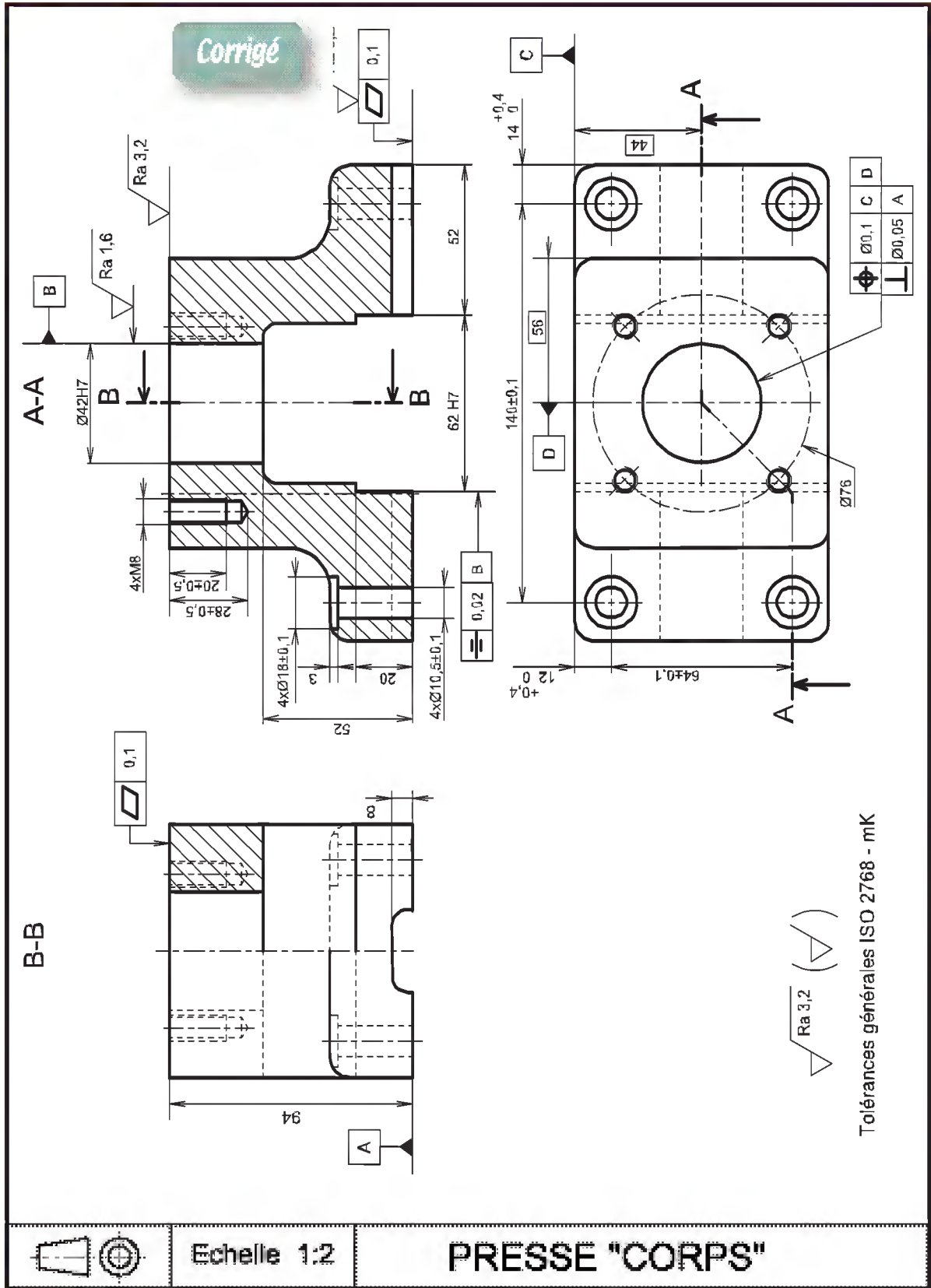


Corps (1) en 3D



Corps (1) en coupe

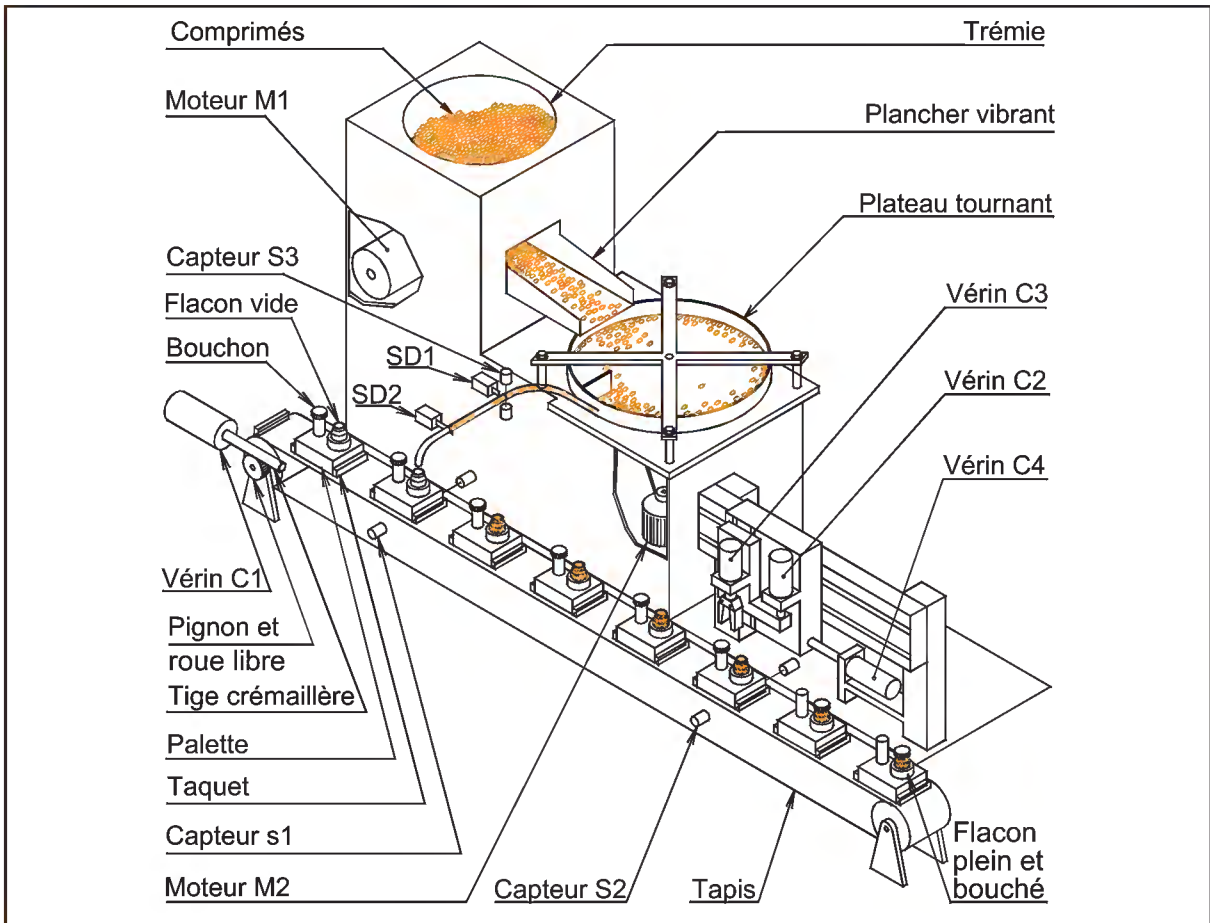




Evaluation

Support d'étude : « Système de conditionnement de comprimés pharmaceutiques »

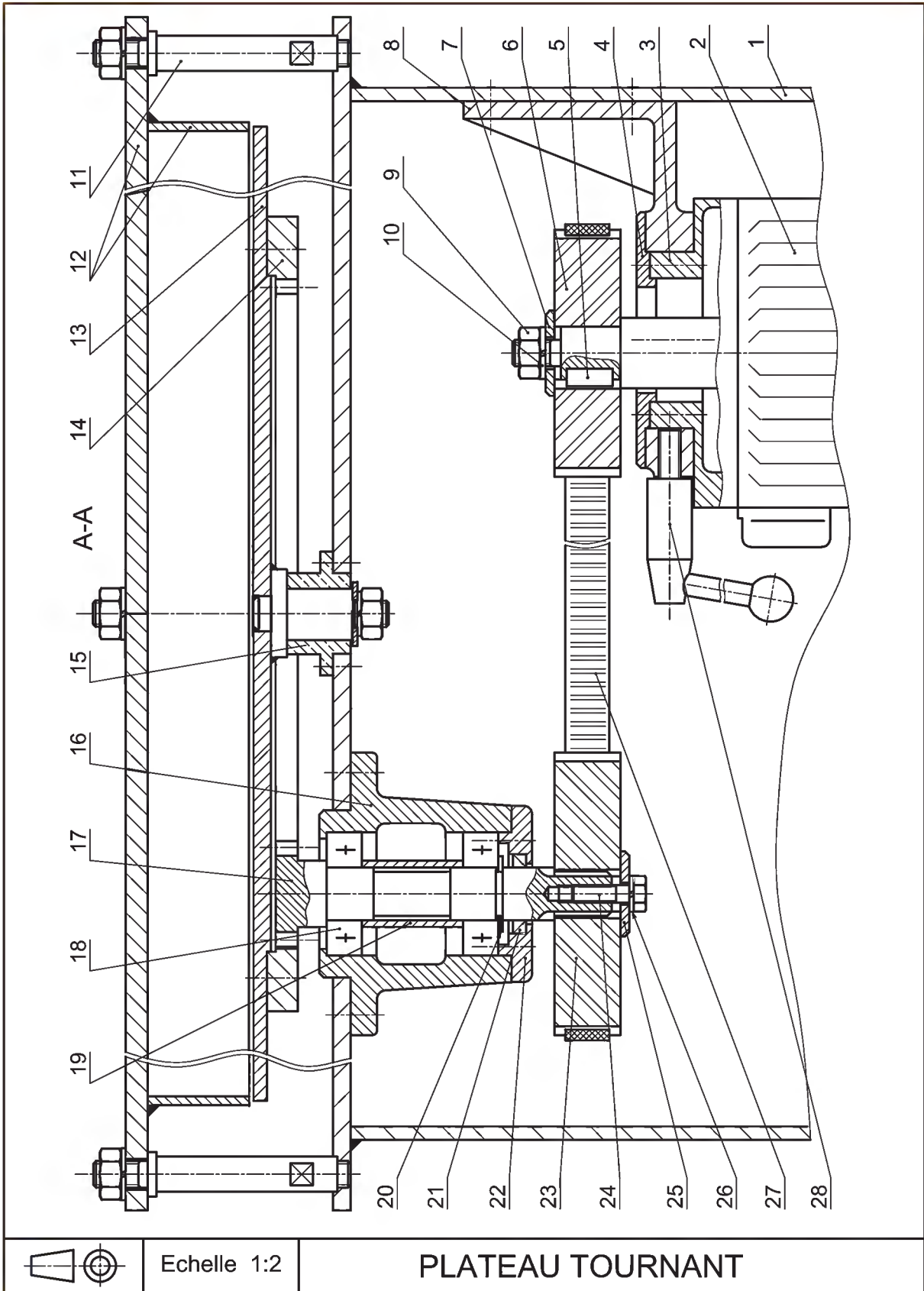
Le système suivant assure le remplissage de flacons par des comprimés pharmaceutiques, puis leur bouchage.



10	5	Rondelle
9	5	Ecrou
8	1	Support
7	1	Rondelle
6	1	Poulie motrice
5	1	Clavette
4	1	Flasque
3	1	Excentrique
2	1	Moteur Mt2
1	1	Bâti
Rep	Nb	Désignation

20	1	Anneau élastique
19	1	Entretoise
18	2	Roulement
17	1	Pignon abrégé
16	1	Moyeu
15	1	Coussinet
14	1	Couronne
13	1	Plateau
12	1	Bras
11	4	Tirant
Rep	Nb	Désignation

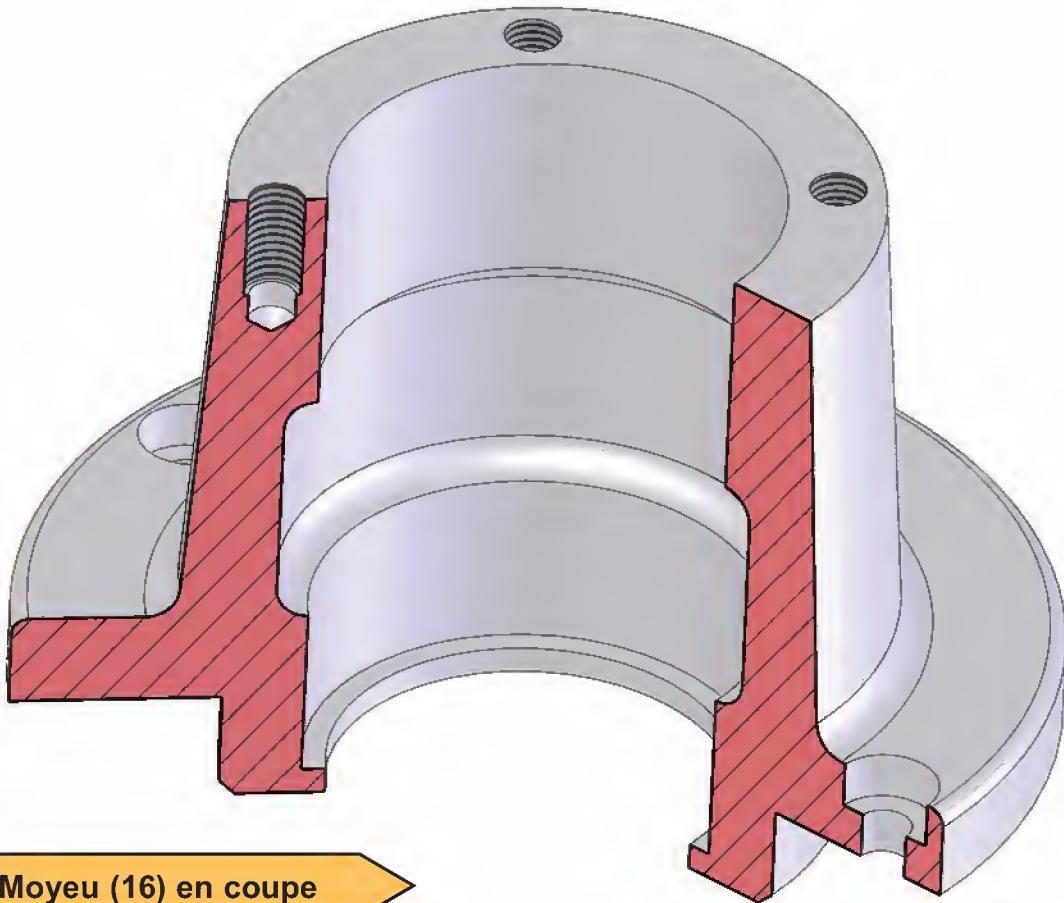
28	1	Manette
27	1	Courroie crantée
26	1	Rondelle
25	1	Rondelle
24	1	Vis
23	1	Poulie réceptrice
22	1	Couvercle
21	1	Joint à lèvres
Rep	Nb	Désignation

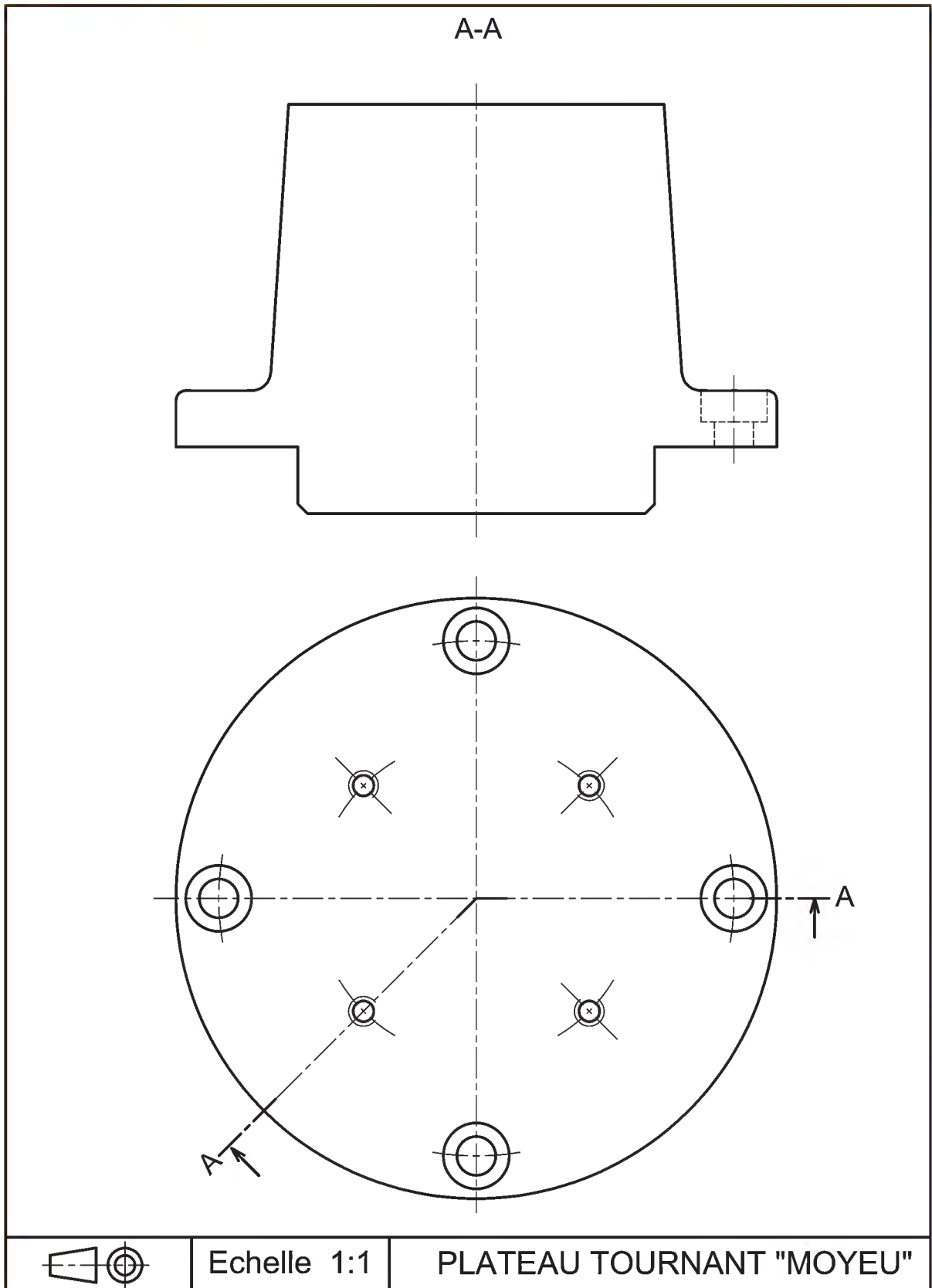


Travail demandé :

En se référant au dessin d'ensemble du plateau tournant page 78 :

- 1- Compléter le dessin du produit fini du moyeu (16) à l'échelle 1:1 par :
 - la vue de face en coupe A-A (sans les formes cachées).
 - la vue de dessus
- 2- Inscrire les cotes dimensionnelles jugées nécessaires.
- 3- Inscrire les tolérances géométriques et les états de surface nécessaires.



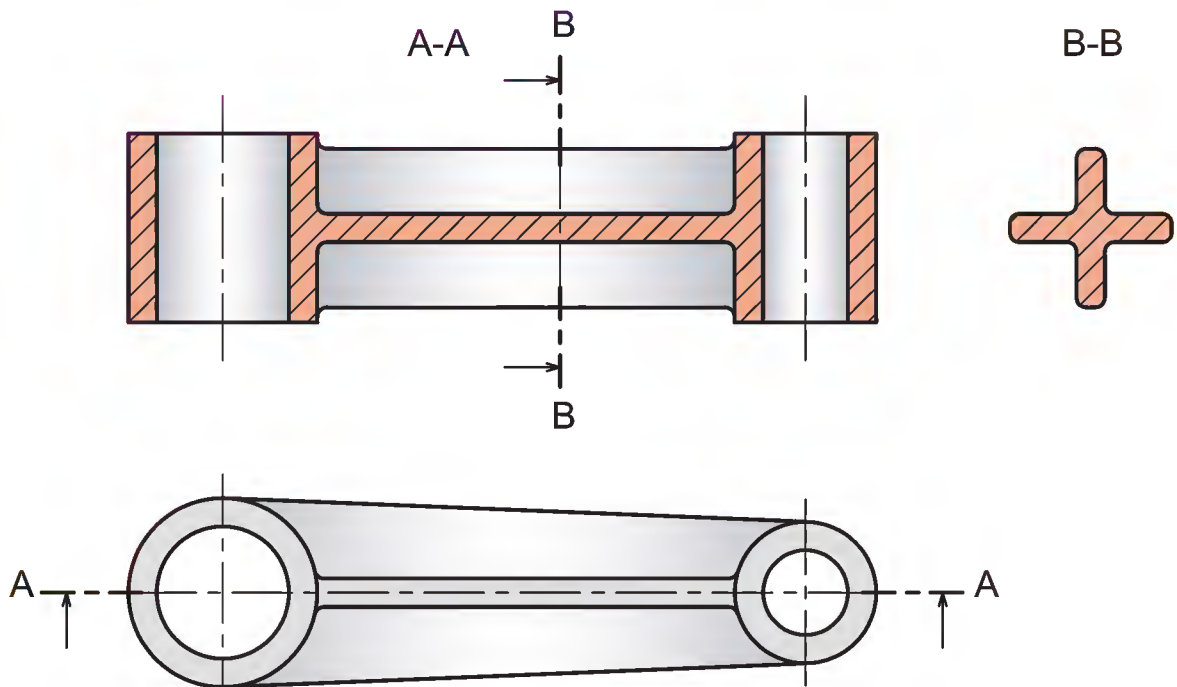
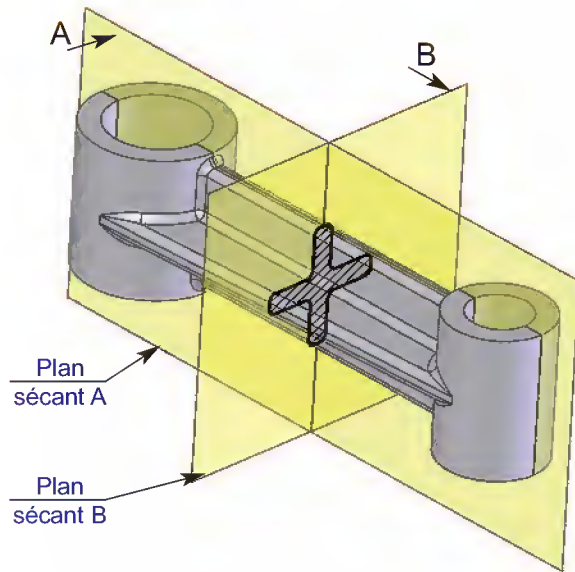


Savoir plus

1- Coupe des nervures

Cette représentation permet de différencier immédiatement la coupe d'une pièce massive de celle d'une pièce nervurée de même section. On dit que l'on évite l'effet visuel de masse.

On ne coupe jamais une nervure par un plan parallèle à sa plus grande face.

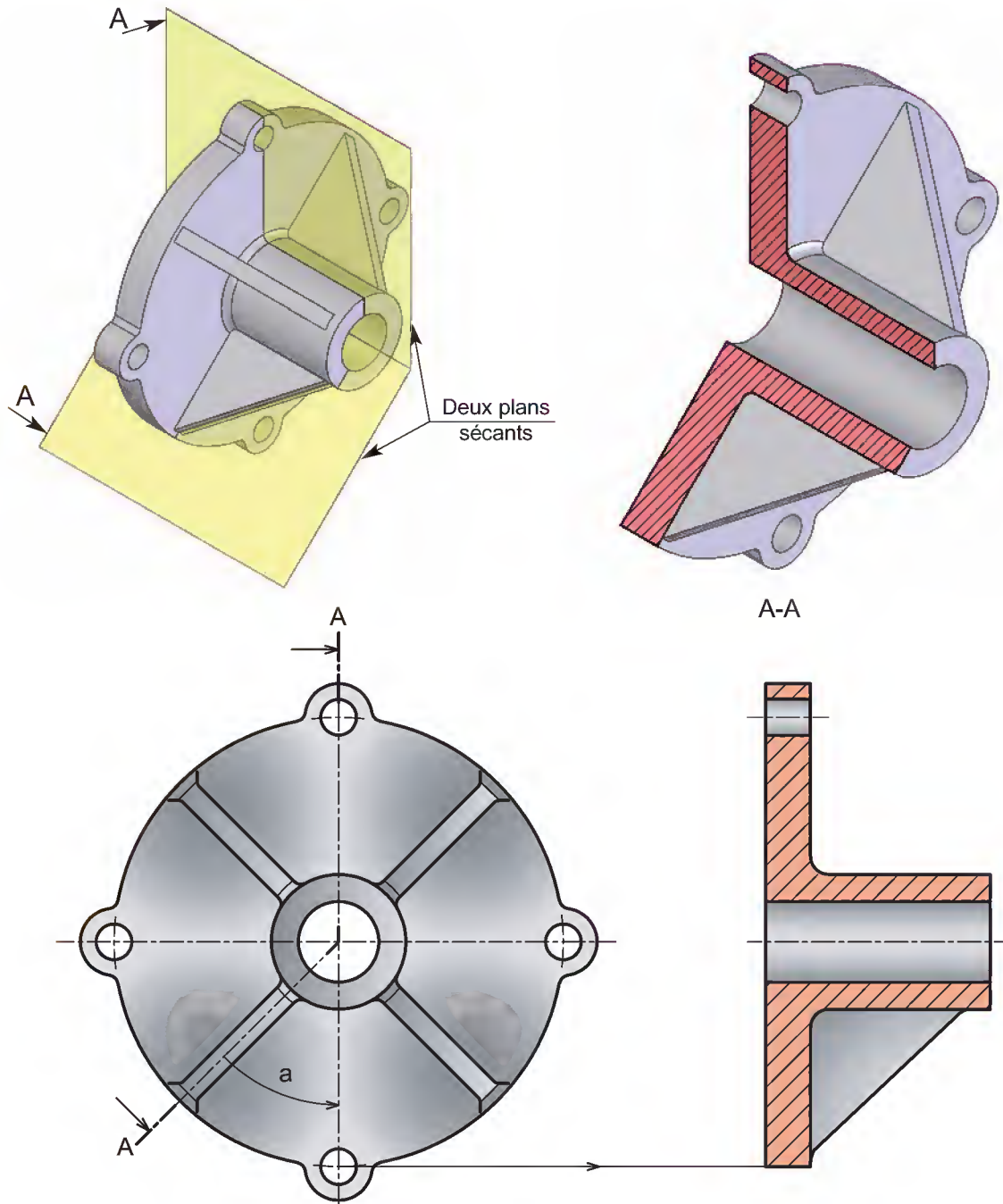


2- Coupe à plans sécants

C'est le cas, par exemple, pour la nervure inclinée à 45° dans la partie supérieure ou pour les deux trous en arrière des plans sécants.

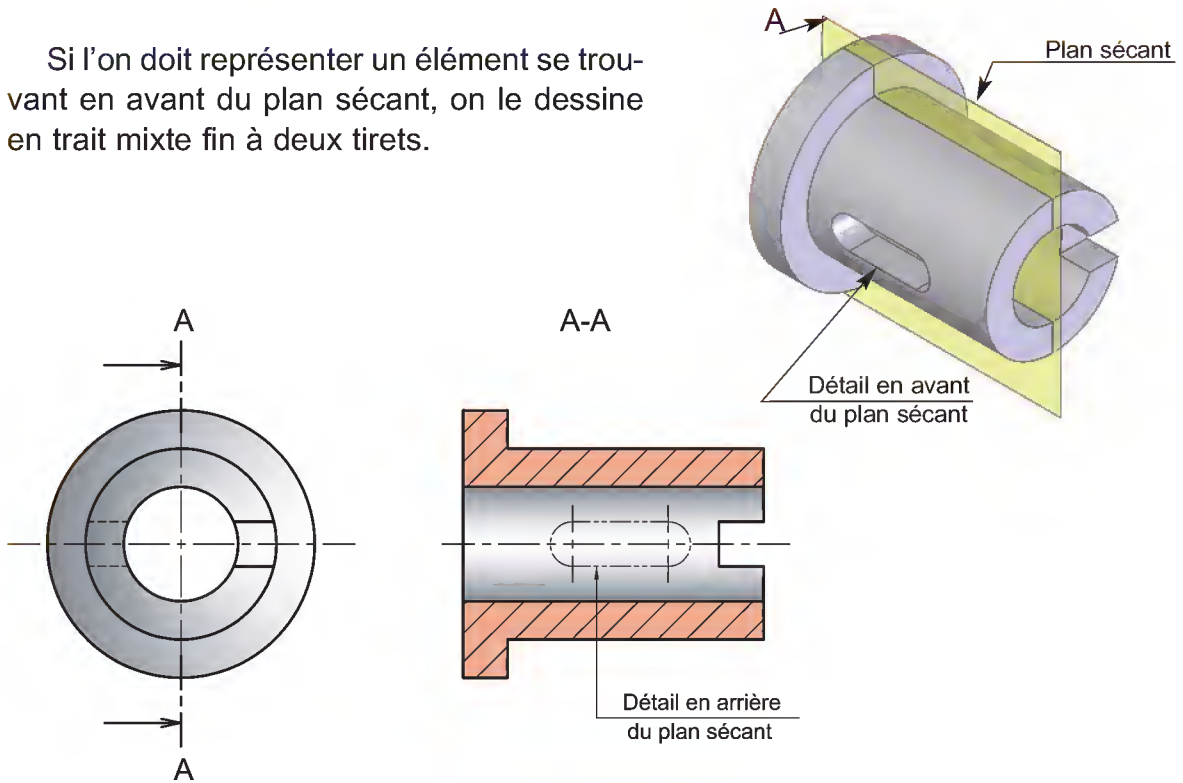
Les détails placés en arrière des plans sécants et dont la représentation nuit à la clarté du dessin, sans rien apporter à la compréhension, ne sont pas dessinés.

Voir figure ci-dessous.



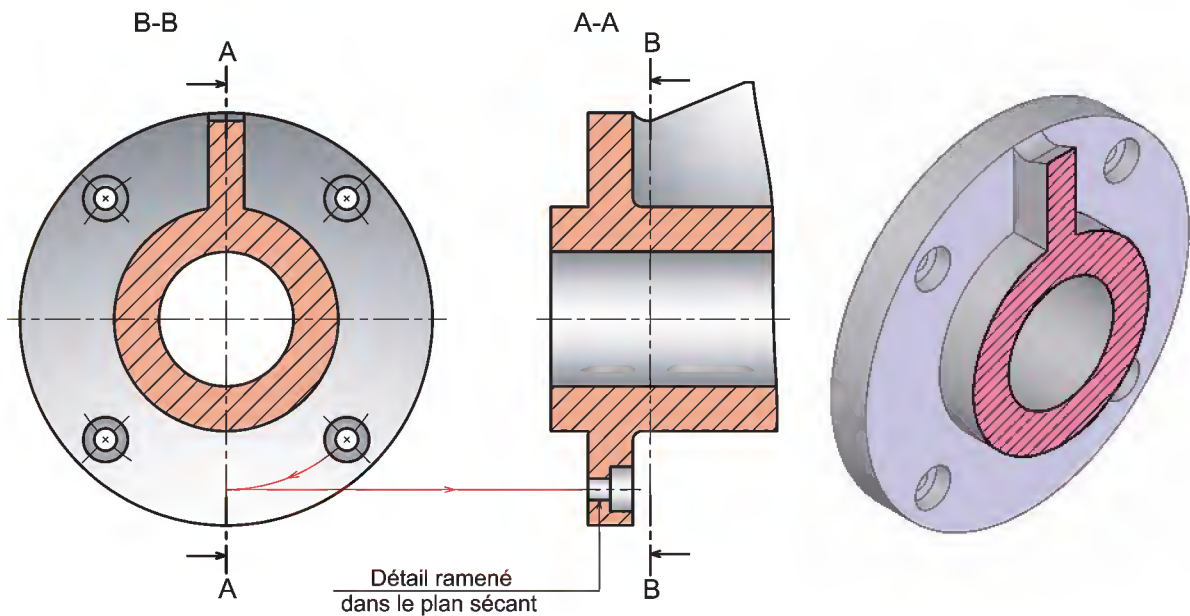
3- Élément en avant du plan sécant

Si l'on doit représenter un élément se trouvant en avant du plan sécant, on le dessine en trait mixte fin à deux tirets.



4- Éléments régulièrement répartis

On peut, si aucune confusion n'est possible, ramener par rotation ces éléments dans le plan sécant sans qu'il soit nécessaire de le préciser.



CHAPITRE 3

LES LIAISONS MÉCANIQUES

Leçon 1 : Fonction Assemblage
Les Assemblages Démontables

Leçon 2 : Fonction Guidage En Rotation
Le Guidage En Rotation Par Roulements

O
B
J
E
C
T
I
F
S

B2.1- Etablir ou compléter un schéma cinématique.

B2.2- Justifier le choix d'une solution constructive.

B2.3- Compléter la représentation d'une solution constructive.

CONNAISSANCES NOUVELLES

* Solutions constructives des assemblages démontables;

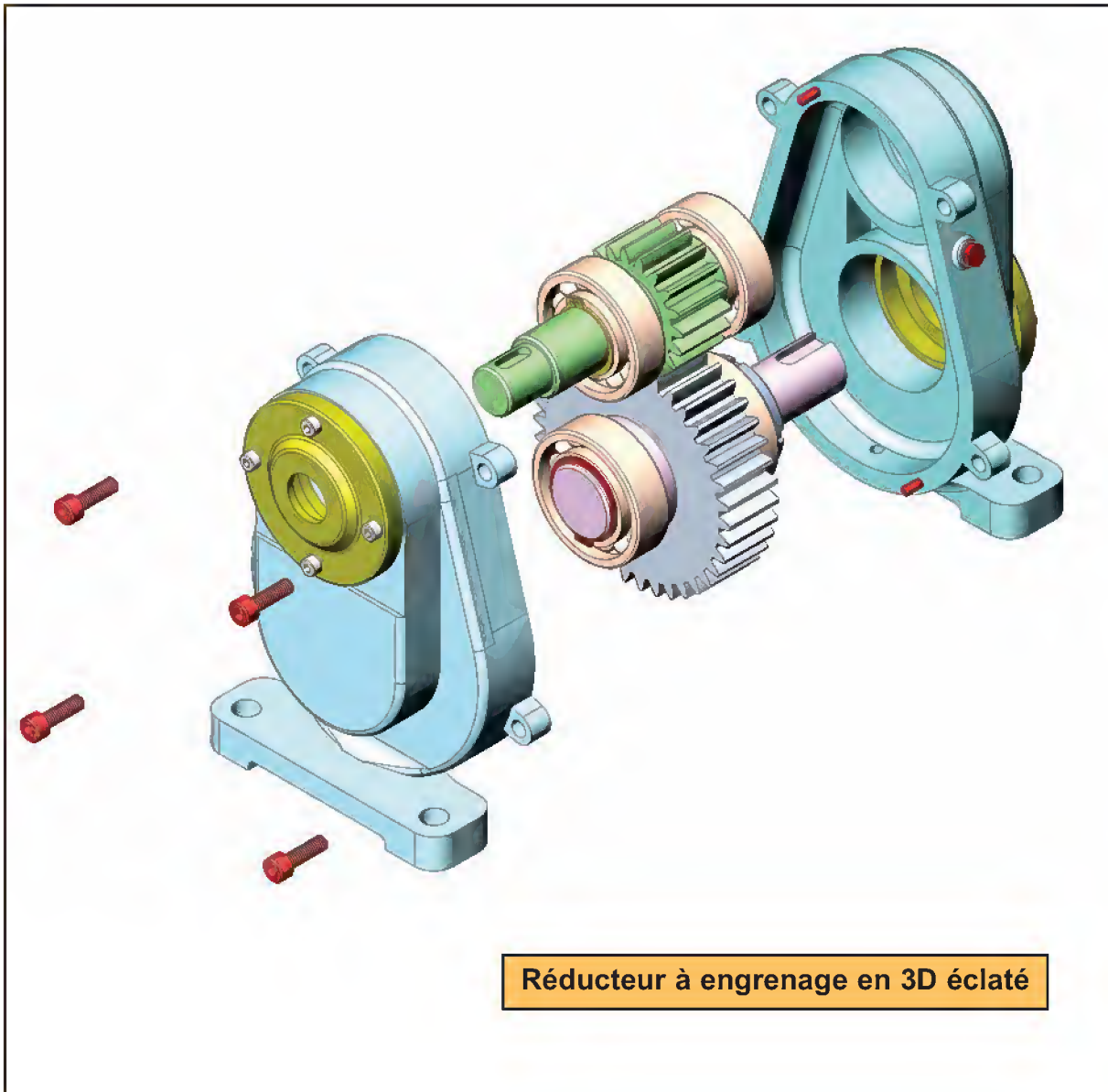
* Guidage par roulements à contact oblique (effort, règles de montage, tolérances des portées des roulements).

Développement de connaissances

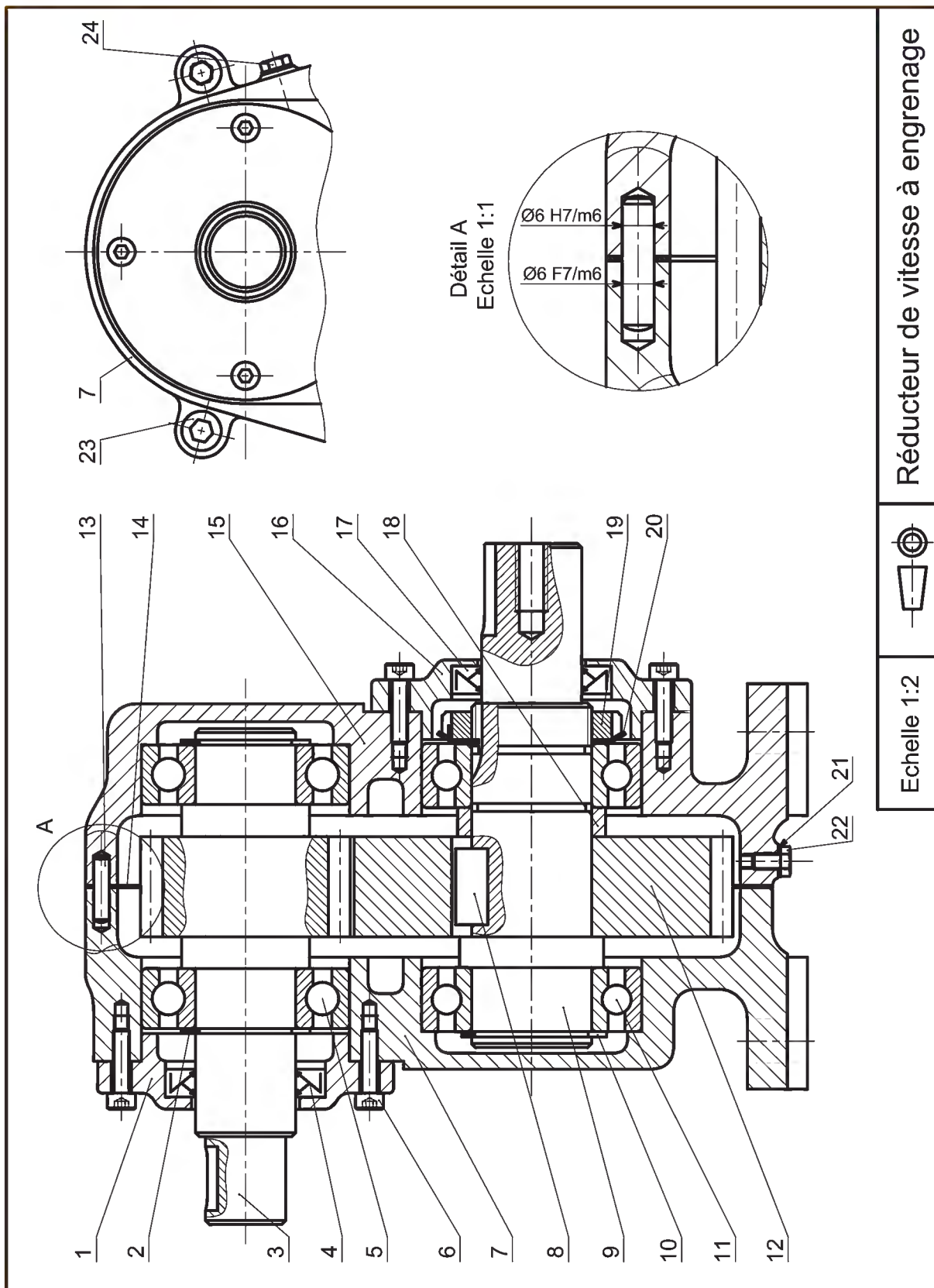
Support d'étude : Réducteur à engrenage

1- Fonctionnement : (voir le dessin d'ensemble à la page suivante)

Etant lié à l'arbre moteur, le pignon arbré (3), transmet son mouvement de rotation à une vitesse réduite à l'arbre de sortie (9) à l'aide de la roue dentée (12).



Réducteur à engrenage en 3D éclaté

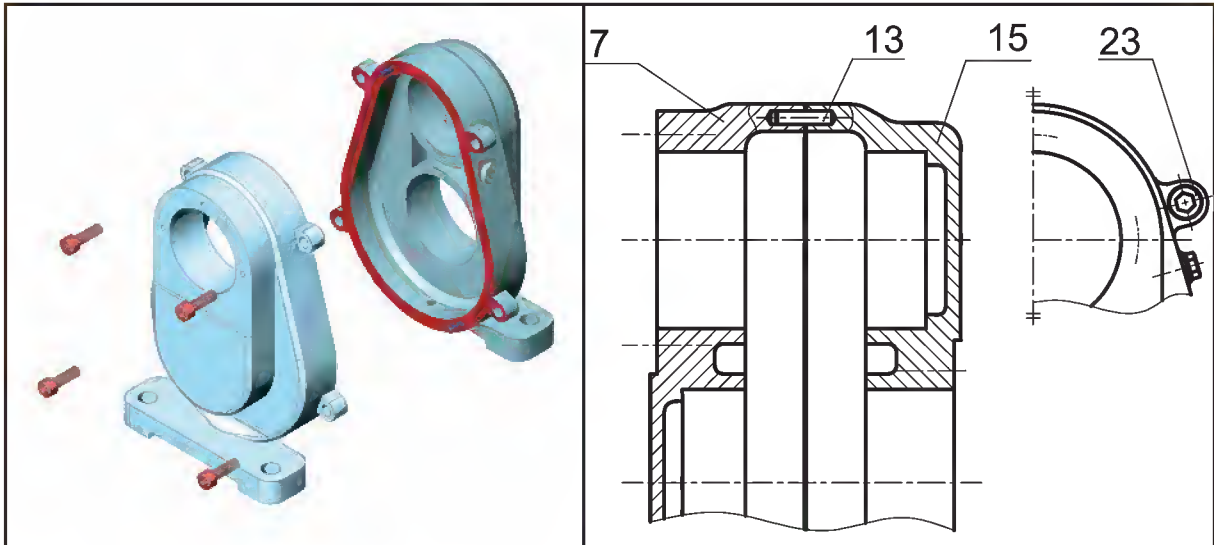


24	1	Bouchon de remplissage	S235	
23	4	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762 M5-24		
22	1	Bouchon de vidange	S235	
21	1	Joint circulaire type A -6		
20	1	Rondelle frein type MB-40		
19	1	Ecrou à encoches type KM- M40		
18	1	Bague entretoise	S235	
17	1	Joint à lèvres type AS, 34x52x10		
16	1	Couvercle	EN GJL 200	
15	1	Demi-carter droit	EN GJL 200	
14	1	Joint plat		
13	2	Pied de centrage	C60	
12	1	Roue dentée	C35	
11	2	Roulement à une rangée de billes a contact radial		
10	1	Anneau élastique pour arbre 32-2		
9	1	Arbre de sortie	C35	
8	1	Clavette parallèle, forme A 10x8x26		
7	1	Demi-carter gauche	EN GJL200	
6	8	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762 M6-24		
5	2	Roulement à une rangée de billes a contact radial		
4	1	Joint à lèvres type AS, 32x52x8		
3	1	Pignon arbré	C35	
2	2	Anneau élastique pour arbre		
1	1	Couvercle	EN GJL200	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs.
RÉDUCTEUR DE VITESSE À ENGRENAGE				

2- Etude des liaisons :

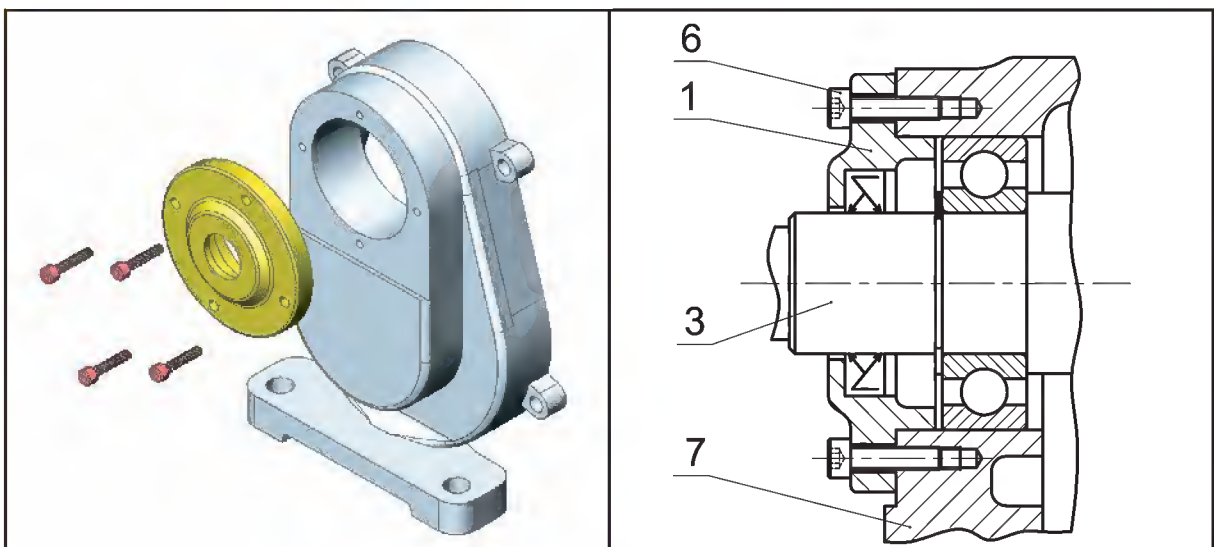
Dans cette partie, l'étude concerne les liaisons fixes (ou liaisons «encastrement»).

a- Liaison des deux demi-carter (7) et (15)



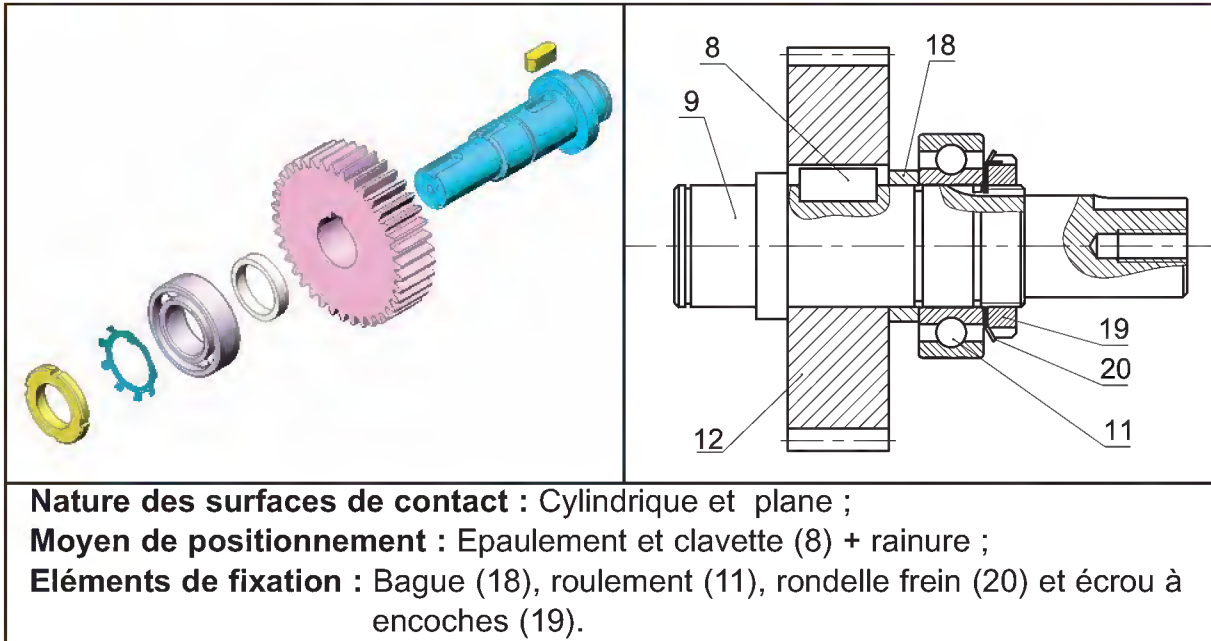
Nature des surfaces de contact : Plane ;
Moyen de positionnement : 2 pieds de centrage (13) ;
Éléments de fixation : 4 Vis (23).

b- Liaison du couvercle (1) avec le demi-carter (7)



Nature des surfaces de contact : Plane et cylindrique ;
Moyen de positionnement : Centrage court ;
Éléments de fixation : 4 Vis (6).

c- Liaison de la roue dentée (12) avec l'arbre de sortie (9)



d- Conclusion :

Les liaisons encastrement étudiées font appel à des solutions constructives diverses. Chacune d'elle est obtenue par :

- une mise en position;
- un maintien en position.

La mise en position consiste à mettre en contact une ou plusieurs surfaces dans le but de supprimer des degrés de liberté. Elle peut être assurée par l'une des solutions suivantes :

- des surfaces de contact principalement planes et deux pieds de positionnement;
- des surfaces de contact principalement planes et un centrage court;
- des surfaces principalement cylindriques.

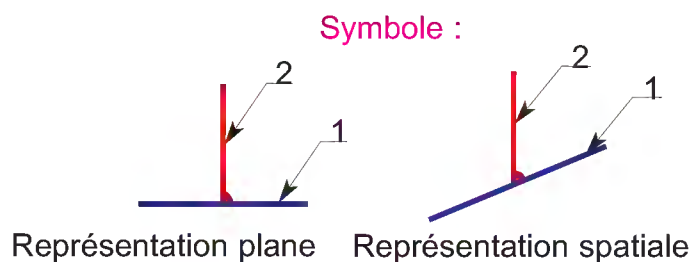
Le maintien en position consiste à utiliser une solution technologique évitant le démontage spontané des éléments assemblés.

3- Les assemblages :

3-1 Définition :

Le terme assemblage désigne les solutions constructives qui réalisent une liaison encastrement.

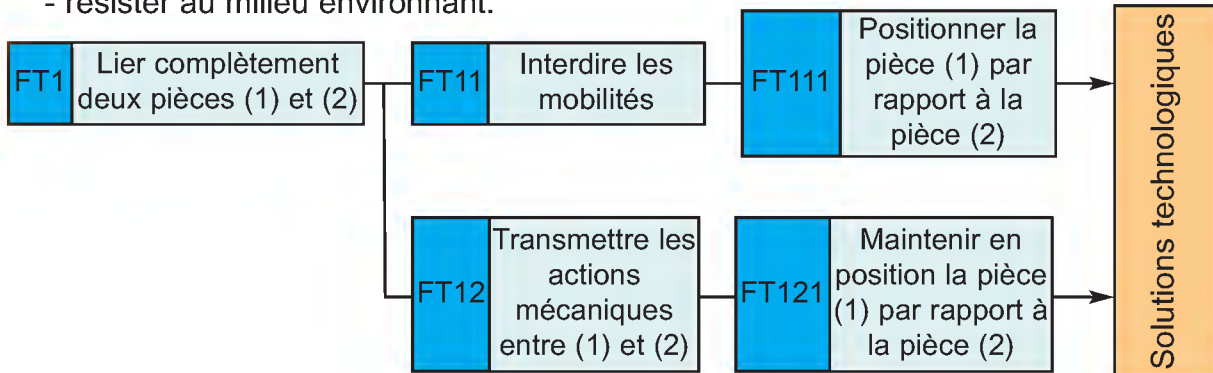
Une liaison encastrement est une liaison complète qui consiste à immobiliser deux (ou plusieurs) pièces l'une par rapport à l'autre.



3-2 Fonctions assurées par un assemblage :

Pour réaliser une liaison encastrement entre deux pièces d'un mécanisme, la solution constructive choisie doit assurer en phase « utilisation » les fonctions suivantes :

- positionner et maintenir de façon stable les deux pièces entre elles ;
- transmettre les actions mécaniques ;
- résister au milieu environnant.



3-3 Indicateurs de qualité d'un assemblage :

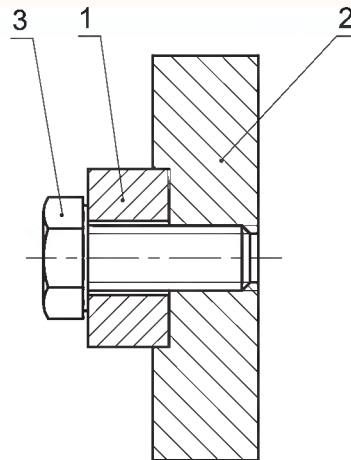
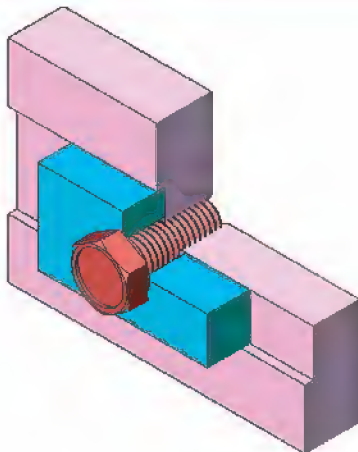
Le choix d'une solution constructive associée à un assemblage se fonde sur les indicateurs principaux suivants :

- degré de précision de la mise en position;
- intensité des actions mécaniques transmissibles ;
- fiabilité ;
- maintenabilité ;
- encombrement ;
- esthétique ;
- coût.

4- Exemples de solutions constructives d'un assemblage :

4-1 Assemblage par obstacles :

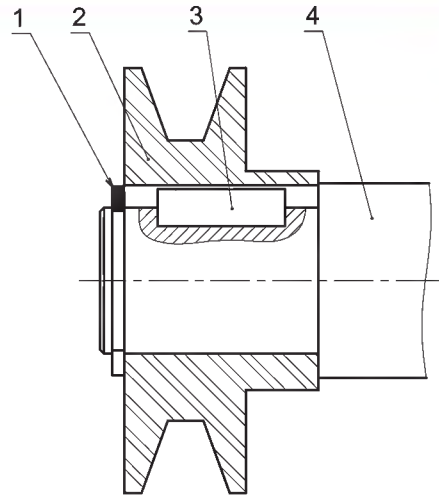
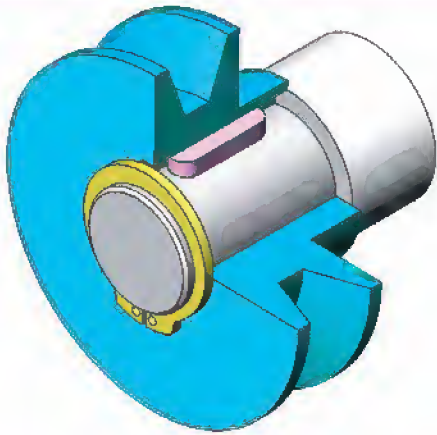
Exemple 1: Assemblage des pièces (1) et (2)



Mise en position : Surfaces de contact : Planes.

Maintien en position : Vis (3).

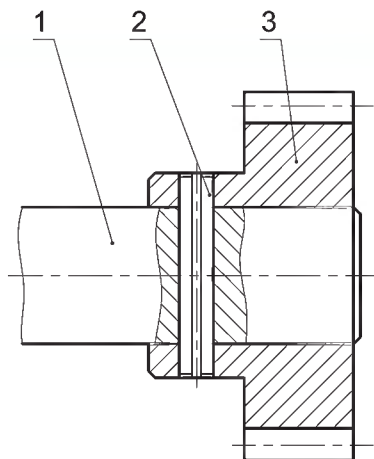
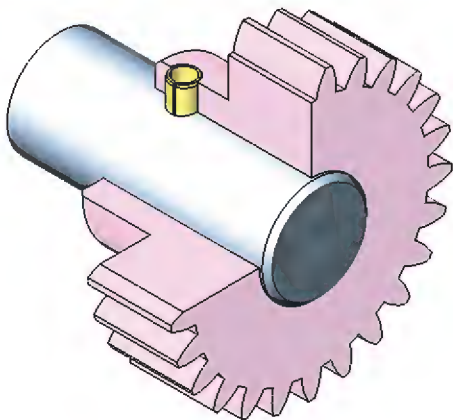
Exemple 2 : Poulie (2) en bout de l'arbre (4)



Mise en position : Surfaces de contact : Cylindrique, plane (épaulement et clavette + rainure);

Maintien en position : Anneau élastique.

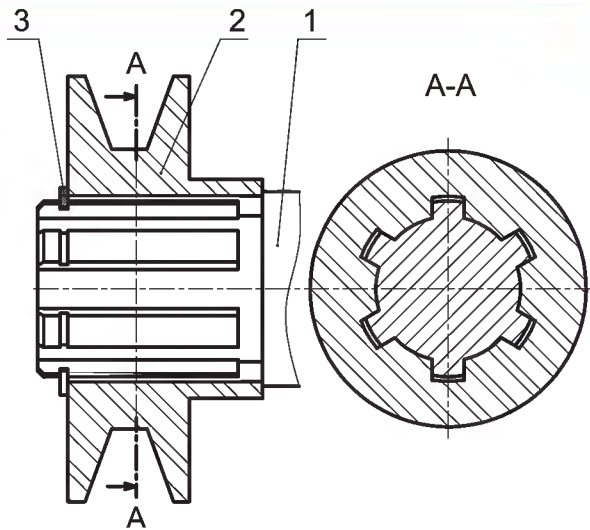
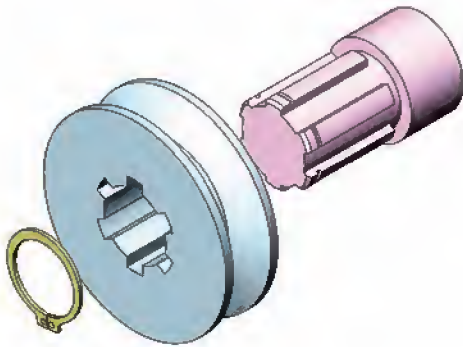
Exemple 3 : Roue (3) en bout d'arbre(1)



Mise en position : Surfaces de contact : Cylindrique.

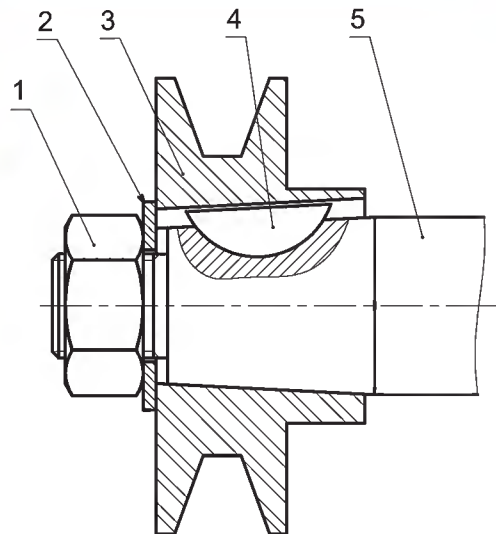
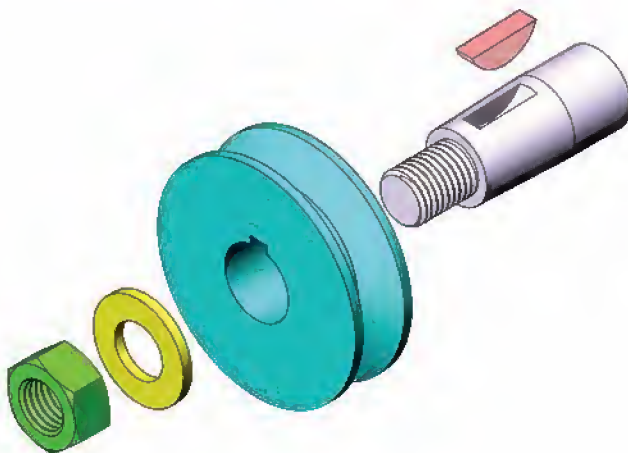
Maintien en position : Goupille élastique.

Exemple 4 : Poulie (2) en bout d'arbre (1)



Mise en position : Surfaces de contact :Cylindrique, plane (épaulement et cannelures + rainures);
Maintien en position : Anneau élastique.

Exemple 5 : Poulie (3) en bout de l'arbre (5)

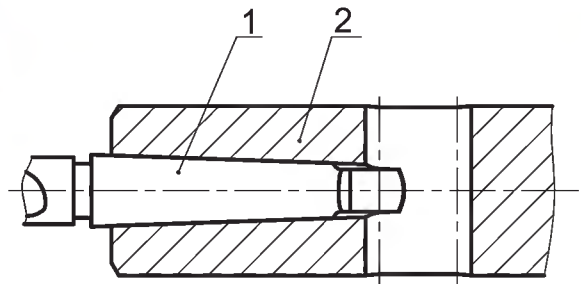


Mise en position : Surfaces de contact : conique, plane (clavette(4) + rainure);
Maintien en position : Rondelle (2) et écrou (1) .

4-2 Assemblage par adhérence :

a- Par coincement :

Exemple : liaison du foret de perçage (1) avec la broche (2)



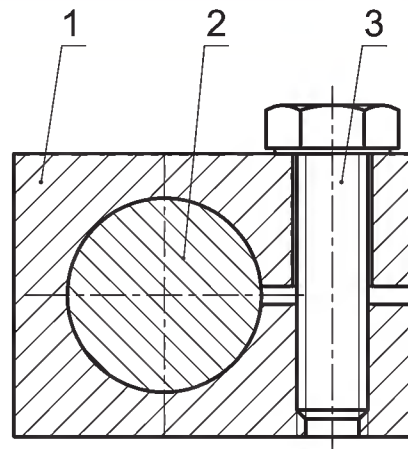
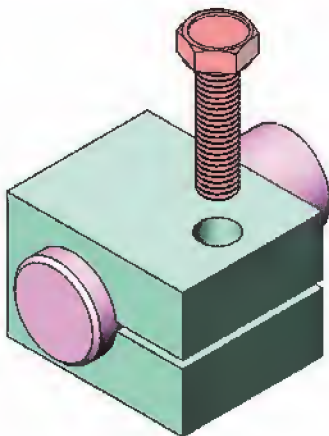
Mise en position : Surfaces de contact : conique.

Maintien en position : l'adhérence.

b- Par pincement :

Exemple 1 : Liaison de l'axe (2) avec la pièce (1) (Déformation de la pièce (1))

Exemple d'utilisation : - Fixation de la table d'une perceuse sur la colonne;
- Fixation du comparateur sur le socle...

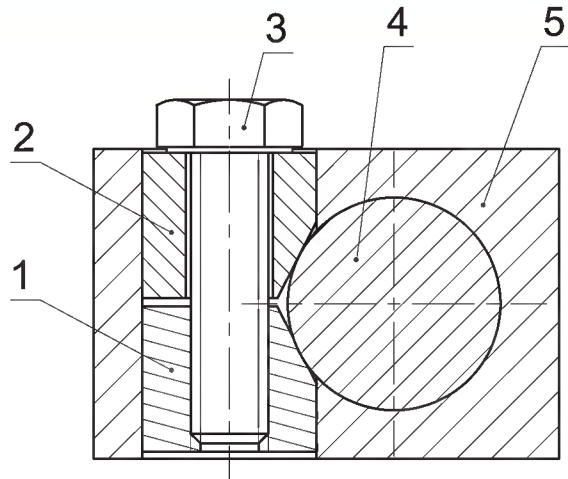
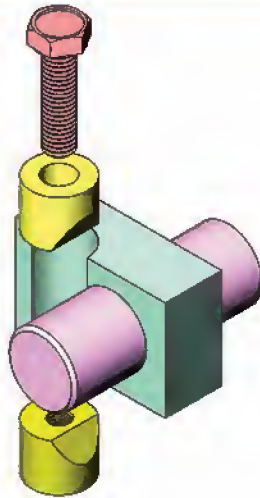


Mise en position : Surfaces de contact : cylindrique

Maintien en position : l'adhérence .

Exemple 2 : liaison de l'axe (4) avec la pièce (5)

Exemple d'utilisation : Poupée mobile d'un tour



Mise en position : Surfaces de contact : cylindrique

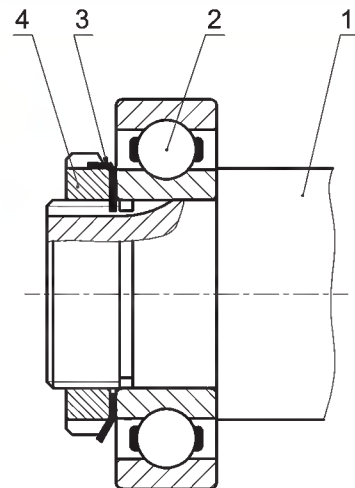
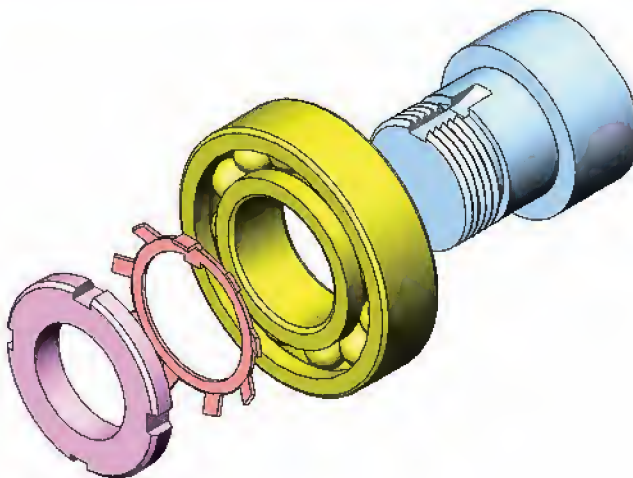
Maintien en position : l'adhérence

5- La fiabilité des assemblages démontables :

Problème : Lorsqu'un assemblage vissé est soumis aux chocs ou à des vibrations, il y a risque de desserrage du fait du jeu existant entre la vis et l'écrou.

La fiabilité consiste à s'assurer que l'élément de maintien en position ne se desserrera pas.

Montage du roulement (2) sur l'arbre (1)



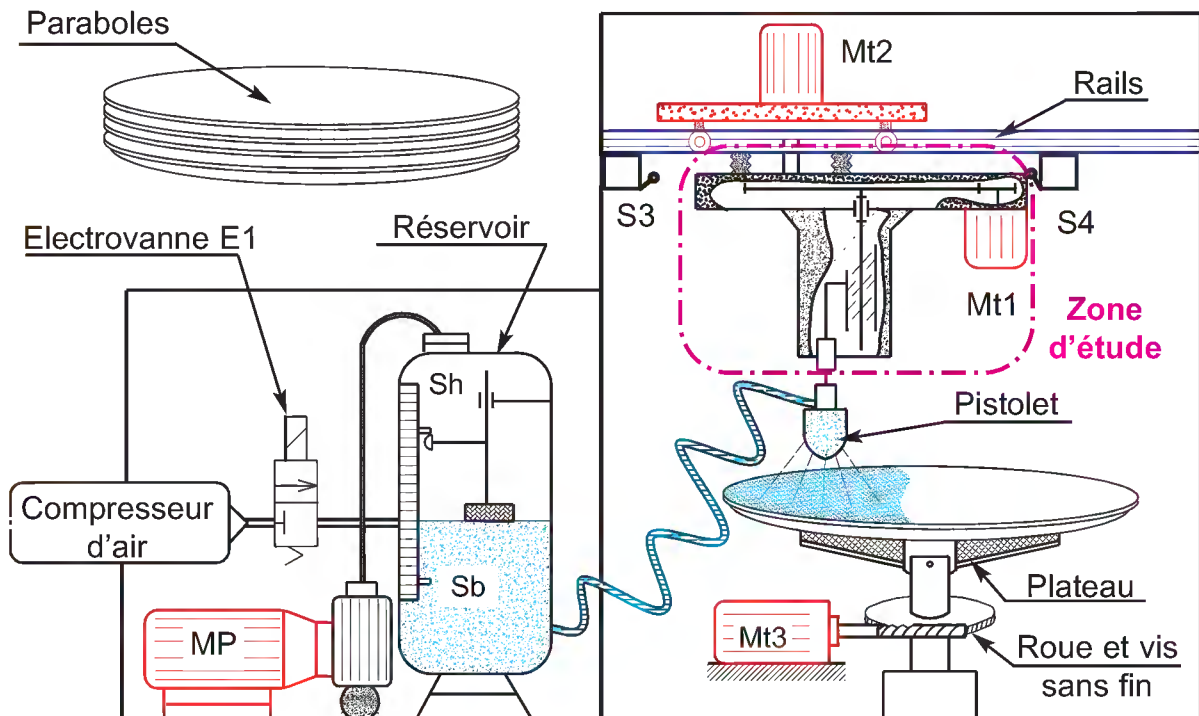
L'élément de maintien en position (l'écrou à encoches (4)) est freiné par la rondelle frein (3).

Consolidation des connaissances

Système d'étude : Poste automatique de peinture de paraboles

1- Présentation

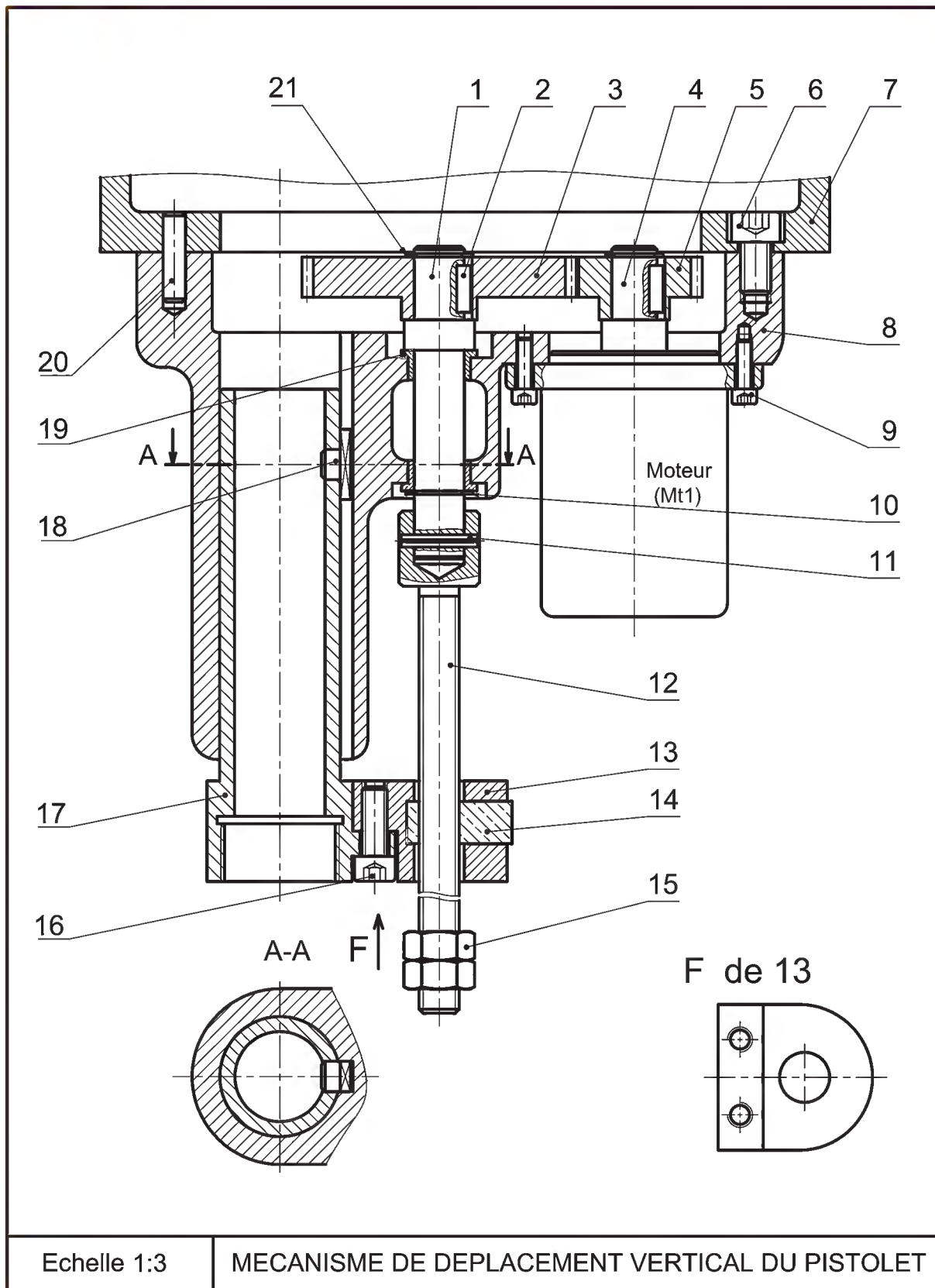
La figure ci-dessous représente le schéma de principe d'un poste automatique de peinture de paraboles. Il permet d'appliquer deux couches de peinture sur la face concave des paraboles.



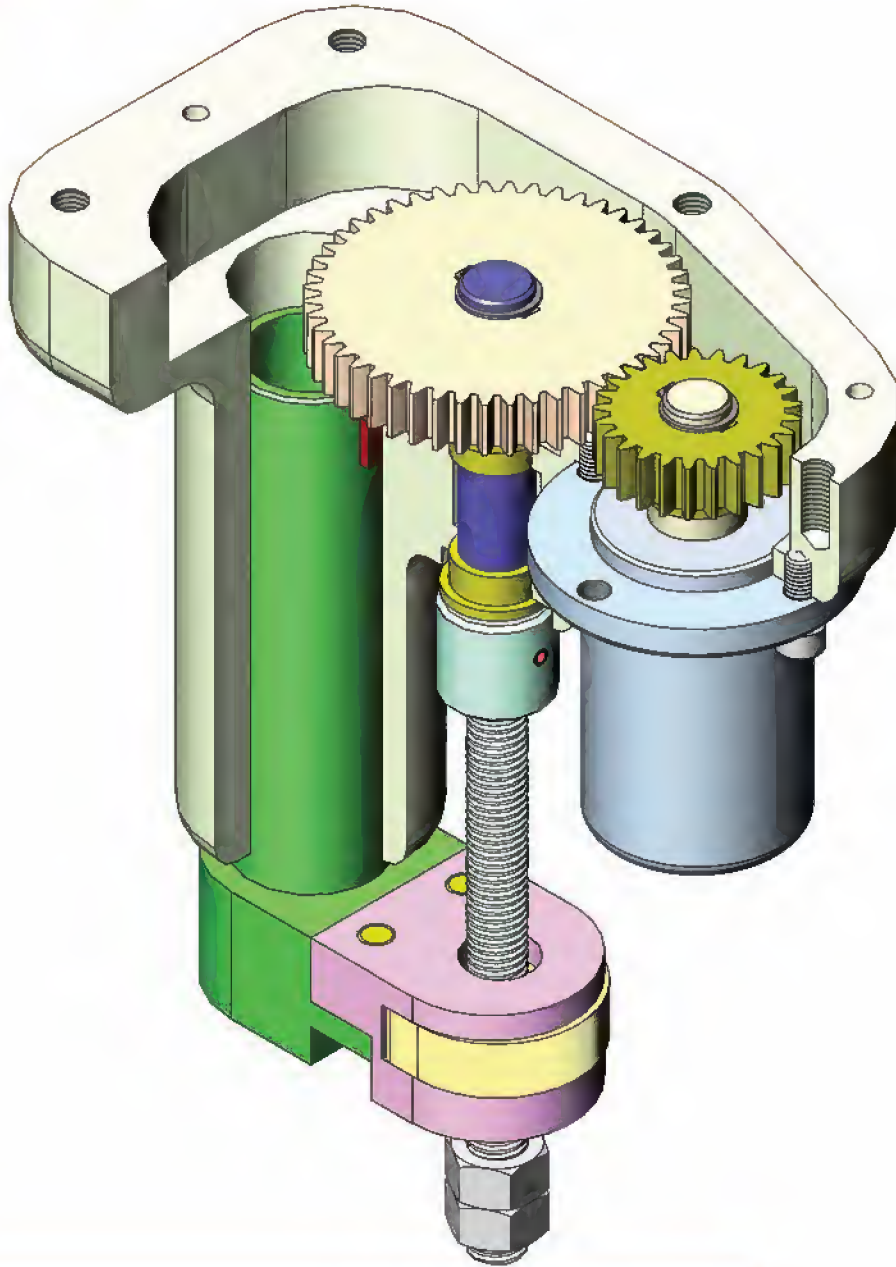
2- Description

Le système ci-dessus est constitué par :

- Un compresseur entraîné par un moteur électrique Mt (non représenté). Il est déclenché et interrompu automatiquement en fonction de la pression dans le réservoir. Il est équipé d'un contacteur manométrique permettant de limiter la pression entre 6 et 8 bars.
- Un réservoir contenant le produit de peinture (niveau fixé par deux positions) :
Sb = 1 «niveau minimal» et Sh = 1 «réservoir plein»
- Une moto-pompe MP pour le remplissage du réservoir
- Une électrovanne E1 pour la commande de l'air comprimé
- Un moteur électrique Mt1 à deux sens de rotation muni d'un réducteur de vitesse assurant le déplacement vertical du pistolet.
- Un moteur électrique Mt2 à deux sens de rotation assurant le déplacement horizontal du pistolet.
- Un moteur électrique Mt3 à vitesse réglable assurant la rotation du plateau, sur lequel on place les paraboles. Ce moteur est muni d'un réducteur de vitesse à roue et vis sans fin.
- L'étude portera sur le mécanisme de déplacement vertical du pistolet.



20	2	Goupille de centrage ISO 8734 -8-30-A	C60	
19	2	Coussinet	CuSn8	
18	1	Clavette à ergot	C60	
17	1	Fourreau	C35	
16	2	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762 M8-24		
15	2	Ecrou hexagonal ISO 4032 M14-08		
14	1	Ecrou spécial	CuSn8	
13	1	Chape	C35	
12	1	Vis d'entraînement	C35	
11	1	Goupille élastique ISO 8752	C60	
10	1	Anneau élastique pour arbre 18-1		
9	4	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762 M 5-16		
8	1	Carter	EN GJL200	
7	1	Corps	EN GJL200	
6	6	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762 M10-20		
5	1	Pignon	C35	
4	1	Arbre moteur	C35	
3	1	Roue dentée	C35	
2	1	Clavette parallèle, forme A 5x5x16	C35	
1	1	Arbre de sortie	C35	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs.
MÉCANISME DE DÉPLACEMENT VERTICAL DU PISTOLET				



Mécanisme de déplacement vertical du pistolet en 3D

Travail demandé :

En se référant au dessin d'ensemble du mécanisme de déplacement vertical du pistolet :

a- Chercher les classes d'équivalence:

A = { 4;

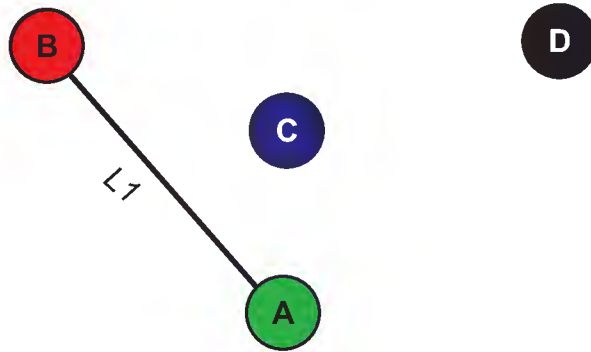
B = { 8;

C = { 1;

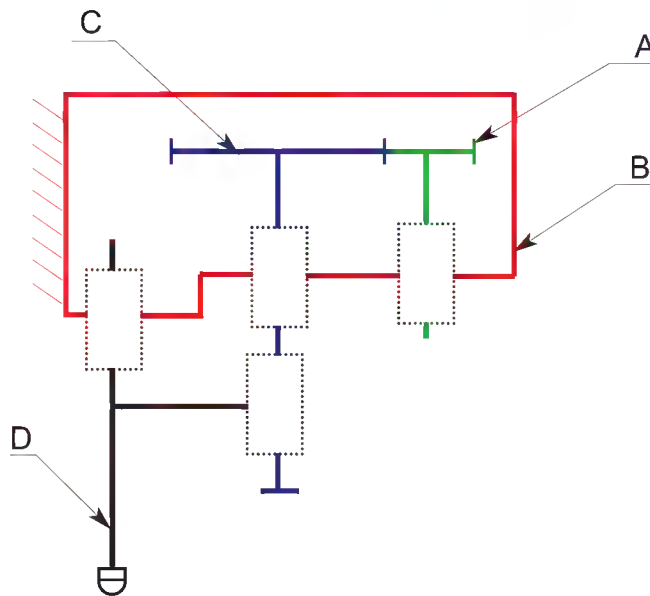
D = { 17;

b- Compléter le graphe des liaisons et désigner les liaisons entre les différentes classes d'équivalence :

- L1 : Liaison pivot
- L2 : Liaison.....
- L3 : Liaison
- L4 : Liaison
- L5: Liaison



c- Compléter le schéma cinématique:



d- Analyse de l'assemblage du moteur électrique et le corps (8) :
Compléter le tableau suivant :

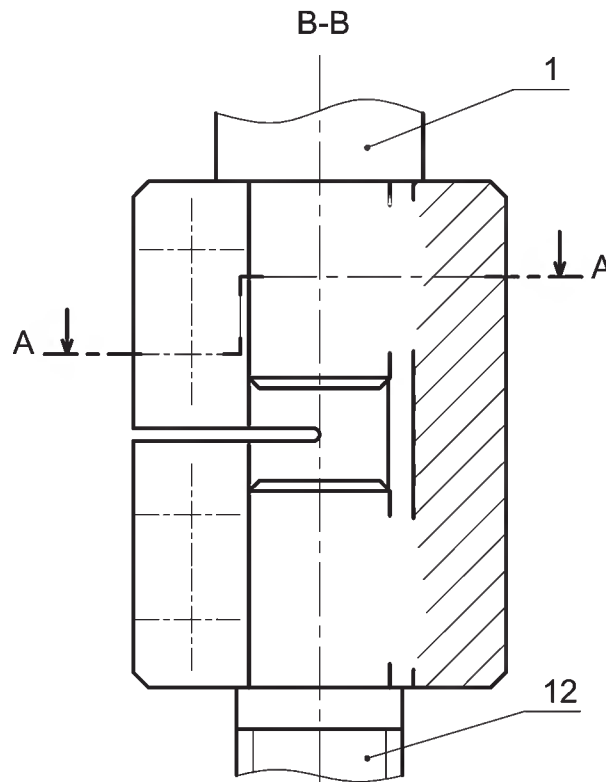
	Surfaces de mise en position	Éléments de maintien en position	Ajustements
Assemblage du moteur électrique et le corps (8)

e- Modification d'une solution

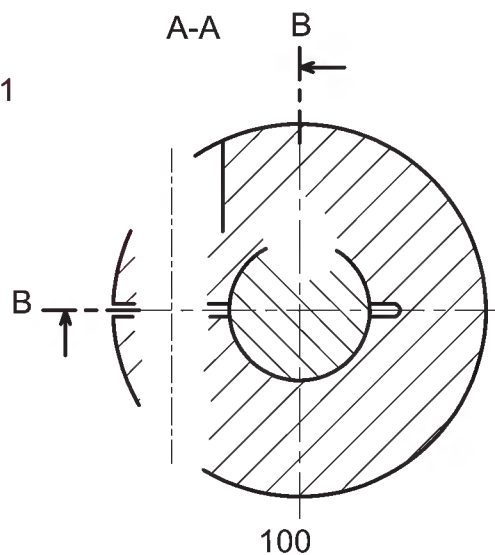
La liaison encastrement de la vis d'entraînement (12) avec l'arbre de sortie (1) est assurée par la goupille élastique (11). En vue d'améliorer cette liaison on se propose d'interposer un accouplement rigide.

On demande de compléter le dessin de la solution proposée par :

- l'arrêt en rotation de l'arbre (1) et la vis d'entraînement (12) par deux clavettes parallèles, forme A, 4x4x12
- le pincement de (1) et (12) par 4 vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762 M4-15



Echelle 1:1



Corrigé

a- Les classes d'équivalence :

$$A = \{ 4, 5 \}$$

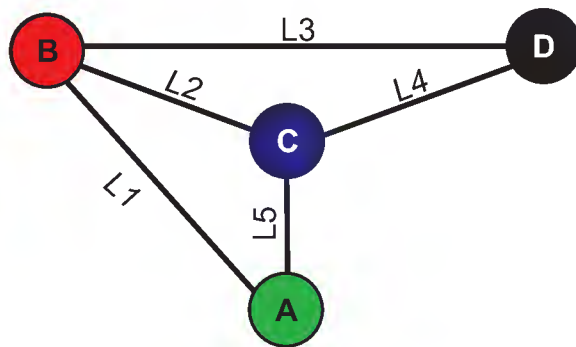
$$B = \{ 8, 6, 7, 9, 19, 20 \}$$

$$C = \{ 2, 1, 3, 10, 11, 12, 15 \}$$

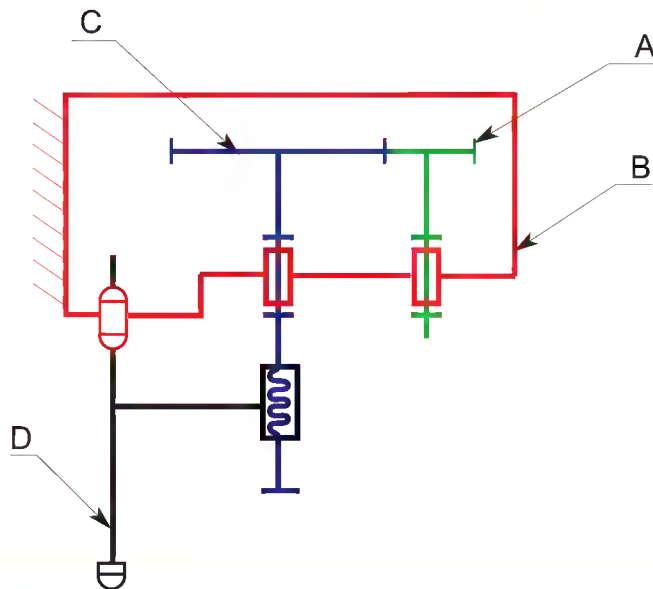
$$D = \{ 17, 13, 14, 16, 18 \}$$

b- Le graphe des liaisons et la désignation des liaisons entre les différentes classes d'équivalence:

L1 : Liaison pivot
L2 : Liaison pivot
L3 : Liaison glissière
L4 : Liaison hélicoïdale
L5 : Liaison linéaire rectiligne



c- Schéma cinématique du mécanisme de déplacement vertical du pistolet :



d- Analyse de l'assemblage du moteur électrique et le corps (8) :

Assemblage du moteur électrique et le corps (8)	Surfaces de mise en position	Éléments de maintien en position	Ajustements
	- Plan - Centrage court	4 Vis (9)	Ø56 H7/h6 ou Ø56 H7/g6

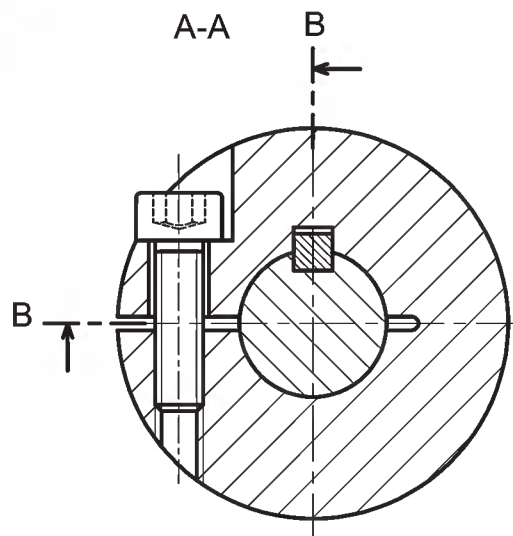
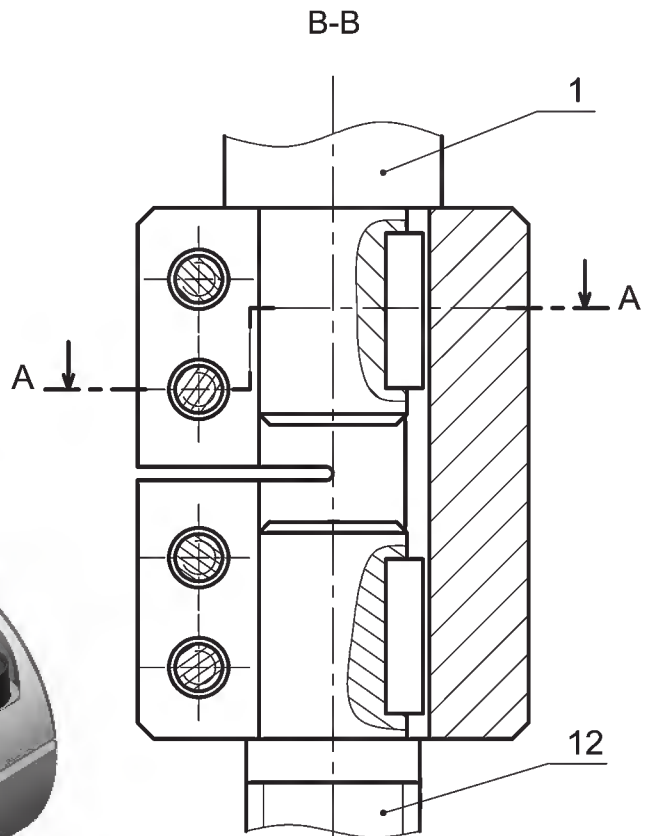
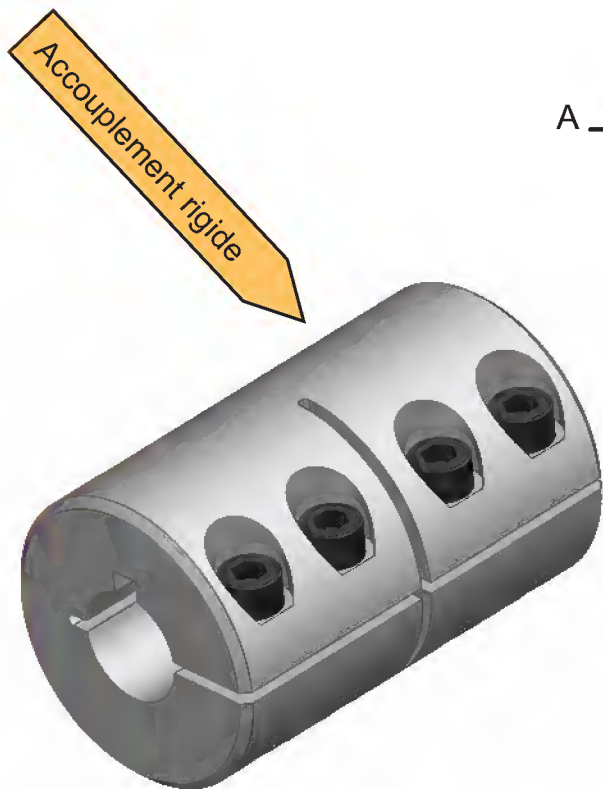
e- Modification d'une solution

Assemblage réalisé par un accouplement rigide.

Fonctions assurées

- arrêt en rotation de l'arbre (1) et la vis d'entraînement (12) par deux clavettes parallèles, forme A, 4x4x12

- pincement par 4 vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762 M4-15



Echelle 1:1

Evaluation

Système d'étude : Mécanisme de commande du module de pose de ruban adhésif

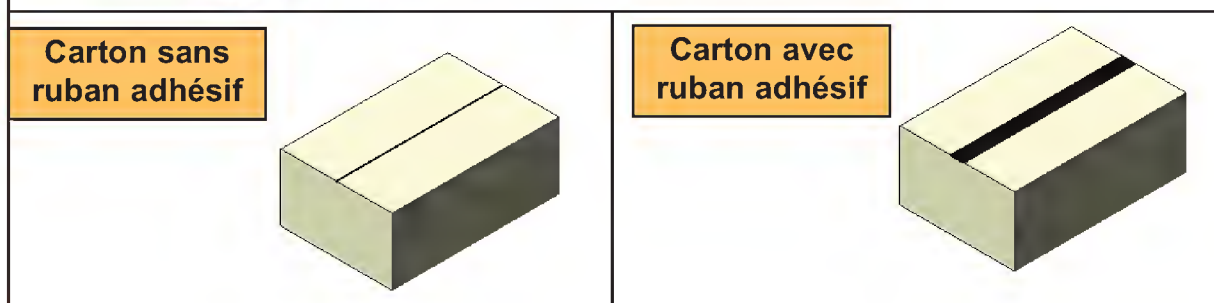
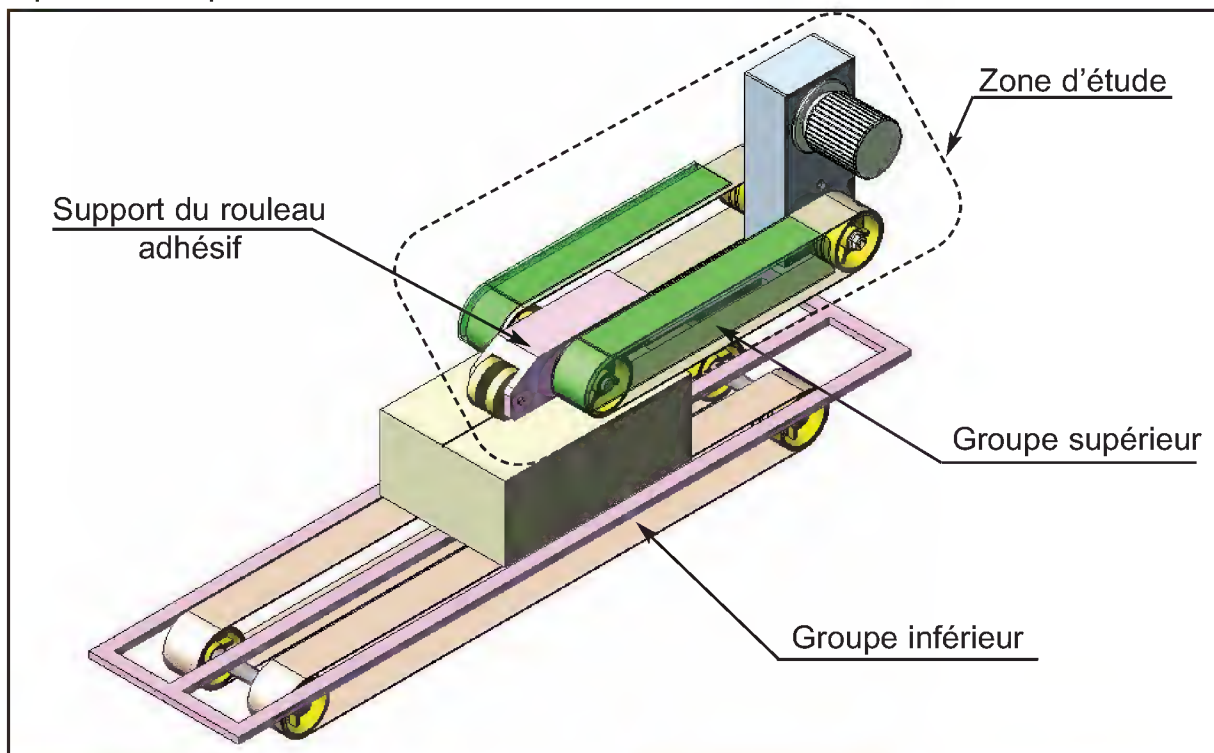
Description :

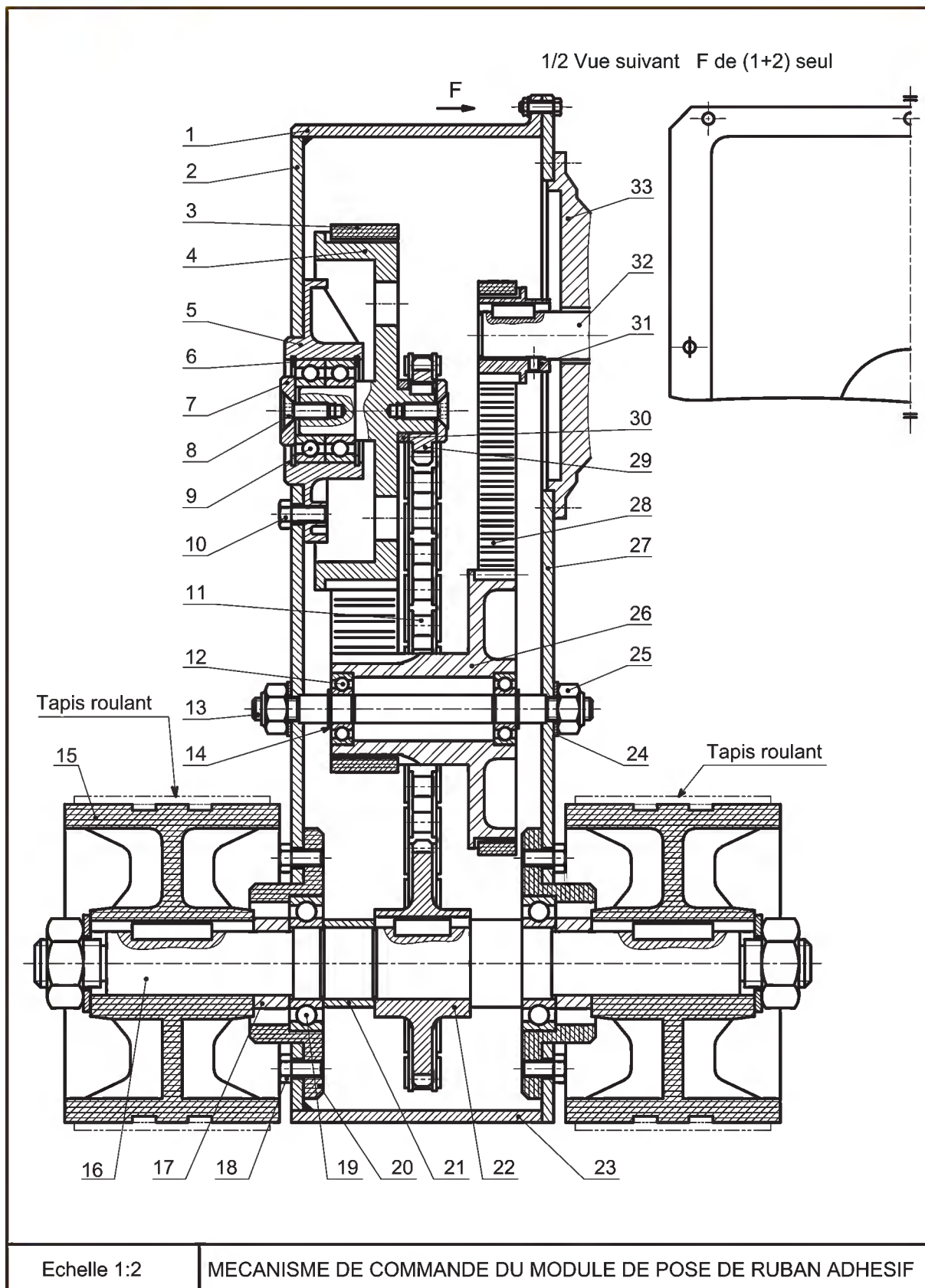
La figure ci-dessous représente partiellement le sous-système «module de pose de ruban adhésif» utilisé dans une chaîne de fabrication de biscuits.

Le module est formé principalement :

- d'un groupe supérieur formé par deux tapis roulants agissant sur la face supérieure du carton. Ce groupe est commandé en mouvement en translation grâce à un vérin non représenté.
- d'un groupe inférieur formé aussi par deux tapis roulants permettant d'avancer le carton en agissant sur sa face inférieure.
- d'un support de rouleau de ruban adhésif.

Après l'encaissage des paquets de biscuit dans le carton et la fermeture de celui-ci (rabattement des volets supérieurs), ce dernier est entraîné par les quatre tapis roulants pour être définitivement fermé à l'aide d'un ruban adhésif.





33	1	Carter du moteur	EN GJL 200	
32	1	Arbre moteur	C35	
31	1	Pignon	EN AW-2017	
30	1	Bague	C35	
29	1	Pignon chaîne	C35	
28	1	Courroie crantée		
27	1	Carter droit	S235	
26	1	Roue dentée	EN AW-2017	
25	2	Ecrou hexagonal		
24	2	Rondelle plate		
23	1	Carter inférieur		
22	1	Roue de chaîne	C35	
21	1	Bague entretoise	C35	
20	1	Boîtier	plastique	
19	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
18	8	Vis à tête hexagonale ISO 4014 M4-12		
17	2	Bague entretoise	C35	
16	1	Arbre de sortie	C35	
15	2	Rouleau	plastique	
14	2	Anneau élastique pour arbre 8x1		
13	1	Arbre intermédiaire	C35	
12	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial	100Cr6	
11	1	Chaîne		
10	3	Vis à tête hexagonale ISO 4014 M 5-12		
9	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial	100Cr6	
8	1	Vis à tête fraisée plate fendue ISO 2010 M6-15		
7	1	Rondelle spéciale	S235	
6	2	Anneau élastique pour alésage 32x1,5		
5	1	Boîtier	EN GJL 200	
4	1	Roue arbrée	C35	
3	1	Courroie crantée		
2	1	Carter gauche	S235	
1	1	Carter supérieur	S235	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs.
MÉCANISME DE COMMANDE DU MODULE DE POSE DE RUBAN ADHÉSIF				

Travail demandé :

En se référant au dessin d'ensemble du mécanisme de commande du module de pose de ruban adhésif :

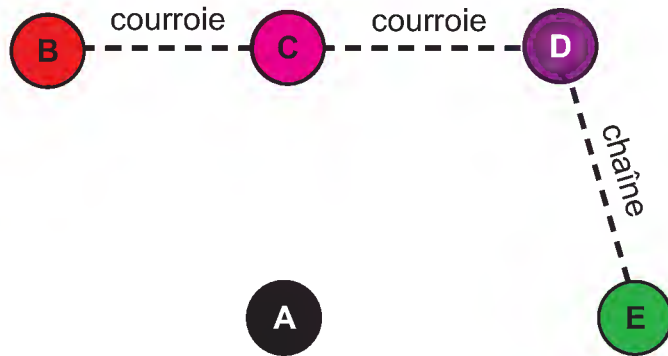
a- Etude des liaisons

– Chercher les classes d'équivalence:

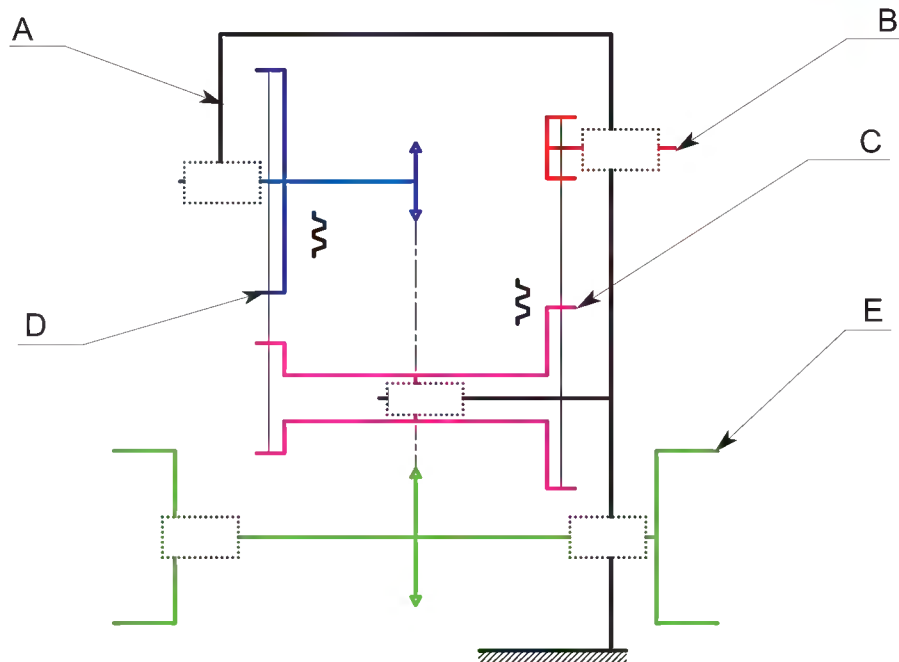
- A = {1,}
- B = {32,}
- C = {26,}
- D = {4,}
- E = {15,}

– Compléter le graphe des liaisons et désigner les liaisons entre les différentes classes d'équivalence :

- L1 : Liaison
- L2 : Liaison
- L3 : Liaison
- L4 : Liaison



– Compléter le schéma cinématique:



b- Etude cinématique de la transmission :

- la vitesse de rotation de l'arbre moteur (32) : $N_{32} = 1400$ tr/min
- les nombres de dents :

Pièces	Nombre de dents Z
4	$Z_4 = 40$
22	$Z_{22} = 28$
26	$Z_{26a} = 12$ et $Z_{26b} = 32$
29	$Z_{29} = 8$
31	$Z_{31} = 11$

- Calculer le rapport de réduction R entre l'arbre moteur (32) et le rouleur (15):

.....

.....

.....

- Calculer la vitesse de rotation du rouleur (15): N_{15}

.....

.....

.....

c- Analyse des assemblages :

Compléter le tableau suivant :

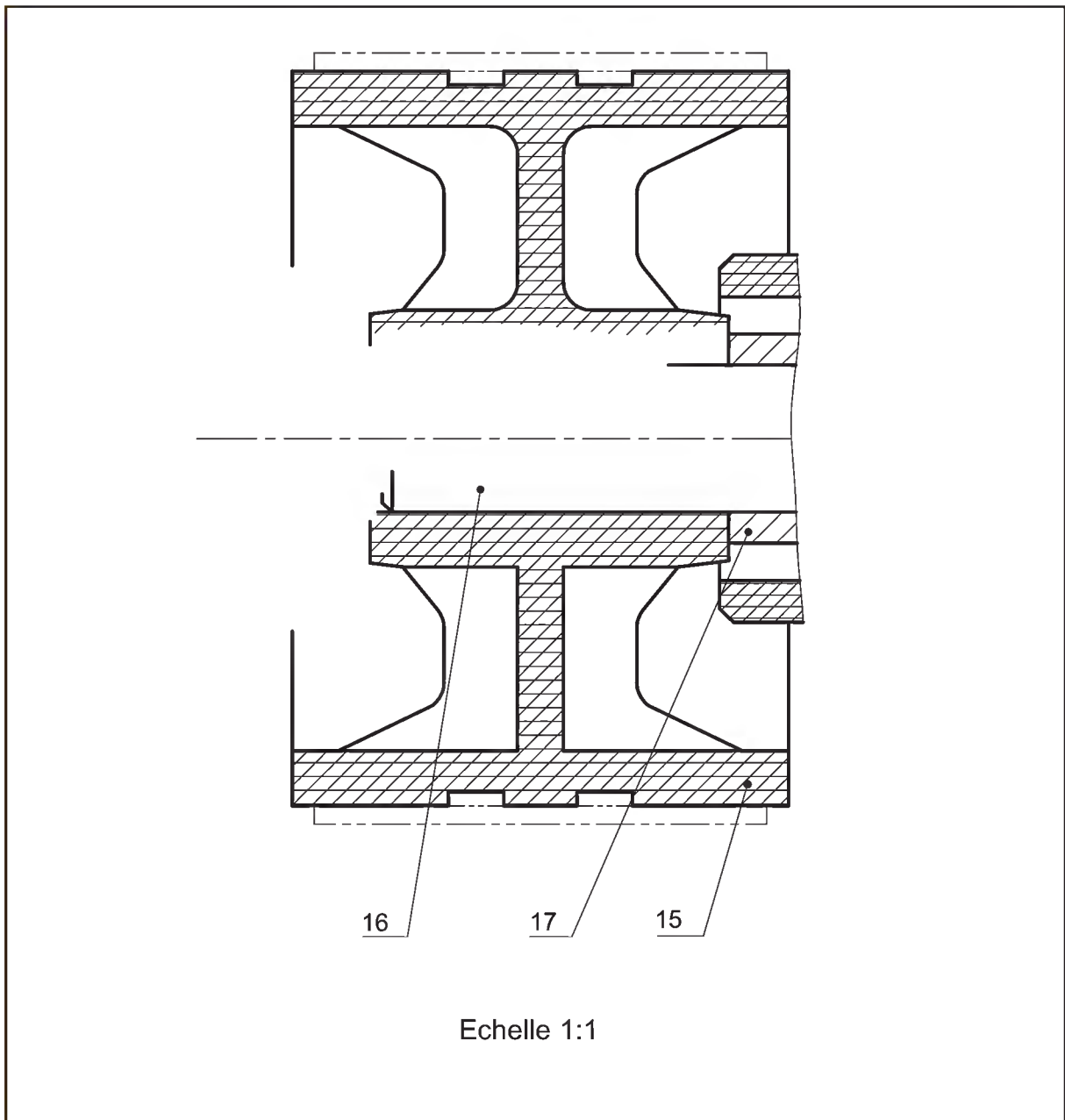
	Surfaces de mise en position	Eléments de maintien en position	Ajustements
Assemblage du boîtier (5) avec le carter (2)
Assemblage du pignon (31) avec l'arbre moteur (32)

6- Modification d'une solution

Les extrémités filetées de l'arbre de sortie (16) et les écrous dépassent nettement les rouleaux, ce qui contrarie les normes de sécurité.

On demande de changer la solution proposée par une vis à tête hexagonale ISO 4014 M8-25 et une rondelle plate ISO 10673 type LL - 8.

La solution pour l'arrêt en rotation du rouleau sera conservée (clavettes parallèles, forme A, 6x6x25).



Rappel

La solution constructive qui réalise une liaison pivot est appelée **guidage en rotation**.

1- Fonctions à assurer

Pour établir un guidage en rotation entre deux pièces d'un mécanisme, la solution constructive adoptée doit assurer les fonctions suivantes :

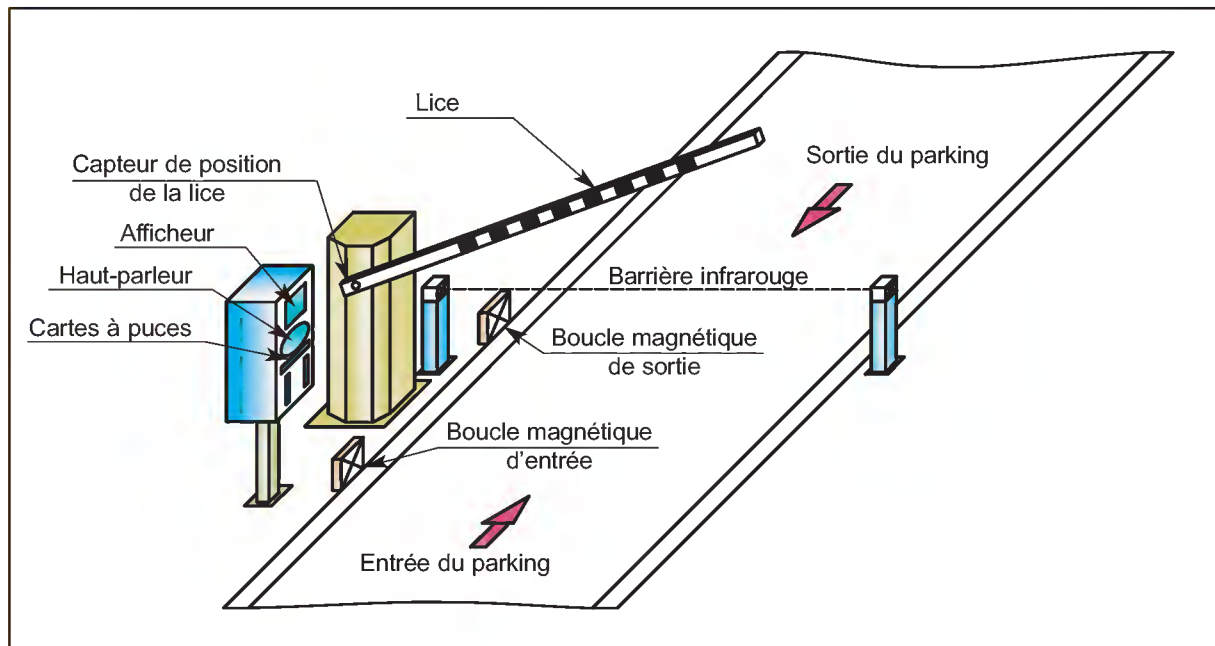
- > Positionner les deux pièces entre elles;
- > Permettre un mouvement relatif de rotation autour d'un axe;
- > Transmettre les efforts;
- > Résister au milieu environnant.

2- Moyens de mise en œuvre d'un guidage en rotation :

Système : Contrôleur d'accès de parking

2-1 Mise en situation :

La figure ci-dessous représente le système d'accès d'un parc de stationnement dont le contrôle est assuré automatiquement. Le dessin d'ensemble de la page suivante représente le mécanisme de commande de la lice.

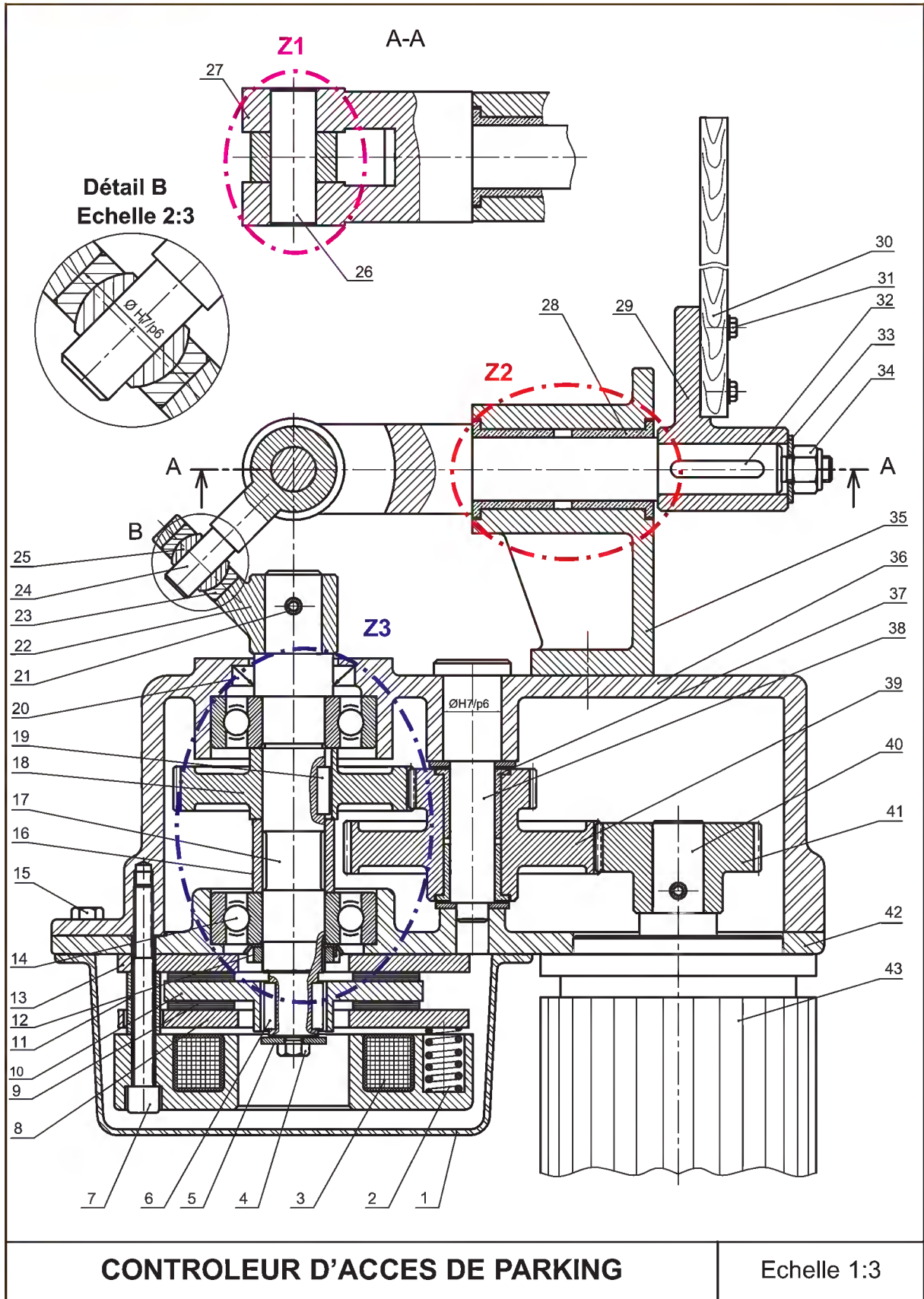


2-2 Description du fonctionnement du mécanisme de commande de la lice :

La lice effectue une rotation alternative d'amplitude 90° .

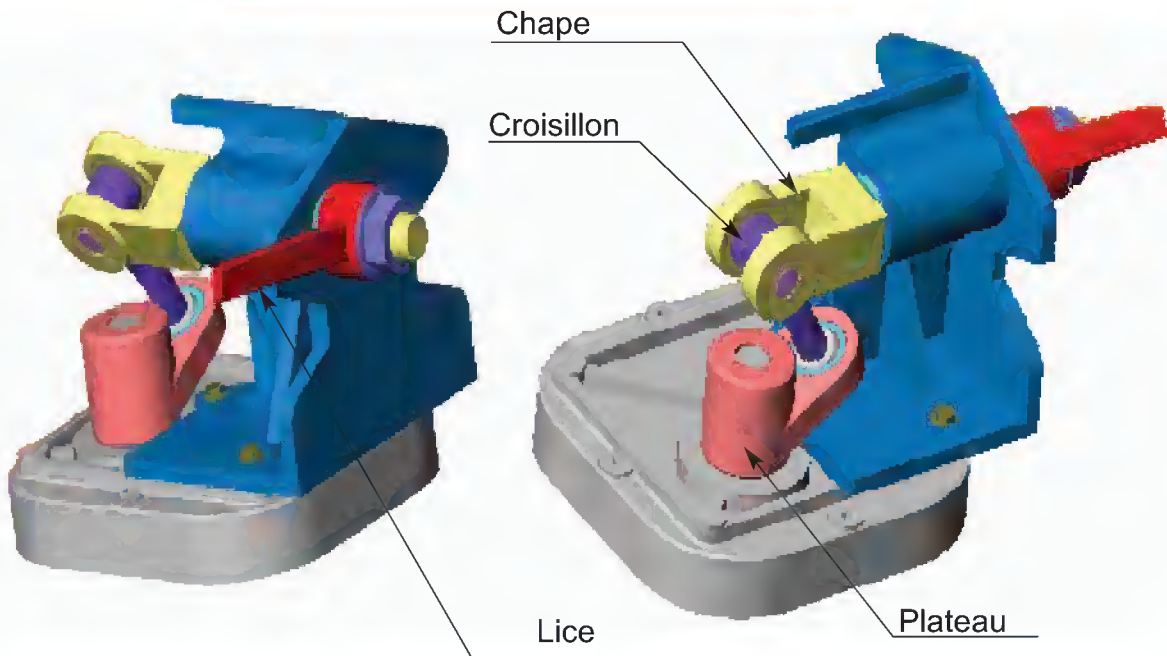
Le mécanisme assurant ce mouvement est constitué :

- d'un moteur à courant continu (43);
- d'un réducteur à engrenages;
- d'un renvoie d'angle spécifique (21, 22, 23, 24, 25).
- d'un frein électro-magnétique qui assure le maintien de la lice en position haute pendant le passage d'un véhicule.



43	1	Moteur		
42	1	Boitier	AlCu4MgTi	
41	1	Pignon	C35	
40	1	Arbre moteur	C35	
39	1	Roue dentée double	C35	
38	1	Axe	C35	
37	2	Coussinet	CuSn8	
36	1	Bâti	AlCu4MgTi	
35	1	Support	EN-GJL-200	
34	1	Ecrou hexagonal auto-freiné ISO 7040-M10		
33	1	Rondelle plate ISO 10673 type N 8	C35	
32	1	Clavette parallèle forme A 6x6x30		
31	4	Vis à tête hexagonale ISO 4014 M5-20	C 60	
30	1	Lice	C 60	
29	1	Disque	EN-GJL-200	
28	2	Coussinet	CuSn8	
27	1	Chape	C 35	
26	1	Axe	C35	
25	1	Rotule	C35	
24	1	Croisillon	C35	
23	1	Cage rotule	C 35	
22	1	Plateau	C30	
21	2	Goupille élastique ISO8752-6x20	60SiCr7	
20	1	Joint à lèvres type A 32x48x8	S 275	
19	1	Clavette parallèle forme A 5x5x20	C 35	
18	1	Roue dentée	C 35	
17	1	Arbre	C60	
16	1	Bague	C30	
15	3	Vis à tête hexagonale ISO 4014 M6-16		
14	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial	100Cr6	
13	1	Plateau fixe	C60	
12	1	Ecrou à encoches ISO 2982-24	S 235	
11	3	Douille	C30	
10	1	Plateau intermédiaire	C30	
9	2	Garniture	Férodo	
8	1	Plateau mobile	C 60	
7	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO4762 M8-80		
6	2	Clavette parallèle forme A 4x4x16	C35	
5	1	Rondelle plate ISO 10673 type N 6	C35	
4	2	Vis à tête hexagonale ISO 4014 M		
3	1	Bobine		
2	3	Ressort	50CrV4	
1	1	Couvercle	Plastique	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs.
CONTROLEUR D'ACCES DE PARKING				

Contrôleur d'accès de parking en 3D



Les solutions constructives permettant d'établir un guidage en rotation entre deux pièces mettent en oeuvre des technologies diverses. Elles sont illustrées par le dessin d'ensemble du mécanisme de commande de la lice d'un contrôleur d'accès de parking sur lequel on peut observer un :

- Guidage en rotation par contact direct (zone Z1) ;
- Guidage en rotation par contact indirect:
 - > par interposition de bague de frottement (zone Z2) ;
 - > par interposition d'éléments roulants (zone Z3).

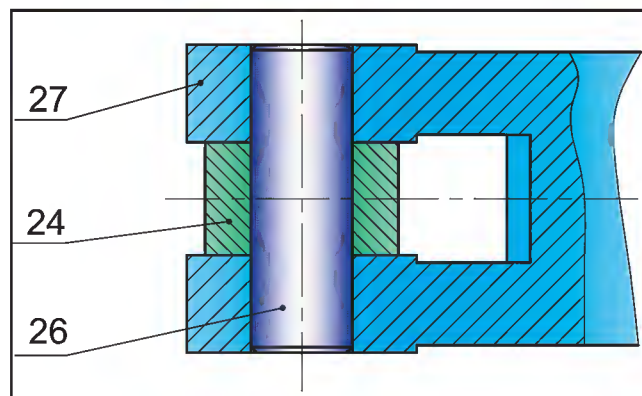
A ces trois solutions, il convient d'en ajouter une autre assurant un guidage en rotation par l'interposition d'un film d'huile. Cette solution ne sera pas étudiée dans ce chapitre.

3- Les solutions constructives

3-1 Guidage par contact direct :

Guidage du croisillon (24) par rapport à la chape (27) (Zone 1 du dessin d'ensemble page 110).

Le guidage en rotation est obtenu par contact direct des surfaces cylindriques arbre par rapport au logement. Des arrêts suppriment les degrés de liberté en translation.

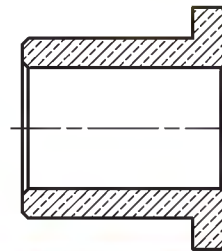
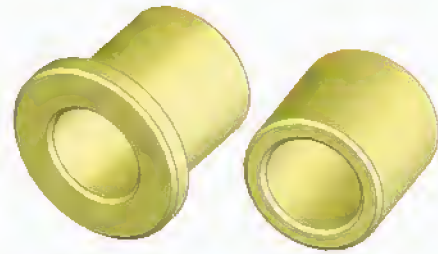
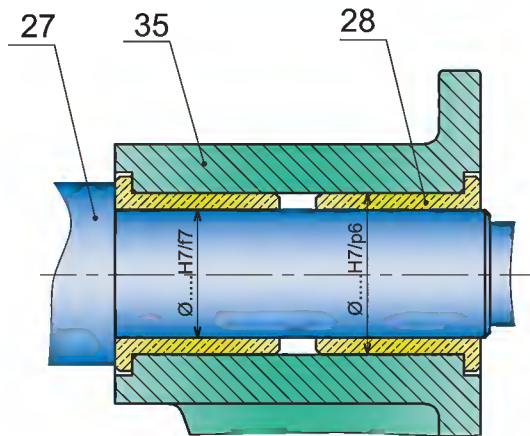


3-2 Guidage par interposition de bagues de frottement :

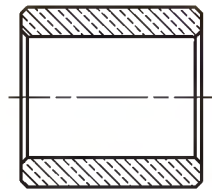
Voir le dessin d'ensemble à la page 110 «zone Z2».

Le principe du contact direct est amélioré en interposant des bagues de frottement (à faible coefficient de frottement) qui permettent de :

- diminuer le frottement ;
- augmenter la durée de vie du guidage en supportant l'usure.



Coussinet à collerette



Coussinet simple

3-3 Guidage par interposition d'éléments roulants

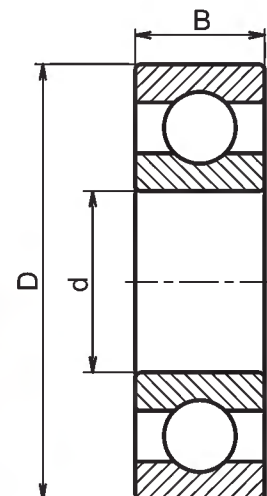
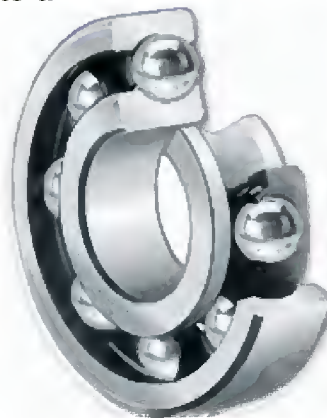
En remplaçant le frottement de glissement par du roulement, on diminue la puissance dissipée par le guidage. Le rendement est alors meilleur.

Pour cela, on place des éléments de roulement (billes, rouleaux ou aiguilles) entre deux bagues. L'une (la bague intérieure) est ajustée sur l'arbre, l'autre (la bague extérieure) est ajustée sur l'alésage.

4- Guidage en rotation par roulement :

Guidage en rotation par roulements à billes à contact radial.

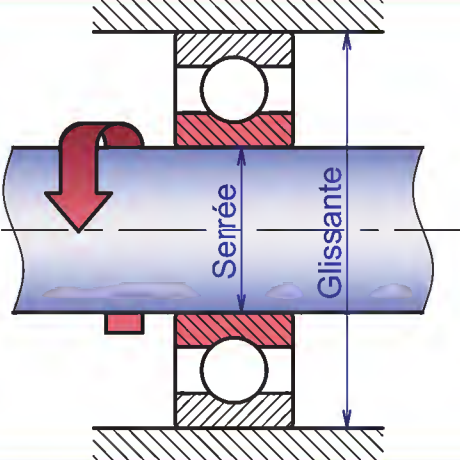
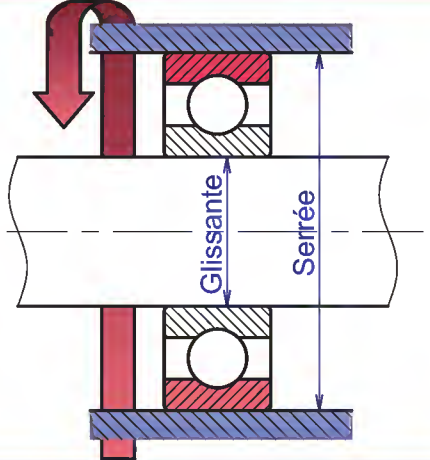
Ce type de roulement supporte des charges radiales et axiales relativement importantes, il exige une bonne coaxialité de l'arbre et des alésages des logements.



4-1 Règles de montage des roulements :

Règle 1

- > La bague **tournante** par rapport à la direction de la charge est montée **serrée** sur sa portée.
- > La bague **fixe** par rapport à la direction de la charge est montée **glissante** (avec jeu) sur sa portée.

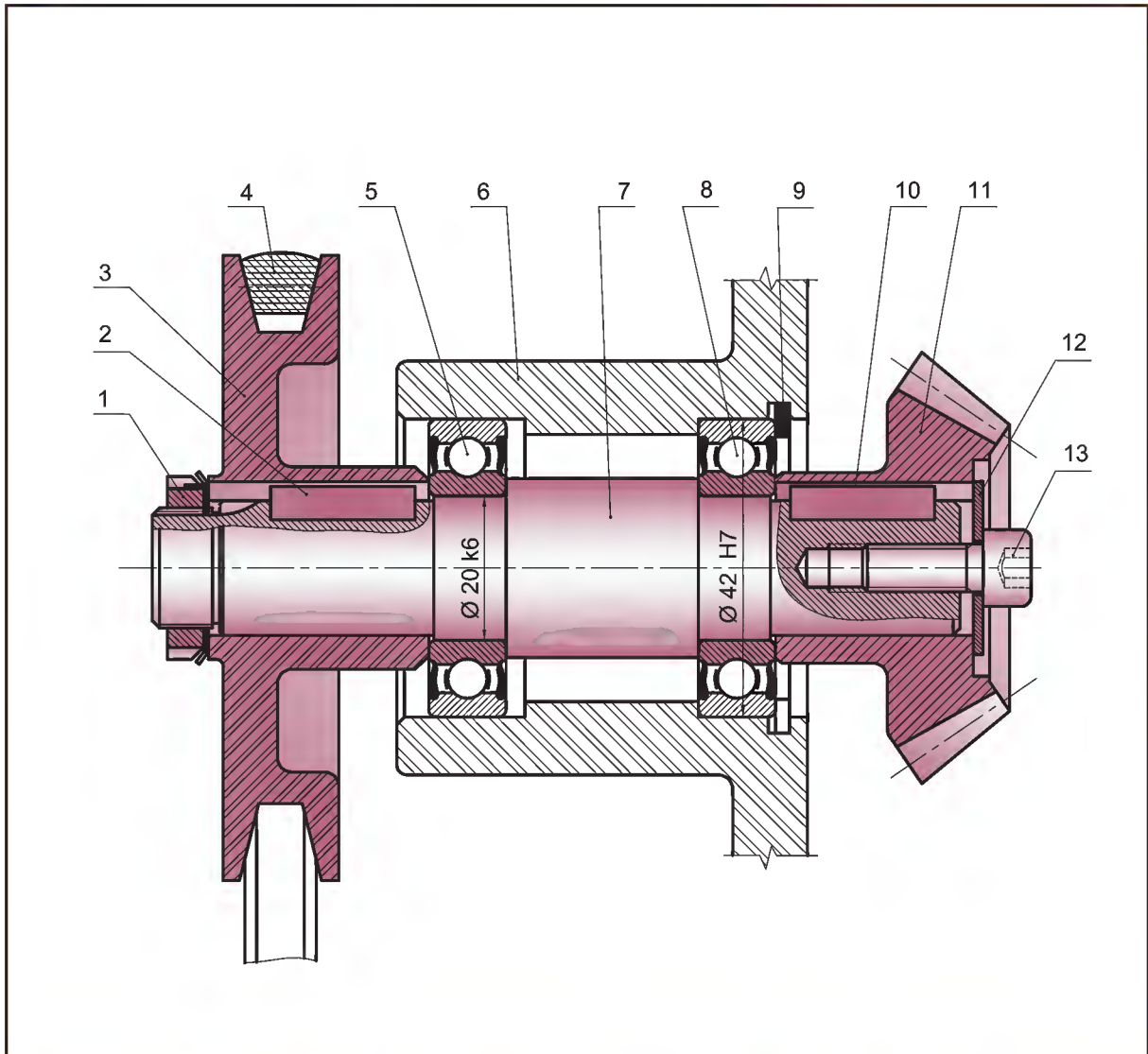
Montage ARBRE TOURNANT	Montage ALESAGE (moyeu) TOURNANT
	
<p>La bague intérieure tournante est montée SERREE La bague extérieure fixe est montée GLISSANTE</p>	<p>La bague intérieure fixe est montée GLISSANTE La bague extérieure tournante est montée SERREE</p>

Règle 2

- > Les bagues montées **serrées** doivent être fixées latéralement ou «épaulées» **des deux côtés**.
- > La fixation latérale des bagues montées avec **jeu** doit :
 - Eliminer toutes les translations possibles de l'arbre par rapport à son logement .
 - Eliminer la translation d'un roulement ou d'une bague séparable sous l'action des charges.
 - Supporter au mieux les charges axiales.

4-2 Exemples de montage :

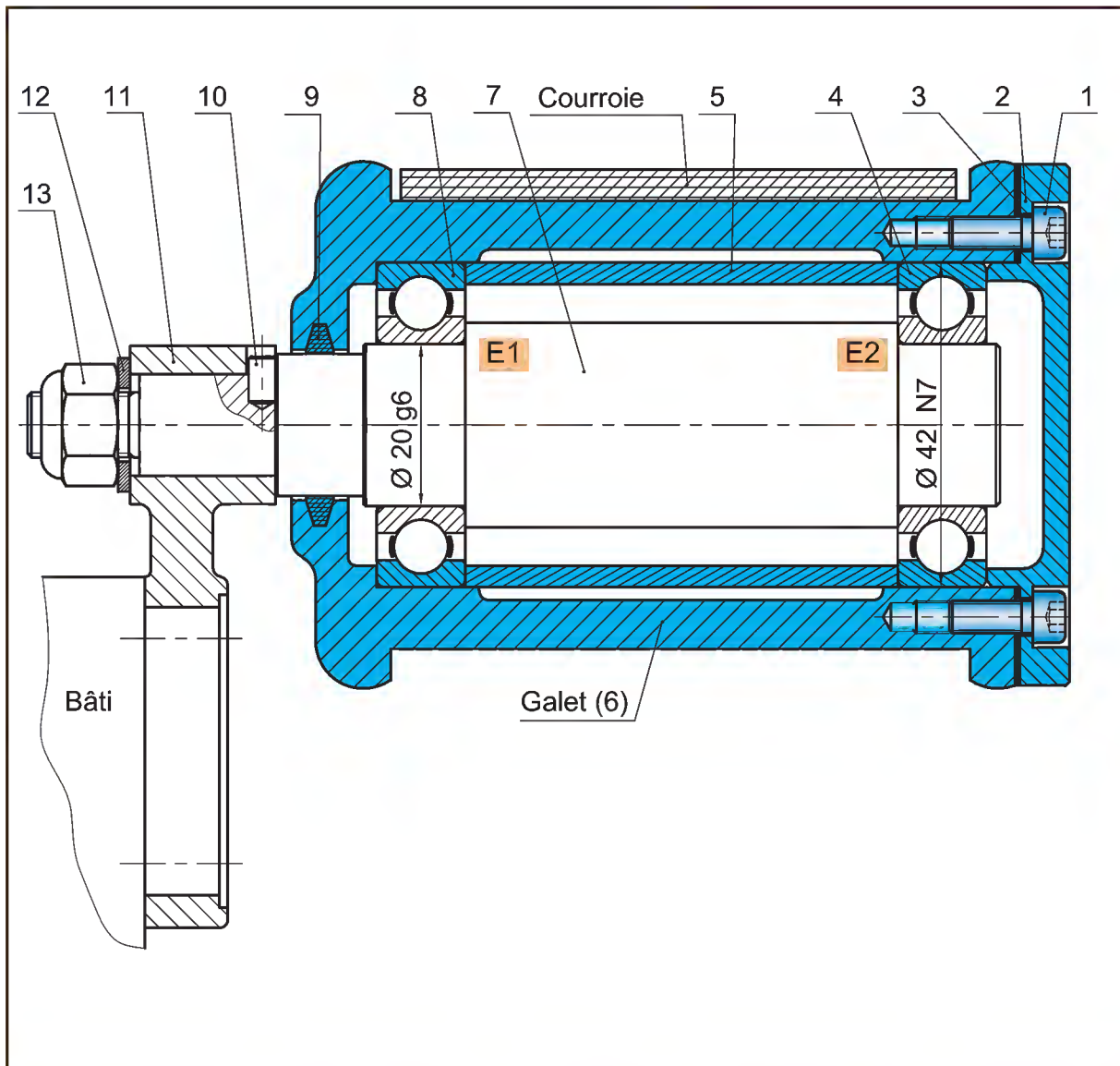
a- Montage arbre tournant : Arbre d'entrée d'un réducteur



Les bagues intérieures sont entraînées en rotation, elles sont montées avec serrage et arrêtées en translation chacune des deux cotés.

Les bagues extérieures sont montées avec jeu. La translation de l'arbre par rapport à son logement est éliminée par les deux obstacles assurant la fixation latérale de la bague extérieure du roulement (8).

b- Montage moyeu tournant : Tendeur de courroie



Les bagues extérieures sont entraînées en rotation, elles sont montées avec serrage et arrêtées en translation chacune des deux cotés.

Les bagues intérieures sont montées avec jeu. La translation axiale du moyeu par rapport à l'arbre (7) est éliminée par les deux épaulements E1 et E2.

Solutions constructives pour la fixation latérale des bagues d'un roulement

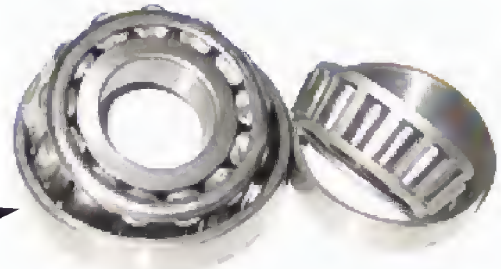
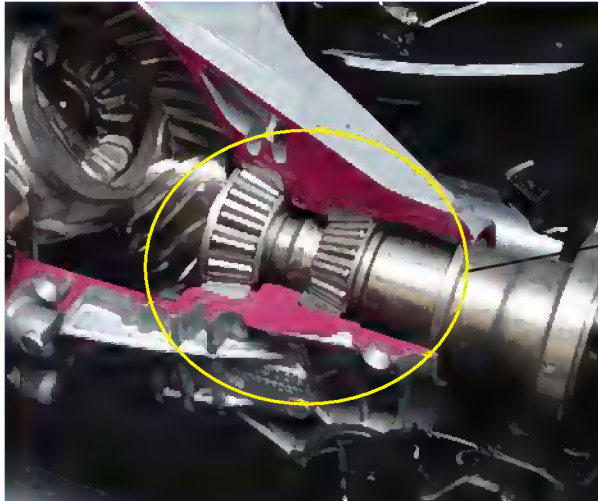
<ul style="list-style-type: none"> ☞ Arrêt axial par épaulement usiné dans le logement. ☞ Arrêt axial de la bague extérieure par couvercle centré maintenu par des vis. ☞ Arrêt axial de la bague intérieure par écrou à encoches et rondelle frein. ☞ Arrêt axial par épaulement usiné sur l'arbre. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Arrêt axial par épaulement usiné dans le logement ☞ Arrêt axial par épaulement usiné sur l'arbre. ☞ Arrêt axial de la bague intérieure par entretoise. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Arrêt axial par épaulement usiné dans le logement. ☞ Arrêt axial de la bague extérieure par anneau élastique pour alésage. ☞ Arrêt axial de la bague intérieure par anneau élastique pour arbre. ☞ Arrêt axial par épaulement usiné sur l'arbre.

Exemple de composants standards utilisés comme obstacle

<p>Anneau élastique pour arbre</p>	<p>Anneau élastique pour alésage</p>	<p>Écrou à encoches et rondelle frein</p>

Développement de connaissances

**GUIDAGE EN ROTATION
PAR DES ROULEMENTS À CONTACTS OBLIQUES**



Roulement à rouleaux coniques

Guidage en rotation d'un arbre de transmission d'un véhicule

1- Caractéristiques

Ces roulements supportent des charges axiales relativement importantes dans un seul sens et des charges axiales et radiales combinées.

		Représentations			
		Complète	Simplifiée	Complète	Simplifiée
Roulement à rouleaux coniques					
	Roulement à une rangée de billes, à contact oblique				

Du fait de leur structure particulière, ces roulements doivent être montés par paire et en opposition. Ils travaillent en opposition mutuelle. Ils offrent la possibilité de régler le jeu de fonctionnement par translation axiale relative entre les deux bagues.

2- Montage

2-1 Montage DIRECT ou montage en « X »

Montage appelé en « X » car les perpendiculaires aux chemins de roulement dessinent un « X »

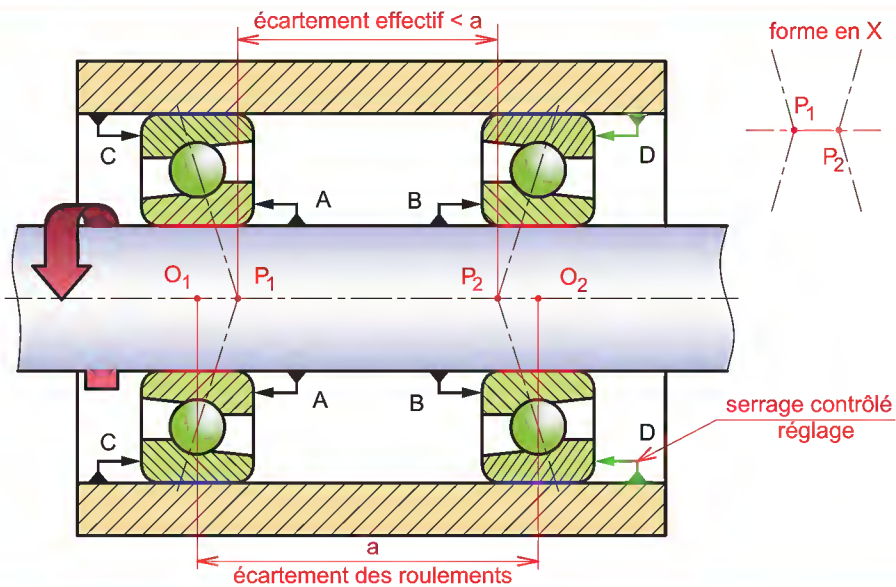
Ce type de montage est utilisé :

- ☞ habituellement dans le cas des arbres tournants avec organes de transmission (engrenages,..) situés entre les roulements.

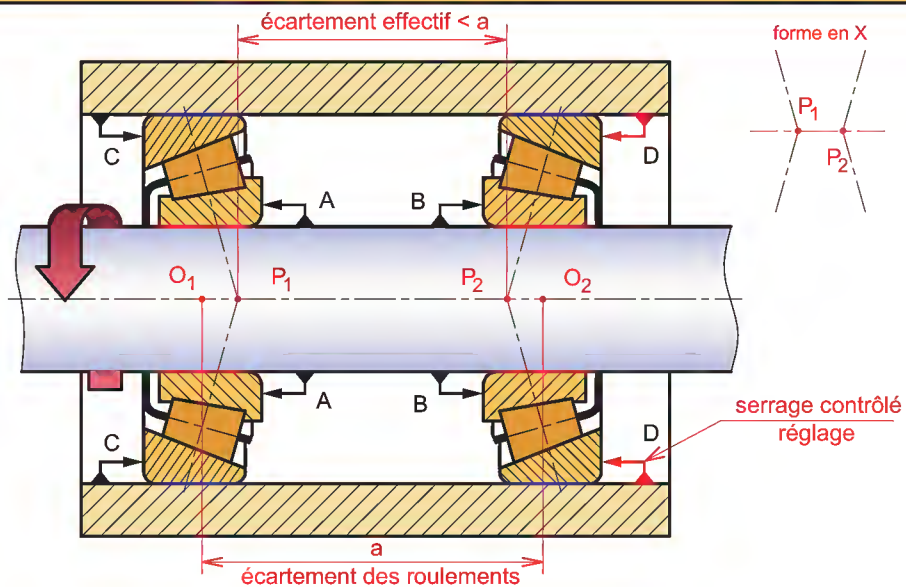
- ☞ lorsque l'écart entre les deux roulements est faible.

Le réglage du jeu interne est réalisé sur les bagues extérieures. Les dilatations de l'arbre ayant tendance à charger un peu plus les roulements, cela tend à diminuer le jeu interne.

Montage en « X » du roulement à une rangée de billes, à contact oblique

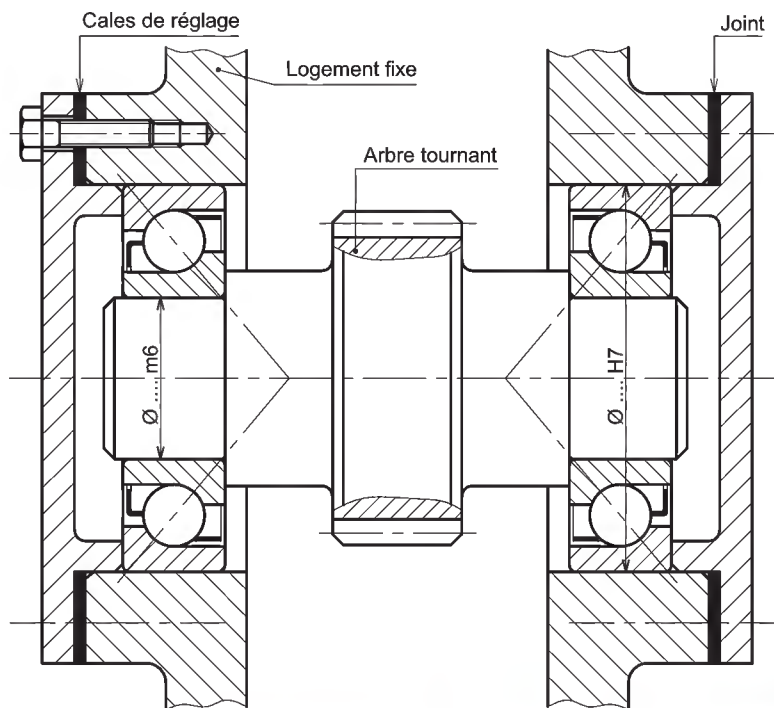


Montage en « X » du roulement à rouleaux coniques

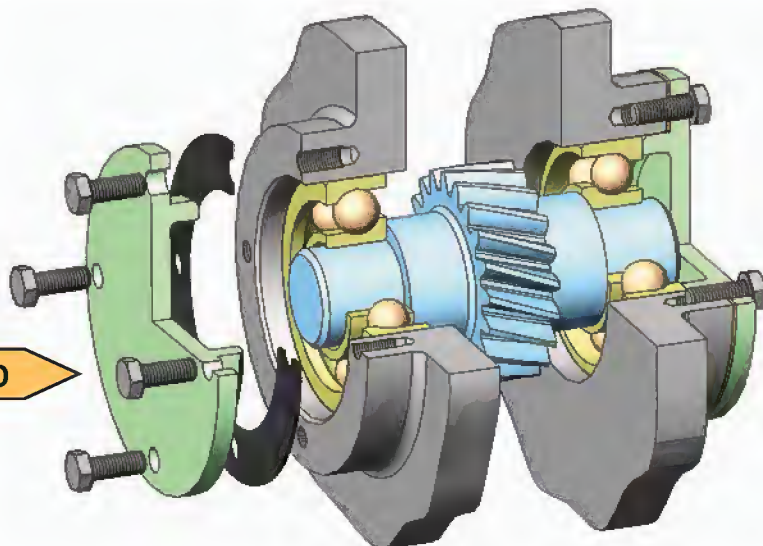


Fixation latérale des bagues	Ajustements
Les bagues intérieures avec l'arbre : Obstacles A et B	Les bagues intérieures tournantes sont montées SERREES . Tolérance de l'arbre : m6
Les bagues extérieures avec le moyeu : Obstacle C et réglage axial du jeu du fonctionnement en D	Les bagues extérieures fixes sont montées GLISSANTES . Tolérance de l'alésage : H7

Exemple de montage en «X»



Montage en «X» 3D



2-2 Montage INDIRECT ou montage en «O»

Montage appelé en «O» car les perpendiculaires aux chemins de roulement dessinent un «O»

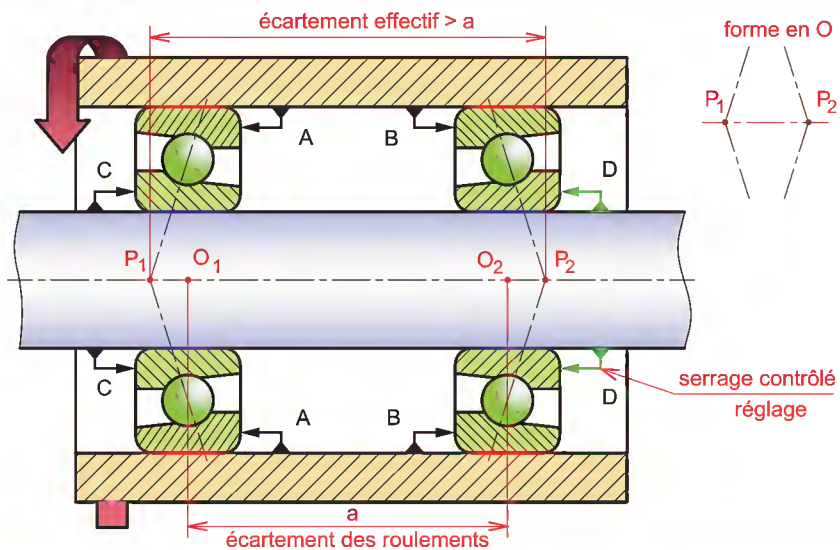
Ce type de montage est à privilégier lorsque :

- ☞ les moyeux sont tournants.
- ☞ on recherche une grande rigidité d'ensemble de la liaison.
- ☞ l'écart entre les deux roulements est important

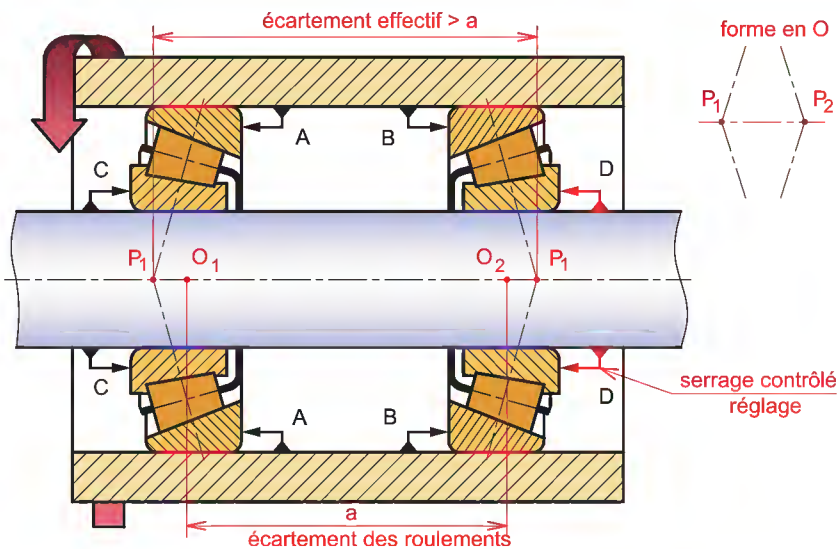
Le réglage du jeu interne est réalisé sur les bagues intérieures.

Les dilatations de l'arbre ayant tendance à diminuer la charge sur les roulements, cela tend à augmenter le jeu interne.

Montage en «O» du roulement à une rangée de billes, à contact oblique

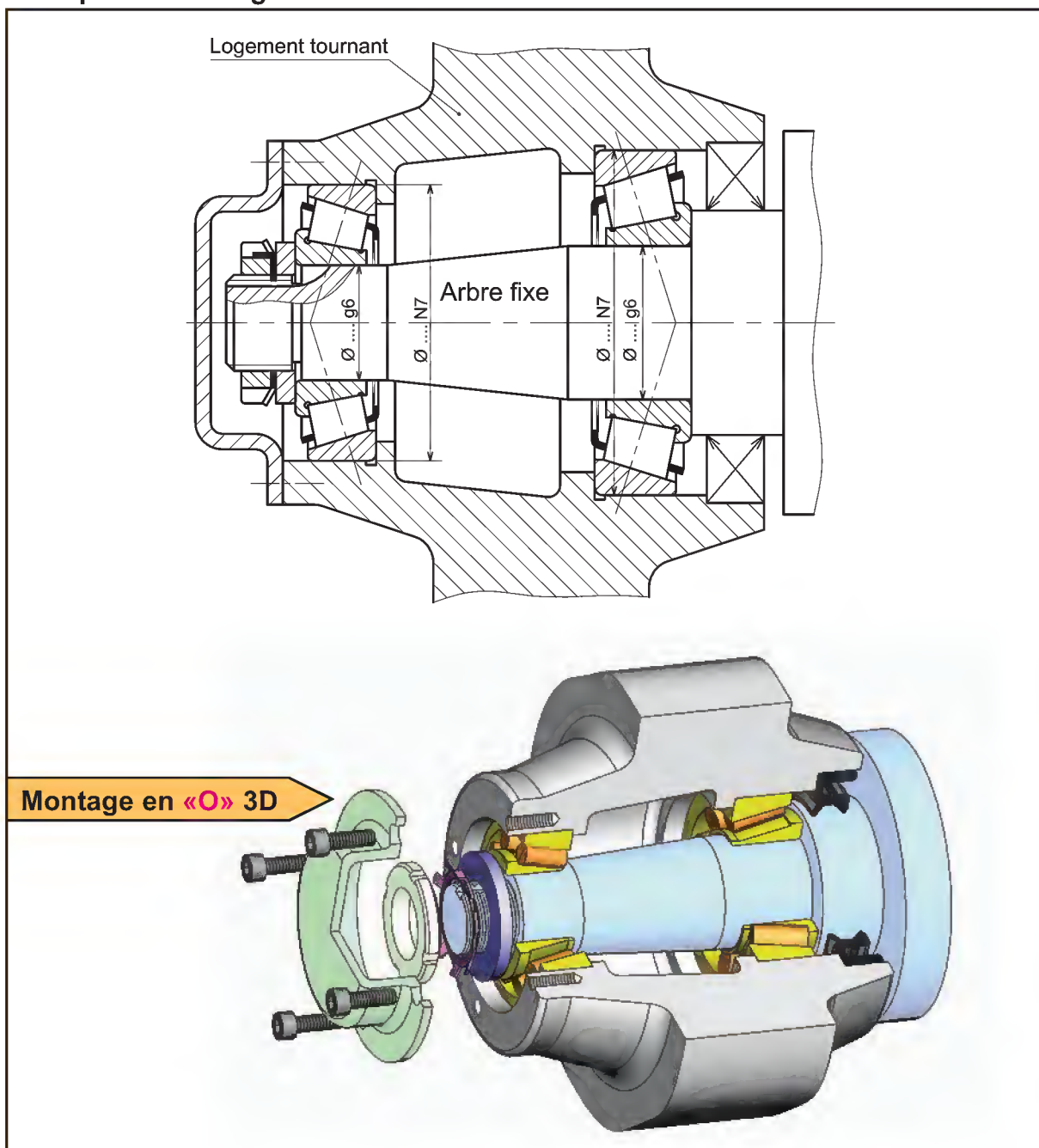


Montage en «O» du roulement à rouleaux coniques



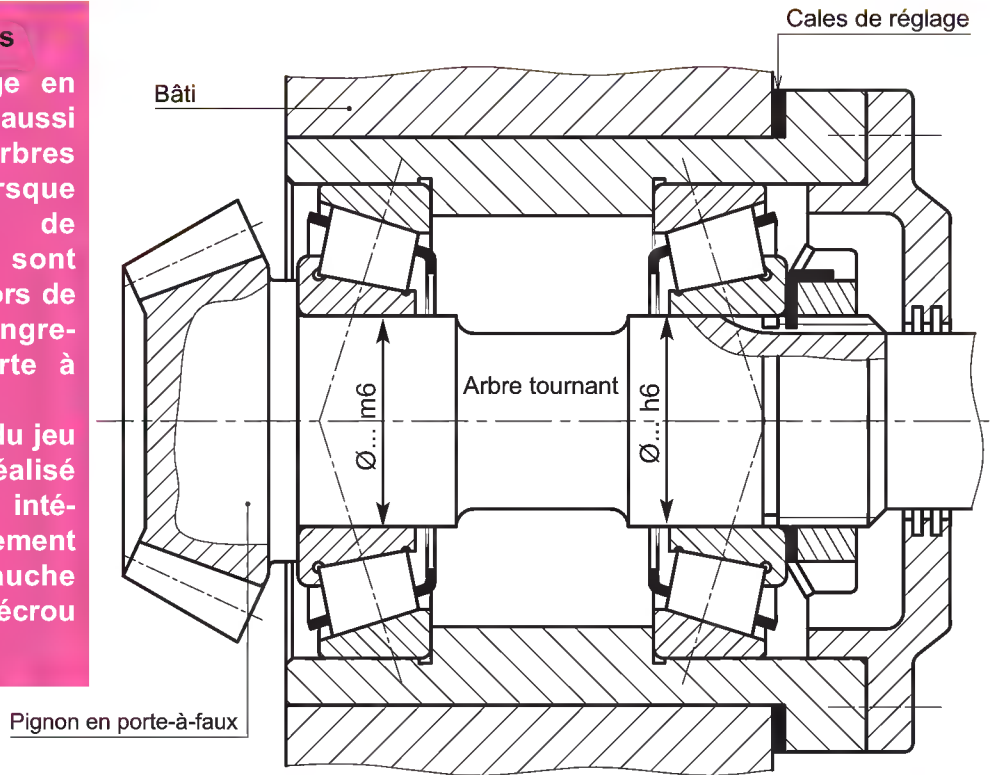
Fixation latérale des bagues	Ajustements
Les bagues intérieures avec l'arbre : Obstacle C et réglage axial du jeu du fonctionnement en D	Les bagues intérieures fixes sont montées GLISSANTES . Tolérance de l'arbre : g6
Les bagues extérieures avec le moyeu : Obstacles A et B	Les bagues extérieures tournantes sont montées SERREES . Tolérance de l'alésage : N7

Exemple de montage en «O»



Remarques

- 1) Le montage en «O» s'emploie aussi avec les arbres tournants lorsque les organes de transmission sont situés en dehors de la liaison (engrenages en porte à faux).
- 2) Le réglage du jeu interne est réalisé sur la bague intérieure du roulement qui est à gauche ($\varnothing \dots h6$) par l'écrou à encoches.



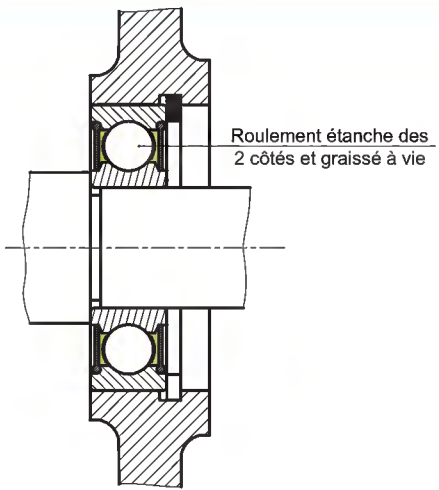
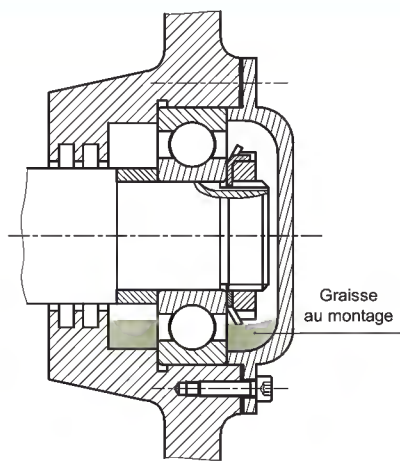
2-3 Tolérancement des portées des roulements

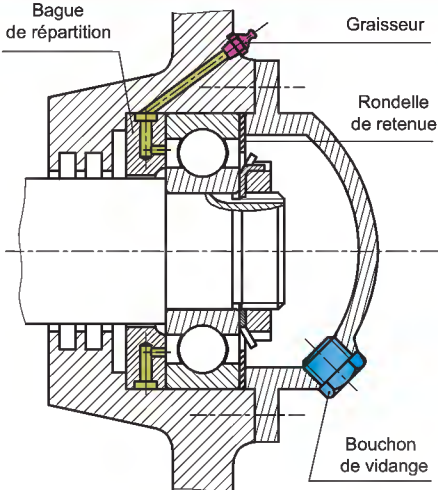
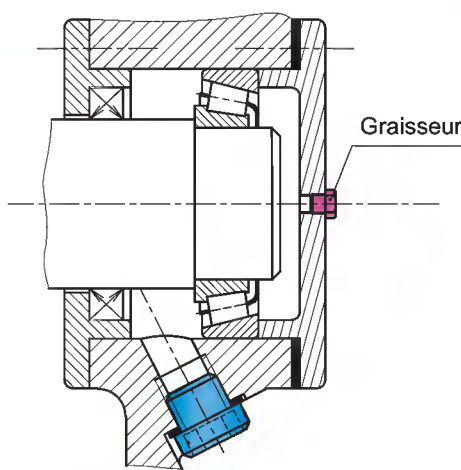
TOLERANCES POUR LES ARBRES				TOLERANCES POUR LES ALESAGES			
Conditions d'emploi	Charge	Tolérance	Observations	Conditions d'emploi	Charge	Tolérance	Observations
Bague intérieure fixe par rapport à la direction de la charge	Constante	g6	La bague intérieure peut coulisser sur l'arbre	Bague extérieure tournante par rapport à la direction de la charge	Importante avec chocs	P7	La bague extérieure ne peut pas coulisser dans l'alésage
	Variable	h6			Normale ou importante	N7	
Faible et variable			N7				
Bague intérieure tournante par rapport à la direction de la charge, ou direction de charge non définie	Faible et variable	h5 j5-j6	La bague intérieure est ajustée avec serrage sur l'arbre. A partir de m5 utiliser des roulements avec un jeu interne augmenté	Direction de charge non définie.	Importante ou normale	K7	La bague extérieure ne peut pas coulisser dans l'alésage
	Normale	k5-k6		Bague extérieure fixe par rapport à la direction de la charge	Importante avec chocs	J7		La bague extérieure peut coulisser dans l'alésage
					Importante	m5-m6	Normale		H7
	Importante avec chocs	n6 p6		Normale (mécanique ordinaire)	H8		

3- Lubrification des roulements

3-1 Lubrification à la graisse :

Elle protège les roulements contre la corrosion, assure une certaine étanchéité en s'opposant à l'entrée des impuretés et permet un démarrage doux.

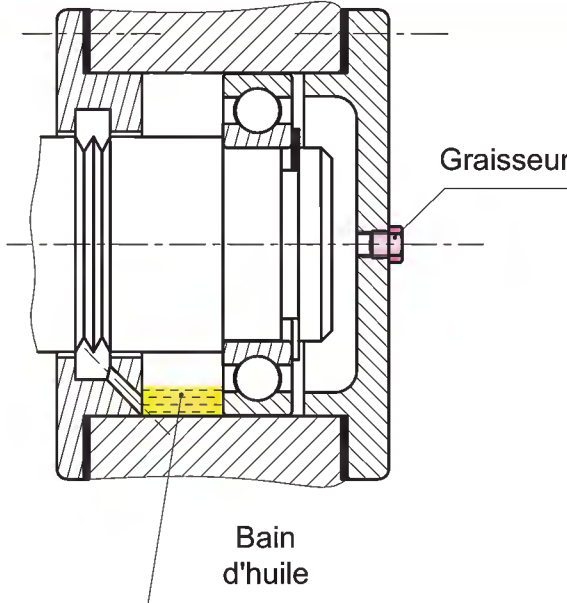
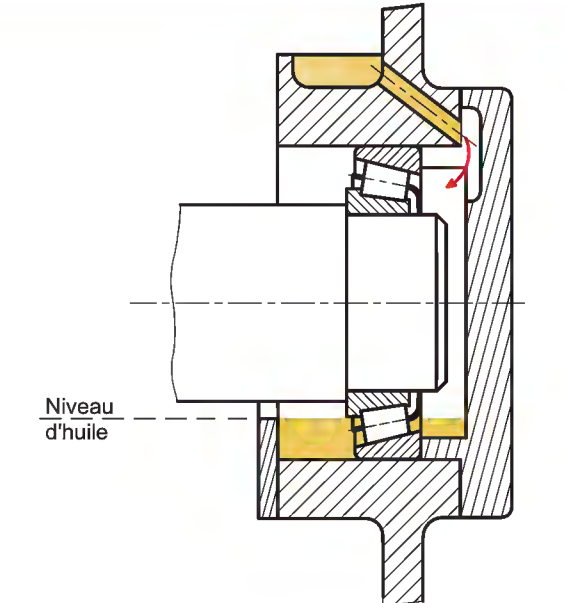
Graissage à vie	Graissage au montage
 <p>Roulement étanche des 2 côtés et graissé à vie</p>	 <p>Graisse au montage</p>
<p>Graissage à vie pour plusieurs années: Ce mode de graissage convient pour des appareils domestiques, des petits moteurs électriques, etc.</p>	<p>Le graissage est effectué au montage ou lors des révisions d'entretien. Un dispositif de graissage est inutile.</p>

Graissage par graisseur	
 <p>Bague de répartition Graisseur Rondelle de retenue Bouchon de vidange</p>	 <p>Graisseur</p>
<p>On prévoit un dispositif de "graissage". Il permet à la graisse de déboucher de préférence à la partie inférieure du roulement.</p> <p>On prévoit un logement pour la graisse usagée et la possibilité de l'évacuer après plusieurs graissages.</p>	<p>Pour les roulements à rouleaux coniques, l'arrivée de la graisse se fait du côté du petit diamètre des galets. On assure ainsi une circulation automatique de la graisse, sous l'effet de pompage, due aux surfaces coniques du roulements.</p>

3-2 Lubrification à l'huile :

La lubrification à l'huile est utilisée dans les cas suivants :

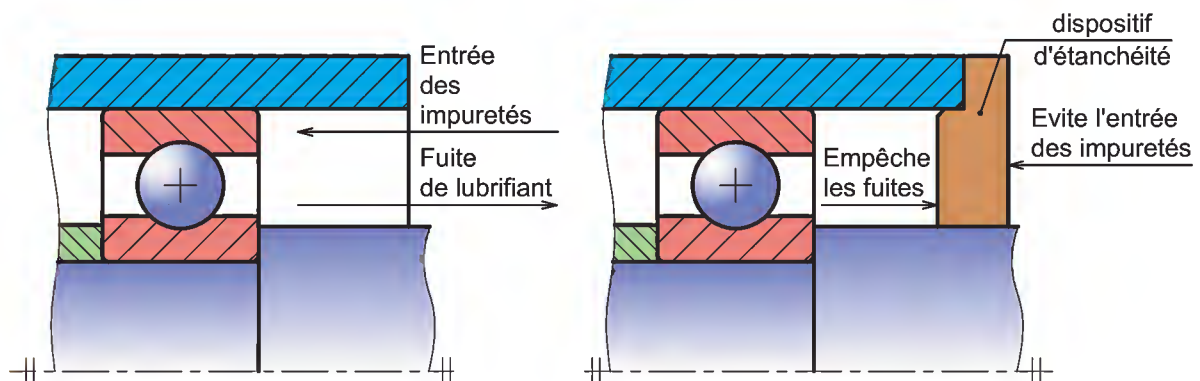
- * vitesse très élevée;
- * paliers très chargés;
- * température très élevée.

Lubrification par bain d'huile	Lubrification par projection d'huile
 <p style="text-align: center;">Bain d'huile</p>	 <p style="text-align: center;">Niveau d'huile</p>
<p>Pour éviter un échauffement trop important des paliers, on limite le niveau d'huile au voisinage du centre de l'élément roulant le plus bas</p>	<p>Des organes mécaniques en mouvement se chargent d'huile par «barbotage» dans un carter. Sous l'action de la force centrifuge, l'huile est soit projetée directement sur les roulements, soit recueillie dans un larmier qui amène l'huile aux roulements.</p>

4- Étanchéité des roulements :

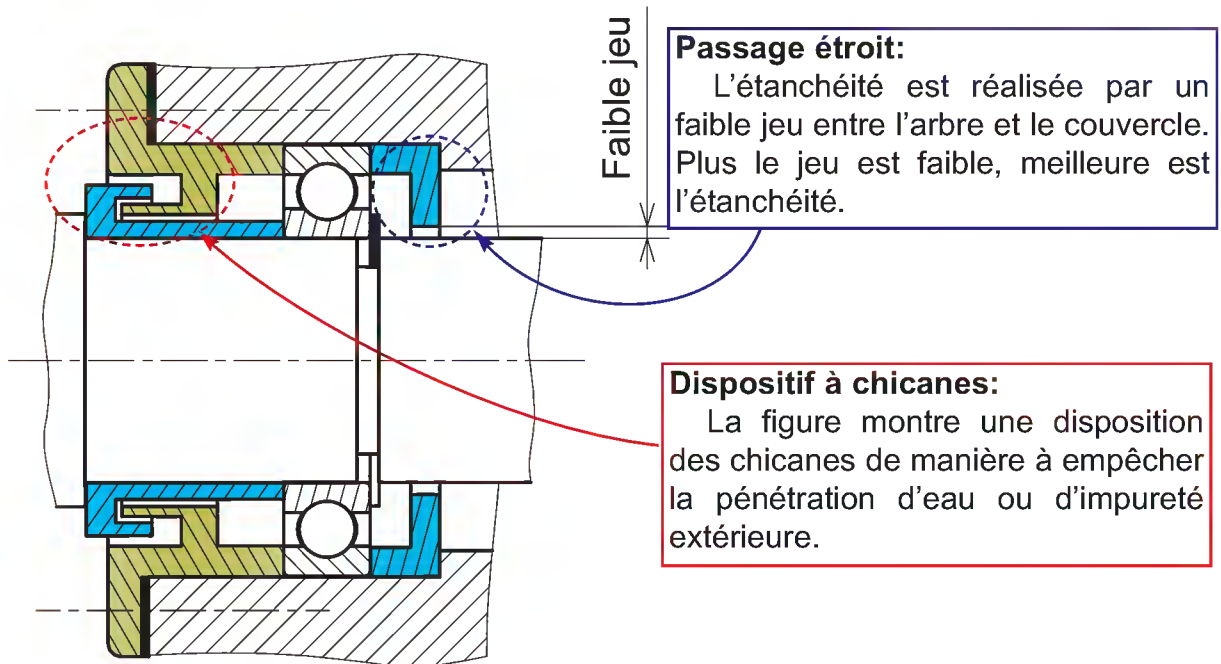
Pour fonctionner correctement, les roulements doivent être protégés des substances granuleuses dures (poussière, sable), de l'eau...

Le dispositif d'étanchéité empêche la fuite du lubrifiant.



4-1 Principaux dispositifs d'étanchéité :

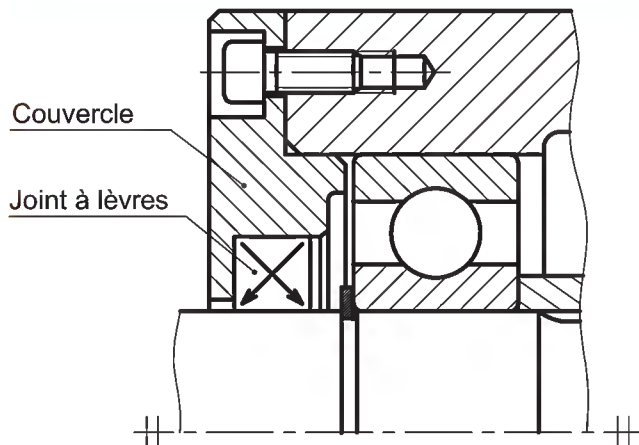
a- Dispositifs sans frottement pour lubrification à la graisse :



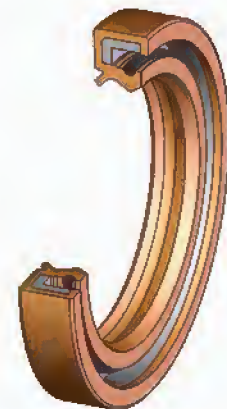
b- Dispositifs avec frottement pour lubrification à la graisse ou à l'huile :

Joint à lèvres à frottement radial :

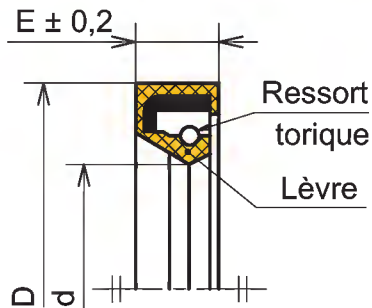
Exemple de montage d'un joint à lèvres



Joint à lèvres

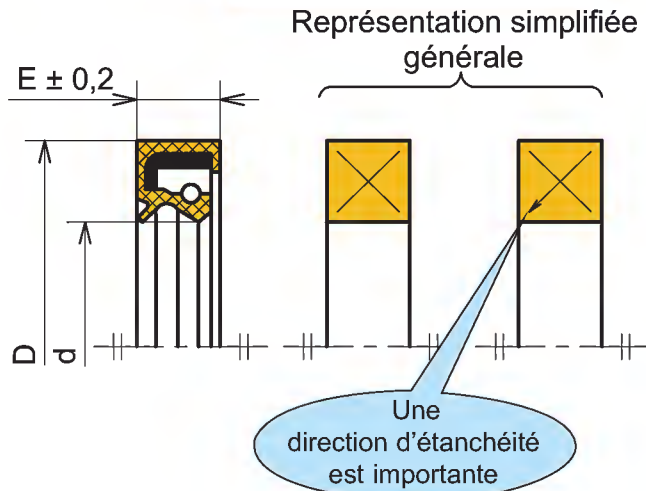


Joint à une seule lèvre (Type A)



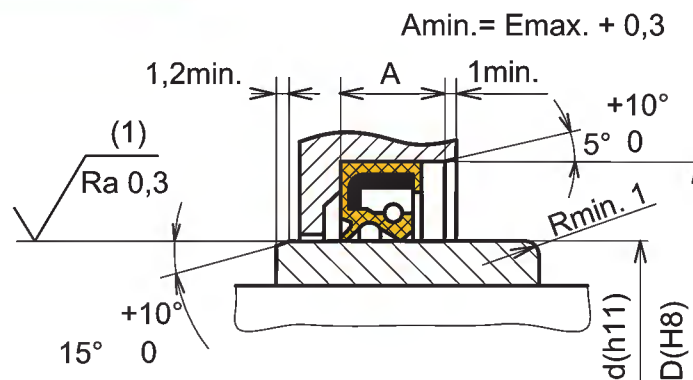
Ils assurent une étanchéité dans un seul sens par contact sur l'arbre.

Joint à deux lèvres (Type AS)



Ils assurent une étanchéité dans un seul sens avec, en plus, une protection dite « anti-poussière » dans l'autre sens.

Conditions de montage



(1) Sans stries hélicoïdales

Consolidation des connaissances

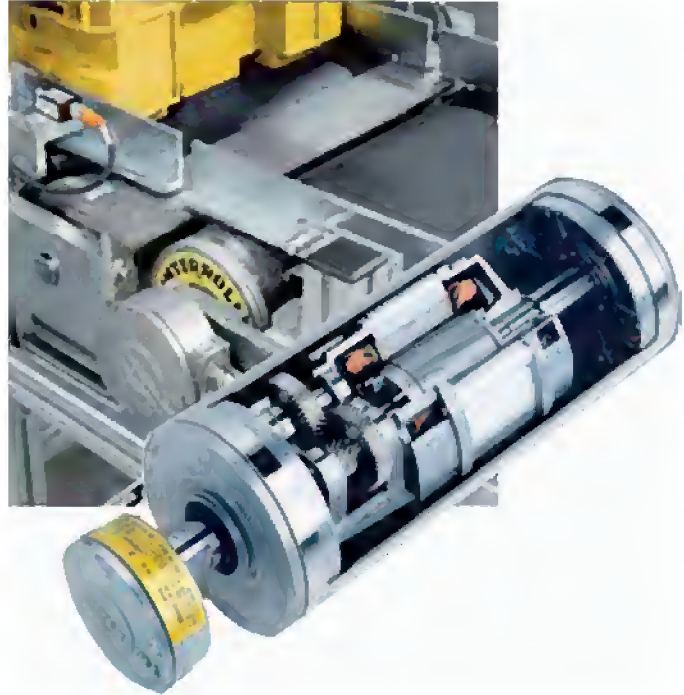
Système : Tambour Moteur

1- Mise en situation :

Le dessin d'ensemble de la page suivante représente le tambour moteur d'un convoyeur à bande d'une chaîne de conditionnement de produit agricole.

2- Fonctionnement : (voir dessin d'ensemble page suivante).

Le mouvement de rotation de l'arbre moteur (8) est transmis à la couronne à denture intérieure (5) par l'intermédiaire de la roue dentée (21) et du pignon (25) qui sont encastrés sur l'arbre intermédiaire (27). La couronne dentée (5), encastrée sur le tambour (7) entraîne celui-ci en rotation.



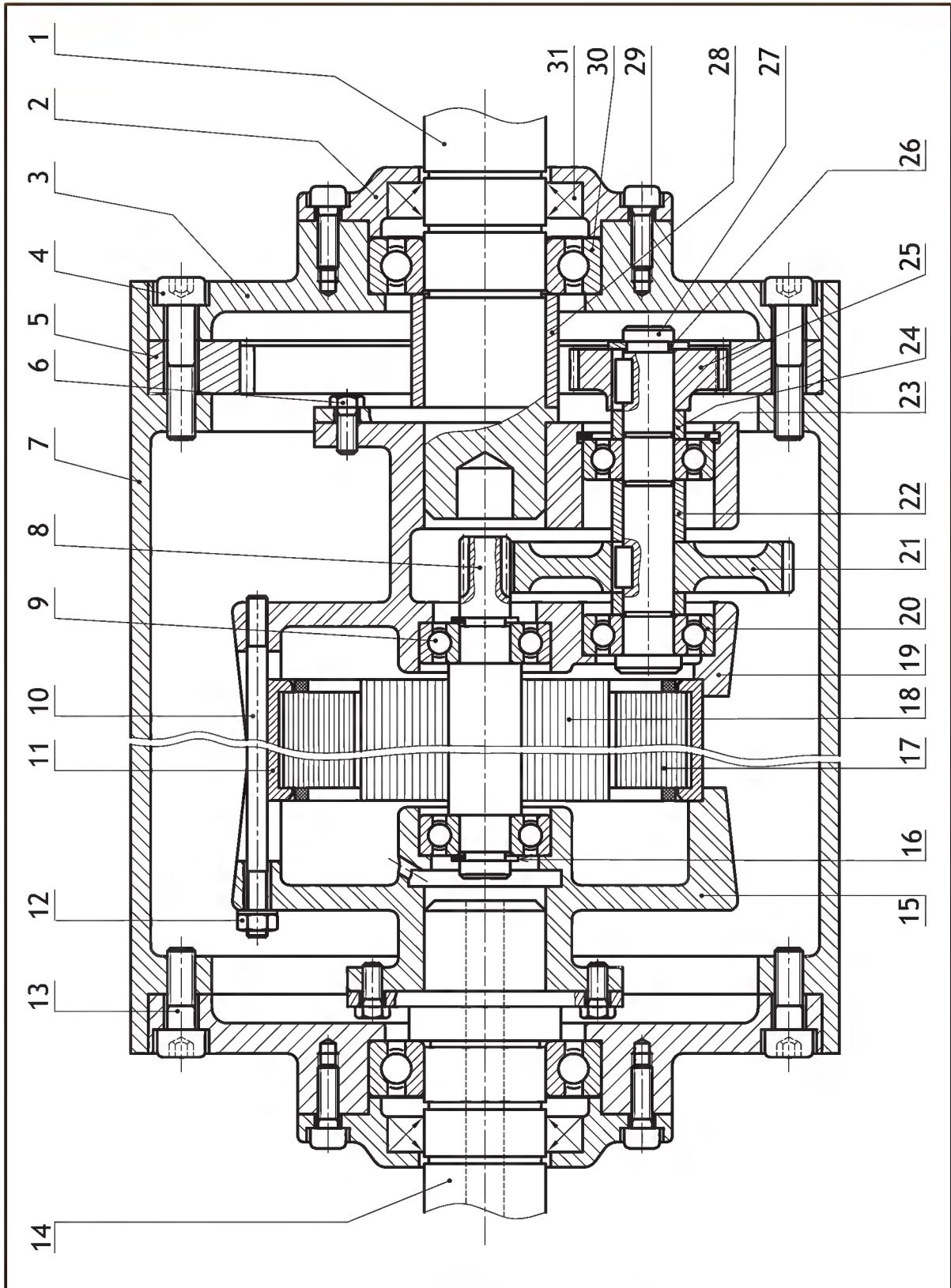
3- Travail demandé :

3-1 Etude cinématique :

En se référant au dessin d'ensemble du tambour page suivante :

- a- Colorier les pièces tournantes .
- b- Compléter la formation des classes d'équivalences et le graphe des liaisons.

Classes d'équivalences	Graphe des liaisons
A = {2,3,4,5,7,13,29,BE ₃₀ ,31}	
B = {1,6,10,11,.....}	
C = {8,.....}	
D = {26,27,.....}	
BE : Bague extérieure	
BI : Bague intérieure	

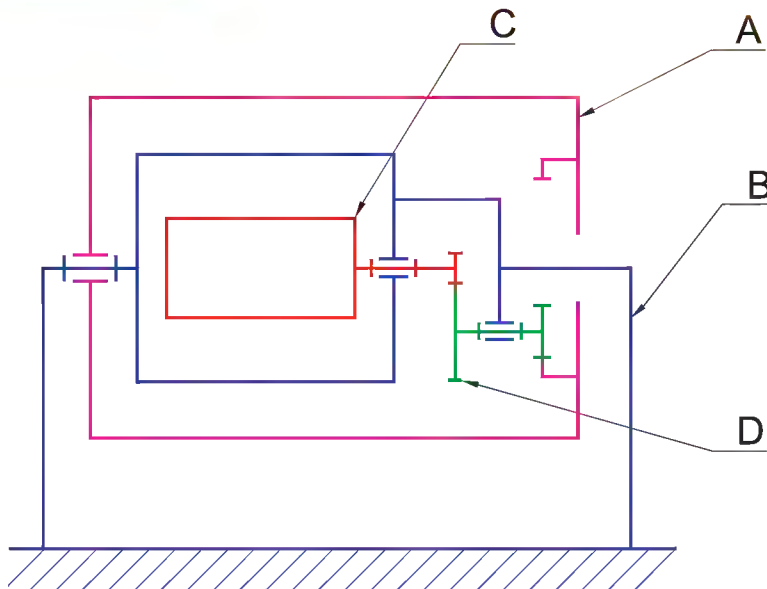


Echelle 1:1

TAMBOUR MOTEUR

31	2	Joint à lèvres		
30	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial	100 Cr 6	
29	8	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
28	1	Bague	C 35	
27	1	Arbre intermédiaire	C 35	
26	1	Anneau élastique pour arbre 10 x1	C 60	
25	1	Pignon	C 35	
24	2	Bague	C 35	
23	1	Anneau élastique pour alésage 20 x 1	C 60	
22	1	Bague	C 35	
21	1	Roue dentée	C 35	
20	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial	100 Cr 6	
19	1	Carter du réducteur	EN-AW-2017	
18	1	Rotor		
17	1	Stator		
16	2	Anneau élastique pour arbre 8 x1	C 60	
15	1	Carter du réducteur	EN-AW-2017	
14	1	Axe support	C 60	
13	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
12	3	Ecrou hexagonal		
11	1	Bague entretoise	C 35	
10	3	Tirant	S235	
9	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial	100 Cr 6	
8	1	Arbre moteur	C 60	
7	1	Tambour	EN-GJL-200	
6	7	Vis à tête hexagonale ISO 4014		
5	1	Couronne à denture intérieure	C 35	
4	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
3	2	Boîtier	EN-GJL -200	
2	2	Couvercle	EN-GJL -200	
1	1	Axe support	C60	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs
TAMBOUR MOTEUR				

Schéma cinématique



3-2 Calcul de prédétermination

En se référant aux :

- schéma cinématique ci-dessus.
- dessin d'ensemble du tambour moteur.

et sachant que :

- Les nombres de dents : $Z_8 = 16$ dents ; $Z_{21} = 88$ dents ; $Z_{25} = 32$ dents ;
 $Z_5 = 100$ dents
- Vitesse de rotation du moteur (M1) : $N_m = 1200$ tr/min.
- Diamètre du tambour (20) : $D = 112$ mm.

a- Calculer le rapport de réduction (r) entre l'arbre moteur et le tambour (7).

.....
.....

b- Calculer la vitesse de rotation du tambour (7).

.....
.....

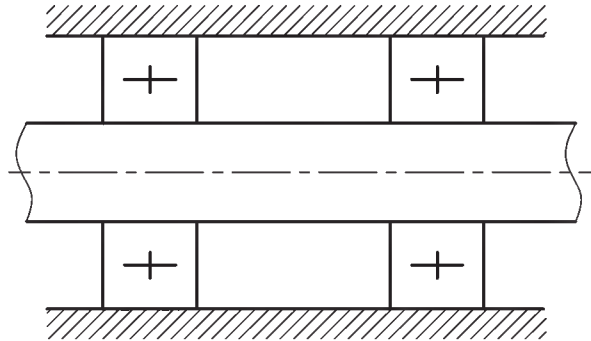
c- Calculer la vitesse de translation des boîtes transférées par le tapis roulant.

.....

3-3 Guidage de l'arbre (8) :

L'arbre (8) est guidé en rotation par les roulements (9).

- a- De quel type de roulement s'agit il ?
- b- Sur le schéma ci-dessous, indiquer l'emplacement des arrêts en translation des bagues intérieures et extérieures par des petits rectangles pleins.



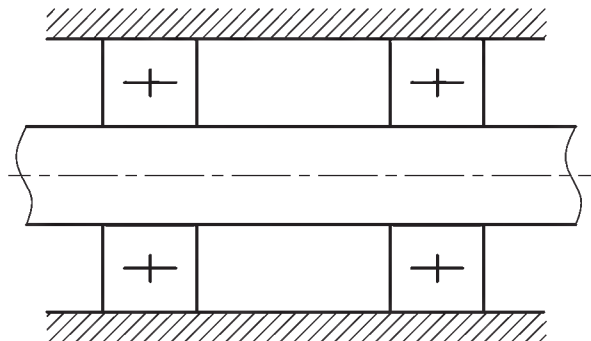
- c- Le montage de ces roulements est-il à arbre tournant ou à moyeu tournant ?
.....

- d- En tenant compte des règles de montage des roulements, quelles sont :
- les bagues montées avec serrage ?
 - les bagues montées avec jeu ?

3-4 Guidage en rotation du tambour.

Le tambour (7) est guidé en rotation par les roulements (30).

- a- Sur le schéma ci-dessous, indiquer l'emplacement des arrêts en translation des bagues intérieures et extérieures.



- b- Le montage de ces roulements est-il à arbre tournant ou à moyeu tournant ?
.....

- c- En tenant compte des règles de montage des roulements, quelles sont :
- les bagues montées avec serrage ?
 - les bagues montées avec jeu ?

d- Par quoi est assurée l'étanchéité du tambour ?

.....

e- La lubrification des roulements est-elle assurée par :

- l'huile?

- la graisse?

Justifier votre réponse:

3-5 Modification d'une solution :

Guidage de l'arbre intermédiaire (34)

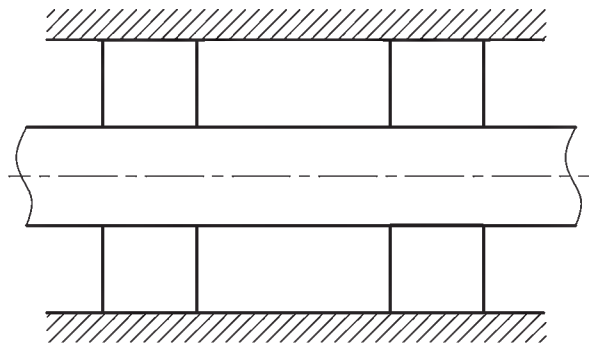
L'engrenage (8)-(21) étant à denture hélicoïdale, pour mieux encaisser les efforts axiaux qui en résultent, on se propose de remplacer les deux roulements à une rangée de billes à contact radial (20) par deux roulements à une rangée de billes à contact oblique (R1) et (R2).

a- Quel type de montage faut-il adopter ?

- Montage en «X»

- Montage en «O»

b- Compléter le schéma ci-dessous en indiquant le symbole des roulements et l'emplacement des arrêts en translation des bagues intérieures et extérieures.



c- En tenant compte des règles de montage des roulements quelles sont :

• les bagues montées avec serrage ?

• les bagues montées avec jeu ?

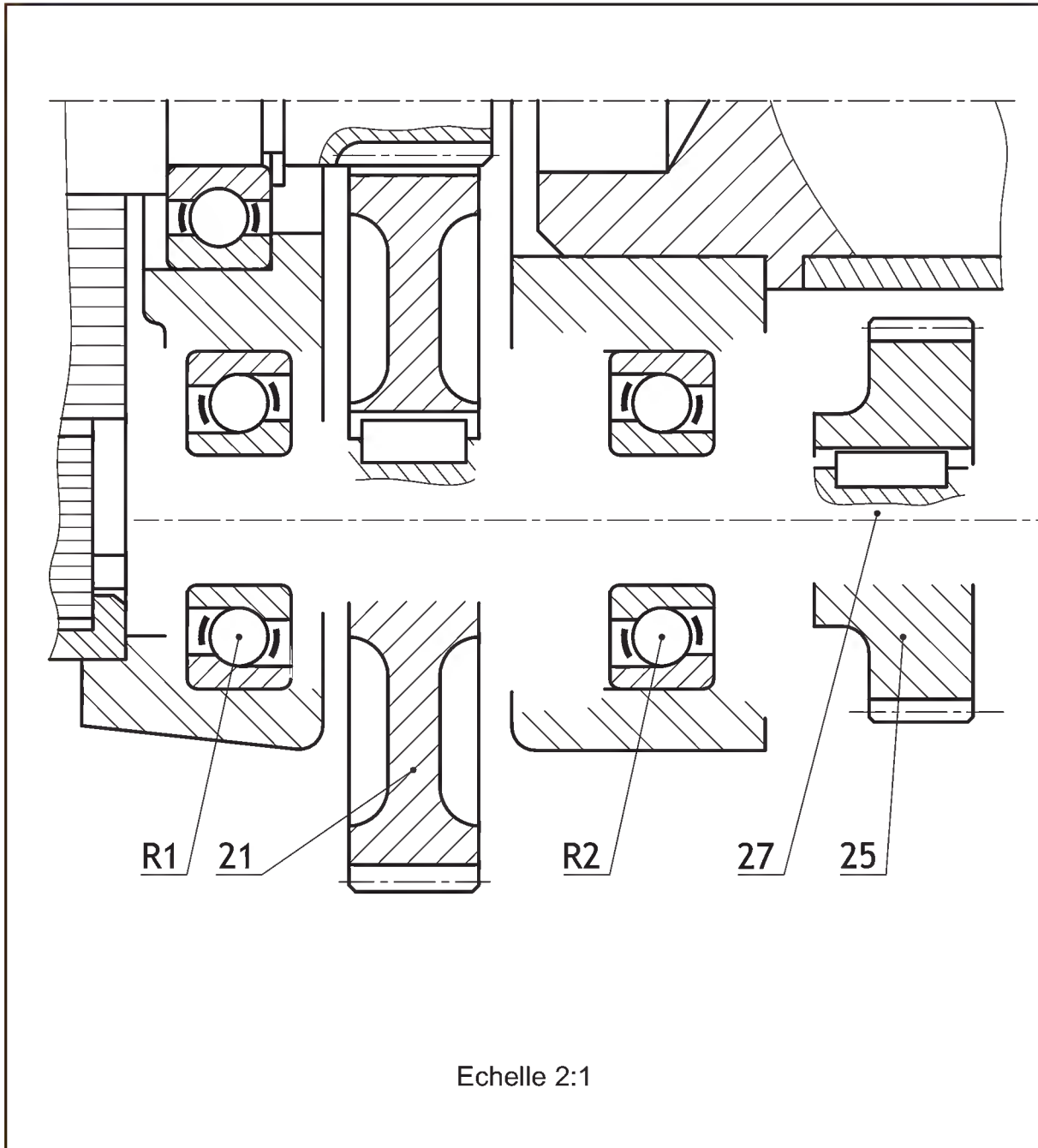
d- Le réglage du jeu de fonctionnement sera fait sur l'une des bagues :

• Intérieures

• Extérieures

e- Etude graphique :

- Réaliser le montage de ces roulements.
- Compléter la représentation de l'encastrement de la roue dentée (21).
- Compléter la représentation de l'encastrement du pignon (25) en remplaçant l'anneau élastique (26) par un écrou à encoches et une rondelle frein.
- Indiquer les ajustements nécessaires au fonctionnement correct.



Corrigé

3-1 Etude cinématique :

Classes d'équivalences	Graphe des liaisons
<p>A = {2,3,4,5,7,13,29,BE₃₀,31}</p> <p>B = {1,6,10,11,12,19,15,23,17}</p> <p>C = {8,BI₉,16,18}</p> <p>D = {26,27,21,22,24,25,BI₂₀}</p> <p>BE : Bague extérieure</p> <p>BI : Bague intérieure</p>	

3-2 Calcul de prédétermination

Considérons le réducteur à engrenages représenté par :

- le schéma ci-dessus.
 - le dessin d'ensemble du tambour moteur.
- on donne :
- Les nombres de dents : **Z₈** = 16dents ; **Z₂₁** = 88dents ; **Z₂₅** = 32dents ;
Z₅ = 100dents
 - Vitesse de rotation du moteur (M1) : **N_m** = 1200 tr/min.
 - Diamètre du tambour (7) : **D** = 112mm.

a- Calculer le rapport de réduction (r) entre l'arbre moteur et le tambour (7).

$$r = \frac{Z_8}{Z_{21}} \times \frac{Z_{25}}{Z_5} = \frac{16 \times 32}{100 \times 88} = 0,058$$

b- Calculer la vitesse de rotation du tambour (7).

$$r = \frac{N_7}{N_m} \Rightarrow N_7 = r \cdot N_m = 0,058 \times 1200 \Rightarrow N_7 = 69,81 \text{ tr/min}$$

c- Calculer la vitesse de translation des boîtes transférées par le tapis roulant.

$$V = \omega_7 \cdot \frac{D}{2} \Rightarrow V = \frac{\pi \cdot N_7}{30} \cdot \frac{D}{2} = \frac{\pi \cdot N_7 \cdot D}{60} = \frac{\pi \times 69,81 \times 112 \times 10^{-3}}{60}$$

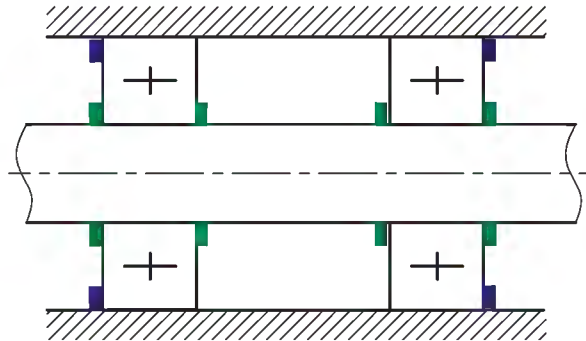
$$V = 0,4 \text{ m/s}$$

3-3 Guidage de l'arbre (8) :

L'arbre (8) est guidé en rotation par les roulements (9).

a- De quel type de roulement s'agit-il ? *Roulement à une rangée de billes, à contact radial.*

b- Sur le schéma ci-dessous, indiquer l'emplacement des arrêts en translation des bagues intérieures et extérieures par des petits rectangles pleins.



c- Le montage de ces roulements est-il à arbre tournant ou à moyeu tournant ?

Arbre tournant

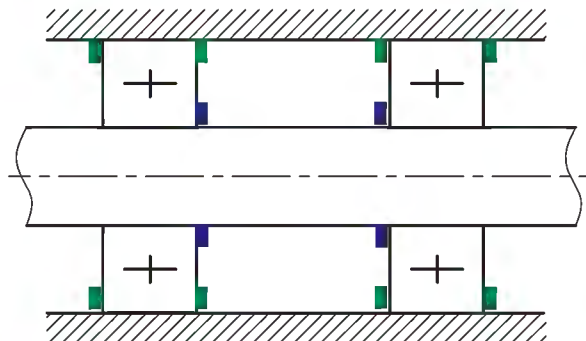
d- En tenant compte des règles de montage des roulements, quelles sont :

- les bagues montées avec serrage ? *Bagues intérieures*
- les bagues montées avec jeu ? *Bagues extérieures*

3-4 Guidage en rotation du tambour.

Le tambour (7) est guidé en rotation par les roulements (30).

a- Sur le schéma ci-dessous, indiquer l'emplacement des arrêts en translation des bagues intérieures et extérieures.



b- Le montage de ces roulements est-il à arbre tournant ou à moyeu tournant ?

Moyeu tournant

c- En tenant compte des règles de montage des roulements, quelles sont :

- les bagues montées avec serrage ? *Bagues extérieures*
- les bagues montées avec jeu ? *Bagues intérieures*

d- Par quoi est assuré l'étanchéité du tambour?

Par les joints à lèvres (31)

e- La lubrification des roulements est-elle assurée par :

– l'huile?

– la graisse?

Justifier votre réponse: *La lubrification à l'huile n'est pas possible dans ce cas à cause de la présence du moteur électrique à l'intérieur du tambour tournant.*

3-5 Modification d'une solution

Guidage de l'arbre intermédiaire (34)

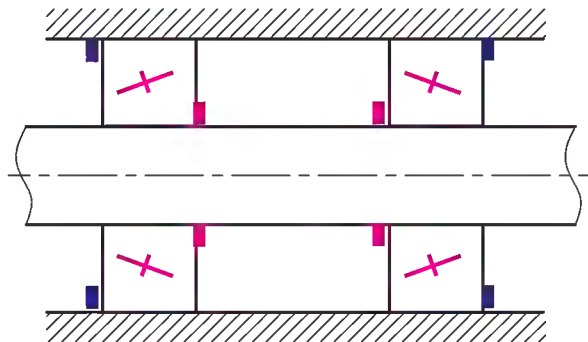
L'engrenage (8)-(21) étant à denture hélicoïdale, pour mieux encaisser les efforts axiaux qui en résultent, on se propose de remplacer les deux roulements à une rangée de billes à contact radial (20) par deux roulements à une rangée de billes à contact oblique (R1) et (R2).

a- Quel type de montage faut-il adopter ?

– Montage en «X»

– Montage en «O»

b- Compléter le schéma ci-dessous et indiquer l'emplacement des arrêts en translations des bagues intérieures et extérieures.



c- En tenant compte des règles de montage des roulements quelles sont :

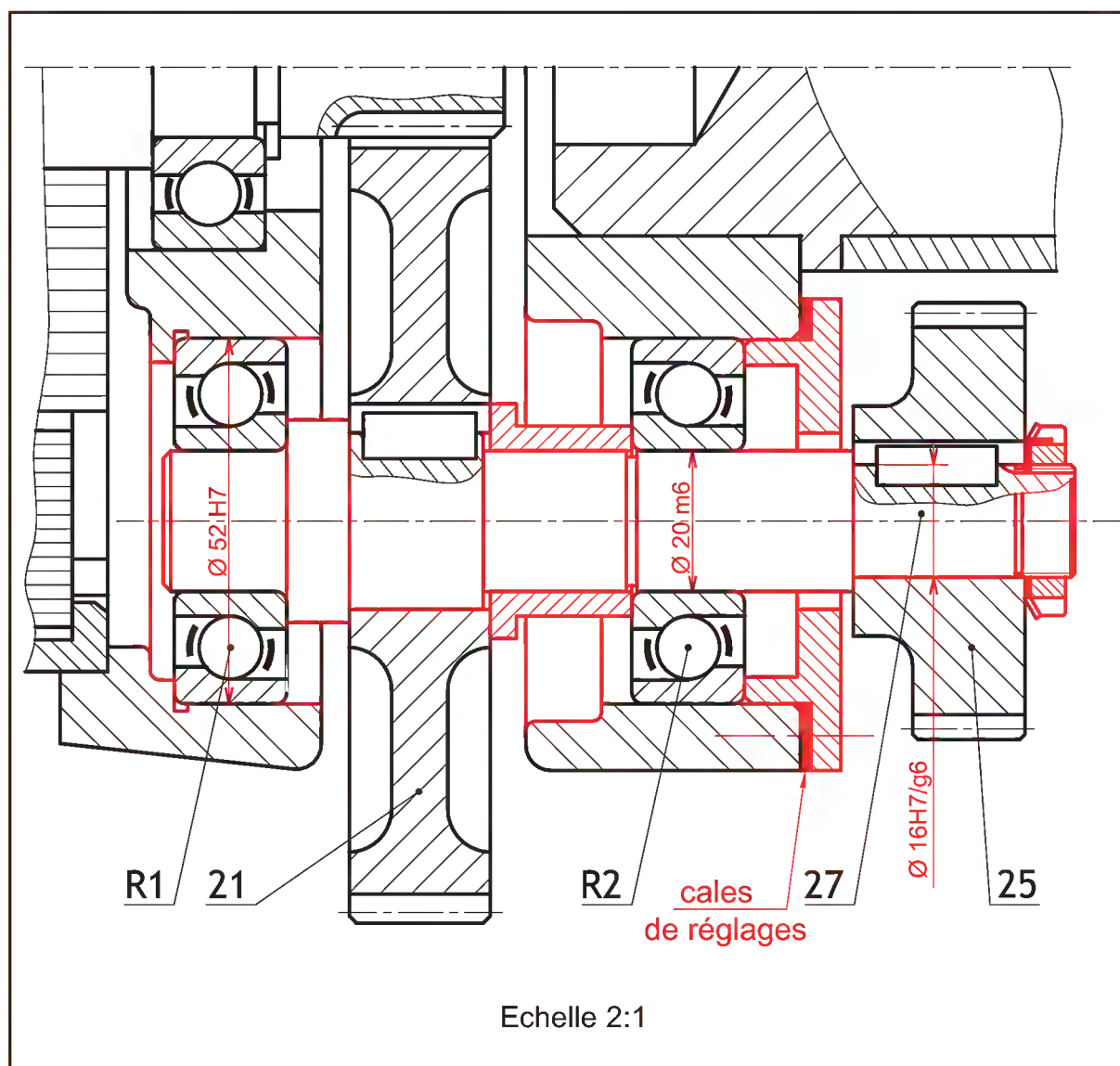
- les bagues montées avec serrage ? *Bagues intérieures*
- les bagues montées avec jeu ? *Bagues extérieures*

d- Le réglage du jeu de fonctionnement sera fait sur l'une des bagues :

- intérieures
- extérieures

e- Etude graphique :

- Réaliser le montage de ces roulements.
 - Compléter la représentation de l'encastrement de la roue dentée (21).
 - Compléter la représentation de l'encastrement du pignon (25) en remplaçant l'anneau élastique (26) par un écrou à encoches et une rondelle frein.
- Indiquer les ajustements nécessaires au fonctionnement correct.



Evaluation

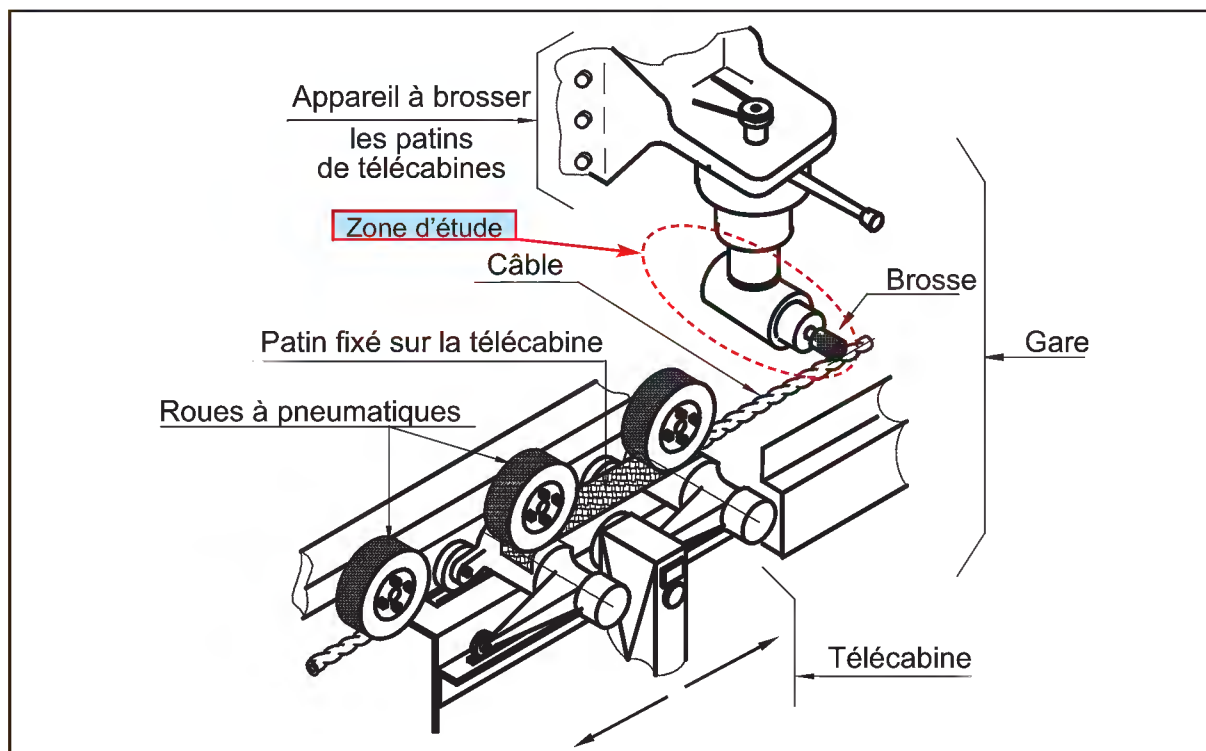
Support d'étude : « Appareil à broser les patins de télécabines »

Mise en situation :

Le dessin d'ensemble (page 140) représente, à l'échelle 1:1, le mécanisme de transmission de mouvement en rotation de l'appareil à broser les patins de télécabines

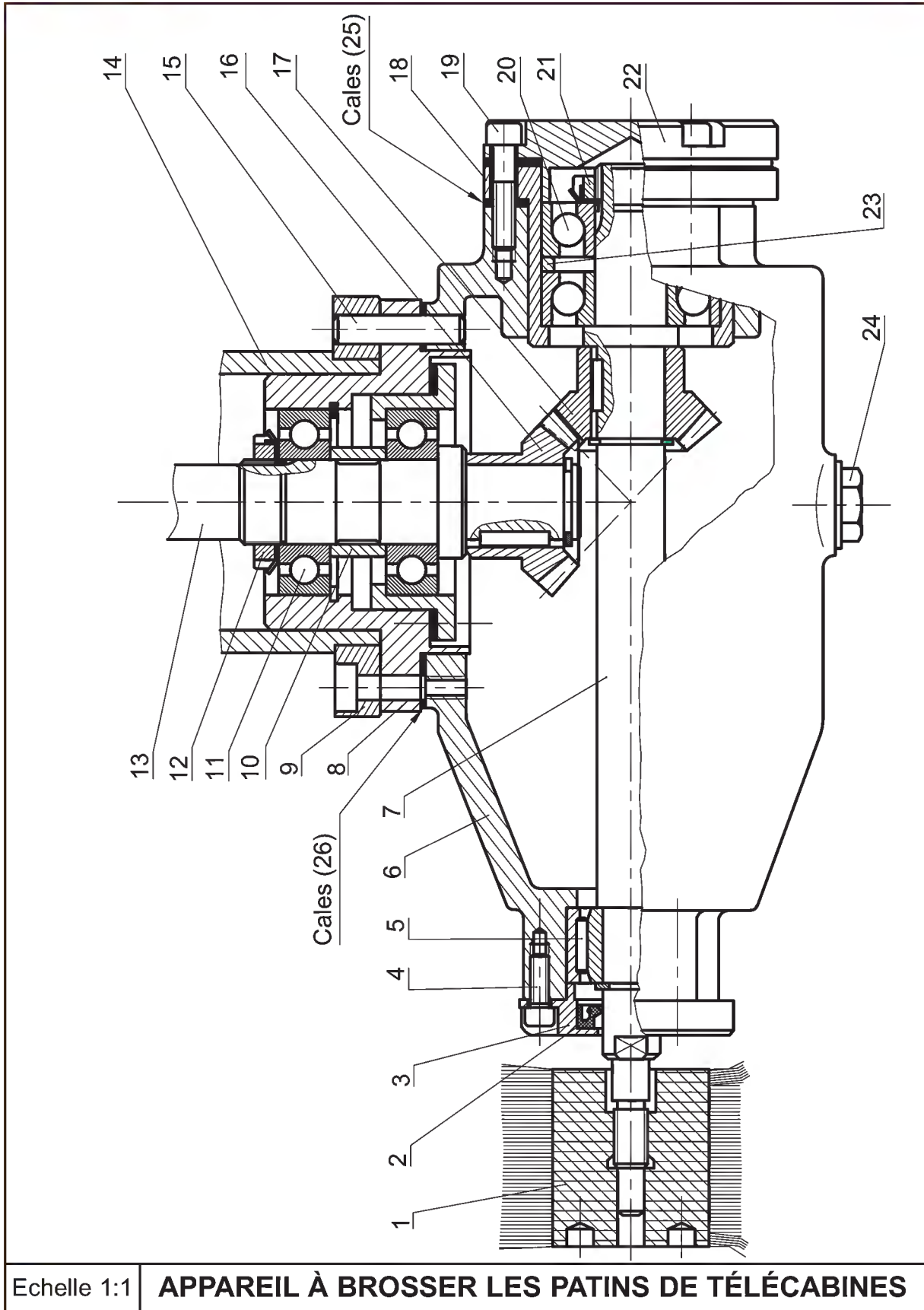
Ces cabines doivent être freinées à l'arrivée en gare et accélérées au départ : ceci est réalisé grâce à des roues à pneumatiques tournant à des vitesses différentes.

L'efficacité de l'accélération et du freinage dépend du coefficient de frottement entre roues et patins : l'appareil étudié permet d'améliorer ce coefficient de frottement en éliminant la neige et le givre à l'arrivée en gare.



12	1	Ecrou à encoches
11	2	Roulement
10	1	bague
9	1	Plaque support
8	1	Boîtier
7	1	Arbre de sortie
6	1	Bâti
5	1	Roulement à aiguilles
4	3	Vis à tête cylindrique
3	1	Couvercle
2	1	Joint à lévre
1	1	Brosse
Rep	Nb	Désignation

24	1	Bouchon
23	1	Bague
22	1	Couvercle
21	1	Ecrou à encoches
20	2	Roulement
19	3	Vis à tête cylindrique
18	1	Boîtier
17	1	Pignon conique
16	1	Pignon conique
15	1	Goupille
14	1	Boîtier supérieur
13	1	Arbre de transmission
Rep	Nb	Désignation

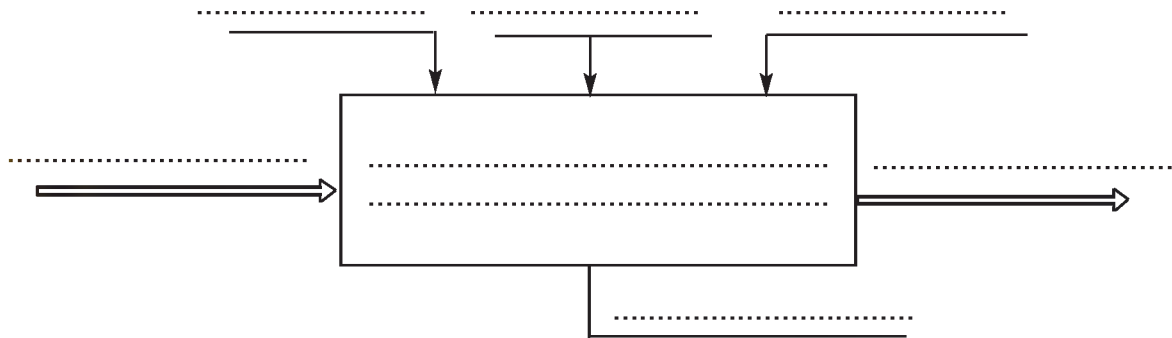


Echelle 1:1

APPAREIL À BROSSER LES PATINS DE TÉLÉCABINES

Travail demandé :

1) Compléter l'actigramme de niveau A-O du système étudié : "Appareil à broser les patins des télécabines".



2) Le schéma ci-dessous représente la chaîne d'entraînement de la brosse (13)

On donne :

la vitesse de rotation de la poulie (B) : $N_B = 150 \text{ tr/min}$

les diamètres des poulies :

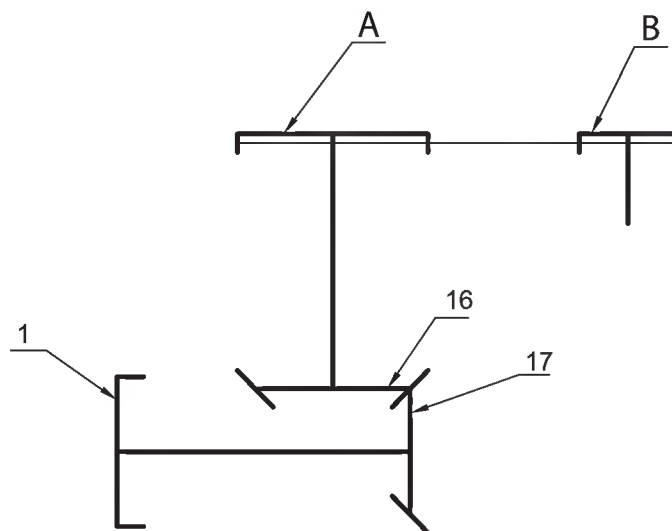
$d_B = 20 \text{ mm}; d_A = 100 \text{ mm}$

le nombre des pignons :

$$Z_{16} = Z_{17}$$

le diamètre de la brosse est :

$D = 44 \text{ mm}$



a- Calculer la vitesse de rotation de la poulie (A) :

.....
.....

b- Calculer la vitesse linéaire d'un point de la périphérie extérieure de la brosse (1):

.....
.....

3) Etude technologique :

a- Comment est assurée la lubrification du mécanisme :

.....
.....

b- Justifier :

.....
.....

d- Quelle est l'utilité des méplats taillés sur l'arbre de sortie (7) :

e- Justifier la présence de la bague (23) entre les deux roulements (20) :

f- Donner le rôle des cales (25) et (26) :

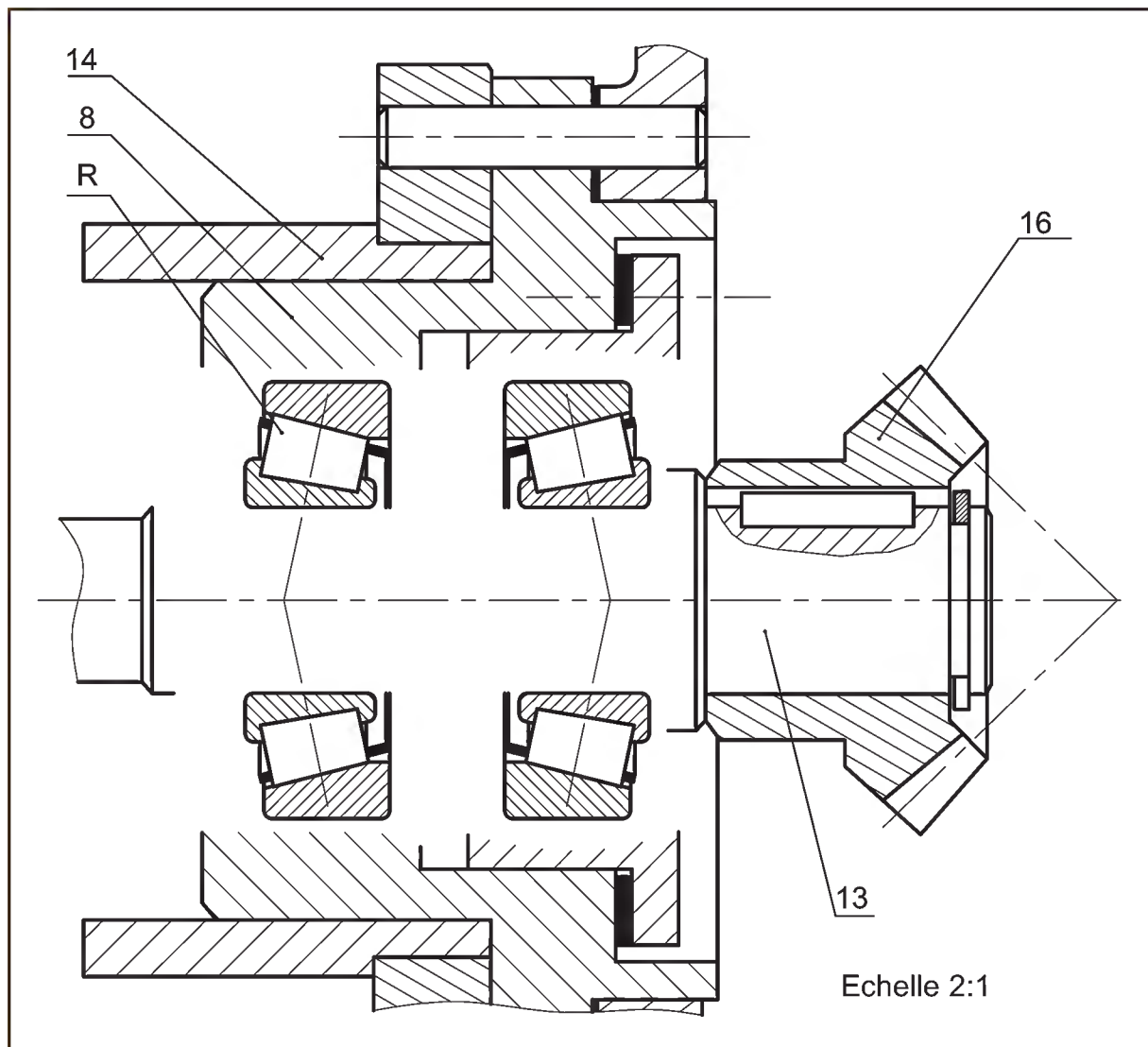
3) Etude graphique :

Pour des raisons de charge axiale élevée en bout de l'arbre (13), le concepteur a proposé de changer les roulements (11) par deux roulements à rouleaux coniques.

On demande : - de compléter le montage de ces roulements;

- d'assurer l'étanchéité

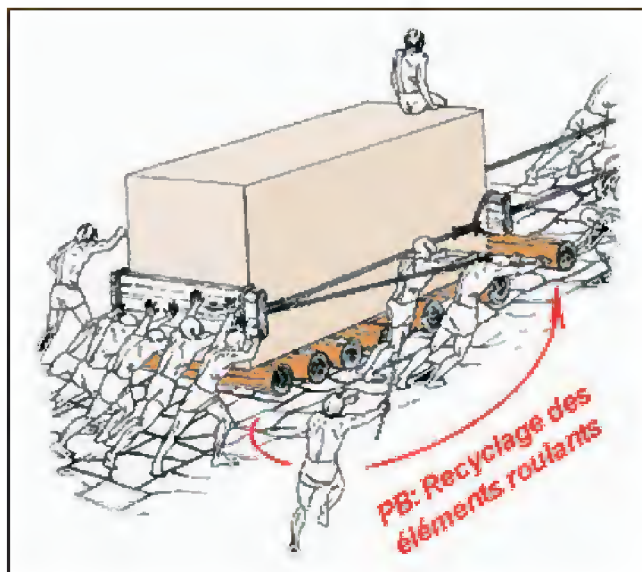
- d'indiquer les ajustements nécessaires au bon fonctionnement.



Savoir plus

1- Historique

Les Egyptiens, 4000 ans avant JC, sont les premiers à remplacer le frottement de glissement par le frottement de roulement en utilisant des rondins sous les blocs de pierre.



En 1485, Léonard de VINCI cherche un moyen de réduire le frottement entre les corps. C'est lui qui a le premier l'idée de la lubrification: pour réduire le frottement entre la roue et son axe. Néanmoins, la vitesse de rotation reste limitée et les pertes d'énergie sont toujours très importantes.

La fin du 19e siècle (environ 1870) a connu la fabrication du premier roulement.

Dès le début du 20e siècle (environ 1910), le développement des roulements dans l'industrie de l'automobile a commencé. Le roulement ressemble à celui qui est aujourd'hui utilisé. Seuls ont changés les matériaux employés dans la fabrication et les systèmes de lubrification.

2- Fabrication des roulements :

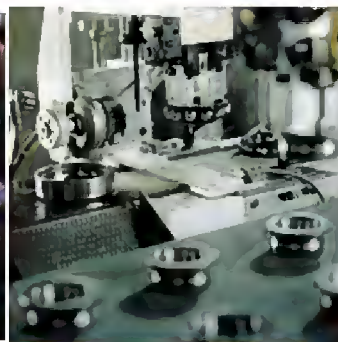
Quelques phases de fabrication des roulements (images société FAG)



Usinage de la bague intérieure d'un roulement



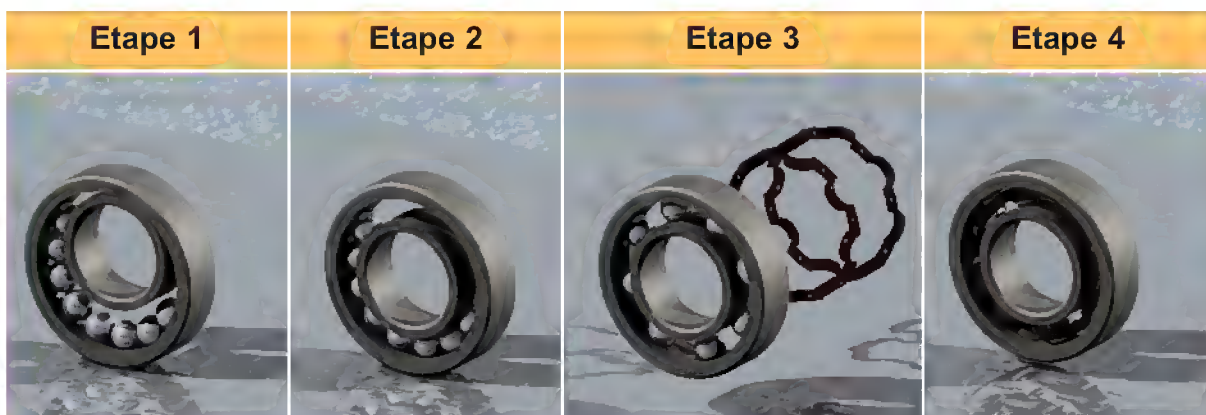
Traitement thermique de la bague intérieure d'un roulement



Chaîne de montage des roulements à billes

3- Assemblage d'un roulement :

Cette opération consiste à assembler les différents éléments qui constituent le roulement, tout en respectant les différentes tolérances du jeu correspondant à la catégorie dans laquelle se trouve le roulement. L'assemblage se fait en excentrant une bague par rapport à l'autre, ce qui permet d'introduire facilement les billes à l'intérieur du roulement. La cage est ensuite rivetée grâce à une presse. Puis, on met en place les protections sur les côtés du roulement. Il peut s'agir de joints d'étanchéité ou de déflecteurs de protection, suivant les roulements. Enfin, les roulements sont lavés et contrôlés : diamètre extérieur, intérieur, bruit, vibration. A ces étapes, il faut parfois ajouter les opérations de graissage et de mise en place des joints dans le cas de roulements étanches.



3- Montage et démontage des roulements :

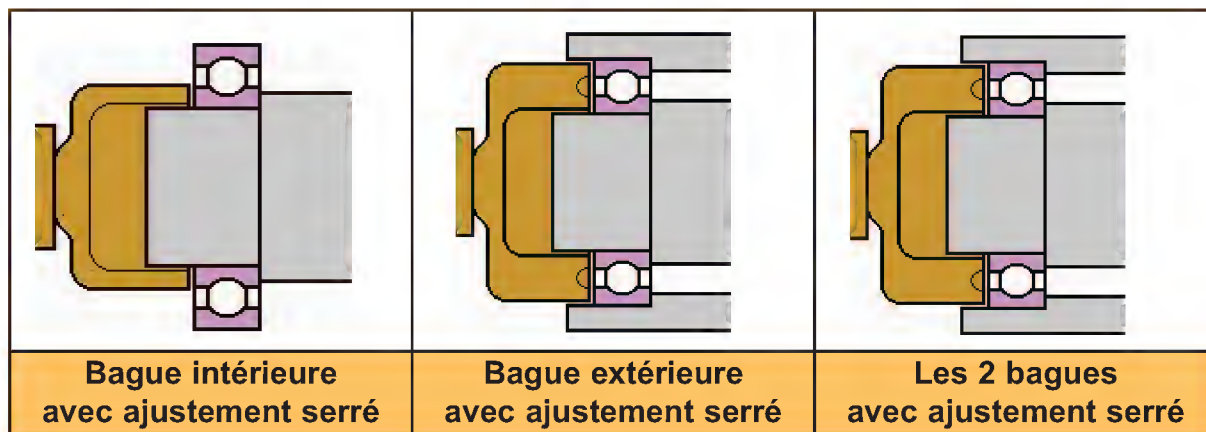
3-1 Montage :

Le montage et le démontage des roulements sont des opérations nécessitant un savoir faire particulier.

Avant tout montage, les arbres sont d'abord mesurés afin de vérifier qu'ils ne présentent pas de défauts (qualité, conicité pour les roulements à portée cylindrique) Les méthodes de montage varient suivant le type et la taille du roulement.

Lorsque la bague nécessite un ajustement serré, celui ci peut-être réalisé de diverses façons. L'emmanchement de la bague intérieure sur l'arbre se fait à froid, ou à chaud. Lorsqu'il s'agit de la bague extérieure qui nécessite un ajustement serré, l'emmanchement se fait en général à froid, car les logements sont difficiles à chauffer.

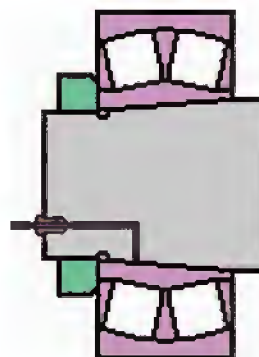
Dans tous les cas, l'effort de montage ne doit en aucun cas être transmis par les éléments roulants. On utilise donc une douille de montage, qui vient en appui sur la bague nécessitant un ajustement serré. Si les deux bagues requièrent un ajustement serré, la douille prend appui sur les deux bagues en même temps.



Les roulements montés sur portée conique ou sur manchon de serrage sont plus faciles à monter. En effet, on utilise en général un écrou de serrage, serré grâce à une clé à main, ou lorsque l'effort à fournir est plus important, à l'aide d'une clé de frappe. Lorsque les roulements sont bloqués grâce à ce type d'écrou, on utilise aussi une rondelle d'arrêt, permettant de bloquer l'écrou et d'éviter son desserrage intempestif.

3-2 Démontage :

Le démontage s'effectue lui aussi de diverses manières. Pour les bagues ayant été montés avec un ajustement libre, le démontage s'effectue de la même manière que le montage : manuellement. Pour les autres bagues, c'est un peu plus compliqué. Les roulements sur portée cylindrique sont démontés en appliquant une force sur la partie liée à l'arbre ou au logement (en évitant bien sûr toujours la transmission des forces par les éléments roulants). De plus en plus, on utilise de l'huile à haute pression pour faciliter ce démontage. Il faut alors avoir prévu des canaux d'arrivée d'huile lors de la conception du système. Pour les roulements montés sur portée coniques et démontés grâce à cette méthode d'injection d'huile, il est nécessaire de prévoir un écrou de butée. En effet, le roulement est délogé de façon très brutale, il doit donc être bloqué pour éviter d'être expulsé. Les roulements de petits diamètres ne nécessitant pas de gros efforts, sont en général démontés grâce à une douille de démontage ou, lorsque ce n'est pas possible, grâce à une cale en acier.



CHAPITRE 4

FONCTION TRANSMISSION DE MOUVEMENT

Leçon 1 : Transmission sans transformation de mouvement et sans modification de vitesse angulaire :

A- Accouplements et limiteurs de couple.

B- Embrayages et freins.

Leçon 2 : Transmission sans transformation de mouvement avec modification de vitesse angulaire :
Les engrenages.

Leçon 3 : Transmission avec transformation de mouvement:

- Système vis écrou.
- Excentriques.
- Cames.
- Bielle manivelle.
- Pignon-crémaillère.

O B J E C T I F S

B2.1- Définir les constituants d'une chaîne de transmission de mouvement.

B2.2- Déterminer les caractéristiques d'une transmission.

B2.3- Compléter la représentation d'une solution constructive.

CONNAISSANCES NOUVELLES

Les organes de transmission de mouvement.

* Sans transformation de mouvement :

- accouplements;
- embrayages;
- limiteurs de couple;
- freins;
- engrenages.

* Avec transformation de mouvement :

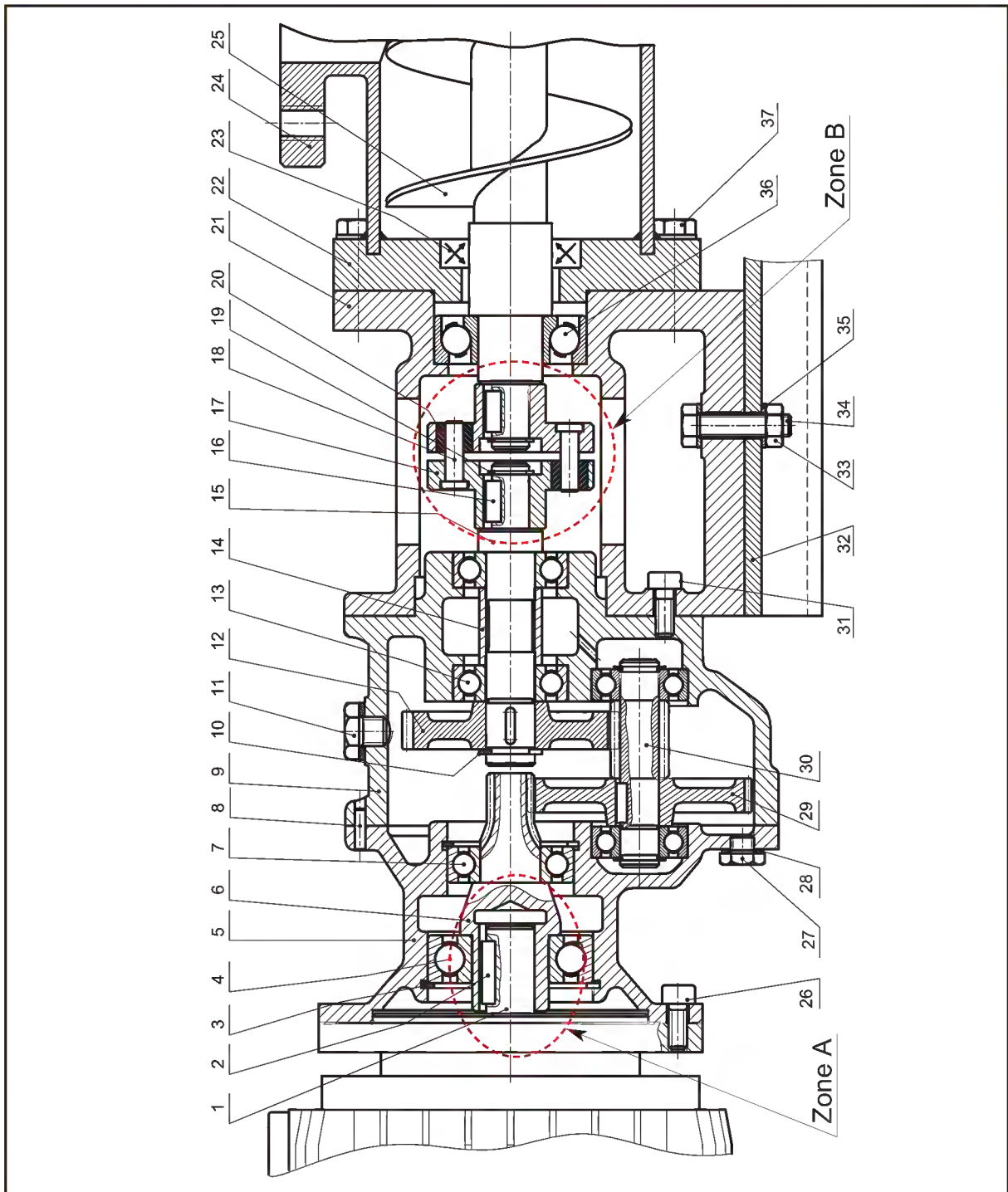
- système vis-écrou;
- excentriques;
- cames;
- bielle manivelle;
- pignon-crémaillère.

A- ACCOUPLEMENTS ET LIMITEURS DE COUPLE

Développement de connaissances

1- Présentation du système d'étude :

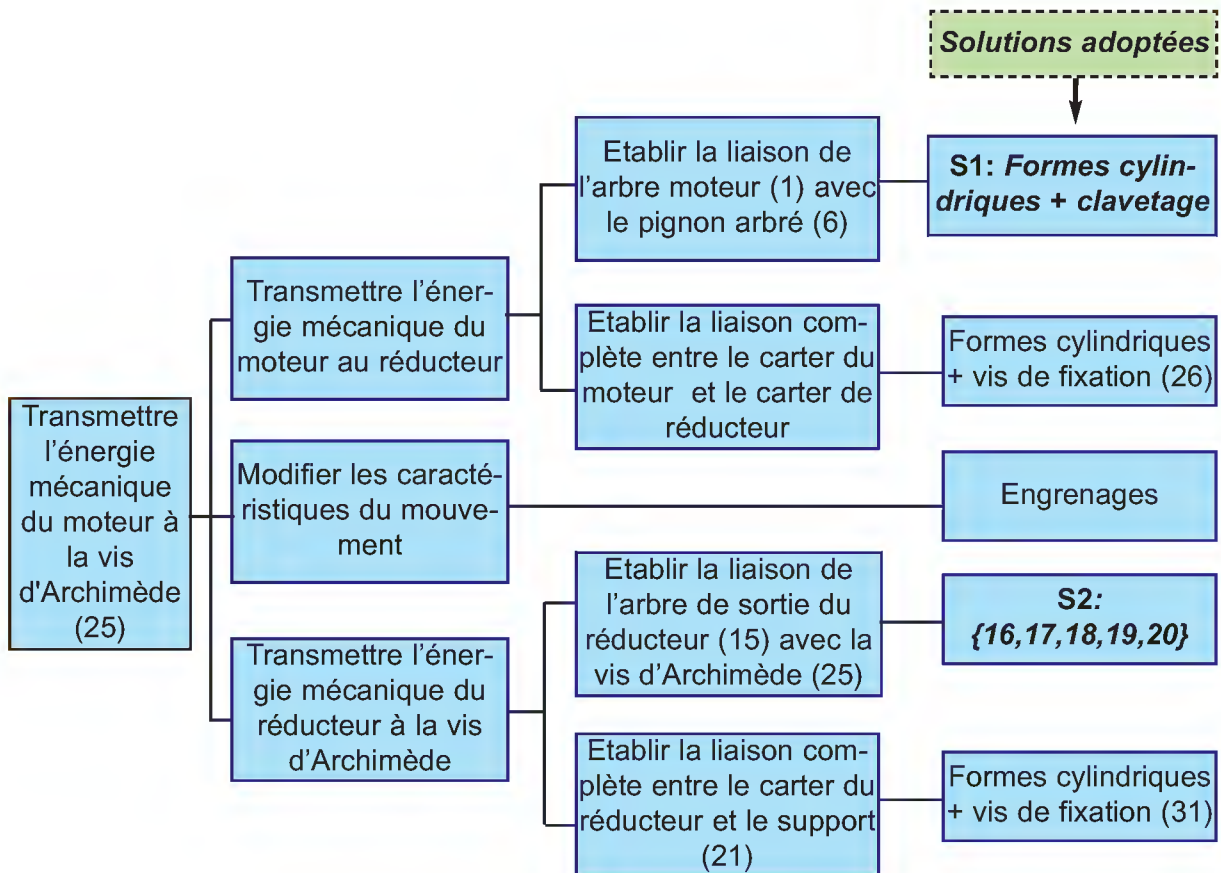
Le système d'étude « **pompe mono-vis** » (voir le dessin d'ensemble) fait partie d'une huilerie moderne. Cette pompe permet de malaxer les olives broyées.



37	8	Vis à tête hexagonale		
36	1	Roulement à une rangé de billes à contact oblique		
35	2	Rondelle d'appui		
34	2	Vis à tête hexagonale		
33	2	Ecrou hexagonal		
32	1	Semelle	S275	
31	5	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
30	1	Pignon arbré	C35	
29	1	Roue dentée	C35	
28	1	Joint plat		
27	1	Bouchon de vidange		
26	7	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
25	1	Vis d'Archimède	C35	
24	1	Corps de la pompe	EN GJL200	
23	1	Joint à lèvres		
22	1	Bride	S275	
21	1	Support	EN GJL200	
20	6	Bague		
19	2	Anneau élastique pour arbre		
18	6	Axe	S275	
17	2	Plateau	S275	
16	2	Clavette parallèle forme A		
15	1	Arbre	C40	
14	1	Bague	S235	
13	2	Roulement à une rangé de billes à contact radial		
12	1	Roue dentée	C40	
11	1	Bouchon de remplissage		
10	1	Anneau élastique pour alésage		
9	1	Carter	EN GJL200	
8	1	Goupille de centrage		
7	1	Roulement à une rangé de billes à contact radial		
6	1	Pignon arbré	C60	
5	1	Boîtier	EN GJL200	
4	1	Roulement à une rangé de billes à contact radial		
3	1	Anneau élastique pour alésage		
2	1	Clavette parallèle forme A		
1	1	Arbre moteur	C40	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs.
POMPE MONO-VIS				

Problème posé : Identifier les solutions adoptées pour répondre à la fonction :
« *Transmettre l'énergie mécanique du moteur à la vis d'Archimède (25)* ».

Le F.A.S.T de la fonction évoquée :

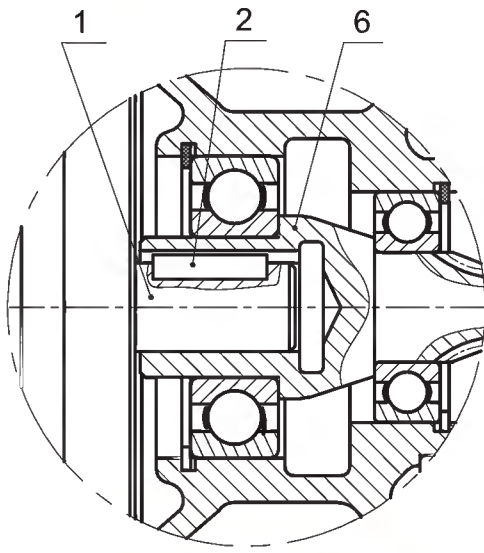
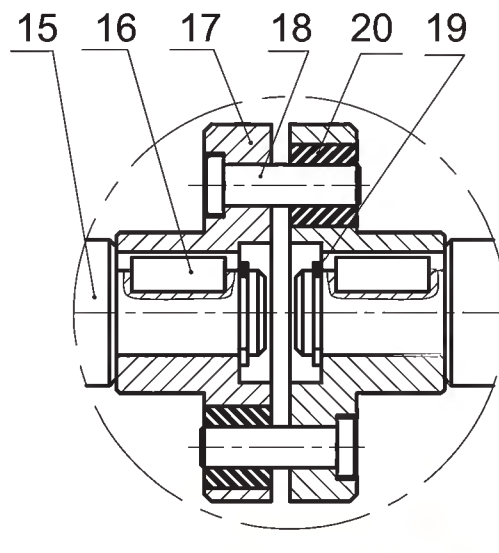


On s'intéresse aux solutions technologiques adoptées qui assurent :

- la liaison de l'arbre moteur (1) avec le pignon arbré (6) :
Solution S1 (Voir le dessin d'ensemble : zone "A")
- la liaison de l'arbre de sortie du réducteur (15) avec la vis d'Archimède (25) :
Solution S2 (Voir le dessin d'ensemble : zone "B")

Les deux solutions S1 et S2 permettant **d'accoupler** deux arbres situés dans le même prolongement sont nommées « **accouplements** ».

Comparons les deux accouplements utilisés.

 <p style="text-align: center;">Solution S1</p>	 <p style="text-align: center;">Solution S2</p>
<p>Ce montage exige un alignement parfait des arbres et n'autorise aucun mouvement relatif donc : c'est un accouplement rigide.</p>	<p>Cet ensemble comporte un composant déformable (les bagues (20) en caoutchouc) ce qui permet l'assemblage d'accepter certains désalignements et décalages des arbres donc : c'est un accouplement élastique.</p>

2- Les accouplements :

D'une manière générale, la fonction principale d'un accouplement est la transmission de puissance entre deux arbres situés dans le même prolongement.

On distingue généralement 3 familles :

- accouplements rigides : qui assurent un encastrement entre les arbres, les rendant coaxiaux;
- accouplements élastiques : qui acceptent une relative élasticité en torsion;
- accouplements positifs : qui n'acceptent pas d'élasticité en torsion.

On peut aussi distinguer les joints homocinétiques : qui ne modifient pas la loi de vitesse.

2-1 Les accouplements rigides.

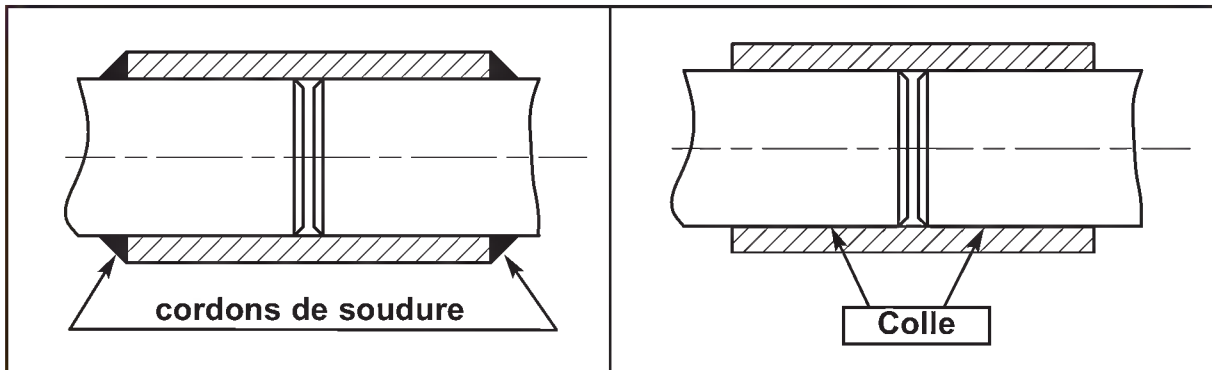
Ces accouplements ne doivent être utilisés que si le montage est très rigide et si l'équipement est suffisamment robuste pour supporter les moments et les forces générées par les inévitables désalignement.

➤ Entraînement par adhérence.

On relie les deux arbres avec un manchon ajusté "serré" des deux cotés.

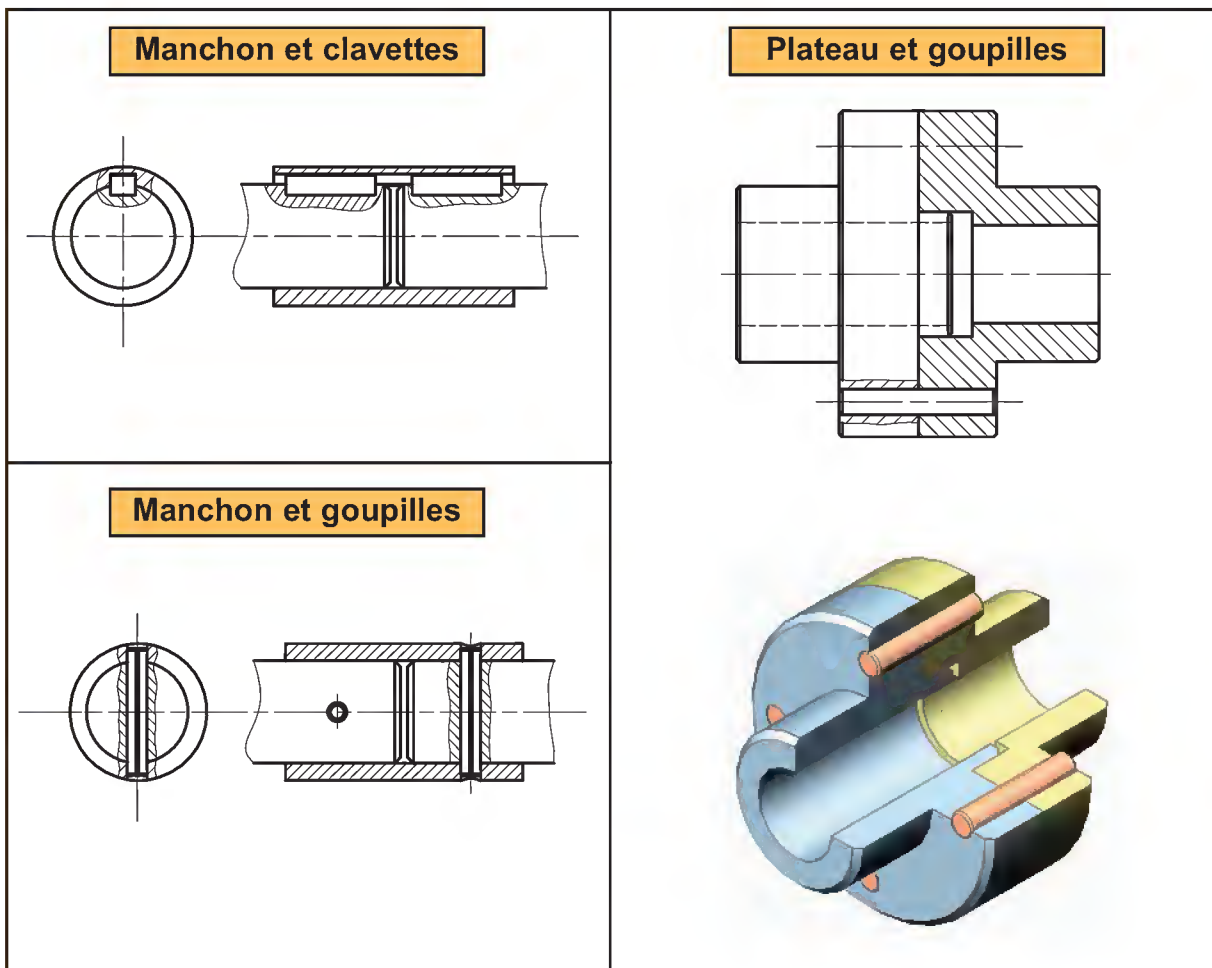
> **Entraînement par collage ou soudure.**

La liaison entre les deux arbres est obtenue avec un manchon rendu solidaire par un cordon de soudure ou une couche de colle.



> **Entraînement par obstacle.**

Afin d'assurer l'entraînement en rotation, en plus de la mise en position, on place un obstacle (clavette, goupille). La mise en position peut s'effectuer avec un manchon ou un plateau.

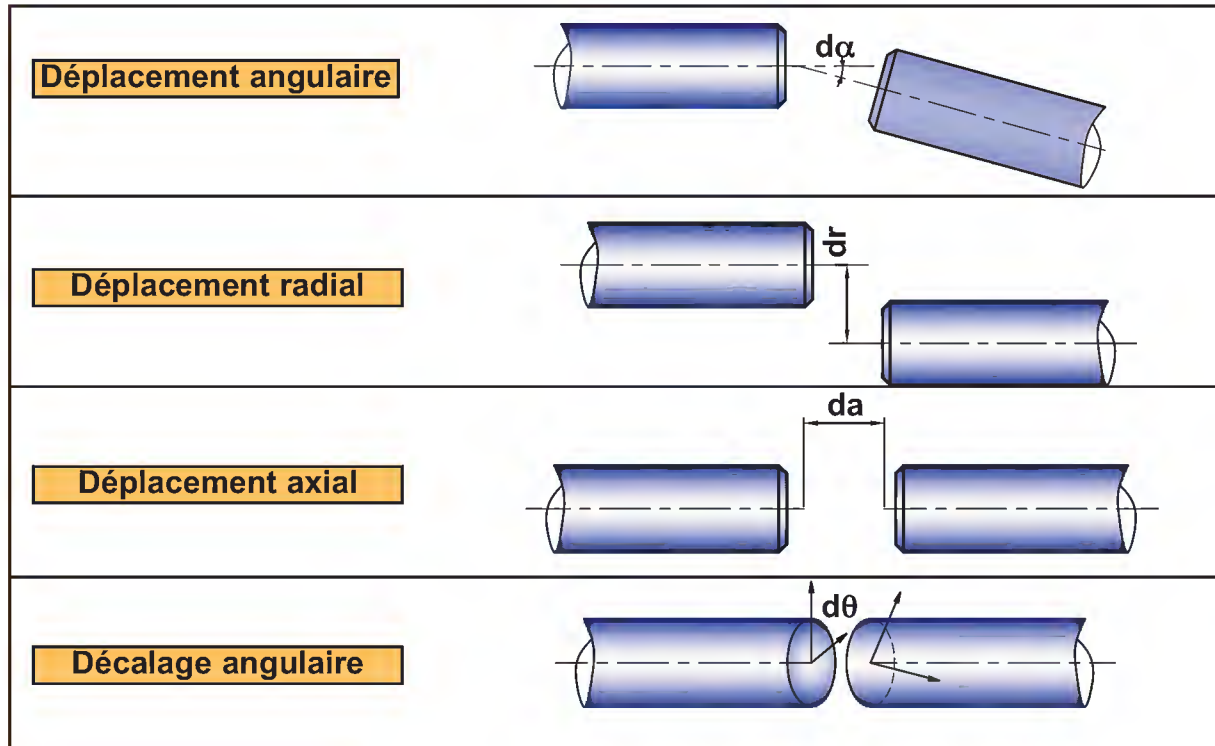


2-2 Les accouplements élastiques :

D'une manière générale, ces composants sont constitués de deux éléments rigides reliés par un ou plusieurs éléments intermédiaires élastiques (élastomère ou métal), qui permettent la compensation des défauts et l'absorption des chocs.

Ces accouplements permettent un léger déplacement de la position relative des arbres.

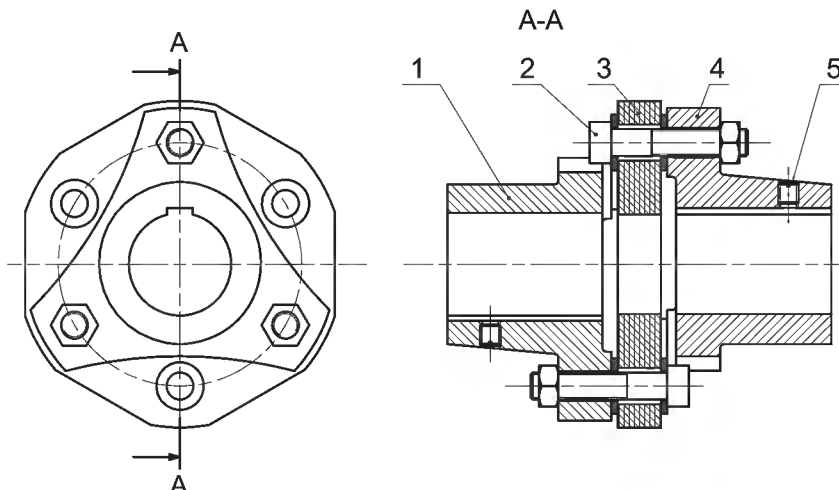
Déplacements possibles:

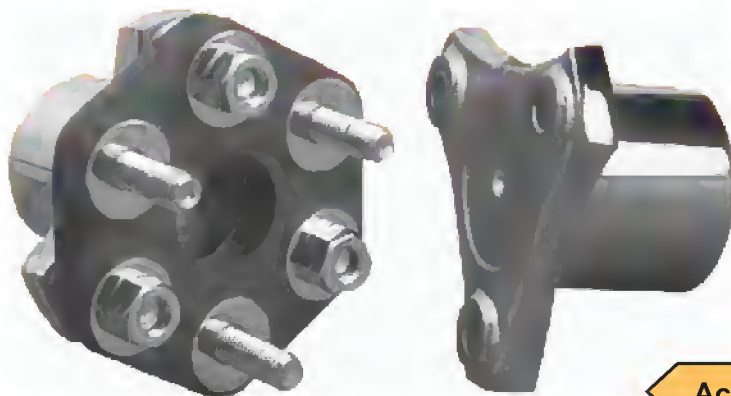


► Elastomères.

Dans ce type d'accouplement, la sollicitation de l'élément élastique peut être :

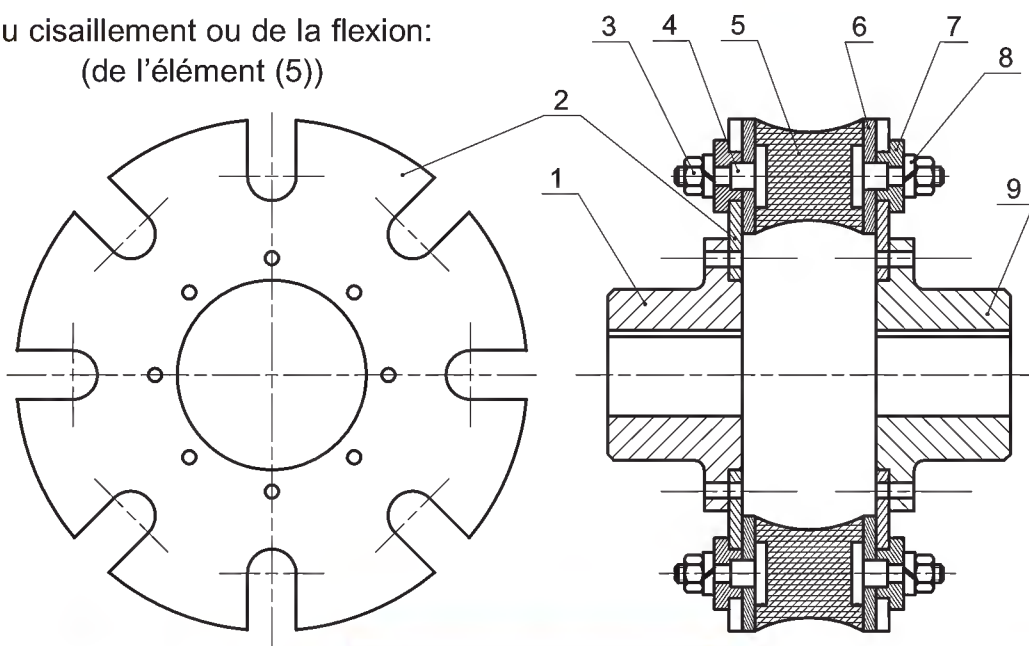
- de la compression:(de l'élément (3)).



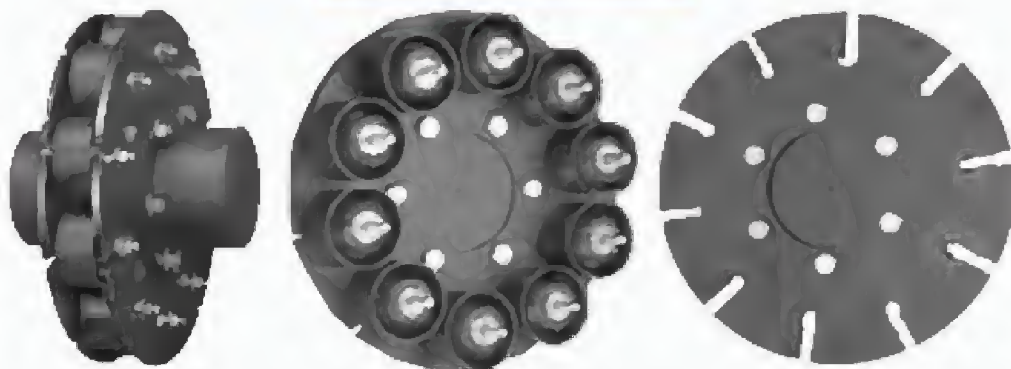


Accouplement FLECTOR

- du cisaillement ou de la flexion:
(de l'élément (5))

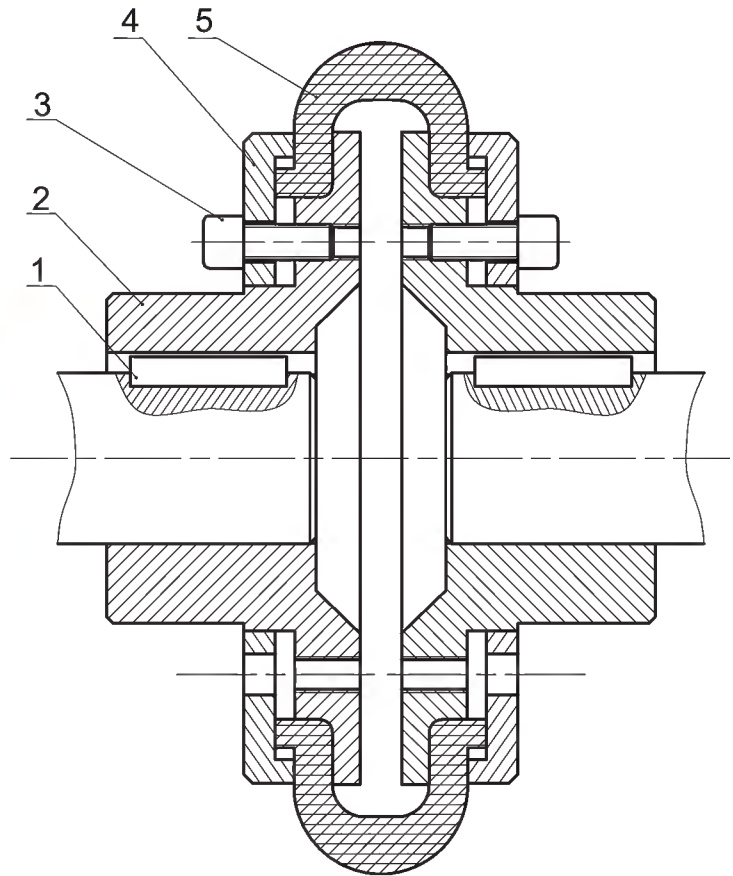


Manchon RADIAFLEX



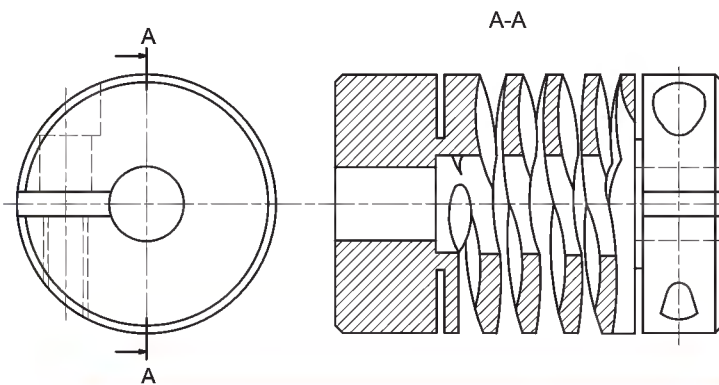
- de la torsion: (de l'élément (5))

Manchon à gaine flexible



► **Métalliques.**

On utilise principalement des profilés hélicoïdaux, générés par usinage d'une gorge en hélice débouchant dans un tube cylindrique.



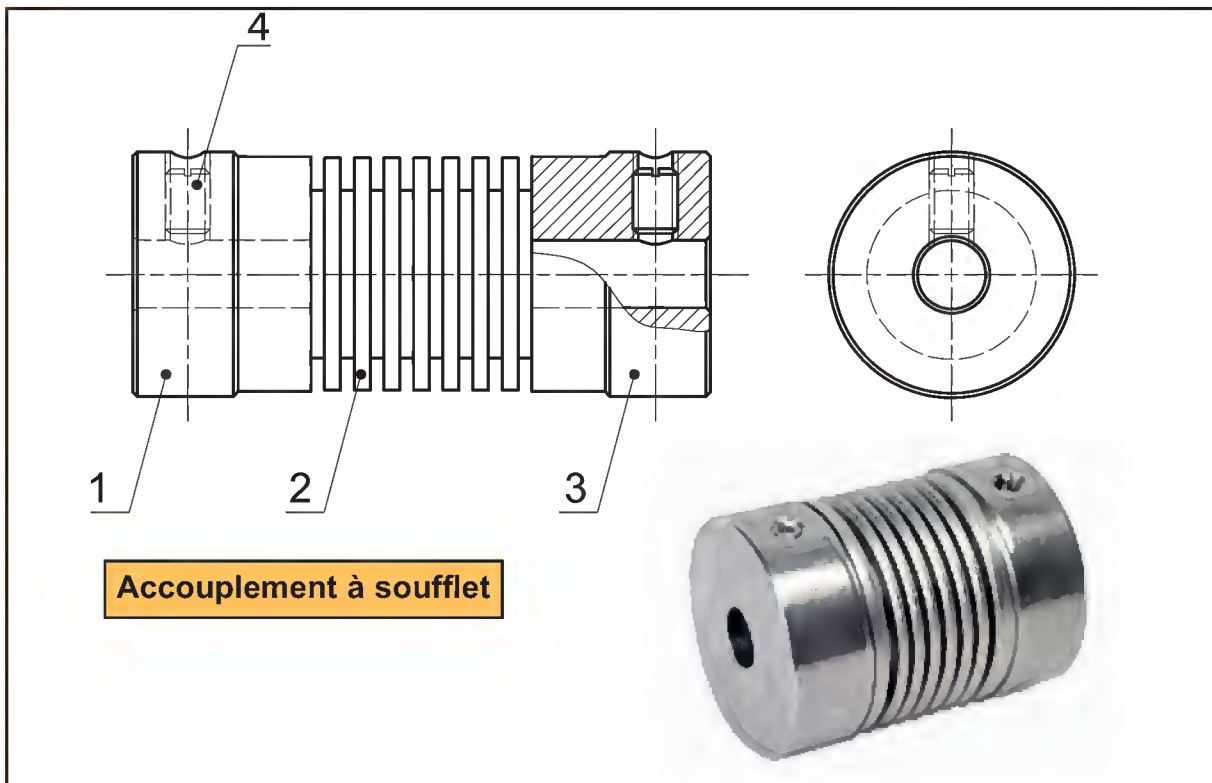
Accouplement «Panamech Multi-Beam»

2-3 Les accouplements positifs :

Ces accouplements, proches des accouplements élastiques, ont une rigidité en torsion importante.

Parmi les technologies, on retrouve les joints :

- à soufflet :



- avec plateaux rainurés :



Joint d' OLDHAM

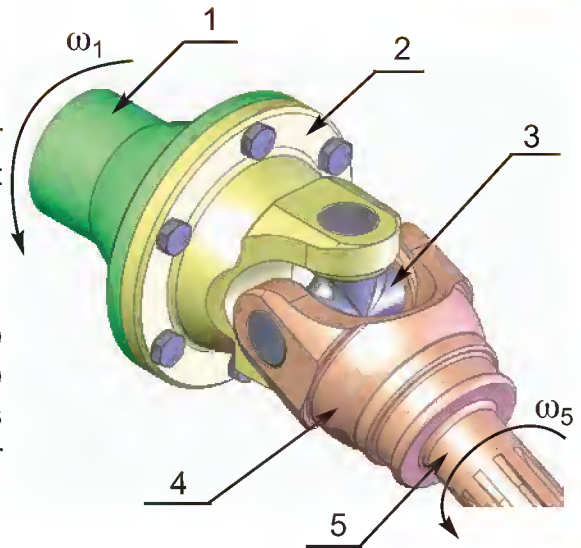
2-4 Le joint de cardan

Fonction

Le joint de cardan permet aux arbres d'avoir une liberté angulaire variable et relativement importante au cours du fonctionnement.

Constitution

- Une mâchoire (2) liée à l'arbre du moteur (1)
- Une mâchoire (4) liée à l'arbre récepteur (5)
- Les axes du croisillon (3) ainsi que ceux des arbres moteur et récepteur doivent coïncider au même point.

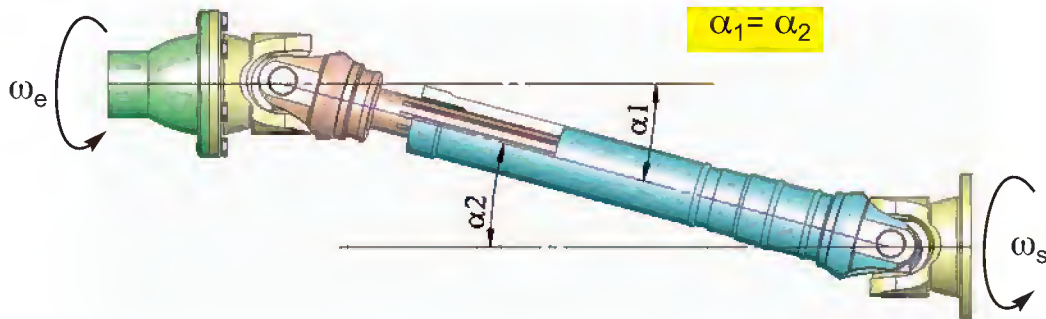


Inconvénient de la transmission :

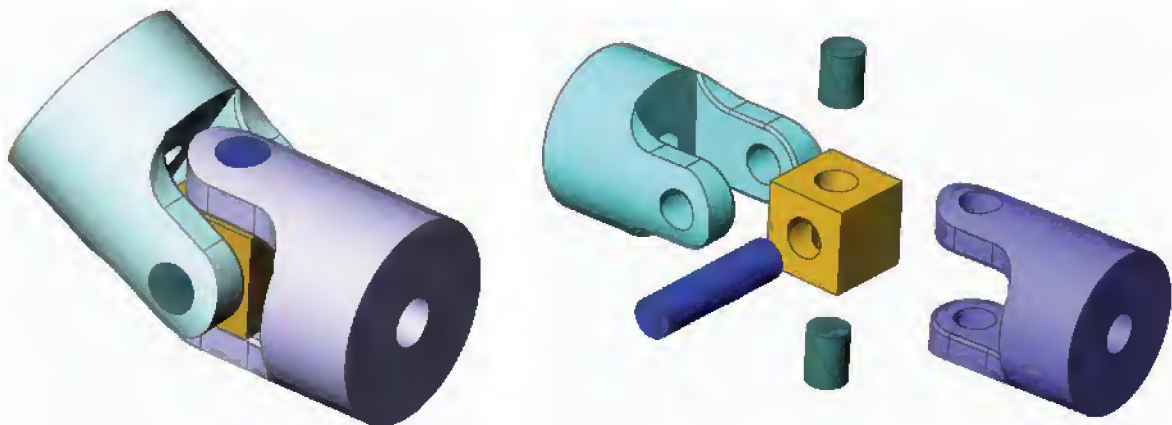
Les vitesses angulaires instantanées (ω_1 et ω_5) ne sont pas les mêmes pour les deux arbres, donc la transmission n'est pas homocinétique.

Réalisation d'une transmission homocinétique :

La réalisation d'une transmission homocinétique ($\omega_e = \omega_s$) est assurée par deux joints de cardan.



Autre exemple de joint de cardan :



2-5 Les limiteurs de couple (ou manchon de sécurité):

Problème : Pour les différents accouplements évoqués précédemment, la question qui se pose : En cours de fonctionnement, que se passe-t-il si l'arbre récepteur se trouve accidentellement bloqué ?

La réponse : l'un des organes de liaison sera endommagé.

Pour remédier à ce problème, on est amené à remplacer l'accouplement par un dispositif nommé : **limiteur de couple**.

Le limiteur de couple.(ou manchon de sécurité)

C'est un dispositif de sécurité qui évite toute surcharge ou blocage d'une machine. Lorsque la surcharge a cessé, il y a à nouveau entraînement sans qu'il soit nécessaire d'intervenir sur le limiteur de couple.

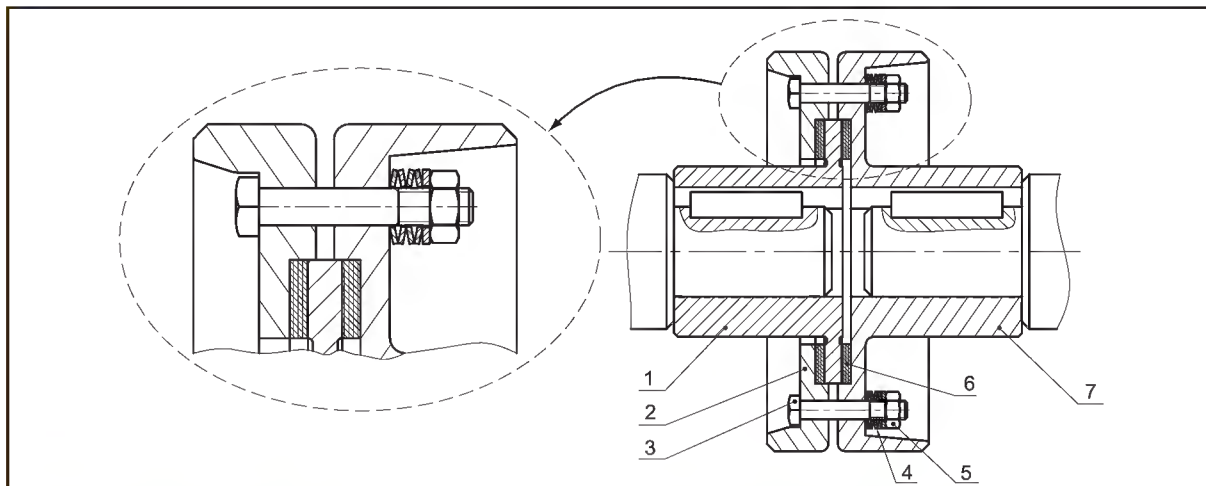
Les surfaces de friction sont soumises à la pression d'un ressort et le couple de glissement est prédéterminé par le réglage de la force du ressort.

Exemple :

La liaison entre (1) et l'ensemble {(2) et (7)} est obtenue par adhérence.

Les éléments qui créent la force pressante nécessaire à l'adhérence sont les rondelles Belleville(4).

On peut faire varier la valeur limite du couple à transmettre en serrant ou en desserrant les écrous (5).



2-6 Symboles normalisés des accouplements :

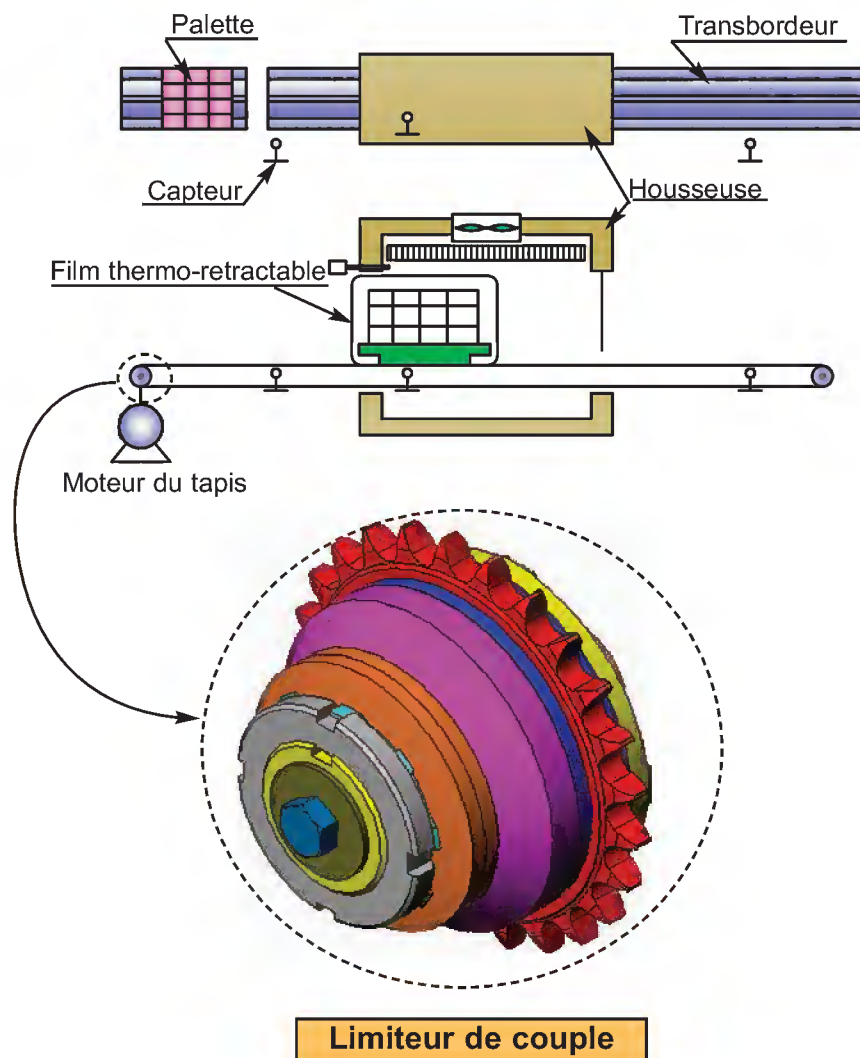
Accouplement (symbole général)		Joint de cardan	
Accouplement rigide		Accouplement élastique	
Limiteur de couple ou manchon de sécurité			

Consolidation des connaissances

Système d'étude : Limiteur de couple

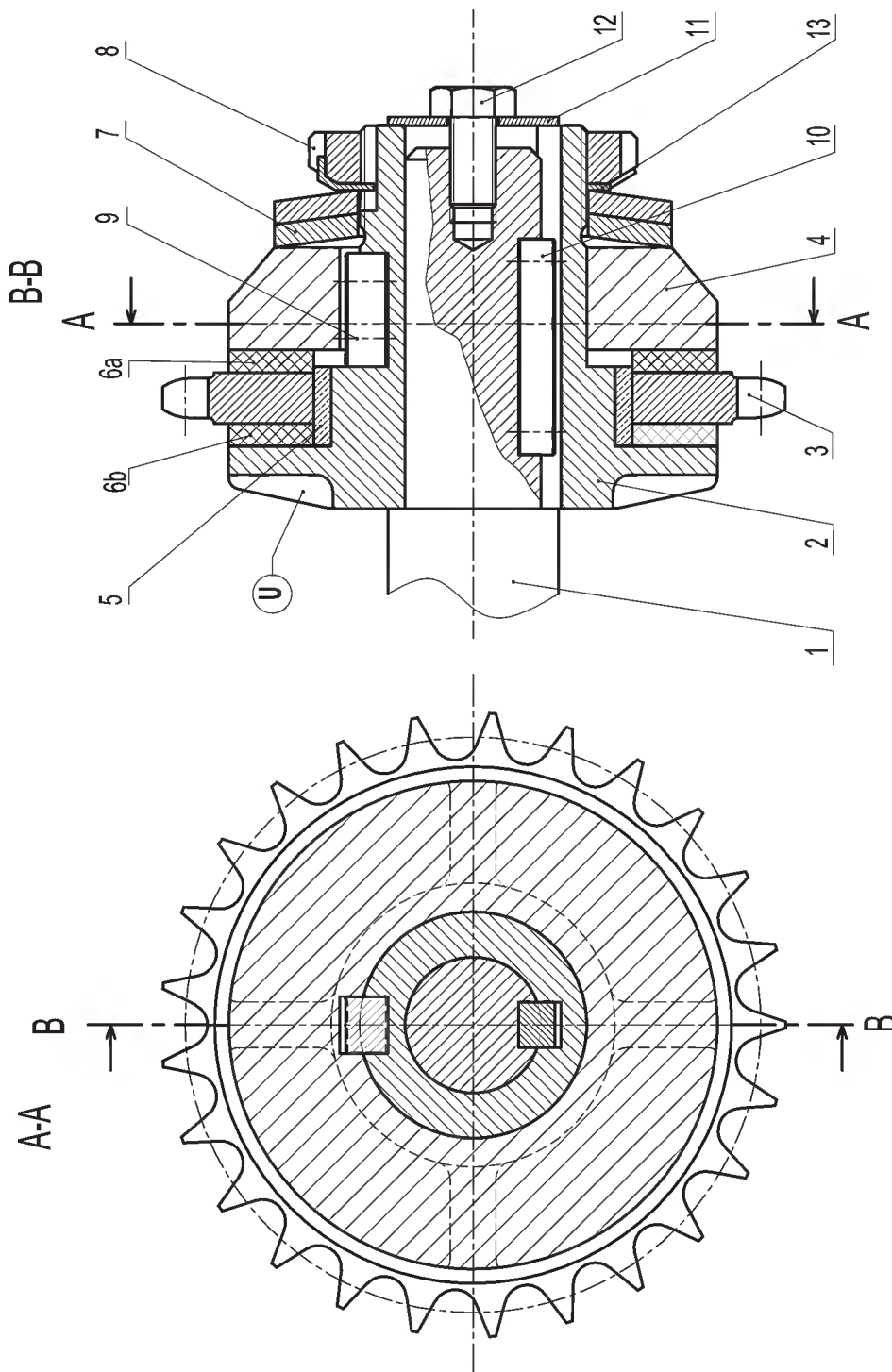
1- Mise en situation :

Le système étudié est un limiteur de couple. Cet organe est monté sur l'arbre moteur du transporteur entraînant le tapis roulant d'une housseuse d'une ligne de conditionnement de produits laitiers d'une coopérative agricole.



Limiteur de couple

Les briques de lait (1 litre) sont conditionnées en pack de 6 x 1 litre au cours du fardage puis chaque ligne procède à la palettisation des packs en palettes (720 packs de 1 litre). L'ensemble des palettes se trouve ensuite à l'entrée d'une housseuse permettant la dernière phase de conditionnement, en posant un film thermo-rétractable de maintien et de protection des palettes.



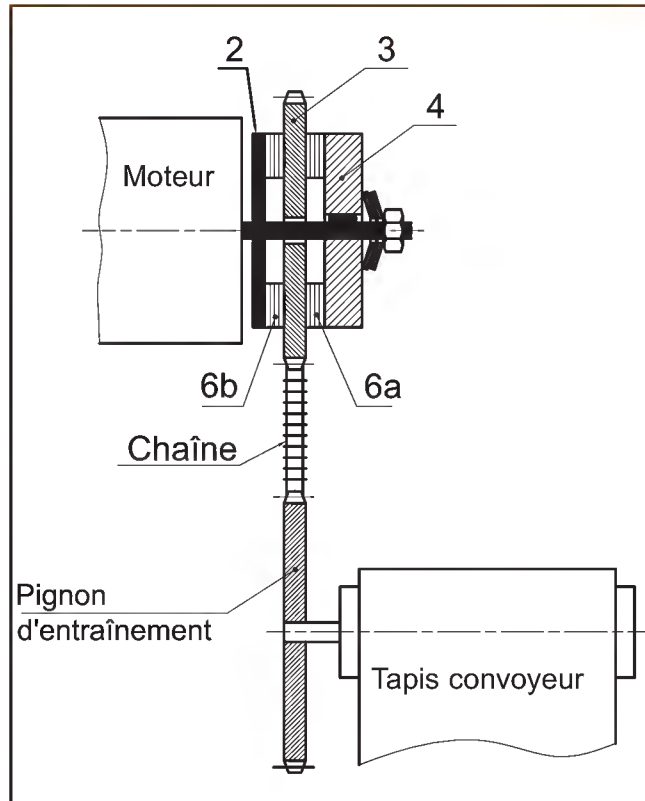
Echelle 1:1

LIMITEUR DE COUPLE

2- Fonctionnement :

Le limiteur de couple, représenté sur le dessin d'ensemble (voir également le schéma ci-contre), assure la transmission du mouvement de rotation entre l'arbre moteur (1) et le pignon à chaîne (3). L'entraînement se fait par adhérence des deux garnitures de friction (6a) et (6b) sur le pignon (3), grâce à l'effort presseur des rondelles élastiques type « Belleville » agissant comme des ressorts. Les garnitures (6a) et (6b) sont collées sur les pièces (2) et (4).

En cas de surcharge anormale ou de blocage accidentel du convoyeur, l'arbre moteur continuera de tourner mais il y aura glissement entre le pignon (3) et les garnitures (6a) et (6b), permettant ainsi d'éviter la rupture des organes les plus fragiles de la transmission.



Travail demandé :

- Pendant le fonctionnement, y a t il un mouvement possible entre (1) et (2) ?.....
- En déduire le nom de la liaison :
- Quelles sont les pièces assurant cette liaison ?
- Indiquer le repère des pièces entraînées en rotation par le moteur en cas de blocage accidentel du convoyeur ?
Moteur + (1)
- Quelle opération doit-on effectuer si le limiteur de couple "patine" trop facilement ?
- Donner le rôle de la rondelle (13) :
- La chaîne retirée, on souhaite changer le pignon (3). Indiquer l'ordre de démontage des pièces strictement nécessaires :
- Quelles familles de matériaux sont indiquées par les hachures des pièces ?
-(6a) et (6b) :
- (5) :

- i- On donne (voir le schéma de la page précédente) :
- La vitesse du moteur asynchrone triphasé est $N_1 = 1500$ tr/min
 - Le nombre de dents du pignon moteur est $Z_3 = 25$ dents
 - Le nombre de dents du pignon d'entraînement du convoyeur est $Z_C = 75$ dents
- i-1 Calculer le rapport de transmission entre le pignon moteur et le pignon du convoyeur : $R =$
- i-2 Calculer la vitesse de rotation du pignon d'entraînement du convoyeur :
..... $N_C =$ tr/min
- j- Donner le nom et la fonction de la forme repérée « U » sur le dessin d'ensemble :
- Nom de la forme repérée « U » :
 - Fonction :

Corrigé

- a- Pendant le fonctionnement, y a-t-il un mouvement possible entre (1) et (2) ? *Non*
- b- En déduire le nom de la liaison : *Liaison encastrement ou fixe (liaison complète démontable)*
- c- Quelles sont les pièces assurant cette liaison ?
Arrêt en rotation (2)/(1) : Clavette (10)
Arrêt en translation (2)/(1) : Rondelle plate (11) + vis à tête hexagonale(12)
- d- Indiquer le repère des pièces entraînées en rotation par le moteur en cas de blocage accidentel du convoyeur ?
Moteur + (1) + (2) +(4) +(5) + (6) +(7) + (8) + (9) + (10) + (11) + (12) + (13)
- e- Quelle opération doit-on effectuer si le limiteur de couple "patine" trop facilement ?
Comprimer davantage les 2 rondelles élastiques (7), en serrant l'écrou à encoches (8).
- f- Donner le rôle de la rondelle (13) : *Freiner par obstacle l'écrou à encoches (8).*
- g- La chaîne retirée, on souhaite changer le pignon (3). Indiquer l'ordre de démontage des pièces strictement nécessaires : *Dégager la languette de (13) insérée dans une encoche de (8). Dévisser (8), retirer (13) puis les 2 rondelles élastiques (7) puis (4) + (6a) et enfin le pignon (3).*
- h- Quelles familles de matériaux sont indiquées par les hachures des pièces ?
- 6a et 6b : *Férodo*
- 5 : *Alliage de Cuivre*
- i-1 Calculer le rapport de transmission entre le pignon moteur et le pignon du convoyeur :
 $R = N_C / N_3 = Z_3 / Z_C = 25/75 \Rightarrow R = 1/3$
- i-2 Calculer la vitesse de rotation du pignon d'entraînement du convoyeur :
 $N_C = N_3 \times R = 1500 \times (1/3) \Rightarrow N_C = 500$ tr/min.
- j- Donner le nom et la fonction de la forme repérée « U » sur le dessin d'ensemble :
- Nom de la forme repérée « U » : *Nervure*
 - Fonction : *Augmenter la rigidité du moyeu (2).*

Evaluation

Système d'étude : Unité de fabrication de Lopins

1- Mise en situation :

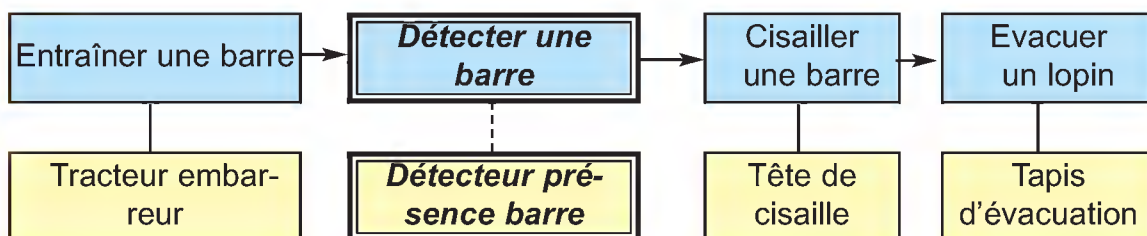
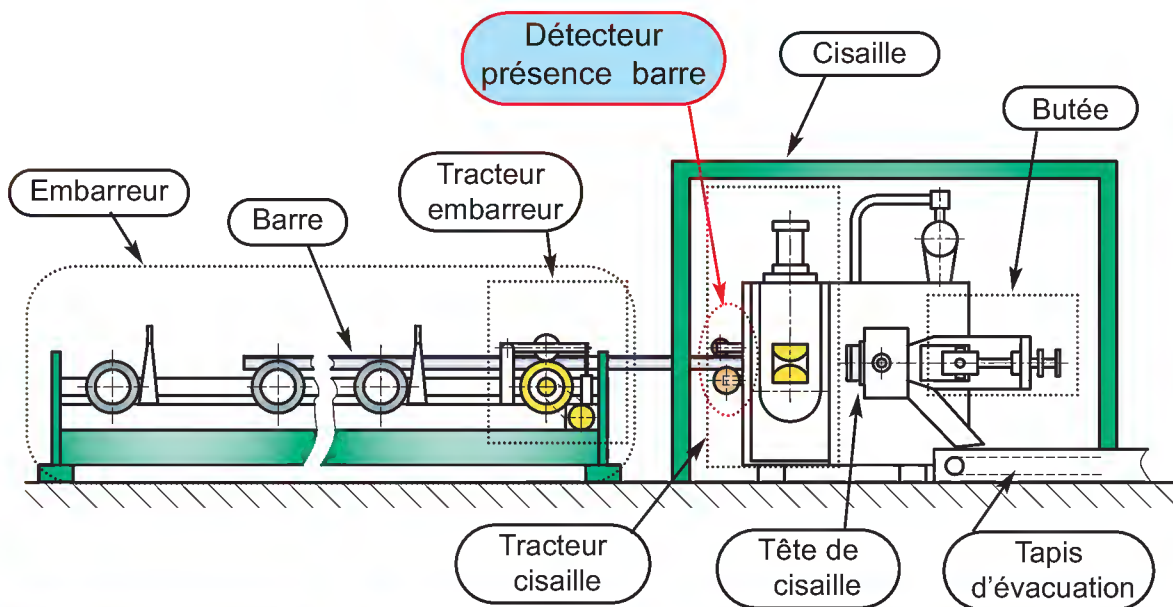
Les roulements, éléments fréquemment utilisés dans les systèmes techniques, sont produits en grandes séries.

Pour certains types de roulements de petit diamètre, la bague intérieure est obtenue par forgeage d'un lopin cisailé dans une barre. Après le forgeage du lopin, la bague est usinée sur une machine à commande numérique. Elle subit ensuite un traitement thermique puis elle est rectifiée.

2- Fonctionnement :

Les lopins sont cisailés dans des barres de 6 mètres de longueur.

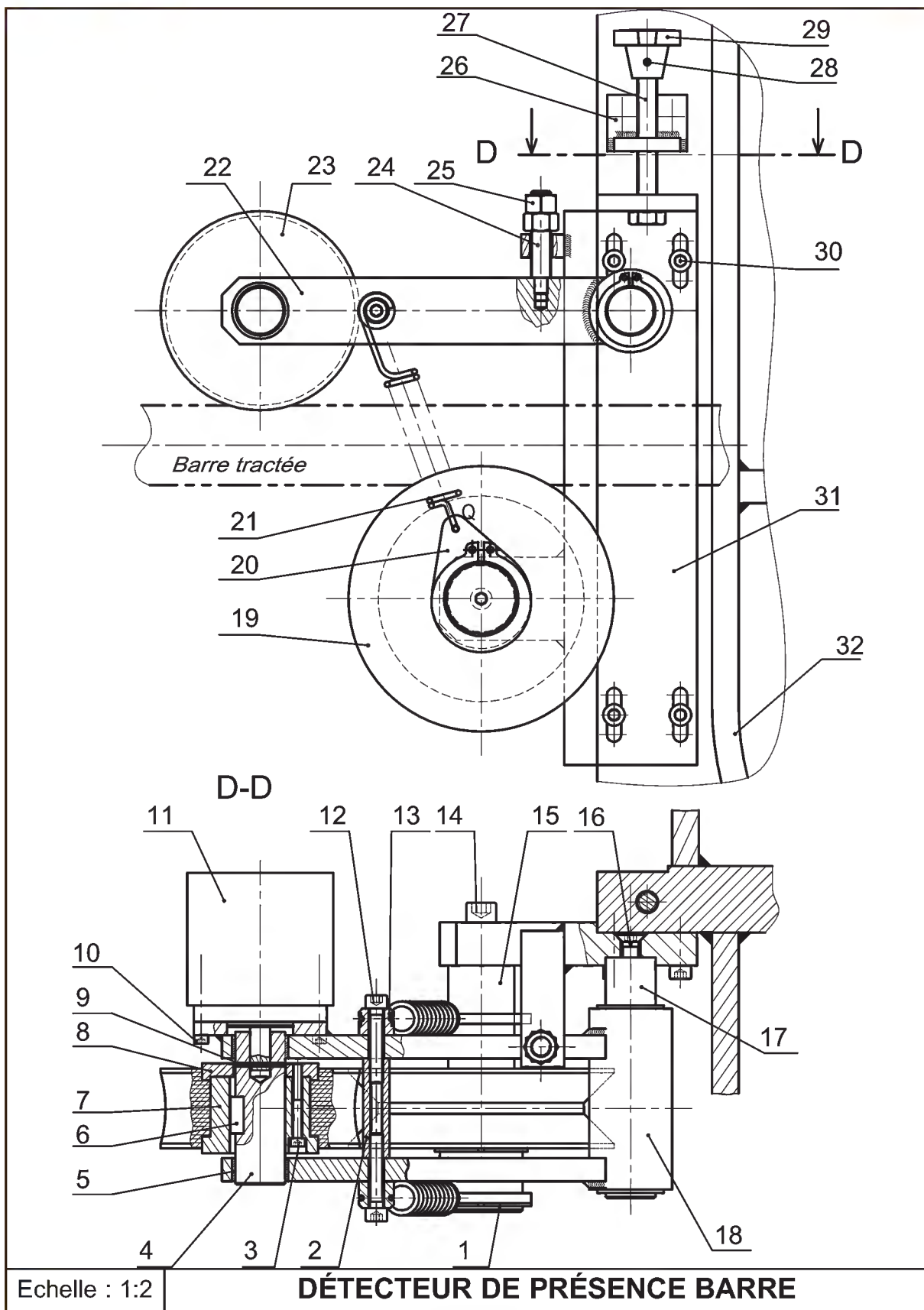
Un élévateur place une barre sur l'embarreur qui permet, grâce au tracteur embarreur, d'amener cette barre vers le tracteur cisaille. Celui-ci fait à son tour avancer la barre contre la butée et la tête de cisaille vient couper le lopin qui est évacué par un tapis.



3- Zone d'étude :

Détecteur de présence pièce (voir le dessin d'ensemble à la page suivante)

Fonction : Détecter une barre grâce au codeur (11) qui permet de déterminer la présence de la barre sur la cisaille.



Echelle : 1:2

DÉTECTEUR DE PRÉSENCE BARRE

32	1	Bâti	S 355	
31	1	Support de capteur	S 355	
30	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
29	1	Bouton à croisillon	S 355	
28	1	Goupille élastique ISO 8752		
27	1	Vis de réglage		
26	1	Equerre	C35	
25	2	Ecrou hexagonal		
24	1	Tige d'arrêt fileté	S 355	
23	1	Galet capteur	C 35	
22	1	Levier support de capteur	S 355	
21	2	Ressort de traction	51 Si 7	
20	2	Anneau d'attache de ressort		
19	1	Galet support	C 35	
18	1	Support de capteur	C 35	
17	1	Axe de levier	S 355	
16	1	Vis à tête fraisée à six pans creux		
15	1	Axe de galet support	C 35	
14	1	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
13	1	Attache de ressort		
12	2	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
11	2	Capteur		
10	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
9	1	Goupille élastique ISO 8752		
8	1	Flasque du galet capteur		
7	1	Moyeu du galet capteur	C 35	
6	1	Clavette parallèle forme A	C 35	
5	2	Coussinet cylindrique	C 35	
4	1	Axe galet capteur		
3	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
2	1	Entretoise taraudée	C 35	
1	2	Anneau élastique pour arbre		
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs.
DETECTEUR DE PRESENCE BARRE				

Travail demandé :

 *Description de la solution existante.* (voir le dessin d'ensemble à la page 163)

Le capteur (11) permet de détecter la fin d'une barre. Ce capteur est fixé sur le levier (22) à l'aide des vis (10) et son axe est monté directement dans l'axe galet capteur (4). Celui-ci est guidé à l'aide de deux coussinets (5) sur le levier (22).

Ce montage implique un bon alignement de l'axe galet capteur (4) avec celui du capteur, mais il s'est avéré pendant le fonctionnement une usure rapide du capteur et des coussinets.

 *Modification de la solution*

Le bureau d'étude a donc choisi de modifier cette liaison comme suit : voir le dessin d'ensemble à la page suivante:

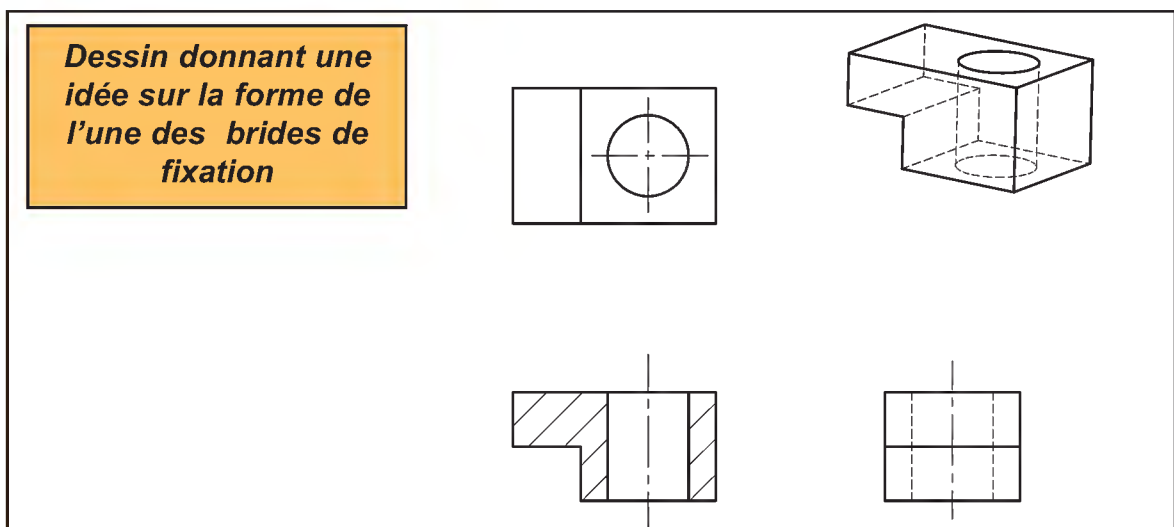
- L'axe de galet (4) est guidé à l'aide d'un roulement à billes à contact oblique à deux rangées de billes (34) monté dans un boîtier soudé au levier (22).
- Un nouveau modèle de capteur (37) a été choisi et il est fixé sur le boîtier.
- La liaison entre l'axe de galet (4) et l'axe du capteur (37) est réalisée à l'aide d'un accouplement soufflet.

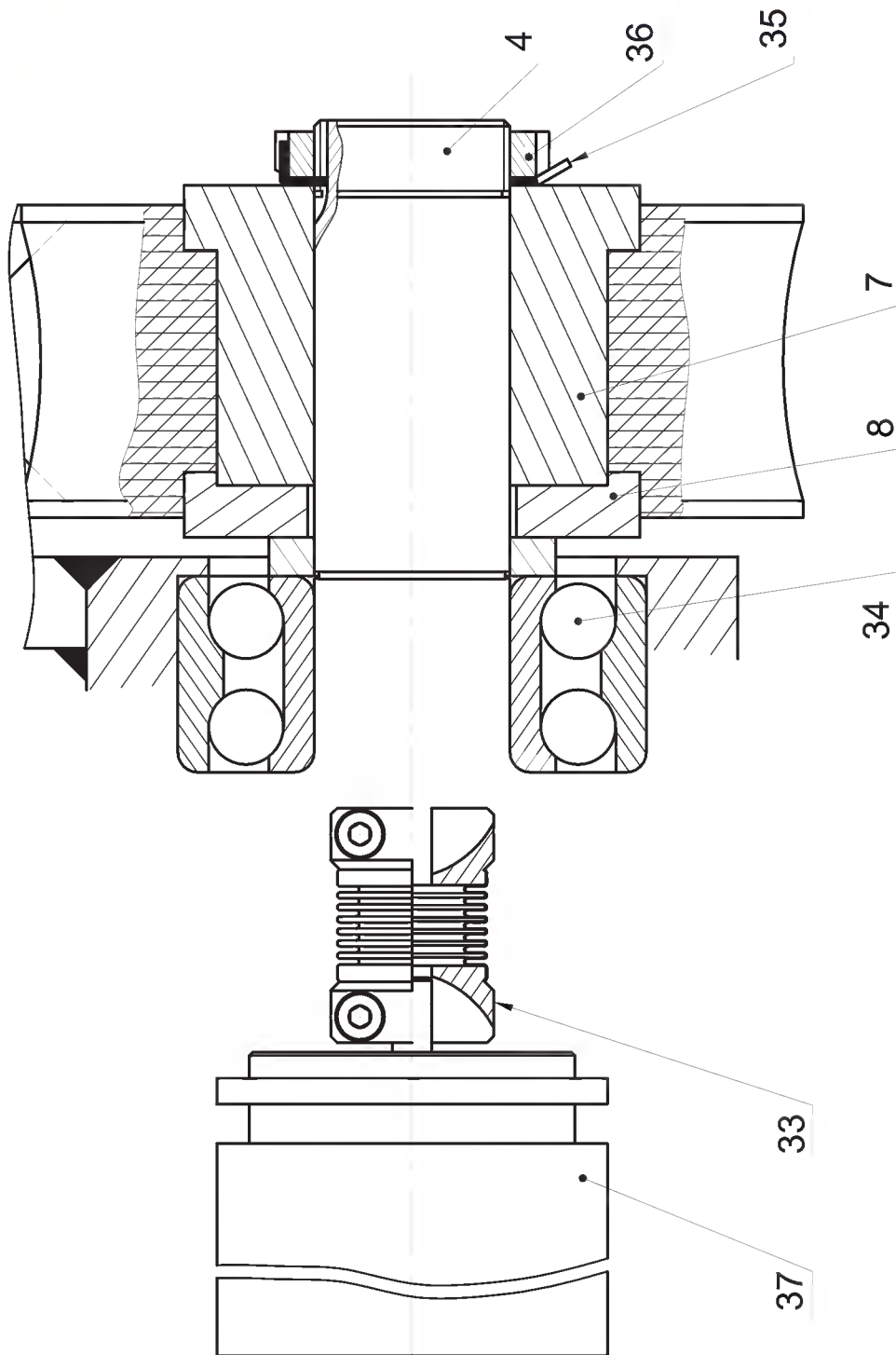
La conception est à réaliser sur le document à la page suivante :

1) Compléter la liaison pivot assurée par le roulement à billes (34). Le boîtier peut être réalisé en plusieurs pièces.

2) Compléter la liaison encastrement entre le capteur (37) et le boîtier. Le capteur est centré (emboîtement cylindrique) et il est en appui plan sur le boîtier. Pour le maintenir en position, utiliser les brides de fixation (voir le dessin ci-dessous). Trois brides sont nécessaires pour assurer un maintien correct.

3) Compléter la liaison entre l'axe de galet (4) et l'axe du capteur (37) en utilisant un accouplement soufflet déjà représenté sur le document fourni. Prévoir le passage de la clé à six pans pour serrer le soufflet.





Echelle : 1:1

DÉTECTEUR DE PRÉSENCE BARRE

B- LES EMBRAYAGES ET LES FREINS :

Développement de connaissances

B-1 LES EMBRAYAGES :

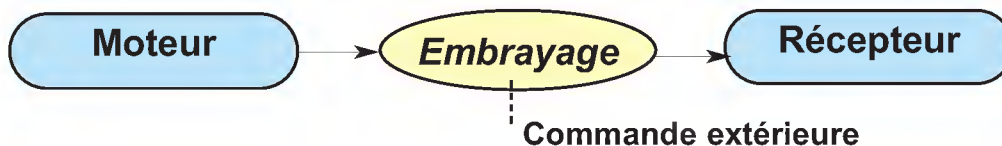
Problème technique : Accoupler ou désaccoupler à volonté deux arbres (moteur et récepteur).

Les moyens technologiques vus précédemment (les accouplements et les limiteurs de couples) ne le permettent pas.

Solution : Utilisation d'un Embrayage.

1- Fonction, situation d'un embrayage :

Dans une chaîne de transmission de puissance, l'embrayage est un mécanisme qui se situe entre l'organe moteur et l'organe récepteur. Il permet à un opérateur disposant d'une commande extérieure, d'accoupler ou de séparer, progressivement ou non, les arbres respectivement solidaires du moteur et du récepteur.



2- Classification.

Pour classifier les types d'embrayage, on peut retenir deux choses :

- le principe d'entraînement entre le moteur et le récepteur (par frottement, par obstacles, etc...).
- la nature de la commande extérieure.

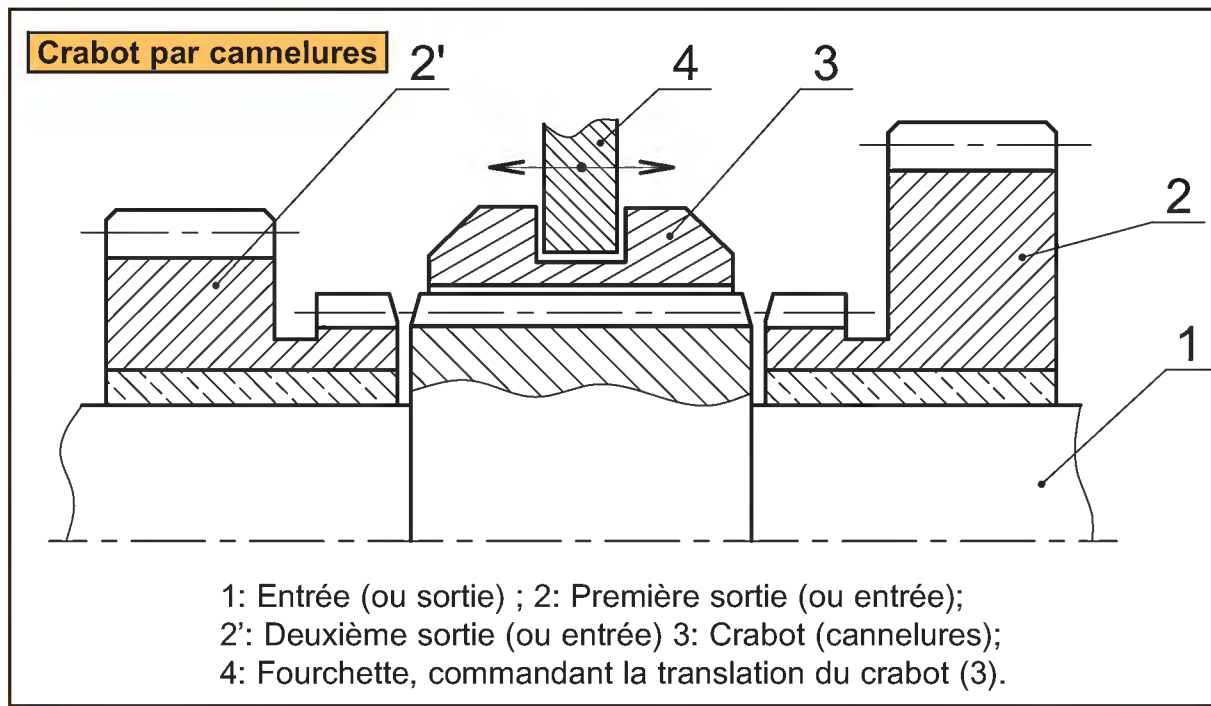
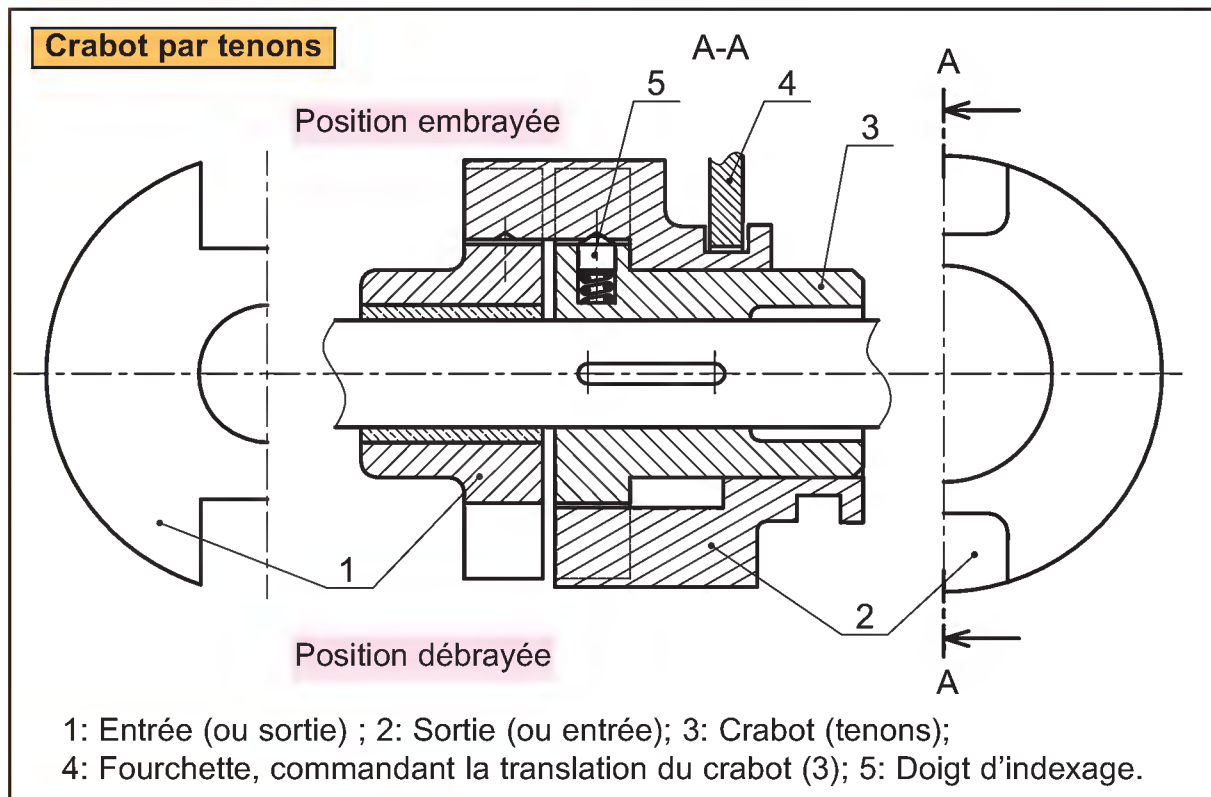
3- Embrayage instantané :

Principe	Nature de la commande extérieure	Désignation	Applications
Contact direct entre deux solides indéformables sans possibilité de glissement :	Mécanique; Electromagnétique; Hydraulique; Pneumatique.	Embrayage à crabots	Machines-outils

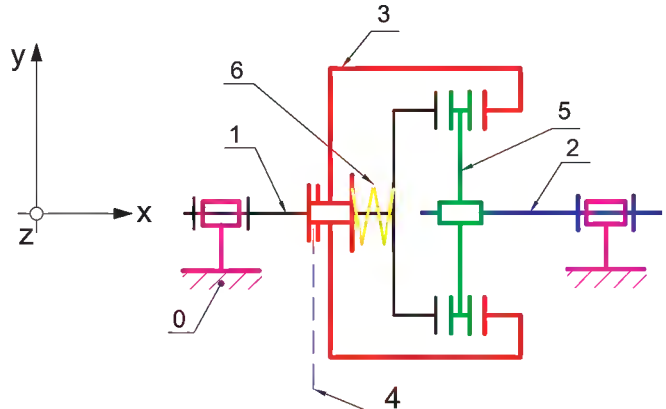
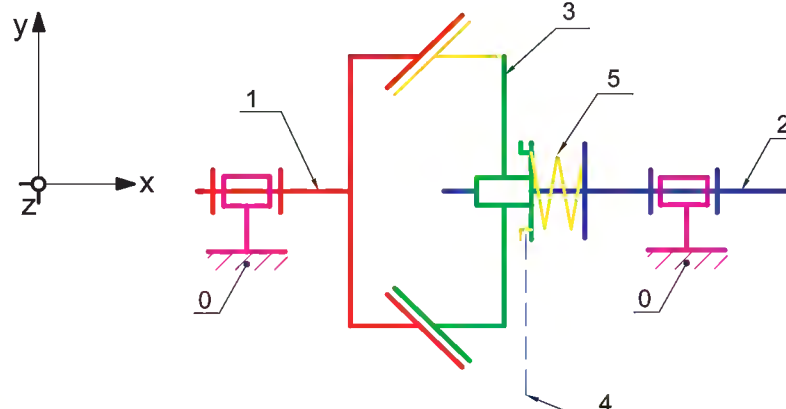
0: bâti ; 1: arbre moteur ; 2: arbre récepteur;
3: flasque à crabots; 4: commande extérieure.

Réalisation :

C'est un embrayage par un obstacle escamotable. L'inconvénient majeur de ce dispositif est que le changement d'état doit se faire à l'arrêt. Voici, ci-dessous, deux réalisations avec une commande mécanique, l'une par tenons, l'autre par cannelures.



4- Embrayages progressifs :

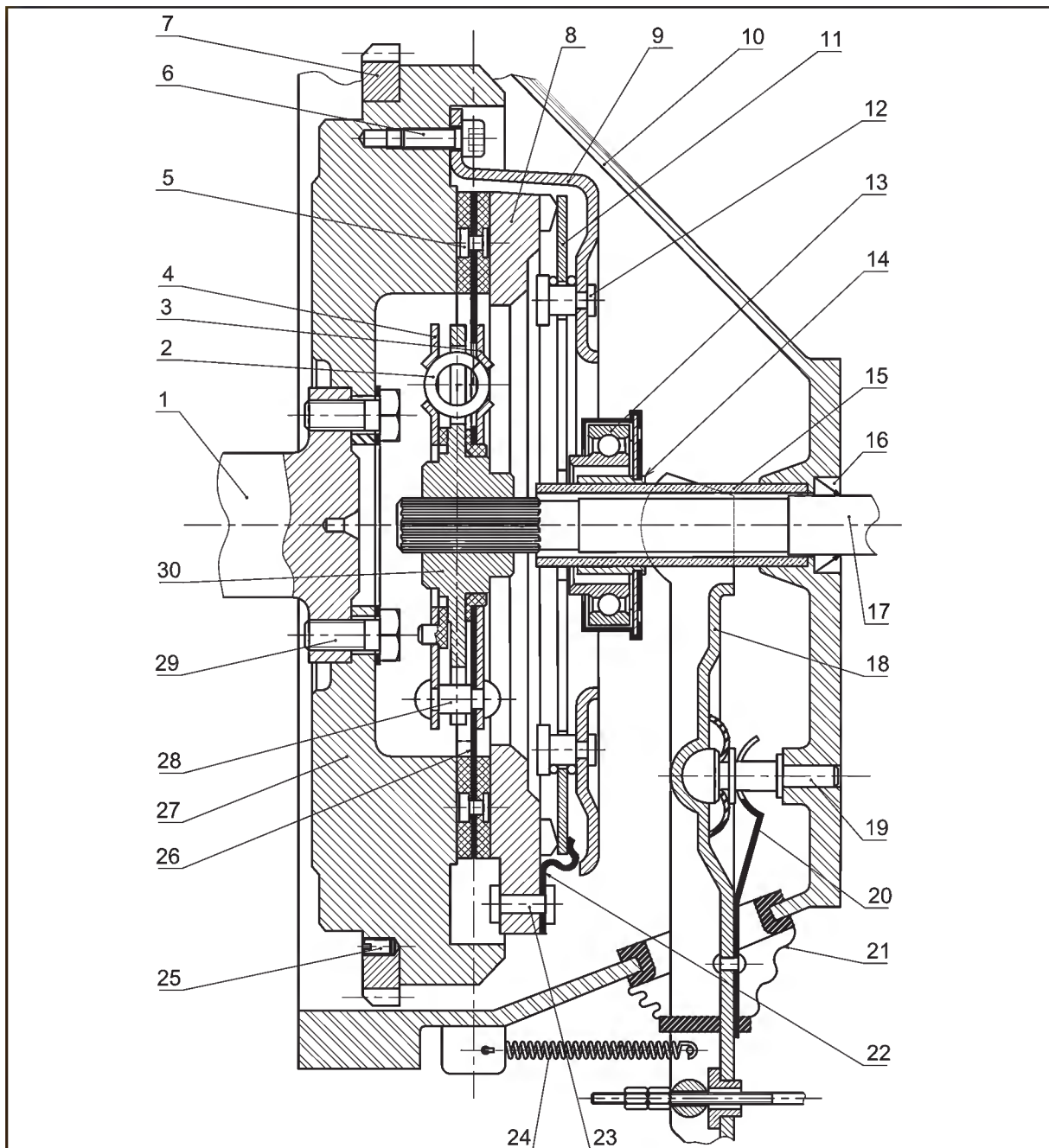
Principe	Nature de la commande extérieure	Désignation	Applications
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Contact direct entre deux garnitures de friction avec possibilité de glissement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mécanique - Electromagnétique - Hydraulique - Pneumatique 	<p>Embrayage à disque monodisque ou multi-disques</p>	<p>Automobiles, Motos</p>
	<div style="text-align: center;">  </div> <p>0: bâti; 1: arbre moteur ; 2: arbre récepteur; 3: mécanisme d'embrayage; 4: Commande extérieure; 5: Disque d'embrayage; 6: Ressort.</p>		
	<p>Mécanique Electromagnétique Hydraulique Pneumatique</p>	<p>Embrayage conique</p>	<p>Machines agricoles</p>
<div style="text-align: center;">  </div>			

4- Réalisations :

On retrouve dans cette catégorie les embrayages à disques. Le couple transmissible est lié :

- à l'étendue de la surface de contact ;
- au coefficient de frottement ;
- à l'effort presseur.

4-1 Embrayage à contact axial. (Exemple : Embrayage d'automobile)



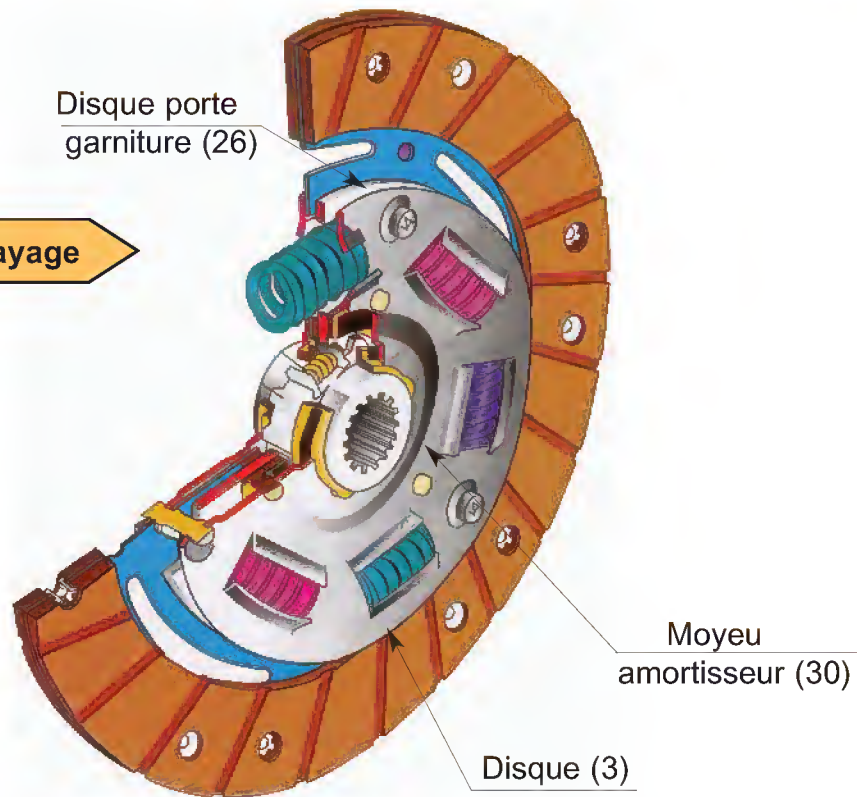
30	1	Moyeu amortisseur	C 35	
29	4	Vis à tête hexagonale ISO		
28	3	Rivet		
27	1	Volant	EN-GJL-200	
26	1	Disque porte garniture	C 35	
25	1	Vis sans tête fendue à bout plat ISO 4026		
24	1	Ressort	60 Si Cr 7	
23	1	Rivet		
22	1	Levier élastique	60 Si Cr 7	
21	1	Membrane		
20	1	Levier ressort	60 Si Cr 7	
19	1	Axe de fourchette	C 60	
18	1	Fourchette	C 35	
17	1	Arbre d'embrayage	C 60	
16	1	Joint à lèvres, type A,		
15	1	Bague	CuSn8	
14	1	Bague porte butée	S 235	
13	1	Butée d'embrayage	10 Cr 6	
12	1	Rivet		
11	4	Diaphragme		
10	1	Carter	EN-MC 21 120	
9	1	Couvercle	C 35	
8	1	Plateau	EN-GJL-200	
7	1	Roue dentée	C 60	
6	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
5	12	Rivet		
4	1	Disque gauche	C 35	
3	1	Disque droit	C 35	
2	6	Ressort d'embrayage	60 Si Cr 7	
1	1	Arbre porte volant	C 60	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:2		EMBRAYAGE A COMMANDE PAR CABLE (Embrayage d'automobile)		

Fonctionnement :

L'action sur la fourchette (18) pousse la butée d'embrayage (13) contre le diaphragme (11), qui se déforme de manière à faire reculer le plateau (8) pour assurer le débrayage.

Le retour de la fourchette (18) par le ressort (24) assure l'embrayage.

Disque d'embrayage

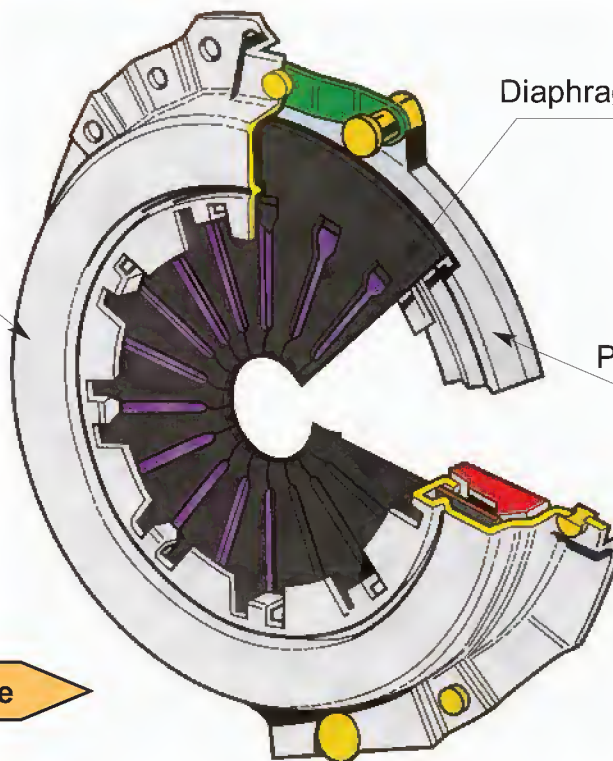


Couvercle (9)

Diaphragme (11)

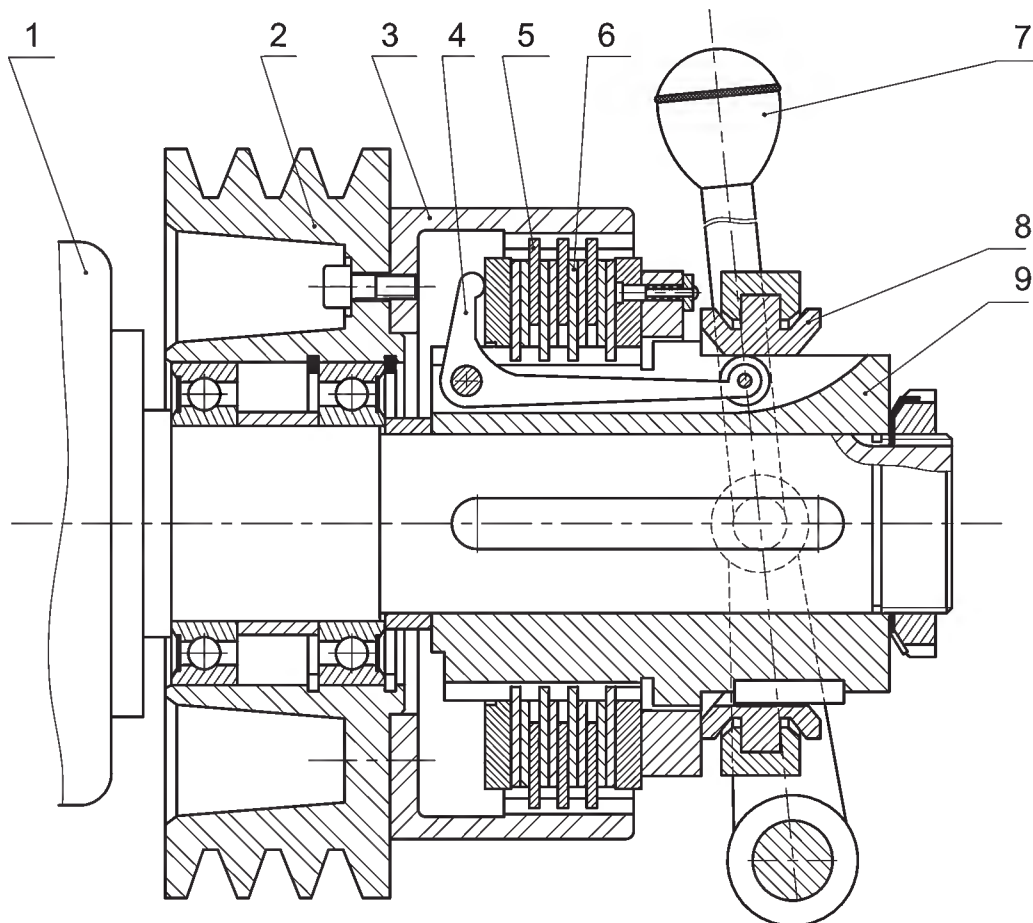
Plateau (8)

Diaphragme + plateau mobile



4-2 Embrayage multidisques à commande manuelle.

Afin d'augmenter le couple transmissible, on peut aussi augmenter le nombre de surfaces en contact, on réalise ainsi un embrayage multidisques.



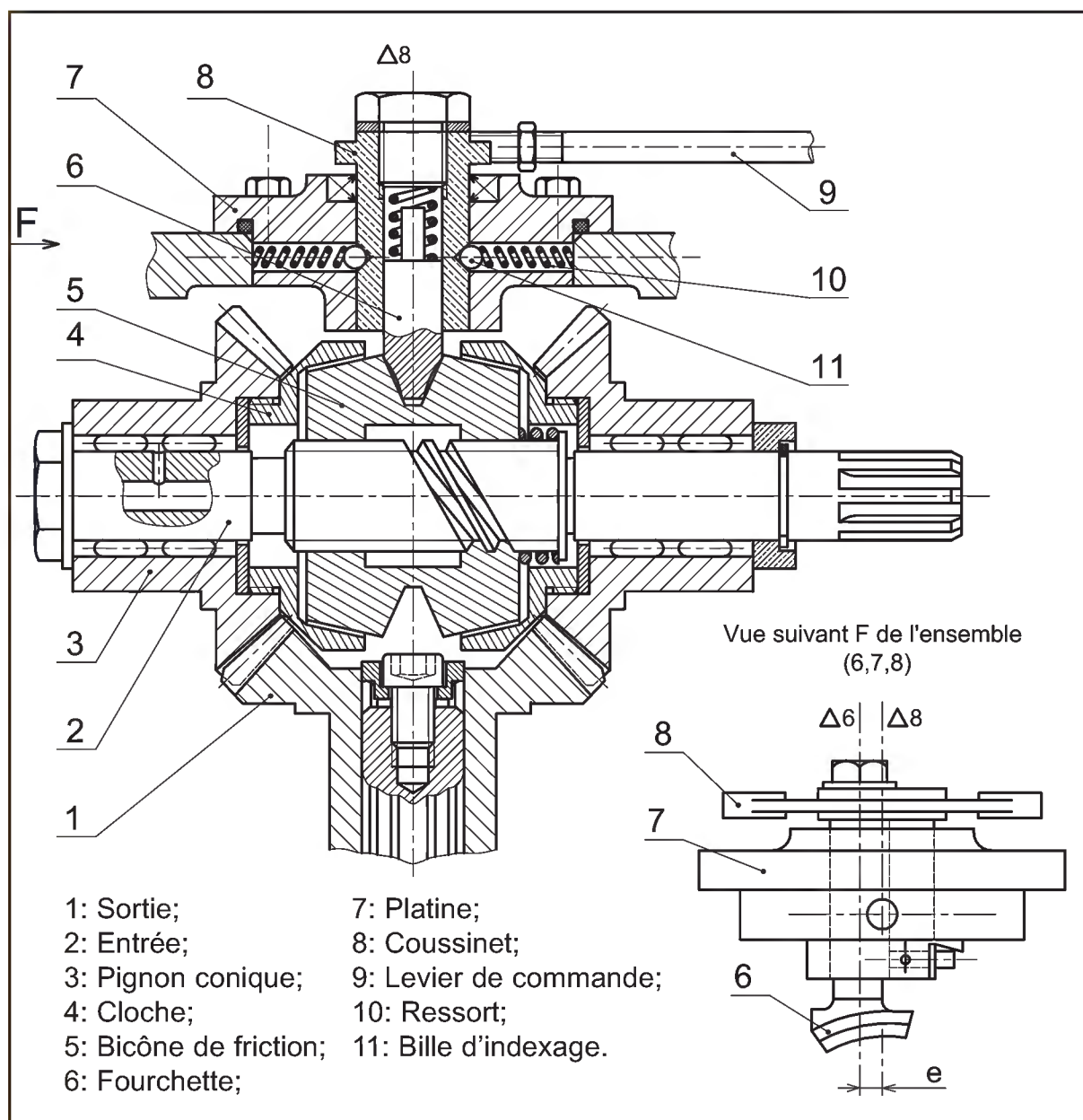
- 1: Entrée (ou sortie) ;
- 2: Sortie (ou entrée);
- 3: Cloche, disposant de cannelures intérieures;
- 4: Levier assurant l'existence de l'effort presseur;
- 5: Disque en liaison glissière avec la cloche (3);
- 6: Disque en liaison glissière par rapport au moyeu (9);
- 7: Levier de commande;
- 8: Coulisseau, dont la translation est commandée par la rotation du levier (7);
- 9: Moyeu, disposant de cannelures extérieures.

4-3 Embrayage conique.

Au lieu de se faire sur des disques, le contact s'opère sur une surface conique. L'exemple présenté sert d'inverseur du sens de marche.

Description du fonctionnement :

Pour un sens donné de la fréquence de rotation N1, deux sens sont possibles en ce qui concerne la fréquence de rotation N2, selon l'embrayage activé : (translation du bicône (5), vers la cloche (4) qui est à gauche ou celle qui est à droite), résulte de la liaison pivot (8/7) d'axe $\Delta 8$ associée à la liaison pivot (6/8) d'axe $\Delta 6$. (l'excentration «e» apparaît dans la vue suivant F).

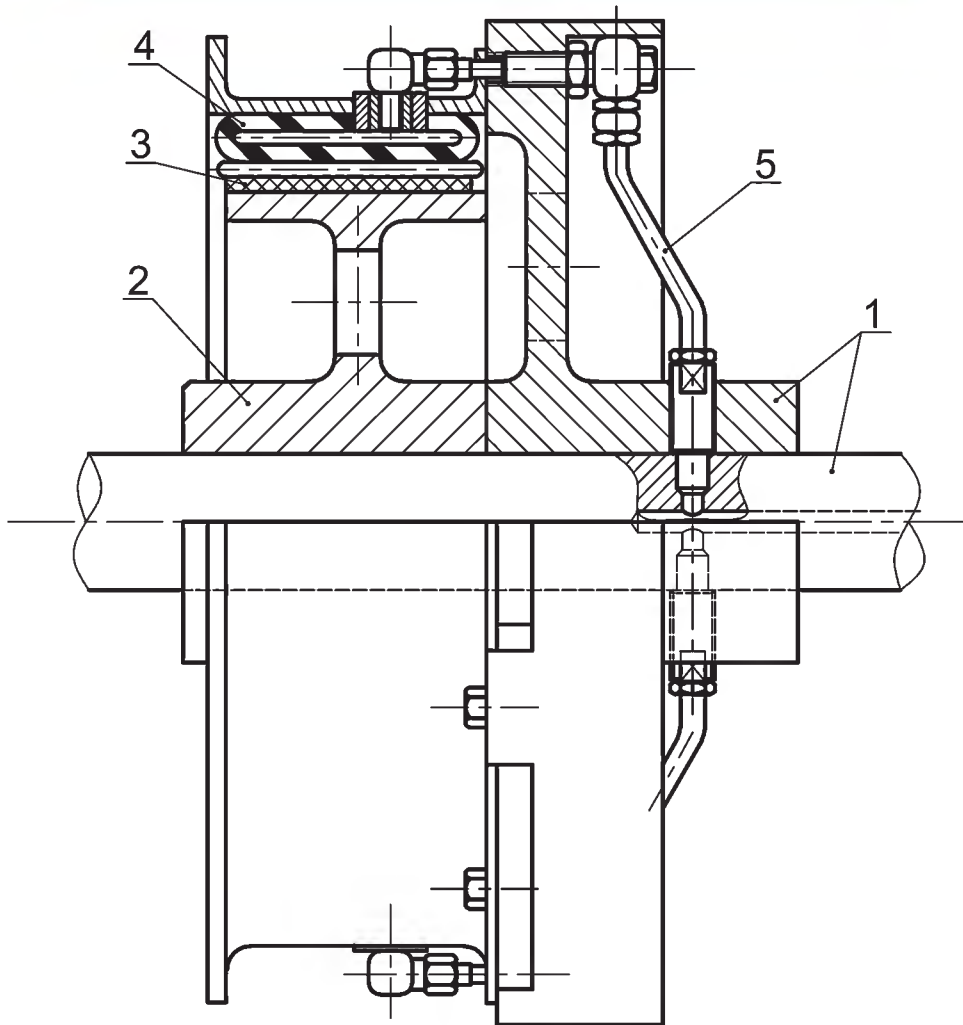


4-4 Embrayage à contact radial.

La surface de contact dans ce cas est une surface cylindrique.

Dans l'exemple présenté, l'effort presseur (pneumatique) est obtenu avec une chambre à air.

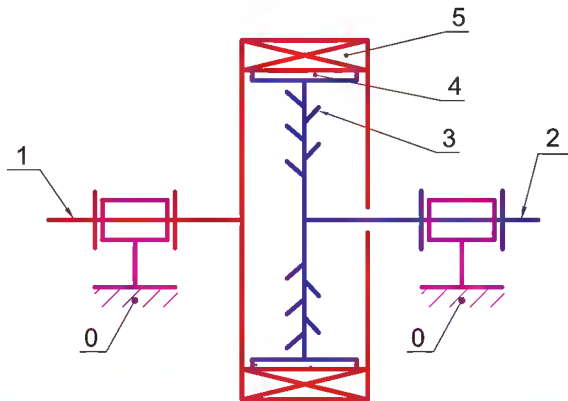
Embrayage à contact radial à commande pneumatique :



- 1: Entrée (ou sortie);
- 2: Sortie (ou entrée);
- 3: Sabot;
- 4: Chambre à air, assurant l'existence de l'effort presseur;
- 5: Canalisation

4-5 Embrayage électromagnétique à poudre.

Principe	Nature de la commande extérieure	Désignation	Applications
Contact indirect entre deux solides indéformables avec poudre ou grenaille métallique	Centrifuge + électromagnétique	Embrayage électromagnétique à poudre	Machines à bobiner...

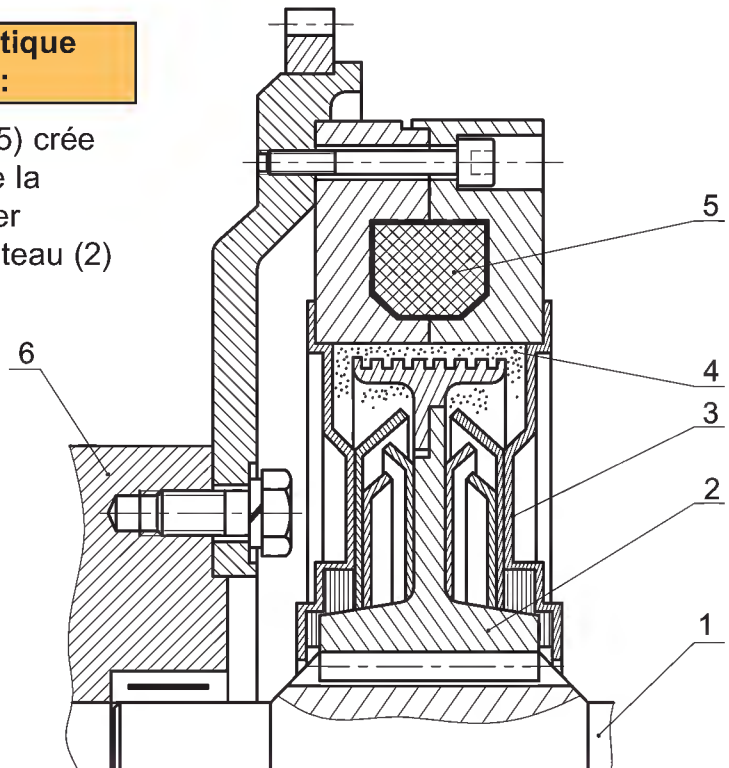


0: bâti; 1: arbre moteur ;
2: arbre récepteur; 3: déflecteur;
4: poudre ; 5: aimant.

Embrayage électromagnétique à poudre métallique :

L'excitation de l'électro-aimant (5) crée un champ magnétique qui attire la poudre métallique (4), ce dernier devient un obstacle entre le plateau (2) et le corps de l'électro-aimant.

- 1: Sortie (ou entrée)
- 2: Plateau solidaire à (1)
- 3: Déflecteurs
- 4: Poudre métallique
- 5: Electro-aimant.
- 6: Entrée (ou sortie).



Remarque : Pour ce type d'embrayage, l'intensité du courant dans l'électro-aimant conditionne la valeur du couple transmissible.

B- 2 LES FREINS :

Problème technique :

Ralentir ou arrêter un organe (un mécanisme) en mouvement.

Solution :

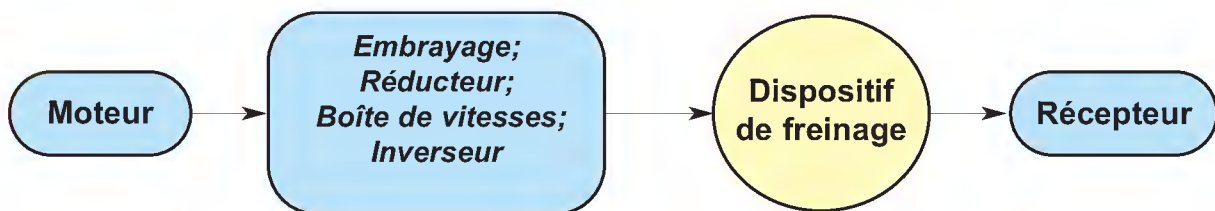
Cela nécessite l'existence d'actions mécaniques antagonistes (opposées) créées par un système de freinage.

1- Fonction, situation du dispositif de freinage :

Dans une chaîne de transmission de puissance, le dispositif de freinage est destiné, soit à :

- ralentir un mouvement établi, en lui communiquant une décélération qui abaissera sa vitesse à une valeur ciblée, nulle (arrêt) ou non (ralentissement);
- s'opposer à la mise en mouvement d'un organe arrêté.

En général, le dispositif de freinage est placé à proximité de l'organe récepteur afin de réduire les chocs dans la transmission.



2- Classification :

Pour classifier les types de frein, on peut retenir entre autre :

- le mode d'action (contact radial ou axial, sans contact).
- la nature de la commande extérieure.

2-1 Contact radial entre deux solides :

Mode d'action	Commande extérieure	Schéma	Désignation	Applications	
Contact radial entre deux solides	Extérieur		Frein à sangle (ou à courroie) 1 : tambour 2 : sangle	Boîtes de vitesses automatiques, motoculteurs, etc. Exemple : voir page :186	
			Frein à sabot (ou à mâchoire extérieure) 1 : tambour 2 : mâchoires	Trains, moteurs électriques à forte puissance, tour parallèle; etc.	
	Intérieur	Mécanique Hydraulique Pneumatique		Frein à tambour	Automobiles, motos, etc. Exemple : voir page :182
				1 : tambour 2 : mâchoires	Poids lourds

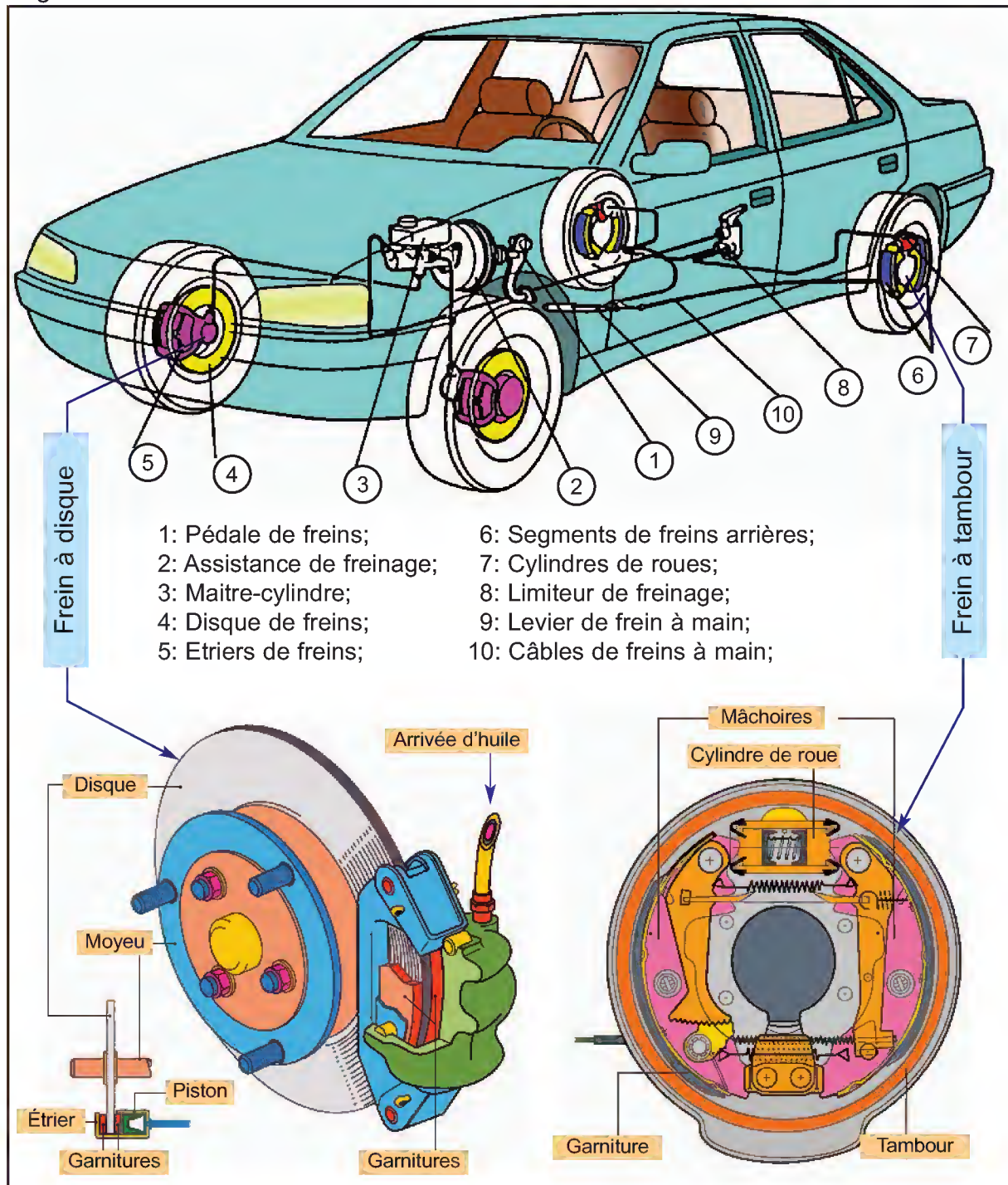
2-2 Contact axial entre deux solides :

Mode d'action	Commande extérieure	Schéma	Désignation	Applications
Contact axial entre deux solides	Hydraulique		Frein à disque 1 : disque 2 : plaquettes	Automobiles, motos, machines diverses, etc Exemple : voir pages :181 et 184
	Electrique		Frein à disque à manque de courant 1 : disque 2 : plateau mobile 3 : ressort 4 : électro-aimant	Moteurs freins (ascenseurs, treuils, etc.) Exemple : voir page :183
Sans contact matériel	Electrique		Ralentisseur 1 : induit 2 : inducteurs	Poids lourds, bus, etc

3- Réalisations :

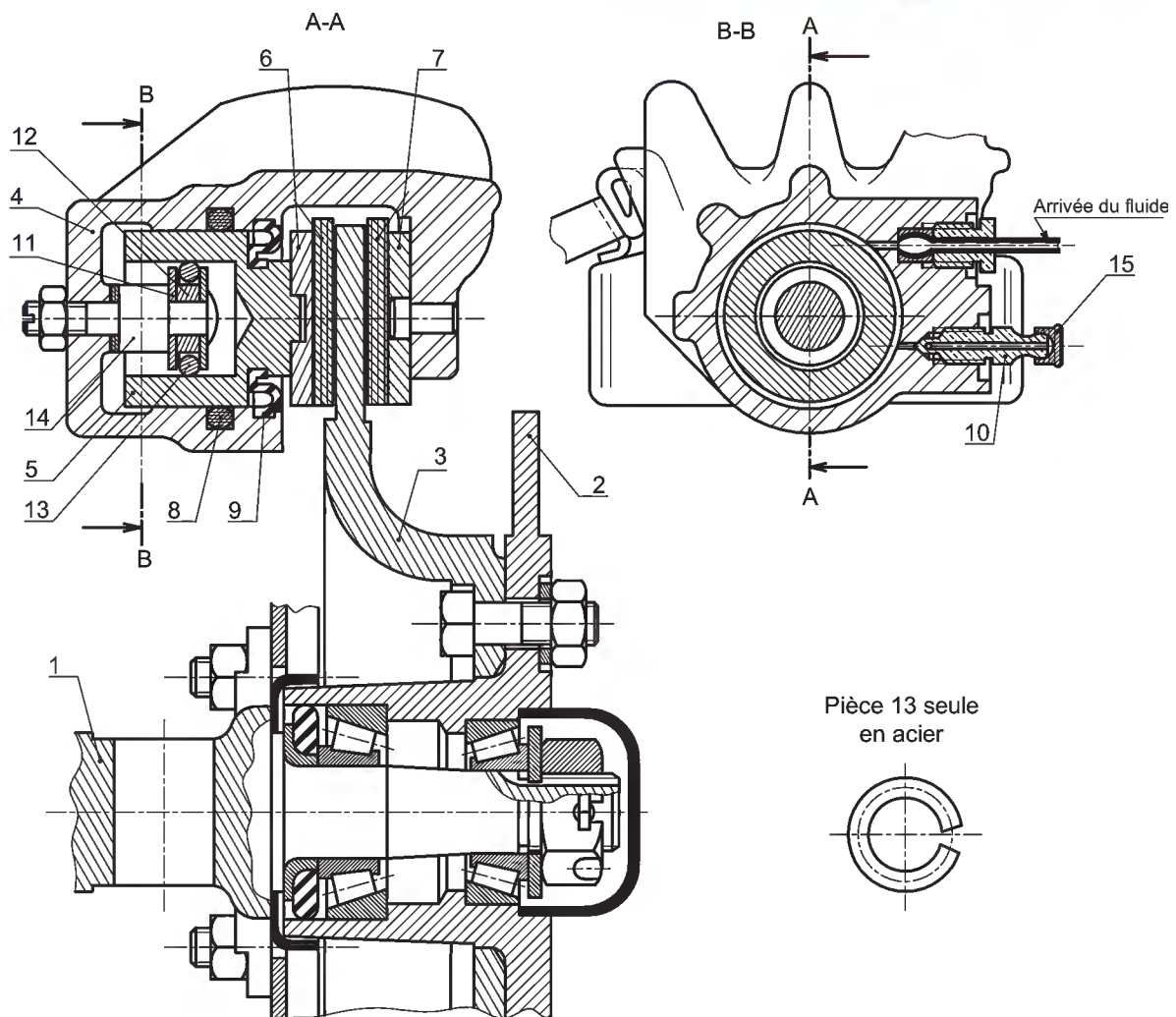
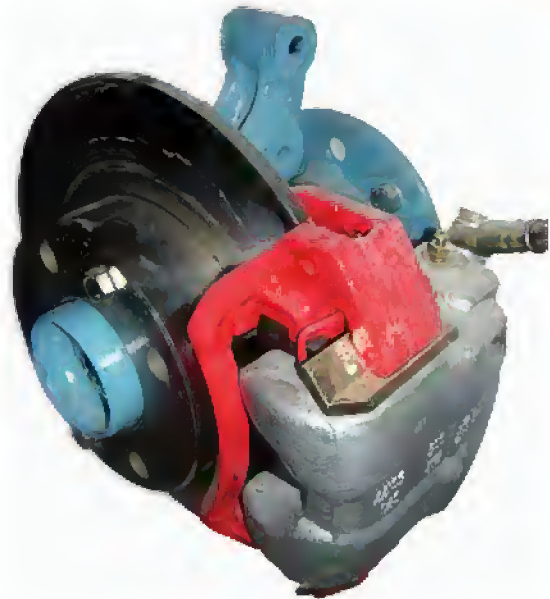
3-1 Freins de véhicule

Un véhicule en mouvement possède une énergie cinétique, fonction de la masse et de la vitesse. Le rôle des freins est d'arrêter (ou de ralentir) le véhicule avec un maximum d'efficacité en transformant cette énergie cinétique en énergie calorifique, qui doit être évacuée rapidement pour assurer le bon fonctionnement du système de freinage.



Frein à disque

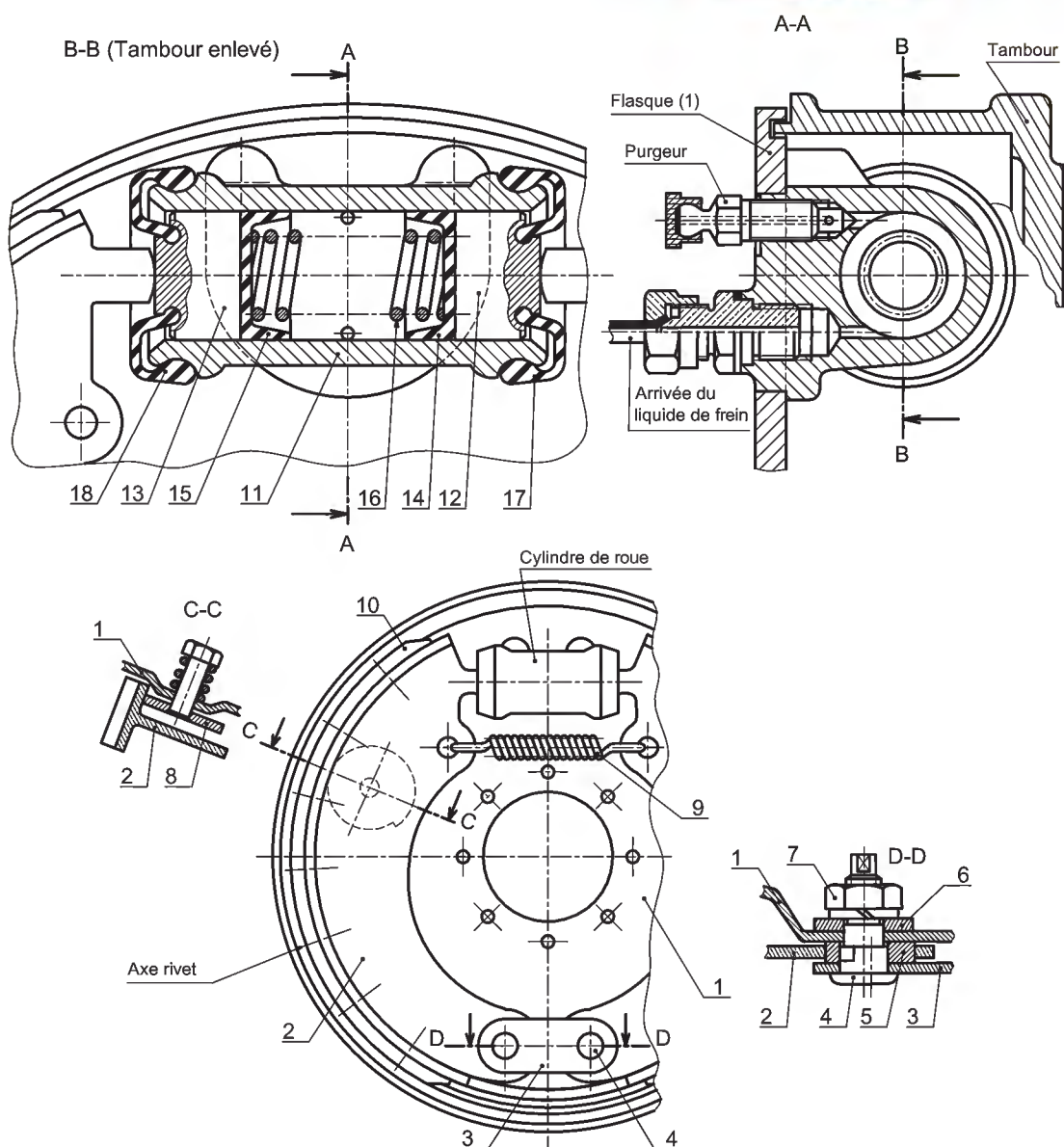
Lorsque le liquide de frein (huile) est mis en pression, le piston (5) se déplace dans l'étrier (4). Le disque (3) est alors pincé entre les deux plaquettes (6) et (7). Lorsque l'action du freinage cesse, le desserrage du frein est obtenu de façon naturelle par le recul du ou des pistons de quelques dixièmes de millimètres, recul provoqué par l'élasticité du joint d'étanchéité qui se déforme légèrement pendant la phase de freinage.



Frein à tambour :

Lorsque le liquide de frein (huile) est mis en pression, les segments s'écartent.

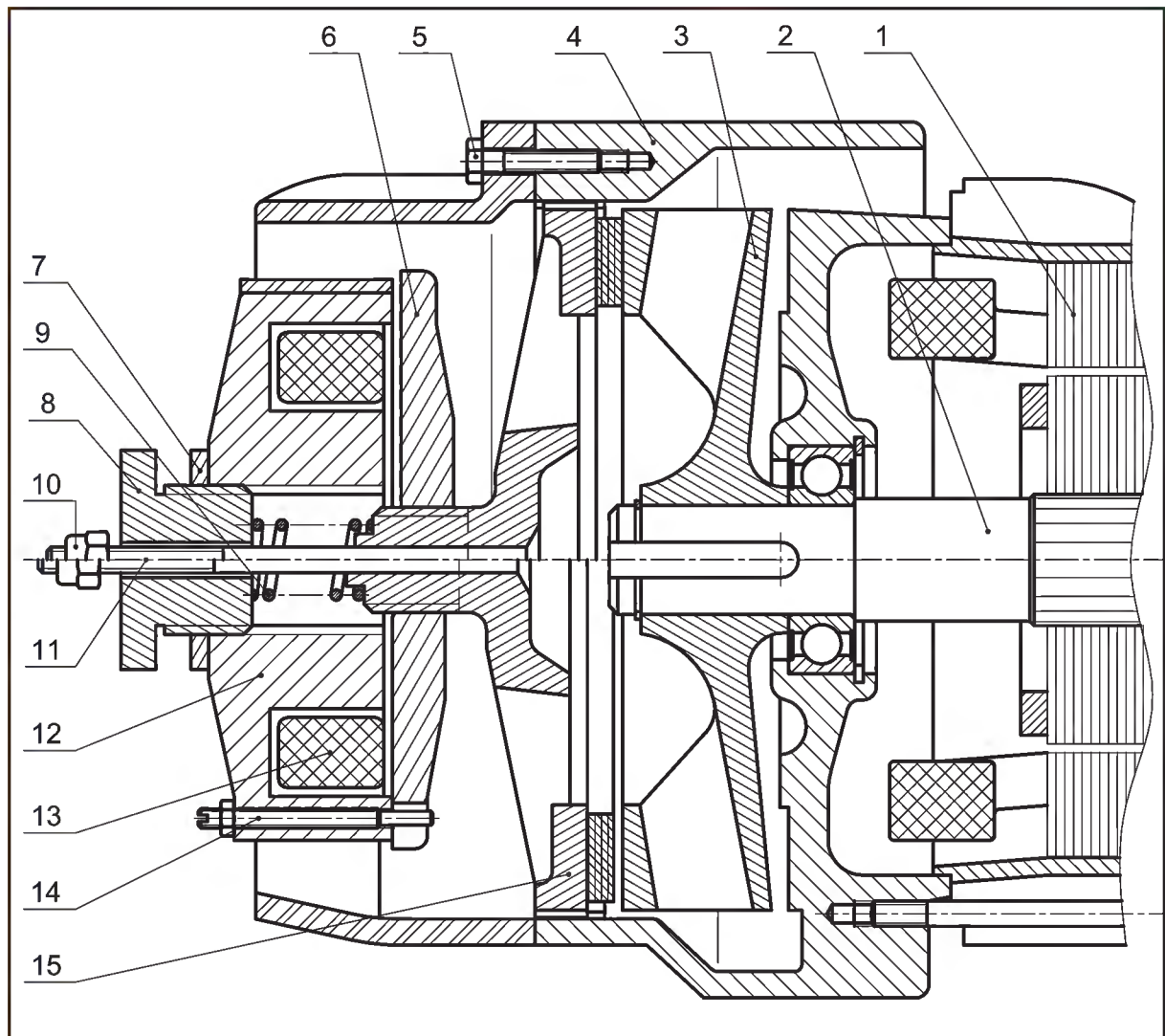
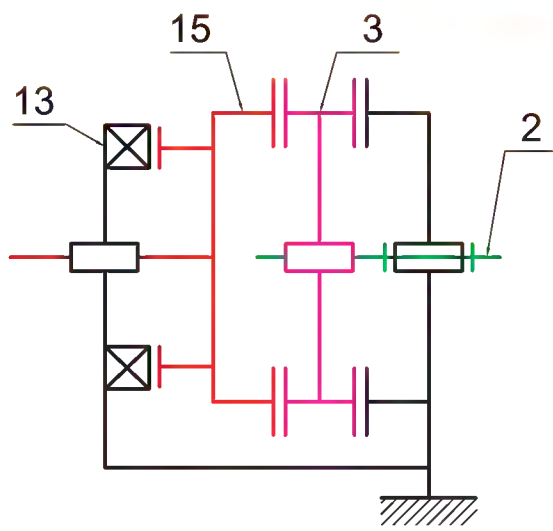
Lorsque la pression disparaît, le ressort de rappel (9) rapproche les segments. Deux butées réglables limitent ce déplacement.



3-2 Frein à disque à manque de courant

A la mise sous tension du moteur-frein, l'électro-aimant (13) attire l'armature (6) qui comprime le ressort (9) et libère le disque. Le frein est alors desserré. A la mise hors tension, l'électro-aimant (13) n'est plus alimenté, il libère l'armature qui, sous la pression du ressort (9), presse la couronne (15) sur le disque. La couronne (15) est immobilisée en rotation par deux crans dans le flasque-frein (4).

La couronne (15) supporte la garniture, le disque-frein (3) sert de ventilateur.



3-3 Frein mono-disque :

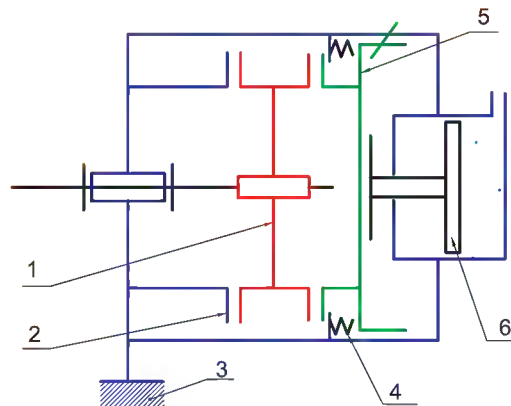
> Contact axial entre deux solides

Ce frein à disque est monté sur un système automatisé de convoyage.

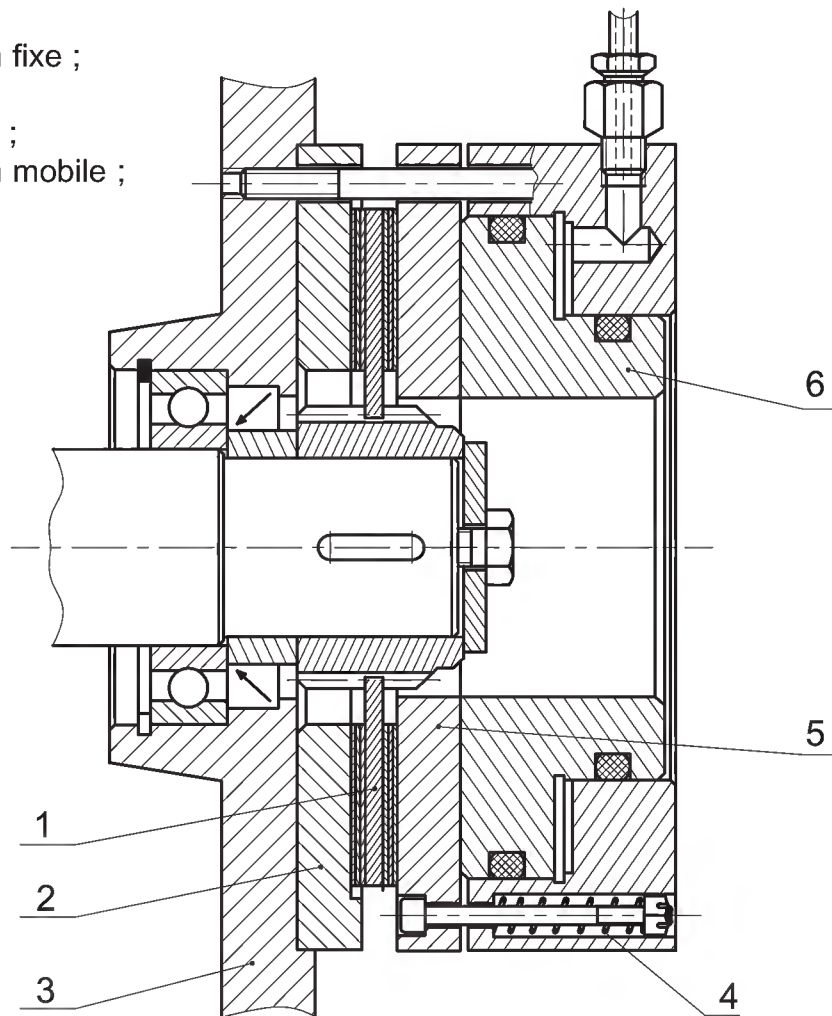
Le freinage est obtenu par la translation du piston (6) sous l'effet de la pression, ce qui provoque la translation du plateau mobile (5)

et la mise en contact des garnitures sur le bâti (3).

Le relâchement du frein est réalisé par les ressorts de rappel (4).

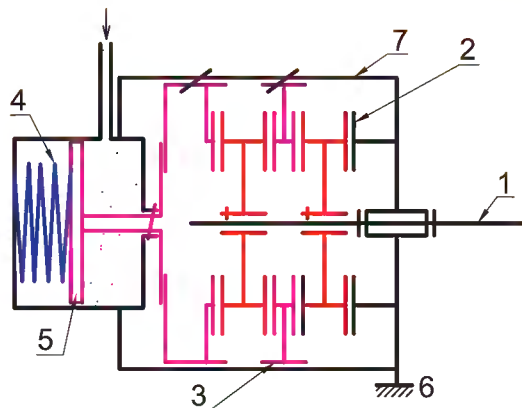


- 1: Disque ;
- 2: Plateau de friction fixe ;
- 3: Bâti ;
- 4: Ressort de rappel ;
- 5: Plateau de friction mobile ;
- 6: Piston.

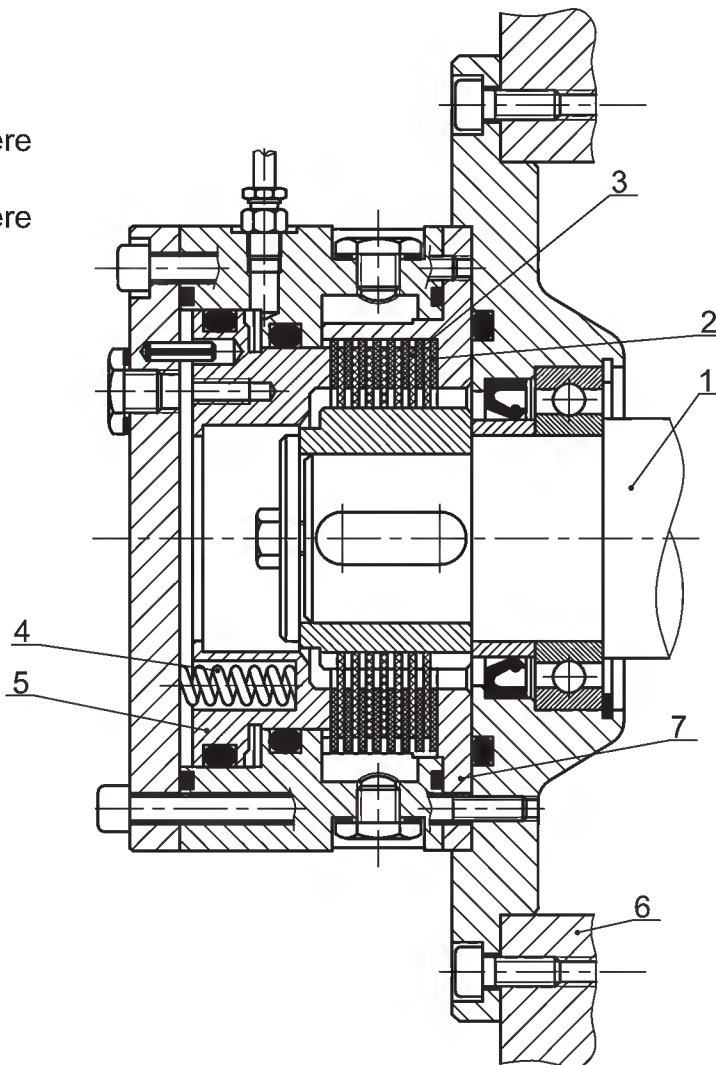


3-4 Frein multi-disques.

Afin d'augmenter le couple de freinage, sans pour autant pénaliser l'encombrement, on peut aussi augmenter le nombre de surfaces en contact, on réalise ainsi un frein multi-disques.



- 1 : Arbre moteur;
- 2 : Disque en liaison glissière avec la cloche (7);
- 3 : Disque en liaison glissière avec l'arbre moteur
- 4 : Ressort de rappel;
- 5 : Piston
- 6 : bâti
- 7 : Cloche fixe.



3-5 Frein à sangle :

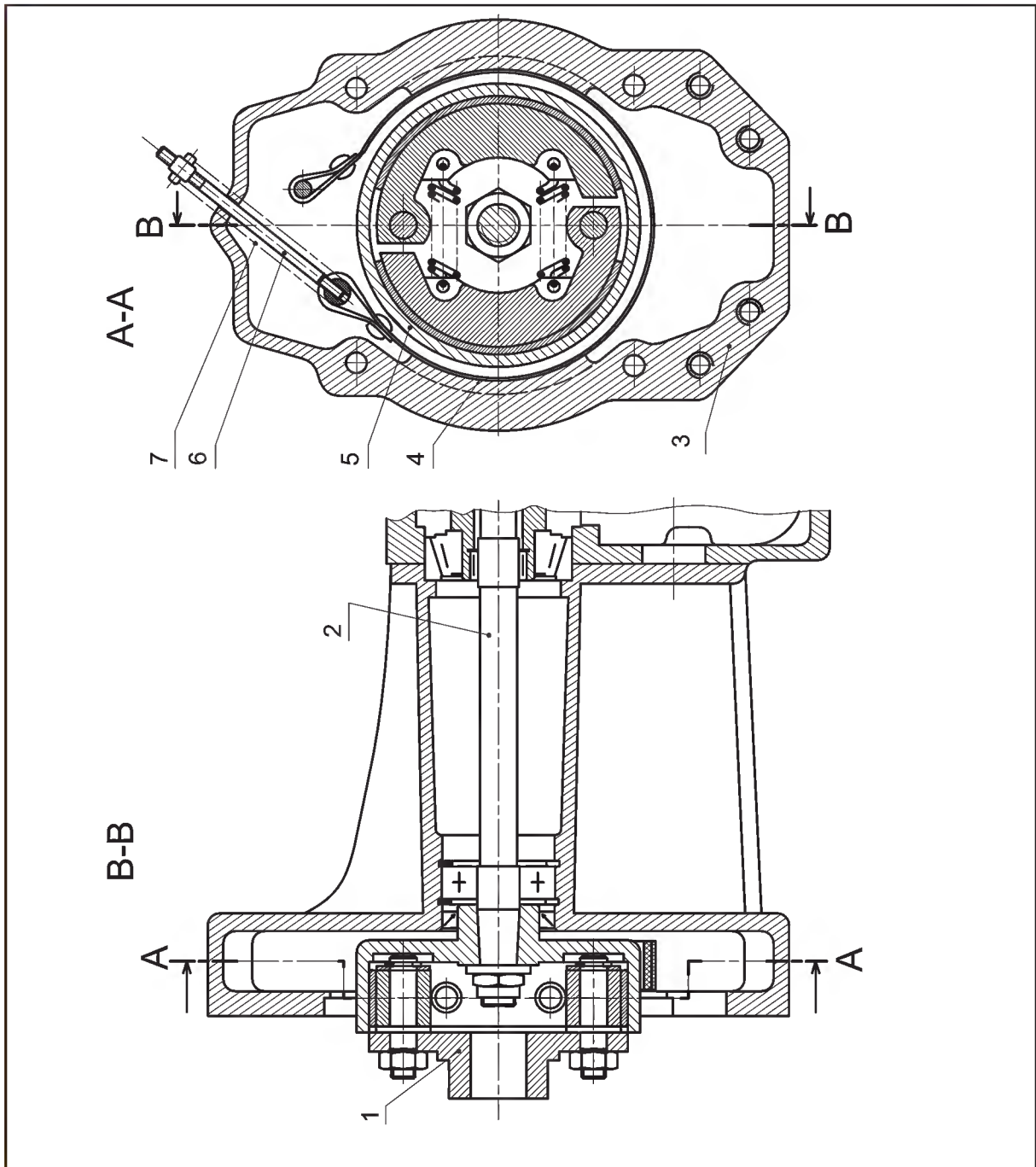
Contact radial entre deux solides : Il s'agit d'un embrayage frein muni d'un tambour (5) unique disposant de deux surfaces fonctionnelles :

- à l'intérieur : embrayage centrifuge ;
- à l'extérieur : frein à sangle

Le freinage est obtenu par translation du tirant (6) par un câble (non représenté).

Le relâchement du frein est réalisé par le ressort (7).

Ce dispositif est monté sur un motoculteur.



Consolidation des connaissances

Système d'étude : Système de fabrication de carton ondulé

1- Présentation : Le système étudié est utilisé pour la fabrication du carton ondulé, à partir du papier en bobine.

Fig : 1 Enchaînement des différents postes du système

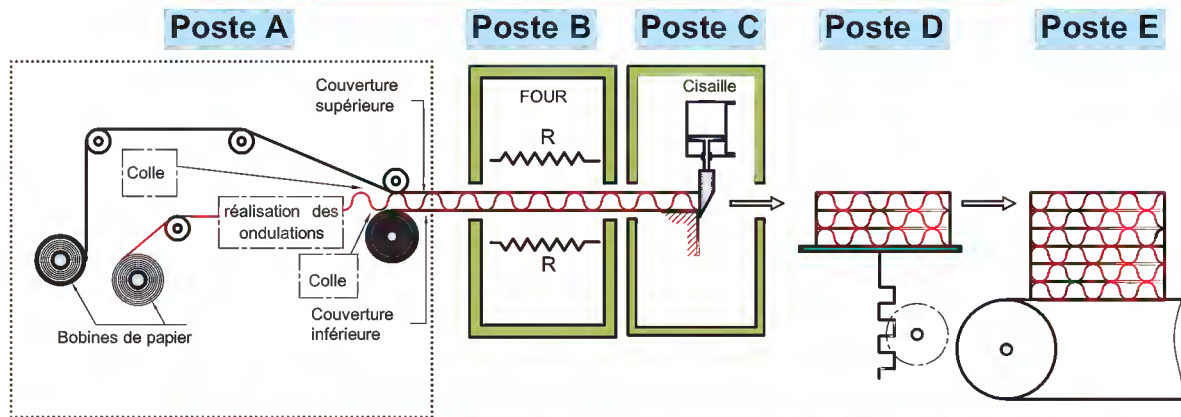
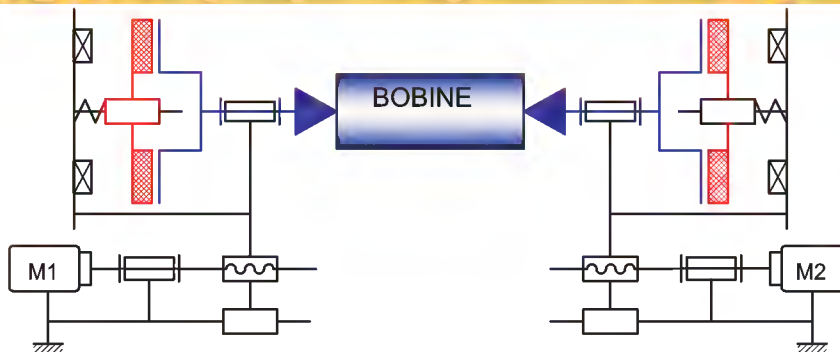


Fig : 2 Principe de prise et de positionnement de la bobine



La prise et le positionnement latéral de la bobine se font à l'aide de deux moteurs (M1) et (M2)

2- Constitution du système

Le système schématisé par la figure :1 est constitué de cinq postes :

Poste A (Unité de fabrication de carton ondulé), il est composé d'un :

- > mécanisme de fabrication des ondulations ;
- > mécanisme de prise de la bobine ;
- > mécanisme de déroulement des bobines ;
- > mécanisme de jet de colle.

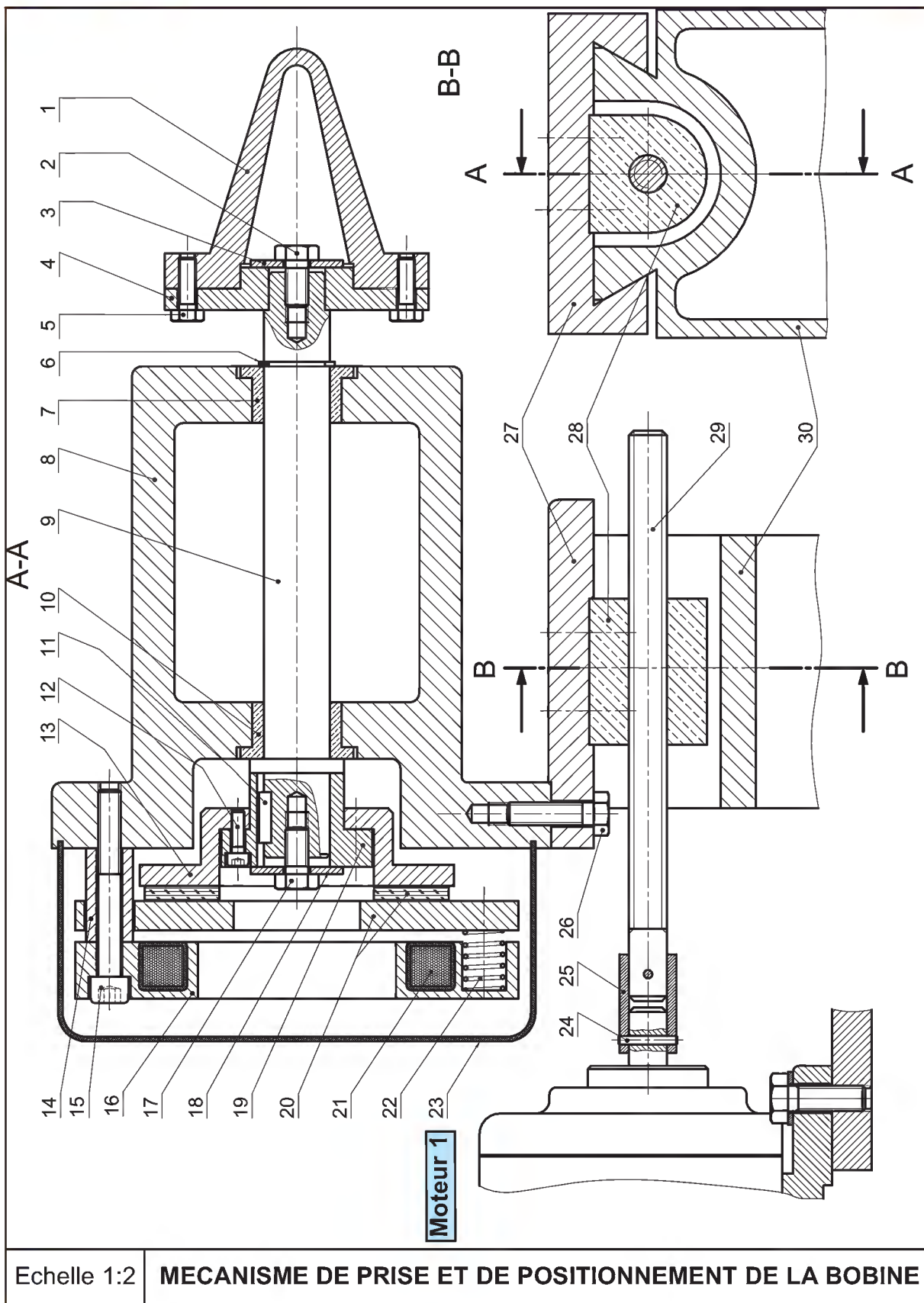
Poste B : (Unité de séchage de la colle) : c'est un four à résistance électrique.

Poste C : Unité de découpage de carton ondulé en bande de dimensions pré-réglées.

Poste D : Unité d'empilage des bandes de carton ondulé sur palette)

Poste E : Tapis roulant d'évacuation des palettes de carton ondulé.

N.B : L'étude concerne le mécanisme de prise et de positionnement de la bobine.



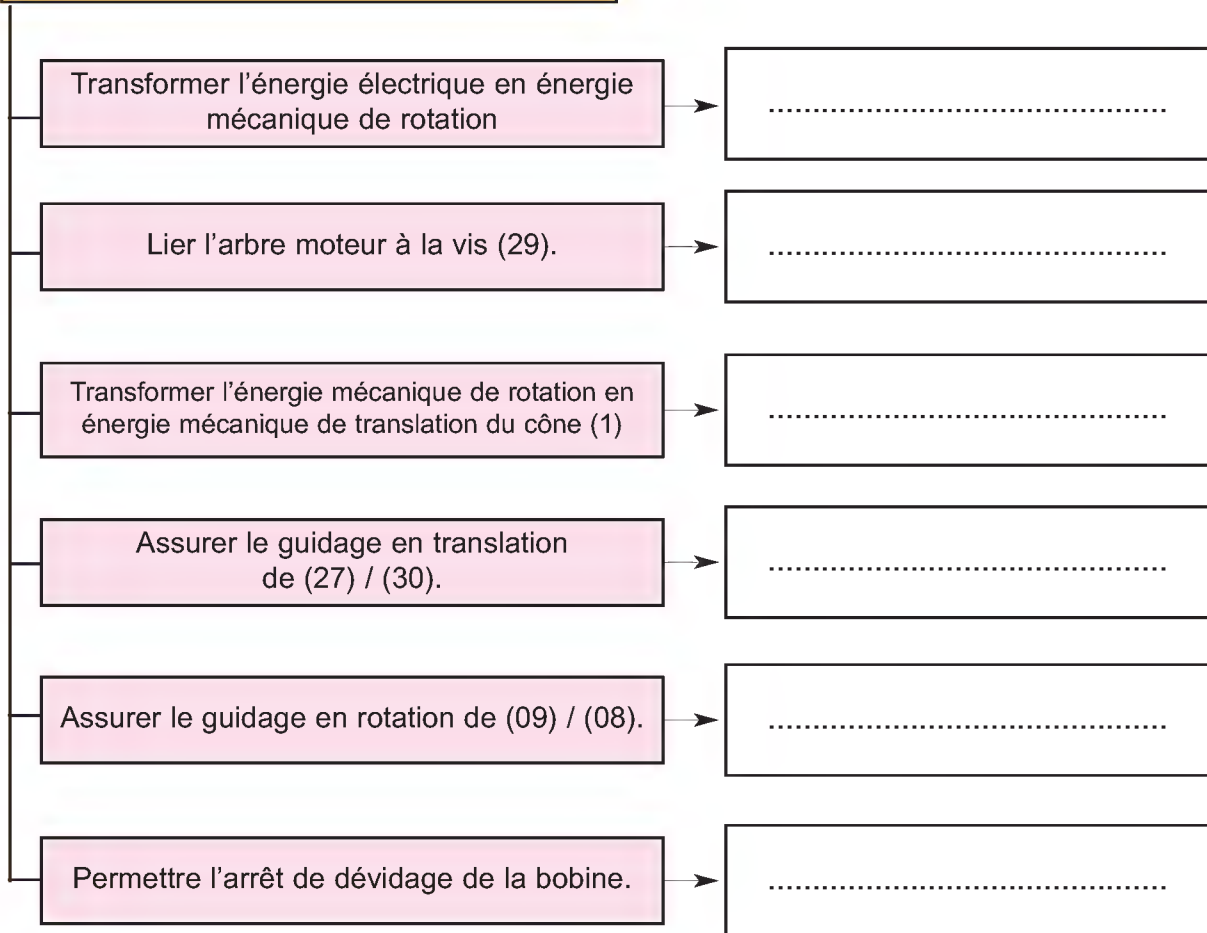
30	4	Glissière	EN GJL200	
29	1	Vis de manoeuvre (p=2mm)	C30	
28	1	Ecrou	Cu Sn 10P	
27	1	Coulisseau	EN GJL200	
26	3	Vis à tête hexagonale		
25	1	Manchon	S235	
24	2	Goupille		
23	1	Cache		
22	6	Ressort		
21	1	Bobine		
20	1	Disque+garniture		
19	1	Support du plateau	S275	
18	1	Rondelle plate		
17	1	Vis à tête hexagonale		
16	1	Corps magnétique	S275	
15	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
14	3	entretoise	S235	
13	1	Plateau	S235	
12	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
11	1	clavette		
10	1	Coussinet	Cu Sn 10P	
9	1	Arbre	C40	
8	1	Corps	EN GJL200	
7	1	Coussinet	Cu Sn 10P	
6	1	Anneau élastique pour arbre		
5	4	Vis à tête hexagonale		
4	1	Flasque		
3	1	Rondelle plate		
2	1	Vis à tête hexagonale		
1	1	Cône (support de bobine)	EN GJL200	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs.
MECANISME DE PRISE ET DE MISE EN POSITION DE LA BOBINE				

Travail demandé :

1- Analyse fonctionnelle de la partie opérative :

Indiquer sur le diagramme **F.A.S.T** suivant les fonctions ou les solutions techniques retenues par le constructeur pour le mécanisme de prise et de positionnement de la bobine. (Voir le dessin d'ensemble)

FG : SAISIR ET POSITIONNER LA BOBINE



2- Etude de la partie opérative :

a- En se référant au dessin d'ensemble fourni, compléter les repères des pièces constituant les classes d'équivalence suivantes:

- A = {29;};
- B = {30;};
- C = {27;};
- D = {19;};
- E = {20;};

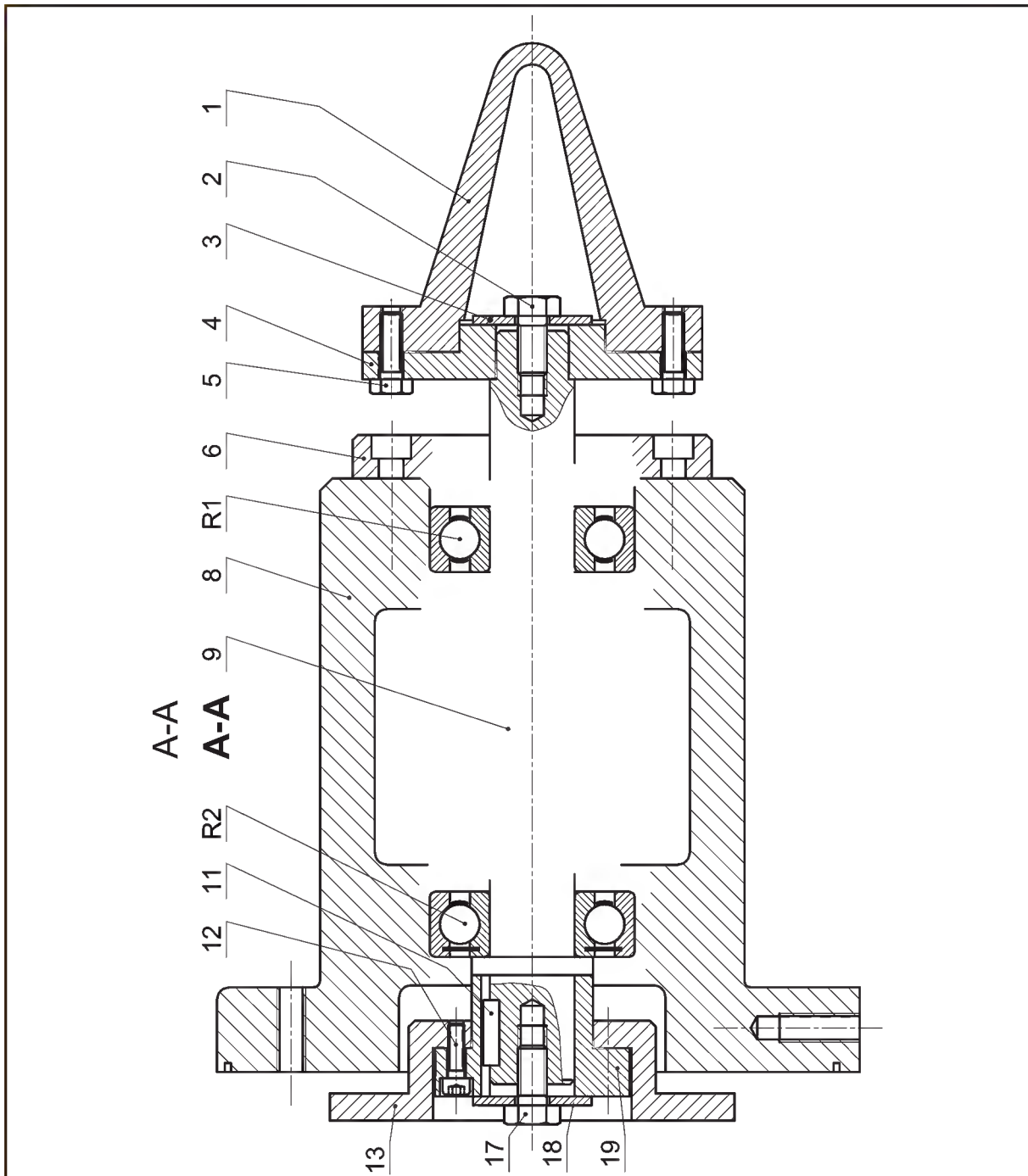
e- Modification d'une solution :

Pour une durée de vie plus longue et un meilleur rendement, le concepteur a choisi pour le guidage de l'arbre (9) les deux roulements R1 et R2.

NB : le roulement R1 est semi-étanche.

Travail demandé :

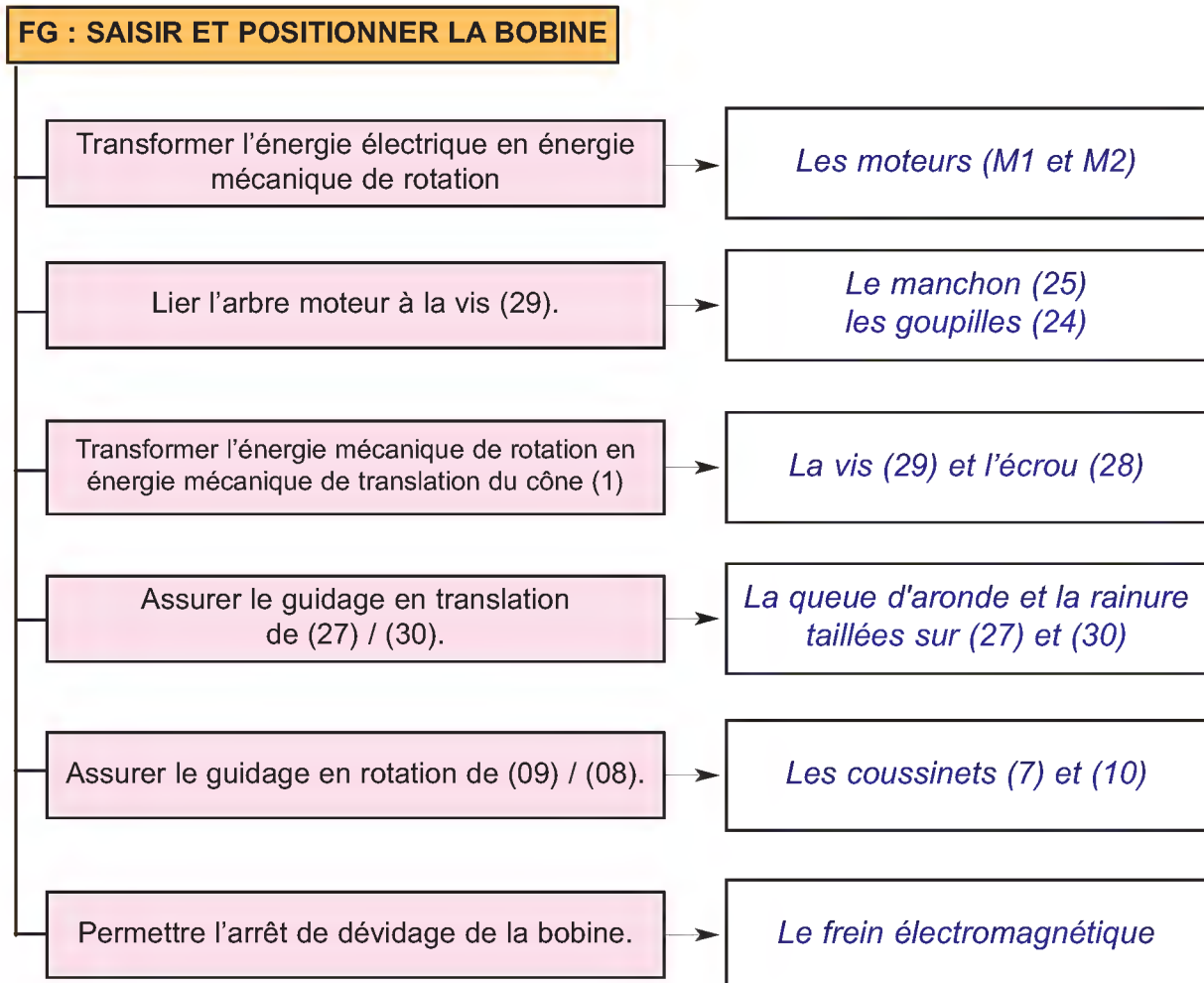
- * Compléter le montage des roulements proposés;
- * Assurer l'étanchéité du coté du roulement R1.



Corrigé

1- Analyse fonctionnelle de la partie opérative :

Indiquer sur le diagramme FAST suivant les fonctions ou les solutions techniques retenues par le constructeur pour le mécanisme de prise et de positionnement de la bobine. (Voir le dessin d'ensemble)



2- Etude de la partie opérative :

a- En se référant au dessin d'ensemble fourni, compléter les repères des classes d'équivalence suivantes :

A={ 29; 24;25 }

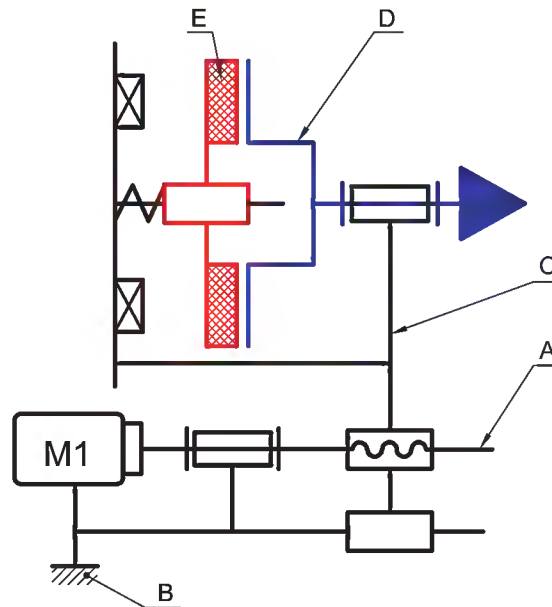
B= { 30 }

C={ 7;8;10;14;15;16;21;26;27;28 }

D= {19;1;2;3;4;5;6;9;11;12;13;17;18 }

E={ 20 }

b- Compléter les repères des classes d'équivalence sur le schéma cinématique :



c- Etude du dispositif de freinage :

c-1 Indiquer le type de frein utilisé :

Frein mono-disque à commande électromagnétique

c-2 La forme des surfaces de contact :

Plane

c-3 Le nombre des surfaces de contact :

01

c-4 Le système de commande :

électromagnétique

c-5 Indiquer les facteurs dont dépend le couple de freinage :

- *l'étendue des surfaces de contact;*
- *L'effort presseur crée par les ressorts (22).*

c-6 Expliquer brièvement le fonctionnement de ce frein en fonction du système de commande :

Etat 1 : Bobine excitée :

Le disque (20) est attiré vers la gauche et le contact avec le plateau (13 est effacé : pas de freinage.

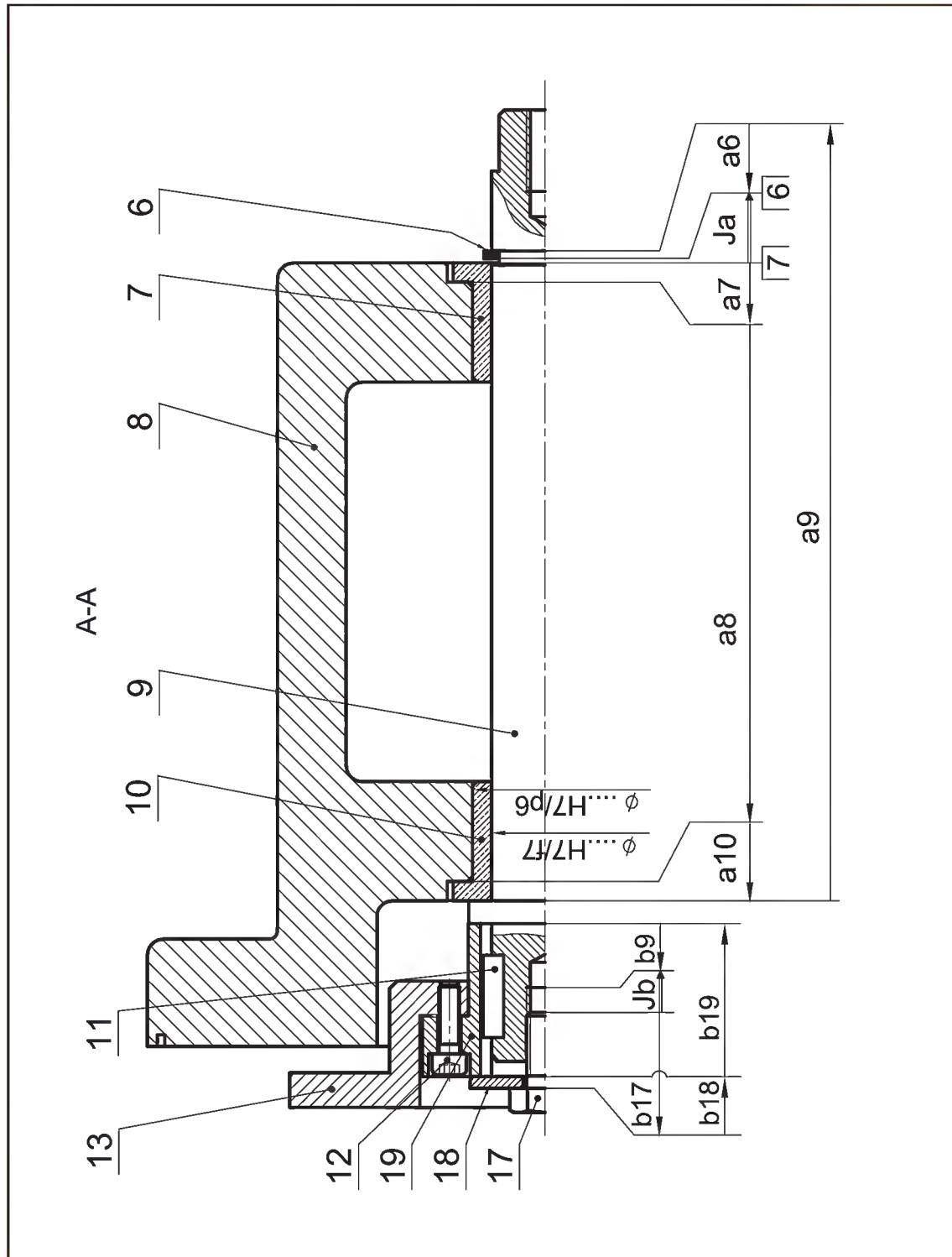
Etat 2 : Bobine non excitée :

L'action des ressorts (22) amène le disque (20) en contact avec le plateau (13) qui entraîne le freinage de ce dernier.

d- Cotation fonctionnelle :

d-1 Tracer les chaînes de cotes installant les conditions Ja et Jb.

d-2 Indiquer les ajustements relatifs au montage du coussinet (10).



e- Modification d'une solution :

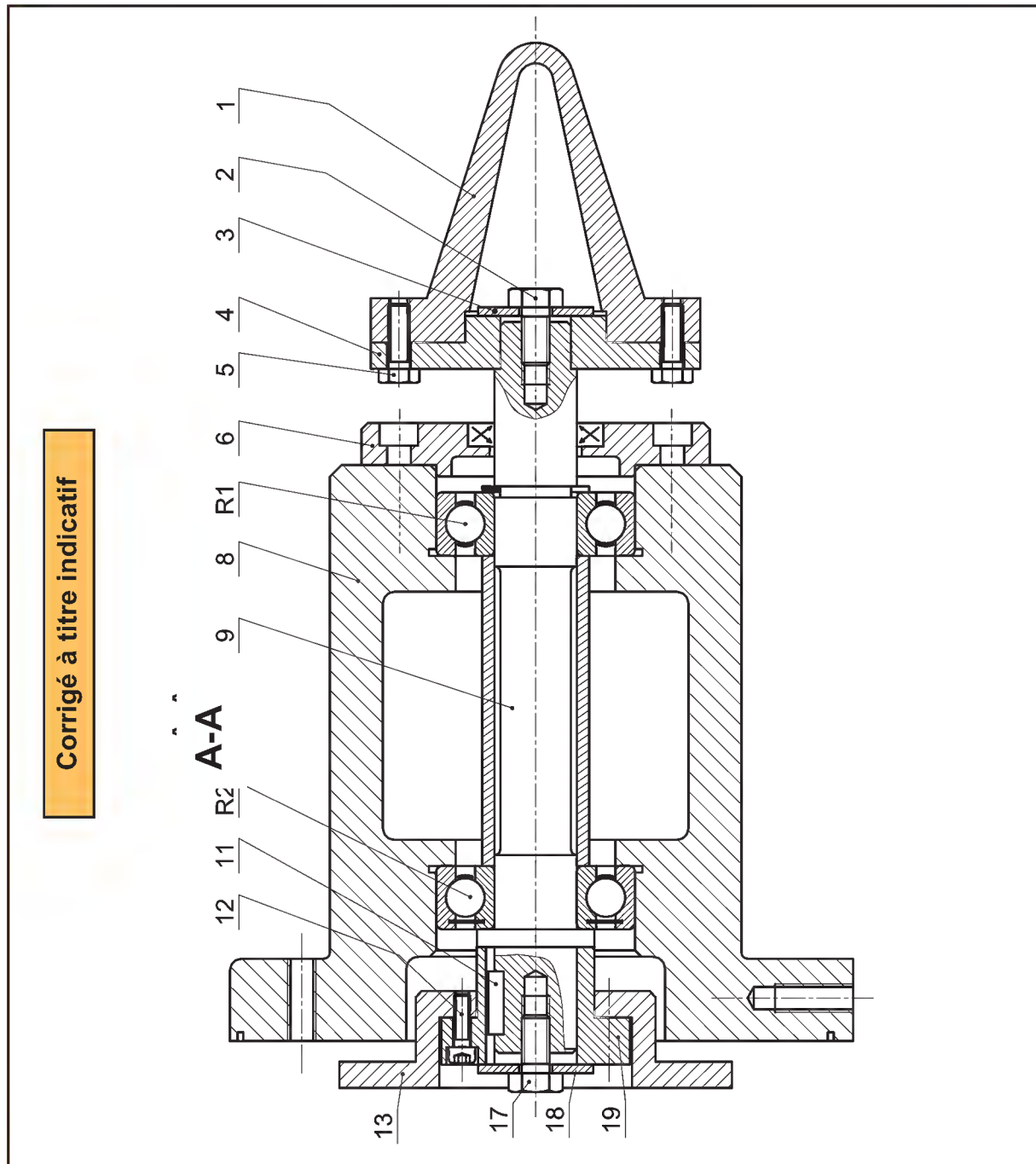
Pour une durée de vie plus longue et un meilleur rendement, le concepteur a choisi pour le guidage de l'arbre (9) les deux roulements R1 et R2.

NB: le roulement R1 est semi-étanche.

Travail demandé :

* Compléter le montage des roulements proposés;

* Assurer l'étanchéité du coté du roulement R1.

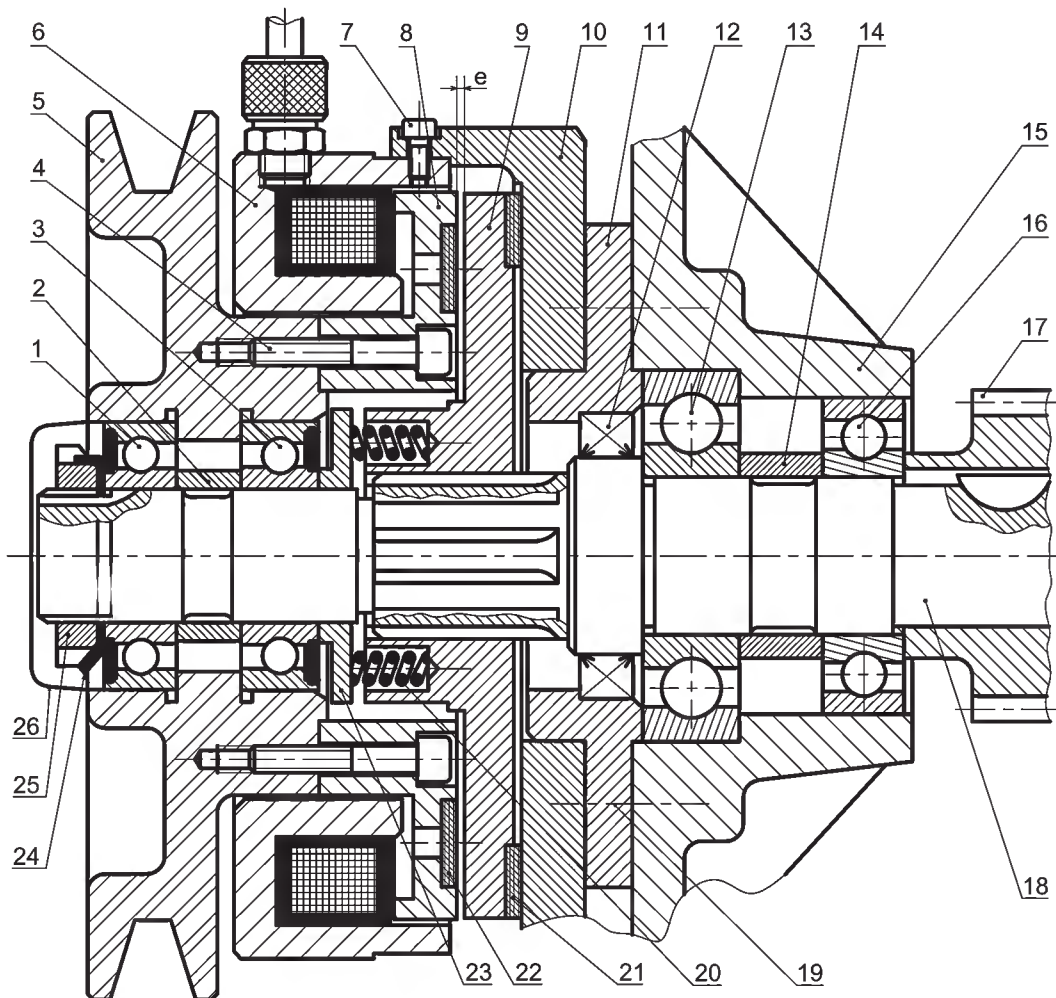


Evaluation

Support d'étude : «Embrayage - frein»

1- Mise en situation :

L'embrayage frein proposé par le dessin ci-dessous est destiné à accoupler la poulie motrice (5) avec le pignon récepteur (17), et à permettre l'arrêt en rotation immédiat de ce dernier dès que l'accouplement est désactivé.



Echelle : 1:2

EMBRAYAGE - FREIN

26	1	Bouchon de protection		
25	1	Ecrou à encoches		
24	1	Rondelle		
23	1	Platine		
22	1	Garniture embrayage	Férodo	
21	1	Garniture frein	Férodo	
20	1	Ressort	60 Si Cr 7	
19	1	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
18	1	Axe	C 35	
17	1	Pignon	C 60	
16	1	Roulement à une rangé de billes à contact radial		
15	1	Carter	EN-GJL-200	
14	1	Bague	S 235	
13	1	Roulement à une rangé de billes à contact radial		
12	1	Joint à lèvres, type A,		
11	1	Couvercle	EN-GJL-200	
10	1	Carter gauche	EN-GJL-200	
9	1	Plateau mobile	C 35	
8	1	Plateau fixe	C 35	
7	1	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
6	1	Cage	EN-GJL-200	
5	1	Poulie		
4	1	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
3	1	Roulement à une rangé de billes à contact radial		
2	1	Bague	C 35	
1	1	Roulement à une rangé de billes à contact radial		
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:2		EMBRAYAGE - FREIN		

- 6- Dans les calculs qui vont suivre, nous allons admettre les hypothèses suivantes:
- la répartition des pressions est uniforme pour les deux fonctions "embrayage" et "frein";
 - le coefficient de frottement est $f = 0,4$;
 - le dessin d'ensemble est à l'échelle 1:2
- (Relever les rayons r et R de la surface de friction de la garniture (22));
- l'effort presseur des ressorts (20) est $F_r = 190\text{N}$;
 - l'effort d'attraction magnétique est $F_{att} = 560\text{N}$;

6-1 Calculer l'effort presseur de l'embrayage F :

On rappelle que : $F_{att} = F + F_r$

.....

.....

6-2 Déterminer le couple transmissible C :

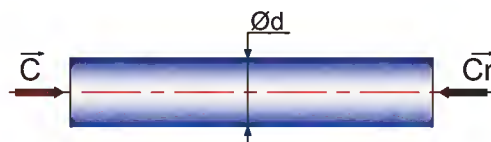
On rappelle que : $C = n \cdot \frac{2}{3} \cdot F \cdot f \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$

.....

.....

.....

7- On assimile l'axe (18) à une poutre cylindrique de diamètre $d = 40\text{mm}$ sollicitée à la torsion simple sous l'effet des couples C et C_r (couple résistant): comme le montre la figure suivante :



7-1 Calculer la contrainte tangentielle maximale : τ_{max} :

.....

.....

7-2 Déterminer le coefficient de sécurité adopté par le constructeur, sachant que la limite élastique à la torsion du matériau utilisé est $\tau_e = 440\text{MPa}$:

.....

.....

.....

.....

.....

Rappel

Transmission de mouvement par roues de friction

Les roues de friction assurent la transmission de mouvement entre deux arbres rapprochés.

Ce moyen de transmission offre :

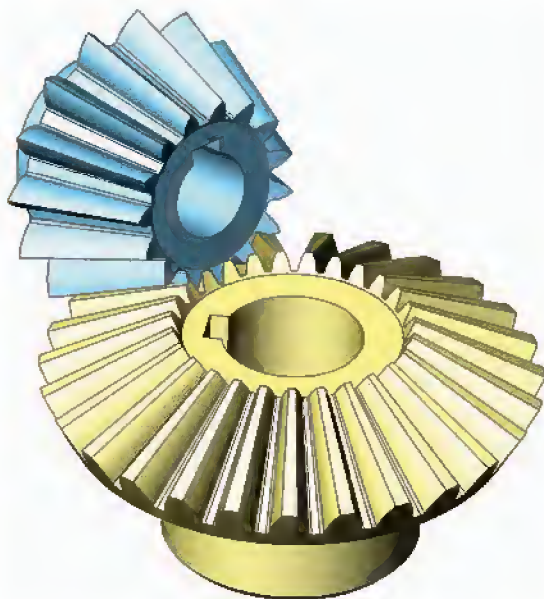
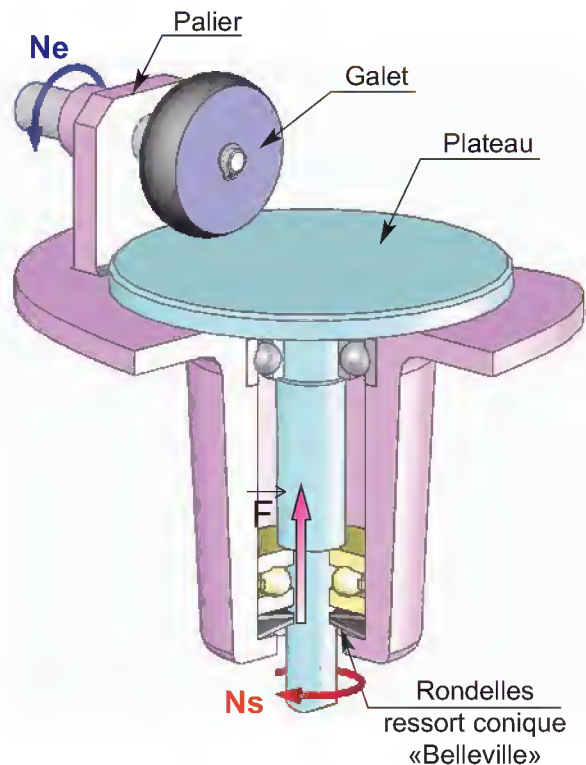
- Un fonctionnement silencieux ;
- Une réalisation simple et économique ;
- Un glissement entre les roues en cas de variation brusque du couple résistant : sécurité.

Par contre cette transmission a des inconvénients :

- l'entraînement s'effectue par adhérence qui nécessite une force normale de contact importante. Cette force engendre des charges supplémentaires sur les paliers.

- Le rapport de transmission $r = N_s / N_e$ n'est pas constant ;

- Utilisation limitée aux transmissions de faibles puissances.



La solution permettant d'augmenter la précision de la transmission (vitesse de sortie constante) ainsi que la valeur du couple transmis consiste à prévoir autour des roues «des obstacles» appelés dents.

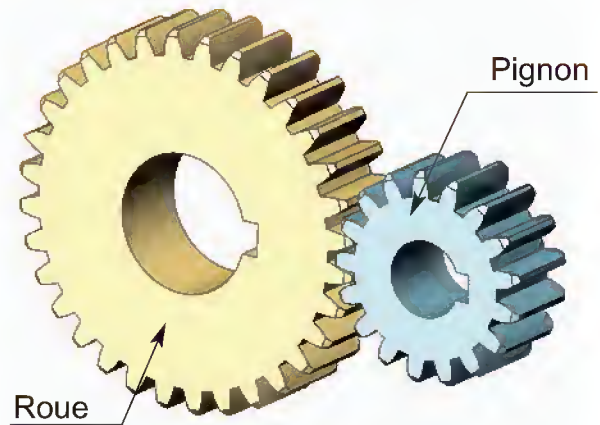
Ainsi naissent les roues dotées de dents (les engrenages) assurant un entraînement sans glissement.

Développement de connaissances

1- Les Engrenages

1-1 Définition :

Un engrenage est composé de deux roues dentées (la plus petite est appelée pignon) servant à la transmission d'un mouvement de rotation. En contact l'une avec l'autre, elles transmettent de la puissance par obstacle.

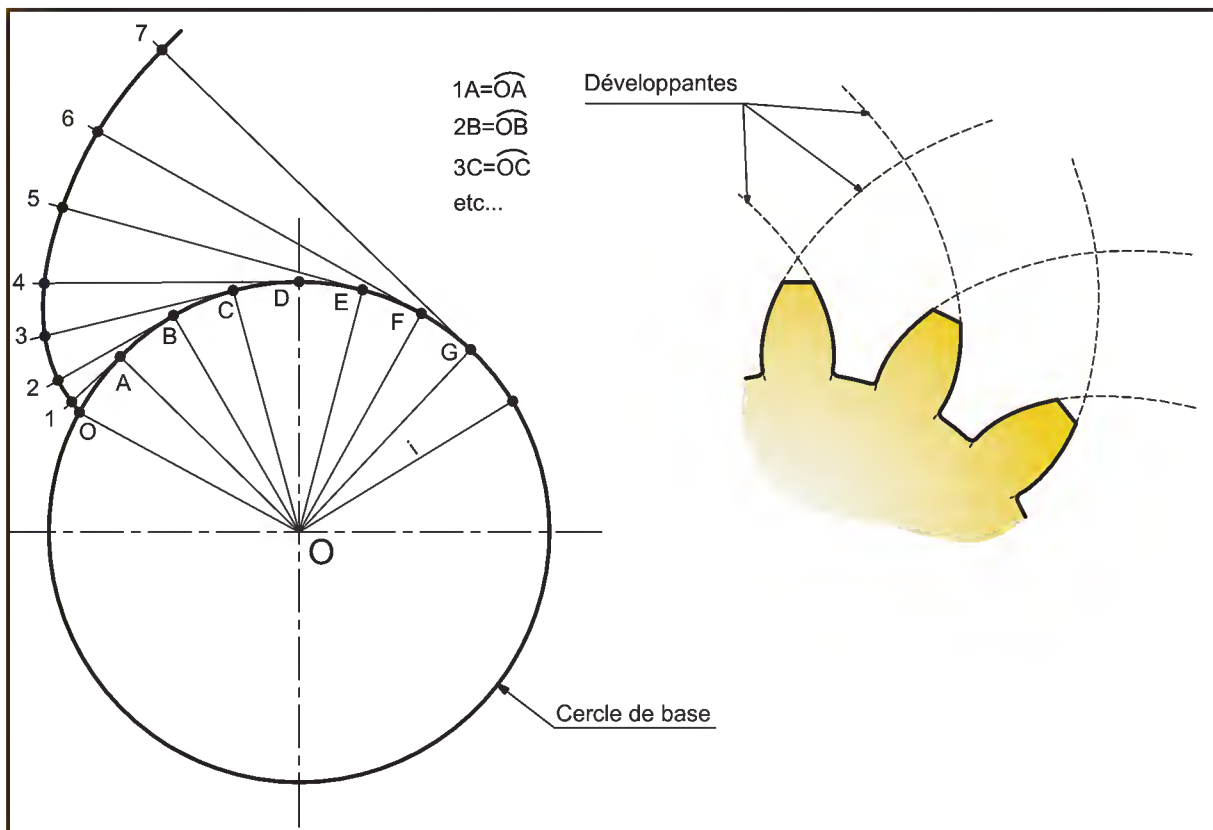


1-2 Profil de la denture :

Le profil des dents est une courbe dite en développante de cercle.

Cette courbe est obtenue, comme le montre la figure ci-dessous, en développant un cercle appelé cercle de base.

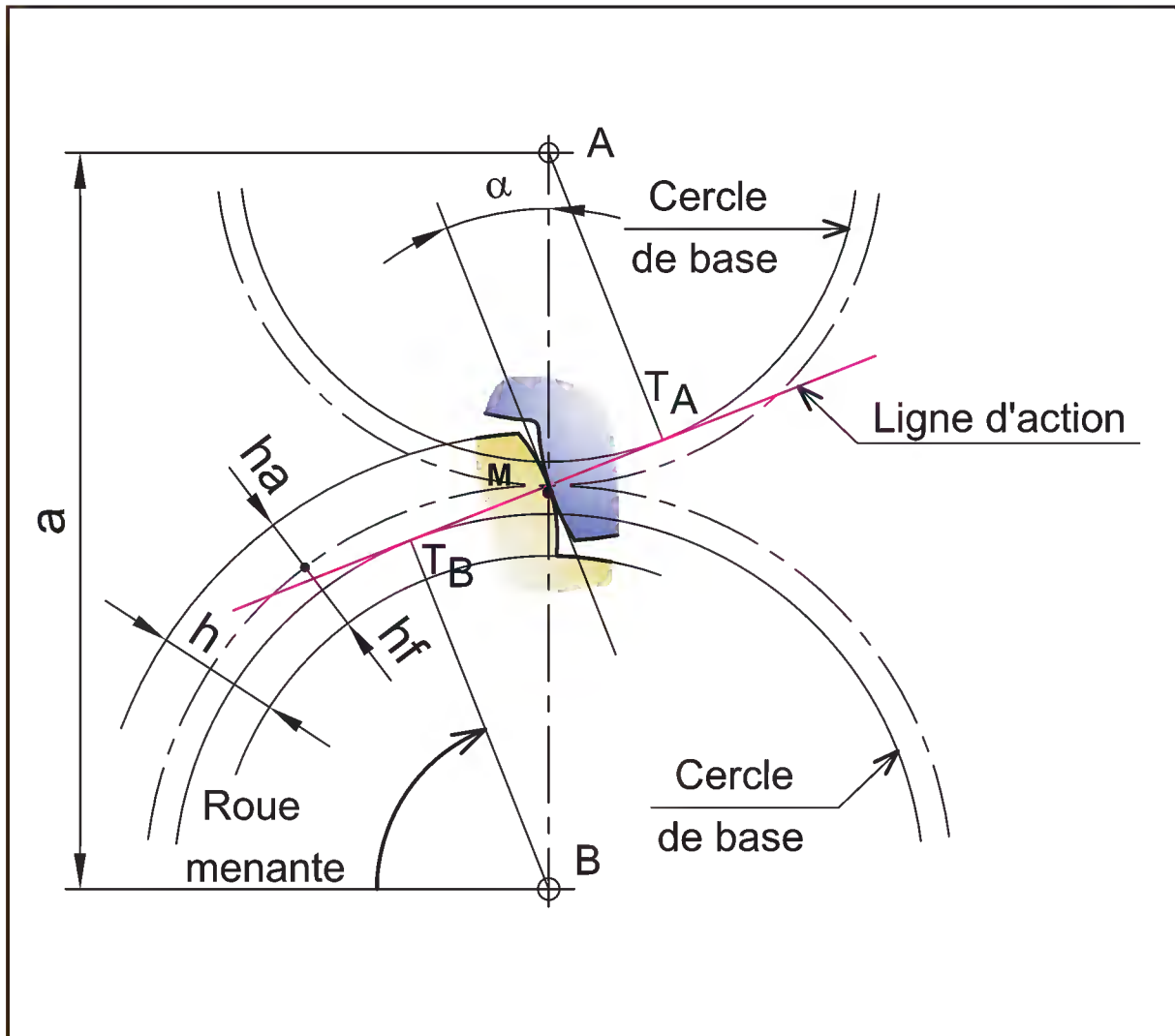
Seule une faible partie de la courbe est utilisée pour la denture.



1-3 Principe de l'engrènement :

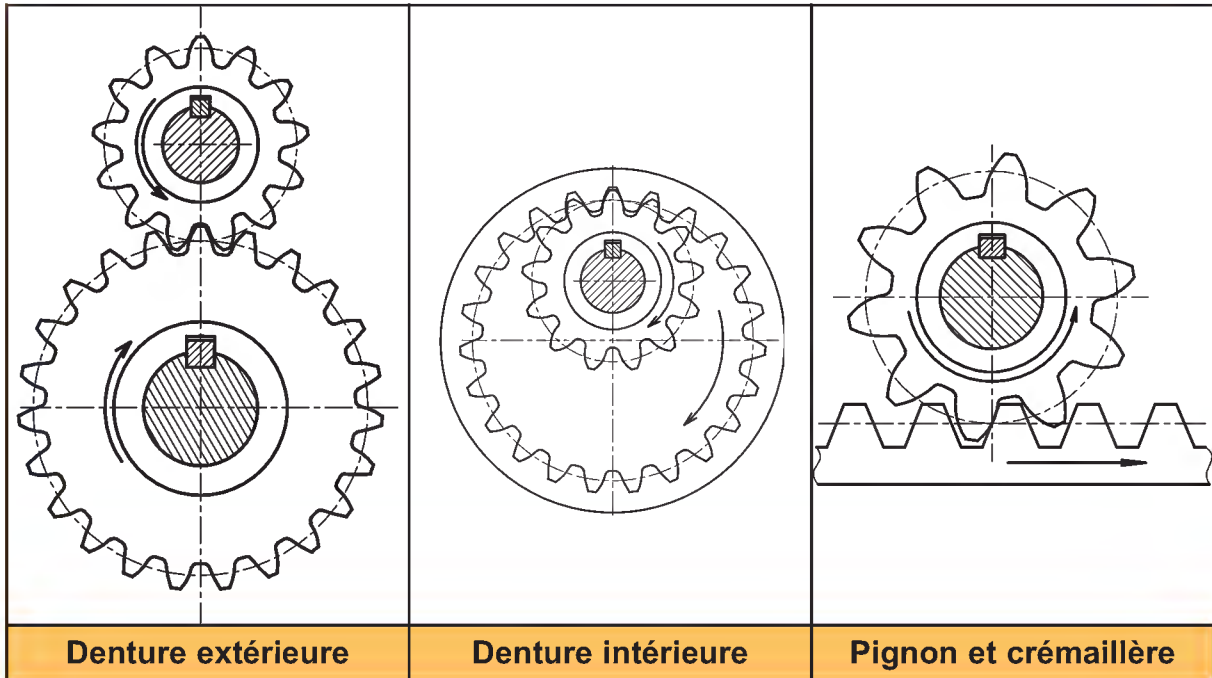
Si deux cercles de base munis de courbes en développante de cercle sont espacés d'un entraxe (a), on constate que pendant l'engrènement, les deux développantes restent en contact suivant une droite appelée ligne d'action inclinée d'un angle α par rapport à la tangente commune à deux cercles appelés cercles primitifs.

Cet angle α est appelé angle de pression et vaut dans le cas général 20° .



2- Engrenages cylindriques à denture droite

La génératrice de forme des dents est une droite parallèle à l'axe de rotation. C'est le type de denture le plus courant. Il est utilisé dans toutes les applications de mécanique générale.



2-1 Dimensions normalisées :

Deux valeurs permettent de définir les roues dentées:

- Le module m choisi parmi les modules normalisés et déterminé par un calcul de résistance des matériaux.

La relation permettant le calcul de ce module est : $m \geq 2.34 \sqrt{\frac{T}{k.Rpe}}$

\vec{T} : effort tangentiel sur la dent.

k : coefficient de largeur de denture.

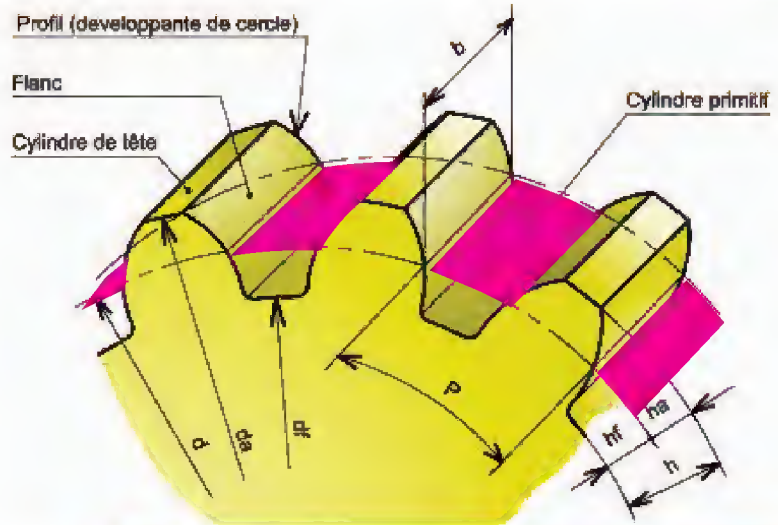
Rpe : résistance pratique à l'extension. Rpe dépend du matériau utilisé.

\vec{T} et k sont définis dans la suite de ce cours.

- Le nombre de dents Z de chaque roue dentée permettant de définir le rapport des vitesses r de l'engrenage.

Nota : Deux roues dentées doivent avoir le même module pour pouvoir engrener ensemble.

Caractéristiques de la denture :



Roue à denture extérieure		
Module	m	Déterminé par un calcul de résistance de matériaux
Nombre de dents	Z	Déterminé à partir des rapports des vitesses angulaires
Pas de la denture	p	$p = \pi \cdot m$
Saillie	ha	$ha = m$
Creux	hf	$hf = 1,25 \cdot m$
Hauteur de la dent	h	$h = ha + hf = 2,25 \cdot m$
Diamètre primitif	d	$d = m \cdot Z$
Diamètre de tête	da	$da = d + 2m$
Diamètre de pied	df	$df = d - 2.5m$
Largeur de denture	b	$b = k \cdot m$ (k valeur à se fixer, fréquemment on choisit entre 6 et 10)
Entraxe de 2 roues A et B	a	$a = \frac{d_A + d_B}{2} = \frac{m \cdot Z_A}{2} + \frac{m \cdot Z_B}{2} = \frac{m(Z_A + Z_B)}{2}$

2-2 Rapport de vitesses :

ω_1 et ω_2 sont les vitesses angulaires respectives des roues dentées (1) et (2) :

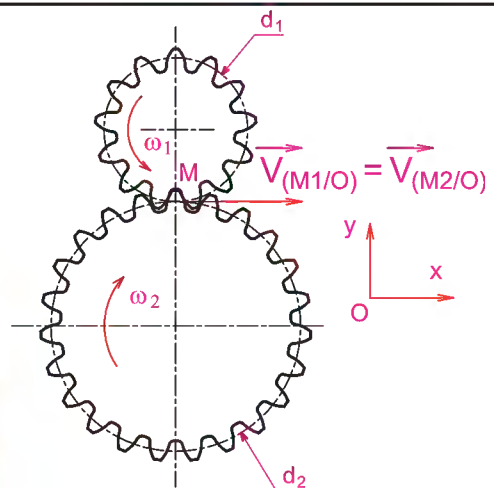
Z1 : Nombre de dents de la roue (1)

Z2 : Nombre de dents de la roue (2)

Non glissement au point (M) :

$$\|\vec{V}_{(M1/O)}\| = \|\vec{V}_{(M2/O)}\|$$

$$\omega_1 \cdot \frac{d_1}{2} = \omega_2 \cdot \frac{d_2}{2} \quad r = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$



ω : Vitesse angulaire exprimée en rd/s

N : Vitesse de rotation exprimée en tr/min

avec $\omega = \frac{2\pi N}{60} \Rightarrow r = \frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$

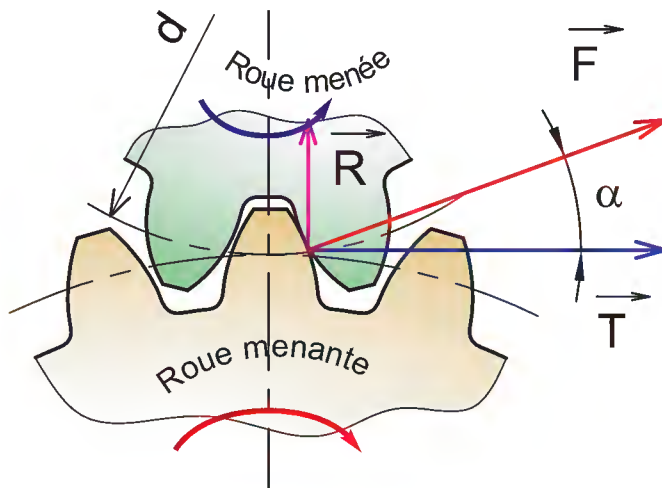
2-3 Efforts sur les dentures – Couple transmis :

L'effort \vec{F} normal à la dent (Action de la roue menante sur la roue menée) étant incliné de l'angle de pression α (20° en général), on considère les deux projections de F suivant:

- la tangente commune aux cercles primitifs : \vec{T}
(effort tangentiel qui détermine le couple transmis)
- la normale commune aux cercles primitifs (radiale) : \vec{R}
(effort radial qui détermine un effort sur les paliers et contrainte de flexion dans les arbres).

Les relations sont données sur la figure ci-dessous.

L'effort T est celui utilisé pour le calcul du module m .



$$T = 2C / d$$

$$R = T \cdot \text{tg} \alpha$$

C : couple transmis
 d : diamètre primitif

2- 4 Inconvénient de ce type d'engrenage :

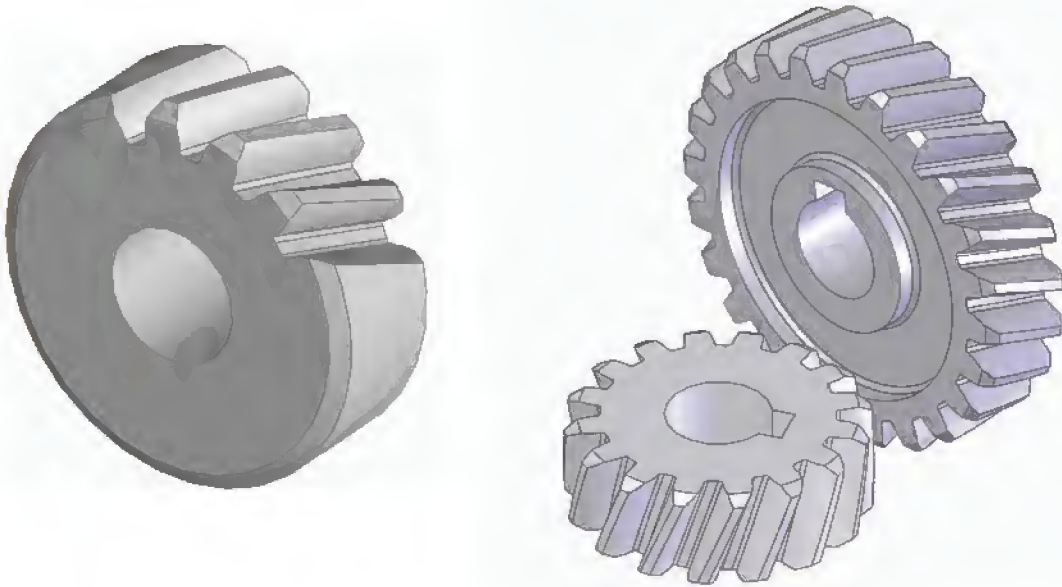
Durant l'engrènement, les dents en prise fléchissent, de plus leur nombre varie (2 à 3 dents), ce qui engendre du bruit et des vibrations.

2- 5 Matériaux utilisés:

- | | |
|----------------------------------------|---------------------------------|
| Fonte à graphite sphéroïdal | : Roues de grandes dimensions. |
| Aciers ordinaires type C | : Engrenages peu chargés. |
| Aciers au nickel-chrome | : Engrenages fortement chargés. |
| Matières plastiques (Nylon, Téflon...) | : Faible puissances. |

3 - Engrenages cylindriques à denture hélicoïdale

La génératrice de forme des dents est une ligne hélicoïdale de même axe que l'axe de rotation.



3-1 Dimensions :

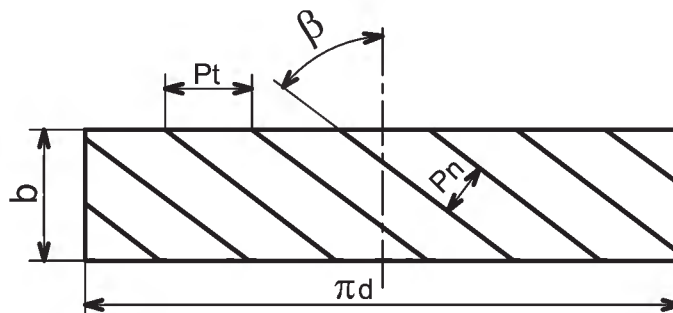
Les dimensions d'une roue à denture hélicoïdale sont déterminées à partir :

- du module normalisé, appelé ici module normal (ou réel) et désigné par m_n ,

(Calculé par la R.d.M.)

- du nombre de dents Z .

- de l'angle d'inclinaison de l'hélice β .



La relation entre le pas normal P_n et le pas tangentiel P_t (ou pas apparent) permet de définir un module tangentiel (ou apparent) m_t .

Les dimensions de la roue dépendent alors de ce module tangentiel.

Relations: $P_n = P_t \cdot \cos\beta$ $m_n = m_t \cdot \cos\beta$ $d = m_t \cdot Z$

On constate que le diamètre primitif varie avec l'angle d'hélice β , il en est de même pour les diamètres de tête et de pied.

3-2 Rapport de vitesses :

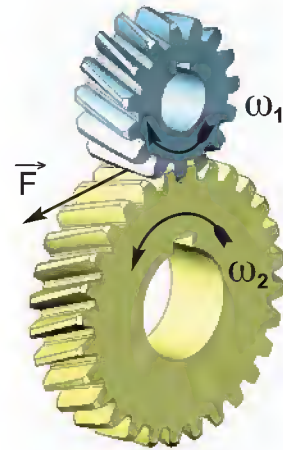
Le rapport d'une transmission assurée par deux roues cylindriques à denture hélicoïdale est le même que celui d'une transmission assurée par deux roues à denture droite.

$$r = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

3-3 Conditions d'engrènement :

L'engrènement entre deux roues est possible si :

- elles ont le même module réel et le même angle d'inclinaison de l'hélice (β).
- les sens d'hélices sont inversés.



3-4 Efforts:

La composante normale à la denture donne trois types d'efforts :

- Effort tangentiel \vec{T} est souvent déterminé à partir du couple :

$$\vec{T} = 2C / d$$

- Effort radial \vec{R} , déterminé par la relation:

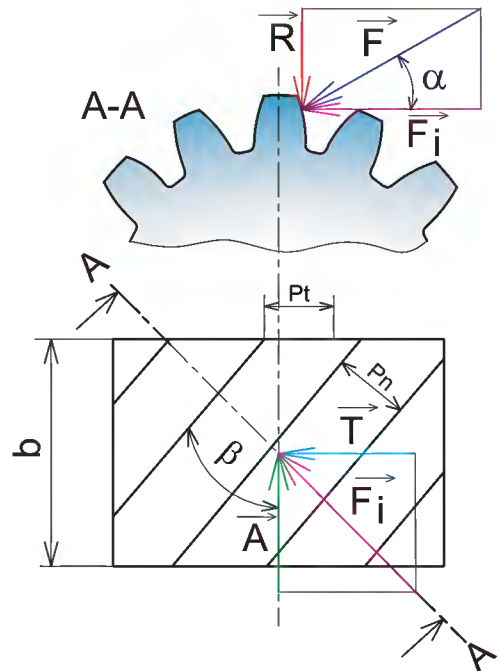
$$\vec{R} = (\vec{T} / \cos \beta) \operatorname{tg} \alpha$$

- Effort axial \vec{A} , déterminé par la relation:

$$\vec{A} = \vec{T} \operatorname{tg} \beta$$

\vec{F} : Effort normal à la denture dû à l'engrènement

\vec{F}_i : Résultante de l'effort tangentiel \vec{T} et l'effort axial \vec{A}

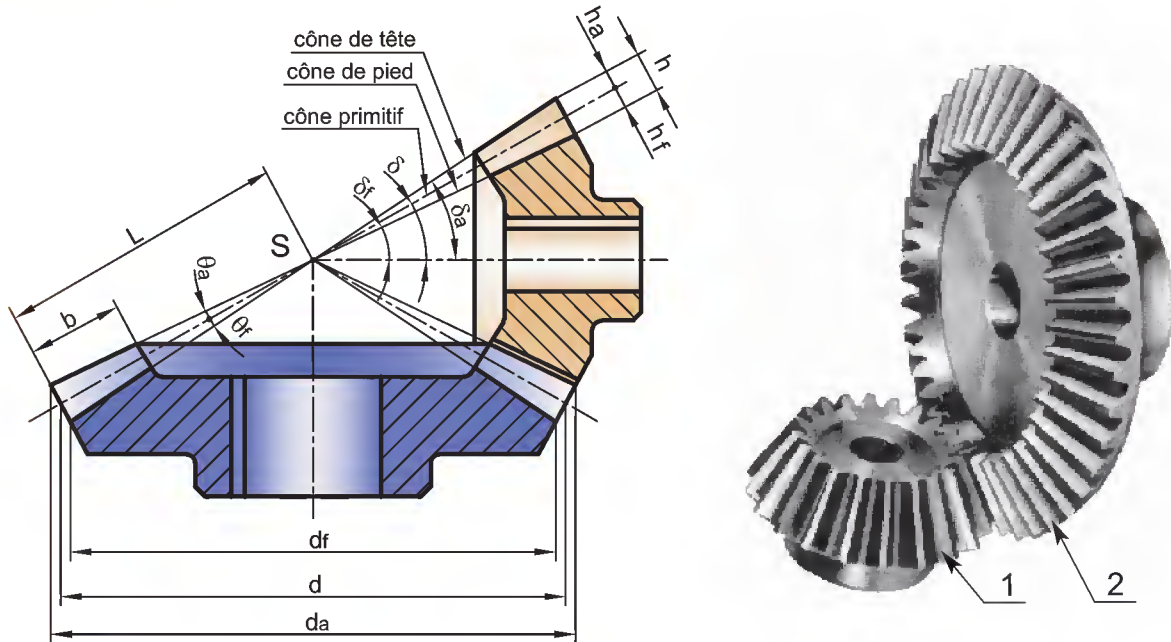


3-5 Avantage et inconvénient :

Ce type de denture présente l'avantage d'être plus silencieux que de la denture droite. En contre partie il engendre un effort axial dont l'intensité dépend de la valeur de l'angle d'inclinaison de l'hélice (β) ce qui nécessite l'utilisation de palier de butée pouvant encaisser ce type d'efforts.

4 - Engrenages concourants :

Les roues assurant la transmission entre deux arbres concourants sont coniques. L'étude qui suit porte plus particulièrement sur les dentures droites.



4-1 Rapport de vitesses :

- N_1 et N_2 sont les vitesses respectives des roues coniques (1) et (2).
- Z_1 et Z_2 sont les nombre de dents respectifs des roues coniques (1) et (2).

$$r = \frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

4-2 Conditions d'engrènement :

Deux roues coniques n'engrènent correctement que si les modules sont égaux et si les cônes primitifs ont à la fois une génératrice commune et leurs sommets confondus.

4-3 Efforts sur la denture :

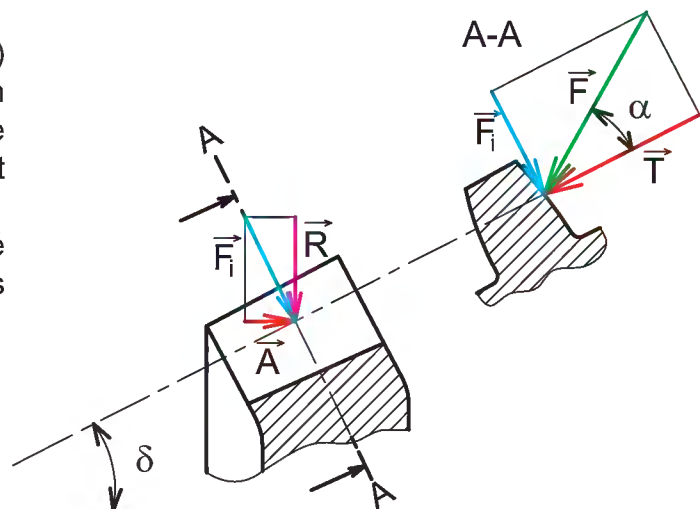
L'effort normal à la denture (\vec{F}) donne ici trois efforts en projection sur les trois directions principales de la roue dentée (tangentielle, axial et radial).

Si T est l'effort tangentielle déterminé à partir du couple, les relations s'écrivent:

$$T = 2C / d$$

$$A = T \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta$$

$$R = T \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta$$



4-4 Disposition constructive :

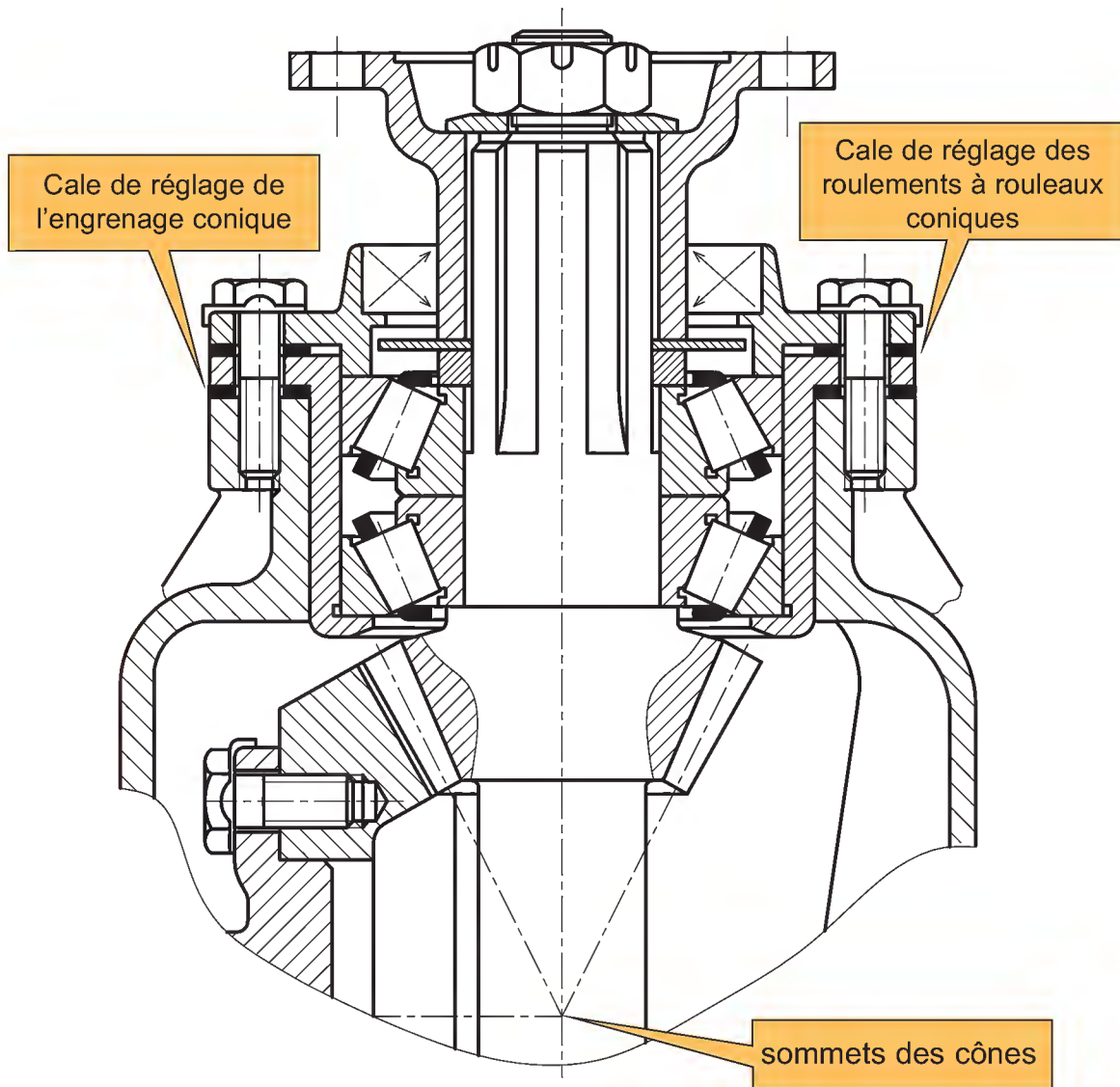
Le fonctionnement correct d'un engrenage conique nécessite la coïncidence des sommets des cônes primitifs tangents.

Ces sommets sont virtuels, le réglage est difficile à réaliser.

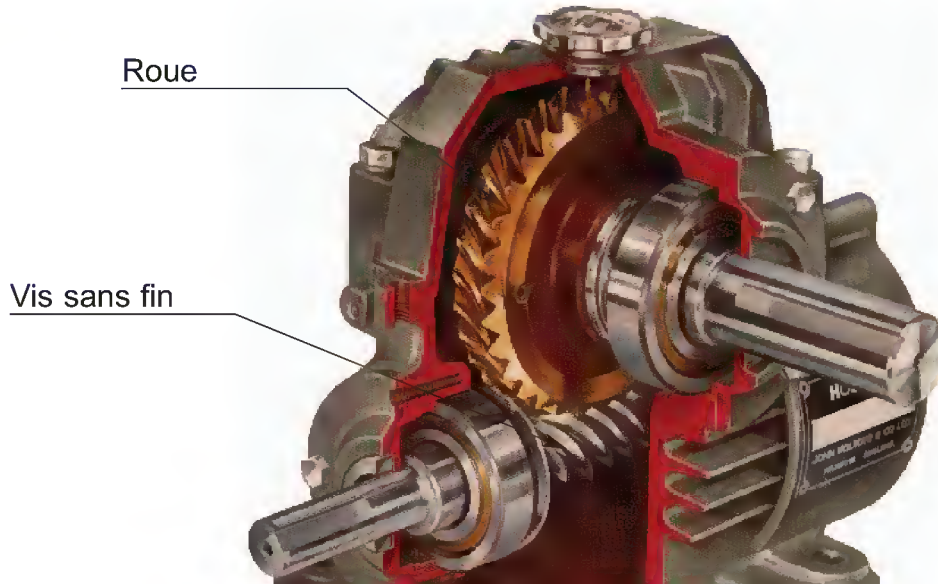
On règle en général un des deux sommets afin d'avoir un engrenement avec un minimum de jeu et sans précontrainte (serrage) des dentures.

Ce réglage est souvent réalisé par l'intermédiaire de cales de réglage lors du montage des roues.

La figure ci-dessous montre une application d'un réglage des sommets des cônes dans un renvoi d'angle.

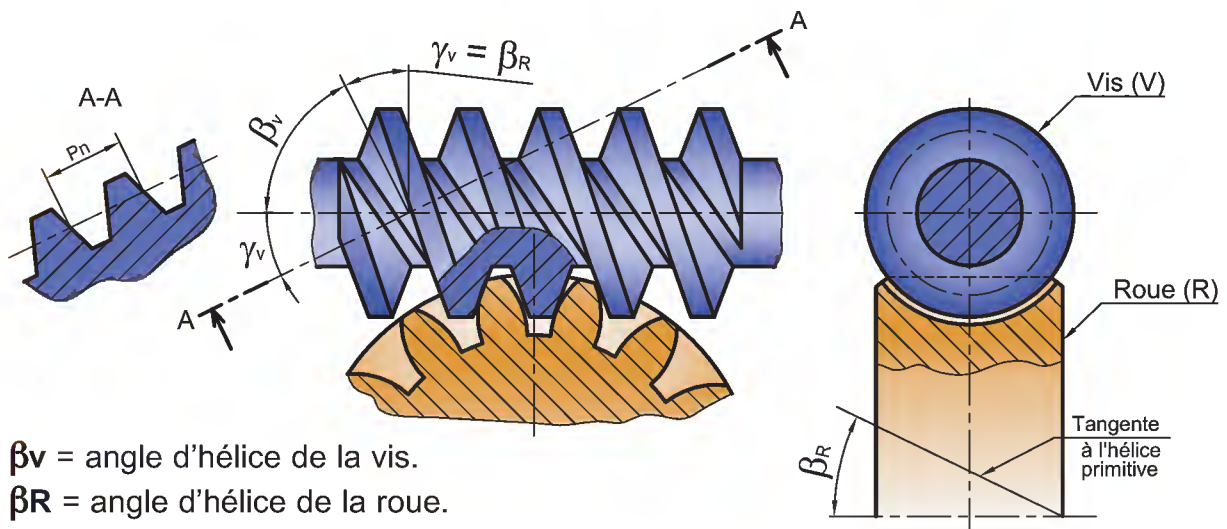


5 -Transmission par engrenages à roue et vis sans fin:



5-1 Principe :

La transmission est réalisée à l'aide d'une vis à un ou plusieurs filets et une roue à denture hélicoïdale. C'est un cas particulier des engrenages gauches hélicoïdaux. Pour engrener ensemble, la roue et la vis doivent avoir leurs hélices de même sens.



β_v = angle d'hélice de la vis.
 β_R = angle d'hélice de la roue.
 $\beta_v + \beta_R = 90^\circ$

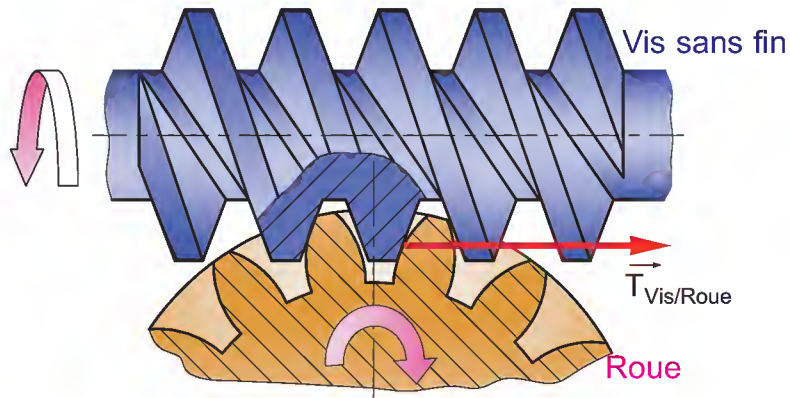
5-2 Rapport de vitesses :

- N_1 et N_2 sont les vitesses respectives de la vis et de la roue.
- Z_1 : nombre de filets de la vis.
- Z_2 : nombre de dents de la roue.

$$r = \frac{N_2}{N_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

5-3 Efforts :

En examinant la figure ci-dessous, on constate que l'effort tangentiel sur la roue est transmis comme un effort axial sur la vis.



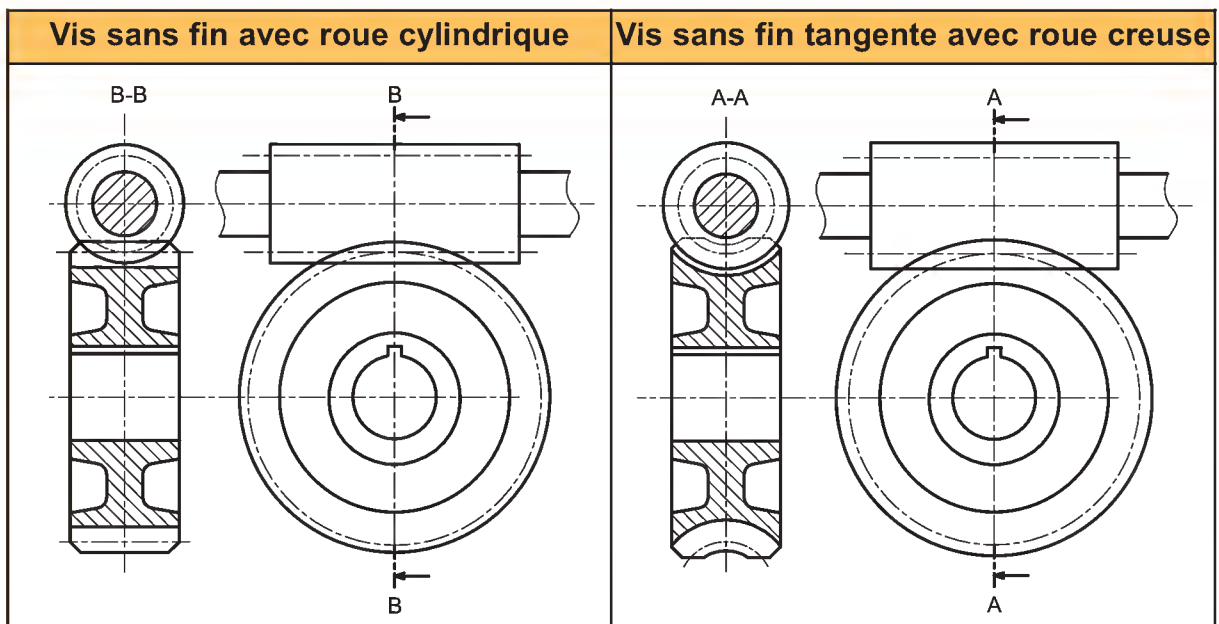
5-4 Avantages et inconvénients :

- Ce mécanisme permet d'obtenir un grand rapport de réduction avec seulement deux roues dentées (1/200).
- Les systèmes roue-vis sans fin sont presque toujours irréversibles d'où sécurité.
- L'engrènement se fait avec beaucoup de glissement entre les dentures, donc usure et rendement faible (60%).
- La vis supporte un effort axial important.

5-5 Différents types de systèmes roue-vis sans fin:

➤ **Vis sans fin avec roue cylindrique :**

- Le nombre de filets et de dents en contact est faible.
- Le contact entre les filets de la vis et les dents de la roue se réduit à un point.
- La pression de contact est forte ce qui réduit l'emploi du système à la transmission de faibles couples.



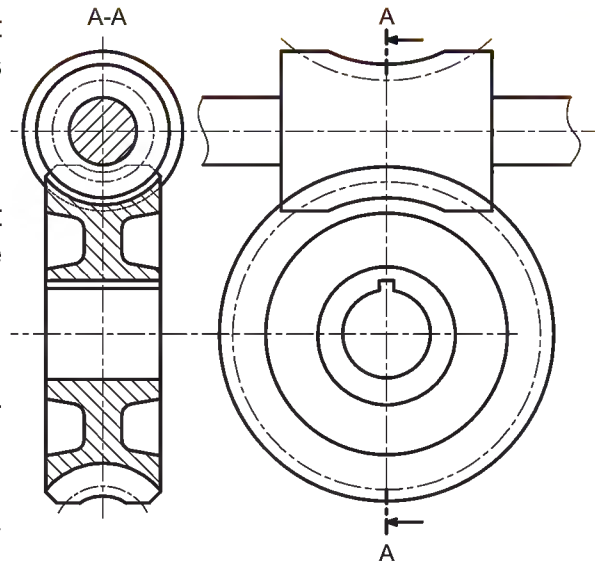
Afin d'augmenter la surface de contact des dentures, on utilise très souvent des systèmes à roue creuse.

➤ **Roue creuse et vis tangente :**

Le contact entre les filets et les dents est linéaire ce qui permet la transmission de couples importants.

➤ **Roue creuse et vis globique :**

La vis de forme torique enveloppe partiellement la roue, le nombre de filets en contact avec les dents est augmenté ainsi que la surface de contact ce qui permet la transmission de grands efforts.



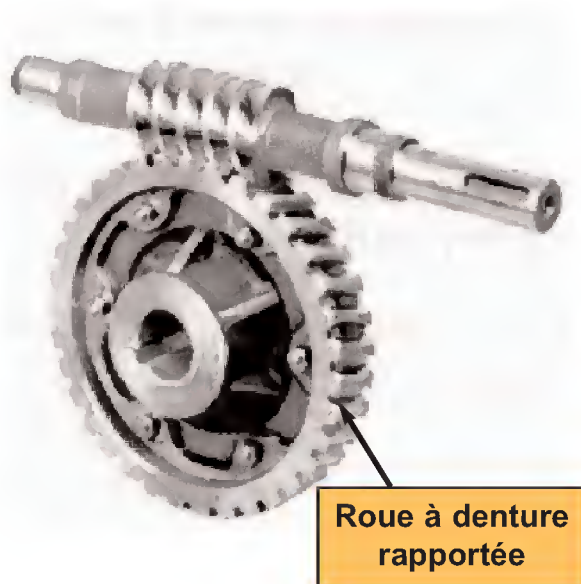
5-6 Dispositions constructives :

Du fait de l'usure importante due au glissement des dentures pendant l'engrènement, il convient de choisir correctement les matériaux des deux pièces :

– La vis sera choisie dans le matériau le plus dur, son prix de revient étant plus élevé, son usure devra être réduite au minimum. En général la vis est en acier dur.

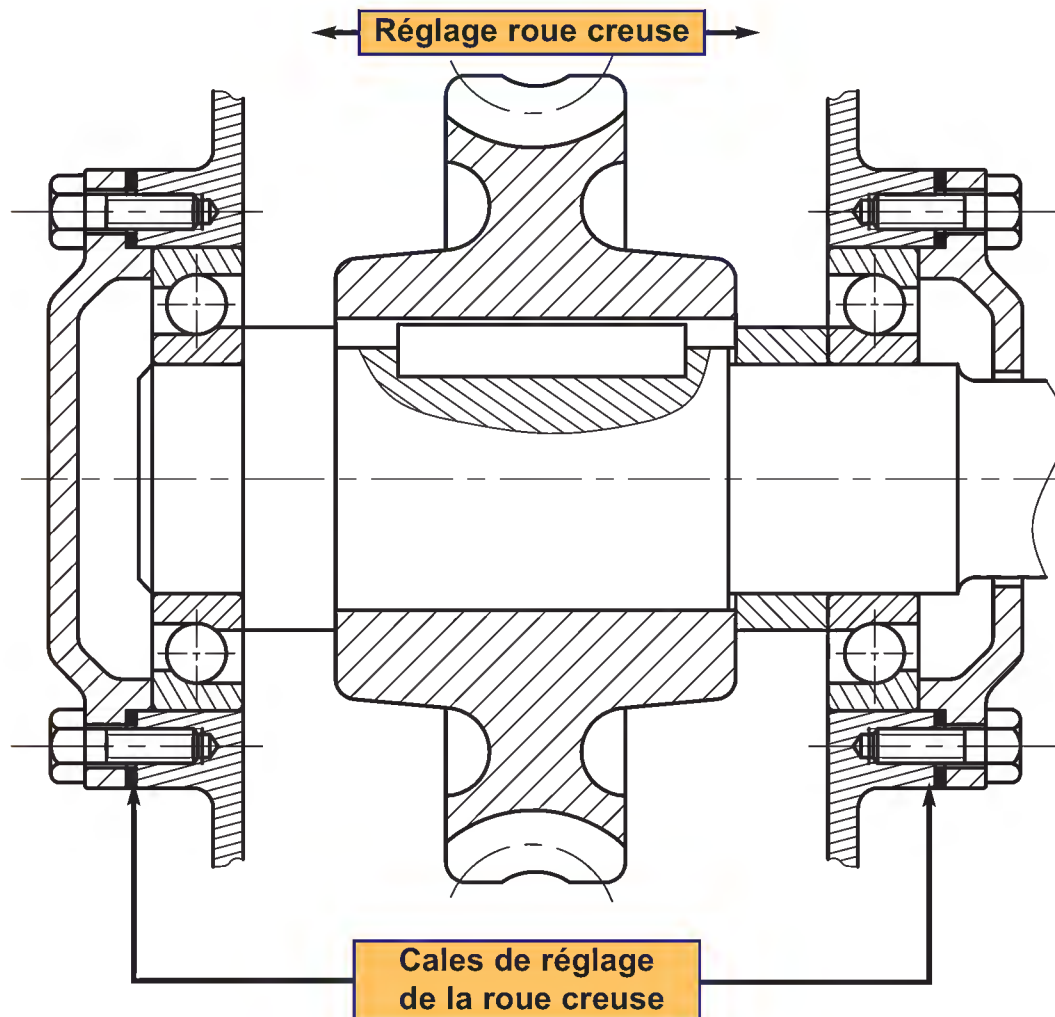
– La roue sera choisie dans un matériau plus tendre afin de supporter la majeure partie de l'usure. En général la roue est en bronze.

– Pour des roues de grands diamètres, il convient de prévoir à la conception une denture rapportée.



– L'utilisation d'une roue creuse impose souvent un réglage axial de celle-ci pour assurer la portée correcte des dents.

Le dessin ci-dessous montre une solution pour ce réglage par l'intermédiaire de cales sous les couvercles d'appui des roulements.



6- Transmission par un train d'engrenages.

Un train d'engrenage est un ensemble de plusieurs engrenages qui transmettent un mouvement de rotation avec un rapport de vitesse désiré.

On distingue deux types de trains d'engrenages :

- Les trains simples.
- Les trains épicycloïdaux (ne font pas l'objet de l'étude).

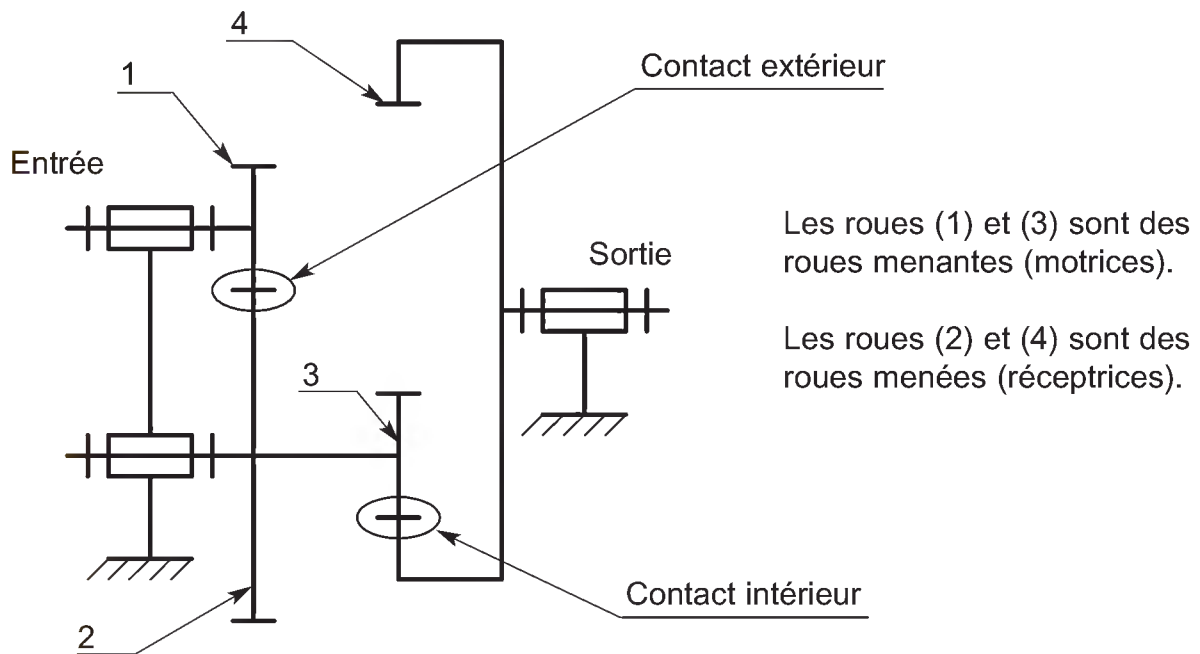
6-1 Transmission par un train simple.

a- Définition et terminologie.

Un train d'engrenage est dit simple quand les axes des différentes roues occupent une position invariable par rapport au bâti.

Contact extérieur : Contact entre deux roues à denture extérieure.

Contact intérieur : contact entre une roue à denture extérieure et une roue à denture intérieure (couronne).



b-Rapport de transmission.

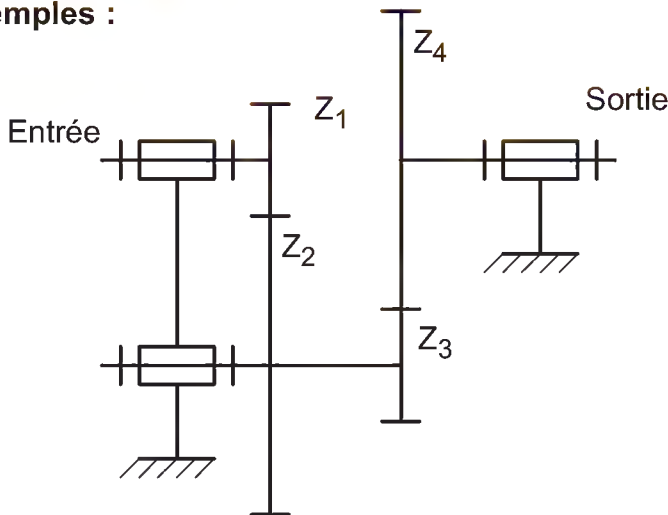
Le rapport de la transmission assurée par un train d'engrenages est le quotient de la vitesse de sortie (N_s) par la vitesse d'entrée (N_e).

$$r = \frac{N_s}{N_e} = (-1)^n \frac{\text{Produit du nombre de dents des roues menantes}}{\text{Produit du nombre de dents des roues menées}}$$

n : nombre de contacts extérieurs

Remarque : $(-1)^n$ est valable quand tous les axes des roues dentées sont parallèles.

Exemples :

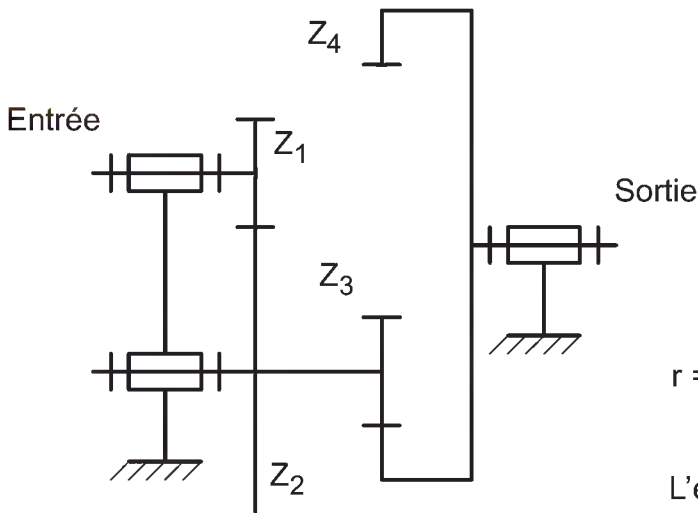
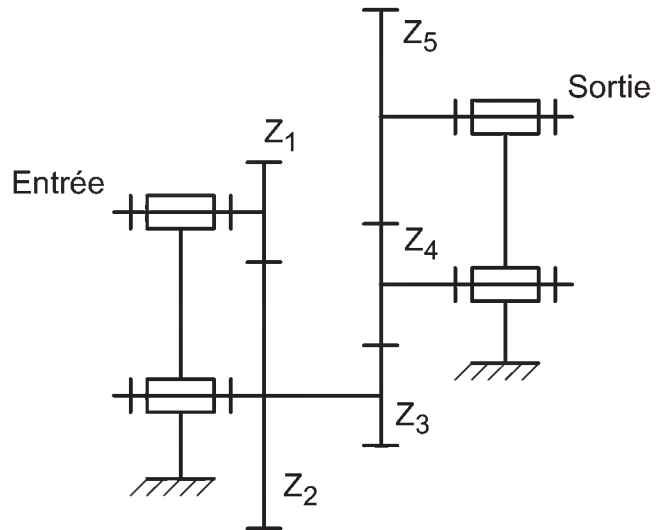


$$r = (-1)^2 \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$$

L'entrée et la sortie tournent dans le même sens.

$$r = (-1)^3 \frac{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_4}{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_5} = - \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_5}$$

L'entrée et la sortie tournent en sens inverses.



$$r = (-1)^1 \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = - \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$$

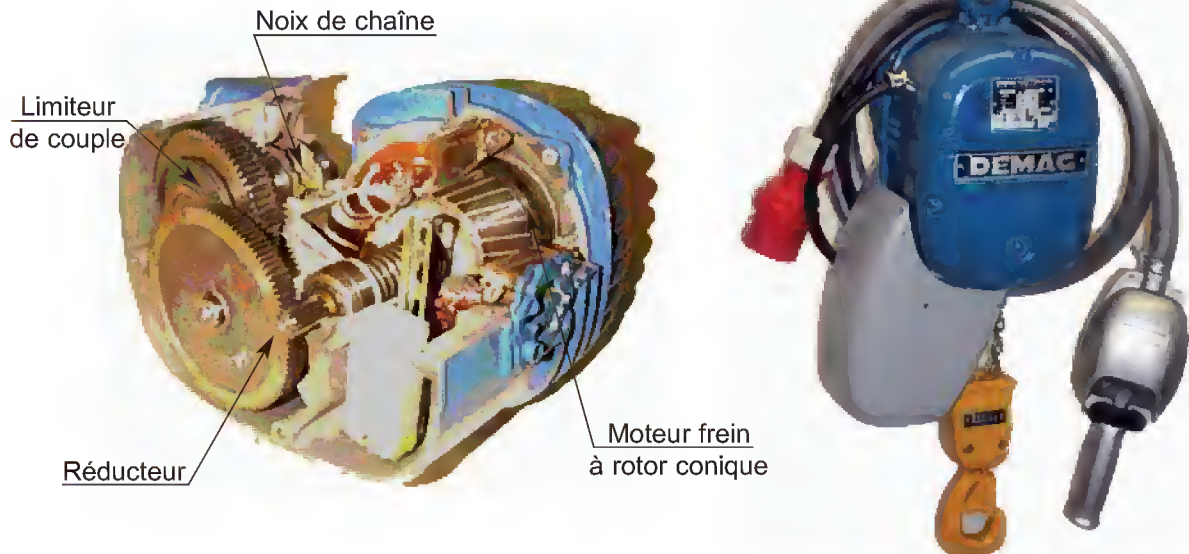
L'entrée et la sortie tournent en sens inverses.

Consolidation des connaissances

PALAN ELECTRIQUE A CHAÎNE

1- Mise en situation :

Le système étudié est un palan électrique à chaîne de type PK, il est conçu par la division manutention de la société MANNESMANN DEMAG pour soulever des faibles charges (force de levage 125kg)



1-1 Constitution :

Le palan électrique à chaîne objet de cette étude est composé d' :

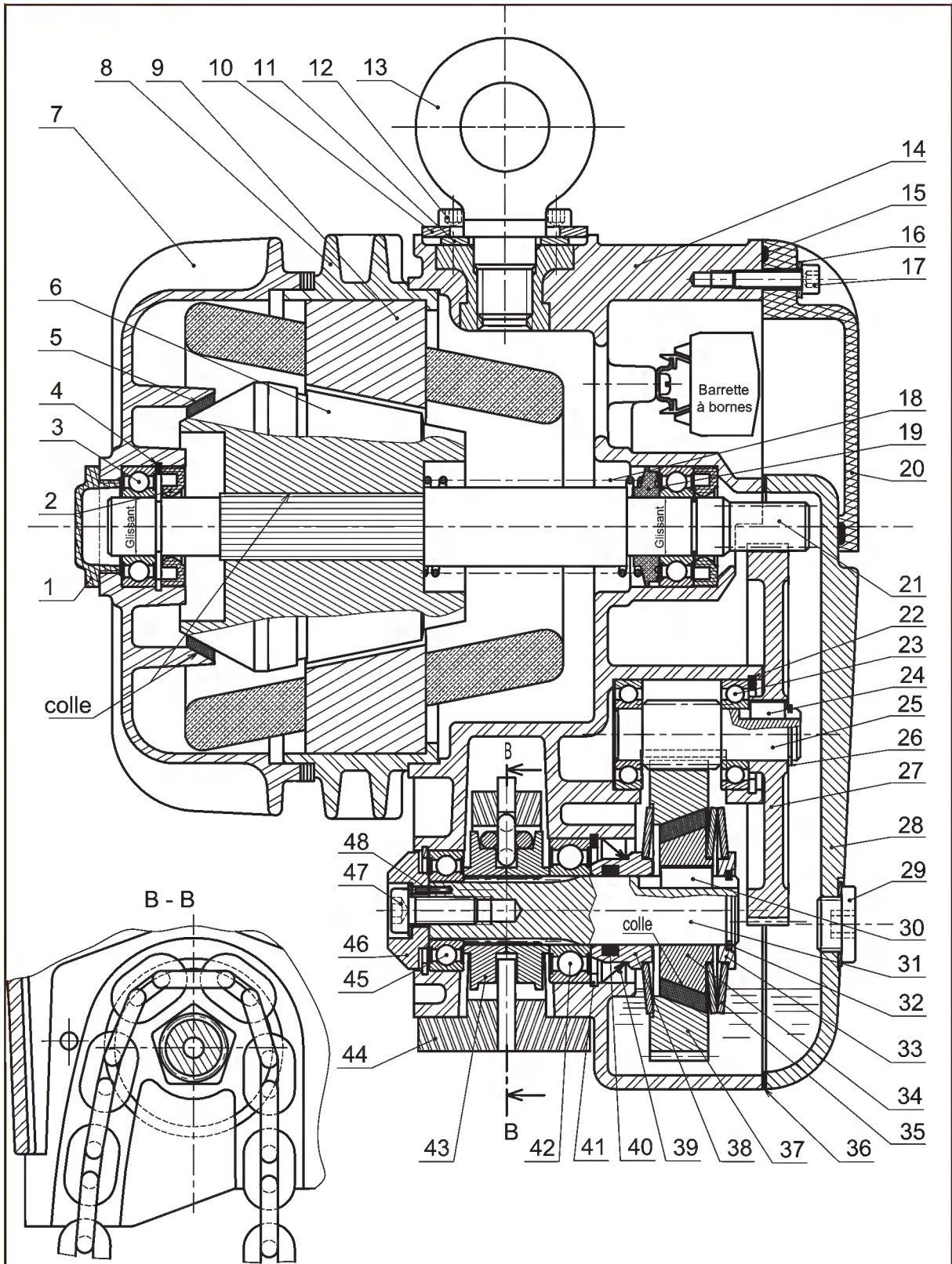
- un moteur frein (puissance: $P_m = 300 \text{ W}$ à 1775trs/mn) à rotor coulissant et frein incorporé. Le frein, débrayé par la mise sous tension du moteur à rotor conique, fonctionne à sec.
- un réducteur à engrenages composé de deux couples de roues cylindriques à dents droites (21, 27) et (25,37).
- un limiteur de couple à friction évite toute surcharge et remplace efficacement les interrupteurs de fin de course électriques pour les positions extrêmes du crochet.
- une chaîne calibrée à maillons d'acier à haute résistance.

1-2 Fonctionnement :

L'alimentation du moteur en courant électrique provoque la translation vers la droite du rotor coulissant (6) avec l'arbre moteur (21) (le rotor coulissant (6) est collé sur l'arbre moteur (21) et les bagues intérieures des roulements (3) sont glissantes). Ce déplacement permet à l'ensemble d'être en position de travail.

Les deux couples d'engrenages (21,27) et (25,37) assurent la transmission du mouvement de rotation de l'arbre moteur à la noix (43) qui entraîne la chaîne à l'extrémité de laquelle est attachée la charge à soulever.

La coupure du courant électrique provoque l'arrêt et le freinage du moteur par déplacement du rotor coulissant (6) et l'arbre moteur (21) vers la gauche.



Echelle 1:2

PALAN ELECTRIQUE A CHAINE

48	1	Goupille diamètre 4,8		
47	1	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
46	1	Anneau de réglage	E 295	
45	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
44	1	Guide chaîne		
43	2	Demi-noix à empreintes	C 35	
42	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
41	1	Anneau élastique pour alésage 42x1,75		
40	1	Joint torique 20x3		
39	1	Joint à lèvres, type A, 30x42x7		
38	1	Anneau-guide	E 295	
37	1	Roue dentée		m=1,5mm
36	1	Joint de carter		
35	3	Rondelle ressort 31x63x2,5		
34	1	Disque d'accouplement		
33	1	Anneau-guide	E 295	
32	1	Anneaux élastique pour arbre 20x1,2	C 80	
31	1	Arbre de sortie		
30	1	Clavette parallèle, forme B,6x6x10		
29	1	Bouchon M16x1,5		
28	1	Couvercle de carter	EN-AW-1050	
27	1	Roue dentée		m=1mm
26	1	Anneaux élastique pour arbre 15x1		
25	1	Pignon arbré		m=1,5mm
24	1	Clavette parallèle, forme B,5x5x10		
23	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
22	1	Anneau élastique pour alésage 32x1,2	C 80	
21	1	Arbre moteur		m=1mm
20	1	Couvercle de boîte à bornes	PEbd	
19	1	Bague de butée		
18	1	Ressort de rappel		
17	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
16	3	Rondelle		
15	1	Joint torique		
14	1	Carter principal	EN-AW-1050	
13	1	Oreillet de suspension	C 35	
12	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
11	1	Rondelle ressort 20,4x40x2,25		
10	1	Plaquette d'arrêt	E 295	
9	1	Stator		
8	1	Carter	EN-AW-1050	
7	1	Capot porte-palier coté frein		
6	1	Rotor coulissant		
5	1	Garniture de frein collée		
4	1	Anneaux élastique pour alésage 35x1,5	C 80	
3	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
2	2	Joint à lèvres, type A, 17x35x7		
1	1	Bouchon fileté	PEbd	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation

PALAN ELECTRIQUE A CHAINE

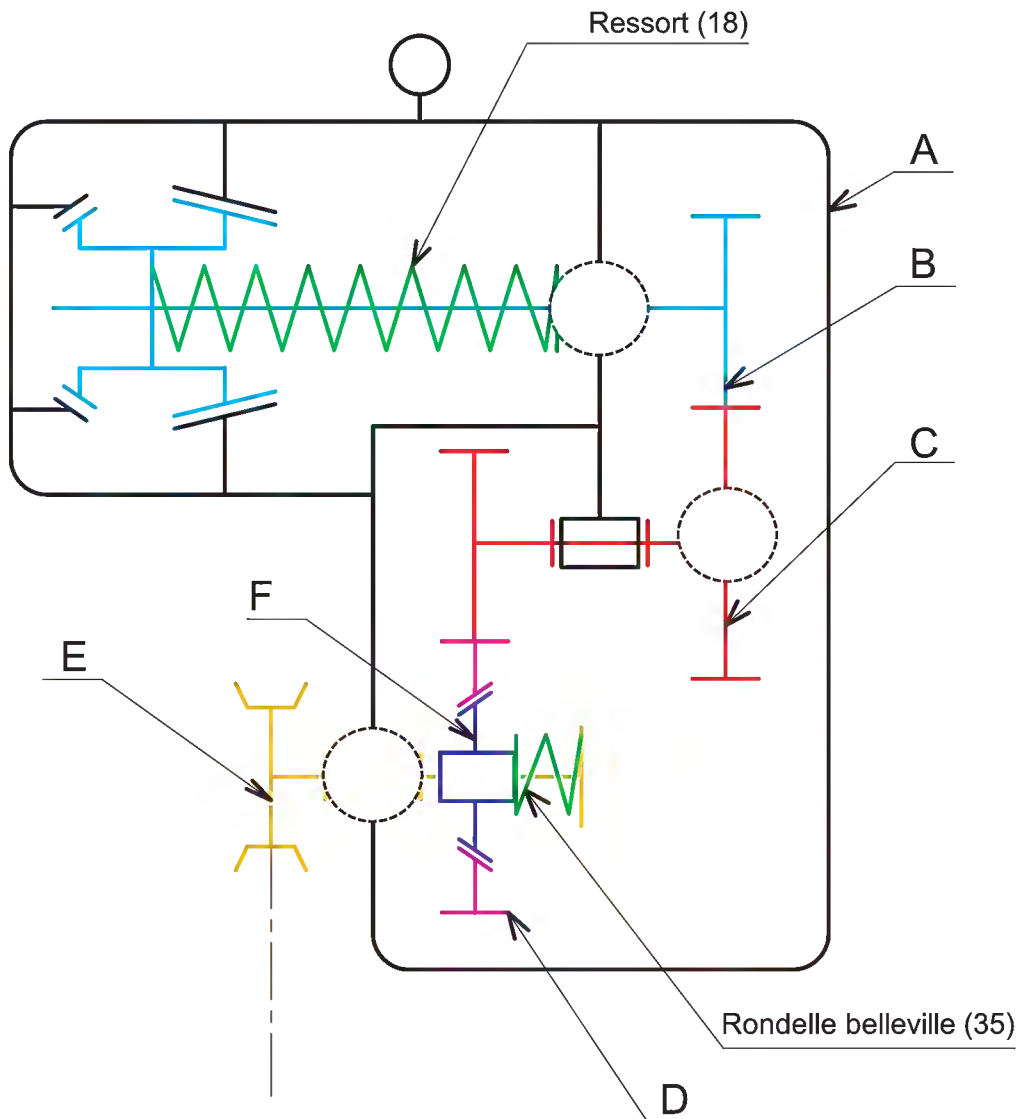
2- Travail demandé :

2-1 Schéma cinématique du palan

a- A partir du dessin d'ensemble, compléter par les repères des pièces, les groupes des classes d'équivalence suivantes :

- A = { 14,
- B = { 21,
- C = { 27,
- D = { 37,
- E = { 31,
- F = { 34,

b- Compléter le schéma cinématique minimal suivant du palan électrique à chaîne.



b- Calculer la vitesse de rotation de la noix (43) en tr/min :

.....
.....
.....

c- Calculer la vitesse de la montée de la charge en m/s :

.....
.....
.....

d- Calculer la valeur de la charge maximale soulevée en N sachant que le rendement du palan $\eta = 0,75$:

.....
.....
.....

2-3 Etude du mécanisme formé par les sous ensemble (E, F et les rondelles belleville (35)).

a- Expliquer le comportement de ce mécanisme en cas où la charge soulevée dépasse les possibilités du palan :

.....
.....
.....

b- Expliquer comment s'effectue le réglage de la valeur du couple transmissible :

.....
.....
.....

Corrigé

2-1 Schéma cinématique du palan

a- A partir du dessin d'ensemble, compléter par les repères des pièces, les groupes des classes d'équivalence suivantes.

A = { 14, 1, 2, BE3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 5, 15, 16, 17, 20, 22, 28, 29, 36, BE23, BE42, BE45, 4, 41 }

B = { 21, 6 }

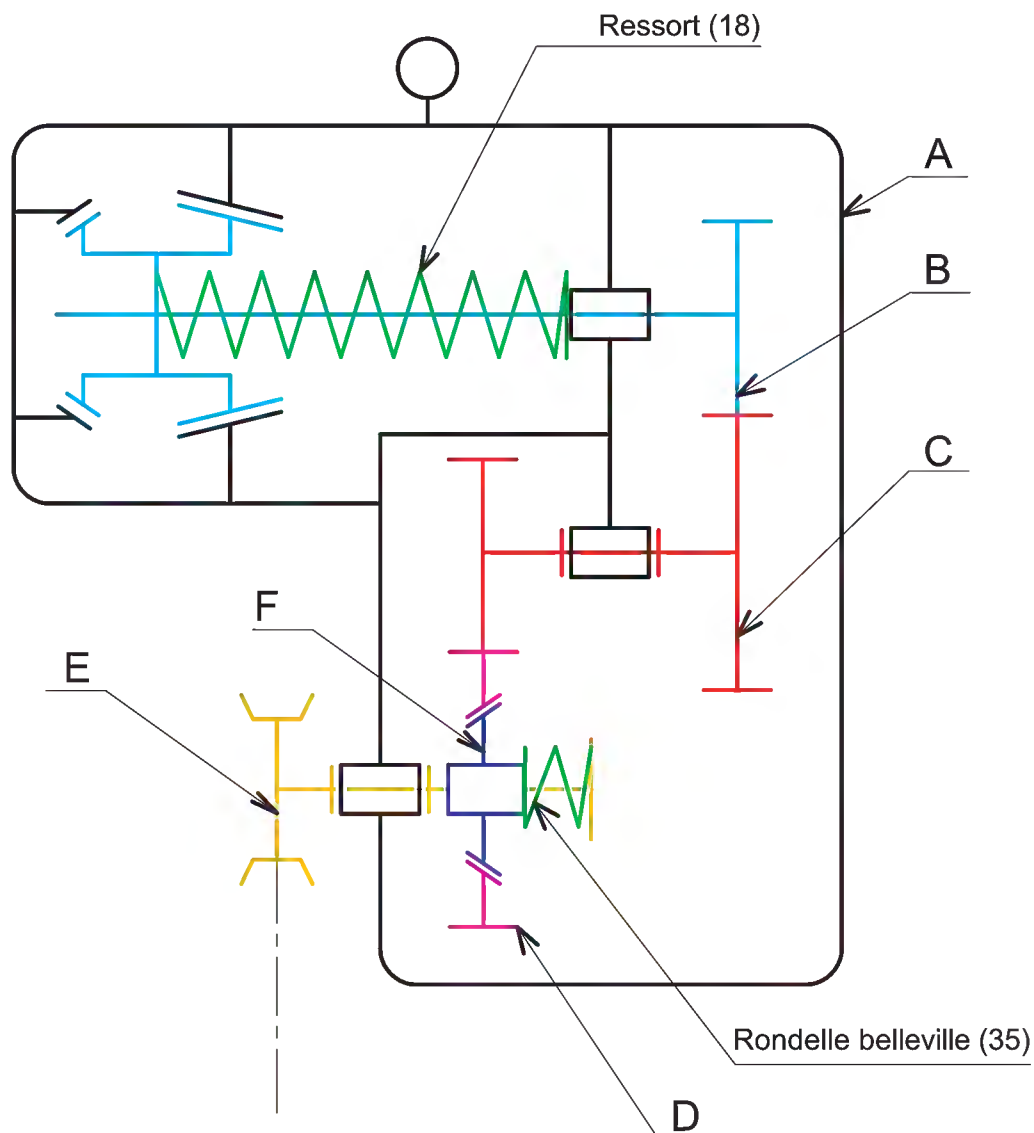
C = { 27, 26, 25, 24, BI23 }

D = { 37 }

E = { 31, 30, 32, 33, 38, 40, 43, 46, 47, 48, BI42, BI45 }

F = { 34, garniture }

b- Compléter le schéma cinématique minimal suivant du palan électrique à chaîne.



2-2 Etude cinématique

Puissance du moteur est $P_m = 300W$

La vitesse de rotation de l'arbre moteur (21) est $N_{21} = 1775$ trs/min.

Le diamètre moyen d'enroulement de la chaîne sur la noix (43) est $d_{43} = 50mm$.

a- Compléter le tableau des caractéristiques des roues dentées du réducteur :

Pignon/Roue	Nombre de dents Z	Module m en mm	Diamètre primitif en mm	Entraxe (a) en mm
Pignon arbré (21)	14	1	14	62
Roue (27)	110	1	110	
Pignon arbré (25)	22	1,5	33	69
Roue (37)	70	1,5	105	

Calcul :

* Condition d'engrènement: $m_{21} = m_{27} = 1mm = m_1$
 $m_{25} = m_{37} = 1,5mm = m_2$

Calcul de d_{21} :

* $d_{21} = m_1 \cdot Z_{21} = 14mm$

Calcul de Z_{27} :

* $d_{27} = m_1 \cdot Z_{27} = 110mm$ d'ou $Z_{27} = 110$ dents

Calcul de L'entraxe $a_{(21,27)}$:

* L'entraxe $a_{(21,27)} = (d_{21} + d_{27})/2 = 62mm$.

Calcul de d_{37} :

* $d_{37} = m_2 \cdot Z_{37} = 70 \times 1,5 = 105mm$

Calcul de d_{25} :

* L'entraxe $a_{(25,37)} = \frac{(d_{25} + d_{37})}{2}$ d'où $d_{25} = 2a_{(25,37)} - d_{37} = 33mm$

Calcul de Z_{25} :

* $d_{25} = m_2 \cdot Z_{25} \Rightarrow Z_{25} = d_{25}/m_2 = 33/1,5 = 22$ dents

b- Calculer la vitesse de rotation de la noix (43) en tr/min:

$$r = \frac{N_{43}}{N_{21}} = \frac{Z_{21} \cdot Z_{25}}{Z_{27} \cdot Z_{37}} = \frac{14 \times 22}{110 \times 70} = 0,04$$

$$\Downarrow N_{43} = r \cdot N_{21} = 0,04 \times 1775 = 71 \text{ tr/min}$$

c- Calculer la vitesse de la montée de la charge en m/s :

$$V = \omega_{43} \cdot r_{43} \text{ avec } \omega_{43} = \frac{\pi N_{43}}{2}$$

$$\text{et } r_{43} = \frac{d_{43}}{2}$$

$$V = \frac{\pi N_{43} d_{43}}{60} = \frac{\pi \times 71 \times 0,05}{60} = 0,185 \text{ m/s}$$

d- Calculer la valeur de la charge maximale soulevée en N sachant que le rendement du palan $\eta = 0,75$:

$$\frac{P_{43}}{P_m} = \eta \Rightarrow P_{43} = P_m \cdot \eta = 300 \times 0,75 = 225 \text{ W}$$

$$P_{43} = F \cdot V \Rightarrow F = \frac{P_{43}}{V} = \frac{220}{0,185} = 1189 \text{ N}$$

2-3 Etude du mécanisme formé par les sous ensemble (E, F et les rondelles bellevilles (35)).

a- Expliquer le comportement de ce mécanisme en cas ou la charge soulevée dépasse les possibilités du palan :

En cas ou la charge soulevée dépasse les possibilités du palan se provoque glissement entre la roue (37) et la garniture collé sur le disque d'accouplement (34).

b- Expliquer comment s'effectue le réglage de la valeur du couple transmissible.

Le réglage de la valeur du couple transmissible s'effectue en agissant sur la vis (47) (les rondelles belleville).

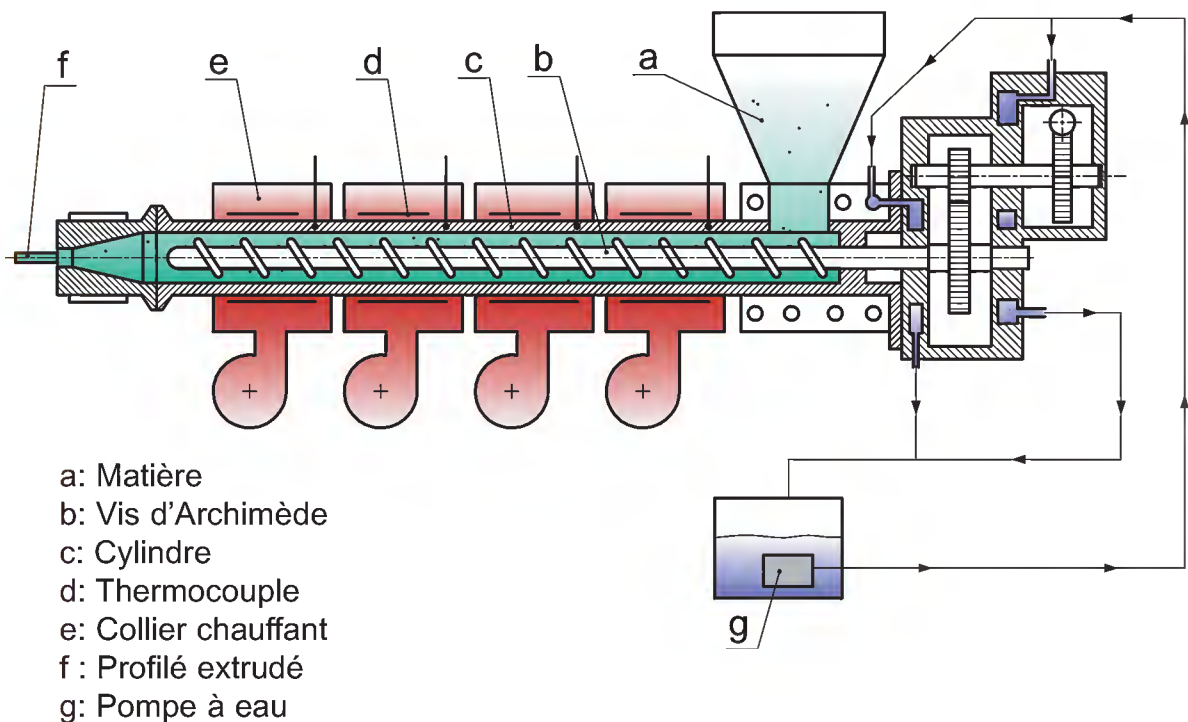
Evaluation

Système d'étude : Extrudeuse

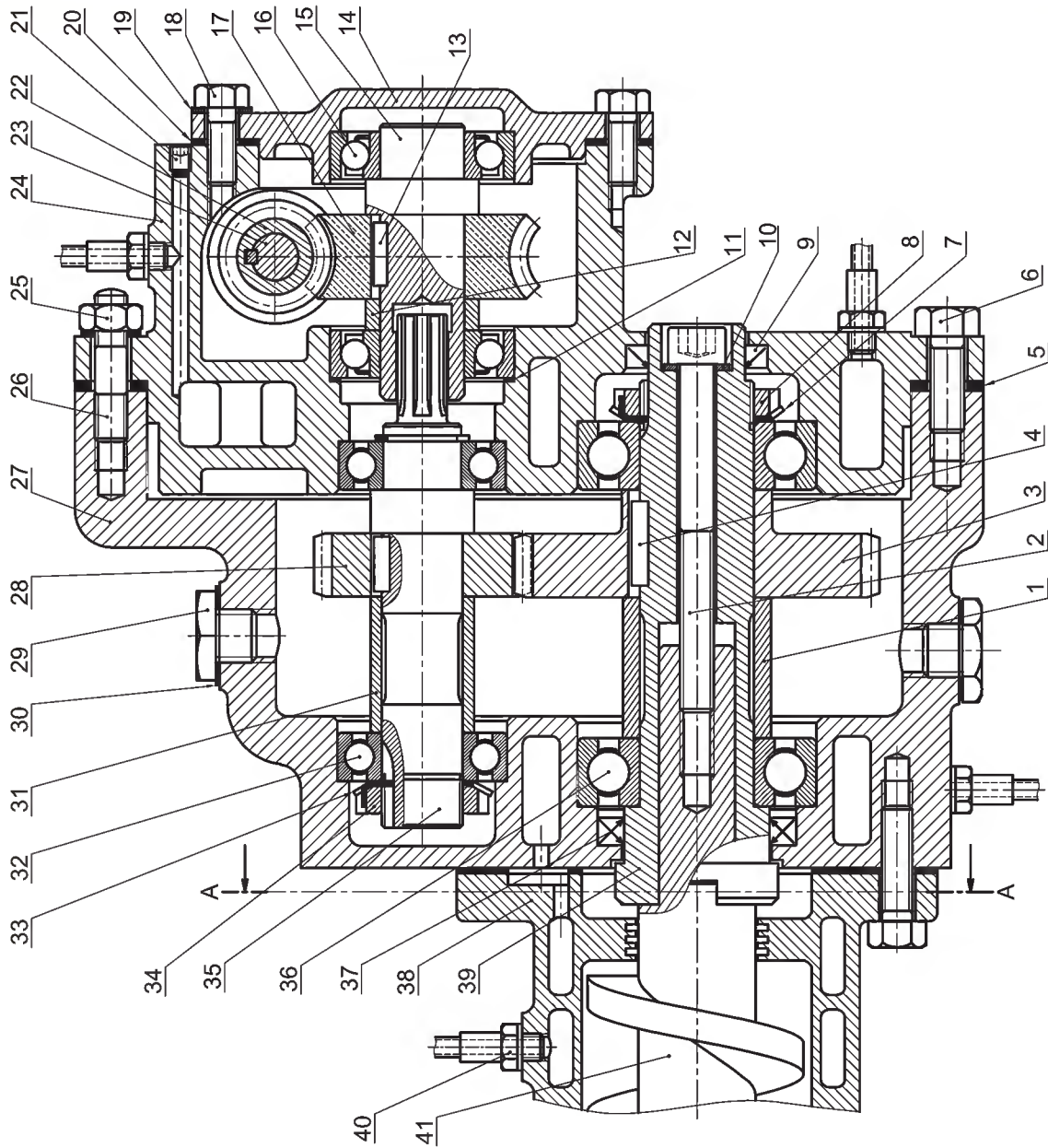
L'extrudeuse est une machine permettant la production en continu de produits (profilés de différentes formes, revêtements de fil...) par la transformation des matières plastiques.

La matière brute sous forme de poudre ou de granulés est introduite à l'extrémité d'une vis d'Archimède qui tourne dans un cylindre régulièrement chauffé.

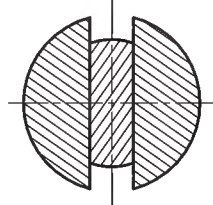
Dans la zone centrale de la vis, la température de la matière augmente jusqu'à ce qu'elle se transforme en masse fondue. Cette masse est alors brassée (mélangée et homogénéisée) puis entraînée par la rotation de la vis vers la tête d'extrusion dont le rôle est de laisser passer la matière plastifiée par une filière qui lui donne la forme de section voulue.



L'étude proposée concerne le mécanisme d'entraînement de la vis (Réducteur à engrenages)



A-A
40 et 42 seules



Echelle 1:2

EXTRUDEUSE

41	1	Vis d'archimède		
40	4	Raccord du circuit de refroidissement		
39	1	Arbre creux		
38	1	Boîtier		
37	1	Joint à lèvres, type AS		
36	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
35	1	Arbre intermédiaire	C 60	
34	1	Ecrou à encoches type KM		
33	1	Rondelle frein type MB		
32	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial		
31	1	Bague entretoise	E275	
30	2	Joint d'étanchéité		
29	2	Bouchon		
28	1	Pignon	C 60	
27	1	Carter principal	EN-GJL-200	
26	3	Goujon		
25	1	Ecrou hexagonal		
24	1	Carter	EN-GJL-200	
23	1	Arbre moteur		
22	1	Vis sans fin	C 60 E	
21	1	Vis sans tête à six pans creux à téton court ISO 4028		
20	1	Joint plat		
19	1	Rondelle joint		
18	4	Vis à tête hexagonale ISO 4014		
17	1	Roue dentée	Cu Sn 8 Pb P	
16	2	Roulement à une rangée de billes à contact oblique		
15	1	Arbre d'entrée	C 40	
14	1	Couvercle	E 295	
13	1	Clavette parallèle forme A		
12	4	Bague entretoise	E 295	
11	1	Cale	E 295	
10	1	Rondelle plate		
9	1	Joint à lèvre, type A,		
8	1	Ecrou à encoches type KM		
7	1	Rondelle frein type MB		
6	3	Vis à tête hexagonale ISO 4014		
5	1	Joint de carter		
4	1	Clavette parallèle forme A		
3	1	Roue dentée	C 60	
2	1	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
1	1	Bague entretoise	E 295	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Obs
EXTRUDEUSE				

Travail demandé :

1- Schéma cinématique :

a- En se référant au dessin d'ensemble de l'extrudeuse, compléter les classes d'équivalences :

A = {5;6;9;14;BE16;18;19;20;21;24;25;26;
27;29;30;BE32;37;40}

B = {39;.....}

C = {35;.....}

D = {15;.....}

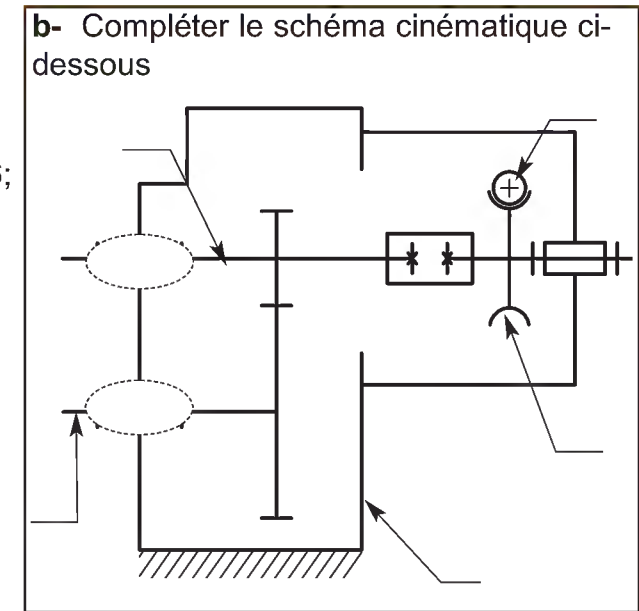
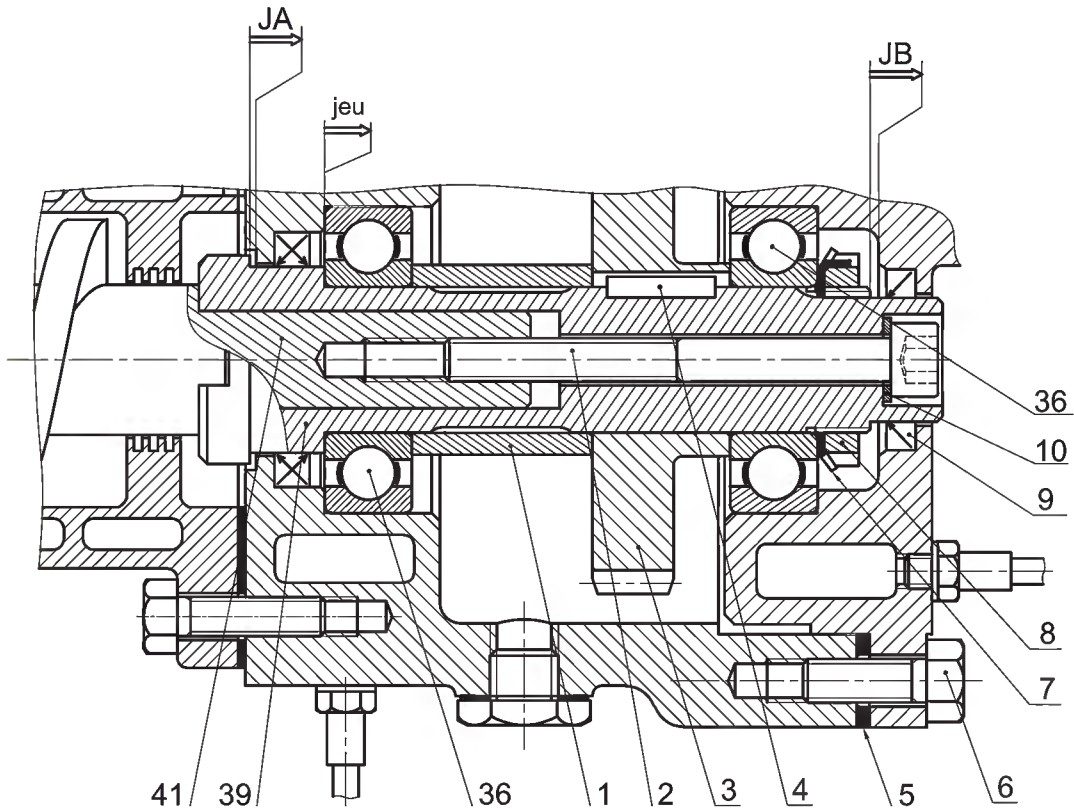
E = {23;.....}

c- Comment est assurée la liaison de l'arbre d'entrée (15) avec l'arbre intermédiaire (35) du réducteur :

.....
.....

2- Cotation fonctionnelle :

a-Tracer les chaînes de cotes installant les conditions JA et JB :



b- les chaines sont-elles unilimtes ? justifier :

.....

3- Etude du réducteur de vitesses.

Le réducteur est constitué par deux étages d'engrenages :

- 1^{er} étage : roue et vis sans fin ;
- 2^{ème} étage : deux roues à dentures droites.

a- Etude du 2^{ème} étage :

Compléter le tableau ci-dessous des caractéristiques des éléments de cet engrenage:

Roue	m	Z	d	da	df	ha	hf	h	a
28	2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	82
3	.....	.....	104	.....	.....	.....	.....	.....

b- Etude du 1^{er} étage:

– La vis sans fin est en prise directe avec l'arbre moteur qui tourne à une vitesse $N_m = 2000$ tr/min.

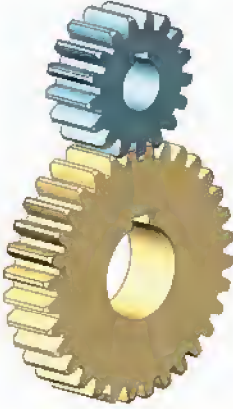
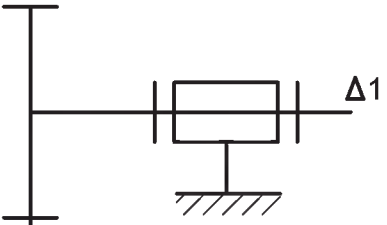

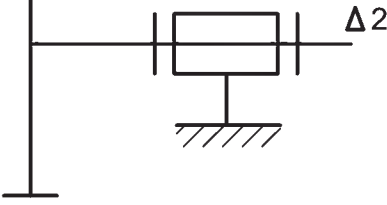
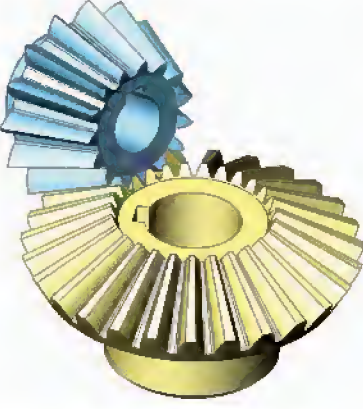
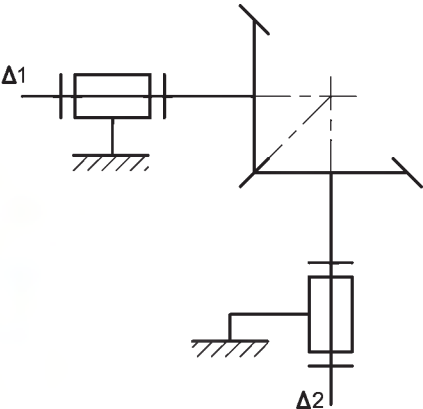
Quel est le rapport du 1^{er} étage pour que la vis d'Archimède tourne à une vitesse $N_{41} = 115$ tr/min.

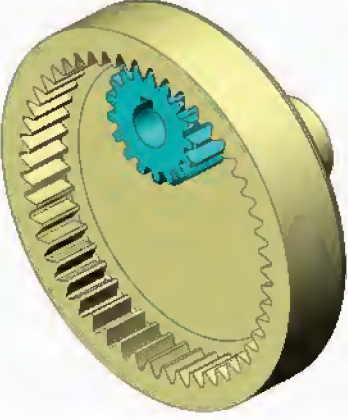
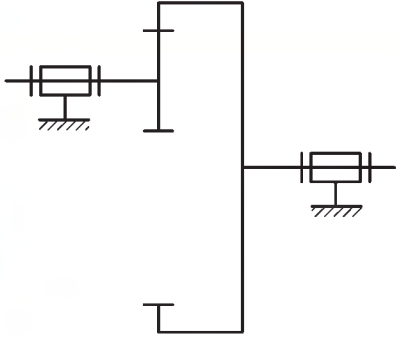
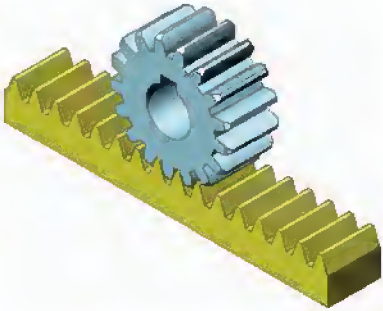
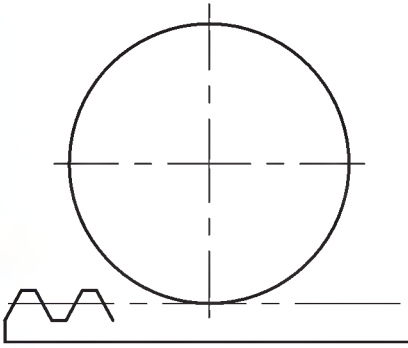
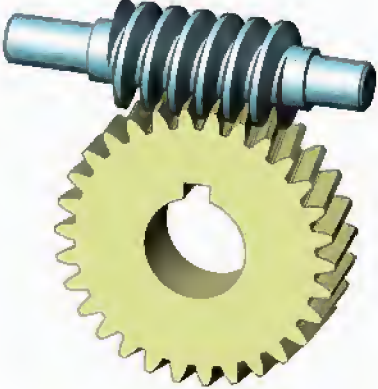
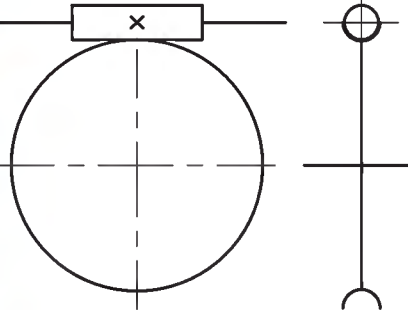
.....

– La vis sans fin est à 2 filets. Rechercher le nombre de dents de la roue (17).

.....

Synthèse

Types d'engrenages	Schéma cinématique	Caractéristiques
<p>Engrenages cylindriques à denture droite</p> 		<ul style="list-style-type: none"> * Les plus courants. * Les plus économiques. * Petite roue : pignon * Pas d'effort axial.
<p>Engrenages cylindriques à denture hélicoïdale</p> 		<ul style="list-style-type: none"> * Contact progressif donc moins de bruit. * Présence d'un effort axial.
<p>Engrenages coniques</p> 		<ul style="list-style-type: none"> * Nécessite un réglage (coïncidence des sommets des cônes primitifs). * Axes non parallèles * Denture droit, hélicoïdale ou hypoïde.

Types d'engrenages	Schéma cinématique	Caractéristiques
<p>Engrenages cylindriques à contact intérieur</p> 		<p>* Les deux roues ont même sens de rotation.</p>
<p>Pignon-crémaillère</p> 		<p>* Transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation et réciproquement.</p>
<p>Roue et vis sans fin</p> 		<p>* Grand rapport de réduction * Vis : Z=nombre de filets * Irréversibilité possible * Axes perpendiculaires.</p>

Savoir plus

1 - Compensation de l'effort axial dans les réducteurs à engrenages hélicoïdaux :

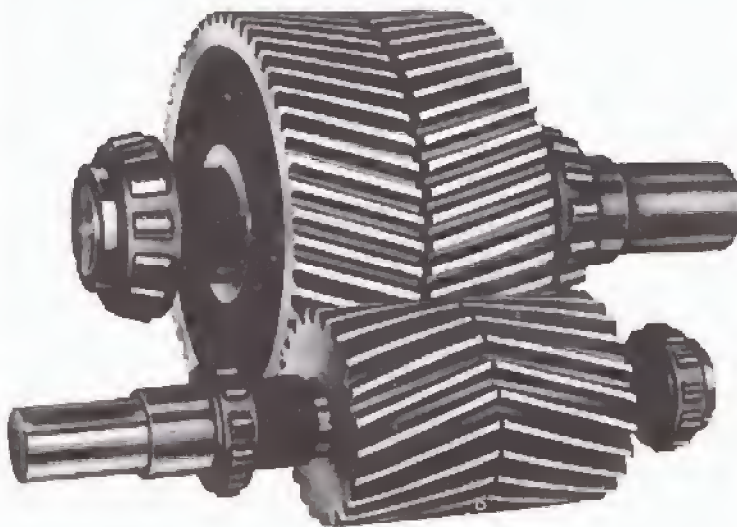
1-1 Roues à chevrons :

Deux dentures hélicoïdales sont taillées en sens inverses sur la même roue. Ces roues ont donné le sigle des usines Citroën, de la société des engrenages Citroën exploitant un brevet polonais sur la taille des engrenages à chevrons en 1913.



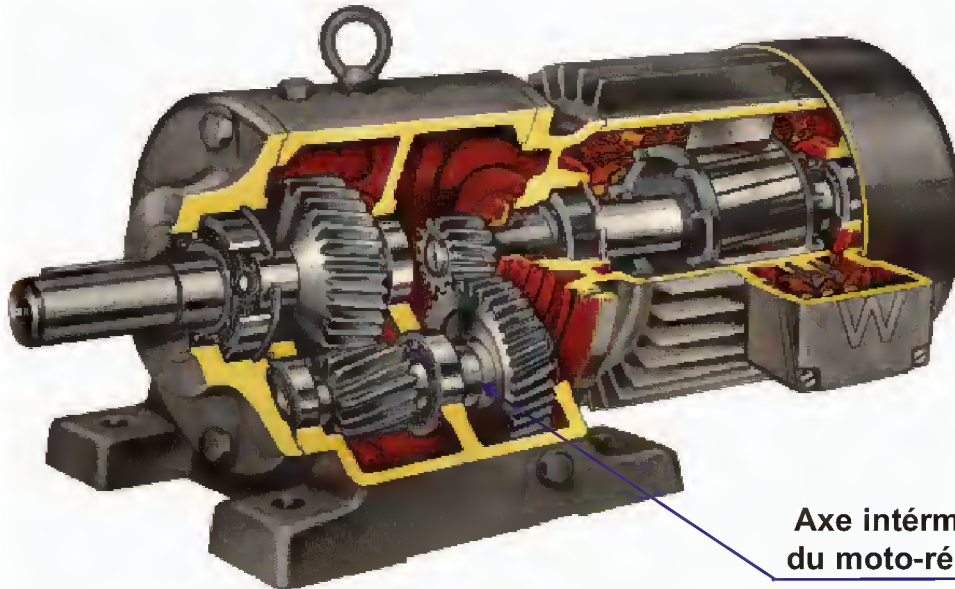
1-2- Roues à dentures inversées accolées :

Les roues sont fixées entre-elles, un positionnement angulaire précis entre les deux roues accolées doit être réalisé.



1-3 Inclinaison des dentures sur les arbres intermédiaires des réducteurs :

Les dentures sur les arbres intermédiaires doivent être inclinées dans le même sens pour que les efforts axiaux se compensent (dirigés en sens inverses). Le moto-réducteur ci-contre en montre une application.

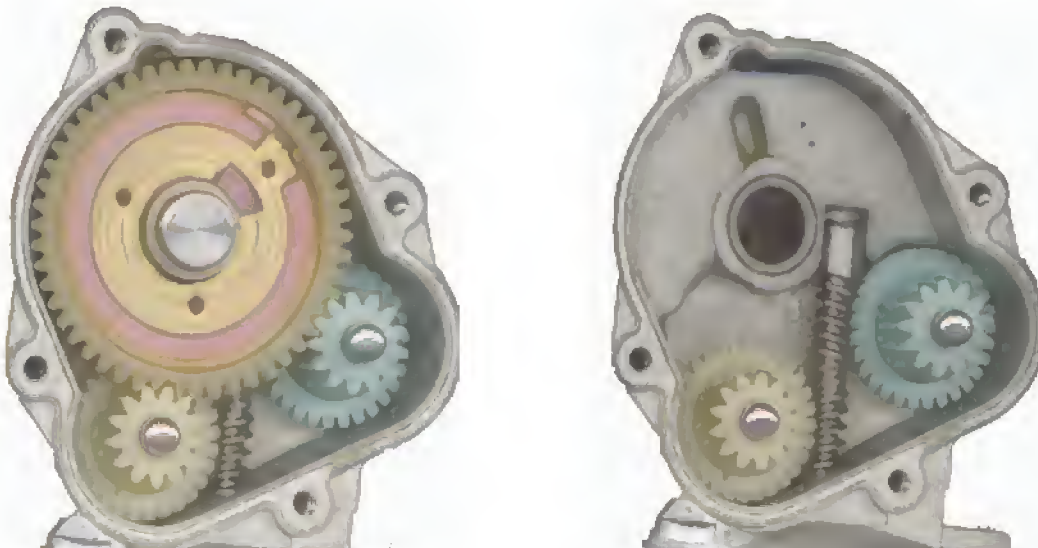


**Axe intermédiaire
du moto-réducteur**

2 - Suppression de l'effort axial sur la vis :

L'exemple de ce moto-réducteur d'essuie-glace permet de constater que le fabricant a choisi d'opter pour une vis à deux filets inverses, engrenant avec deux roues à dentures hélicoïdales placées de chaque côté de l'axe de la vis.

Cette solution permet d'annuler l'effort axial supporté par le guidage de la vis sans fin, celle-ci supportant deux efforts axiaux directement opposés, et accessoirement d'avoir deux dentures en prise pour augmenter le couple transmissible.

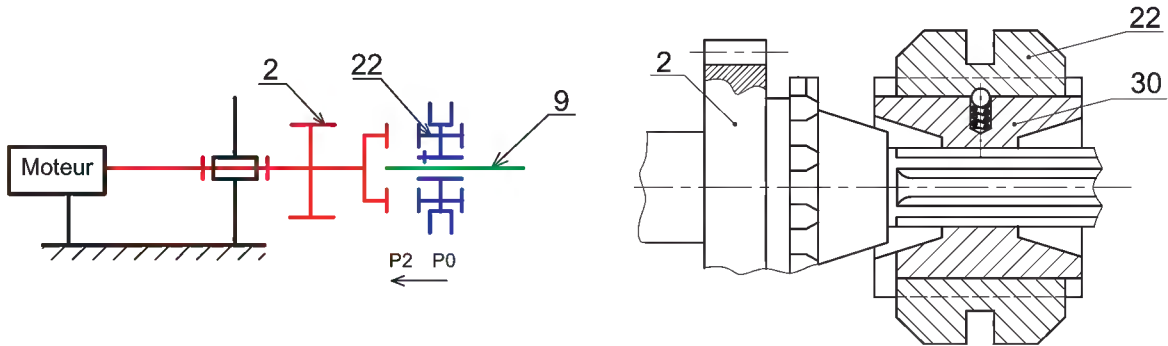


2- Les synchroniseurs

2-1 Fonction :

Egaliser la vitesse de deux arbres avant d'établir « en marche » leur liaison par griffes (crabotage).

Exemple : Synchronisation d'une boîte de vitesses à baladeur à griffes (crabot) d'un véhicule.

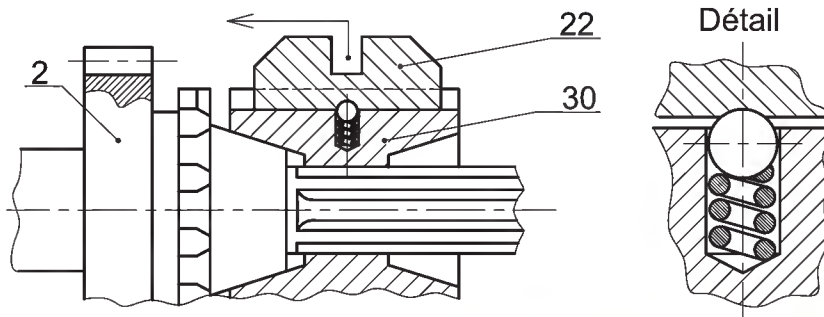


2-2 Etapes de fonctionnement

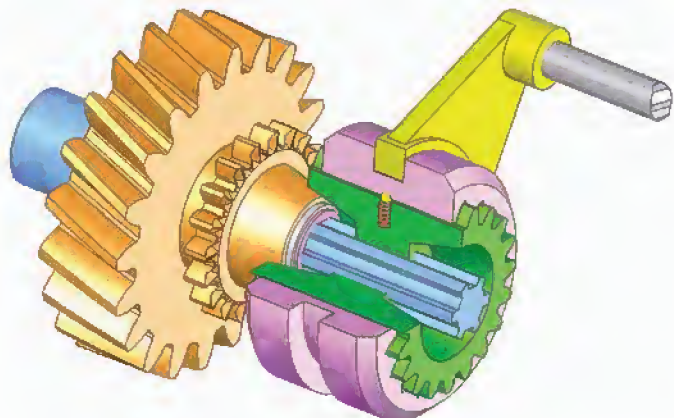
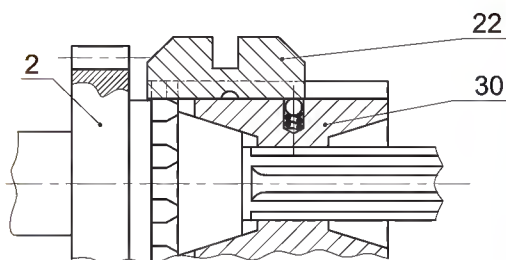
Etape initiale : Le baladeur (22) est au point mort (P0).

Le cabotage s'effectue en deux temps :

1^{er} temps : (22) se déplace vers (2). (22) entraîne (30) par l'intermédiaire de la bille. Les surfaces coniques entrent en contact. Il y a entraînement par adhérence : (2), (30) et (9) tournent à la même vitesse.



2^{ème} temps : (22) poursuit sa translation vers (2). La bille s'enfonce : Le crabotage s'effectue.



Développement de connaissances

1- Mise en situation :

L'étude porte sur la perceuse sensitive.

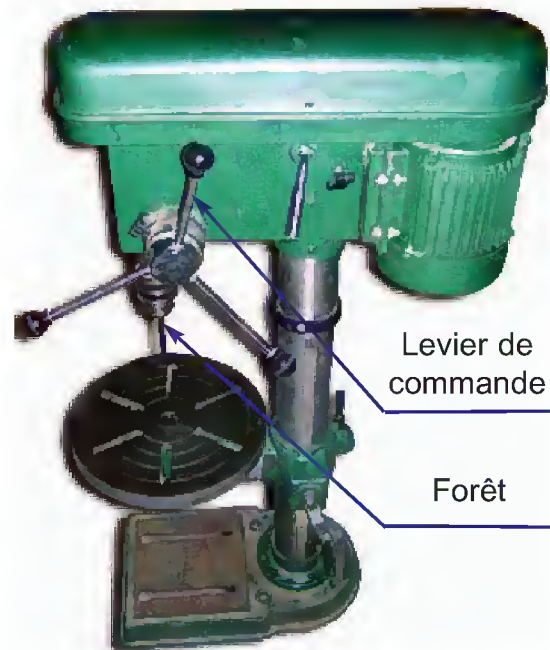
La rotation du levier de commande provoque la translation du fourreau nécessaire pour la descente du foret.

Dans notre cas :

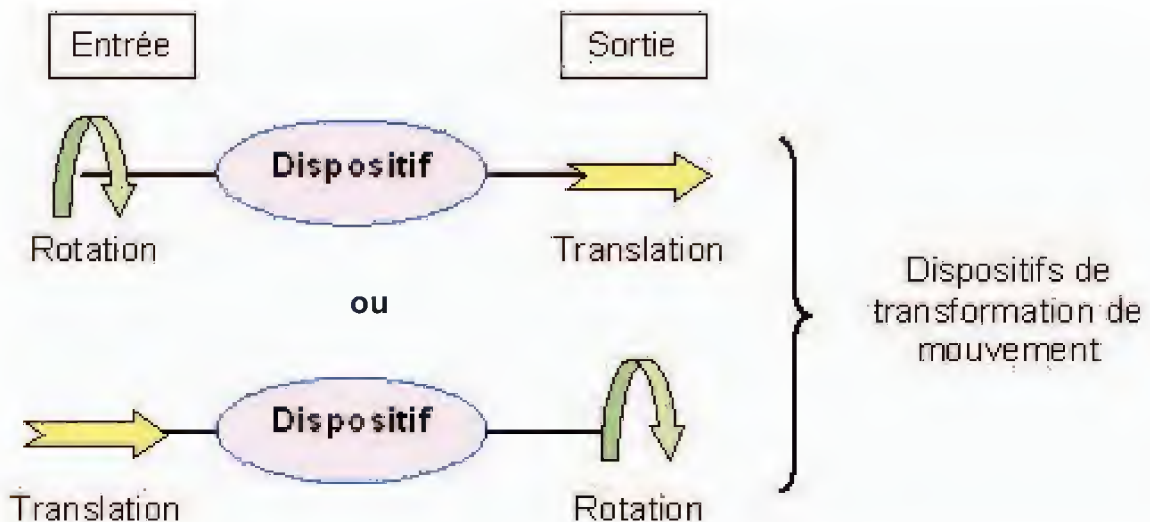
- le mouvement d'entrée est une rotation ;
- le mouvement de sortie est une translation.

Un dispositif a été employé pour but de transformer la nature du mouvement d'entrée afin de l'adapter à la sortie.

Vu que le mouvement de sortie est de nature différente du mouvement d'entrée, on dit que la transmission de puissance est réalisée avec transformation de mouvement.

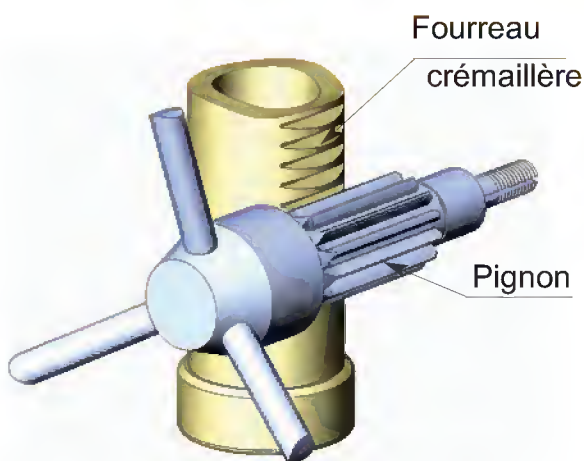


Dans le cas général, on dit qu'il y a transformation de mouvement, si une rotation se transforme en une translation ou inversement.



Pour la perceuse, le dispositif de transformation de mouvement employé est formé par un pignon et une crémaillère.

Selon le cas, d'autres dispositifs ayant des solutions technologiques diverses peuvent être utilisés pour réaliser la transformation de mouvement.



2- Dispositifs de transformation de mouvement :

A- SYSTÈME PIGNON-CRÉMAILLÈRE :

Système d'étude : Perceuse sensitive

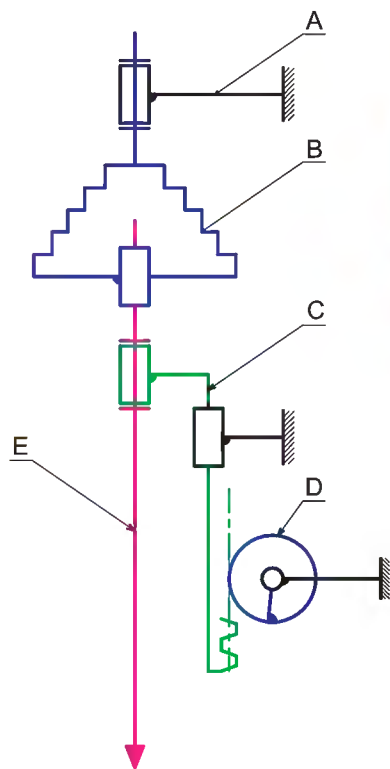
Le dessin d'ensemble de la page 239 représente le mécanisme de commande de déplacement de la broche d'une perceuse sensitive.

Identification des organes de transformation de mouvement.

Pignon : repère 13

Crémaillère : repère 4

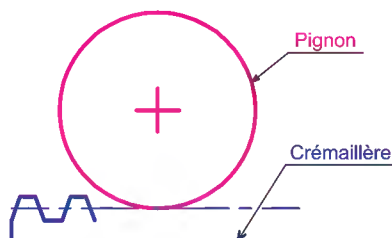
a- Schéma cinématique :

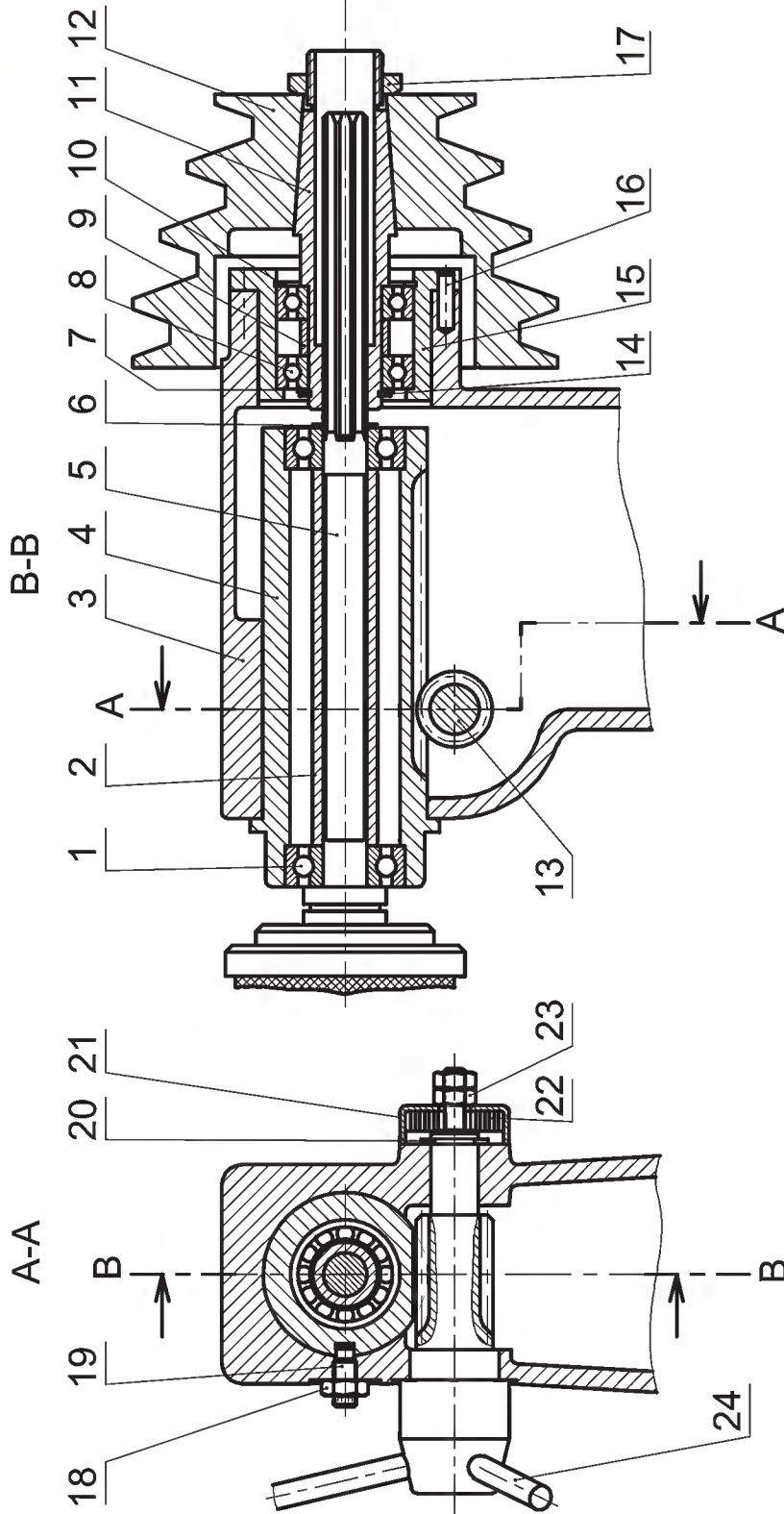


b- Mouvements possibles :

	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie	Organe menant
Pignon	Rotation		x
Crémaillère		Translation	

Remarque : On constate pour ce système la possibilité de réversibilité : la translation du fourreau peut entraîner la rotation de pignon.





Echelle 1:2

PERCEUSE SENSITIVE

12	1	Poulie étagée	24	3	Bras de commande
11	1	Moyeu cannelé	23	2	Ecrou
10	1	Anneau élastique	22	1	Ressort spiral
9	1	Bague entretoise	21	1	Couvercle
8	2	Roulement	20	1	Anneau élastique
7	1	Rondelle	19	1	Vis de guidage
6	1	Anneau élastique	18	1	Ecrou
5	1	Broche	17	1	Ecrou
4	1	Fourreau	16	1	Goupille
3	1	Corps	15	1	Boîtier
2	1	Bague entretoise	14	1	Anneau élastique
1	2	Roulement	13	1	Pignon
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation
PERCEUSE SENSITIVE					

c- Déplacement effectué :

Soient : d : diamètre primitif du pignon

α : angle de rotation effectué par le pignon

Déplacement effectué par la crémaillère :

1 tour ($\alpha = 360^\circ$) \Rightarrow course $C = \pi \cdot d$

Aussi le déplacement peut être exprimé comme suit :

$$C = \alpha \cdot d/2 \quad (\alpha \text{ en radian})$$

Application :

Déterminons le nombre de tour(s) effectué(s) par le bras de commande d'une perceuse pour effectuer un déplacement de l'outil de 160 mm.

On donne : module de la denture $m = 2$ mm

Nombre de dents du pignon $Z = 15$ dents.

1 tour \Rightarrow déplacement de $\pi \cdot d$

N' tours \Rightarrow déplacement $C = 160$ mm

Nombre de tours effectués $N' = (C \times 1) / (\pi \cdot d) = (C \times 1) / (\pi \cdot m \cdot Z)$

$$N' = 160 / (\pi \times 2 \times 15) = 1,69 \text{ trs}$$

CONCLUSION :

Le système pignon crémaillère permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation et inversement.

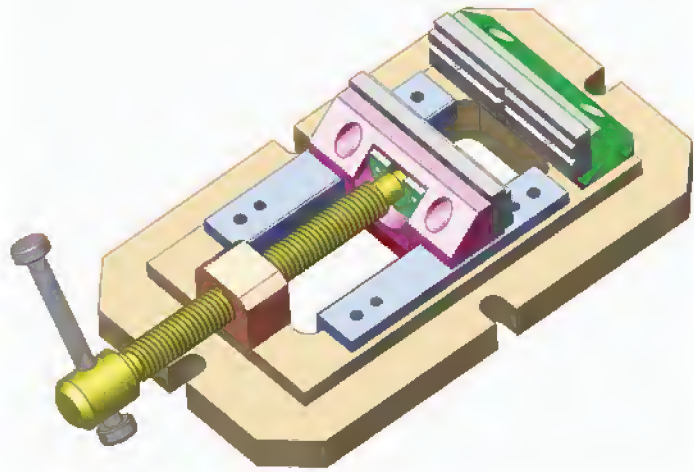
Le système est réversible.

B- SYSTÈME VIS ÉCROU :

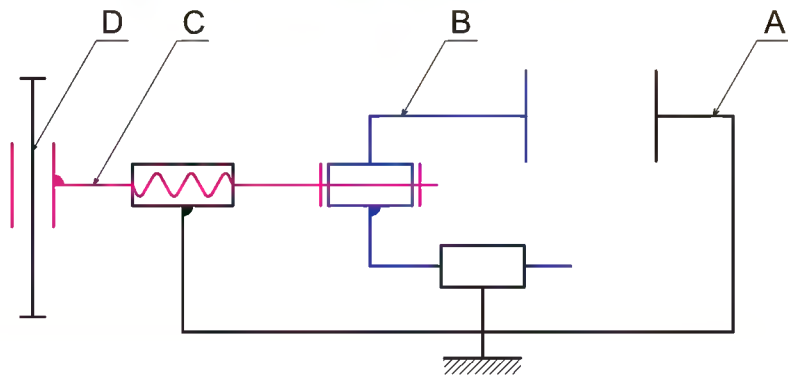
Exemple 1 : Etau de perceuse

Les dessins d'ensemble en 3D ci-contre et en 2D de la page 238 représentent un étau de perceuse permettant de fixer une pièce en vue de réaliser une opération de perçage.

La rotation de la vis de manœuvre (2) assurée par le bras (1) provoque la translation du mors mobile (5) pour obtenir le serrage ou le desserrage de la pièce à usiner.



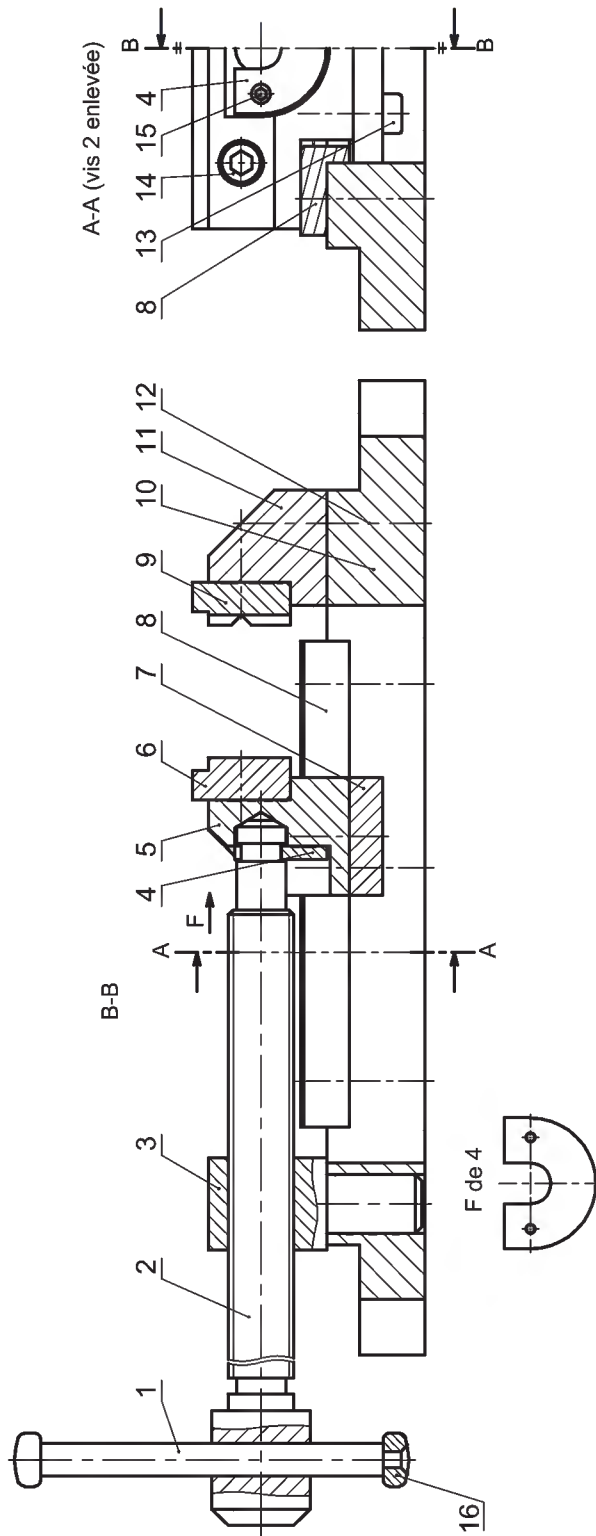
a- Schéma cinématique :



b- Mouvements possibles :

	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie	Organe menant
Vis	Rotation et translation	-	x
Mors mobile	-	Translation	-

8	2	Guide	16	2	Embout
7	1	contre glissière	15	2	Vis
6	1	Mordache	14	2	Vis
5	1	Mors mobile	13	2	Vis
4	1	Plaquette	12	2	Vis
3	1	Ecrou	11	1	Mors fixe
2	1	Vis de manoeuvre	10	1	Corps
1	1	Bras de manoeuvre	9	1	Mordache
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation
ETAU DE PERCEUSE					



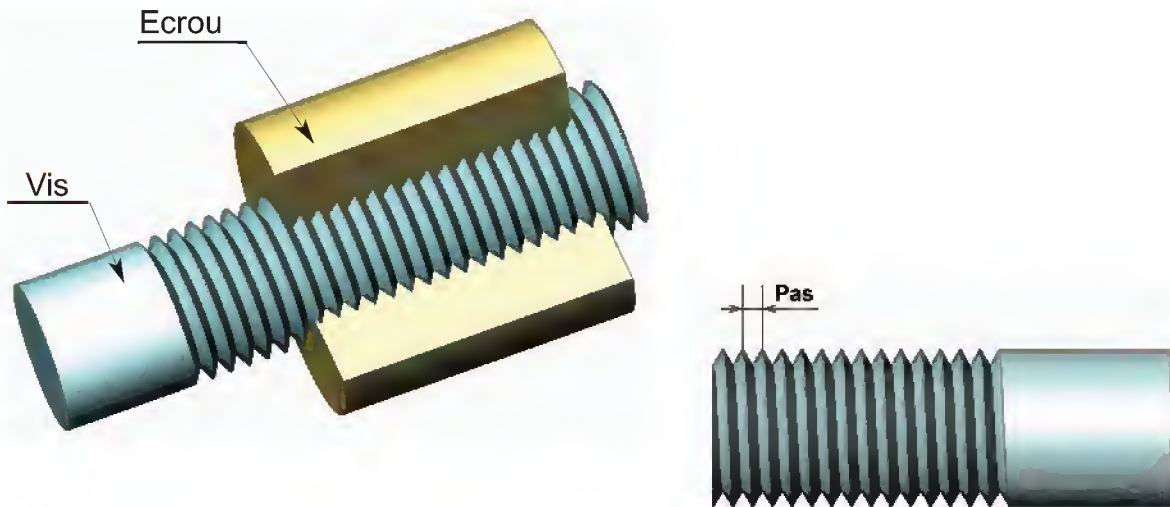
Echelle 1:1

ETAU DE PERCEUSE

c- Course effectuée :

Rappels :

Pas : Le pas est la distance qui sépare deux sommets consécutifs d'une même hélice.



Filet : Généralement, un filetage comporte un seul filet correspondant à la rainure hélicoïdale réalisée.

Réalisation de deux filets :

Réalisation d'une rainure hélicoïdale avec un grand pas	Réalisation d'une deuxième rainure hélicoïdale : la vis devient à deux filets

***Expression de la course :**

* Pour une vis à un seul filet :

P : Pas de l'hélice = Pas du filetage

* Pour une vis à plusieurs filets :

Pa : Pas apparent

n : nombre de filets

Le pas de l'hélice : $P = n \cdot Pa$

Un tour correspond à un déplacement de 1 pas de l'hélice.

N' étant le nombre de tours effectués

$$\text{Déplacement : } C = N' \cdot n \cdot P$$

***Expression de la vitesse de déplacement :**

N : vitesse de rotation en tr/min ;

P_a : pas apparent en mm

Vitesse de déplacement $V = N \cdot n \cdot P_a$ (en mm/min)

Application: détermination de la valeur du pas de la vis de manoeuvre de l'étau

- Dans une position quelconque, on relève à l'aide d'un pied à coulisse la distance L entre les mordaches du mors mobile et du mors fixe de l'étau.
- On effectue 20 tours avec le bras de manoeuvre dans le sens du desserrage.
- On utilise un pied à coulisse pour mesurer la nouvelle distance L' entre les deux mordaches.

Exemple de calcul :

On calcule la valeur du pas.

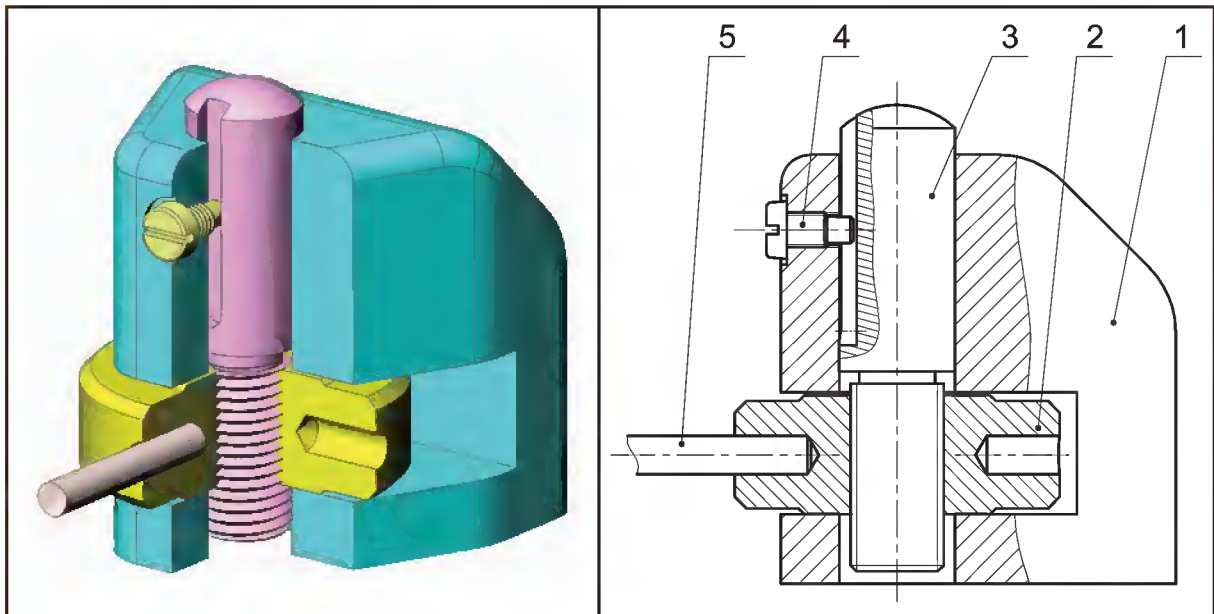
Le course effectuée est $C = L' - L = 70,4 - 10,4 = 60$ mm

La vis est à un seul filet : $n = 1$

$$C = N' \cdot n \cdot P_a \rightarrow \text{pas } P_a = C / (n \cdot N') = 60 / 20 = 3 \text{ mm}$$

Exemple 2 : Borne de calage

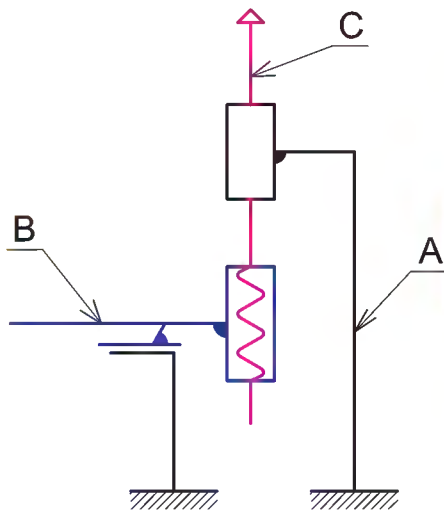
Les dessins d'ensemble (en 3D et en 2D) suivants représentent une borne de calage. La rotation de l'écrou (2) à l'aide du levier (5) provoque la translation de l'axe vis (3)



5	1	Levier		
4	1	Vis de guidage		
3	1	Axe vis		
2	1	Ecrou		
1	1	Corps		
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observations
BORNE DE CALAGE				

a- Schéma cinématique :

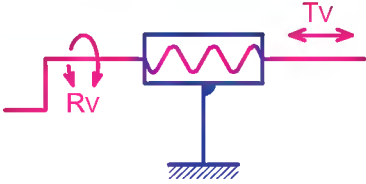

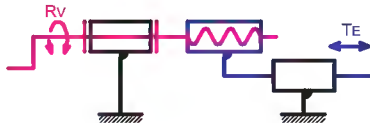
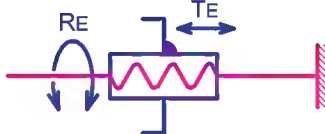
b- Mouvements possibles :



	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie	Organe menant
Vis		Translation	
Ecrou	Rotation		x

Remarque :

Les solutions technologiques utilisant la vis et l'écrou sont diverses. Les combinaisons des mouvements de rotation et de translation possibles entre les deux pièces peuvent se résumer selon le tableau suivant :

Vis		Ecrrou		Schéma cinématique possible
Rotation	Translation	Rotation	Translation	
1	1	0	0	
0	1	1	0	
1	0	0	1	
0	0	1	1	

Réversibilité :

Un système vis écrou est généralement irréversible : la rotation provoque la translation mais l'inverse n'est pas possible.

L'irréversibilité est un avantage pour la majorité des mécanismes pour qu'ils fonctionnent correctement comme les étaux, les presses à vis, ...

Dans certains cas la réversibilité est nécessaire comme pour l'exemple du tournevis automatique:



Tournevis automatique : la translation de l'écrou mène la rotation de la vis et inversement.

Condition de réversibilité :

Une étude faite sur les filetages carrés a montré que la réversibilité dépend de :

- α : angle d'inclinaison du filet par rapport à une section droite;
- φ : angle de frottement.

La réversibilité est possible si : $\varphi < \alpha < 90^\circ - \varphi$

CONCLUSION :

Le système vis écrou permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation.

Le système est généralement irréversible.

C- SYSTÈME BIELLE MANIVELLE :

Exemple : mini compresseur

Description :

Les dessins d'ensemble en 3D ci-dessus et en 2D de la page suivante représentent un mini compresseur. Il est utilisé généralement pour gonfler des objets de loisir (bateau, matelas pneumatiques, ballons, pneus de vélos, ...).

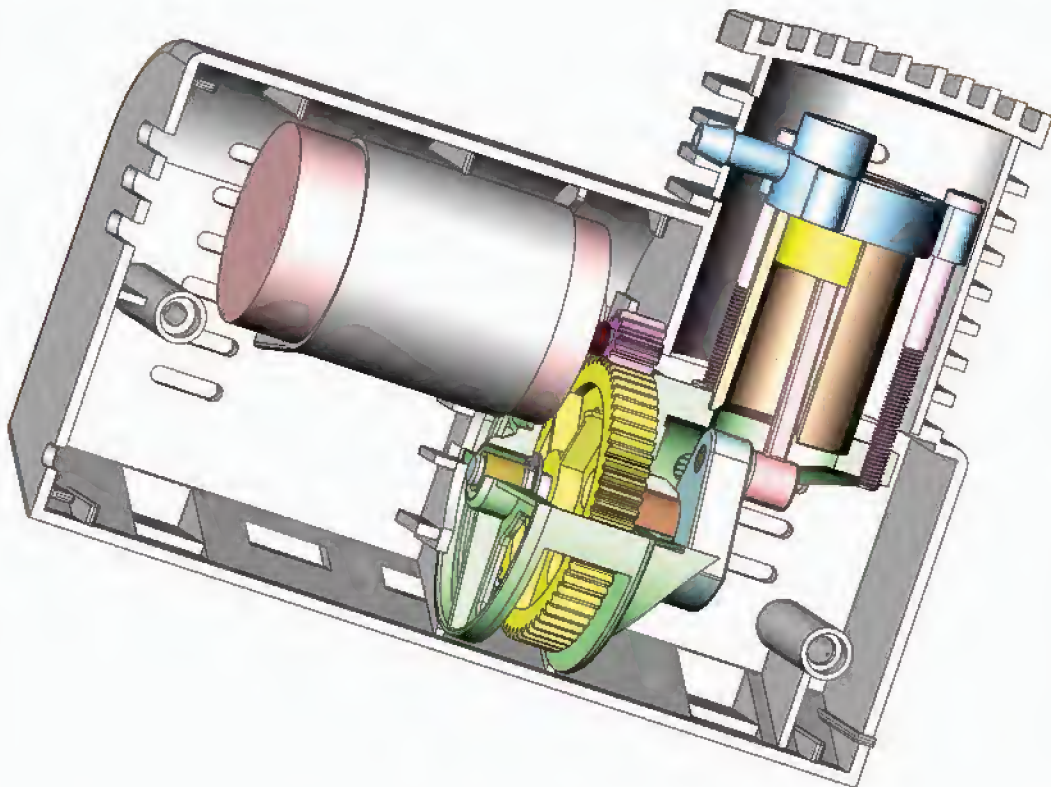
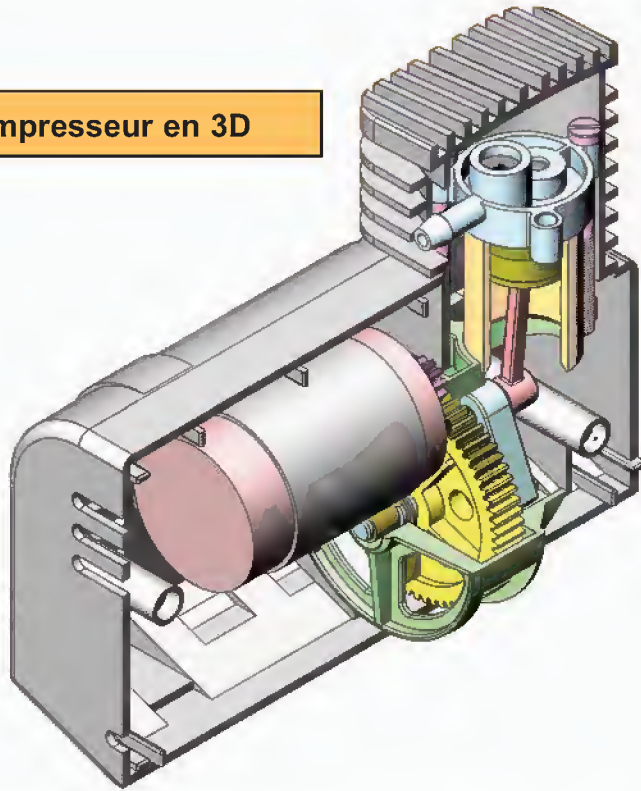
Le mini compresseur utilise l'énergie électrique et l'alimentation en courant de 12 V peut être assurée par la batterie de la voiture.

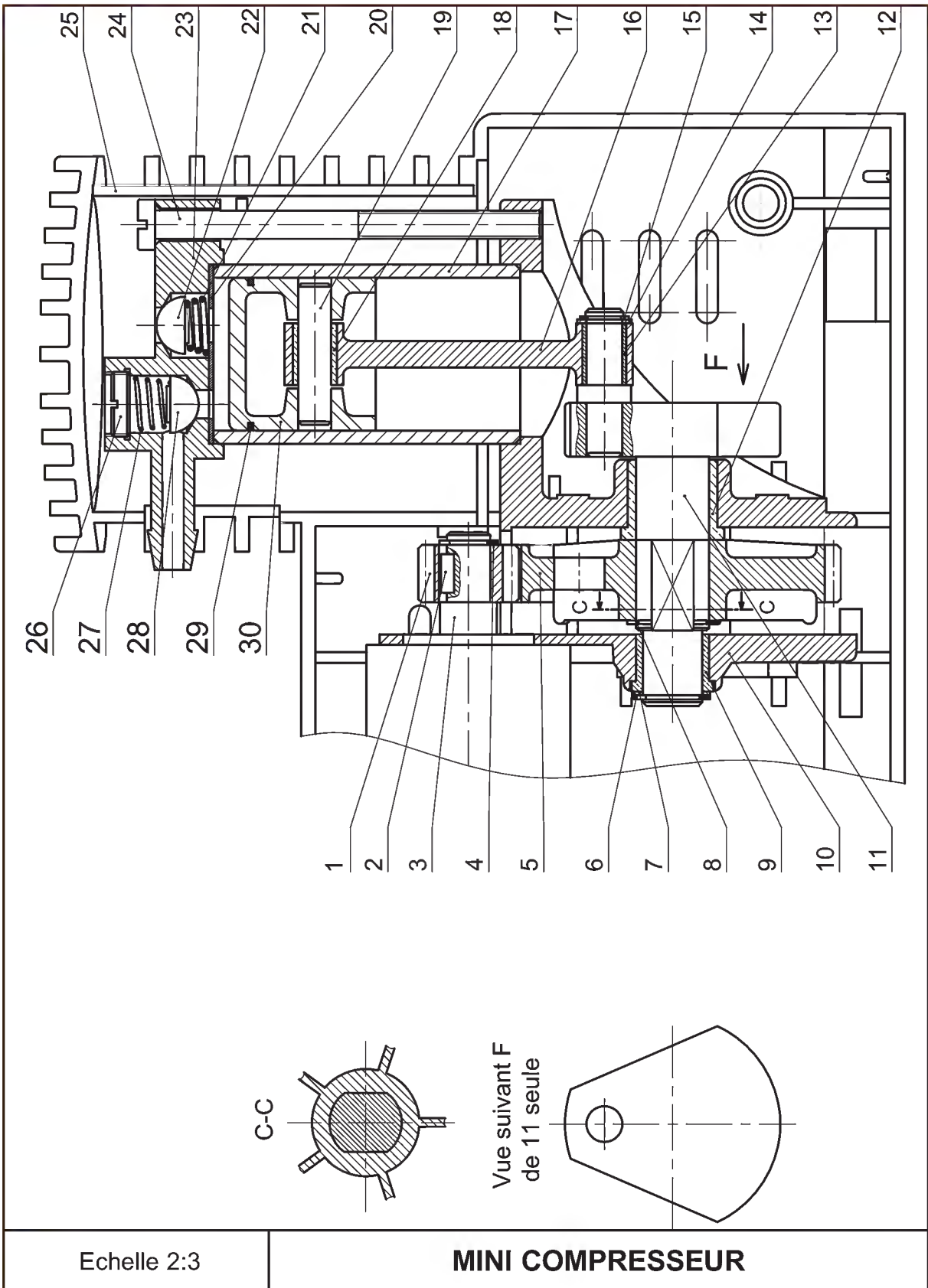
Fonctionnement :

La rotation de l'arbre moteur (3) est transmise à l'arbre vilebrequin ou manivelle (11) par l'intermédiaire de l'engrenage cylindrique (1,5).

La rotation continue de (11) provoque la translation alternative du piston (30) à l'aide de la bielle (16). Pendant la descente du piston, il se crée une dépression permettant d'aspirer de l'air ambiant à travers la soupape (22). Pendant la montée, l'air aspiré est refoulé à haute pression pour l'utilisation à travers la soupape (28).

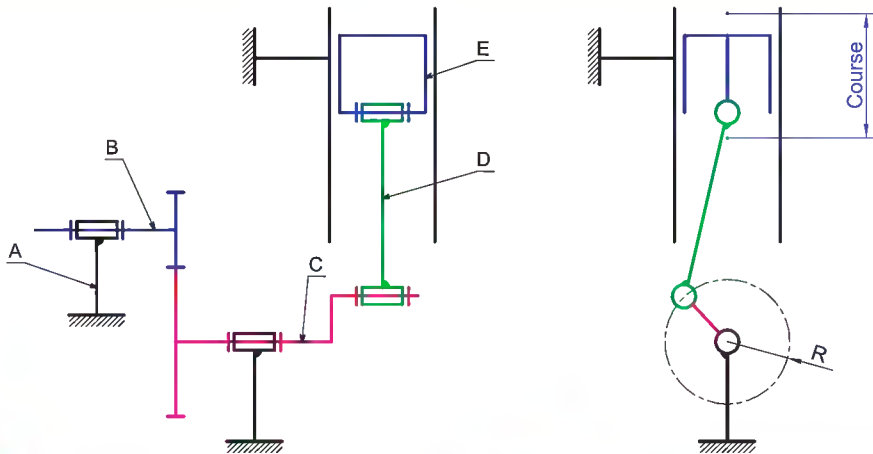
Mini compresseur en 3D





15	1	Anneau élastique	30	1	Piston
14	1	Rondelle	29	1	Segment d'étanchéité
13	1	Coussinet	28	1	Soupape
12	1	Coussinet	27	1	Ressort
11	1	Arbre vilebrequin	26	1	Vis
10	1	Support	25	1	Demi corps
9	1	Coussinet	24	3	Vis
8	2	Anneau élastique	23	1	Support de soupapes
7	1	Rondelle	22	1	Soupape
6	1	Anneau élastique	21	1	Ressort
5	1	Roue dentée	20	1	Plaque
4	1	Anneau élastique	19	1	Axe de piston
3	1	Arbre moteur	18	1	Coussinet
2	1	Clavette	17	1	Chemise
1	1	Pignon	16	1	Bielle
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation
MINI COMPRESSEUR					

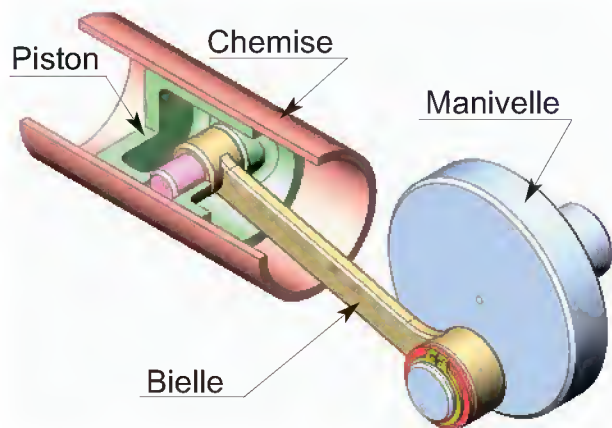
a- Schéma cinématique :



Remarque :

La manivelle est formée par l'arbre vilebrequin (11). Généralement une manivelle est guidée en rotation par rapport à un axe fixe. Une deuxième extrémité décrivant la trajectoire circulaire est liée à une bielle.

La bielle est formée par la pièce (16). Elle possède deux extrémités : l'une fait la liaison avec la manivelle, l'autre fait la liaison avec l'élément coulissant (ici le piston 30).



b- Mouvements possibles :

	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie	Organe menant
Vilebrequin (manivelle)	Rotation	-	x
Piston	-	Translation alternative	-

Remarque : On constate pour ce système la possibilité de réversibilité : la translation du piston (30) peut entraîner la rotation du vilebrequin (11) à l'exception des deux positions particulières (points morts haut et bas) ; ces deux positions sont rendues franchissables grâce à l'inertie de la masse du vilebrequin.

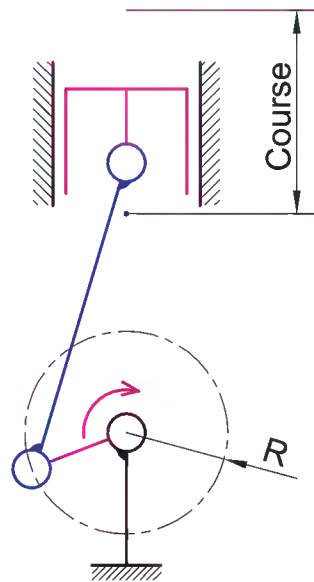
c- Course du piston :

Dans le dessin d'ensemble de la page 249, le piston est en position point mort haut.

Mesurons le rayon de la manivelle et exprimons la valeur de la course du piston.

Soit R le rayon de la manivelle

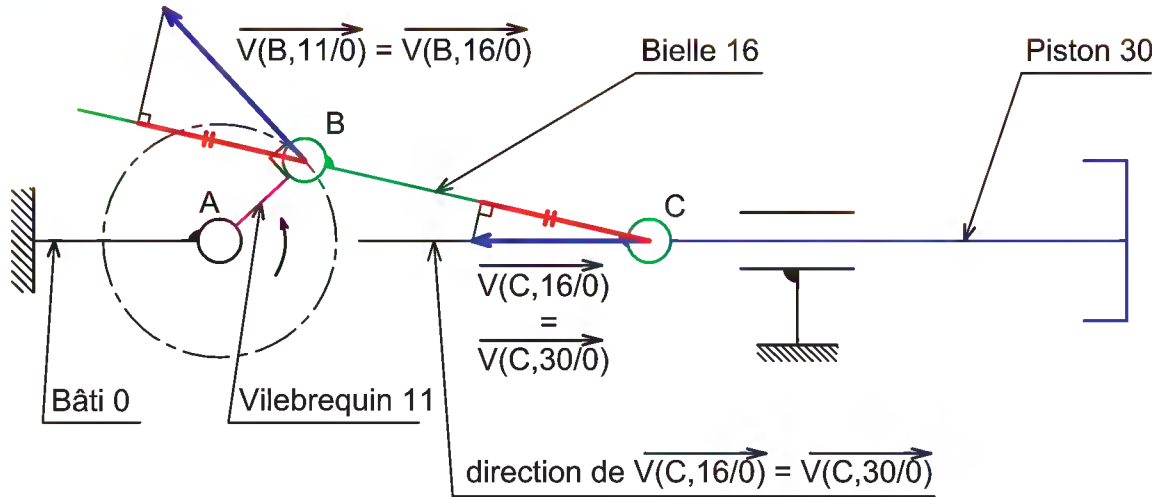
Course : $C = 2 \cdot R$



d- Vitesse linéaire du piston :

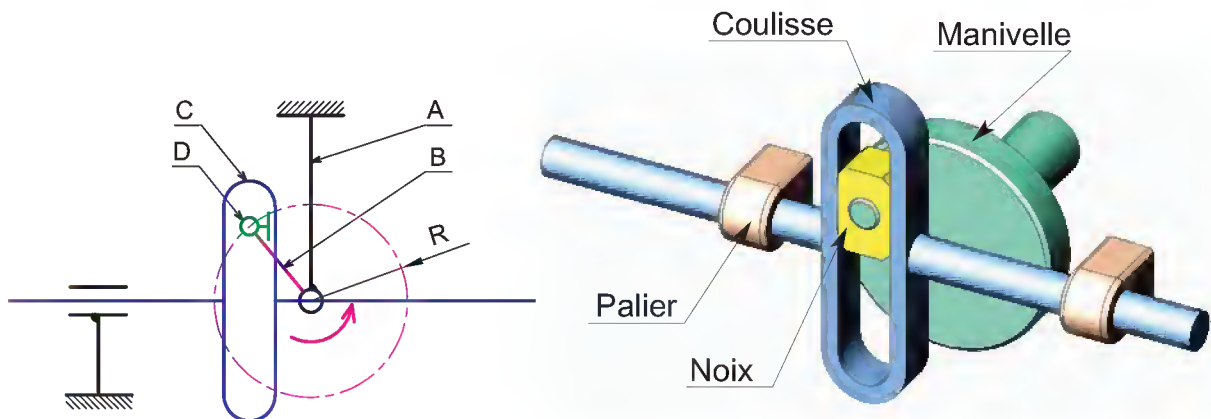
Déterminons graphiquement la norme de la vitesse linéaire du piston (30) à partir de la vitesse linéaire d'un point de la périphérie du vilebrequin (11) en utilisant le principe de l'équiprojectivité :

- représentons le vecteur vitesse $\vec{V}_{(B,11/0)}$; ce vecteur est perpendiculaire à AB
- $\vec{V}_{(B,11/0)} = \vec{V}_{(B,16/0)}$; le point B (appartenant à 11 et à 16) garde la même vitesse;
- faisons la projection orthogonale de $\vec{V}_{(B,11/0)}$ sur la droite contenant B et C;
- reportons la projection en C;
- déduisons la norme de $V_{(C,16/0)}$ qui est aussi $V_{(C,30/0)}$; cette dernière représente la norme de la vitesse linéaire du piston.



Autre solution technologique : manivelle et coulisse :

La rotation continue de la manivelle se transforme en une translation alternative de la coulisse grâce à la noix coulissante. Le système est réversible.



Soit R le rayon de la manivelle.

Course : $C = 2 \cdot R$

Application : - Scie sauteuse

D- L'EXCENTRIQUE :

Exemple : pompe d'alimentation

Les dessins d'ensemble en 3D ci-dessous et en 2D de la page suivante représentent une pompe d'alimentation permettant d'aspirer le gasoil provenant du filtre et de le refouler sous une pression de transfert dans la pompe à injection d'une voiture.

Phase d'aspiration et remplissage de la chambre (A) :

La rotation continue de l'arbre excentré (1), lié à l'arbre à cames, permet le déplacement vers la gauche du poussoir (19) et du piston (15). Le clapet (16) s'ouvre et permet le transfert du carburant de la chambre (A) vers la chambre (B) ; Le clapet (11) étant fermé.

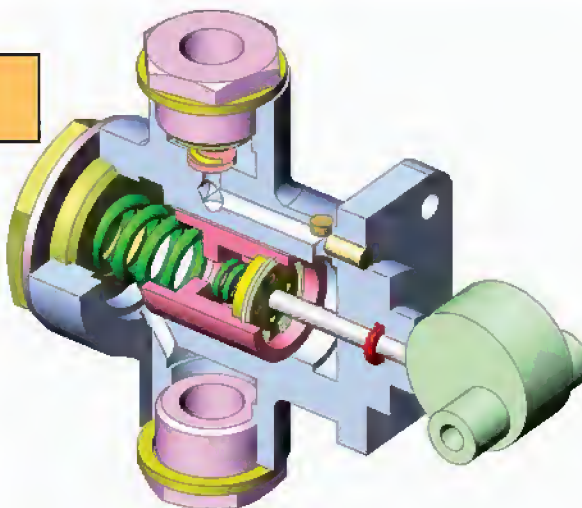
Phase de refoulement de la chambre (B) vers la sortie :

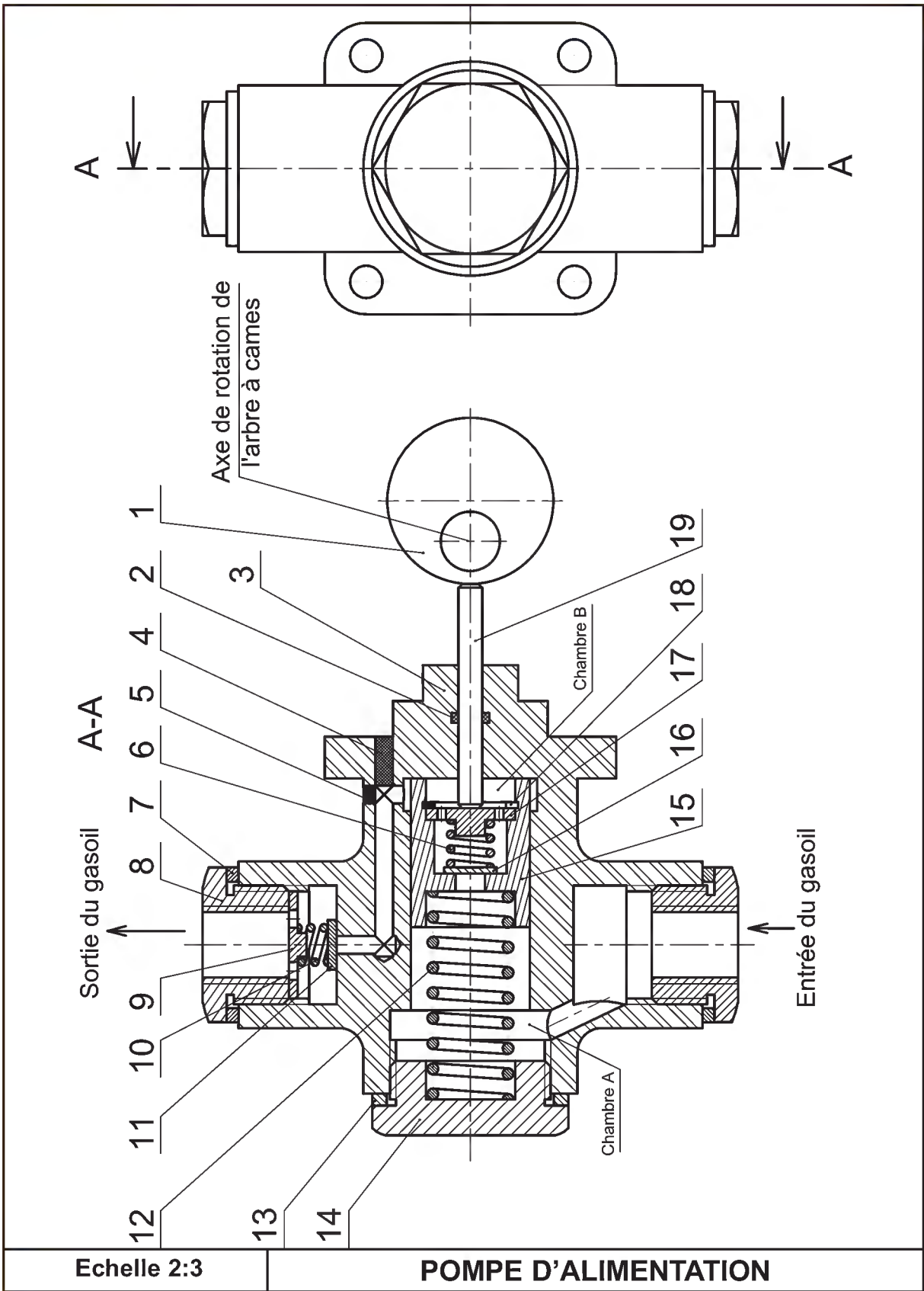
Le retour du piston (15) de la gauche vers la droite s'effectue à l'aide du ressort (12), (16) est fermé. Le clapet (11) est ouvert et laisse passer le carburant vers la sortie.

10	1	Ressort	19	1	Poussoir
9	1	Cage à orifices	18	1	Anneau élastique
8	2	Raccord	17	1	Plaque à orifices
7	2	Joint plat	16	1	Clapet
6	1	Ressort	15	1	Piston
5	1	Bouchon	14	1	Vis
4	1	Bouchon	13	1	Joint plat
3	1	Corps	12	1	Ressort
2	1	Joint	11	1	Clapet
1	1	Arbre excentré			
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation

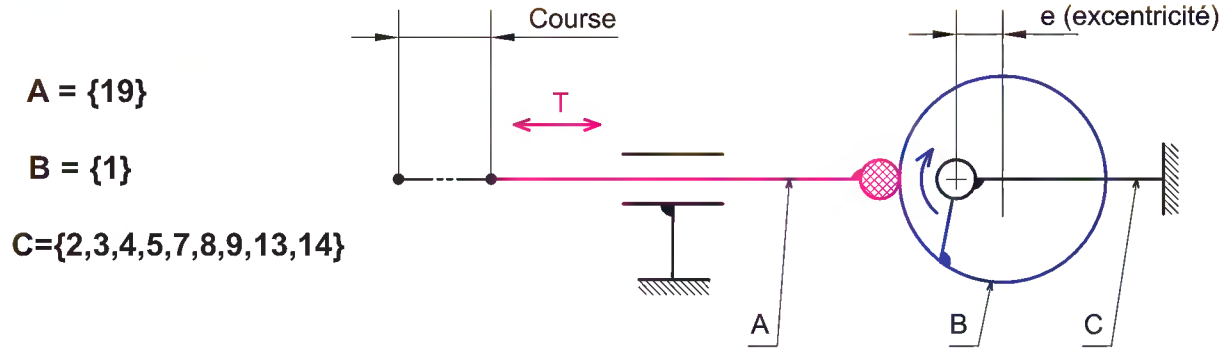
POMPE D'ALIMENTATION

Pompe d'alimentation
en 3D





a- Schéma cinématique partiel :



La pièce (1) est formée par un disque guidé en rotation par rapport à un axe excentré.

b- Mouvements possibles :

	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie	Organe menant
Arbre excentré (1)	Rotation	–	x
Poussoir (19)	–	Translation alternative	–

Remarque : On constate que ce système est irréversible : la translation du poussoir ne peut pas entraîner la rotation de l'arbre excentré.

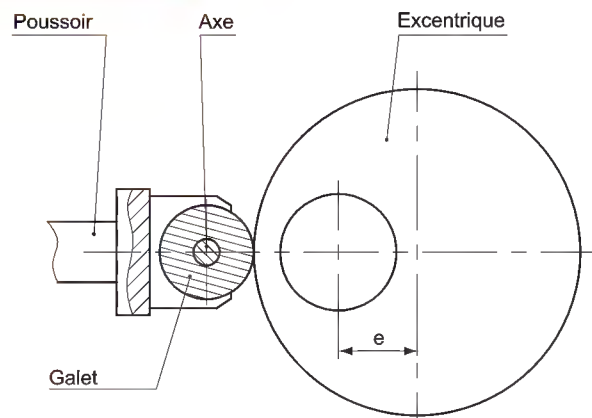
c- Course :

La rotation continue de la pièce excentrée provoque la translation alternative du poussoir.

Soit e la valeur de l'excentricité.

Course : $C = 2 \cdot e$

Note : Le contact entre le poussoir et la pièce excentrée engendre un frottement important. Pour remédier, on interpose un élément roulant comme un galet.

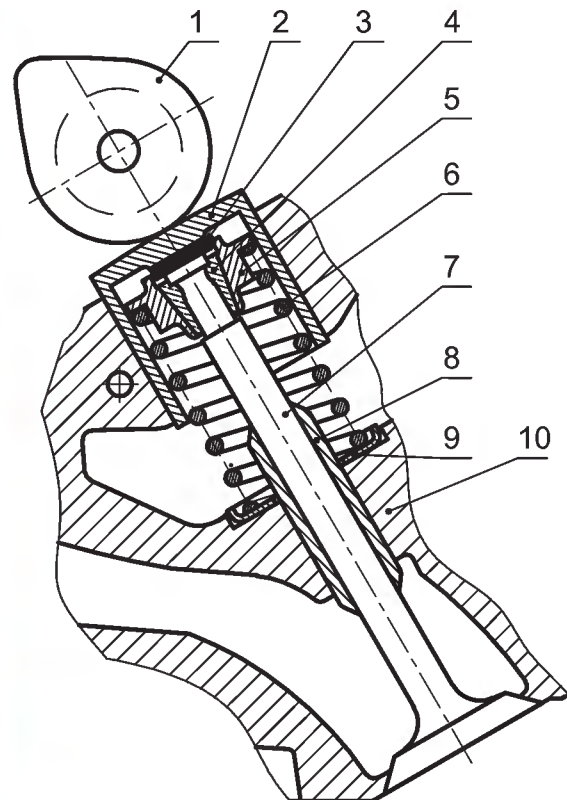
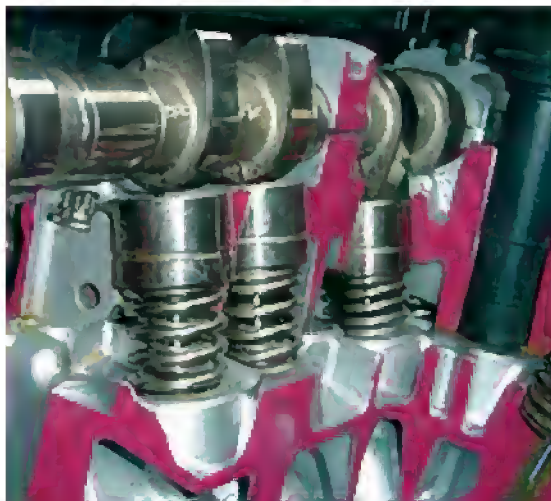
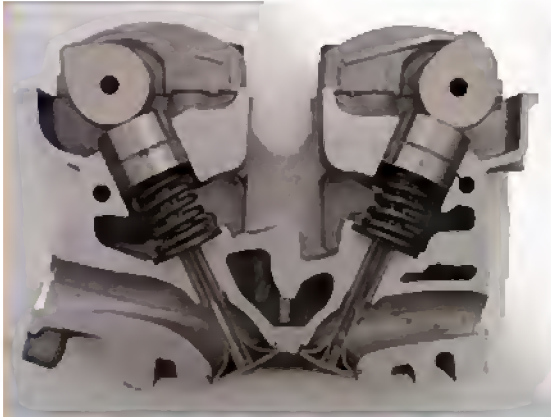


E- LES CAMES :

Exemple : Mécanisme de distribution de moteur de voiture

Le dessin d'ensemble ci-dessous représente le mécanisme de commande d'une soupape d'un moteur de voiture.

La rotation de l'arbre à cames (1) permet l'ouverture et la fermeture de la soupape (7) à l'aide du poussoir (2) et le ressort (6).



5	1	Clavette	10	1	Culasse
4	1	Coupelle	9	1	Rondelle d'appui du ressort
3	1	Grain	8	1	Guide
2	1	Poussoir	7	1	Soupape
1	1	Arbre à cames	6	1	Ressort
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation
MECANISME DE DISTRIBUTION					

b- Mouvements possibles :

	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie	Organe menant
Arbre à cames (1)	Rotation		x
Soupape (7)		Translation alternative	

Pour un tour de l'arbre à cames, on a trois phases.

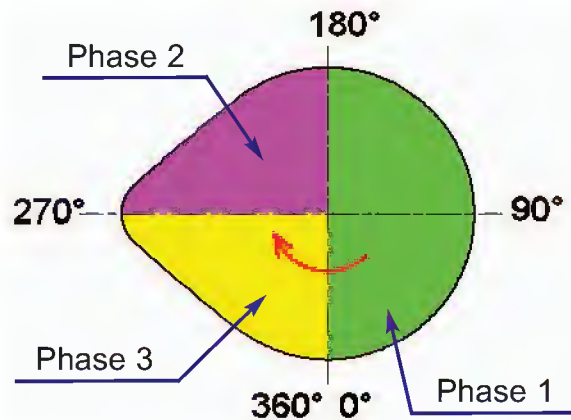
- **phase 1** : état de fermeture de la soupape pendant un demi tour (course nulle) ;

- **phase 2** : descente de la soupape pendant un quart de tour ;

- **phase 3** : montée de la soupape pendant un quart de tour.

D'après le profil de la came utilisé, on identifie les trois portions participant aux trois phases.

L'avantage d'une came c'est quelle permet de composer en un tour plusieurs phases de mouvements d'allures différentes.

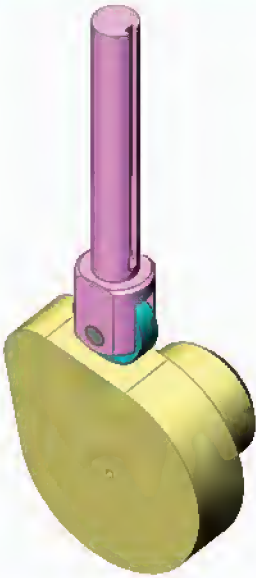
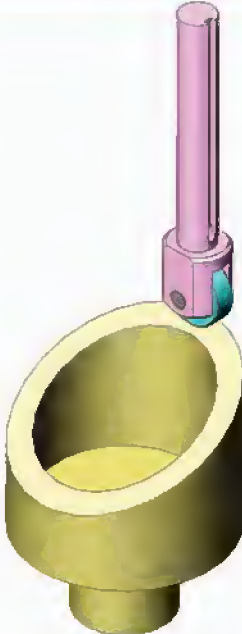
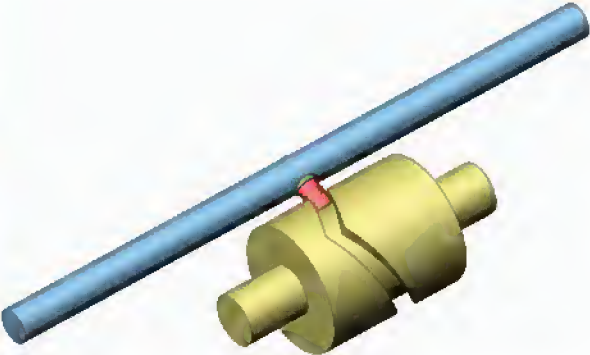


Les cames :

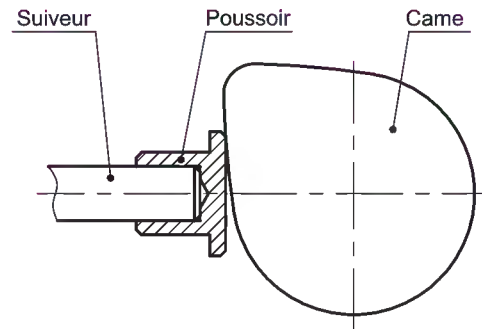
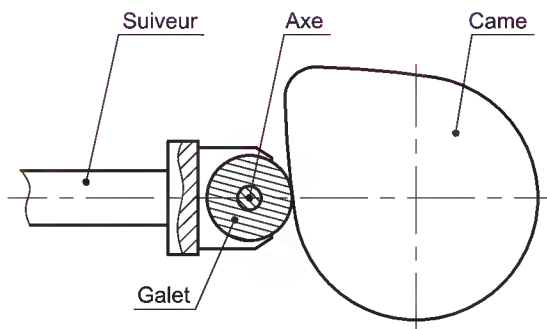
Les cames permettent de transformer un mouvement de rotation continue en un mouvement de translation d'allure complexe.

Le mécanisme à came n'est pas réversible.

c- Types de cames :

Came plate ou disque	Came à tambour	Came à rainure
		
<p>Direction de déplacement du suiveur perpendiculaire à l'axe de rotation de la came</p>	<p>Direction de déplacement du suiveur parallèle à l'axe de rotation de la came</p>	<p>Direction de déplacement du suiveur parallèle à l'axe de rotation de la came</p>

Note : Pour éviter l'arc-boutement et réduire le frottement, on interpose un dispositif à poussoir ou à galet entre la came et le suiveur.



Application :

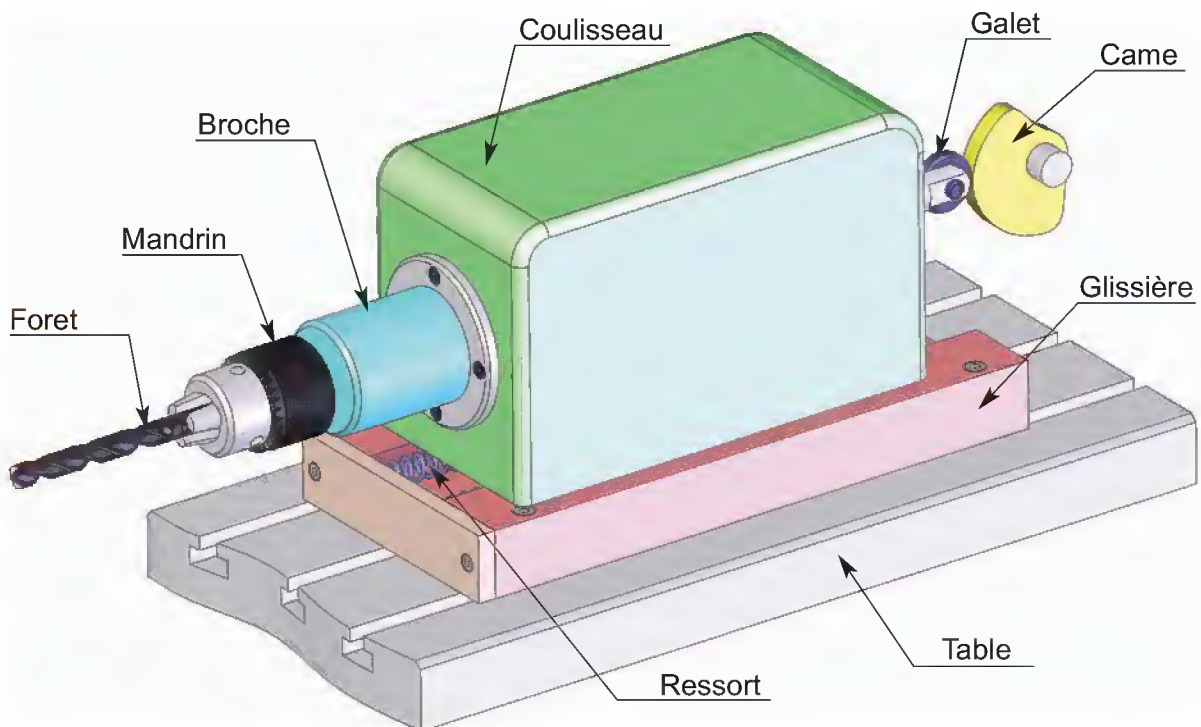
La figure ci-dessous représente une unité de perçage utilisée dans des travaux de série.

La pièce à percer (non représentée) est fixée par un dispositif automatique.

Le mouvement d'avance de l'outil est donné au coulisseau porte broche grâce à la came disque entraînée en rotation par un moto-réducteur.

Un ressort de rappel permet d'assurer le contact permanent entre le galet et la came.

Un suiveur muni d'un galet est solidaire du corps de la broche.

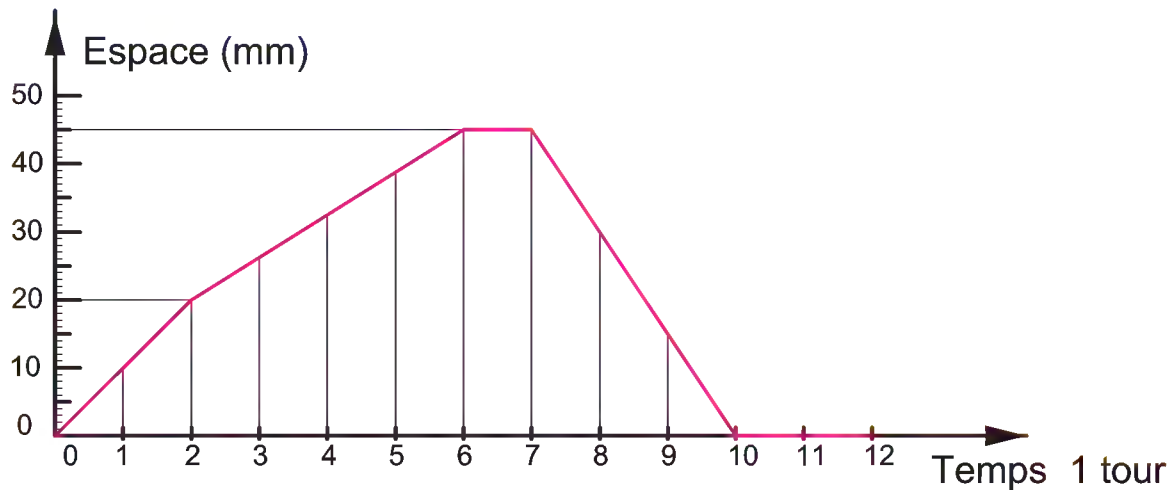


Données :

- * L'opération de perçage d'une pièce se fait en 5 phases :
 - avance rapide de l'outil, à vitesse constante sur 20 mm pendant 1/6 de tour ;
 - avance lente de l'outil, à vitesse constante sur 25 mm pendant 1/3 de tour ;
 - maintien en position de l'outil pendant 1/12 de tour ;
 - retour rapide de l'outil à vitesse constante pendant 1/4 de tour ;
 - repos pour le reste du temps.
- * Rayon minimal de la came (rayon de course nulle) : $R = 30 \text{ mm}$
- * Rayon du galet : $r = 10 \text{ mm}$

Remarque : La quatrième phase a été simplifiée ; réellement elle est constituée d'un mouvement uniformément accéléré suivi d'un mouvement uniformément retardé afin d'éviter un choc du galet sur la came.

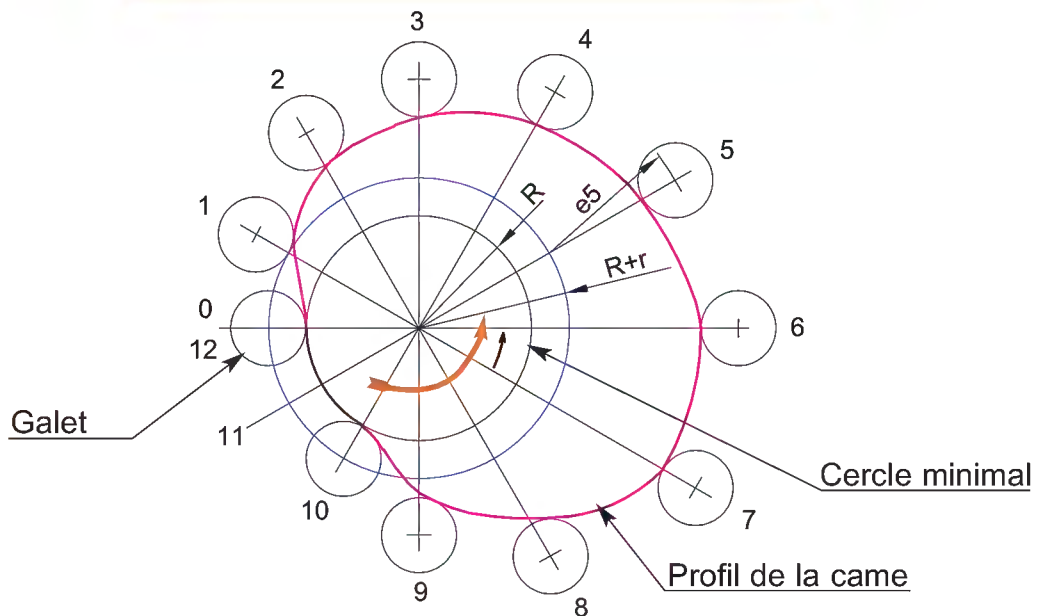
1- Courbe des espaces :



2- Démarche du tracé du profil de la came :

- Tracer le cercle minimal de rayon $[(R+r)$: plus petite distance entre le centre de la came et celui du galet lié à la tige];
- Diviser le cercle en 12 parties égales (autant que d'espaces sur le graphe);
- Mesurer sur le graphe les variations de la course et les reporter à l'extérieur du cercle minimal.
- Tracer les 12 positions du galet;
- Tracer la courbe-enveloppe des galets, c'est le profil pratique de la came.

Tracé du profil de la came à l'échelle 1:2



Consolidation des connaissances

Système d'étude : Cric d'automobile

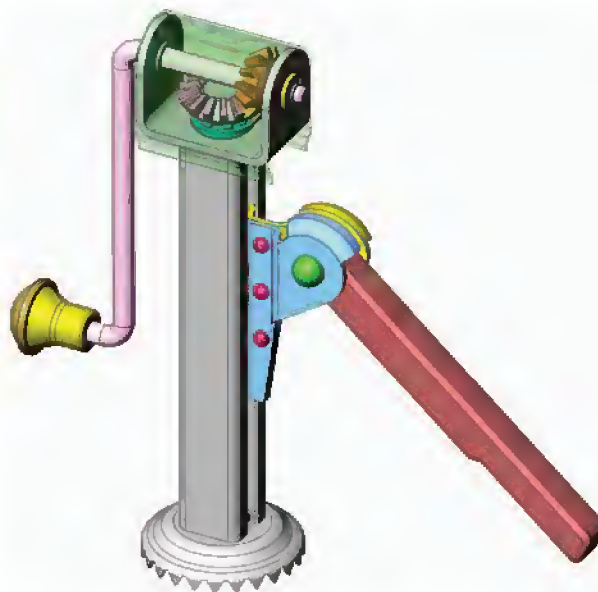
Description :

Les dessins d'ensemble en 2D et 3D suivants représentent un cric d'automobile. La manoeuvre de la manivelle (7) par l'intermédiaire de la poignée (12) permet de soulever une partie de la voiture grâce au levier (21) engagé dans un tube carré de celle-ci.

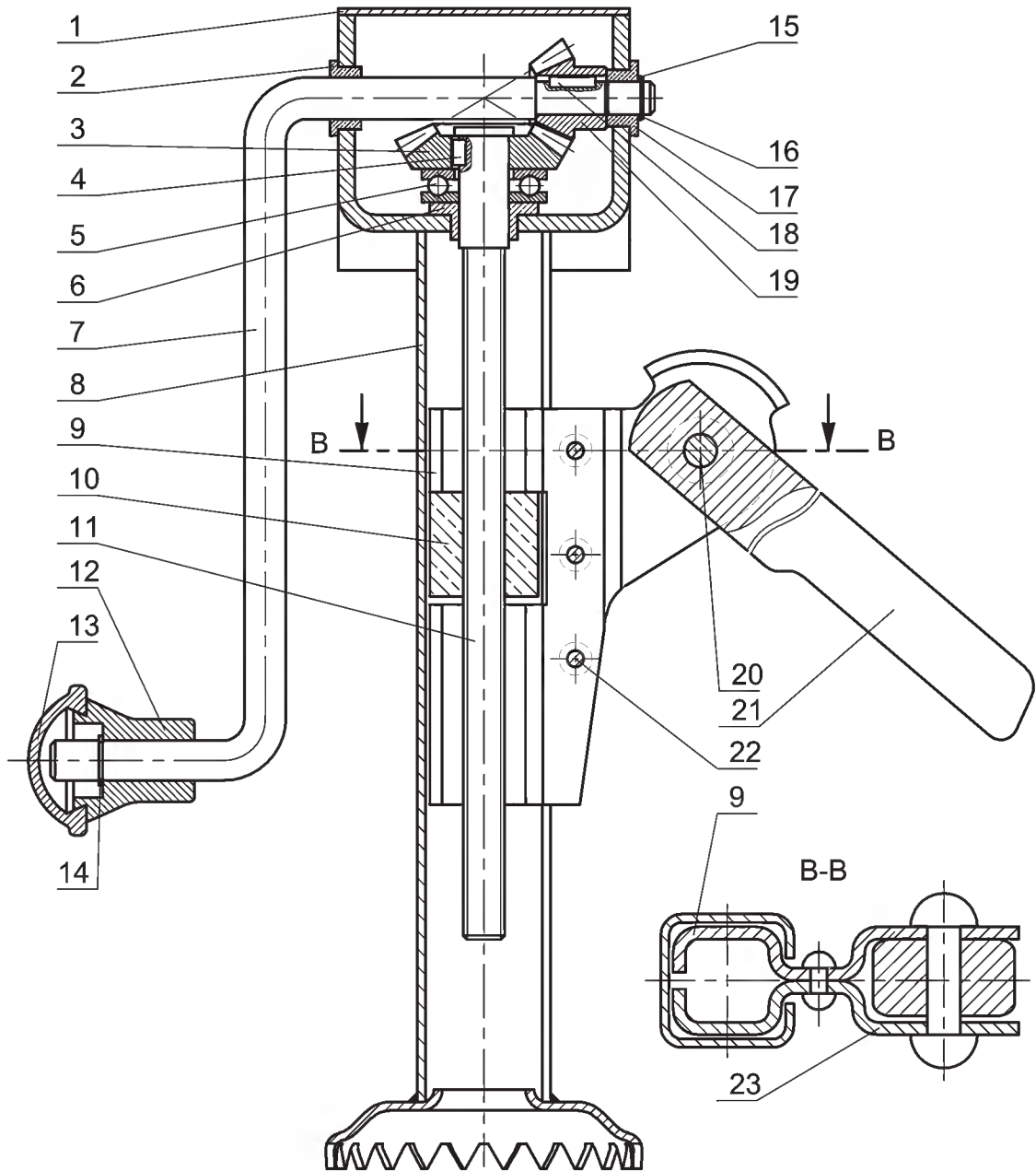
Le mécanisme est formé par deux chaînes de transmission :

- un engrenage conique (19,3) ;
- un dispositif vis écrou (11,10).

**Cric d'automobile
en 3D**



12	1	Poignée	23	1	Glissière
11	1	Vis de commande	22	3	Rivet
10	1	Ecrou	21	1	Levier
9	1	Glissière	20	1	Rivet
8	1	Corps	19	1	Pignon conique
7	1	Manivelle	18	1	Clavette
6	1	Coussinet	17	1	Coussinet
5	1	Butée à billes	16	1	Anneau élastique
4	1	Clavette	15	1	Rondelle
3	1	Roue conique	14	1	Anneau élastique
2	1	Coussinet	13	1	Embout
1	1	Couvercle			
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation
CRIC D'AUTOMOBILE					



Echelle 2:3

CRIC D'AUTOMOBILE

Travail demandé :

1 - Analyse fonctionnelle :

Compléter le tableau suivant en indiquant les solutions associées aux fonctions techniques :

Fonctions techniques	Solutions technologiques
Transmettre l'énergie mécanique de l'opérateur
Transmettre le mouvement de la manivelle (7) à la vis (11) et adapter une vitesse de rotation
Guider en rotation la manivelle (7) par rapport au corps (8).
Guider en rotation la vis (11) par rapport au corps (8).
Guider en translation l'écrou (10)
Transmettre le déplacement de l'écrou (10) au levier (21)
Guider en rotation le levier (21)

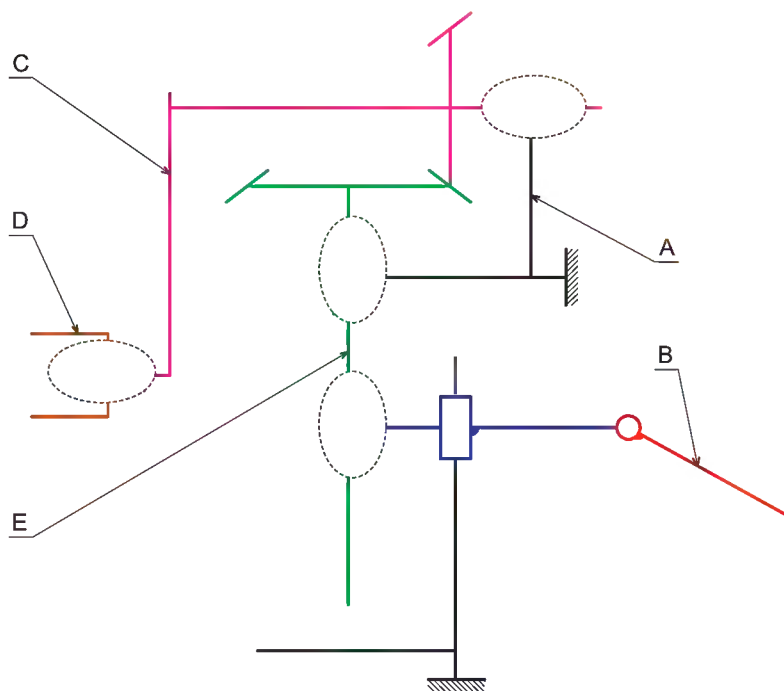
2- Etude des mouvements des éléments vis et écrou :

Compléter le tableau suivant en :

- indiquant la nature du mouvement de la vis (11) et de l'écrou(10);
- mettant une croix devant l'organe menant.

	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie	Organe menant
Vis de commande (11)
Ecrou (10)

3- Compléter le schéma cinématique :



4- Justifier le choix du matériau de l'écrou (10) :

.....

5- Etude cinématique :

On donne :

- les nombres de dents : $Z_{19} = 13$ dents et $Z_3 = 16$ dents ;
- la vis (11) est à hélice droite possédant un seul filet de pas = 1,5 mm.

a) En se référant au dessin d'ensemble, déterminer par mesure la course totale que peut effectuer la glissière (9)

Course totale =

b) Calculer du rapport de transmission de l'engrenage : r

r =

c) Pour un déplacement : $C = 80$ mm

Déterminer le nombre de tours effectués par la manivelle (7): N7:

.....

Corrigé

1 - Analyse fonctionnelle :

Compléter le tableau suivant en indiquant les solutions associées aux fonctions techniques :

Fonctions techniques	Solutions technologiques
Transmettre l'énergie mécanique de l'opérateur	<i>Manivelle (7), poignée (12), clavette (18)</i>
Transmettre le mouvement de la manivelle (7) à la vis (11) et adapter une vitesse de rotation	<i>Engrenage conique (19,3)</i>
Guider en rotation la manivelle (7) par rapport au corps (8).	<i>Coussinets (2) et (17)</i>
Guider en rotation la vis (11) par rapport au corps (8).	<i>Coussinet (6) et butée à billes (5)</i>
Guider en translation l'écrou (10)	<i>Formes prismatiques réalisées sur (10) et (8)</i>
Transmettre le déplacement de l'écrou (10) au levier (21)	<i>Glissières (9) et (23), rivets (20) et (22)</i>
Guider en rotation le levier (21)	<i>Glissières (9) et (23) et rivet (20)</i>

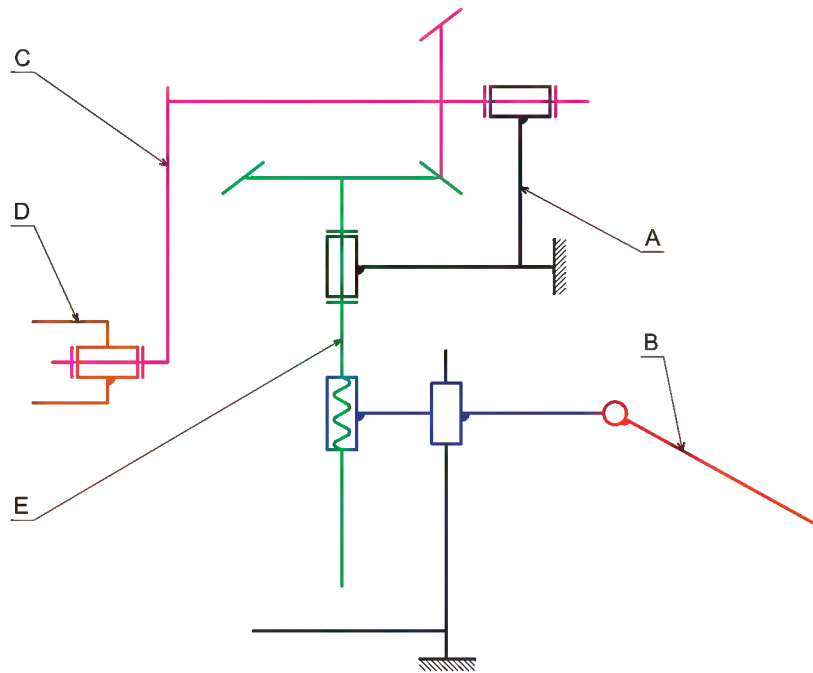
2- Etude des mouvements des éléments vis et écrou :

Compléter le tableau suivant en :

- indiquant la nature du mouvement de la vis (11) et de l'écrou(10);
- mettant une croix devant l'organe menant.

	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie	Organe menant
Vis de commande (11)	<i>Rotation</i>	-	x
Ecrou (10)	-	<i>Translation</i>	-

3- Schéma cinématique :



4- Choix du matériau de l'écrou (10) :

L'écrou (10) est en bronze pour :

- réduire le frottement et l'usure afin d'augmenter le rendement ;
- être interchangeable.

5- Etude cinématique :

On donne :

- les nombres de dents : $Z_{19} = 13$ dents et $Z_3 = 16$ dents ;
- la vis (11) est à hélice droite possédant un seul filet de pas = 1,5 mm.

a) En se référant au dessin d'ensemble, on détermine par mesure la course totale que peut effectuer la glissière (9)

$$\text{Course totale} = 73 \times 3/2 = 109.5 \text{ mm}$$

b) Calcul du rapport de transmission de l'engrenage.

$$r = Z_{19} / Z_3 = 13 / 16 = 0,8125$$

c) Pour un déplacement : $C = 80$ mm

Déterminons le nombre de tours effectués par la manivelle (7).N7:

$$\text{Nombre de tours de la vis (11)} : N'_{11} = C / \text{Pas} = 80 / 1.5 = 53,33 \text{ tours}$$

$$\text{Nombre de tours de la manivelle (7)} = N'_{11} / r = (53,33 \times 16) / 13 = 65,63 \text{ tours}$$

Evaluation

Système d'étude : Scie sauteuse

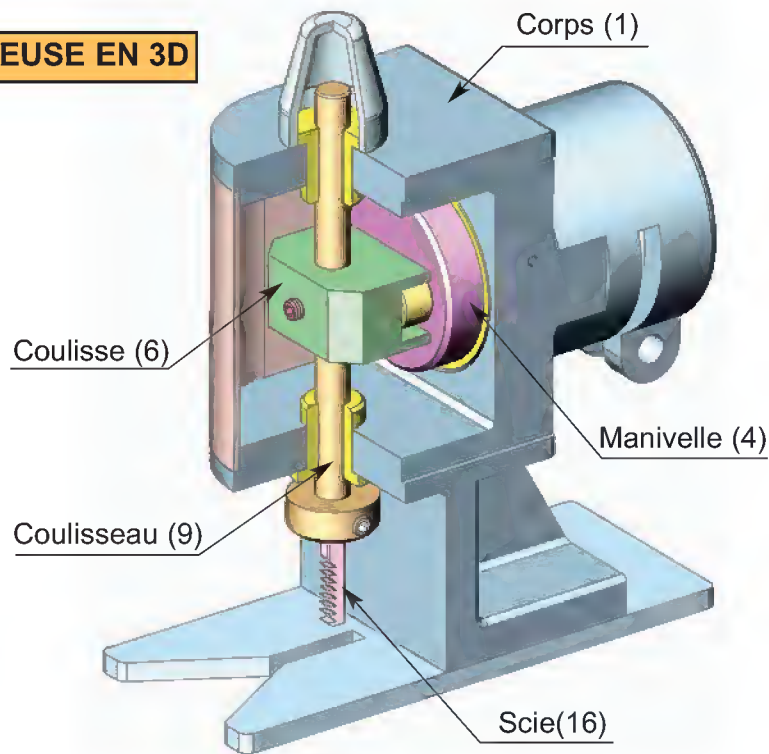
Description :

Le dessin d'ensemble de la page suivante représente une scie sauteuse servant à réaliser des travaux de sciage et de décoration sur des plaques en bois.

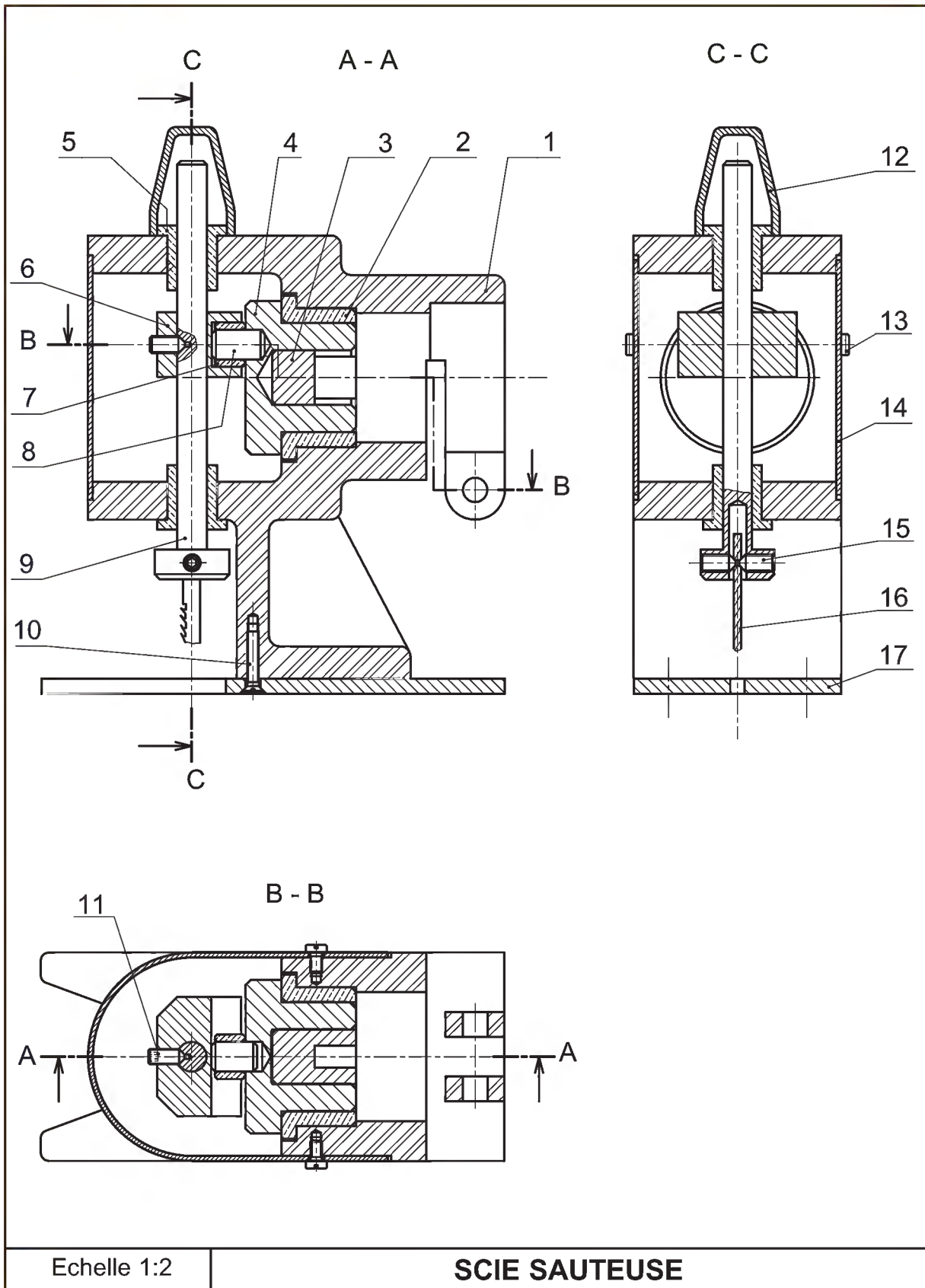
L'arbre moteur non représenté s'accouple avec l'axe creux (3) solidaire de la manivelle (4) avec une forme rectangulaire.

La rotation continue de la manivelle (4) se transforme en une translation alternative du coulisseau (9), portant la scie (16), par l'intermédiaire de la coulisse (6).

SCIE SAUTEUSE EN 3D



9	1	Coulisseau	17	1	Semelle
8	1	Maneton	16	1	Scie
7	1	Bague	15	2	Vis
6	1	Coulisse	14	1	Couvercle
5	1	Coussinet	13	2	Vis
4	1	Manivelle	12	1	Capot
3	1	Axe creux	11	1	Vis
2	1	Coussinet	10	1	Vis
1	1	Corps			
Rep	Nb	Désignation	Rep	Nb	Désignation
SCIE SAUTEUSE					



A - Analyse technologique :

1- Le bloc moteur va être lié complètement avec le corps de la scie.
Comment est obtenue cette liaison ?

.....
.....

2- Etude des liaisons :

a- Compléter les classes d'équivalences suivantes :

A = {1,

B = {4,

C = {9,

D = {7}

b- Compléter le tableau des liaisons suivant :

Liaison entre	Type de liaison	Solution technologique
B et A		
B et C		
B et D		
C et A		

c- Choisir un ajustement définissant l'assemblage de (8) avec (4).

.....

3- Donner le mode d'obtention du corps (1) ; justifier.

.....
.....

4- Etude du dispositif de transformation de mouvement :

a- Donner l'expression de la course totale effectuée par la scie (16) pour une rotation de l'axe (3).

.....

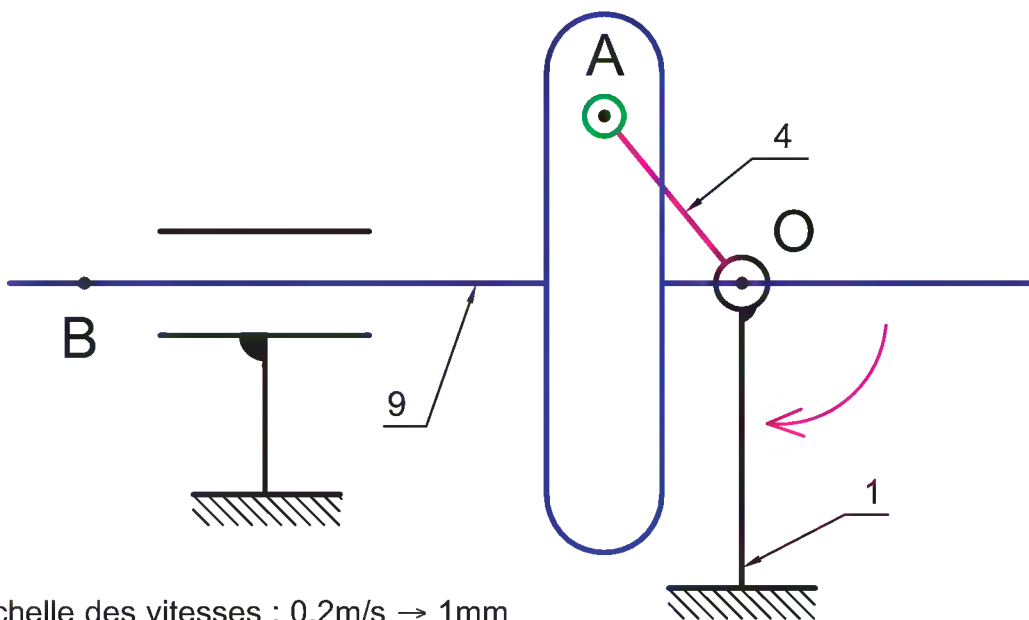
b- Calculer la valeur de cette course ; toute mesure utile sera relevée du dessin d'ensemble.

.....
.....

B- Etude cinématique :

On donne le schéma simplifié du mécanisme de transformation de mouvement de la scie sauteuse en une position donnée (à un instant t).

La vitesse de rotation du moteur est $N_m = 2000$ tr/min.



Echelle des vitesses : $0,2\text{m/s} \rightarrow 1\text{mm}$

Echelle des longueurs: $1\text{mm} \rightarrow 1\text{mm}$

Travail demandé :

- Donner la nature du mouvement de la manivelle (4) :

.....

- Tracer la trajectoire du point **A** appartenant à la manivelle (4) par rapport au corps (1) : $\tau_{A4/1}$

- Donner la nature du mouvement du coulisseau (9) :

.....

- Tracer la trajectoire du point **B** appartenant au coulisseau (9) par rapport au corps (1) : $\tau_{B9/1}$

- Calculer la vitesse linéaire du point $A_{4/1}$ et tracer sur le schéma ci-dessus son vecteur vitesse :

.....

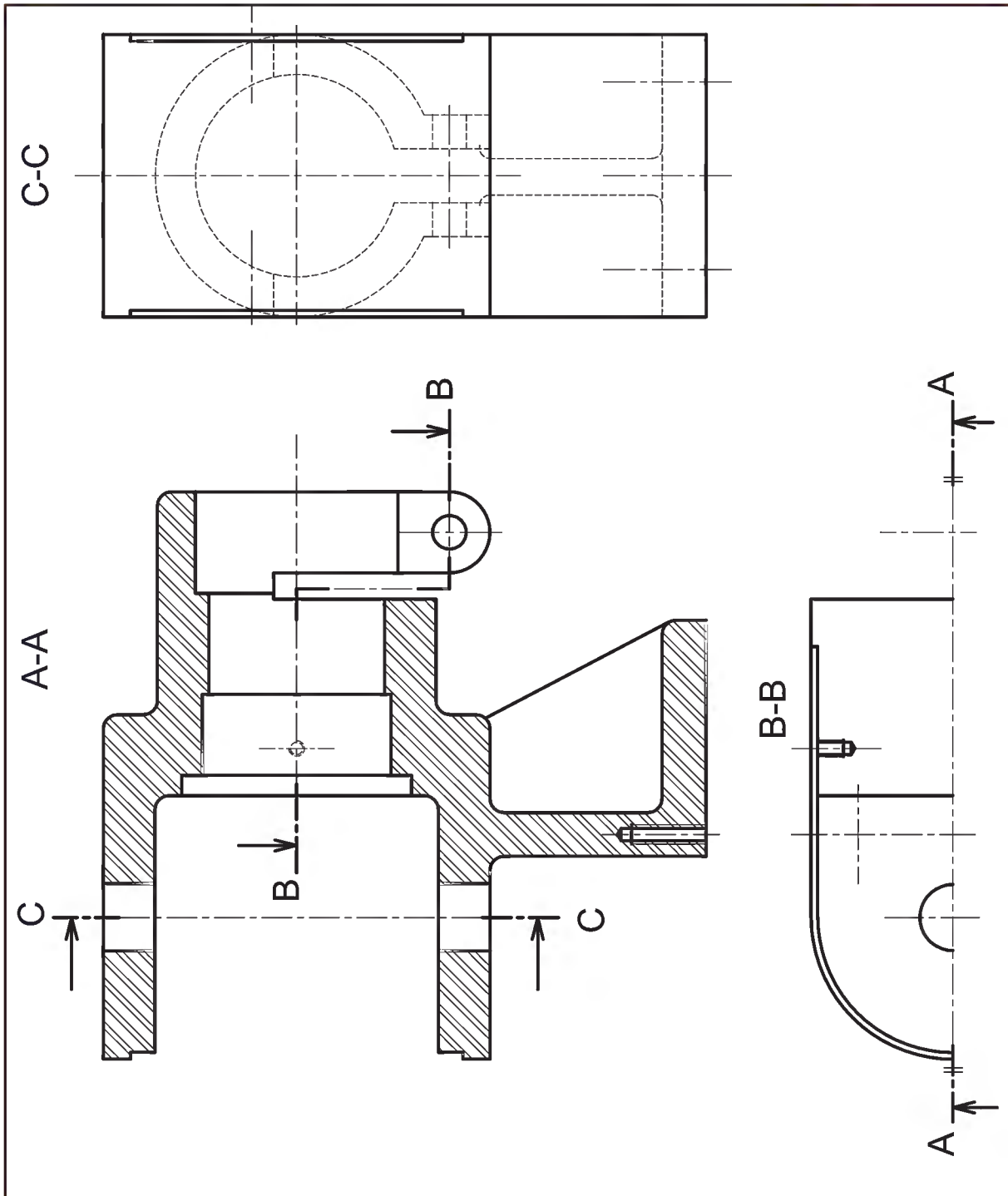
- Déduire par la méthode graphique le module du vecteur vitesse du point **B** appartenant au coulisseau (9) par rapport au corps (1).

.....

C- Représentation graphique :

Compléter, à l'échelle 2 :3, le dessin de définition du corps (1) par :

- Vue de face en coupe A-A
- Vue de gauche en coupe C-C
- 1/2 vue de dessus en coupe B-B





Partie C

Analyse Comportementale

CHAPITRE 5

COMPORTEMENT D'UN SOLIDE DEFORMABLE

Leçon 1 : Flexion Plane Simple

Leçon 2 : Torsion Simple

**O
B
J
E
C
T
I
F
S**

C1.1- Identifier la sollicitation subie par un solide de type poutre.

C1.2- Vérifier la résistance d'un composant.

C1.3- Dimensionner un composant.

CONNAISSANCES NOUVELLES

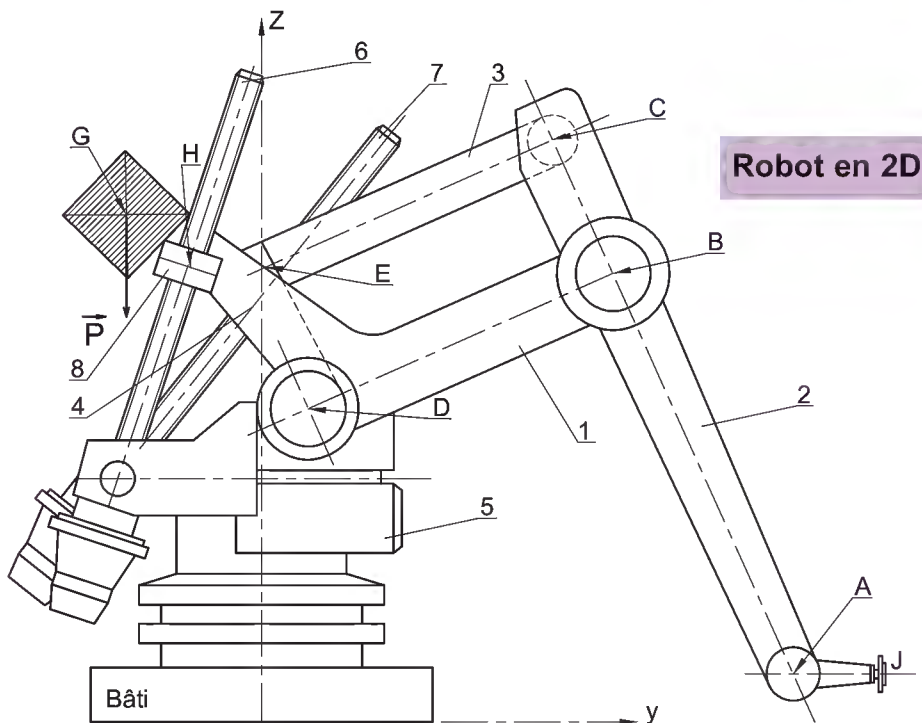
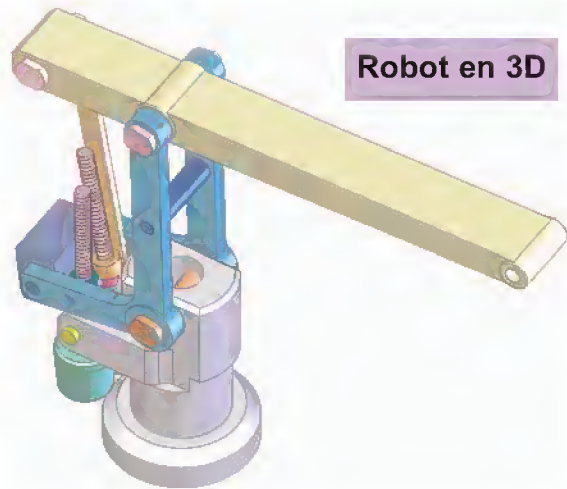
- Identification d'un composant encasté à une seule extrémité et soumis à une charge localisée.
- Identification d'un composant soumis à des charges uniformément réparties reposant sur deux appuis.
- Identification d'un composant sollicité à la torsion simple.
- Notion de contrainte tangentielle de torsion.
- Dimensionnement d'un composant.
- Vérification de la résistance d'un composant.

Rappel

1- Flexion d'une poutre reposant sur deux appuis et soumise à des charges localisées :

Etude de cas :

La figure ci-dessous représente un robot employé pour soulever des charges de 800N maximum.



On se propose de vérifier la résistance du bras de manœuvre (2) lorsque celui-ci est horizontal et supporte la charge maximale de 800N en A.

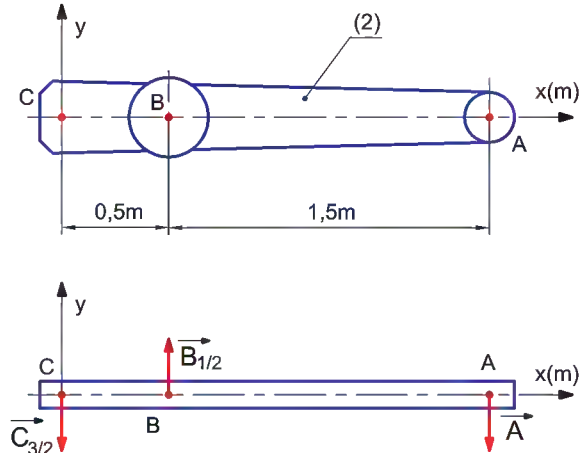
Hypothèses :

- Le bras (2) est assimilé à une poutre de section tubulaire rectangle de largeur $b=250\text{mm}$, de hauteur $h=120\text{mm}$ et d'épaisseur $a=5\text{mm}$.
- Le poids du bras (2) est négligé.
- Toutes les forces appliquées à la poutre sont disposées perpendiculairement à la ligne moyenne et dans le plan de symétrie longitudinal.
- Les forces appliquées sont concentrées en un point (\vec{A} en A, $\vec{B}_{1/2}$ en B et $\vec{C}_{3/2}$ en C).

1-1 Détermination des actions de contact dans les articulations B et C :
 $\vec{B}_{1/2}$ et $\vec{C}_{3/2}$:

- On isole le bras (2):(voir ci-contre)
- Le bilan des actions mécaniques:

	.			
\vec{A}	A	|	↓	800N
$\vec{B}_{1/2}$	B	|	↑	.....
$\vec{C}_{3/2}$	C	|	↓	.....



On applique le P.F.S. en C

$$\vec{C}_{3/2} + \vec{B}_{1/2} + \vec{A} = \vec{0} \quad (1)$$

$$\vec{M}_{\vec{C}_{3/2}/C} + \vec{M}_{\vec{B}_{1/2}/C} + \vec{M}_{\vec{A}/C} = \vec{0} \quad (2)$$

projection /oy : (1) $\Rightarrow -C_{3/2} + B_{1/2} - A = 0 \Rightarrow C_{3/2} + A = B_{1/2}$

(2) $\Rightarrow 0 + B_{1/2} \cdot CB - A \cdot CA = 0 \Rightarrow B_{1/2} = \frac{A \cdot CA}{CB} = \frac{800 \times 2}{0,5} = 3200 \text{ N} ;$

$\Rightarrow B_{1/2} = 3200 \text{ N}$ et $C_{3/2} = 2400 \text{ N}$

1-2 Traçage du diagramme des efforts tranchants le long de CA :

Rappel sur l'effort tranchant : T

L'effort tranchant dans une section droite de la poutre est égale à :

* moins (-) la somme algébrique des efforts appliqués à gauche de la section considérée.

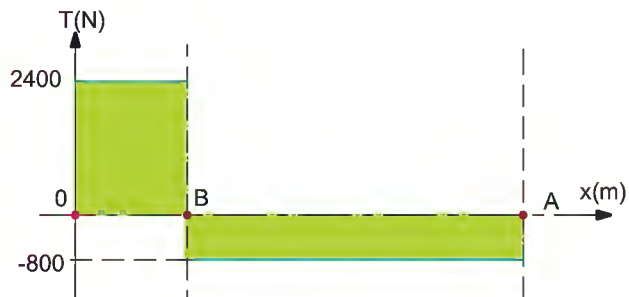
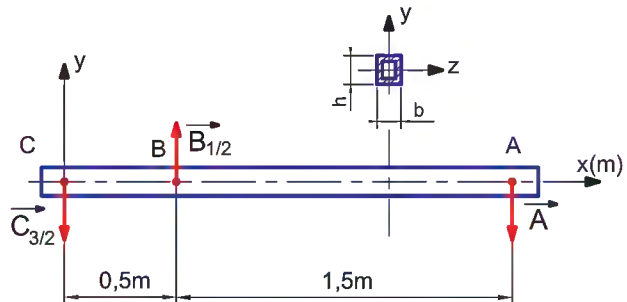
* ou bien la somme algébrique des efforts appliqués à droite de la section considérée.

- entre C et B : $T = -(-C_{3/2}) =$

2400N;

- entre B et A : $T = -(-C_{3/2} + B_{1/2})$

$T = -800\text{N}.$

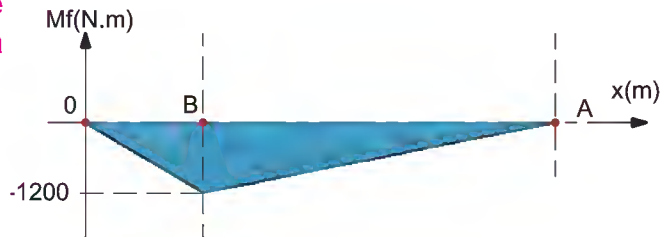
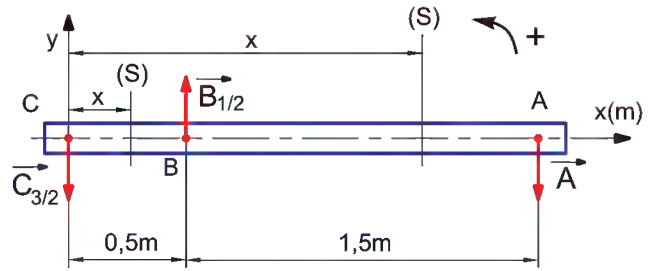


1-3 Traçage du diagramme des moments fléchissants le long de CA:

Rappel sur le moment fléchissant :
Dans une section droite (S) de la poutre le moment fléchissant est égale à:

* moins (-) la somme algébrique des moments des efforts appliqués à gauche de la section considérée (par rapport à (S)).

* ou bien la somme algébrique des moments des efforts appliqués à droite de la section considérée (par rapport à (S)).



- (S) entre C et B : $0 \leq x \leq 0,5\text{m}$

$$M_f = - (C_{3/2} \cdot x) = -2400x$$

si $x = 0 \text{ m}$; $M_f = 0 \text{ N.m}$

si $x = 0,5 \text{ m}$; $M_f = -1200 \text{ N.m}$

- (S) entre B et C : $0,5 \leq x \leq 2 \text{ m}$;

$$M_f = - (C_{3/2} \cdot x - B_{1/2} \cdot (x - CB)) = x \cdot (B_{1/2} - C_{3/2}) - B_{1/2} \cdot CB = 800x - 1600 ;$$

si $x = 0,5 \text{ m} \Rightarrow M_f = -1200 \text{ N.m}$; si $x = 2 \text{ m} \Rightarrow M_f = 0 \text{ N.m}$.

1-4 Déduction de la valeur et la position de $\|\vec{T}_{\max}\|$ et $\|\vec{M}_{f\max}\|$:

L'effort tranchant maximal est dans la zone CB, sa valeur est : $\|\vec{T}_{\max}\| = 2400 \text{ N}$;

Le moment fléchissant maximal est en B, sa valeur est : $\|\vec{M}_{f\max}\| = 1200 \text{ N.m}$

1-5 Calcul du moment quadratique I_{Gz} d'une section droite de la poutre:

$$I_{Gz} = \frac{bh^3 - (b-2a)(h-2a)^3}{12} = \frac{250 \times 120^3 - (250-2 \times 5)(120-2 \times 5)^3}{12} = 938 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

1-6 Détermination des valeurs des contraintes $\|\vec{\sigma}_{\max}\|$ et $\|\vec{\tau}_{\text{moy}}\|$:

$$\|\vec{\sigma}_{\max}\| = \frac{\|\vec{M}_{f\max}\|}{I_{Gz}} \text{ or } v = \frac{h}{2} \quad \|\vec{\sigma}_{\max}\| = \frac{1200 \cdot 10^3}{\frac{938 \cdot 10^4}{60}} = 7,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\|\vec{\tau}_{\text{moy}}\| = \frac{\|\vec{T}_{\max}\|}{S} = \frac{\|\vec{T}_{\max}\|}{b \cdot h - ((b-2a)(h-2a))} = \frac{\|\vec{T}_{\max}\|}{2a(b+h-2a)} = \frac{2400}{3600} = 0,67 \text{ N/mm}^2$$

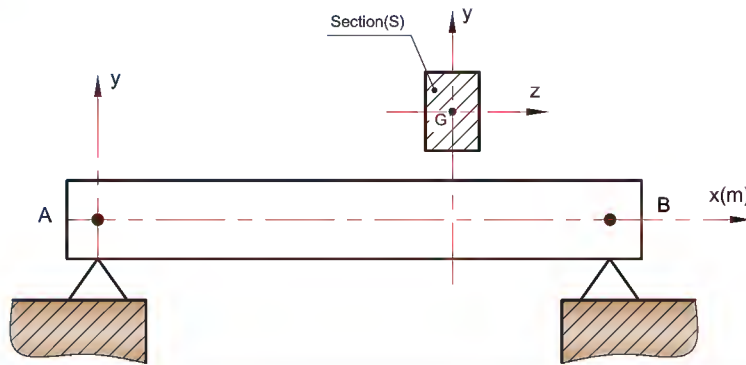
1-7 Vérification de la résistance du bras (2) à la flexion :

Sachant que la résistance pratique est $R_p = 100 \text{ N/mm}^2$:

Pour que le bras résiste à la flexion il faut que : $\sigma_{\max} \leq R_p$

dans notre cas $\sigma_{\max} < 100 \text{ N/mm}^2$ donc le bras résiste en toute sécurité.

2- Moments quadratiques à connaître :



Scetion (S)	I_{Gz}	I_{Gy}	$I_O = I_{Gx} + I_{Gy}$
	$\frac{b \cdot h^3}{12}$	$\frac{h \cdot b^3}{12}$	$\frac{h \cdot b}{12} (b^2 + h^2)$
	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{a^4}{6}$
	$\frac{\pi \cdot d^4}{64}$	$\frac{\pi \cdot d^4}{64}$	$\frac{\pi \cdot d^4}{32}$
	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$\frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$

Développement de connaissances

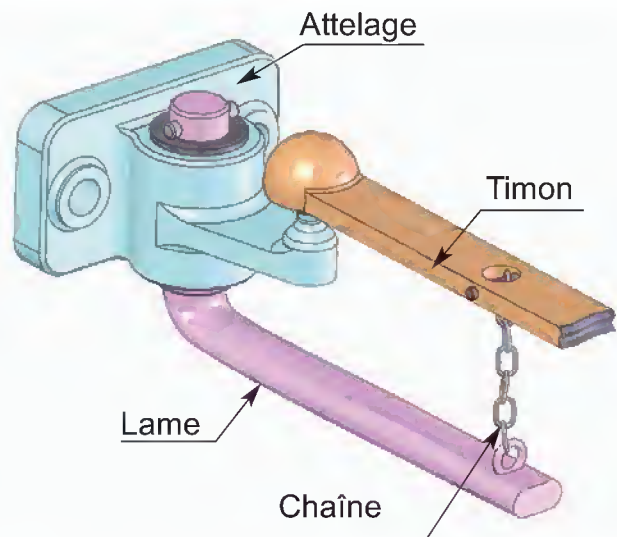
1- Etude de la flexion d'une poutre encastrée à une extrémité :

Etude de cas :

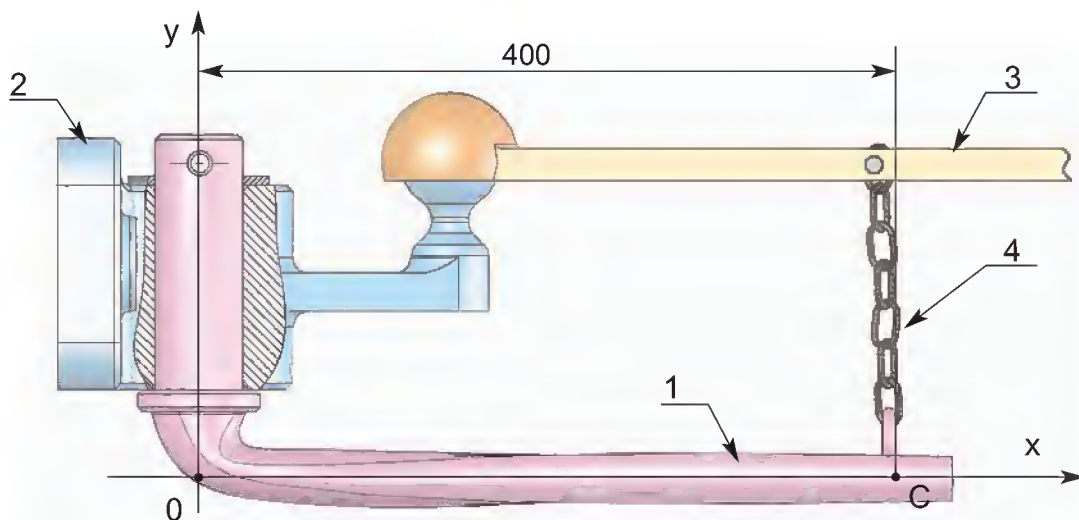
Le système « easy-drive » schématisé ci-dessous est utilisé pour rigidifier la liaison du timon de la caravane et de la boule d'attelage de la voiture tractrice, et pour diminuer les efforts imposés par la caravane à la suspension.

Ce système est constitué par une lame de ressort coudée (1). La liaison de cette lame (1) avec l'attelage (2) de la voiture est une liaison pivot d'axe (O,y).

La lame (1) proprement dite a une longueur **400mm** et une section que l'on considère constante : largeur **b = 24mm**, hauteur **h = 10mm**. Elle est en acier à ressort **45 Si 8** dont la limite élastique est **Re = 1100 MPa**.



Une chaîne (4) sert à régler l'effort de la lame (1) sur le timon (3) de la caravane. Un levier spécial permet d'ajouter ou de supprimer un maillon en fonction de la masse à tracter.



1-1 Étude de l'équilibre de (1) : sachant que :

- l'action de la chaîne (4) sur (1) est modélisée par une force appliquée en C, parallèle à l'axe (O,y) et de module 900N.
- la liaison entre la lame (1) et l'attelage (2) est modélisée par un encastrement.

On applique le P.F.S. en O

$$\vec{F}_{2/1} + \vec{F}_{4/1} = \vec{0} \quad (1)$$

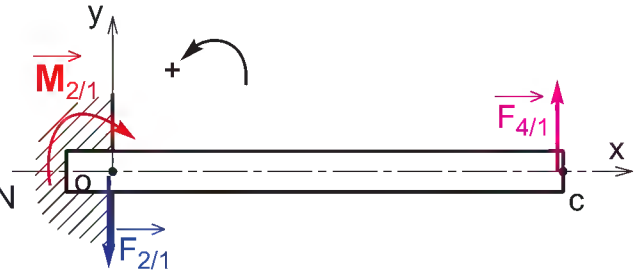
$$\vec{M}_{2/1/O} + \vec{M}_{4/1/O} + \vec{M}_{2/1/O} = 0 \quad (2)$$

projection /oy

$$(1) \Rightarrow -F_{2/1} + F_{4/1} = 0 \Rightarrow F_{2/1} = F_{4/1} = 900\text{N}$$

$$(2) \Rightarrow 0 + F_{4/1} \cdot OC - \mathcal{M}_{2/1} = 0$$

$$\mathcal{M}_{2/1} = F_{4/1} \cdot OC = 900 \times 0,4 = 360 \text{ N.m}$$



1-2 Construction des diagrammes de l'effort tranchant T et du moment fléchissant Mf le long de la poutre :

Diagramme des efforts tranchants
entre O et C :

$$T = -(-F_{2/1}) = 900 \text{ N}$$

Diagramme des moments fléchissants

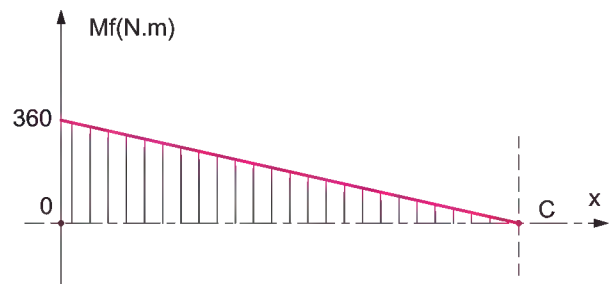
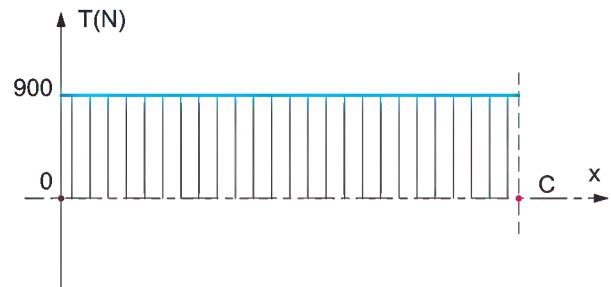
entre O et C : $0 \leq x \leq 0,4$

$$M_f = -(F_{2/1}x - \mathcal{M}_{2/1})$$

$$= -F_{2/1}x + \mathcal{M}_{2/1} = -900x + 360$$

si $x = 0 \Rightarrow M_f = 360 \text{ N.m}$

si $x = 0,4 \Rightarrow M_f = 0 \text{ N.m}$



1-3 Recherche du coefficient de sécurité adopté par le constructeur :

$$\|\vec{\sigma}_{\max}\| \leq R_p \Rightarrow \|\vec{\sigma}_{\max}\| \leq \frac{R_e}{s} \Rightarrow s \leq \frac{R_e}{\|\vec{\sigma}_{\max}\|}$$

$$\|\vec{\sigma}_{\max}\| = \frac{\|\vec{M}_{f\max}\|}{\frac{I_{Gz}}{v}} = \frac{\|\vec{M}_{f\max}\|}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{360 \cdot 10^3}{\frac{24 \cdot 10^2}{6}} = 900 \text{ N/mm}^2 ;$$

$$\Rightarrow s \leq \frac{1100}{900} \Rightarrow s \leq 1,22$$

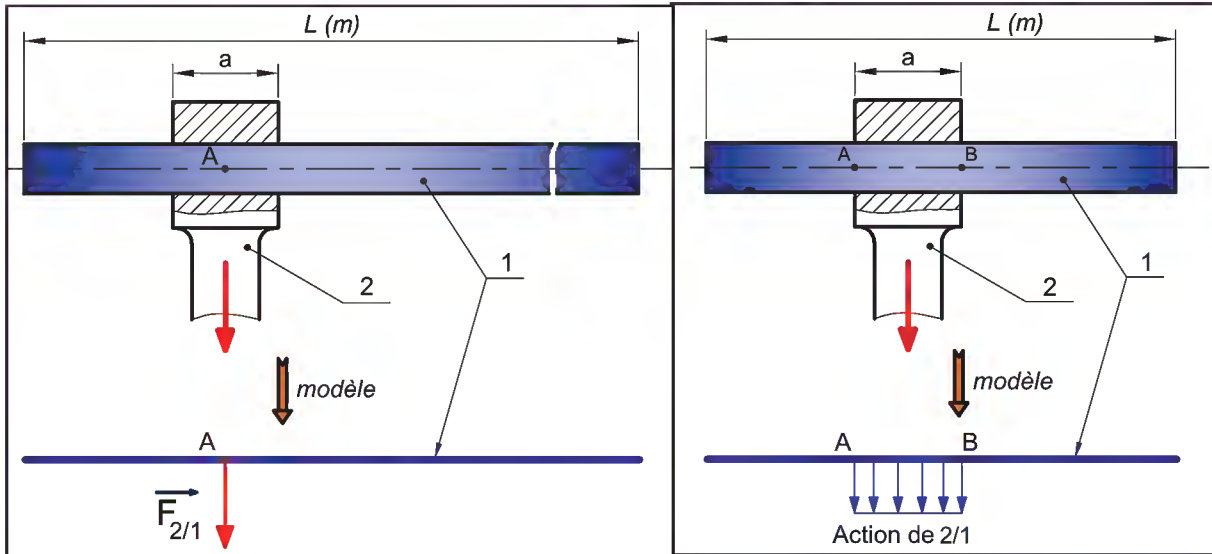
2- Etude de la flexion d'une poutre recevant une charge uniformément répartie:

2-1 Notion de charge uniformément répartie :

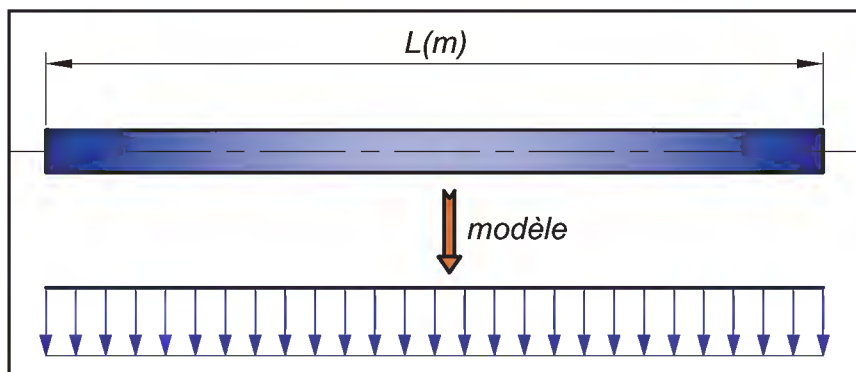
a- Modélisation d'une action de contact répartie linéairement :

- Cas d'un contact "court" : $a \leq \frac{L}{10}$
 ⇒ Charge localisée

- Cas d'un contact "long" : $a > \frac{L}{10}$
 ⇒ Charge uniformément répartie



b- Exemple d'une charge uniformément répartie :



Zone d'action longue : $a > \frac{L}{10}$.

Cas particulier du poids : $a = L$
 Soit P le poids total de la poutre.

Soit $q = \frac{P}{L} = \frac{m \cdot g}{L}$ avec $\left\{ \begin{array}{l} m : \text{masse de la poutre en kilogramme ; kg} \\ g : \text{attraction terrestre en N/kg.} \end{array} \right.$

Le coefficient de charge (ici $q = \text{cte}$), q s'exprime généralement en newtons par mètre (N/m) ou newtons par millimètre (N/mm).

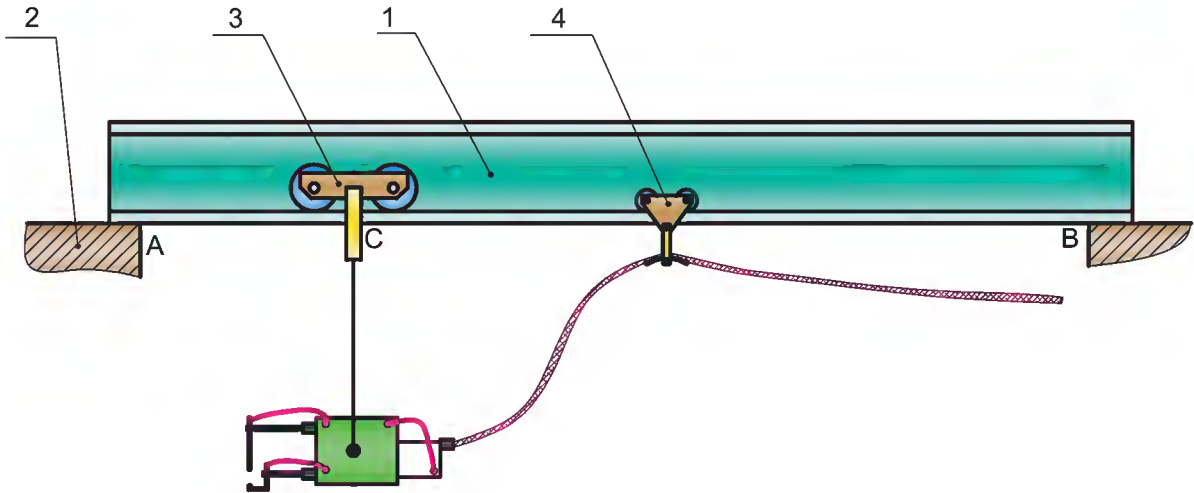
2-2 Etude de cas :

Support d'étude : pince à souder électrique

a- Description :

La figure ci-dessous représente une pince à souder électrique conçue pour réaliser l'assemblage de métaux en feuille.

Cette pince doit pouvoir être déplacée manuellement par rapport aux pièces à souder. Pour cela on a prévu les chariots (3) et (4) pour suspendre cet ensemble.

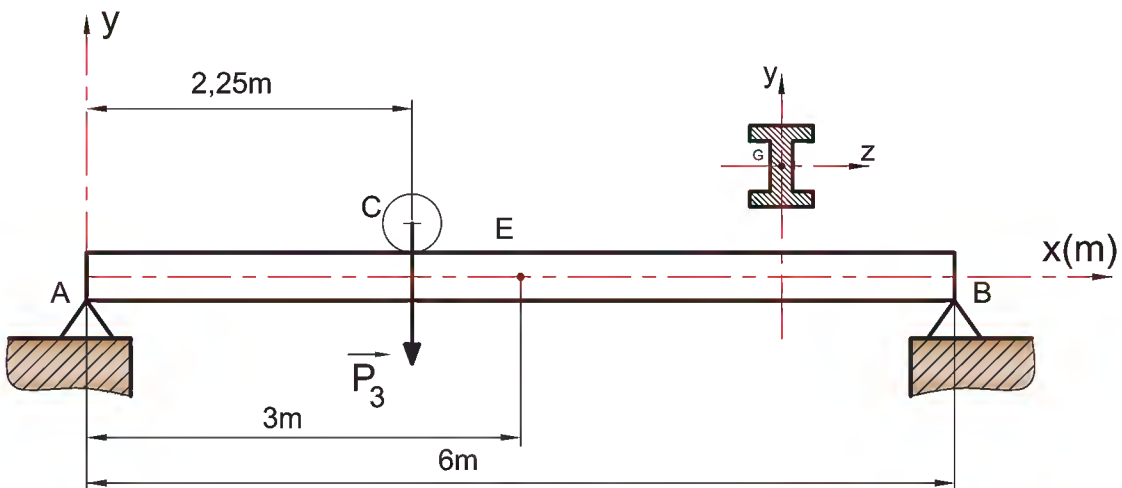


Au cours des déplacements de la pince, il est nécessaire que le chariot porte câble (4) suit le mouvement (dans cette étude on néglige l'action de (4) sur (1)).

Le profilé IPN (1) qui supporte les chariots est suspendu au plafond de l'atelier (2) en deux appuis A et B distant de 6 mètres, qui sont considérés comme appuis simples sans adhérence.

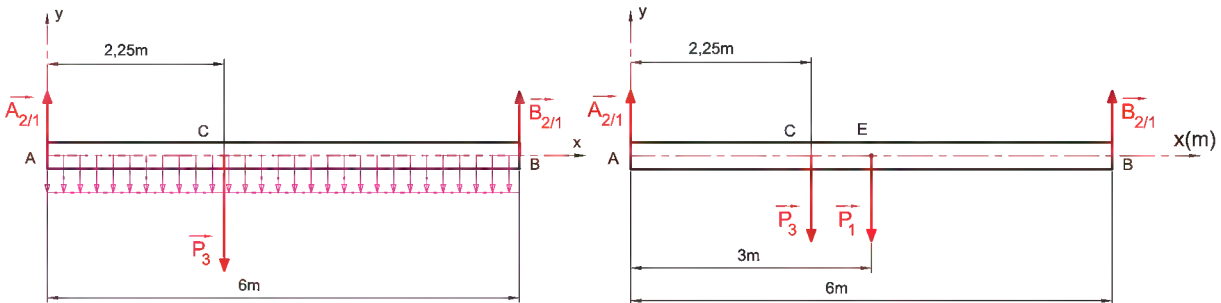
L'ensemble étudié est constitué (voir figure ci-dessous) par :

- un chariot porte pince (3) de poids \vec{P}_3 appliqué en C : $\|\vec{P}_3\| = 800 \text{ N}$;
- un chariot porte câble (4) de poids supposé négligeable.
- un profilé de poids linéaire ($q = 100 \text{ N/m}$) .



L'étude sera effectuée relative la position de la pince donnée par la figure précédente :

b- Détermination des actions mécaniques des appuis simples : $\vec{A}_{2/1}$ et $\vec{B}_{2/1}$



On applique le P.F.S. en A

$$\vec{A}_{2/1} + \vec{B}_{2/1} + \vec{P}_3 + \vec{P}_1 = \vec{0} \quad (1)$$

$$\vec{M}_{A_{2/1}/A} + \vec{M}_{B_{2/1}/A} + \vec{M}_{P_3/A} + \vec{M}_{P_1/A} = 0 \quad (2)$$

projection /Ay : (1) $\Rightarrow A_{2/1} + B_{2/1} - P_3 - P_1 = 0 \Rightarrow A_{2/1} + B_{2/1} = P_3 + P_1$
avec $P_1 = q.L = 100 \times 6 = 600\text{N}$

(2) $\Rightarrow 0 + B_{2/1}.AB - P_3.AC - P_1.AE = 0$

$$\Rightarrow B_{2/1} = \frac{P_3.AC + P_1.AE}{AB} = \frac{800 \times 2,25 + 600 \times 3}{6} = 600\text{N}$$

$$\Rightarrow A_{2/1} = 800\text{N}$$

c- Traçage du diagramme des efforts tranchants le long de la poutre : T :

Etude de la zone AC :

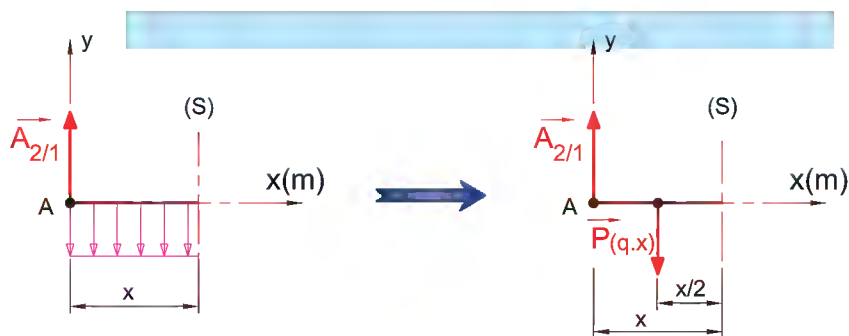
On isole par la pensée le tronçon qui se trouve à gauche de la section (S) d'abscisse (x) (voir ci-contre) et on applique la définition de l'effort tranchant :

$$T = - (A_{2/1} - q.x)$$

$$T = q.x - A_{2/1}$$

$$T = 100.x - 800$$

avec $0 \leq x \leq 2,25$



si $x = 0$; $T = - 800$ N. et si $x = 2,25$; $T = - 575$ N.

Etude de la zone CB : On fait la même chose pour le tronçon qui se trouve à gauche de la section (S) d'abscisse (x) (voir ci-dessous).

$$T = - (A_{2/1} - q \cdot x - P_3) = q \cdot x - A_{2/1} + P_3 \Leftrightarrow T = 100 \cdot x$$

avec $2,25 \leq x \leq 6$ m.

si $x = 2,25$; $T = 225$ N. et si $x = 6$; $T = 600$ N.

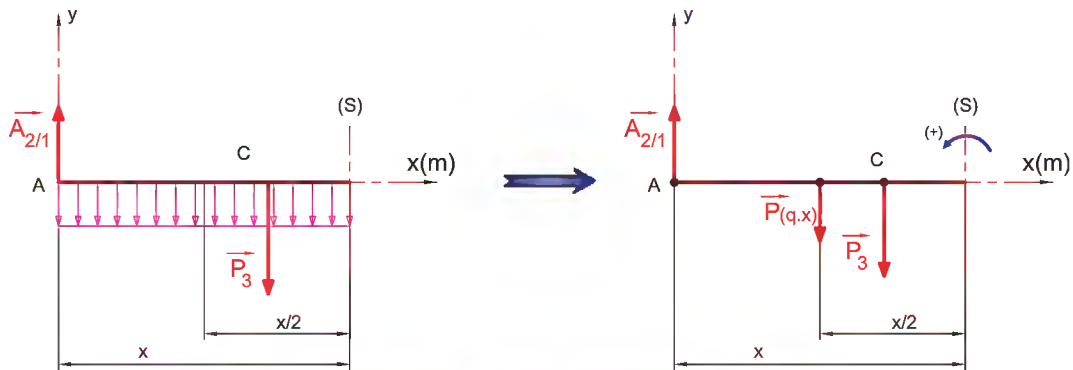
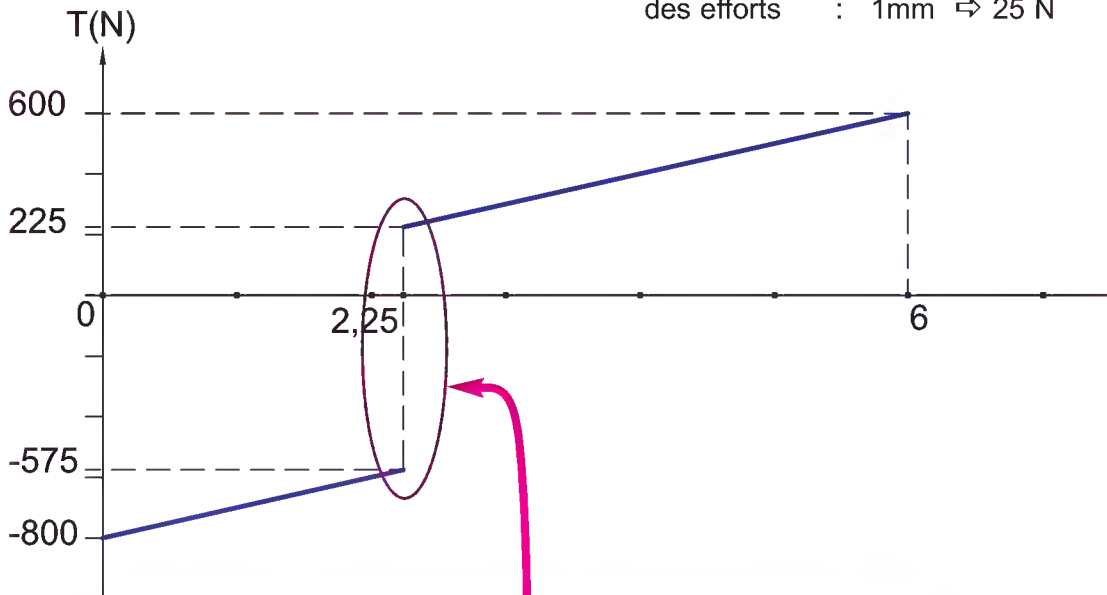


Diagramme des efforts tranchants :

Echelles:

des longueurs : 10mm \Leftrightarrow 1 m

des efforts : 1mm \Leftrightarrow 25 N

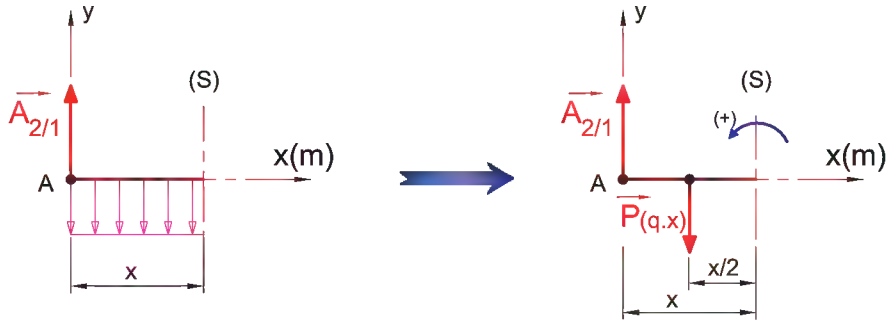


La présence de la charge P_3 d'abscisse ($x=2,25$ m) implique une discontinuité pour $T(x)$.

d- Traçage du diagramme des moments fléchissants le long de la poutre : M_f :

Etude de la zone AC :

On considère la section (S) d'abscisse (x), (voir ci-dessous), tel que : $0 \leq x \leq 2,25$ m



$$M_f = - (- A_{2/1} \cdot x + (q \cdot x) \cdot \frac{x}{2}) = - \frac{q}{2} \cdot x^2 + A_{2/1} \cdot x \Rightarrow M_f = -50x^2 + 800x$$

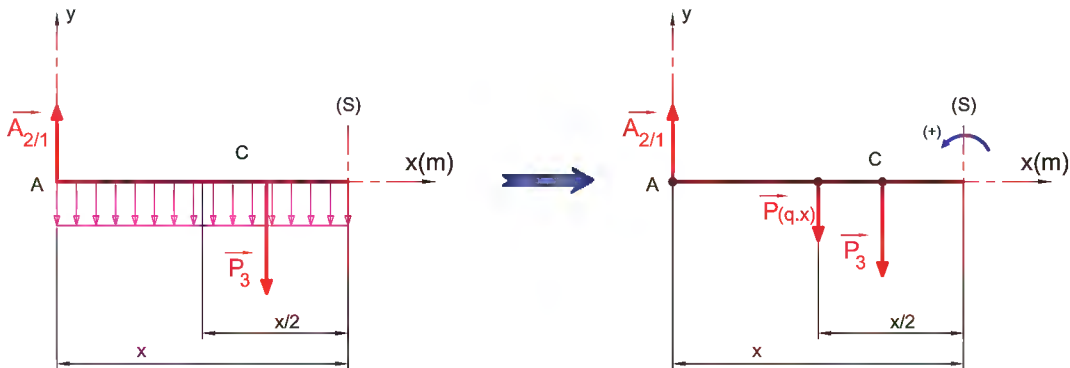
si $x = 0 \Rightarrow M_f = 0$ N.m ; si $x = 2,25 \Rightarrow M_f = 1546,875$ N.m.

Cherchons l'extremum de la fonction $M_f(x)$. Celui-ci s'obtient en annulant la dérivée de la fonction. $(M_f)'(x) = 0 \Rightarrow -100 \cdot x + 800 = 0 \Rightarrow x = 8$ m ;

pour $x = 8$ m ; on a $M_f = 3200$ N.m.

Etude de la zone CB :

On considère la section (S) d'abscisse (x), (voir ci-dessous), tel que : $2,25 \leq x \leq 6$ m



$$M_f = - (- A_{2/1} \cdot x + (q \cdot x) \cdot \frac{x}{2} + P_3 \cdot (x - AC)) = - \frac{q}{2} \cdot x^2 + (A_{2/1} - P_3) \cdot x + P_3 \cdot AC \Rightarrow$$

$$M_f = -50x^2 + 1800$$

si $x = 2,25 \Rightarrow M_f = 1546,875$ N.m ; si $x = 6$ m $\Rightarrow M_f = 0$ N.m.

Cherchons l'extremum de la fonction $M_f(x)$.

$(M_f)'(x) = 0 \Rightarrow -100 \cdot x = 0 \Rightarrow x = 0$ m ;

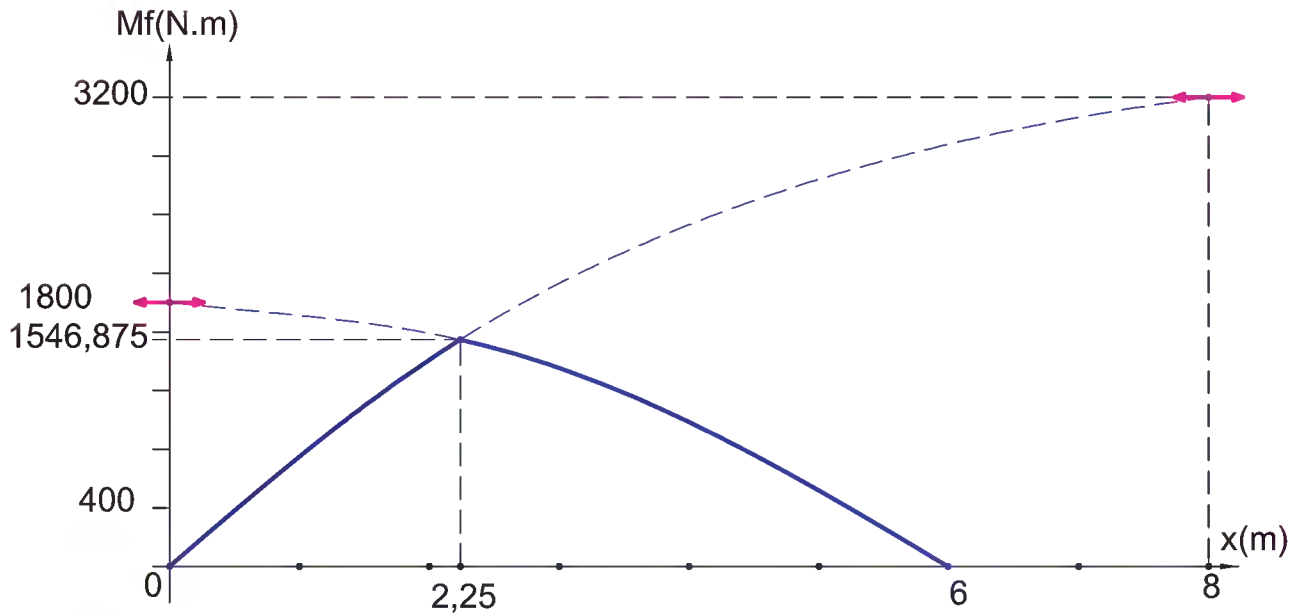
pour $x = 0$ m ; on a $M_f = 1800$ N.m.

Diagramme des moments fléchissants :

Echelles:

des longueurs : 15mm \Leftrightarrow 1 m

des moments : 1mm \Leftrightarrow 50 N.m



N.B : Avant d'entreprendre le tracé du diagramme, il convient de s'assurer que les points particuliers restent dans les limites de la figure.

e- Déduction du moment fléchissant au niveau de la section dangereuse:

$$|M_{fmax}| = 1546,875 \text{ N.m}$$

f- Recherche du module de flexion minimal $\frac{I_{GZ}}{v}$ min, sachant que le profilé est en acier tel que $R_p = 80 \text{ N/mm}^2$:

Pour que le profilé (1) résiste en toute sécurité il faut que :

$$\|\vec{\sigma}_{max}\| \leq R_p \Leftrightarrow \frac{\|\vec{M}_{fmax}\|}{\frac{I_{GZ}}{v}} \leq R_p \Leftrightarrow \frac{I_{GZ}}{v} \geq \frac{\|\vec{M}_{fmax}\|}{R_p}$$

$$\frac{I_{GZ}}{v} \text{ min} = \frac{1546,875 \times 10^3}{80} \Leftrightarrow \frac{I_{GZ}}{v} \text{ min} = 19336 \text{ mm}^3$$

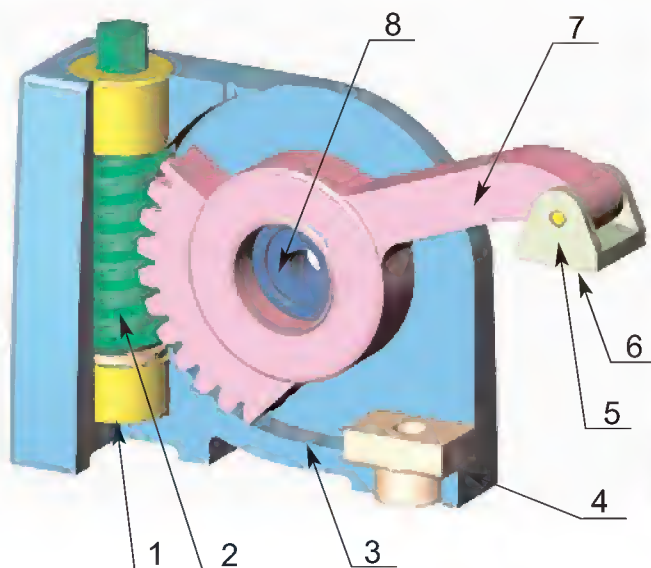
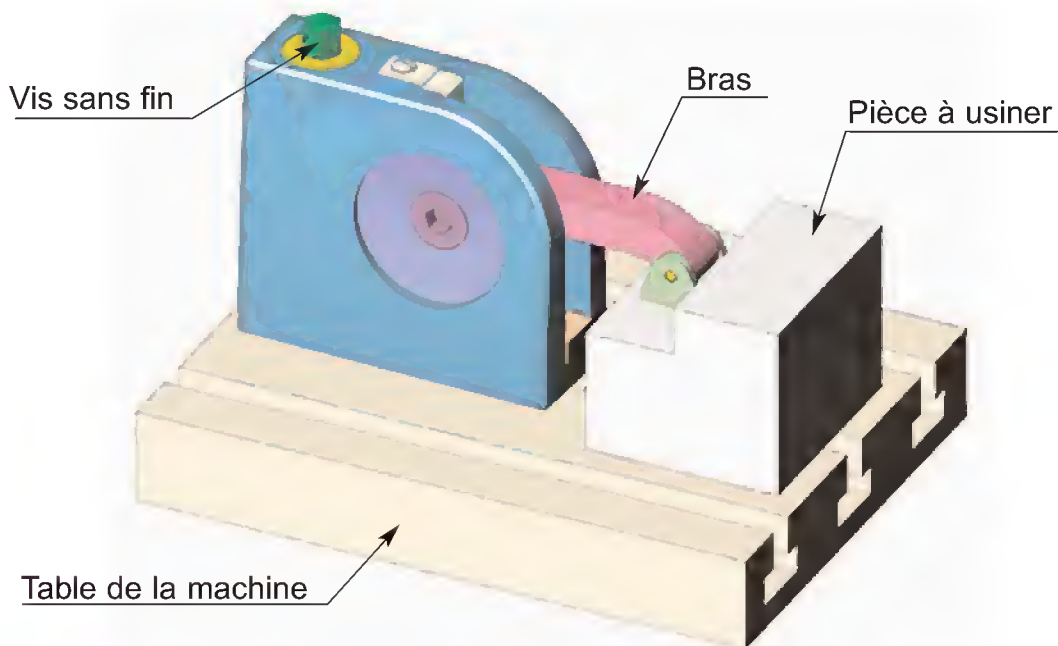
Consolidation des connaissances

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 denté et d'une tige.

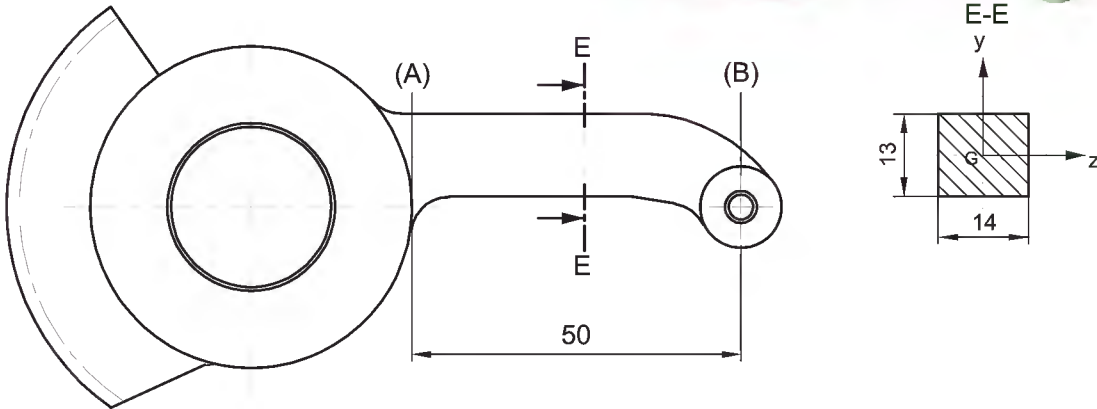
La manoeuvre de la vis sans fin (2) à l'aide d'une clé spéciale permet la rotation du bras (7) entraînant l'immobilisation de la pièce à usiner par l'intermédiaire du patin (6).



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

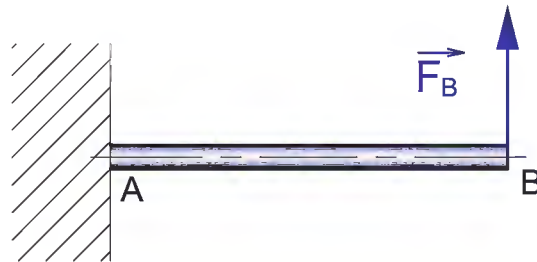
Bras (7)

En position de bridage, l'extrémité du bras (7) tend à fléchir sous l'effet du serrage.



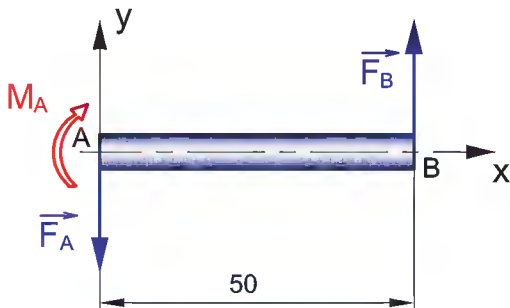
1- Modélisation :

Modélisons la partie tige du bras :
La tige est assimilée à une
encastrée en A soumise à l'action de
la force concentrée



2- Etudier l'équilibre de la tige et déterminer les actions mécanique en A :

\vec{F}_A et \vec{M}_A



M_A est appelé moment d'encastrement au point A
On donne : $\|F_B\| = 700 \text{ N}$. Le poids du bras est négligé.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3- Définir le long de la poutre le diagramme de l'effort tranchant $Ty(x)$.

*

.....

.....

.....

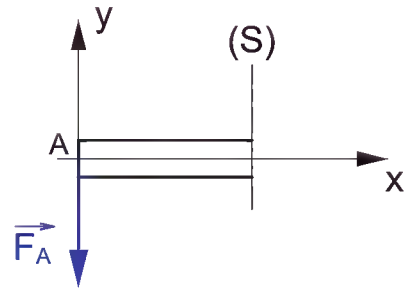
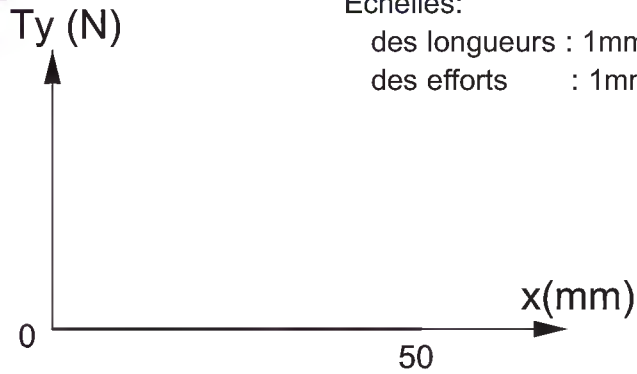


Diagramme des efforts tranchants :



Echelles:
des longueurs : 1mm \Leftrightarrow 1mm
des efforts : 1mm \Leftrightarrow 30N

4-Définir le long de la poutre le diagramme du moment fléchissant Mf .

*

.....

.....

.....

.....

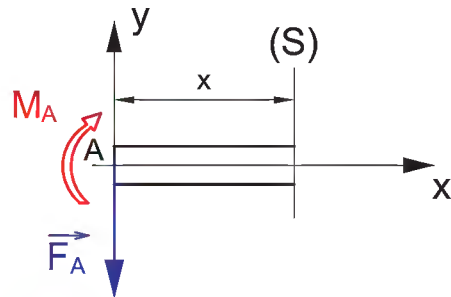
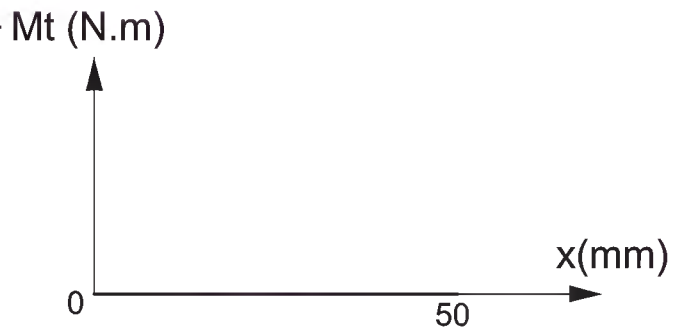


Diagramme des moments fléchissants :



Echelles:
des longueurs : 1mm \Leftrightarrow 1mm
des moments : 1mm \Leftrightarrow 2N.m

*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5- Vérifier la résistance de la poutre sachant qu'elle est en acier de résistance pratique $R_p = 100\text{N/mm}^2$:

*

.....

.....

.....

.....

.....

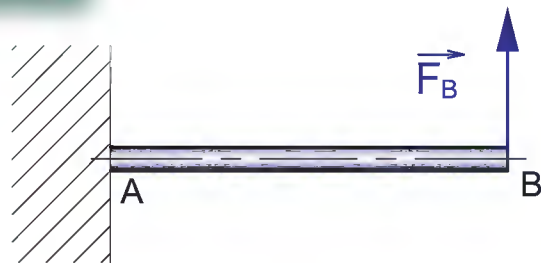
.....

.....

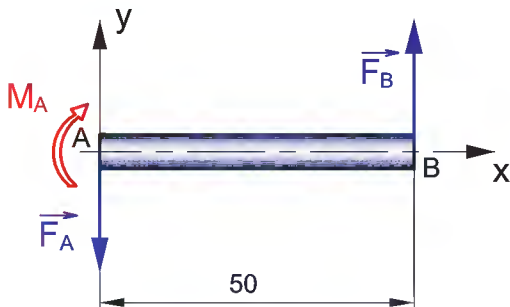
Corrigé

1- Modélisation :

Modélisons la partie tige du bras :
La tige est assimilée à une poutre encastrée en A soumise à l'action de la force concentrée \vec{F}_B .



2- Etude statique :



On donne : $\|\vec{F}_B\| = 700\text{ N}$. Le poids du bras est négligé. Etudions l'équilibre de la tige. Appliquons le principe fondamental de la statique :

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

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

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

M_A est appelé moment d'encastrement au point A

L'équation (1) permet de déterminer $F_A = 700\text{ N}$

L'équation (2) permet de déterminer $M_A = 35\text{ N.m}$

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 :

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

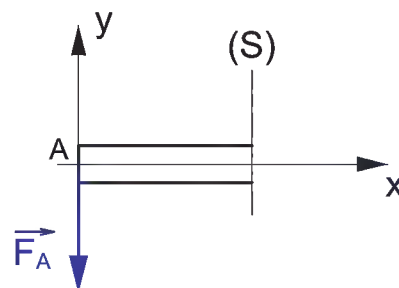
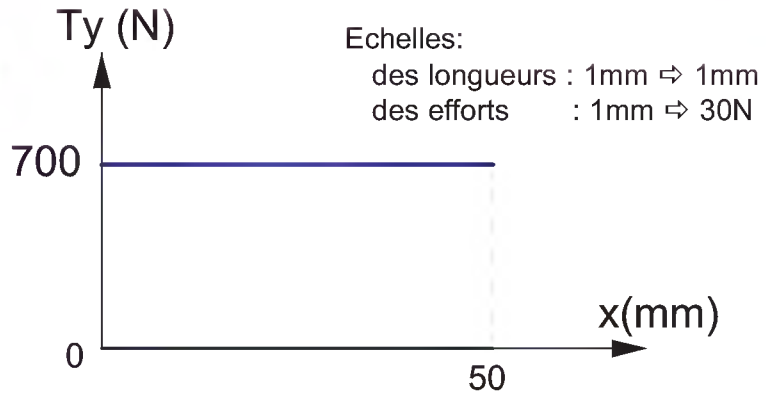


Diagramme des efforts tranchants :



4- Variation du moment fléchissant :

* Entre les sections A et B :

On isole ce qui est à gauche de la section (S) (d'abscisse x) et on applique la définition du moment fléchissant :

pour : $0 \leq x \leq 50\text{mm}$;

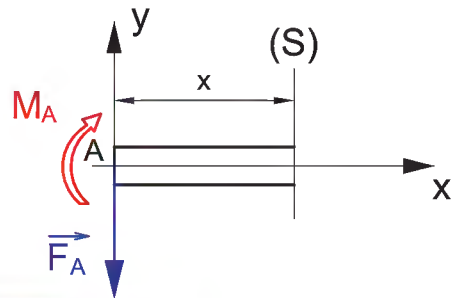


Diagramme des moments fléchissants:

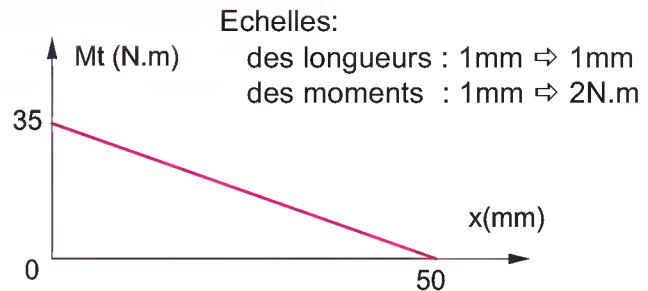
Diagramme des moments flechissants

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

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

si $x = 0 \Rightarrow M_f = 35 \text{ N.m}$

si $x = 50 \Rightarrow M_f = 0 \text{ N.m}$



5- Vérification de la résistance:

La contrainte normale maximale est : $\|\sigma_{\max}\| = \frac{\|M_{f\max}\|}{\frac{I_{Gz}}{v}}$

Le moment fléchissant est maximal dans la section A : $\|M_{f\max}\| = 35 \text{ N.m}$

I_{Gz} étant le moment quadratique de la section S par rapport à l'axe Gz

Pour une section rectangulaire, $I_{Gz} = \frac{b \cdot h^3}{12}$

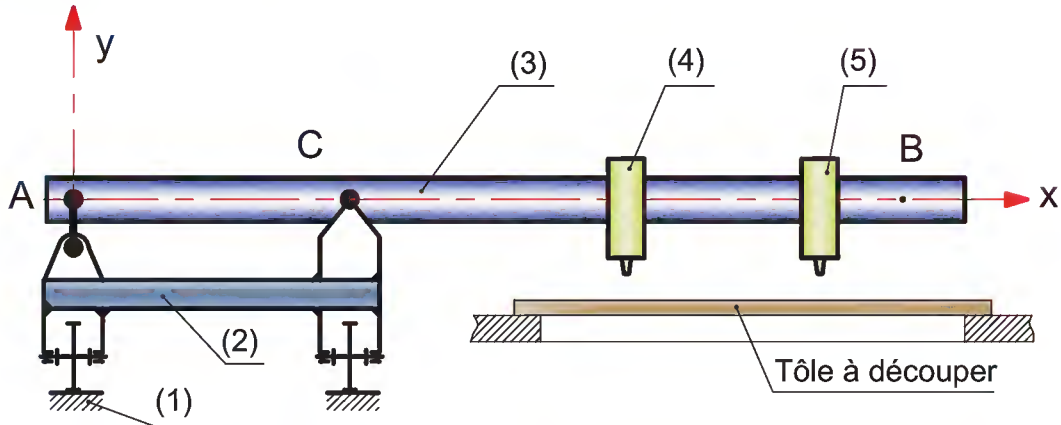
$$v = \frac{h}{2} = \frac{13}{2} = 6,5\text{mm}$$

$$\|\sigma_{\max}\| = 88,75 \text{ N/mm}^2.$$

Donc $\|\sigma_{\max}\| \leq R_p \Rightarrow$ *la poutre résiste à la flexion en toute sécurité.*

Evaluation

Système d'étude : Machine à couper les tôles



La figure ci-dessus représente une machine à découper les tôles à l'aide de chalumeaux.

La machine est composée d'un chariot (2) se déplaçant sur les rails (1). Ce chariot porte une poutre horizontale (3). Deux chariots (4) et (5) peuvent se déplacer sur la poutre (3) entre B et C en suivant un gabarit. (4) et (5) portent les chalumeaux de découpage. On se propose de vérifier la résistance de la poutre (3) à la flexion plane simple.

Hypothèses :

La poutre (3) de section constante a un poids linéique de ($q = 220\text{N/m}$).

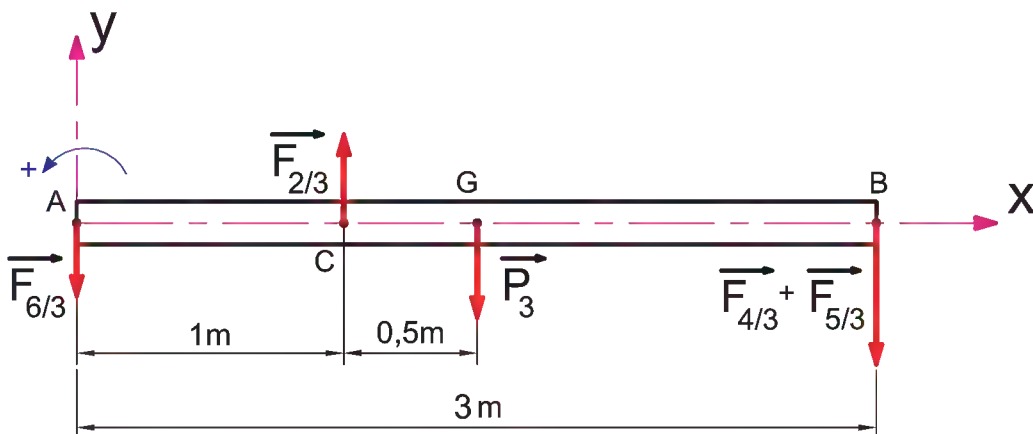
Les chariots (4) et (5) ont un poids de 300N chacun.

Les liaisons en A et C sont des liaisons pivot sans adhérence.





On admettra que les chariots (4) et (5) peuvent atteindre simultanément la position B.

La poutre (3) est en acier de résistance pratique à l'extension $R_p = 80\text{N/mm}^2$

1- Isoler la poutre (3) et déterminer les actions de contact en A et en C dans le cas ou on suppose que les chariots porte-chalumeaux (4) et (5) sont tous les deux en B:



-Bilan des actions mécaniques:

				
\vec{P}_3	G	|	↓	660N
$\vec{F}_{6/3}$	A	|	↓	.....
$\vec{F}_{2/3}$	C	|	↑	.....
$\vec{F}_{4/3}$	B	|	↓	300N
$\vec{F}_{5/3}$	B	|	↓	300N

.....

$$\|\vec{F}_{2/3}\| = \dots\dots\dots \text{ N}; \quad \|\vec{F}_{6/3}\| = \dots\dots\dots \text{ N};$$

2- Les chariots porte-chalumeaux (4) et (5) sont tous les deux en B. Définir le long de la poutre (3) le diagramme des efforts tranchants $Ty(x)$.

* Entre les sections A et C :

.....

* Entre les sections C et B :

.....

3- Toujours dans le cas où les chariots porte-chalumeaux (4) et (5) sont tous les deux en B. Définir le long de la poutre (3) le diagramme du moment fléchissant Mf .

* Entre les sections A et C :

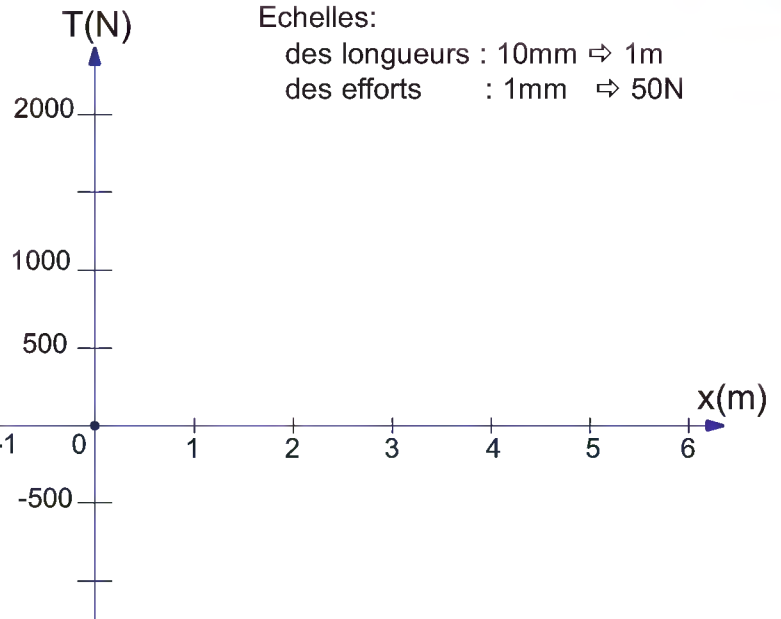
.....

* Entre les sections C et B :

.....

.....

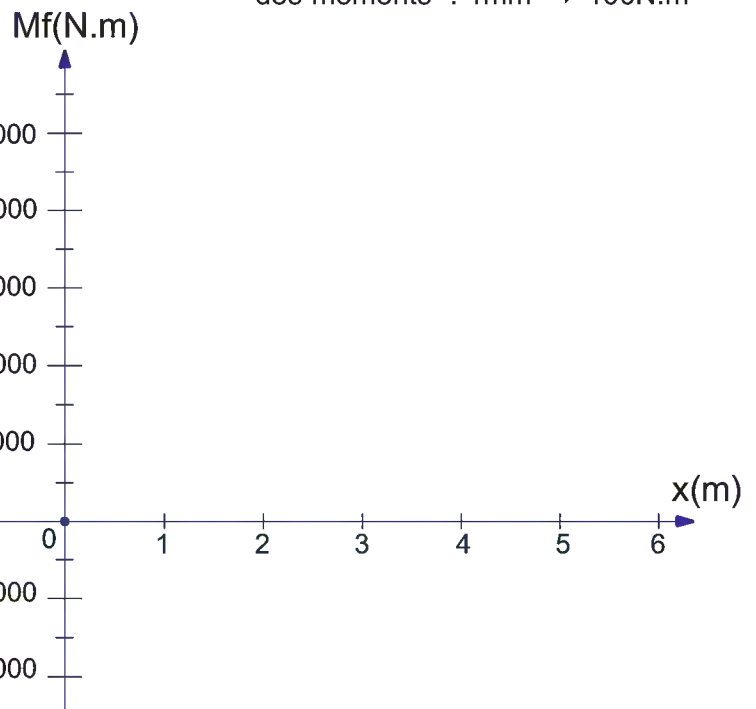
Diagramme des efforts tranchants :



Echelles:

des longueurs : 10mm \Leftrightarrow 1m
des efforts : 1mm \Leftrightarrow 50N

Diagramme des moments fléchissants:



Echelles:

des longueurs : 10mm \Leftrightarrow 1m
des moments : 1mm \Leftrightarrow 100N.m

4- Vérifier la résistance de la poutre (3) sachant que le module de flexion est de $125 \cdot 10^3 \text{mm}^3$:

.....

Développement de connaissances

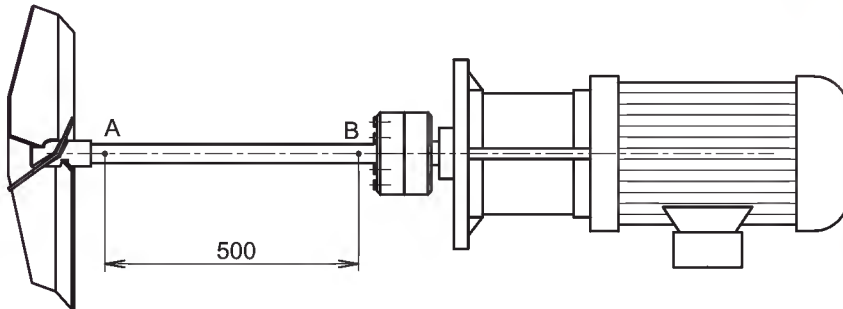
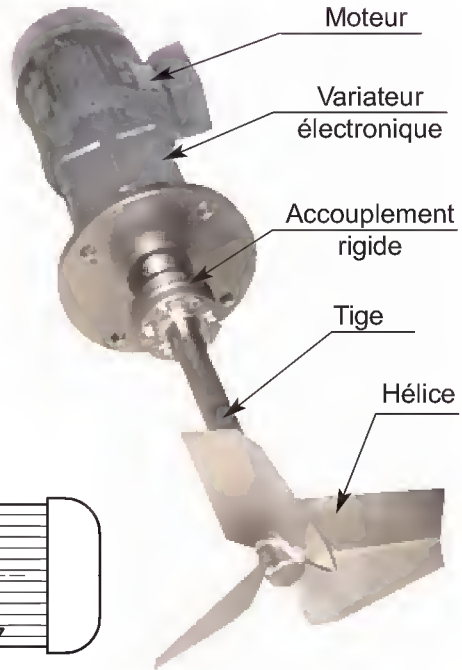
1- Mise en situation:

Système : malaxeur de peinture

Ce malaxeur prépare toutes les peintures, crépis d'intérieur et pâtes à projeter. La vitesse de malaxage est réglable de 260 à 630 tr/min, avec variateur électronique.

Une tige porte hélice d'agitation de peinture est accouplée à un moto- variateur.

- Données : - longueur $L = 500\text{mm}$.
 - puissance transmise est de 1400 W.
 - poids maxi à mélanger 100 Kg.

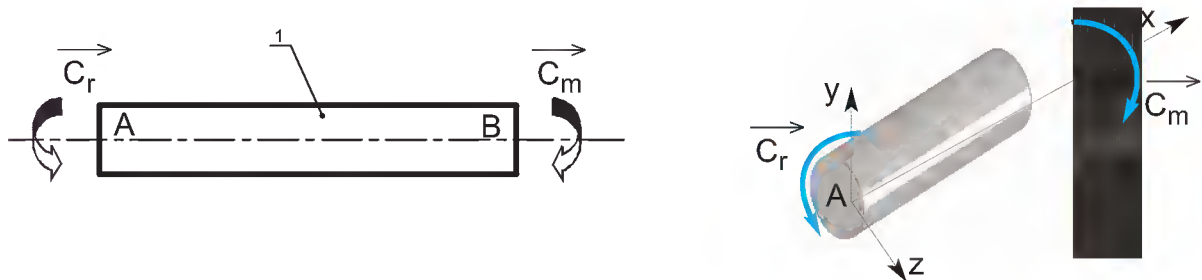


Problème : On cherche à vérifier le dimensionnement de la tige porte hélice.

Hypothèses :

- On suppose que la tige est assimilable à une poutre cylindrique pleine.
- Le poids de la tige est négligé.

Modélisation : pour la suite de l'étude, on considère le modèle suivant :



Analyse :

- L'hélice exerce sur la tige un couple résistant.
- La tige soumise à l'action de deux couples portés par l'axe (A,x).

Conclusion :

La tige est soumise à ses deux extrémités à des actions mécaniques qui se réduisent à deux couples égaux et opposés dont les moments sont portés par la ligne moyenne. On dit qu'elle est sollicitée à la torsion simple.

2- La torsion simple :

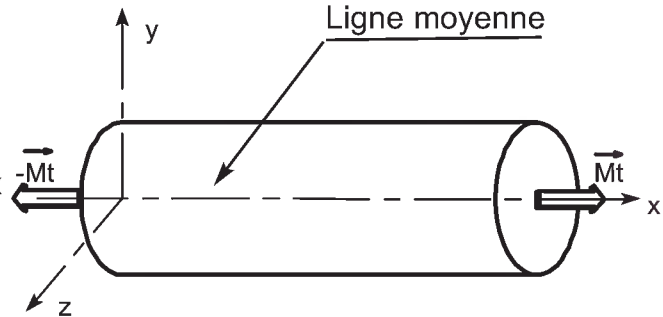
2-1 Hypothèses :

Les formules et les propriétés établies dans la suite de ce cours supposent que :

- Le solide étudié est une poutre cylindrique de diamètre constant et de poids négligé.
- Les couples sont appliqués dans les sections extrêmes.
- La variation de longueur des génératrices est négligée.
- Les déformations seront limitées au domaine élastique.

2-2 Définition :

Une poutre est sollicitée à la torsion lorsqu'elle est soumise à ses deux extrémités à des actions mécaniques qui se réduisent à deux couples égaux et opposés dont les moments sont portés par la ligne moyenne.

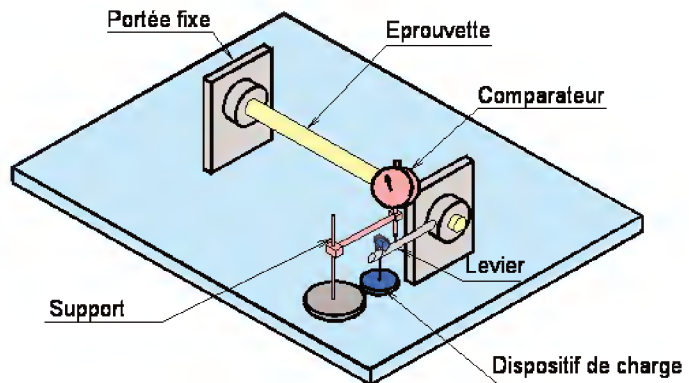


3- Etude expérimentale :

3-1 Essai de torsion :

a- Dispositif d'essai :

La figure ci-contre représente un dispositif d'essai de torsion. Il permet de fournir la rotation (α) du levier en fonction du moment de torsion dû à la charge accrochée.



b- Déroulement d'un essai:

L'essai consiste à :

- Placer une éprouvette à travers les éléments de fixation et bloquer l'une de ses extrémités dans la portée fixe.
- Fixer l'autre extrémité au levier monté dans des roulements à billes (à la longueur désirée).
- Régler le dispositif de mesure de telle sorte que le palpeur du comparateur soit exactement en face de méplat du levier.
- Positionner le comparateur de sorte que l'aiguille soit à zéro.
- Mesurer la rotation du levier α et le moment de torsion M_t .
- Tracer la courbe de l'essai.

Remarque : 1 tour de l'aiguille de comparateur correspond à 1° .

c- Analyse des résultats:

- Dans la zone (OA) ($M_t \leq M_A$) :

La courbe est linéaire. La rotation α est proportionnelle au couple appliqué $M_t = k \cdot \alpha$

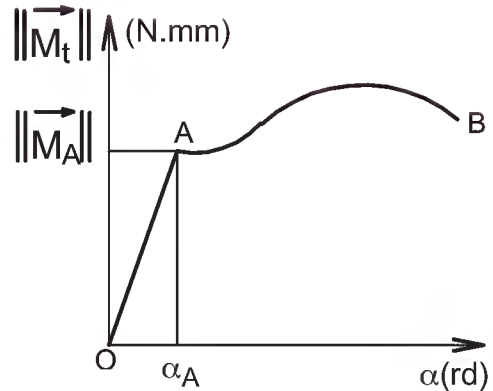
Si on supprime le couple de torsion M_t la rotation α disparaît : Le comportement est donc élastique.

M_A est appelé: Moment de torsion à la limite élastique.

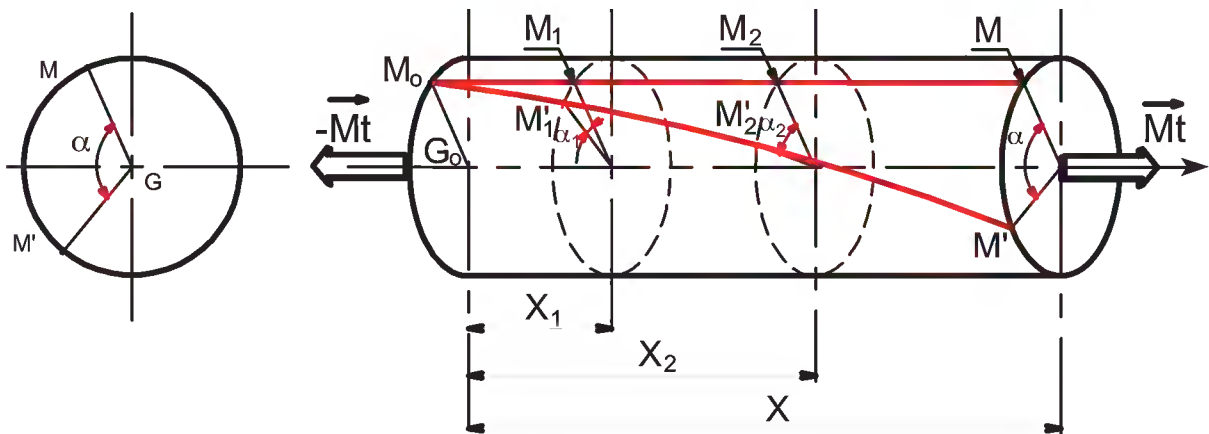
- Dans la zone (AB) ($M_t \geq M_A$) :

La rotation devient permanente après la suppression du couple de torsion.

Lorsqu'on atteint le point B il y a rupture de l'éprouvette d'essai.



3-2 Etude des déformations :



Sous l'action du moment de torsion M_t , la génératrice M_0M initialement rectiligne, devient un arc d'hélice M_0M' .

Les points M_1, M_2 , et M tournent autour de l'axe de l'éprouvette pour venir respectivement en M'_1, M'_2 , et M' .

On relève les angles (α_1), (α_2) et (α) et on constate que :

$$\alpha_1 / x_1 = \alpha_2 / x_2 = \alpha / x = \text{constante.}$$

Cette constante, notée θ , est appelée angle unitaire de torsion.

$$\theta = \frac{\alpha}{L}$$

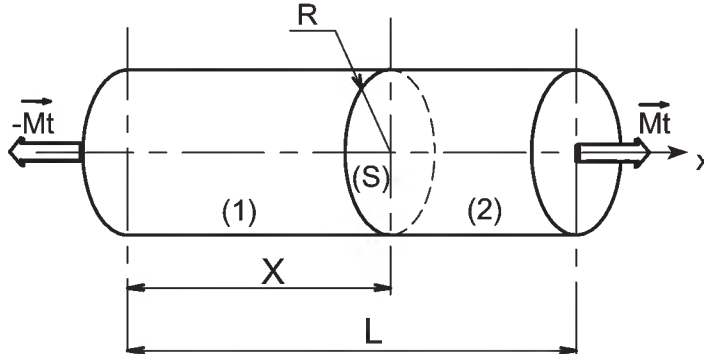
L : Longueur de l'éprouvette en mm

θ : est exprimé en rd/mm

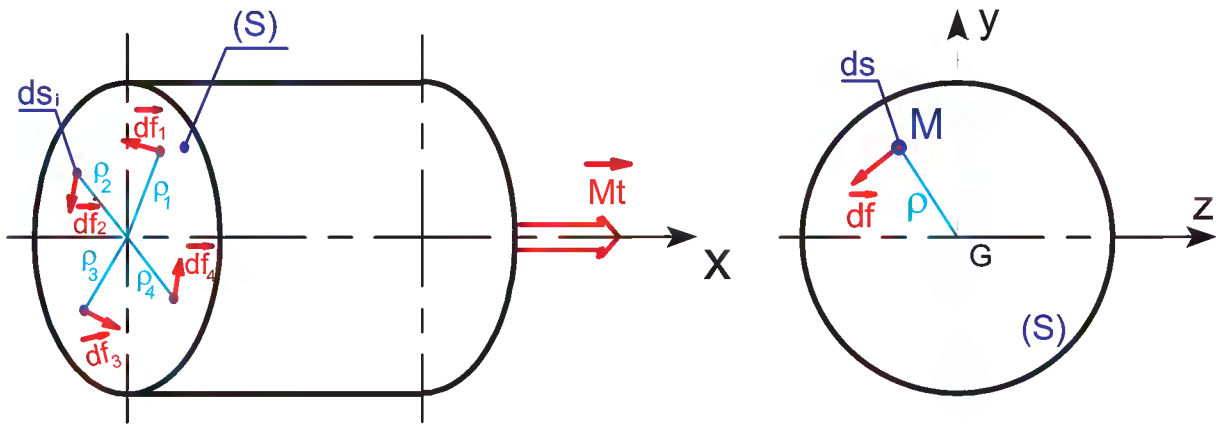
α : angle de torsion en rd.

3-3 Etude des contraintes:

Soit la poutre sollicitée à la torsion comme l'indique la figure ci-dessous.



Etudions l'équilibre du tronçon (2)



Le poids de la poutre étant négligé, le tronçon (2) est soumis à :

- des actions mécaniques extérieures : Moment de torsion M_t .
- un ensemble d'actions mécaniques intérieures élémentaires de cohésion dans la section (S) : action du tronçon (1) sur le tronçon (2).

On montre que ces efforts peuvent être modélisés comme suit:

On désigne par:

ds : un élément de surface autour d'un point M de la section droite ;

ρ : la distance du centre de la section au point M.

Sur l'élément de surface ds , est appliquée une force élémentaire: $\vec{df} = \vec{\tau} \cdot ds$

La direction de cette force est tangente au cercle de rayon ρ , son sens est opposé à celui du couple M_t .

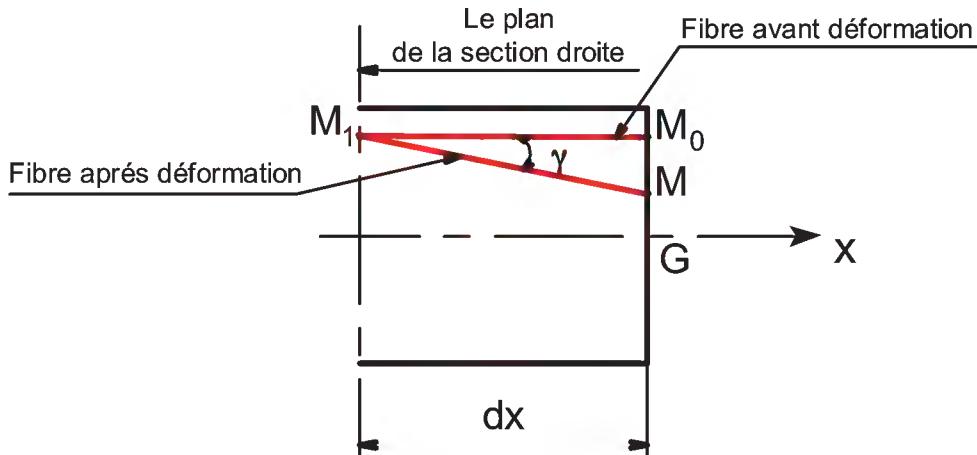
La traduction de l'équilibre du tronçon (2) permet d'écrire :

$$M_t + \sum_i (\vec{GM}_i \wedge \vec{df}_i) = 0 \text{ en projection sur l'axe } (x'x) \text{ on obtient :}$$

$$M_t - \sum_i GM_i \cdot df_i = 0 \quad \boxed{M_t = \sum_i \rho_i \tau \cdot ds_i}$$

3-4 Loi de Hooke :

Pour un petit élément de longueur dx d'une poutre sollicitée à la torsion la fibre M_1M_0 qui devient M_1M .



On note γ l'angle de déviation subie par cette fibre (angle d'hélice)

La contrainte tangentielle τ s'exprime :

$$\tau = G \cdot \gamma$$

G : Module d'élasticité transversale ou module de Coulomb (N/mm^2)

γ s'exprime en rd

τ s'exprime en N/mm^2

3-5 Répartition des contraintes:

Isolons à l'intérieur de la poutre un cylindre dont l'axe est confondu avec la fibre moyenne dont le rayon ρ est compris entre zéro et R et dont la longueur est égale à dx .

après déformation le point M_0 situé à la distance ρ du point G vient en M .

La fibre M_1M_0 subie alors la déviation γ

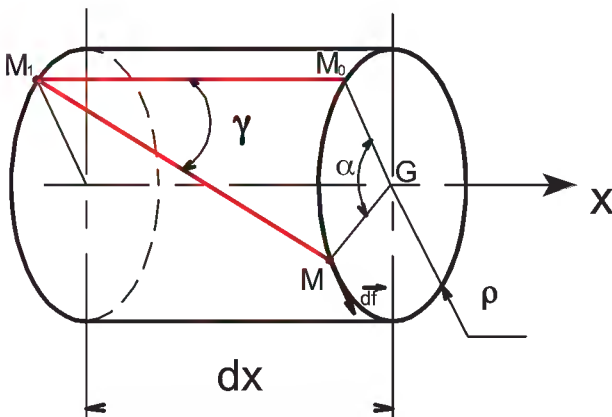
Compte tenu de la valeur extrêmement réduite de γ on peut écrire :

$$\text{tg } \gamma = \gamma, \text{ tg } \gamma = \text{arc } M_0M / M_1M_0$$

$$M_1M_0 = dx$$

$$\text{arc } M_0M = \rho \cdot \alpha, \alpha = \theta dx$$

$$\text{tg } \gamma = \rho \cdot \theta dx / dx = \rho \cdot \theta$$



$$\gamma = \rho \cdot \theta$$

L'équation $\tau = G \cdot \gamma$ devient:

$$\tau = G \cdot \rho \cdot \theta$$

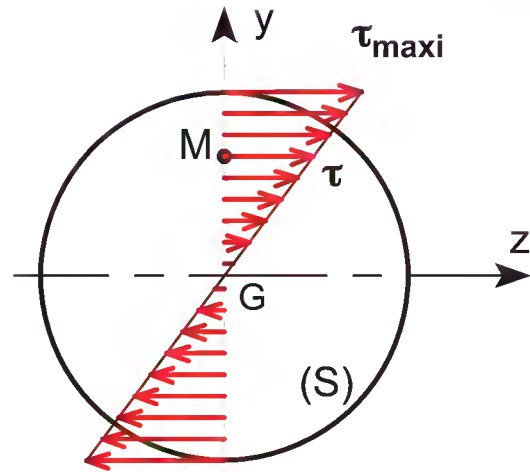
On constate que la contrainte tangentielle varie linéairement en fonction de ρ (G et θ étant des constantes).

La contrainte en un point de la ligne moyenne est donc nulle. ($\rho=0$)

La ligne moyenne est appelée fibre neutre

La contrainte est maximale au point le plus éloigné de la fibre neutre. (si $\rho=R$)

Dans notre cas : $\rho_{\text{maxi}} = R$



4- Equation de la déformation élastique :

Cette équation permet de calculer l'angle unitaire de torsion θ en fonction du moment de torsion M_t

4-1 Relation moment de torsion - angle unitaire de torsion

Rappelons que $M_t = \int \rho_i \tau ds_i$, avec $\tau = G \cdot \rho \cdot \theta$

$$M_t = \int \rho_i \cdot G \cdot \rho_i \cdot \theta \cdot ds_i$$

$$= G \cdot \theta \cdot \int \rho_i^2 \cdot ds_i$$

$\int \rho_i^2 \cdot ds_i = I_o$: Moment quadratique polaire de la surface de la section (S)

$$M_t = G \cdot \theta \cdot I_o$$

$$\theta = \frac{M_t}{G \cdot I_o}$$

- M_t : Moment de torsion en N.mm
- G : Module d'élasticité transversale en N/mm²
- I_o : Moment quadratique polaire en mm⁴ (voir tableau page 277)
- θ : Angle unitaire de torsion en rd/mm

4-2 Condition de rigidité :

Pour certains arbres de transmission on doit limiter les déformations de torsion pour assurer une rigidité convenable, on impose alors une limite à l'angle unitaire de torsion :

$$\theta \leq \theta_{\text{limite}}$$

5- Condition de résistance:

5-1 Relation moment de torsion-contrainte:

on a: $\tau = G \cdot \rho \cdot \theta$ et $\theta = \frac{M_t}{G \cdot I_o}$

de ces deux équations nous pouvons déduire :

$$\tau = \frac{M_t}{I_o} \cdot \rho$$

Si $\rho_{\text{maxi}} = R$ alors

$$\tau_{\text{maxi}} = \frac{M_t}{I_o} \cdot R$$

Finalement :

$$\tau_{\text{maxi}} = \frac{M_t}{\frac{I_o}{R}}$$

M_t : Moment de torsion en N.mm

τ : Contrainte tangentielle en MPa ou N/mm²

I_o : Moment quadratique polaire en mm⁴

R : Distance entre la fibre neutre et la fibre la plus éloignée en mm

5-2 Condition de résistance :

Un composant sollicité à la torsion peut résister en toute sécurité à cette sollicitation si :

$$\tau_{\text{maxi}} \leq \tau_p \quad \text{avec} \quad \tau_p = \frac{\tau_e}{s}$$

τ_p (ou R_{pg}) : Résistance pratique au glissement (MPa).

τ_e (ou R_{eg}) : Limite élastique au cisaillement ou au glissement (MPa).

s : Coefficient de sécurité.

Consolidation des connaissances

Dimensionnement de la tige d'agitateur de peinture

On suppose que: le couple se fait à une vitesse constante de 630 tr/min

la puissance transmise est de 1400 W.

la résistance pratique au cisaillement du matériau de la tige est $\tau_p = 5 \text{ daN/mm}^2$.

la longueur de la tige $L = 500\text{mm}$.

1- Calculer le couple de torsion appliqué sur la tige :

.....

2- Déterminer le diamètre minimal $d_{1\min}$ de la tige :

.....

3- Calculer l'angle de torsion entre les deux extrémités de la tige on prendra ($G = 8000 \text{ daN/mm}^2$) :

.....

4- Calculer le diamètre minimal $d_{2\min}$ de la tige dans le cas où l'angle unitaire de torsion ne doit pas dépasser la valeur de 0,1 degré par mètre :

.....

5- Déduire le diamètre d minimal de l'arbre qui répond aux deux conditions (de résistance et de rigidité) :

.....

Corrigé

1- Le couple de torsion appliqué sur la tige:

$$P = M_t \cdot \omega = \frac{M_t \cdot \pi \cdot N}{30} \quad \text{d'ou} \quad M_t = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot N}$$

$$M_t = \frac{30 \times 1400}{\pi \cdot 630} = 21,22 \text{ N.m}$$

2- Le diamètre minimal de la tige $d_{1\min}$:

Condition de résistance à la torsion: $\tau_{\max} \leq \tau_p$ avec $\tau_{\max} = \frac{M_t}{\frac{I_o}{R}}$

$$I_o = \frac{\pi \cdot d_1^4}{32} \quad \text{et} \quad R = \frac{d_1}{2}$$

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot \tau_p}} \quad \text{alors} \quad d_{1\min} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot \tau_p}}$$

$$d_{1\min} = 12,92 \text{ mm}$$

3- L'angle de torsion entre les deux extrémités de la tige avec ($G = 8000 \text{ daN/mm} \approx$):

$$\theta = \frac{M_t}{G \cdot I_o} = \frac{\alpha}{L} \quad \text{d'ou} \quad \alpha = \frac{32 \cdot L \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot d_1^4} \quad \alpha = 0,048 \text{ rd} = 2,76^\circ$$

4- Le diamètre de la tige dans le cas où l'angle unitaire de torsion ne doit pas dépasser la valeur de 0,1 degré par mètre $d_{2\min}$:

$$\theta = \frac{M_t}{G \cdot I_o} \leq \theta_{\text{limite}} \quad \text{avec} \quad I_o = \frac{\pi \cdot d_2^4}{32} \quad \text{et} \quad \theta_{\text{limite}} = 0,1^\circ/\text{m} = 1,745 \cdot 10^{-6} \text{ rd/mm}$$

$$d_2 \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot \theta_{\text{limite}}}} \quad \text{alors} \quad d_{2\min} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot \theta_{\text{limite}}}}$$

$$d_{2\min} = 35,27 \text{ mm}$$

5- Le diamètre d minimal de l'arbre qui répond aux deux conditions (de résistance et de rigidité):

$$d_{\min} = d_{2\min} = 35,27 \text{ mm}$$

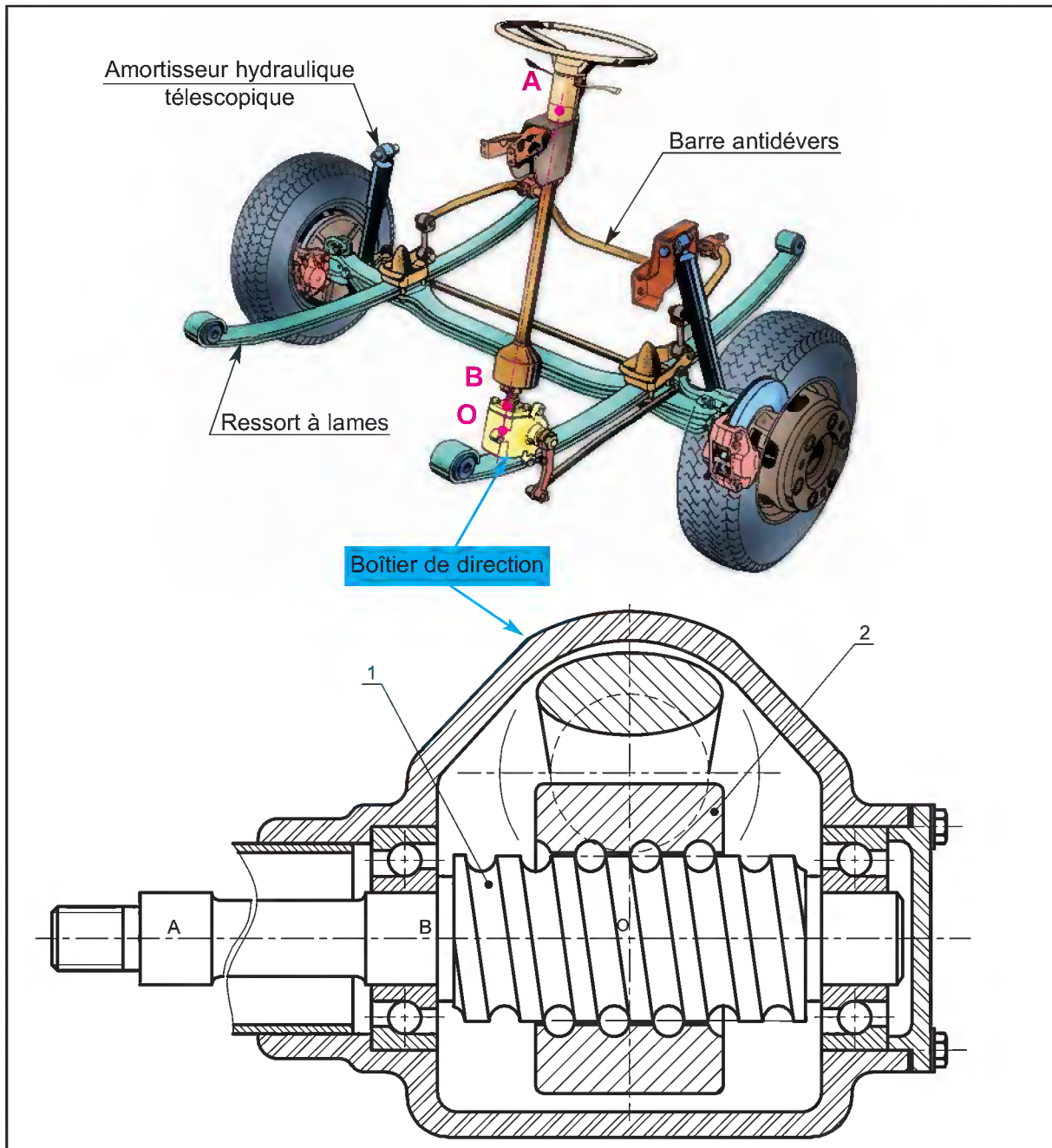
Evaluation

Application : Boîtier de direction avec écrou à billes :

La figure ci-dessous représente un boîtier de direction pour automobile dans sa position "conduite en ligne droite".

La manoeuvre du volant, lié à l'extrémité gauche de la colonne de direction (1) provoque le déplacement en translation de l'écrou à billes (2).

Suivant l'état de la route et la vitesse du véhicule, l'écrou (2) exerce sur la colonne (1) un couple résistant plus ou moins important.



Hypothèses:

On suppose que la colonne (1) est assimilable à une poutre droite cylindrique pleine. Les dimensions de la colonne de direction (1) sont les suivantes:

- Diamètre $d = 14$ mm, longueur entre le volant et la vis à billes $L = OA = 780$ mm
- La colonne (1) est en acier dont les caractéristiques sont :

- . $\tau_e = 300$ N/mm² et $G = 8,4 \cdot 10^4$ N/mm²

- . Couple résistant maximal exercé en O par l'écrou (2) sur la colonne (1) : $M_t = 10$ N.m.

- . Coefficient de sécurité $s = 5$.

1- Quelle est la valeur de la contrainte tangentielle maximale:

.....

.....

.....

.....

.....

2- Vérifier la résistance de la colonne:

.....

.....

.....

.....

.....

3- On désire que l'angle total de déformation élastique de la colonne (1) soit inférieur à 1°. Cette condition est elle assurée:

.....

.....

.....

.....

.....

CHAPITRE 6

OBTENTION DES PIÈCES

Leçon 1 : Réalisation des surfaces élémentaires sur un micro-tour.

Leçon 2 : Réalisation des surfaces élémentaires sur une micro-fraiseuse.

O B J E C T I F S

C2.1- Préciser les procédés d'obtention utilisés pour réaliser une pièce.

C2.2- Mettre en oeuvre les micro-machines pour usiner une pièce

CONNAISSANCES NOUVELLES



☞ Mettre en oeuvre des micro-machines (Micro-tour et micro-fraiseuse) pour réaliser des pièces simples :

- Modifier un programme.
- Simuler.
- Usiner.

Développement de connaissances

1- Les différentes parties du micro-tour :

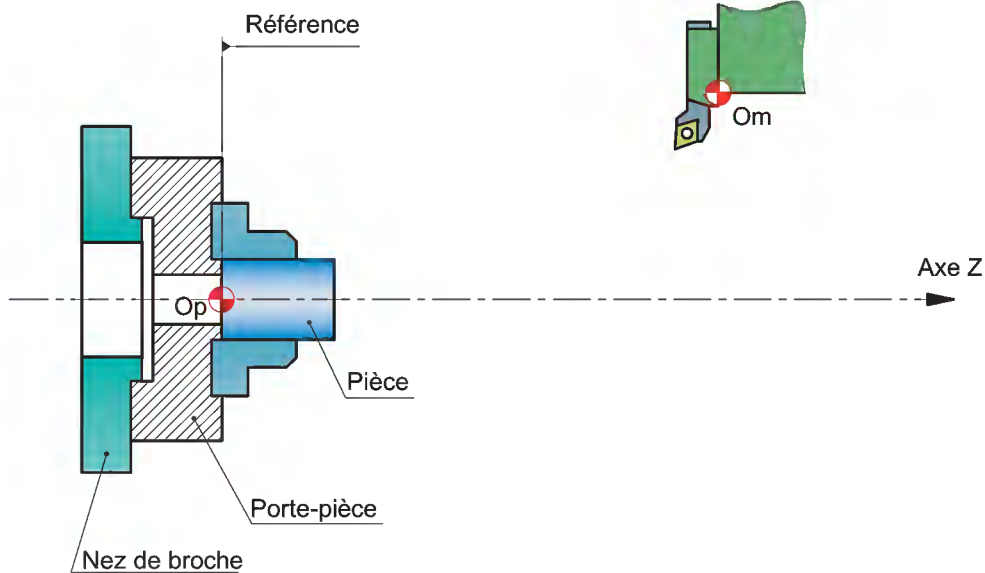
Le micro-tour à commande numérique est composé de deux parties :
une **partie commande** et une **partie opérative**.

<p>La partie commande : C'est l'ordinateur (unité centrale et ses périphériques)</p>	<p>La partie opérative : C'est la machine avec ses actionneurs (moteurs), ses capteurs et ses organes de sécurité (carter et bouton d'arrêt d'urgence).</p>
	
<p>- le logiciel de C.F.A.O servant à créer le fichier d'usinage .</p>	

Origine machine (Om) et origine pièce (Op) :

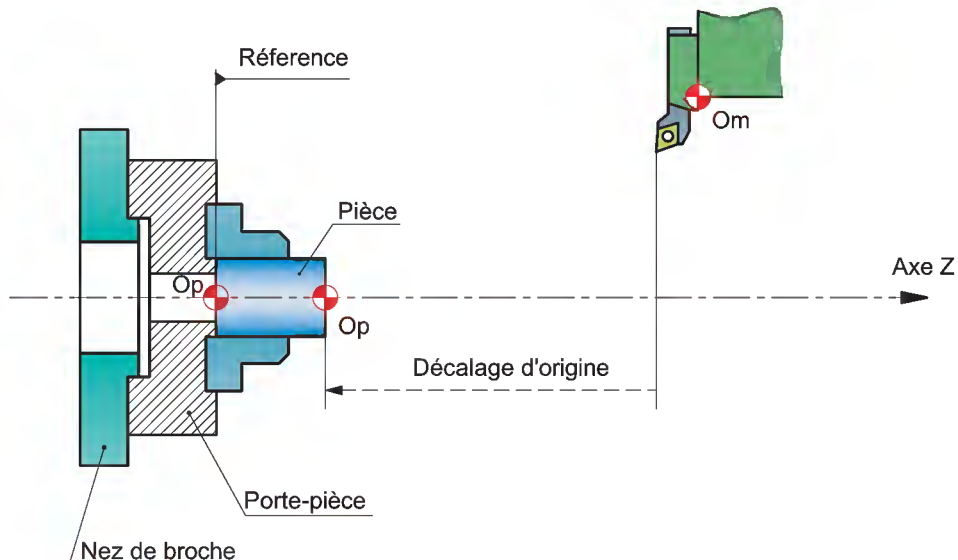
Pratiquement, on distingue :

- L'origine machine **Om** : déplacer les chariots vers un point défini par des butées électriques.
- L'origine pièce **Op**, elle est palpée généralement sur la référence porte-pièce/pièce.



Origine programme (OP):

L'origine programme **OP** : l'origine des axes qui a servi à établir le programme. Elle est choisie par le bureau des méthodes. Toutes les coordonnées des points des cycles d'usinage sont définies par rapport à l'**OP** à partir des cotes de fabrication.



2- Préparation d'une machine – outil à commande numérique :

• Fonctions préparatoires :

-Déplacements de base : (exemples)

G00 : Interpolation linéaire en vitesses rapide d'un point A à un autre point B ;
L'outil se déplace en avance rapide sans contrôle précis de la trajectoire.
Utilisation : approche rapide de l'outil de son point de dégagement vers la pièce et inversement.

G01 : Interpolation linéaire en vitesse travail d'un point A à un autre point B.
L'outil se déplace en avance programmée.
Utilisation : génération des surfaces planes.

• Vitesses :

G94 : la vitesse d'avance sera exprimé en mm/min.

G95 : la vitesse d'avance sera exprimé en mm/tr.

G92 Sxxx : la fonction G92 suivie de l'adresse S indique une limitation de la valeur de la vitesse de broche.

• Cycles d'usinage : (exemples)

G81 : Cycle de perçage.

G84 : Cycle de taraudage.

G80 : Annulation des cycles d'usinage précédents.

• Fonctions auxiliaires :

M00 : Arrêt programmé.

M01 : Arrêt optionnel.

M02 : Fin de programme pièce.

M03 : Rotation de broche sens anti-trigonométrique.

M04 : Rotation de broche sens trigonométrique.

3- Exemple de programme: Dressage et chariotage :

Un programme comporte toutes les informations utiles à la machine pour réaliser l'usinage.

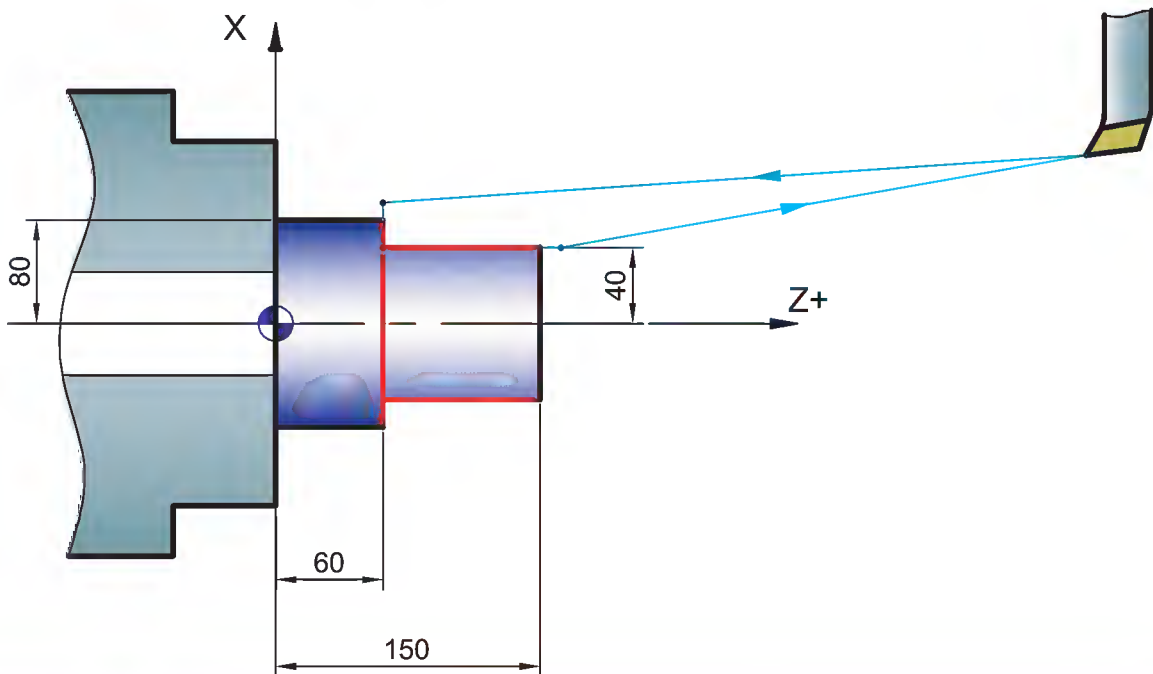
Un programme est formé de lignes ou blocs, par exemple: **N40 X21.208**.

Une ligne est formé de mots, par exemple: **N40 X21.208**. (X est l'adresse, 21.208 le format).

X +0021.000, les quatre premiers chiffres donnent les millimètres, les trois derniers les micromètres, soit en écriture simplifiée **X21**.

Un programme comporte principalement :

- des fonctions préparatoires (**G**), des fonctions d'appel de mode d'interpolation (**G0**) ou de cycles (**G84**);
- des coordonnées de points (**X**, **Y**, **Z**, **I**, **K**, ...);
- des informations de vitesses, d'avances (**S**, **F**, ...);
- des fonctions auxiliaires (**M**, ...).





Programme	Désignation
%1 (Dressage - Chariotage)	%; début de programme- 1: n° du programme
N10 G0 G52 XZD	G0: avance rapide; G52: retour à l'origine machine
N20 S400 M4	S400: fréquence de rotation = 400 tr/min- M4 : rotation de la broche sens trigonométrique
N30 G92 S1500	G92: limitation de la vitesse broche- S=1500tr/min
N40 G0 X40 Z152	G0: avance rapide- X40: rayon =40mm; Z=152mm
N50 G96 X40 S160	G96: vitesse de coupe constante; X40: rayon =40mm; S160: fréquence de rotation 160 tr/min.
N60 G95 F.03	G96: vitesse d'avance en mm/tr ; F=0,3

Développement de connaissances

1- Les différentes parties de la micro-fraiseuse :

La micro-fraiseuse à commande numérique est composée de deux parties :
une **partie commande** et une **partie opérative**.

<p>La partie commande : C'est l'ordinateur (unité centrale et ses périphériques)</p>	<p>La partie opérative : C'est la machine avec ses actionneurs (moteurs), ses capteurs et ses organes de sécurité (carter et bouton d'arrêt d'urgence).</p>
	
<p>Le logiciel de C.F.A.O servant à créer le fichier d'usinage .</p>	

2- Les repères dans l'espace :

La micro-fraiseuse à commande numérique peut effectuer des déplacements suivant trois axes: x (longueur), y(hauteur) et z(largeur).

Identification des axes :

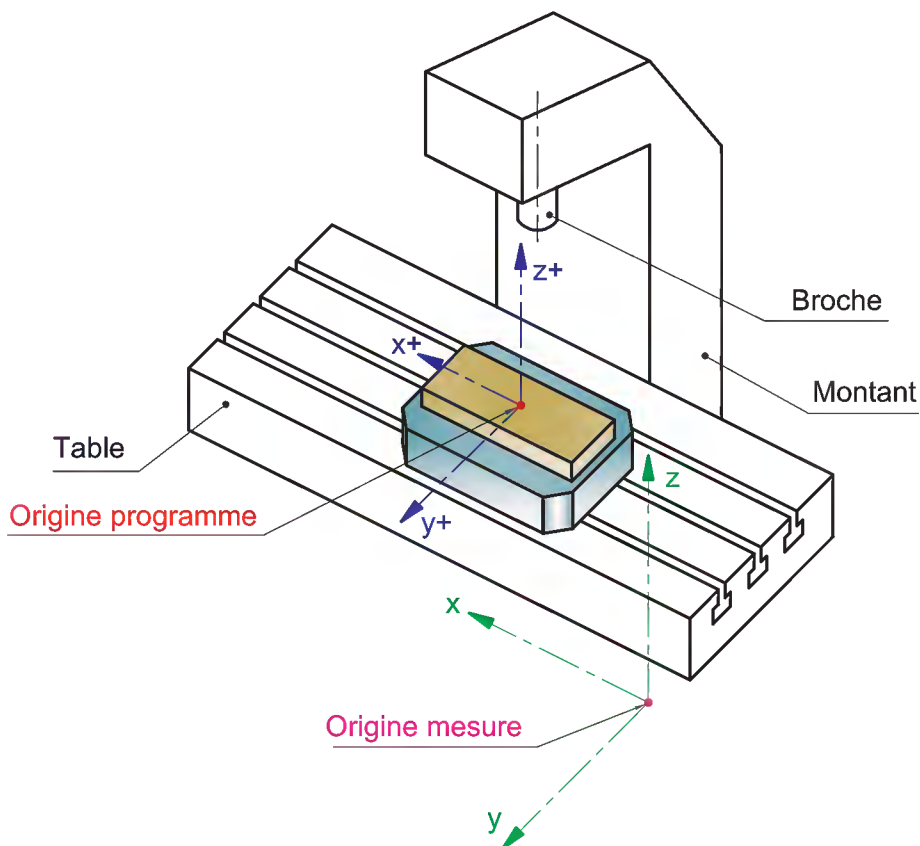
- * axe X : axe qui correspond au déplacement de plus grande amplitude;
- * axe Y : axe formant, avec les deux précédents, le trièdre droit et direct.
- * axe Z : axe de la broche de la machine;

Lorsque le déplacement courant est dans le sens négatif on utilise, pour désigner l'axe, le signe prime ('). Exemple : X', Y', Z'.

Origine machine (Om) et origine pièce (Op):

Pratiquement, on distingue :

- l'origine machine **Om**: C'est la position de la machine en butée.
- l'origine pièce **Op**, elle est définie par l'opérateur.



3- Exemple de programme : Rainurage.

Un programme comporte toutes les informations utiles à la machine pour réaliser l'usinage.

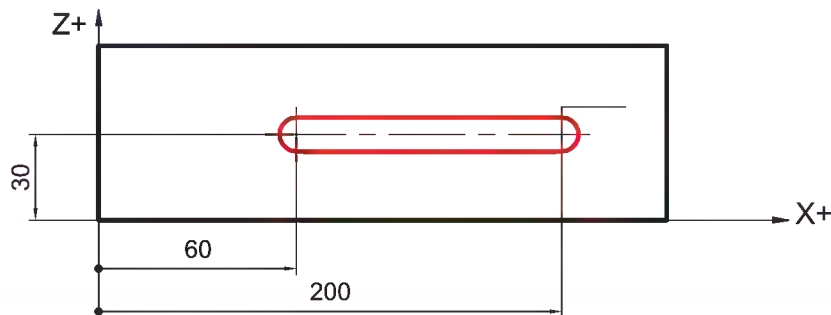
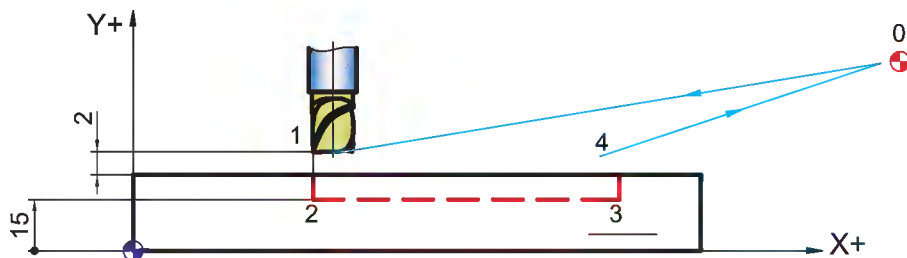
Un programme est formé de lignes ou blocs, par exemple: **N40 X21.208.**

Une ligne est formé de mots, par exemple: **N40 X21.208.** (X est l'adresse, 21.208 le format).

X + 0021.000, les quatre premiers chiffres donnent les millimètres, les trois derniers les micromètres, soit en écriture simplifiée **X21.**












Un programme comporte principalement :

- des fonctions préparatoires (**G**), des fonctions d'appel de mode d'interpolation (**G0**) ou de cycles (**G84**);
- des coordonnées de points (**X , Y, Z , I , K , ...**);
- des informations de vitesses, d'avances (**S, F, ...**);
- des fonctions auxiliaires (**M, ...**).



Programme	Désignation
%1 (Rainurage)	?: début de programme- 1: n° du programme
N10 G0 X60 Y30 Z22	G0: avance rapide; X=60; Y= 30; Z= 22
N15 G1 F.1 Z15	G1:interpolation linéaire; Avance en mm/tr:0,1
N20 G1 X200 Y30 Z15	G1:interpolation linéaire- X=200; Y= 30; Z= 15
N25 G0 F.5 Z22	G0: avance rapide- Avance en mm/tr:0,5
N30 G0 X200 Y30 Z22	G0: avance rapide X=200; Y= 30; Z= 52
N35 M02	M02 : fin du programme.

BIBLIOGRAPHIE

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|  La démarche de projet industriel
Technologie et pédagogie | I. Rak
Ch. Teixido
J. Favier
M. Carenaud |
|  Automatisés des systèmes technologie | F. Benielli
G. Cerato
D. Prat
L. M. Vial |
|  Construction mécanique Tome 2 | Rolant Boucault
Jean Lhivert
François Minetti
J. M. Thourin |
|  Dossier de technologie de construction | André Ricordeau
Claude Corbet |
|  Construction mécanique
Transmission de puissance
2. Applications
2 ^{ème} Edition | Francis Esnault |
|  Guide du dessinateur | A. Chevalier |
|  Guide du technicien en productique | A. Chevalier
J. Bohan |
|  Construction mécanique | J. Bourgier
M. Gery
C. Minacori |
|  Mémotech
Production mécanique | M. Bonte
R. Bourgeois
R. Cognet |
|  Mécanique collection durande | Pierre Agati
Nicolas Mattera |
|  Mécanique terminale STI | Pierre Agati
Nicolas Mattera |