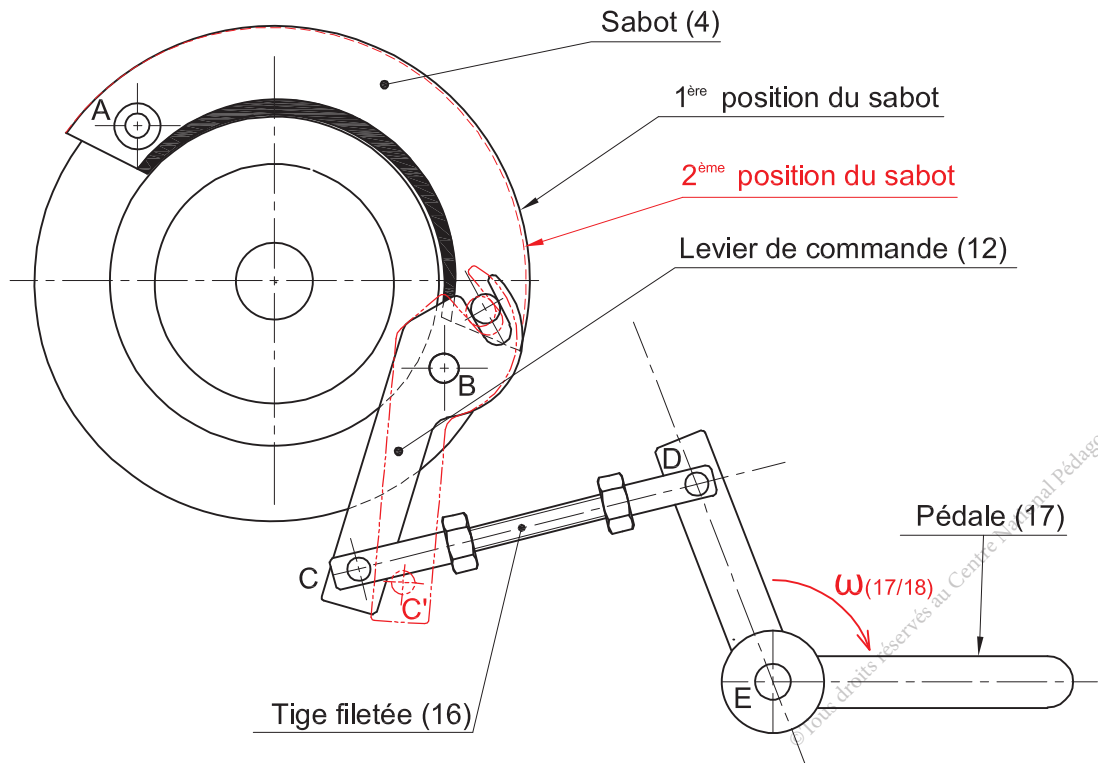


- Tracer et repérer la trajectoire $TD_{(17/18)}$ du point $D_{(17/18)}$;
- Tracer et repérer la trajectoire $TC_{(12/18)}$ du point $C_{(16/18)}$;
- Calculer en m/s la vitesse instantanée $V_{(D17/18)}$ du point $D_{(17/18)}$.

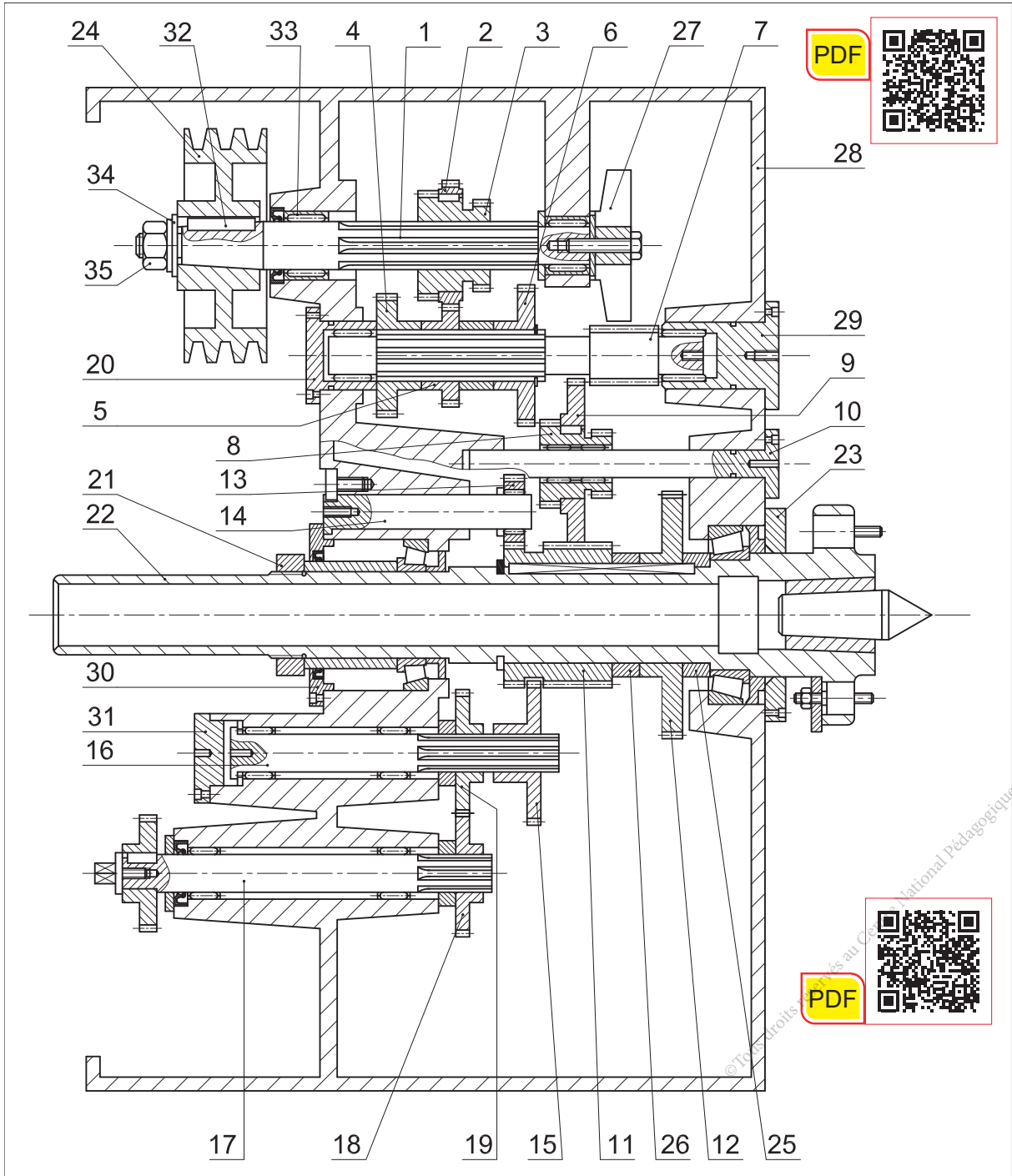
- Tracer et repérer le vecteur vitesse instantanée $V_{(D17/18)}$; Échelle $1\text{mm} \rightarrow 0,01\text{m/s}$
- Calculer la vitesse angulaire $\omega_{(12/18)}$.

- Déterminer graphiquement D' (la deuxième position du point D) ;
- Mesurer l'angle de rotation $\alpha_{(DED')}$ de la pédale.



Activité 2.4 Boîte de vitesses du tour

1. Dessin d'ensemble de la boîte de vitesses



Echelle : 1:3



TOUR "PINACHO"
Boîte de vitesses

2. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	1	Arbre	C40	
2	1	Couronne dentée	C60	
3	1	Baladeur	C40	
4	1	Roue dentée	C60	
5	1	Roue dentée	C60	
6	1	Roue dentée	C60	
7	1	Pignon arbré	C60	
8	1	Baladeur	C60	
9	1	Roue dentée	C60	
10	1	Axe	C30	
11	1	Roue dentée	C60	
12	1	Roue dentée	C60	
13	1	Pignon	C60	
14	1	Axe	C30	
15	1	Roue dentée	C60	
16	1	Axe	C30	
17	1	Axe	C30	
18	1	Pignon	C60	
19	1	Roue dentée	C60	
20	1	Boitier	S235	
21	1	Écrou spécial	S235	
22	1	Broche	C40	
23	1	Couvercle	S235	
24	1	Poulie	Zamak3	
25	1	Bague	S235	
26	1	Bague	S235	
27	1	Hélice	EN-AW 1050	
28	1	Corps	EN-GJL 250	
29	1	Boitier	S235	
30	1	Couvercle	S235	
31	1	Couvercle	S235	
32	1	Clavette parallèle	C 60	
33	2	Roulement à aiguilles		
34	1	Rondelle		
35	1	Écrou hexagonal M12		



I. Situation déclenchante

Pour pouvoir usiner des pièces de différents matériaux et des dimensions variées, ces tours sont équipés d'une boîte de vitesses permettant la rotation du mandrin porte pièces à différentes vitesses.

Faisons l'étude de la boîte de vitesses du tour parallèle.

II. Travail demandé

Vérifier les consignes de sécurité à respecter relativement à cette activité.



1. Préparation de la machine pour une opération d'usinage

Calcul de la vitesse de rotation (ou vitesse de rotation du mandrin) pour le chariotage d'une pièce en aluminium de $\varnothing 24$ avec un outil à charioter en (A.R.S).

a. Donner la formule : $N = \dots\dots\dots$

b. On donne : $V_c = 60\text{m/min}$

Calculer la vitesse de rotation N .

.....
.....

$N_{\text{calculée}} = \dots\dots\dots\text{tr/min}$

c. Choisir sur le tour la vitesse la plus proche.

$N_{\text{choisie}} = \dots\dots\dots\text{tr/min}$

d. Comment fait-on pour régler la vitesse de rotation du tour?

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

e. Qu'appelle t-on l'organe permettant la modification de vitesses?

.....

f. Identifier le nombre de vitesses possibles de l'arbre broche

.....

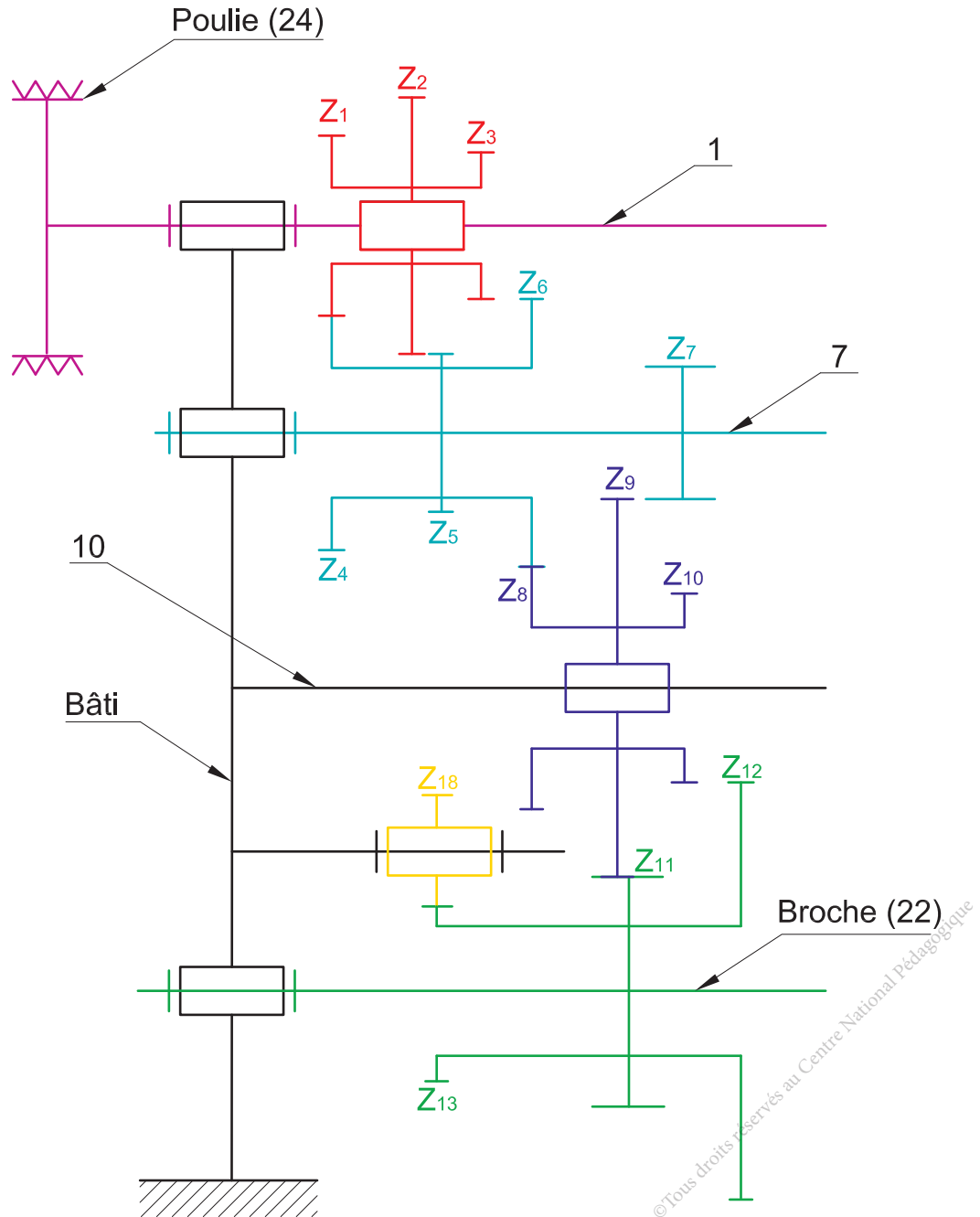
g. Pouvons-nous réaliser le réglage de la vitesse si la machine est en marche?
justifier :

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

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

2. Étude cinématique

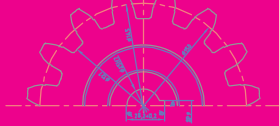
La figure ci-dessous représente le schéma de la boîte de vitesses pour une vitesse préréglée.



On donne :

- La vitesse de rotation du moteur en charge : $N_m = 1435$ tr/min.
- Le rapport de transmission par poulie courroie : $r = 0,475$.
- Le nombre de dents des roues :

Roues (Z_i)	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}
Nombre de dents	32	37	25	24	19	31	14	25	42	19	34	57



a. Calculer la vitesse de rotation de l'arbre (1).

.....
.....

b. Compléter le tableau suivant en identifiant les couples des roues engrenées qui assurent l'entraînement de l'arbre broche (22), le rapport de transmission et la vitesse de rotation de la broche.

Position	Couples des roues engrenées	Rapport de transmission r_i	Vitesse de rotation N_i
1
2
3
4
5
6
7
8
9

c. On donne :

- Puissance du moteur $P_m = 2,95 \text{ KW}$.
- Rendement du système poulies-courroies : $\eta = 0,8$.
- Rendement de la boîte de vitesse est $\eta = 0,9$.

- Calculer la puissance reçue par la broche.

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

- Déterminer la valeur du couple maximal appliqué à la broche.

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

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



Activité 2.5

Dispositif d'avance automatique du tour

I. Situation déclenchante

Le travail de tournage dépend non seulement de la vitesse de coupe (vitesse de rotation) mais aussi de la vitesse d'avance. L'avance peut se réaliser manuellement ou automatiquement via la barre de chariotage.

Faisons l'étude du mécanisme de commande de l'avance.

II. Travail demandé

Vérifier les consignes de sécurité à respecter relativement à cette activité.

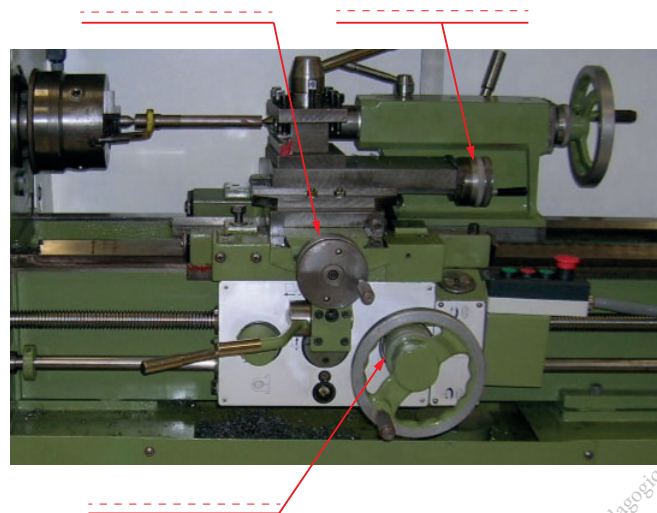


1. Sur la figure ci-dessous mettre en place les étiquettes suivantes:

- Manivelle du traînard;
- Manivelle du chariot transversal;
- Manivelle du chariot porte outil.

2. Compléter le tableau ci-dessous en identifiant les graduations des tambours gradués des différents chariots du tour.

- a. Mettre les tambours à 0.
- b. Tourner les trois manivelles de un tour en mesurant le déplacement de chaque chariot avec un réglet.
- c. Compter le nombre de divisions du tambour gradué.
- d. Calculer la valeur du déplacement pour une division.
- e. Calculer la valeur de la première graduation chiffrée.

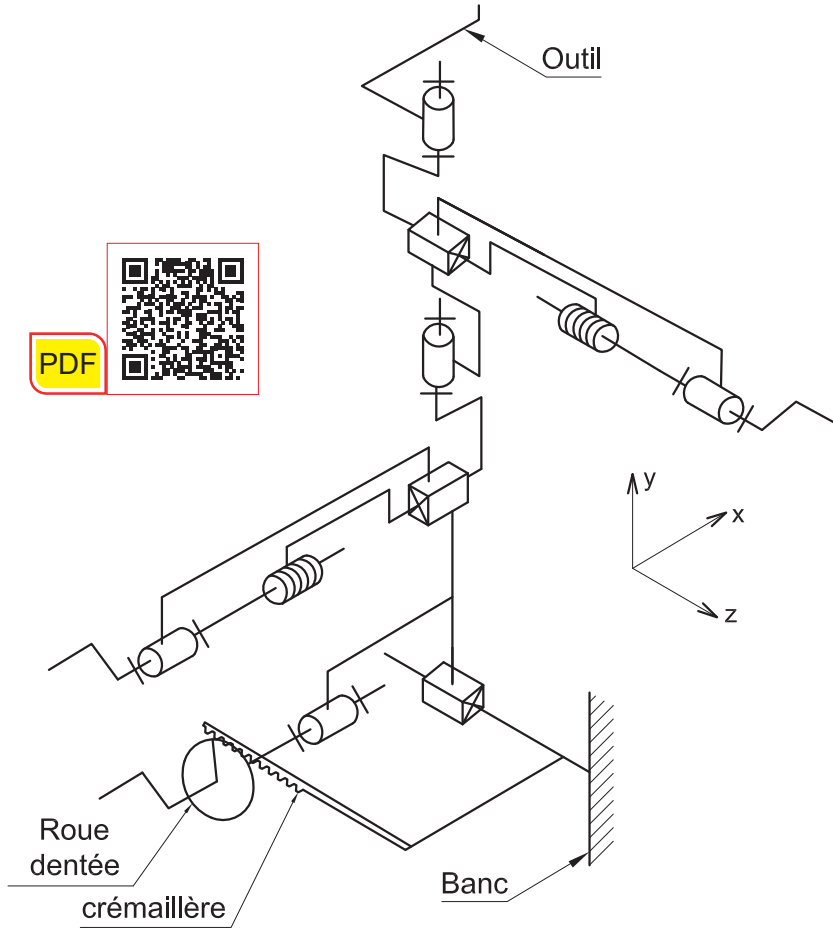


Nom du chariot	Déplacement en mm pour 1 tour	Nombre de divisions du tambour gradué	Valeur pour une division	Valeur de la 1 ^{ère} graduation chiffrée
Traînard
chariot transversal
chariot porte outil

3. Etude de la commande manuelle des chariots

a. Colorier par différentes couleurs sur le schéma cinématique 3D ci-dessous les éléments de commande manuelle pour les mouvements relatifs suivants :

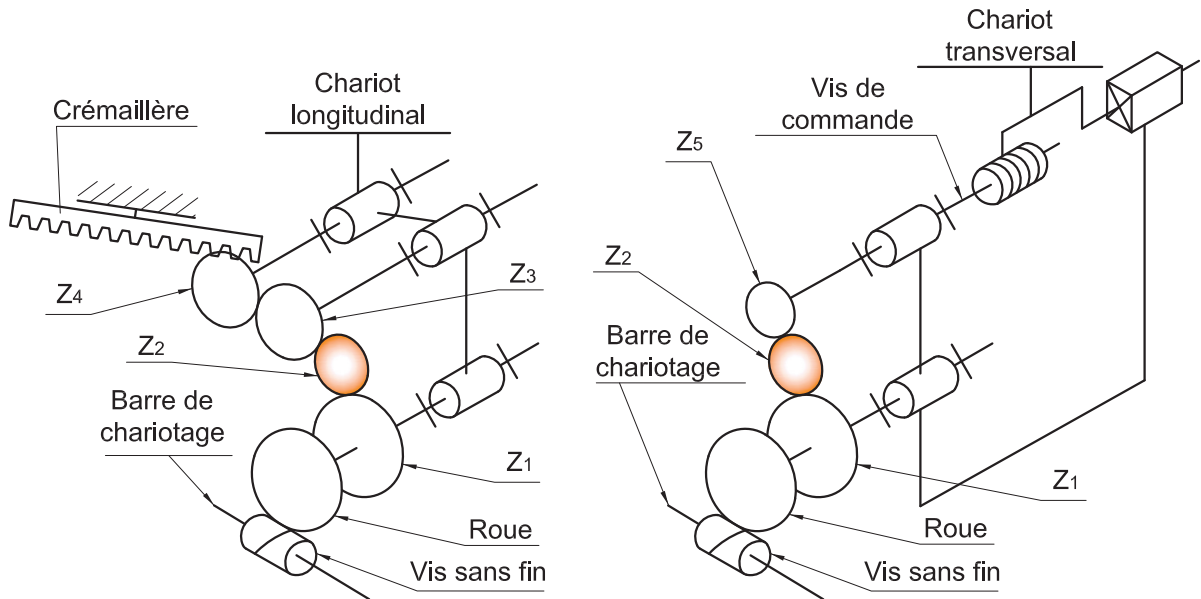
- du chariot longitudinal par rapport au banc ;
- du chariot transversal par rapport au chariot longitudinal ;
- du chariot porte outil par rapport au chariot transversal ;
- de la tourelle par rapport au chariot porte outil.



b. Compléter le tableau suivant :

Nom du chariot	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie	Organe menant	Dispositif de transformation de mouvement
Traînard
chariot transversal
chariot porte outil

4. Étude de la commande automatique des chariots.



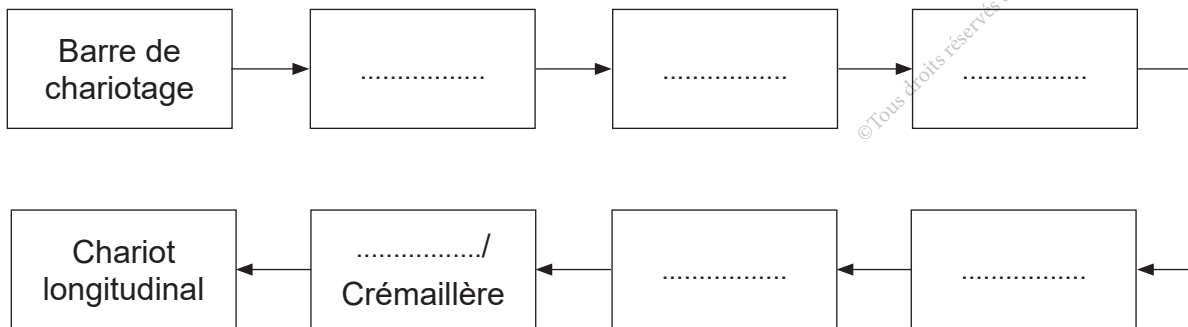
En cas d'avance automatique, le mouvement de rotation de la barre de chariotage se transforme en avance longitudinale ou transversale du chariot porte-outil, par l'intermédiaire des engrenages situés dans le tablier.

On donne :

- système vis-écrou de pas : $P = 5 \text{ mm}$
- rapport de transmission roue et vis sans fin : $r = 1/40$
- nombre de dents des roues :

Roues (Z_i)	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Nombre de dents	32	16	18	9	10

a. Compléter le graphe de la chaîne cinématique pour la position du levier de commande provoquant l'avance du chariot longitudinal.



b. Donner l'expression littérale de la vitesse de rotation de la manivelle de traînard N_z en fonction de la vitesse de rotation de la barre de chariotage N_b .

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

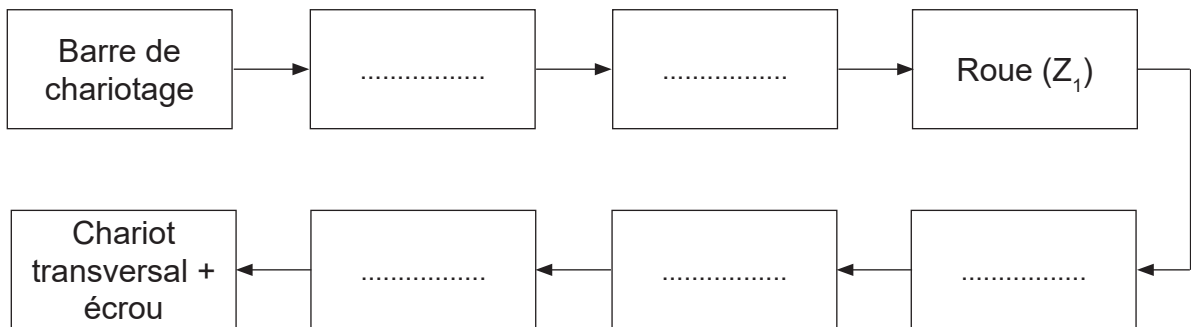
c. Donner l'expression littérale de la vitesse d'avance du traînard V_z en fonction de la vitesse de rotation de la barre de chariotage N_b .

.....
.....

d. Pour une vitesse $N_b = 210$ trs/min, calculer la vitesse d'avance V_z .

.....
.....

e. Compléter le graphe de la chaîne cinématique pour la position du levier de commande provoquant l'avance du chariot transversal.



f. Donner l'expression littérale de la vitesse de rotation de la vis de commande du chariot transversal N_x en fonction de la vitesse de rotation de la barre de chariotage N_b .

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

g. Donner l'expression littérale de la vitesse d'avance du chariot transversal V_x en fonction de la vitesse de rotation de la barre de chariotage N_b .

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

h. Calculer la vitesse d'avance V_x maximale ($N_{bmax} = 210$ trs/min).

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

Maquette de boîte de vitesses

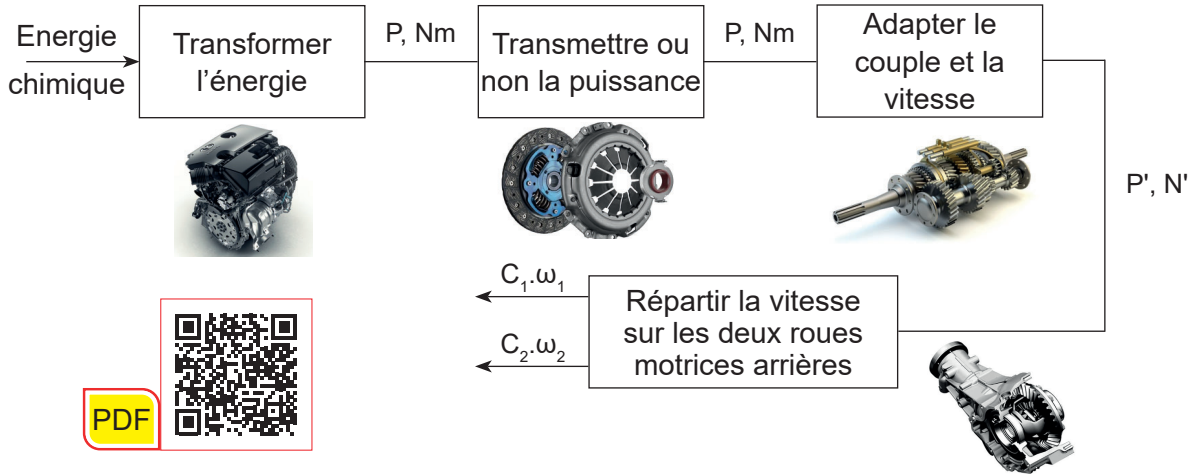
Activité 3

Présentation du support d'activité

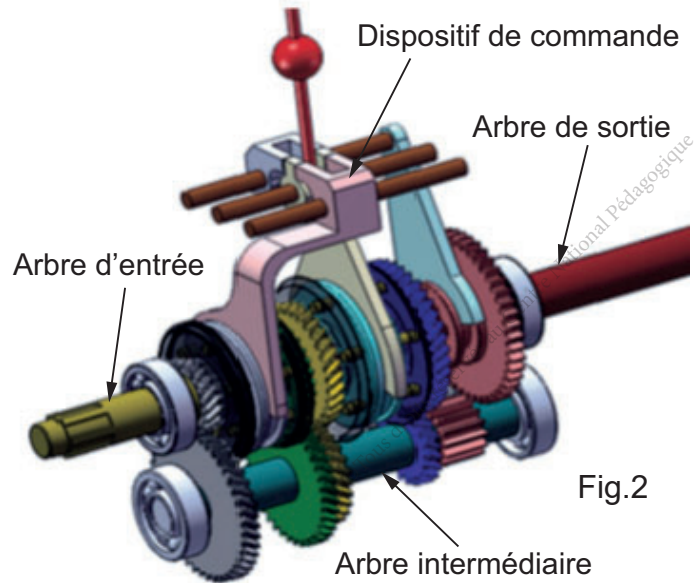
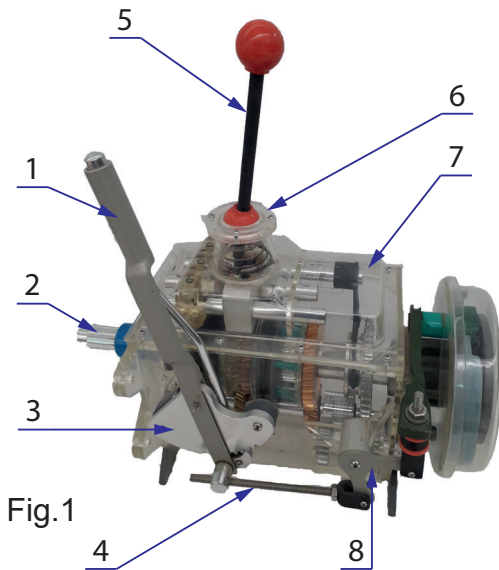
La maquette de la boîte de vitesses est fragile. Sa manipulation doit être à tour de rôle par les apprenants en présence obligatoire de l'enseignant.

1. Mise en situation

Chaîne de transmission de puissance d'un automobile à 2 roues motrices arrière :

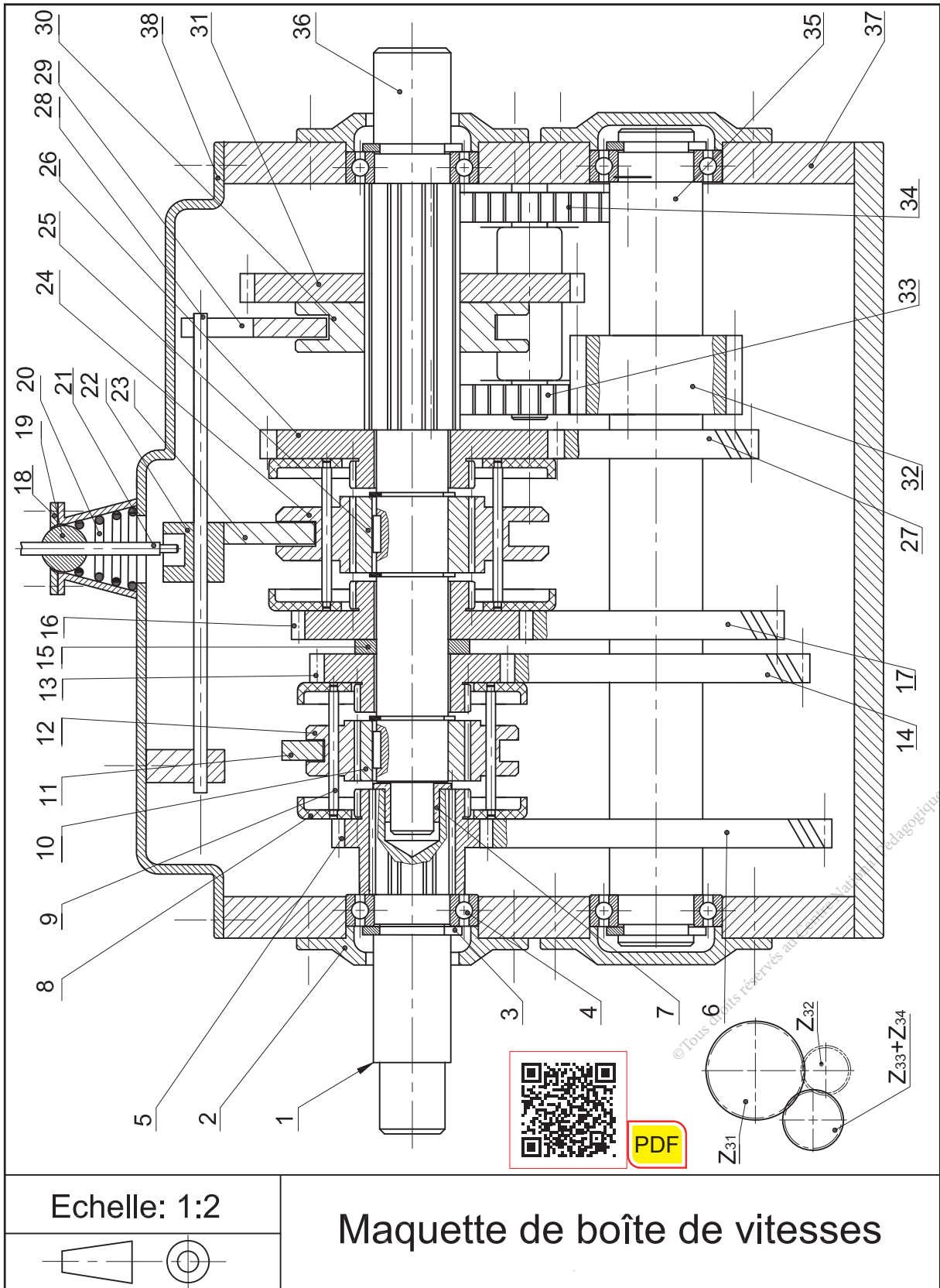


Les figures ci-dessous représentent la maquette d'une boîte de vitesses à commande manuelle d'un automobile et d'un frein accompagné de son levier. La sélection des vitesses s'effectue à l'aide des fourchettes commandées par un levier de changement de vitesses.



- | | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| (1) : Levier de frein | (5) : Levier de changement de vitesse |
| (2) : Arbre d'entrée | (6) : Guide ressort |
| (3) : Secteur denté | (7) : Couvercle |
| (4) : Tige | (8) : Tringle |

2. Dessin d'ensemble



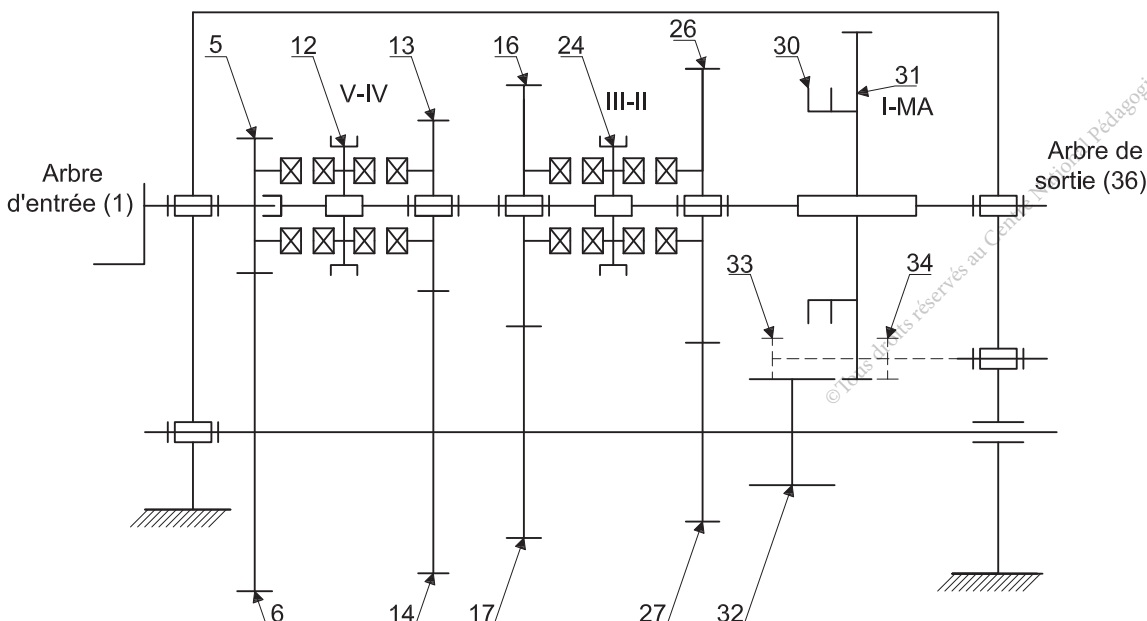
Echelle: 1:2

Maquette de boîte de vitesses

3. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Rep.	Nbr.	Désignation
1	1	Arbre d'entrée	20	1	Ressort
2	2	Couvercle	21	1	Levier
3	4	Anneau élastique	22	3	Coulisseau
4	4	Roulement type BC	23	1	Fourchette
5	1	Pignon ; Z= 20 dents	24	1	Baladeur
6	1	Roue dentée ; Z= 43 dents	25	1	Coulisseau
7	1	Coussinet	26	1	Roue dentée ; Z= 38 dents
8	4	Flasque	27	1	Pignon ; Z= 20 dents
9	12	Tige	28	3	Tige
10	1	Coulisseau	29	1	Fourchette
11	1	Fourchette	30	1	Baladeur
12	1	Baladeur	31	1	Roue dentée ;Z= 45 dents
13	1	Pignon ; Z= 26 dents	32	1	Pignon ; Z= 15 dents
14	1	Roue dentée ; Z= 37 dents	33	1	Pignon ; Z= 22 dents
15	1	Bague	34	1	Pignon ; Z= 22 dents
16	1	Roue dentée ; Z= 31 dents	35	1	Arbre intermédiaire
17	1	Pignon ; Z= 27 dents	36	1	Arbre sortie
18	1	Couvercle	37	2	Flasque extérieur
19	1	Rotule	38	1	Couvercle

4. Schéma cinématique





I. Situation déclenchante

La boîte de vitesses, est un système mécanique de transmission de puissance, qui permet d'engendrer différents rapports de vitesses du moteur aux roues motrices d'un véhicule.

La boîte est constituée de plusieurs éléments permettant le changement des différents rapports de vitesses.

Faisons une analyse de fonctionnement de cette boîte, pour identifier ses constituants.

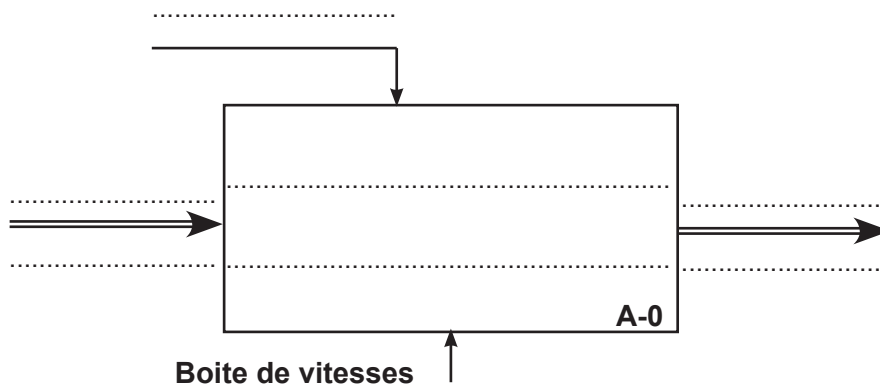
II. Travail demandé

Vérifier les consignes de sécurité à respecter relativement à cette activité.



A. Analyse fonctionnelle





1. Compléter l'actigramme A-0 ci-dessous :



2. En se référant à la maquette de la boîte de vitesses compléter le tableau de liaisons suivant :

Liaison	Nom de la liaison
Levier (21) + (19) / Carter (38) + (18) + (20)
Roue dentée (31) / Arbre de sortie (36)
Arbre intermédiaire (35) / Flasques extérieurs (37)
Pignon (5) / Roue dentée (6)

3. En observant la maquette de boîte de vitesses, Indiquer par une croix le(s) type(s) d'engrenage(s) utilisé(s) pour transmettre la puissance de l'arbre d'entrée (1) vers l'arbre de sortie (36).

Engrenage conique	Engrenage hélicoïdal	Engrenage intérieur à denture droite	Engrenage extérieur à denture droite
			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Pour les types d'engrenages identifiés dans la question précédente, indiquer dans le tableau suivant la ou les conditions d'engrènement.

	Nature de la denture	
	Denture	Denture
Conditions d'engrènement

5. Compléter le tableau suivant en indiquant la solution technologique assurant chaque fonction.

Fonction	Solution
Guider en rotation l'arbre (35)
Guider en translation la roue dentée (31)
Déplacer le baladeur (30)
Guider en translation le coulisseau (22)

B. Etude des caractéristiques de la transmission

1. Dans quelle position peut-on avoir un rapport de transmission nul ?

2. Manœuvrer le levier de commande (21) et déduire le nombre de vitesses possibles

.....

3. Expliquer pour quelle raison le constructeur a choisi des dentures droites pour la roue (34) de la marche arrière.

.....

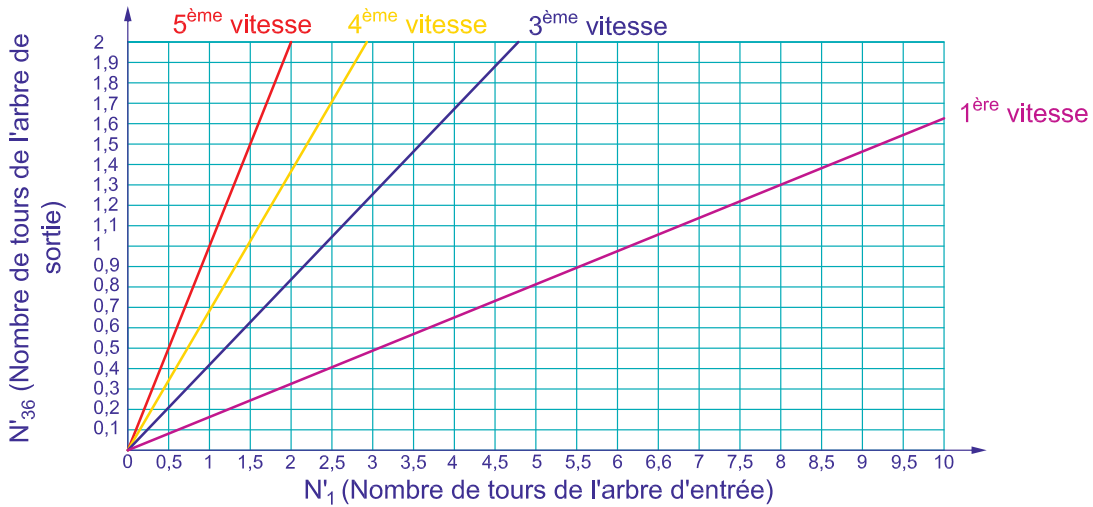
4. Justifier la présence des roues (33) et (34).

.....

5. Pour chaque position du levier (21), compléter le tableau ci-dessous en identifiant les couples des roues engrenées qui assurent l'entraînement de l'arbre de sortie (36) et calculer le rapport de transmission correspondant.

Position	Couples des roues dentées	Rapport de transmission « r »
M. Arrière	(Z5 ,Z6) ;(Z32 ,Z33) ;(Z34,Z31)	.....
1
2
3
4
5

6. On donne la courbe du nombre de tours : $N'_{36} = f(N'_1)$



a. A partir du graphique (voir page précédente), compléter le tableau suivant :

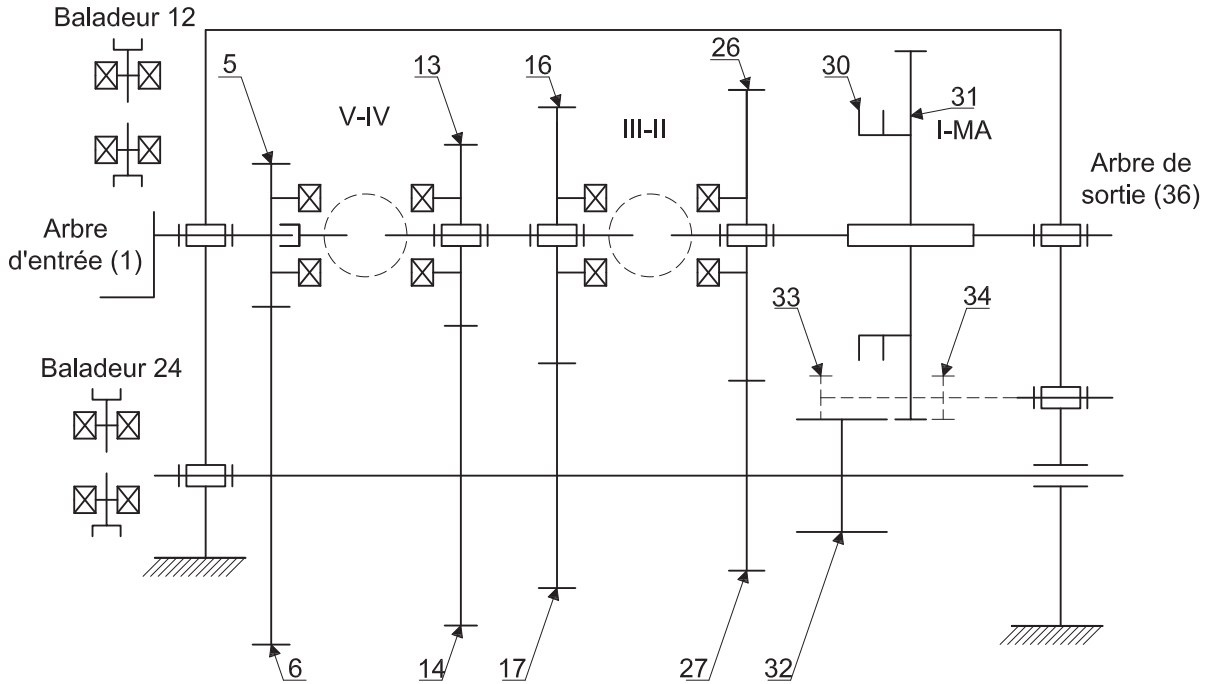
	Nombre de tours de l'arbre d'entrée	Nombre de tours de l'arbre de sortie	Rapport de transmission
1 ^{ère} Vitesse	8	.....	.....
2 ^{ème} Vitesse	2,5	0,64	.....
3 ^{ème} Vitesse	3,5	.....	.....
4 ^{ème} Vitesse	2	.....	.....
5 ^{ème} Vitesse	1	.....	.....

b. En se référant au tableau ci-dessus, tracer sur le même graphique la courbe de nombres de tours correspondant à la 2^{ème} vitesse.

c. Comparer les résultats des rapports des vitesses trouvés par la méthode graphique à ceux obtenus par la méthode analytique (voir question 5.).

.....

7. En se référant à la maquette de la boîte de vitesses et au schéma cinématique du dossier technique, placer ci-dessous les baladeurs (12) et (24) pour obtenir la 3^{ème} position du levier de commande (21).



8. Pour quelle raison les roues (16) et (17) sont à dentures hélicoïdales ?

9. Par quoi est assurée l'obtention de la 3^{ème} vitesse : (Crabotage / Adhérence)

10. Calculer la vitesse de rotation de l'arbre de sortie (36) pour cette position des baladeurs de la question 7. (On donne $N_m = 3000 \text{tr/min}$).

C. Etude du frein de stationnement

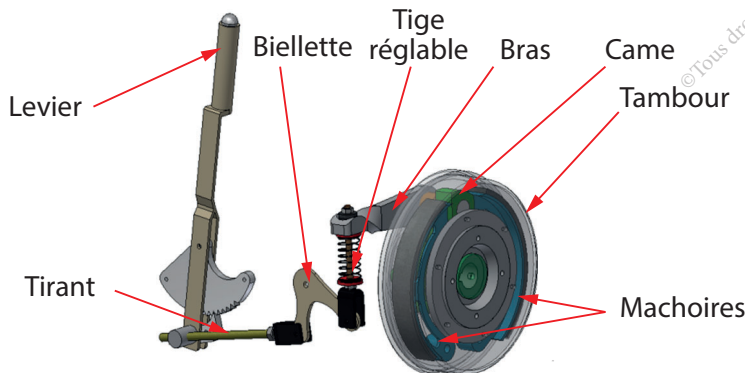


Fig.3

Activité 4

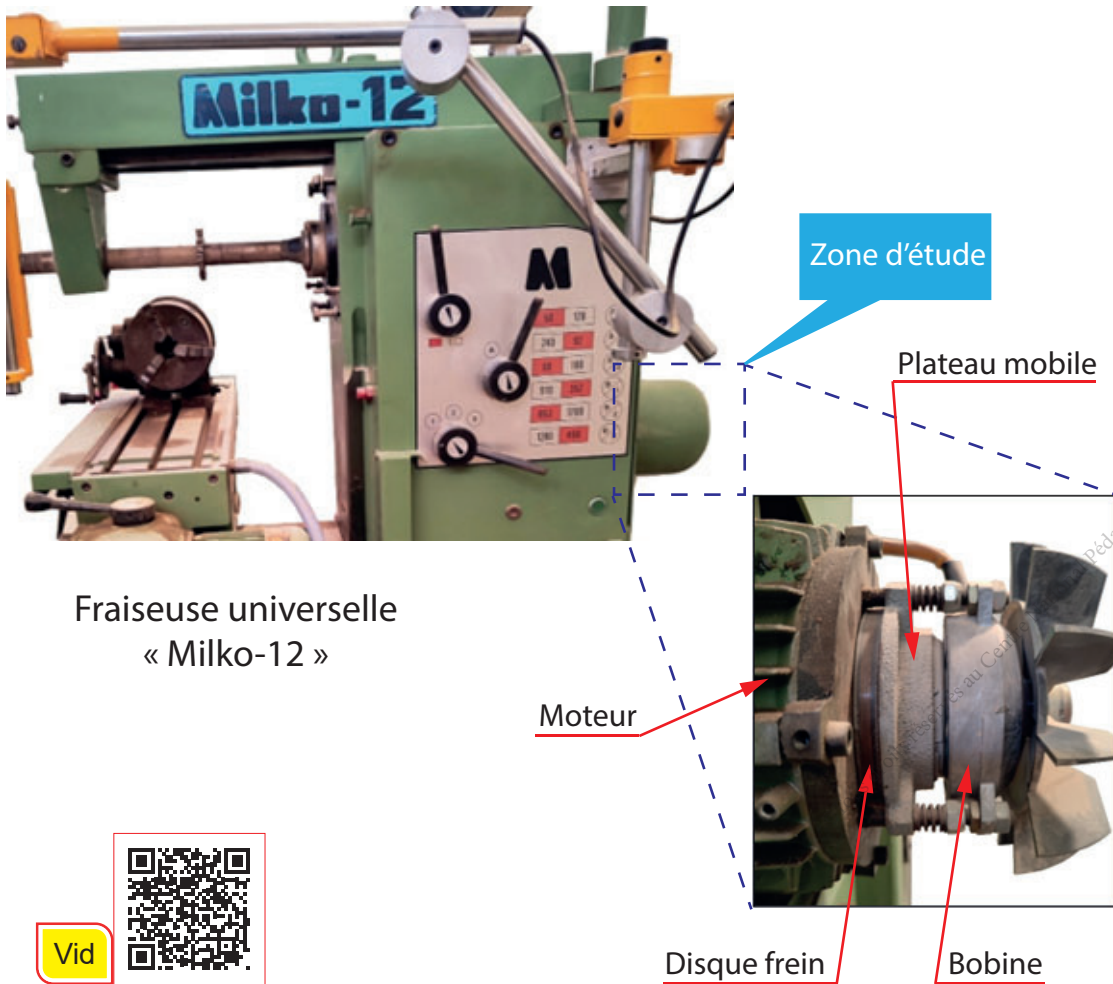
Fraiseuse universelle

Présentation du support d'activité

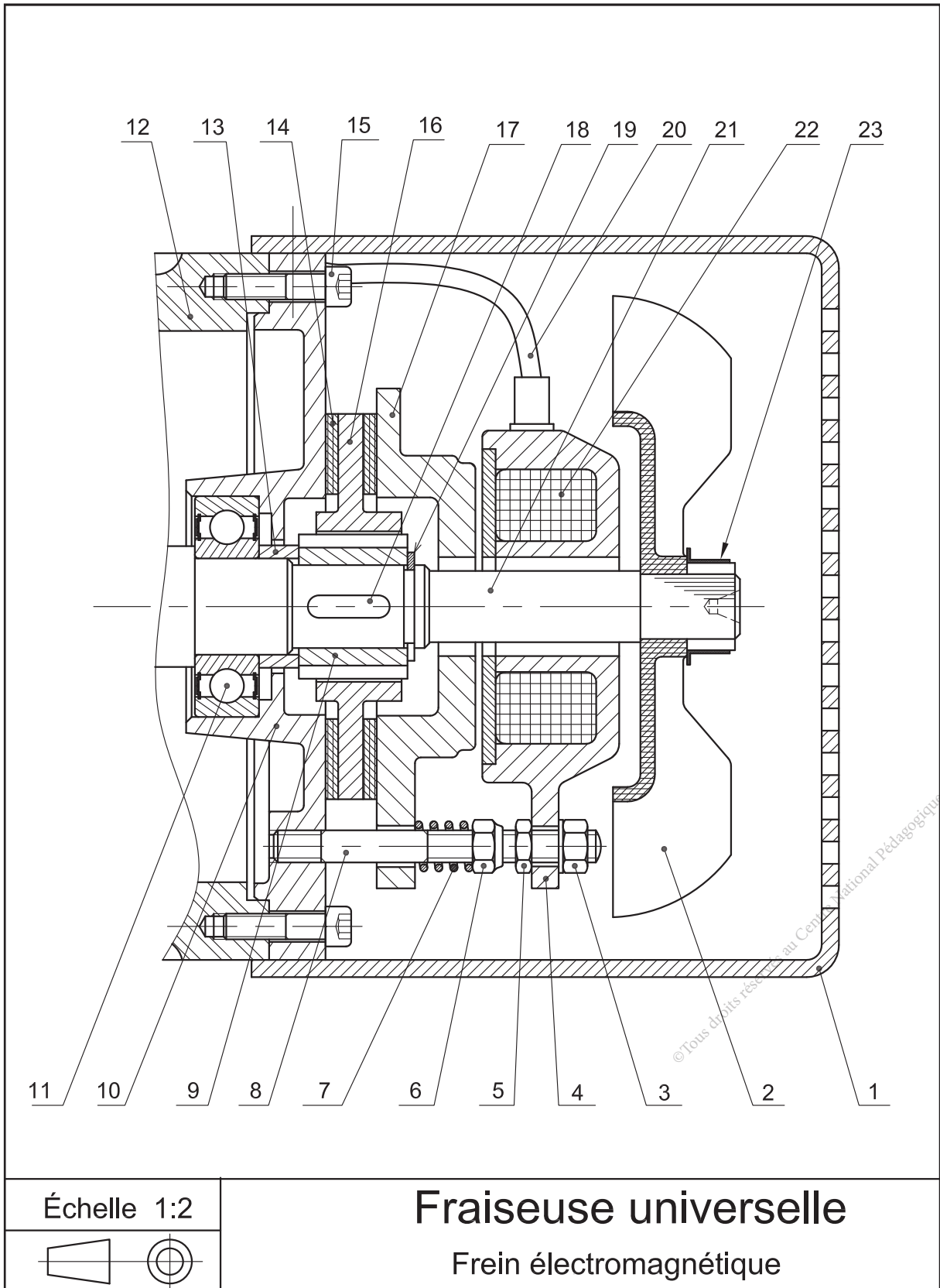
1. Mise en situation

La fraiseuse est une machine-outil permettant de réaliser différentes opérations d'usinage, la majorité de ces machines sont équipées de freins pour différentes raisons :

- Pour de très courtes opérations il permet de gagner du temps au changement de pièce en minimisant le temps d'arrêt de l'outil.
- Dans le cas d'un accident (cassure de l'outil, de la pièce ou en cas de blessure) où l'arrêt immédiat de la broche de la machine sera indispensable.



2. Dessin d'ensemble



3. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	1	Cage du ventilateur	S235	
2	1	Ventilateur	PVC	
3	3	Écrou hexagonal ISO 4032 - M10		Standard
4	1	Armature de bobine		
5	3	Écrou bas hexagonal ISO 4035 - M10		Standard
6	3	Écrou hexagonal autofreiné ISO 7040 - M10		Standard
7	3	Ressort	51Cr V4	
8	3	Goujon M10		Standard
9	1	Moyeu	C35	
10	1	Flasque		
11	2	Roulement rigide à billes		
12	1	Stator	Al Si13	
13	1	Bague entretoise		
14	2	Garniture		
15	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux M8		Standard
16	1	Disque de frein		
17	1	Plateau mobile		
18	1	Clavette parallèle		
19	1	Anneau élastique		Standard
20	1	Câble d'alimentation		
21	1	Arbre moteur	C40	bout strié
22	1	Bobine		
23	1	Bague de serrage	51Cr V4	



Activité 4.1

I. Situation déclenchante

L'utilisation prolongée de la machine, exige un contrôle préventif visant les pannes inopinées.

Dans notre cas l'organe ciblé pour cette vérification est le frein électromagnétique.

II. Travail demandé

Consignes de sécurité

Durant le déroulement de l'activité :

- Dans un premier temps la fraiseuse ne doit pas être sous tension
- Effectuer les manipulations avec des grandes précautions et en présence de votre professeur.



1. Enlever avec précaution la cage du ventilateur (1), (Bien ranger les vis de fixation)
2. Mettre sous tension la machine.
3. Mettre en marche la machine avec le bouton d'essai (prendre une distance suffisante par rapport au moteur)
4. En se référant au dessin d'ensemble et sa nomenclature, identifier la nature du mouvement des différentes pièces par rapport au bâti de la machine en mettant une croix dans la case correspondante.

Pièce	Tournante	Glissante	Fixe
Disque de frein (16)
Plateau mobile (17)
Armature de bobine (4)
Bride moteur (10)

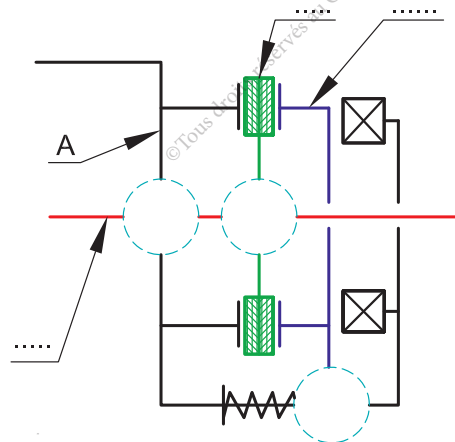
5. Compléter les blocs cinématiques qui constituent le frein ainsi que le schéma cinématique (symboles normalisés et repères des classes d'équivalences).

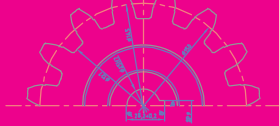
A = { 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 15, BE₁₁, 12, 22, 20 }

B = { }

C = { }

D = { }





6. Quelle est le type de commande du frein ?

.....

7. Suite à l'état du dessin d'ensemble.

a. Indiquer si la bobine (21) est excitée ou non, justifier votre réponse.

.....

.....

b. Déduire dans ce cas si la fraiseuse est freinée ou libre.

.....

8. On donne l'expression du couple de freinage $C_f = \frac{2}{3} \cdot F_p \cdot f \cdot n \cdot \frac{(R^3 - r^3)}{(R^2 - r^2)}$ et le coefficient de frottement $f = 0,4$.

a. Déduire du dessin d'ensemble le nombre de surfaces de frottement « n » et relever les rayons correspondants « r » et « R ».

n = , r = mm , R = mm

b. Calculer l'effort presseur F_p fourni par les ressorts (7), permettant un couple de freinage $C_f = 18 \text{ Nm}$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

c. Déduire l'effort de chaque ressort.

.....

.....

.....

9. Donner le rôle des écrous hexagonaux autofreinés (6).

.....

.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Fraiseuse universelle

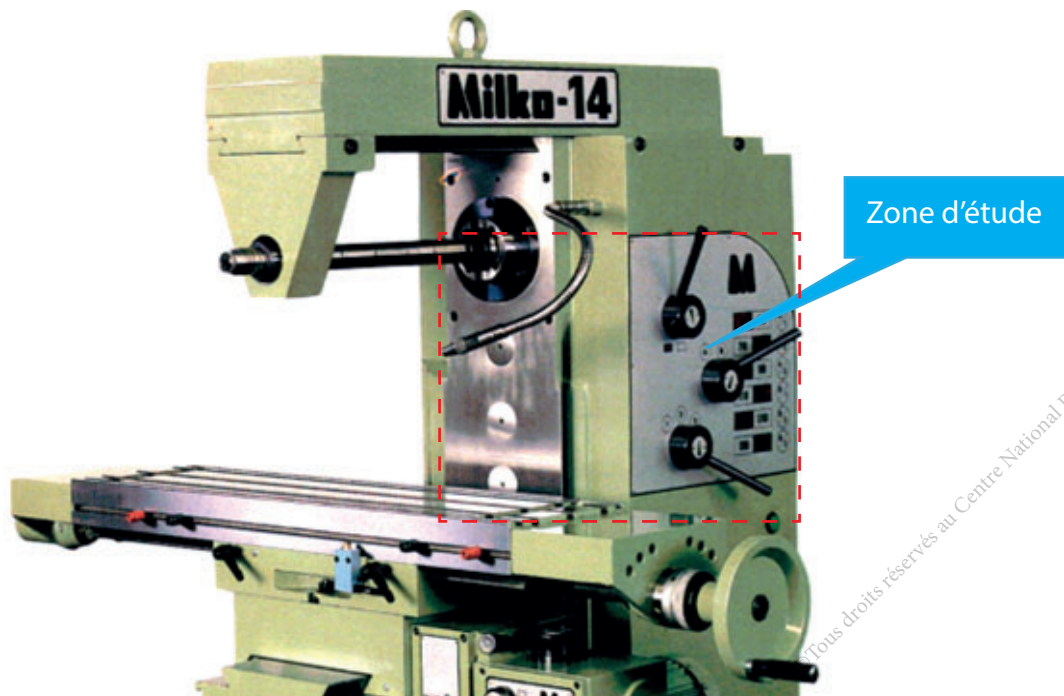
Activité 4.2

Présentation du support d'activité

1. Mise en situation

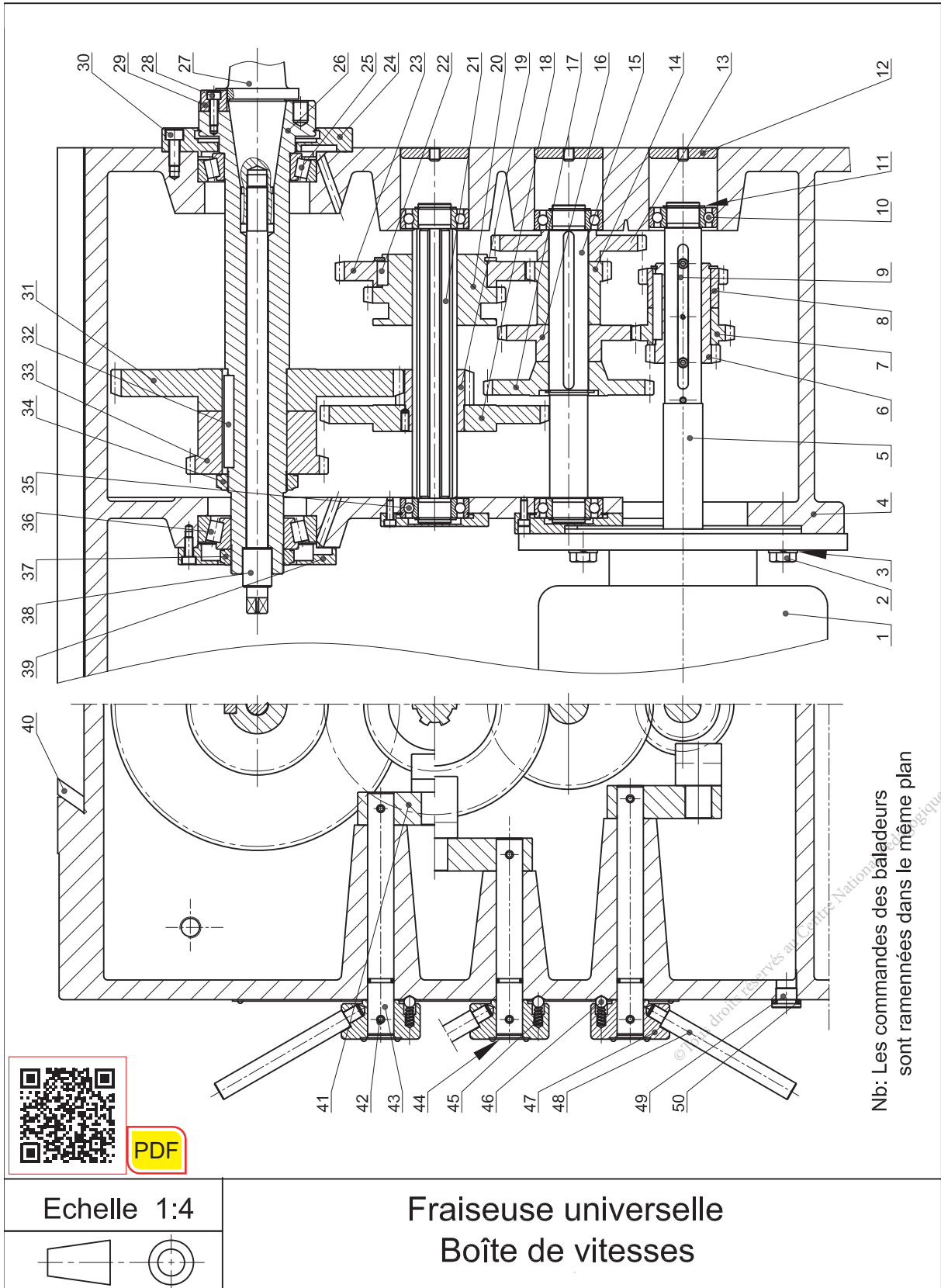
Le principe de base de l'usinage est l'enlèvement de matière. Il est obtenu par la coupe du matériau constituant la pièce.

En usinage, la vitesse de coupe dépend de la matière usinée, du type d'opération, de l'outil, de l'état de surface souhaité, etc. C'est pour cette raison que la machine-outil est équipée d'un mécanisme permettant le réglage de la vitesse de la broche après avoir choisi la vitesse de coupe convenable. Dans notre cas on va s'intéresser à ce mécanisme qui est la boîte de vitesses de la fraiseuse universelle.



Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

2. Dessin d'ensemble



3. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	1	Moteur électrique		
2	4	Vis à tête hexagonale ISO 4014 - M10		Standard
3	4	Rondelle M10		Standard
4	1	Bâti	EN-GJL-200	
5	1	Arbre moteur	C40	
6	1	Pignon-baladeur	20 Ni Cr Mo 2	Z6 =16 dents
7	1	Pignon	20 Ni Cr Mo 2	Z7 =24 dents
8	1	Pignon	20 Ni Cr Mo 2	Z8 =21 dents
9	1	Clavette parallèle		Standard
10	3	Roulement rigide à billes		Standard
11	5	Anneau élastique		Standard
12	3	Bouchon		Standard
13	1	Roue dentée	20 Ni Cr Mo 2	Z13 =37 dents
14	1	Pignon	20 Ni Cr Mo 2	Z14 =19 dents
15	1	Arbre intermédiaire		
16	1	Roue dentée	20 Ni Cr Mo 2	Z16 =34 dents
17	1	Roue dentée	20 Ni Cr Mo 2	Z17 =42 dents
18	1	Roue dentée	20 Ni Cr Mo 2	Z18 =56 dents
19	1	Pignon	20 Ni Cr Mo 2	Z19 =17 dents
20	1	Pignon-baladeur	20 Ni Cr Mo 2	Z20 =34 dents
21	1	Arbre intermédiaire cannelé	C40	
22	1	Clavette parallèle		Standard
23	1	Roue dentée	20 Ni Cr Mo 2	Z23 =49 dents
24	1	Couvercle	EN-GJL-200	
25	1	Roulement à rouleaux coniques		Standard

TRANSMISSION DE PUISSANCE

Boîte de vitesses

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
26	1	Broche	C40	Traité
27	1	Porte outil conique	C35	Traité
28	2	Vis à tête cylindrique à six pans creux M6		Standard
29	2	Tenon		
30	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux M8		Standard
31	1	Roue dentée	20 Ni Cr Mo 2	Z31 =73 dents
32	1	Clavette parallèle		Standard
33	1	Pignon	20 Ni Cr Mo 2	Z33 =34 dents
34	1	Écrou à encoches auto-freiné		Standard
35	2	Roulement rigide à billes avec segment d'arrêt		Standard
36	1	Roulement à rouleaux coniques		Standard
37	1	Écrou à encoches auto-freiné		Standard
38	1	Tirant de serrage		
39	1	Couvercle	EN-GJL-200	
40	1	Cale de réglage		
41	3	Fourchette		
42	3	Goupille élastique		Standard
43	2	Axe		
44	3	Plaque		
45	3	Ressort	51 Cr V 4	
46	3	Bille		
47	3	Barillet		
48	3	Poignée		
49	1	Joint plat		
50	1	Bouchon		Standard
51	...	.....



I. Situation déclenchante

Pour pouvoir usiner des pièces de différents matériaux avec des outils variés, les fraiseuses sont équipées d'une boîte de vitesses permettant la rotation de la broche à différentes vitesses.

Faisons l'étude de la boîte de vitesses de la fraiseuse.

II. Travail demandé

1. Sur la machine :

a. Identifier les caractéristiques du moteur inscrites sur la plaque signalétique.

Puissance (Pm)	Fréquence de rotation (Nm)
.....

b. Saisir la gamme des vitesses, puis remplir dans l'ordre croissant le tableau suivant selon le modèle de machine existant au laboratoire.

	1	2	3	4	5	6
Fréquence de rotation
* Combinaison des levier

	7	8	9	10	11	12
Fréquence de rotation
* Combinaison des levier

* **Exemple** : Faiseuse Milko : (■ / B / 1) → 352 ou (□ / A / 3) → 180

D'autres modèles (plus anciens) peuvent être repérés par la position des leviers.

2. Régler la vitesse la plus faible, puis mettre la machine en marche et à l'aide d'un tachymètre, mesurer la vitesse de rotation de la broche.

- Vitesse réglée : $N_{\dots} = \dots$
- Vitesse mesurée : $N_{\text{mesurée}} = \dots$

Comparer les deux vitesses puis écrire vos constatations

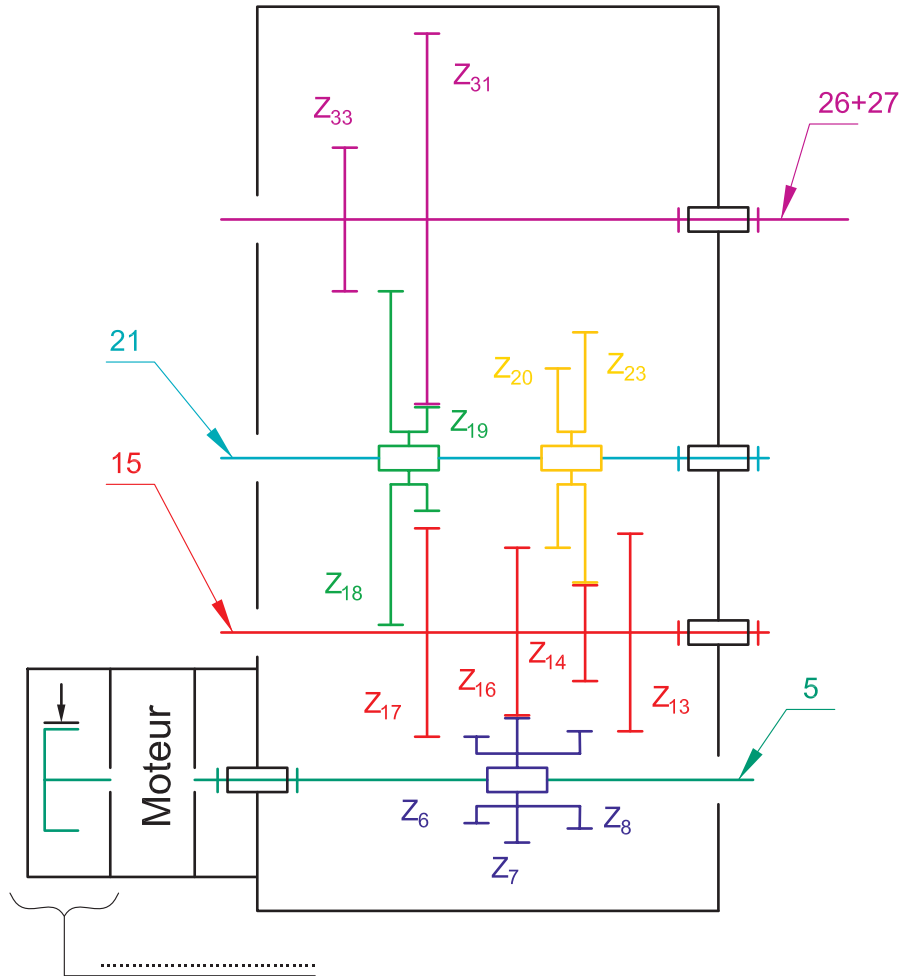
.....

.....

.....



3. On Donne le schéma cinématique de la boîte de vitesses de la fraiseuse
a. Que signifie le symbole représenté à gauche du moteur ?



- b. Sachant que les roues dentées (7) et (16) sont cylindriques à denture droite, compléter le tableau si dessous :

Pignon - roue	Module m (mm)	Nombre de dents Z	Diamètre primitif d (mm)	Entraxe a (mm)	Rapport r
Pignon (7)	3	.....	.....	87	$\frac{12}{17}$
Roue (16)		.....	.....

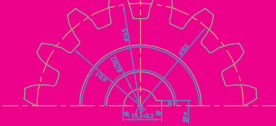
Calcul :

.....

.....

.....

.....



4. A partir du dessin d'ensemble de la boîte de vitesses et sa nomenclature.

a. Identifier les couples des roues en prise assurant la plus petite vitesse de rotation et donner l'expression du rapport $r = \frac{N_{26}}{N_m}$

$r = \frac{N_{26}}{N_m} = \dots\dots\dots$ (.....) ; (.....) ; (.....)

b. Calculer la vitesse de rotation de la broche (26) $N_{26\text{mini}}$

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

$N_{26\text{mini}} = \dots\dots\dots$

c. Identifier les couples des roues en prise assurant la plus grande vitesse de rotation et donner l'expression du rapport $r = \frac{N_{26}}{N_m}$

$r = \frac{N_{26}}{N_m} = \dots\dots\dots$ (.....) ; (.....) ; (.....)

d. Calculer la vitesse de rotation de la broche (26) $N_{26\text{maxi}}$

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

$N_{26\text{maxi}} = \dots\dots\dots$

e. On donne le rendement de la boîte de vitesses $\eta = 0,8$; Calculer la puissance sur la broche (26).

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

f. Calculer le couple C_1 à la broche pour la vitesse $N_{26\text{mini}}$

.....
.....

$C_1 = \dots\dots\dots$

g. Calculer le couple C_2 à la broche pour la vitesse $N_{26\text{maxi}}$

.....
.....

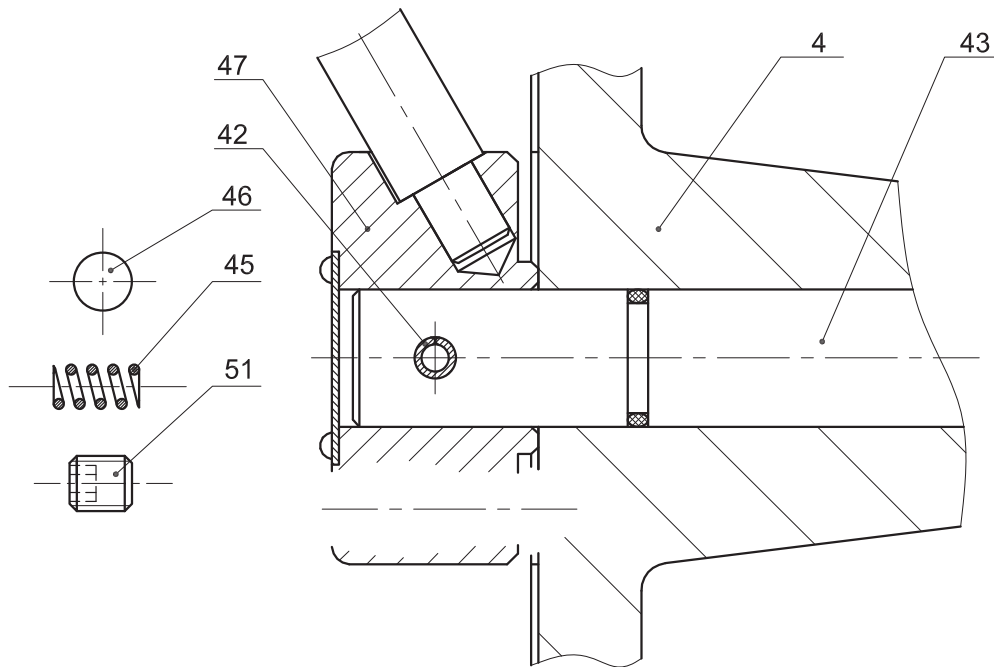
$C_2 = \dots\dots\dots$

5. Etude du mécanisme de changement de vitesses

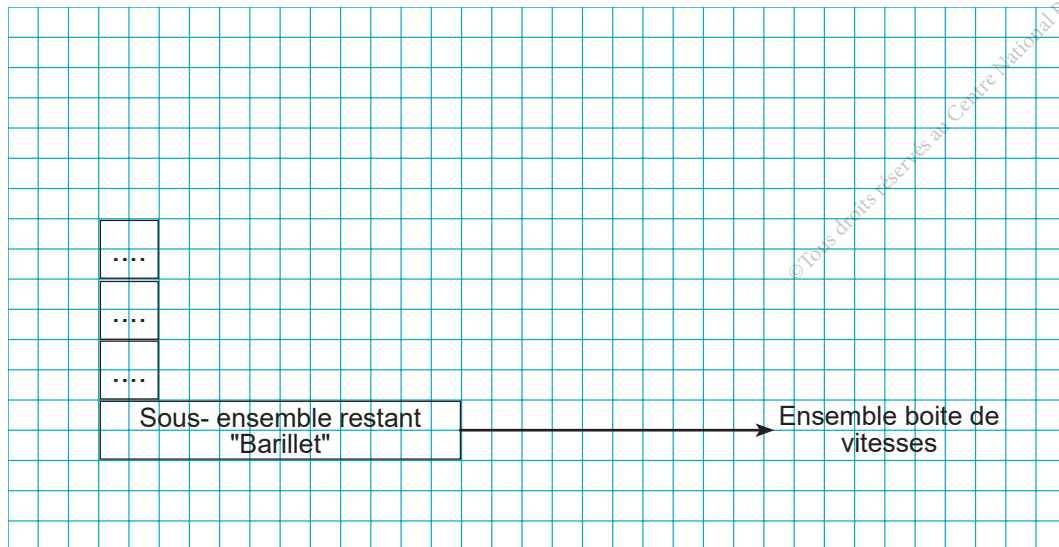
a. Donner la fonction de la bille (46) et le ressort (45).

.....
.....

b. La bille (46) est susceptible de s'éjecter facilement par le ressort (45) au moment de montage ou de démontage. On désire modifier la solution en utilisant une vis de pression permettant de faciliter le montage et régler la tension du ressort. Compléter cette solution à l'échelle du dessin ci-dessous.



c. Compléter le graphe de montage de la bille (46) relatif à la nouvelle solution.





Activité 4.3

Fraiseuse universelle

Présentation du support d'activité

1. Mise en situation

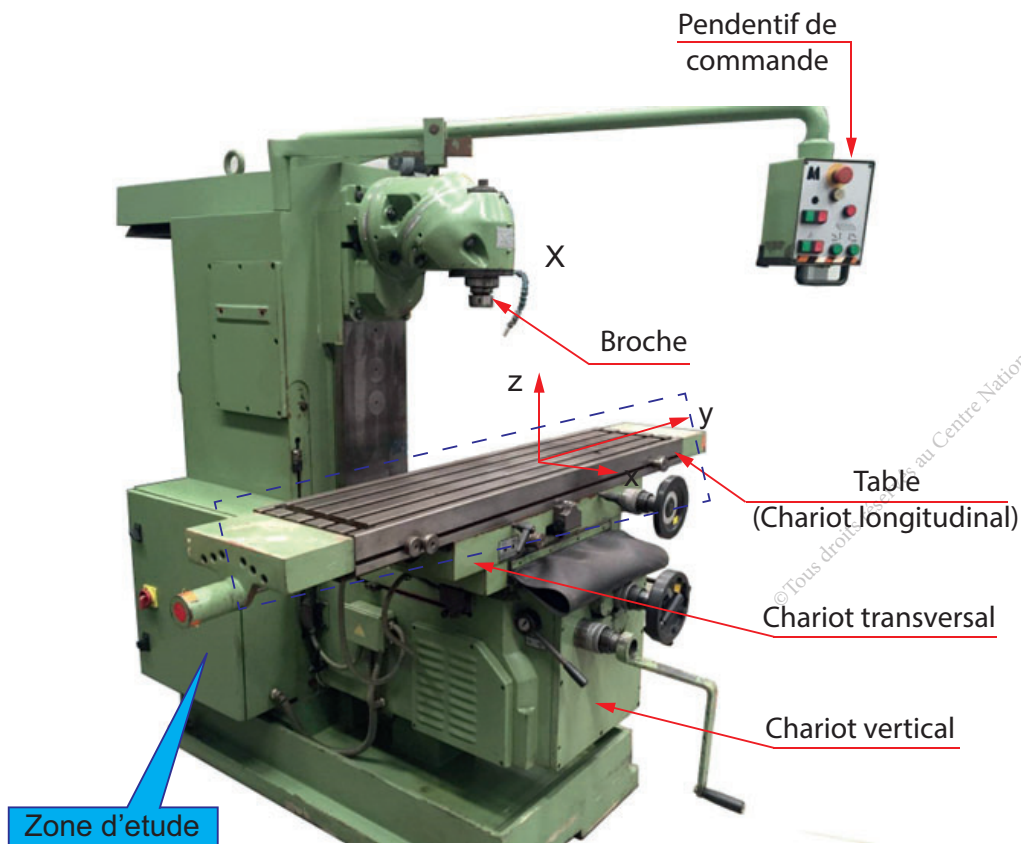
En fraisage le mouvement d'avance est communiqué à la pièce à usiner qui est fixée sur la table de la machine. Ce mouvement peut être fait suivant trois axes différents ce qui donne à la table trois types de mouvement d'avance :

- Avance longitudinale ;
- Avance transversale ;
- Avance verticale.

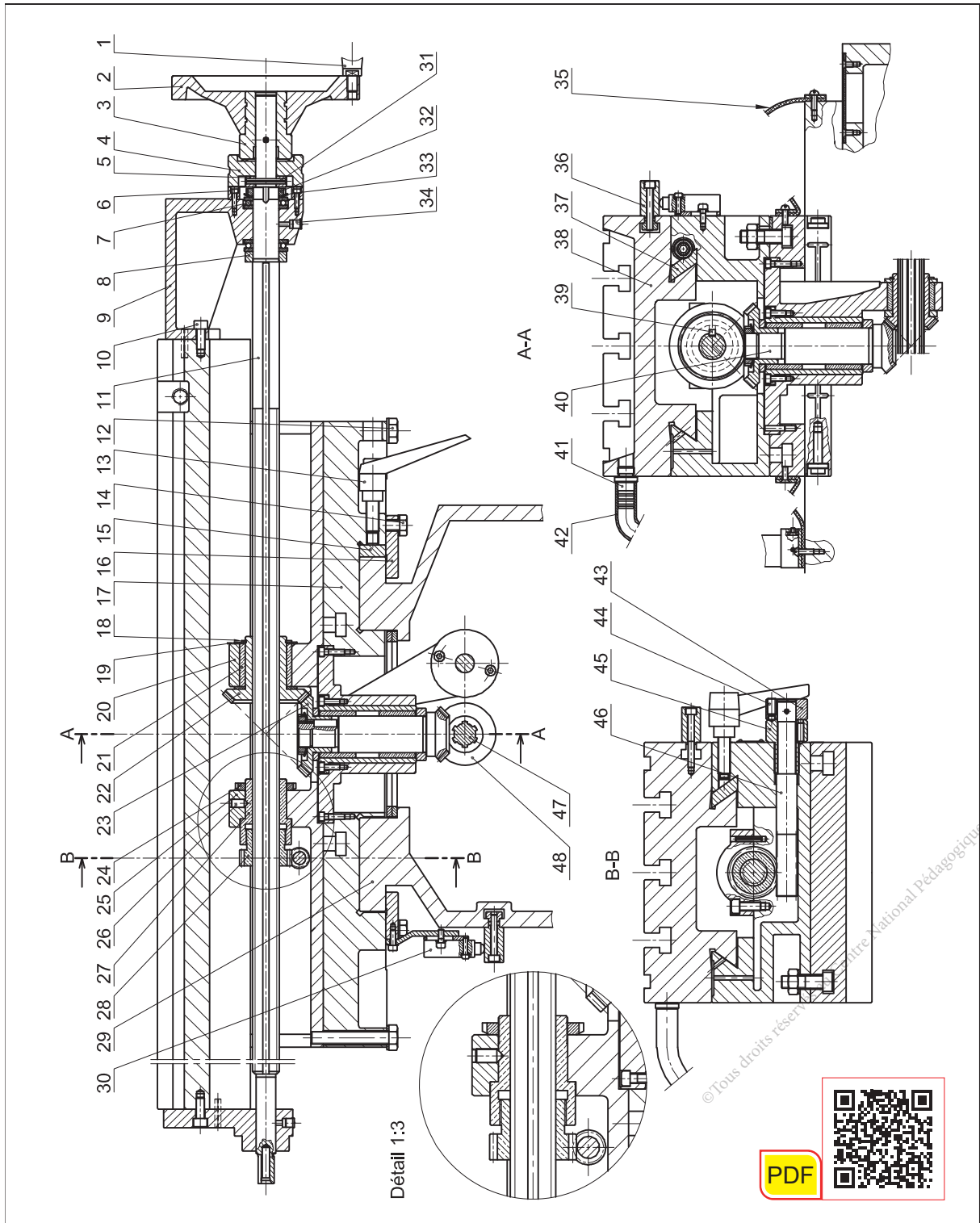
Chaque type d'avance est commandé de deux manières :

- Commande manuelle ;
- Commande automatique.

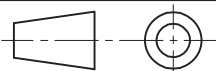
En mode automatique l'avance peut être soit lente (phase de coupe) soit rapide (Approche à vide ou dégagement de l'outil).



2. Dessin d'ensemble



Echelle 1:5



Fraiseuse universelle
Table longitudinale

3. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Rep.	Nbr.	Désignation
1	1	Manette	24	1	Écrou à encoche type KM M40
2	1	Volant	25	1	Chapeau de palier
3	1	Moyeu du volant	26	1	Vis de pression M8
4	1	Cadran gradué	27	1	Écrou spécial M26
5	1	Bague	28	1	Écrou de réglage M26
6	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux M4	29	1	Chariot vertical
7	1	Butée à billes	30	2	Capteur fin de course
8	1	Bague	31	1	Goupille élastique
9	1	Palier avant	32	2	Écrou à encoche type KM M25
10	12	Vis à tête cylindrique à six pans creux M8	33	2	Rondelle frein type KB
11	1	Vis d'entraînement de la table	34	2	Graisser
12	8	Vis à tête hexagonale M12	35	1	Soufflet de protection
13	4	Manette indexable	36	4	Butée de fin de course
14	8	Vis à tête hexagonale M10	37	1	Cale de réglage
15	1	Cale latérale	38	1	Chariot longitudinal
16	2	Contre glissière	39	1	Clavette
17	1	Chariot transversal	40	1	Arbre intermédiaire
18	1	Anneau élastique	41	1	Raccord
19	1	Cale	42	1	Flexible d'évacuation
20	1	Chapeau de palier	43	1	Bouton de manœuvre
21	1	Coussinet	44	1	Vis de blocage
22	1	Roue conique	45	1	Écrou de réglage
23	1	Roue conique	46	1	Vis sans fin de réglage



I. Situation déclenchante

Le mouvement d'avance de la table (chariot longitudinal) de la fraiseuse, est obtenu à partir d'un mouvement de rotation, délivré, soit directement par l'utilisateur à l'aide du volant, ou automatiquement à l'aide d'une boîte d'avance pré-réglée.

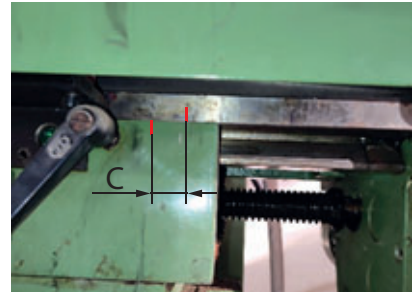
Faisons l'étude de transformation de mouvement de la rotation à la translation.

II. Travail demandé

Manipulation

Au stylo, faire une marque sur les deux chariots transversal et longitudinal comme le montre la figure ci-contre, positionner le cadran à « 0 », tourner le volant puis mesurer le déplacement du chariot longitudinal pour chaque nombre de tours effectué.

n : nombre de tours du volant	1	2	3
C : déplacement de la table
Rapport C/n



1. Mesurer le Pas de la vis d'entraînement (11)

Pas = mm.

2. Comparer C/n par rapport à la valeur du pas mesurée sur la vis.

C/n pas

3. Vérifier sur la machine si la vis a un ou plusieurs filets

4. Conclusion :

La course est exprimée : C =

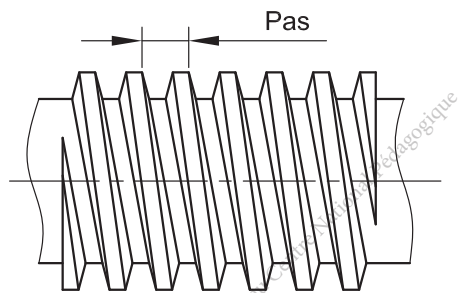
5. En poussant la table longitudinalement peut-on avoir la rotation de la vis d'entraînement (11) ?

6. La transformation de mouvement est-elle : Réversible

Irréversible

7. Expliquer brièvement ce choix pour une machine-outil.

.....
.....





8. Choisir une vitesse sur la boîte des avances. En chronométrant le déplacement entre les deux marques réalisées précédemment, déterminer la vitesse d'avance réelle.

C =m



V = m/min

t =min

9. Comparer les deux vitesses.....

10. A partir de la vitesse du tableau déterminer la vitesse de rotation de la vis d'entraînement.

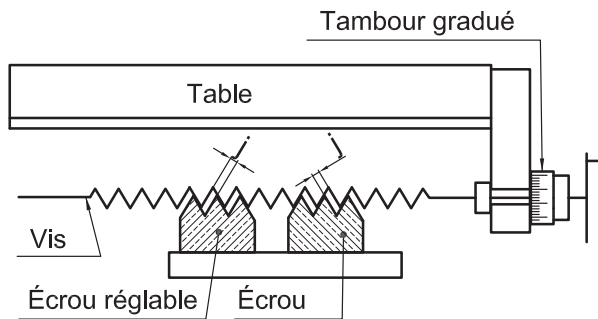
.....

.....

$N_{11} = \dots\dots\dots$ tr/min

11. Le système vis-écrou est très pratique comme solution dans les machines-outils, le seul problème est le rattrapage du jeu à l'inversion de sens de déplacement de la table.

En se référant au dessin d'ensemble, sa nomenclature et en vous aidant par la figure explicative ci-contre



a. Donner les repères des pièces permettant le réglage (rattrapage) du jeu.

.....

.....

b. Décrire dans l'ordre les opérations à réaliser pour faire ce réglage.

.....

.....

.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Maquette moteur à explosion

Activité 5

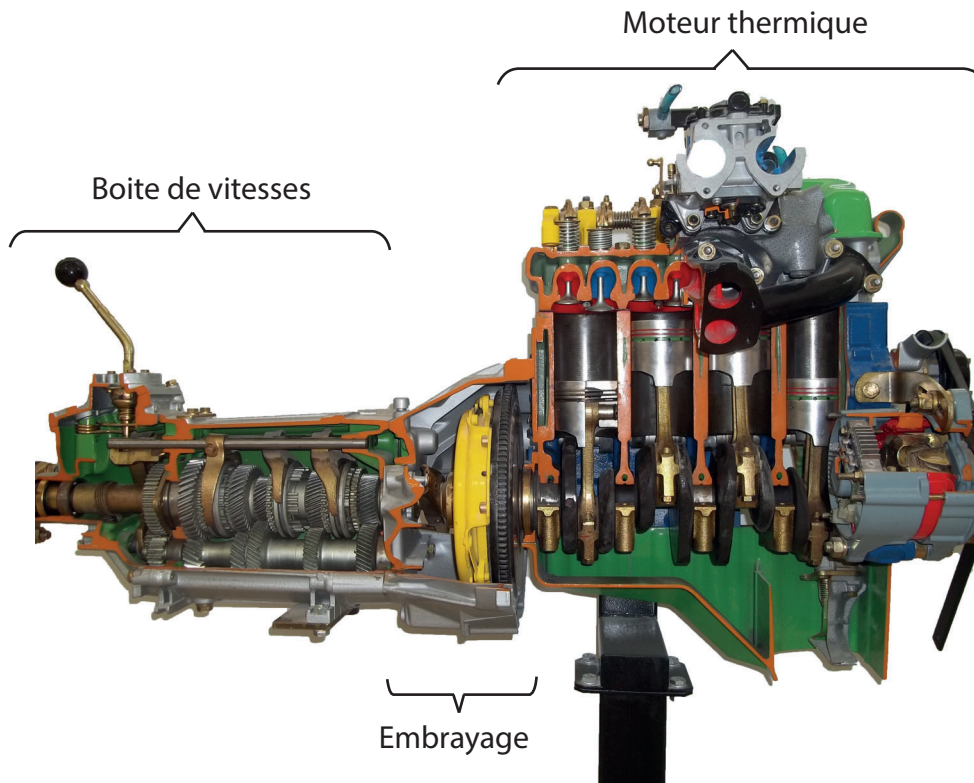
Présentation du support d'activité

PDF



1. Mise en situation

La maquette du moteur à explosion permet d'étudier le fonctionnement d'un moteur réel de véhicule.



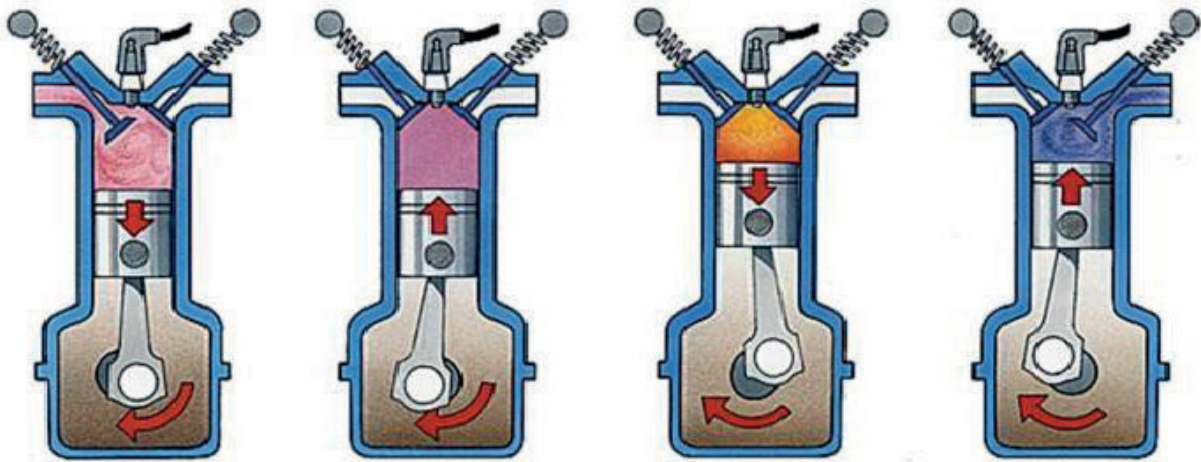
2. Moteur thermique à combustion interne

Le moteur thermique de cette maquette, transforme l'énergie thermique produite par la combustion (carburant + comburant) en énergie motrice mécanique. C'est donc un moteur thermique à combustion interne à pistons alternatifs.

L'énergie mécanique, est obtenue par transformation du mouvement de translation du piston en mouvement de rotation continu de l'arbre de sortie (vilebrequin).

a. Définition du cycle à 4 temps

On appelle cycle l'ensemble des phases qui se succèdent dans le moteur. Dans notre cas, le cycle comprend quatre phases ou quatre temps :



Admission

Compression

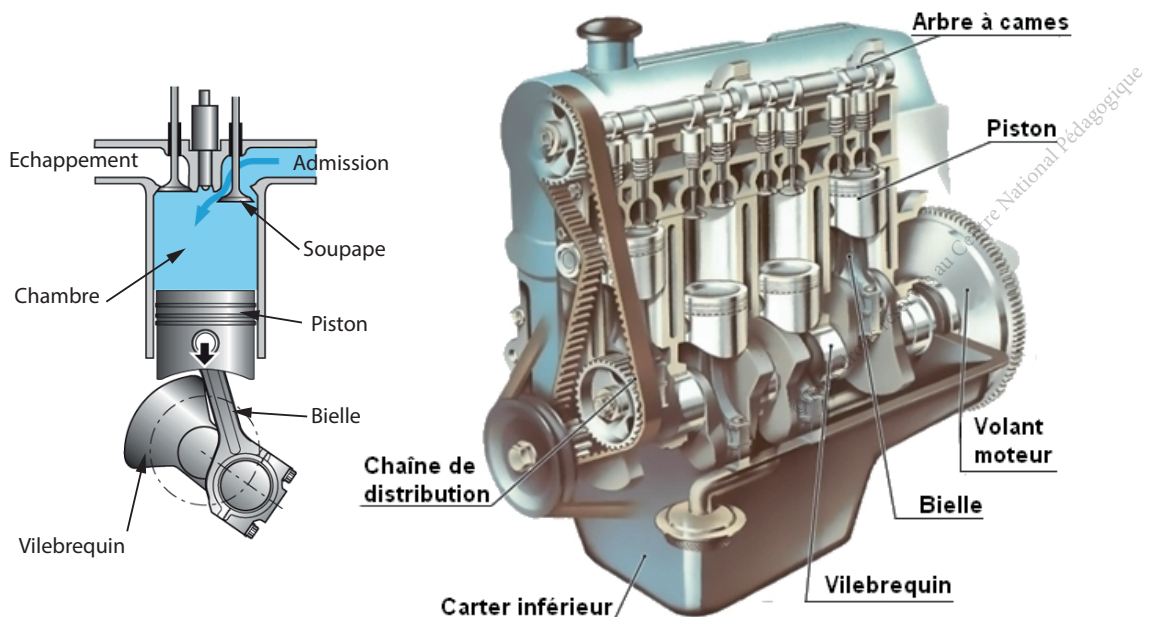
Explosion - Détente

Echappement

- **Temps admission** : Aspiration mélange air-essence.
- **Temps compression** : Compression du mélange.
- **Temps combustion-détente** : Inflammation rapide du mélange provoquant une brusque montée en pression des gaz puis leur détente.
- **Temps échappement** : Évacuation des gaz brûlés.

Remarque : On constate que seul le troisième temps fournit de l'énergie, c'est le temps moteur, les trois autres temps sont résistants.

b. Différents composants d'un moteur thermique



c. Fonctionnement d'un moteur à quatre temps (voir dessin d'ensemble)

Le moteur étudié est un moteur thermique à quatre temps, il se compose essentiellement d'un bloc (14) comportant quatre cylindres recevant quatre pistons (5).

Les pistons, oscillent verticalement entre deux positions extrêmes appelées point mort haut (PMH) et point mort bas (PMB). Une bielle (2) articulée à l'une de ses extrémités au piston (5) et à l'autre à un arbre coudé (1) appelé vilebrequin, permet de transformer le mouvement rectiligne alternatif du piston en un mouvement de rotation continu du vilebrequin et du volant moteur (15).

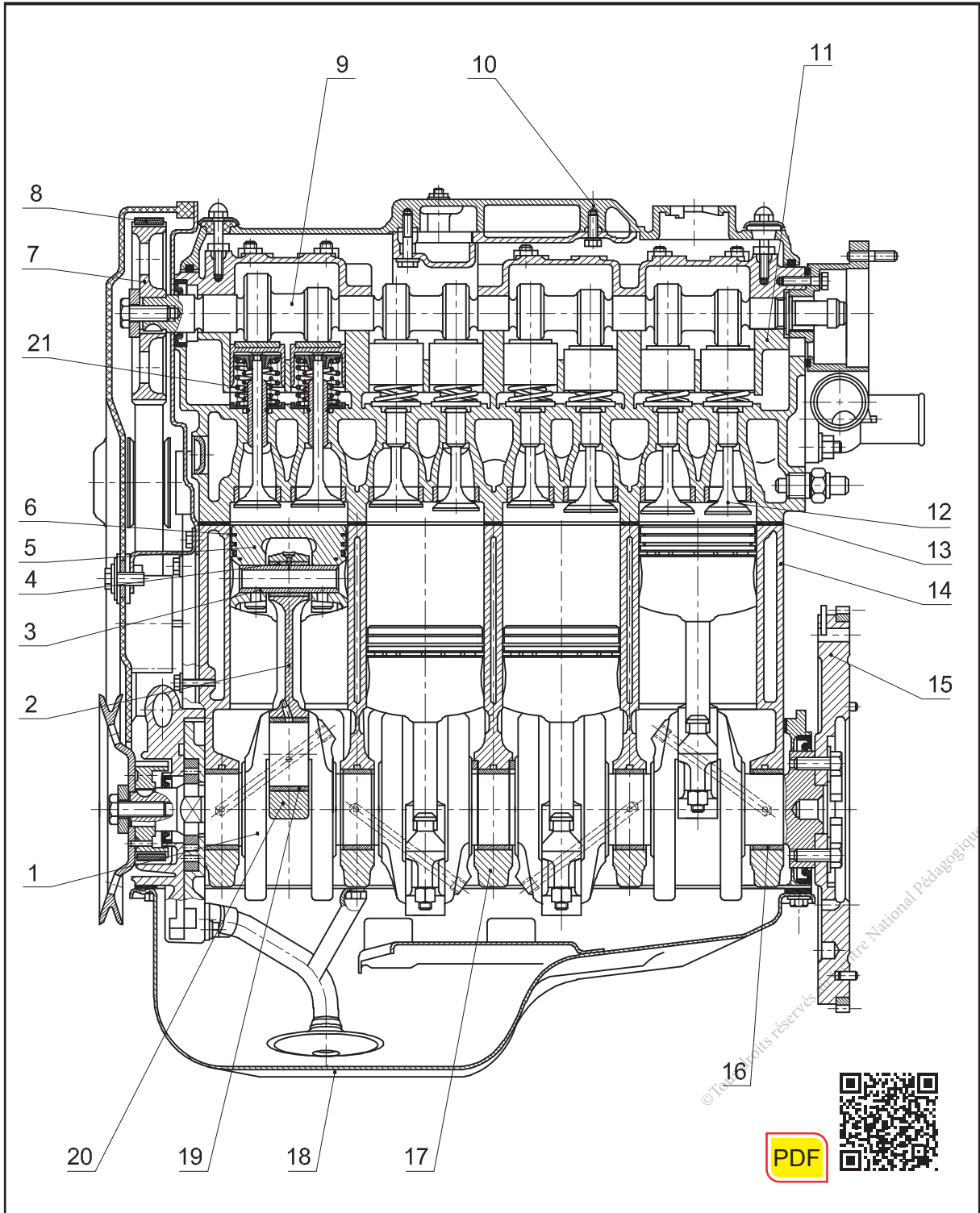
La chambre de combustion, délimitée par le piston (5) et le cylindre, est fermée dans sa partie supérieure par la culasse (11). Cette culasse est équipée de huit soupapes (12), ayant un mouvement alternatif de translation grâce à un arbre à cames (9). Les cames sont synchronisées à la rotation du vilebrequin, elles gèrent la circulation des gaz au travers du moteur dans la chambre de combustion. Le moteur est caractérisé par sa cylindrée, qui est égale au volume balayé par le piston, multiplié par le nombre de cylindres.

Un temps correspond à une course de piston dans le cylindre. Le cycle à quatre temps met en œuvre quatre courses de piston (deux aller et retour) et correspond donc à deux tours du vilebrequin.

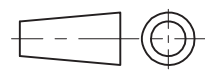
3. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	1	Vilebrequin	100 Cr Mo 7	
2	4	Corps de bielle	C40	
3	4	Axe du piston	C40	
4	4	Coussinet	Cu Sn 10 Pb	
5	4	Piston		
6	4	Segment coup de feu		
7	1	Pignon	20 Ni Cr Mo 2	
8	1	Chaîne de distribution		Standard
9	1	Arbre à cames	En-GJMB-450-6	
10	1	Couvercle		
11	1	Culasse		
12	8	Soupape		Standard
13	1	Joint de culasse		Standard
14	1	Bloc moteur		
15	1	Volant moteur		
16	5	Coussinet en deux parties	Cu Sn 10 Pb	
17	5	Palier		
18	1	Carter inférieur		
19	4	Coussinet en deux parties	Cu Sn 10 Pb	
20	4	Chapeau de bielle		
21	16	Ressort	51 Cr V4	

4. Dessin d'ensemble d'un moteur à explosion



Echelle :1:5

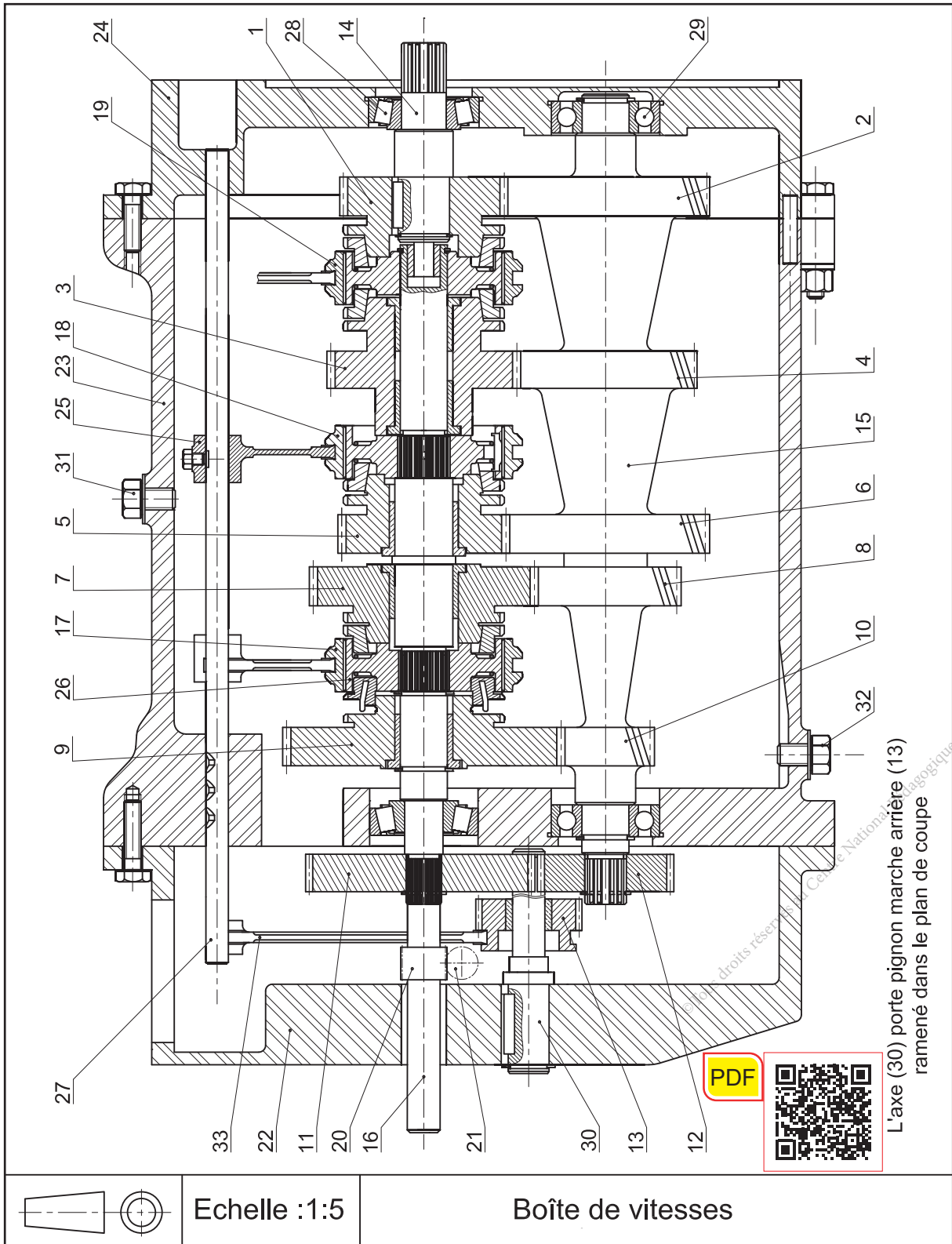


Moteur à explosion à quatre temps

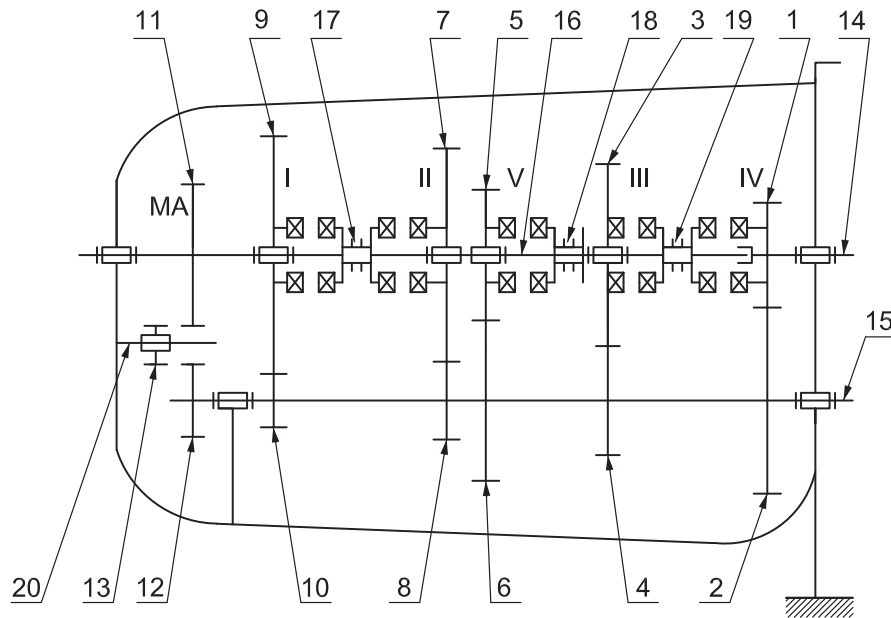
5. Boîte de vitesses

La boîte de vitesses est destinée à adapter la vitesse du véhicule aux différentes situations de conduite.

6. Dessin d'ensemble de la boîte de vitesses



7. Schéma cinématique



8. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Rep.	Nbr.	Désignation
1	1	Pignon ; Z = 37	18	1	Baladeur 3 ^{ème} vitesse
2	1	Pignon arbré ; Z = 47	19	1	Baladeur 4 ^{ème} et 5 ^{ème} vitesse
3	1	Pignon fou 4 ^{ème} vitesse ; Z = 44	20	1	Roue dentée
4	1	Pignon arbré ; Z = 41	21	1	Vis sans fin pour câble compteur
5	1	Pignon fou 3 ^{ème} vitesse ; Z = 31	22	1	Carter gauche
6	1	Pignon arbré ; Z = 47	23	1	Carter principal
7	1	Pignon fou 2 ^{ème} vitesse ; Z =	24	1	Carter droit
8	1	Pignon arbré ; Z =dents	25	3	Fourchette
9	1	Pignon fou 1 ^{ère} vitesse ; Z = 37	26	3	Moyeu de synchroniseur
10	1	Pignon arbré ; Z = 13	27	3	Tige de manœuvre
11	1	Roue dentée ; Z = 46	28	2	Roulement KB
12	1	Pignon ; Z = 25	29	2	Roulement BC
13	1	Pignon marche arrière ; Z = 17	30	1	Axe
14	1	Arbre d'entrée (Moteur)	31	1	Bouchon de remplissage
15	1	Arbre intermédiaire	32	1	Bouchon de vidange
16	1	Arbre de sortie	33	1	Fourchette pour marche arrière
17	1	Baladeur 1 ^{ère} et 2 ^{ème} vitesse			



Activité 5.1

I. Situation déclenchante

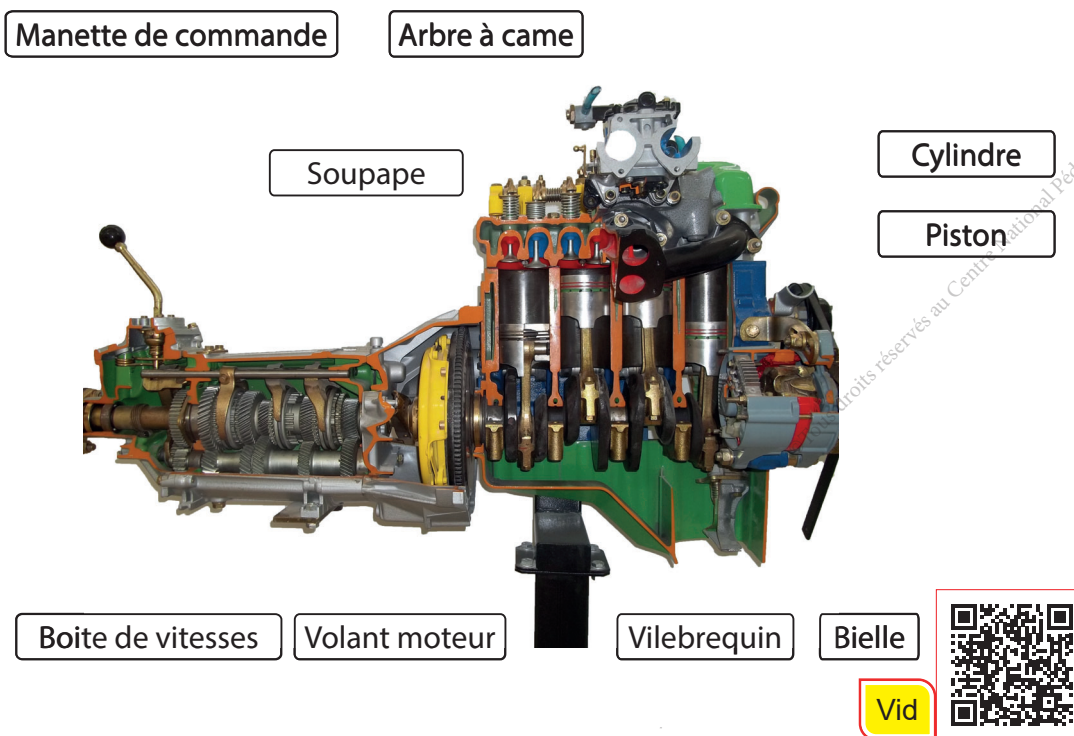
Le moteur à explosion est un moteur à combustion interne, principalement utilisé pour la propulsion de différents véhicules mobiles (voiture, avion...), ainsi que pour des installations fixes (pompe, groupe électrogène...)

Voyons comment ces moteurs transforment l'énergie chimique en puissance mécanique grâce à des combustions très rapides ?

II. Travail demandé

A. Analyse fonctionnelle

1. Quelle est la fonction globale du moteur à explosion ?
.....
2. Quelle est la matière d'œuvre entrante du moteur à explosion ?
.....
3. Quelle est la matière d'œuvre sortante du moteur à explosion ?
.....
4. Sur la figure ci-dessous de la maquette du moteur à explosion, relier par une flèche chaque terme, par l'élément qui lui correspond.

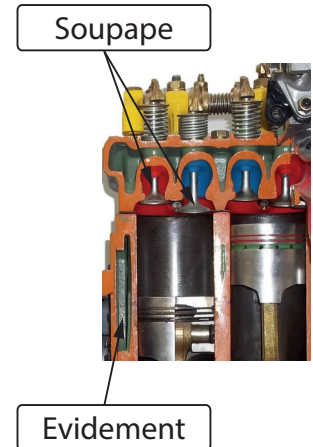


5. En se référant à la figure ci-contre, deux types de soupapes existent, (soupape gauche, soupape droite) donner leurs noms.

.....
.....

6. Donner le rôle des soupapes.

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



7. Par quoi est assurée l'étanchéité entre la chambre de combustion et le carter moteur?

8. Donner le rôle des évidements créés sur le carter moteur.

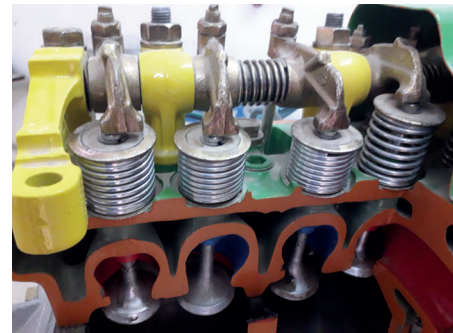
.....
.....

9. En se référant à la figure ci-contre, expliquer le rôle des ressorts liés à chaque soupape.

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

10. Donner le mode d'obtention de la culasse supportant les soupapes.

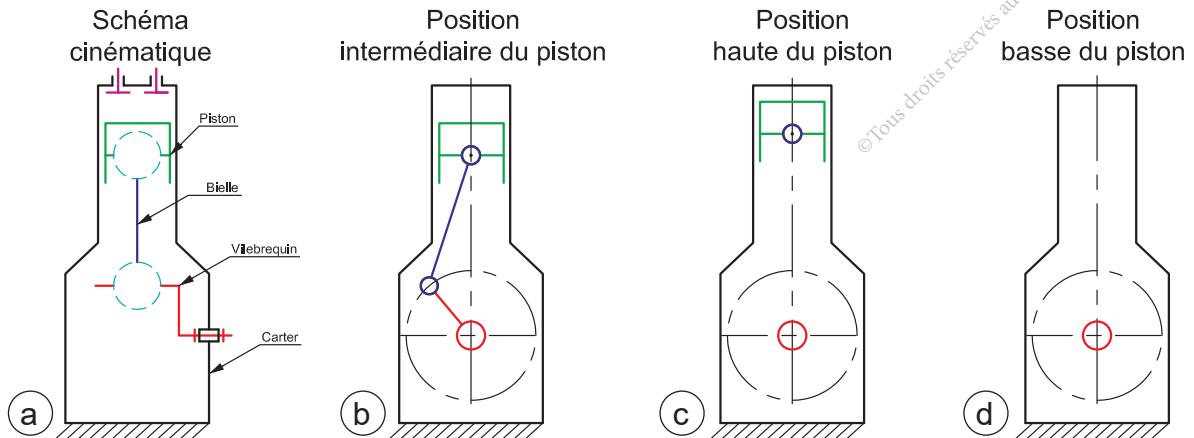
.....



B. Étude cinématique du mouvement de piston

1. Compléter ci-dessous :

- Le schéma cinématique du mécanisme bielle manivelle sur la figure (a).
- Les schémas du piston, bielle et vilebrequin sur les figures (c) et (d).
- Indiquer la course du piston sur les figures (c) et (d).



2. Manœuvrer la maquette pour mettre le piston en position haute, puis, mesurer la valeur réelle de la course du piston à l'aide d'une règle métallique.

.....

3. Trouver la relation de la course du piston en fonction du rayon de vilebrequin.

.....

4. Déduire la valeur du rayon de vilebrequin.

.....

5. Calculer en litre la cylindrée du moteur, sachant que le diamètre du piston est de 85mm.....

.....

.....

6. Pour le moteur, compléter le tableau des mouvements suivant (mettre une croix):

	Mouvement d'entrée	Mouvement de sortie
Vilebrequin		
Piston		

7. Que peut-t-on dire de la transformation de mouvement ?

Réversible

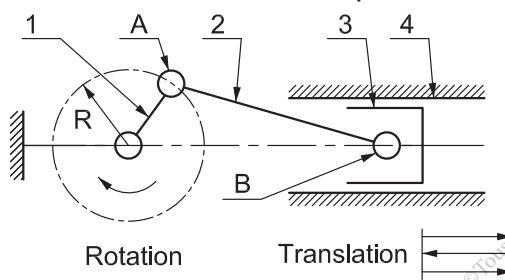
Irréversible

8. Par quoi est assuré le mouvement continu du vilebrequin ?

.....

9. Donner à chaque terme général, le nom de l'élément qui lui correspond du moteur à explosion.

10. Détermination graphique de la vitesse linéaire du point B du piston.



Terme général		Désignation des pièces du moteur à explosion
1	Manivelle	.....
2	Bielle	.....
3	Coulisseau	.....
4	Glissière	.....

On donne : La vitesse du vilebrequin à un régime donné, est $N_1 = 1600 \text{ tr/min}$.

- Tracer sur la figure ci-contre, les trajectoires des deux points A et B en utilisant deux couleurs différentes.
- Calculer la vitesse angulaire instantanée du vilebrequin : ω_1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- Déterminer et représenter sur la même figure, la vitesse linéaire du point A : $V_{A/O}$
Échelle des vitesses :
 $0,3\text{m/s} \rightarrow 1\text{mm}$

.....

.....

- Représenter et déterminer graphiquement la norme de la vitesse du point B appartenant au piston par rapport à la partie fixe, en utilisant le théorème de l'équiprojectivité.

.....

.....

.....

.....

.....

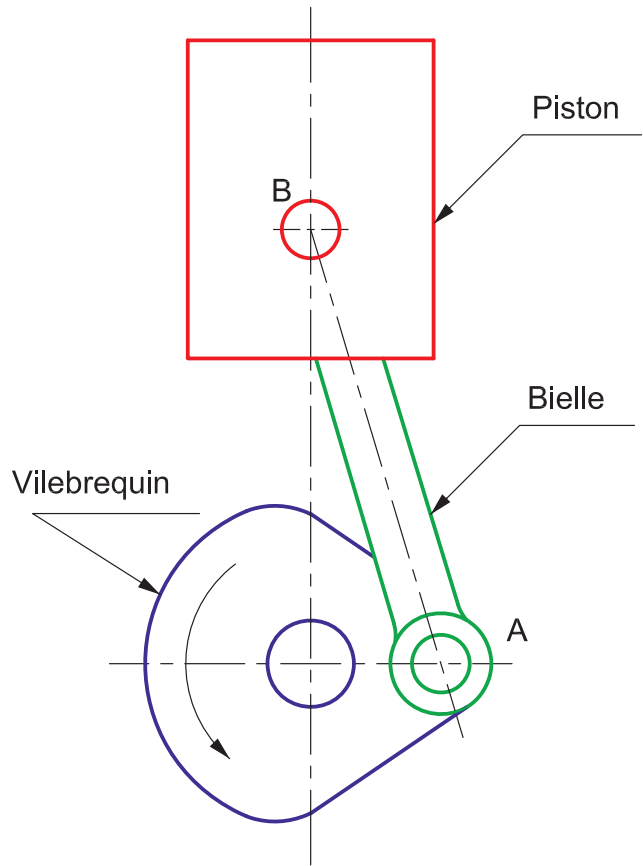
.....

.....

.....

.....

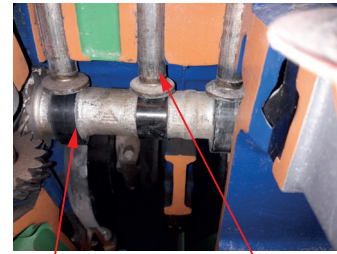
.....



© Tous droits réservés au Centre National d'Ingénierie

C. Étude du système à came

En se référant à la maquette de moteur à explosion, la translation alternative des soupapes « l'ouverture et la fermeture », est assurée par un système de transformation de mouvement de rotation continu de l'arbre à cames, en un mouvement de translation rectiligne alternatif des poussoirs.



Arbre à cames

Poussoir

1. De quel type de cames s'agit-il ?

2. Ce système est-il réversible ?

3. Préciser le type de frottement entre Poussoir/ Came : (Glissement ; roulement)

4. Proposer une autre solution constructive pour réduire le frottement.

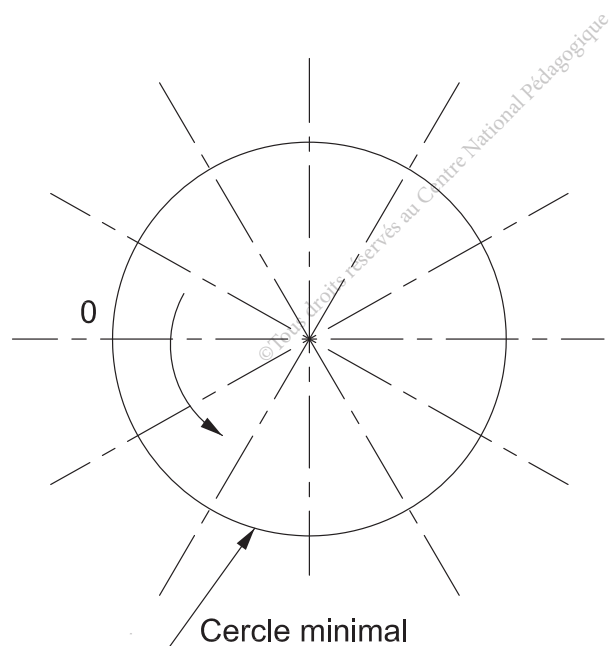
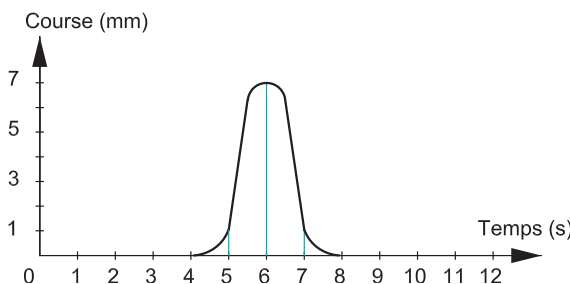
5. On désire tracer le profil de la came.

La rotation de l'arbre à cames commande l'ouverture et la fermeture des soupapes.

Pour un tour de l'arbre à cames on a trois phases :

- Phase 1 : 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.

A partir du diagramme des espaces ci-dessous, tracer le profil extérieur de la came.



Activité 5.2**Présentation de l'embrayage****1. Fonctionnement**

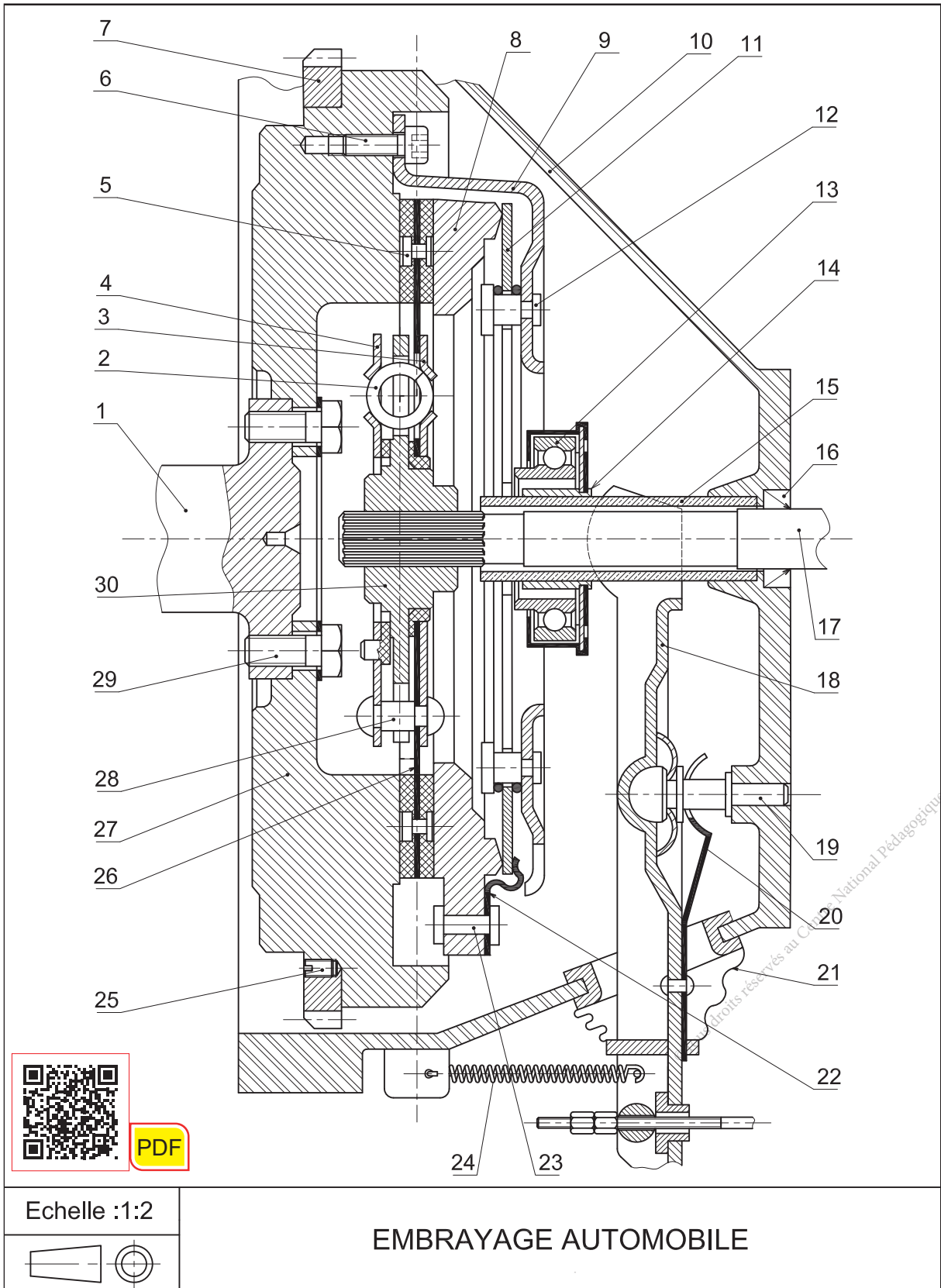
L'action sur la fourchette (18) pousse la butée d'embrayage (13) contre le diaphragme (11), qui se déforme de manière à faire reculer le plateau (8) pour assurer le débrayage.

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

2. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	1	Arbre porte volant	C 60	
2	6	Ressort d'embrayage	60 Si Cr 7	
3	1	Disque droit	C 35	
4	1	Disque gauche	C 35	
5	12	Rivet		
6	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux ISO 4762		
7	1	Couronne dentée	C 60	
8	1	Plateau	EN-GJL-200	
9	1	Couvercle	C 35	
10	1	Carter	EN-MC 21 120	
11	4	Diaphragme		
12	1	Rivet		
13	1	Butée d'embrayage	10 Cr 6	
14	1	Bague porte butée	S 235	
15	1	Bague	Cu Sn 8	
16	1	Joint à lèvres, type A		
17	1	Arbre d'embrayage	C 60	
18	1	Fourchette	C 35	
19	1	Axe de fourchette	C 60	
20	1	Levier ressort	60 Si Cr 7	
21	1	Membrane		
22	3	Ressort de maintien	60 Si Cr 7	
23	1	Rivet		
24	1	Ressort	60 Si Cr 7	
25	3	Vis sans tête fondue à bout plat ISO 4026		
26	1	Disque porte garniture	C 35	
27	1	Volant	EN-GJL-200	
28	3	Rivet		
29	4	Vis à tête hexagonale ISO 40-18		
30	1	Moyeu amortisseur	C 35	

3. Dessin d'ensemble





I. Situation déclenchante

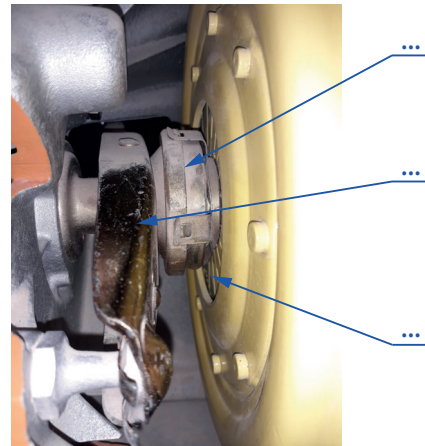
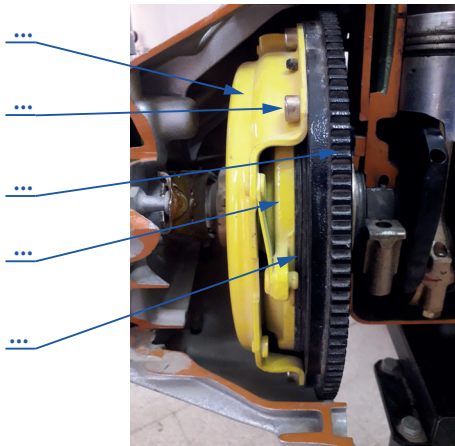
L'embrayage d'automobile, transmet à volonté la puissance du moteur à la boîte de vitesses, puis, vers les roues. C'est grâce à l'embrayage et à la boîte qu'on peut changer les rapports de vitesses.

Faisons une analyse de fonctionnement de cet embrayage, pour identifier ses constituants.

II. Travail demandé

A. Analyse fonctionnelle

1. Se référer au dessin d'ensemble de l'embrayage, pour placer les repères des pièces suivantes (9 ;7 ;8 ;30 ;6 ;11 ;13 ;18) sur les figures ci-dessous.



2. Citer les facteurs dont dépend le couple transmissible.

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

3. Expliquer l'utilité de la couronne (7) montée sur le volant moteur (27).

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

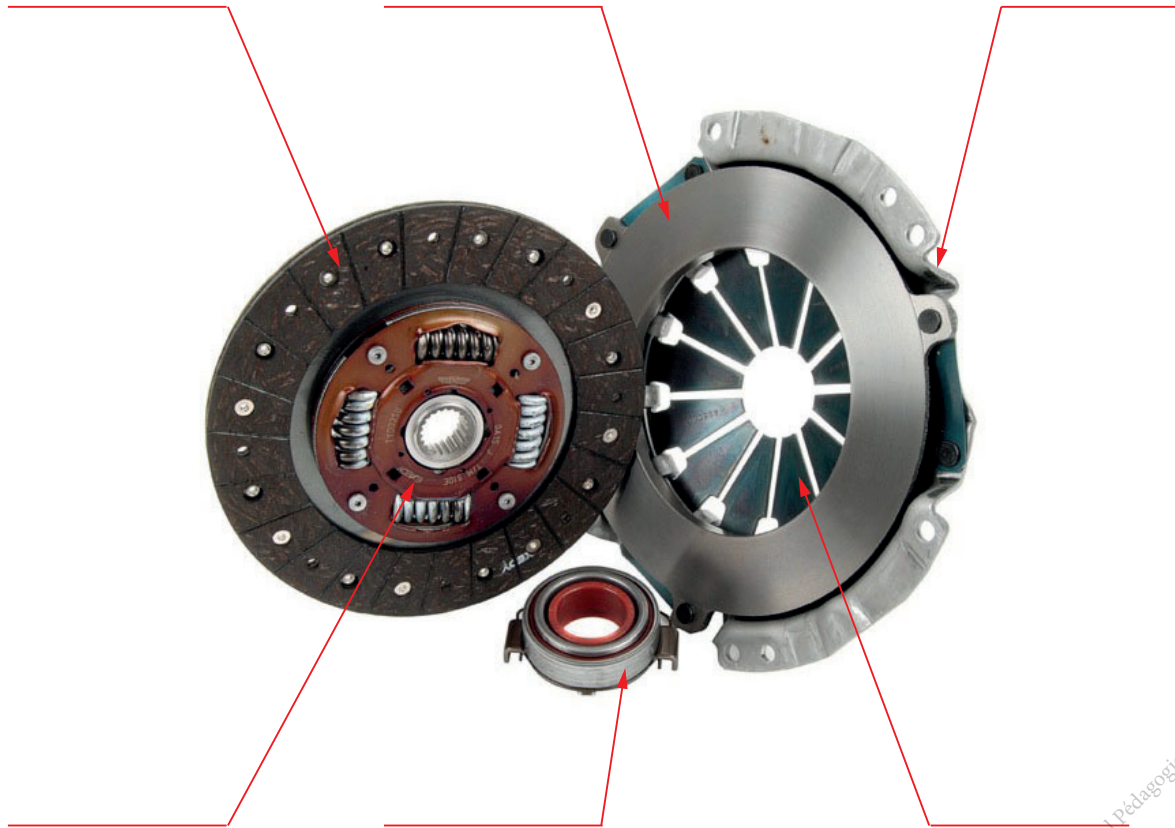
4. En se référant à la maquette du moteur à explosion, appuyer sur la pédale de l'embrayage, tourner le vilebrequin à l'aide de la manivelle et donner l'état du disque (26) (tourne ; ne tourne pas).

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

Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

5. Placer le nom de chaque constituant de l'embrayage à disque sur les figures ci-dessous:

Couvercle – Plateau – Butée – Diaphragme – Disque porte garniture – Moyeu amortisseur.



6. Donner la fonction des ressorts situés sur le moyeu amortisseur

.....

.....

.....

.....

.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Activité 5.3



I. Situation déclenchante

La boîte de vitesses, est un système mécanique de transmission de puissance, qui permet d'engendrer différents rapports de vitesses du moteur aux roues motrices d'un véhicule.

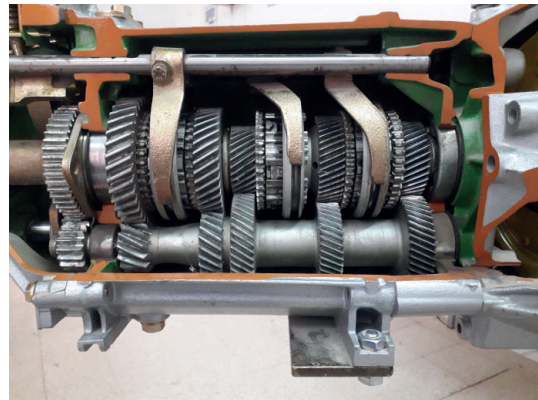
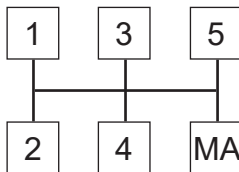
La boîte est constituée de plusieurs éléments permettant le changement des différents rapports de vitesses.

Faisons une analyse de fonctionnement de cette boîte, pour identifier ses constituants.

II. Travail demandé

A. Analyse fonctionnelle

En manipulant le mécanisme réel et en s'aidant du schéma cinématique et de la figure ci-contre de la boîte de vitesses.



1. Compléter le tableau suivant :

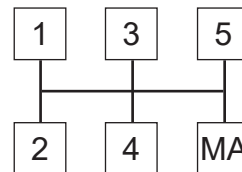
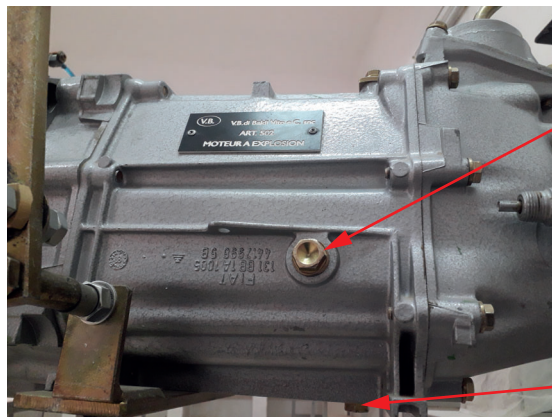
Désignation des composants	Repères des composants	Fonction
Arbre d'entrée	.....	Transmettre le mouvement de rotation à la boîte de vitesses
.....	15	.....
Arbre de sortie	16	.....
Engrenage à dentures droites	.....	.....
.....	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	Adapter la vitesse en proposant plusieurs rapports
Baladeurs	.....	.....

2. Identifier les éléments de guidage en rotation des arbres (15) et (16).

.....
.....

3. Identifier le type de lubrification adoptée pour cette boîte de vitesses.

4. Donner les noms des deux éléments indiqués sur la figure ci-dessous:



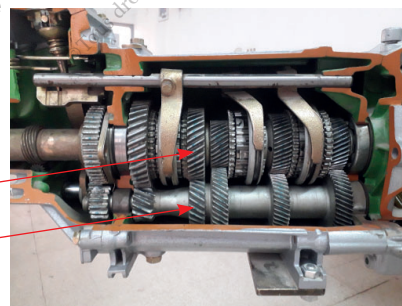
B. Étude des caractéristiques de la transmission

1. On distingue 6 positions possibles du levier de vitesse. Pour chaque position, compléter sur le tableau suivant les couples d'engrenages, le rapport de transmission, l'ordre des vitesses et comparer les sens de mouvement.

Position du levier	Couples d'engrenage	Rapport de transmission	Ordre de vitesse	Sens de mouvement
A	(Z1 , Z2) ; (Z9 , Z10)	.....	1 ^{ère}	Même sens
B	2 ^{ème}	.....
C	3 ^{ème}	.....
D	1	4 ^{ème}	.....
E	5 ^{ème}	.....
F	MA	.....

2. Compléter le tableau suivant relatif à la 2ème vitesse par les nombres de dents des roues (7) et (8).

Pignon (1)	37 dents
Roue (2)	47 dents
Pignon (7)	..... dents
Roue (8)	..... dents



3. Calculer le rapport de transmission de cette vitesse r_2 .

.....

4. Déterminer par calcul, le nombre de tours N_{16} effectué par l'arbre de sortie (16), pour 10 tours de l'arbre d'entrée (1).

.....

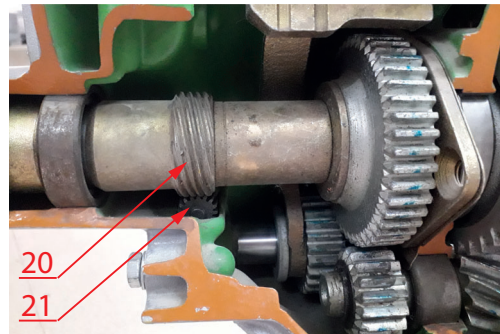
5. Faire cette manipulation sur la maquette et déduire le nombre de tours de l'arbre de sortie N'16.

.....

6. Comparer les deux résultats trouvés.

.....

7. La prise de mouvement au câble du compteur de vitesse est réalisée par le système roue et vis sans fin (21 ; 20) comme le montre la figure ci-contre.



a. Compter le nombre de filets de la vis ainsi que le nombre de dents de la roue

.....

b. Calculer le rapport de vitesse de cet engrainement (20)/(21).

.....

c. On suppose que le pont arrière ne varie pas la vitesse et que le premier rapport de la boîte est sélectionné.

On donne :

- Vitesse du véhicule $V=30$ km/h ;
- Diamètre du pneu de la roue $d_{\text{pneu}} = 60$ cm ;

Calculer la vitesse de rotation de l'arbre de sortie (16) en tr /min :

.....

.....

.....

d. Déduire la vitesse de rotation du câble compteur

.....

.....

.....

.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



Activité 5.4

I. Situation déclenchante

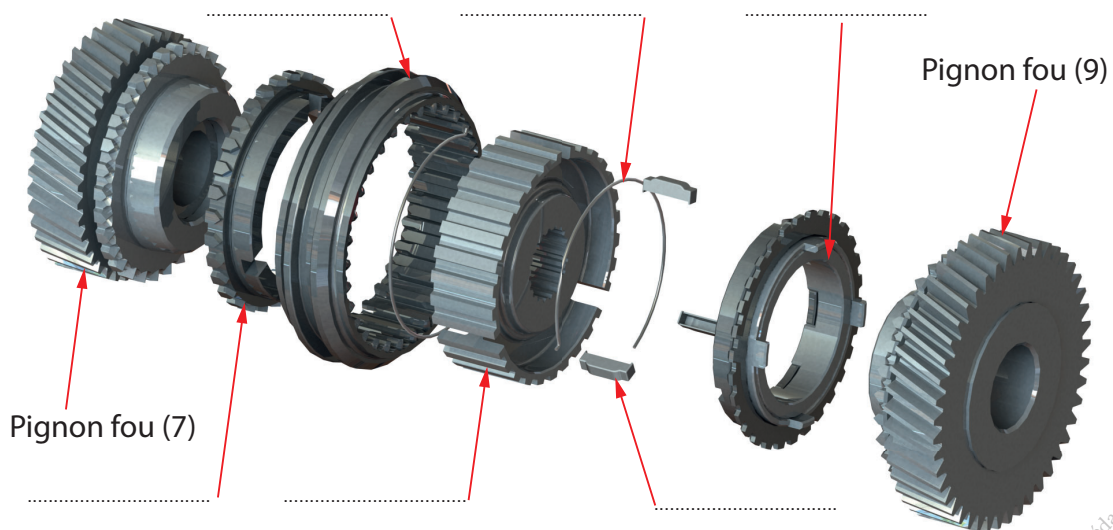
Le synchroniseur est un dispositif égalisant la vitesse de deux arbres avant d'établir leurs liaisons par crabotage. Cette opération s'effectue à partir du point mort en deux temps.

Faisons une analyse de fonctionnement de ce dispositif.

II. Travail demandé

En se référant au dessin d'ensemble de la page 185.

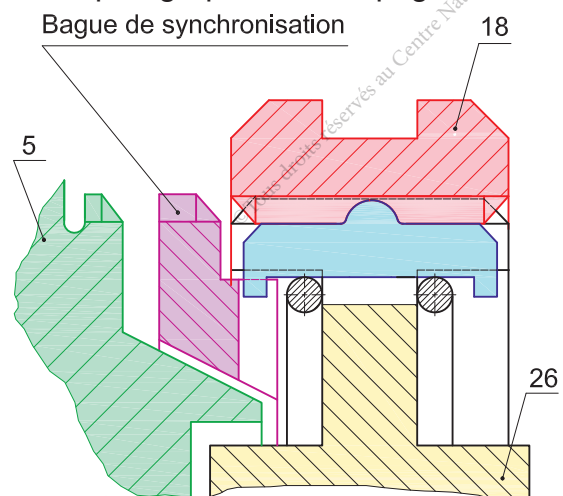
1. Placer sur la vue éclatée suivante les noms des constituants du synchroniseur relatif à la 1ère et 2ème vitesses : *Bague de synchronisation* ; *Baladeur* ; *Moyeu* ; *Clavette* ; *Ressort* ; *Bague de friction*.



2. Pour enclencher la 5^{ème} vitesse, compléter les paragraphes de la page suivante relatifs à chaque temps.

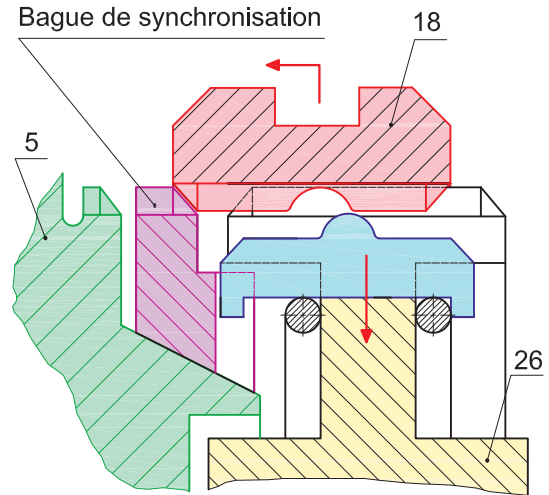
POINT MORT:

Le baladeur (18) est au point mort, la bague de synchronisation n'est pas en contact avec le pignon fou (5) au niveau des surfaces coniques.



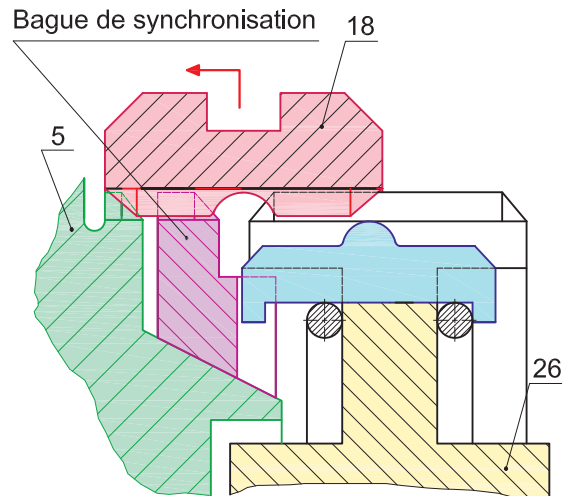
Temps 1 : SYNCHRONISATION

..... se déplace en translation vers le pignon fou (5). (18) entraîne la bague de synchronisation par intermédiaire vers la gauche. En conséquence il y a entraînement par, (5) tourne à la même vitesse que la bague de synchronisation.



Temps 2 : CRABOTAGE

Le baladeur (18) poursuit sa translation vers les clavettes s'effacent et s'effectue. Le pignon fou (5) et le moyeu (26) sont et tournent à la même vitesse.



Vid

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

*Palan électrique à chaîne***Activité 6****Présentation du support d'activité****1. Mise en situation**

Le système objet d'étude est un palan électrique à chaîne, conçu pour le levage industriel de petite et moyenne capacité (1000 kg). Le palan se combine avec des chariots à déplacement manuel ou électrique installés sur monorail, potence ou pont roulant.



Vid



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



PDF

2. Caractéristiques techniques

Puissance	Vitesse de levage	Poids	Charge maximale
0.8 KW	3.6 m/min	27 Kg	1000 Kg

Le palan électrique à chaîne est composé d' :

- Un moteur électrique ($P_m = 0.8 \text{ KW}$).
- Un réducteur à double train épicycloïdal.
- Un frein de levage à disque.
- Un limiteur de couple.
- Une chaîne calibrée à maillons d'acier à haute résistance.

3. Description de fonctionnement (voir dessin d'ensemble)

Le réducteur à double train épicycloïdal assure la transmission de mouvement de rotation de l'arbre de transmission (2) à la noix (5) qui entraîne la chaîne à l'extrémité de laquelle est attachée la charge à soulever.

4. Description du mécanisme frein-limiteur de couple

Le disque-frein (28) (non magnétique) est en liaison glissière par rapport à l'arbre de transmission (2), grâce à des cannelures. Le reste du frein est lié en rotation par rapport au carter(39).

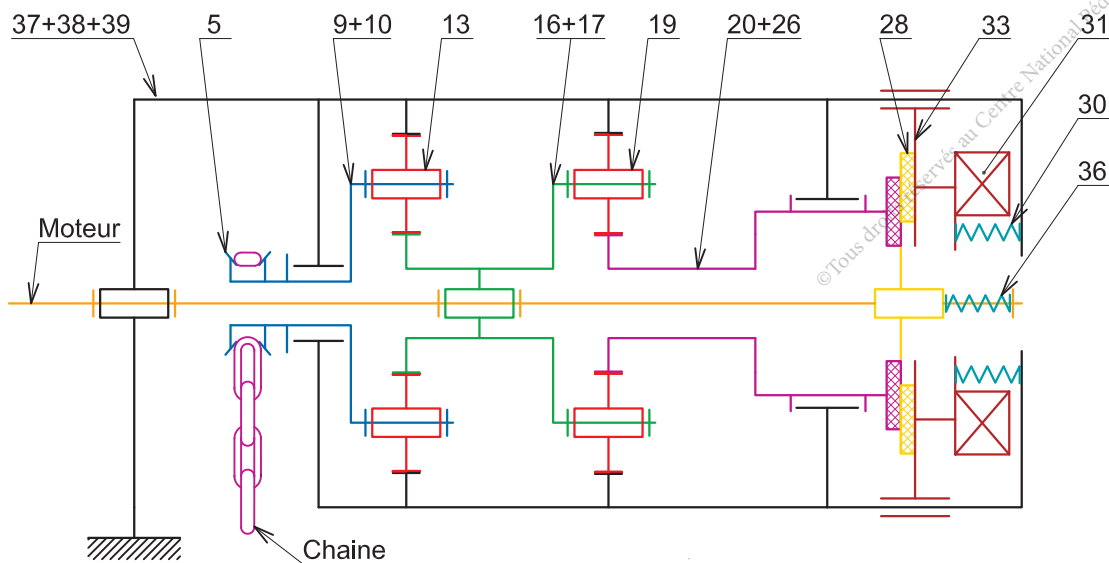
Le ressort (36) maintient en pression (28) sur (26). L'écrou (1) maintient l'ensemble sur (2).

Pendant la montée ou la descente, l'électro-aimant (31) est sous tension et il est plaqué sur le disque d'ancrage (29). Les disques (26) et (28) tournent librement et peuvent entraîner en rotation le planétaire (20).

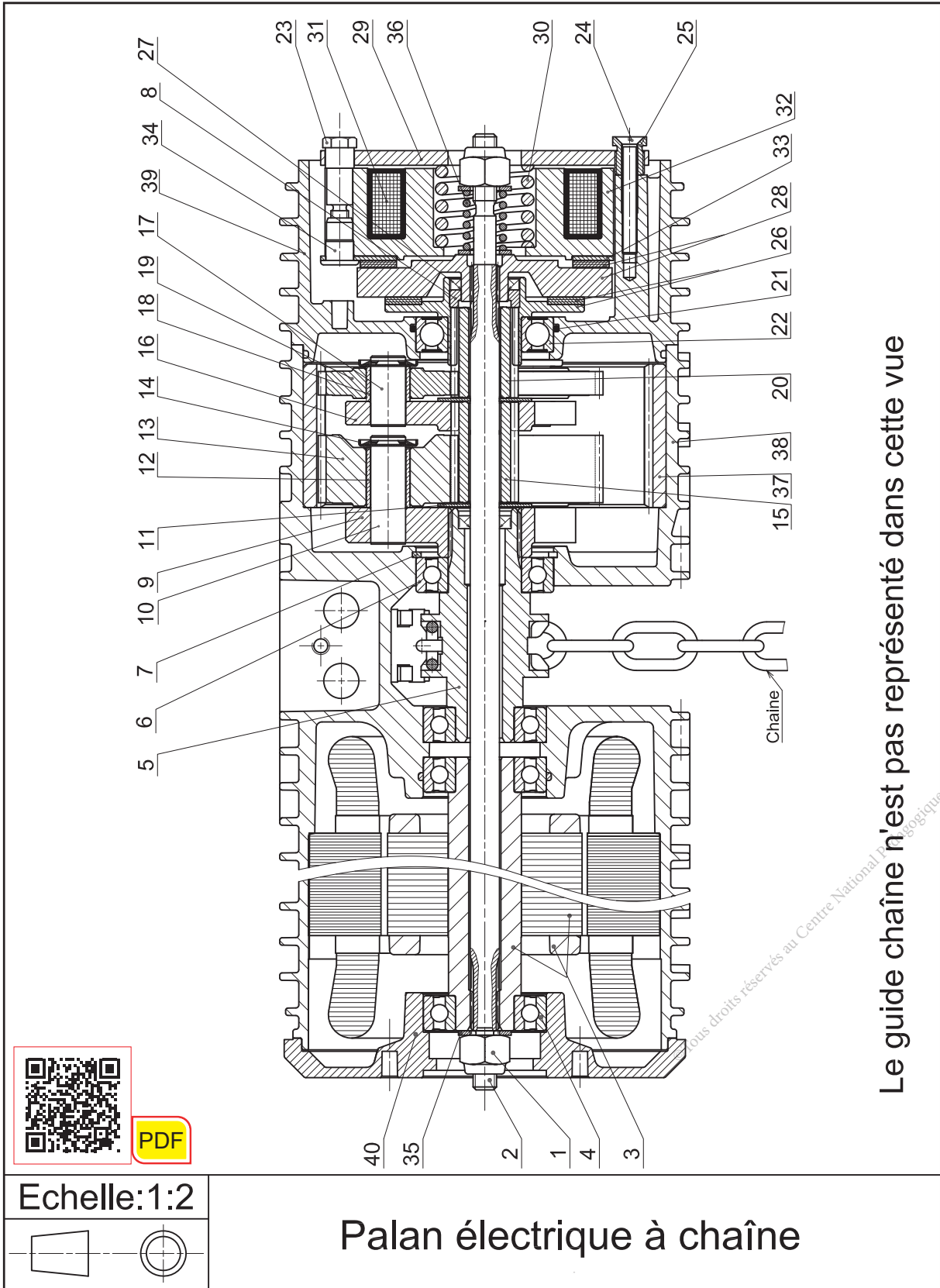
Il y a freinage lorsque la bobine n'est plus alimentée et que le ressort (30) repousse (31) et sa garniture (33) sur le disque de frein (28).

Si la charge à soulever est excessive, il se produit un glissement entre (28) et (26). Cela permet de préserver l'ensemble du système contre toute rupture intempestive.

5. Schéma cinématique



6. Dessins d'ensembles

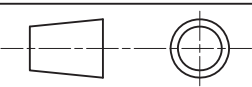


Le guide chaîne n'est pas représenté dans cette vue

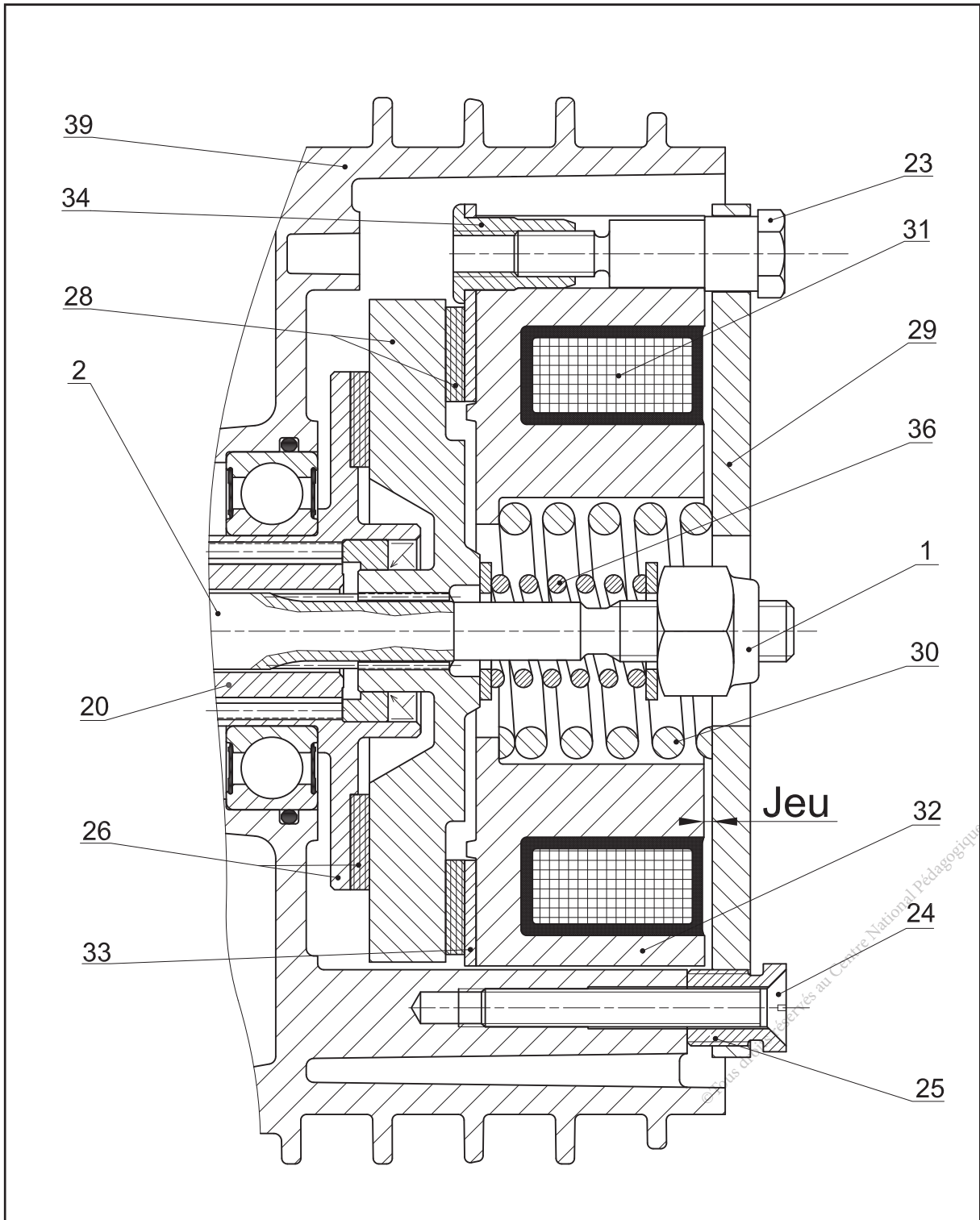


PDF

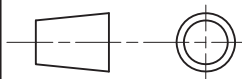
Echelle:1:2



Palan électrique à chaîne



Echelle:5:4



Palan électrique à chaîne
 Mécanisme frein-limiteur de couple

7. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	2	Écrou auto-freiné M8		
2	1	Arbre de transmission	35 Cr Mo 4	
3	1	Rotor (Assemblage)		
4	3	Roulement BC		6004 2RS1
5	1	Noix de levage		
6	1	Roulement BC		6005 2RS1
7	1	Anneau élastique		
8	1	Bague de limiteur		
9	1	Porte satellites 2ème étage		
10	3	Axe porte satellites	35 Cr Mo 4	Serré sur 9
11	2	Rondelle	Cu Sn 8	
12	3	Bague autolubrifiante		
13	3	Satellite 2ème étage		Z13= ?
14	6	Rondelle de retenue		Standard
15	1	Planétaire 2ème étage		Z15= 15 dents
16	1	Porte satellites 1er étage		
17	3	Axe porte satellites	35 Cr Mo 4	Serré sur 16
18	3	Bague autolubrifiante		
19	3	Satellite 1er étage		Z19= 37 dents
20	1	Planétaire 1er étage		Z20 = ?
21	1	Joint torique		
22	1	Roulement BC		6005 2RSL
23	3	Vis de fixation		
24	3	Vis de blocage		
25	3	Écrou de réglage		
26	1	Disque limiteur +garniture		
27	1	Joint à lèvres		Standard
28	1	Disque frein +garniture	X2 Cr Ni Mo 17-12-2	Non magnétique
29	1	Disque d'ancrage	S235	
30	1	Ressort de frein	50 Cr V 4	
31	1	Electro-aimant		
32	1	Corps magnétique		
33	1	Disque fixe de friction		
34	3	Écrou spécial		Serré sur 33
35	3	Rondelle		Standard
36	1	Ressort de limiteur	50 Cr V 4	
37	1	Couronne		Z37= 89 dents
38	1	Carter principal	EN-GJL-200	
39	1	Carter secondaire	EN-GJL-200	
40	1	Couvercle	EN-GJL-200	



Activité 6.1

I. Situation déclenchante

Le palan est équipé d'un mécanisme limiteur-frein pour préserver l'ensemble et l'utilisateur à la fois.

Faisons l'étude de ce mécanisme pour comprendre les phases de fonctionnement pour chaque état.

II. Travail demandé

A. Étude de frein

A partir du dessin d'ensemble du mécanisme limiteur-frein.

1. Quelle est le type de commande de frein ?

.....

2. Préciser et justifier si le palan est libre ou freiné.

.....

3. Quelle est la forme des surfaces de contact ?

.....

4. Déduire le type de ce frein.

.....

5. Justifier l'utilisation de ce type de frein.

.....

6. Indiquer les facteurs dont dépend le couple de freinage.

.....

7. L'expression du couple de freinage est : $C_f = \frac{2}{3} \cdot F_{30} \cdot f \cdot n \cdot \frac{(R^3 - r^3)}{(R^2 - r^2)}$, le coefficient de frottement, $f = 0,4$ et l'effort presseur du ressort (30), $F_{30} = 500N$.

En se référant au dessin d'ensemble du mécanisme limiteur-frein.

- Relever le nombre de surfaces de frottement « n » et les rayons correspondants « r » et « R ». $n = \dots\dots\dots$, $r = \dots\dots\dots$, $R = \dots\dots\dots$

- Calculer le couple de freinage :

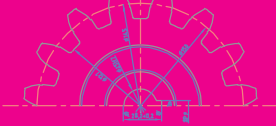
.....

.....

8. Expliquer comment peut-on varier le couple de freinage.

.....

.....



B. Étude du limiteur de couple

1. Quelle est l'utilité du limiteur de couple dans ce mécanisme?

.....
.....

2. Représenter le symbole normalisé d'un limiteur de couple.

3. Compléter le tableau des mobilités cinématiques des composants suivants selon les deux conditions proposées (L'électro-aimant (31) étant actionné).

(Par convention : 1 = Mouvement ; 0 = Pas de Mouvement)

	$C < C_{\text{nominal}}$	$C > C_{\text{nominal}}$
Arbre de transmission (2)
Disque(28)
Disque(26)
Planétaire (20)
Noix de levage (5)

4. Décrire le fonctionnement si la charge à soulever est excessive.

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

5. Quelle opération doit-on effectuer pour augmenter le couple à transmettre ?

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



Activité 6.2

I. Situation déclenchante

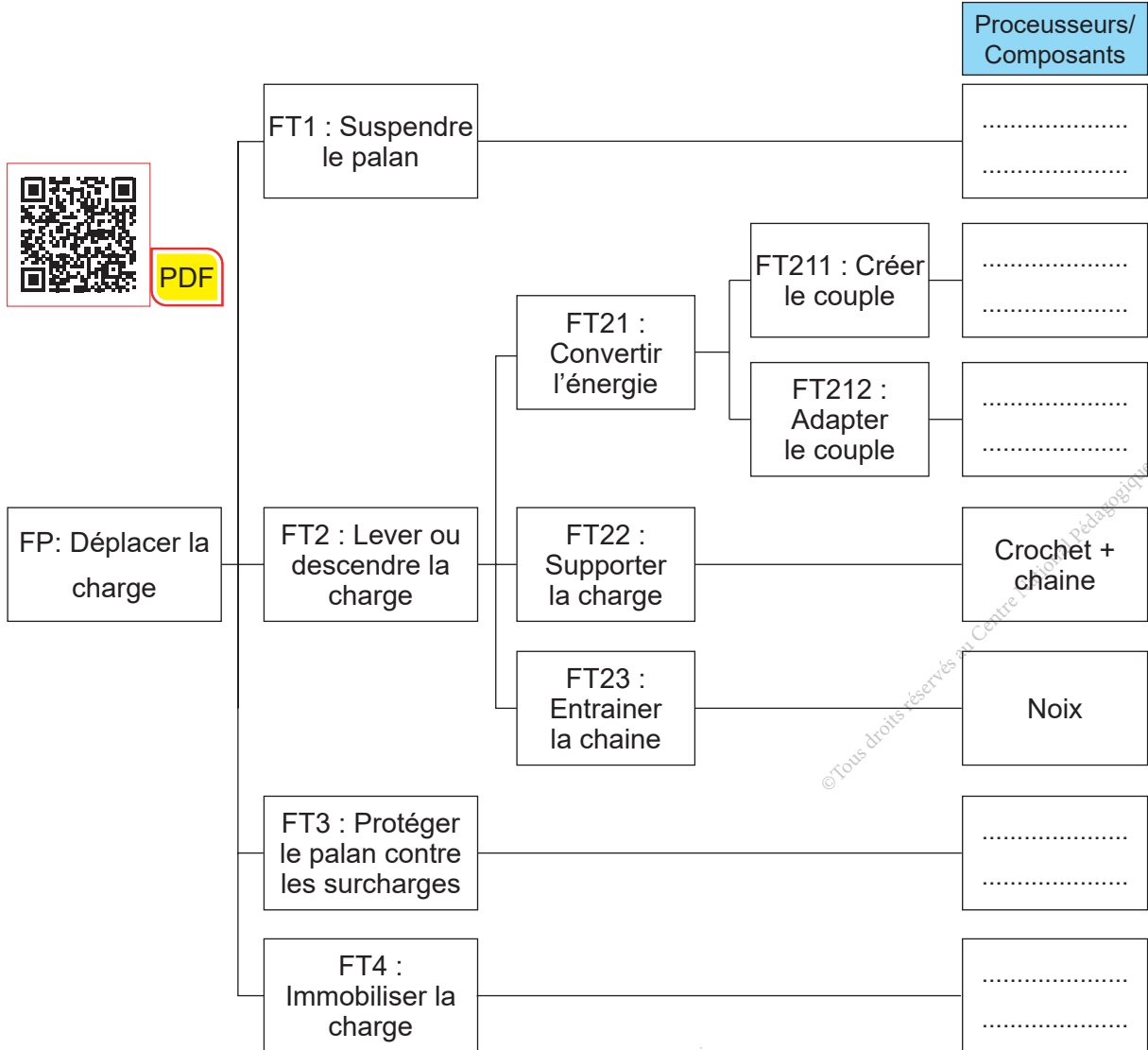
Dans les travaux de manutention industrielle, le palan électrique à chaîne est indispensable pour lever et déplacer les charges, ce qui évite tout effort physique du côté des travailleurs.

Comment procède-t-on pour caractériser et vérifier les performances cinématiques du palan dans le cas de fonctionnement normal?

II. Travail demandé

A. Analyse fonctionnelle

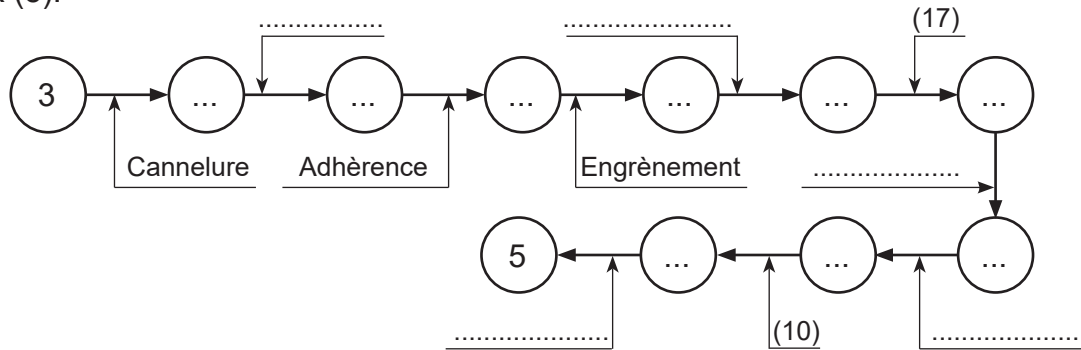
En se référant au dossier technique du palan électrique à chaîne. Compléter le diagramme FAST descriptif relatif à la fonction principale : FP : Déplacer la charge.



© Tous droits réservés au Centre National de Recherche Pédagogique

B. Étude cinématique du palan

1. Compléter le cheminement de transmission de puissance ci-dessous du rotor (3) à la noix (5).



2. Déterminer la condition géométrique d'engrènement en fonction des diamètres primitifs, puis calculer Z_{20} pour le premier étage et Z_{13} pour le deuxième étage.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Quelle remarque peut-on faire concernant les deux étages?

.....

.....

.....

4. En utilisant la formule de Willis : $\frac{n_{s/ps}}{n_{e/ps}} = \frac{n_s - n_{ps}}{n_e - n_{ps}} = (-1)^k \frac{\text{Produit (Zmenantes)}}{\text{Produit (Zmenées)}}$

Avec : k : Le nombre de contacts extérieurs;

n_{ps} : La vitesse de rotation du porte satellite.

a. Exprimer puis calculer le rapport de transmission du 1^{er} étage :

Sachant que : La couronne planétaire (37) bloqué ;

Le pignon planétaire (20) en entrée ;

Le porte-satellite (16) en sortie.

.....

.....

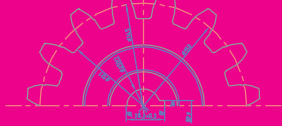
.....

.....

.....

.....

.....



b. Dédurre et calculer le rapport global de transmission.

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

c. Calculer la vitesse de rotation de la noix (5) N_5 sachant que :

- La vitesse de la montée de la charge $V = 3,6$ m/min
- Le primitif d'enroulement de la chaîne sur la noix (5) est $d_5 = 42$ mm.

.....
.....

d. Calculer la vitesse de rotation du moteur N_{moteur}

.....
.....

e. Calculer la valeur de la charge maximale à soulever en N sachant que :

- La puissance de moteur est $P_m = 800$ W.
- Le rendement du palan $\eta = 0.75$.

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

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Synthèse

1. Auto-évaluation

Tester vos connaissances avant de passer à la synthèse avec les Quiz.



EXE

QUIZ transmission de puissance



EXE

QUIZ transformation de mouvement

2. Synthèse assemblage

1. Fonction transmission de puissance

La transmission d'une puissance est la fonction la plus usuelle des chaînes mécaniques. Il s'agit d'entraîner un arbre récepteur à partir d'un arbre moteur plus ou moins éloigné par des moyens de transmission (engrenages, poulies -courroie, pignons et chaîne, embrayage...).

2. Quelques notions

a. Puissance P

La puissance est exprimée en Watt ; $1 \text{ Watt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ seconde}} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$ ou $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$

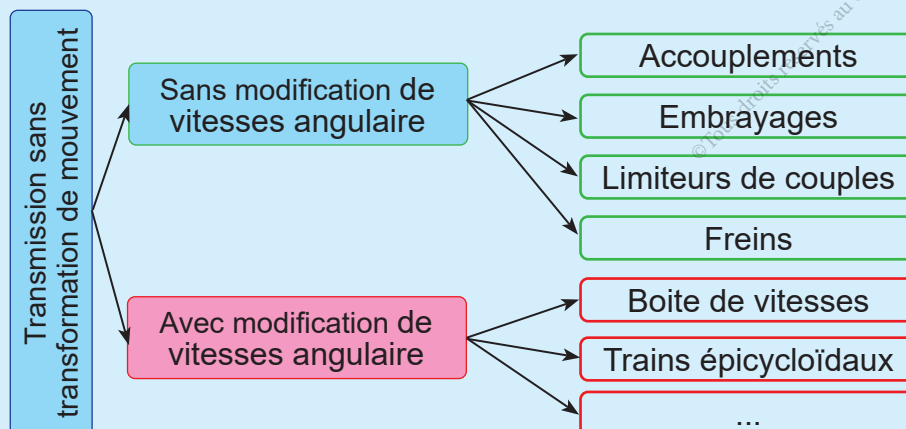
Elle est exprimée aussi en cheval ; $1 \text{ cv} = 736 \text{ W}$.

- Puissance développée par une force : $P = \vec{F} \cdot \vec{V}$; Avec P en (watt) ; F en (N) ; V en (m/s).
- Puissance développée par un couple : $P = C \cdot \omega$; avec P : puissance en (W) ; C : couple en (Nm) ; ω : vitesse angulaire en ($\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$) ; $\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60}$; N : vitesse de rotation en tr/min

b. Rendement η

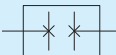


- Pour une énergie ; $\eta = \frac{W_s}{W_e}$; W_s : énergie de sortie et W_e : énergie d'entrée.
- Pour une puissance ; $\eta = \frac{P_s}{P_e}$; P_s : puissance de sortie et P_e : puissance d'entrée

3. Transmission de puissance sans transformation de mouvement




a. Les accouplements

On distingue généralement 3 familles d'accouplements :

- Rigides de symbole 
- Élastiques de symbole 
- Flexibles de symbole 

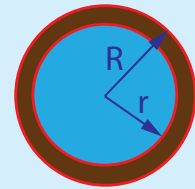
b. Les embrayages

L'embrayage a pour but de transmettre à volonté la puissance d'une partie motrice à une partie réceptrice. On distingue deux types : progressif et instantané.

- **Symbole** 

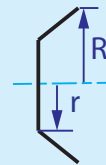
- **Couple transmissible par un embrayage à friction plane**

$C_t = \frac{2}{3} \cdot n \cdot f \cdot N \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$; C_t : Couple transmissible en N.m ; F : Effort presseur des surfaces de friction en N ; f : Coefficient de frottement ; n : Nombre de surface de friction ; R : Rayon extérieur du disque de friction en mètre ; r : Rayon intérieur du disque de friction en mètre.



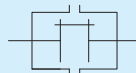
- **Couple transmissible par un embrayage à friction conique**

$$C_t = \frac{2}{3} \cdot \frac{F}{\sin \alpha} \cdot f \cdot R_{\text{moy}} \quad \text{avec} \quad R_{\text{moy}} = \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$$



c. Limiteurs de couple

La transmission est interrompue en cas de dépassement du couple pré réglé.

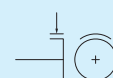
- **Symbole** 

- **Couple transmissible par un limiteur de couple**

$$C_t = \frac{2}{3} \cdot F \cdot f \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$$

d. Les freins

Le frein a comme fonction de ralentir ou arrêter un organe (un mécanisme) en mouvement.

- **Symbole** 

- **Couple de freinage (frein à disque)**

$$C_f = \frac{2}{3} \cdot F \cdot n \cdot f \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$$

e. Rapport de transmission par engrenage ordinaire

$$r = (-1)^k \cdot \frac{\text{Produit des } Z \text{ menantes}}{\text{Produit des } Z \text{ menées}}$$

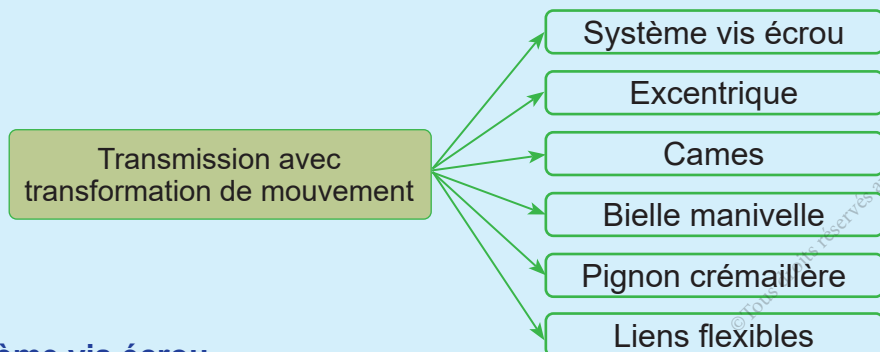
f. Rapport de transmission par trains épicycloïdaux

Un train d'engrenages est dit épicycloïdal quand, pendant le fonctionnement, une ou plusieurs roues dentées (appelées satellites) tournent autour d'axes qui ne sont pas fixes par rapport au bâti.

Le rapport dépend de la partie bloquée pendant le fonctionnement.

Planétaire (4) bloqué	Planétaire (1) bloqué	Porte-satellites (PS) bloqué
$\frac{\omega_{ps/4}}{\omega_{1/4}} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_4}$	$\frac{\omega_{ps/1}}{\omega_{4/1}} = \frac{Z_4}{Z_1 + Z_4}$	$\frac{\omega_{4/ps}}{\omega_{1/ps}} = - \frac{Z_1}{Z_4}$

4. Transmission de puissance avec transformation de mouvement.



a. Système vis écrou

Pour une rotation θ de la vis on a un déplacement "x" de l'écrou : $x = \frac{P}{2\pi} \cdot \theta$

b. Excentrique

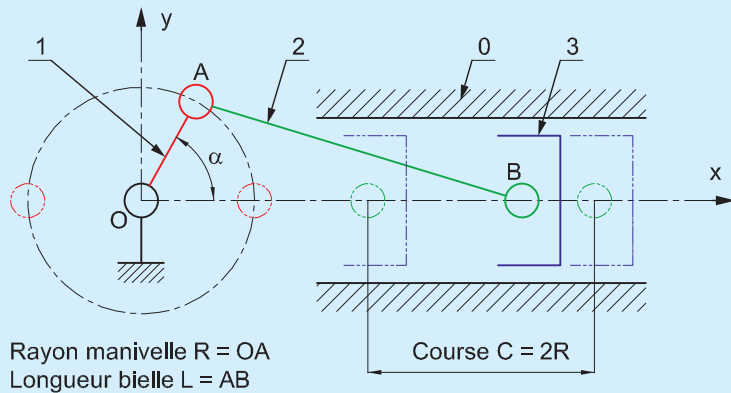
La course $C = 2.e$; « e » est la valeur de l'excentricité.

c. Cames

On distingue 3 familles de type de cames (à disque, à tambour, à rainure).

d. Bielle-manivelle

La course $C = 2.R$; « R » est le rayon de la manivelle.

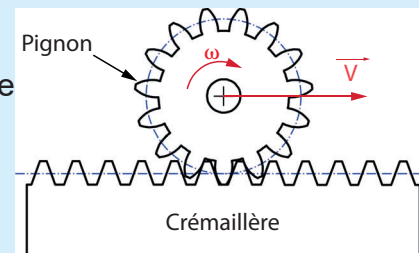


e. Pignon-crémaillère

- Déplacement linéaire

Le déplacement linéaire "x" de la crémaillère pour une rotation θ en degrés : $x = R . \theta$

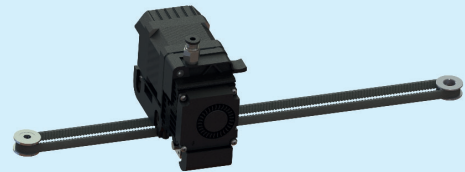
- Vitesse linéaire V $V = \frac{d}{2} . \omega = R . \omega$



f. Liens flexibles

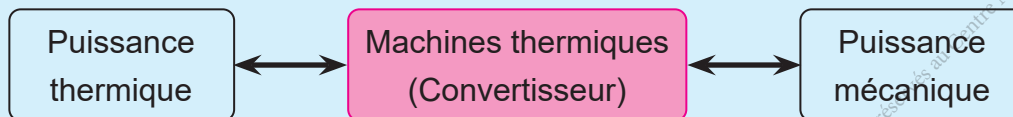
Les liens flexibles sont soit une courroie avec poulies, soit une chaîne avec pignons. La vitesse de déplacement linéaire d'un point du lien est :

$$V = \frac{d}{2} . \omega = R . \omega$$



5. Machines thermiques

Une machine thermique est un convertisseur d'énergie qui permet de transformer l'énergie thermique en énergie mécanique ou inversement.



a. Moteur à explosion

- **Moteur 4 temps:** Le cycle de fonctionnement comporte quatre phases: Admission, compression, détente et échappement.
- **Moteur 2 temps:** Le cycle de fonctionnement comporte uniquement deux temps. En effet les phases admission, compression et échappement du cycle 4 temps sont faites en même temps.

AXE 2

ANALYSE STRUCTURELLE ET CONCEPTION

THÈME

COMPORTEMENT DES SOLIDES DÉFORMABLES

SÉQUENCE

- Torsion simple
- Flexion plane simple
- Sollicitations composées

COMPOSANTES DES COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES

CD 1.7: Retrouver les différentes sollicitations que subit un solide.

CD 2.1: Dimensionner un composant mécanique et vérifier sa résistance.

Comportement des solides déformables

CD

Savoirs et savoir-faire

Critères d'évaluation

CD 1.7

Torsion simple:

- Essai
- Contrainte.
- Condition de résistance.
- Condition de rigidité.

Flexion plane simple:

- Essai.
- Contraintes.
- Efforts tranchants.
- Moments fléchissant.
- Condition de résistance.

Sollicitations composées:

Condition de résistance.

- Détermination correcte des différentes types de sollicitations

CD 2.1

- Dimensionnement correct d'un composant.
- Vérification correcte de la résistance d'un composant.
- Maitrise convenable des logiciels de calcul.



PDF

Activité 1

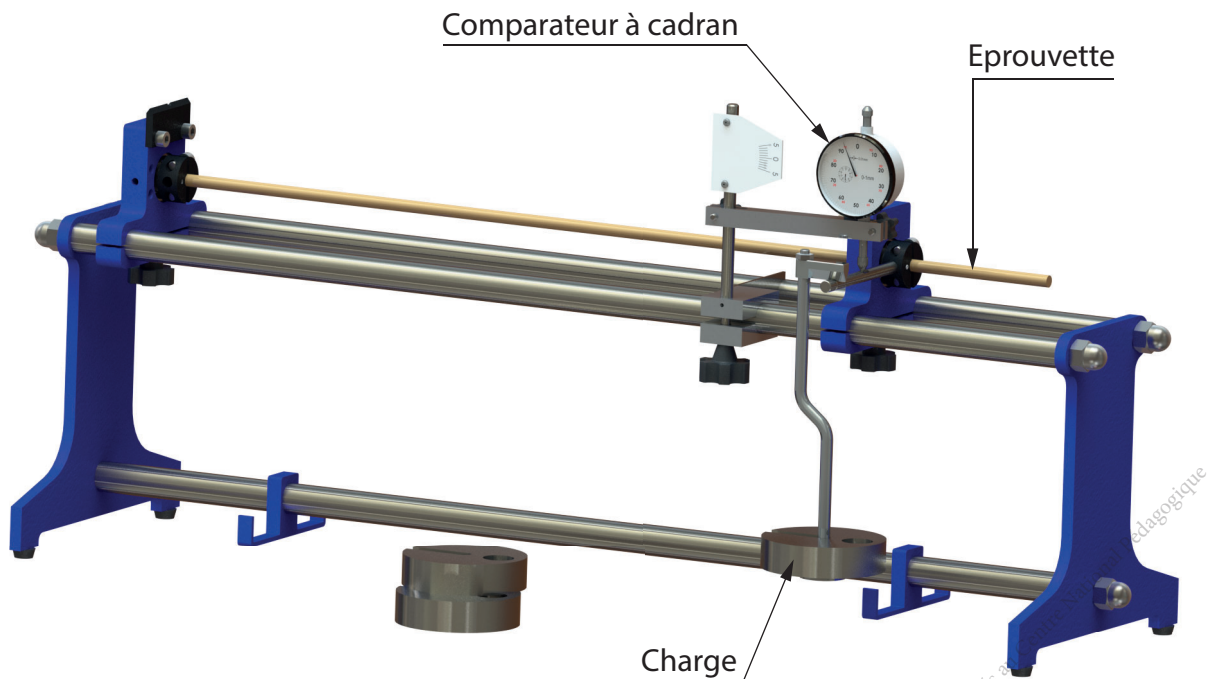
Banc d'essai de torsion

Présentation du support d'activité

1. Mise en situation

Ce banc d'essai est destiné à :

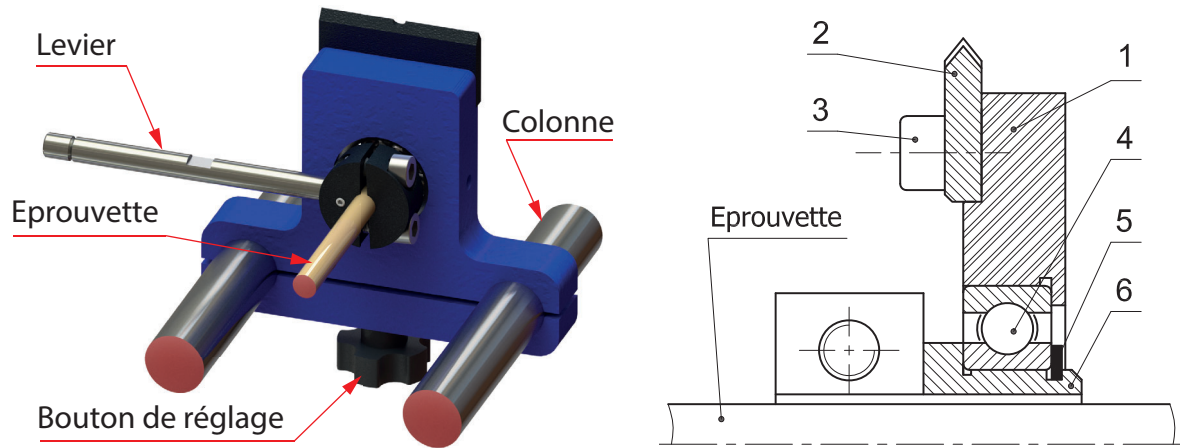
- Étudier expérimentalement le comportement mécanique d'éprouvettes cylindriques sollicitées en torsion pure à partir de courbe moment de torsion/rotation axiale ;
- Étudier l'évolution des contraintes induites par la sollicitation de torsion dans l'éprouvette durant la phase de chargement (application du moment de torsion) et d'identifier expérimentalement la contrainte tangentielle.
- Déterminer le module d'élasticité transversale G d'un matériau.



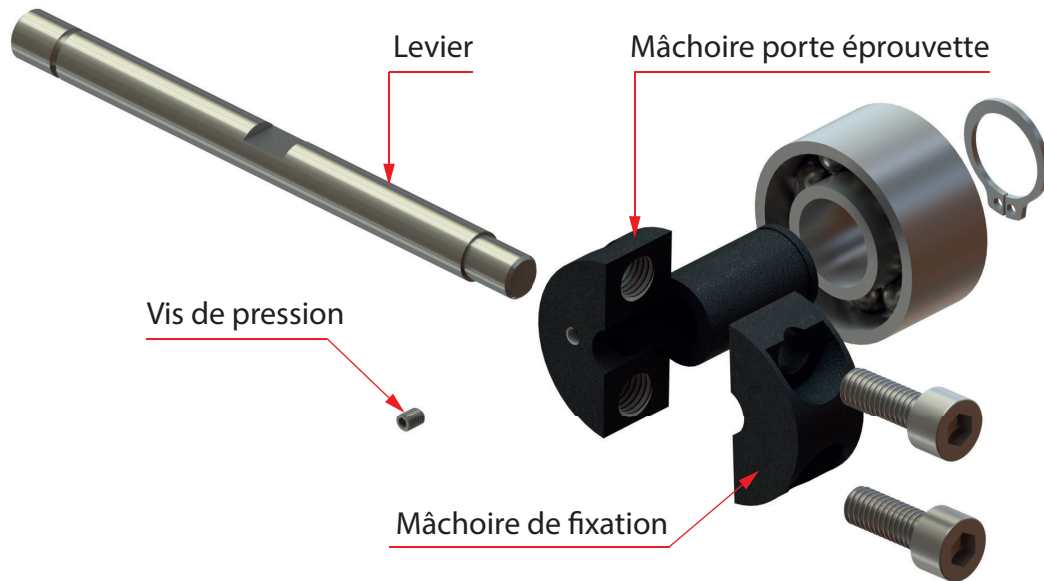
2. Dispositif de l'essai

- Banc d'essai ;
- Support de charge (2,5 N) ;
- 02 Masses de 5 N ;
- 01 Masse de 10 N ;
- 03 Éprouvettes métalliques de diamètre 8 mm, en acier, aluminium et laiton de longueur 600mm.
- Comparateur à cadran + support.
- Pieds à coulisse au 1/50 + réglet.

3. Dessin d'ensemble de l'appui support levier



4. Vue éclatée en 3D du levier et mâchoires



5. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	1	Portée réglable		
2	1	Appui		
3	2	Vis à tête cylindrique à six pans creux		
4	1	Roulement		
5	1	Anneau élastique pour arbre		
6	1	Mâchoire porte éprouvette		



I. Situation déclenchante

Comment reconnaître les grandeurs qui permettent de déterminer :

- La résistance d'une poutre en torsion simple
- Le rapport entre le moment de torsion (M_t) et l'angle de rotation d'une section circulaire de trois éprouvettes (acier, laiton et aluminium),.
- La résistance et la rigidité d'un composant sollicitée à la torsion ?

II. Travail demandé

Consignes de sécurité

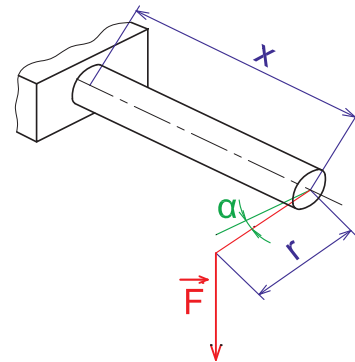
Vérifier les consignes de sécurité à respecter relativement à cette activité.



1. Relation entre le moment de torsion (M_t) et l'angle relatif de torsion (α)

Éprouvette en acier.

- Régler les portées de fixation sur support à $x = 600$ mm.
- Placer une éprouvette à travers les éléments de fixation et la bloquer dans la portée fixe.
- Fixer l'autre bout dans la mâchoire.
- Régler le dispositif de mesure de sorte que l'extrémité du comparateur soit exactement en face de l'entaille du levier.
- Baisser le comparateur et régler l'aiguille à zéro en tournant son anneau extérieur.
- Varier la charge comme c'est indiqué dans le tableau suivant ; relever l'angle relatif de torsion (α) et déterminer le moment de torsion correspondant.

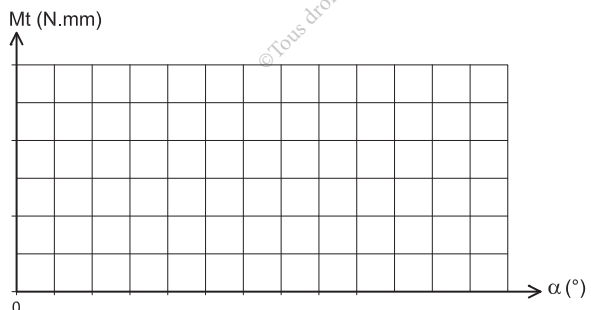


Remarque : 1 tour de l'aiguille de comparateur correspond à 1° .

Tableau de mesures

Charge F (N)	Moment de torsion M_t (N.mm)	Angle relatif de torsion α en ($^\circ$)
2,5
5
7,5
10

Tracer la courbe $M_t = f(\alpha)$



Interprétation et conclusion :

.....

.....

.....

2. Étude de la déformation angulaire

Dans cette partie, on étudie la dépendance de l'angle relatif de torsion de la longueur de l'éprouvette.

Démarche :

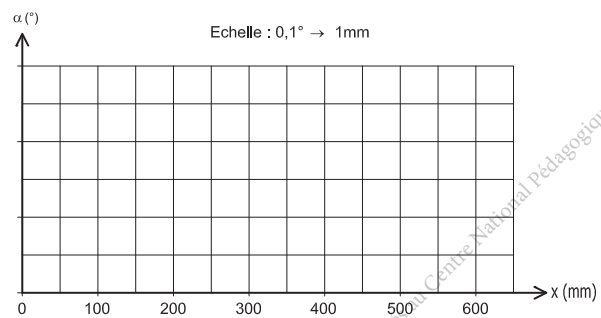
- Placer une éprouvette en aluminium à travers les éléments de fixation et la bloquer dans la portée fixe.
- Fixer l'autre bout dans la mâchoire.
- Régler le dispositif de mesure de sorte que l'extrémité du comparateur soit exactement en face de l'entaille du levier.
- Baisser le comparateur et régler l'aiguille à zéro.
- Charger l'éprouvette avec 12.5N (2.5 + 10).
- Varier la longueur de l'éprouvette comme c'est indiqué dans le tableau.
- Relever l'angle relatif de torsion pour chaque longueur.

N.B. : 1 tour de l'aiguille du comparateur correspond à 1°

a. Tableau de mesures

Longueur x (mm)	Angle relatif de torsion α en (°)
500
400
300
200

Tracer la courbe $\alpha = f(x)$



b. Conclusion :

.....

.....

.....

c. Déduire la valeur de l'angle unitaire de torsion pour le matériau proposé

.....

.....

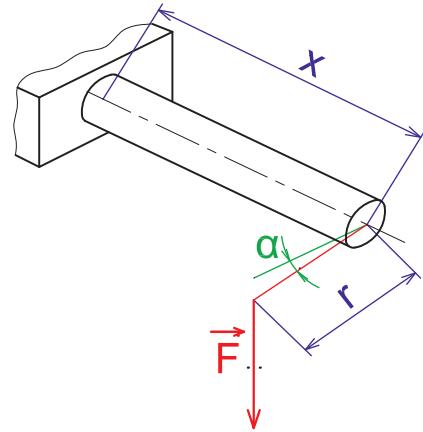
3. Détermination du module d'élasticité transversale G

a. Démarche :

- Choisir une éprouvette, mesurer son diamètre puis calculer le moment quadratique polaire de la section I_0 ;

d =; $I_0 =$

- Régler les portées de fixation sur support à $X = 500\text{mm}$;
- Mesurer la longueur du levier $r =$
- Varier l'intensité de la charge et compléter le tableau suivant.



N.B. : 1 tour de l'aiguille du comparateur correspond à 1°.

Valeur de F (N)	r (mm)	Valeur de Mt (N.mm)	Angle relatif de torsion α (°)	Module d'élasticité transversale	
				G (N/mm ²)	G moyen (N/mm ²)
7.5
12.5		
17.5		
22.5		

b. Donner l'expression du module d'élasticité transversale « G ».

.....

.....

c. Compléter le tableau ci-dessus et déduire la valeur moyenne de G, G_{moyen} .

d. Comparer la valeur de G_{moyen} trouvée avec celle théorique.

Matière	Acier	Laiton	Aluminium
G_{th} (GPa)	80	37	28

4. Calculer le diamètre (d) d'une poutre en aluminium pour qu'elle résiste en toute sécurité

Sachant que :

- Moment de torsion $M_t = 1608 \text{ N mm}$.
- Limite élastique au cisaillement $\text{Reg} = 48 \text{ N/mm}^2$.
- Coefficient de sécurité $s = 3$.

.....

.....

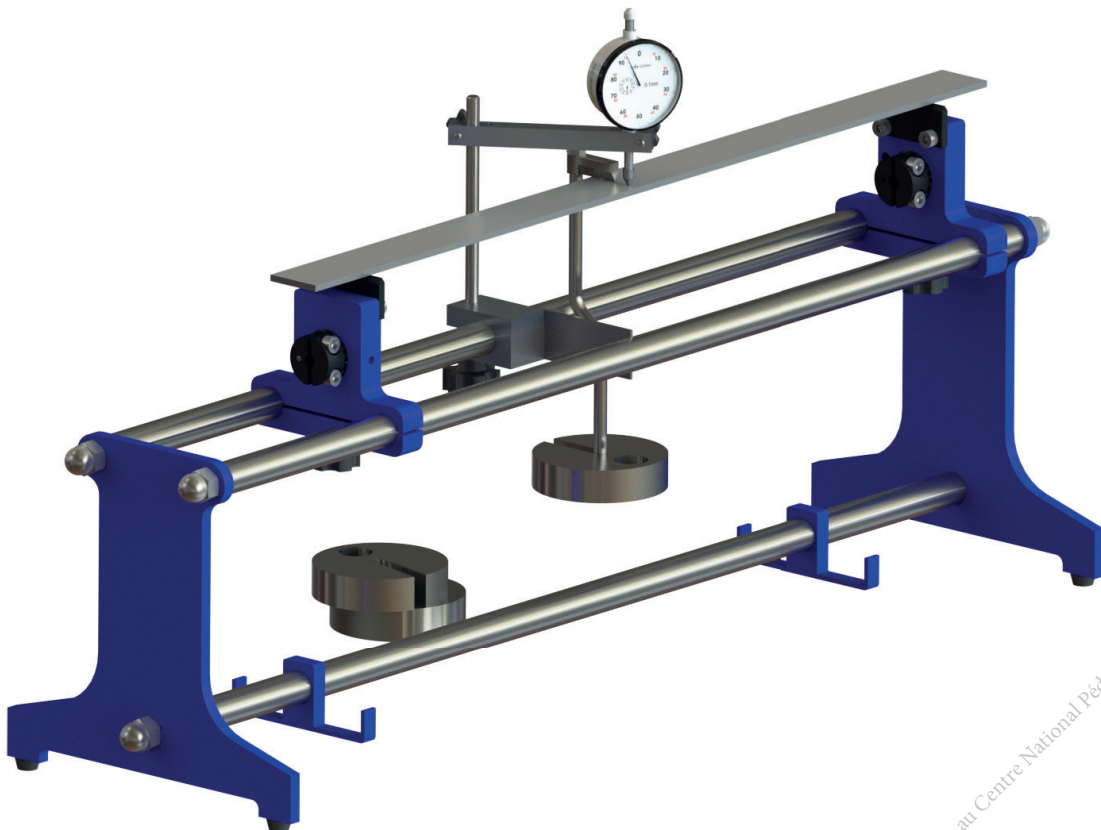
.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Activité 2***Banc d'essais de flexion*****Présentation du support d'activité****1. Mise en situation**

Le banc d'essai permet :

- D'identifier la relation entre les efforts appliqués sur une poutre sollicitée en flexion et les déformations correspondantes.
- D'identifier les relations entre les dimensions de la poutre ainsi que la portée (distance entre les appuis) et la déformée.

**2. Conditions de réalisation et moyens**

- Banc d'essais de flexion
- Support de charges de poids 2,5 N
- Deux masses de poids 5 N
- Une masse de poids 10 N
- Trois éprouvettes en acier de sections différentes.
- Trois éprouvettes métalliques (acier, aluminium et laiton) de section circulaire de diamètre 8mm et de longueur 600 mm.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



I. Situation déclenchante

Étudions expérimentalement le comportement d'une poutre soumise à des charges variables sollicitée à la flexion simple.

Comment peut-on déterminer et vérifier les conditions de résistance et de déformation?

II. Travail demandé

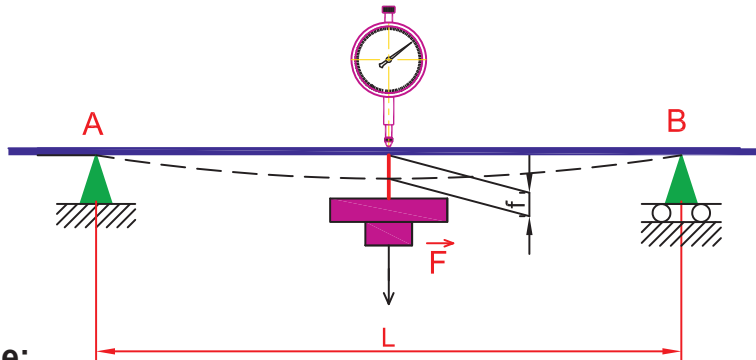
Consignes de sécurité

Vérifier les consignes de sécurité à respecter relatives à cette activité.



A. Étude de la flèche

1. Relation entre l'intensité de la charge et la flèche : $f = f(F)$

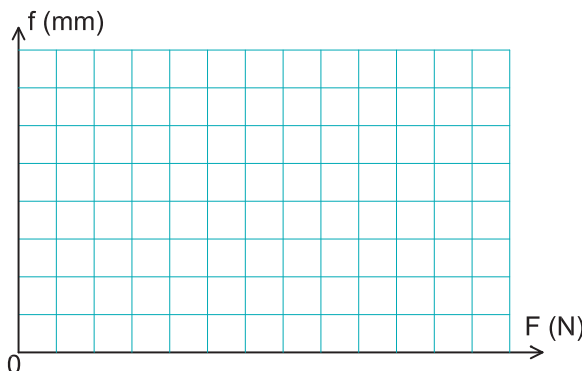


Démarche:

- Choisir une éprouvette, relever les dimensions de la section (b et h) puis calculer le moment quadratique I_{GZ} ;
 $b = \dots\dots\dots$; $h = \dots\dots\dots$; $I_{GZ} = \dots\dots\dots$;
- Régler la distance entre les appuis A et B à 400 mm.
- Placer l'éprouvette sur les deux appuis A et B et positionner la charge F au milieu.
- Placer le comparateur de sorte que son palpeur soit au milieu de l'éprouvette.
- Mesurer la flèche et reporter le résultat pour chaque valeur de la charge dans le tableau suivant:

Charge F (N)	5	10	15	20
Flèche f (mm)	.....	.....	.....	.....

- Tracer le diagramme $f(F)$



Interprétation et conclusion :

.....

.....

.....

.....

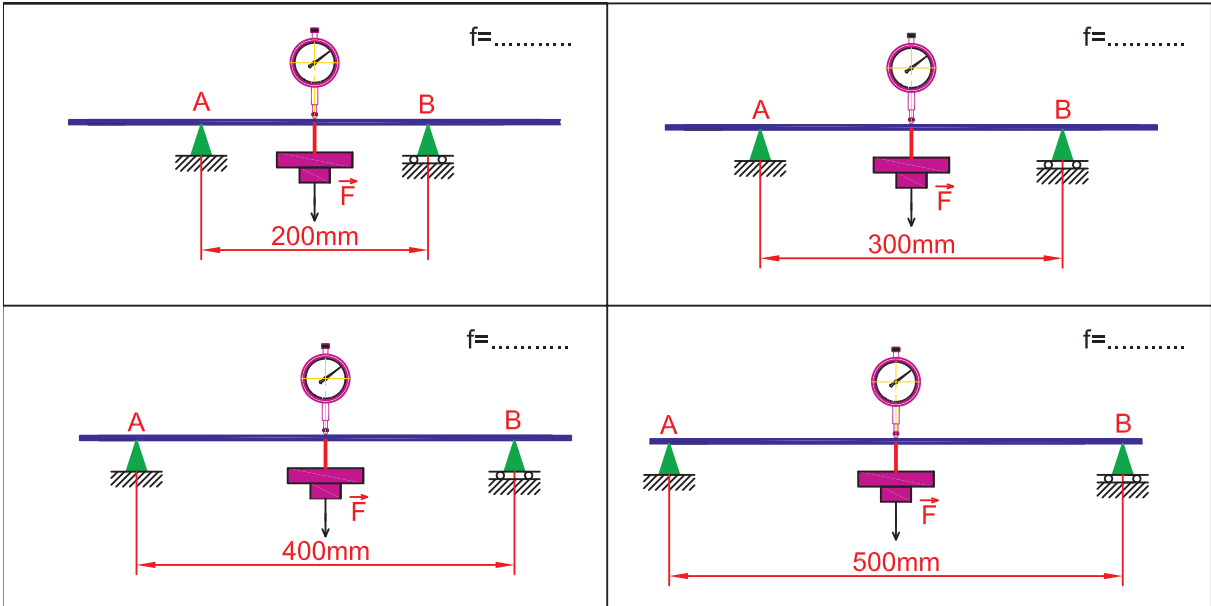
.....

.....

2. Dépendance de la portée de la flèche : $f = f(L)$

- Utiliser une éprouvette de section rectangulaire mise à plat.
- Utiliser une masse de poids 10N

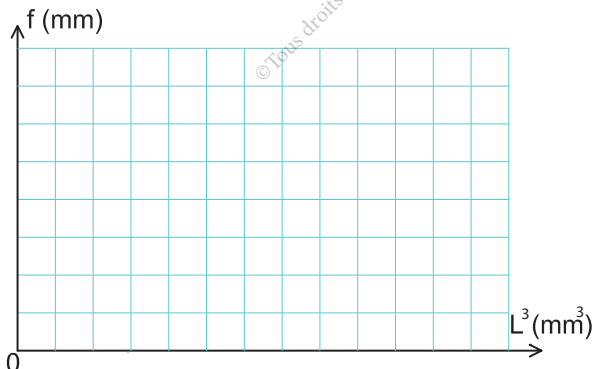
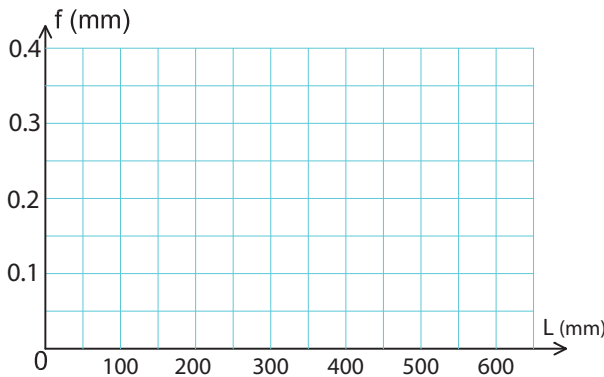
a. Faire varier la distance « L » comme indiqué dans les figures suivantes et relever la valeur de la flèche correspondante indiquée par le comparateur.



b. Compléter le tableau suivant:

F = 10 N				
L (mm)	200	300	400	500
L^3 (mm ³)	.....	.....	.....	.....
f (mm)	.....	.....	.....	.....
f/L	.....	.....	.....	.....
f/L ³	.....	.....	.....	.....

c. Tracer les deux courbes $f(L)$ et $f(L^3)$



d. En se référant aux courbes choisir la formule adéquate en cochant la bonne réponse.

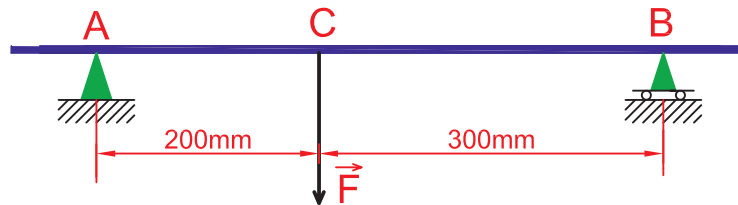
- $f = k/L^3$
 $f = k.L^3$
 $f = k/L$
 $f = k.L$
-
- k étant une constante

B. Validation des résultats théoriques et de simulation par l'expérimentation sur le banc d'essai de flexion.

On se propose de vérifier les résultats théoriques et de simulation par un essai de flexion d'une poutre de section circulaire pleine de diamètre $d = 8\text{mm}$.

La poutre est en acier de limite élastique $R_e = 240\text{MPa}$ et de module d'Young $E = 210\text{GPa}$ supportée par deux appuis de niveau en A et B. On prendra un coefficient de sécurité $s = 3$.

Une force verticale $F = 15\text{N}$ est appliquée au point C comme montrée sur la figure ci-dessous.



1. Étude théorique

a. Calculer les réactions des appuis en A et B.

.....

.....

.....

b. Donner les expressions des moments fléchissants le long de la poutre. On déduire le moment de flexion maximal $M_{f\text{Maxi}}$

.....

.....

.....

c. Calculer la contrainte maximale σ_{Maxi} dans cette poutre.

.....

.....

d. Calculer le rapport σ_{Maxi}/R_p et conclure.

.....



2. Simulation

a. Utiliser les mêmes données de l'étude théorique pour déterminer le moment fléchissant " M_{fzmaxi} " et la contrainte maximale " σ_{Maxi} " par le logiciel "Winflex".

$M_{fzmaxi} = \dots\dots\dots \sigma_{Maxi} = \dots\dots\dots$

b. Relever la valeur de la flèche maximale et son abscisse (au point D).

$f_{Maxi} = \dots\dots\dots, AD = \dots\dots\dots$

c. Comparer les valeurs obtenues de " M_{fzmaxi} " et " σ_{Maxi} " avec celles de l'étude théoriques.

.....
.....

3. Étude expérimentale

- Choisir la poutre en acier de section circulaire pleine de diamètre $d = 8mm$.
- Régler la distance entre les appuis A et B et reposer la poutre.
- Placer la charge F au point C.
- Placer le comparateur au point D.

a. Relever la valeur de la flèche f_{Maxi} $f_{Maxi} = \dots\dots\dots$

b. Comparer les valeurs de la flèches trouvées par simulation et l'étude expérimentale.

.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

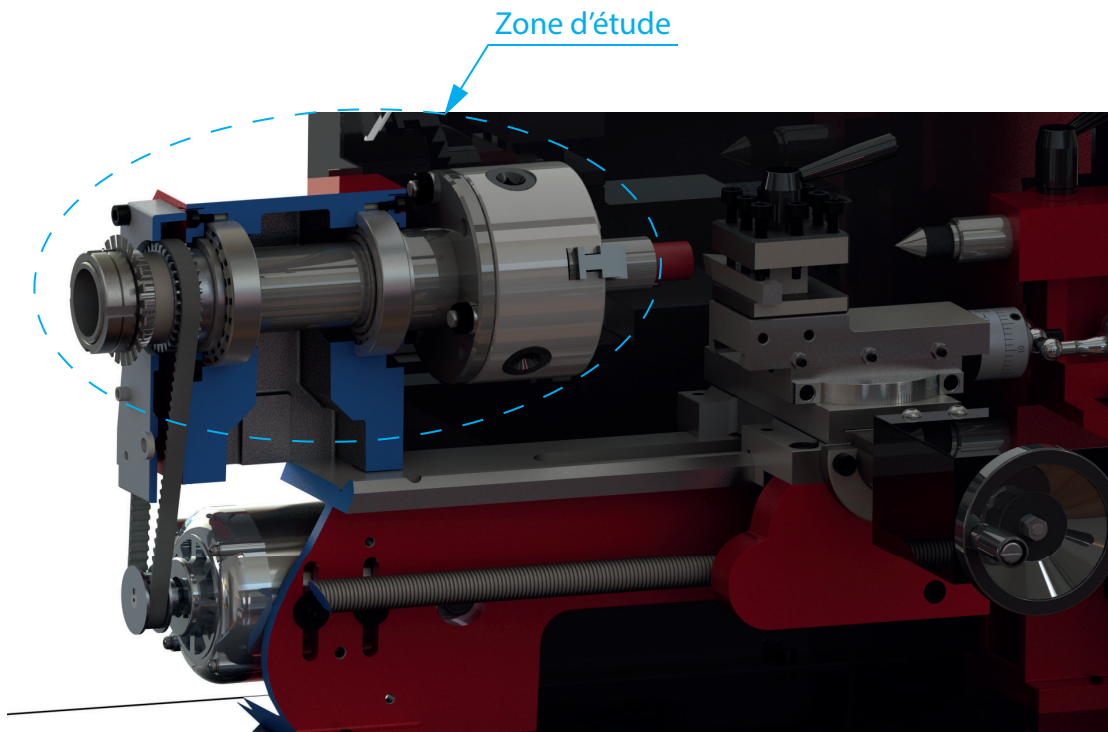
Micro-tour

Activité 3

Présentation du support d'activité

1. Mise en situation

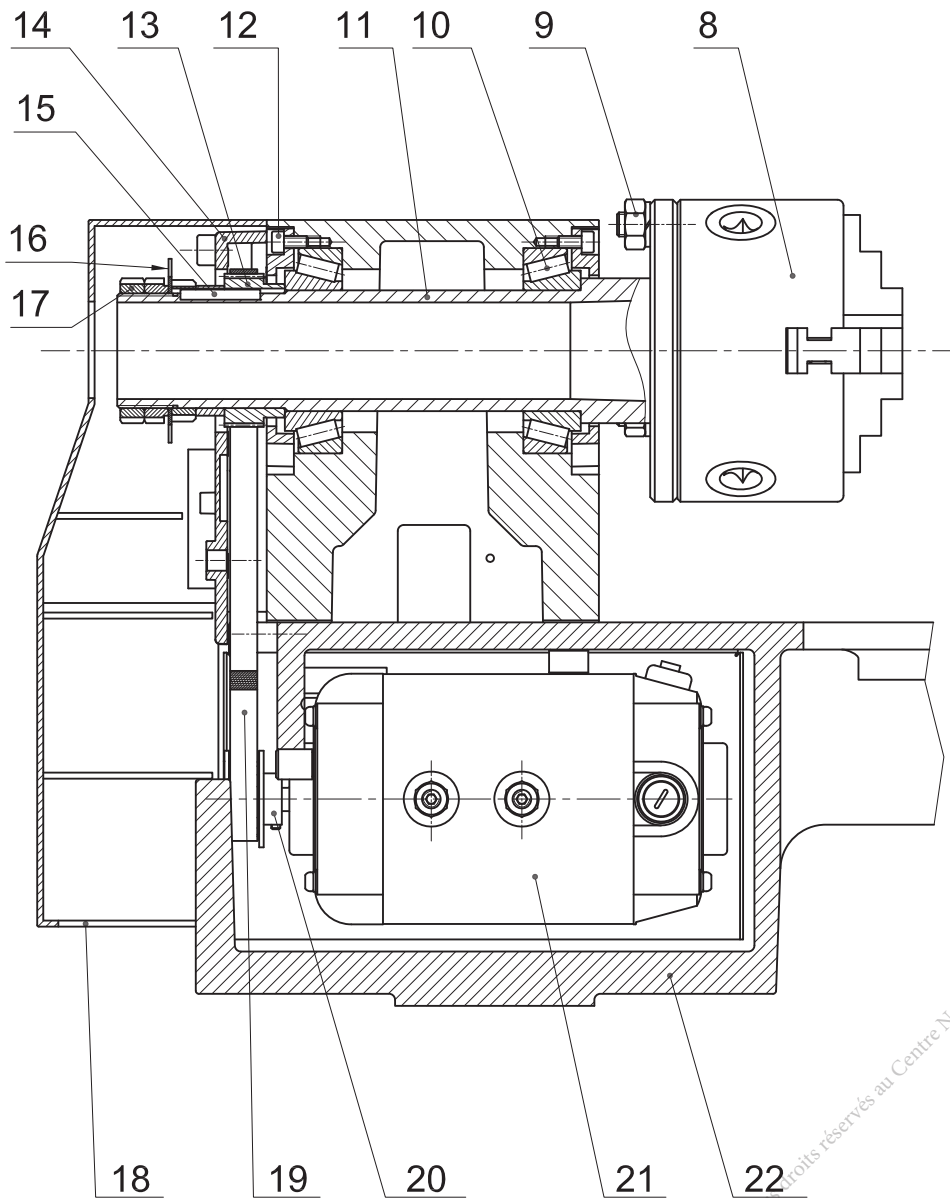
La figure ci-dessous représente le mécanisme d'entraînement de la broche en coupe locale 3D d'un micro-tour. Ce mécanisme est représenté sur le dessin d'ensemble de la page suivante. Le mouvement de rotation, est transmis du moteur électrique (21) à la broche (11) par un système poulies-courroies. La broche est guidée en rotation par deux roulements à rouleaux coniques (10).



2. Nomenclature partielle

Rep.	Nbr.	Désignation	Rep.	Nbr.	Désignation
8	1	Mandrin	16	1	Encodeur
9	3	Écrou hexagonal	17	2	Écrou à encoches
10	2	Roulement à rouleaux coniques	18	1	Cage
11	1	Broche	19	1	Courroie crantée
12	6	Vis à tête cylindrique à six pans creux	20	1	Poulie motrice
13	1	Poulie réceptrice	21	1	Moteur électrique
14	1	Flasque	22	1	Banc
15	1	Clavette parallèle			

3. Dessin d'ensemble



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Echelle : 2:5



MICRO TOUR
Mécanisme d'entraînement de la broche



I. Situation déclenchante

L'arbre de la broche, est un arbre de transmission qui subit des sollicitations dépendant de l'opération d'usinage et des paramètres de coupe.

Comment faire pour identifier ces sollicitations, vérifier la résistance et la rigidité de la broche au cours d'une opération de tronçonnage ?

II. Travail demandé

Les données du problème sont :

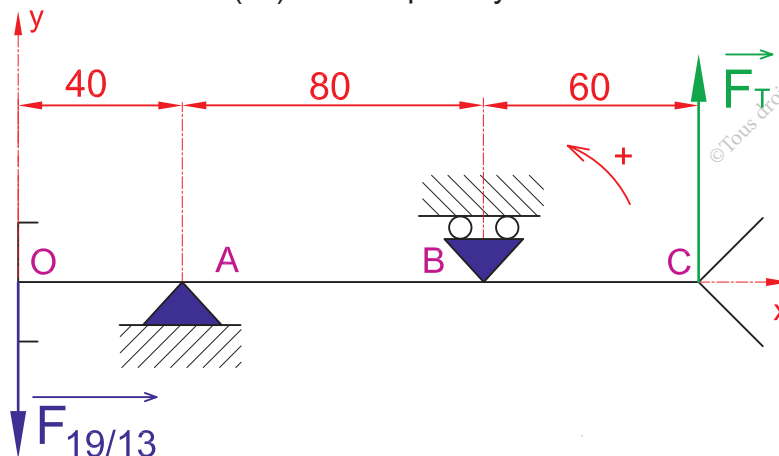
- Puissance du moteur électrique (13) : $P_m = 0.55 \text{ KW}$;
- Rendement du système poulies-courroie : $\eta = 0.92$;
- Vitesse de rotation du moteur : $N_m = 750 \text{ tr/min}$;
- Diamètre de la poulie motrice (20) : $D_{20} = 24 \text{ mm}$;
- Diamètre de la poulie réceptrice (13) : $D_{13} = 48 \text{ mm}$;
- Diamètre de la pièce au cours d'usinage $D_{\text{pièce}} = 18 \text{ mm}$;
- Module d'élasticité longitudinal de l'acier : $E = 200 \text{ GPa}$
- La résistance pratique au glissement de l'acier est $R_{pg} = 5 \text{ daN/mm}^2$;
- L'effort tangentiel appliqué par l'outil sur la pièce à usiner est F_T ;
- La résultante des actions de la courroie sur la poulie réceptrice est $F_{19/13} = 537 \text{ N}$;
- Les actions des roulements sont R_A et R_B ;

Hypothèses :

Dans ce qui suit nous supposons que :

- Toutes les liaisons sont parfaites;
- Les poids de toutes les pièces sont négligeables devant les actions mécaniques;
- L'arbre est assimilé à une poutre reposant sur deux appuis de niveau A et B;
- L'effort axial appliqué par l'outil sur la pièce est négligé.

Modélisation de la broche (11) dans le plan xy.



- Entre O et A : $0 \leq x \leq 40$ mm

.....

.....

- Entre A et B : $40 \leq x \leq 120$ mm

.....

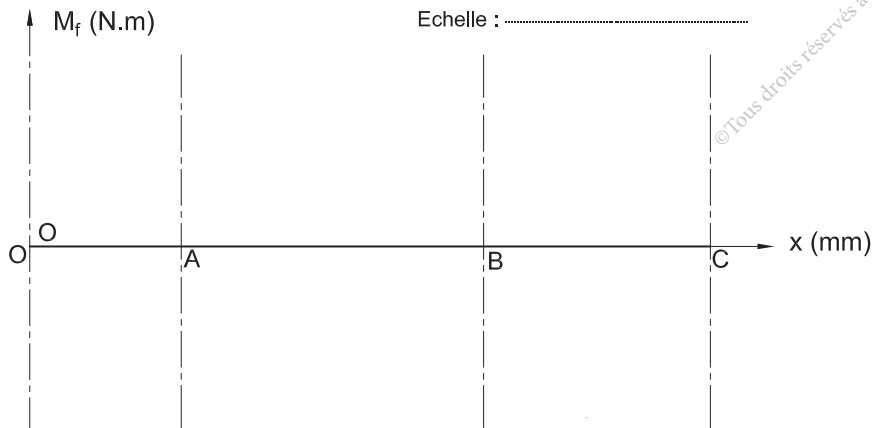
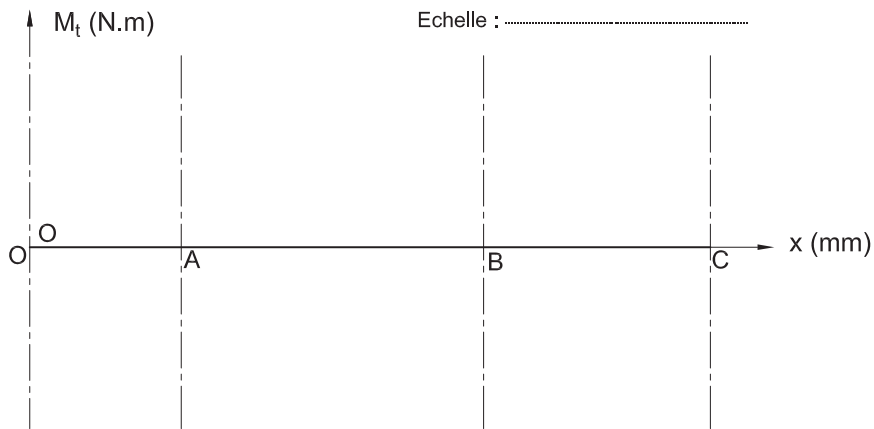
.....

- Entre B et C : $120 \leq x \leq 180$ mm

.....

.....

5. Tracer respectivement sur les figures ci-dessous le diagramme des moments de torsion et le diagramme des moments de flexion.



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

6. Indiquer la section la plus sollicitée de la broche.

7. Déduire à quelle type de sollicitation est soumise la broche (11) ? justifier votre réponse.

B. Étude de la résistance de la broche (11)

1. Calculer le moment idéal de Flexion.

Sachant que : $M_{\text{fidéal}} = (1 - \frac{1}{2\lambda}) \cdot M_f + \frac{1}{2\lambda} \cdot \sqrt{M_f^2 + M_t^2}$;

Pour l'acier de la broche (11) $\lambda = \frac{R_{pg}}{R_{pe}} = 0.5$

2. Trouver le diamètre minimal pour que la broche (11) résiste en toute sécurité.

3. Pour améliorer les performances de la machine (usinage des pièces longues, allègement de la broche...). On se propose de changer la section circulaire pleine par une section creuse dont le rapport des diamètres $d/D = 0,8$. Déterminer les diamètres extérieur D_{min} et intérieur d_{Max} de la broche.

© tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Activité 4

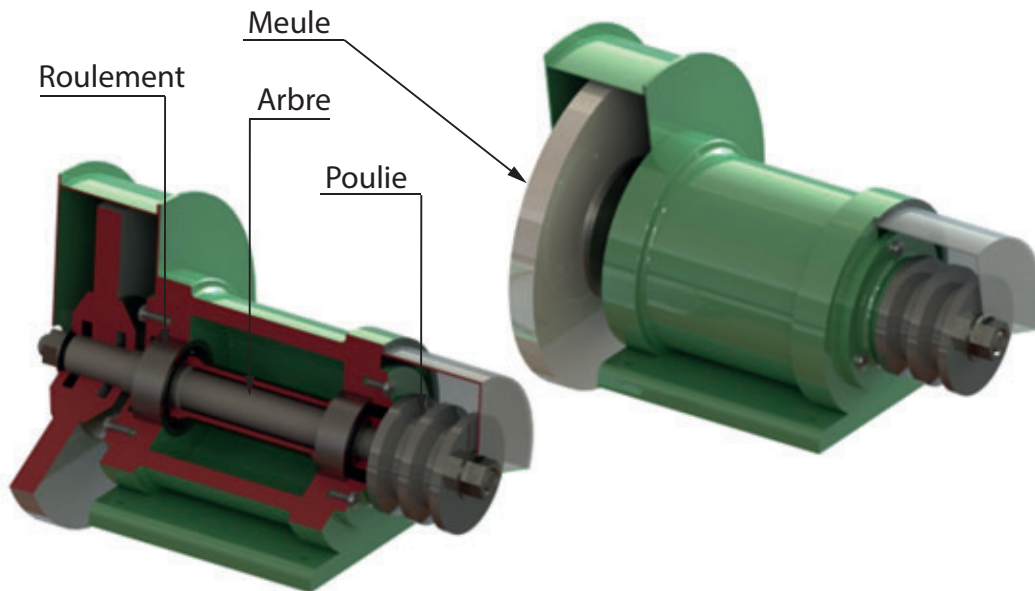
Touret à meuler

Présentation du support d'activité

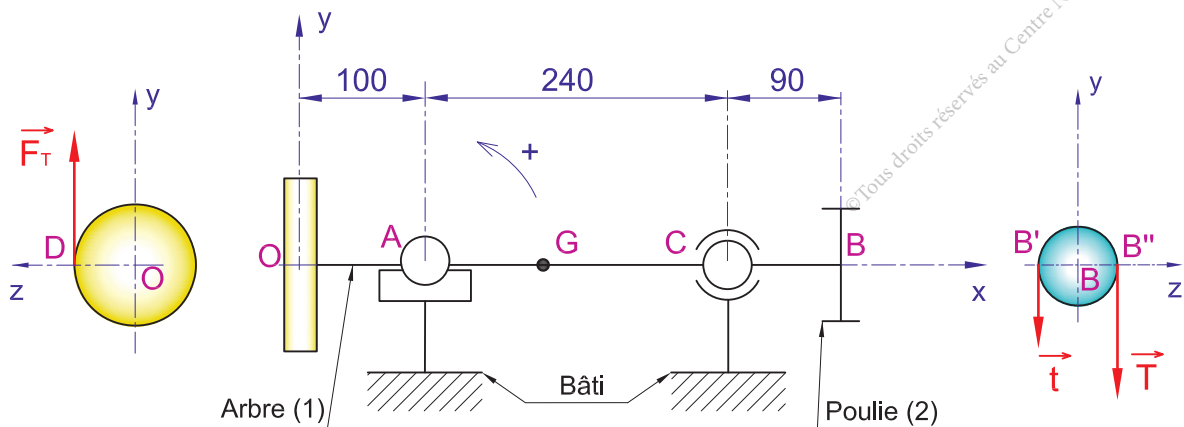
1. Mise en situation

Le touret à meuler ci-dessous est une machine qui permet d'enlever la matière par abrasion (opérations d'ébavurage, d'affûtage...).

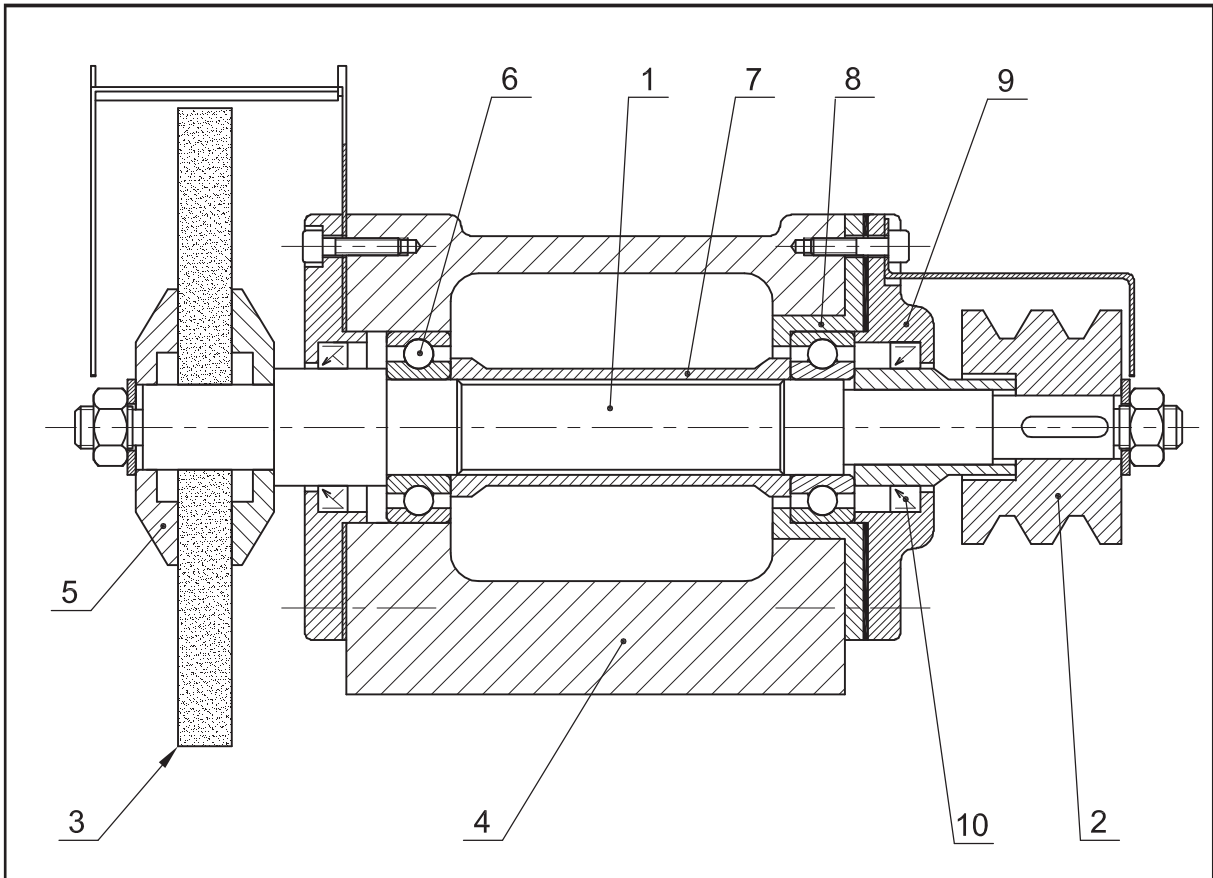
Il est constitué principalement d'un arbre entraîné en rotation par poulies-courroie et guidé par des roulements à billes. Une meule liée à l'arbre sert comme outil de meulage.



Le schéma cinématique du touret à meuler est représenté par la figure ci-dessous.



2. Dessin d'ensemble



10	1	Joint à lèvres		
9	1	Couvercle	S 275	
8	1	Boîtier	S 275	
7	1	Bague	S 275	
6	2	Roulement		
5	2	Flasque	S 275	
4	1	Bâti	EN-GJL-200	
3	1	Meule		
2	1	Poulie	S 275	
1	1	Arbre	S 275	
Rep. Nb.		Désignation	Matière	Observation

Echelle: 2:9



Touret à meuler



I. Situation déclenchante

On se propose de rechercher le diamètre de l'arbre plein, du touret à meuler.

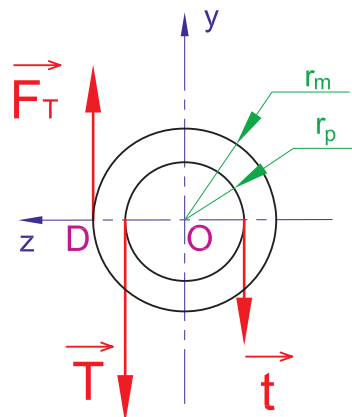
Comment faire pour dimensionner et pour vérifier la résistance et la rigidité d'un composant soumis à une sollicitation composée ?

II. Travail demandé

Dans ce qui suit nous supposons que toutes les liaisons sont parfaites.

On donne :

- $AC = 240 \text{ mm}$; $AB = 330 \text{ mm}$ et $OA = 100 \text{ mm}$
- Rayon de la poulie (2) : $r_p = BB' = 22 \text{ mm}$.
- Rayon de la meule (3) : $r_m = OD = 75 \text{ mm}$.
- Les actions mécaniques qui s'exercent sur l'arbre (1) sont :
 - Les efforts appliqués par la pièce à ébavurer sur la meule se réduisent à l'effort tangentiel $F_T = 110 \text{ N}$;
 - Les actions de la courroie sur la poulie (2) sont T et t avec $T \approx 4.t$.
 - Les actions des paliers sont : R_A et R_C .
 - Le poids du système {arbre (1) + poulie (2) + meule (3)} est $P = 30 \text{ N}$ appliqué au milieu d' OB .



A. Étude statique

1. En écrivant la condition d'équilibre de l'ensemble {arbre (1) + poulie (2) + meule (3)} autour de l'axe x , déterminer les actions de la courroie sur la poulie (2).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$\|\vec{T}\| = \dots\dots\dots \|\vec{M}_t\| = \dots\dots\dots$

B. Étude de la résistance de l'arbre porte meule (1)

1. Déduire la valeur du moment de torsion tout le long de la poutre.

.....
.....

2. Donner les expressions des moments fléchissant tout le long de la poutre et calculer leurs valeurs en O, A, G, C et B.

- Section 1 : $0 \leq x \leq 100\text{mm}$

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

- Section 2 : $100 \leq x \leq 215\text{mm}$

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

- Section 3 : $215 \leq x \leq 340\text{mm}$

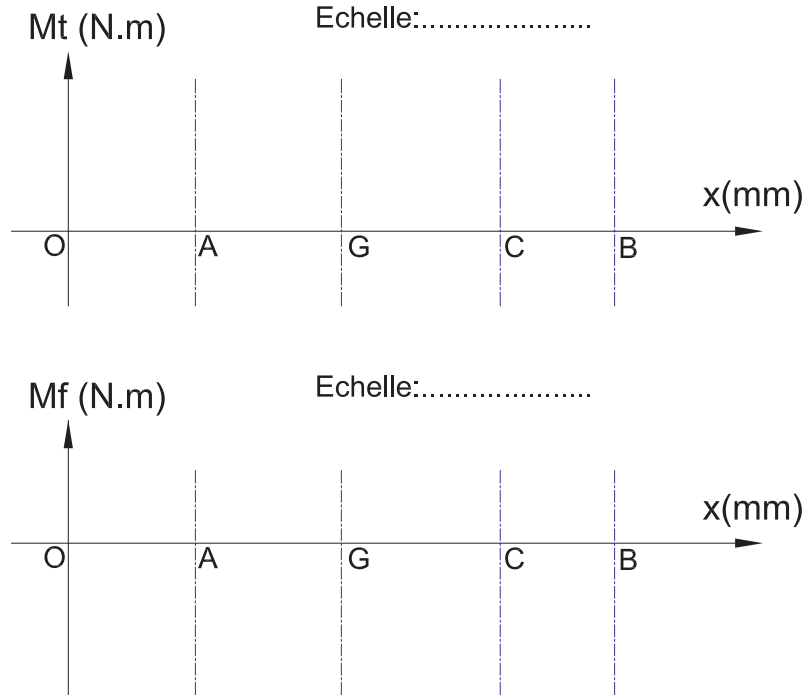
.....
.....
.....

- Section 4 : $340 \leq x \leq 430\text{mm}$

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

3. Tracer respectivement sur les figures ci-dessous le diagramme des moments de torsion et le diagramme des moments de flexion.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



4. Indiquer la section la plus sollicitée de l'arbre porte meule (1).

.....
 5. Déduire à quelle type de sollicitation est soumis l'arbre porte meule (1) ? justifier votre réponse.

6. Calculer le moment idéal de Flexion.

Sachant que : $M_{\text{fidéal}} = (1 - \frac{1}{2\lambda}) \cdot M_f + \frac{1}{2\lambda} \cdot \sqrt{M_f^2 + M_t^2}$;

Pour l'acier de l'arbre porte meule (1) $\lambda = \frac{R_{pg}}{R_{pe}} = 0.5$

.....
 L'arbre du touret à meuler est réalisé en acier S275. Le coefficient de sécurité est s=2.

7. En utilisons la condition de résistance à la flexion trouver le diamètre minimal de l'arbre.

.....

8. Relever le diamètre du dessin d'ensemble et vérifier le choix du constructeur.

.....

Machine de torsion de limes dentaires

Activité 5

Présentation du support d'activité

1. Mise en situation

La machine (Fig.1) est destinée à la torsion des tiges meulées afin de les transformer en limes dentaires utilisées par les dentistes pour le traitement d'une dent infectée (Fig.2). La lime est composée d'une manche en plastique et d'une tige torsadée en acier inoxydable représentant sa partie active.

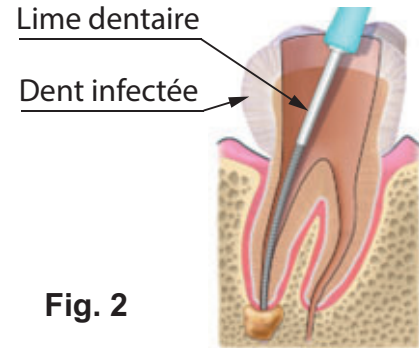


Fig. 2

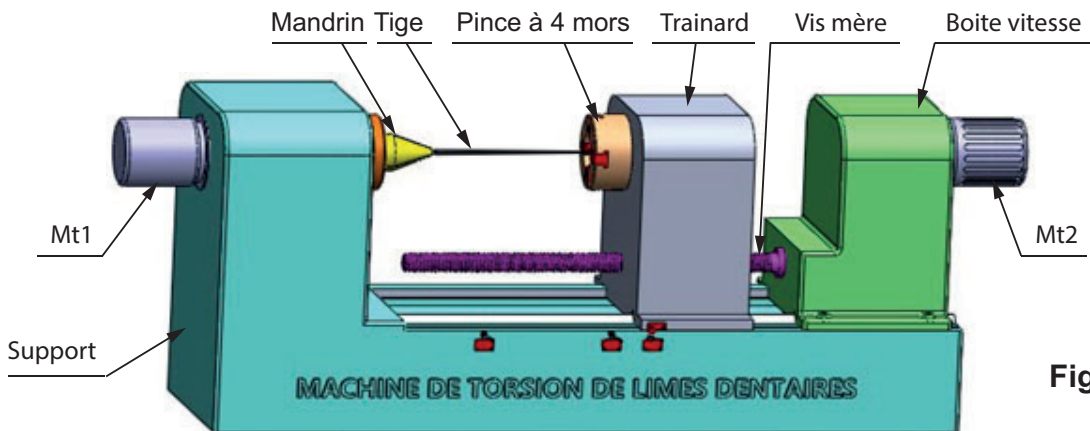


Fig. 1

Un mandrin assure le serrage de la tige sur sa partie cylindrique(Fig.1). L'opération de torsadage est assurée par la rotation du mandrin entraîné par le moteur Mt1. Le blocage de la tige au niveau de sa forme prismatique est effectué par la pince à 4 mors. Le réglage de la longueur est effectué par l'avance et le recul du traînard.

Le déplacement du traînard est assuré par un système vis-écrou et une boîte de vitesses accouplée au moteur Mt2.

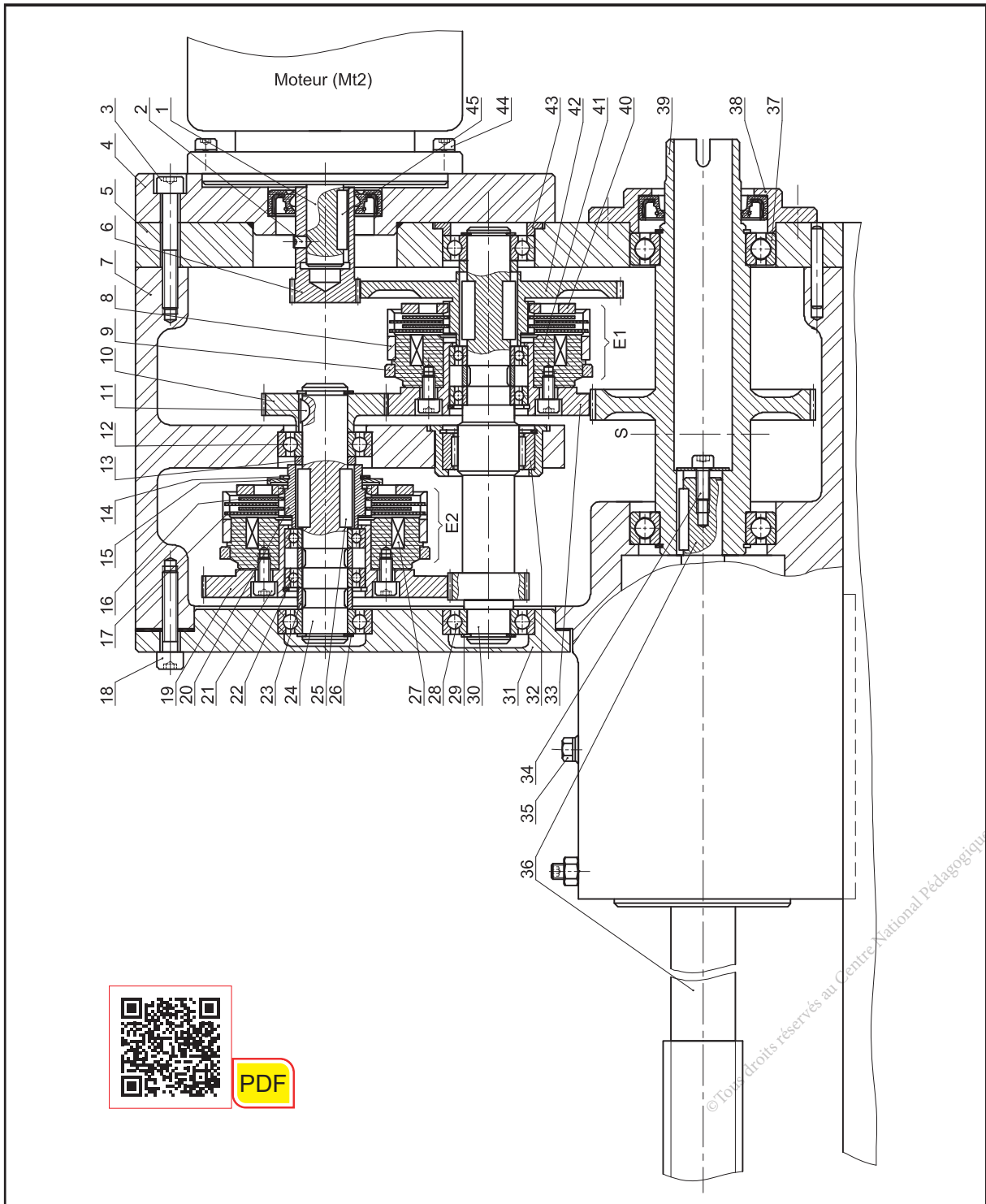
2. Description de fonctionnement du mécanisme d'avance et de recul du traînard

L'avance et le recul du traînard sont assurés par un système vis-écrou et un guidage prismatique (Fig.1).

L'écrou est fixé sur le traînard et la vis est animée d'un mouvement de rotation à l'aide de la boîte de vitesses.

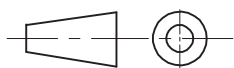
Le mouvement de rotation de l'arbre moteur (1) est transmis vers la vis mère (36) à travers un ensemble de roues dentées et l'un des deux embrayages E1 ou E2 selon la vitesse de déplacement du traînard. (Voir dessin d'ensemble).

3. Dessin d'ensemble



Echelle: 1:2

MACHINE DE TORSION DE LIMES DENTAIRES



BOÎTE DE VITESSES

4. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Rep.	Nbr.	Désignation
1	1	Arbre moteur	24	1	Arbre
2	1	Vis de pression	25	4	Clavette parallèle
3	7	Vis CHc	26	2	Anneau élastique
4	1	Support moteur	27	2	Bobine (KA2, KA3)
5	1	Flasque droite	28	2	Roulement BC
6	1	Pignon	29	2	Anneau élastique
7	1	Carter	30	1	Pignon arbré
8	2	Cloche	31	1	Flasque gauche
9	2	Bague collectrice	32	1	Roulement à aiguilles
10	1	Pignon	33	1	Roue dentée
11	1	Clavette disque	34	1	Vis CHc
12	2	Roulement BC	35	1	Bouchon de remplissage
13	1	Bague entretoise	36	1	Vis mère
14	1	Anneau élastique	37	2	Roulement BC
15	1	Rondelle spéciale	38	1	Couvercle
16	4	Disque intérieur	39	1	Pignon arbré
17	4	Disque extérieur	40	2	Plateau de pression
18	5	Vis CHc	41	2	Support bobine
19	1	Roue dentée	42	1	Roue dentée
20	1	Manchon cannelé	43	1	Bague à collerette
21	12	Vis CHc	44	4	Vis CHc
22	4	Roulement BC	45	1	Clavette parallèle
23	3	Bague entretoise			



I. Situation déclenchante

On se propose de déterminer les dimensions de la section creuse du pignon arbré (39) pour qu'il résiste en toute sécurité.

Comment faire pour dimensionner et vérifier un composant soumis à une sollicitation composée ?

II. Travail demandé

Hypothèses :

- Le pignon arbré (39) est assimilé à une poutre cylindrique à section creuse.
- Les poids des pièces sont négligés ainsi que les frottements.

On donne :

- Rendement de la boîte de vitesses $\eta = 0,97$.
- Puissance du moteur $P_m = 1000$ Watts.
- La vis mère tourne à une vitesse constante $N_{36} = 70$ tr/min.

1. Calculer la puissance transmise au pignon arbré (39).

.....

2. Déduire le couple exercé sur l'arbre (39): C_{39} .

.....

A. Étude statique

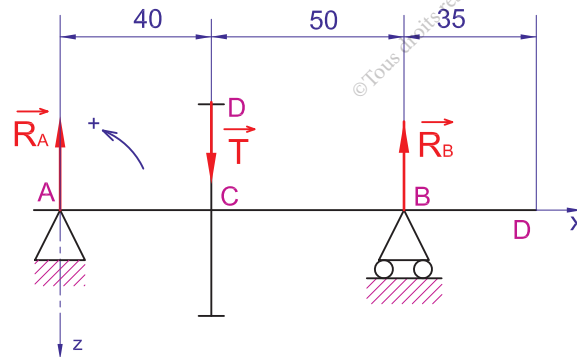
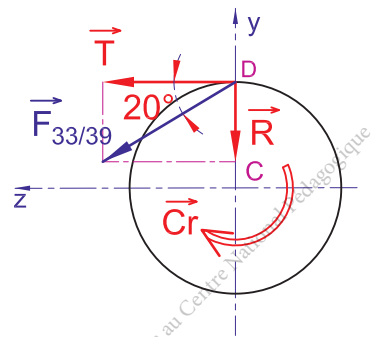
1. L'action de la roue (33) sur le pignon arbré (39) est représentée sur la figure ci-contre.

a. Relever le rayon de la roue (39) sur le dessin d'ensemble et déterminer l'effort tangentiel $\|\vec{T}\|$.

b. Déterminer l'effort radial $\|\vec{R}\|$

.....

2. On suppose que l'effet de l'effort radial est négligeable devant l'effort tangentiel et en modélise le pignon arbré (39) par la figure ci-contre:



B. Étude de la résistance du pignon arbré (39)

1. Déduire la valeur du moment de torsion tout le long de la poutre.

2. Donner les expressions des moments fléchissant tout le long de la poutre et calculer leurs valeurs en A, C, B et D.

- Section 1 : $0 \leq x \leq 40\text{mm}$

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

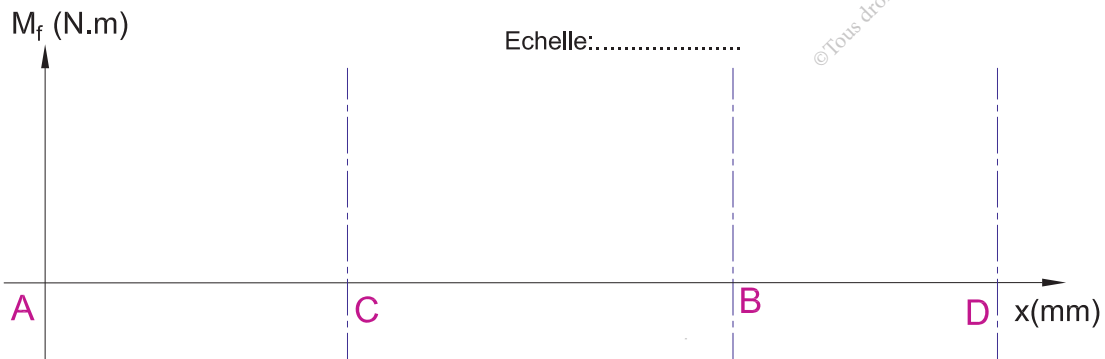
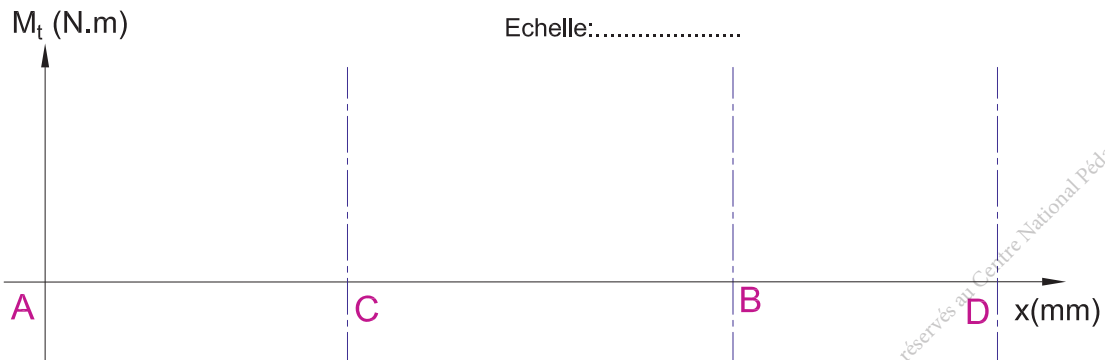
- Section 2 : $40 \leq x \leq 90\text{mm}$

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

- Section 3 : $90 \leq x \leq 125\text{mm}$

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

3. Tracer respectivement sur les figures ci-dessous le diagramme des moments de torsion et le diagramme des moments de flexion.



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

4. Indiquer la section la plus sollicitée du pignon arbré (39).

5. Déduire à quelle type de sollicitation est soumis le pignon arbré (39) ? justifier votre réponse.

6. Calculer le moment idéal de flexion.

Sachant que : $M_{\text{fidéal}} = (1 - \frac{1}{2\lambda}) \cdot M_f + \frac{1}{2\lambda} \cdot \sqrt{M_f^2 + M_t^2}$; Pour l'acier $\lambda = \frac{R_{pg}}{R_{pe}} = 0.5$

7. Le pignon arbré (39) est en acier 30CrNiMo16 de limite élastique $R_e = 700\text{MPa}$. Sachant que le coefficient de sécurité $s = 2$, déterminer D_{min} de la section creuse pour qu'il résiste en toute sécurité ; On prend $D = 3/2 \cdot d$.

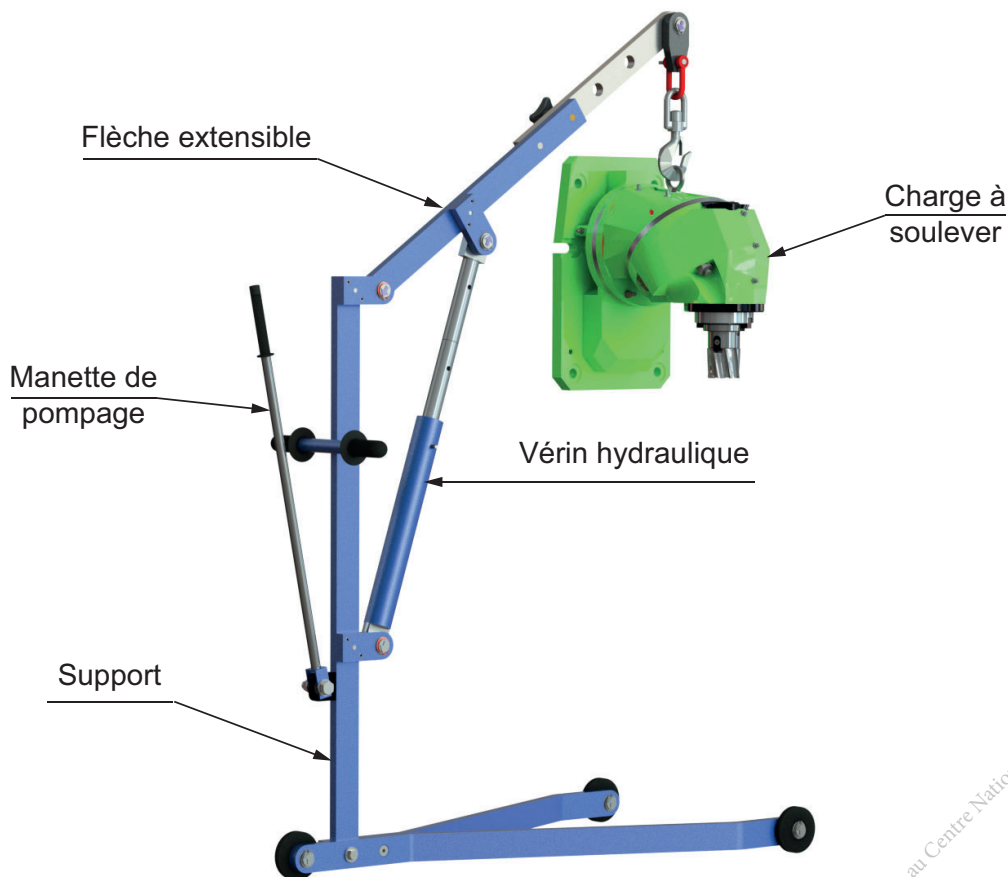
8. Déduire la valeur d_{Max}

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

*Grue d'atelier***Activité 6****Présentation du support d'activité****1. Mise en situation**

Les grues d'atelier hydrauliques sont indispensables pour manœuvrer facilement sans le moindre effort et en toute sécurité des charges lourdes.

Elles sont utilisées pour réaliser des opérations de maintenance dans le domaine mécanique ou dans le domaine de manutention.

**2. Caractéristiques techniques**

- Capacité maximale : 250 kg ;
- La longueur de la flèche est extensible à 3 valeurs (895-1685 mm) ;
- Hauteur de 540 à 2519 mm ;
- Grue déplaçable et repliable ;
- Vérin hydraulique double effets pour levage rapide, de course 495 mm, sa longueur maximale $x_{\max} = 1165\text{mm}$ et sa longueur minimale $x_{\min} = 670\text{ mm}$;



I. Situation déclenchante

Dimensionnement de la flèche de la grue dans la position la plus haute ($\theta = 38^\circ$).

Comment faire pour vérifier le dimensionnement de la flèche dans cette position ?

II. Travail demandé

Hypothèses :

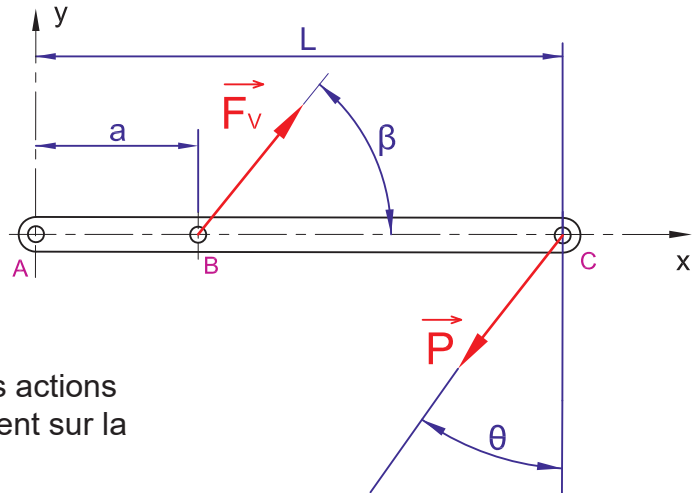
- Les poids des éléments de la grue sont négligés devant les efforts extérieurs.
- Toutes les liaisons sont supposées parfaites.

A. La flèche atteint la hauteur maximale

On donne : $\beta = 51^\circ, \theta = 38^\circ, AC = 1685\text{mm}, AB = 420\text{mm}, P = 2500\text{ N}$.

1. Représenter sur le modèle suivant de la flèche l'effort exercé en A.

Remarque: Pour des raisons de commodité de calcul, le repère lié à la flèche extensible est pivoté dans angle de $\theta = 38^\circ$ par rapport à sa position réelle.



2. Compléter le tableau suivant des actions mécaniques extérieures qui s'exercent sur la flèche sachant que $F_v = 10170\text{N}$.

Force	Point d'application	Projection sur Ax	Projection sur Ay
F_A	A	.....	.....
F_v	B	.....	.....
P	C	.....	.....

3. Calculer les efforts tranchants, les efforts normaux et les moments fléchissants tout le long de la poutre.

- Section 1 entre A et B: $0 \leq x \leq 420\text{mm}$

$N = \dots\dots\dots$

$T_y = \dots\dots\dots$

$M_{fz} = \dots\dots\dots$

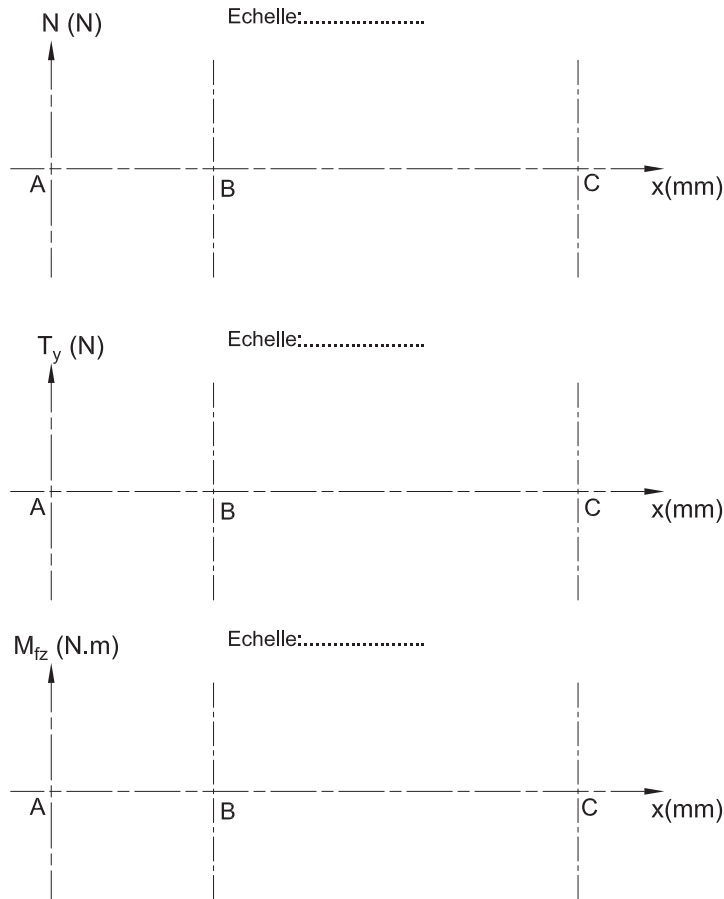
- Section 2 entre B et C : $420 \leq x \leq 1685\text{mm}$

$N = \dots\dots\dots$

$T_y = \dots\dots\dots$

$M_{fz} = \dots\dots\dots$

4- Tracer les diagrammes des efforts tranchants, normaux et des moments fléchissants:



5- Compléter le tableau suivant en précisant les types de sollicitation dans chaque section.

Sections	Section 1 $0 \leq x \leq 420\text{mm}$	Section 2 $420 \leq x \leq 1685\text{mm}$
Sollicitations

6- Préciser le lieu de la section la plus sollicitée et en déduire les valeurs maximales de M_{fz} et N .

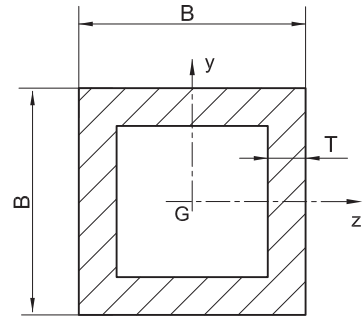
.....
.....

B. Choix de la section de la flèche extensible

- La flèche extensible est faite d'un tube de section carrée supposé constante sur toute la longueur.
- Le constructeur a choisi l'acier S355 avec un coefficient de sécurité $s=4$.

Dans le magasin de matière première, on dispose de tubes carrés de trois sections différentes.

1. Compléter les caractéristiques géométriques de chaque section dans le tableau suivant:



Section BxBxT	Section S (mm ² × 10 ²)	I _{GZ/V} (mm ³ × 10 ³)	σ _f (MPa)	σ _N (MPa)	σ _{éq} (MPa)
70x70x5
80x80x5
90x90x5

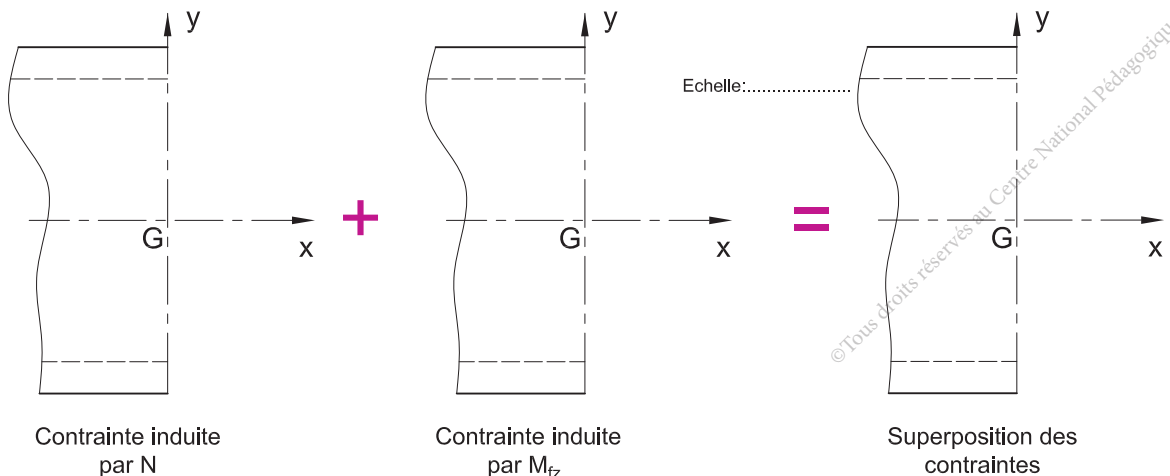
2. Calculer la contrainte pratique pour le matériau choisi.

.....
.....

3. D'après le tableau, choisir la section la plus convenable qui résiste en toute sécurité.

.....

4. Pour une section droite S_x d'abscisse x = 200mm, tracer l'allure des contraintes normales induites par N et M_{tz} et leur superposition.



Conclusion :

.....

.....

Synthèse

1. Auto-évaluation

Tester vos connaissances avant de passer à la synthèse avec les Quiz.



EXE

2. Synthèse torsion simple

a. 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 axes sont confondus avec la ligne moyenne

b. Étude des déformations.

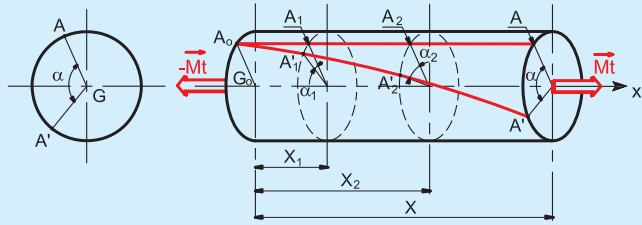
Angle unitaire de torsion $\theta = \frac{\alpha}{L}$;

Avec:

α : angle relatif de torsion en rd;

θ : est exprimé en rd/mm;

L : Longueur de l'éprouvette en mm.



c. Étude des contraintes

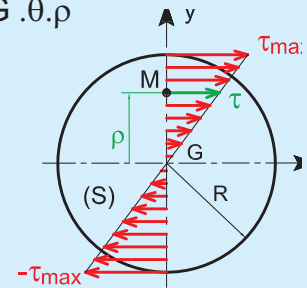
La contrainte tangentielle en un point M de la section est: $\tau = G \cdot \theta \cdot \rho$

Avec:

G: Module d'élasticité transversale ou module de Coulomb en MPa ou Pa.

ρ : Distance entre le centre et le point M en mm ou en m;

La contrainte tangentielle τ est maximale pour $\rho = R$;



d. Relation entre θ et le moment de torsion M_t :

$$\theta = \frac{M_t}{G \cdot I_o}$$

Avec I_o : Moment quadratique polaire de la section exprimé en mm^4 ou en m^4 .

L'angle unitaire de torsion est exprimé en rad/mm ou en rad/m

e. Condition de rigidité : $\theta \leq \theta_{limite}$

θ_{limite} est fixé par l'expérience

f. Relation entre τ et le moment de torsion M_t :

$$\tau = \frac{M_t \cdot \rho}{I_o}$$

τ est maximale sur la génératrice la plus éloignée du centre : $\rho = R$

$$\tau_{maxi} = \frac{M_t}{\frac{I_o}{R}}$$

g. Condition de résistance :

Un arbre de section circulaire sollicité à la torsion peut résister en toute sécurité si à cette sollicitation si : $\tau_{maxi} \leq R_{pg}$ avec

Avec : R_{pg} : Résistance pratique au glissement en MPa ou en Pa. $R_{pg} = \frac{R_{eg}}{s}$

Reg : Limite élastique au cisaillement ou au glissement en MPa ou en Pa.

s: coefficient de sécurité

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

3. Synthèse flexion plane simple

a. Contrainte normale σ

σ : contrainte normale exprimée en MPa ou Pa

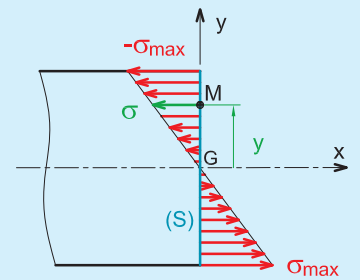
I_{Gz} : moment quadratique par rapport à l'axe neutre Gz de la section de la poutre en (mm^4)

Pour un moment de flexion donné, la contrainte normale est proportionnelle à l'ordonnée (y) du point M.

$$\sigma = \frac{Mf_z}{I_{Gz}} y$$

σ est maximale lorsque (y) atteint sa valeur maximale (y_{max}). On pose $v = y_{max}$ en (mm)

$$\sigma_{max} = \left(\frac{Mf_z}{I_{Gz}} \right) v$$



La quantité $\frac{I_{Gz}}{v}$ est appelée module de rigidité à la flexion exprimée en mm^3 ou en m^3

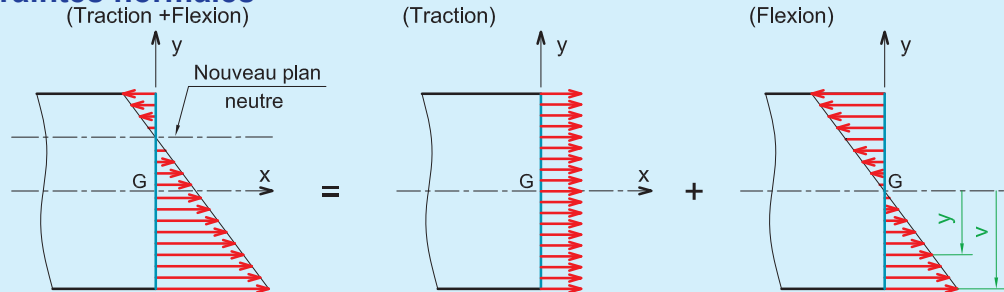
b. Condition de résistance

Pour qu'une poutre, sollicitée à la flexion simple résiste en toute sécurité il faut que : $\sigma_{max} \leq R_{pe}$ avec $R_{pe} = R_e/s$; R_e est la limite élastique à la traction

4. Synthèse sollicitations composées

a. Flexion-traction/ Flexion-compression

- Contraintes normales



- Condition de résistance

La sollicitation de traction-flexion augmente la zone de traction en déplaçant la ligne neutre au-dessus ou au dessous de la ligne moyenne. Dans ce cas pour qu'une poutre, résiste en toute sécurité il faut que :

$$\frac{\|N\|}{S} + \frac{\|M_{fzmax}\|}{\frac{I_{Gz}}{v}} \leq R_{pe}$$

b. Flexion-torsion

Un arbre est soumis à une sollicitation de flexion-torsion si le moment résultant en G est :

Dans ce cas le dimensionnement de l'arbre est déterminé à partir du moment idéal de flexion. $\vec{M}_G = M_t \cdot \vec{x} + M_f \cdot \vec{z}$

- Moment idéal de flexion

Avec $\lambda = \frac{R_{pg}}{R_{pe}}$ $M_f = (1 - \frac{1}{2\lambda}) M_f + \frac{1}{2\lambda} \sqrt{M_f^2 + M_t^2}$

Remarque: λ dépend de la nature des matériaux.

Grille d'évaluation comportement des solides déformables



AXE 3

RÉALISATION ET PRODUCTION

PDF



THÈME

OBTENTION DES PIÈCES

SÉQUENCE

- Obtention des pièces par enlèvement de matière
- Obtention des pièces par méthode additive
- Métrologie
- Plasturgie

COMPOSANTES DES COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES

CD 3.9: Décoder un document de fabrication.

CD 2.6: Mettre en œuvre les machines conventionnelles et les micro-machines à commande numérique (MOCN) pour réaliser une pièce simple.

CD2.8 : Mettre en œuvre les composantes d'une chaîne numérique de fabrication additive.

CD2.7 : Contrôler une pièce.

Obtention des pièces

CD	Savoirs et savoir-faire	Critères d'évaluation
CD 3.9	Obtention des pièces par enlèvement de matière: <ul style="list-style-type: none">- Contrainte d'antériorité (Rappel).- Positionnement isostatique et moyen d'ablocage (Rappel).- Cotes de fabrication.- Lecture et rédaction d'un document de fabrication.- Programmation simple en code ISO.- Réalisation des opérations d'usinage sur les machines conventionnelles et les micromachines.	<ul style="list-style-type: none">- Lecture correcte d'un document de fabrication.- Détermination correcte des cotes de fabrication.- Rédaction correcte d'un document de fabrication.- Calcul exact de la vitesse de rotation et la vitesse d'avance.
CD 2.6	Obtention des pièces par méthode additive: impression 3D.	<ul style="list-style-type: none">- Programmation adéquate d'un usinage sur les machines à commande numérique (MOCN).
CD 2.8	Métrologie dimensionnelle et géométrique.	<ul style="list-style-type: none">- Impression 3D réussie.
CD 2.7	Plasturgie: Principe de: l'injection, l'injection-soufflage, l'extrusion gonflage, l'extrusion soufflage, thermoformage, rotomoulage	<ul style="list-style-type: none">- Contrôle adéquat d'une pièce.

PDF



Bateau à pédales

Présentation du support d'activité

Vid



1. Mise en situation

Un pédalo, ou bateau à pédales fig1 et 2, est un petit bateau dont le principe est de pédaler pour avancer grâce à des roues à aube (pales, hélice). C'est une activité qui se pratique sur les lacs, la mer ou certaines rivières, elle est accessible à tous et ne nécessite aucune compétence technique particulière.

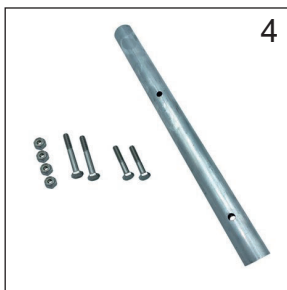


Fig. 1



Fig. 2

Accessoires d'entraînement



Accessoires du gouvernail



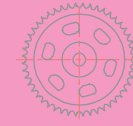
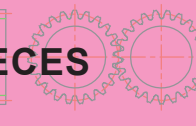
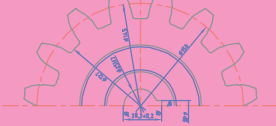
2. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	1	Bouchon de drain	Polyéthylène	
2	1	Bielle	Aluminium	
3	2	Dossier ajustable	Polyester	
4	1	Moyeu	Aluminium	
5	1	Poignée avec écrou	Phénoplaste	
6	1	Coque	Polyéthylène	
7	4	Bague de roulement	Polyoxyde de Méthylène	
8	4	Pédale	Phénoplaste	
9	1	Etoile	Plastique	
10	2	Pédalier régulier	Aluminium marin	
11	1	Gouvernail	Phénoplaste	
12	1	Axe de gouvernail	Acier inox	
13	2	Ensemble de coude régulier	Polyéthylène	
14	1	Guidon et tige	Acier inox	
15	2	Perce-coque	Phénoplaste	
16	5	Pale de roue	Polyéthylène	
17	2	Couvercle pour glacière	Polyéthylène	
18	1	Toile	Polyester	

3. Caractéristiques

Résistant : Grande résistance aux chocs.

- **Confortable** : Permet de naviguer en tout confort grâce aux deux dossiers ajustables qui s'adaptent pour les sièges orientés vers l'avant et vers l'arrière.
- **Rangement** : Ce pédalo comprend quatre porte-verres et un compartiment de réfrigération/stockage intégré équipé de couvercles solides. Il comprend également un auvent pliable pour vous protéger pendant une journée au soleil.
- **Haute capacité** : Le pédalo peut accueillir jusqu'à 5 personnes et a une capacité maximale de 350 Kg.
- **Transport facile** : Avec ses poignées de transport à l'avant et à l'arrière, il est facile à transporter jusqu'au bord de l'eau.



I. Situation problème

Les techniques de transformation de la matière plastique diffèrent d'une pièce à une autre.

Qu'elles techniques peut-on adopter pour l'obtention des différents éléments du pédalo et en particulier la coque (6) ?

II. Travail demandé

En se référant à la nomenclature et aux figures 1 et 2 du dossier technique

a. Compléter le tableau de tri des pièces.

	Pièces métalliques	Pièces non métalliques
Repères de pièces

b. Citer les caractéristiques des deux familles de la matière plastique.

Les Thermoplastiques :

.....

Les Thermodurcissables :

.....

c. Compléter le tableau ci-dessous en indiquant la matière plastique correspondante à chaque pièce du Pédalo. (Mettre une croix dans la case qui convient).

Pièce	Thermoplastique	Thermodurcissable
Dossier ajustable (3)		
Moulure (coque) (6)		
Bague de roulement (7)		
Perce-coque (15)		

d. La matière de la toile (18) du pédalo est le Polyester ; cette matière est-elle recyclable ?

.....

e. Parmi les procédés de transformation de la matière plastique, on a la transformation par injection et par injection soufflage. Quelle est la différence entre les deux procédés ?

Le principe de l'Injection :

.....

Le principe de l'injection soufflage :

.....



La coque du pédalo est obtenu par rotomoulage, expliquer brièvement ce principe.

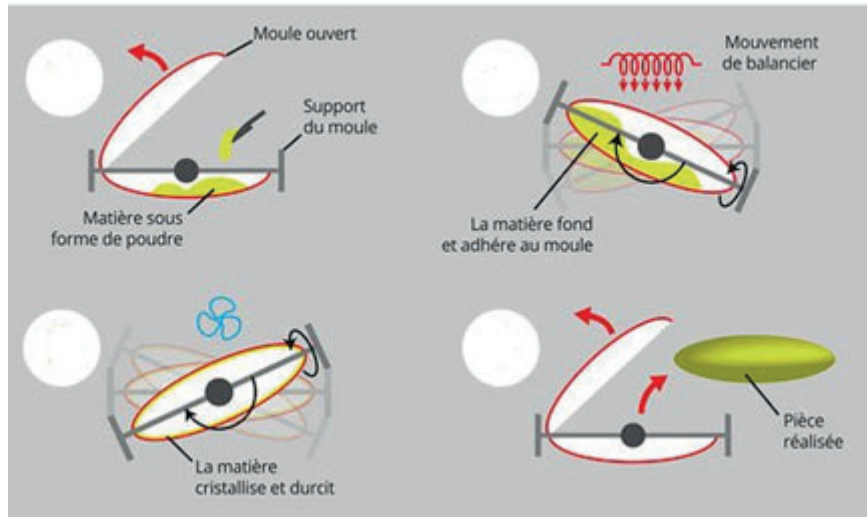
.....

.....

.....

.....

- f. Numéroté les étapes du principe de rotomoulage du Pédalo.
g. Compléter par vrai ou faux



- Le rotomoulage a une capacité de produire des pièces d'une très grande complexité technique.....
- Le rotomoulage permet une grande résistance aux pièces fabriquée.....
- Le rotomoulage est adapté à la production des pièces en petite et moyenne séries avec un coût d'outillage relativement élevé.....
- En rotomoulage, 90% seulement de la matière sera recyclée.....

h. Indiquer le type de procédé utilisé pour l'obtention de chaque objet :

Coque (6)	Dossier (3)	Couvercle (17)
		
.....



Maquette d'un train épicycloïdal

I. Situation problème

A partir d'un mouvement d'entrée « source » à vitesse constante.

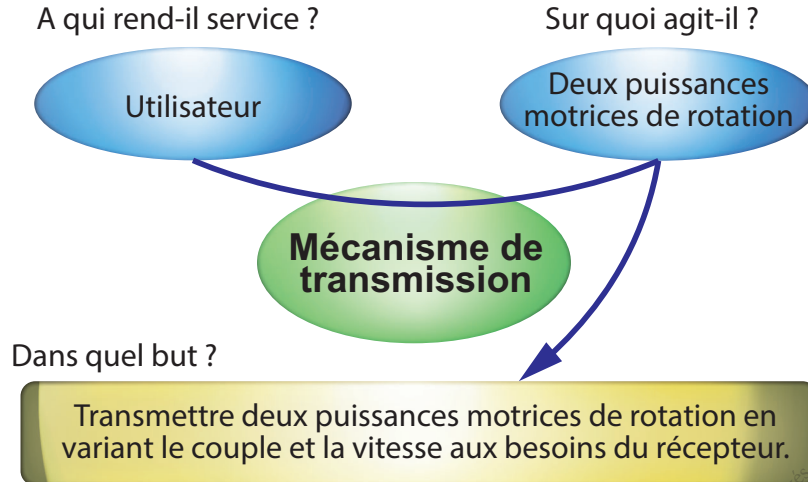
- Transmettre deux puissances motrices de rotation en variant le couple et la vitesse aux besoins du récepteur.
- Permettre la réversibilité de la transmission.
- Bon rendement.
- Encombrement réduit.

Comment étudier et concevoir un mécanisme de transmission qui répond à ces conditions ?

II. Travail demandé

Faite une étude complète et structurée pour répondre à ce besoin tout en respectant les étapes de la démarche de projet et en exploitant les équipements et le matériel disponibles au laboratoire.

1. Expression de besoin



2. Valider le besoin

Pourquoi le produit existe-t-il ?

L'existence limitée des organes mécaniques qui transmettent deux mouvements de rotation à l'entrée en adaptant le couple et la vitesse aux besoins du récepteur.

Qu'est ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?

Une nouvelle technologie.

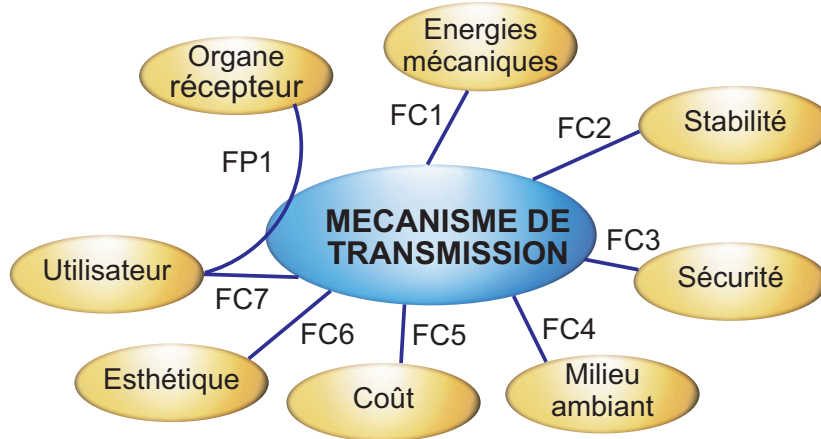
Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ce besoin ?

La disparition de l'organe récepteur.

Une nouvelle technologie à coût modéré.

Conclusion : Le besoin est validé.

3. Recensement des FS.



4. Formulation des fonctions de service

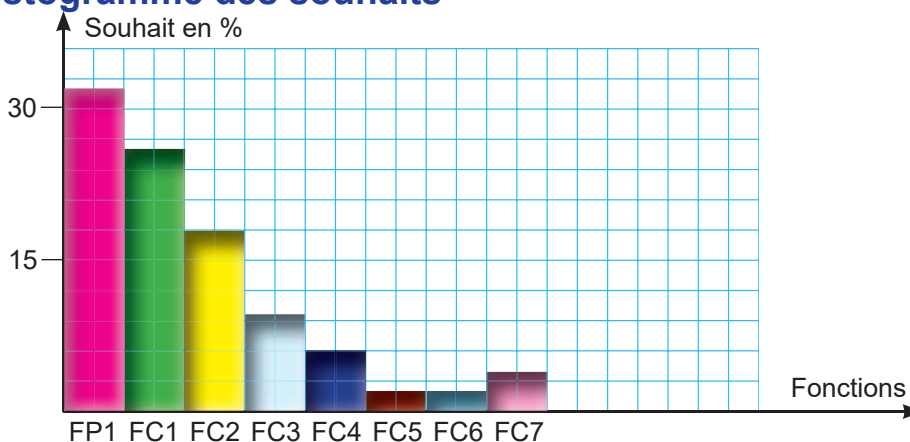
F. S	Expression des fonctions de service
FP1	Permettre à l'utilisateur la transmission de deux puissances mécaniques de rotation en variant le couple et la vitesse aux besoins du récepteur.
FC1	Entrainer manuellement la maquette.
FC2	Être stable en fonctionnement.
FC3	Etre ergonomique et respecter les normes de sécurité.
FC4	S'adapter à l'environnement.
FC5	Avoir un coût modéré.
FC6	Avoir une forme esthétiquement acceptable.
FC7	S'adapter à la source de mouvement.

5. Valorisation et hiérarchisation des fonctions de service.

	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	Points	%
FP1	FP1/2	FP1/2	FP1/2	FP1/2	FP1/3	FP1/3	FP1/2	16	32
	FC1	FC1/2	FC1/2	FC1/2	FC1/3	FC1/2	FC1/2	13	26
		FC2	FC2/1	FC2/2	FC2/3	FC2/2	FC2/1	9	18
			FC3	FC3/0	FC3/2	FC3/1	FC3/2	5	10
				FC4	FC4/1	FC4/1	FC4/1	3	6
					FC5	FC6/1	FC5/1	1	2
						FC6	FC7/2	1	2
							FC7	2	4
							Total	50	100%

0	Pas de supériorité
1	Légèrement supérieure
2	Moyennement supérieure
3	Nettement supérieure

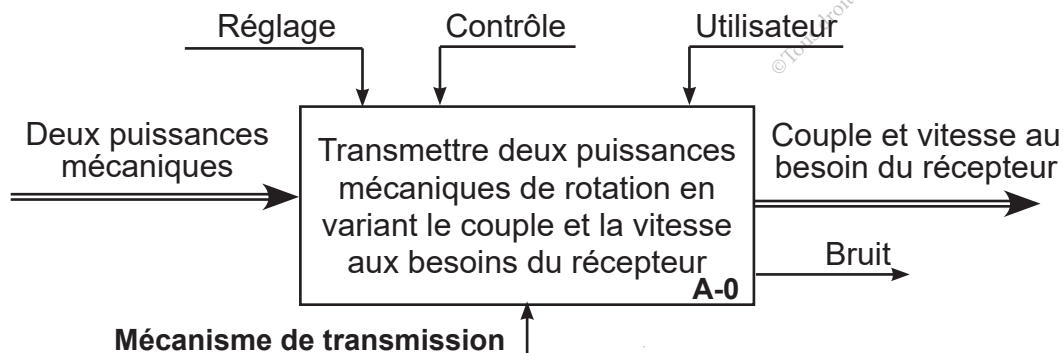
6. Histogramme des souhaits



7. Cahier des charges fonctionnel

F. S	Expression	Critères d'appréciation	Niveaux	Flexibilités
FP1	Permettre à l'utilisateur la transmission de deux puissances mécaniques de rotation en variant le couple et la vitesse aux besoins du récepteur.	Puissance d'entrée Rapports de vitesses r Rendement	$P = 10 \text{ W}$ r de 0,25 à 4 $\eta \approx 0,9$	$\pm 1 \text{ W}$ $\pm 0,05$
FC1	Entrainer manuellement la maquette.	Couple Vitesse	$C \approx 1 \text{ N.m}$ 90 trs/min	$\pm 0,2 \text{ N.m}$ $\pm 5 \text{ trs/min}$
FC2	Être stable en fonctionnement.	Stabilité Support Encombrement Masse.	$L \times H \times l = 280 \times 220 \times 180$ Masse = 2Kg	$\pm 1 \text{ mm}$ $\pm 50 \text{ g}$
FC3	Etre ergonomique et respecter les normes de sécurité.	Sécurité Norme en vigueur		
FC4	S'adapter à l'environnement.	Matériaux durables et sanitaire		
FC5	Avoir un coût modéré.	Coût		
FC6	Avoir une forme esthétiquement acceptable.	Forme Couleur	Choix en fonction de la sensibilité de l'utilisateur	
FC7	S'adapter à la source de mouvement.	Manœuvre manuelle Vitesse de rotation	$N_{\text{maxi}} = 90 \text{ trs/min}$	

8. Modélisation

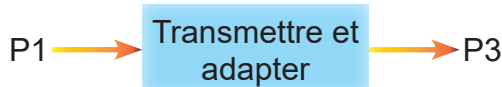


9. Approche fonctionnelle

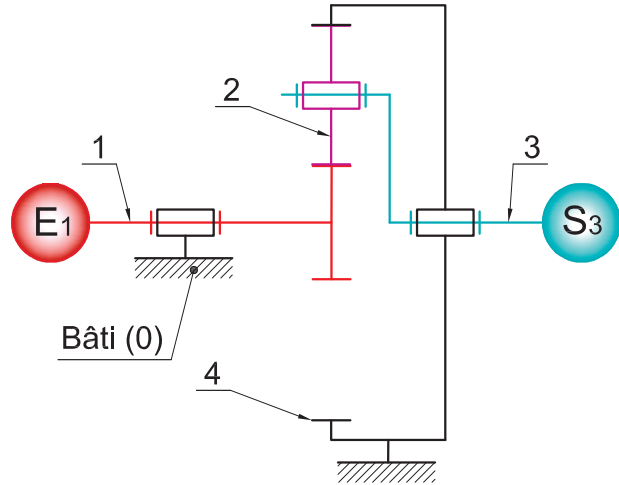
Un train épicycloïdal (ou train planétaire) est un train d'engrenages dont au moins une roue dentée (appelée satellite) est en mouvement épicycloïdal par rapport au carter fixe.

Cas 1 : Transmettre et adapter

On peut bloquer un élément et conserver une entrée, une sortie. On assure ainsi les mêmes fonctions qu'un réducteur classique mais avec des performances élevées (réduction d'encombrement).

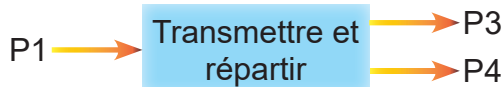


- Adapter la puissance
- Augmenter le couple
- Réduire la vitesse

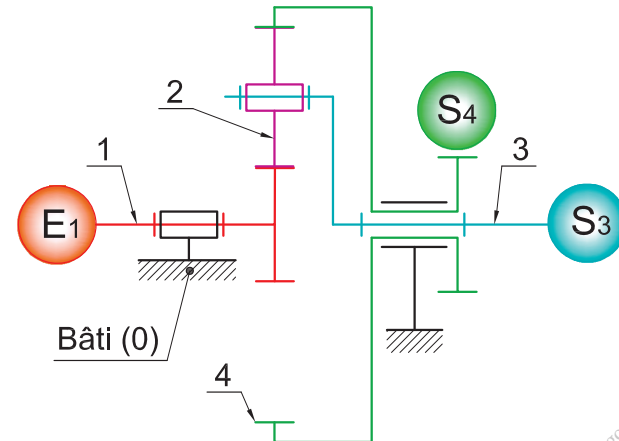


Cas 2 : Transmettre et répartir

On peut également transmettre et répartir la puissance d'un même moteur à 2 récepteurs différents (1E/2S). (Transmission classique ou intégrale de véhicule).

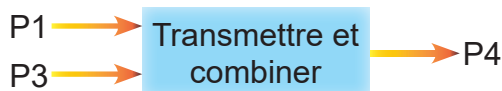


- Répartir la puissance
- Répartir le couple
- Différencier les vitesses

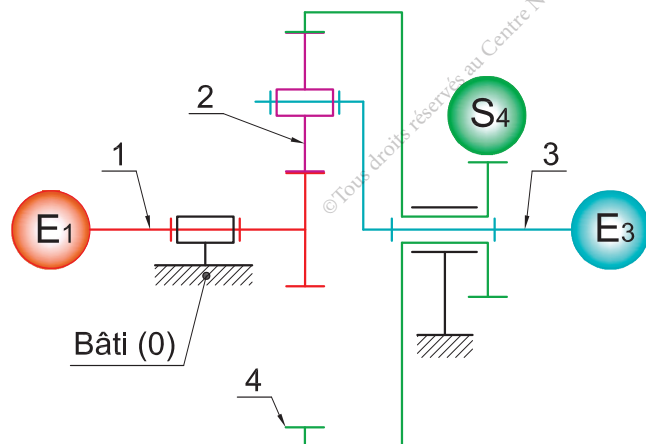


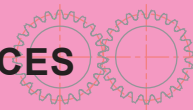
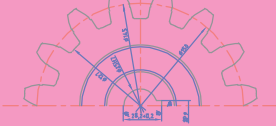
Cas 3 : Transmettre et combiner

On peut également gérer et optimiser 2 puissances motrices tout en variant la vitesse du récepteur (véhicule hybride).



- Combiner 2 puissances motrices
- Augmenter le couple
- Varier la vitesse

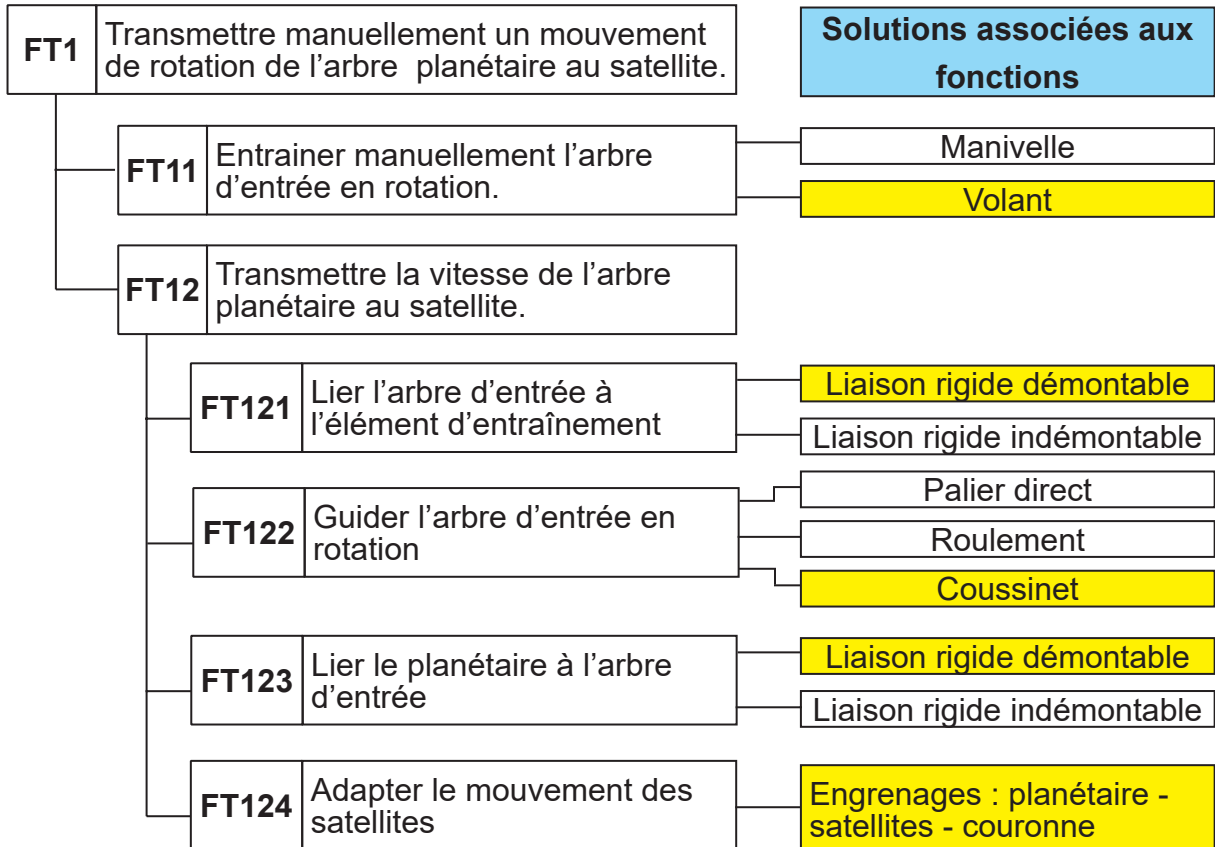




10. Recherche des solutions associées aux fonctions techniques. (FAST)

Le diagramme FAST partiel de la fonction FT1

Les solutions constructives associées aux fonctions techniques qui contribuent à la satisfaction de la fonction technique FT1 : « Transmettre manuellement un mouvement de rotation de l'arbre planétaire au satellite ».



■ : Solution retenue

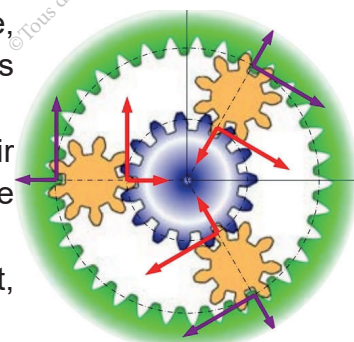
Justification du choix des solutions constructives

On prend le cas d'un train épicycloïdal simple à trois satellites : les composants sont moins sollicités, dimensionnés en conséquence, donc moins volumineux et moins lourds. Le porte-satellite en particulier est parfois monté "flottant" et donc auto-centré par les satellites.

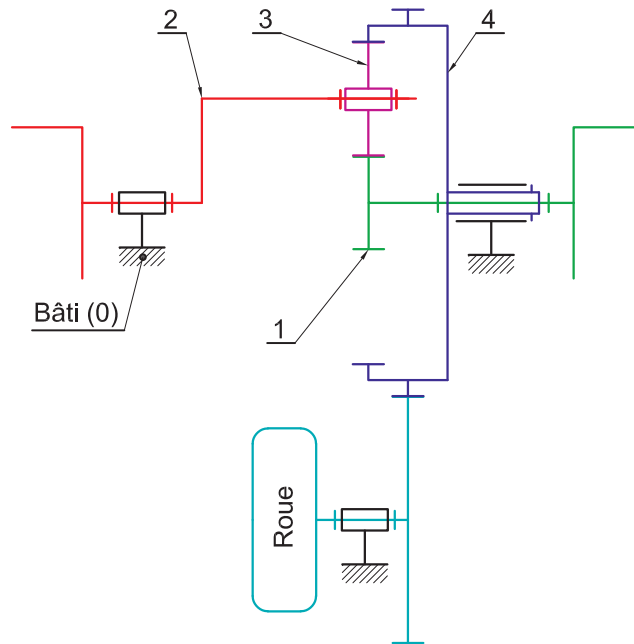
FT1 : le choix du volant est pris pour des raisons économique, ergonomique et de fabrication selon les équipements disponibles au laboratoire de GM.

FT121 et FT123 : le choix d'une liaison rigide est pris pour avoir une transmission de mouvement de rotation ; et démontable pour l'entretien et la maintenance.

FT122 : le guidage de l'arbre d'entrée en rotation par coussinet, résulte des efforts résistants et faible vitesse à transmettre.



11. Schéma cinématique



12. Étude cinématique

La vitesse d'entrée $N_e = 90 \text{ tr/min}$, c'est la vitesse du volant à entraîner.

On note par N_s , la vitesse de rotation de sortie, donc le rapport de transmission $r = N_s/N_e$, varie selon la configuration du train épicycloïdal.

On prend : $Z_{25} = Z_{26} = 18$ dents, $Z_{31\text{int}} = 54$ dents, $Z_{31\text{ext}} = 72$ dents et $Z_{33} = 24$ dents

Rapports de transmission possibles du train épicycloïdal

1^{er} cas : couronne (31) bloquée

On a deux possibilités :

1^{ère} possibilité : (planétaire (26) menant ; porte satellite (11) mené)

La formule de Willis nous donne: $r_1 = \frac{N_{11}}{N_{26}} = \frac{Z_{26}}{Z_{31\text{int}} + Z_{26}} = \frac{18}{54 + 18} = \frac{1}{4} = 0.25$

$N_s = r_1 \cdot N_e = 0,25 \cdot 90 = 22,5 \text{ tr/min}$; réducteur non-inverseur.

2^{ème} possibilité : (porte satellite (11) menant ; planétaire (26) mené)

La formule de Willis nous donne: $r_1' = \frac{N_{26}}{N_{11}} = \frac{Z_{31\text{int}} + Z_{26}}{Z_{26}} = \frac{54 + 18}{18} = 4$

$N_s = r_1' \cdot N_e = 4 \cdot 90 = 360 \text{ tr/min}$; Multiplicateur non-inverseur

2^{ème} cas : planétaire (26) bloqué

On a deux possibilités :

1^{ère} possibilité : (Couronne (31) menant ; porte satellite (11) mené)

La formule de Willis nous donne: $r_2 = \frac{N_{11}}{N_{31}} = \frac{Z_{31\text{int}}}{Z_{31\text{int}} + Z_{26}} = \frac{54}{54 + 18} = \frac{3}{4} = 0.75$

$N_s = r_2 \cdot N_e = 0,75 \cdot 90 = 67,5 \text{ tr/min}$; réducteur non-inverseur

2^{ème} possibilité : (porte satellite (11) menant ; Couronne (31) menée)

La formule de Willis nous donne: $r_2' = \frac{N_{31}}{N_{11}} = \frac{Z_{31\text{int}} + Z_{26}}{Z_{31\text{int}}} = \frac{54 + 18}{54} = \frac{4}{3} = 1.33$

$N_s = r_2' \cdot N_e = 1,33 \cdot 90 = 120 \text{ tr/min}$; Multiplicateur non-inverseur

Vid



Vid



Vid



Vid



3^{ème} cas : porte satellite (11) bloqué

On a deux possibilités :

1^{ère} possibilité : (planétaire (26) menant ; Couronne (31) menée)

La formule de Willis nous donne: $r_3 = \frac{N_{31} \cdot -Z_{26}}{N_{26} \cdot Z_{31int}} = \frac{-18}{54} = -\frac{1}{3} = -0.33$

$N_s = r_3 \cdot N_e = -0,33 \cdot 90 = -30$ tr/min; réducteur inverseur

2^{ème} possibilité : (Couronne (31) menant ; planétaire (26) mené)

La formule de Willis nous donne: $r_3' = \frac{N_{26} \cdot -Z_{31int}}{N_{31} \cdot Z_{26}} = \frac{-54}{18} = -3$

$N_s = r_3' \cdot N_e = -3 \cdot 90 = -270$ trs/min; Multiplicateur inverseur.

Vid



Vid



13. Statique

Couple appliqué par le volant (28)

$$C_{28} = F_{28/27} \cdot R_{28} = 1080 \text{ N.mm} ; F_{28/27} = 30 \text{ N}$$

$$P_{28} = C_{28} \cdot \pi \cdot N_e / 30 = 10.17 \text{ W}$$

Rendement $\eta = 0.98$

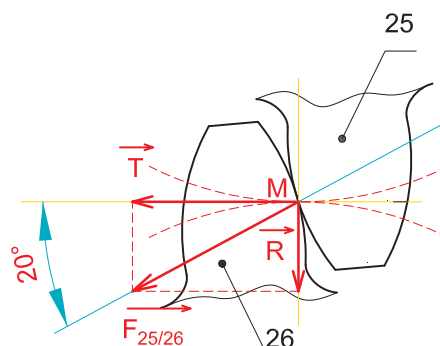
14. RDM

Calcul de résistance des dentures :

Pendant l'engrènement, les efforts de l'action interdentaire sont exercés en M par le satellite (25) sur le planétaire (26).

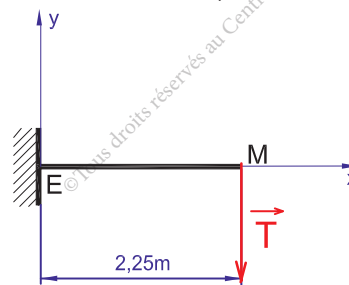
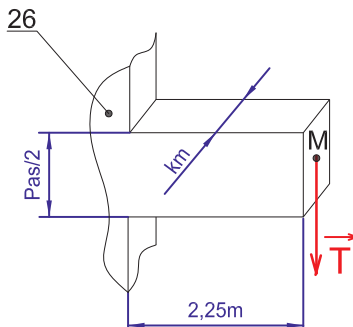
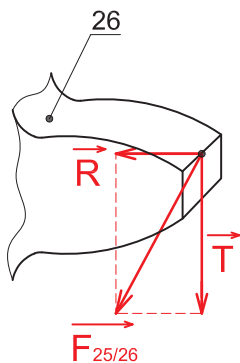
T : Effort tangentiel utile à la transmission

R : Effort radial transmis aux paliers



Hypothèses :

- La denture de planétaire (26) est assimilée à une poutre encastrée, de section rectangulaire pleine de section $S = (k.m) \cdot \frac{\pi \cdot m}{2}$ sollicitée à la flexion ;
- L'effort exercé en bout de dent (début d'engrènement) ;
- Une seule dent en prise ;
- Le planétaire (26) est en PLA de résistance pratique à l'extension $R_{pe} = 15 \text{ MPa}$.



Le calcul nous donne : $m_{\text{mini}} \geq 2,34 \cdot \sqrt{\frac{T}{k \cdot R_{pe}}}$ en prenant $K = 6$ et $T = 60 \text{ N}$; on obtient :

$$m_{\text{mini}} \geq 2,34 \cdot \sqrt{\frac{60}{6 \cdot 15}} ; m_{\text{mini}} \geq 1,91 \text{ mm} ; \text{choix } m = 2 \text{ mm}$$

Dimensionnement de l'arbre de planétaire (27) :

Hypothèses :

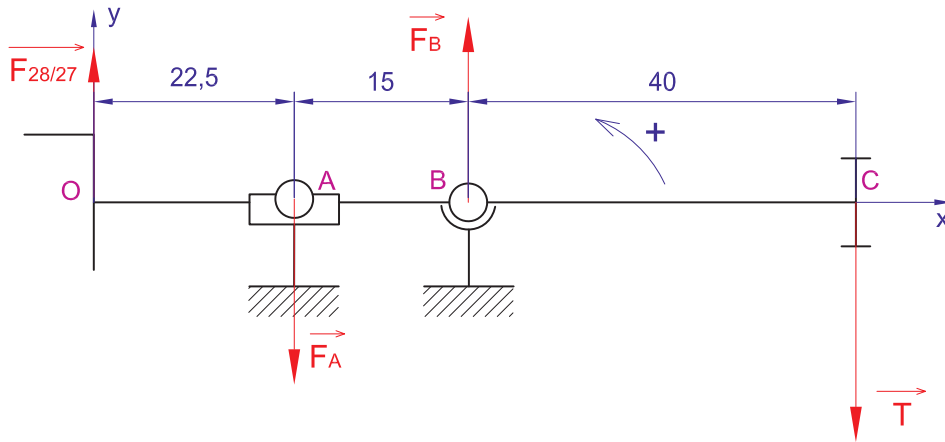
- Toutes les pièces sont rigides et indéformables et toutes les liaisons sont parfaites.
- Le poids est négligeable.
- L'arbre est en PVC de résistance pratique à l'extension $R_{pe} = 27,5 \text{ MPa}$.

Vérification de la résistance de l'arbre du planétaire (27) à la flexion+torsion

$$M_t = C_{28} = R_{26} \cdot T = 1080 \text{ N.mm} \quad \text{avec: } R_{26} = \frac{m \cdot Z_{26}}{2} = 18 \text{ mm}; \text{ alors } T = 60 \text{ N.}$$

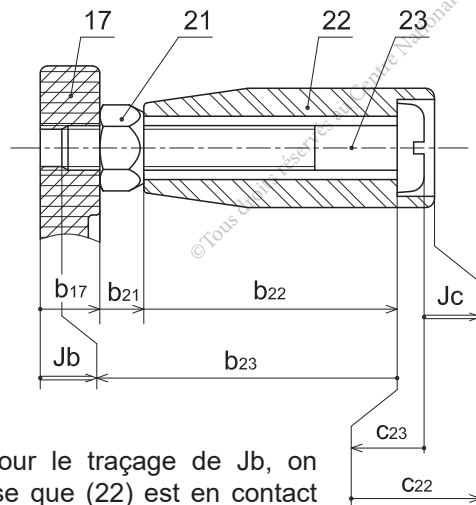
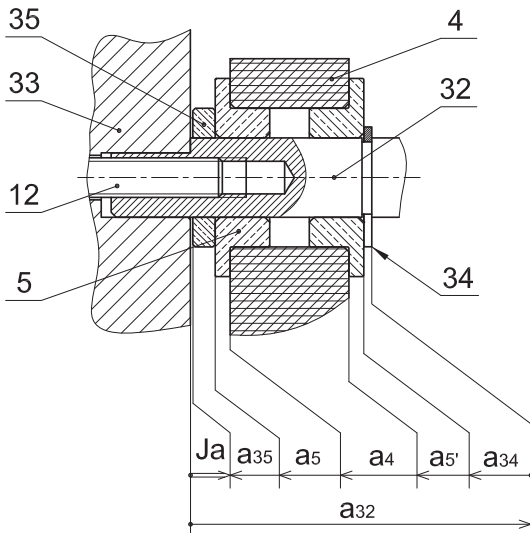
- Les actions inconnues : $F_A = 470 \text{ N}$; $F_B = 530 \text{ N}$
- Le moment de flexion: $M_f = 2400 \text{ N.mm}$
- Le moment idéal : $M_{f_{\text{idéal}}} = \sqrt{M_f^2 + M_t^2} = \sqrt{(2400)^2 + (1080)^2} = 2631,80 \text{ N.mm}$
- Le diamètre minimal de l'arbre de planétaire (27) qui résiste à la flexion+torsion :

$$d_{27\text{mini}} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{f_{\text{idéal}}}}{\pi \cdot R_{pe}}} \quad d_{27\text{mini}} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2631,80}{\pi \cdot 27,5}} ; d_{27\text{mini}} \geq 9,91\text{mm}; \text{ choix } d = 10\text{mm}; \text{ Choix } d = 10 \text{ mm}$$

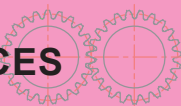
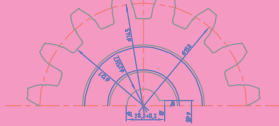


15. Cotation fonctionnelle

Le bon fonctionnement de la maquette train épicycloïdal impose des conditions fonctionnelles telles que :



NB. Pour le traçage de J_b , on suppose que (22) est en contact bilatéral avec (21) et (23)

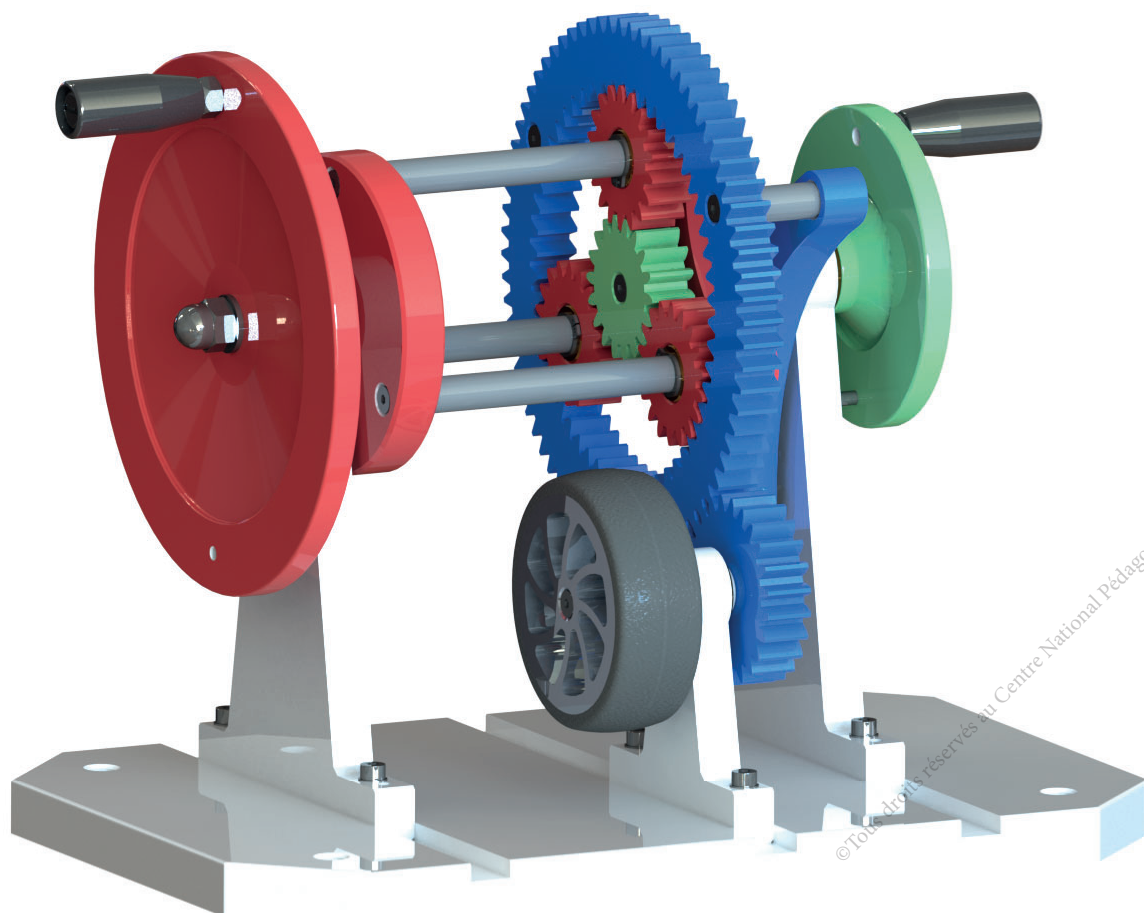


Ja : Jeu fonctionnel axial pour assurer le guidage en rotation de l'arbre porte roue (32) par rapport au palier porte roue (4).

Jb : Dépassement de taraudage sur le volant (17) assurant le serrage de la poignée (22).

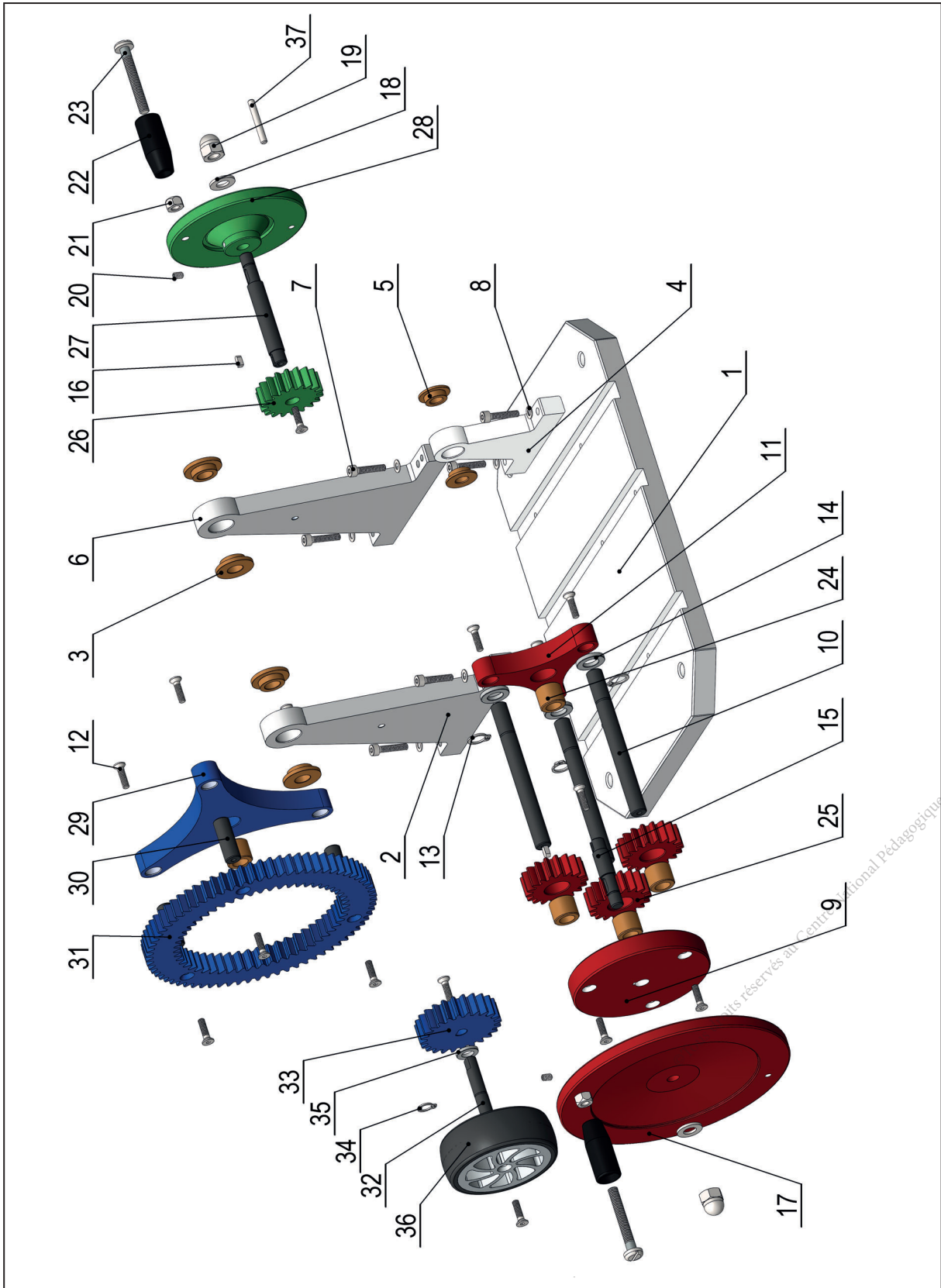
Jc : La tête cylindrique de la vis(23) est logée dans le lamage pour assurer la condition de sécurité.

16. Dessin en 3D

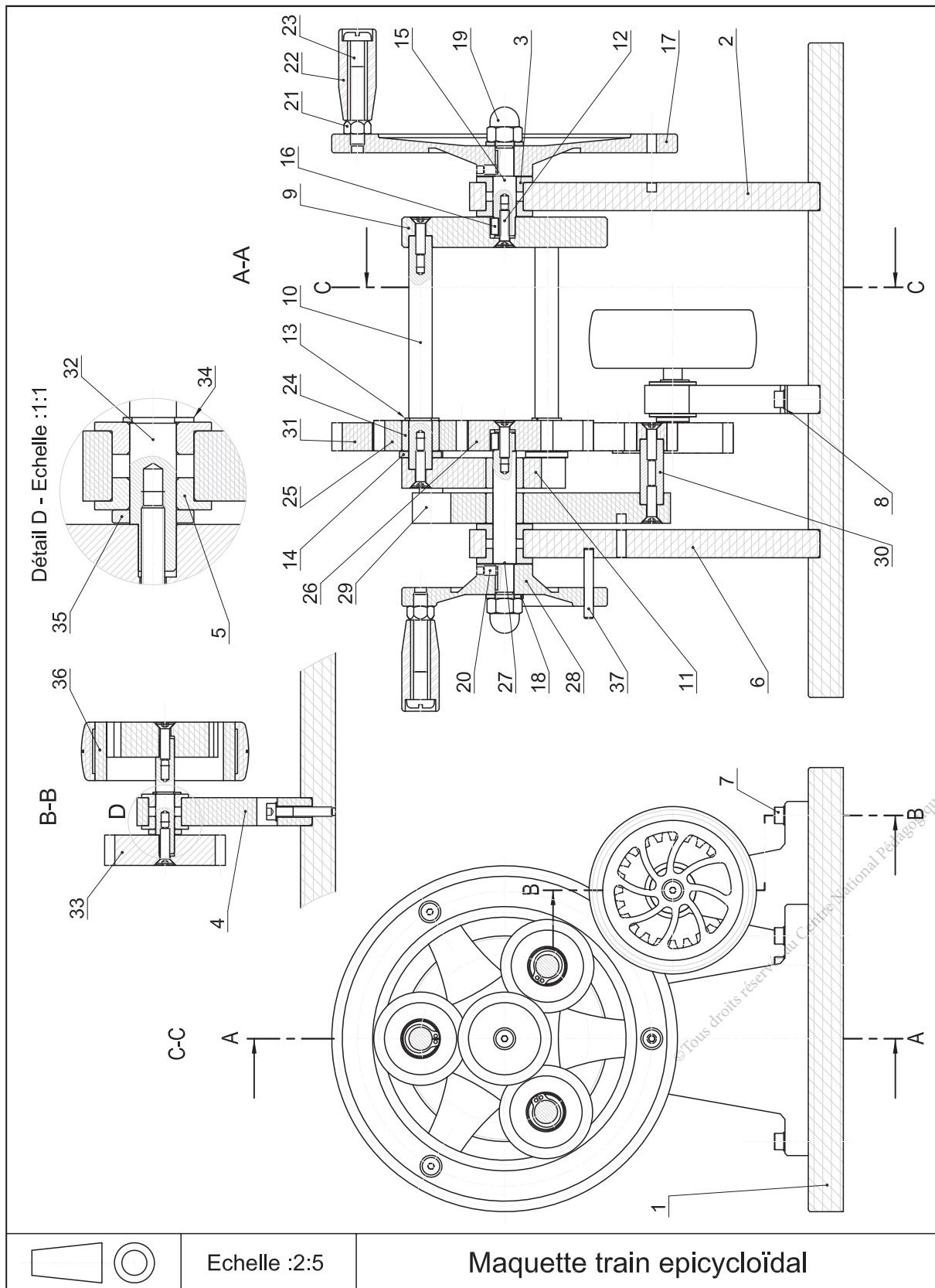


© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

17. Dessin en perspective éclatée

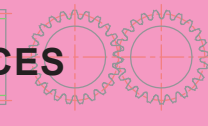
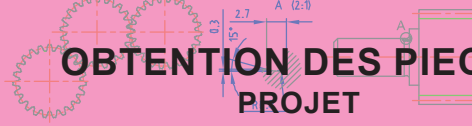
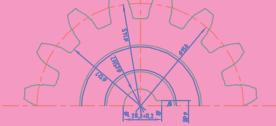


18. Dessin d'ensemble



Echelle :2:5

Maquette train epicycloïdal

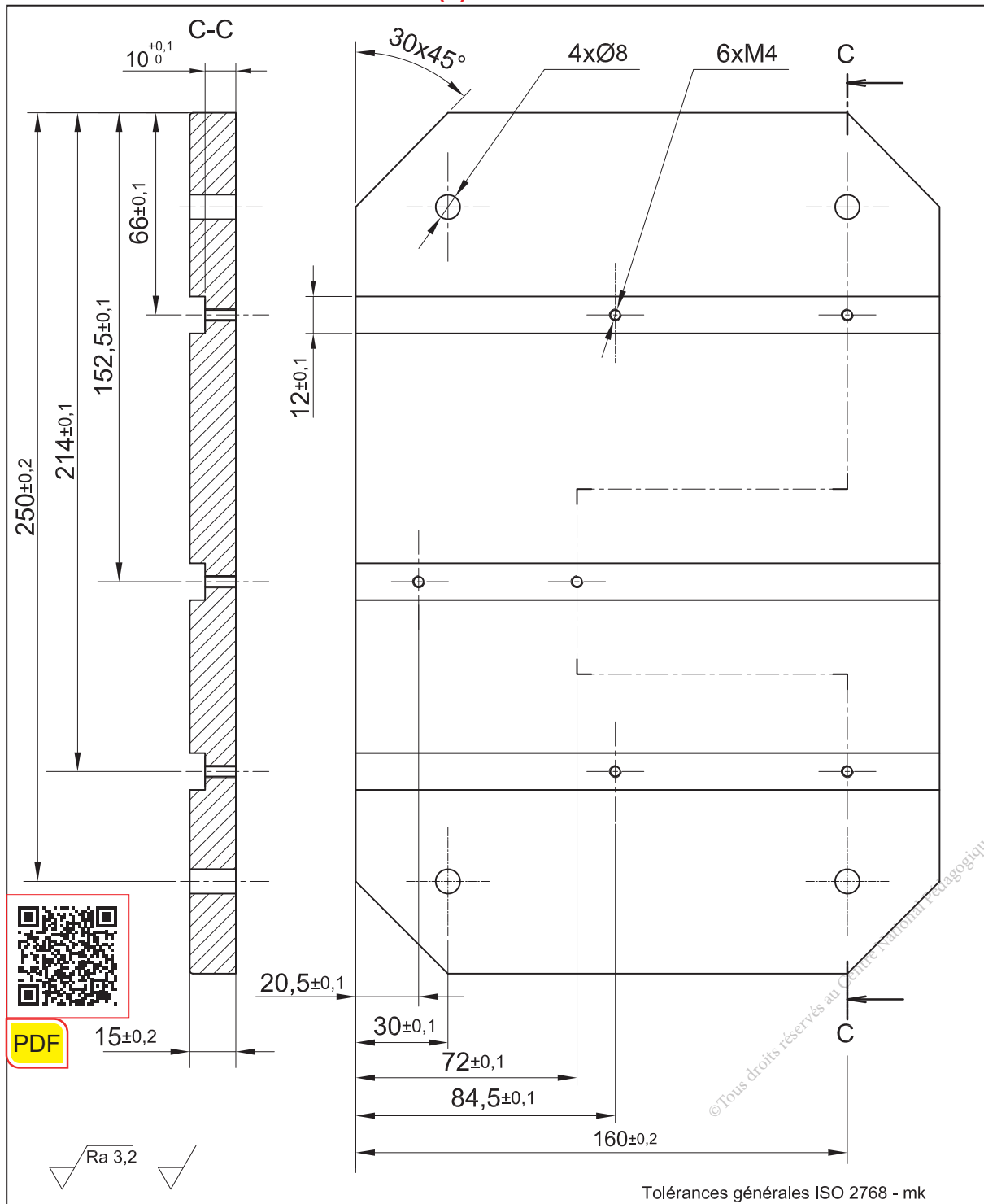


19.Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	1	Semelle	PVC	
2	1	Palier droit	PLA	
3	4	Coussinet à collerette	CuSn8P	Ø arbre 10mm
4	1	Palier porte roue	PLA	
5	2	Coussinet à collerette	CuSn8P	Ø arbre 8mm
6	1	Palier gauche	PLA	
7	6	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M4-20		ISO 4762
8	6	Rondelle plate M4		ISO 7092
9	1	Disque volant satellite	PLA	
10	3	Arbre porte satellite	PVC	
11	1	Porte satellite	PLA	
12	16	Vis à tête fraisée à six pans creux, M4-16		ISO 10642
13	3	Anneau élastique 10x1		
14	3	Rondelle plastique	PA 6	
15	1	Arbre porte disque	PVC	
16	2	Clavette parallèle type C		
17	1	Volant satellite	PLA	
18	2	Rondelle plate M8		ISO 4089
19	2	Ecrou borgne M8		
20	2	Vis sans tête à six pans creux, M4-6		ISO 4026
21	2	Ecrou hexagonal M8		ISO 7719
22	2	Poignée	PA6	
23	2	Vis à tête cylindrique fendue, M8-14-38		ISO 1580
24	5	Coussinet	CuSn8P	
25	3	Satellite	PLA	m=2 ; Z=18
26	1	Planétaire	PLA	m=2 ; Z=18
27	1	Arbre planétaire	PVC	
28	1	Volant planétaire	PLA	
29	1	Porte planétaire	PLA	
30	3	Douille taraudé	PVC	
31	1	Couronne	PLA	m=2;Zint=54; Zext=72
32	1	Arbre porte roue	PVC	
33	1	Pignon	PLA	m=2 ; Z= 24
34	1	Anneau élastique, 8x0,7		
35	1	Rondelle plastique 8-14	PA 6	
36	1	Roue	PLA	
37	1	Goupille d'arrêt	C 30	

20. Lecture et rédaction d'un document de fabrication.

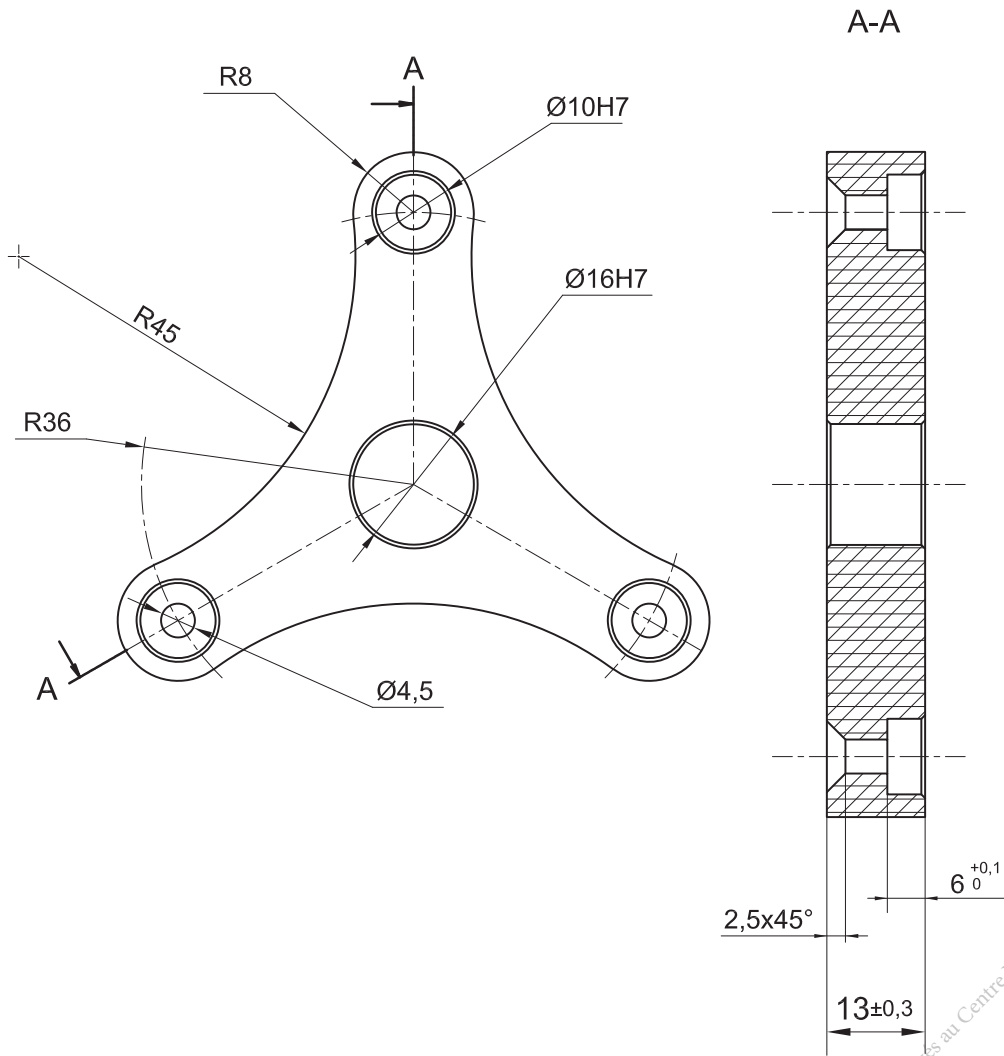
Dessin de définition de la semelle (1)



Tolérances générales ISO 2768 - mk

1	1	Semelle	PVC	
Rp.	Nb.	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:2			Maquette train epicycloïdal	

Dessin de définition du porte satellite (11)



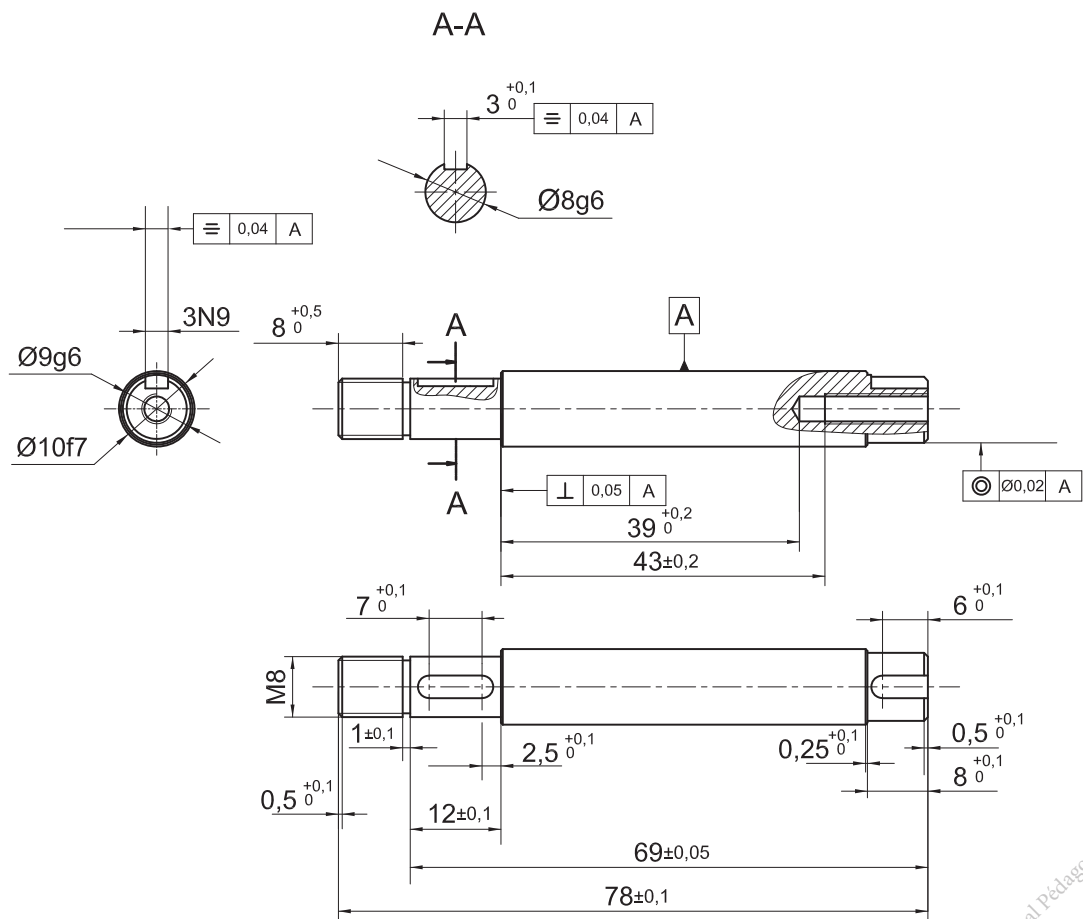
$\varnothing 16H7 = \varnothing 16 \begin{matrix} 0,018 \\ 0 \end{matrix}$

$\varnothing 10H7 = \varnothing 10 \begin{matrix} 0,015 \\ 0 \end{matrix}$

$\sqrt{Ra\ 3,2}$
 Tolérances générales ISO 2768 - mk

11	1	Porte satellite	PLA	
Rp.	Nb.	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:1			Maquette train epicycloïdal	

Dessin de définition de l'arbre planétaire (27)

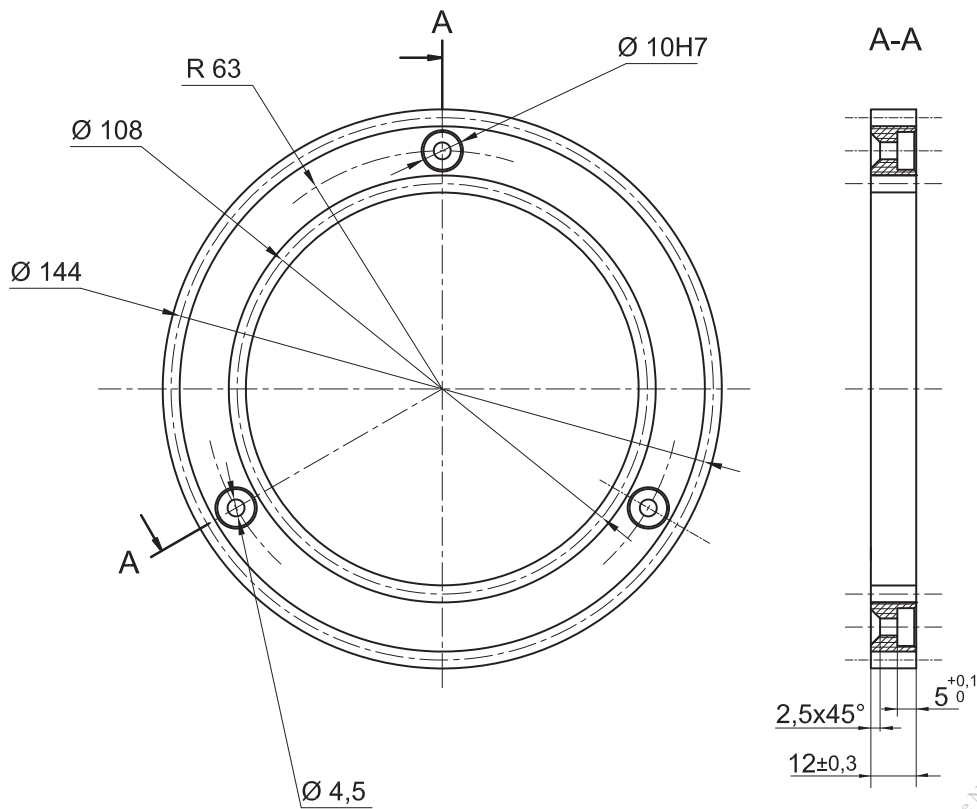


$\varnothing 10f7 = \varnothing 10$ $-0,028$ to $-0,013$
 $\varnothing 9g6 = \varnothing 9$ $-0,014$ to $-0,005$
 $\varnothing 8g6 = \varnothing 8$ $-0,014$ to $-0,005$
 $3N9 = 3$ $-0,029$ to $-0,004$

$\sqrt{Ra 3,2}$
 Tolérances générales ISO 2768 - mk

27	1	Arbre planétaire	PVC	
Rp.	Nb.	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:1			Maquette train epicycloïdal	

Dessin de définition de la couronne (31)



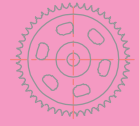
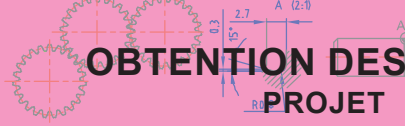
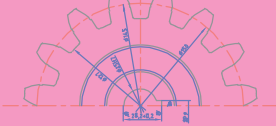
$\varnothing 10H7 = \varnothing 10 \begin{smallmatrix} 0,015 \\ 0 \end{smallmatrix}$

Chanfreins: 0,5x45° sauf indication

$\sqrt{Ra 3,2}$

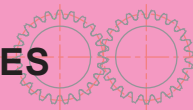
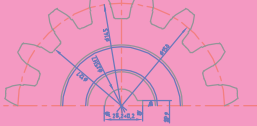
Tolérances générales ISO 2768 - mk

31	1	Couronne	PLA	
Rp.	Nb.	Désignation	Matière	Observations
Echelle: 1:2			Maquette train epicycloïdal	



Lire et compléter les documents de fabrication, puis se référer de ces documents, pour la réalisation des pièces demandées.

Feuille d'avant-projet d'étude de fabrication		Ensemble : Maquette train épicycloïdal	Bureau des méthodes	1/2
		Élément : Arbre planétaire (27)		
		Matière : PVC		
		Nombre : Unitaire		
		Brut : Scié		
N° de phase	Désignation des phase-sous phase et opérations	Machines-outils. Outils	Croquis de phase	
10	Contrôle du brut	PC au 1/50	Ø12 ; L = 80	
20	<p>TOURNAGE Le référentiel est défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centrage long (1,2,3,4) - Appui ponctuel (5) - Serrage <p>a. Dresser (1) en finition directe $Cm1 = 79 \pm 0,5$</p> <p>b. Charioter et dresser simultanément (2) et (3) en ébauche</p> <p>c. Charioter et dresser simultanément (2) et (3) en demi-finition</p> <p>d. Charioter et dresser simultanément (2) et (3) en finition en $2Cm2 = \text{Ø } 10f7$, $Cm3 = 40 \pm 0,5$</p> <p>e. Charioter et dresser simultanément (4) et (5) en ébauche</p> <p>f. Charioter et dresser simultanément (2) et (3) en demi-finition</p> <p>g. Charioter et dresser simultanément (2) et (3) en finition $2Cm4 = \text{Ø } 9g6$ et $Cm5 = 71 \pm 0,1$</p> <p>h. Chanfreiner (6): 0,25 à 45°</p> <p>i. Chanfreiner (7): 0,25 à 45°</p> <p>j. Centrer (8)</p> <p>k. Percer (8) $Co8 = 3,3 \pm 0,1$</p>	<p>TP</p> <p>Outil à charioter coudé en A.R.S</p> <p>Outil à charioter couteau en A.R.S</p> <p>Foret à center Foret Ø3,3</p> <p>CMD Ø10f7 CMD Ø9g6</p> <p>Plaquette rugotest</p> <p>PC au 1/50</p>		
30	<p>TARAUDAGE MANUEL Le référentiel est défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centrage long (1,2,3,4) - Appui ponctuel (5) - Serrage <p>Sécurité - Ne pas mettre le tour sous tension</p> <p>a. Tarauder (9) $Co9 = M4$</p>	<p>Tourne à gauche</p> <p>Taraud ébauche M4</p> <p>Taraud demi-finition M4</p> <p>Taraud finition M4</p> <p>Bague fileté M4</p>		

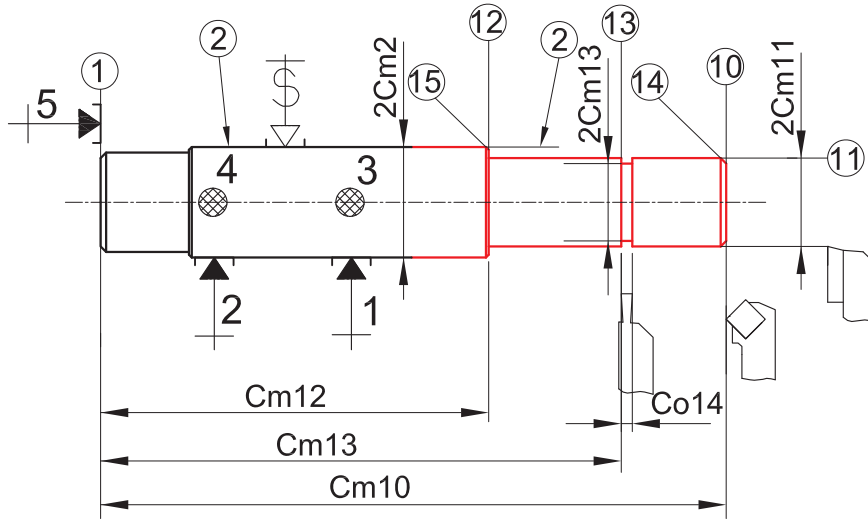


Feuille d'avant-projet d'étude de fabrication		Ensemble : Maquette train épicycloïdal		Bureau des méthodes	2/2
		Élément : Arbre planétaire (27)			
		Matière : PVC			
		Nombre : Unitaire			
		Brut : Scié			
N° de phase	Désignation des phase-sous phase et opérations	Machines-outils. Outils	Croquis de phase		
40	<p>TOURNAGE Le référentiel est défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - - - <p>a. Dresser (10) en finition directe $Cm10 = 78 \pm 0,2$</p> <p>b. Charioter (2) en ébauche</p> <p>c. Charioter (2) en demi-finition</p> <p>d. Charioter (2) en finition</p> <p>e. Charioter et dresser simultanément (11) et (12) en ébauche</p> <p>f. Charioter et dresser simultanément (11) et (12) en demi-finition</p> <p>g. Charioter et dresser (11) et (12) en $2Cm10 = \varnothing 8g6$ et $Cm12 = ?$</p> <p>h. Réaliser la gorge en $2Cm13 = 6.5 \pm 0,1$ et $Cm13 = 69 \pm 0,05$</p> <p>i. Chanfreiner (14) en : 0,5 à 45°</p> <p>j. Chanfreiner (15) en : 0,25 à 45°</p>	<p>TP</p> <p>Outil à charioter coudé en A.R.S</p> <p>Outil à charioter couteau en A.R.S</p> <p>Outil gorge A.R.S</p> <p>CMD $\varnothing 10f7$ CMD $\varnothing 8g6$ PC au 1/50 Plaquette rugotest</p>	<p>Recherche de Cm12:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
50	<p>FILETAGE MANUEL Le référentiel est défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centrage long (1,2,3,4) - Appui ponctuel (5) - Serrage <p>Sécurité</p> <p>- Ne pas mettre le tour sous tension</p> <p>a. Fileter (2) en finition Co16=M8</p>	<p>Porte – filières</p> <p>Filière M8</p> <p>Jauge de filetage</p>			
60	<p>FRAISAGE Le référentiel est défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Appui linéaire (1,2) - Appui linéaire (3,4) - Appui ponctuel (5) - Serrage <p>a. Rainurage de la pièce</p>	<p>MICRO-FRAISEUSE</p> <p>Fraise à deux lèvres $\varnothing 3$</p> <p>Jauge de profondeur au 1/50</p>			

CONTRAT DE PHASE	Ensemble : Maquette train épicycloïdal	1/1
	Élément : Arbre planétaire 27	
Phase N° 30	Matière : PVC	Bureau des méthodes
	Nombre : Unitaire	

Désignation : Tournage

Machine-outil : Tour parallèle



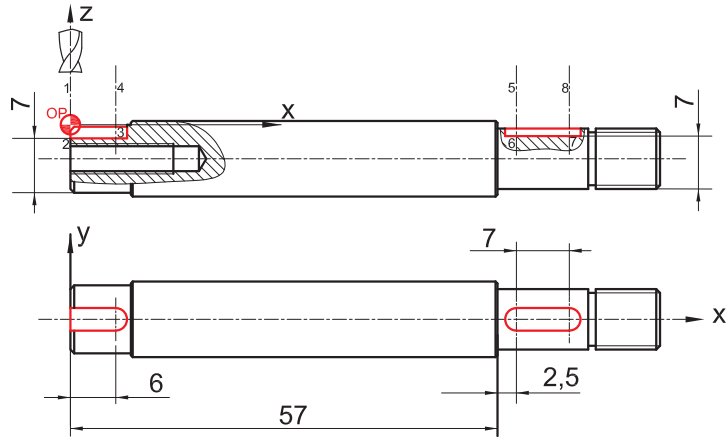
Désignation des opérations	Éléments de coupe					Outillage	
	Vc (m/mn)	N (tr/mn)	f (mm/dent)	a (mm)	Vf (mm/min)	Fabrication	Vérification
Dresser (10) en finition directe Cm10 = 78 ^{±0,2}	24	800		0.1		Outil à charioter coudé en A.R.S	CMD Ø10f7
Charioter (2)							
Charioter et dresser simultanément (11) et (12) en ébauche		800		0.1			CMD Ø8g6
Charioter et dresser simultanément (11) et (12) en demi-finition						Outil à charioter couteau en A.R.S	Plaque rugotest
Charioter et dresser simultanément (11) et (12) en		800		0.1			
2Cm11=Ø8g6 et Cm12=57 ^{±0,05}							
Réaliser la gorge en Cm13=69 ^{±0,1} et 2Cm13=Ø6,5 ^{±0,1}		800		0.2		Outil gorge en A.R.S	PC au 1/50
Chanfreiner (14) en : 0,5 à 45°							
Chanfreiner (15) en : 0,25 à 45°		400					

Dessin de définition de l'arbre planétaire (27)

On demande de préparer la machine micro-fraiseuse pour l'exécution de la phase 60 de l'arbre planétaire (27).

a. Repérer les points qui définissent la trajectoire de l'outil et déterminer leurs coordonnées par rapport à l'origine pièce (OP) choisie.

Point	X	Y	Z
1
2
3
4
5
6
7
8



b. Donner les paramètres nécessaires à l'usinage de la pièce et compléter le programme en gcode

Vc =

N =

F =

Programme	Interprétation
% Phase 60 (Rainurage)	% : début de programme : phase 60
N10 M03	M03 : rotation de la broche dans le sens horaire
N20 G95 T2 D2 M6	G95 : avance exprimée en mm/tr
N30	G0 : avance rapide ; X=0 ; Y=0 ; Z=15
N40 G1 F.1 Z-2	G1 : interpolation linéaire ; Avance en mm/tr :
N50	G1 : interpolation linéaire ; X= 6 ; Y=0 ; Z =-2
N60	G0 : avance rapide ; Avance en mm/tr :
N70	G0 : avance rapide ; X=53.5 ; Y=0 ; Z=15
N80	G1 : interpolation linéaire ; Avance en mm/tr :
N90	G1 : interpolation linéaire ; X= 60.5 ; Y=0 ; Z =-1.5
N100	G0 : avance rapide ; Avance en mm/tr :
N110	G0 : avance rapide ; X=60.5 ; Y=0 ; Z=15
N120	M02 : fin du programme.

c. Ouvrir le logiciel Mach 3 (choisir le profil PX1).

d. Ecrire le programme.

e. Simuler le programme avant l'usinage.

f. Appeler votre enseignant.

g. Usiner la pièce.

Dessin de définition de la douille taraudée (30)

On veut préparer le micro-tour pour réaliser l'usinage de la douille taraudée (30).
 On donne le dessin de définition et la procédure d'usinage et le programme de la phase 20 de la pièce.

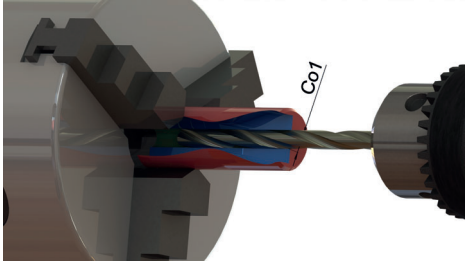
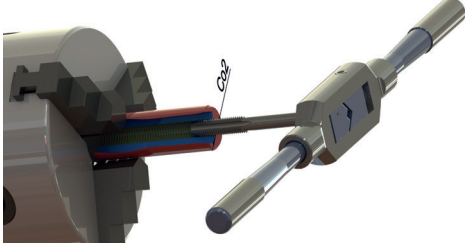
Dessin de définition

Chanfreins: 0,5x45°
 Tolérances générales : ±0,1
 Etat de surface général : Ra 3,2
 Matière : PVC

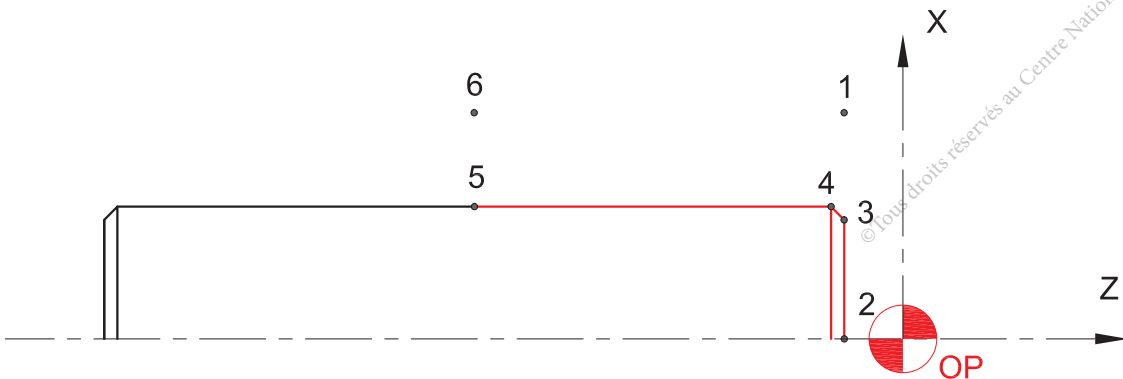
Echelle: 2:1

Procédure d'usinage de la douille

N° phase	Schéma	Machine	Opération	Condition de coupe
10		Scie mécanique	Ø12 ; L=30 PC au 1/50	
20		Micro-tour	Exécution de la phase 20 Outil couteau	Vc=60m/mn N=1500tr/mn f=0.04mm/tr
30		Micro-tour	Exécution de la phase 30 Outil couteau	Vc=60m/mn N=1500tr/mn f=0.04mm/tr

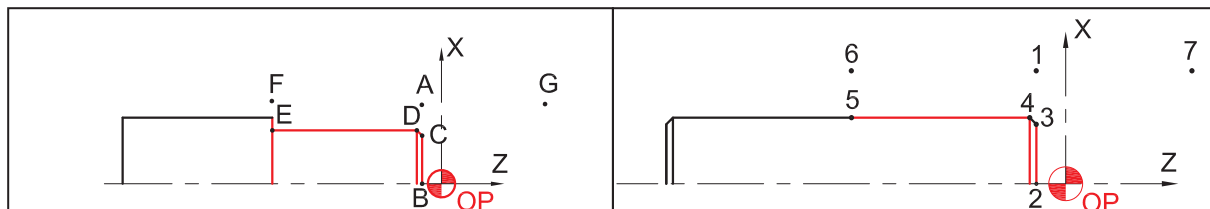
N° phase	Schéma	Machine	Opération	Condition de coupe
40		Micro-tour	Exécution de la phase 40 Mandrin de perçage Foret à center Foret Ø3,3 Centrer et Percer Co1 = 3,3±0,1	Vc=60m/mn N=1500tr/mn
50		Sécurité -Ne pas mettre le micro-tour sous tension	Exécution de la phase 40 Tourne à gauche Taraud ébauche M4 Taraud demi-finition M4 Taraud finition M4 Bague fileté M4 Taraudage manuelle Co2=M4	

a. Repérer les points qui définissent la trajectoire de l'outil et déterminer leurs coordonnées par rapport à l'origine pièce (OP) choisie de la phase 30.



Point	1	2	3	4	5	6	7
X	8	.....	.....	.....	.....	8	.....
Z	-1	.....	.....	.....	.....	.....	20

b. On tenant compte des paramètres nécessaires à l'usinage de la pièce, écrire le programme en gcode de la phase 30.


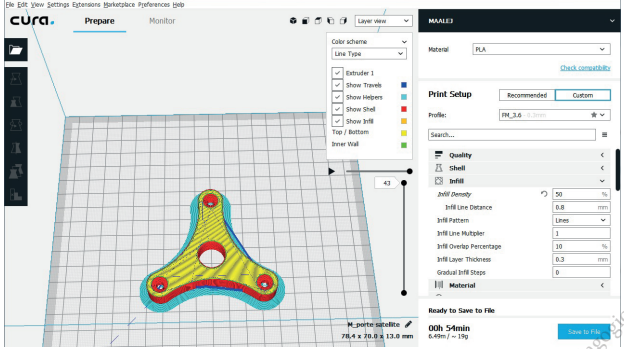
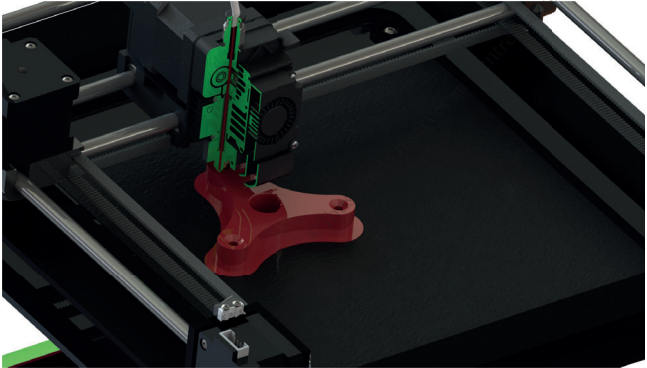


Programme de la phase 20	Programme de la phase 30
% Phase 20	.....
N10 S1500 M03	N10
N20 G95 T1 D1 M6	N20
N30 G00 X8 Z-1 (Approche)	N30 X8 Z-1
N40 G01 X0 Z-1 F0.04 (Dressage)	N40
N50 G01 X4.5 Z-1	N50
N60 G01 X5 Z-1.5	N60
N70 G01 X5 Z-15	N70
N80 G01 X8 Z-15	N80 X8 Z-15
N90 G00 X8 Z20 (Dégagement)	N90 X8 Z20
N100 M02	N100

c. On demande de préparer la machine micro-tour pour l'exécution de la phase 20.

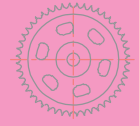
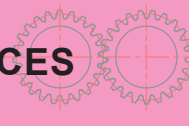
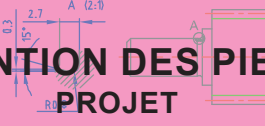
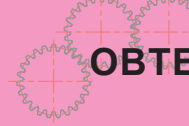
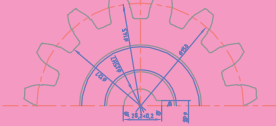
1. Ouvrir le logiciel Mach 3 (choisir le profil PC1).
2. Ecrire le programme.
3. Simuler le programme avant l'usinage.
4. Appeler votre enseignant.
5. Usiner la pièce.

Obtention des pièces par méthode additive

Ensemble : Maquette train épicycloïdal		
Élément : Porte satellite (11)		
Matière : PLA		
Nombre : Unitaire		
Brut : Filament PLA		
Etape	Démarche	Présentation
1	<p>CONCEPTION (Logiciels 3D et 2D)</p> <p>a. Modéliser la pièce en 3D à l'échelle 1</p> <p>b. Modéliser la pièce à l'aide de référence</p> <p>c. Mailler : exporter le fichier pour le tranchage en format .STL</p>	
2	<p>TRANCHAGE (Logiciels Repetier-Host, Slicer ou Cura ...)</p> <p>a. régler la densité de remplissage et le type d'adhésion au plateau</p> <p>b. Trancher et découper le fichier</p> <p>c. Exporter le fichier format .STL en format .Gcode vers la carte SD.</p>	
3	<p>IMPRIMANTE 3D</p> <p>Avertissement : toutes les manipulations seront faites à la présence de l'enseignant.</p> <p>d. Mettre l'imprimante 3D sous tension.</p> <p>e. Insérer la carte SD</p> <p>f. Lancer l'impression</p>	

Lien vers le répertoire contenant les fichiers .STL :





Maquette mécanisme à came

I. Situation problème

Les commandes à came font partie des transmissions irrégulières, qui sont utilisés pour transformer des mouvements d'entraînement circulaires réguliers, en mouvements entraînés irréguliers avec ou sans pause.

La courbe de mouvement souhaitée est déterminée par la géométrie des corps de came, et produite par le balayage d'un contour ou d'un profil au niveau de ce que l'on appelle l'élément suiveur.

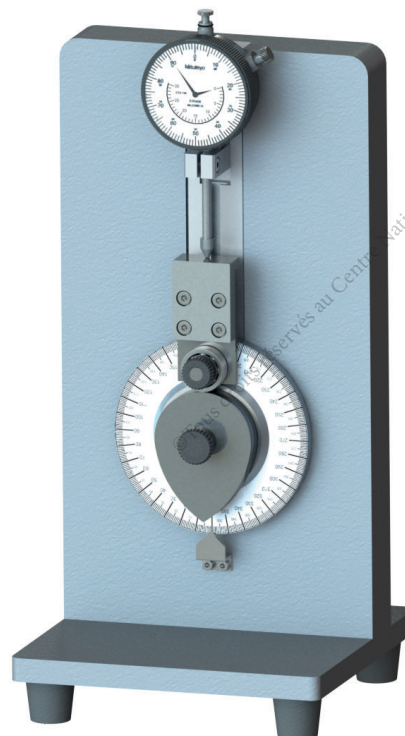
Comment étudier, concevoir et réaliser un banc didactique, permettant de démontrer de manière explicite la fonction d'une commande à came ?

II. Travail demandé

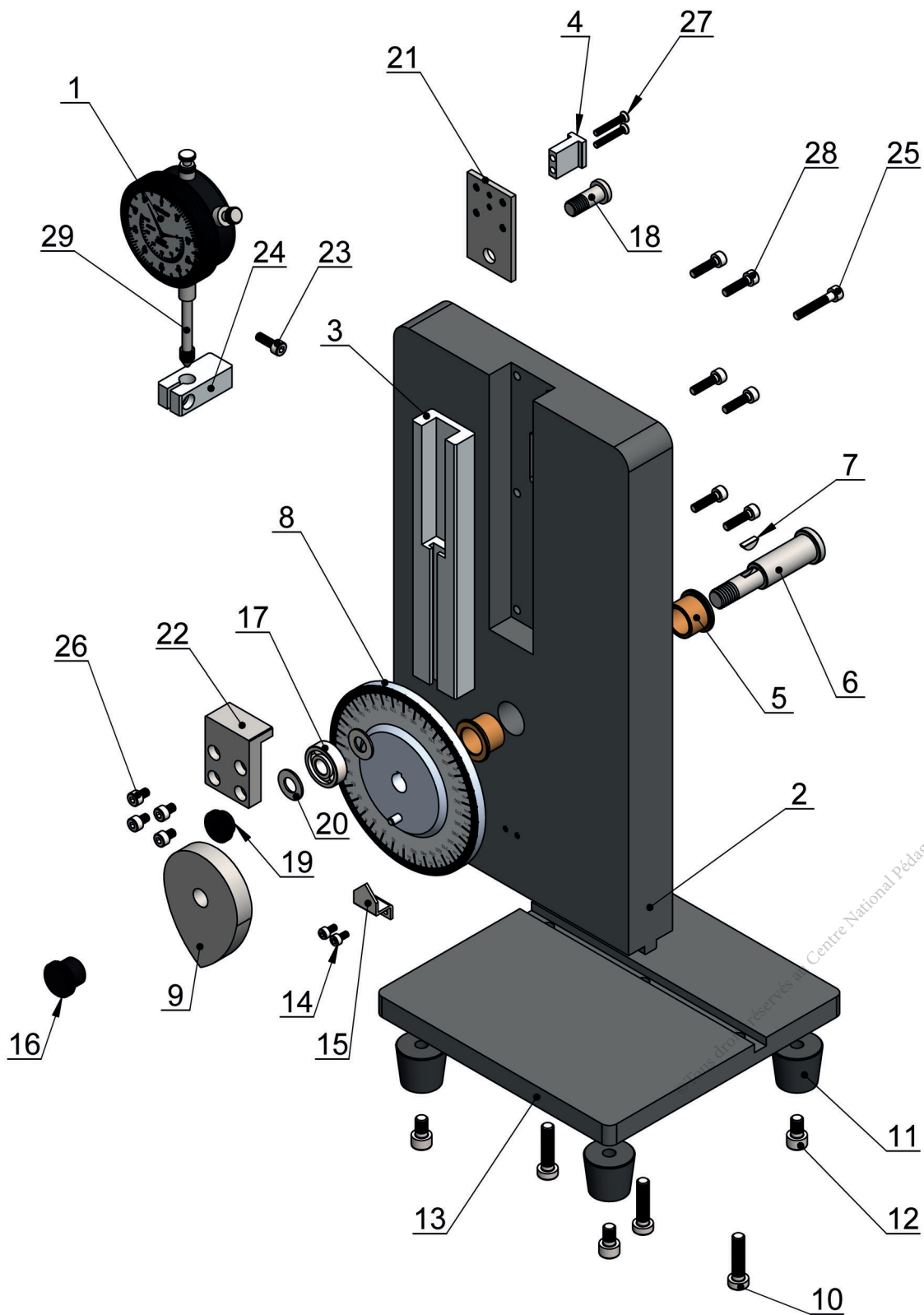
Faite une étude complète et structurée pour répondre à ce besoin tout en respectant les étapes de la démarche de projet et en exploitant les équipements et le matériel disponible au laboratoire afin de développer les quatre compétences suivantes :

- Décoder un document de fabrication.
- Mettre en œuvre les machines conventionnelles et les micromachines à commande numérique (MOCN) pour réaliser une pièce simple.
- Mettre en œuvre les composantes d'une chaîne numérique de fabrication additive.
- Contrôler une pièce

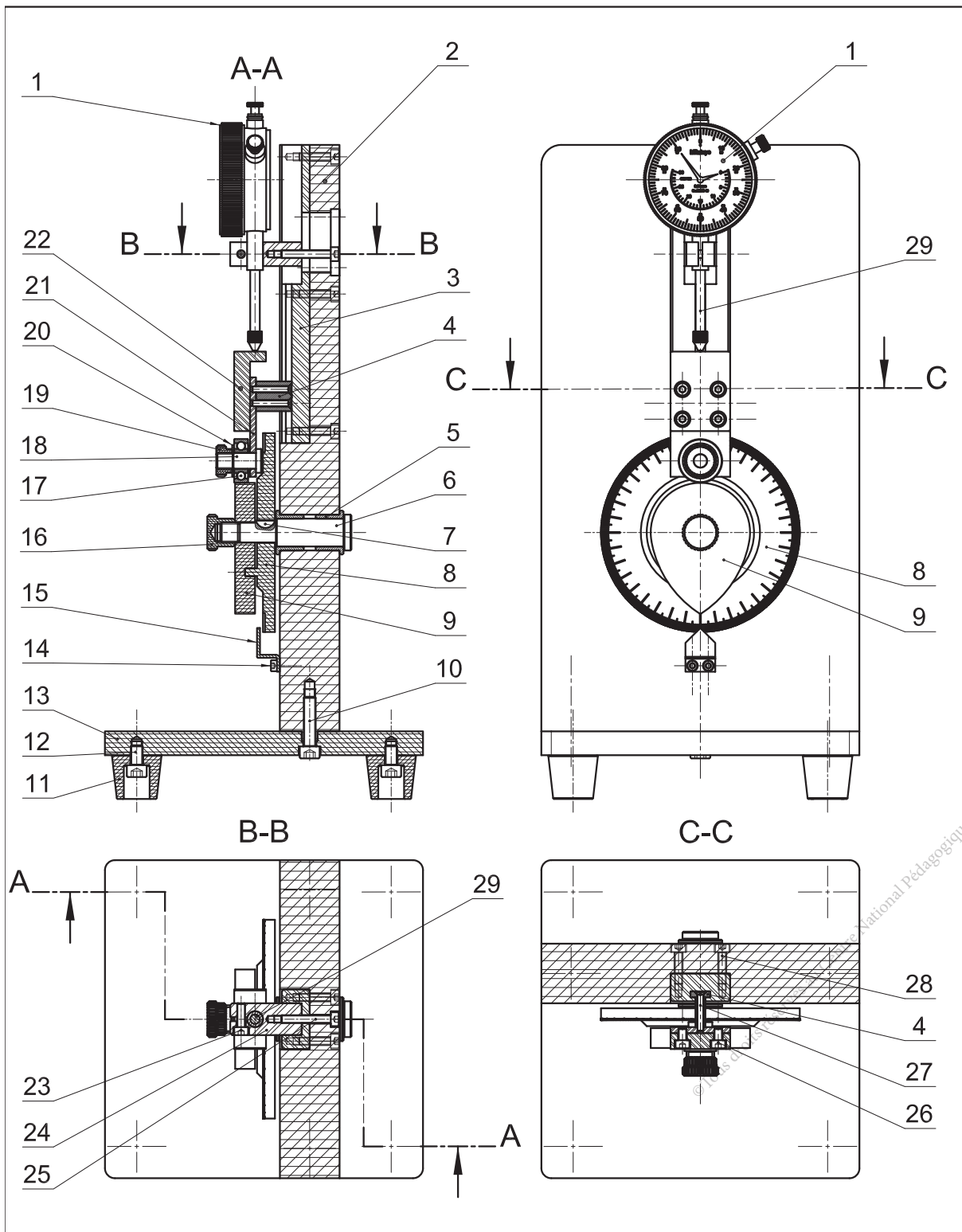
1. Modèle 3D de mécanisme à came



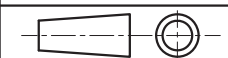
2. Dessin en vue éclatée



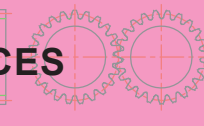
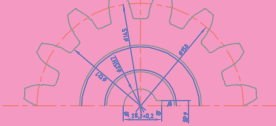
3. Dessin d'ensemble



Echelle: 1:3



Mécanisme à came



4. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation	Matière	Observation
1	1	Comparateur à cadran		
2	1	Plaque support	PA 6	
3	1	Glissière		
4	1	Coulisseau de poussoir		
5	2	Coussinet à collerette	CuSn8P	Arbre 14mm
6	1	Axe porte tambour		
7	1	Clavette disque 3x3.7		
8	1	Disque gradué	PLA	
9	1	Came	PLA	
10	3	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M6-25		DIN 6912
11	4	Pied	PLA	
12	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M6-10		ISO 4762
13	1	Semelle	PA 6	
14	2	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M3-6		ISO 4762
15	1	Repère d'angle		
16	1	Écrou moleté de blocage tambour	PLA	
17	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial		BC 8x22x7.
18	1	Axe de poussoir		
19	2	Écrou moleté de blocage		
20	2	Rondelle plate M8		ISO 7092
21	1	Palier de poussoir		
22	1	Corps de poussoir		
23	1	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M4-25		ISO 4762
24	1	Support de comparateur		
25	1	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M4-25		ISO 4762
26	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M4-6		ISO 4762
27	2	Vis à tête fraisée à empreinte cruciforme, M3-20		ISO 7046
28	6	Vis à tête cylindrique à six pans creux, M4-16		ISO 4762
29	1	Poussoir de comparateur		

Synthèse

EXE



1. Auto-évaluation

Tester vos connaissances avant de passer à la synthèse avec les Quiz.

2. Synthèse obtention des pièces

1. Isostatisme

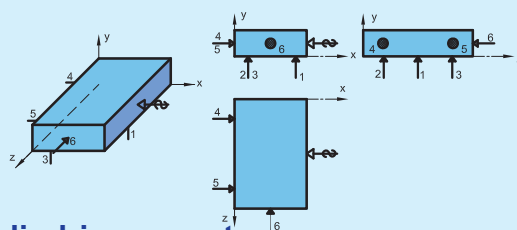
C'est l'élimination de six degrés de liberté de la pièce et du porte-pièce par un ensemble de composants de mise en position.

Pour assurer une bonne précision à l'usinage, l'ensemble de ces composants doit permettre une mise en position identique après la pose d'une nouvelle pièce sur son porte-pièce.

a. Mise en position isostatique d'une pièce prismatique

Mise en position (MIP)

- L'appui plan (1,2,3) élimine R_x , R_z et T_y .
- L'appui linéaire (4,5) élimine R_y et T_x .
- L'appui ponctuel (6) élimine T_z .

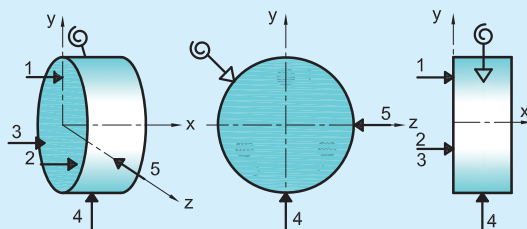


Maintien en position (MAP)

- Serrage contre (4,5).

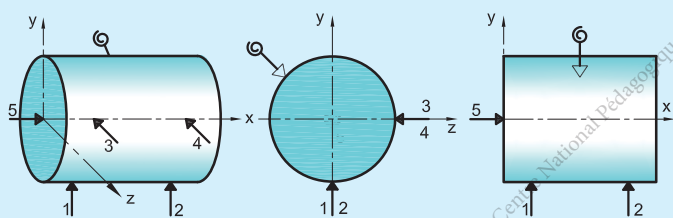
b. Mise en position isostatique d'une pièce cylindrique courte

- Centrage long (1,2,3,4) élimine R_y , R_z , T_y et T_z .
- Appui ponctuel (5) élimine T_x .
- Serrage contre le centrage long.
-



c. Mise en position isostatique d'une pièce cylindrique longue

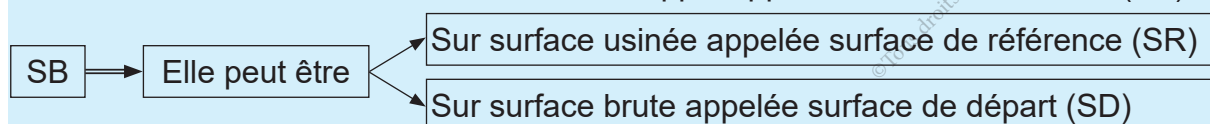
- Centrage long (1,2,3,4) élimine R_y , R_z , T_y et T_z .
- Appui ponctuel (5) élimine T_x .
- Serrage contre le centrage long.



d. Surface de base

Une étude de ces spécifications dimensionnelles et géométriques est

nécessaire afin de déterminer les surfaces d'appui appelées surfaces de base (SB).



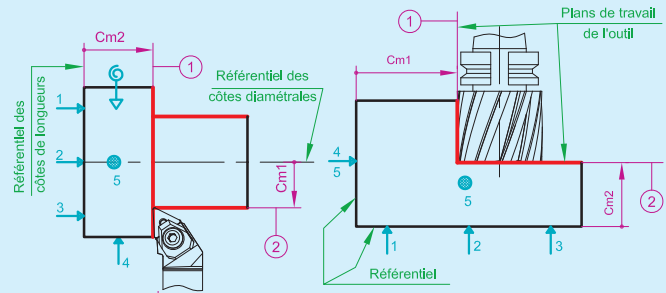
2. Les cotes de fabrication

Les cotes de fabrication (Cf) sont classées en trois catégories :

- Les cotes machines (Cm) ;
- Les cotes outils (Co) ;
- Les cotes appareillage (Ca).

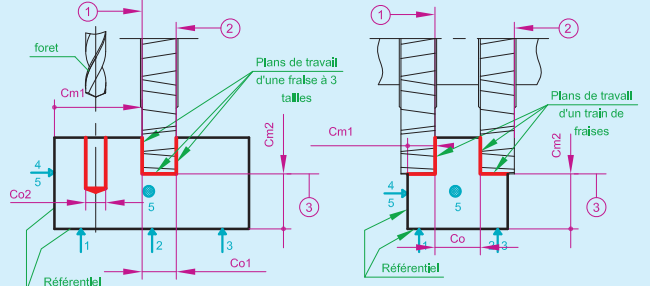
a. Les cotes machines

Cotes réalisées en contrôlant le déplacement produit par la machine entre l'outil et la pièce.



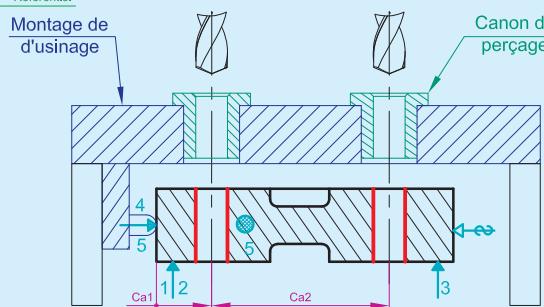
b. Les cotes outils

Cotes sur la pièce qui reproduisent les dimensions des outils ou sur des réglages des outils



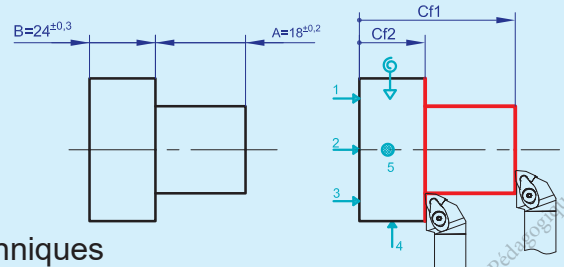
c. Les cotes appareillage

Cotes sur les pièces résultant des dimensions d'appareillages, de montages, etc.



d. Transfert de cotes dimensionnelles

Si la cote de fabrication ne coïncide pas à une cote du dessin de définition. C'est une cote transférée.

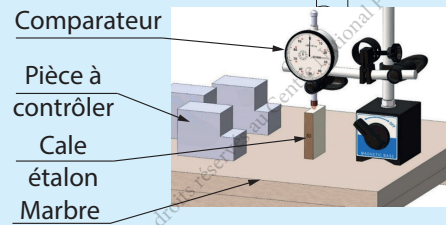


3. La métrologie

La métrologie rassemble l'ensemble des techniques permettant de réaliser des mesures, de les interpréter et d'assurer leur fiabilité.

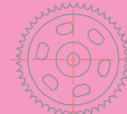
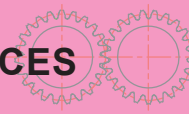
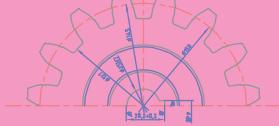
a. Contrôle par comparaison

La mesure par comparaison mécanique consiste à comparer les pièces à contrôler à une cale étalon généralement de même longueur nominale au moyen d'un comparateur.



b. Contrôles géométriques des pièces

Parallélisme	Perpendicularité	Coaxialité



Synthèse

3. Synthèse plasturgie

1. La plasturgie

La plasturgie désigne la transformation du plastique en de nombreux objets de notre quotidien grâce à différentes techniques de transformation des polymères (extrusion, injection, impression 3D, thermoformage, etc.).

2. Classification des plastiques

Les matières plastiques se transforment sous la chaleur et la pression.

a. Les thermoplastiques

Les thermoplastiques sont les matières plastiques les plus utilisées. Ils se ramollissent sous l'effet de la chaleur, ce qui permet de les modeler à une forme souhaitée. Une fois refroidi, le plastique durcit et garde sa forme. Cette opération peut être réalisée de manière répétée.



Les thermoplastiques sont ainsi recyclables.

b. Les thermodurcissables

Les thermodurcissables sont des matériaux plastiques qui prennent une forme définitive après polymérisation.

Cette propriété ne permet donc pas aux thermodurcissables d'être recyclés. Les thermodurcissables sont des matériaux solides et très résistants.



c. Les élastomères

Les élastomères sont des polymères qui présentent des propriétés élastiques. Ils peuvent supporter de grandes déformations avant rupture.

On distingue 3 catégories : les caoutchoucs, les élastomères spéciaux et les élastomères très spéciaux.



d. Les composites

Un matériau composite est un matériau qui est constitué d'au moins deux matériaux de nature différente.

Lorsque l'on combine deux matériaux ou plus, on obtient un matériau plus performant car ce dernier possède les propriétés de l'ensemble des matériaux utilisés.

Aujourd'hui, les principales matières plastiques combinées sont les plastiques thermodurcissables (TD) et les plastiques thermoplastiques (TP).



3. Les procédés de mise en œuvre des matières plastiques

a. L'impression 3D

L'impression 3D, aussi connu sous le nom de « fabrication additive » est un procédé permettant de créer des objets en 3 dimensions à l'aide d'une imprimante 3D.

b. L'injection

Dans le moulage par injection, la matière est fluidifiée dans un organe approprié puis injectée sous forte pression dans l'empreinte (ou les empreintes) du moule.



c. L'Injection-soufflage

Cette technique est essentiellement réservée aux thermoplastiques. Ce procédé permet d'obtenir de type flacon (pharmacie, cosmétique) où les volumes doivent être très précis ainsi que des bouteilles légères pour boisson.



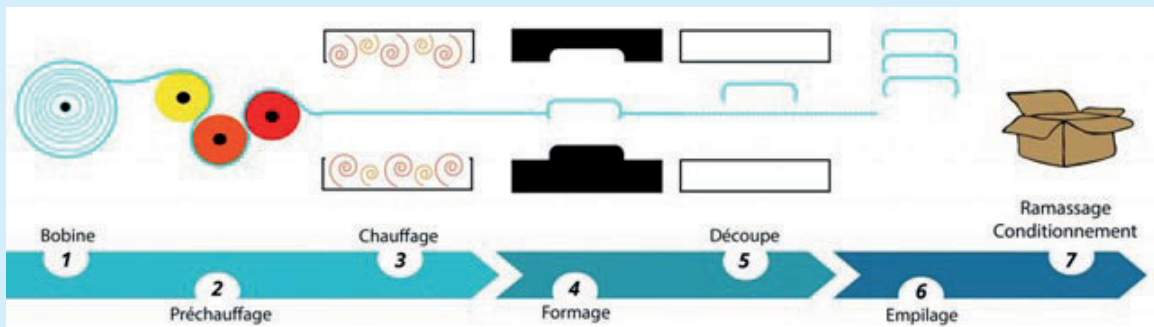
d. Extrusion-soufflage

Ce procédé consiste à combiner la technique de l'extrusion avec celle du soufflage.



e. Le thermoformage

Le thermoformage est une technique qui consiste à prendre un matériau sous forme de plaque (verre, plastique...), à le chauffer pour le ramollir, ainsi qu'à profiter de cette ductilité pour le mettre en forme avec un moule. Le matériau redurcit quand il refroidit, gardant cette forme.



f. Le rotomoulage

Le moulage par rotation est conçu pour réaliser des corps creux de toutes dimensions. La matière (thermoplastique) est introduite dans un moule sous forme de poudre très fine ou de liquide, le moule est fermé puis chauffé.

Pendant que la matière devient fluide, l'ensemble est mis en double rotation (ou rotation plus une oscillation) pour que la matière tapisse toutes les parois. Lorsque la matière est fondue et correctement répartie dans l'empreinte, le moule est introduit dans un système de refroidissement.

En rotomoulage, il n'y a aucune perte de matériau, toute la matière peut être 100% recyclée.

