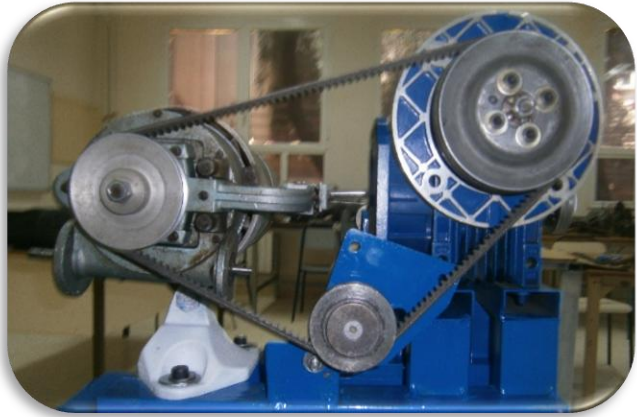


**TP N° 7**  
**ETUDE D'UNE CHAINE DE TRANSMISSION DE PUISSANCE**



Classe :..... Groupe:.....		
Nom	Prénom	N°

## ETUDE D'UNE CHAINE DE TRANSMISSION DE PUISSANCE

---

<b>Niveau :</b>	L2/S2
<b>Profil :</b>	Génie Mécanique (CFM)
<b>Durée :</b>	3 heures/Q

---

### OBJECTIFS :

A la fin du TP, l'étudiant devra être capable de :

- Analyser une chaîne de transmission de puissance mécanique contenant un moteur, un embrayage, une transmission poulies-courroie, une roue libre et un réducteur.
- Caractériser les différents organes de cette chaîne de transmission.
- Evaluer expérimentalement le rendement mécanique statique global de cette chaîne.

### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE :

On dispose pour ce TP d'un banc didactique contenant :

- Un moto- embrayage
- Une transmission par poulies-courroie
- Une roue libre
- Un réducteur roue et vis sans fin
- Masses marquées
- Tiges portant des masses coulissantes
- Outils à main
- Règle + pied à coulisse

### PRE REQUIS :

- Transformation puissance et transformation de mouvements
- Modélisation statique et cinématique – loi entrée/sortie

### CRITERES D'EVALUATION :

L'évaluation porte sur :

- Motivation et déroulement : 50%
- Compte rendu : 50%

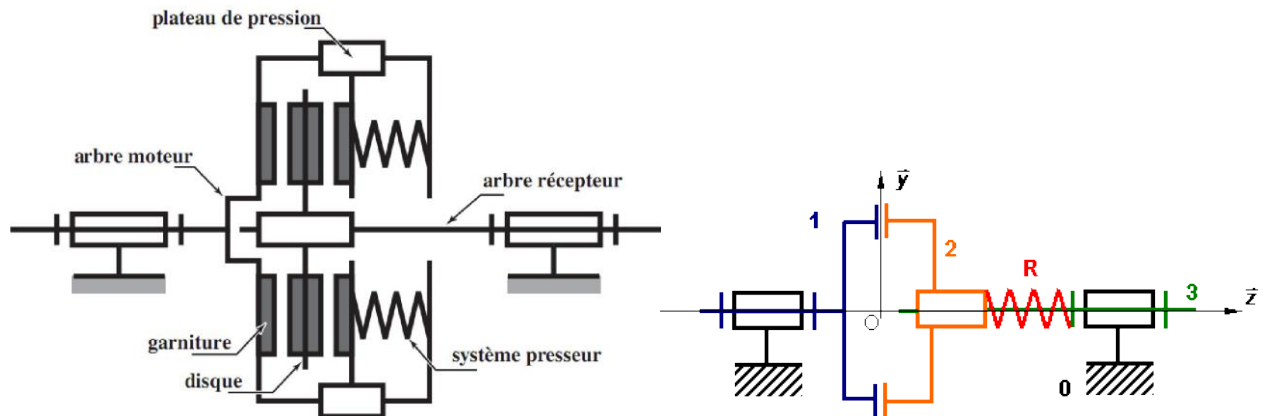
## DOSSIER DE REFERENCE

### I. LES EMBRAYAGES

#### I.1. Fonction globale

Transmettre une puissance entre 2 arbres sans modification du couple ni de la vitesse, avec possibilité de rendre les 2 arbres solidaires (embrayés) ou indépendants (débrayés).

La transmission est assurée par l'adhérence des surfaces de friction du plateau lié à l'arbre récepteur et du plateau de pression lié à l'arbre moteur.



#### I.2. Classification

Les embrayages sont classifiés Selon deux critères:

##### Le principe d'entraînement :

- Embrayages instantanés : **Par obstacle**
- Embrayages progressifs : **Par adhérence**

##### La nature de la commande extérieure :

- Mécanique ; hydraulique ; Pneumatique ou électromagnétique.

#### I.3. Embrayages progressifs

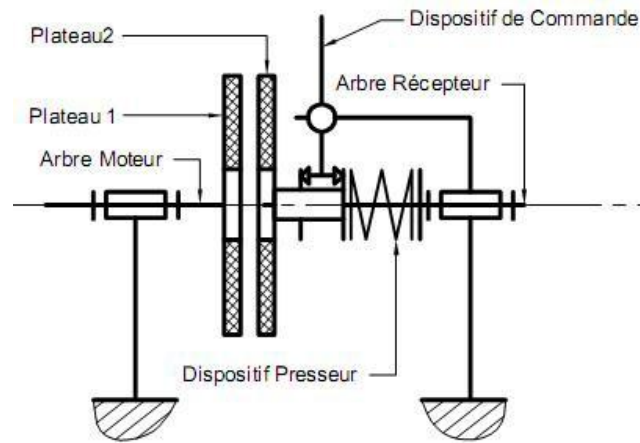
##### I.3.1. Avantages :

- La manœuvre peut être effectuée en marche
- L'entraînement de la transmission est progressif

##### I.3.2. Constitution d'un embrayage

Un embrayage progressif comprend:

- Un plateau 1 en liaison encastrement avec l'un des arbres à relier
- Un plateau 2 en liaison glissière avec l'autre arbre
- Un dispositif presseur, par exemple un ressort
- Un dispositif de commande.



### I.3.3. Garniture de friction :

Conditions à remplir :

- Important coefficient de frottement
- Grande résistance à l'usure et l'échauffement

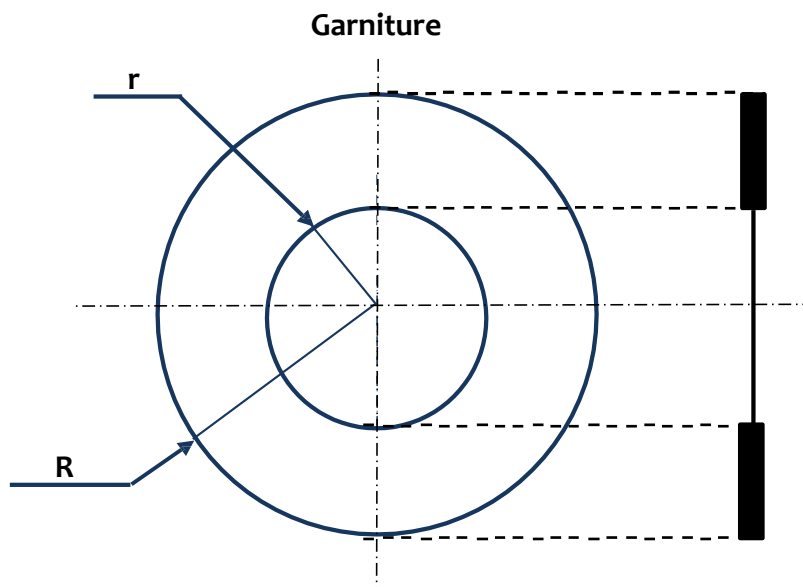
### I.3.4. Matériaux utilisés :

- FERODO : Tissu d'amiante armé de fil de cuivre ;
- Métaux : Aciers, Fontes et bronze.

### I.3.5. Systèmes de commande

- Commande mécanique:
- Commande hydraulique
- Pneumatique
- Commande électromagnétique:

### I.3.6. Couple transmissible par un embrayage à friction plane



Le couple embrayage transmissible ( $C_e$ ) par adhérence est en fonction de :

- $N$  : Effort Presseur (N)
- $f$  : Coefficient de Frottement

- $R$  : Rayon Extérieur de la Surface de Friction (m)
- $r$  : Rayon Intérieur de la Surface de Friction (m)
- $n$  : Nombre de Surfaces de Friction

$$C_e = n \times N \times f \times \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$$

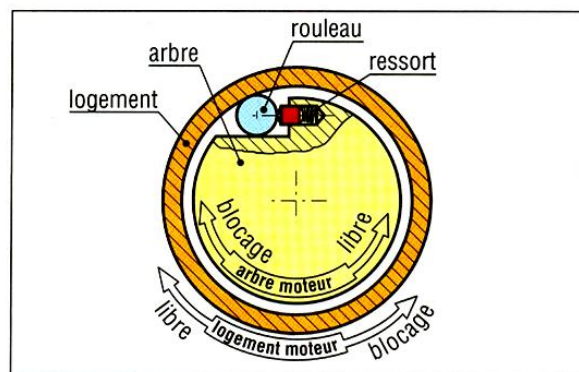
## II. ROUE LIBRE

### II.1. Fonction globale

Elle permet la transmission dans un seul sens de rotation et le débrayage dans l'autre.

L'entraînement est obtenu par coincement du cliquet ou arc-boutement du rouleau entre les deux arbres, « effet de cône », le ressort assurant le contact entre les trois éléments.

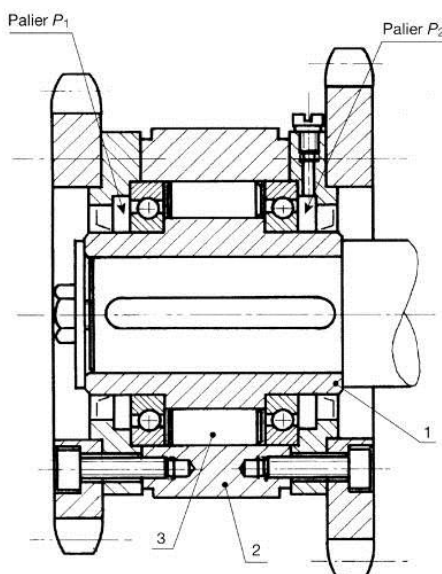
Les applications et les technologies sont variées.



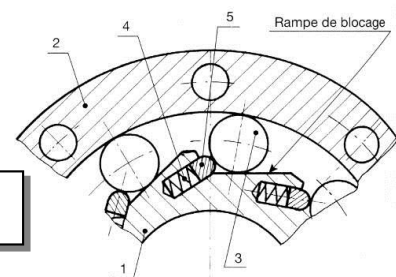
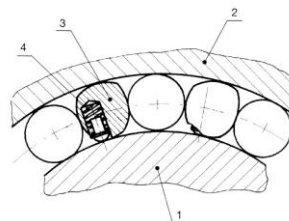
### II.2. Exemples de réalisation :

Il existe deux familles de roue libre : par frottement ou par obstacle.

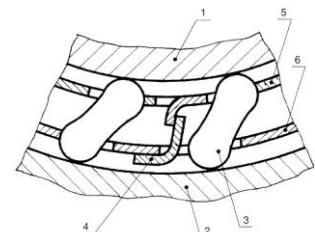
👉 Par frottement :



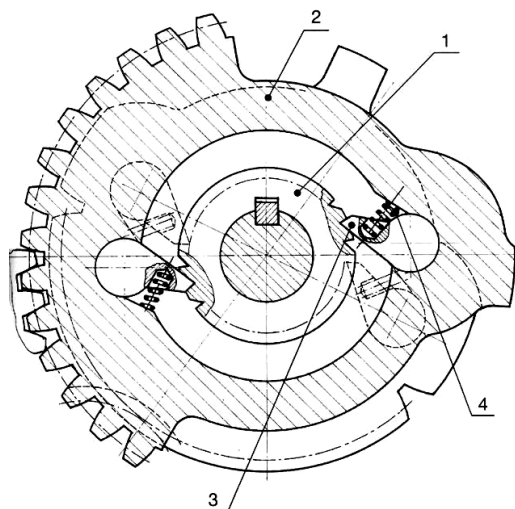
A billes ou à rouleaux



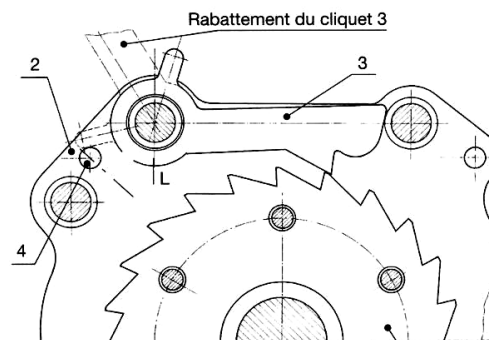
A galet



☞ Par obstacle :



- 1 : Roue à rochet (bague intérieure)
- 2 : Bague extérieure
- 3 : Cliquet
- 4 : Ressort de compression

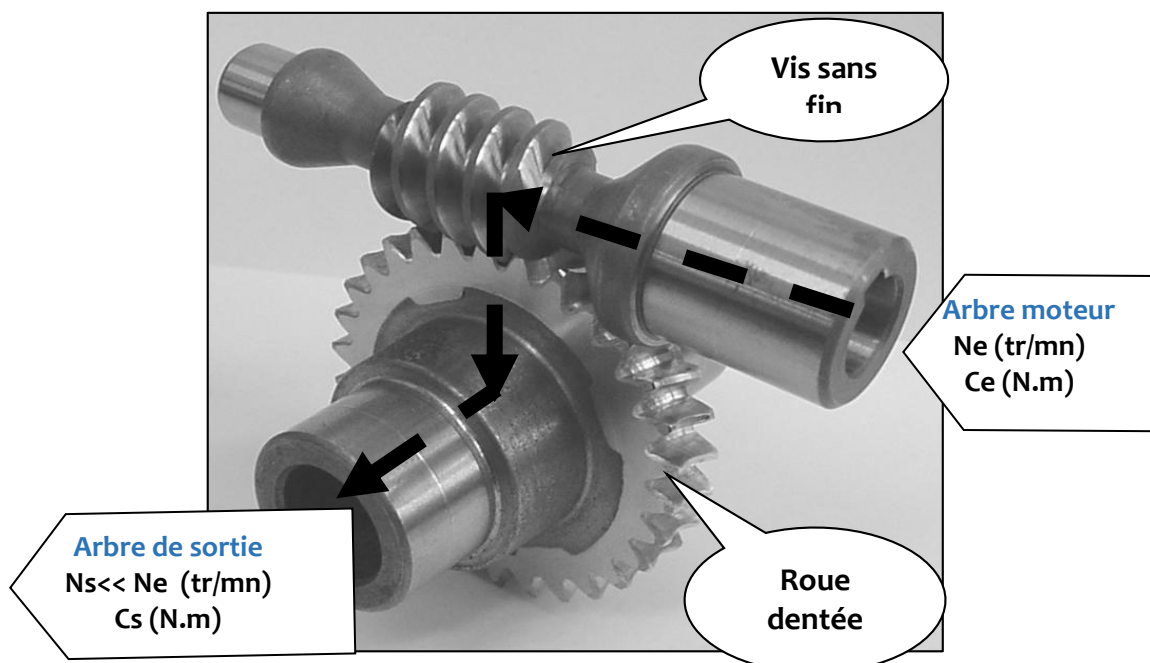


- 1 : Roue à rochet
- 2 : Carter fixe
- 3 : Cliquet
- 4 : Butoir

### III. REDUCTEUR A ROUE ET VIS SANS FIN

#### III.1.Principe

Ils sont dits encore engrenage gauche. Ils sont composés d'une vis et d'une roue. En général la vis est en acier et la roue est en bronze. Ils permettent un très grand rapport de réduction et offrent la possibilité d'irréversibilité.



Les arbres d'entrée et de sortie sont orthogonaux (perpendiculaires)



### III.2. Caractéristiques cinématiques et particularités du système roue et vis sans fin

#### III.2.1. Rapports cinématiques

La particularité des engrenages roue et vis sans fin est qu'ils permettent d'obtenir des rapports cinématiques importants (car  $Z_{vis}$  est souvent faible).

$$r = \frac{\omega_{roue}}{\omega_{vis}} = \frac{Z_{vis}}{Z_{roue}}$$

#### III.2.2. Irréversibilité :

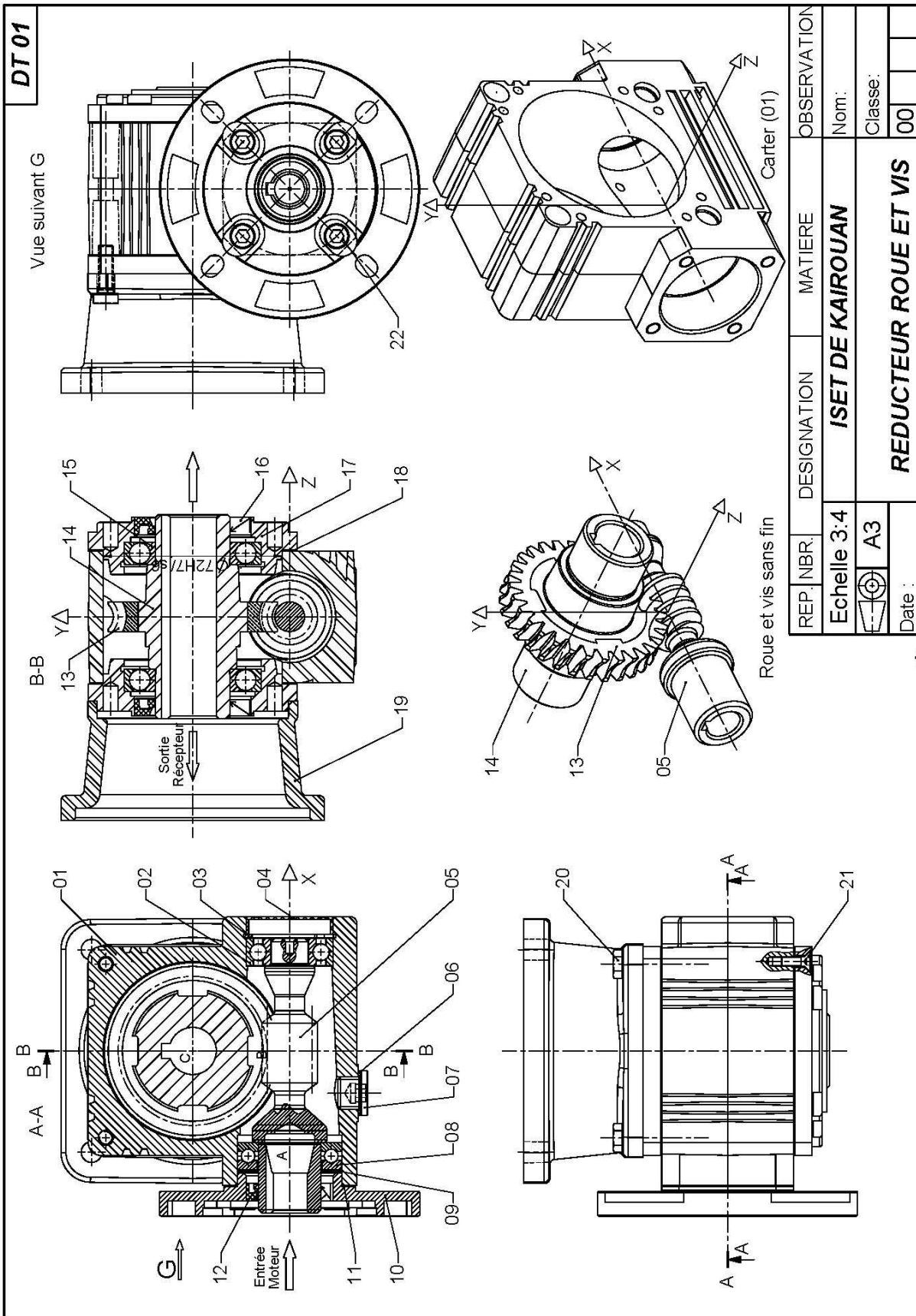
Si la vis peut toujours entraîner la roue, l'inverse n'est pas toujours possible. Lorsque l'angle d'hélice de la roue  $b$  est suffisamment petit (moins de  $6^\circ$  à  $10^\circ$ ) le système devient irréversible (il y a blocage en position). Cette propriété est utile pour les systèmes exigeants un non-retour (sécurité mécanique, ...).

#### III.2.3. Rendement :

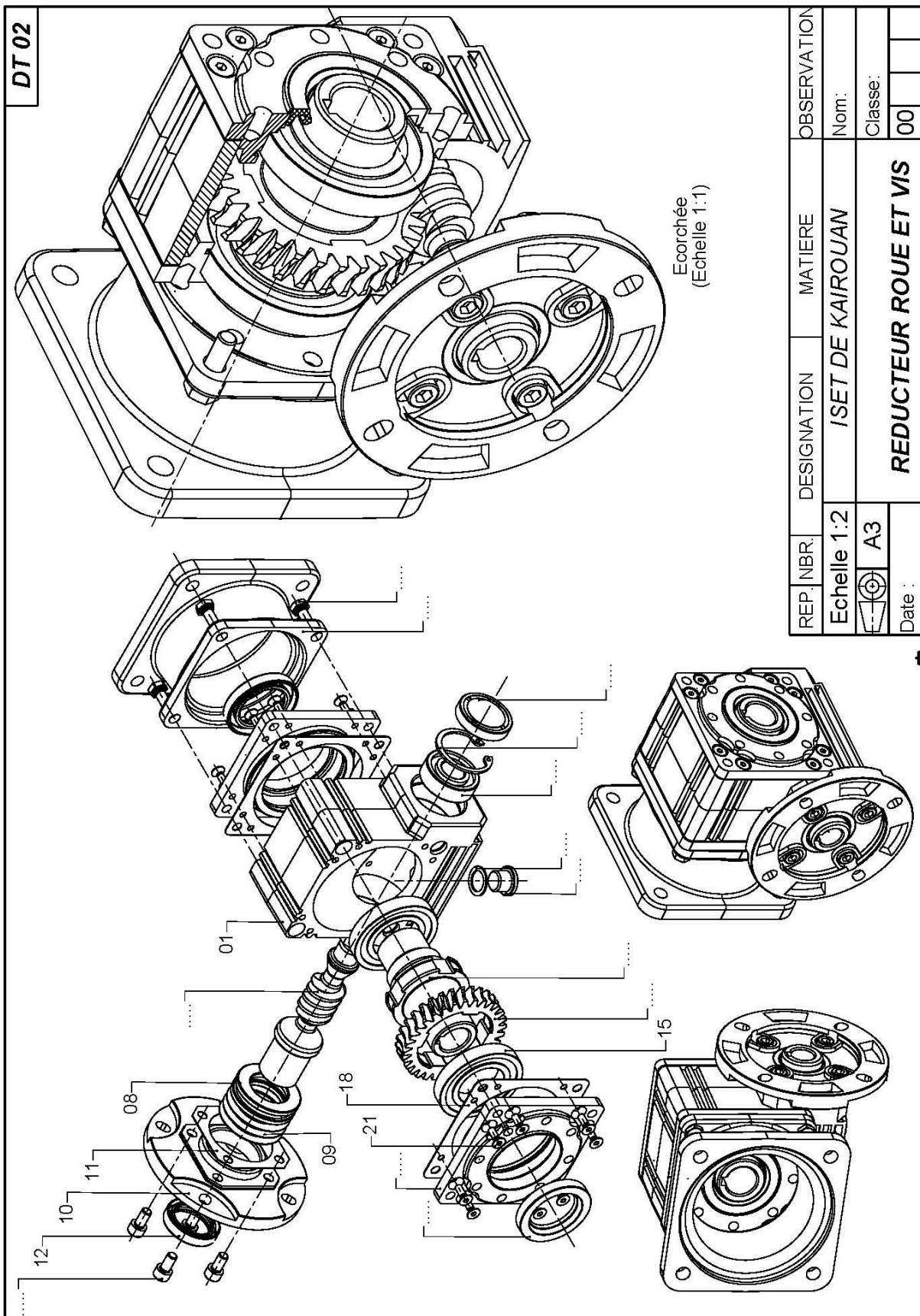
Ces engrenages procurent l'engrènement le plus "doux" de tous les systèmes avec engrenages. Le fonctionnement est silencieux et sans chocs.

Toutefois, le glissement et le frottement sont importants; ce qui induit un mauvais rendement. Une bonne lubrification et un choix adapté des matériaux (vis en acier et roue en bronze) influencent le rendement.

### III.3. Dossier technique du réducteur



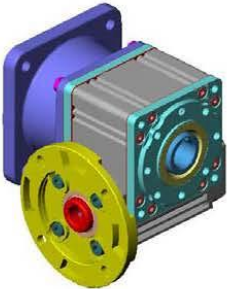




DT 02

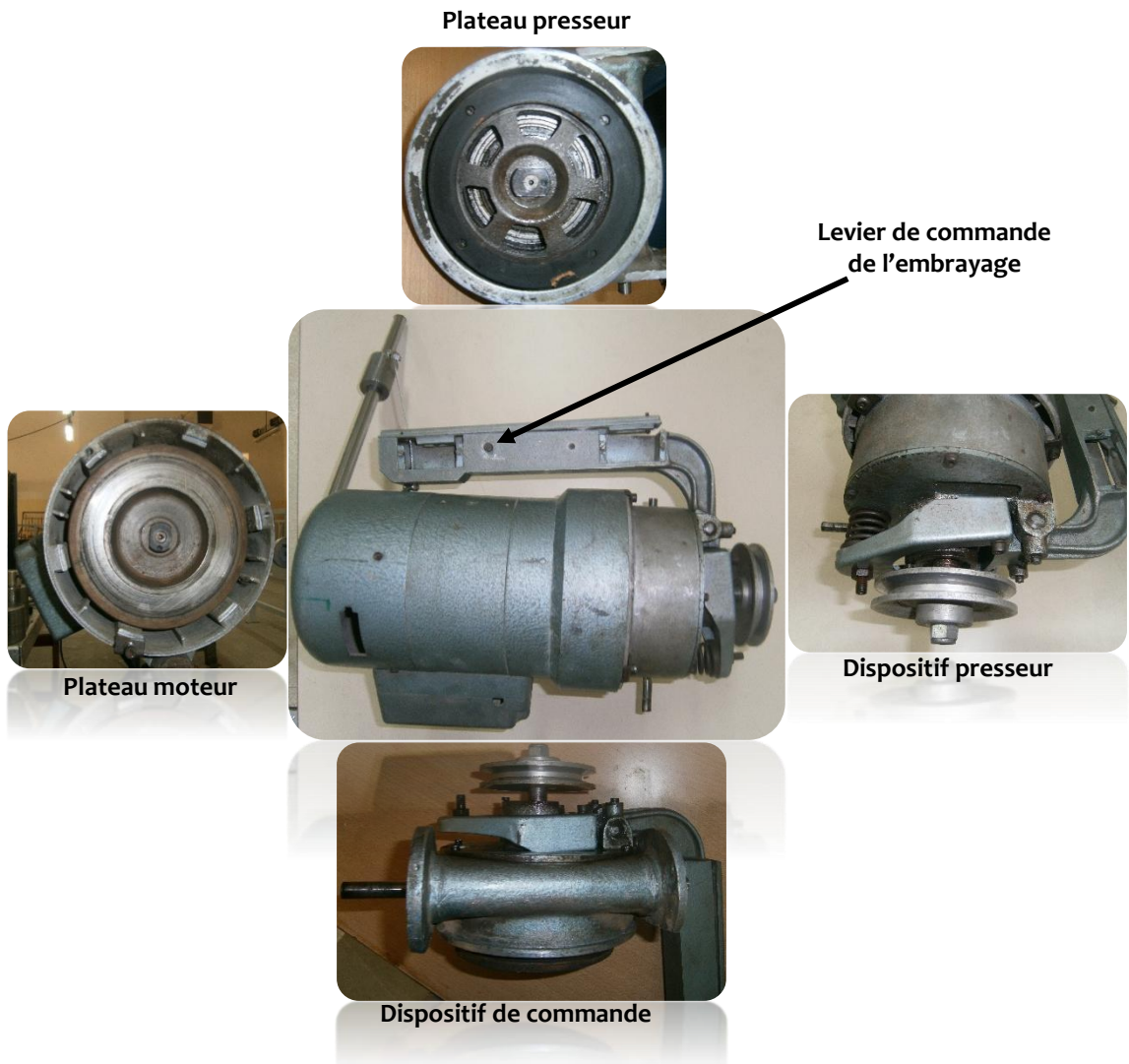
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
Echelle 1:2		ISET DE KAIROUAN		Nom:
	A3			Classe:
Date :				00

**REDUCTEUR ROUE ET VIS**

		REDUCTEUR ROUE ET VIS SANS FIN		DT03
				
22	4	Vis CHC, M6-12 - 4.8		NF E 25-125
21	16	Vis FHC, M4-12 - 10.9		NF E 27-160
20	4	Vis H, M6-20 - 4.6		NF E 25-114
19	1	Bride de sortie	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]	
18	2	Joint plat, 84 x 84		
17	2	Flasque	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]	
16	2	Joint à lèvres, type IE 30 x 47 x 7		DIN 3760
15	2	Roulement à billes 16006		NF E 22-315
14	1	Moyeu à arbre creux		
13	1	Roue		30 dents. Surmoulé sur (14)
12	1	Joint à lèvres, type IEL, 25 x 35 x 7		DIN 3760
11	1	Joint plat, 54 x 54		
10	1	Bride moteur	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]	
09	3	Cales de réglage		
08	1	Butée à bille à simple effet 51105		NF E 22-320
07	1	Bouchon		
06	1	Joint circulaire, type A, 13		
05	1	Vis sans fin		2 filets
04	1	Cache	Plastique	
03	1	Anneau élastique pour alésage, 35x1,5		NF E 22-163
02	1	Roulement à billes 6202		NF E 22-315
01	1	Carter	EN AB-43000 [Al Si 10 Mg]	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
<b>REDUCTEUR ROUE ET VIS SANS FIN</b>				

## DOSSIER PEDAGOGIQUE

### I. ETUDE DE L'EMBRAYAGE



#### I.1. Fonctionnement général et observations :

Etats des leviers ( $l_e$ ) et ( $l_s$ ) :

Levier d'entrée ( $l_e$ )	Levier de sortie ( $l_s$ )
<i>Coincé par la tige de coincement</i>	<i>Enlevé</i>

Etats des masses ( $M_c$ ), ( $M_e$ ) et ( $M_s$ ) :

Masse de commande de l'embrayage ( $M_c$ )	Masse coulissante le long du levier d'entrée ( $M_e$ )	Masse coulissante le long du levier de sortie ( $M_s$ )
<i>Enlevée</i>	<i>Enlevée</i>	<i>Enlevée</i>

I.1.1. Mettre le moteur en marche en utilisant le bouton de commande fixé dans le coté à droite et observer le fonctionnement du système.



Que peut-on constater ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

I.1.2. En conservant le moteur en marche, tirer manuellement sur le levier de commande de l'embrayage et observer les réactions du système.

Que peut-on constater ?



Lever de commande de l'embrayage

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

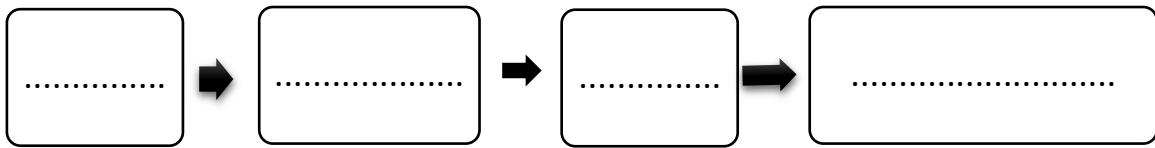
**APRES AVOIR ACHEVER CETTE TACHE, VEILLER ETEINDRE LE MOTEUR ET DEBRANCHER COMPLETEMENT LE CABLE D'ALIMENTATION**

**PUIS APPELER L'ENSEIGNANT**

## 1.2. Décomposition fonctionnelle

En observant le système réel et en s'appuyant sur son dossier technique,

1.2.1. Décomposer, en suivant l'acheminement du mouvement, le système de transmission de puissance en blocs fonctionnels.



## 1.3. Caractérisation de l'embrayage

1.3.1. Préciser les caractéristiques de cet embrayage en cochant les cases correspondantes :

Type de l'embrayage	
Brusque	
Progressif	
Naturellement débrayé	
Naturellement embrayé	
A commande hydraulique	
A commande pneumatique	
A commande mécanique	
A commande électromagnétique	

1.3.2. L'embrayage dont on dispose est à une seule surface frottante et d'ont l'expression de son couple transmissible est :

$$C_E = \frac{2}{3} \times f \times F \times \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \quad (E1)$$

Avec :

- $F$  : Effort presseur (N)
- $f$  : Coefficient de frottement
- $R = 64 \text{ mm}$  : Rayon extérieur de la surface de friction
- $r = 47 \text{ mm}$  : Rayon intérieur de la surface de friction



**1.3.3. Détermination de l'expression de  $F = f(M_c)$  :**

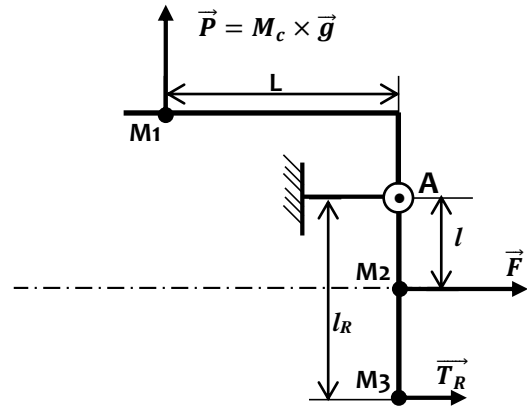
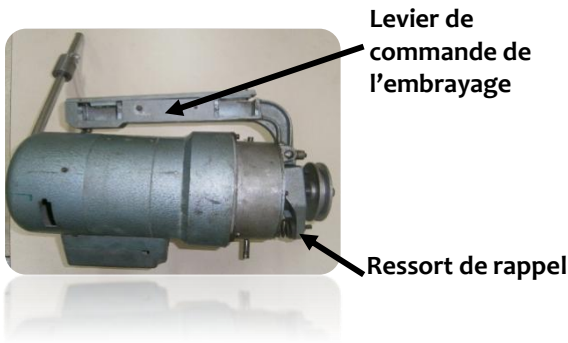


Schéma du levier de commande de l'embrayage en état chargé

En se référant aux schémas ci-dessus, démontrer que l'expression de l'effort presseur  $F$  s'écrit :

$$F = M_c \times \|\vec{g}\| \times \frac{L}{l} - T_R \times \frac{l_R}{l} \quad (E2)$$

Avec :

- $M_c$  : Masse de commande de l'embrayage
- Pour les longueurs ( $L$ ,  $l$  et  $l_R$ ) consulter le schéma cinématique ci- dessus
- $T_R$  : Réaction du ressort de rappel lors de la phase d'embrayage

**1.3.4.** Mesurer à l'aide d'une règle les longueurs caractéristiques du levier de commande de l'embrayage ( $L$ ,  $l$  et  $l_R$ ).

Valeur de la longueur $L$ en mm	Valeur de la longueur $l$ en mm	Valeur de la longueur $l_R$ en mm
.....	.....	.....

**1.3.5. Evaluation de la réaction du ressort de l'embrayage ( $T_R$ )**

Pour évaluer la réaction du ressort ( $T_R$ ) de l'embrayage, on va augmenter la masse de commande ( $M_c$ ) du levier d'entrée de l'embrayage jusqu'à avoir le début de contact entre le disque embrayage et l'armature mobile. Ce contact est détecté lorsqu'on remarque le début d'accrochage entre la poulie de sortie d'embrayage et le levier d'entrée ( $l_e$ ) lié à l'arbre moteur à travers la roue libre.

La masse correspondante ( $M_{c0}$ ) nous permet d'exprimer  $T_R$  à partir de l'équation **E2**.

$$M_{c0} = \dots\dots\dots \text{Kg}$$

a) Montrer que :

$T_R = M_{C_0} \times \|\vec{g}\| \times \frac{L}{l_R}$  (E2)

Puis la calculer

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

.....  $T_R =$  ..... N

**I.3.6.Détermination du coefficient d'adhérence (f) de l'embrayage :**

a) Pour déterminer le coefficient d'adhérence de l'embrayage, suivez le mode opératoire suivant :

- Bloquer le mouvement de rotation à la sortie de l'embrayage à l'aide de la goupille de blocage
- Charger le levier de commande de l'embrayage par la masse (Mc) [Mc= 7,5 Kg ].
- Faire glisser la masse (Me) le long du levier d'entrée qui doit être en position horizontale jusqu'à avoir le début de patinage au niveau de l'embrayage.
- Prélever donc la distance (De) entre le centre de gravité de la masse (Me) et l'axe du moteur puis déduire le couple mécanique à l'entrée (CEc) correspondant à cet état.

**De = ..... mm**

.....  
.....

**CEc = ..... N.m**

b) Calculer donc l'effort presseur pour Mc=7,5 Kg

.....  
.....

c) Montrer que :

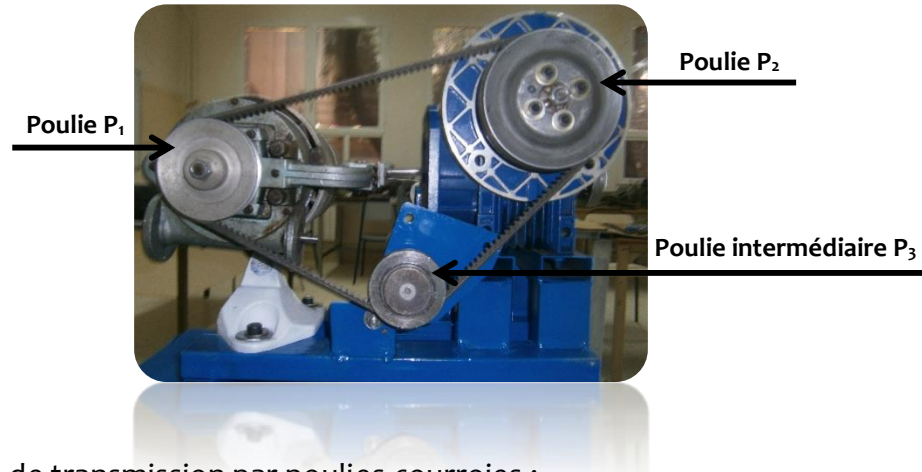
$f = \frac{3}{2} \times \frac{R^2 - r^2}{R^3 - r^3} \times \frac{C_{Ec}}{F}$

.....  
.....

d) En se référant aux questions (a et b) déduire la valeur de  $f$

$f =$  .....

## II. ETUDE DE LA TRANSMISSION POULIES-COURROIE



En observant le bloc de transmission par poulies-courroies ;

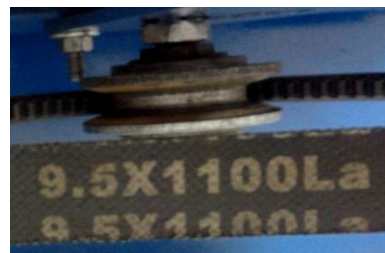
**II.1.** Préciser le type des poulies utilisées

**II.2.** Sans faire de calcul, indiquer s'il s'agit d'un bloc réducteur ou multiplicateur de vitesse, justifier la réponse.

**II.3.** Donner le rôle de la poulie intermédiaire ( $P_3$ ) et préciser son influence sur le rapport de transmission.

II.4. En lisant la référence de la courroie, préciser sa longueur **L** et sa largeur **B**.

L=..... mm      B=..... mm



II.5. Faite tourner manuellement la poulie (**P<sub>1</sub>**) coté moteur **tours** et mesurer le nombre de tours correspondant la poulie (**P<sub>2</sub>**) coté réducteur roue et vis sans fin.

de 10  
**n<sub>2</sub>** de

**n<sub>2</sub>** = ..... tours

II.6. Déduire alors le rapport de transmission du bloc poulies-courroie :  $r_{pc} = \frac{n_2}{n_1}$

.....  $r_{pc} =$ .....

### III. ETUDE DU REDUCTEUR ROUE ET VIS SANS FIN



III.1. Faite tourner manuellement la poulie (**P<sub>2</sub>**) qui est accouplée directement avec l'arbre d'entrée du réducteur roue et vis sans fin et noter vos constatations.

.....

.....

.....

.....

III.2. Essayer maintenant de tourner manuellement l'arbre de sortie de ce réducteur puis conclure.

.....

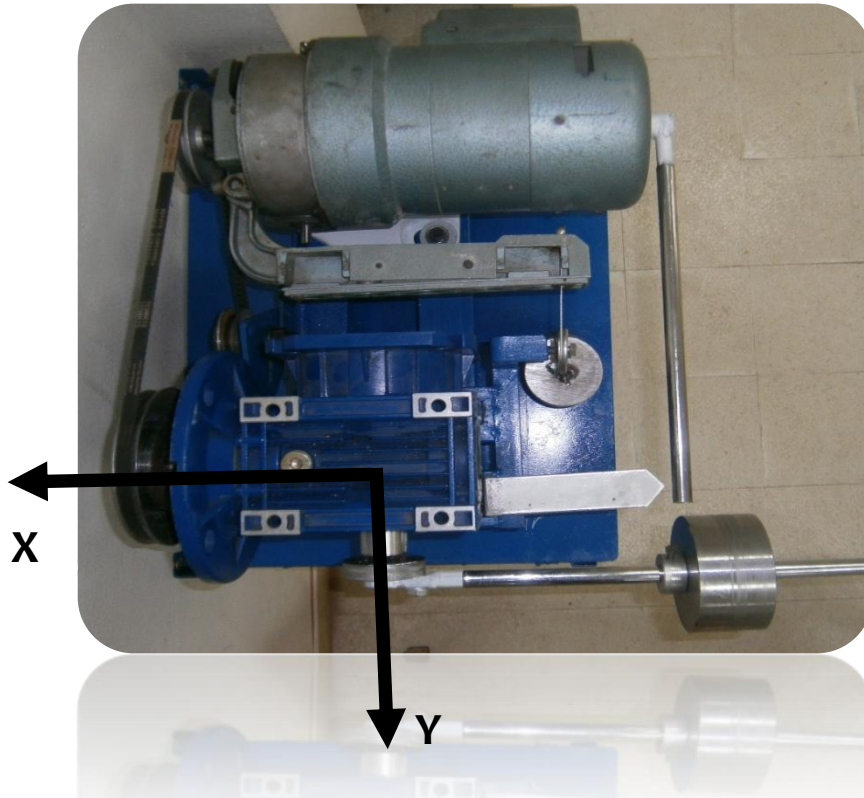
.....

.....

III.3. Faites tourner manuellement la poulie (P2) suivant (X<sup>+</sup>)

a) Indiquer le sens de rotation de l'arbre de sortie du réducteur (Y<sup>-</sup>) ou (Y<sup>+</sup>)

.....



b) En examinant le réducteur, préciser (*en cochant la bonne réponse*) la position de l'axe de la vis par rapport à celui de la roue dentée du réducteur roue et vis sans fin.

l'axe de la vis	<input type="checkbox"/>	<i>au-dessous</i>	par rapport à celui de la roue dentée
	<input type="checkbox"/>	<i>au-dessus</i>	
	<input type="checkbox"/>	<i>Séquent</i>	

c) Compte tenu des résultats des questions (III.3-a et III.3-b), préciser le sens de l'hélice de la vis sans fin, à **droite** ou à **gauche**. Expliquer

.....

.....

.....

.....



**III.4.** Au cours du fonctionnement du réducteur et en suivant ce sens de rotation, est ce que l'effort axial supporté par la vis sans fin a tendance de la reculer en arrière (**suivant X<sup>+</sup>**) ou bien de la tirer en avant (**suivant X<sup>-</sup>**), expliquer.

.....

.....

.....

.....

**III.5.** Expliquer les indications prescrites sur la plaque signalétique de ce réducteur.

.....

.....

.....

.....

## IV. ETUDE DU RENDEMENT STATIQUE GLOBAL DE LA TRANSMISSION :

L'objectif de cette partie est de faire une comparaison entre le couple mécanique à l'entrée du système et celui à sa sortie, mettant en évidence le rendement mécanique statique  $\eta_{stat}$  du système de transmission.

### IV.1. Etude théorique :

**IV.1.1.** En appliquant la loi de conservation de la puissance (transmission parfaite), montrer que le couple mécanique théorique à la sortie du réducteur roue et vis sans fin ( $C_{sth}$ ) s'écrit :

$$C_{sth} = \frac{C_e}{r_g} \quad (E3)$$

Avec :

- $C_e$  : Couple appliqué à l'entrée du moteur
- $r_g$  : Rapport global de la transmission (poulies-courroie + réducteur roue et vis sans fin).

.....

.....

.....

.....

**IV.1.2.** Montrer maintenant que pour une transmission réelle (non parfaite), l'expression du couple expérimental à la sortie ( $C_{s exp}$ ) s'écrit :

$$C_{s exp} = \frac{C_e \times \eta_{stat}}{r_g} \quad (E4)$$

Avec :

- $C_{s\ exp}$  : Couple expérimental à la sortie
- $C_e$  : Couple appliqué à l'entrée du moteur
- $\eta_{stat}$  : Rendement mécanique statique du système de transmission
- $r_g$  : Rapport global de la transmission (poulies-courroie + réducteur roue et vis sans fin)

.....

.....

.....

.....

**IV.1.3.** En utilisant les deux équations (E3) et (E4), montrer que l'expression du rendement mécanique statique du système de transmission s'écrit :

$$\eta_{stat} = \frac{C_{s\ exp}}{C_{s\ th}} \quad (E5)$$

.....

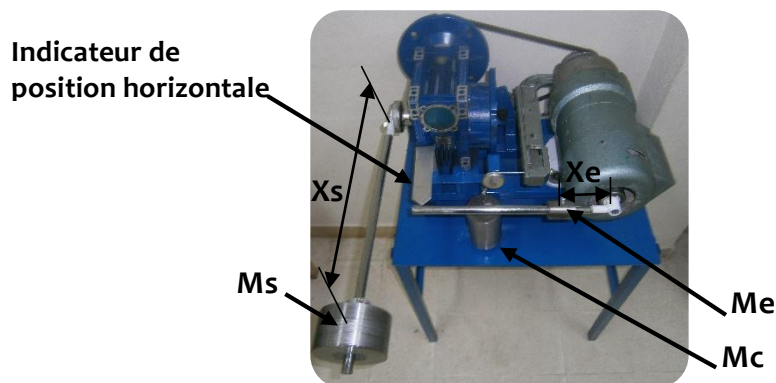
.....

.....

## IV.2. Etude expérimentale :

En s'intéressera dans cette étude à la détermination expérimentale du couple réel à l'entrée du système ( $C_e$ ) qui équilibre un couple imposé à la sortie du système ( $C_s$ ), puis de tracer la courbe d'évolution du rendement mécanique statique du système ( $\eta_{stat}$ ) en fonction du chargement à la sortie, c.-à-d. ( $C_{s\ exp}$ ).

Pour ce faire, on varie la position de la masse à la sortie ( $X_s$ ) et on cherche la position de la masse à l'entrée ( $X_e$ ) qui assure l'équilibre horizontal des deux leviers porteurs des masses ( $M_e$ ) et ( $M_s$ ) [les deux leviers coïncident avec l'indicateur de position horizontale]



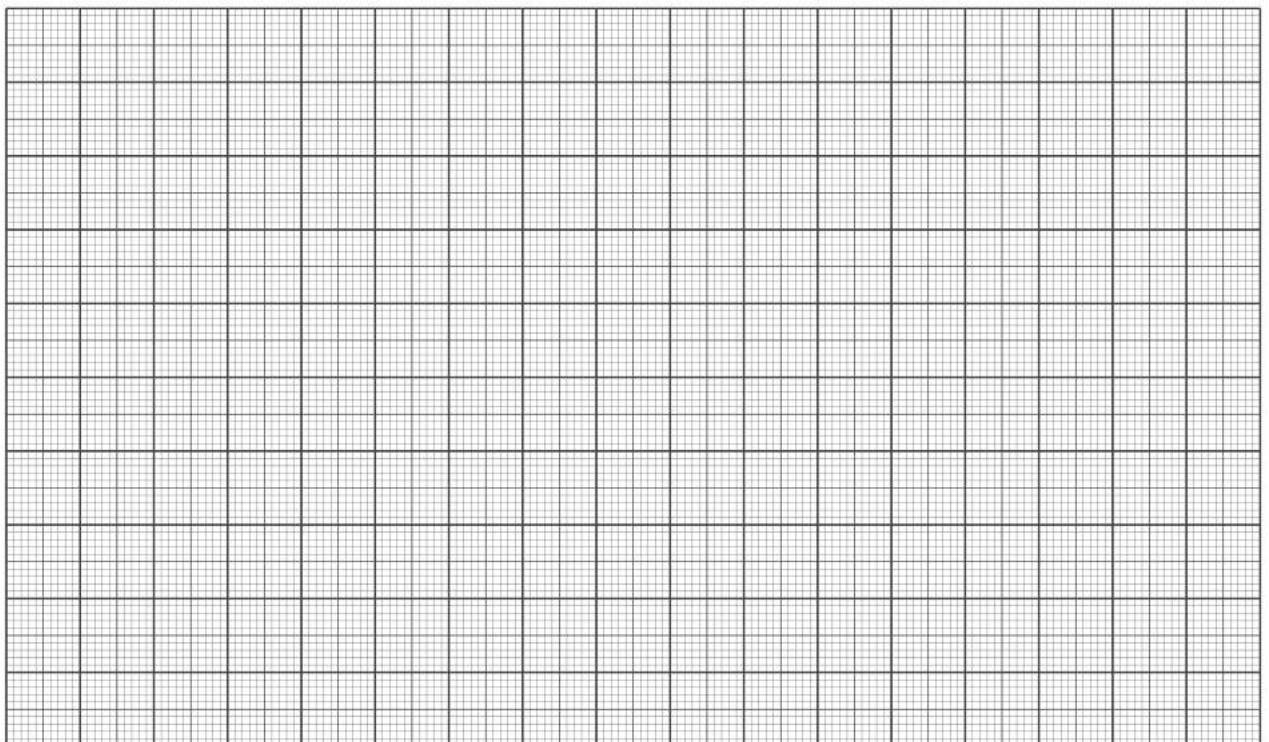
Les distances ( $X_e$ ) et ( $X_s$ ) sont prises entre l'axe de rotation du levier concerné et le centre de gravité de la masse correspondante.

**IV.2.1.** Remplir le tableau suivant

$M_e = 0,3 \text{ Kg}$  ;  $M_s = 4,47 \text{ Kg}$  ;  $r_g = \dots\dots\dots$  (à calculer)

$X_s$ [mm]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
$X_e$ [mm]																
$C_{s \text{ exp}} = M_s \times \ \vec{g}\  \times X_s$ [N.m]																
$C_e = M_e \times \ \vec{g}\  \times X_e$ [N.m]																
$C_{s \text{ th}} = C_e / r_g$ [N.m]																
$\eta_{\text{stat}} = C_{s \text{ exp}} / C_{s \text{ th}}$																

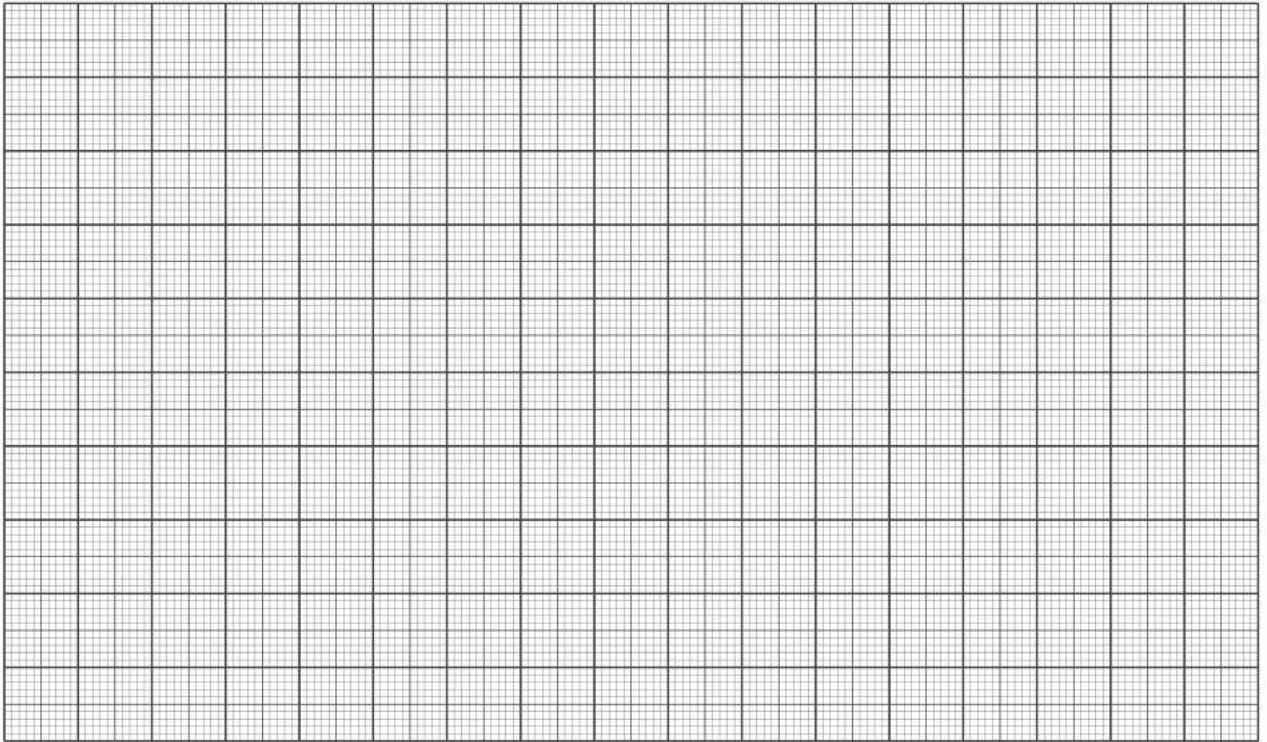
**IV.2.2.** Tracer sur le même graphe la courbe de  $C_{s \text{ th}} = f(C_e)$  et  $C_{s \text{ exp}} = f(C_e)$  puis interpréter les résultats.



**Interprétation des résultats**

.....  
 .....

**IV.2.3.** Tracer maintenant la courbe du rendement statique  $\eta_{\text{stat}}$  en fonction du couple de sortie expérimental  $\eta_{\text{stat}} = f(C_{\text{sexp}})$  puis interpréter les résultats.



### Interprétation des résultats

.....

.....

.....

.....

.....

.....