



**ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES**



[www.ept.sn](http://www.ept.sn)

Téléphone : 77 286 65 17 | 78 597 55 12

BUREAU DES ÉLÈVES / COMMISSION PÉDAGOGIQUE / CONCOURS JUNIOR POLYTECH



# Epreuve de Construction Mécanique

Premières — Session 2024 — Durée : 04 heures

**NB :**

- ✓ L'épreuve comporte 9 pages.
- ✓ Elle est notée sur 40 points.
- ✓ La rigueur et la clarté seront prises en compte. (Présentation 1 point.)
- ✓ Bien lire les notions sur les engrenages et accouplements pour pouvoir traiter certaines questions.
- ✓ Utilisez des intercalaires dans le cas où la marge de réponse n'est pas suffisante (veuillez numéroté la question sur l'intercalaire avant de donner la réponse.)



## 1. Mise en situation

Le système étudié équipe certains véhicules de la marque Audi, notamment ceux de la gamme A8.

Ce type de système fournit une assistance électrique pour actionner automatiquement le coffre grâce à une solution motorisée.

Pour actionner l'ouverture ou la fermeture, l'utilisateur agit sur une télécommande ou un bouton situé à l'intérieur de la voiture.

Les avantages de ce système sont :

- ✓ Un accès rapide et facile au coffre.
- ✓ Un fonctionnement simple et sans effort.
- ✓ Une possibilité d'ouverture manuelle.

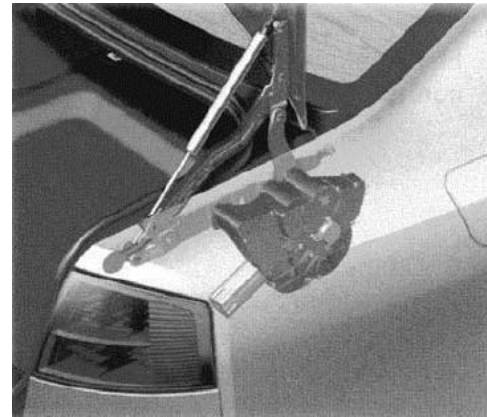


Figure 1 : position du système étudié sur l'arrière de la voiture

## 2. Présentation

Le système d'ouvrant étudié est symétrique, seul le côté droit, motorisé, sera étudié. Les principaux constituants du système étudié sont :

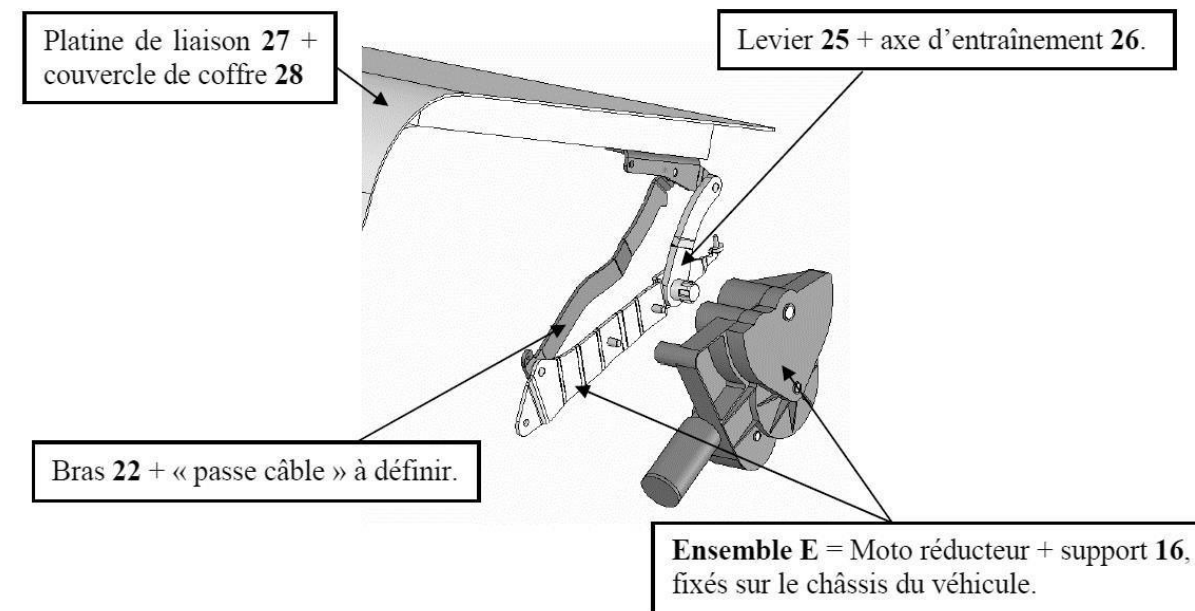


Figure 2 : constituants du système

## 3. Description du système étudié

Le système d'ouvrant étudié permet d'ouvrir ou fermer un coffre. Il permet ainsi de passer d'une position ouverte à une position fermée et vice versa, avec une assistance à l'ouverture et à la fermeture.

Il assure un accès confortable au coffre, sans risque pour l'utilisateur et garantit l'état d'étanchéité lors de la fermeture.

Positions du système étudié lors de la phase de fermeture

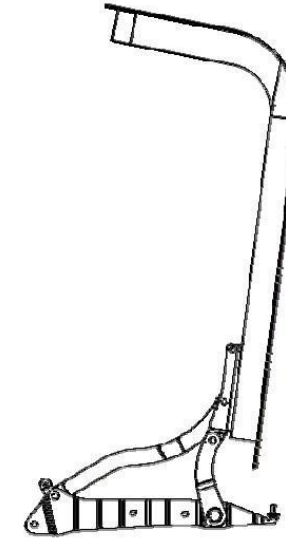


Figure 3 : coffre ouvert

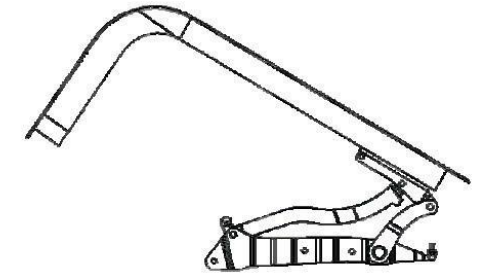


Figure 4 : coffre en position intermédiaire

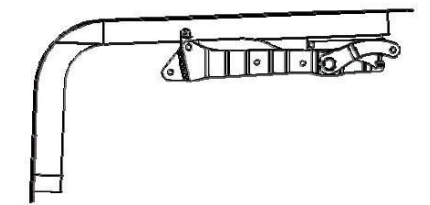


Figure 5 : coffre en position fermée

L'action de l'utilisateur sur un bouton où une télécommande alimente le moteur électrique à courant continu 12 V. Ce moteur anime en rotation le rotor vis sans fin 1 qui engrène avec la roue 3. Cette dernière s'accouple avec la roue 2 qui transmet la rotation à la roue 14. La roue 14 entraîne le mouvement du secteur denté 4 par l'intermédiaire d'un coupleur électromagnétique. Le manchon d'entraînement encastré sur le secteur denté 4 transmet le couple de sortie nécessaire sur le levier 25.

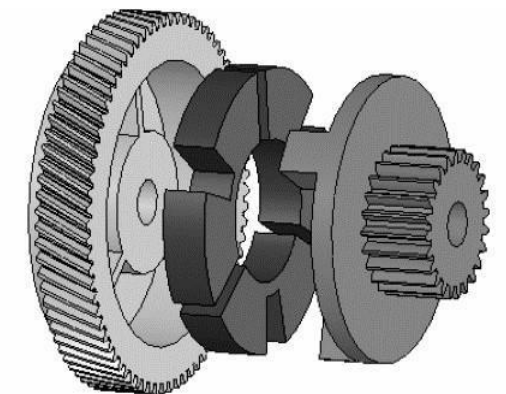
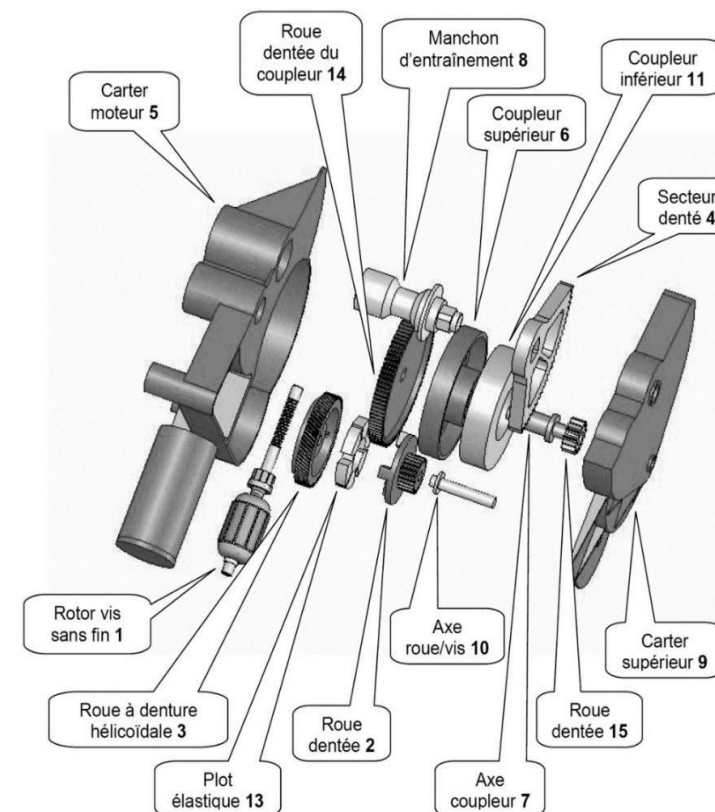
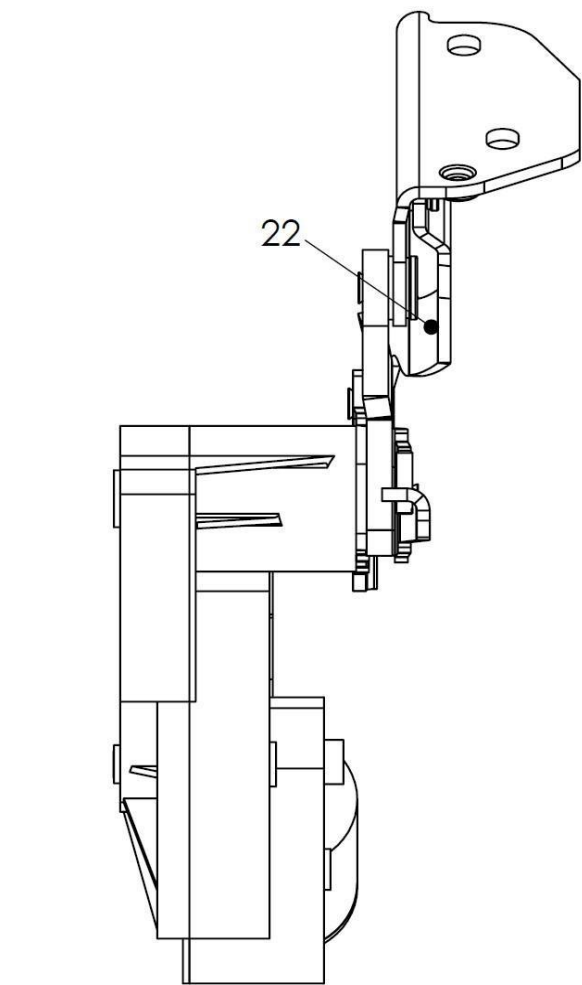


Figure 7 : détails de l'ensemble 2, 3 et 13

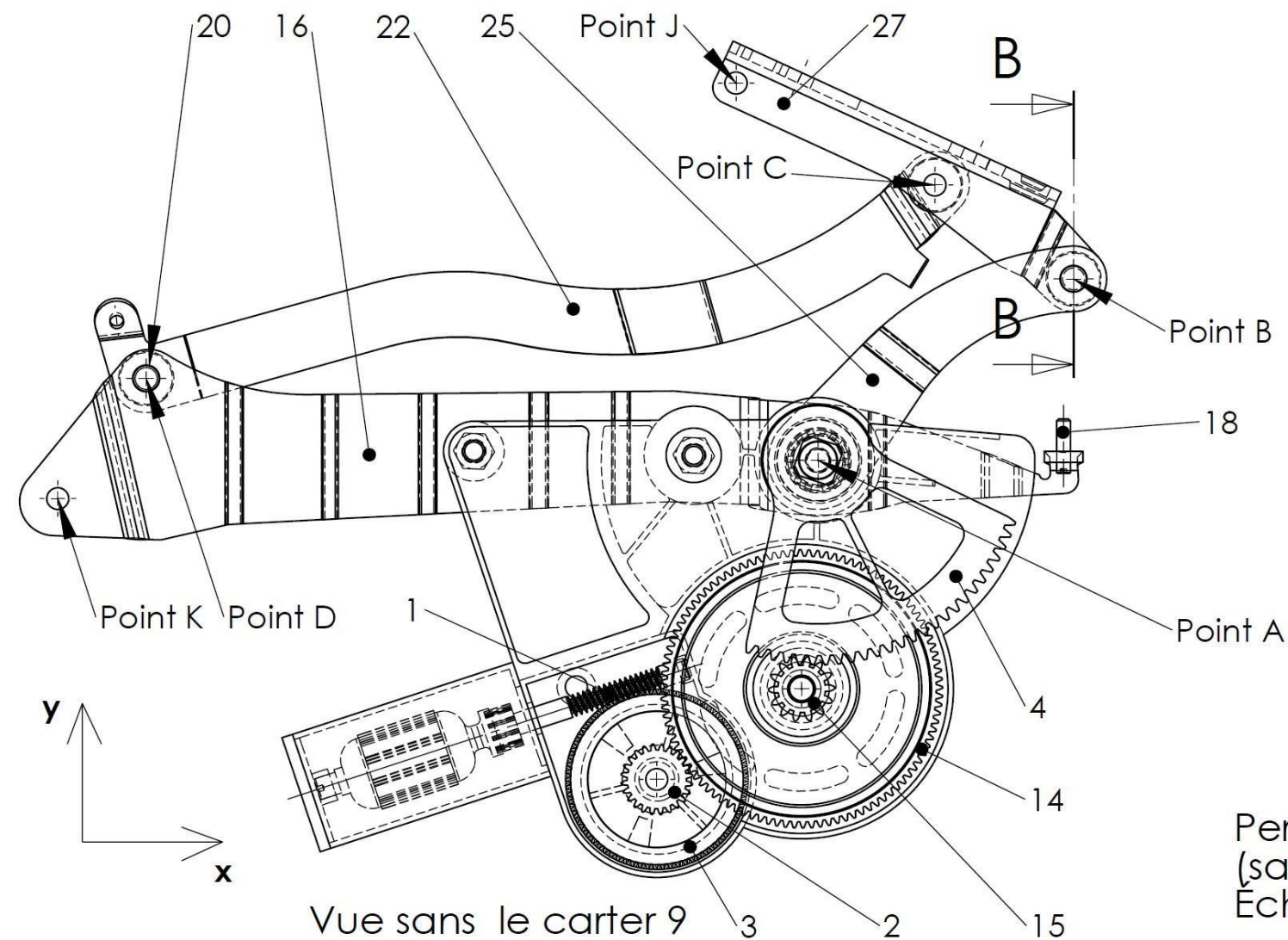
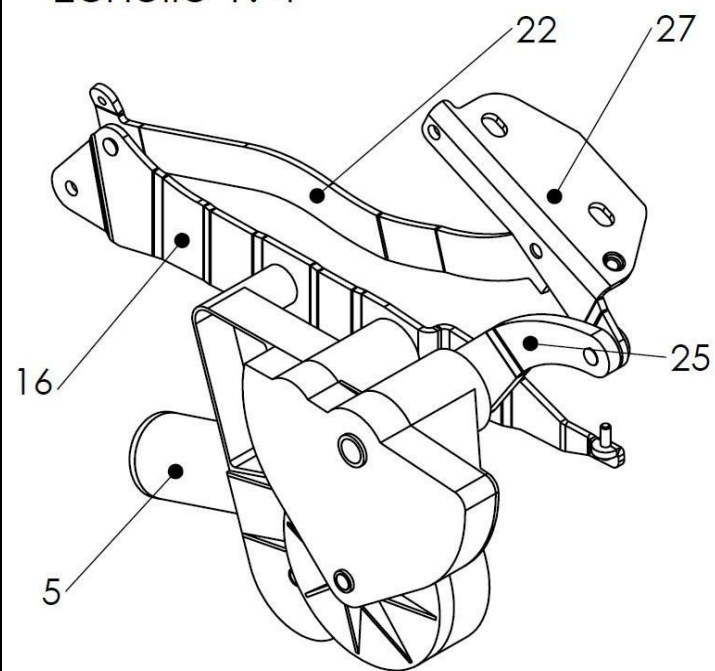
Figure 6 : vue éclatée du motoréducteur

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES		
Durée : 04 h	<b>CONSTRUCTION MECANIQUE</b>	Ech :
Format : A3 H		Année : 2023/2024
Feuille N° 2/9		Sériés : S3 - T

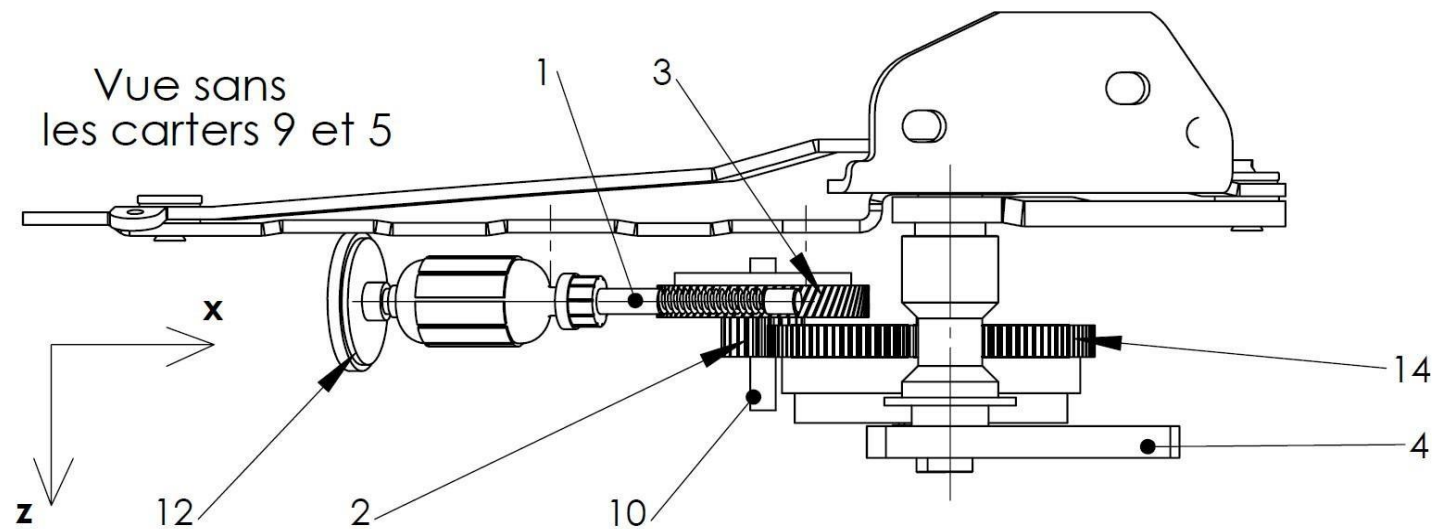




Perspective  
Échelle 1:4



Vue sans le carter 9

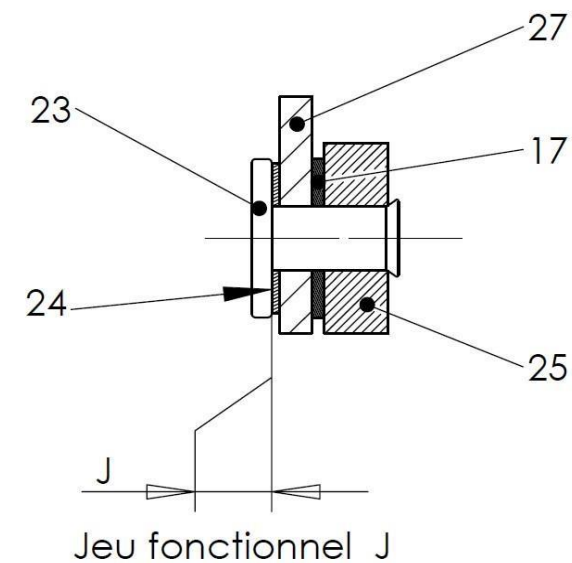


Vue sans  
les carter 9 et 5

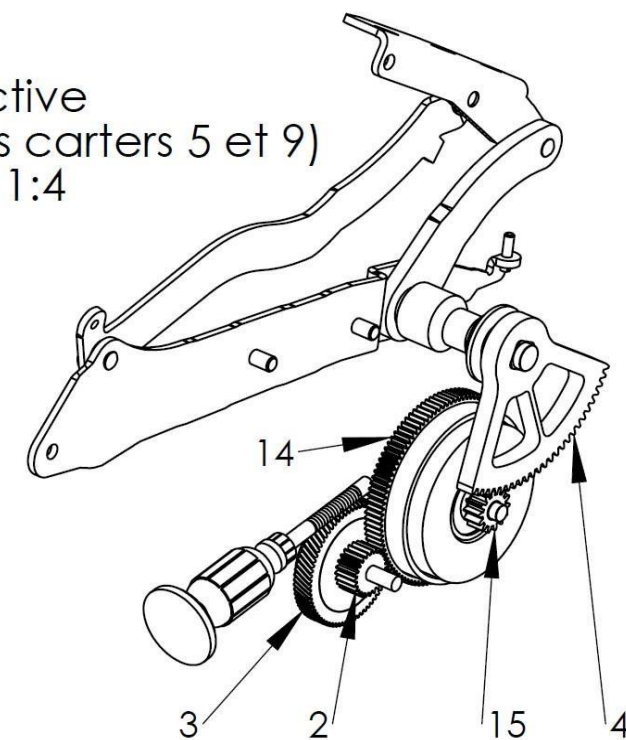
Vue d'ensemble du mécanisme sans le couvercle de coffre 28, ni le passe câble 20

Échelle 2:5

B - B  
Échelle 1:1



Perspective  
(sans les carter 5 et 9)  
Échelle 1:4



ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES		
Durée : 04 h	<b>CONSTRUCTION MECANIQUE</b>	Ech : 1:1
Format : A3 H		Année : 2023/2024
Feuille N° 3/9		Sériés : S3 - T

29	3	Vis H – M8*16 ISO 4017		
28	1	Couvercle de coffre		Peint
27	1	Platine de liaison	S185	Peint
26	1	Axe d'entraînement	C35	Nickelé
25	1	Levier	C35	Bichromaté
24	3	Rondelle		
23	3	Axe	C35	Nickelé
22	1	Bras	S185	Zingué
21	2	Rondelle		
20	1	Passe câble	ABS	
19	2	Rotule		
18	1	Vis ISO 4766 – M5 x 20		Vis de pression
17	3	Rondelle		
16	1	Support	S185	Peint
15	1	Roue dentée	C55	m= 1,5 ; Z=14
14	1	Roue dentée du coupleur	C55	m= 1 ; Z=100
13	3	Plot élastique		
12	1	Couvercle réducteur	ABS	
11	1	Coupleur inférieur		
10	1	Axe roue/vis	C35	Nickelé
9	1	Carter supérieur	ABS	
8	1	Manchon d'entraînement	16NiCr6	Nickelé
7	1	Axe coupleur	C35	Nickelé
6	1	Coupleur supérieur		
5	1	Carter moteur	ABS	
4	1	Secteur denté		m= 1,5 ; Z=98
3	1	Roue à denture hélicoïdale		m= 0,8 ; Z=73
2	1	Roue dentée		m= 1 ; Z=24
1	1	Rotor vis sans fin		$\gamma < 5^\circ$ ; m = 0,8 ; Z = 1 filet
REP.	NB.	DESIGNATION	MATIERE	REFERENCE

*Tableau 1: nomenclature*

ECOLE POLYTCHNIQUE DE THIES			
Durée : 04 h	<b>CONSTRUCTION MECANIQUE</b>		Ech :
Format : A4 V			Année : 2023/2024
Feuille N° 4/9			Sériés : S3 - T

Notions sur les engrenages et accouplements

Les engrenages

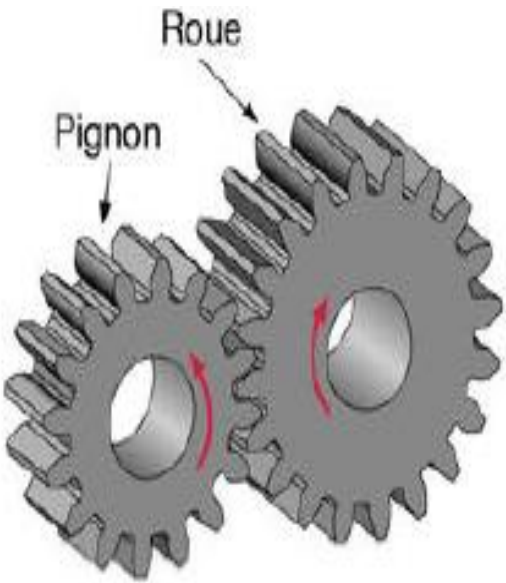
Les engrenages ont pour fonction de transmettre une puissance d’un arbre en rotation à un autre arbre tournant à une vitesse généralement différente, les deux vitesses restant dans un rapport constant. Un engrenage est un mécanisme composé de deux roues dentées. L’une des roues entraîne l’autre par l’action des dents qui sont successivement en contact.

La roue qui a le plus petit nombre de dents est appelée pignon. Une combinaison d’engrenages est appelée train d’engrenages.

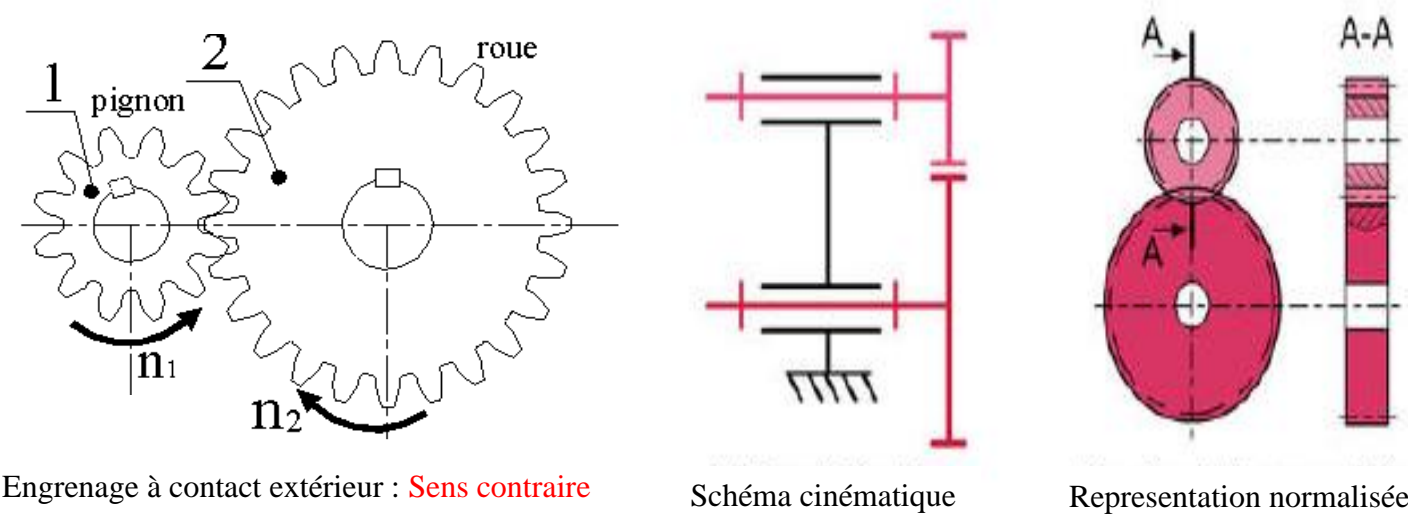
Selon la position relative des axes, on distingue plusieurs types d’engrenages :

Les engrenages parallèles, les engrenages coniques, les systèmes pignons crémaillères et les systèmes roues et vis sans fin.

Dans ce sujet on s’intéresse à l’engrenage parallèle et les systèmes roues et vis sans fin.



Engrenage parallèle :



Engrenage à contact extérieur : Sens contraire

Schéma cinématique

Representation normalisée

Caractéristiques des engrenages

Module	m	
Nombre de dents	Z	
Pas	P	$P = m \pi$
Saillie	ha	$ha = m$
Creux	hf	$hf = 1,25m$
Hauteur de dents	h	$h = 2,25m$
Diamètre primitive	d	$d = mZ$
Diamètre de tête	da	$da = d + 2m$
Diamètre de pied	df	$df = d - 2,5m$
Largeur de denture	b	$b = k.m$ (avec k entre 6 et 10)
Entraxe de deux roues	a	$a = (d1 + d2)/2 = m(Z1 + Z2)/2$

Formules utiles :

$C = F_t \times r$

$\eta G = \frac{P_s}{P_e}$  = produit des rapports

$r_g = \frac{\text{Produit des diamètres menants}}{\text{Produit des diamètres menés}} = \frac{\text{Produit des Z menants}}{\text{Produit des Z menés}} = \frac{N_{sortie}}{N_{entrée}}$

$P = C\omega$  (Puissance en watt) avec  $\omega = \frac{2\pi N}{60}$  (rad/s)

r est le rayon de l’engrenage en (m).

$\eta G$  est le rendement global

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES		
Durée : 04 h	CONSTRUCTION MECANIQUE	Ech :
Format : A4 H		Année : 2023/2024
Feuille N° 5/9		Séries : S3 - T



Système roue et vis sans fin :

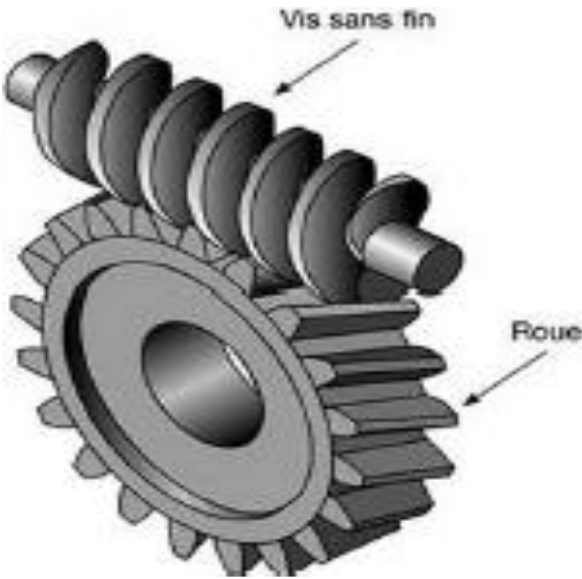
Un engrenage roue et vis sans fin est un dispositif de transmission de puissance effectuée entre deux arbres orthogonaux où la vis est généralement motrice.

Ce dispositif permet d'obtenir des réductions importantes et offre des possibilités d'irréversibilité pour un encombrement réduit. C'est un engrènement silencieux et sans choc. Le glissement et le frottement de la vis sur la roue lui confèrent un rendement souvent faible (0,3 à 0,7). Un couple de matériaux avec un faible frottement (par exemple : vis en acier et roue en bronze) et une lubrification sont indispensables.

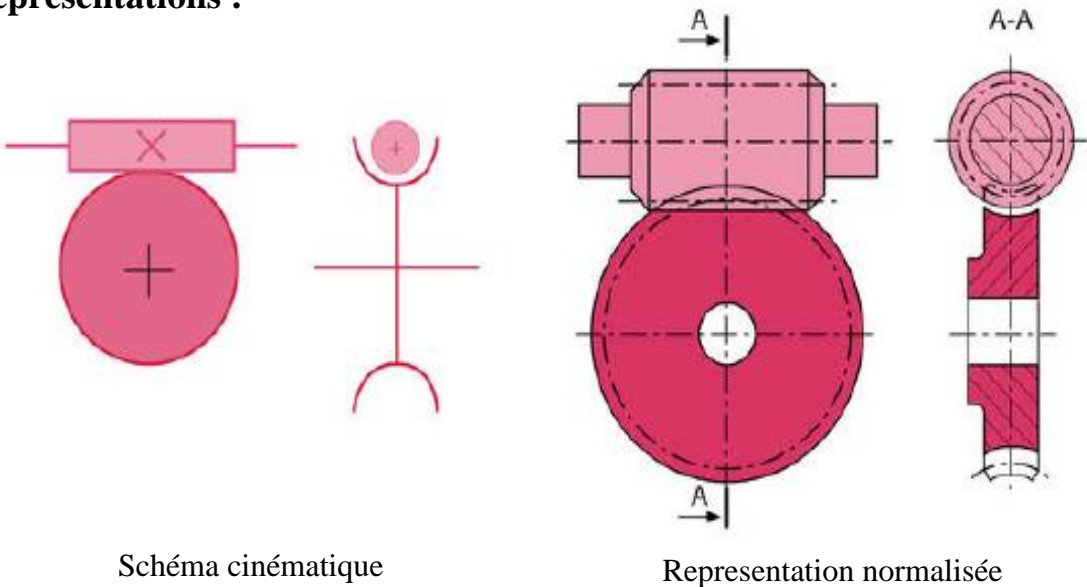
Quand la rotation de la vis entraîne celle de la roue et réciproquement, le système roue et vis est réversible.

Quand la rotation de la roue ne peut pas entraîner celle de la vis, le système est irréversible. La réversibilité d'une transmission par roue et vis sans fin, dépend principalement des valeurs d'angle d'inclinaison d'hélice et du coefficient de frottement au niveau du contact.

Le système est considéré irréversible pour un angle d'hélice de la vis inférieure au coefficient de frottement. Pour un angle ( $\gamma$ ) de la vis inférieure à  $5^\circ$ , le système est considéré totalement irréversible. Cette condition est un critère de sécurité décisif dans certains mécanismes comme par exemple dans les mécanismes de levage.



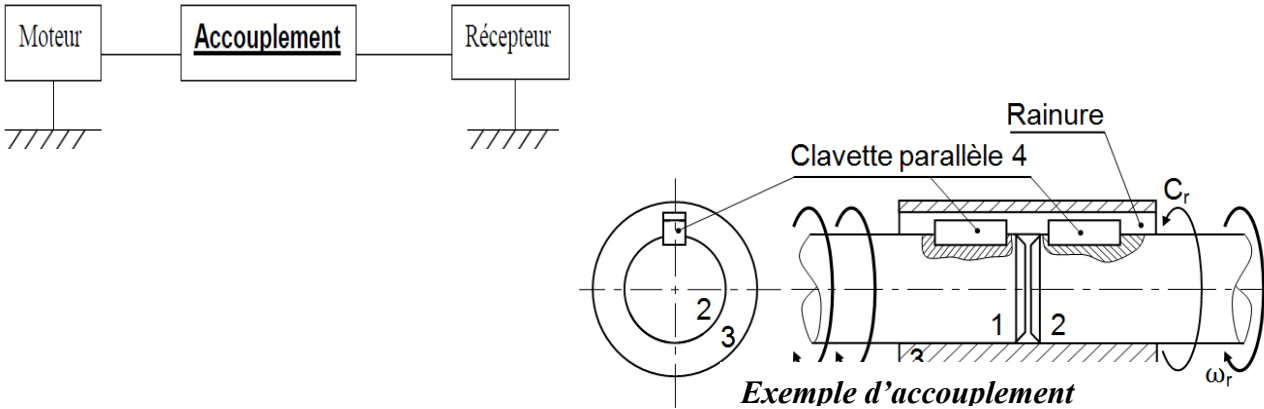
Représentations :



Les accouplements

On appelle accouplement tout appareil destiné à assurer la liaison en rotation entre deux arbres placés bout à bout avec transmission intégrale de la puissance et sans modification de la vitesse angulaire( $\omega$ ).

Schéma et exemple



Types d'accouplements

Accouplements permanents		Accouplements temporaires			
Accouplement (cas général)		Embrayage (cas général)		Coupleur automatique	
Accouplement rigide		Coupleur hydraulique		Embrayage centrifuge	
Accouplement élastique		Coupleur électrique		Roue libre	
Accouplement à Cardan		Frein (cas général)		Limiteurs de couple	

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES		
Durée : 04 h	<b>CONSTRUCTION MECANIQUE</b>	Ech :
Format : A4 H		Année : 2023/2024
Feuille N° 6/9		Séries : S3 - T

4. Etude technologique

4.1. Compréhension

4.1.1. Donner le nom de la liaison entre le levier **25** et la platine de liaison **27**, au point **B**, (voir feuille 3/9 coupe B-B) et le nom de la solution constructive adoptée pour cette liaison. (1 point)

Nom de la liaison **25-27** : .....

Nom de la solution constructive : .....

4.1.2. Proposer un ajustement entre la platine de liaison **27** et l'axe **23** et donner sa nature. (0,5 point)

4.1.3. Indiquer le nom, le type et la fonction de l'ensemble {2, 3, 13} . (voir feuille 1/7, figure 7). (1 point)

Nom de l'ensemble : .....

Type : .....

Fonction : .....

4.1.4. Le réducteur est-il réversible ? Justifier votre réponse. (0,5 point)

4.1.5. Choisir un type de matériau pour la vis **1** et la roue **3** et justifier votre choix. (1 point)

Matériau pour la vis **1** : .....

Matériau pour la roue **3** : .....

Justification : .....

4.1.6. Décoder la désignation normalisée des matériaux suivants : (1,5 point)

S185 : .....

C35 : .....

16NiCr6 : .....

4.2. Etude de la transmission de puissance

La chaîne d'énergie est constituée :

- ✓ D'un moteur électrique à courant continu **12V** ;
- ✓ D'un réducteur roue et vis sans fin, 1er étage de réduction ;
- ✓ D'un engrenage droit, 2ème étage de réduction ;
- ✓ D'un 3ème étage de réduction, composé d'un pignon et d'un secteur denté.

Une étude de résistance des matériaux a permis de déterminer la résistance pratique à l'extension minimale  $\sigma_{pe} = 375 \text{ N/mm}^2$  que doit avoir le matériau constitutif du secteur denté **4** pour supporter l'ouverture du couvercle de coffre. On prendra l'effort tangentiel  $F_t = 1218 \text{ N}$  appliqué sur une dent du secteur denté.

4.2.1. Établir la chaîne cinématique de transmission de mouvement de l'arbre moteur **1** au secteur denté **4**, compléter le schéma cinématique au niveau de **figure 8** et compléter la **figure 9** (2 + 5+ 4 points)

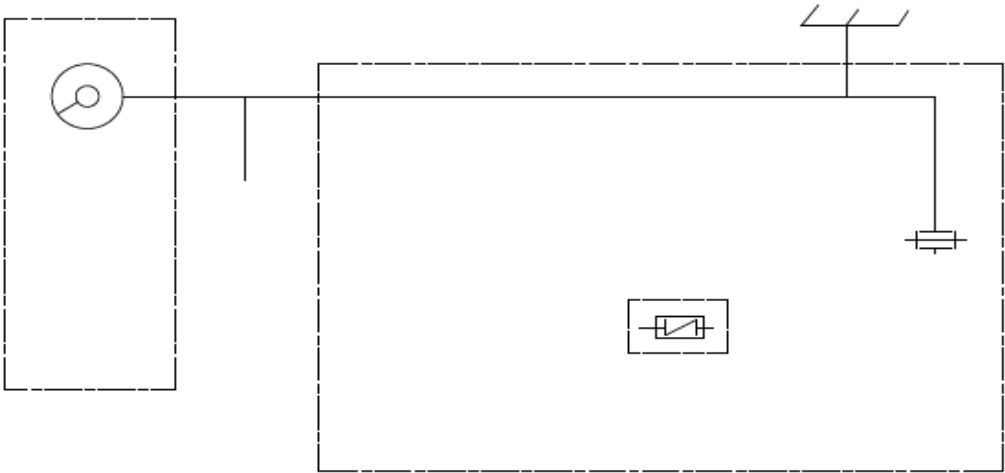


Figure 8 : schéma cinématique du motoréducteur

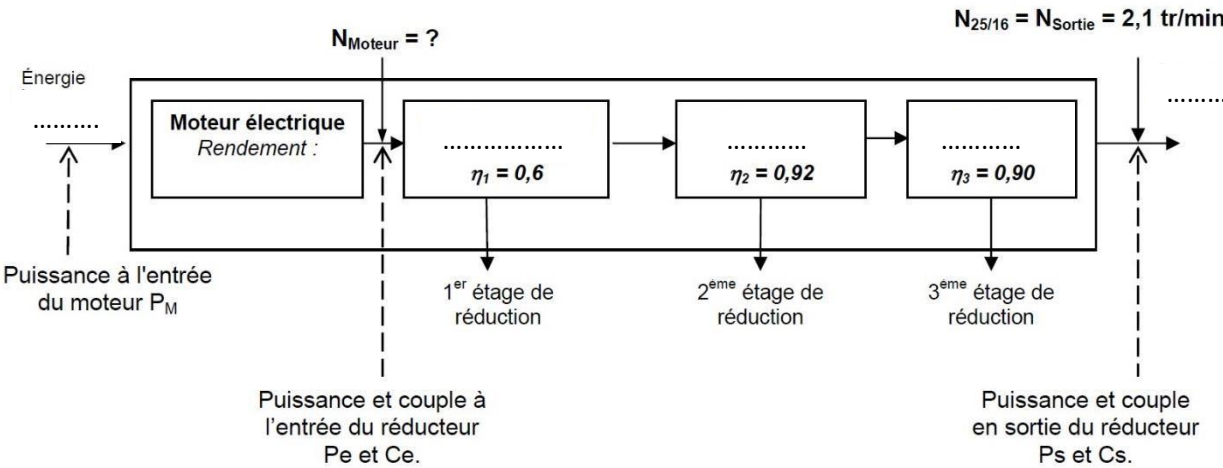


Figure 9 : synoptique

4.2.2. Déterminer, à l'aide de la formule ci-dessous, le module **m** du secteur denté **4**. Conclure par rapport au module normalisé choisi par le constructeur. (1 points)

$$m \geq 2,34 \times \sqrt{\frac{F_t}{k \times \sigma_{pe}}} \quad k = 8$$

ECOLE POLYTHNIQUEDE THIES		
Durée : 04 h	CONSTRUCTION MECANIQUE	Ech :
Format : A3 H		Année : 2023/2024
Feuille N° 7/9		Sériés : S3 - T

**4.2.3. Déterminer le couple  $C_s$  sur le secteur denté 4. (1 point)**

.....

.....

**4.2.4. Calculer la puissance utile en sortie de réducteur  $P_s$ . On prendra  $C_s = 90 \text{ N.m}$  quel que soit le résultat trouvé précédemment. (1 point)**

.....

.....

**4.2.5. Déterminer le rapport de réduction global de la transmission  $rg$ . En déduire la fréquence de rotation  $N_{\text{moteur}}$ . (2 points)**

.....

.....

**4.2.6. Déterminer le rendement global du réducteur, noté  $\eta_G$ . (1 point)**

.....

.....

**4.2.7. Calculer à l'entrée du réducteur la puissance  $P_e$ . En déduire le couple  $C_e$ . (2 points)**

.....

.....

**4.2.8. Compléter le tableau ci-dessous donnant les caractéristiques de l'engrenage (15 – 4). (3 points)**

	$m$	$Z$	$P$	$d$	$d_f$	$d_a$	$a$
<b>15</b>							
<b>4</b>							

NB: Calculs Obligatoires.

**4.3. Cotation fonctionnelle (figure 10) :**

**4.3.1. Justifier la présence de la condition  $J_a$  : (0,5 point)**

.....

**4.3.2. La condition  $J_a$  est-elle maximale ou minimale ? ..... Justifier. (0,5 point)**

.....

ECOLE POLYTCHNIQUE DE THIES		
Durée : 04 h	<b>CONSTRUCTION MECANIQUE</b>	Ech :
Format : A4 V		Année : 2023/2024
Feuille N° 8/9		Sériés : S3 - T



4.3.3. Tracer sur le dessin (*figure 10*) la chaîne de cotes relative à la condition **Ja**. (0,5 point)

4.3.4. Inscrire sur le dessin qui suit (*figure 10*) les ajustements, entre l'arbre **7** et les coussinets **31** et entre la roue dentée **14** et le coussinet **31**, nécessaires au fonctionnement du mécanisme. (1 point)

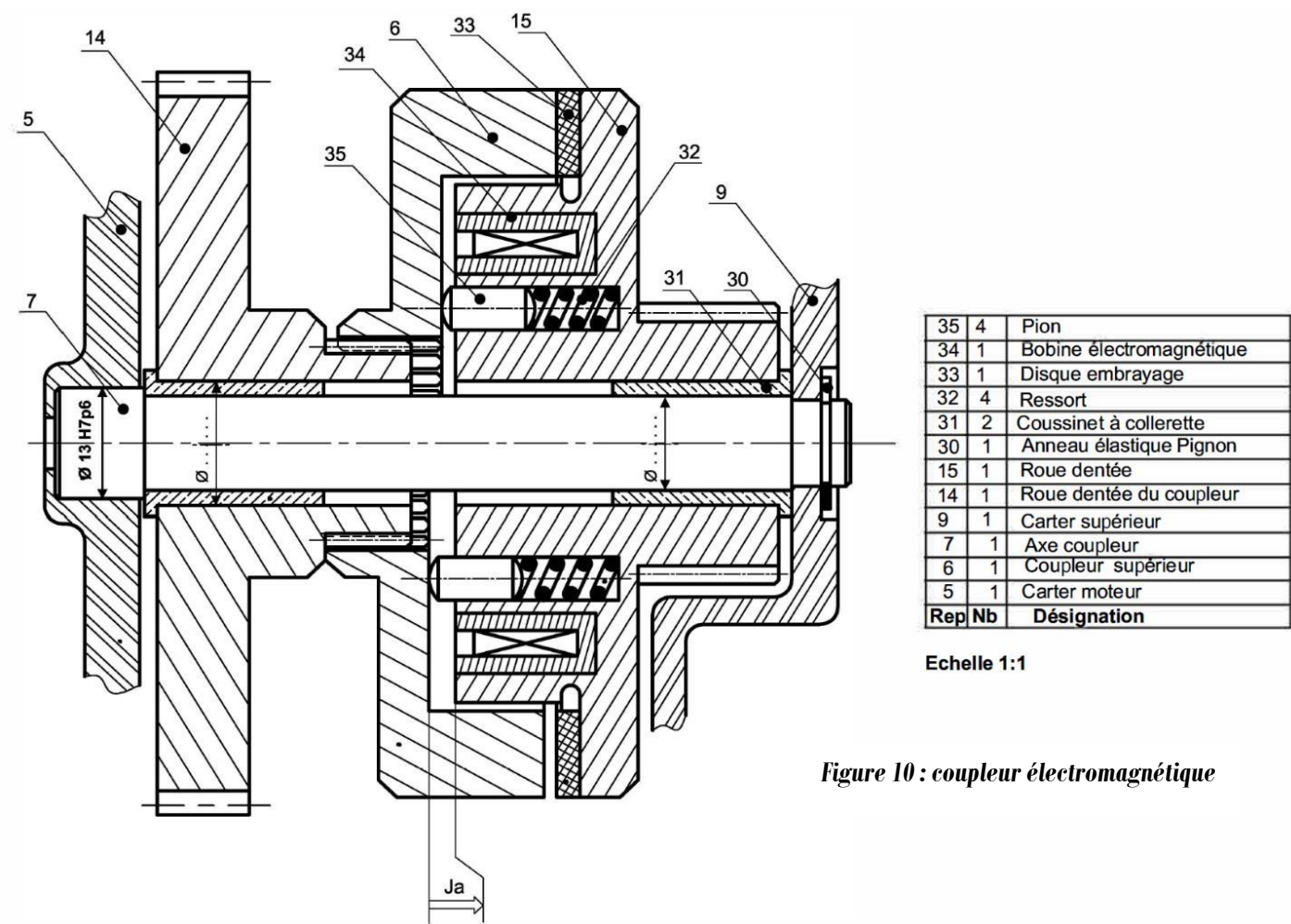
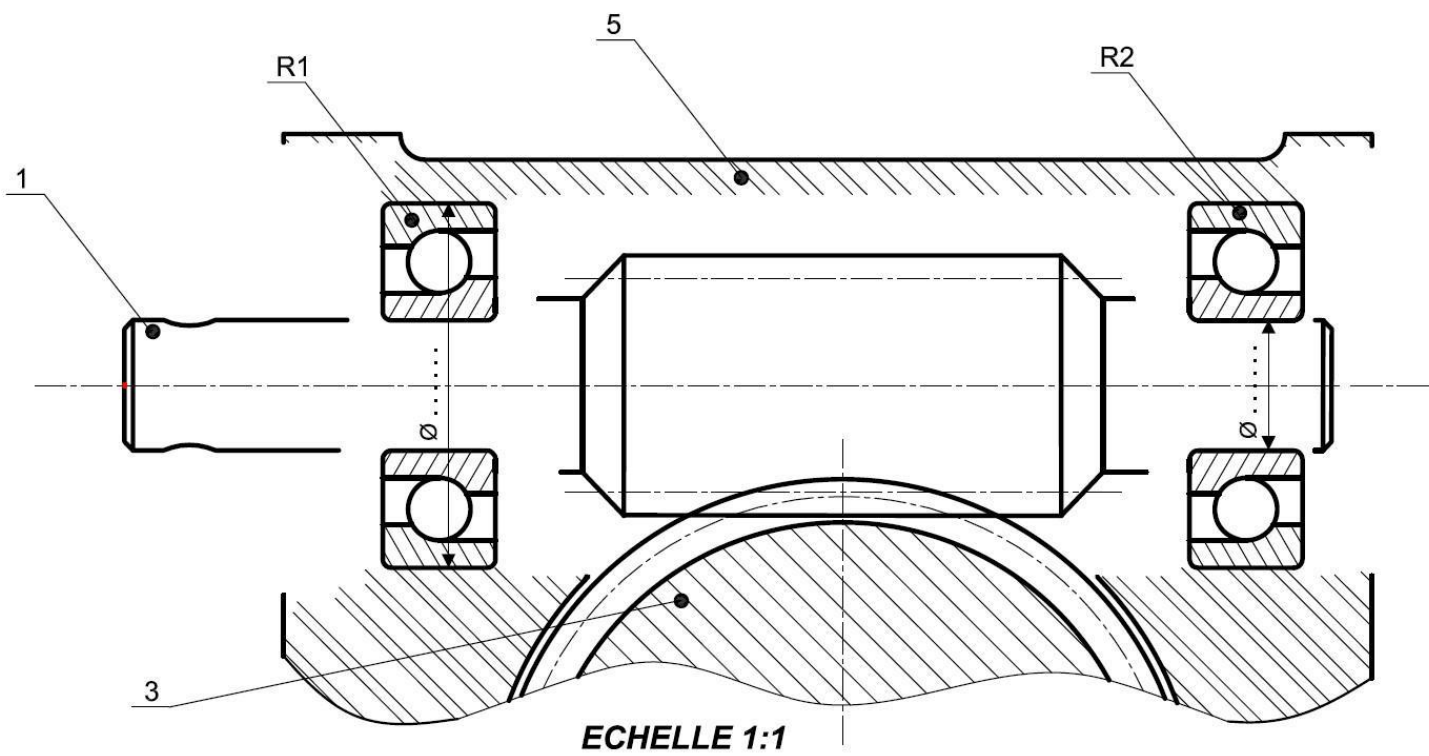


Figure 10 : coupleur électromagnétique

5. Etude graphique  
Compléter le dessin (*figure 11*) ; en assurant le guidage en rotation de la vis sans fin **1** par les roulements **R1** et **R2**. Assurer l'étanchéité et inscrire les tolérances nécessaires au montage des roulements. (5 points)



6. Dans la partie réservée ci-dessous, reproduire l'arbre **1** du dessin ci-dessus.(4 points)

*FIN...*

ECOLE POLYTCHNIQUEDE THIES		
Durée : 04 h	CONSTRUCTION MECANIQUE	Ech :
Format : A3 H		Année : 2023/2024
Feuille N° 9/9		Sériés : S3 - T

Arbre 1