

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
SÉRIE SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES
GÉNIE ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2009

ÉPREUVE : ÉTUDE DES CONSTRUCTIONS

Durée: 4 heures

Coefficient : 6

**MÉCANISME DE MANŒUVRE D'AIGUILLES POUR
VOIE FERRÉE**

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ

MOYENS DE CALCUL AUTORISÉS :

Calculatrice électronique de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (conformément à la circulaire N°99-018 du 1^{er} février 1999).

Ce sujet comprend 4 dossiers de couleurs différentes :

- | | |
|---|--------------|
| - Dossier technique (DT 1 à DT 7) | jaune |
| - Dossier travail demandé (page 1/5 à page 5/5) | vert |
| - Dossier des « Documents réponses » (DR 1 à DR 5) | blanc |
| - Annexe (1 page) | |

Les candidats rédigeront les réponses aux questions posées sur feuille de copie ou, lorsque cela est indiqué dans le sujet, sur les « documents réponses » prévus à cet effet.

Tous les documents "réponses" même vierges sont à remettre en fin d'épreuve.

Mécanisme de manœuvre d'aiguilles pour voie ferrée



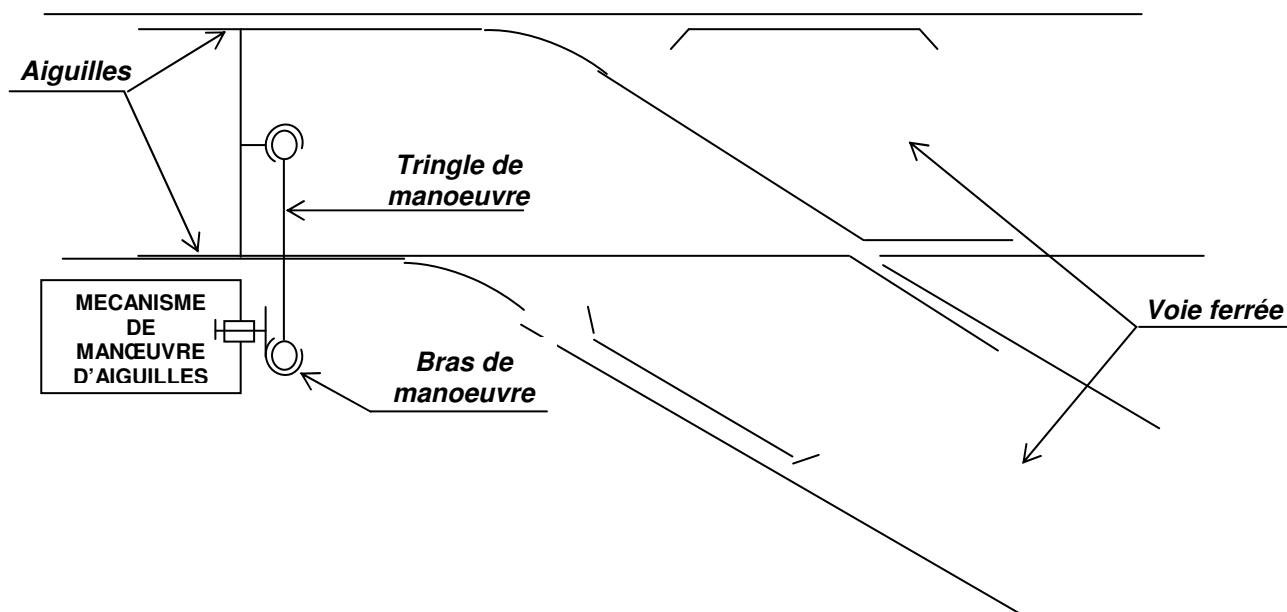
Ce dossier comporte :

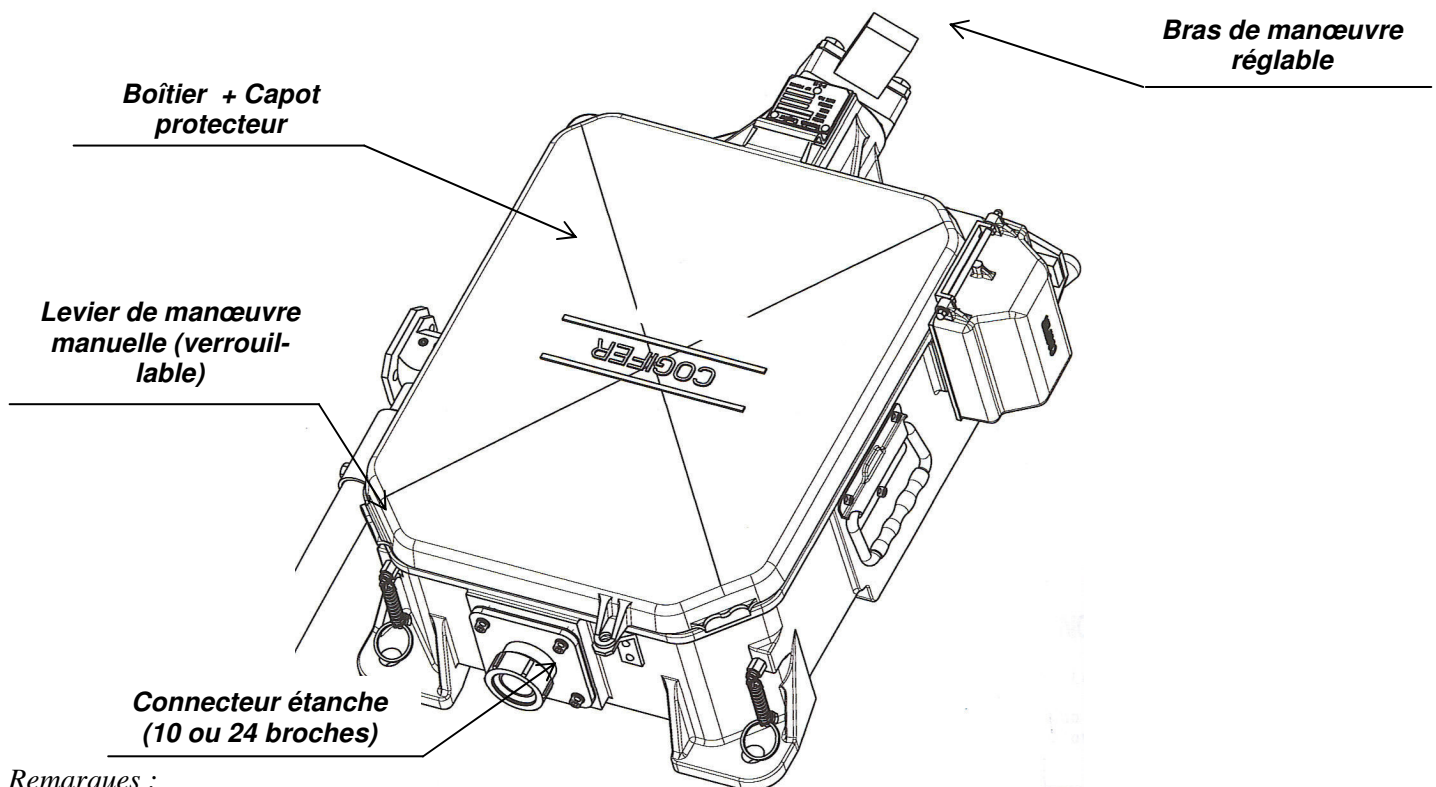
- | | |
|---|--------------|
| - Présentation – Mise en situation du mécanisme | DT 1 |
| - Graphe des interacteurs – Extrait du cahier des charges | DT 2 |
| - FAST partiel simplifié de FP 1 | DT 3 |
| - Réalisation de FP 1 – Principe de fonctionnement – Schéma | DT 4 |
| - Phases de fonctionnement | DT 5 et DT 6 |
| - Présentations de l'actionneur et du limiteur de couple | DT 7 |

1 – Présentation – Mise en situation du mécanisme

Le mécanisme électromécanique présenté permet la *manœuvre électrique des aiguilles de voie ferrée (aiguillage) et leur calage en fin de course*.

Il est utilisable sur *tous les types de voies* : des voies de service jusqu'aux itinéraires de voies parcourues à très grande vitesse (T.G.V.).

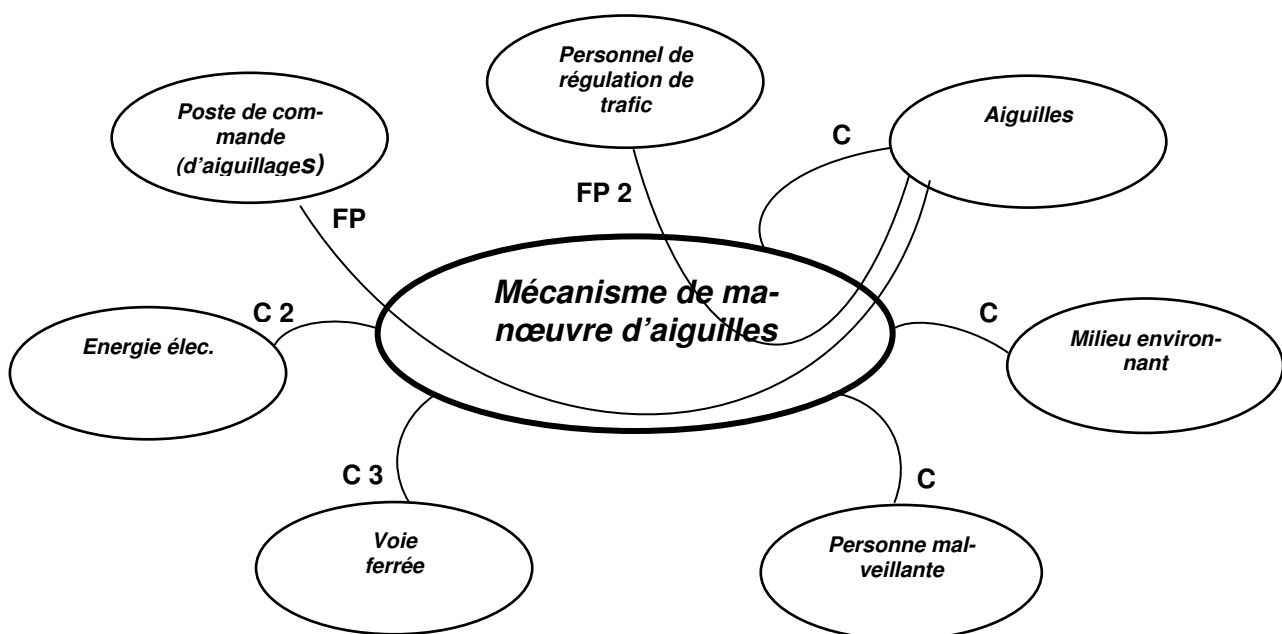




Remarques :

- Si l'aiguillage est prévu pour être franchi à une **vitesse inférieure à 40 km/h**, le mécanisme assure l'**immobilisation des lames** (le contrôle de leur position est assuré par des capteurs appelés « contrôleurs d'aiguilles »).
- Si l'aiguillage est franchi à une **vitesse supérieure à 40 km/h**, le système contrôle leur position et l'**immobilisation des lames est renforcé** par un **mécanisme de blocage spécifique**.

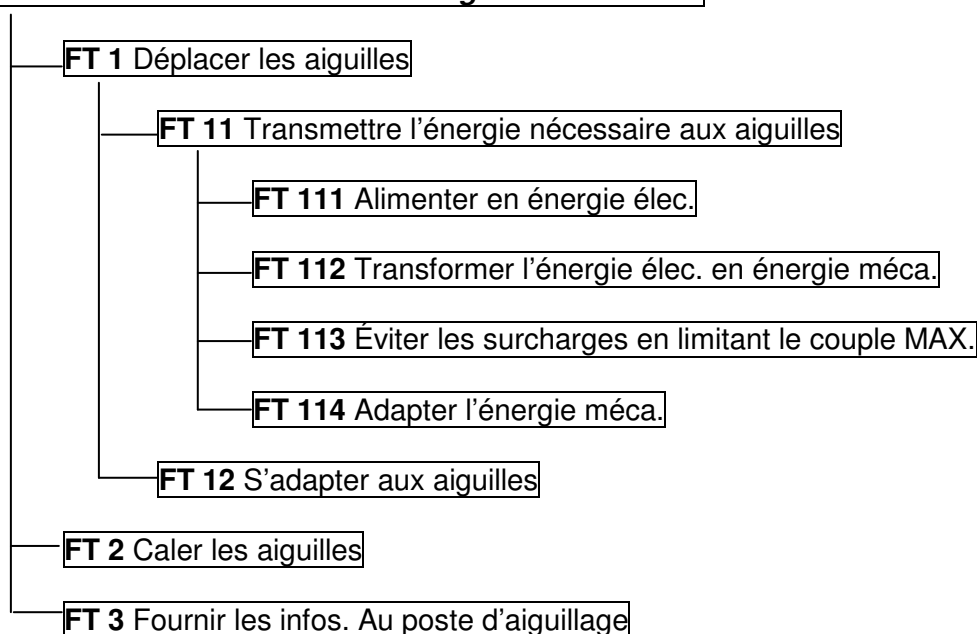
2 – Graphe des interacteurs – Extraits du cahier des charges



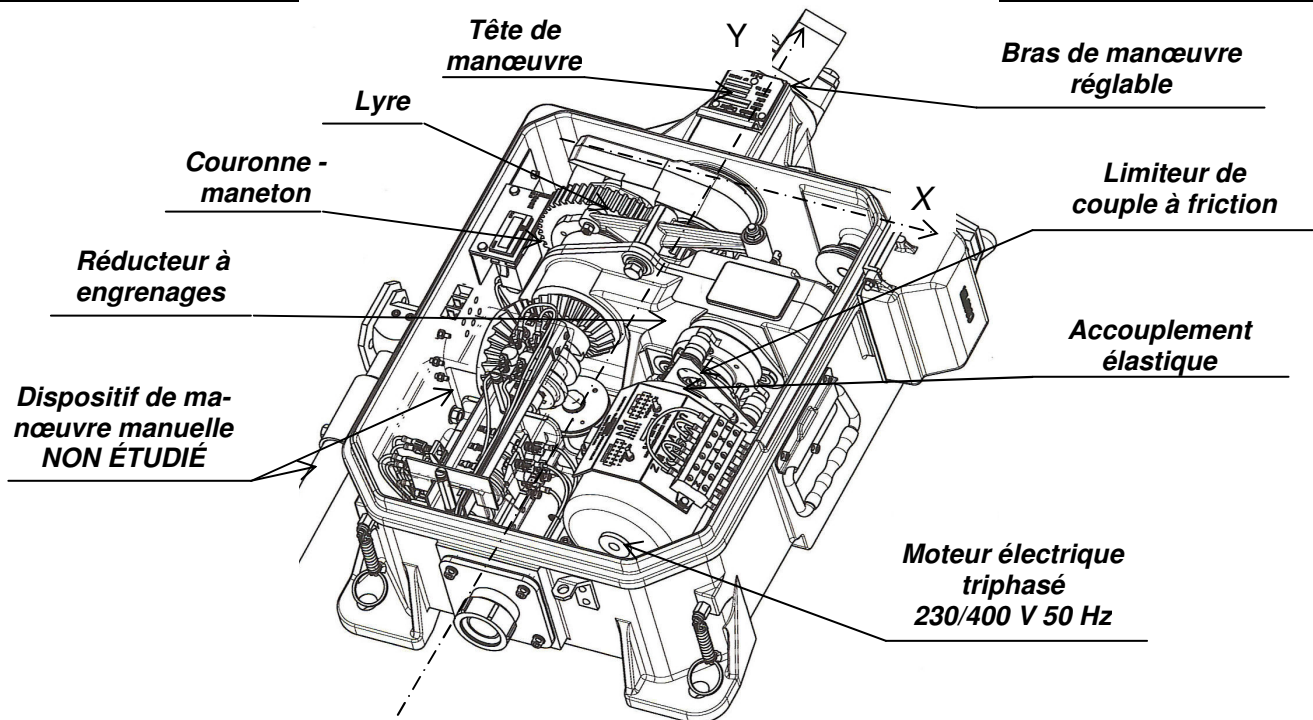
Fonctions de service		Critères	Niveaux
FONCTIONS TECHNIQUES	FP 1 : permettre la manœuvre des aiguilles (aiguillage) à distance	Course réglable	Longueur réglable
			$60^{\circ} \leq \text{Déb. angulaire bras} \leq 75^{\circ}$
		Effort de manœuvre	$F_{\text{MIN.}} \geq 400 \text{ daN}$
		Vitesse tringle de manœuvre	$V_{\text{MAX.}} \leq 0,1 \text{ m.s}^{-1}$
		Temps T de manœuvre	$T \leq 4 \text{ secondes}$
	FP 2 : permettre la manœuvre des aiguilles (aiguillage) manuellement	Effort maintien du calage	
		Effort de manœuvre	
		Effort physique demandé	
CONTRAINTES	C 1 : s'adapter aux aiguilles	Liaison aiguilles / tringle de manœuvre	
	C 2 : être alimenté en énergie électrique	Connexion 10 ou 24 broches	
		Etanchéité	
	C 3 : s'adapter à la voie ferrée	Encombrement	
		Poids	
	C 4 : résister aux actes de vandalisme	Inviolabilité	
		Verrouillabilité	
	C 5 : résister au milieu environnant	Espacement visites entretien	
		Durée de vie	

3 – FAST partiel simplifié de FP 1

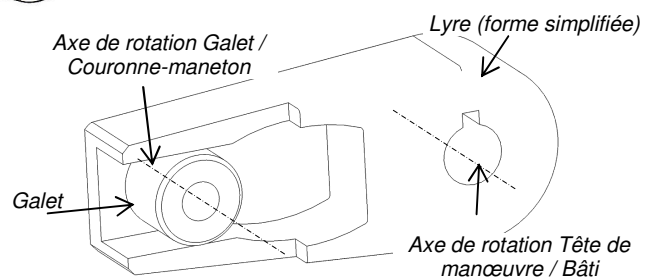
FP 1 Permettre la manœuvre des aiguilles à distance



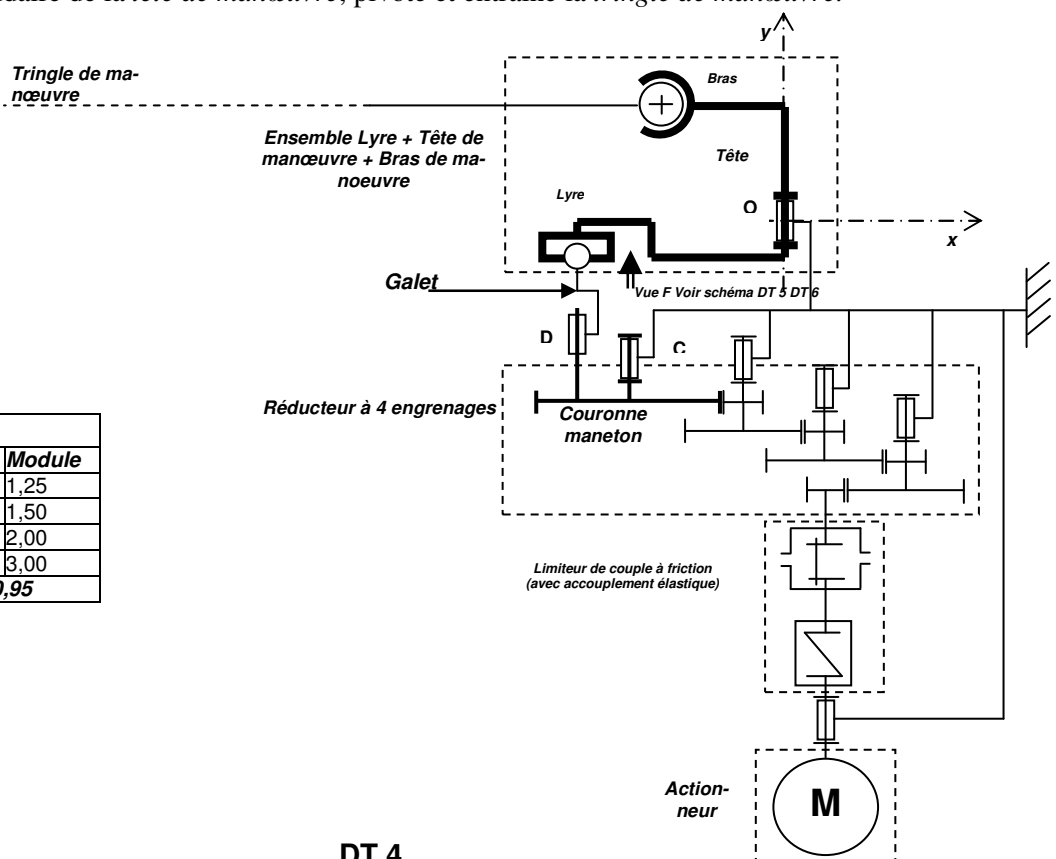
4 – Réalisation de FP 1 – Principe de fonctionnement - Schémas



Le moteur électrique, par l'intermédiaire de l'accouplement élastique, entraîne le limiteur de couple solidaire de l'arbre d'entrée du réducteur. À la sortie du réducteur, la couronne-maneton entraîne en rotation le galet qui, engagé dans la lyre de la tête de manœuvre, permet la rotation de celle-ci :



Le bras de manœuvre, solidaire de la tête de manœuvre, pivote et entraîne la tringle de manœuvre.

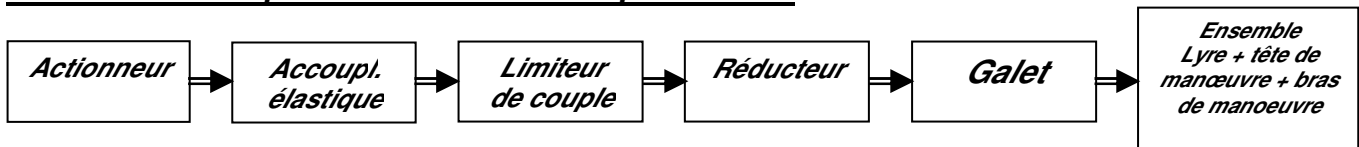


Caractéristiques Réducteur			
Engrenage	Pignon	Roue	Module
1	17 dents	58 dents	1,25
2	12 dents	60 dents	1,50
3	10 dents	56 dents	2,00
4	?	?	3,00
Rendement d'un engrenage : 0,95			

SCHEMA CINEMATIQUE SIMPLIFIE

Echelle non respectée

Chaîne cinématique de transmission de puissance :



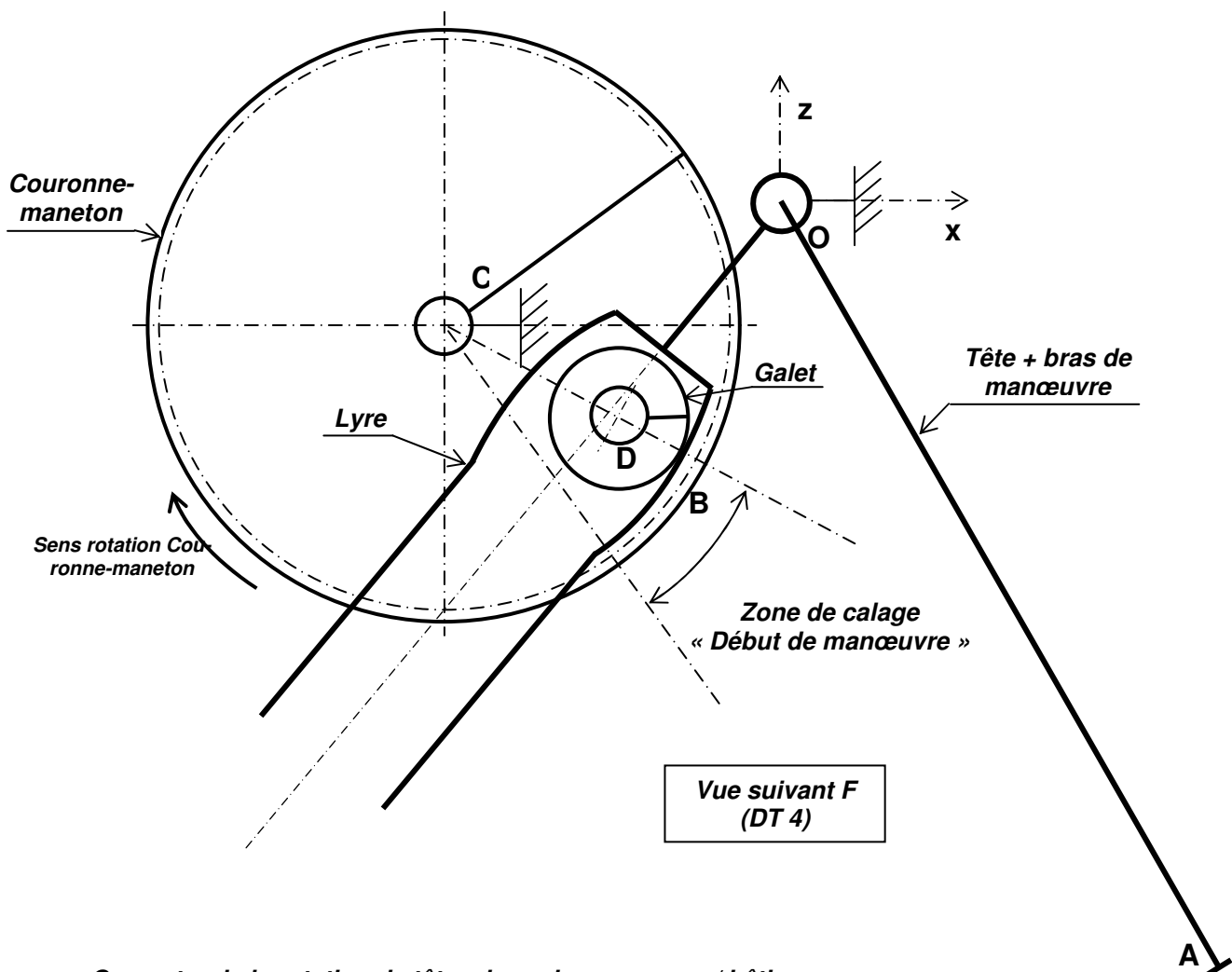
5 – Phases de fonctionnement

Le mouvement d'une position extrême à l'autre se décompose en TROIS PHASES :

→ Première phase – Zone de calage « Début de manœuvre »

Lors de la rotation de la couronne-maneton (solidaire de l'arbre de sortie du réducteur), le galet d'entraînement engagé dans la lyre décrit une course angulaire de 26° dans l'évidement pratiqué dans cette pièce sans que celle-ci soit entraînée.

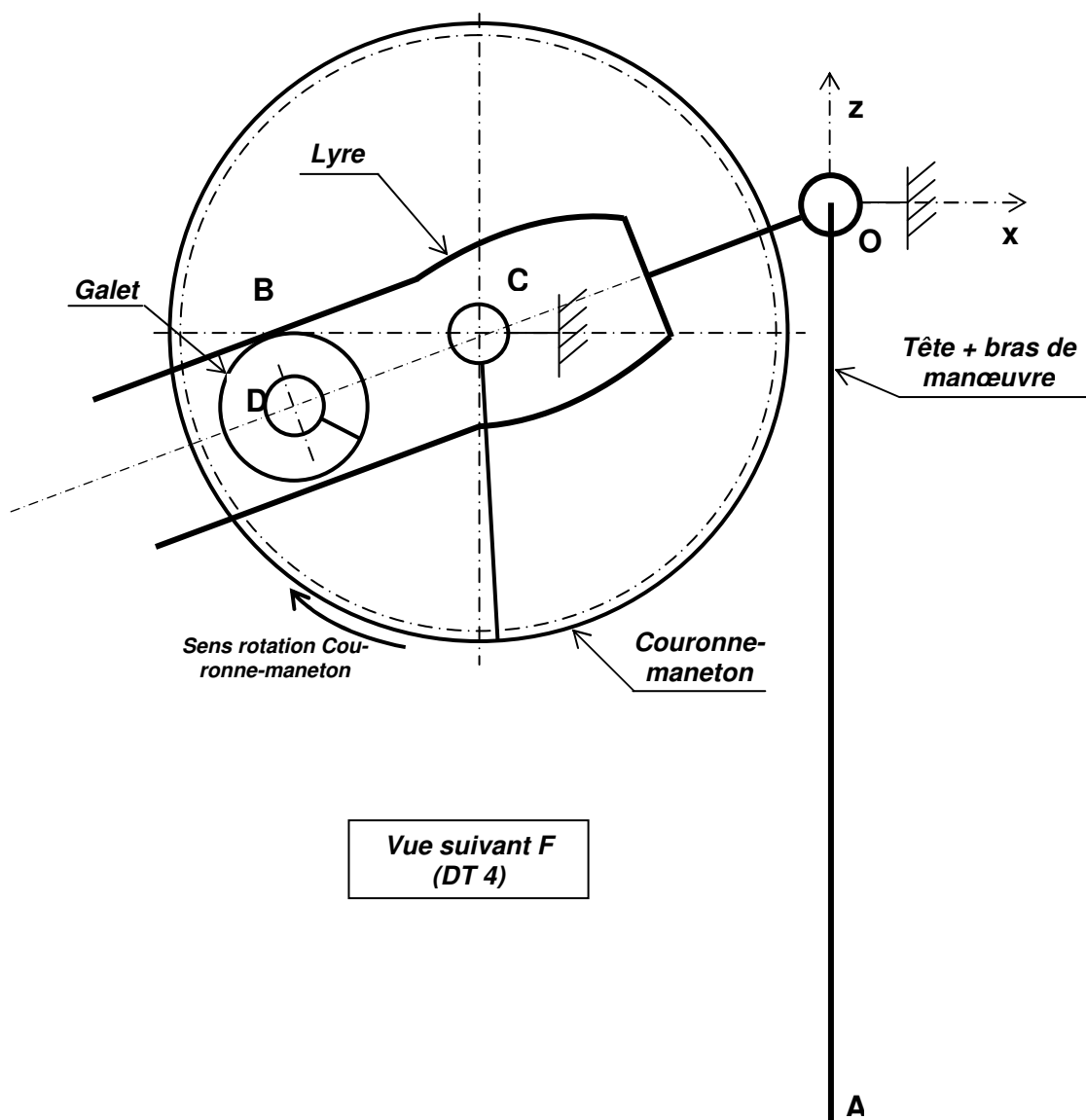
Nous sommes en zone de calage « Début de manœuvre » : le bras de manœuvre n'est pas entraîné en rotation :



- O** : centre de la rotation de tête + bras de manœuvre / bâti
- A** : point d'ancrage tringle de manœuvre / tête + bras de manœuvre
- B** : point de contact du galet / tête+ bras de manœuvre
- C** : centre de la rotation de couronne-maneton / bâti
- D** : centre de la rotation du galet / couronne-maneton

→ Deuxième phase – Rotation du bras de manœuvre

En poursuivant sa rotation, le galet solidaire de la couronne-maneton va entraîner en rotation la lyre qui entraîne à son tour la tête de manoeuvre et le bras de manoeuvre.



- O : centre de la rotation de tête + bras de manoeuvre / bâti**
A : point d'ancrage tringle de manoeuvre / tête + bras de manoeuvre
B : point de contact du galet / tête+ bras de manoeuvre
C : centre de la rotation de couronne-maneton / bâti
D : centre de la rotation du galet / couronne-maneton

→ Troisième phase – Zone de calage « Fin de manoeuvre »

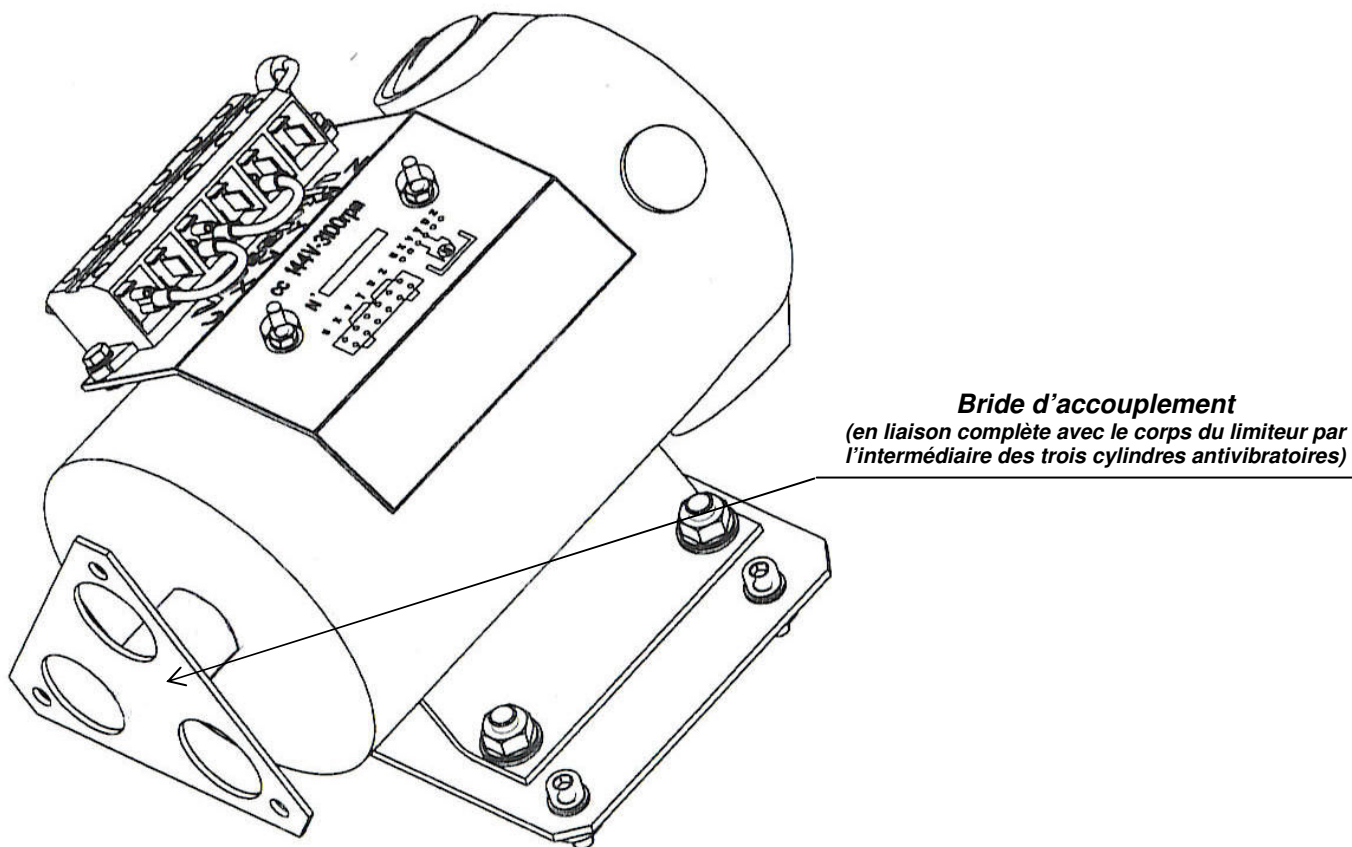
Lorsque la lyre est arrivée en bout de course, le galet décrit une course angulaire de 26° dans l'évidement pratiqué dans la lyre sans que celle-ci ne soit entraînée.

Nous sommes en zone de calage « Fin de manoeuvre ».

L'arrêt de la rotation de la couronne-maneton s'effectue après avoir effectué une course angulaire α totale de 256° : $\alpha = \text{angle calage « Début de manoeuvre » } 26^\circ + \text{angle manoeuvre } 204^\circ + \text{angle calage « Fin de manoeuvre » } 26^\circ$

6 – Présentation de l'actionneur et du limiteur de couple

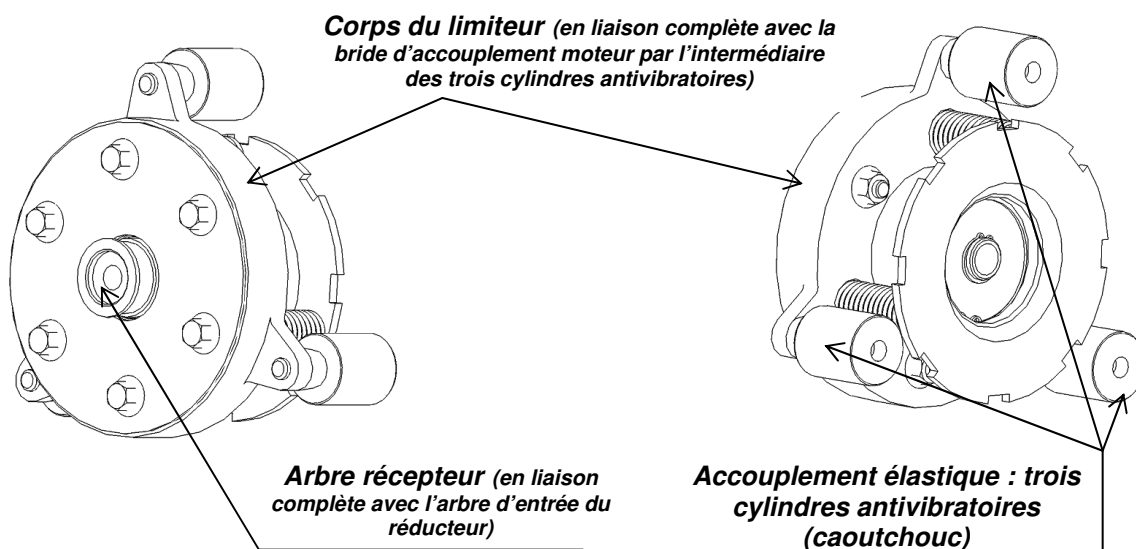
Présentation de l'actionneur : moteur électrique triphasé 230/400 V 50 Hz



Présentation du limiteur de couple

Le limiteur de couple à friction assure la transmission de la puissance de l'actionneur au réducteur (voir DT 4) ; il permet d'éviter, en cas d'arrêt ou de blocage mécanique, toute détérioration du mécanisme sous l'effet de l'actionneur.

Remarque : l'accouplement élastique (trois cylindres antivibratoires en caoutchouc) permet de compenser d'éventuels défauts d'alignement entre arbre moteur et arbre récepteur (entrée du réducteur) et d'éviter les à-coups de transmission.



DOSSIER " TRAVAIL DEMANDÉ "

Le sujet est composé de 4 parties indépendantes.

Problématique : en raison d'un changement de fournisseur de moteur, on vous demande de déterminer et de valider le choix du nouvel actionneur.

Ce dossier comporte 5 feuilles numérotées de : page 1/5 à page 5/5.

Il est conseillé de consacrer à chacune des parties la durée suivante :

Lecture du dossier et des documents techniques.....	20 min
Partie 1 : vérification du débattement angulaire.....	50 min
Partie 2 : choix du nouveau moteur	60 min
Partie 3 : adaptation du réducteur et validation du choix du moteur	60 min
Partie 4 : adaptation du nouveau moteur	50 min

Dans les différentes parties beaucoup de questions ou groupe de questions sont indépendants.

Bien noter le numéro de la question avant votre réponse sur la feuille de copie.

Première partie : vérification du débattement angulaire

Objectif de l'étude : analyser le principe de fonctionnement du système et vérifier un des critères du cahier des charges.

1 – 1 En vous aidant des documents **DT 3**, **DT 4** et **DT 5**, compléter le diagramme FAST simplifié du document réponses **DR 1** en nommant les **constituants** qui réalisent les fonctions techniques.

1 – 2 En vous aidant des documents **DT 5** et **DT 6** et en désignant par :

G = {Galet, Couronne-maneton}

S = {Lyre, Tête de manœuvre, Bras de manœuvre}

1 – 2 – 1 Définir sur le document réponses **DR 1** :

- Le **mouvement de G / Bâti**.
- Le **mouvement de S / Bâti**.
- La **trajectoire de A ∈ S / Bâti** : $T_{A \in S/Bâti}$
- La **trajectoire de D ∈ G / Bâti** : $T_{D \in G/Bâti}$

1 – 2 – 2 Tracer sur le document réponses **DR 1** :

- en noir, $T_{A \in S/Bâti}$.
- en vert, $T_{D \in G/Bâti}$.
- en bleu, le **galet en fin de manœuvre** et le **bras (OA)** correspondant à cette position.

Remarque : la couronne-maneton effectue une course angulaire α totale de 256°.

1 – 3 Le cahier des charges (voir document **DT 2**) est-il respecté ? Justifier sur le document réponses **DR 1**.

Deuxième partie : choix du nouveau moteur

Objectif de l'étude : déterminer la puissance moteur nécessaire afin de choisir le nouveau moteur dans la documentation constructeur fournie (document Annexe).

2 – 1 Détermination de l'action du galet sur la lyre au point B (sur **DR 2**)

Hypothèses pour cette étude :

- L'étude sera faite dans le **plan (O, x, z)** pour la position donnée (position médiane).
- On désigne **S** = {Lyre, tête de manœuvre, bras de manœuvre}
- Les **liaisons** sont supposées **parfaites**.
- Les **poids** des différentes pièces sont **négligés**.

Données :

- Le cahier des charges nous impose un effort minimal de **400 daN** à appliquer au point A sur la tringle de manœuvre : l'effort de S/tringle de manœuvre au point A est donc tel que :
 - $\vec{A}_{S/Tringle}$ est porté par (A, x)
 - $|\vec{A}_{S/Tringle}| = 400 \text{ daN}$.
- Pour cette étude, le contact galet/S (lyre) est un **contact ponctuel** de normale (BD).

2 – 1 – 1 Isoler le **sous-ensemble S** et compléter sur le document **DR 2** le tableau recensant les **actions mécaniques extérieures appliquées à S**.

2 – 1 – 2 Déterminer graphiquement sur le document **DR 2** les **actions mécaniques extérieures appliquées à S** et reporter les **résultats** dans le tableau.

2 – 2 Calcul de la puissance restituée P_R à la couronne-maneton en sortie de réducteur (sur feuille de copie)

Hypothèses pour cette étude :

- L'étude sera faite pour la position donnée sur le document **DR 2**.
- Le **mouvement** de la couronne-maneton est supposé **uniforme**.
- On désigne **$G = \{\text{Galet, couronne-maneton}\}$** .
- Les **liaisons** sont supposées **parfaites**.
- Les **poids** des différentes pièces sont **négligés**.

2 – 2 – 1 Isoler le **sous-ensemble G** et déterminer analytiquement en appliquant le théorème du moment résultant au point C le **couple \mathcal{C}_R exercé par le réducteur sur G** . Répondre sur feuille de copie.

Donnée :

Quelque soit le résultat trouvé précédemment, l'effort de S/G au point B est tel que : $\left| \overrightarrow{B_{S/G}} \right| = 6500 \text{ N}$

Remarque :

Les dimensions sont à prendre sur le document **DR 2**, **attention : échelle $\frac{1}{2}$**

2 – 2 – 2 En vous aidant des documents **DT 4**, **DT 5** et **DT 7**, déterminer la **vitesse angulaire ω_R** du **sous-ensemble G** (couronne). Ce mouvement est **uniforme**.

Donnée :

Nous prendrons un temps de manœuvre T tel que **$T = 4 \text{ s}$** (voir cahier des charges **DT 2**).

Remarque :

En zone de calage (début et fin de manœuvre), le bras n'est pas actionné ; le débattement angulaire exclu donc ces zones : il est donc de **204°** .

2 – 2 – 3 Déterminer la **puissance restituée P_R** à la couronne-maneton en sortie de réducteur.

2 – 3 Calcul de la puissance moteur nécessaire P_M – Choix du moteur (sur feuille de copie)

2 – 3 – 1 À partir du document **DT 4**, Déterminer le **rendement global** de la transmission **η** .

Remarque :

On suppose le rendement du limiteur de couple égal à 1.

2 – 3 – 2 Calculer la **puissance moteur nécessaire P_M** .

Remarque :

Quelque soit le résultat trouvé précédemment, nous prendrons **$P_R = 320 \text{ W}$** .

2 – 3 – 3 À partir de la documentation Leroy Somer fournie (*Annexe*), indiquer en justifiant votre choix **le type (référence) de moteur adopté**.

Troisième partie : adaptation du réducteur et validation du choix du moteur

Objectif de l'étude : adapter le réducteur (choix des roues de l'engrenage 4) et valider le choix du moteur en s'assurant du respect du cahier des charges (critères cinématiques).

3 – 1 Adaptation du réducteur (sur feuille de copie)

3 – 1 – 1 Déterminer la **fréquence de rotation** de la **couronne** (sous-ensemble **G**) **N_G** .

Données :

$\theta_{\text{couronne}} = 204^\circ$ et $T = 4 \text{ s}$.

3 – 1 – 2 Déterminer le **rapport de réduction R** de la transmission.

Donnée :

Quelque soit le moteur choisi dans la deuxième partie, la fréquence de rotation du moteur N_M est de **2800 t.min⁻¹**.

3 – 1 – 3 En vous aidant du document **DT 4**, exprimer le **rapport de réduction R** en fonction du rapport de **chaque engrenage**.

Déterminer le **rapport de réduction de l'engrenage 4 r_4** et choisir la combinaison la mieux adaptée parmi celles proposées ci-dessous :

Engrenage 4	Pignon	Roue
Combinaison A	16 dents	46 dents
Combinaison B	14 dents	48 dents
Combinaison C	12 dents	50 dents

3 – 2 Vérification de la vitesse de la tringle de manœuvre (sur **DR 3**)

Hypothèses pour cette étude :

- L'étude sera faite pour la position donnée sur le document **DR 3**.
- Le **mouvement** de la couronne-maneton est supposé **uniforme**.
- On désigne par : **$G = \{\text{galet, couronne-maneton}\}$**
 $S = \{\text{lyre, tête de manœuvre, bras de manœuvre}\}$

3 – 2 – 1 À l'aide des documents **DT 5** et **DT 6**, Déterminer et tracer sur le document **DR 3** le vecteur Vitesse $\vec{V}_{BG/Bati}$.

Rappel :

$$N_M = 2800 \text{ t.min}^{-1}$$

Données :

$BC = 58 \text{ mm}$ (échelle du dessin : $\frac{1}{2}$) et **rapport de réduction du réducteur $R = 3,03 \times 10^{-3}$**

3 – 2 – 2 Déterminer et tracer les supports des vecteurs Vitesse $\vec{V}_{BCS/Bati}$ et $\vec{V}_{BCG/S}$

Remarque :

$\vec{V}_{BCG/S}$ appartient au **plan tangent de contact galet / lyre (G/S)**.

3 – 2 – 3 Appliquer la loi de **composition des vitesses** au point **B** et déterminer graphiquement les **intensités** des vecteurs Vitesse $\vec{V}_{BCS/Bati}$ et $\vec{V}_{BCG/S}$.

3 – 2 – 4 Déterminer graphiquement sur le document **DR 3**, le vecteur Vitesse $\vec{V}_{ACS/Bati}$.

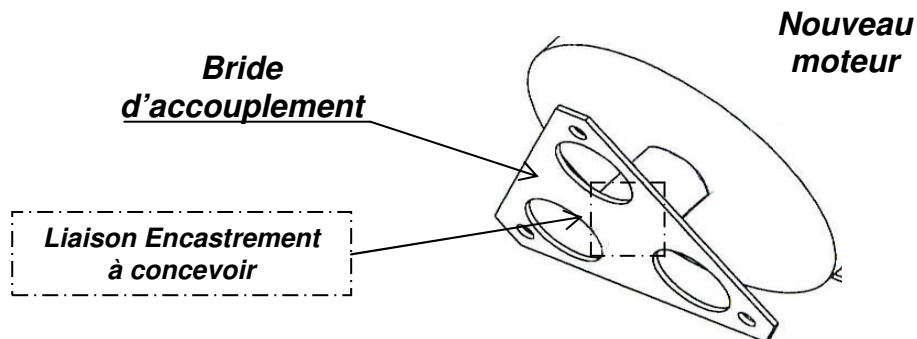
Donnée :

quel que soit le résultat de la question précédente, $|\vec{V}_{BCS/Bati}| = 49 \text{ mm.s}^{-1}$.

3 – 2 – 5 En consultant le cahier des charges (document **DT 2**), conclure sur le document **DR 3**.

Quatrième partie : adaptation du nouveau moteur

Il vous est demandé de concevoir la liaison **encastrement démontable** avec **clavetage** entre la bride d'accouplement et l'arbre moteur (nouveau moteur) :



Représenter cette **liaison encastrement** par :

- un dessin en **perspective éclatée** à main levée en respectant les proportions sur le document **DR 4**.

OU

- un **dessin 2 D** à l'échelle 1 (seule la coupe AA est à terminer de représenter) sur le document **DR 5**.

Première partie : vérification du débattement angulaire

1 – 1 FAST partiel simplifié

FT 11 Transmettre l'énergie nécessaire aux aiguilles

FT 111 Alimenter en énergie élec.

FT 112 Transformer l'énergie élec. en énergie méca.

FT 113 Éviter les surcharges en limitant le couple MAX.

FT 114 Adapter l'énergie méca.

FT 1141 Réduire la vitesse de rotation

FT 1142 Renvoyer le mouvement de rotation

Constituants

Connecteur étanche

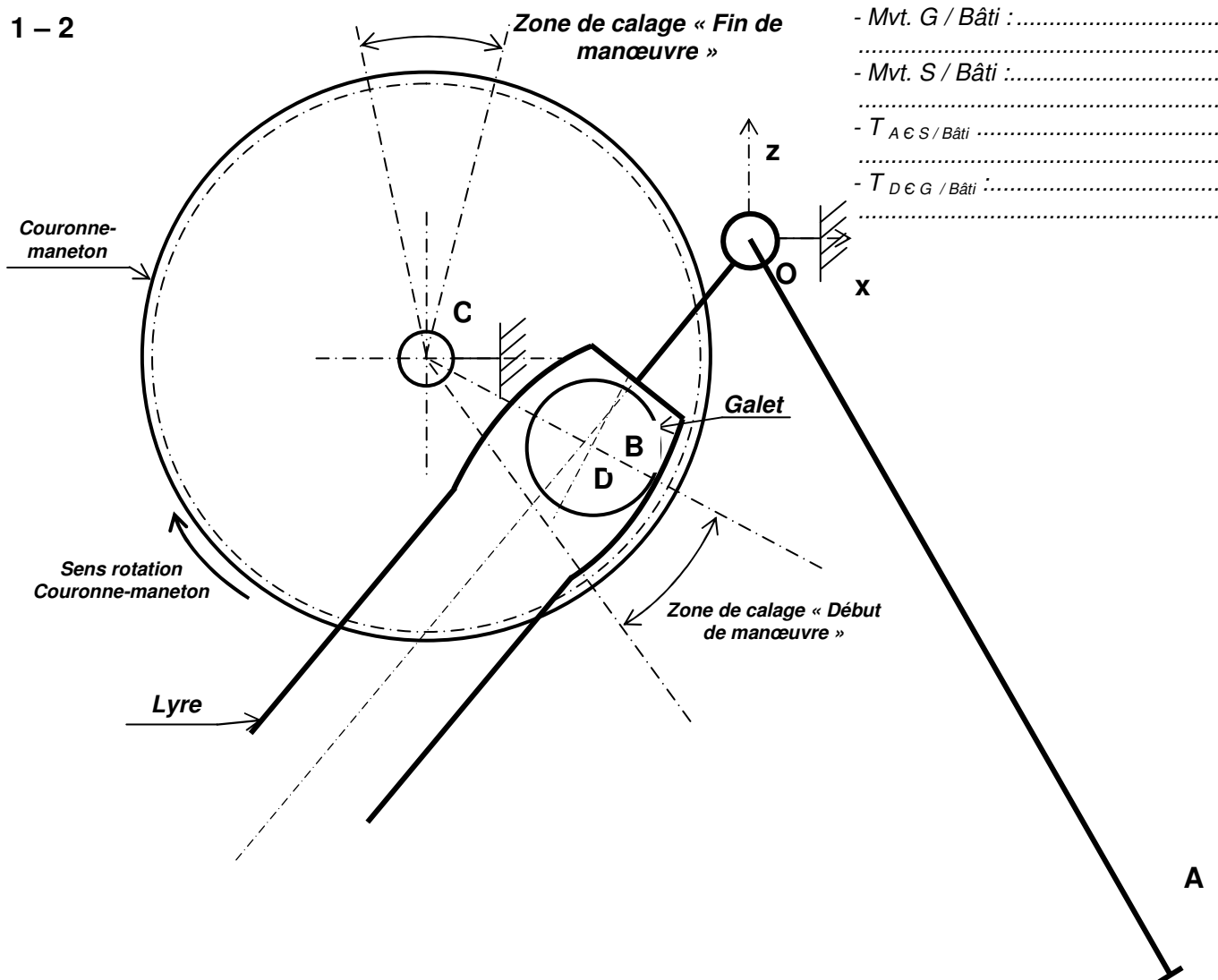
.....

.....

.....

.....

1 – 2



1 – 3

.....

.....

.....

.....

Deuxième partie : choix du nouveau moteur

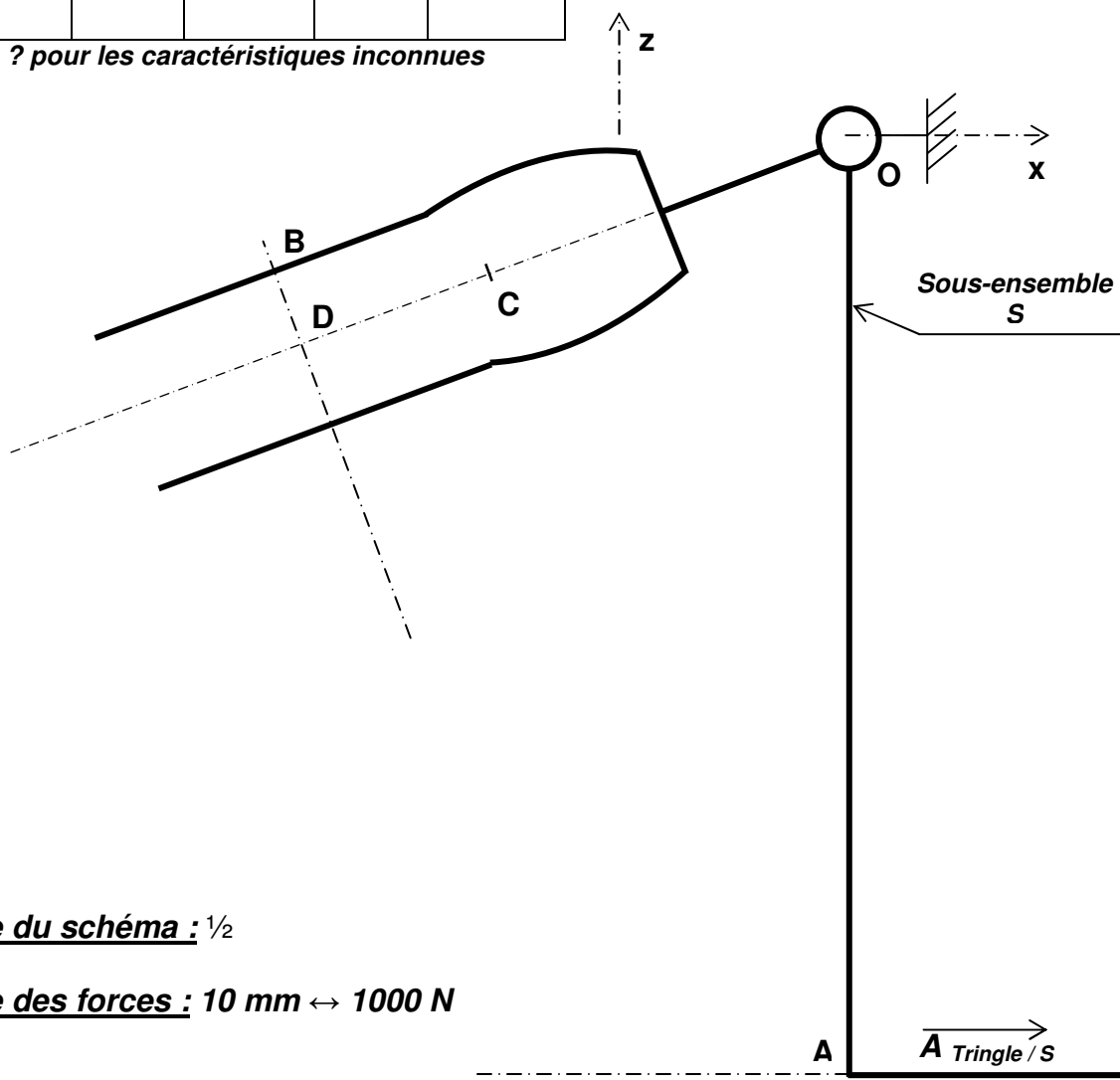
2 – 1 Détermination de l'action du galet sur la lyre au point B

2 – 1 – 1

Actions mécaniques extérieures au sous-ensemble S				
A. M.	Pt. appl.	Support	Sens	Intensité
$A_{\text{Tringle} / S}$	A	(A, x)	+ x	4000 N

Mettre ? pour les caractéristiques inconnues

2 – 1 – 2



Échelle du schéma : $\frac{1}{2}$

Échelle des forces : 10 mm \leftrightarrow 1000 N

RESULTATS		
A. M.	Pt. appl.	Intensité
$A_{\text{Tringle} / S}$	A	4000 N

3 – 2 Vérification de la vitesse de la tringle de manœuvre

3 – 2 – 1 $\overrightarrow{V_{B\epsilon G / Bati}}$

- Pt. Appl. :

- Support :

- Sens :

- Intensité :

3 – 2 – 2

Support de $\overrightarrow{V_{B\epsilon S / Bati}}$:

Support de $\overrightarrow{V_{B\epsilon G / S}}$:

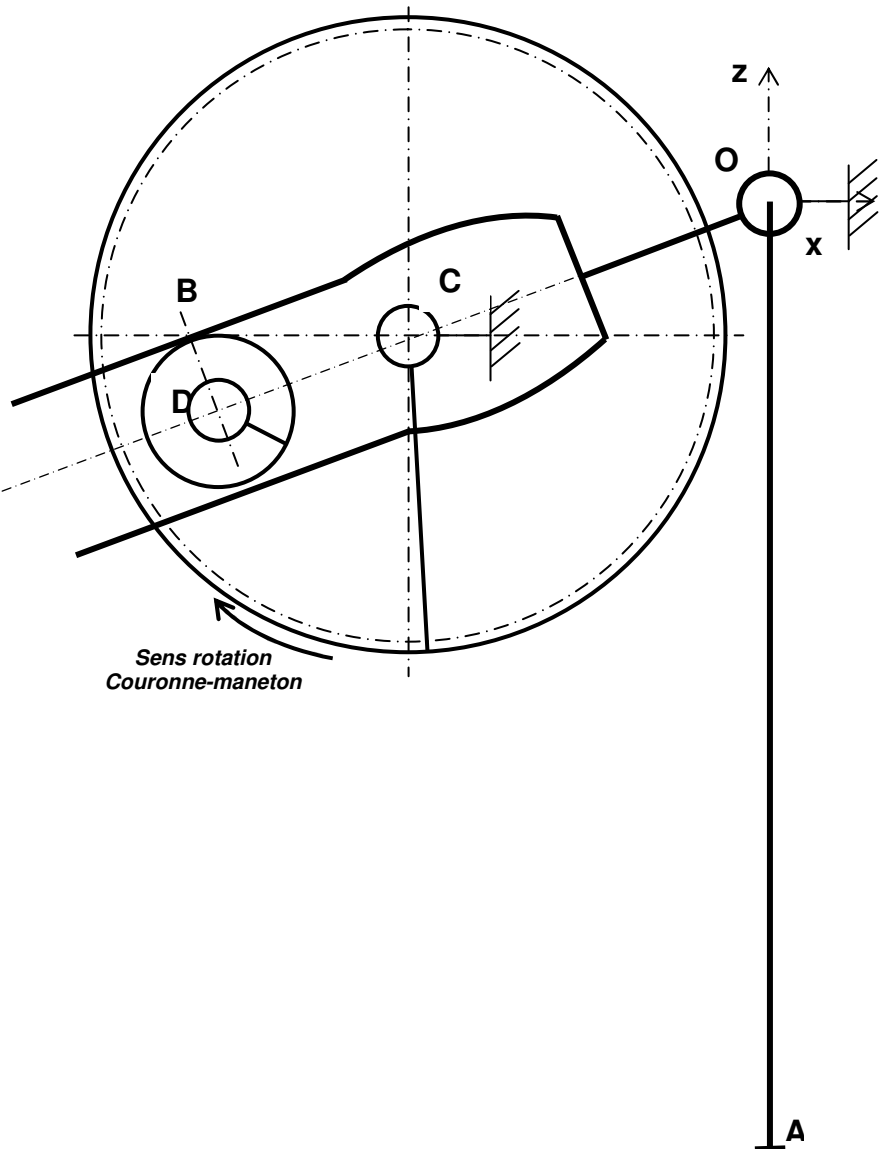
3 – 2 – 3 Composition des vitesses en B :

$|| \overrightarrow{V_{B\epsilon S / Bati}} || = \dots\dots\dots$

$|| \overrightarrow{V_{B\epsilon G / S}} || = \dots\dots\dots$

3 – 2 – 4

$|| \overrightarrow{V_{A\epsilon S / Bati}} || = \dots\dots\dots$



Échelle du schéma : 1/2

Échelle des vitesses : 10 mm \leftrightarrow 10 mm.s⁻¹

3 – 2 – 5

.....

.....

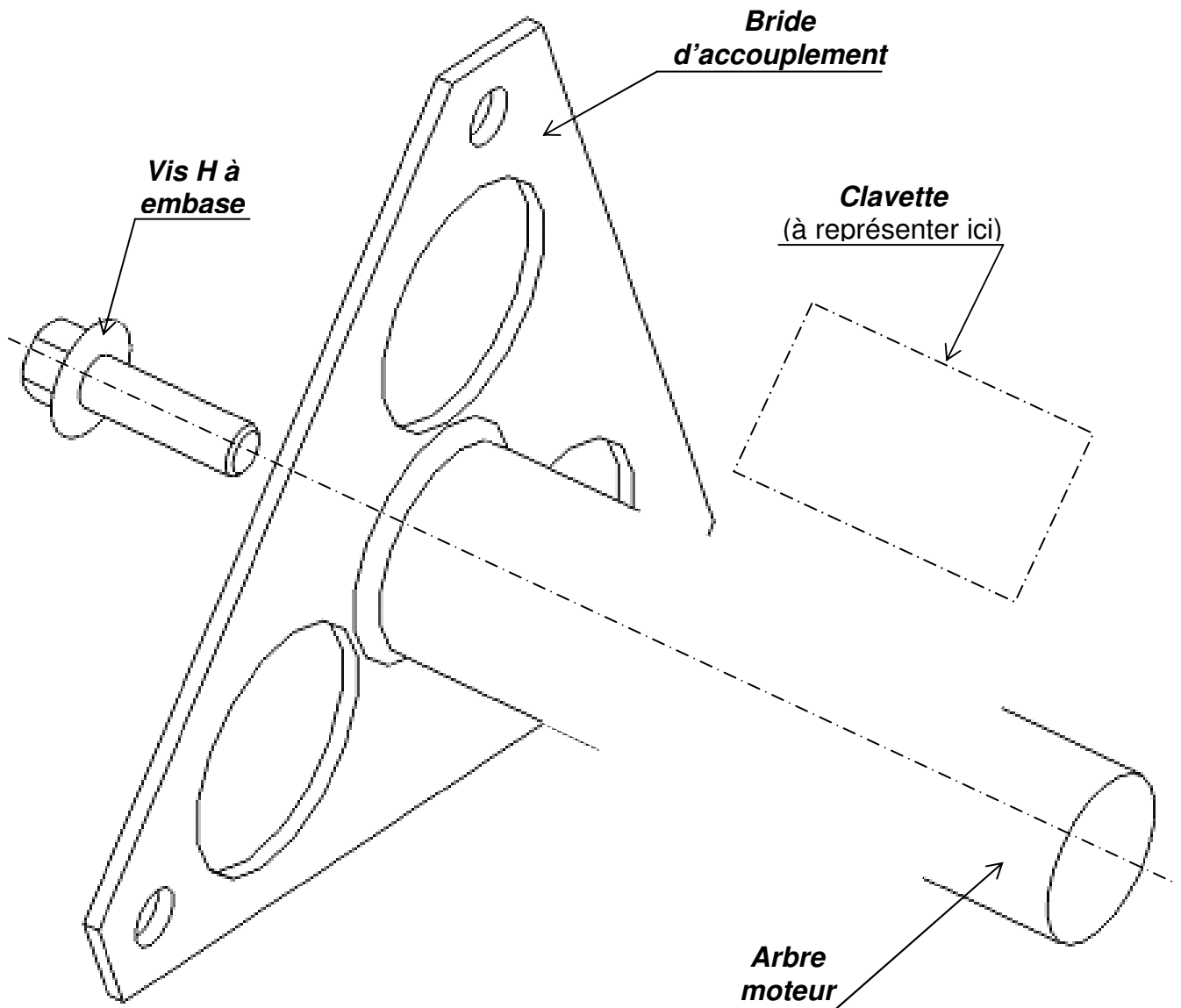
.....

.....

.....

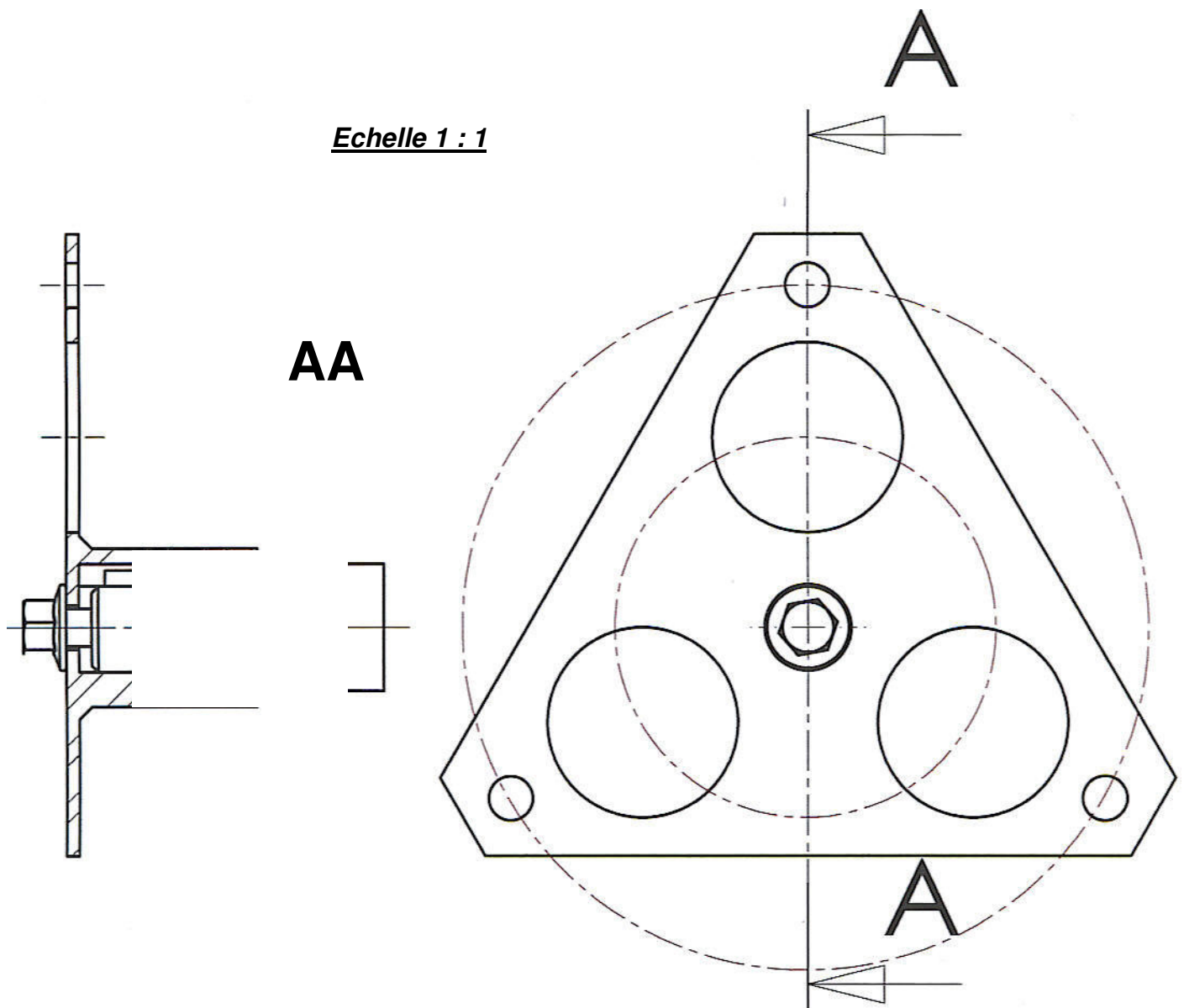
.....

Perspective éclatée



Remarque : ne pas représenter les arêtes cachées.

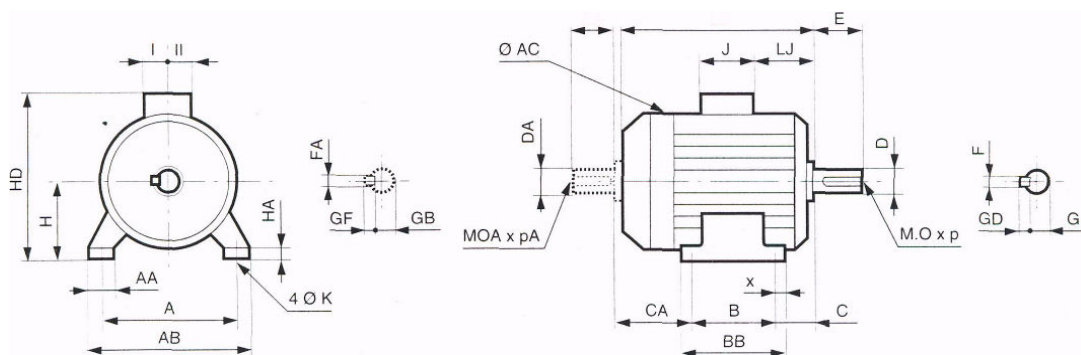
Représentation 2 D



Remarques :

- Seule la coupe AA est à compléter.
- Ne pas représenter les arêtes cachées.

Moteurs asynchrones triphasés fermés

Moteurs LS – IP 55 – 50 Hz – Classe F – ΔT 80 K – 230 V Δ / 400 V Y

Cotes d'encombrement (dimensions en mm)

Type	F	GD	D	G	E	O	P
LS56 L	3	3	9 j6	7	20	4	10
LS63 E ¹	4	4	11 j6	8.5	23	4	10
LS71 L	5	5	14 j6	11	30	5	15
LS 80 L	6	6	19 j6	15.5	40	6	16
LS 90 S/L	8	7	24 j6	20	50	8	19
LS100 L	8	7	28 j6	24	60	10	22
LS 112 M/MG/MU	8	7	28 j6	24	60	10	22
LS132S/M	10	8	38 k6	33	80	12	28
LS 160 M/L/MP/LR	12	8	42 k6	37	110	16	36
LS 180 MT/LR/L	14	9	48 k6	42.5	110	16	36
LS 200 LT/L	16	10	55 m6	49	110	20	42
LS 225 ST/MR/MK/M	18	11	60 m6	53	140	20	42
LS 250 MP/MT	18	11	65 m6	58	140	20	42
LS 250 MK	18	11	65 m6	58	140	20	42
LS 280 SP/MP	20	12	75 m6	67.5	140	20	42
LS280MK	20	12	75 m6	67.5	140	20	42

Type	Puissance nominale à 50 Hz P_M kW	Vitesse nominale N_M t.min ⁻¹	Intensité nominale I_N (400 V) A	Facteur de puissance $\cos \varphi$	Rendement η %	Courant dem. / Courant nom. I_D / I_N	Masse IM B3 kg
LS56 L	0.09	2740	0.3	0.75	60	4.2	3.8
LS56 L	0.12	2760	0.46	0.70	56	3.9	3.8
LS63 E	0.18	2790	0.5	0.75	67	5.5	4.8
LS63 E ¹	0.18	2790	0.5	0.75	67	5.5	4.8
LS63 E	0.25	2800	0.7	0.75	68	6.8	6
LS63 E ¹	0.25	2800	0.7	0.75	68	6.8	6
LS71	0.37	2800	0.95	0.80	68	4.8	6.4
LS71 L	0.55	2800	1.35	0.80	75	5	7.3
LS71	0.75	2810	1.8	0.82	75	6	8.3
LS 80 L	0.75	2840	1.6	0.87	76	5.9	9
LS80 L	1.1	2845	2.3	0.86	79.5	6.7	10.5
LS80 L	1.5	2850	3	0.88	81.5	7.5	11.5
LS90S	1.5	2870	3.2	0.82	82	7	15
LS90 L	1.8	2850	3.6	0.89	82	7.8	16
LS90 L	2.2	2850	4.3	0.90	82	7.5	18
LS100L	3	2860	6.3	0.83	82	7.6	21
LS 100 L	3.7	2870	7.8	0.84	81	8.6	23
LS112 M	4	2840	8.1	0.86	83	8	26
LS112MG	5.5	2925	11.1	0.85	84	8.1	36
LS 132 S	5.5	2925	11.1	0.85	84	8.1	37
LS 132 S	7.5	2920	15	0.84	86	8	48
LS132M	9	2945	17	0.87	87	8	58
LS132M	11	2940	20.7	0.87	88	8.5	72
LS160 MP	11	2935	20.4	0.87	89.5	8.5	60
LS160MP	15	2935	27.6	0.87	90	8.5	70
LS160 L	18.5	2940	33.1	0.89	90.6	8.2	105
LS180MT	22	2945	40.2	0.87	90.7	8.7	114
LS 200 LT	30	2950	50.9	0.92	92.5	9.2	160
LS 200 L	37	2960	63.5	0.91	92.5	8.4	185