



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.

Campagne 2012

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**EPREUVE E4**

**ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE**

SESSION 2012

Durée : 5 heures

Coefficient : 3

*Aucun document n'est autorisé*

Ce sujet contient 4 dossiers :

- Présentation de DP 1 à DP 2
- Questionnaire de DQ 1 à DQ 8
- Dossier Technique de DT 1 à DT 11
- Documents Réponses de DR 1 à DR 4

**Matériel Autorisé :**

- toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n° 99-186, 16/11/1999)

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

BTS : MAINTENANCE INDUSTRIELLE	Session 2012
Analyse Fonctionnelle et Structurelle - E4	Code : MIE4AFS12

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

SESSION 2012

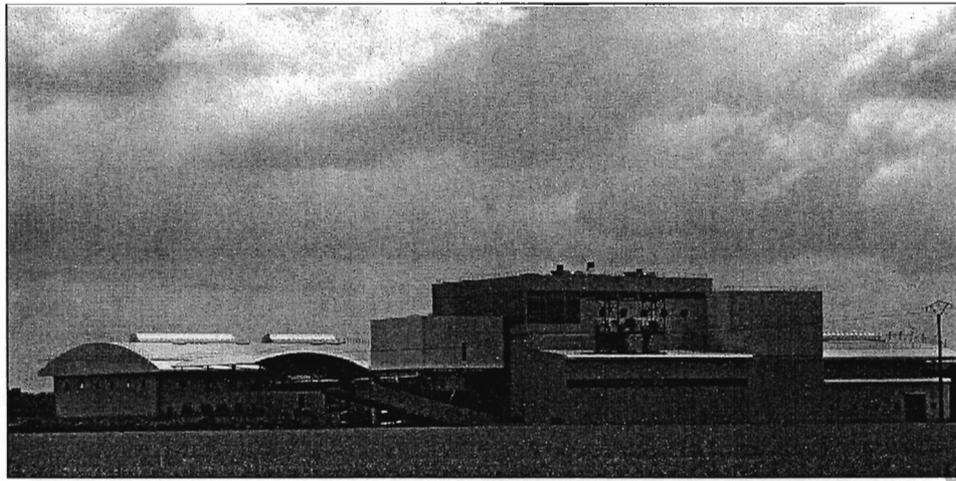
**EPREUVE E4  
ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE**

**PRESENTATION**

Ce Dossier de Présentation contient les documents : **DP 1** et **DP 2**

BTS : MAINTENANCE INDUSTRIELLE		Session 2012
Analyse Fonctionnelle et Structurelle - E4	Code : MIE4AFS12	

Base Nationale de l'enseignement professionnel  
réseau SCEREN



Le **SETOM** (Syndicat mixte pour l'Etude et le Traitement des Ordures Ménagères) gère les déchets de 250 000 habitants du département de l'Eure. Il regroupe 248 communes pour lesquelles il assure le tri, le traitement et la valorisation des déchets ménagers.

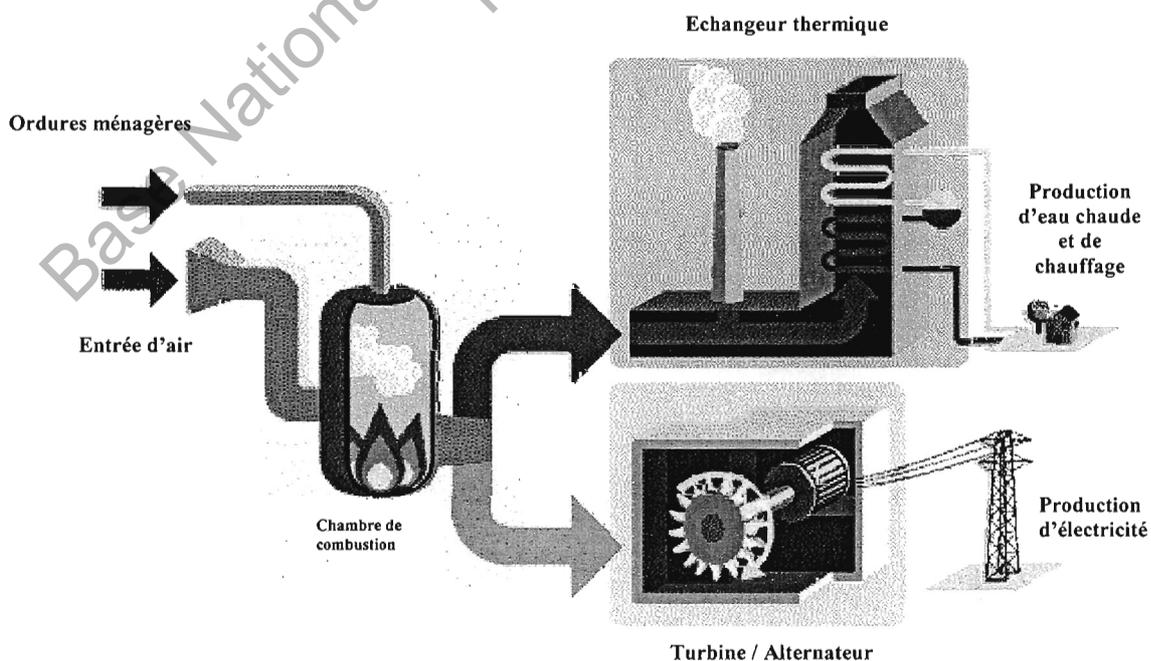
Une des principales filières du SETOM est donc la valorisation énergétique (Principe de la cogénération) par la production d'électricité à partir de l'incinération des ordures ménagères.

### Principe de la cogénération :

La cogénération est un système de production qui consiste à produire en même temps et dans la même installation de **l'énergie thermique** et de **l'énergie mécanique**. L'énergie thermique est utilisée pour le chauffage et la production d'eau chaude à l'aide d'un échangeur. L'énergie mécanique est transformée en **énergie électrique** grâce à un alternateur.

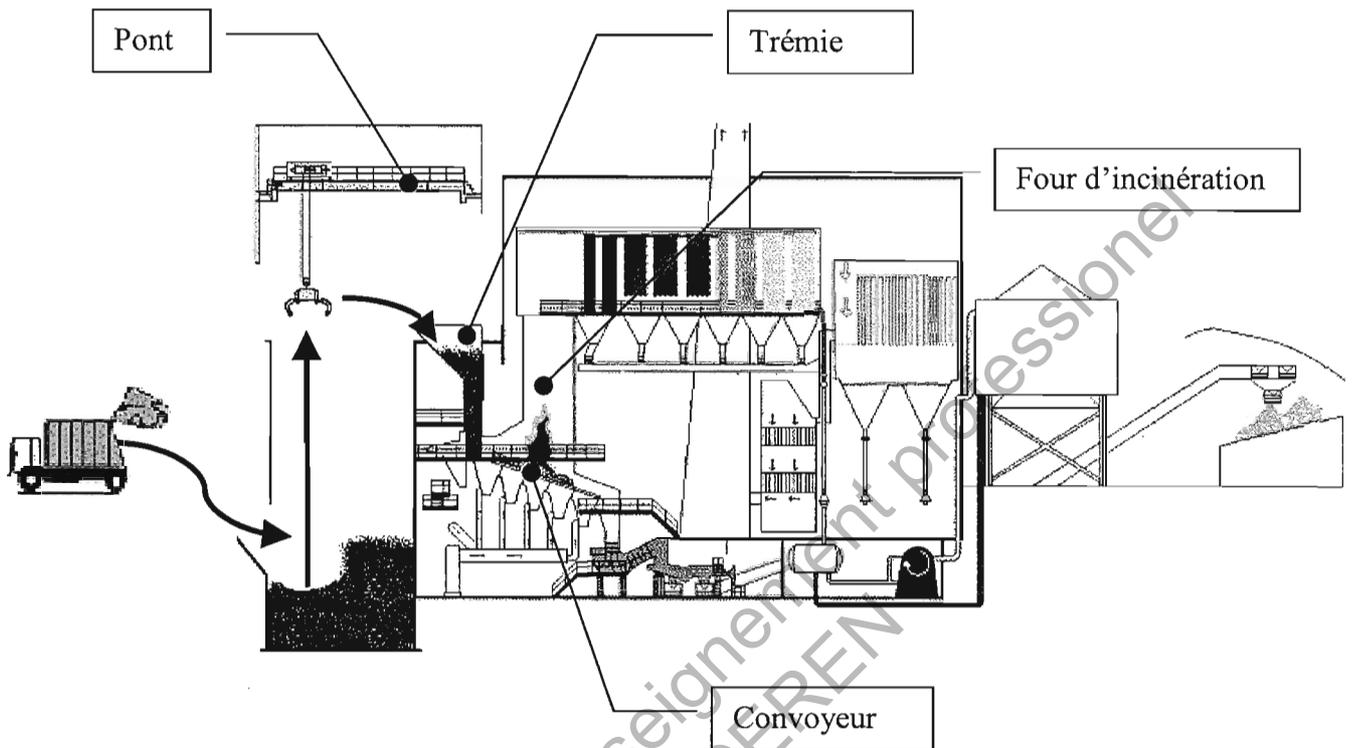
Les installations fonctionnent au gaz, au fioul, avec toute forme d'énergie locale (géothermie, biomasse...) ou sont liées à **la valorisation des déchets** (incinération des ordures ménagères).

Cette solution est intéressante d'un point de vue économique et environnemental.



La société Novergie Suez gère, pour le compte du SETOM, l'usine ECOVAL située à Guichainville près d'Evreux.

Cette usine est actuellement constituée de 2 lignes de fours alimentés par 2 ponts roulants de 63 kN.



La production d'électricité et de chaleur pour alimenter un réseau de chauffage urbain devrait passer à 85 000 MWh par an.

Dans ce but, un accroissement de la production de l'usine Ecoval nécessite **l'implantation d'une 3<sup>ème</sup> ligne de four.**

**On désire toutefois conserver les 2 ponts d'alimentation actuels.**

Les quantités traitées passeront alors de 90 000 tonnes à 110 000 tonnes par an. C'est ainsi que 75% des déchets du département de l'Eure seront éliminés à des coûts compétitifs.

**Une augmentation de 25% des capacités de chargement de chaque pont est donc envisagée.**

Le service maintenance est chargé en fonction de l'historique des défauts et pannes recensés sur ce matériel, de contrôler si les éléments mécaniques les plus sensibles pourront accepter ce surcroît d'utilisation.

Une poussière fine et pénétrante issue de déchets d'origines très diverses crée des conditions d'utilisation particulièrement sévères.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

SESSION 2012

**EPREUVE E4  
ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE**

**QUESTIONNAIRE**

Ce Dossier Questionnaire contient les documents : **DQ 1 à DQ 8**

**Remarque :**

- Durée conseillée pour la prise de connaissance du sujet : **15 min.**
- Les questions soulignées (ex : **Q 1.3.4**) sont **dépendantes** de la précédente

BTS : MAINTENANCE INDUSTRIELLE		Session 2012
Analyse Fonctionnelle et Structurelle - E4	Code : MIE4AFS12	

## Problème technique 1:

En raison d'une **augmentation des capacités de chargement du pont**, le service maintenance doit s'assurer que les éléments mécaniques peuvent admettre une augmentation de la charge soulevée de l'ordre de 25 % .

## Problème technique 2:

Afin d'assurer une meilleure gestion des quantités d'ordures ménagères traitées et en particulier de contrôler et de totaliser ces quantités, le service maintenance doit **implanter un capteur d'effort** au niveau du levage.

Le central de gestion des déchets pourra ainsi, en temps réel, superviser et mémoriser les quantités traitées.

Ce capteur d'effort doit également répondre aux nouvelles exigences du problème technique 1.

## Problème technique 3:

Le milieu environnant crée des conditions particulièrement sévères d'utilisation au niveau des articulations entre le corps du grappin et les pinces de préhension et un jeu apparaît, parfois, au niveau de certaines articulations.

Une **pré-étude des nouvelles sollicitations dans les articulations du grappin** est donc envisagée afin de décider s'il est nécessaire de reconcevoir ces liaisons.

1.	<b>AUGMENTATION DES CAPACITES DE CHARGEMENT DU PONT</b>	
	Barème : <b>30 points</b>	Durée conseillée : <b>2 h 35 min</b>

### **1.1 : APPROCHE FONCTIONNELLE DU PONT**

<b>Q 1.1</b>	Documents à consulter : <b>DT 1, DT 2, DT 3</b>	Répondre sur : <b>DR 1</b>
--------------	---	----------------------------

- Compléter le diagramme FAST du document **DR 1**, en donnant l'élément et le repère des différents actionneurs permettant les déplacements du grappin dans les trois directions.

### **1.2 : JUSTIFICATION DE LA CONCEPTION DE L'ENSEMBLE POINT FIXE**

- *Seule la fonction technique FT 1.3. « Déplacer le grappin en translation selon l'axe Z » sera étudiée dans cette phase de l'étude.*
- *Le mouvement du grappin est obtenu par l'intermédiaire d'un moufle dont les 2 câbles métalliques sont nommés « Torons » repérés réciproquement « I » et « II »*
- *Ces 2 câbles s'enroulent d'un côté sur le tambour Ø 360 du treuil, alors que les autres extrémités sont accrochées sur un élément nommé « Ensemble point fixe »*

<b>Q 1.2.1</b>	Documents à consulter : <b>DT 4, DT 6</b>	Répondre sur : <b>DR 1</b>
----------------	---	----------------------------

- Compléter, sur le document **DR 1**, le graphe des liaisons de l'ensemble point fixe et indiquer pour chacune des liaisons son nom et son orientation.  
*Remarque* : L'axe (3) fait partie de la classe d'équivalence de (2) ou de celle de (1) indifféremment.

<b>Q 1.2.2</b>	Documents à consulter : <b>DT 6</b>	Répondre sur : <b>DR 1</b>
----------------	-------------------------------------	----------------------------

- Représenter, sur **DR 1**, la liaison au point O entre l'axe de balancier (7) et le balancier (2).

<b>Q 1.2.3</b>	Documents à consulter : <b>DT 4, DT 5, DT 6</b>	Répondre sur feuille de copie
----------------	---	-------------------------------

- Justifier la nécessité de la liaison entre le balancier (2) et l'axe de balancier (7).
- Justifier la nécessité de la liaison entre le balancier (2) et le palonnier (1).  
Vous appuierez utilement vos explications sur des schémas.

### 1.3 : REDIMENSIONNEMENT DE LA MOTORISATION DU TAMBOUR D'ENROULEMENT

- On désire augmenter la capacité de soulèvement de 25 %.
- Cette modification implique le remplacement du moteur du treuil.
- La connaissance entre autre du couple maximum exercé sur le tambour d'enroulement est donc nécessaire.

<b>Q 1.3.1</b>	Documents à consulter : <b>DT 2, DT 3</b>	Répondre sur feuille de copie
----------------	---	-------------------------------

- La capacité actuelle du grappin est de 2,8 tonnes. Déterminer la masse Q, en tonnes, d'ordures ménagères que l'on envisage de soulever désormais.

<b>Q 1.3.2</b>	Documents à consulter : <b>DT 2, DT 7</b>	Répondre sur feuille de copie
----------------	---	-------------------------------

- En utilisant les caractéristiques des mouvements données sur le document technique **DT 7**, calculer l'accélération du grappin au début du levage

- 
- On considère l'ensemble (S), en mouvement de translation suivant l'axe Z.
  - Cet ensemble est constitué du nouveau grappin (**Mg = 4 tonnes**), des ordures ménagères (**Mom = 3,5 tonnes**) et du moufle (de masse négligée devant celles du grappin et des ordures ménagères).
    - La course de levage s'effectue sur 27,5 m. On considère donc les torons parallèles.
    - On adoptera comme accélération du grappin  $a = 0,5 \text{ m.s}^{-2}$
    - On prendra comme accélération de la pesanteur  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
    - Le diamètre du tambour d'enroulement est de 360 mm.

<b>Q 1.3.3</b>	Documents à consulter : <b>DT 2, DT 4, DT 5</b>	Répondre sur feuille de copie
----------------	---	-------------------------------

- En appliquant, à l'ensemble (S), le Théorème de la Résultante Dynamique issu du Principe Fondamental de la Dynamique, déterminer la valeur de l'action mécanique maximum exercée sur **chaque brin** des torons lors de la phase d'accélération.

Remarques:

- **Faire apparaître le plan de l'étude.**
- **Modéliser sur un schéma les actions mécaniques exercées sur l'ensemble (S).**

<b>Q 1.3.4</b>	Documents à consulter : <b>DT 2, DT 4, DT 5</b>	Répondre sur feuille de copie
----------------	---	-------------------------------

- En fonction du résultat précédent, donner l'expression et calculer le moment du couple exercé sur le tambour d'enroulement. *Remarque : Seule l'inertie de l'ensemble (S) sera pris en compte*
- Quelles autres caractéristiques faut-il déterminer pour dimensionner le nouveau moteur du treuil ?

#### 1.4 : VERIFICATION DES ROULEMENTS DES GALETS DE PONT

- Les capacités de soulèvement étant augmentées de 25 %, on désire contrôler si les roulements des galets du pont pourront supporter cette modification.

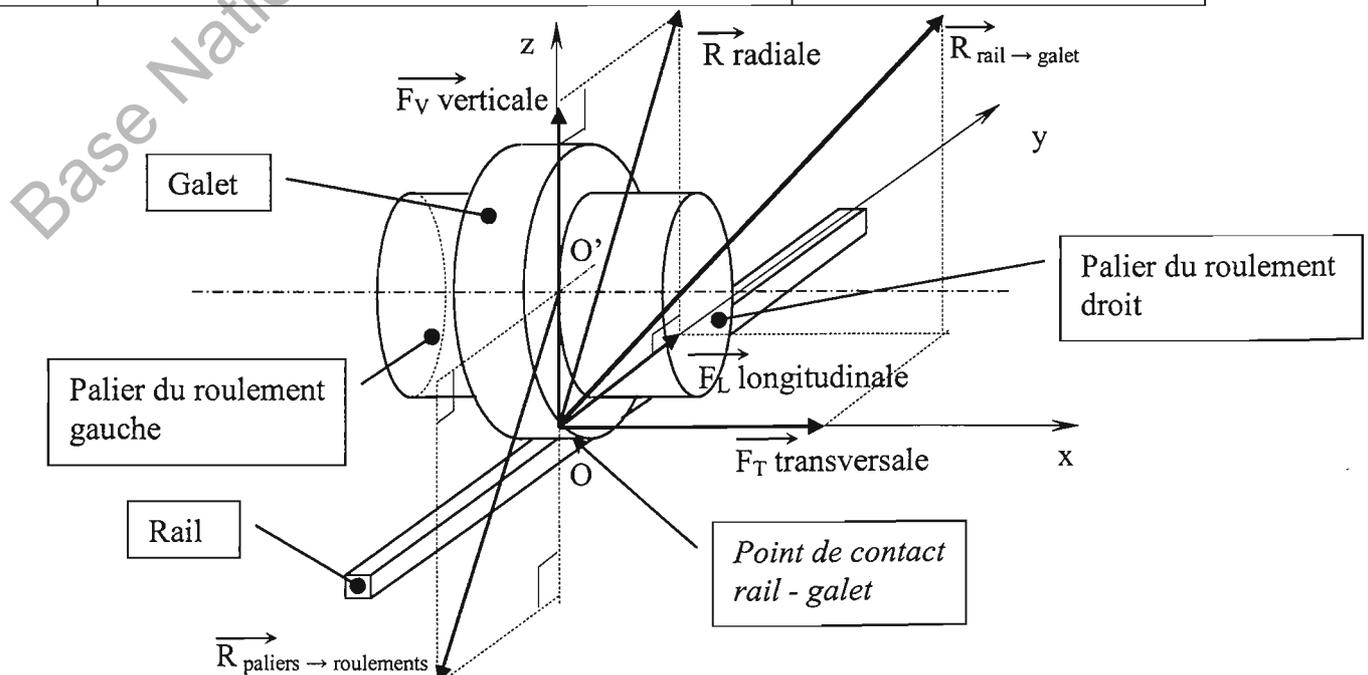
<b>Q 1.4.1</b>	Documents à consulter : <b>DT 2, DT 7</b>	Répondre sur : <b>DR 2</b>
----------------	---	----------------------------

- Dans la situation existante, et en consultant le tableau du document **DT 7** relatif aux réactions sur les galets de pont, indiquer, sur **DR 2**, le galet le plus sollicité qui risque de se détériorer en premier.
- Préciser, dans quel cas, pour quelle position du chariot.

<b>Q 1.4.2</b>	Documents à consulter : <b>DT 2, DT 7</b>	Répondre sur feuille de copie
----------------	---	-------------------------------

- L'augmentation des capacités de soulèvement de 25 %, correspond à une augmentation de la masse des ordures ménagères de **0,7 tonne**.
- La modification du grappin est donc nécessaire. Sa masse de 3.5 tonnes augmentera de **0,5 tonne**.
- On prendra comme accélération de la pesanteur  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .
  - Calculer l'augmentation de poids  $\Delta P_1$
- Pour prendre en compte les effets dynamiques et l'augmentation de poids  $\Delta P_1$ , on considèra une augmentation de charge globale  $\Delta F = 1260 \text{ daN}$ .
  - Calculer l'augmentation de charge sur un seul galet.
  - En déduire la nouvelle composante verticale de l'action du rail sur le galet le plus sollicité.

<b>Q 1.4.3</b>	Documents à consulter : <b>DT 2, DT 7</b>	Répondre sur feuille de copie
----------------	---	-------------------------------



- Déterminer la valeur de la résultante  $\vec{R}_{\text{radiale}} = \vec{F}_V \text{ verticale} + \vec{F}_L \text{ longitudinale}$  dans le cas d'un freinage d'urgence.
- Quelle est alors la valeur de la composante horizontale  $\vec{F}_T \text{ transversale}$  ?

- Le guidage en rotation du galet est réalisé par l'intermédiaire de deux roulements de marque SKF à rotule sur rouleaux et à alésage cylindrique.

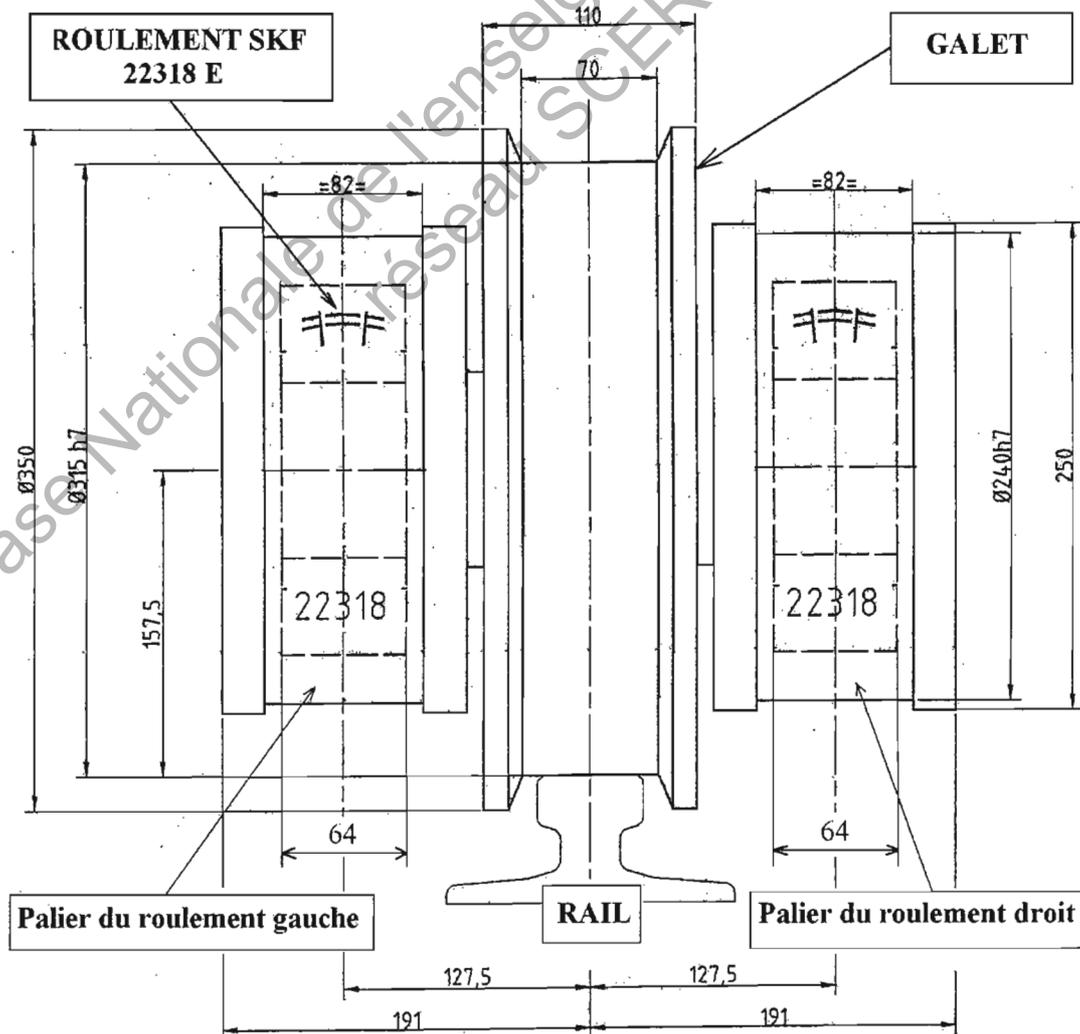
- La valeur de la norme de la résultante :  $\|\vec{R}_{\text{paliers} \rightarrow \text{roulements}}\| = \|\vec{R}_{\text{radiale}}\|$

- La résultante  $\vec{R}_{\text{paliers} \rightarrow \text{roulements}}$  se répartit de manière égale sur les deux roulements.

La valeur trouvée à la question Q 1.4.3 est majorée, par sécurité, à 10 000 daN

- La force  $\vec{F}_T$  transversale est exercée sur l'ensemble formé par le galet et les deux roulements. En raison du montage adopté, celle-ci est supportée uniquement par le roulement de gauche. C'est donc ce roulement que l'on étudiera.

- La force axiale supportée par ce roulement correspond donc à la force  $\vec{F}_T$  transversale.



**Q 1.4.4**Documents à consulter : **DT 8**

Répondre sur feuille de copie

- A l'aide des documents SKF, calculer la charge statique équivalente  $P_0$ .

Avec :  $X_0$  = coefficient radial du roulement = 1 dans le cas du roulement étudié.

$Y_0$  = coefficient axial du roulement à relever sur le document constructeur **DT 8**

- A l'aide des documents SKF, calculer la charge statique de base nécessaire  $C_0$ .

Avec :  $s_0$  = coefficient de sécurité statique.

**En raison des conditions particulièrement sévères d'utilisation, on prendra  $s_0 = 6$**

- Comparer la valeur déterminée avec la valeur maximum admissible.
- Conclure.

- 
- On désire vérifier si le calcul de la durée de vie s'impose dans le cas de ce roulement. Pour cela la connaissance de la fréquence de rotation du galet (identique à celle du roulement) s'impose.

**Q 1.4.5**Documents à consulter : **DT 2, DT 7, DQ 4**

Répondre sur feuille de copie

- Calculer la fréquence de rotation du galet.
- Conclure sur la nécessité d'un calcul de la durée de vie du roulement.

**2.****IMPLANTATION D'UN CAPTEUR D'EFFORT**Barème : **23 points**Durée conseillée : **1 h 45 min****2.1 : GAMME OPERATOIRE DU MONTAGE DE L'AXE (3) DE L'ENSEMBLE POINT FIXE****Q 2.1**Documents à consulter : **DT 6**Répondre sur : **DR 2**

- Compléter, sur le document **DR 2**, le tableau de la gamme opératoire du montage de l'axe (3). Préciser les opérations (*verbe à l'infinitif*), leur numéro d'ordre, les outillages éventuellement nécessaires et les remarques (*positions, précautions de montage, ...*).  
L'opération est réalisée dans l'atelier maintenance, ensemble des pièces démontées.

**2.2 : RESISTANCE DE L'AXE DE L'ENSEMBLE POINT FIXE**

- On s'intéresse à la pression de contact maximum entre le palonnier (1) et l'axe (3).
  - L'étude 1 a permis de définir la valeur de l'action mécanique du palonnier (1) sur l'axe (3). Cette valeur sera arrondie à 40 kN.
  - Le palonnier (1) et l'axe (3) sont en acier.  
On admettra une pression maximum admissible de 70 MPa.
  - L'ajustement est un  $\varnothing 35 H7g6$ .
  - La longueur d'un contact est de 20 mm.

Q 2.2.1	Documents à consulter : DT 4, DT 6	Répondre sur feuille de copie
---------	------------------------------------	-------------------------------

- En plus de la pression de contact, à quel type de sollicitation mécanique est soumis l'axe (3) ?

Q 2.2.2	Documents à consulter : DT 6, DT 9	Répondre sur : DR 2 et feuille de copie
---------	------------------------------------	---

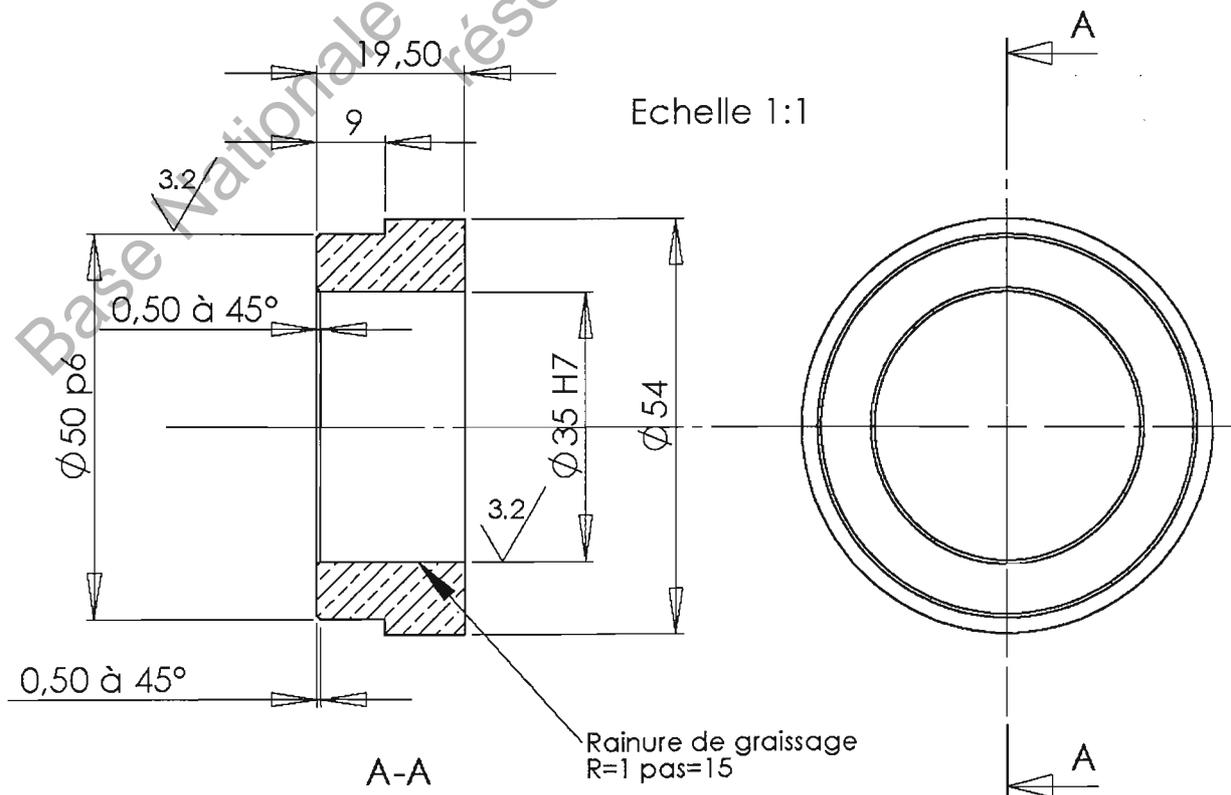
- A l'aide du document technique DT 9, compléter le tableau du document DR 2 relatif aux cotes tolérancées de l'alésage du palonnier (1) et de l'axe (3).
- Identifier la configuration de contact la plus pénalisante en terme de pression.
- Calculer la pression de contact maximum :  $p_{\max}$
- Conclure sur les risques de détérioration au niveau du contact

### 2.3 : CHOIX ET IMPLANTATION DE L'AXE DYNAMOMETRIQUE

- Afin de totaliser et contrôler les quantités de déchets ménagers manipulés, on désire remplacer l'axe (3) actuel entre le palonnier (1) et le balancier (2) par un axe dynamométrique équipé d'un capteur d'efforts.
- Celui-ci doit résister à une charge de 40 kN.

Q 2.3.1	Documents à consulter : DT 6, DT 10, DT 11	Répondre sur : DR 2
---------	--	---------------------

- A la lecture des documents constructeurs, indiquer, sur le document DR 2, le type d'axe dynamométrique à commander.
- Préciser le code de commande correspondant à un axe dynamométrique en version à variantes :
  - sans graisseur
  - en connexion électrique : PG axial
  - avec un câble de raccordement de 6 m
- Il est envisagé d'interposer à la place des entretoises (5) deux bagues de protection afin de préserver l'axe dynamométrique d'une pression trop importante qui risquerait de le détériorer prématurément.



Q 2.3.2

Documents à consulter : DT 6, DT 10, DT 11

Répondre sur : DR 3

- Sur la coupe AA et à l'échelle 1:1 du document DR 3, représenter l'implantation de l'axe.
- Représenter, à gauche, tout détail nécessaire à la compréhension de cette implantation.
- Indiquer les ajustements importants du montage.

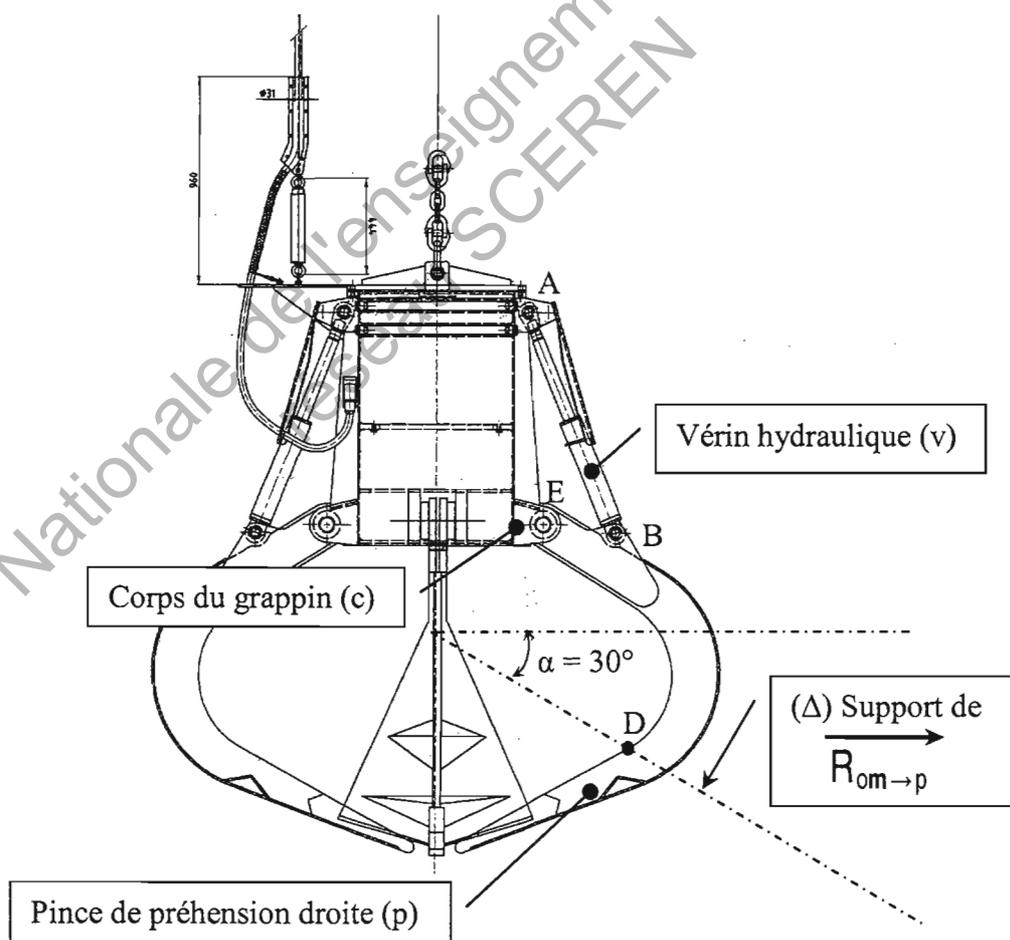
3.

### PRE-ETUDE DES NOUVELLES SOLLICITATIONS DANS LES ARTICULATIONS DU GRAPPIN ET DE LA PRESSION HYDRAULIQUE

Barème : 7 points

Durée conseillée : 25 mn

- Lors de la prise d'une quantité maximum d'ordures ménagères, les pinces de préhension sont soumises à l'effort maximum qu'elles peuvent supporter.
- Dans la situation existante, la valeur actuelle de l'effort dans l'articulation entre le corps du grappin et les pinces de préhension est de 10.900 daN.
- Dans la nouvelle configuration, la valeur de l'effort entre les ordures ménagères et les pinces de préhension est de 3.300 daN. Son support est connu.
- On se propose de déterminer la pression d'alimentation du vérin et de vérifier s'il y a nécessité de reconcevoir les liaisons.



- Diamètre intérieur de la chambre du vérin : 80 mm
- Diamètre de la tige du vérin : 56 mm
- Rendement du vérin  $\eta = 0,95$

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**SESSION 2012**

**EPREUVE E4  
ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE**

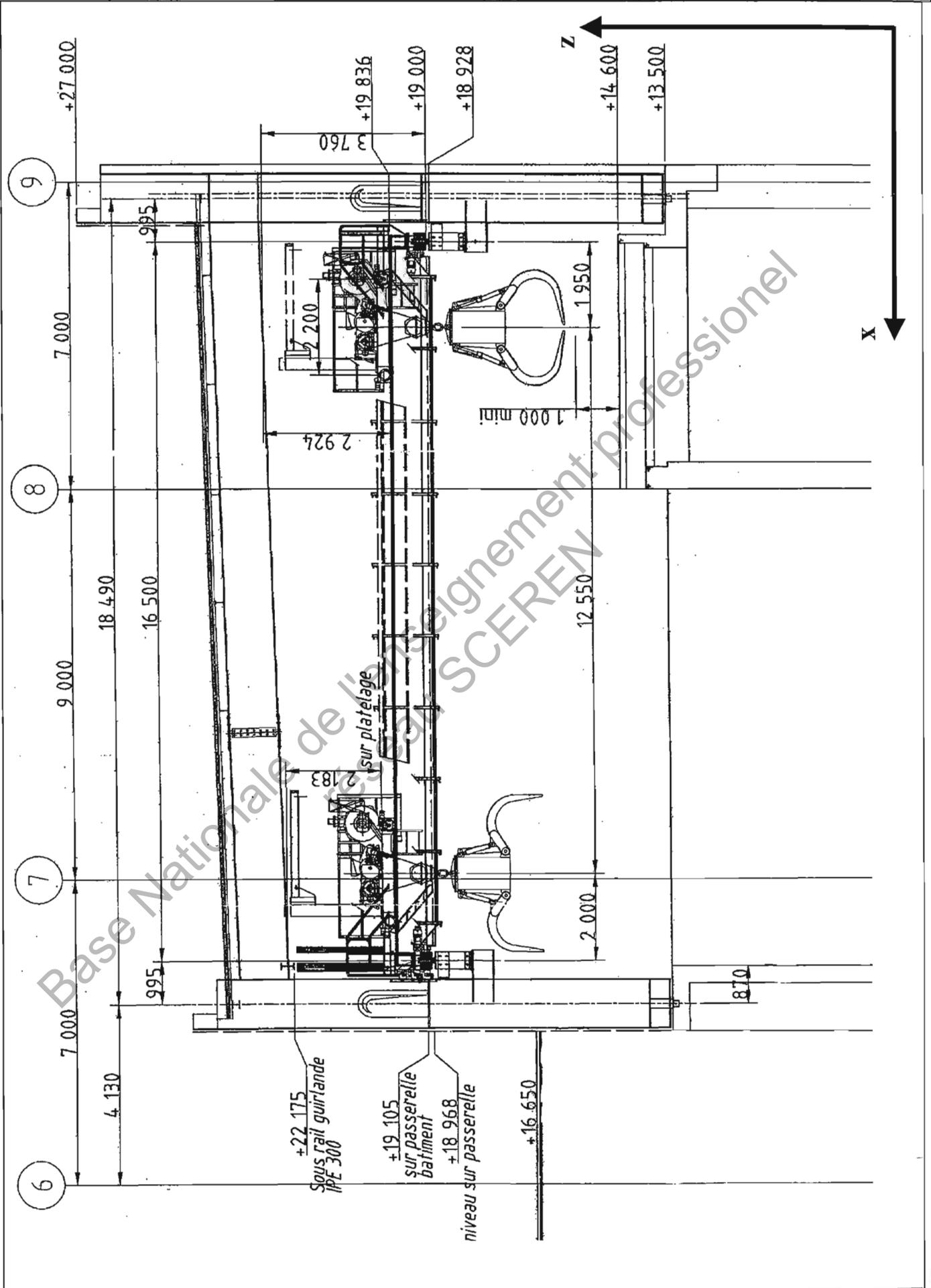
**DOSSIER TECHNIQUE**

Ce **Dossier Technique** contient les documents : **DT 1 à DT 11**

<b>BTS : MAINTENANCE INDUSTRIELLE</b>		<b>Session 2012</b>
<b>Analyse Fonctionnelle et Structurelle - E4</b>	<b>Code : MIE4AFS12</b>	

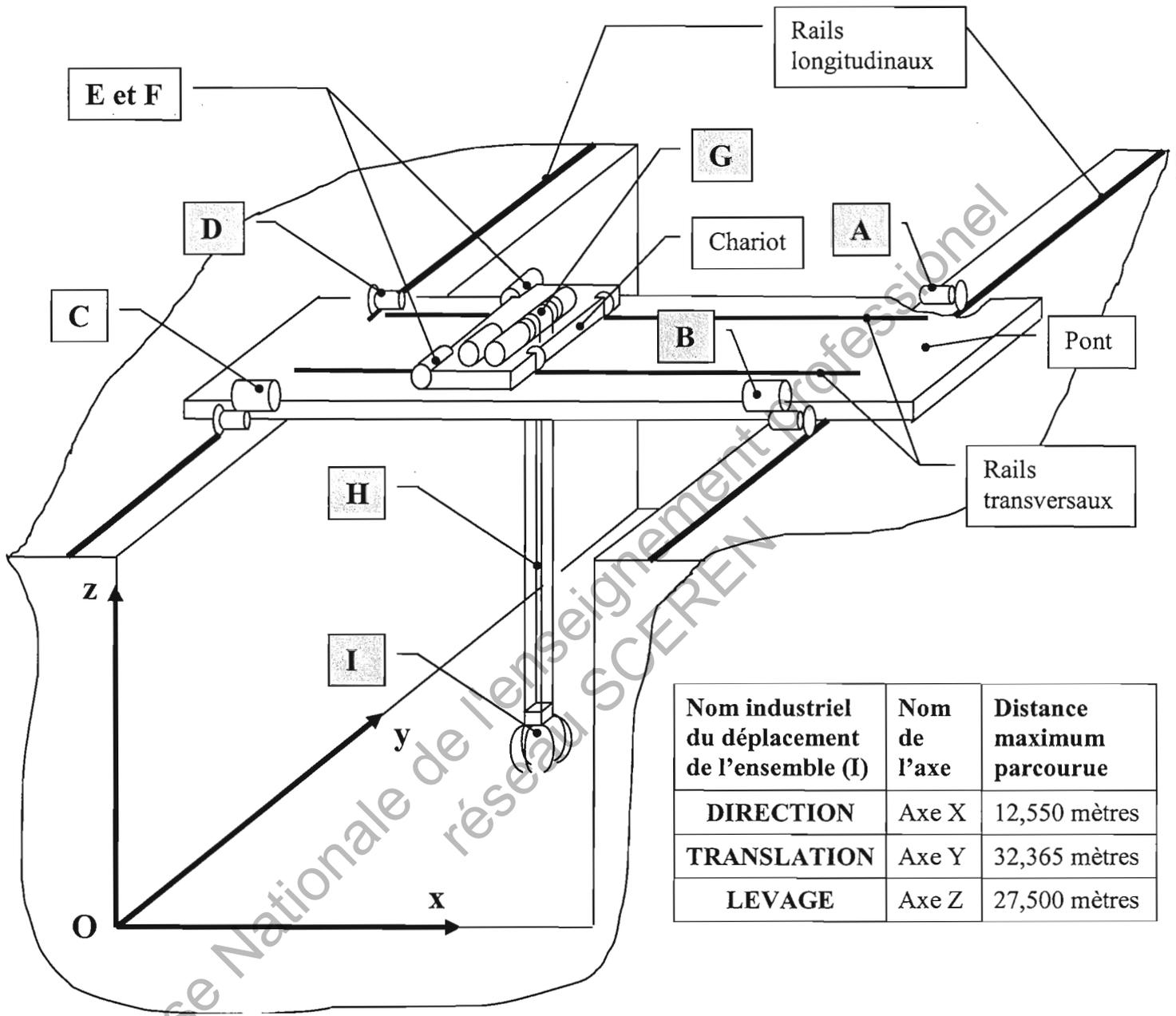
Base Nationale de l'enseignement  
réseau SCEREN  
professionnel

# PRESENTATION GENERALE



# Pont Ordures Ménagères 63 kN

## - Schéma de mise en situation -



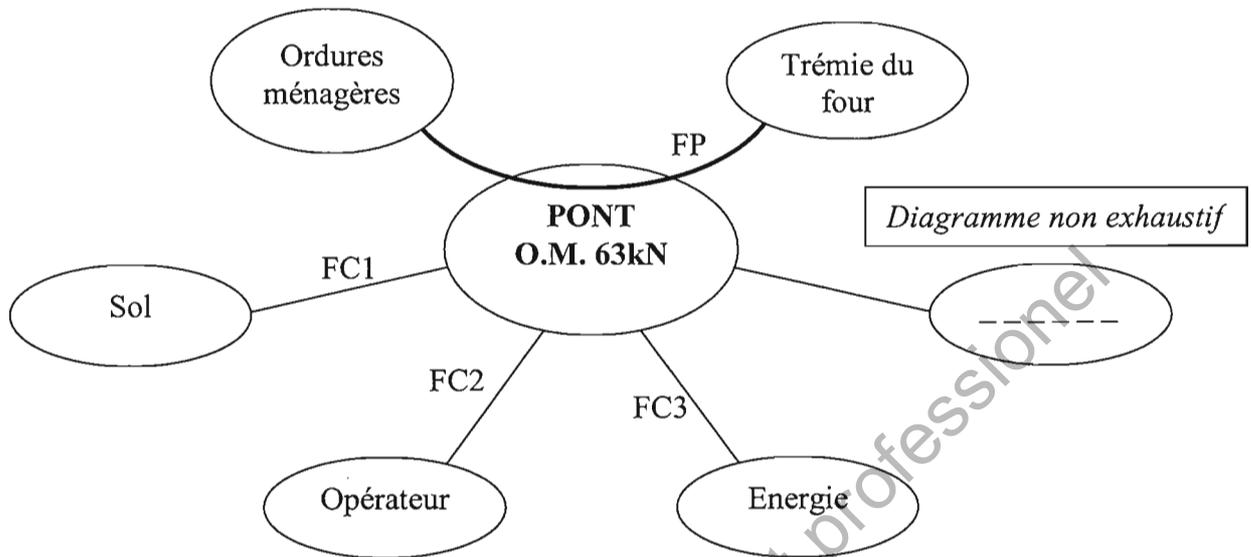
Nom industriel du déplacement de l'ensemble (I)	Nom de l'axe	Distance maximum parcourue
DIRECTION	Axe X	12,550 mètres
TRANSLATION	Axe Y	32,365 mètres
LEVAGE	Axe Z	27,500 mètres

Repère	Eléments
A et D	Galets porteurs du pont
B et C	Galets moteurs et Motoréducteurs du pont
E et F	Galets moteurs et Motoréducteurs du chariot
G	Treuil
H	Torons (câbles métalliques)
I	Moufle et Grappin

# Diagramme « pieuvre » du Pont O.M. 63 kN

## Méthode APTE

(Application aux Techniques d'Entreprise)



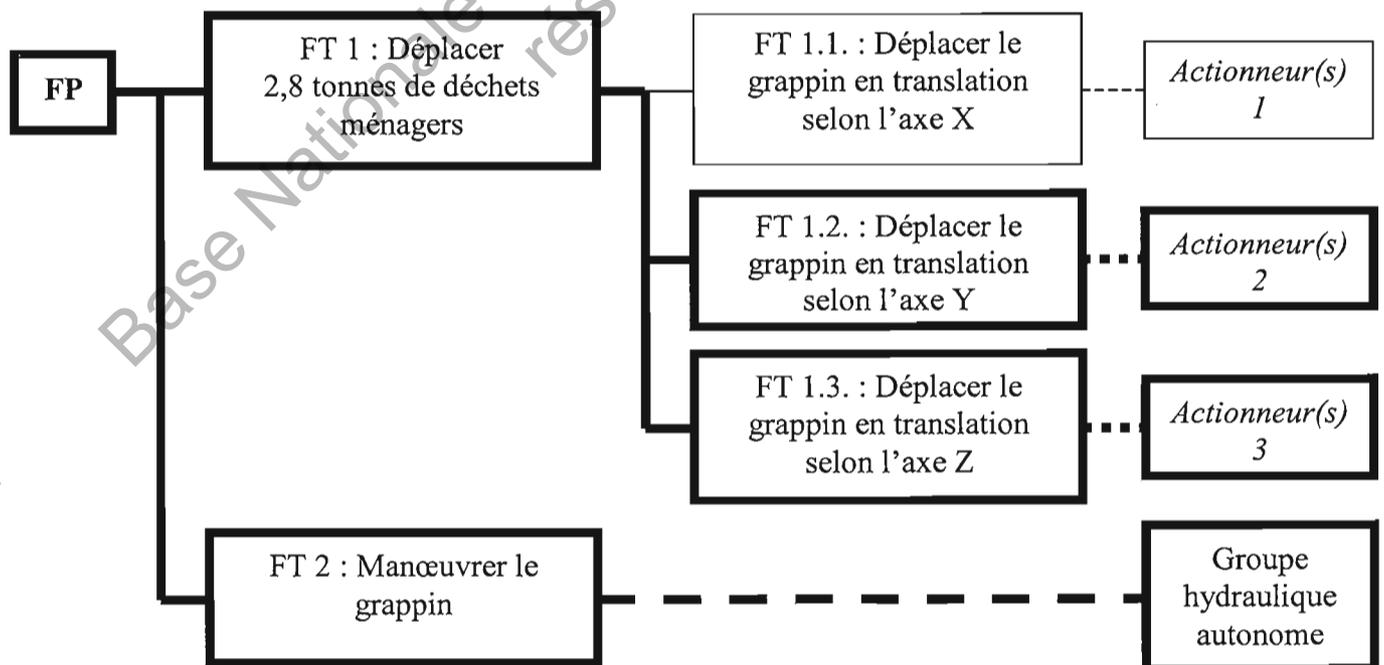
**FP : Alimenter le four en ordures ménagères.**

FC1 : Positionner, orienter et fixer le pont par rapport au sol.

FC2 : Commander le fonctionnement et recevoir les informations de position du pont.

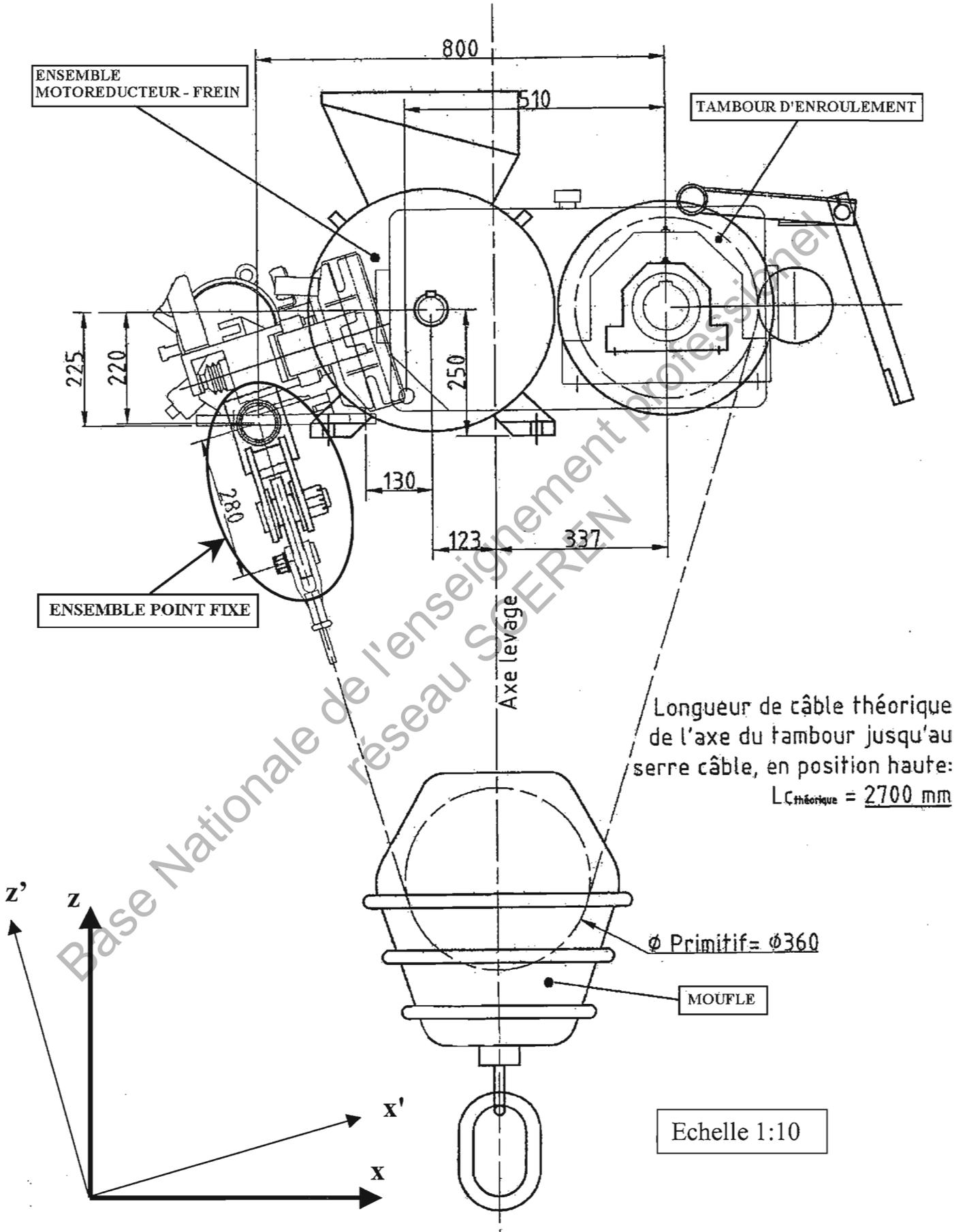
FC3 : Alimenter le pont en énergie.

# Diagramme FAST de la fonction principale FP



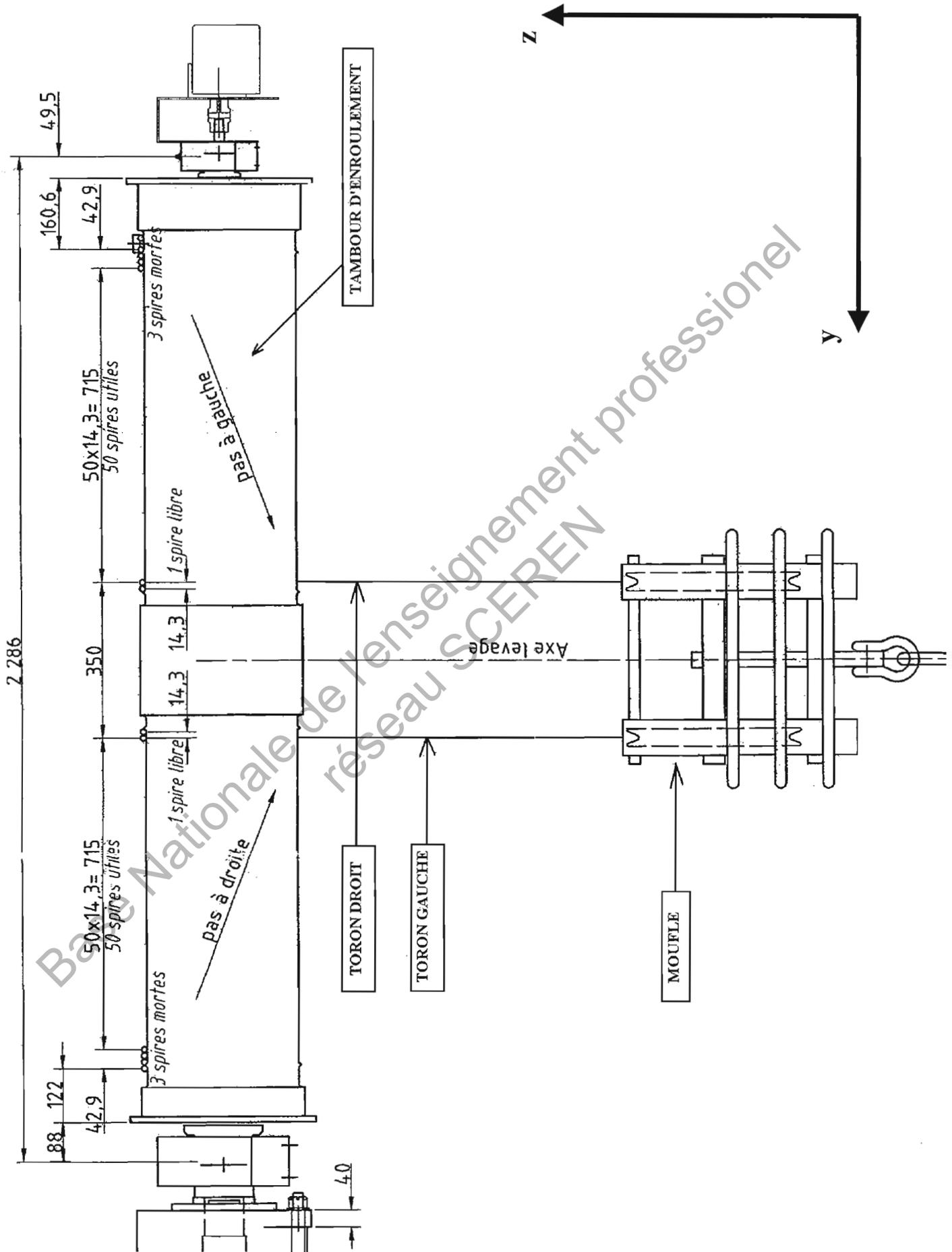
Remarques : 1- Seules les fonctions techniques encadrées en gras seront les fonctions étudiées par la suite.  
2- Les sous ensembles techniques réalisant les différentes fonctions ne sont pas détaillés

# Ensemble de levage



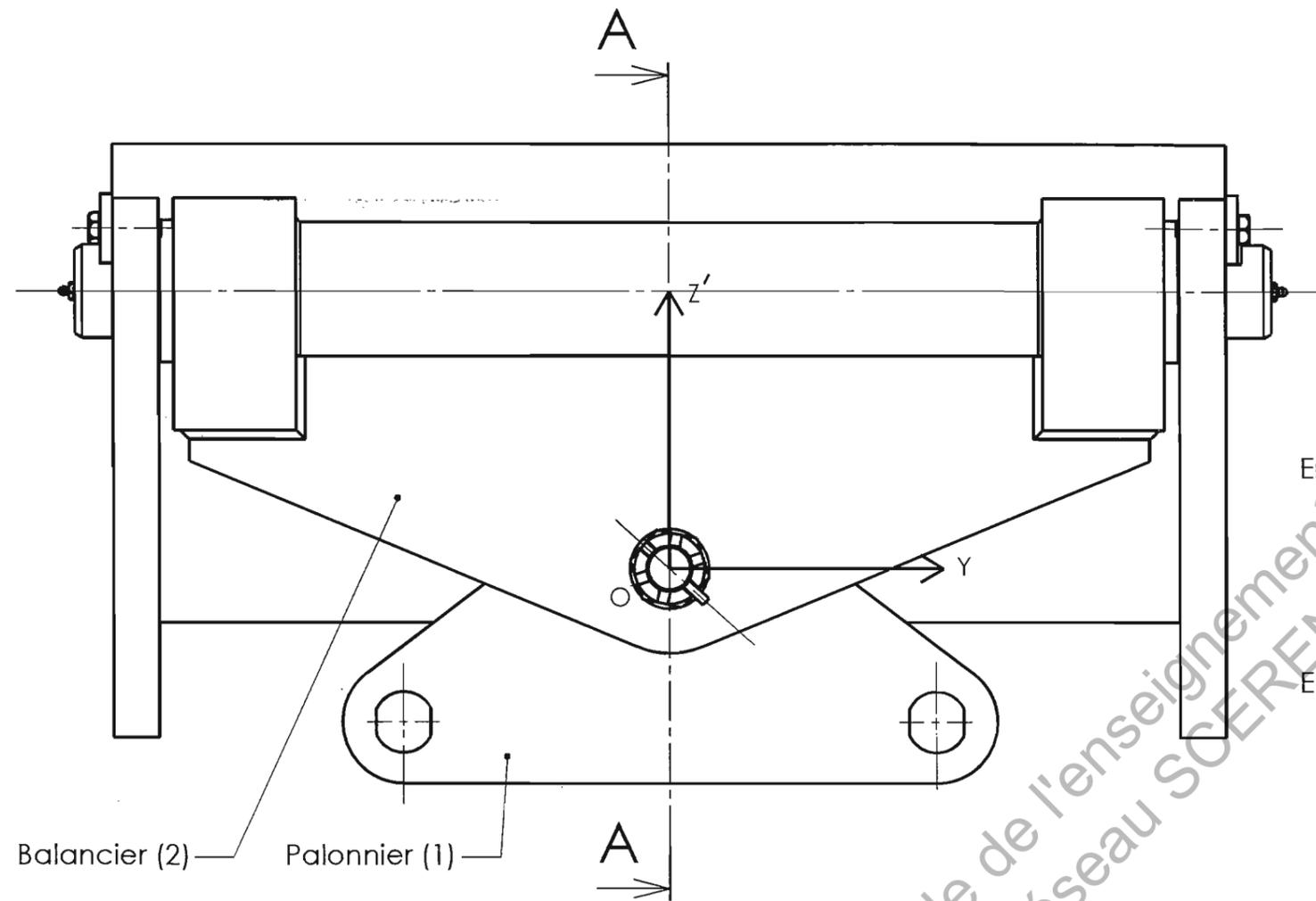
DT 4

# Tambour d'enroulement et Moufle



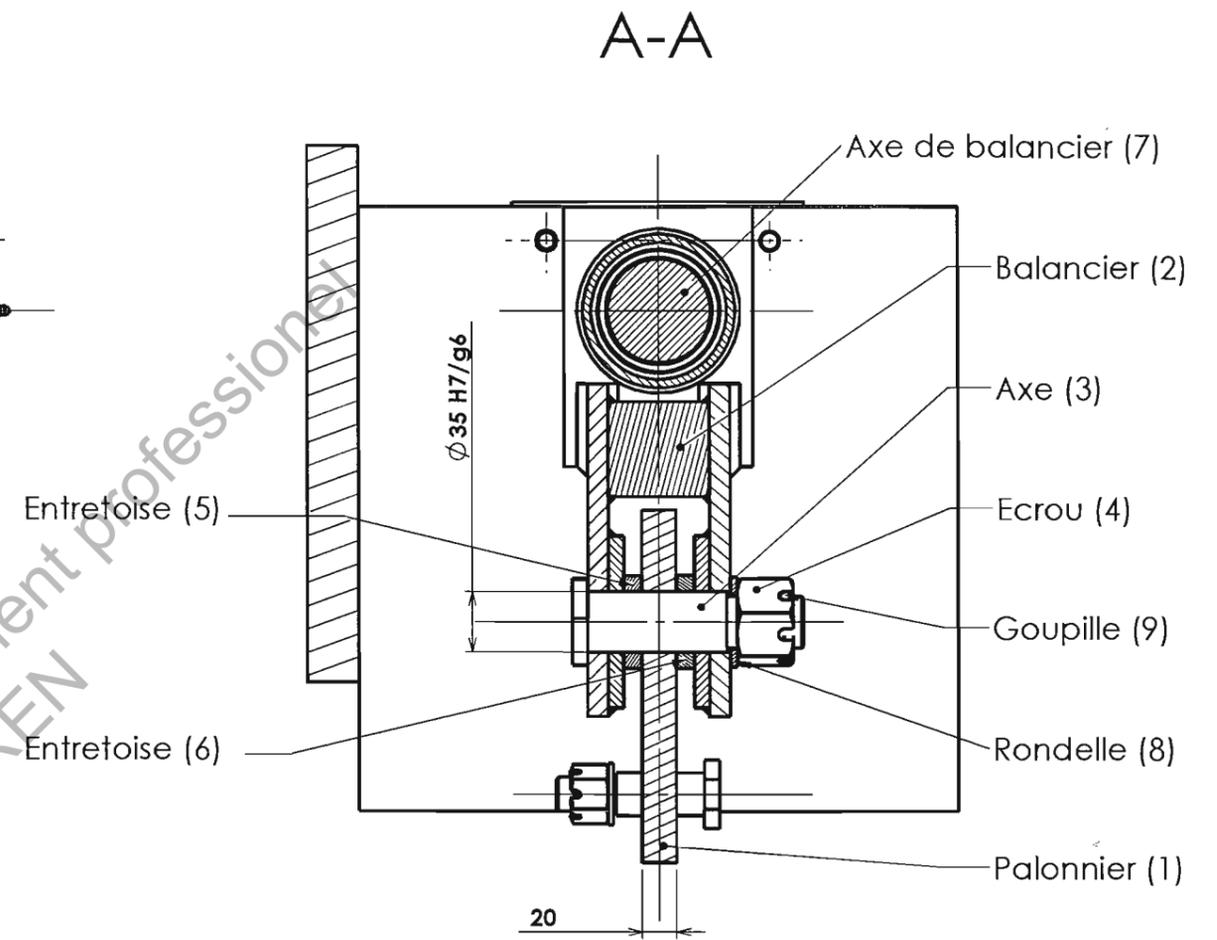
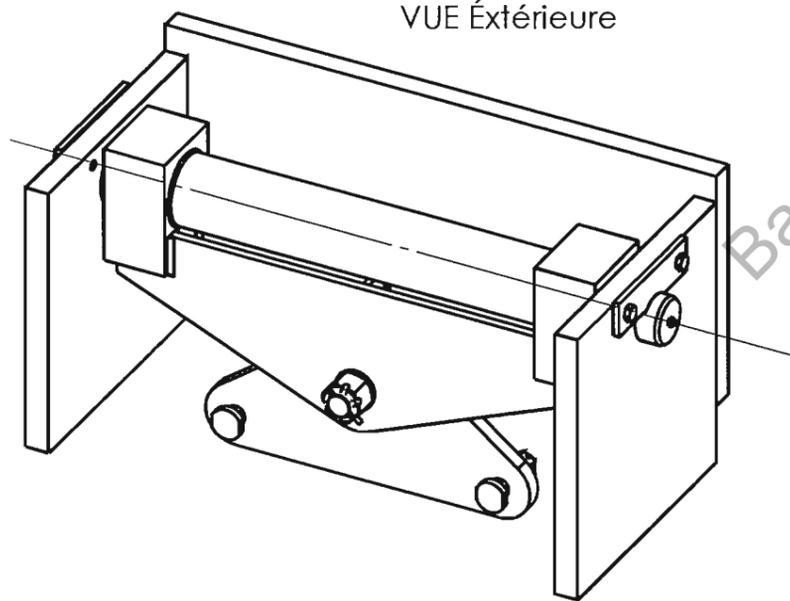
# ENSEMBLE POINT FIXE

Echelle 1:4



Balancier (2) Palonnier (1)

VUE Extérieure



Entretoise (5)

Entretoise (6)

Axe de balancier (7)

Balancier (2)

Axe (3)

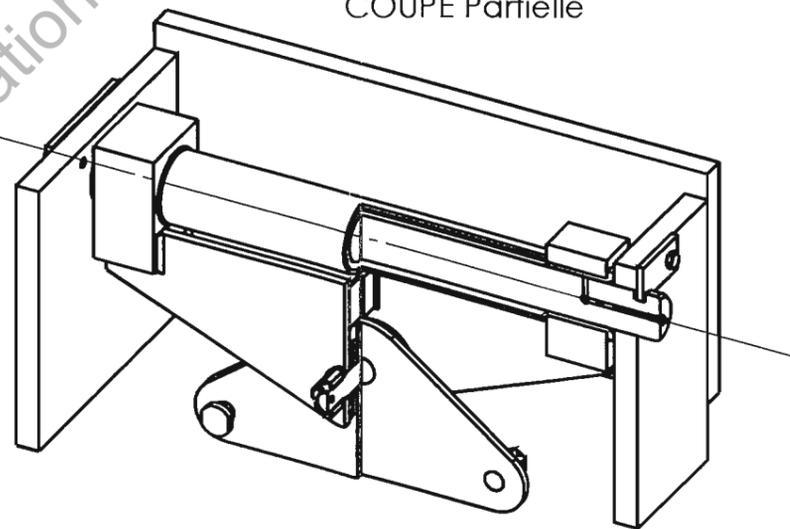
Ecrou (4)

Goupille (9)

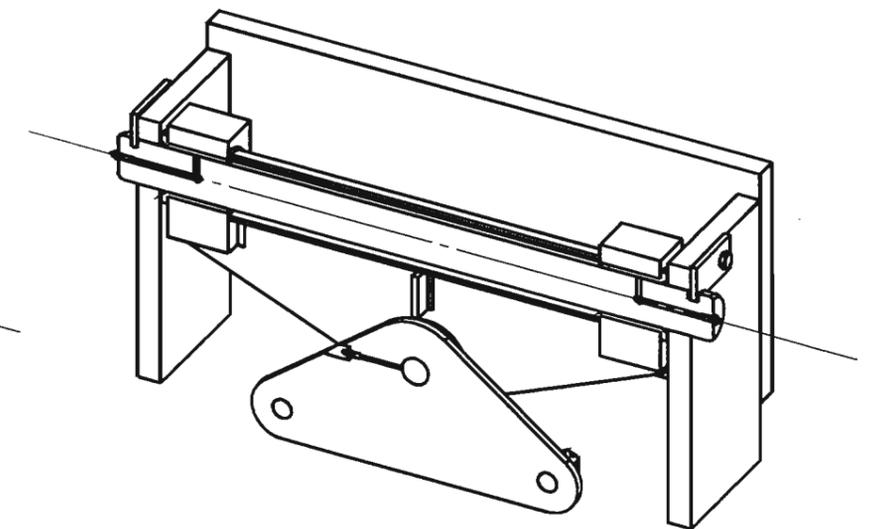
Rondelle (8)

Palonnier (1)

COUPE Partielle



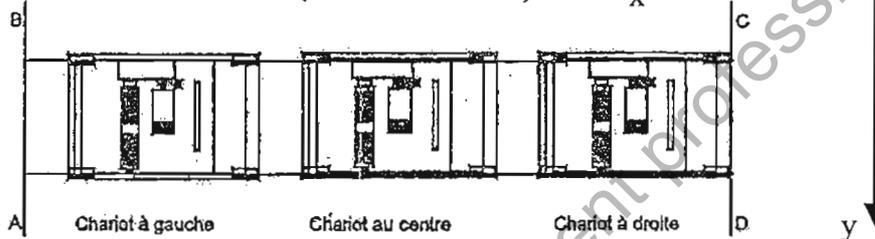
COUPE Globale



# CARACTERISTIQUES DES MOUVEMENTS

	LEVAGE	DIRECTION	TRANSLATION
VITESSE (m/min)	40	40	60
TEMPS D'ACCELERATION (s)	2	3.3	5
TEMPS DE DECELERATION (s)	2	3.3	5
COURSES (mm)	27500	12550	32365
PUISSANCES (kW)	57	2x1.1	2x 3

## REACTIONS SUR GALETS DE PONT (sens et intensité)



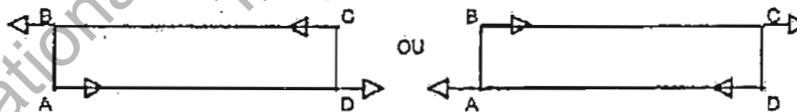
### 1. Forces verticales (daN) sur galets de pont

En statique	Total	RA	RB	RC	RD
Chariot à gauche	23 010	7 510	8 140	3 820	3 540
Chariot au centre	23 010	5 520	5 970	5 000	5 520
Chariot à droite	23 010	3 510	3 790	8 170	7 540

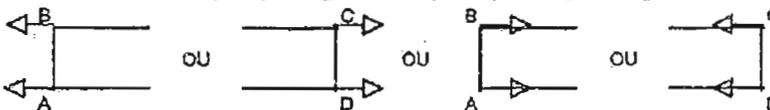
En dynamique	Total	RA	RB	RC	RD
Chariot à gauche	25 730	8 700	9 330	3 990	3 710
Chariot au centre	25 730	6 200	6 650	6 670	6 210
Chariot à droite	25 730	3 670	3 950	9 370	8 740

### 2. Forces transversales (daN) sur galets de pont, dues au roulement du pont



	Total	RA	RB	RC	RD
Chariot à gauche	2 540	830	900	420	390
Chariot au centre	2 540	610	660	660	610
Chariot à droite	2 540	390	420	900	830

### 3. Forces transversales (daN) sur galets de pont (freinage d'urgence du chariot)

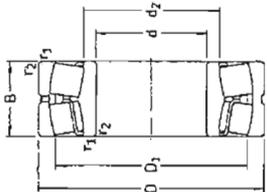
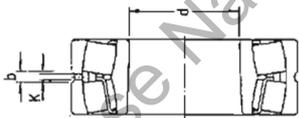


	Total	RA ou RD	RB ou RC
	1 580	780	820

### 4. Forces longitudinales (daN) sur galets de pont (freinage d'urgence du pont)

	Total	RA	RB	RC	RD
Chariot à gauche	1 800	0	1 220	580	0
Chariot au centre	1 800	0	900	900	0
Chariot à droite	1 800	0	570	1 230	0

# Caractéristiques des roulements SKF



Alésage conique

Alésage cylindrique

Dimensions d'encrochement	Charges de base			Vitesse de référence	Facteur de calcul	Designations Roulements à Alésage Cylindrique	Alésage conique
	dyn.	Stat.	C <sub>0</sub>				
d	D	B	C	C <sub>0</sub>	Limite de fatigue P <sub>0</sub>	Vitesse de base	Y <sub>0</sub>
mm	mm	mm	kN	kN	kN	tr/min	
75	115	40	373	232	28,5	3.800	2,5
	130	31	212	240	4.800	5.300	2,8
	160	37	285	325	26,5	6.300	2,8
	160	55	440	475	34,5	4.000	1,8
					48	3.200	1,8
80	140	33	236	270	29	4.300	2,8
	170	39	325	375	39	3.800	2,8
	170	58	490	540	54	3.000	1,8
85	150	36	285	325	34,5	4.000	2,8
	180	41	325	375	39	3.800	2,8
	180	60	550	620	61	2.800	2
90	160	40	325	375	39	3.800	2,8
	160	52,4	355	440	48	2.800	2,2
	190	43	380	450	46,5	3.600	2,8
	190	64	610	695	67	2.600	2
95	170	43	380	450	46,5	3.600	2,8
	200	45	425	490	49	3.400	2,8
	200	67	670	765	73,5	2.600	2
100	150	50	285	415	45,5	2.800	2,5
	165	52	365	490	53	3.000	2,2
	165	65	455	640	68	2.400	1,8
180	180	76	425	590	49	4.500	2,8
	180	60,3	475	600	63	2.400	2
	215	73	425	490	49	3.400	2,8
	215	73	815	950	88	2.400	2
110	170	45	310	440	46,5	3.400	2,8
	170	60	435	620	67	2.400	2
	180	56	430	585	61	2.800	2,2
	180	69	520	-750	78	2.200	1,8
200	200	53	560	640	63	3.000	2,5
	200	89,8	600	765	76,5	2.200	2
	240	80	950	1.120	100	2.000	2

\* Roulement SKF Explorer

SKF

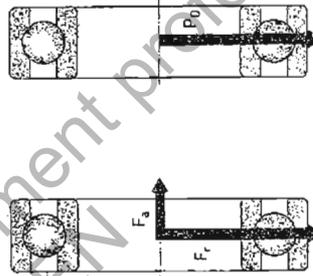
## Charge statique équivalente

Lorsque la charge agissant sur un roulement ne correspond pas aux conditions définies pour la charge statique de base, il est nécessaire de calculer une charge statique équivalente. Celle-ci correspond à une charge fictive (radiale pour les roulements radiaux et axiale pour les butées) qui, si elle était appliquée, causerait la même déformation permanente du roulement que la charge réelle. Elle est obtenue à partir de la formule

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$$

où

$P_0$  = charge statique équivalente, kN  
 $F_r$  = composante radiale de la charge (voir ci-dessous), kN  
 $F_a$  = composante axiale de la charge (voir ci-dessous), kN



## Charge statique de base nécessaire

Lors de la détermination des dimensions d'un roulement en fonction de la capacité de charge statique, on utilise un coefficient de sécurité donné  $S_0$ , qui représente les relations entre la charge statique de base  $C_0$  et la charge statique équivalente  $P_0$ , pour calculer la charge statique de base nécessaire.

La charge statique de base nécessaire  $C_0$  est donnée par la formule

$$C_0 = S_0 P_0$$

où

$C_0$  = charge statique de base, kN  
 $P_0$  = charge statique équivalente, kN  
 $S_0$  = coefficient de sécurité statique

Des valeurs indicatives basées

sur l'expérience sont données pour le coefficient de sécurité statique  $S_0$  en ce qui concerne les roulements à billes et à rouleaux, dans différentes applications exigeant une régularité de la rotation. Aux températures élevées la capacité de charge statique des roulements est réduite. D'autres informations seront fournies sur demande.

## Vérification de la capacité de charge statique

Pour les roulements soumis à des charges dynamiques, lorsque la charge statique équivalente  $P_0$  est connue, il convient de vérifier que la capacité de charge statique est adéquate avec

$$S_0 = C_0/P_0$$

## Tableau des tolérances

<b>Principaux écarts en micromètres</b>														Température de référence : 20 °C
Alésages	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500	
H 6	+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0	+ 36 0	+ 40 0	
H 7	+ 10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 52 0	+ 57 0	+ 63 0	
H 8	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0	+ 89 0	+ 97 0	
H 9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0	+ 130 0	+ 140 0	+ 155 0	
Arbres	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500	
f 8	- 6 - 20	- 10 - 28	- 13 - 35	- 16 - 43	- 20 - 53	- 25 - 64	- 30 - 76	- 36 - 90	- 43 - 106	- 50 - 122	- 56 - 137	- 62 - 151	- 68 - 165	
g 5	- 2 - 6	- 4 - 9	- 5 - 11	- 6 - 14	- 7 - 16	- 9 - 20	- 10 - 23	- 12 - 27	- 14 - 32	- 15 - 35	- 17 - 40	- 18 - 43	- 20 - 47	
g 6	- 2 - 8	- 4 - 12	- 5 - 14	- 6 - 17	- 7 - 20	- 9 - 25	- 10 - 29	- 12 - 34	- 14 - 39	- 15 - 44	- 17 - 49	- 18 - 54	- 20 - 60	
h 5	0 - 4	0 - 5	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 15	0 - 18	0 - 20	0 - 23	0 - 25	0 - 27	

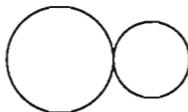
## Relation de Hertz relative au contact linéique entre deux solides

$$p = 0,418 \sqrt{\frac{\|\vec{R}\| E_{eq}}{r_r L}}$$

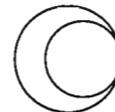
Avec :

- $p$  : pression de contact (en MPa).
- $\|\vec{R}\|$  : résultante des efforts au contact de la pièce (en N).
- $r_r$  : rayon de courbure relatif au niveau du contact (en mm)  $\frac{1}{r_r} = \left| \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \right|$   
avec  $r_1$  et  $r_2$  : rayons de courbure des cylindres 1 et 2 (en mm)

Signe + pour une tangence extérieure.



Signe - pour une tangence intérieure.



- $E_{eq}$  : module d'élasticité équivalent (en MPa)  $\frac{1}{E_{eq}} = \frac{1}{2} \left| \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right|$
- $E_1$  et  $E_2$  : modules d'élasticité des matériaux des cylindres 1 et 2.
- $E_{acier} = 210\,000$  MPa
- $L$  : longueur de contact (en mm)

## Série LB 210

## Axes dynamométriques de la série LB 210

### CARACTÉRISTIQUES

- Capteur à jauges de contrainte en pont complet compensé en température
- Disponible en 10 types standards de 2,5 à 1250 kN
- Simple et économique à intégrer dans une construction déjà existante
- Haute fiabilité pour vos exigences de sécurité
- Construction robuste pour applications dans des environnements industriels rudes
- Versions standards à variantes pour plus de flexibilité d'exécution à un moindre coût
- Versions avec dimensions spéciales pour une parfaite adaptation aux structures spécifiques

### DOMAINES D'APPLICATION

Lorsque des forces agissant sur des constructions mécaniques doivent être mesurées, les constructions auxiliaires permettant la mesure s'avèrent souvent coûteuses et leur montage problématique.

Or l'axe dynamométrique, en tant qu'élément direct de la construction remplaçant un axe non instrumenté, offre la solution idéale.

### CHAMPS D'APPLICATIONS

Mesure de la charge et protection contre la surcharge des :

- grues, engins de levage et treuils

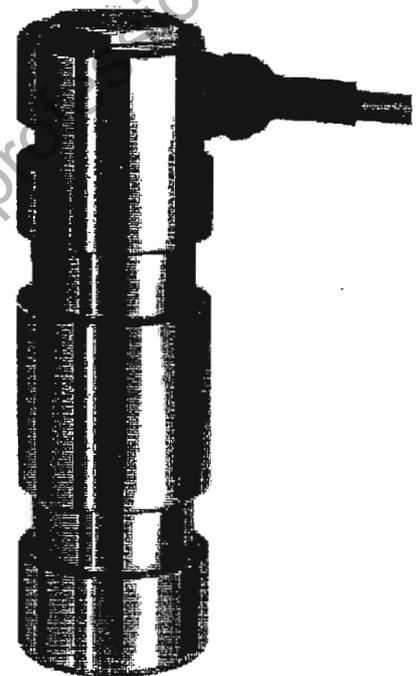
Saisie de la force de traction sur le câble des :

- skilifts, téléphériques et télésièges

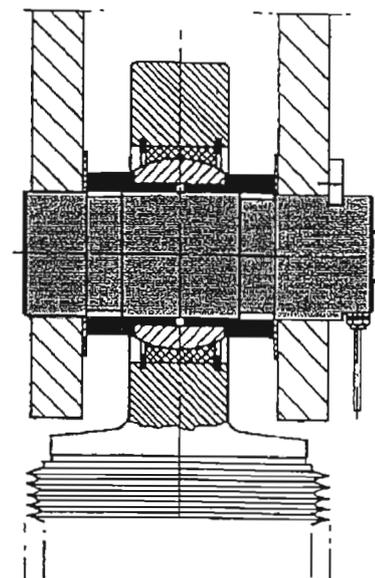
Mesure de la force pour des processus de régulation dans :

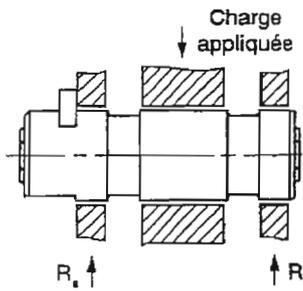
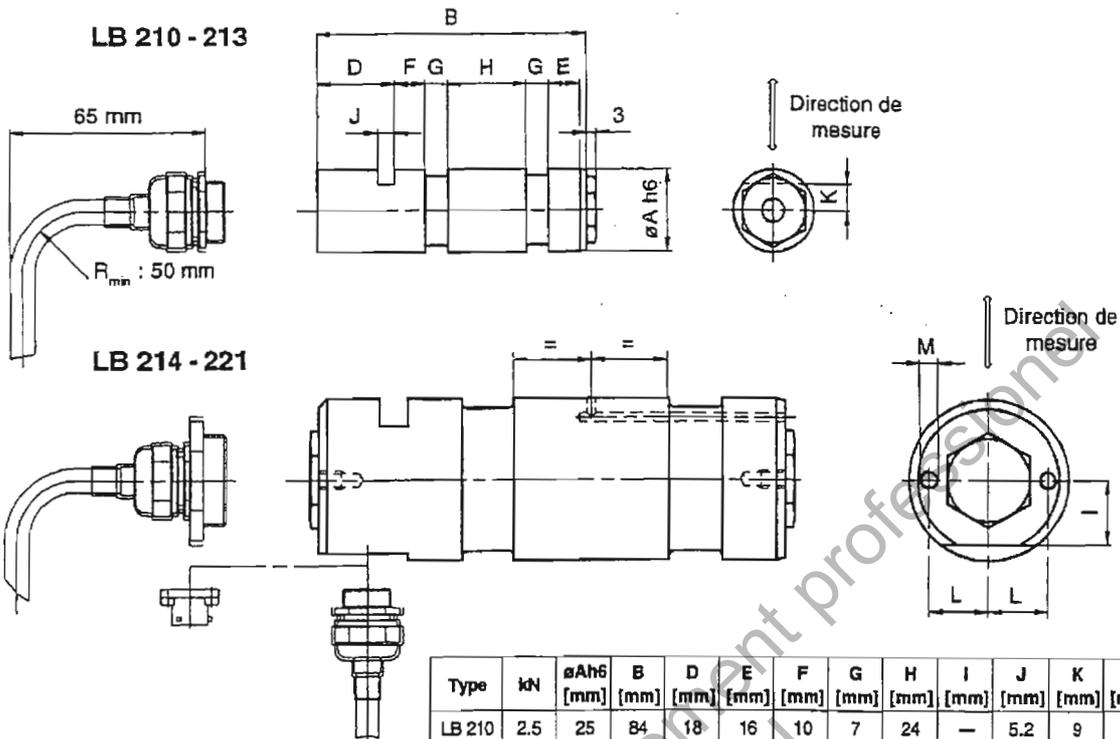
- les installations industrielles et la production de machines

vibro-meter  
certifié par



### EXEMPLE DE MONTAGE





Type	kN	∅Ah6 [mm]	B [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G [mm]	H [mm]	I [mm]	J [mm]	K [mm]	L [mm]	M [mm]	Poids [kg]
LB 210	2.5	25	84	18	16	10	7	24	—	5.2	9	—	—	0.2
LB 211	5	25	84	18	16	10	7	24	—	5.2	9	—	—	0.2
LB 212	10	25	84	18	16	10	7	24	—	5.2	9	—	—	0.2
LB 213	20	25	84	18	16	10	7	24	—	5.2	9	—	—	0.2
LB 214	50	35	112	25	14	12	12	35	16	6.3	11.5	—	—	0.65
LB 216	100	50	161	32	24	18	18	48	21.5	10.5	20	—	—	2
LB 217	200	65	196	32	26	20	25	65	28.5	10.5	22.5	—	—	4.4
LB 218	500	85	258	34	39	35	28	89	35	10.5	28	25	M6	10.6
LB 220	1000	100	347	36	61	55	35	120	45	10.5	36	25	M6	19.2
LB 221	1250	120	347	36	61	55	35	120	45	12.5	40	35	M6	28.4

Code de commande :

VERSIONS STANDARDS

AXE DYNAMOMÉTRIQUE

: P/N 122-2□□-000-011 / 0 0

- Type LB 210 - 213 Connexion électrique : PG axial
- Type LB 214 - 221 Connexion électrique : PG radial

VERSION À VARIANTES

AXE DYNAMOMÉTRIQUE

: P/N 122-2□□-000-111 / □□

- Type LB 214 - 221
- Graisseur : sans LB 214 - 221 0
- avec LB 216 à LB 221 1
- Connexion électrique : PG radial 0
- PG axial 1
- Connecteur radial 2-0

CÂBLE DE RACCORDEMENT

- Longueurs : 3 m 1
- 6 m 2
- 12 m 3
- 20 m 4

Remarque : Dans la version à variantes, tout P/N se terminant par 001 (ex. 122-216-000-111/001) correspond à la version standard.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR  
MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

SESSION 2012

**EPREUVE E4  
ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE**

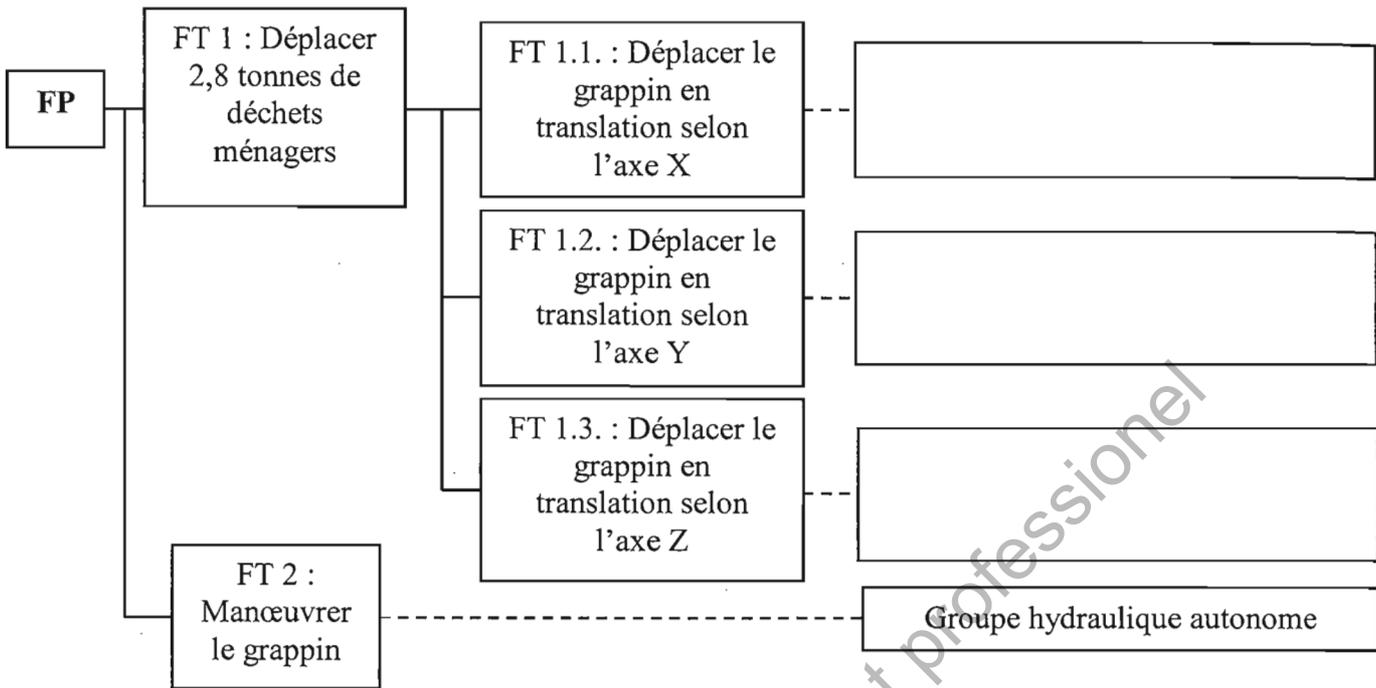
**DOCUMENTS REPONSES**

Ce Dossier Réponses contient les documents : DR 1 à DR 4

BTS : MAINTENANCE INDUSTRIELLE		Session 2012
Analyse Fonctionnelle et Structurale - E4	Code : MIE4AFS12	

Base Nationale de l'enseignement  
réseau SCEREN

**Q 1.1 : FAST / ACTIONNEURS RELATIFS AUX DEPLACEMENTS DU GRAPPIN**

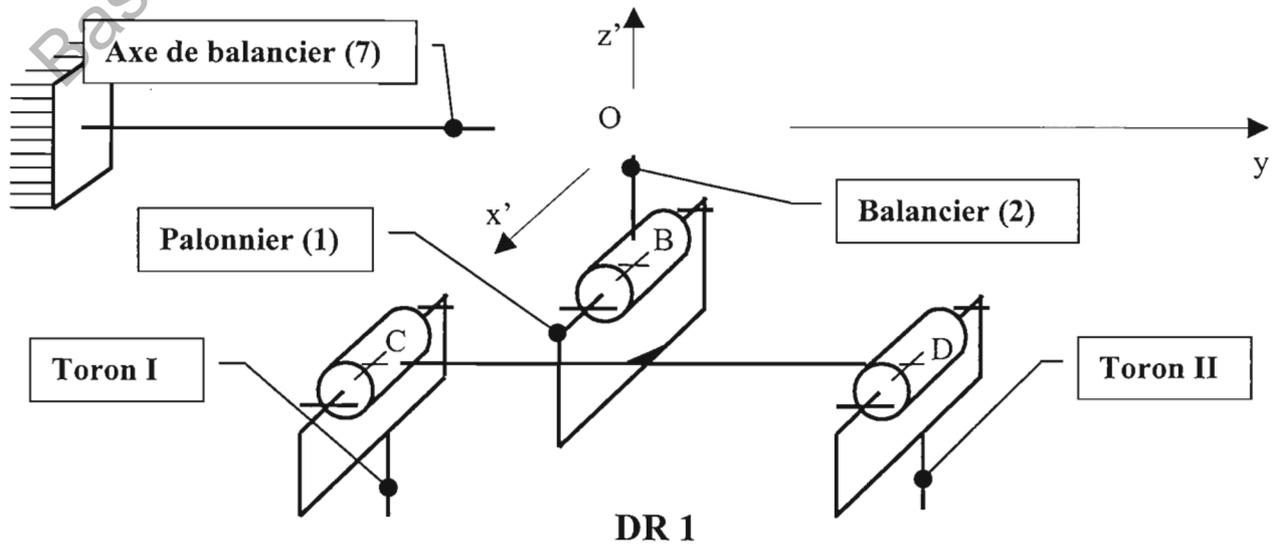


**Q 1.2.1 : GRAPHE DES LIAISONS**

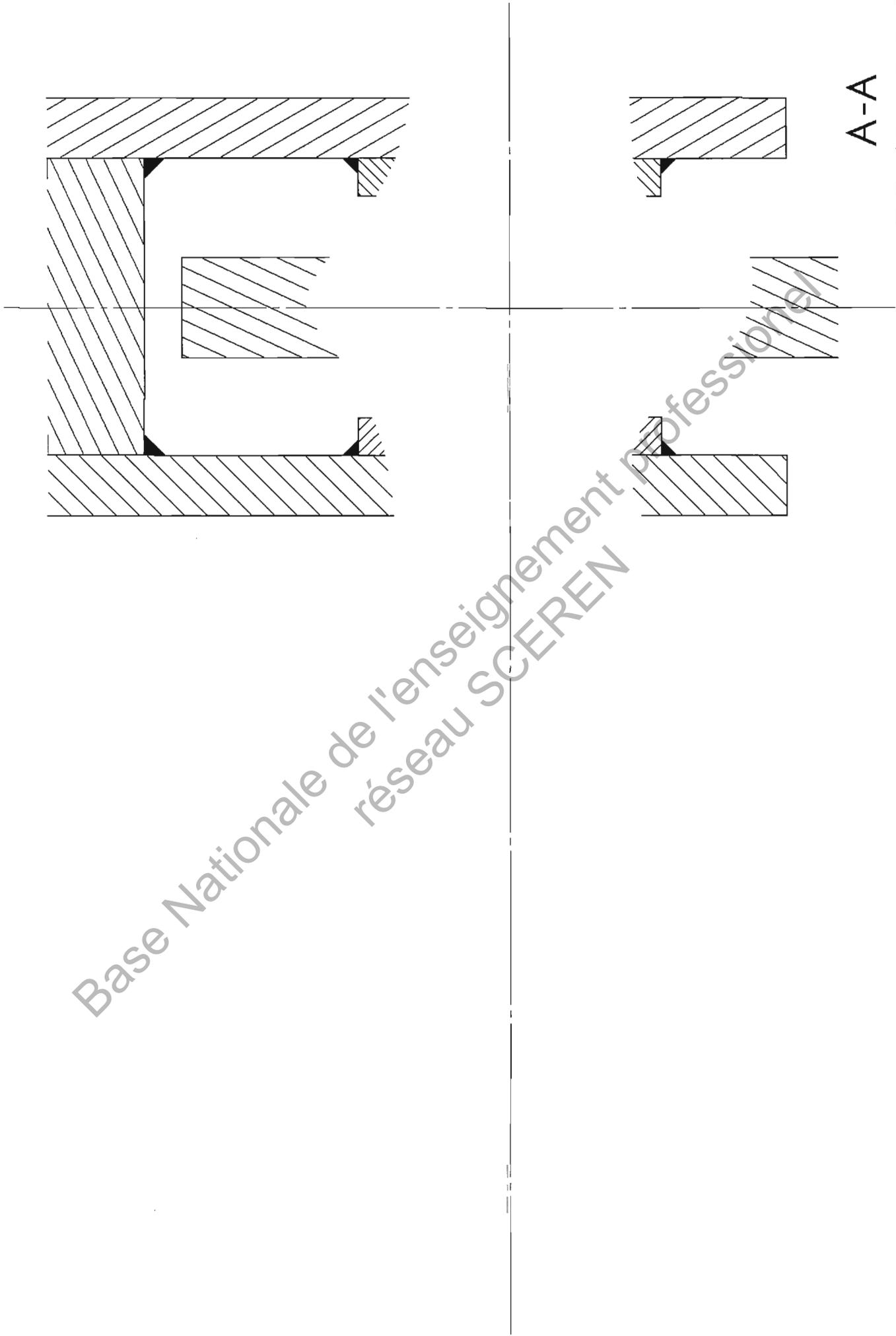


Liaison	Nom	Orientation
L 7-2		

**Q 1.2.2 : LIAISON ( Axe de balancier (7) – Balancier (2) )**





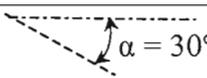


Base Nationale de l'enseignement  
réseau SCEREN

A-A  
ECHELLE 1:1

DR 3

**Q 3.2 : BILAN DES ACTIONS MECANQUES EXTERIEURES SUR LA PINCE DROITE (P)**

Désignation	Point d'application	Support	Sens	Norme
$\vec{B}_{\text{Vérin}(v) \rightarrow p}$				
$\vec{R}_{om \rightarrow p}$	D			

**Q 3.3 : RESOLUTION GRAPHIQUE**

Enoncé de la méthode

**Figure 1**  
Echelle : 1 mm représente 75 daN

