

**Brevet de Technicien Supérieur**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**Session 2005**

**EPREUVE E 4**  
**Analyse fonctionnelle et Structurale**  
**des Mécanismes**

**Modélisation des éléments de mécanismes**  
**Calcul des grandeurs caractéristiques**  
**(Sous-épreuve E 4-1)**

**Durée : 3 heures**

**Coefficient : 2**

***AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ***

**Ce sujet contient 4 dossiers :**

- Présentation
- Questionnaire
- Documents réponses
- Dossier technique

**Matériel autorisé :** Calculatrice de poche alphanumérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante (Circulaire 99-186 du 16-11-99 )

**Brevet de Technicien Supérieur**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**Session 2005**

**Modélisation des éléments de mécanismes  
Calcul des grandeurs caractéristiques  
(Sous-épreuve E 4-1)**

**Présentation**

**Ce dossier contient les documents : PR 1/4 à PR 4/4**

## 1. PRÉSENTATION

Le système automatisé étudié dans le sujet est un convoyeur bidirectionnel, à chaînes, permettant le convoyage de palettes chargées de boîtes de conserves.

Le convoyeur bidirectionnel à chaînes a été conçu et réalisé par la société SERINOL en réponse à un cahier des charges proposé par la société FRANCE FEUILLARD CERCLAGE.

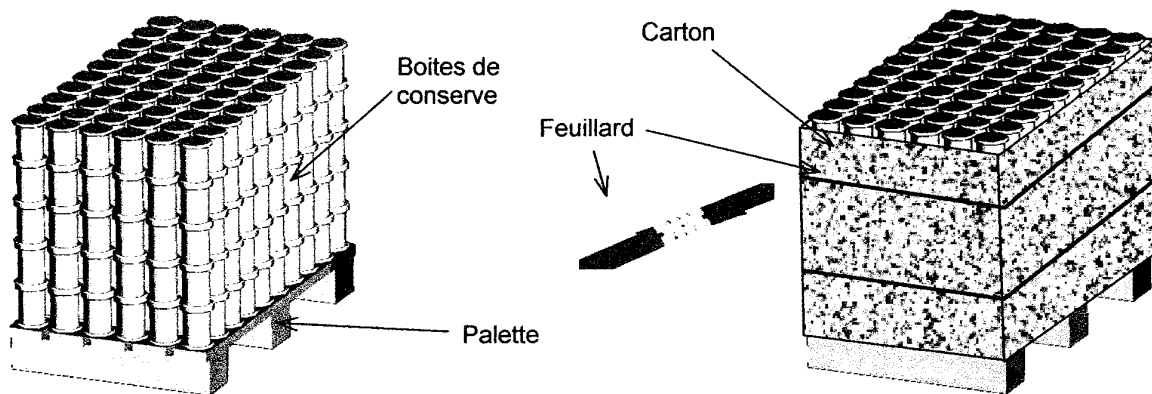
### Présentation de la société SERINOL

C'est une P.M.E., d'une vingtaine d'employés, basée en Languedoc - Roussillon. Elle est spécialisée dans la conception, la fabrication et l'installation d'équipements agro-alimentaires et industriels.

Ses domaines d'application concernent autant la construction mécanique, la fabrication (mécano-soudage, pliage, usinage sous plasma...), que l'automatisation ou le traitement des fluides (pompes, filtres...).

### Présentation de la société FRANCE FEUILLARD CERCLAGE

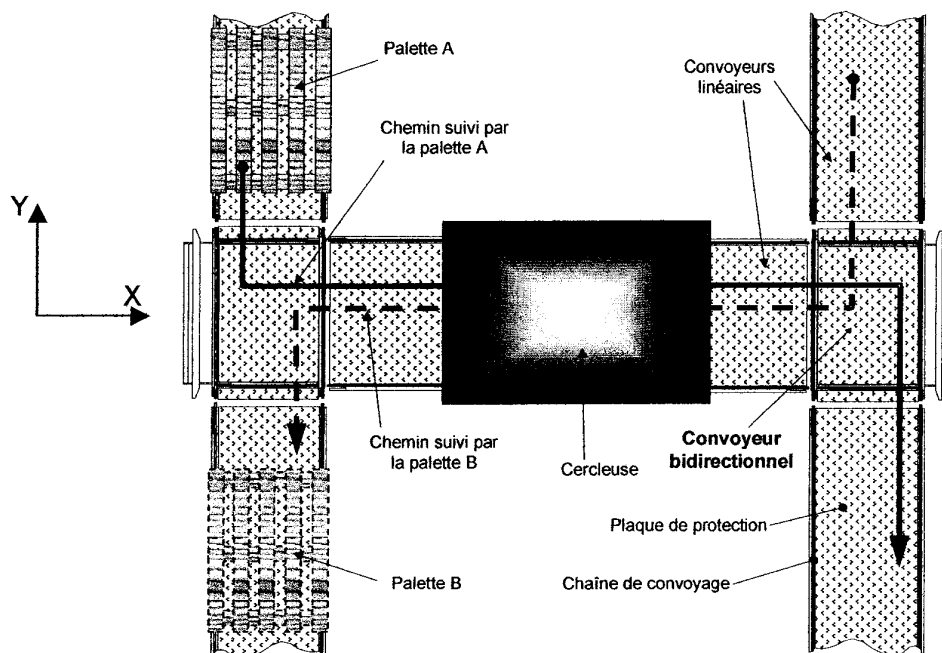
Cette société a mis au point une cerceuse. Cette machine permet d'envelopper d'un carton et d'un film plastique une palette chargée de boîtes de conserves empilées, afin d'en faciliter le transport.



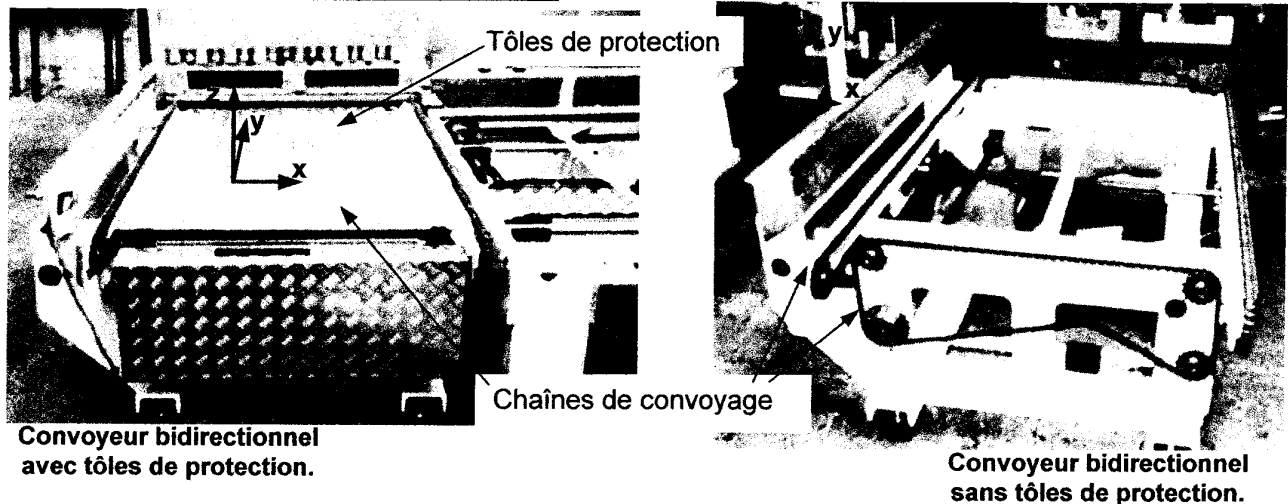
La cerceuse est donc vendue à des sociétés conditionnant des denrées en boîtes de conserves. Le prix de la cerceuse étant élevé il est intéressant pour une conserverie de faire converger ses chaînes de production vers une unique cerceuse. La cerceuse vient s'insérer en fin de chaîne de conditionnement dans la salle d'emballage et de triage.

Afin de garder le caractère automatisé aux chaînes de conditionnement, l'approvisionnement en palettes de la cerceuse se fera sans intervention humaine grâce aux convoyeurs bidirectionnels à chaînes que la société SERINOL a réalisés en sous-traitance pour la société FRANCE FEUILLARD CERCLAGE.

### Schéma d'implantation de la cerceuse et des convoyeurs bidirectionnels à chaînes



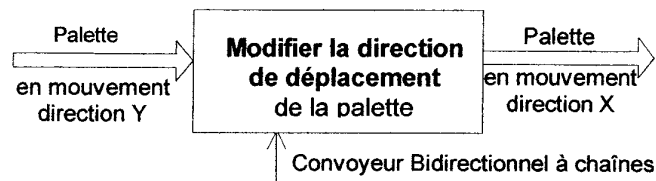
## Architecture matérielle du convoyeur bidirectionnel



## 2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU FONCTIONNEMENT

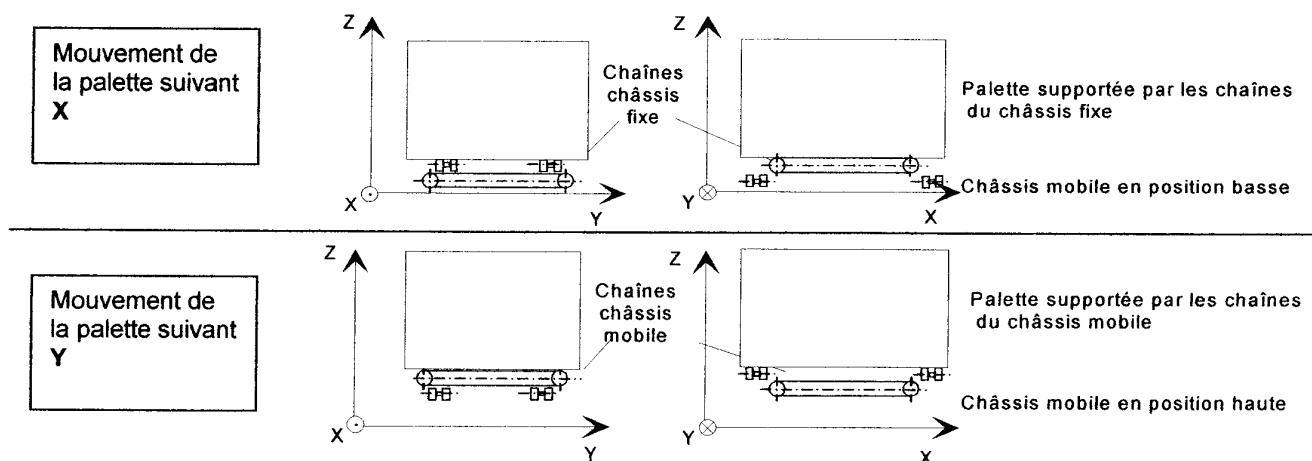
### 2-1 Modélisation du système

Le fonctionnement du convoyeur est décrit par le diagramme suivant correspondant au niveau d'analyse A-0 :

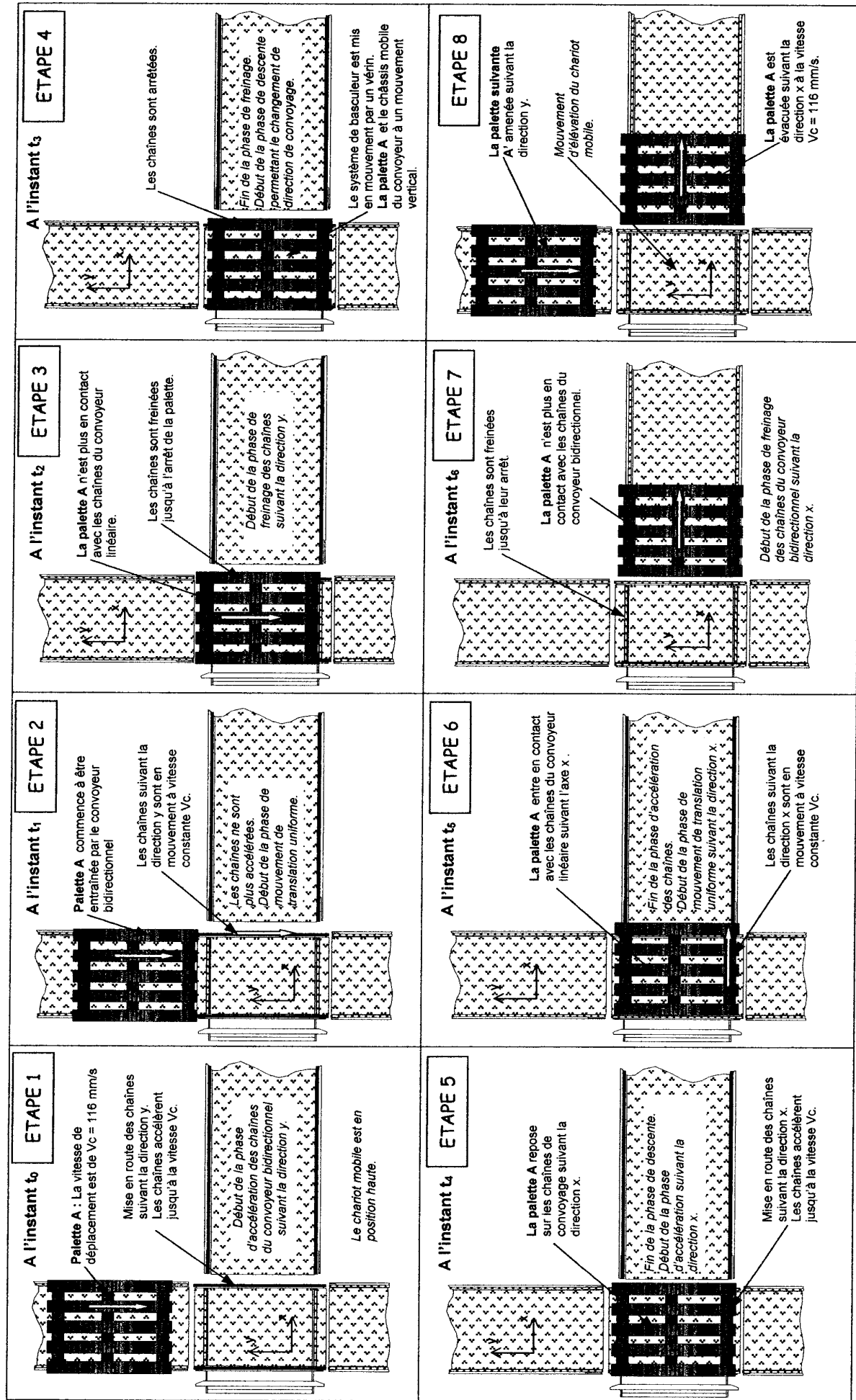


Les palettes reposent directement sur les chaînes du convoyeur bidirectionnel. Les deux directions de mouvement des palettes sont donc définies par deux ensembles de chaînes perpendiculaires. Il faut que les palettes reposent soit sur un des ensembles de chaînes soit sur l'autre suivant la direction du mouvement désiré. Chaque ensemble de chaînes est porté par un châssis. La sélection du mouvement est obtenue en rendant mobile un des deux châssis. Le châssis mobile, lorsqu'il est en position haute, supporte et convoie la palette suivant Y, et lorsqu'il est en position basse s'efface devant le châssis fixe. Le châssis fixe supporte et convoie alors la palette suivant X (figure ci-dessous et document PR3).

### 2-2 Intervention du système sur la palette (Voir également les photographies ci-dessus)



## 5 - CHRONOLOGIE DES ÉTAPES DU CONVOYAGE AVEC CHANGEMENT DE DIRECTION PAR LE CONVOYEUR BIDIRECTIONNEL



### 3. PROBLÉMATIQUE DE MAINTENANCE

Plusieurs problèmes ont été mis en évidence lors de fonctionnement du convoyeur bidirectionnel.

- Lors de la circulation, les palettes faiblement chargées peuvent être éjectées du convoyeur bidirectionnel. La cause de ce problème réside dans la difficulté de maîtriser simplement la vitesse de sortie de la tige de l'actionneur pneumatique 6 et 7 (voir le document DT1).
- Un problème de durée de vie des joints d'étanchéité du vérin a été constaté. Une étude de mobilité montre que le montage en chape du vérin est hyperstatique ce qui crée des efforts radiaux écrasant localement les joints d'étanchéité.
- La tenue dans le temps des chaînes simples 8 et 9 de convoyage des palettes est insuffisante (voir le document DT2). En effet, dans le cas présent, les chaînes simples supportent, en plus de l'effort d'entraînement, le poids de la palette à convoyeur.
- Un problème d'usure rapide des tendeurs en polyéthylène 10 a été mis en évidence lors de l'utilisation du convoyeur bidirectionnel, leur maintenance ou changement nécessite l'arrêt de toute la chaîne de convoyage ce qui est particulièrement pénalisant.

### 4. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL ET DONNÉES

Les convoyeurs bidirectionnels seront commandés par lots de deux au rythme de dix par mois.

Le coût d'un convoyeur ne doit pas dépasser 10 % du coût de la cerceuse.

Les éléments normalisés ou standards sont imposés par FRANCE FEUILLARD CERCLAGE, ceci afin d'assurer une maintenance réduite.

Le fonctionnement du convoyeur bidirectionnel doit être automatisé et adapté au fonctionnement de la cerceuse.

Les deux directions de convoyage seront perpendiculaires.

Le transfert des palettes doit se faire en conservant une vitesse linéaire identique à celle du déplacement sur les convoyeurs linéaires.

#### Données chiffrées :

##### Convoyeur

*Différence de niveau possible entre la cerceuse et les convoyeurs linéaires.  $z = 50 \text{ mm}$ .*

*Durée totale de l'opération d'aiguillage (déplacement d'une palette suivant X, Y et Z) inférieure à 36 s.*

##### Palette

*La longueur et la largeur de la palette sont de  $L_p = 1400 \text{ mm}$  et  $l_p = 1180 \text{ mm}$ .*

*Charge maxi de la palette  $m_p = 500 \text{ kg}$ .*

*Vitesse d'avance moyenne des palettes sur les convoyeurs.  $v = 116 \text{ mm/s}$ .*

##### Châssis mobile

*La vitesse de montée du chariot mobile est :*

$$V_{\text{chariot mobile}} = V_{P1} = 0,05 \text{ m/s.}$$

*Le déplacement vertical suivant z est :*

$$50 \text{ mm.}$$

*La masse du châssis mobile et de la motorisation est :  $m_c = 300 \text{ kg}$ .*

##### Chaîne

*La chaîne est une chaîne simple de type DIN 8187.*

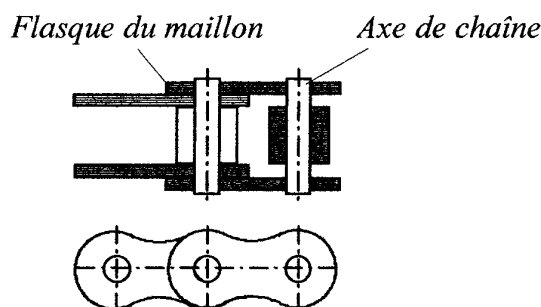
*Pas = 19,05 mm.*

*L'accélération moyenne à laquelle est soumise la chaîne est  $a_{\text{moy}} = 70 \text{ mm/s}^2$*

*Le facteur de frottement  $\mu$  des chaînes sur les guides chaînes est  $\mu = 0,2$ .*

*Le facteur de service de la chaîne lié à l'utilisation intensive du convoyeur est  $C_s = 3$ .*

*La tension maximale équivalente que peut supporter la chaîne est  $T_{\text{max}} = 4000 \text{ N}$*



**Brevet de Technicien Supérieur**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**Session 2005**

**Modélisation des éléments de mécanisme  
Calcul des grandeurs caractéristiques  
(Sous- épreuve E 4-1)**

**Questionnaire**

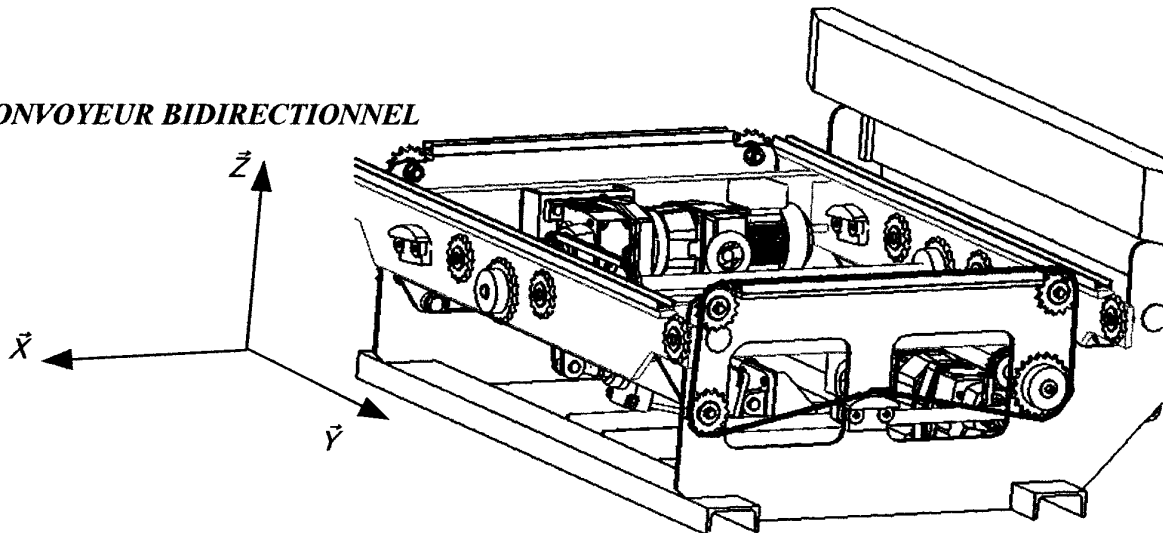
**Ce dossier contient les documents Q 1/5 à Q 5/5**

**BAREME**

Lecture du sujet : 15 minutes

Questions	Durée conseillée	Barème sur 40
<b>1<sup>er</sup> Etude</b>		
I – Vérification de la puissance hydraulique en fonctionnement	110 min	24
II – Vérification de la durée du cycle de convoyage	25 min	8
<b>2<sup>ème</sup> Etude</b>		
III – Détermination des efforts supportés par la chaîne	25 min	7
IV – Recherche de solutions	5 min	1

## CONVOYEUR BIDIRECTIONNEL



### Première étude :

### Remplacement d'un vérin pneumatique par un vérin hydraulique

#### Objectif :

Lorsque les palettes sont fortement chargées le système fonctionne correctement, mais lorsqu'elles sont faiblement chargées, elles peuvent être éjectées du convoyeur bidirectionnel. La cause de ce problème est liée à la vitesse de montée des palettes sous l'action du châssis mobile.

En effet la vitesse de sortie de la tige de l'actionneur 6-7 n'est pas facile à maîtriser en technologie pneumatique.

Pour pouvoir contrôler avec une bonne précision cette montée du châssis mobile, on décide de changer le vérin pneumatique FESTO PAE Ø100 Iso 6431 par un vérin hydraulique.

Le choix s'est porté sur un vérin hydraulique ROEMHELD avec un diamètre de piston de 32 mm et la vitesse de montée du châssis mobile est limitée à 0,05 m/s.

Deux études sont nécessaires pour réaliser ce changement d'actionneur :

- *déterminer la puissance hydraulique à installer pour permettre le fonctionnement du système.*
- *vérifier que le changement d'actionneur est compatible avec la cadence de production.*

### I - VERIFICATION DE LA PUISSANCE HYDRAULIQUE EN FONCTIONNEMENT.

(Voir les documents DT1, DT2, DT3, DT4 et DT 5 )

#### 1.1) Détermination de la pression minimale d'alimentation du vérin (14points/40)

Sur le document DR1 on réalisera une étude en projection dans le  $(O, \vec{x}, \vec{z})$  considéré comme plan de symétrie géométrique et des actions mécaniques pour le système étudié. Le document DT4 montre que l'ensemble des deux basculeurs gauches 3-3', que l'ensemble des deux basculeurs droits 4-4' et que les deux tirants 5-5' respectent cette symétrie.



On donne :

Les dimensions du vérin sur la notice du constructeur, document DT6.

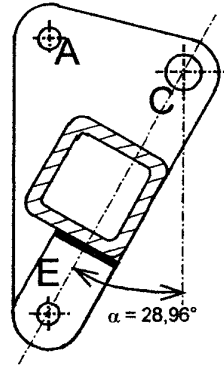
La masse totale  $m_T$  du sous-ensemble mis en mouvement par le vérin est la somme de la masse de la palette  $m_p$  et de la masse du châssis mobile 2  $m_c$ .

Le poids de ce sous-ensemble de masse  $m_T$  est modélisé au point G (voir DR1).

Les liaisons sont supposées parfaites, sans frottement.

Les poids des basculeurs et des tirants seront négligés.

L'accélération de la pesanteur est  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$  pour toutes les études



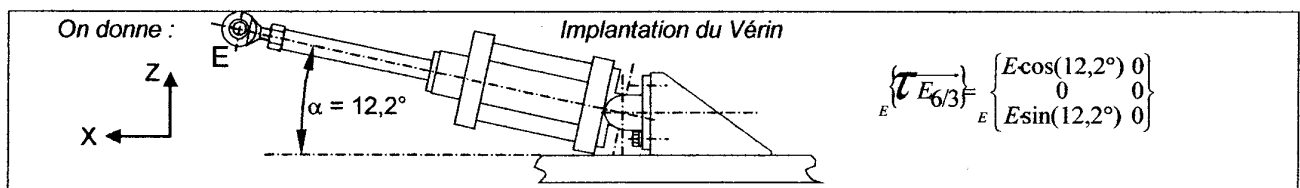
Coordonnées en mm relatives au basculeur 3 sur DR1.

$$\vec{AE} = (0 ; 0 ; -200) \quad \vec{AC} = (-96,82 ; 0 ; -25)$$

Répondre sur feuille de copie et document DR1:

QI.1 Isoler le châssis mobile 2. Faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures (AME). En déduire et mettre en place les actions en A et B sur le document DR1 (on suppose que les actions en A et en B sont identiques).

QI.2 Après avoir étudié sur feuille de copie l'équilibre des tirants 5-5', dont le poids est négligeable (résolution partielle), isoler les basculeurs droits 4-4', faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures et déterminer graphiquement sur DR1 les actions mécaniques participant à l'équilibre.



QI.3 Après avoir complété sur feuille de copie l'équilibre des tirants 5-5', isoler les basculeurs gauches 3-3', faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures puis déterminer l'action exercée par le vérin 6-7 en E par la méthode de votre choix.

QI.4 Déterminer la pression minimale nécessaire «  $p_m$  » permettant de supporter la charge de la palette. On prendra  $\| \vec{E} 3/6 \| = 4050 \text{ N}$

## 1.2) Course du vérin nécessaire pour atteindre la position en fin de montée (5 points/40)

Donnée :

Le châssis mobile 2 se déplace verticalement suivant l'axe  $\vec{Z}$  de 50 mm.

Répondre sur feuille de copie et document DR2:

QI.5 Quel est le mouvement de la tige 6 par rapport au corps du vérin 7 ? Tracer la trajectoire du point E : T(E, 6/7). Quel est le mouvement de 7 par rapport à bâti 1 ?

QI.6 Quel est le mouvement du basculeur gauche 3 par rapport au bâti 1. Tracer la trajectoire du point E : T(E, 3/1) En déduire la trajectoire T(E, 6/1).

QI.7 Quel est le mouvement du châssis mobile 2 par rapport au basculeur 3 ? Tracer la trajectoire du point A : T(A, 3/1) . Quel est le mouvement de 2 par rapport à 1 ?

QI.8 Tracer Ah et Eh, positions des points A et E lorsque le châssis mobile est en position haute. En déduire la course de la tige du vérin.

### 1.3) Débit volumique nécessaire lors de la montée (4 points/40)

Donnée :

Le châssis mobile 2 effectue un déplacement complet suivant l'axe  $\vec{Z}$  en 1 s. (Voir DR3)

Répondre sur feuille de copie et document DR3:

QI.9 Déterminer la vitesse du point A :  $\vec{V}(A,2/1)$ . Déterminer la vitesse du point E :  $\vec{V}(E,3/1)$ . En déduire la vitesse de sortie de la tige du vérin en déterminant  $\vec{V}(E,6/7)$ .

QI.10 Déterminer le débit volumique  $Q_v$  minimal nécessaire pour assurer la sortie de la tige du vérin.

### 1.4) Puissance hydraulique à installer (1 point/40)

QI.11 Calculer la puissance hydraulique instantanée «  $P_h$  » minimale à installer pour assurer le fonctionnement du système dans cette position.

## II - VERIFICATION DE LA DUREE DE L'OPERATION D'AIGUILLAGE.

### 2.1) Détermination de la durée du mouvement suivant l'axe $\vec{X}$ (7 points/40)

On se propose d'étudier le mouvement de translation suivant l'axe  $\vec{X}$  d'une palette «  $p$  » chargée par rapport au châssis fixe 1 en étudiant le mouvement d'un de ses points M. Soit R (O,  $\vec{x}$ ,  $\vec{y}$ ,  $\vec{z}$ ) un repère lié au bâti.

Dans le mouvement de  $M \in p/1$ , la position du point M est définie par :  $\vec{OM} = x \cdot \vec{x}$ .

Données :

Longueur de la palette  $L_p = 1400 \text{ mm}$ . (Voir document PR4).

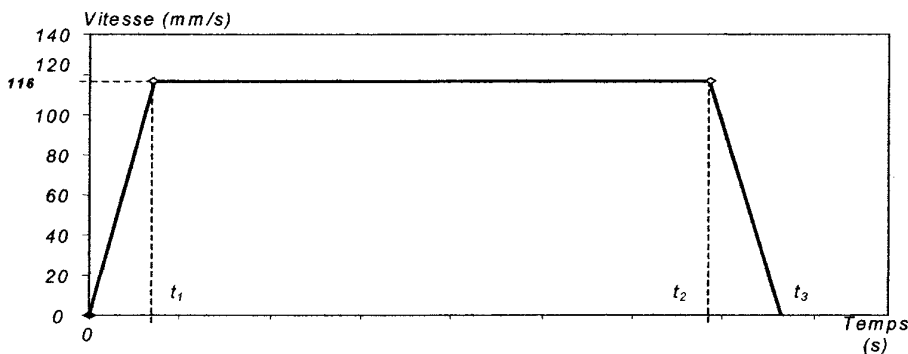
L'instant initial  $t = 0$  est choisi au début du mouvement pour lequel à  $t = 0$ ,  $x_M = 0$  et  $v_M = 0$ .

Le mouvement du point  $M \in 1/0$  comprend trois phases :

- **Phase 1** : Mouvement rectiligne uniformément accéléré pour lequel  $0 \leq t \leq t_1$  et tel qu'à l'instant  $t_1$  :  $x_1 = 100 \text{ mm}$  et  $v = 116 \text{ mm.s}^{-1}$ .

- **Phase 2** : Mouvement rectiligne uniforme pour lequel  $t_1 \leq t \leq t_2$  et tel qu'à l'instant  $t_2$  :  $x_2 = 1505 \text{ mm}$  et  $v = 116 \text{ mm.s}^{-1}$ .

- **Phase 3** : Mouvement rectiligne uniformément décéléré pour lequel  $t_2 \leq t \leq t_3$  et tel que la décélération est identique en norme à l'accélération de la phase 1 et  $v = 0$  pour  $t = t_3$ .



QII.12 Etude de la phase 1 du mouvement du point  $M \in p/1$ , déterminer  $t_1$ .

QII.13 Etude de la phase 2 du mouvement du point  $M \in p/1$ , déterminer  $t_2$ .

QII.14 Etude de la phase 3 du mouvement du point  $M \in p/1$ , donner la valeur de l'accélération  $a_3(t)$  du point  $M \in p/1$ . Déterminer  $t_3$ .

### 2.2) Détermination de la durée de l'opération d'aiguillage (1point/40)

La durée du mouvement de la palette suivant l'axe  $\vec{y}$  est sensiblement identique à celle du mouvement suivant l'axe  $\vec{x}$ .

QII.15 Déterminer la durée de l'opération d'aiguillage. Est-elle compatible avec le cahier des charges ?

## Deuxième étude : Vérification de la résistance des chaînes.

Objectif :

La durée de vie des chaînes simples 8 et 9 de convoyage des palettes est insuffisante. En effet ces chaînes supportent les effets du poids de la palette à convoier en plus de l'effort d'entraînement.

*Après avoir vérifié la tension supportée par chaque chaîne, des solutions alternatives seront demandées.*

## III - DETERMINATION DE LA TENSION MOTRICE SUPPORTÉE PAR UNE CHAÎNE

### 3.1) Détermination de la tension motrice dans les chaînes (6 points/40)

Voir figure sur document Q5/5

*Données et hypothèses :*

*La masse  $m_p$  de la palette est de 500 kg.*

*$\vec{F}_p$  modélise le poids de la palette. (Prendre  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ ).*

*Chaque chaîne est une chaîne simple de type DIN 8187.*

*L'accélération moyenne à laquelle est soumis l'ensemble portion de chaînes + palette est  $a_{\text{moy}} = 70 \text{ mm.s}^{-2}$ .*

*Il n'y a aucun glissement entre la palette et les chaînes.*

*Le facteur de frottement des chaînes sur les guides chaînes est  $\mu = 0,2$ .*

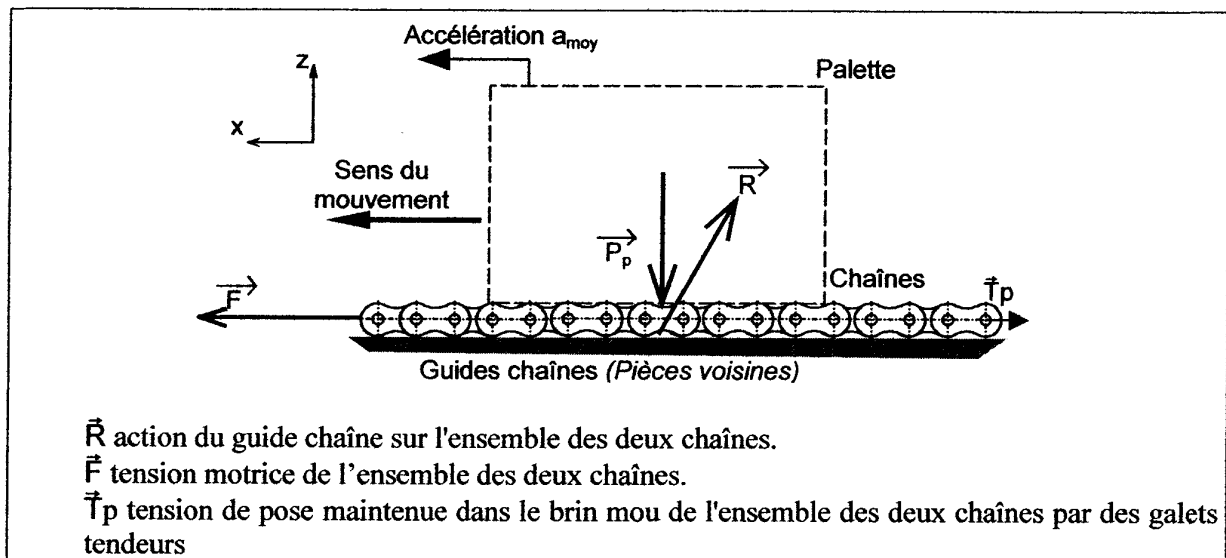
*Le poids des chaînes sera négligé dans le cadre de cette étude.*

*La tension de pose  $\vec{T}_p$  des chaînes est maintenue dans les brins mous par des galets tendeurs.*

*Prendre  $T_p = 300 \text{ N}$  pour l'ensemble des deux chaînes.*

*Les deux chaînes sont sensées travailler de manière identique.*

QIII.16 En appliquant le principe fondamental de la dynamique à l'ensemble constitué de la palette et des portions de chaînes représentées ci-dessous, calculer la tension motrice  $\vec{F}$  qui est nécessaire dans l'ensemble des deux chaînes pour mettre la palette en mouvement supposé uniformément accéléré.



### 3.2) Vérification de la résistance d'une chaîne (1point/40)

Données :

Quel que soit le résultat trouvé à la question précédente, prendre comme tension motrice dans chaque chaîne  $F_{max} = Sc \cdot F/2 = 1470 \text{ N}$ . ( $Sc$  : facteur de majoration égal à 2,5 car l'accélération réelle n'est pas constante).

Les éléments de calcul de la chaîne sont donnés sur le document PR4.

QIII.17 En tenant compte du facteur de service lié aux conditions d'utilisation du convoyeur, calculer la tension équivalente supportée par une chaîne. Conclure.

## IV - RECHERCHE DE SOLUTIONS (1point/40)

QIV.18 Proposer sur feuille de copie au moins deux éléments de solutions qui permettraient d'accepter la tension équivalente qui découle des conditions d'utilisation du mécanisme.

**Brevet de Technicien Supérieur**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**Session 2005**

**Modélisation des éléments de mécanismes  
Calcul des grandeurs caractéristiques  
(Sous-épreuve E 4-1)**

**Documents réponses**

**Ce dossier contient les documents DR 1/3 à DR 3/3**

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Echelle des forces  
10mm  $\Leftrightarrow$  2000N

Châssis mobile 2

Q1. 2

Répondre dans ce cadre

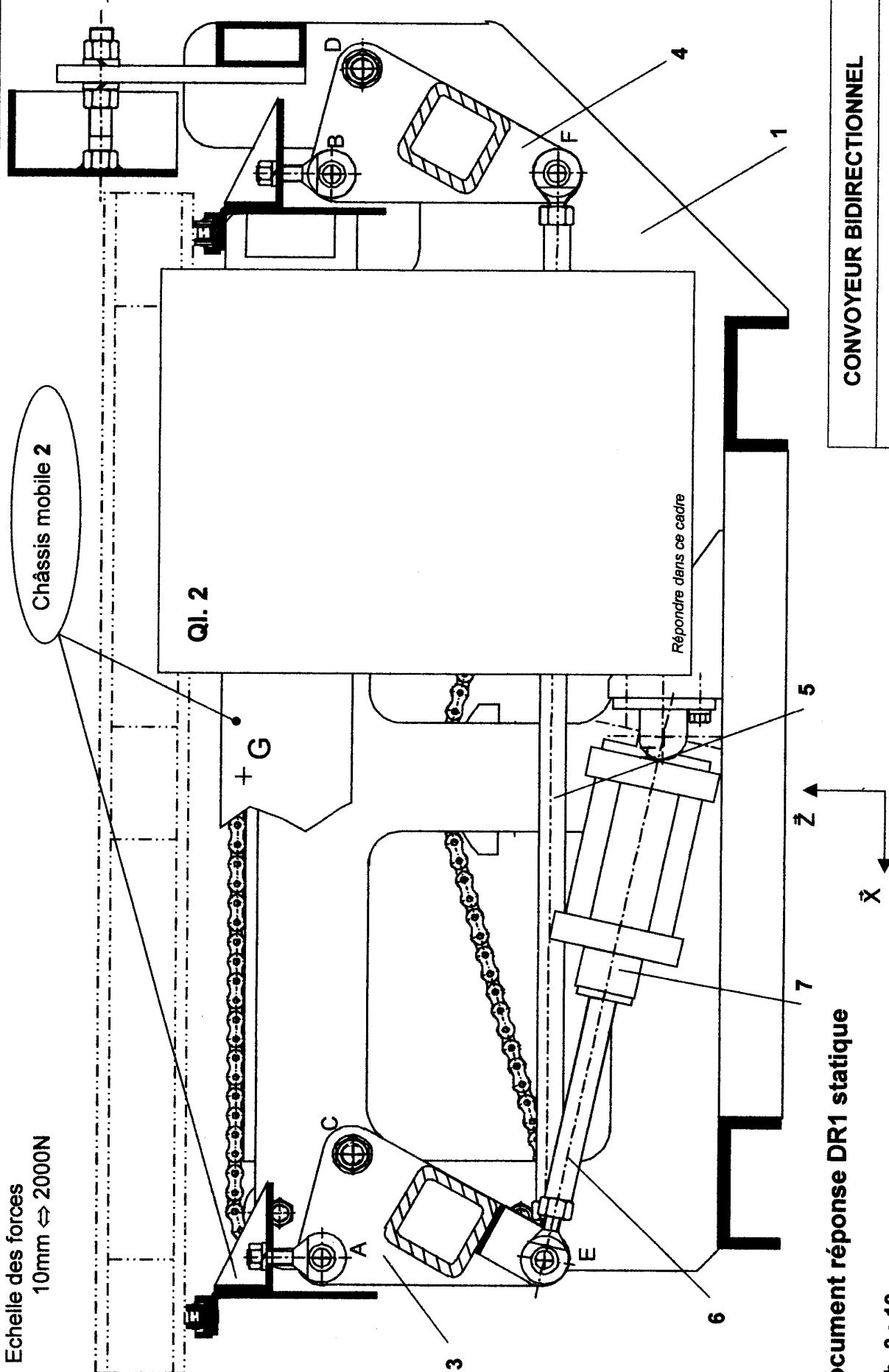
Document réponse DR1 statique

Ech 3 : 10

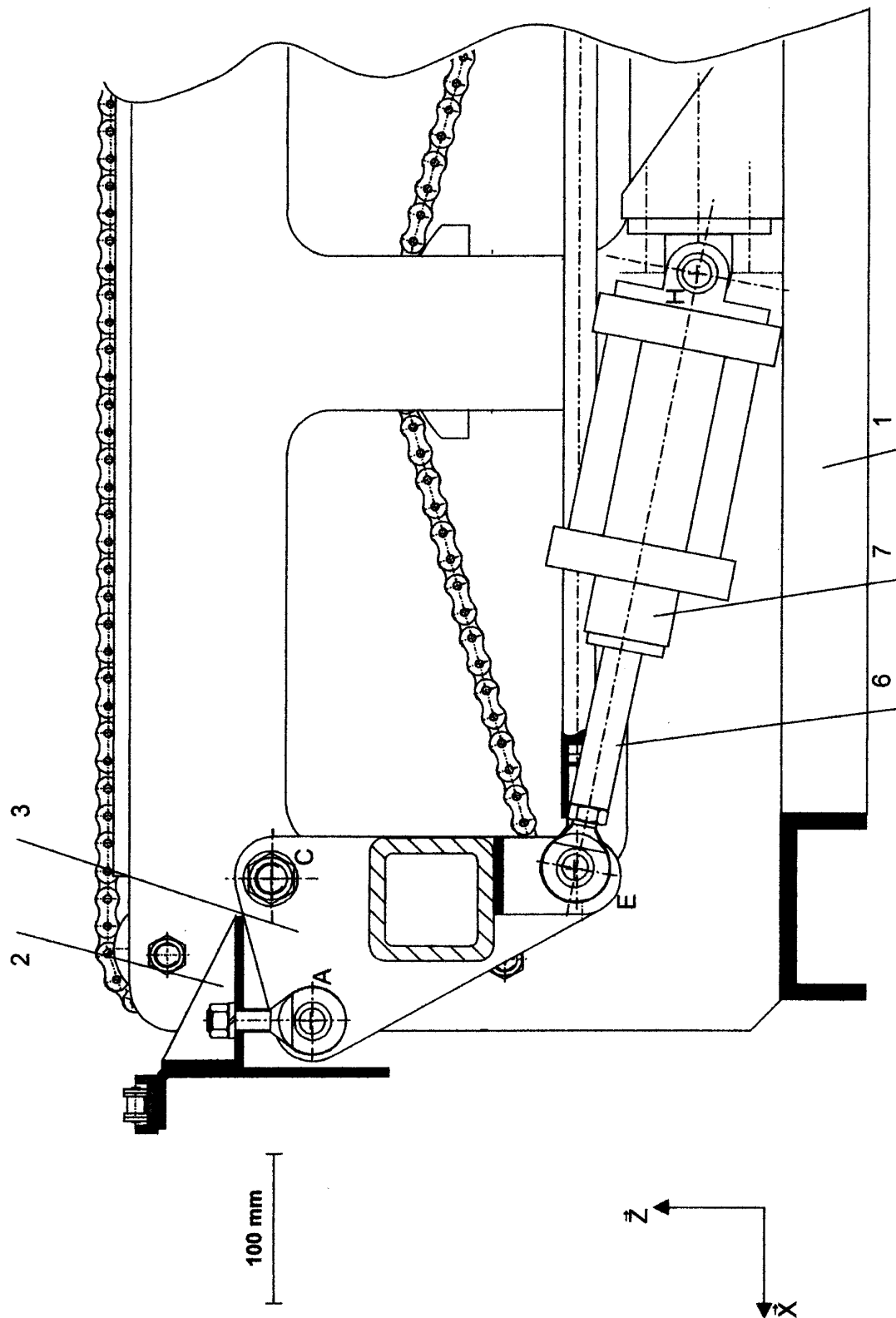
CONVOYEUR BIDIRECTIONNEL

BTS MI

MIE4MEM5



\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.



Document réponse DR2 - Cinématique trajectoires

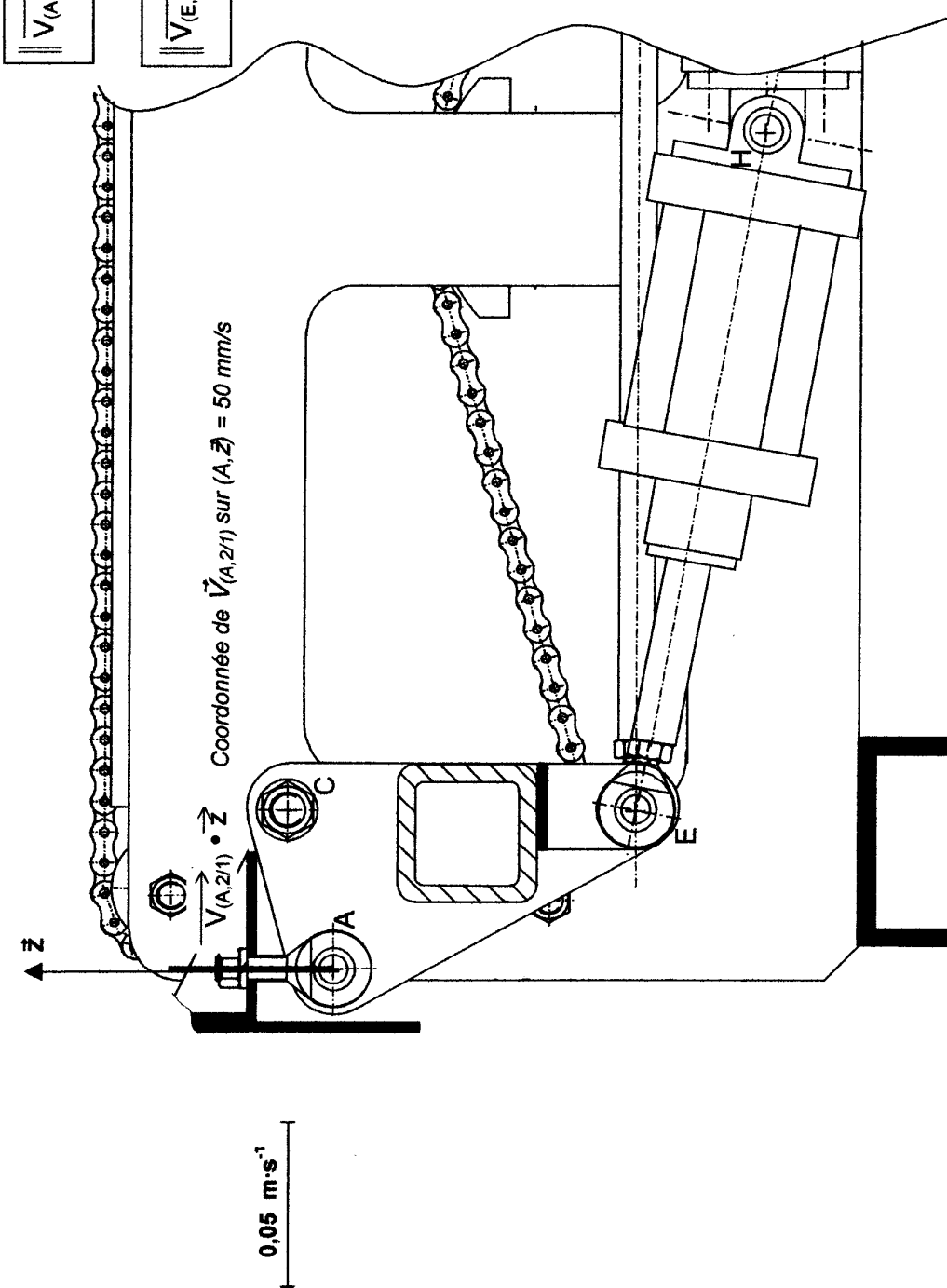
Ech 1 : 4

CONVOYEUR BIDIRECTIONNEL

BTS MI

MIE4MEM5

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.


$$= \left\| \overrightarrow{V_{(A,2/1)}} \right\|$$
$$\overline{\overline{V_{(E,6/7)}}} =$$

Document réponse DR3 - Cinématique Vitesses

**Ech 1:4**

## CONVOYEUR BIDIRECTIONNEL

**BTS MI**

MIE4MEM5



**Brevet de Technicien Supérieur**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**Session 2005**

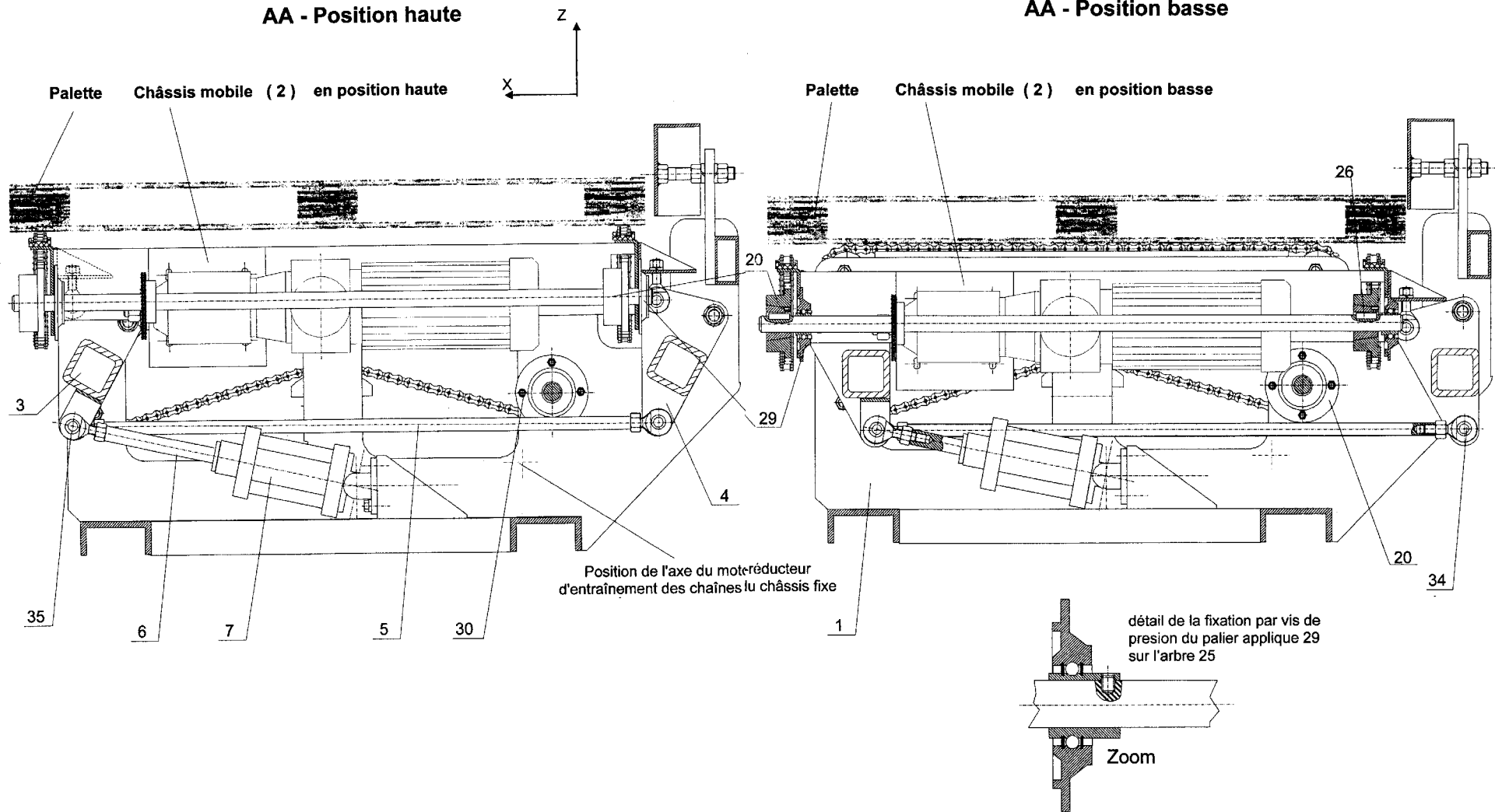
**Modélisation des éléments de mécanismes  
Calcul des grandeurs caractéristiques  
(Sous épreuve E 4-1)**

**Dossier technique**

**Ce dossier contient les documents DT 1/6 à DT 6/6**

AA - Position haute

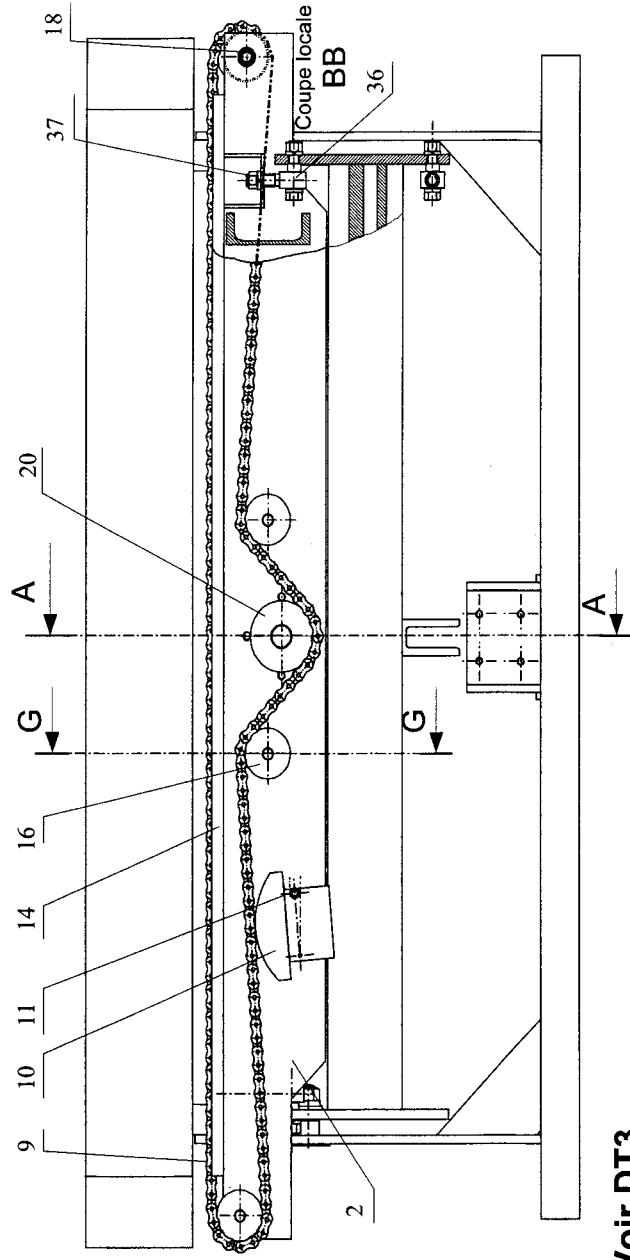
AA - Position basse



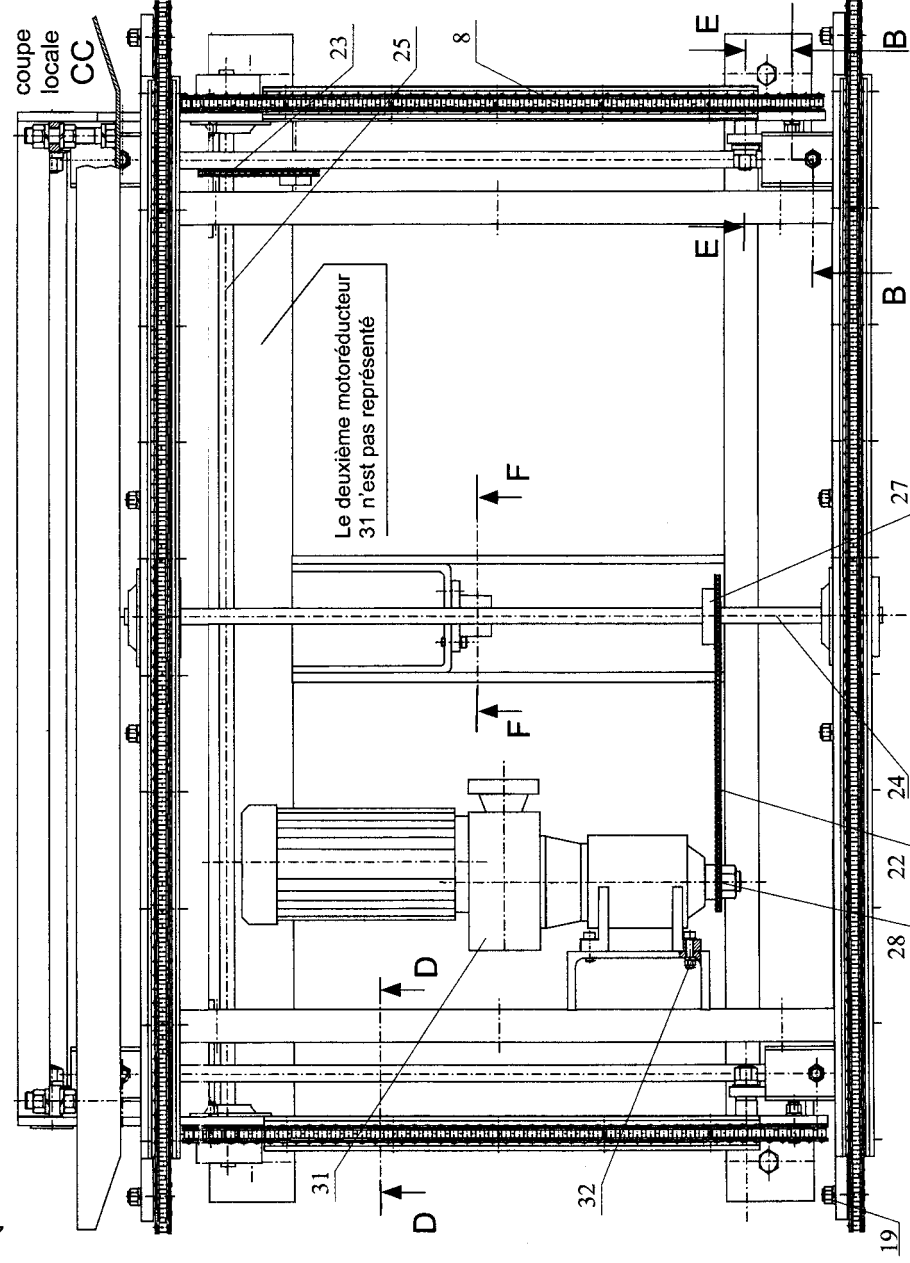
Document technique DT1/6

Ech 1 : 6,2

CONVOYEUR BIDIRECTIONNEL



Voir DT3

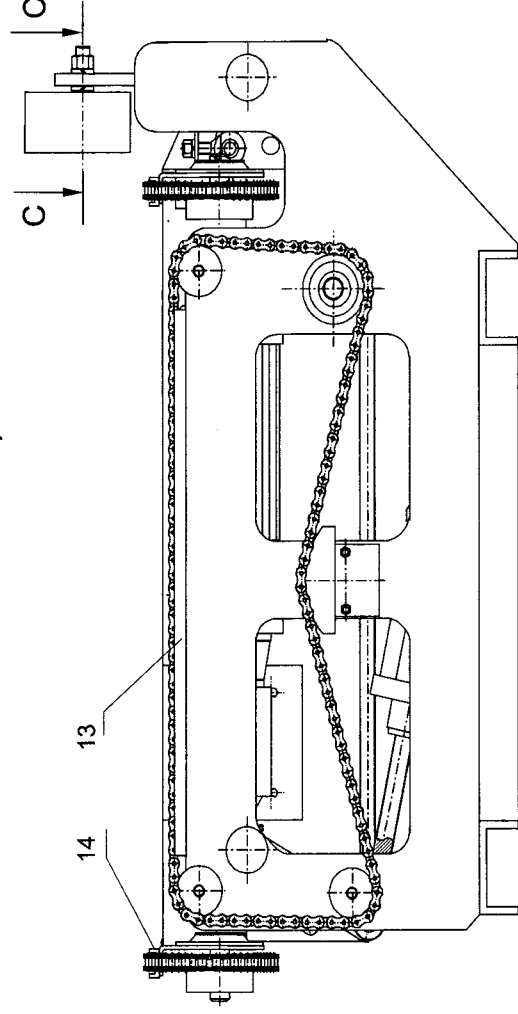


Document technique DT2/6

ECH 1 : 5

CONVOYEUR BIDIRECTIONNEL

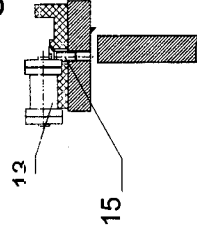
ECH 1 : 6,2



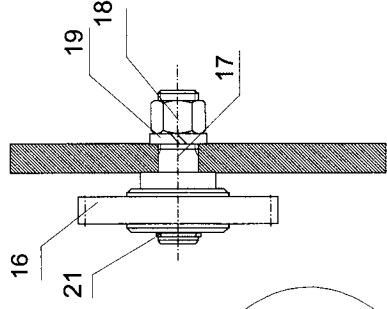
Voir DT2 

Ech 1 : 2

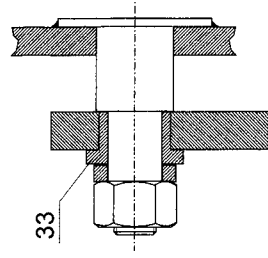
Section DD



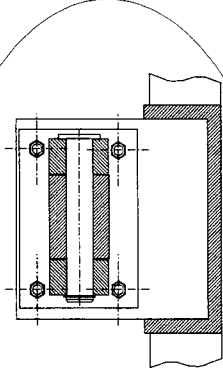
GG



Section EE



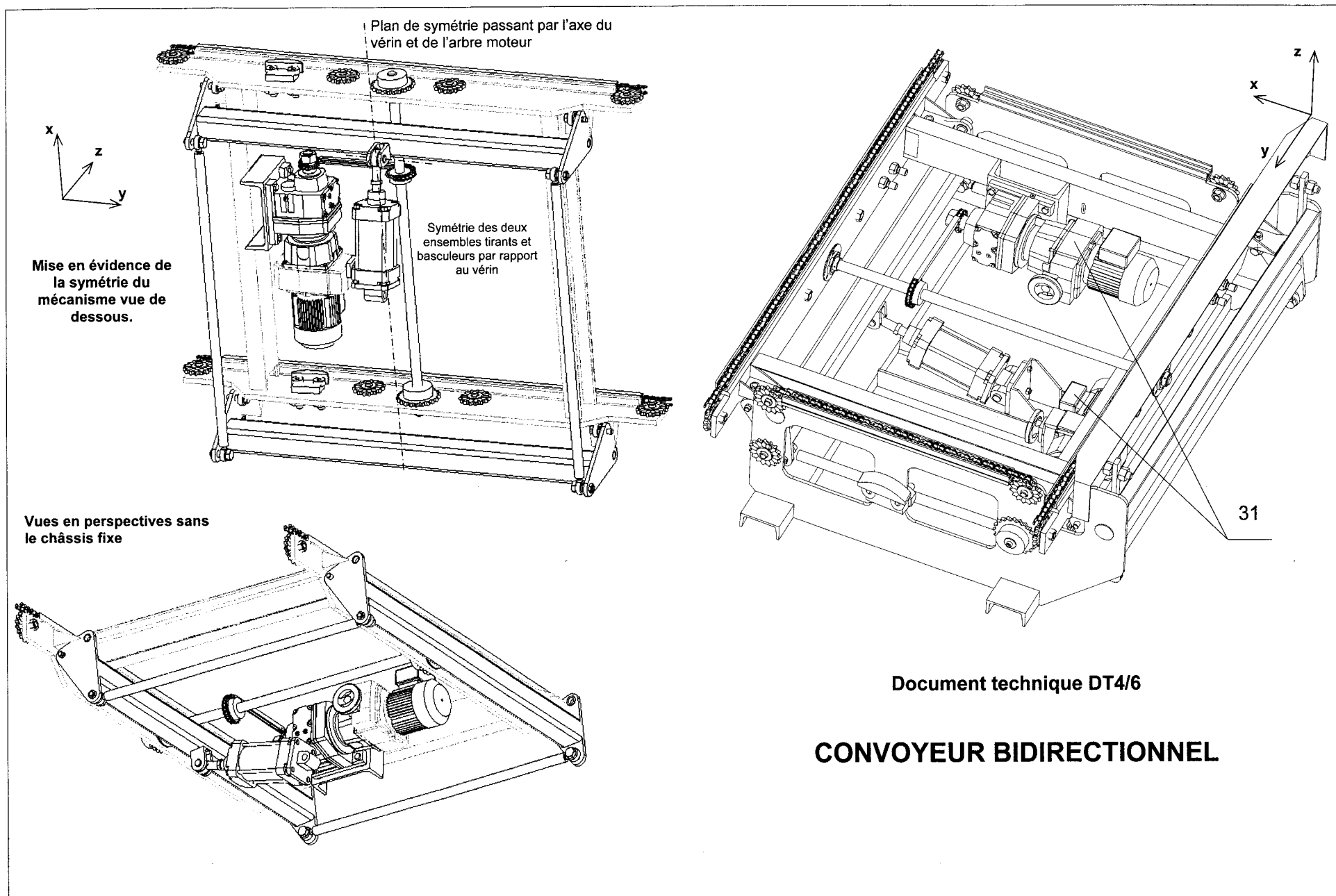
FF



Ech 1 : 4

Document technique DT3/6

CONVOYEUR BIDIRECTIONNEL





38	1	Chape vérin		
37	4	Ecrou M16		
36	4	Rotule basculeur		GAK FR16
35	1	Rotule vérin		GAK FR16
34	4	Rotule Tirant		GAK FR16
33	4	Bague METAFRAM 20/26/16		
32	8	Vis de fixation du motovariateur M10		
31	2	Motovariateur USOCOM SEW		R40 D16 DT80
30	16	Vis de fixation palier applique M10		
29	4	Palier applique INA PME30		
28	2	Pignon moteur LUFRA Z=15 pas=12,7mm		moyeu amovible
27	2	Pignon moteur LUFRA Z=21 pas=12,7mm		moyeu amovible
26	6	Clavettes L=60	C60 Phosphaté	
25	1	Arbre de transmission châssis mobile φ30 L=1440	C60 Electrozingué	
24	1	Arbre de transmission châssis fixe φ30 L=1100	C60 Electrozingué	
23	1	Chaîne transmission simple châssis mobile LUFRA L=0,338m pas=12,7mm	X4 Cr Mo S18	DIN8187 pas ISO08 B-1
22	1	Chaîne transmission simple châssis fixe LUFRA L=0,925m pas=12,7mm	X4 Cr Mo S18	DIN8187 pas ISO08 B-1
21	14	Circlips φ 16	C60 Phosphaté	
20	4	Pignon moteur LUFRA Z=21 pas=19,05mm		moyeu amovible
19	28	Rondelle grower		
18	14	Ecrou fixation pignon tendeur		
17	14	Axe pignon tendeur	C60 Electrozingué	
16	14	Pignon tendeur LUFRA Z=15		Monté sur roulement étanche
15	30	Vis fixation guide chaîne		
14	2	Guide mobile chaîne L=1392	Polyéthylène	Profil E Type ISO 12 B1
13	2	Guide fixe chaîne L=702	Polyéthylène	Profil E Type ISO 12 B1
12	8	Ecrou fixation tendeur		
11	8	Vis fixation tendeur		
10	4	Tendeur Spannbox N°30	Polyéthylène	
9	2	Chaines simples LUFRA L=3,435m pas=19,05mm	X4 Cr Mo S18	DIN 8187-ISO-12B-1
8	2	Chaines simples LUFRA L=2,365m pas=19,05mm	X4 Cr Mo S18	DIN 8187-ISO-12B-1
7	1	Corps vérin		FESTO série PAE
6	1	Tige vérin		φ 100 ISO 6431
5	2	Tirant	C60 Electrozingué	M1640 D / M16x40 G
4	2	Basculeur droit	C40 Electrozingué	Soudé
3	2	Basculeur gauche	C40 Electrozingué	Soudé
2	1	Châssis mobile	C40 Electrozingué	Soudé
1	1	Châssis fixe	C40 Electrozingué	Soudé
REP.	NB.	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
<b>NOMENCLATURE CONVOYEUR BIDIRECTIONNEL</b>				

## Document technique DT 5/6

**Brevet de Technicien Supérieur**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**Session 2005**

**EPREUVE E 4**

**Analyse fonctionnelle et Structurelle  
des Mécanismes**

**Analyse fonctionnelle et structurelle  
Représentation des mécanismes  
(Sous-épreuve E 4-2)**

**Durée : 5 heures**

**Coefficient : 2**

***AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ***

**Ce sujet contient 4 dossiers :**

- Présentation
- Questionnaire
- Documents réponses
- Dossier technique

**Matériel autorisé :** Calculatrice de poche alphanumérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante (Circulaire 99-186 du 16-11-99 )



**Brevet de Technicien Supérieur**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**Session 2005**

**Analyse fonctionnelle et structurelle  
Représentation des mécanismes  
(Sous-épreuve E 4-2)**

**Présentation**

**Ce dossier contient les documents : PR 1/4 à PR 4/4**

**Idem présentation E41**

**Brevet de Technicien Supérieur**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**Session 2005**

**Analyse fonctionnelle et structurelle  
Représentation des mécanismes  
(Sous- épreuve E 4-2)**

**Questionnaire**

**Ce dossier contient les documents Q 1/3 à Q 3/3**

**Barème**

Lecture du sujet : 15 minutes

Questions	Durée conseillée	Barème sur 40
<b>1<sup>er</sup> Etude</b>		
I - Modélisation du système	40 min	6
II - Modification du dispositif d'élévation	20 min	4
III - Implantation d'un vérin hydraulique	60 min	7
IV - Conception de la nouvelle liaison vérin - châssis	60 min	9
<b>2<sup>ème</sup> Etude</b>		
V - Vérification de la transmission de puissance	30 min	5
VI - Modification du système de tension de chaîne	75 min	9

## Première étude : dispositif d'élévation du châssis mobile 2

Objectif :

On désire augmenter la durée de vie des joints d'étanchéité du vérin 6-7 qui est insuffisante. La cause principale de cette anomalie réside dans le montage en chape des articulations du vérin . Ce montage génère des efforts radiaux qui écrasent localement les joints d'étanchéité, diminuant ainsi fortement leur durée de vie . On désire contrôler la vitesse de sortie de la tige du vérin 6-7.

### I - MODÉLISATION DU SYSTÈME (voir les documents DT1, DT2, DT3, DT4 et DT 5 ) (6 points /40)

Répondre sur feuille de copie :

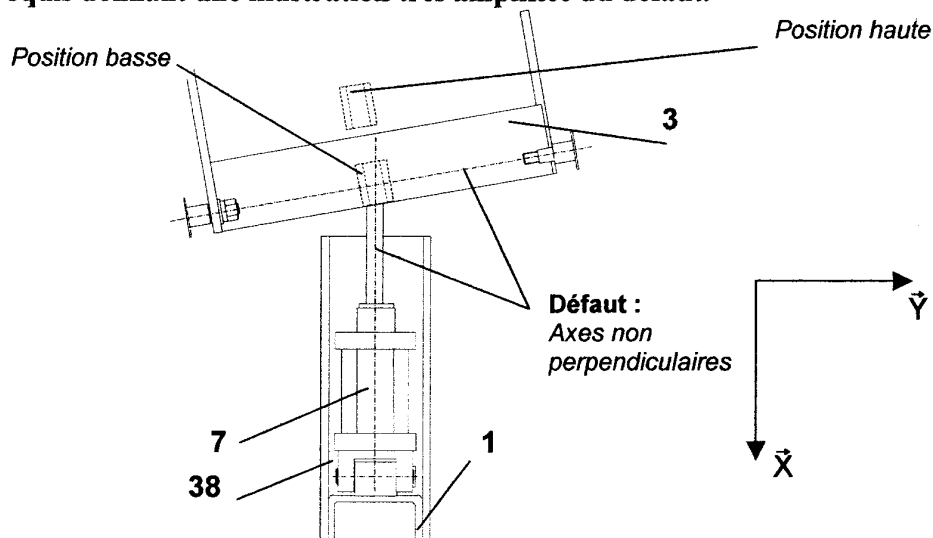
QI.1 A partir de la représentation du dispositif d'élévation du châssis mobile 2 donnée sur le document DT1, réaliser un schéma cinématique de ce dispositif dans le plan ( $\vec{X}$ ,  $\vec{Z}$ ).

QI.2 Proposer sous forme de schéma une autre solution (actionneur et/ou guidage différent) permettant la montée du châssis mobile .

### II - MODIFICATION DU DISPOSITIF D'ELEVATION (voir les documents DT1, DT2, DT3, DT4 et DT 5 ) ( 4 points /40)

Actuellement, le corps du vérin 7 est articulé au bâti 1 par une chape réalisant une liaison pivot et au basculeur gauche 3 grâce à une rotule. Ces liaisons ne permettent pas une sortie correcte de la tige du vérin lorsque des défauts de perpendicularité existent entre l'axe du vérin et l'axe de rotation du basculeur gauche.

**Croquis donnant une illustration très amplifiée du défaut.**



Afin d'augmenter la durée de vie des joints d'étanchéité, on décide de modifier l'articulation du corps du vérin sur le châssis fixe 1 en remplaçant le montage en chape 38 par un embout à rotule .

Répondre sur feuille de copie :

QII.3 Proposer sous forme de schéma une solution différente de celle qui consiste à utiliser un embout à rotule .

### III - IMPLANTATION D'UN VERIN HYDRAULIQUE (voir les documents DT1, DT2, DT3, DT4, DT 5 et DT 6) ( 7 points /40)

La vitesse de sortie de la tige du vérin 6-7 est difficile à maîtriser car il s'agit d'un vérin pneumatique et la charge à soulever est variable .

Pour avoir une vitesse de montée du châssis mobile plus régulière, on décide de changer le vérin pneumatique FESTO PAE Ø 100 Iso 6431 par un vérin hydraulique. Le choix de l'entreprise s'est porté sur des vérins ROEMHELD.

*Données :*

*La poussée nécessaire du vérin est de 410 daN, il est alimenté à une pression de 6 MPa (60 bar)*

*Le vérin sélectionné doit avoir un amortissement en fin de courses et des joints en PERBUNAN.*

*Les articulations de la tige et du corps du vérin 6-7 sont des rotules .*

*Répondre sur feuille de copie :*

QIII.4 Identifier, à partir du document DT6, parmi les quatre versions proposées, celle qui est compatible avec les données. Déterminer les références du vérin à sélectionner.

QIII.5 Compléter, sur le document DR1, le schéma hydraulique d'alimentation du nouveau vérin en veillant à prévoir :

- \* un dispositif de protection du circuit contre les surcharges de pression.
- \* une régulation de la vitesse de la tige du vérin dans les deux sens.
- \* un dispositif de maintien en position du châssis mobile 2 lors d'un arrêt du convoyeur .

### IV - CONCEPTION DE LA NOUVELLE LIAISON DU VERIN 6-7 AVEC LE CHÂSSIS 1. (Voir les documents DT1, DT2, DT3, DT4, DT 5, DT 6 et DT7) ( 9 points /40)

*Donnée :*

*La course du vérin est de 100 mm .*

*Répondre sur le document DR2 :*

QIV.6 Justifier à l'aide de l'extrait de la documentation constructeur DT7 que la tige du vérin résiste bien au flambage avec le type de liaison retenue .

QIV.7 Réaliser la liaison entre le palier du corps du vérin 7 et la platine bâti 1 .

La fixation de la rotule sur le bâti se fera au moyen d'un support intermédiaire démontable et fixé sur la platine existante . Vous indiquerez les ajustements (jeux et serrages) nécessaires au bon fonctionnement du montage .

## Deuxième étude : dispositif de translation des palettes

**Objectif :**

Un problème de tenue dans le temps des chaînes de convoyage 9 des palettes a été observé. Les chaînes choisies par l'entreprise SERINOL pour le convoyage des palettes sont des chaînes simple de transmission et non des chaînes adaptées au transport de charges .

Pour diminuer le nombre d'interventions, on désire augmenter la durée de vie de ces chaînes en les remplaçant par des chaînes de transport.

Une usure rapide des tendeurs **10** en polyéthylène a été constatée, le changement nécessite l'arrêt de toute la chaîne de convoyage ce qui est particulièrement pénalisant . On envisage de les remplacer par des pignons tendeurs .

**V - VERIFICATION DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE** (voir les documents DT1, DT2, DT3, DT4, DT 5, DT 8, DT 9 et DT 10 ) ( **5 points /40**)

*Données :*  
*La vitesse de convoyage maximale des palettes sur les convoyeurs linéaires est de  $116 \text{ mm.s}^{-1}$ .*  
*La plage de fréquence de rotation en sortie du moto-réducteur est de  $3,5$  à  $30 \text{ tr.min}^{-1}$ .*  
 *$Z_{28} = 15$  dents ,  $Z_{27} = 21$  dents ,  $Z_{20} = 21$  dents ,  $Z_{16} = 15$  dents*  
*La fréquence de rotation de la roue motrice ( 20 ) est de  $17,5 \text{ tr.min}^{-1}$*   
*La puissance à transmettre par chaque chaîne de convoyage est de  $190 \text{ W}$*

*Répondre sur feuille de copie :*

QV.8 Pour adapter la vitesse de convoyage à la cadence de production on utilise des moto variateurs. On désire pouvoir obtenir des vitesses comprises entre  $1$  et  $8 \text{ m.min}^{-1}$  ce qui laisse une marge de sécurité. Vérifier si la motorisation permet d'obtenir cette plage de vitesses .

QV. 9 Déterminer la nature des charges supportées par une chaîne de convoyage **9**. Identifier le nombre de dents du plus petit pignon de la transmission, en déduire le coefficient de sélection  $K_{sel}$ , puis choisir la nouvelle chaîne .

**VI - MODIFICATION DU SYSTEME DE TENSION DE CHAINE** (voir les documents DT1, DT2, DT3, et DT 4 ) ( **9 points /40**)

*Donnée :*  
*La référence du pignon tendeur est 55107000*

*Répondre sur le document DR3 :*

QVI. 10 Proposer sous forme de schéma un système de tension différent de la solution retenue ci-contre.

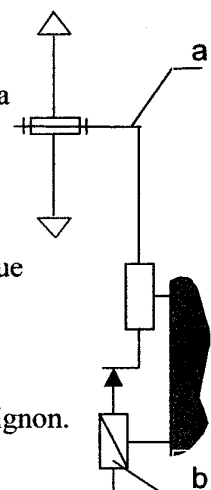
QVI. 11 La tension de la chaîne se réalise au moyen d'un système vis – écrou conformément au schéma ci-contre.

Représenter la solution en coupe A-A sur le document DR3, ainsi que toute vue nécessaire à la compréhension .

Remarques :

La bague extérieure du roulement est montée avec serrage dans l'alésage du pignon.

Prévoir une sûreté de réglage de la tension de la chaîne soit en bloquant la translation de la pièce (a), soit en bloquant la rotation de la pièce (b) .



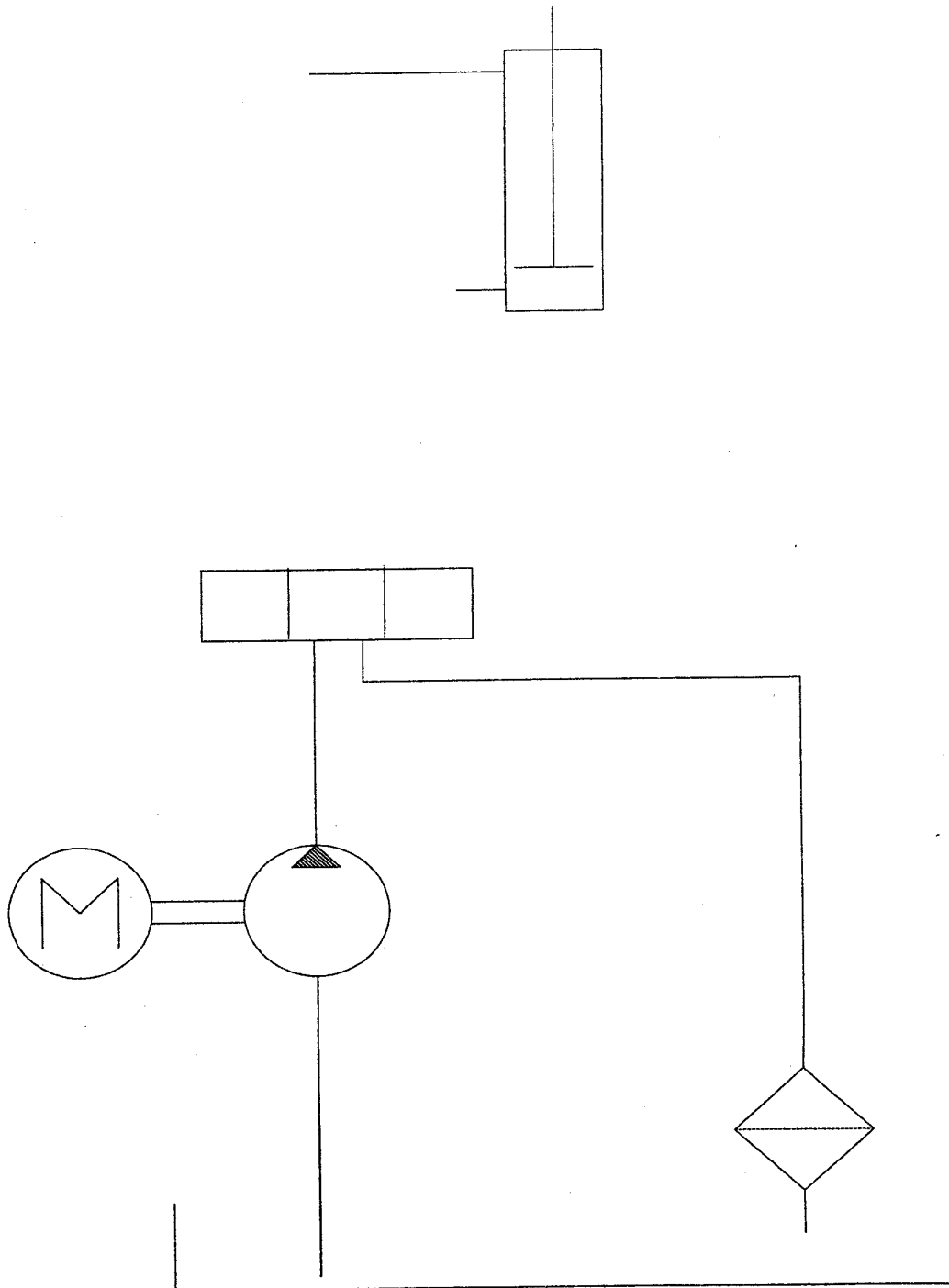
**Brevet de Technicien Supérieur**  
**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**  
**Session 2005**

**Analyse fonctionnelle et structurelle**  
**Représentation des mécanismes**  
**(Sous-épreuve E 4-2)**

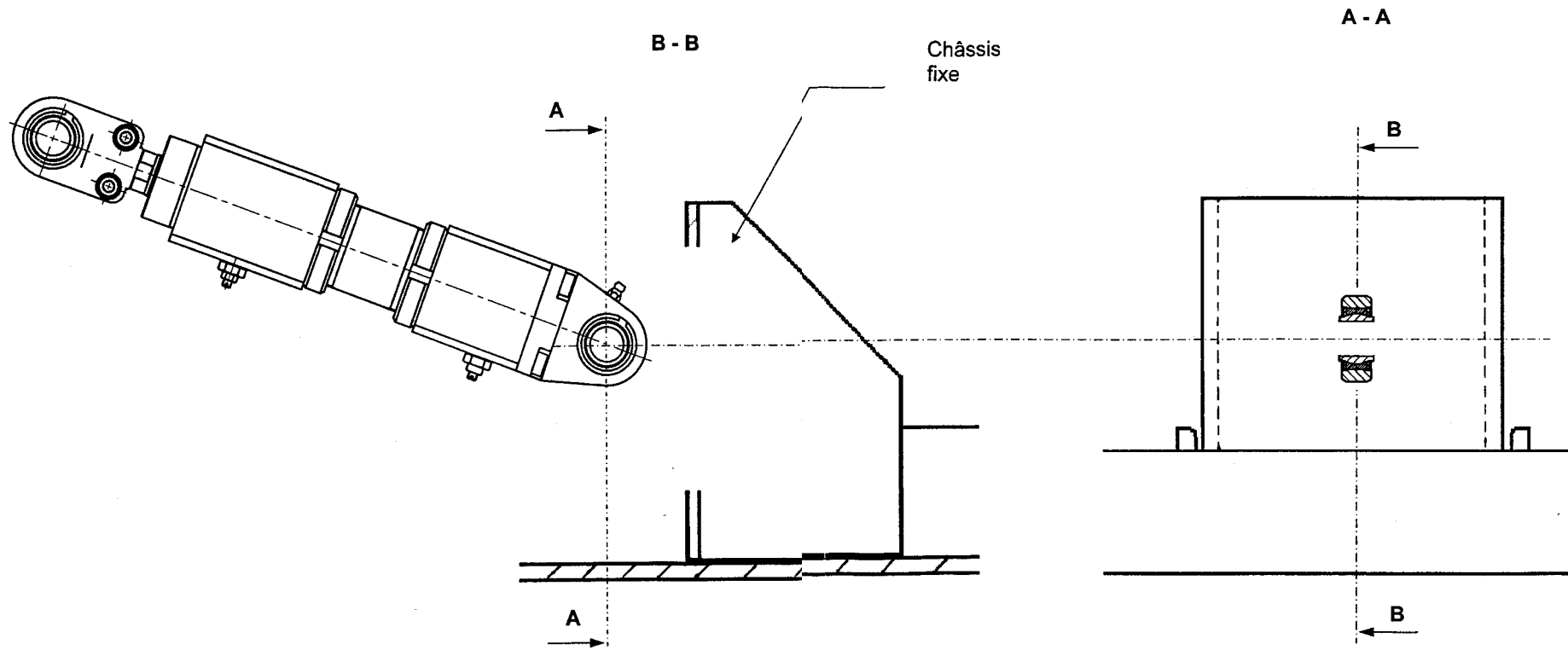
**Documents réponses**

**Ce dossier contient les documents DR 1/3 à DR 3/3**

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.



**Document réponse DR1/3 – Circuit hydraulique**



Echelle 1 : 2

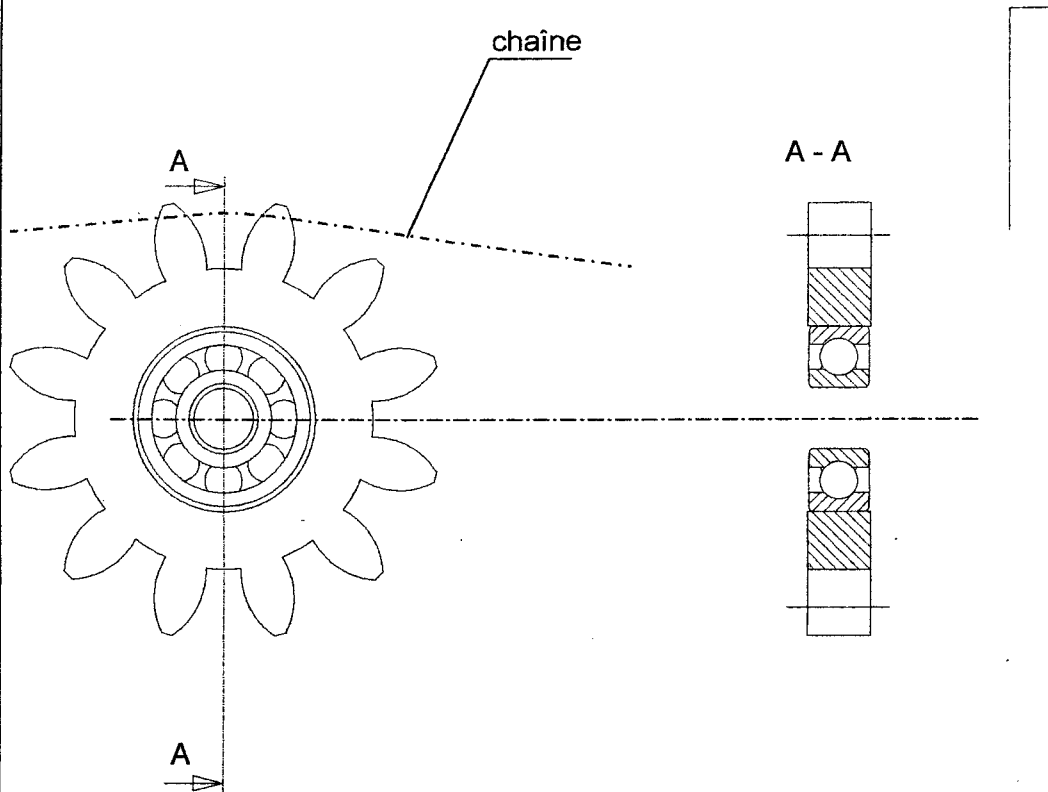
Document réponse DR2/3 – Montage du vérin



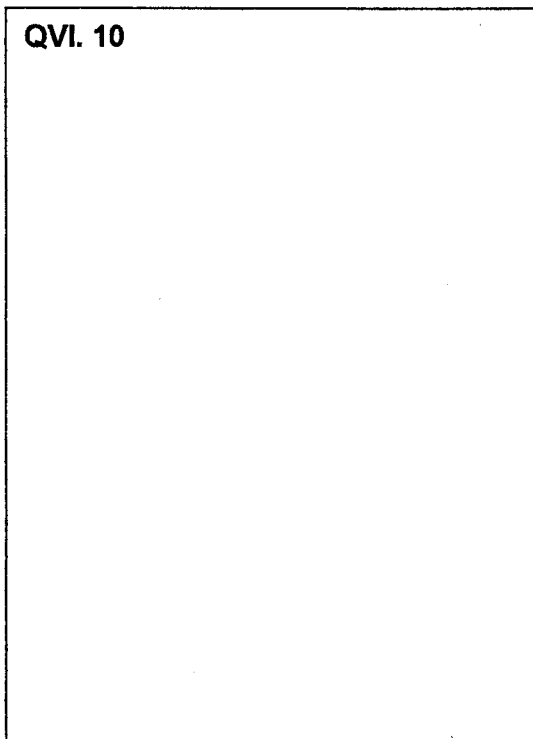


\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

**QVI. 11**



**QVI. 10**



bâti

Echelle 1 : 2

**Document réponse DR3/3 – Montage du tendeur**

**Brevet de Technicien Supérieur**  
**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

*Session 2005*

**Analyse fonctionnelle et structurelle**  
**Représentation des mécanismes**  
**(Sous-épreuve E 4-2)**

**Dossier technique**

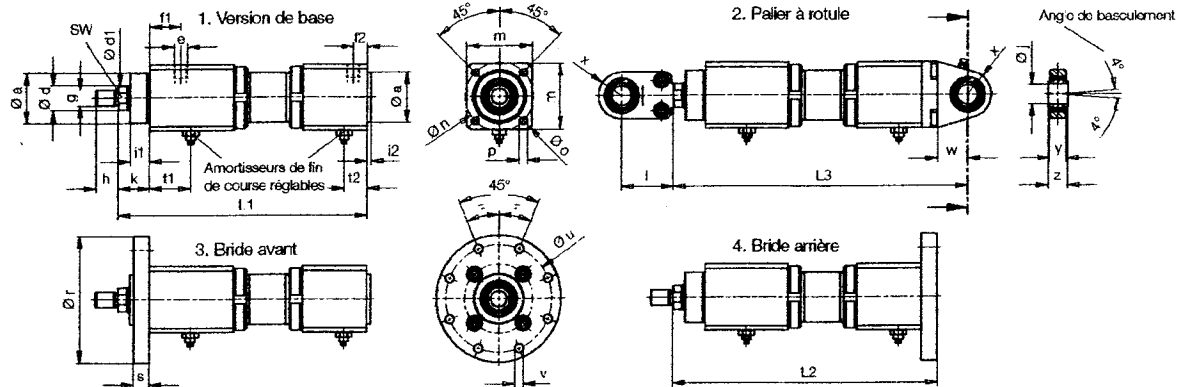
**Ce dossier contient les documents DT 1/10 à DT 10/10**

**DT1, DT2, DT3, DT4, DT5 → voir E41**



# ROEMHELD

Dimensions  
Références



Force nominale pousser [kN]	9,8	16	25	39,2	62,3	100,5
à 200 bars tirer [kN]	5,7	9,8	15,3	23,1	37,2	61,2
Piston Ø D [mm]	25	32	40	50	63	80
Tige Ø d *) [mm]	16	20	25	32	40	50
Section de piston [cm²]	4,91	8,04	12,56	19,63	31,17	50,26
Section annulaire [cm²]	2,89	4,90	7,65	11,59	18,61	30,63
Course d'amortissement [mm]	16	16	20	25	32	40
L1 = course + [mm]	108 (150)	121 (170)	149 (190)	162 (205)	189 (224)	226 (250)
L2 = course + [mm]	120 (162)	137 (186)	165 (206)	182 (225)	214 (249)	258 (282)
L3 = course + [mm]	140 (178)	162 (231)	195 (231)	219 (257)	259 (289)	313 (332)
Ø a f7 [mm]	32	40	50	60	70	85
Ø c [mm]	35	42	50	60	75	95
Ø d1 [mm]	15	19	24	31	39	48,5
e	G 1/4	G 1/4 (3/8)	G 1/4 (1/2)	G 1/2	G 1/2 (3/4)	G 1/2 (3/4)
f1 *) [mm]	21	22,5	31	34	41	46
f2 *) [mm]	10	11	14	17	22	28
g [mm]	M 12 x 1,25	M 14 x 1,5	M 16 x 1,5	M 20 x 1,5	M 27 x 2	M 33 x 2
h [mm]	16	18	22	28	36	45
i1 [mm]	15	20 *)	20 *)	24	29	37 *)
i2 [mm]	3	3	4	4	4	4
Ø j H7 [mm]	12	16	20	25	32	40
k [mm]	28	32	32	38	45	54
l [mm]	38	44	52	65	80	97
m *) [mm]	50	55	65	80	95	115
Ø n [mm]	45	58	68	82	95	115
Ø o *) [mm]	61	73	86	104	119	144
p x Prof. du taraudage [mm]	M 6 x 12	M 8 x 15	M 8 x 15	M 10 x 20	M 12 x 20	M 16 x 28
Ø r [mm]	90	110	125	150	170	195
s [mm]	12	16	16	20	25	32
t1 [mm]	25	29	41	44	54	60
t2 [mm]	15	17	23	27	35	42
Ø u [mm]	75	92	106	126	145	165
Ø v [mm]	7	9	9	11	14	18
w [mm]	20	25	30	37	45	55
x [mm]	16	20	23,5	29	35	44,5
y [mm]	10,5	13	17	21	27	32
z [mm]	12	16	20	25	32	40
SW [mm]	13	17	22	27	36	46
Course minimale ± 1,5 [mm]	70	70	60	70	80	80
Course maximale ± 1,5 [mm]	750	950	1200	1200	1200	1200

Référence	Vérin						
Perbunan	sans amortisseur	1293-10-XXXX	1294-10-XXXX	1295-10-XXXX	1296-10-XXXX	1297-10-XXXX	1298-10-XXXX
VITON®	sans amortisseur	1293-11-XXXX	1294-11-XXXX	1295-11-XXXX	1296-11-XXXX	1297-11-XXXX	1298-11-XXXX
Perbunan	avec amortisseur	1293-12-XXXX	1294-12-XXXX	1295-12-XXXX	1296-12-XXXX	1297-12-XXXX	1298-12-XXXX
VITON®	avec amortisseur	1293-13-XXXX	1294-13-XXXX	1295-13-XXXX	1296-13-XXXX	1297-13-XXXX	1298-13-XXXX
Référence	Bride	1283-910	1284-910	1285-910	1286-910	1287-910	1288-910
Référence palier à rotule avant		1293-930	1294-930	1295-930	1296-930	1297-930	1298-930
arrière		1293-940	1294-940	1295-940	1296-940	1297-940	1298-940

XXXX = course en mm  
voir exemples de commande page 4

Cotes en ( ) selon DIN ISO 6020 sur demande  
Dimensions marqués d'un \*) non conformes à DIN ISO 6020

Remarque importante:

Pour la sélection de la course il faut considérer l'effort de flambage admissible et la force radiale indiqués sur la page 3.

**DT 6/10 Document technique**

MIE4AFSS



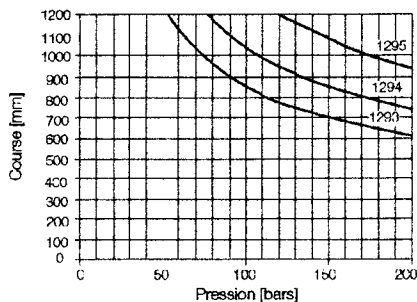
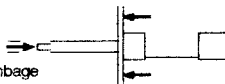
# ROEMHELD

**Force de flambage**  
**Force radiale**  
**Renseignements**

## Force de flambage

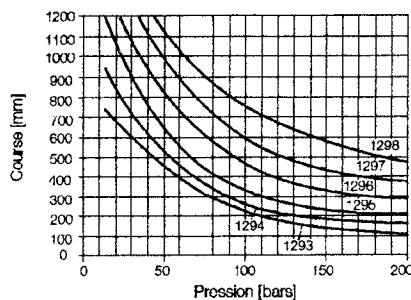
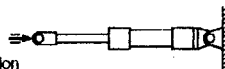
### Bride avant

Valeurs limites pour course et pression de fonctionnement pour des efforts de flambage (résistance au flambage = 3,5)



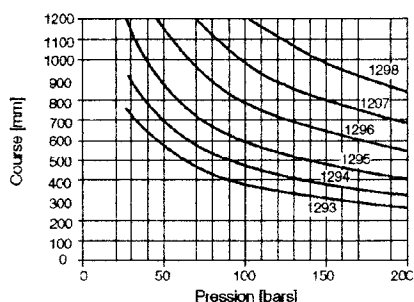
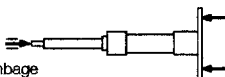
### Paillet à rotule

Valeurs limites pour course et pression de fonctionnement pour des efforts de flambage (résistance au flambage = 3,5)

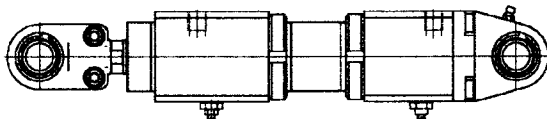
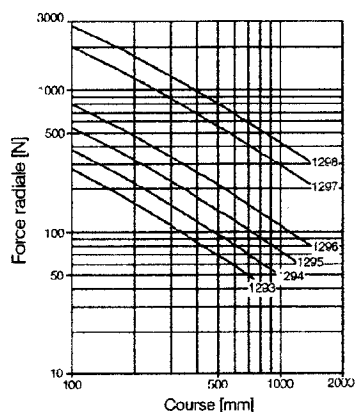
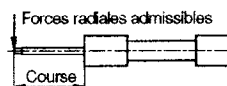


### Bride arrière

Valeurs limites pour course et pression de fonctionnement pour des efforts de flambage (résistance au flambage = 3,5)



### Forces radiales admissibles avec tige du piston sortie



### Référence

129 X - 1 X - X X X X

Course en mm (exemple course = 85 mm: 0085)  
Attention: considérer les courses minimales et maximales (voir table)  
Courses surlongues sur demande

0 = étanchéité en perbunan, sans amortisseur  
1 = étanchéité en VITON®, sans amortisseur  
2 = étanchéité en perbunan, avec amortisseur  
3 = étanchéité en VITON®, avec amortisseur

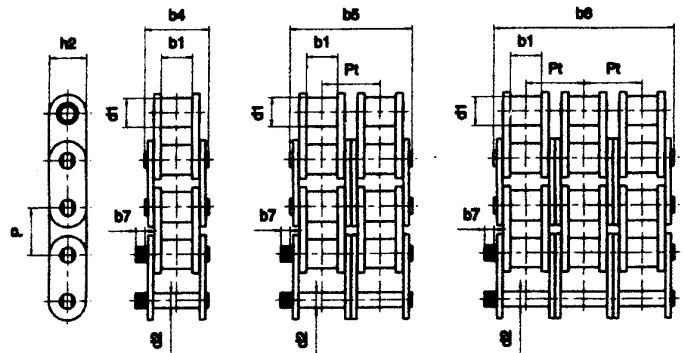
3 = piston Ø 25  
4 = piston Ø 32  
5 = piston Ø 40  
6 = piston Ø 50  
7 = piston Ø 63  
8 = piston Ø 80

**Remarque importante:**  
Si possible, éviter les forces radiales, elles réduisent la durée de vie des guidages du piston et de la tige du piston.

## 1 - GÉNÉRALITÉS

Transmission par obstacle à l'aide d'un lien flexible. Avec un entraxe compris entre 30 et 80 fois le pas de la chaîne. La durée de vie de la chaîne est d'environ 15000 heures avec graissage correct.

En général, une chaîne simple au pas le plus petit constituera la transmission la plus économique. Si pour des raisons d'espace disponible, de vitesse élevée, de bruit ou de douceur de fonctionnement, ce pas ne convient pas, utiliser une chaîne double ou triple au pas le plus faible.



## II - CHOIX D'UNE CHAÎNE

Pour sélectionner une transmission par chaîne, il est nécessaire de connaître les éléments suivants :

- La puissance ou le couple à transmettre,
- La vitesse en tr/min des arbres moteur et récepteur.
- Les caractéristiques de la transmission, c'est-à-dire le degré d'irrégularité de la charge à entraîner (normale, irrégulière, avec à-coups importants).
- Le nombre de dents du pignon moteur.

### II.1 - Détermination de la puissance de sélection

La puissance à transmettre  $P_{tr}$  est multipliée par un coefficient de sélection  $K_{sel}$  prenant en compte les irrégularités de la transmission. On définit la puissance sélectionnée  $P_{sel}$  :

$$P_{sel} = P_{tr} \cdot K_{sel}$$

### II.2 - Détermination du coefficient de sélection $K_{sel}$

#### a) Nature des charges

Il faut choisir la nature des charges en fonction du type de machine.

1	CHARGES NORMALES ET REGULIERES
2	CHARGES IRREGULIERES
3	CHARGES IRREGULIERES AVEC A COUPS

CHARGES NORMALES ET REGULIERES		
CHARGES INTERMITTENTES	CHARGES CONTINUES	
Ascenseurs Elévateurs divers Monte-charge Téléphériques	Agitateurs de liquides Génératrices de courant Séchoirs Compresseurs et pompes centrifuges Convoyeurs légèrement chargés (composants unitaires)	Alternateurs Machines-outils Souffleries centrifuges Ventilateurs

CHARGES IRREGULIERES	
Batteurs Broyeurs de pulpe compresseurs Convoyeurs lourdement chargés (palette etc ...) Grues Machines pour l'industrie alimentaire Mélangeurs de pâte Broyeurs a viande	Moulins Machines pour l'industrie textile et de blanchissage Machines à teindre, à laver, a tramer Mélangeurs Machines a bois Machines-outils Tamiseurs pour carrières

CHARGES IRRÉGULIÈRES AVEC GROS À COUPS	
Compresseurs alternatifs	Machines à marteler, à river, à étirer
Concasseurs	Machines pour l'industrie papetière. calandreuses. etc. ;
Convoyeurs à secousses	Machines pour l'industrie du caoutchouc
Laminoirs	Machines textiles - Cardeuses
Machines-outils	Matériels de carrières et de travaux publics
Presses à découper - à poinçonner	Roues à aubes
Machines pour le formage des métaux	

**b) Nombre de dents des pignons**

Dans la transmission il faut prendre en compte le pignon avec le nombre de dents le plus faible.  
Si le nombre de dents n'est pas connu, il faut prendre le cas le plus défavorable.

Nombre de dents du pignon						
Cas le plus défavorable	17	19	21	23	25	cas le plus favorable

**c) Coefficient de sélection  $K_{sel}$**

Dans le tableau suivant, on détermine le coefficient de sélection en fonction du type de charge et du nombre de dents le plus faible du pignon de la transmission.

Caractéristique de la transmission	Nombre de dents du pignon				
	17 <sup>(1)</sup>	19	21	23	25 <sup>(2)</sup>
Charges régulières	1,1	1	0,9	0,85	0,75
Charges irrégulières	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2
Charges irrégulières avec à coups	2,2	2	1,8	1,7	1,6

<sup>(1)</sup> ou pignon avec moins de 17 dents <sup>(2)</sup> ou pignon avec plus de 25 dents

**II.3 - Détermination du type de chaîne**

Sur l'abaque donnant la fréquence de rotation du pignon moteur en fonction de la puissance sélectionnée, on peut déterminer une zone de sélection.

Pour chaque zone correspond un type de chaîne. Le tableau suivant donne les principales caractéristiques des chaînes.

Références	Zone sur l'abaque	Pas p mm	Diamètre des rouleaux d <sub>1</sub> mm	Surface nominale mm <sup>2</sup>	Charge à la rupture kN	Masse au mètre kg
06B-1 NE	A	9,53	6,35	28	9	0,40
08B-1 NE	B	12,70	8,51	50	18,2	0,72
10B-1 NE	C	15,88	10,16	67	23	0,96
12B-1 NE	D	19,05	12,07	88	30,5	1,25
16B-1 NE	E	25,40	15,88	205	66	2,70
20B-1 NE	F	31,75	19,05	292	105	3,90
24B-1 NE	G	38,10	25,40	550	180	7,40

# **ABaque DE SELECTION - Transmission par chaîne Symbole B**

Fréquence de rotation de la roue motrice en tr/min

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 200 300 400 500 600 800 1000 1500 2000

**Puissance  
de  
selection  
Kwatt**

