

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2008**

**ÉPREUVE U51
MODÉLISATION ET COMPORTEMENT DES
PRODUITS INDUSTRIELS**

Durée : 4 heures

Aucun document n'est autorisé

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)

Le sujet comporte trois dossiers :

- un dossier technique
- un dossier travail
- un dossier réponse

Le dossier réponse est à joindre aux feuilles de copie.

TRANSPALETTE ÉLECTRIQUE STILL EXU-S 22

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2008**

ÉPREUVE U51

**MODÉLISATION ET COMPORTEMENT DES PRODUITS
INDUSTRIELS**

DOSSIER TECHNIQUE

TRANSPALETTE ÉLECTRIQUE STILL EXU-S 22

Ce dossier comporte 12 pages (pages 1/2, 2/2 et DT1 à DT10)

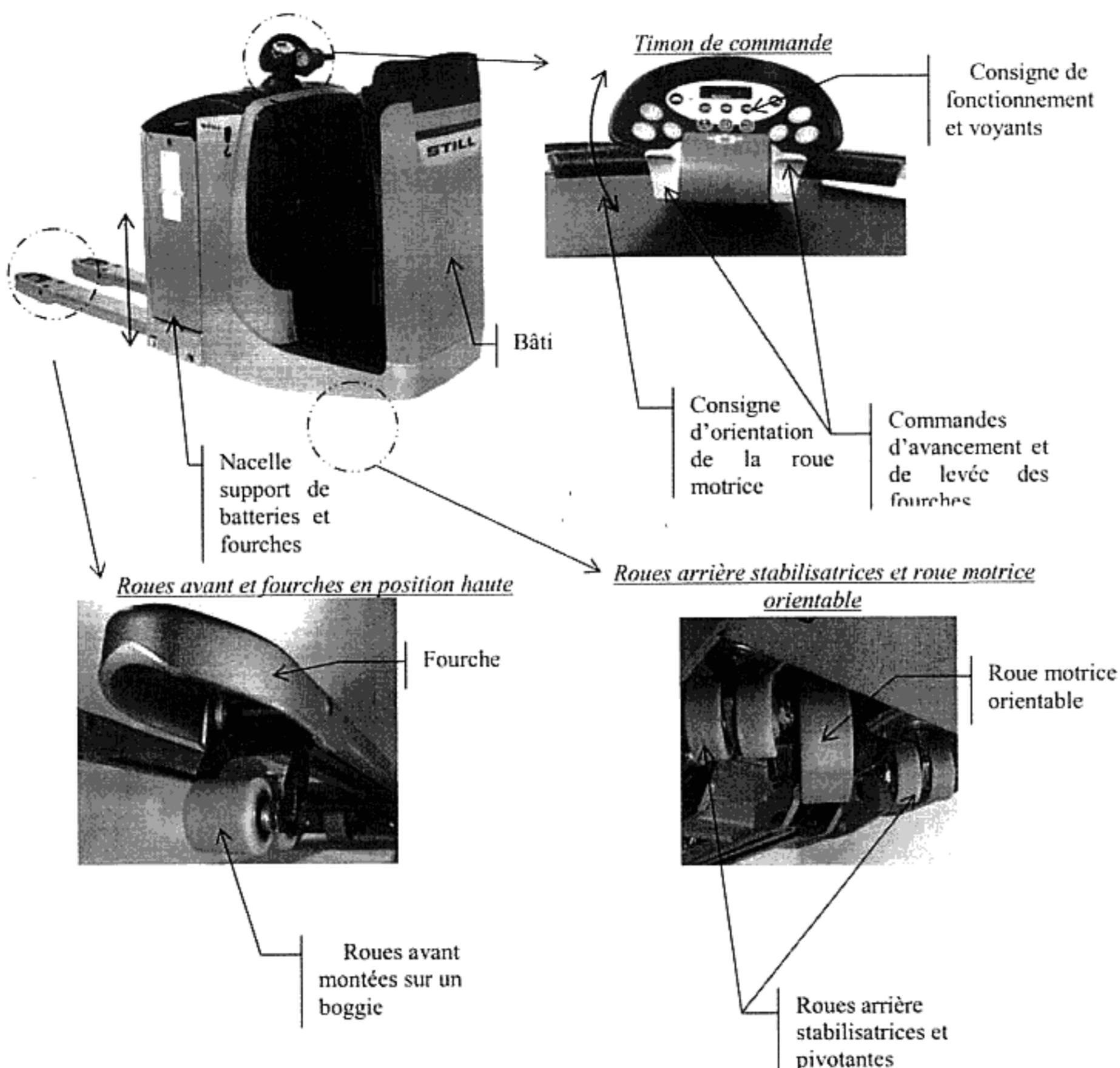
PRÉSENTATION DU SUPPORT DE L'ÉTUDE

Le transpalette électrique à conducteur porté étudié dans ce sujet est conçu et assemblé par la société STILL, à Montataire dans l'OISE, un des acteurs majeurs sur ce secteur. Ce transpalette a été mis sur le marché en 2006.

Ce transpalette est destiné principalement au chargement – déchargement de palettes à partir de l'arrière des remorques de camions adossés à un quai. Le conducteur est debout sur le transpalette. L'accès peut se faire, selon la version de transpalette, soit par le côté (photo) soit par l'arrière.



La figure ci-dessous montre les zones fonctionnelles principales de ce transpalette :



La présentation de la structure du transpalette est visible sur les documents DT3 et DT4. La présentation fonctionnelle est, elle, visible ci-dessous et sur le document DT1.

Deux chaînes fonctionnelles vont particulièrement nous intéresser dans ce sujet :

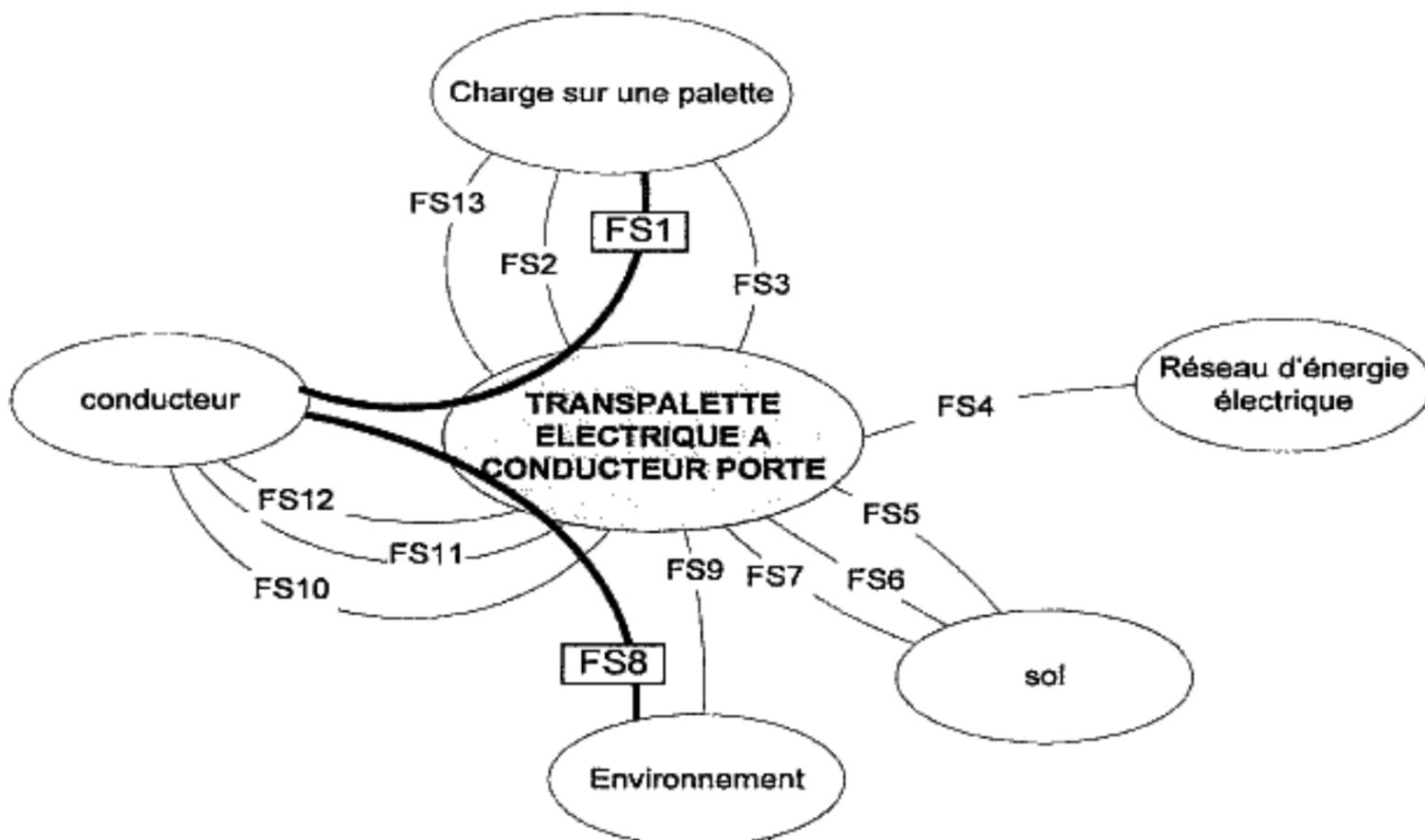
- La chaîne fonctionnelle de levage qui permet de lever une charge grâce aux fourches, et essentiellement constituée des éléments suivants :

- l'ensemble fourches plus batteries 1 ;
- le vérin de levage ;
- les pièces 11, 12, 13, 14 et les roues avant.

- La chaîne fonctionnelle de traction qui permet au transpalette d'avancer. Cette chaîne est constituée des éléments suivants :

- le moteur de translation de 3 KW ;
- l'ensemble 6 et la roue motrice ;
- la transmission entre le moteur et la roue motrice (avec réducteur conique).

DIAGRAMME DES INTERACTEURS

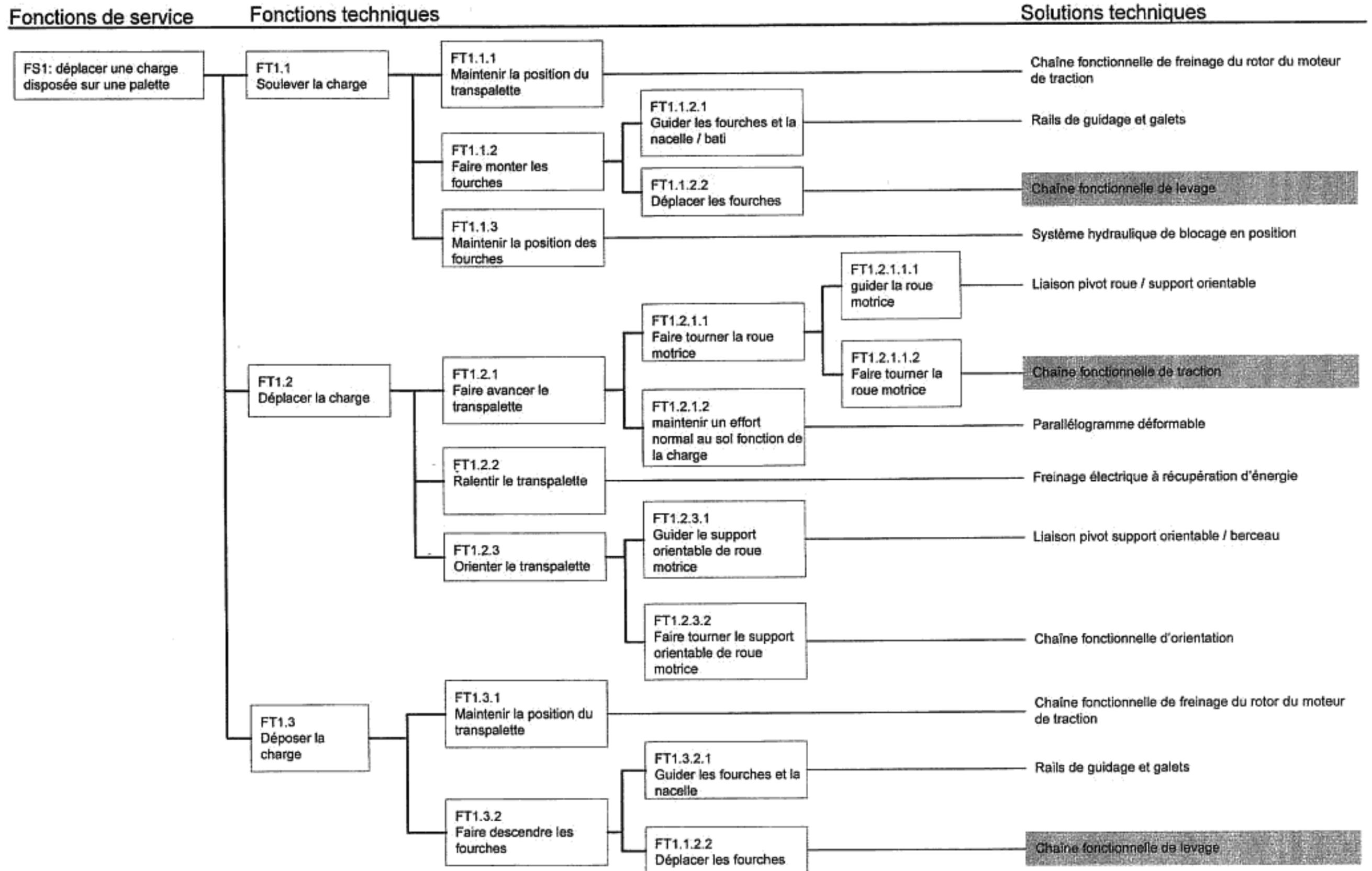


FONCTIONS DE SERVICE

FS1	Déplacer une charge disposée sur une palette
FS2	S'adapter à la palette
FS3	Se libérer de la palette déplacée
FS4	Se connecter au réseau électrique
FS5	S'adapter aux défauts de forme du sol
FS6	Résister à l'abrasion du sol
FS7	Être en appui plan sur le sol
FS8	Protéger l'opérateur (cariste) de l'environnement
FS9	Résister à l'environnement
FS10	Supporter le conducteur
FS11	Détecter le conducteur
FS12	Être piloté par le conducteur
FS13	Résister à la palette

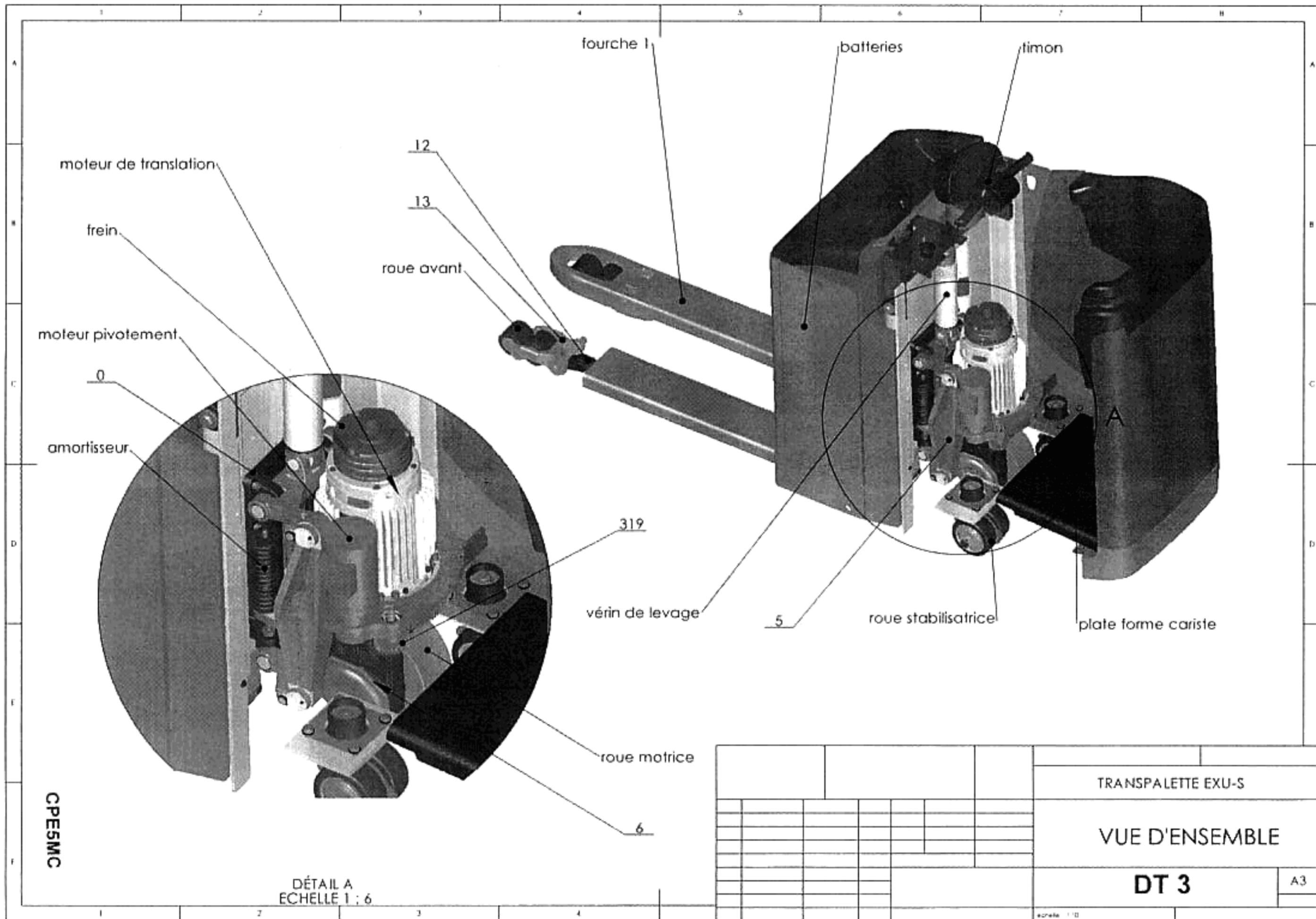
DT 1 : FAST PARTIEL

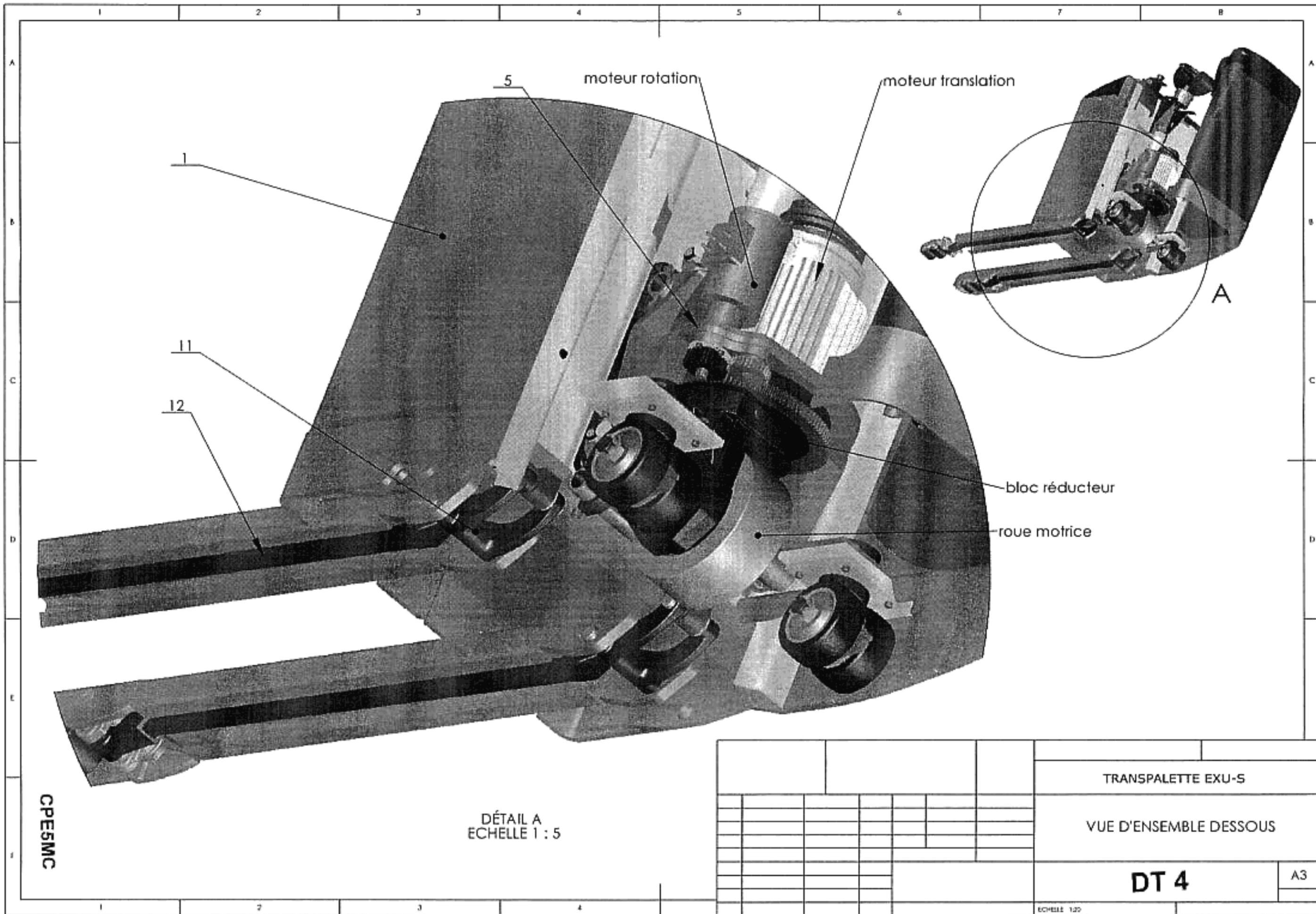
CPESMC



DT 2 : EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL

FONCTION		CRITERES	NIVEAUX
FS1	FT1.1 Soulever la charge	Masse de la charge	2200 kg
		Position du centre de gravité de la charge	1181 mm à partir du point O
		Temps de levée avec charge / sans charge	3s / 2,1s
		Temps de descente avec charge / sans charge	1,9s / 2s
		Hauteur de levage (course des fourches)	130 mm
		Coefficient de sécurité	s = 1,5
		Déplacement de l'ensemble 1 dans la direction x	20 mm
	FT1.2 Déplacer la charge	Vitesse de translation (avance) avec charge / sans charge	10 / 12 km.h ⁻¹
		Temps d'accélération avec charge / sans charge	6,2s / 4,6s
		Pente maxi du sol	8,5° ou 15%
		Pente pour démarrage en côte	6,9° ou 12%
		Distance accélération	10 m maxi
		Puissance nominale moteur translation	3 kW
		Masse à vide du transpalette	710 kg
		Masse des batteries	410 kg
		Tension batteries, capacité nominale	24V / 450 Ah
		Dimensions roue motrice	250x100 mm





moteur rotation

moteur translation

bloc réducteur

roue motrice

DÉTAIL A
ECHELLE 1 : 5

TRANSPALETTE EXU-5

VUE D'ENSEMBLE DESSOUS

DT 4

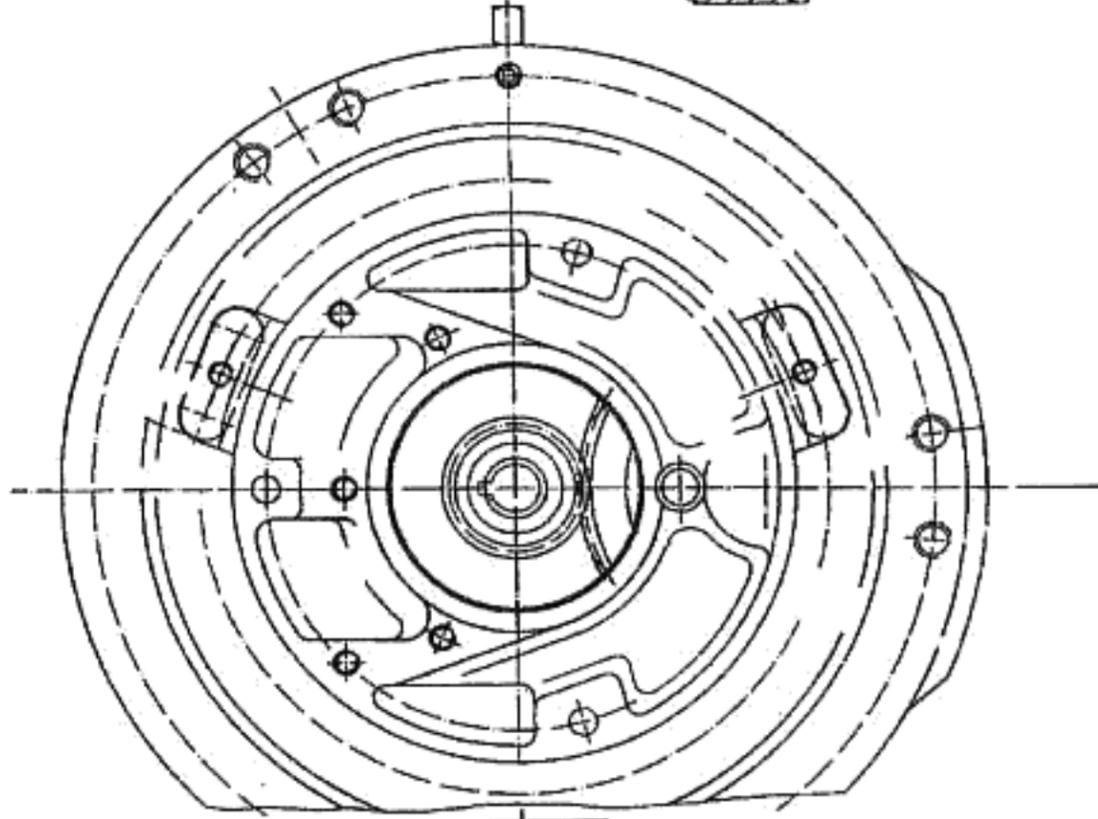
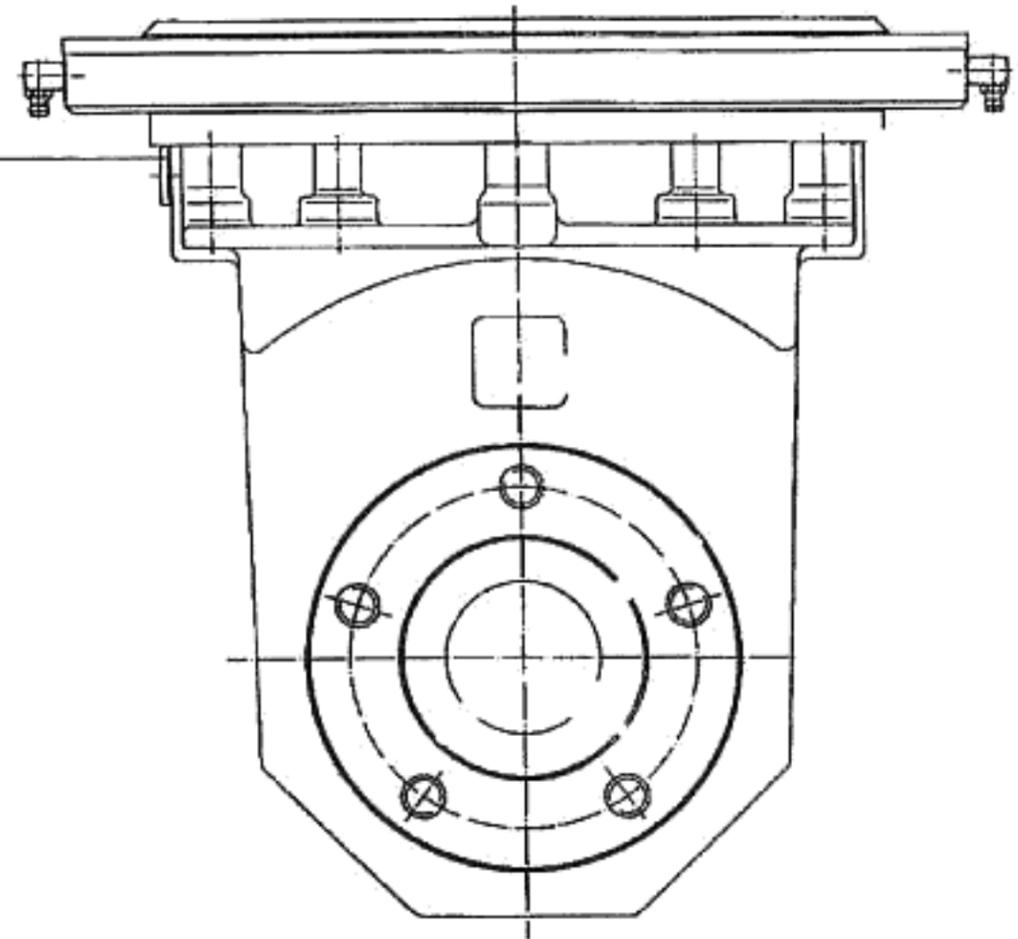
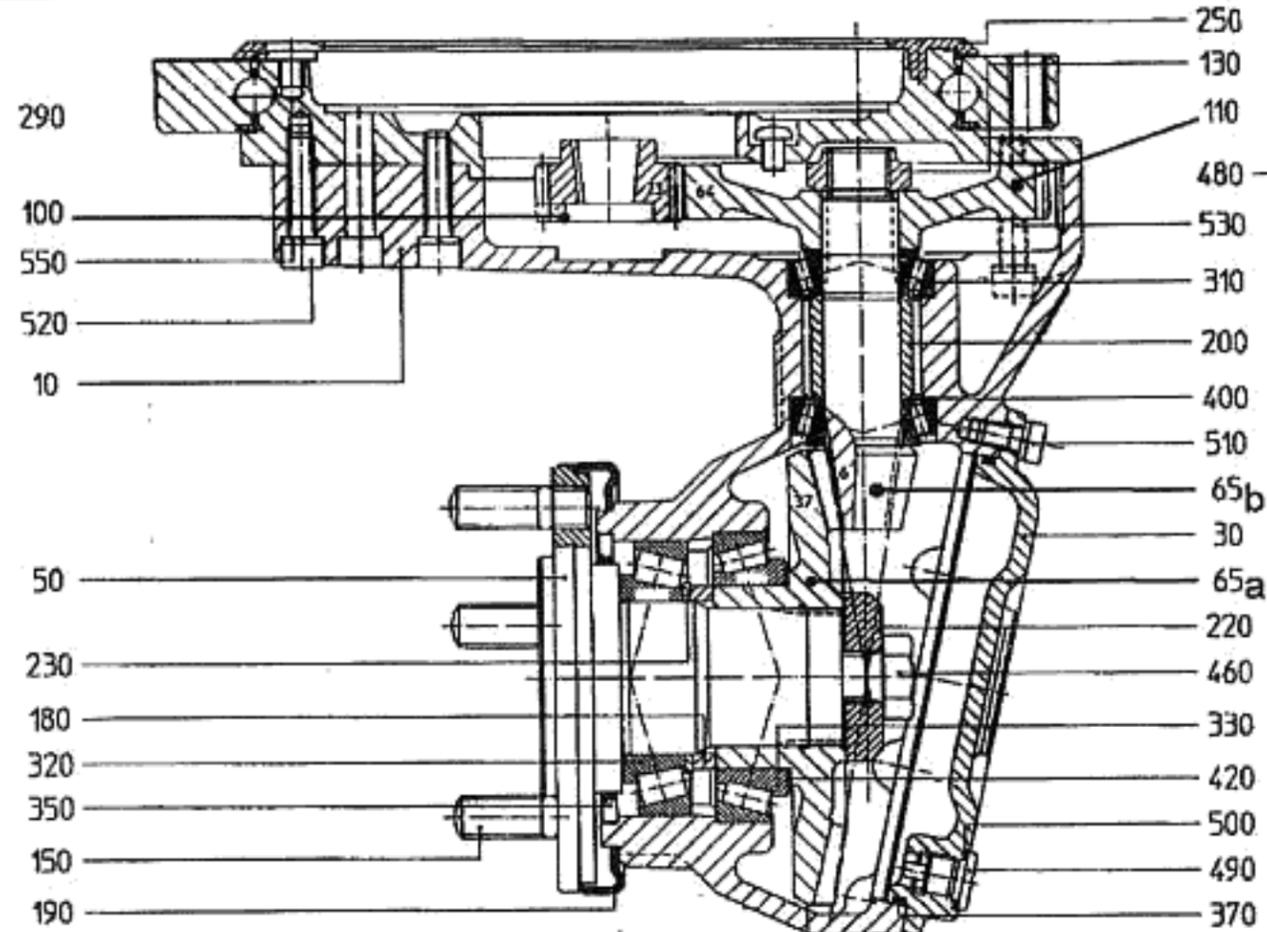
A3

CPE5MC

ECHELLE 1:20

DT 5 : PLAN D'ENSEMBLE TRANSMISSION ROUE MOTRICE

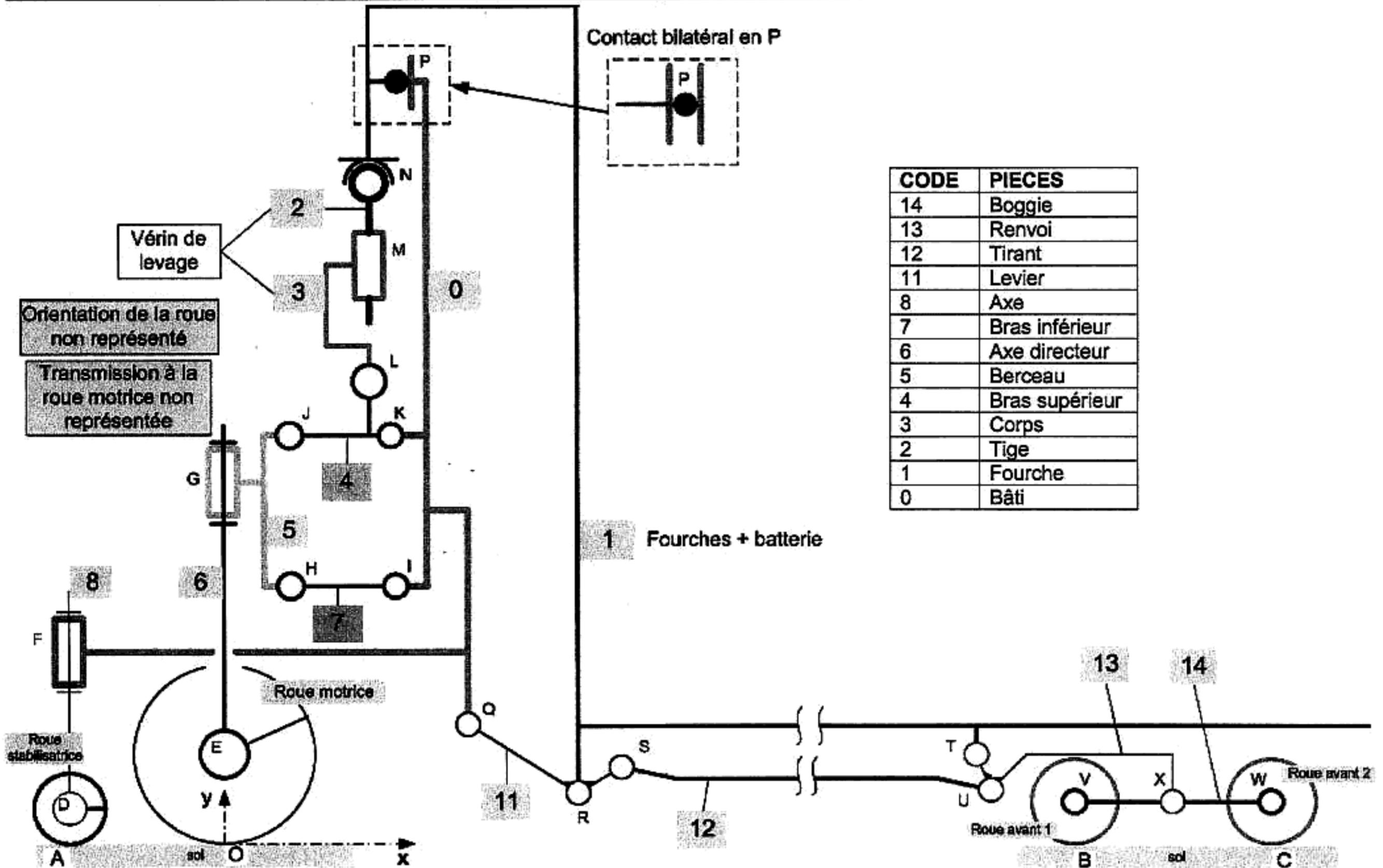
CPESMC



CODE	DÉSIGNATION	COMMENTAIRES
10	Carter	
30	Couvercle	
50	Moyeu de roue	
65 a	Roue	37 dents
65 b	pignon cônica	6 dents
100	Pignon d'entrée	23 dents
110	Roue dentée	64 dents
130	Ecrou	
150	Goujon fixation de roue	
180	entretoise courte	
190	Défecteur	
200	entretoise	
220	Rondelle épaisse	
230	Rondelle de réglage	
250	Joint	
290	Platine de fixation	
310	roulement à rouleaux cônica	
320	roulement à rouleaux cônica	
350	Joint à lèvres	
370	Joint	
400	câble	
420	roulement à rouleaux cônica	
460	Vis	
490	bouchon	
500	Joint	
510	Vis CHC	
520	Vis CHC	
530	Vis CHC	
550	Rondelle	

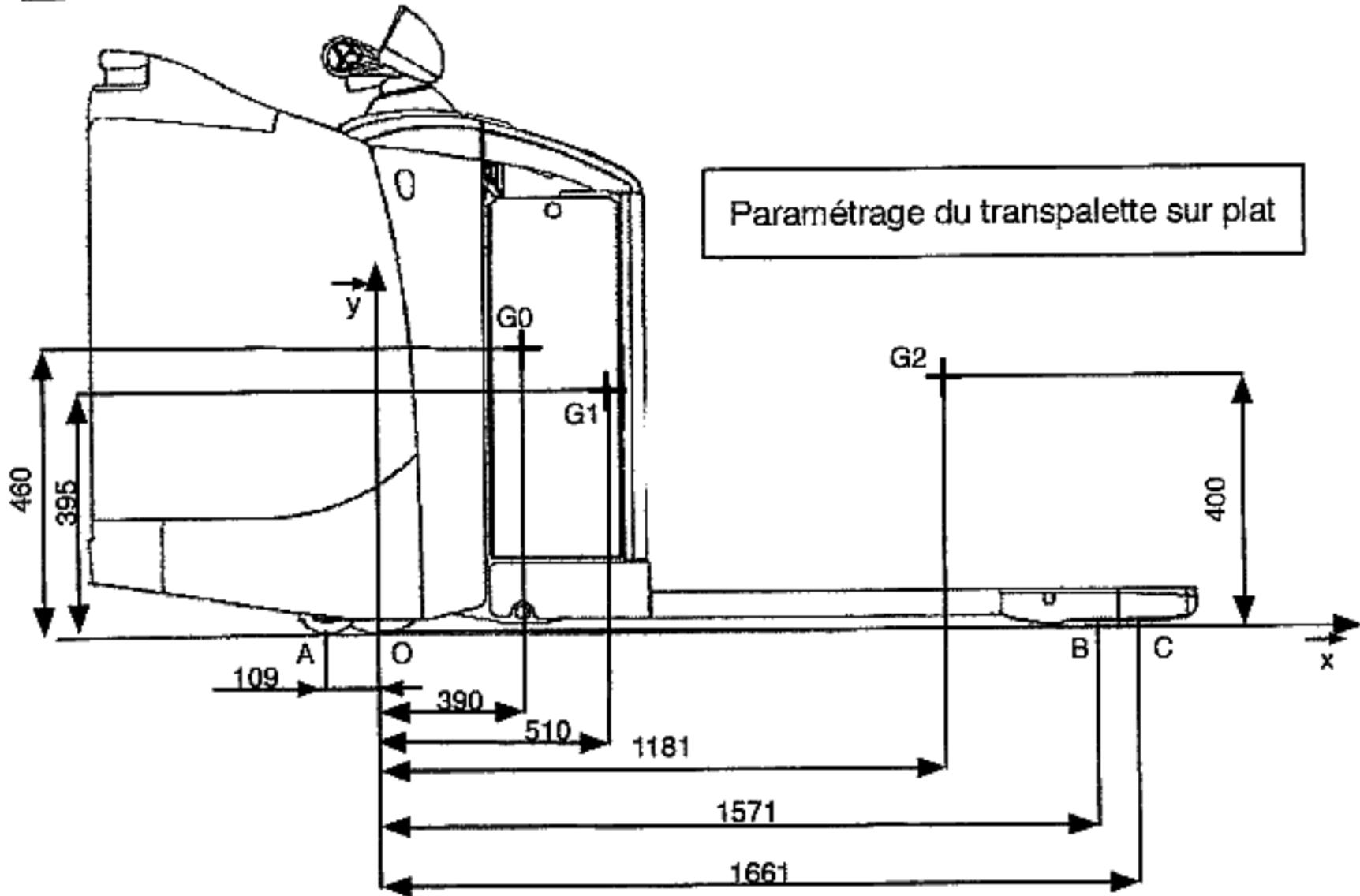
DT 6 : SCHÉMA CINÉMATIQUE (sans échelle)

CPESMC



CODE	PIECES
14	Boggie
13	Renvoi
12	Tirant
11	Levier
8	Axe
7	Bras inférieur
6	Axe directeur
5	Berceau
4	Bras supérieur
3	Corps
2	Tige
1	Fourche
0	Bâti

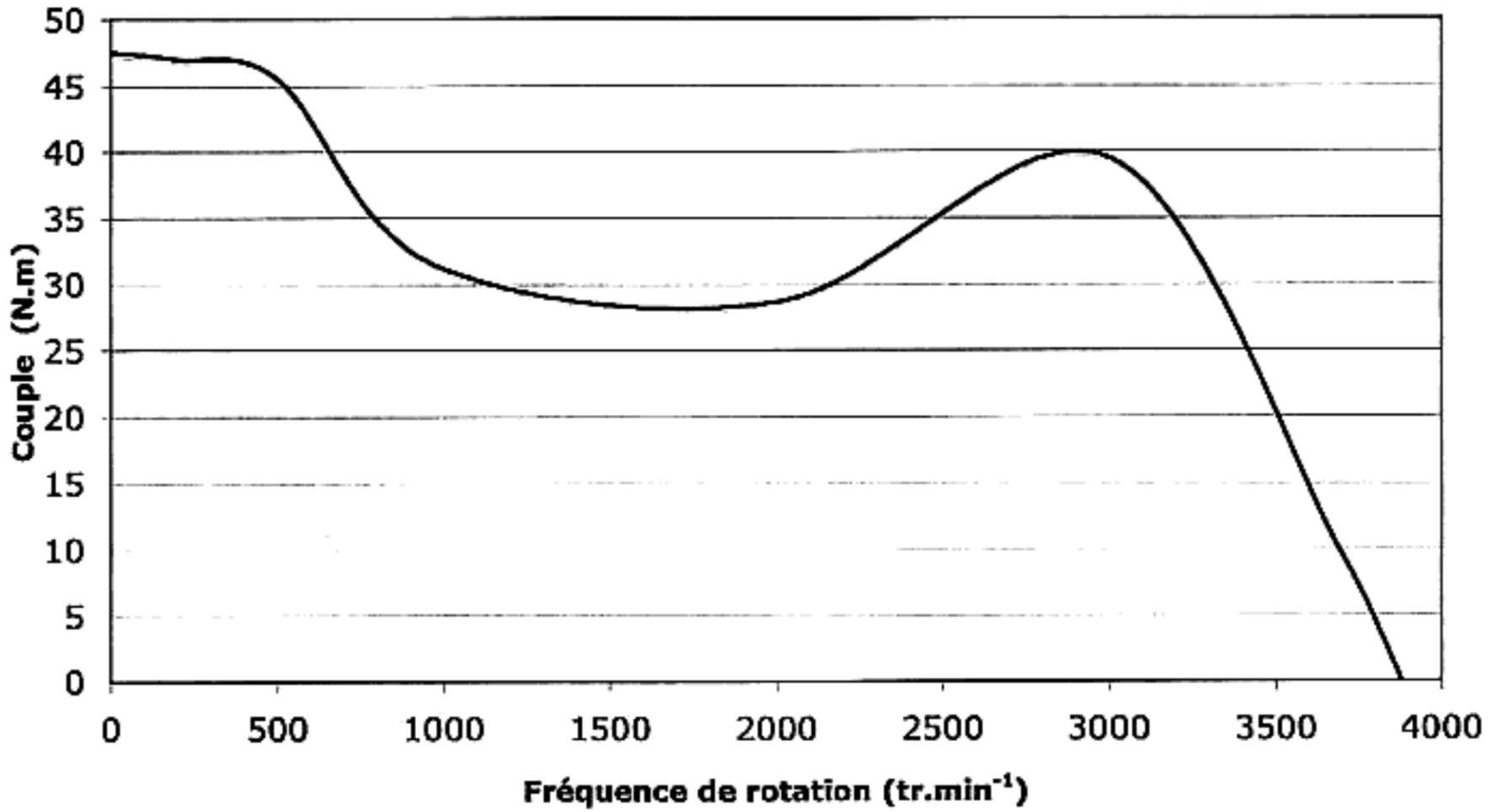
DT 7 : PARAMÉTRAGE DU TRANSPALETTE



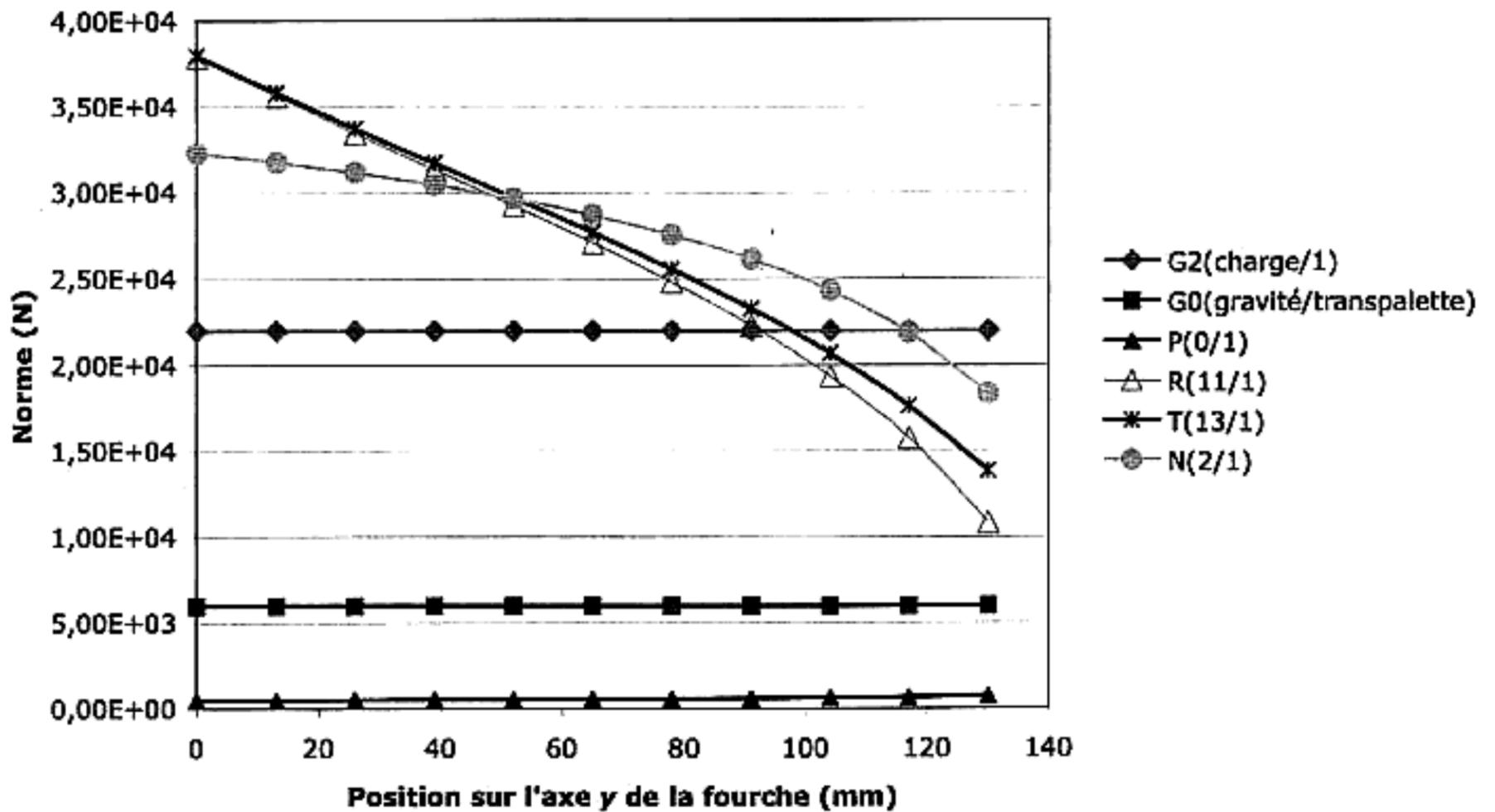
- O : Contact entre la roue motrice et le sol ;
- A : Contact entre la roue stabilisatrice et le sol ;
- B : Contact entre la roue avant 1 et le sol ;
- C : Contact entre la roue avant 2 et le sol ;
- G0 : Centre de gravité du chariot seul (ensemble 1 compris) ;
- G1 : Centre de gravité de l'ensemble 1 seul.
- G2 : Centre de gravité de la charge.

DT 8 : COURBE MOTEUR ET RÉSULTATS DE CALCULS

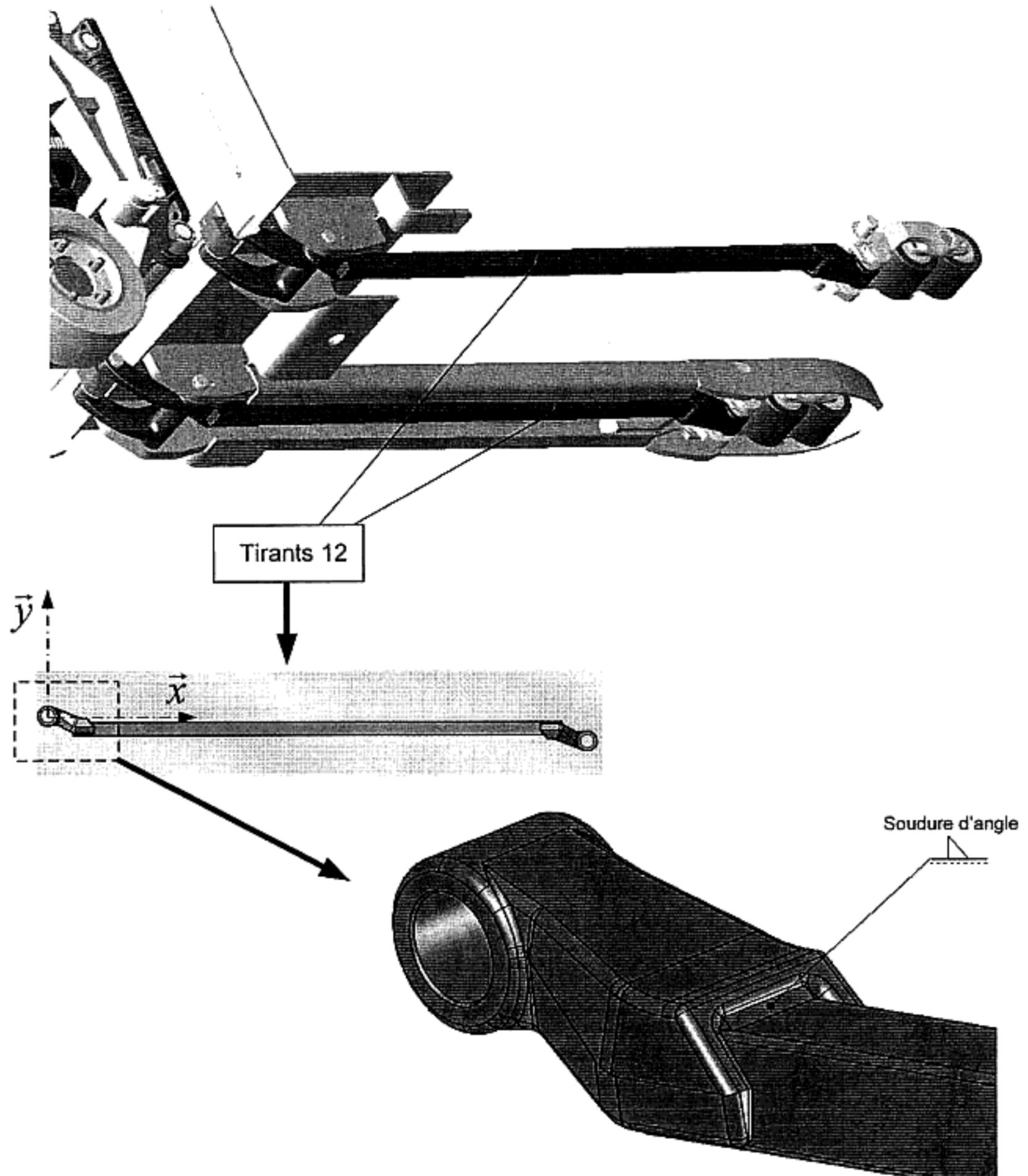
Courbe caractéristique du moteur



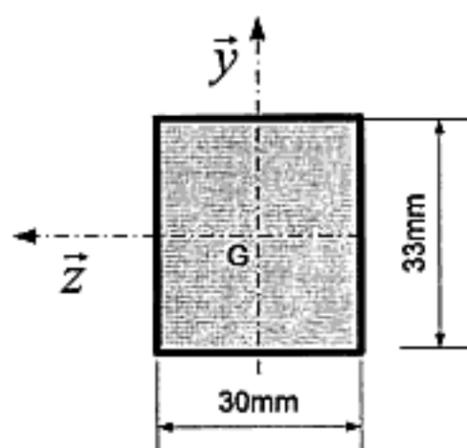
Actions mécaniques appliquées à la fourche pendant la phase de montée (question 9)



DT 9 : CARACTÉRISTIQUES DU TIRANT 12

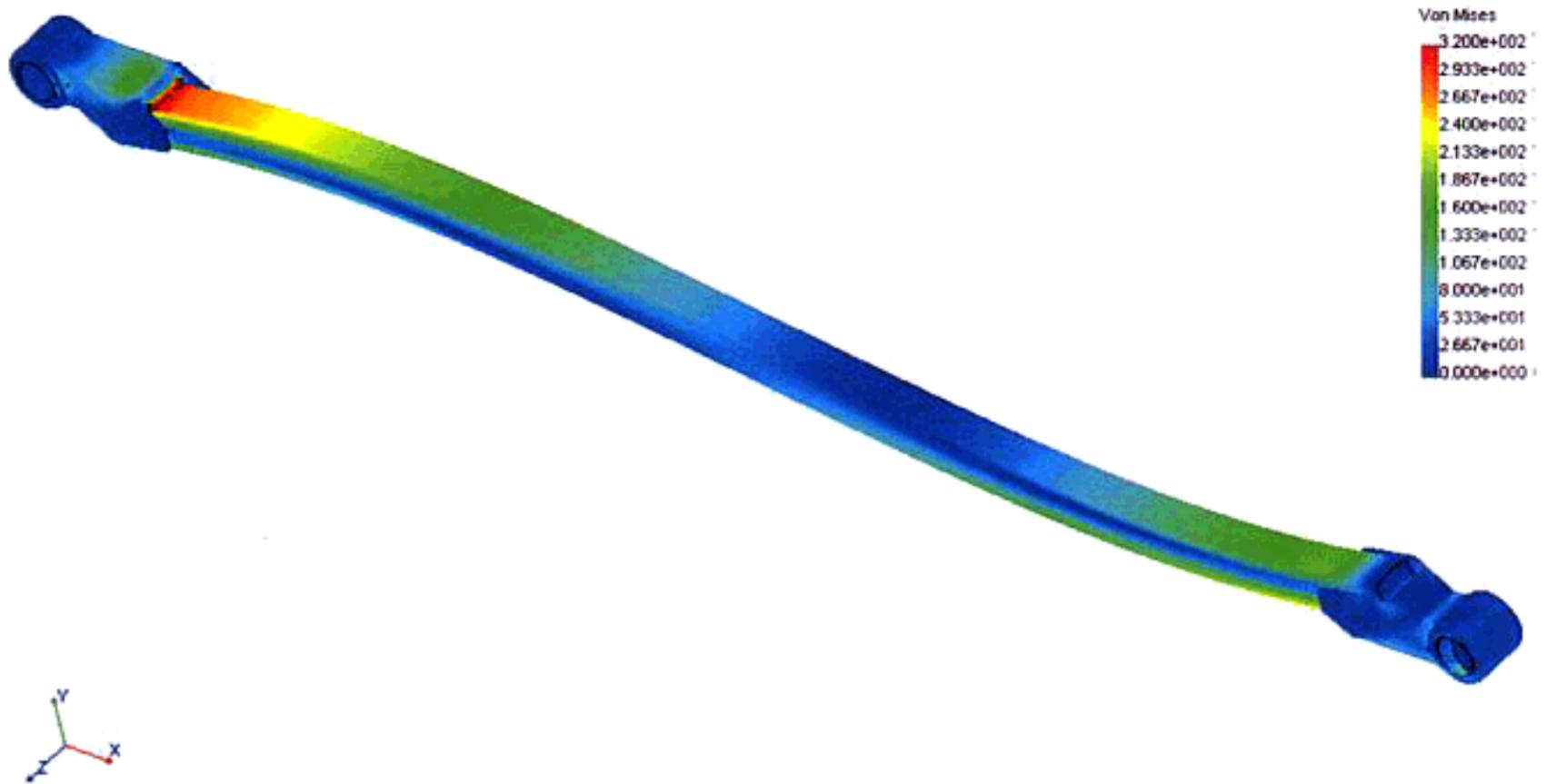


SECTION DROITE DE LA BARRE 12



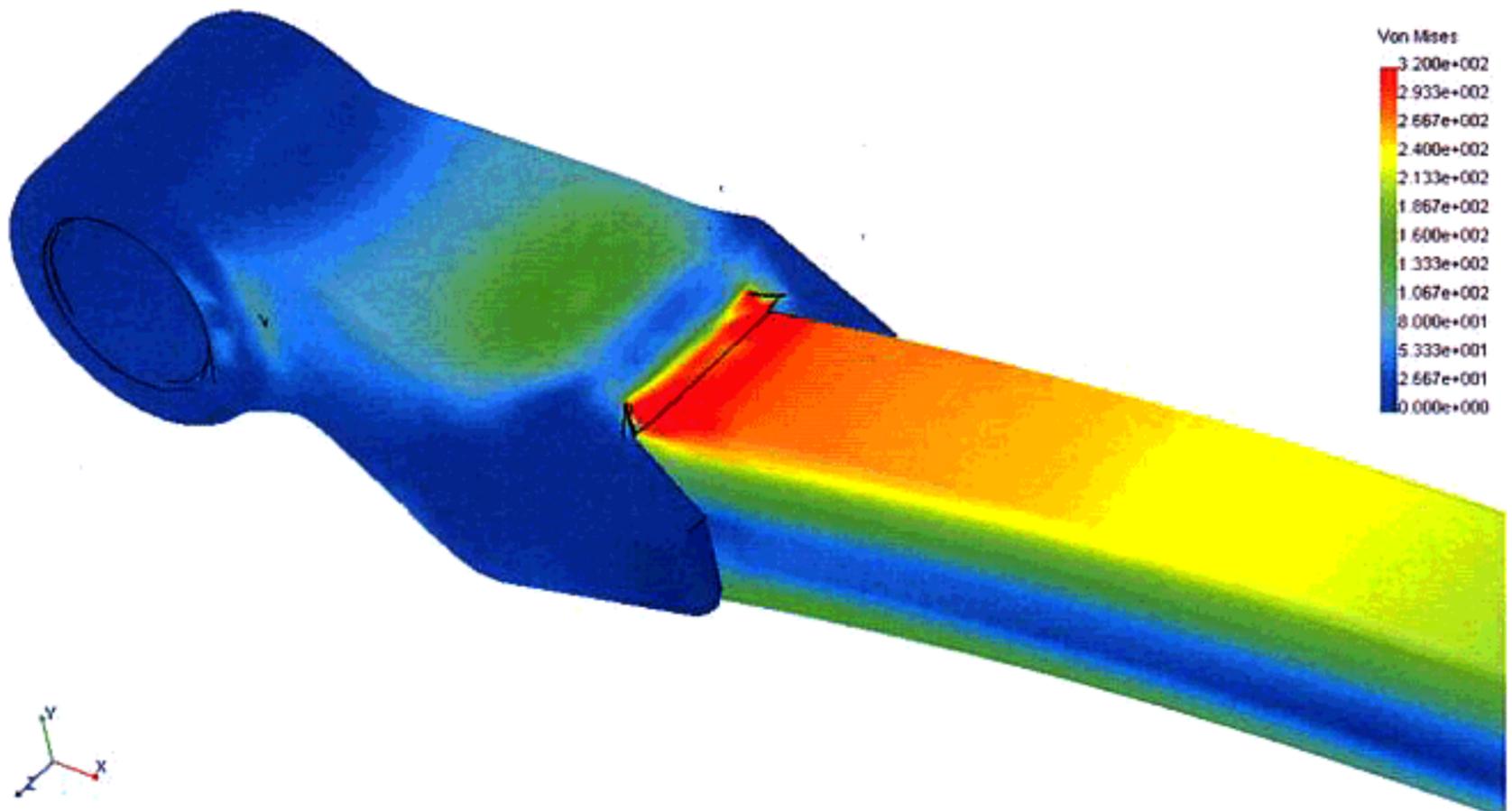
DT 10 : RÉSULTATS DE LA SIMULATION ÉLÉMENTS FINIS

APERCU GLOBAL DE LA DÉFORMÉE



APERCU LOCAL

assemblage pour rdm V3-STLL1 :: Statique Contrainte Nodale
Unités: N/mm² (MPa)



**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2008**

ÉPREUVE U51

**MODÉLISATION ET COMPORTEMENT DES PRODUITS
INDUSTRIELS**

DOSSIER TRAVAIL

TRANSPALETTE ÉLECTRIQUE STILL EXU-S 22

Ce dossier comporte 7 pages.

Temps conseillé

1- FONCTION FT1.1 : SOULEVER LA CHARGE.....1h45

1. Détermination de la course du vérin au regard du critère « hauteur de levage ».
2. Analyse de la position des fourches par rapport au sol.
3. Validation du critère « masse de la charge ».
4. Évaluation des efforts appliqués au levier et au tirant.

2- VÉRIFICATION DU TIRANT DE LA CHAÎNE FONCTIONNELLE DE LEVAGE.....1h

1. Détermination des contraintes subies par le tirant 12 à l'aide d'un modèle simplifié.
2. Détermination des contraintes à l'aide d'un modèle plus proche de la pièce réelle.
3. Validation du choix du matériau avec l'utilisation d'un modèle 3D par éléments finis.

3- ÉTUDE DE LA FONCTION FT 1-2-1 : FAIRE AVANCER LE TRANSPALETTE1h15

1. Vérification du respect du critère « vitesse de translation ».
2. Vérification du respect du critère « accélération ».
3. Vérification du couple moteur au regard de critère « accélération ».

TRANSPALETTE ÉLECTRIQUE STILL EXU-S 22

DOCUMENT TRAVAIL

Document travail :

1- FONCTION FT1.1 : SOULEVER LA CHARGE	p 2
1. Détermination de la course du vérin au regard du critère « hauteur de levage »	p 2
2. Analyse de la position des fourches par rapport au sol	p 2
3. Validation du critère « masse de la charge »	p 2
4. Évaluation des efforts appliqués au levier et au tirant	p 2
2- VÉRIFICATION DU TIRANT DE LA CHAÎNE FONCTIONNELLE DE LEVAGE	p 3
1. Détermination des contraintes subies par le tirant 12 à l'aide d'un modèle simplifié	p 3
2. Détermination des contraintes à l'aide d'un modèle plus proche de la pièce réelle	p 4
3. Validation du choix du matériau avec l'utilisation d'un modèle 3D par éléments finis ..	p 4
3- ÉTUDE DE LA FONCTION FT 1-2-1 : FAIRE AVANCER LE TRANSPALETTE	p 5
1. Vérification du respect du critère « vitesse de translation »	p 5
2. Vérification du respect du critère « accélération »	p 5
3. Vérification du couple moteur au regard du critère « accélération »	p 6

Le document de travail comporte **7 pages** et **34 questions** numérotées de **1 à 34**.

ÉTUDE DU TRANSPALETTE

1 FONCTION FT1.1 : SOULEVER LA CHARGE

Voir document DT6 et document réponse DR1.

Le cahier des charges impose une élévation des fourches de 130 mm sur \bar{y} , qui correspond à la demande actuelle, relativement aux palettes utilisées. D'autre part, ce même cahier des charges impose un déplacement maximum selon \bar{x} de 20 mm. On se propose dans cette partie de valider ces données, et d'analyser la position des fourches par rapport au sol.

1.1 Détermination de la course du vérin au regard du critère « Hauteur de levage ».

Hypothèses :

- On fera l'hypothèse que le chariot est immobile sur un sol horizontal.
- Le mouvement de l'ensemble 0 par rapport au sol est faible au regard du mouvement de l'ensemble 1 par rapport au sol. Dans un souci de simplification, on considère dans cette phase de fonctionnement que l'ensemble 0 est immobile par rapport au sol.

Données :

Les positions basse et haute des fourches sont indiquées sur le DR1.

Question 1 : Sur le document réponse DR1, tracer la trajectoire du point P appartenant à 1 par rapport au sol.

Question 2 : En considérant que l'ensemble 1 est rigide, définir sur le document réponse DR1, la position du point P appartenant à 1 par rapport au sol lorsque la fourche est en position haute. Faire apparaître les constructions graphiques.

Question 3 : Construire alors la position du point N appartenant à 1 par rapport à 0 lorsque la fourche est en position haute. En déduire la course du vérin.

1.2 Analyse de la position des fourches par rapport au sol.

Pour la suite on se place dans la position intermédiaire notée sur le document réponse DR2.

Question 4 : Sur le document réponse DR2, tracer la nouvelle position de la pièce 11 et l'allure de l'ensemble 1 en position intermédiaire.

Question 5 : Mesurer la valeur du déplacement horizontal de la fourche par rapport au sol et conclure par rapport aux spécifications du cahier des charges fonctionnel.

Question 6 : Quel peut être l'intérêt de l'orientation des fourches dans cette position intermédiaire ?

1.3 Validation du critère « Masse de la charge ».

On s'intéresse dans cette partie à la chaîne fonctionnelle de levage en particulier à la fonction FT1.1.2.2. : « déplacer les fourches ». Deux organes vont faire l'objet de l'étude :

- le vérin de levée pour le dimensionner ;
- le levier 11 et le tirant 12 pour quantifier les efforts auxquels ils sont soumis en vue d'une étude de résistance des matériaux.

Objectif : Valider le choix du vérin.

Hypothèses :

- Le plan [Oxy], plan médian du chariot est le plan de symétrie du point de vue géométrique et de celui des efforts.
- Les liaisons sont parfaites hormis la liaison avec le sol.

Données :

- Schéma cinématique du transpalette DT6.
- Pression d'alimentation du vérin : $P_v = 130$ bars.
- Diamètre du piston du vérin : $D_v = 60$ mm.
- Une masse de 2200 kg est disposée sur les fourches. La masse m_1 de l'ensemble 1 {fourche + batteries} est de 600 kg. De même, la position de son centre de gravité G_1 est connue. On donne DT7 le paramétrage du transpalette.

Question 7 : À partir du schéma cinématique DT6, compléter sur le DR3 le graphe de structure du transpalette sur lequel vous indiquerez les liaisons utilisées en précisant leurs caractéristiques (centre de liaison, axe, ...).

Question 8 : On isole l'ensemble l'ensemble 1 {fourche + batteries}. Faire le bilan des actions mécaniques. En dénombrant les inconnues, déterminer si on peut résoudre cet équilibre par cette approche.

Question 9 : Les résultats d'une simulation numérique concernant l'équilibre de la fourche sont donnés dans le DT8. À partir des résultats proposés, déterminer la section utile du vérin pour obtenir l'effort nécessaire. Conclure quant au vérin choisi.

1.4 Évaluation des efforts appliqués au levier et au tirant.

Objectif : Déterminer les efforts appliqués au levier 11 et au tirant 12 en vue d'une étude RDM.

Données :

On connaît l'action de la fourche 1 sur levier 11, son intensité est de 35000 N.

Question 10 : Indiquer, en la justifiant, la direction de l'action mécanique du tirant 12 sur le levier 11.

Question 11 : Déterminer complètement le glisseur modélisant l'action du tirant sur le levier sur le DR4.

2 VÉRIFICATION DU TIRANT DE LA CHAÎNE FONCTIONNELLE DE LEVAGE.

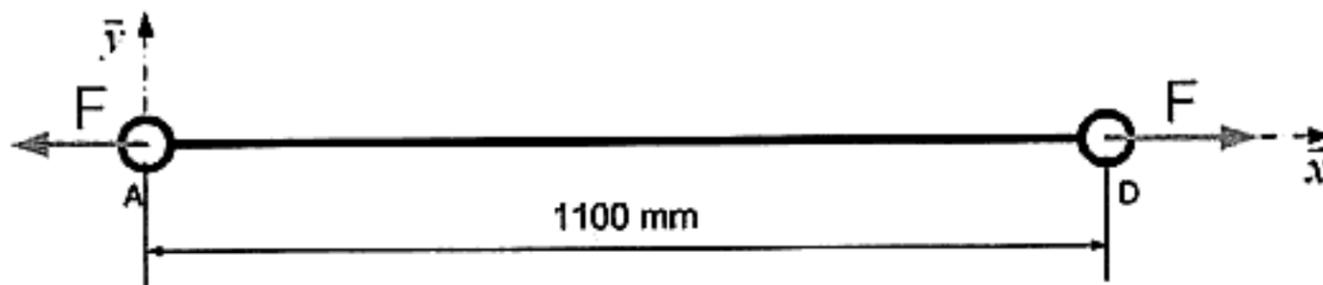
Cette partie a pour objectif de valider le dimensionnement des tirants 12 compte tenu des efforts s'exerçant sur ceux-ci. Ils sont représentés sur les documents DT3 et DT4.

Objectif : Valider la géométrie et le matériau choisis pour le tirant 12.

Données :

- Le matériau du tirant est du S355 pour lequel $E = 200000$ MPa et $R_{emin} = 355$ MPa.
- Les caractéristiques de la section droite sont données sur le document technique DT9.
- L'effort F , supporté par chaque tirant 12, a pour intensité 4000 daN.
- La contrainte tangentielle sera négligée durant toute l'étude.

2.1 Détermination des contraintes subies par le tirant 12 à l'aide d'un modèle simplifié.

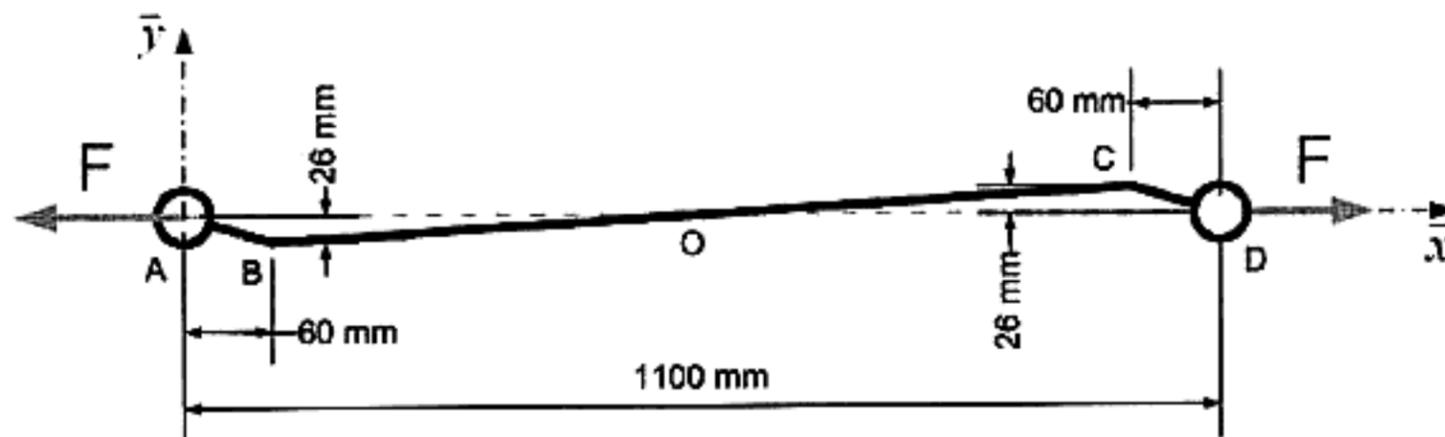


Question 12 : Calculer, pour ce modèle simplifié, la valeur de la contrainte normale notée σ_N .

2.2 Détermination des contraintes, à l'aide d'un modèle plus proche de la pièce réelle.

Un des problèmes du bureau d'étude est de pouvoir disposer ces tirants sous les fourches. Comme le montre le document technique DT9, ils sont constitués de 3 pièces. Une barre au centre et deux raccords identiques aux extrémités qui sont décalés par rapport à la ligne moyenne.

Ce décalage permet une optimisation de l'intégration sous les fourches. En revanche, nous allons montrer que cela entraîne une modification sensible du comportement du tirant lorsqu'il est sollicité.



Données et hypothèses :

- L'effort dans les tirants est toujours égal à 4000 daN.
- La section droite reste identique à l'étude précédente.

Question 13 : Calculer la valeur du moment quadratique de la section droite par rapport à l'axe (G, z).

Question 14 : Déterminer la valeur du moment fléchissant au point C.

Question 15 : En déduire la valeur absolue de la contrainte normale en flexion maximale notée σ_{Mf} en MPa au point C.

Question 16 : Représenter, sur un graphe, l'allure du moment fléchissant entre A et D.

Question 17 : Déterminer la contrainte normale totale au point C.

Question 18 : En déduire le coefficient de sécurité, avec la modélisation adoptée.

2.3 Validation du choix du matériau avec l'utilisation d'un modèle 3D par éléments finis.

Nous allons comparer les résultats trouvés précédemment avec ceux obtenus par l'intermédiaire d'un logiciel de calcul par éléments finis.

Le modèle utilisé, ainsi qu'une partie des conditions aux limites (chargement extérieur et liaisons), sont illustrés sur le document réponse DR5.

Question 19 : Sur le document réponse DR5, préciser quelles sont les conditions aux limites à mettre en place sur la surface cylindrique.

Avec les conditions limites définies précisément, on obtient les résultats du document technique DT10.

Question 20 : À partir des éléments du dossier technique DT10, donner la nouvelle valeur de la contrainte normale équivalente maximale. Conclure au regard du cahier des charges.

Question 21 : Proposer une modification locale des formes, au niveau de la liaison, pour diminuer les concentrations de contraintes.

Question 22 : Que faudrait-il faire ensuite pour valider la modification ?

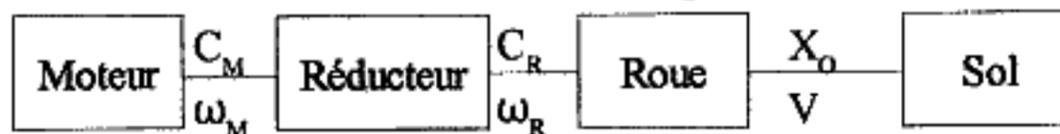
3 FONCTION FT 1-2-1 : FAIRE AVANCER LE TRANSPALLETTE.

On cherche dans cette partie à vérifier les caractéristiques de couple et de fréquence de rotation du moteur afin de :

- Valider la fréquence de rotation du moteur.
- Vérifier si le couple moteur est suffisant pour garantir l'accélération annoncée par le cahier des charges.

Données relatives à toute la partie 4 :

On modélisera la chaîne de transmission de puissance par le schéma-bloc suivant :



où C_M est le couple moteur et ω_M la fréquence de rotation du moteur ;

C_R est le couple sur l'arbre de sortie du réducteur et ω_R la fréquence de rotation du moteur ;

X_O est la composante sur \vec{x} de l'action du sol sur la roue et V la vitesse du transpalette.

3.1 Vérification du respect du critère « Vitesse de translation ».

Données :

- Diamètre de la roue motrice : $D = 250 \text{ mm}$.
- La valeur de la vitesse d'avance en charge est donnée DT2.

Objectif : Valider le choix du moteur pour le critère « Vitesse de translation ».

Question 23 : Réaliser le schéma cinématique minimal du réducteur dont le plan est proposé sur DT5.

Question 24 : Déterminer son rapport de réduction k tel que : $\omega_M \cdot k = \omega_R$.

Question 25 : Déterminer une relation entre V et ω_M . Calculer alors la fréquence de rotation du moteur correspondant à la vitesse d'avance maximale en charge. Conclure sur le choix de l'ensemble {moteur + réducteur} au regard du DT8.

3.2 Vérification du respect du critère « Accélération ».

Données :

- Pour la suite on prendra $k=1/18$;
- La mise en mouvement du transpalette est composée de 2 phases :

* **Phase 1 :** accélération constante.

Le transpalette passe de la vitesse nulle à la vitesse maximale. La durée de cette phase d'accélération dépend de la charge transportée comme le précise le cahier des charges.

* **Phase 2 :** Vitesse constante.

Le transpalette a atteint sa vitesse maximale V_m .

Hypothèses :

- Le transpalette est en mouvement de translation rectiligne.
- Le vecteur accélération d'un point quelconque M du châssis du transpalette s'écrit :

$$\vec{a}_{(M, \text{chariot/sol})} = a \cdot \vec{x}$$

- Le transpalette est chargé.

Question 26 : Tracer sur un graphe l'évolution de la vitesse en fonction du temps, $V = f(t)$, à compléter avec les données du cahier des charges.

Question 27 : Calculer l'accélération a du transpalette en phase 1.

Question 28 : Vérifier que celui-ci a atteint sa vitesse en moins de 10 m comme l'indique le cahier des charges.

3.3 Vérification du couple moteur pour le critère « Accélération ».

Dans cette partie, on étudie le transpalette dans sa phase de démarrage. Le véhicule est initialement à l'arrêt sur un terrain plat. On utilise le DT7.

Hypothèses :

- L'accélération de la pesanteur est $\vec{g} = g \cdot \vec{y}$ où $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.
- Les inerties des arbres de réducteur et des roues sont négligées au regard des masses mises en jeu.
- La résistance au roulement est intégrée dans l'effort résistant modélisé ci-après.
- Il y a roulement sans glissement entre les roues et le sol.
- Le plan médian (O, \vec{x}, \vec{y}) , est plan de symétrie du point de vue de la géométrie et des efforts.

Données :

- Soit $d = 9 \text{ cm}$, la distance permettant au transpalette de passer de 0 à 10 km.h^{-1} .
- Masse à vide du transpalette : $m_0 = 1120 \text{ kg}$.
- Masse de la charge : $m_2 = 2200 \text{ kg}$.
- Le rendement du réducteur est $\eta = 0,85$.

Le rapport de réduction k du réducteur est $k = \frac{1}{18}$.

Diamètre de la roue motrice : $D = 250 \text{ mm}$.

Lors de l'accélération du transpalette, celui-ci est soumis à :

- L'action du sol sur la roue motrice en O $\{T_{sol/roue\ motrice}\} = \begin{Bmatrix} X_O & 0 \\ Y_O & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$;
- L'action du sol sur la roue avant 1 en B $\{T_{sol/AV1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_B & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{B, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$;
- L'action du sol sur la roue avant 2 en C $\{T_{sol/AV2}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_C & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{C, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$;
- L'action du sol sur la roue stabilisatrice en A $\{T_{sol/roue\ stab}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_A & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$;
- L'action de la gravité sur le transpalette en G₀ $\{T_{gravité/transpalette}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -m_0 \cdot g & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{G_0, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$;
- L'action de la gravité sur la charge en G₂ $\{T_{gravité/charge}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -m_2 \cdot g & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{G_2, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$;
- Un effort s'opposant à l'avance du transpalette. Cet effort, évalué expérimentalement, est modélisé par le torseur suivant : $\{T_{résistance/transpalette}\} = \begin{Bmatrix} T & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{G_0, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$ avec / \vec{x} : T = - 640

Question 29 : Déterminer la variation d'énergie cinétique du transpalette pendant la phase d'accélération.

Question 30 : Déterminer le travail des actions mécaniques extérieures s'appliquant au transpalette en fonction de T, X_O et d.

Question 31 : En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer X_O.

Question 32 : Déterminer une relation entre X_O et C_R.

Question 33 : Déduire alors une relation entre C_M et X_O utilisant D, η et k.

Question 34 : En utilisant la courbe caractéristique du moteur DT8, déterminer si le moteur est capable d'entraîner le transpalette durant toute la phase d'accélération.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2008**

ÉPREUVE U51

**MODÉLISATION ET COMPORTEMENT DES PRODUITS
INDUSTRIELS**

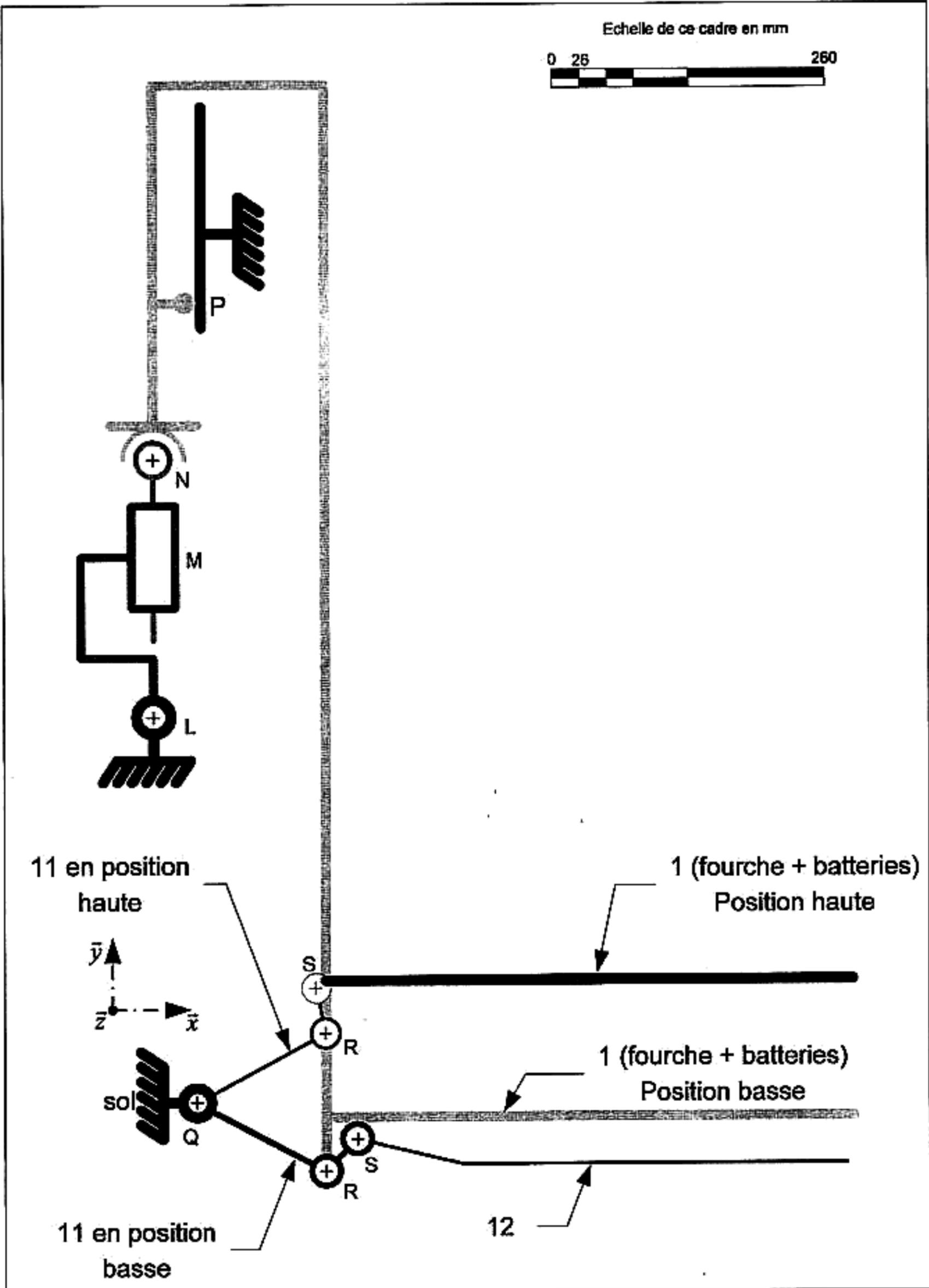
DOSSIER REPONSE

TRANSPALETTE ÉLECTRIQUE STILL EXU-S 22

Ce dossier comporte 5 pages (DR1 à DR5).

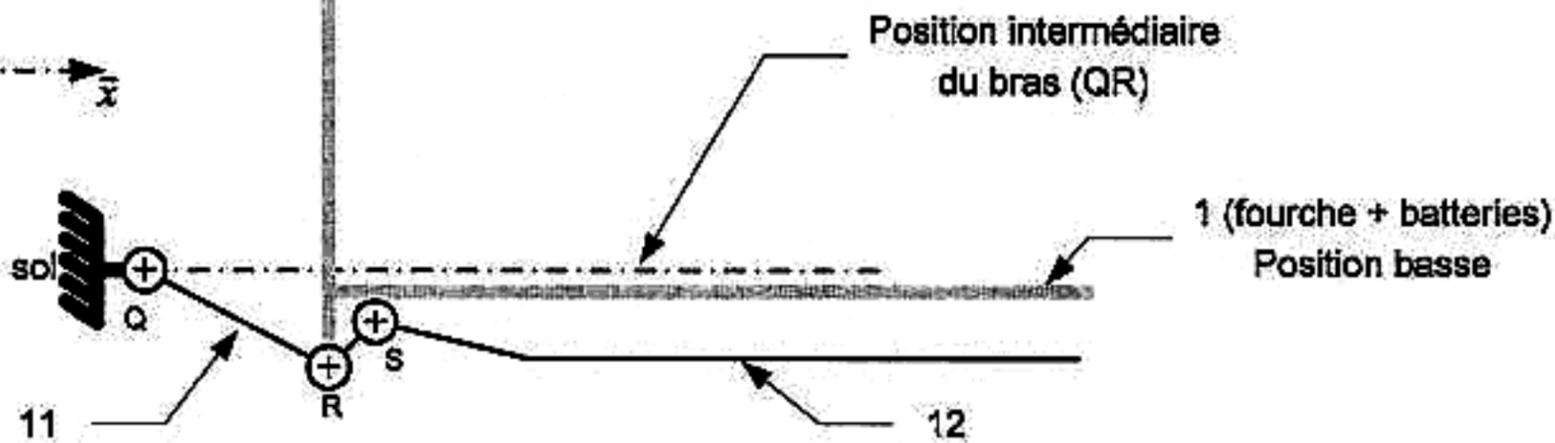
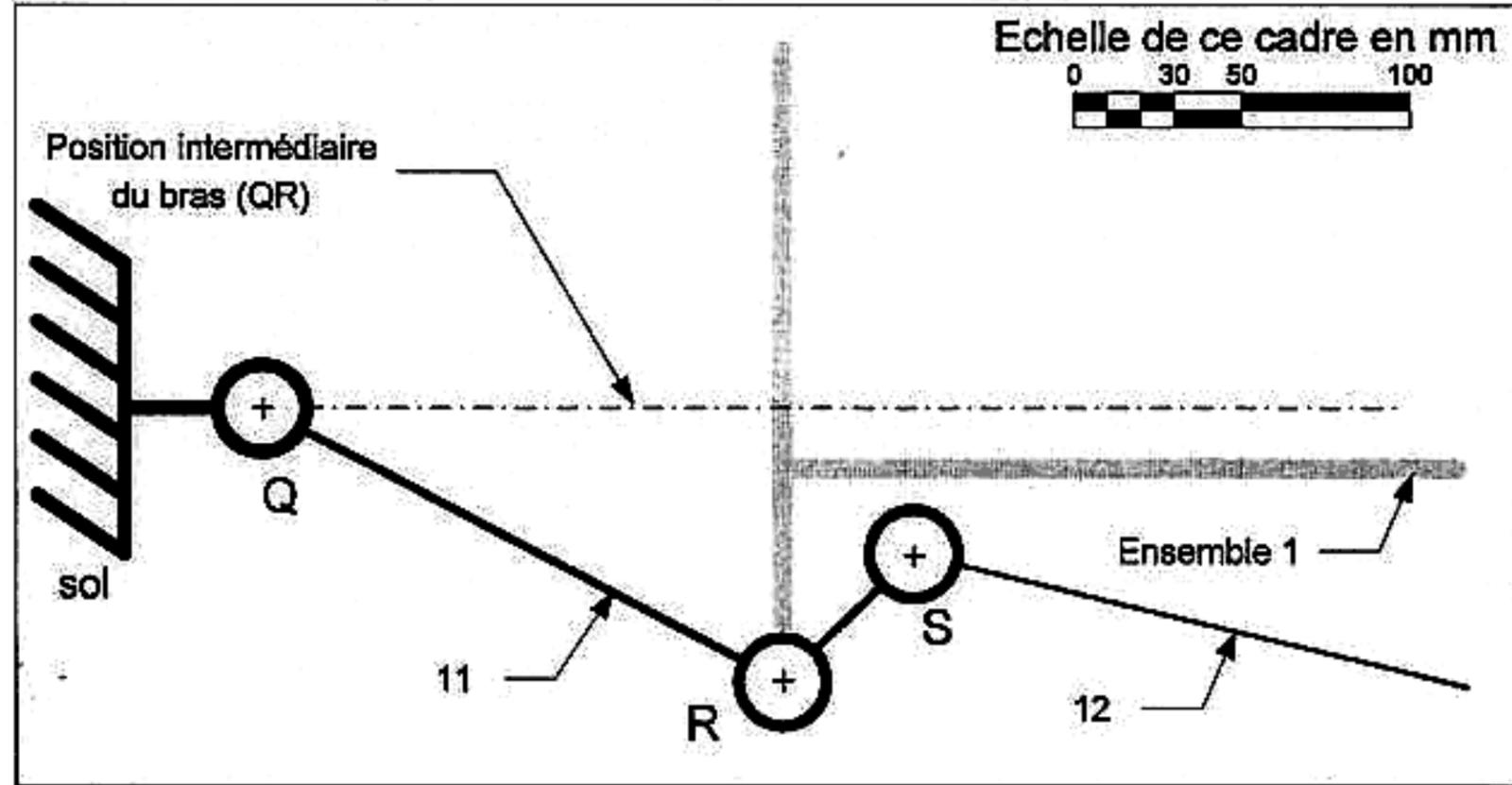
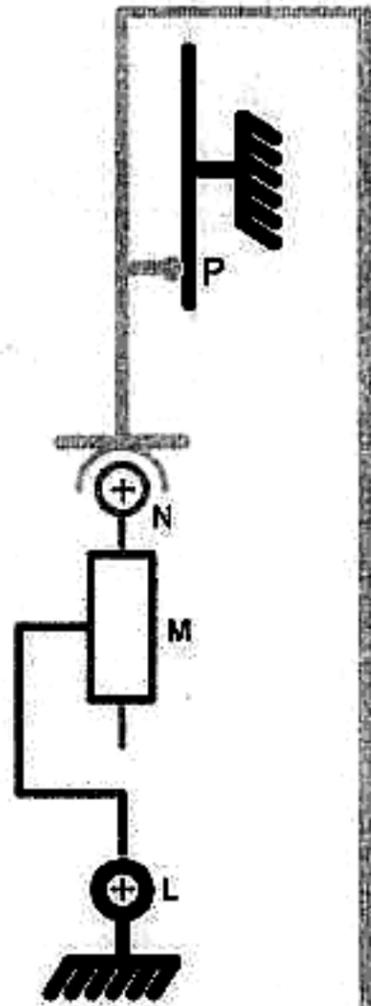
DR 1 : DÉTERMINATION DE LA COURSE DU VÉRIN

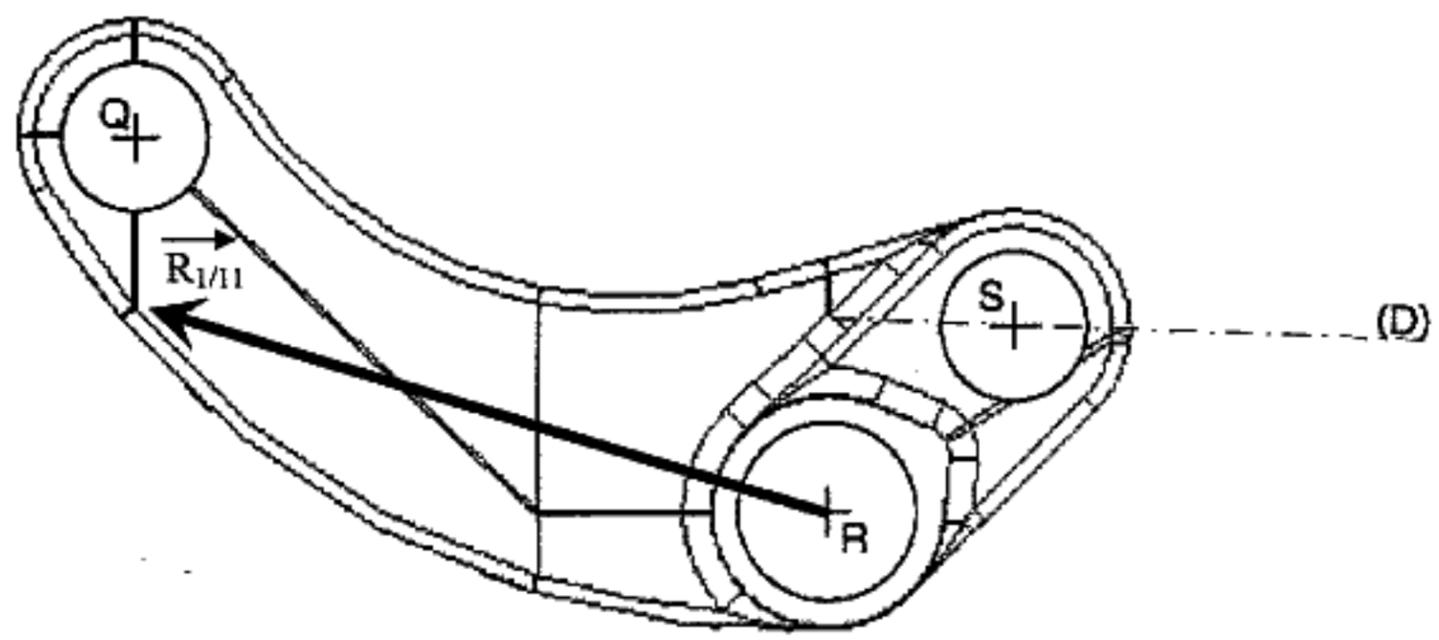
Zone de construction et de mesure



DR 2 : ANALYSE DE LA POSITION DES FOURCHES

CPESMC





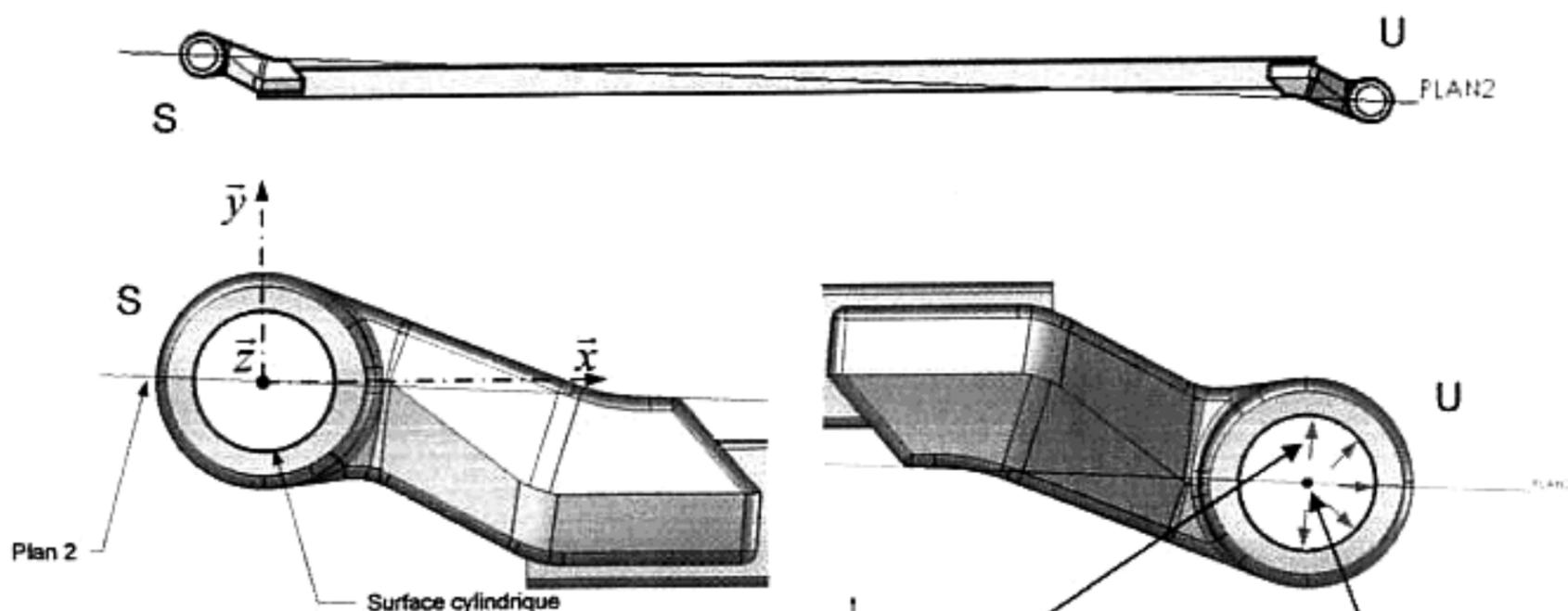
Etude statique du levier 11

DR4

Echelle des forces 2cm : 10000N

éch : 1,5:1

DR 5 : CONDITIONS AUX LIMITES SUR LE TIRANT 12



Conditions aux limites à compléter ci-dessous

CONDITIONS SUR LES DÉPLACEMENTS
 Le centre U de la liaison peut se déplacer uniquement sur le plan 2

CONDITIONS SUR LES EFFORTS :
 Force répartie sur une demi surface cylindrique

Indiquer, ci-dessous, le type de conditions aux limites sur les déplacements que vous mettriez en place sur la surface cylindrique de la liaison pivot (S, \bar{z}) ci-dessus à gauche de la barre.

Totalement fixe
 Sur une surface cylindrique

- Déplacement radial nul
- Déplacement circonférentiel nul
- Déplacement axial sur z nul

