

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2012**

**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.

THÈME :

Simulateur de trafic routier

CPE5MC-S

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2012**

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

DOSSIER TECHNIQUE

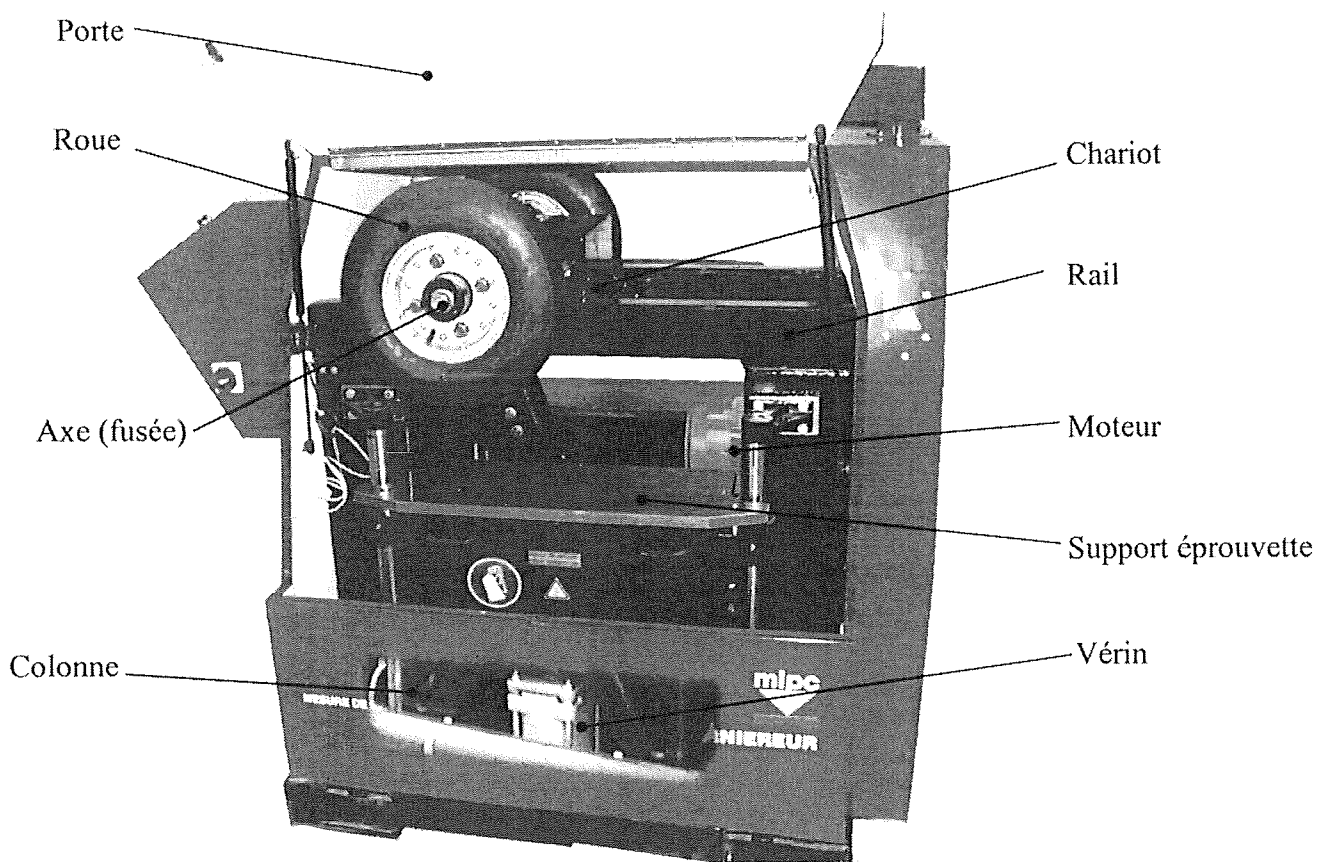
Simulateur de trafic routier

Ce dossier comporte 11 pages (4 pages de présentation et les documents techniques de 1 à 8)

Simulateur de trafic routier

Mesure de la sensibilité à l'orniérage

1 – MISE EN SITUATION.



L'appareil ci-dessus permet d'effectuer des essais de résistance à l'orniérage des matériaux hydrocarbonés utilisés comme couche de roulement sur les chaussées.

Il permet également de tester les enduits superficiels normaux ou antidérapants. Dans ce cas, il est possible de créer un effet de dérapage afin d'augmenter les efforts d'arrachement.

Principe (Voir DT 2 et ci-dessus).

Des éprouvettes 7 de matériau hydrocarboné contenues dans des moules parallélépipédiques sont soumises aux passages répétés d'une roue équipée d'un pneumatique.

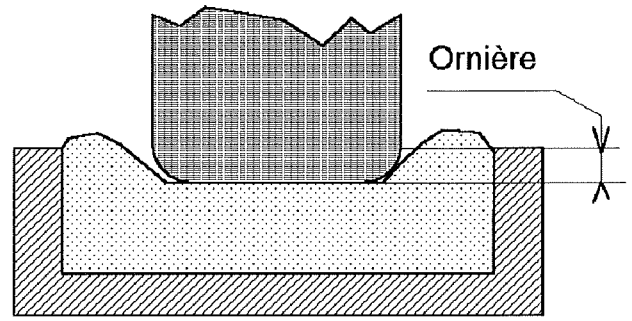
La roue 6 est appliquée sur l'éprouvette avec une charge verticale réglable mais constante au cours de l'essai provoquant dans le matériau des déformations permanentes suivant l'axe longitudinal de l'éprouvette.

Le chariot 5, support de l'axe de la roue, est animé d'un mouvement de translation horizontal alternatif d'allure sinusoïdale de fréquence et d'amplitude données.

L'amplitude du mouvement peut être réglée selon différentes valeurs.

L'orientation du pivot vertical de la roue, d'un d'angle d'environnement, permet éventuellement d'introduire un effet de dérapage.

Les essais sont réalisés dans des conditions isothermes, la température du matériau étant contrôlée au cœur de l'éprouvette et maintenue à une valeur spécifiée grâce à une enceinte ventilée thermorégulée.



La diminution relative de l'épaisseur de l'éprouvette, appelée ornière, est mesurée après l'exécution d'un nombre de cycles donné. Un cycle est un aller – retour de la roue sur l'éprouvette.

2 - EXTRAIT DE LA NORME NF P 98-253-1.

Selon la norme, l'essai doit être réalisé suivant les conditions suivantes :

- Course du pneumatique : $410 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.
- Fréquence du mouvement relatif : $1 \text{ Hz} \pm 0,1 \text{ Hz}$.
- Pression du pneumatique : $6 \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$ en début d'essai.
- Charge roulante appliquée : $5\,000 \text{ N} \pm 50 \text{ N}$ relevée statiquement au centre de l'éprouvette.
- Écart entre l'axe de la trace et l'axe théorique de l'éprouvette : inférieur à 5 mm .
- Absence d'angle d'environnement.

3 – ARCHITECTURE.

Le simulateur de trafic routier comprend :

- Le bâti : cadre rigide composé de montants et de traverses.
- Le chariot guidé par huit galets se déplaçant sur deux rails et supportant la roue.
- La chaîne cinématique composée du moteur, des poulies courroies et du réducteur.
- Les supports d'éprouvette guidés verticalement par 2 colonnes et déplacé par un vérin.
- Le système de chauffage réalisé par 3 résistances électriques à ailettes.
- Le circuit pneumatique alimentant les 2 vérins de mise sous charge des éprouvettes sur les pneumatiques.
- Le pupitre de commande contenant les appareils électriques de protection, de régulation et de commande.
- Le cahier des charges du simulateur impose la réalisation d'essais selon la norme mais également avec des courses de chariot différentes.

4 - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES (extrait du Cahier des charges).

Encombrement et masse	
Longueur	1,60 m
Largeur	0,95 m
Hauteur	1,60 m
Masse	800 kg
Alimentation électrique	
Triphasé	400 V 50Hz
Puissance installée	6 kW
Chauffage électrique	
Alimentation	Triphasé 400V 50Hz
Puissance	3 kW
Régulateur de température	Plage de 35 à 60°C
Translation	
Moteur	Puissance : 3kW Vitesse N = 1440 tr/mn
Diamètre nominal des poulies	Dm : 106 et Dr : 125mm
Rapport du réducteur à engrenages	K2 = 1/20,456
Vitesse maximale du chariot	1,7 m/s
Accélération maximale	10 m/s ²
Course longitudinale du chariot réglable de façon discontinue (4 configurations)	C1 = 500, C2 = 450, C3 = 410 et C4 = 360 mm
Poussée verticale	
Alésage du vérin pneumatique simple effet	125 mm
Pression d'alimentation maximale	0,7 MPa
Course verticale du support d'éprouvette	150 mm
Effort vertical maximal (limité par la charge du pneumatique gonflé à 0,6 Mpa).	5500 N
Roue	
Pneu	4.00 – 8/6 ply diamètre 415mm largeur 109 mm
Pression de gonflage	0,6 MPa ± 0,1
Angle d'envirage	
Plage de réglage de l'angle d'envirage	0 à 10°
Eprouvette(s)	
Dimensions	Long. 500, larg. 150, ep. min 20 mm
Alimentation pneumatique	
Pression minimale	0,6 MPa

5 - DESCRIPTION DE LA CHAÎNE CINÉMATIQUE. (Voir Documents Techniques 1, 2, 3 et 4).

La chaîne cinématique de transmission de puissance du moteur au chariot et aux roues permet de transformer le mouvement de rotation continue du moteur en un mouvement de translation rectiligne alternatif du chariot. Elle comporte trois niveaux.

1^{er} Niveau : **Système Moto-réducteur**

Il permet d'entraîner l'Arbre coudé 1 en rotation et est constitué :

- ✓ du Bâti 0,
- ✓ du Moteur 10,
- ✓ du système Poulies 11, 13 Courroies 12,
- ✓ du Réducteur à engrenages à arbre creux 14.

2^{ème} Niveau : **Système de transformation du mouvement**

Il transforme la *rotation uniforme* de l'Arbre coudé 1 en un mouvement de *rotation alternatif* du Bras télescopique 3.

Il est constitué :

- ✓ de l'Arbre coudé 1 encastré sur l'arbre de sortie du Réducteur Fenner 14,
- ✓ du Palier oscillant 2,
- ✓ du Bras télescopique 3.

L'Arbre coudé 1 est en liaison pivot avec le Bâti 0.

Le Palier oscillant 2 est en :

- liaison pivot avec l'Arbre coudé 1,
- liaison pivot avec le Bras télescopique 3.

Le Bras télescopique 3 est en liaison pivot avec le Bâti 0.

3^{ème} Niveau : **Système de transformation du mouvement**

Il transforme la *rotation alternative* du Bras télescopique 3 en mouvement de *translation rectiligne alternatif* du Chariot 5 et de ses Roues 6.

Il est constitué :

- ✓ du Bras télescopique 3,
- ✓ de la Bielle 4,
- ✓ du Chariot 5 et des Roues 6,
- ✓ des rails solidaires du Bâti 0.

La bielle 4 est en :

- liaison pivot avec le Bras télescopique 3,
- liaison pivot avec le Chariot 5.

Le Chariot 5 qui supporte les Roues 6 est en liaison glissière avec le Bâti 0.

Cette liaison est assurée par :

- 4 galets d'axe de rotation horizontal 5-1 qui roulent sur les ailes des rails et qui assurent le guidage dans un plan horizontal,
- 4 galets d'axe de rotation vertical 5-2 qui roulent sur les flancs des rails et qui assurent le guidage dans un plan vertical.

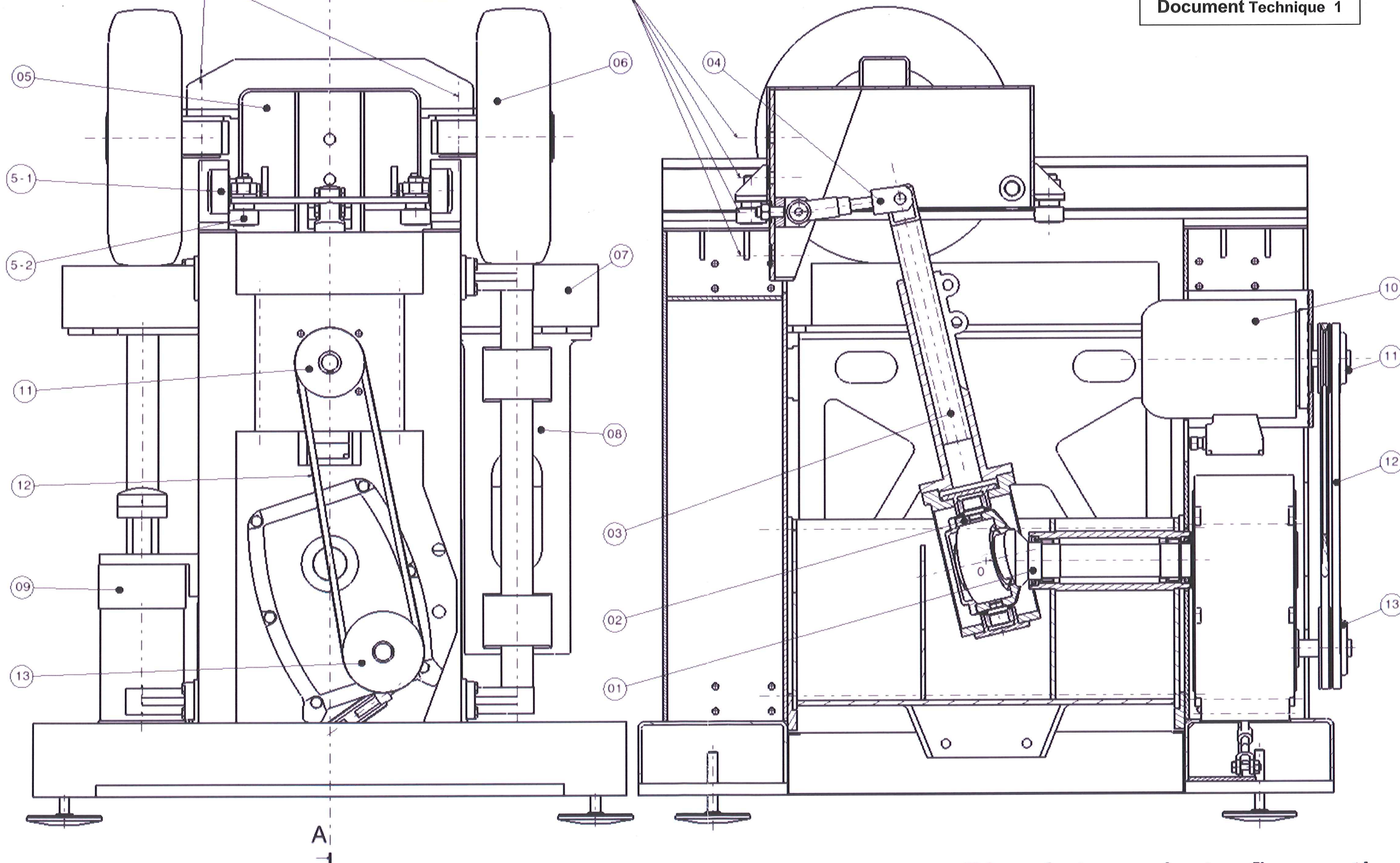
Axes de rotation pour
l'angle d'envirage

A

Axes des 4 trous d'ancrage de
la bielle et sa chape pour
les différentes
configurations de courses

A-A

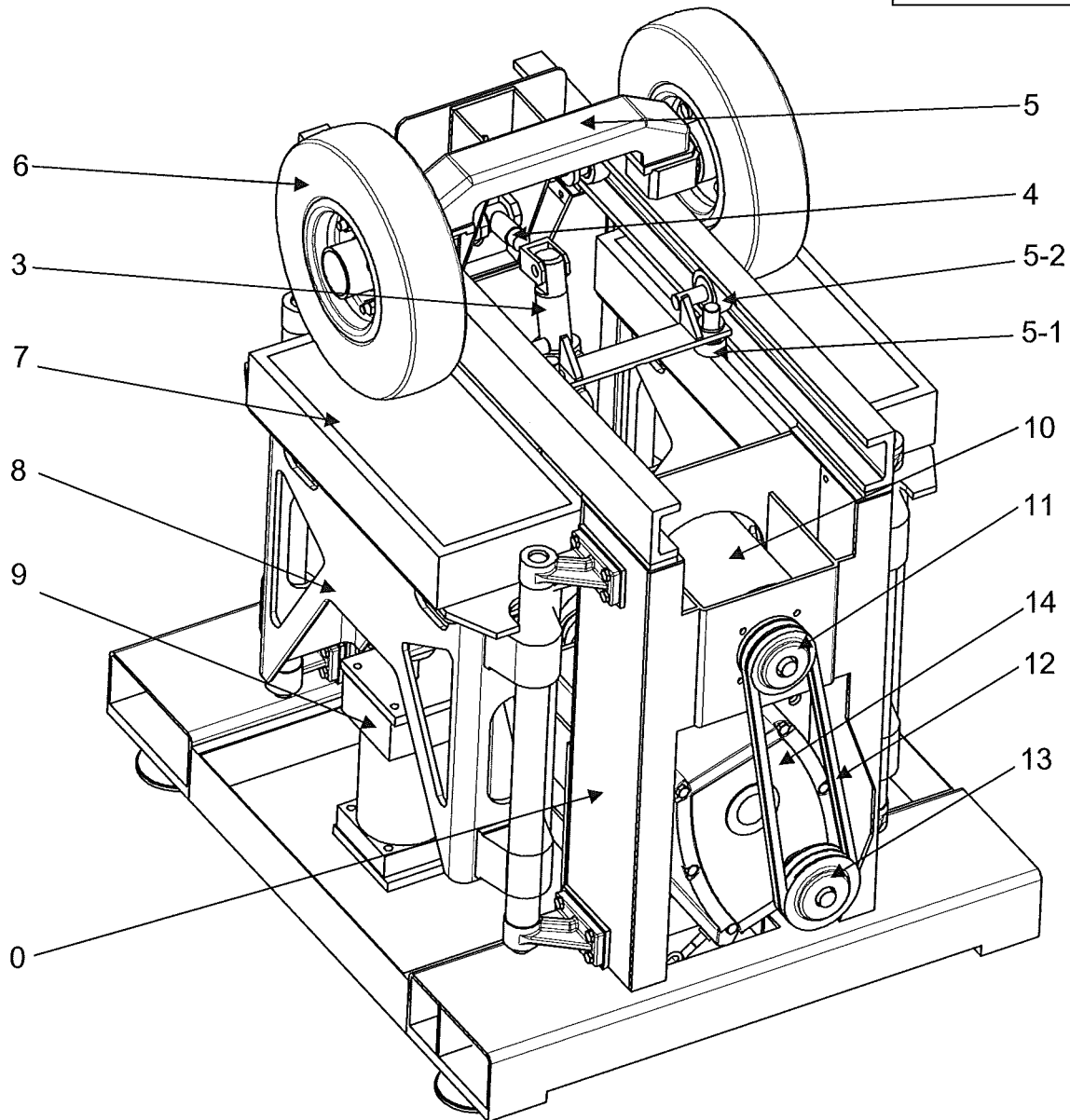
Document Technique 1



Une colonne gauche et le support d'éprouvette gauche sont retirés

CPE5MC-S

Simulateur de trafic routier



Nomenclature des principaux éléments

Repère	Nombre	Désignation
1	1	Arbre coudé
2	1	Palier oscillant
3	1	Bras télescopique
4	1	Biellette
5	1	Chariot
5-1	4	Galet de guidage vertical
5-2	4	Galet de guidage horizontal
6	2	Roue
7	2	Eprouvette
8	2	Support d'éprouvette
9	2	Vérin
10	1	Moteur
11	1	Poulie motrice
12	2	Courroie
13	1	Poulie réceptrice
14	1	Réducteur à engrenages Fenner

FAST de description des solutions retenues

Document Technique 3

Fonction de service

Fonctions techniques

Solutions

FP1. Réaliser un test de roulage d'une roue sur une éprouvette de bitume conformément à la norme.

FT 1 Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique

FT 2 Adapter l'énergie mécanique

FT 3 Transformer un mouvement de rotation continu en mouvement de translation alternatif d'un chariot muni d'une roue pour différentes configurations de course.

FT 4 Appliquer un effort presseur de la roue sur l'éprouvette.

FT 5 Guider l'ensemble mobile (éprouvette + support) verticalement.

FT 3.1 Transformer un mouvement de rotation continu de l'arbre moteur en mouvement de rotation alternatif du bras

FT 3.1.1. Interposer un palier oscillant entre l'arbre coudé et le bras

FT 3.1.2. Guider en rotation le palier par rapport à l'arbre coudé

FT 3.1.3. Guider en rotation le palier par rapport au bras

FT 3.2 Guider en rotation l'arbre coudé par rapport au bâti

FT 3.3. Guider en rotation le bras par rapport au bâti

FT 3.4 Transformer la rotation alternative en translation d'un chariot

FT 3.5 Guider en translation le chariot

FT 3.6 Permettre différentes courses

FT 3.7 Guider en rotation la roue par rapport au chariot

FT 3.8 Permettre différents angles d'envirage

FT 3.8.1 Guider verticalement le support de roue par rapport au chariot

FT 3.8.2 Immobiliser en position après réglage de l'angle d'envirage

Moteur électrique 10

Poulies 11 et 13, courroies 12 et réducteur Fenner 14.

Palier oscillant 2

Liaison pivot de centre O et d'axe (O,X2)

Liaison pivot d'axe (O,Y2)

Liaison pivot d'axe (O,X1)

Liaison pivot d'axe (O,Z3)

Biellette 4 interposée entre le bras télescopique 3 et le chariot 5

Liaison glissière réalisée par les rails et les galets

Bras télescopique 3
Différents points d'ancrage de la bielle 4 sur le chariot 5

Liaison pivot d'axe (F,Z6)

Liaison pivot d'axe vertical

Fixation par vis-écrou

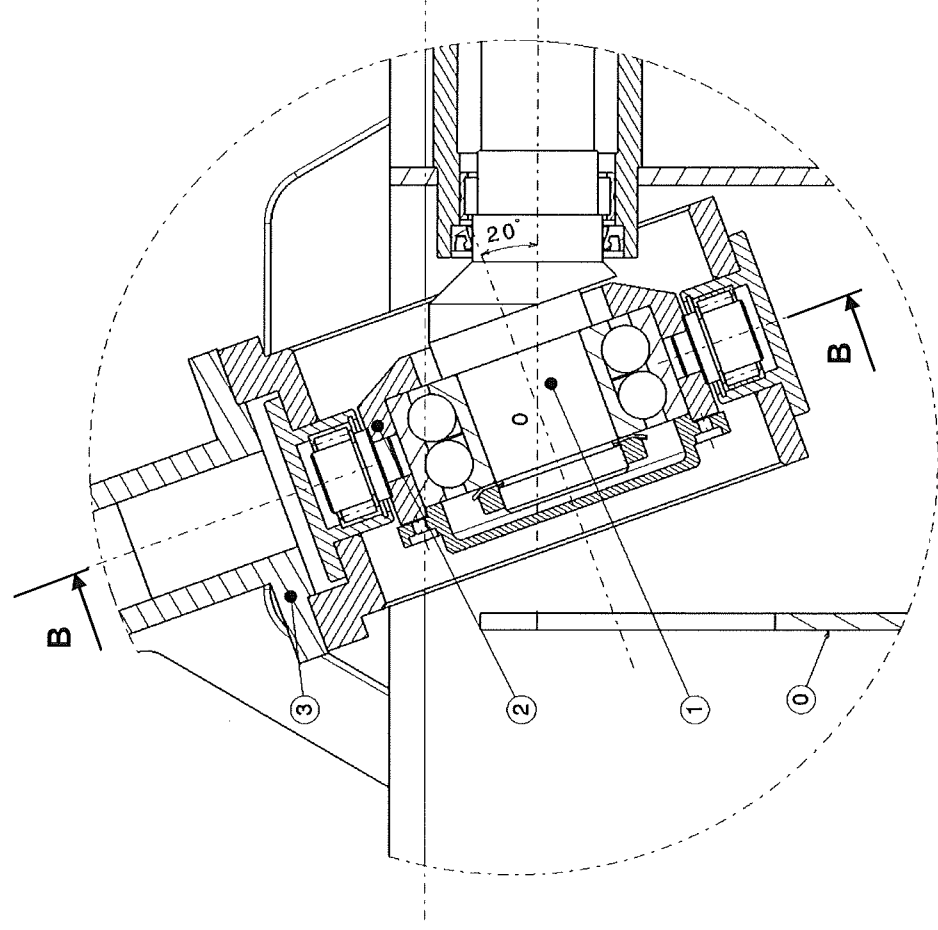
Vérin pneumatique 9

Liaison glissière réalisée par deux colonnes cylindriques et quatre paliers sur le support

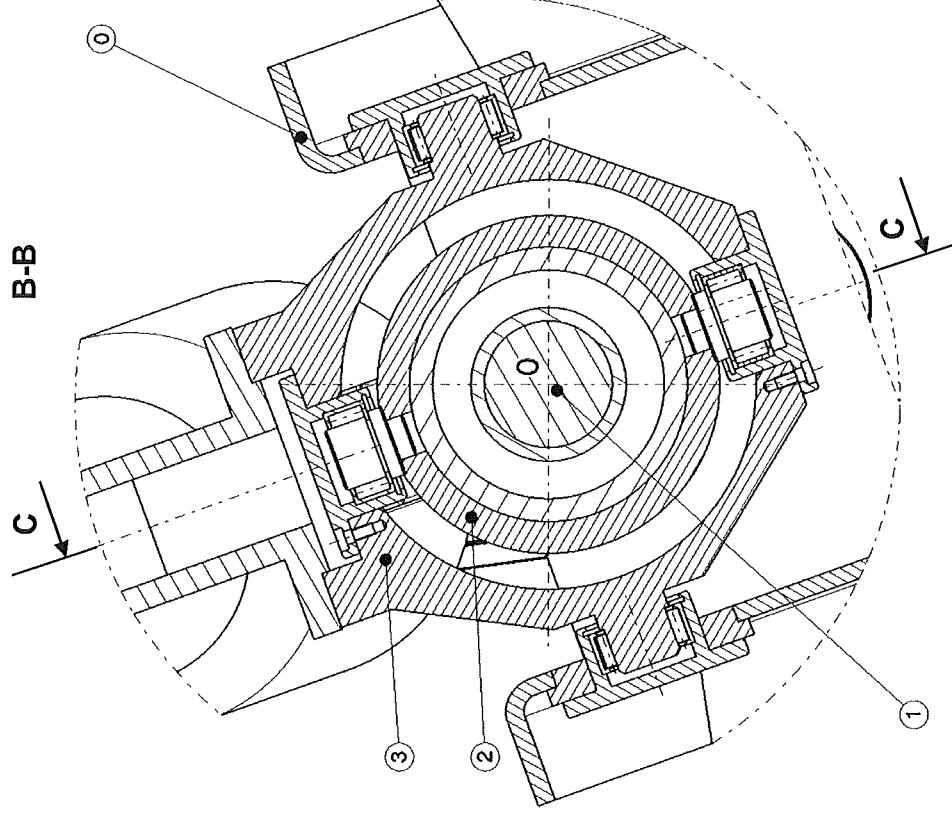
CPE5MC-S

La coupe C-C ci-dessous représente l'Arbre coudé 1, le Palier oscillant 2 et le Bras télescopique 3 lorsque le Chariot 5 est au point mort arrière (Début du mouvement phase « aller »).

C-C



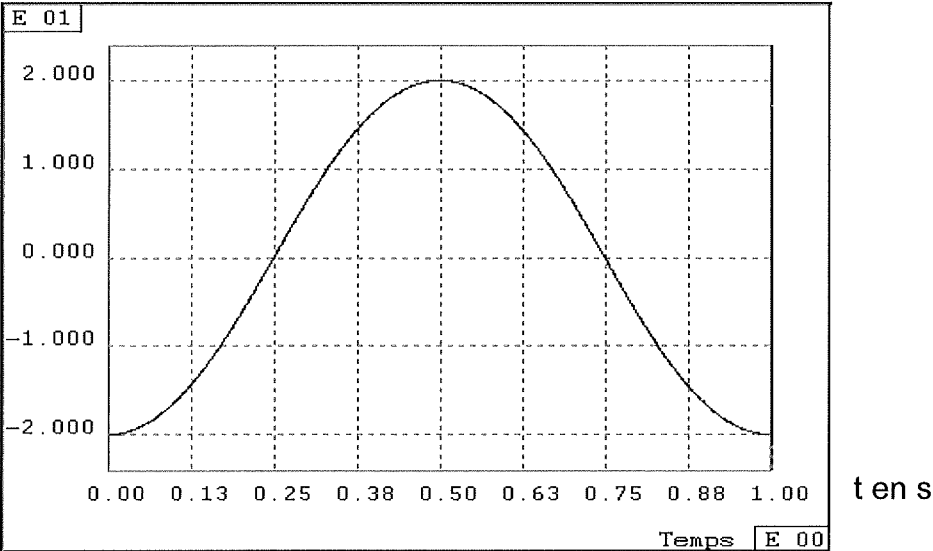
B-B



Position angulaire β du bras télescopique 3 par rapport au bâti 0 en fonction du temps

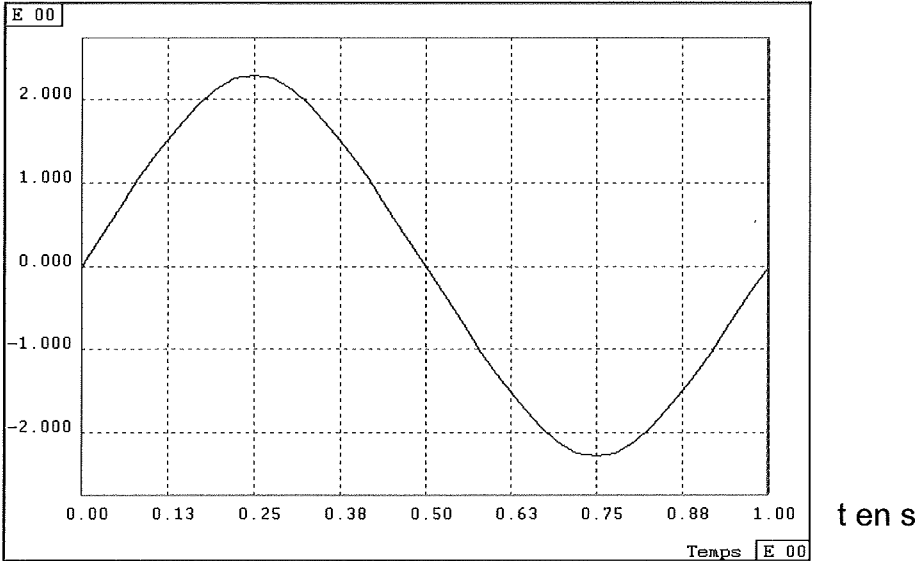
β en degré

Les valeurs des angles sont à multiplier par 10



Vitesse angulaire $\beta' = \omega_{3/0}$ du bras télescopique 3 par rapport au bâti 0 en fonction du temps.

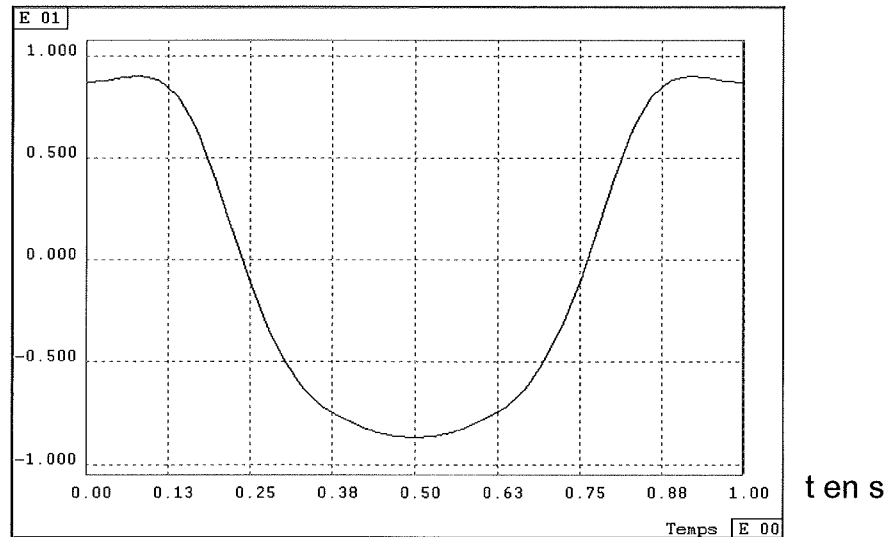
β' en rad/s



Accélération du chariot par rapport au bâti 0 en fonction du temps (configuration de course : C1)

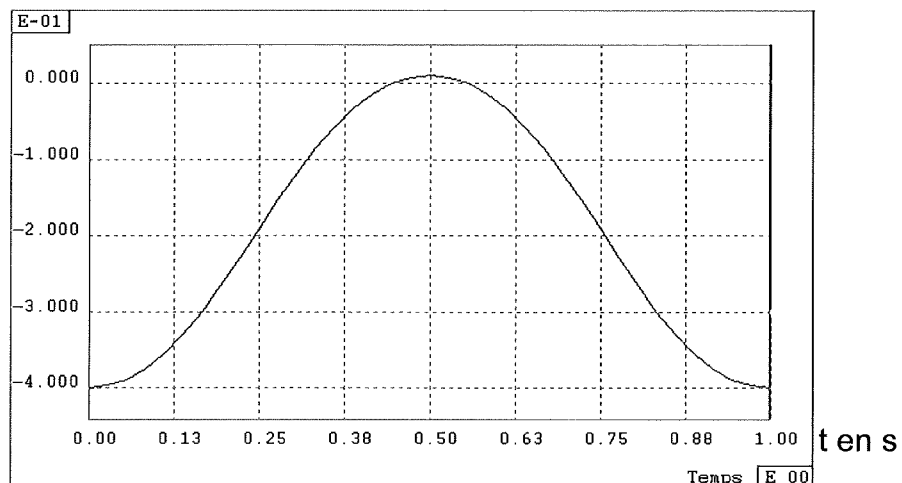
Les valeurs de l'accélération, en m/s^2 , sont à multiplier par 10

Exemple :
 $0,5 \text{ E } 01 = 5$

**Courbe pour la configuration de la course normée C3****Position du chariot 5 par rapport au bâti 0 en fonction du temps**

Les valeurs des positions, en m, sont à diviser par 10

Exemple :
 $-1,0 \text{ E } -01 = -0,1$



Extrait du catalogue constructeur du réducteur FENNER

METHODE DE SELECTION

NOTE: Lors d'une application de la version Taper Grip avec un démarrage direct en ligne, il faut compléter la sélection A par la sélection B.

METHODE DE SELECTION "A"

(a) Facteur de service

Choisir dans le tableau 1 le facteur de service applicable pour la transmission.

(b) Puissance corrigée

Multiplier la puissance absorbée (ou la puissance moteur si la puissance absorbée n'est pas connue) par le facteur de service déterminé en (a).

NOTE:

Les réducteurs peuvent momentanément supporter, au démarrage ou en marche, un couple maxi jusqu'à deux fois le couple nominal.

(c) Sélection du modèle de Réducteur

Se reporter aux Tableaux de Puissances Nominales de la page et choisir le modèle de réducteur convenable en utilisant la valeur trouvée en (b).

Le choix d'un simple ou double train est déterminé en fonction de la vitesse de sortie désirée. La vitesse nominale de fonctionnement de chaque réducteur est indiquée dans les tableaux de sélection.

Pour d'autres vitesses, consulter FENNER.

TABLEAU 1 - FACTEURS DE SERVICE

Type de machine entraînée	Fonctionnement journalier		
	< 10 h	10 à 16 h	> 16 h
Service peu intense Agitateurs et Mixeurs - liquide ou semi-liquide Souffleries - Centrifugeuses Embouteilleuses Transporteurs et élévateurs uniformément chargés Cuisinières Machines à laver le linge (sans inversion) Arbres en ligne Pompes - centrifuges et à engrenages Machines d'étrépage	1.0	1.12	1.25
Service moyen Agitateurs et Mixers à densité variable Transporteurs - non uniformément chargés Grues, appareils de levage et de déplacement Banc d'étrépage Distributeurs - Charge saccadée Palans Fours sécheurs Tambours de laverie Ascenseurs Pompes à (3 cyl et plus) Machines à faire le papier et à travailler la pulpe Mélangeurs et laminoirs à caoutchouc Cribles rotatifs Machines pour l'industrie textile	1.25	1.4	1.6
Service à forte contrainte Presse à briques Machines à agglomérer Transporteurs - à va-et-vient Concasseurs Broyeurs à marteau Pompes à piston - 1 ou 2 cyl. Machines vibrantes	1.6	1.8	2.0

PUISSANCES NOMINALES (KW) MODELE 13:1 ET 20:1 (DOUBLE RÉDUCTION)

Vitesse de Sortie tr/mn	B13 B20	C13 C20	D13 D20	E13 E20	F13 F20	G13 G20	H13 H20	J13 J20	S13 S20
10	0,31	0,51	0,85	1,30	2,05	3,23	5,1	8,1	11,5
12	0,37	0,60	1,00	1,54	2,55	3,86	6,1	9,6	13,7
14	0,44	0,70	1,15	1,80	2,82	4,47	7,1	11,1	15,8
16	0,49	0,80	1,32	2,05	3,21	5,09	8,0	12,6	18,0
18	0,55	0,90	1,47	2,29	3,58	5,70	9,0	14,1	20,1
20	0,61	0,99	1,64	2,53	3,97	6,32	9,9	15,7	22,3
22	0,66	1,08	1,80	2,78	4,35	6,90	10,8	17,1	24,4
24	0,72	1,18	1,93	3,01	4,73	7,51	11,8	18,6	26,4
26	0,78	1,27	2,10	3,26	5,11	8,10	12,6	20,1	28,4
28	0,84	1,38	2,27	3,49	5,48	8,68	13,6	21,4	30,5
30	0,90	1,46	2,41	3,72	5,86	9,28	14,5	23,4	32,4
32	0,96	1,56	2,57	3,96	6,22	9,87	15,4	24,5	34,5
34	1,02	1,66	2,74	4,20	6,59	10,44	16,3	26,1	36,5
38	1,15	1,86	3,03	4,66	7,33	11,56	18,1	28,7	40,5
40	1,20	1,94	3,19	4,90	7,71	12,34	18,9	30,1	42,5
42	1,24	2,04	3,32	5,12	8,06	12,89	20,1	31,3	44,3
46	1,35	2,22	3,62	5,58	8,61	14,20	21,9	33,9	48,3
50	1,47	2,39	3,93	6,04	9,43	15,18	23,7	36,4	52,1
52	1,53	2,47	4,16	6,27	9,50	15,83	24,4	37,0	53,6
54	1,58	2,57	4,30	6,48	9,80	16,49	25,3	37,8	54,9
58	1,70	2,72	4,61	6,93	10,42	17,47	26,9	39,5	57,9
62	1,83	2,88	4,90	7,52	11,03	18,67	28,6	41,8	60,1
66	1,93	3,06	5,21	7,98	11,68	19,77	30,9	44,2	62,8
70	2,04	3,19	5,34	8,43	12,23	20,97	31,8	46,5	65,5
74	2,14	3,31	5,63	8,88	12,89	21,95	33,3	48,9	68,0
78	2,24	3,45	5,93	9,33	13,43	23,15	34,9	51,2	70,4
80	2,32	3,53	6,04	9,56	13,76	23,37	35,7	52,2	71,9
85	2,44	3,72	6,39	10,10	14,52	24,24	37,7	54,9	
90	2,58	3,94	6,75	10,65	15,18	25,55	37,6	57,5	
95	2,72	4,16	7,08	10,92	16,06	26,86	37,4	60,3	
100	2,84	4,36	7,44	11,47	16,82	28,17	42,3	62,9	
105	2,96	4,59	7,78	12,01	17,69				
110	3,10	4,80	8,12						
115	3,23								
Couple à 10 tr/mn Nm	296	487	812	1242	1958	3085	4871	7736	10983

La ligne pointillée indique la vitesse de sortie limite recommandée pour les réducteurs ayant un rapport de 20. Pour des vitesses plus importantes, utiliser un réducteur de rapport 13:1 ou 5:1.

* Lorsqu'un antidéviereur est utilisé avec une taille M13, le couple de sortie maximum est de 24415 Nm, Ce coup

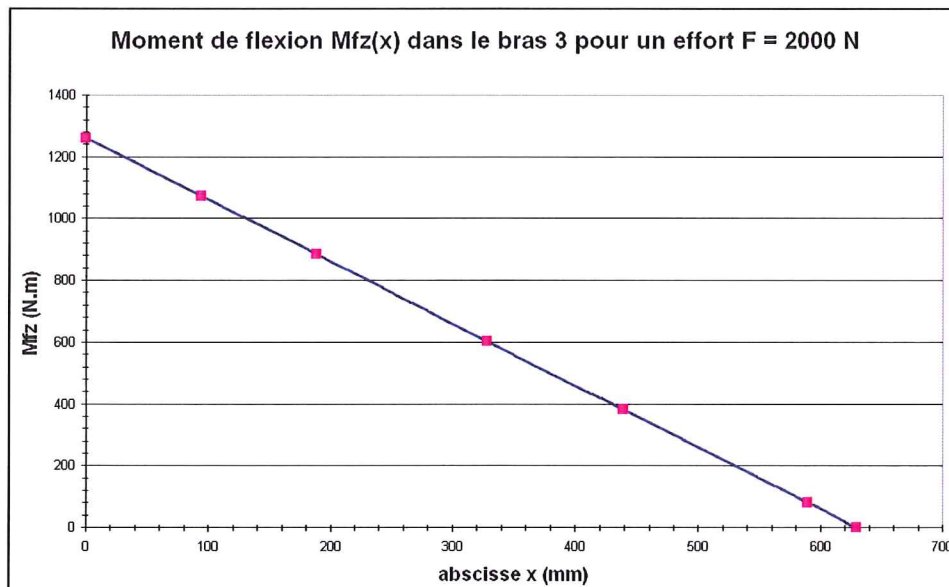
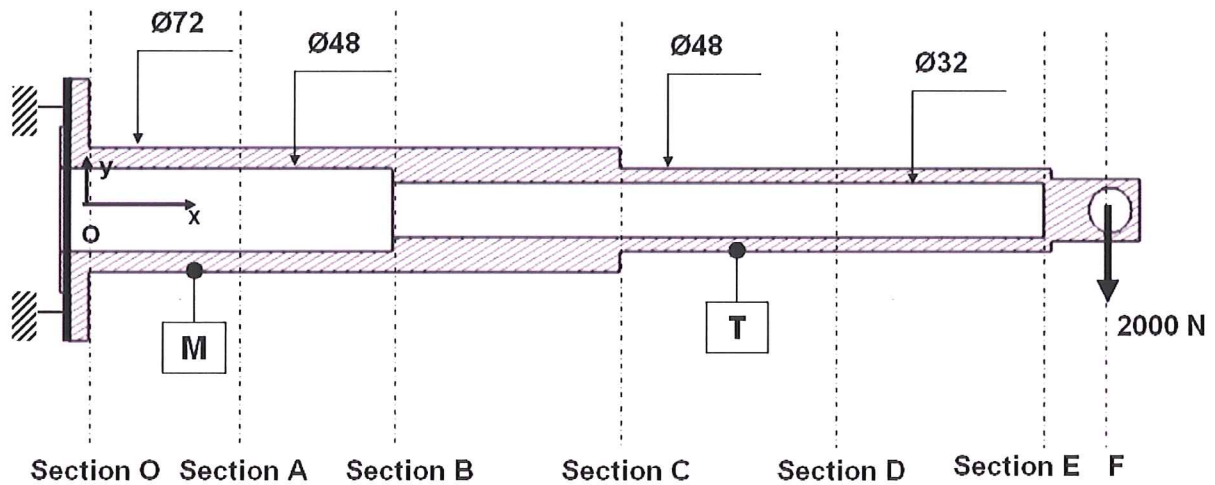
Transmissions par courroies pour $N_{\text{Moteur}} = 1440 \text{ tr/mn}$

REDUCTEUR TAILLE E					
	Vitesse de sortie	Rapport de poulie	Diamètre primitif de poulie		Nombre de courroies
			Moteur	Reducteur	
20:1	10	7,04	71	500*	1SPZ
	12	5,63	71	400	2SPZ
	14	5,00	80	400	1SPZ
	16	4,44	90	400	1SPZ
	18	4,00	100	400	1SPZ
	20	3,50	90	315	2SPZ
	22	3,15	100	315	1SPZ
	24	2,99	67	200	3SPZ
	26	2,66	75	200	2SPZ
	28	2,50	100	250	2SPZ
	29	2,40	75	180	3SPZ
	31	2,25	80	180	3SPZ
	34	2,09	67	140	4SPZ
	35	2,00	80	160	3SPZ
	37	1,88	85	160	3SPZ
	40	1,75	80	140	3SPZ
20:1	42	1,68	95	160	2SPZ
	44	1,60	125	200	2SPZ
	46	1,51	132	200	1SPA
	48	1,44	125	180	2SPZ
	50	1,40	100	140	2SPA
	52	1,36	132	180	2SPZ
	54	1,28	140	180	2SPZ
	56	1,25	100	125	3SPZ
	58	1,20	150	180	1SPA
	60	1,18	106	125	2SPA
	62	1,14	140	160	2SPZ
	63	1,11	90	100	4SPZ
	66	1,05	118	125	2SPA

Dimensionnement du bras 3

Géométrie et modèle de chargement

Bras en coupe



OA= 94 mm

OB= 188 mm

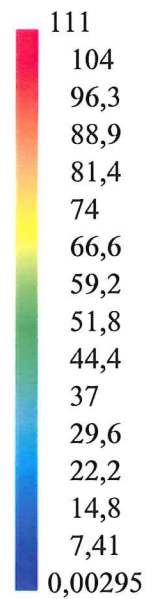
OC= 328 mm

OD= 439 mm

OE= 590 mm

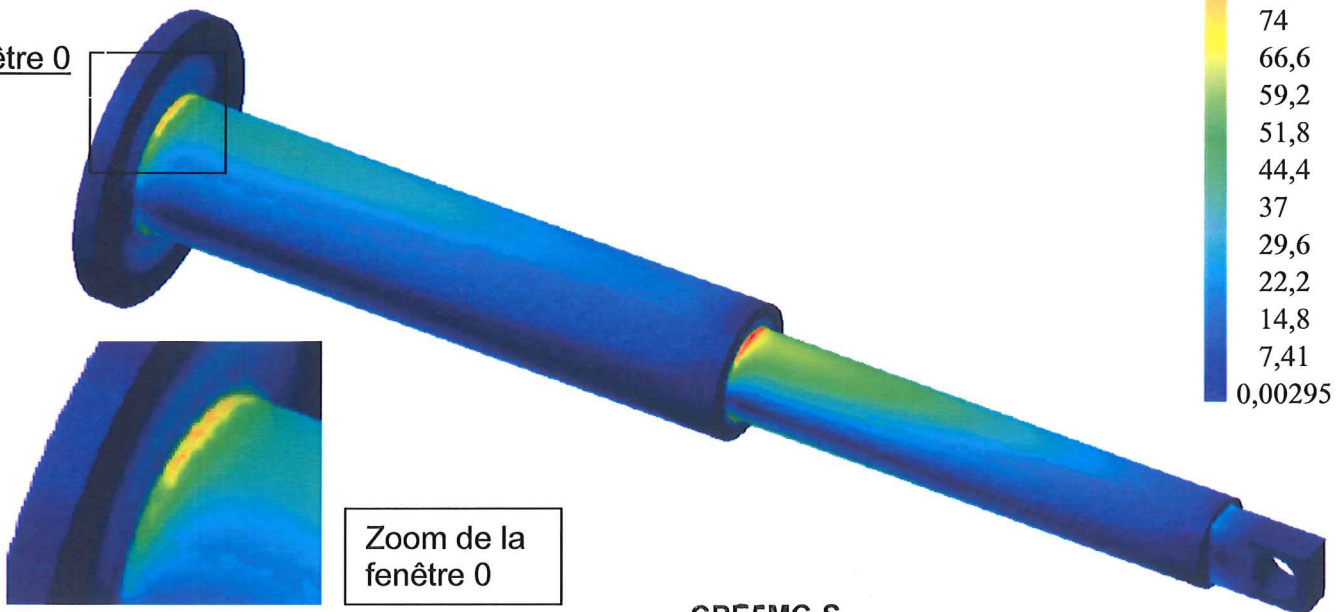
OF= 630 mm

Critère de Von Mises (MPa)



Répartition des contraintes équivalentes de Von Mises

Fenêtre 0

Zoom de la
fenêtre 0

CPE5MC-S

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2012**

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

DOSSIER TRAVAIL

Simulateur de trafic routier

Ce dossier comporte 6 pages.

Temps conseillé :

Partie 1	0,5 h
Partie 2	1,5 h
Partie 3	1 h
Partie 4	1 h

CPE5MC-S

Partie 1 – Modélisation

Ressources utiles : DT 1, DT 2, DT 3, DT 4 et DR 1.

Fonctions techniques étudiées :

- FT 3.1 Transformer un mouvement de rotation continu de l'arbre moteur en mouvement de rotation alternatif du bras.
- FT 3.3 Guider en rotation le bras par rapport au bâti.

Question 1:

Compléter le schéma cinématique minimal 3D ébauché sur le *Document Réponse 1* en représentant la liaison :

- du bras télescopique 3 avec le bâti 0,
- du palier oscillant 2 avec l'arbre coudé 1,
- du palier oscillant 2 avec le bras télescopique 3.

Partie 2 – Vérification des performances

Ressources utiles : DT 5, DT 6, DR 2, DR 3 et DR 4.

Fonctions techniques étudiées :

- FT 3.5 Guider en translation le chariot.
- FT 3.6 Permettre différentes courses.

2-1 Course du chariot 5 et des roues 6.

Objectif: Vérifier la conformité de la course par rapport à la norme NF P 98-253-1.

Le *Document Technique 6* représente le diagramme de la position du chariot 5 par rapport au bâti 0 en fonction du temps. Il a été obtenu à l'aide d'un logiciel de calcul après animation de la maquette 3D dans la configuration de course normée C3.

Question 2 :

Lire le diagramme et indiquer sur feuille de copie le temps nécessaire pour passer d'une position extrême à l'autre.

Conclure sur la conformité de la course du chariot 5 et sur la fréquence du mouvement.

2-2 Vitesse maxi de translation du chariot 5.

Objectif :

Valider la performance du simulateur de trafic imposée par le cahier des charges : vitesse maximale de translation du chariot 5 par rapport au bâti 0 égale à 1,7 m/s.

Déterminer, par une méthode graphique, la vitesse maximale du chariot 5 par rapport au bâti 0, dans la configuration de course C1.

Le simulateur de trafic routier schématisé sur le *Document Réponse 2*, est représenté dans la position correspondant au temps $t = 0,139$ s.

Le *Document Technique 5* donne les résultats de l'animation de la maquette numérique 3D :

- β en fonction du temps.
- $\beta' = \omega_{3/0}$ en fonction du temps.

Question 3 :

Lire les courbes et représenter sur le *Document Réponse 2*, à la même échelle, le bras télescopique 3, la biellette 4 et le chariot 5 dans la position qui correspond à $\beta'_{\max i} = \omega_{3/0 \max i}$.
Soient E'_1 et D'_1 les centres des liaisons pivots dans cette position.

Question 4 :

Sur feuille de copie, calculer la norme de la vitesse $\vec{V}_{D'_1 \in 3/0}$.

Sur *DR 2*, tracer en respectant l'échelle des vitesses, le vecteur $\vec{V}_{D'_1 \in 3/0}$.

Question 5 :

Sur feuille de copie, montrer à l'aide de la formule de composition des vitesses que :

$$- \vec{V}_{D'_1 \in 3/0} = \vec{V}_{D'_1 \in 4/0}.$$

$$- \vec{V}_{E'_1 \in 4/0} = \vec{V}_{E'_1 \in 5/0}.$$

Question 6 :

Sur *DR 2*, déterminer graphiquement le vecteur vitesse $\vec{V}_{E'_1 \in 5/0}$.

Indiquer la valeur de la norme de cette vitesse qui correspond à la vitesse maximale du chariot.

Question 7 :

Sur feuille de copie : cette vitesse est-elle conforme au cahier des charges ? Justifier votre réponse.
L'étude étant réalisée dans la configuration de course C1, que peut-on conclure des vitesses maximales du chariot dans les autres configurations de courses ?

2-3 Justification du bras télescopique 3.

Objectif : Déterminer pour les 4 configurations de course du chariot 5 prévue par le Cahier des charges :

- La longueur $L = OD$ du bras télescopique 3.
- La cote fonctionnelle δ du chariot 5 qui représente la distance entre l'axe de l'ancrage en E de la biellette 4 et le plan horizontal d'évolution des axes des galets 5-1.

La position verticale du chariot 5 par rapport au bâti 0 est déterminée par la hauteur H des rails par rapport l'axe OX_0 et par le rayon R des galets 5-1 (voir *Document Réponse 3*).

Dans ces conditions la course du chariot 5 est fonction de :

- L'angle d'inclinaison θ de la portée cylindrique de l'arbre coudé 1 qui induit l'inclinaison $\beta_{\max i}$ du bras télescopique 3 par rapport l'axe OY_0 .
- La longueur L du bras télescopique 3.

D'autre part, aux points morts arrière et avant, la biellette 4 doit être horizontale. Cette contrainte est justifiée afin que l'action $\vec{E}_{4 \rightarrow 5}$ de la biellette 4 sur le chariot 5 soit sensiblement colinéaire avec l'accélération $\vec{a}_{E'_1 \in 5/0}$ du chariot 5 par rapport au bâti 0, en début et en fin du mouvement de translation.

Cette contrainte impose la cote fonctionnelle δ du chariot 5 définie ci-dessus.

2-3-1 Détermination, par le calcul, de la cote fonctionnelle δ , pour une configuration donnée.

Données :

- Configuration 3 imposée par la norme (course $C3 = 410$ mm).
- $\theta = \beta_{\max i} = 20^\circ$.
- Hauteur $H = 564$ mm.
- \varnothing galet 5-1 = 72 mm.

Question 8 :

Représenter sur le *Document Réponse 3* le bras télescopique 3, la bielle 4 et le chariot 5 dans la position point mort avant. Soient E'_3 et D'_3 les centres des liaisons pivots dans cette position. Tracer la cote C_3 qui correspond à la course du chariot 5.

Question 9 : Sur feuille de copie

Déterminer littéralement :

- L_3 en fonction de C_3 et de β_{\max} .
- Δ_3 (distance entre l'axe OX_0 et le point d'ancrage E_3) en fonction de C_3 et de β_{\max} .

Calculer :

- L_3 , Δ_3 , et en déduire la cote δ_3 .
- Arrondir les résultats au mm près.

2-3-2 Détermination graphique des paramètres géométriques pour les 4 configurations imposées par le cahier des charges.

Données :

Courses : $C_1 = 500$ mm, $C_2 = 450$ mm, $C_3 = 410$ mm et $C_4 = 360$ mm.

Question 10 :

Sur le *Document Réponse 4*, proposer une construction graphique qui permette de déterminer les paramètres géométriques L , Δ et δ en fonction de la course C pour les 4 configurations imposées.

Compléter le tableau avec les valeurs mesurées sur la construction.

En déduire la variation de la longueur nécessaire du bras télescopique.

Partie 3 – Validation de la chaîne de transmission de puissance

Ressources utiles : DT 6, DT 7.

Fonction technique étudiée :

- FT 1 Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

3-1 Vérification du moteur.

Lors de l'essai, le chariot se déplace horizontalement en entraînant les roues en rotation par adhérence.

On se place dans la configuration la plus contraignante : course maximale et angle de ripage maximal qui engendre une résistance à l'avancement élevée.

Objectif : Vérifier la puissance du moteur.

Système isolé : Chariot 5, Roues 6, Bielle 4, Bras télescopique 3, Palier oscillant 2 et Arbre coudé 1.

Hypothèses :

- Les résistances passives dans les liaisons sont négligées.
- Les masses et inerties des galets de guidage 5-1 et 5-2, de la bielle 4, du bras télescopique 3, du palier oscillant 2 et de l'arbre coudé 1 sont négligées.

Données :

- Fréquence de rotation de l'arbre coudé $N_1 = 60$ tr/mn.
- Masse du chariot 5 et des 2 roues 6 $M_{5-6} = 40$ kg.
- Masse de chaque roue 6 $m_6 = 4$ kg.
- Diamètre des roues 6 $D_6 = 0,415$ m.
- Roue modélisée par un disque de masse M et de rayon R .

Rappel : le moment d'inertie par rapport à son axe de rotation est $\frac{1}{2} MR^2$.

Les calculs seront faits pendant la phase d'accélération maximale supposée constante jusqu'à 0,111 s.

	Temps	Rotation de l'arbre coudé	Position du chariot/bâti	Vitesse du chariot/bâti
Début de la phase	$t_1 = 0 \text{ s}$	$\alpha_{(t_1)} = 0$	$X_{5/0(t_1)} = 0$	$V_{5/0(t_1)} = 0$
Fin de la phase	$t_2 = 0,111 \text{ s}$	$\alpha_{(t_2)} = 0,698 \text{ rad}$	$X_{5/0(t_2)} = 0,0545 \text{ m}$	$V_{5/0(t_2)} = 0,987 \text{ m/s}$

Question 11 :

Exprimer littéralement la variation d'énergie cinétique de translation du chariot 5 et des roues entre t_1 et t_2 .

Question 12 :

Exprimer littéralement la variation d'énergie cinétique de rotation des deux roues 6 entre t_1 et t_2 .

Question 13 :

Calculer la variation d'énergie cinétique totale entre ces deux instants.

Question 14 :

La résistance au roulement de chacune des roues engendre une résistance à l'avancement évaluée à 750 N. Calculer, pour les 2 roues, le travail de ces efforts résistants entre t_1 et t_2 .

Question 15 :

Appliquer le théorème de l'énergie cinétique entre t_1 et t_2 , en déduire :

- Le travail du couple exercé sur l'arbre coudé 1.
- La valeur de ce couple.

Question 16 :

En déduire la puissance moyenne à fournir à cet arbre coudé pendant cette phase.

Question 17 :

En déduire la puissance du moteur sachant que le rendement du réducteur η_r est de 0,8 et celui de la transmission poulies - courroies η_c est de 0,85.

Question 18 :

Pour le moteur on impose un facteur de service f_s de 1,4.

Vérifier si le moteur choisi par le concepteur convient.

3-2 Vérification du réducteur.

Fonction technique étudiée :

- FT 2 Adapter l'énergie mécanique

Objectif : Vérifier le choix du réducteur et le dimensionnement des poulies - courroies.

Données :

- Puissance nominale du moteur : 3 kW (facteurs de démarrage et de service pris en compte).
- Fréquence de rotation du moteur sous charge : 1440 tr/mn.
- Diamètres des poulies : motrice 106 mm et réceptrice 125 mm.
- La réduction exacte du réducteur est de 20,456.
- Lors d'essai la durée de fonctionnement est de 10 à 16 h par jour.
- La machine entraînée est le chariot comparable à un transporteur à va et vient.

Question 19 :

Le Cahier des Charges impose une fréquence d'essai à $1 \text{ Hz} \pm 0,1$. Quelle doit être la fréquence de rotation de l'arbre coudé pour satisfaire cette caractéristique ?

Question 20 :

En déduire le rapport de réduction global de la transmission.

Question 21 :

Calculer le rapport de réduction de la transmission par poulies – courroie et vérifier si les diamètres des poulies choisies permettent d'obtenir la réduction souhaitée.

Question 22 :

Vérifier si la fréquence de rotation de l'arbre coudé est comprise dans l'intervalle de tolérance imposée par la norme.

Question 23 :

À partir du *Document Technique 7*, calculer la puissance corrigée après avoir relevé le facteur de service dans le tableau 1.

Question 24 :

Le tableau des puissances nominales donne les différentes puissances transmissibles par les différents réducteurs caractérisés par une lettre : B, C, D, E,..., vérifier que le modèle de réducteur E20 permettra de transmettre la puissance nominale corrigée à la vitesse souhaitée sur l'arbre coudé 1. Préciser si un autre choix était possible.

Question 25 :

À partir du *Document Technique 7* tableau : « **Transmission par courroies** », préciser le type de courroies et leur nombre pour transmettre la puissance du moteur au réducteur.

Partie 4 - Dimensionnement du bras 3.
--

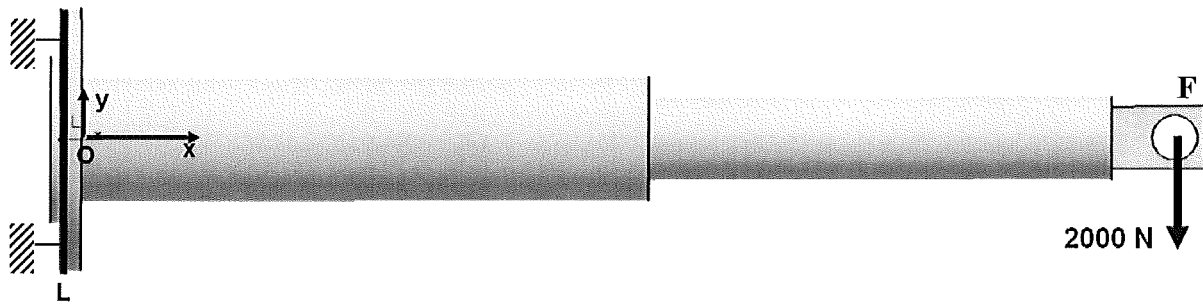
Ressources utiles : DT 8, DR 5.

Objectif : Vérifier le dimensionnement du bras 3.

Hypothèses : le bras 3 est composé d'un manchon M et d'une tige T. On considère pour cette partie le bras comme monobloc.

- On se place dans le cas d'une course de 500 mm qui correspond à la plus grande longueur de bras.
- Dans ce cas, le bras 3 doit supporter, au cours du mouvement, un effort maximal de 2000 N. Le cas de chargement le plus défavorable correspond à l'instant où l'effort est perpendiculaire au bras (voir modèle de chargement ci-dessous et le *Document Technique 8*).

Pour le calcul, on considère que le bras est encastré en O avec le palier oscillant 2, l'effort est appliqué en F.



Matériau du bras	Module d'Young E (MPa)	Coefficient de Poisson ν	Limite élastique Re (MPa)	Limite de rupture Rr (MPa)
C35	210 000	0,26	335	570

Répondre aux questions sur le *Document Réponse 5*.

4-1. Modèle poutre –Théorie de la résistance des matériaux.

Dans cette partie, on utilise pour le calcul le modèle « poutre » de résistance des matériaux. Le bras est assimilé à une poutre encastrée en O et chargée en F.

Question 26 :

On néglige les effets des contraintes de cisaillement devant ceux des contraintes de flexion. Écrire la formule de la contrainte maximale de flexion $\sigma_f(x)$ en fonction du moment de flexion $M_{fz}(x)$, et des diamètres extérieur D et intérieur d de la section considérée.

Question 27 :

Calculer la contrainte nominale maximale de flexion σ_{f-RDM} en O, A, B, C et D, à chaque fois dans le cas le plus défavorable.

4-2. Modèle éléments finis –Théorie de l'élasticité.

Question 28 :

Relever la valeur de la contrainte de Von Mises σ_{f-EF} en MPa en O et C.

Question 29 :

Comparer le modèle poutre avec le modèle éléments finis en A et D, puis en O et C ?

Question 30 :

Expliquer le phénomène qui se passe en C. Dessiner la répartition des contraintes dans la section D puis dans la section C.

Question 31 :

Écrire le critère de résistance pour le bras 3.

Question 32 :

Le critère de résistance est-il validé ?

Si oui quel est le coefficient de sécurité c_s dont on dispose ?

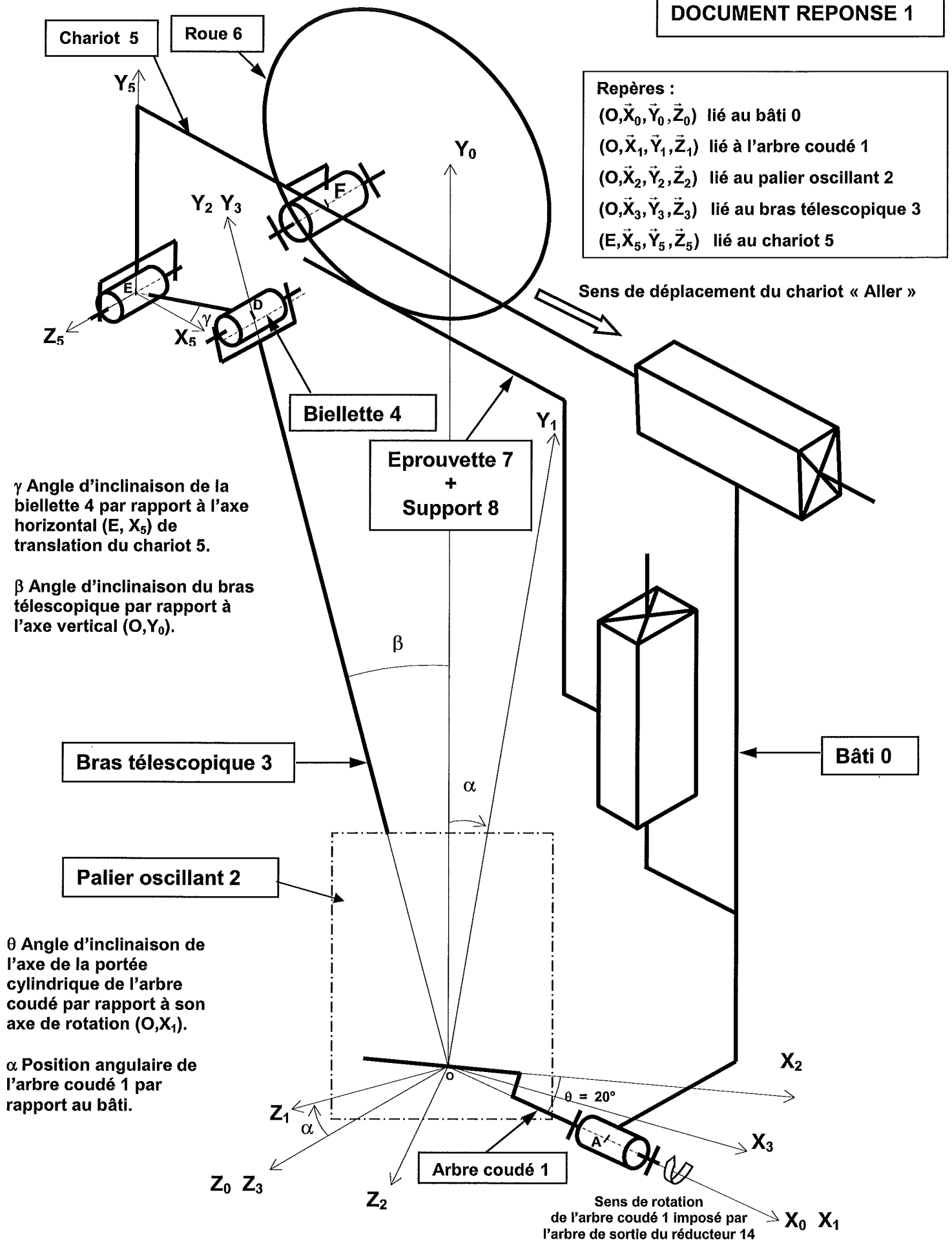
**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS
SESSION 2012**

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

DOSSIER REPONSE

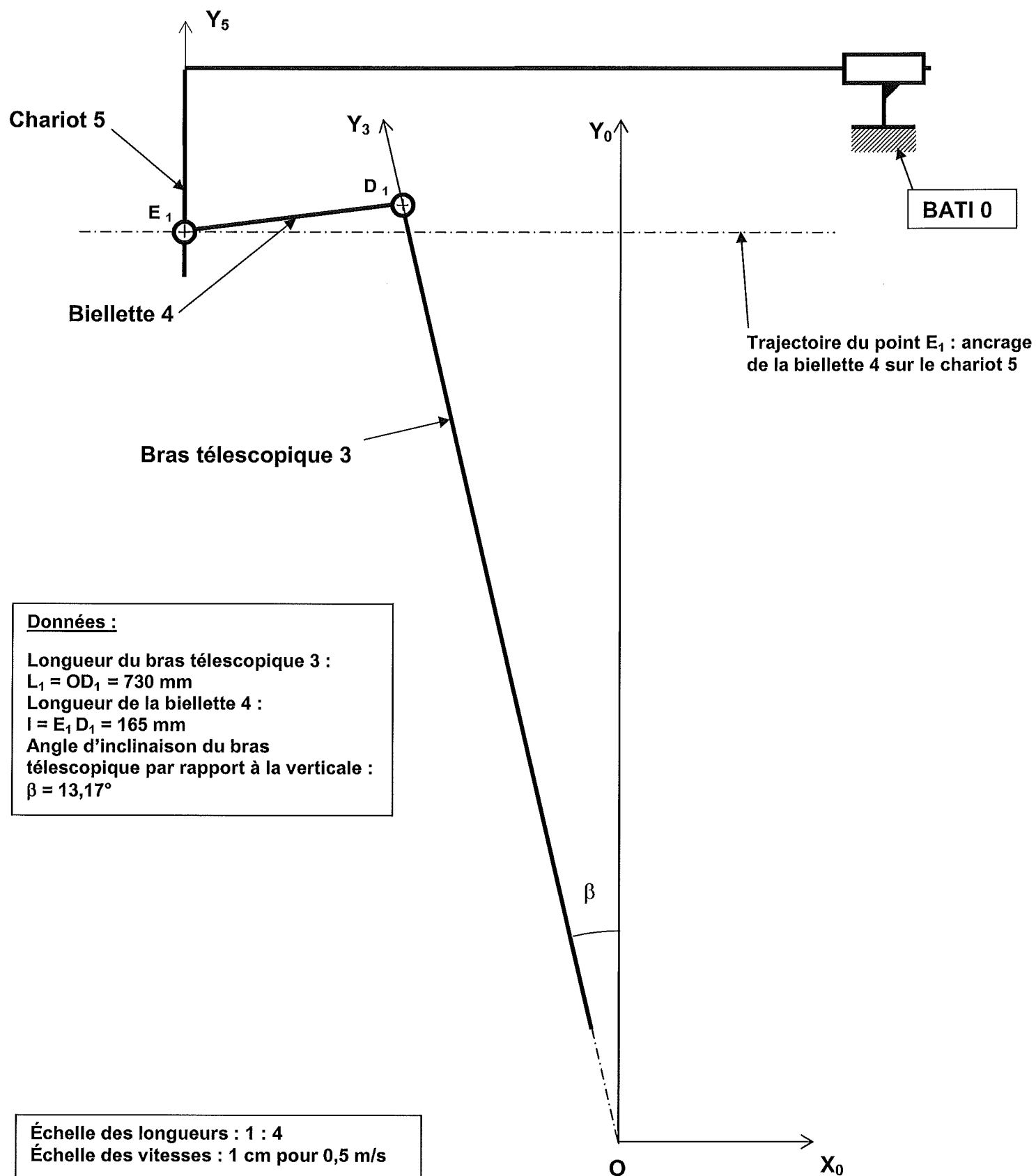
Simulateur de trafic routier

Ce dossier comporte 5 pages.



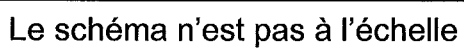
CPE5MC-S

Schéma cinématique minimal du simulateur de trafic routier (Partiel)
Le système moto-réducteur, et le vérin 9 ne sont pas représentés



Représentation schématique dans la configuration C1, du bras télescopique 3, de la bielle 4 et du chariot 5 au temps $t = 0,139 \text{ s}$

Un seul galet du chariot 5 représenté



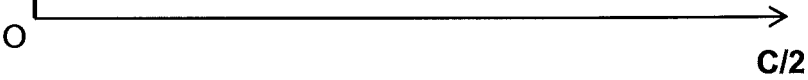
CPE5MC-S

Plan d'évolution des axes
des galets 5-1



C	L	Δ	δ
500			
450			
410			
360			

Echelle : 1 : 3



4-Dimensionnement du bras 3**4-1. Modèle poutre –Théorie de la résistance des matériaux****Question 26 :** Contrainte maximale de flexion $\sigma_f(x)$ en fonction de $M_fz(x)$, D et d :**Question 27 :** Contrainte maximale de flexion σ_f en O, A, B et C.

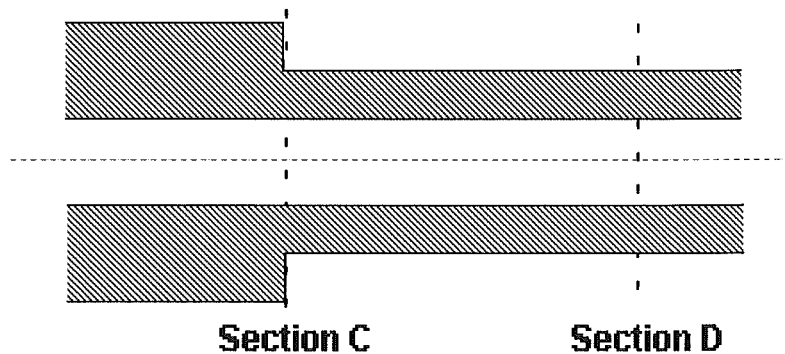
Section	O	A	B	C	D
M_fz (N.m)	1260	1072	884	604	382
I_z (mm ⁴)					
Question 27 : RDM: σ_{f-RDM} (Mpa)					
Question 28 : Elasticité-EF: σ_{f-EF} (Mpa)		36	25		43

4-2. Modèle éléments finis –Théorie de l'élasticité.

Question 29 : Comparaison en A et en D	Comparaison en O et en C

Question 30 : Répartition des contraintes dans la section D puis dans la section C.

Phénomène en C :



Question 31 : Critère de résistance	Question 32 : Validation-conclusion
	<p>$C_s = \dots\dots\dots$</p>