

SESSION 2011

---

AGRÉGATION  
CONCOURS INTERNE  
ET CAER

Section : MÉCANIQUE

**ÉPREUVE PRENANT APPUI SUR UN SYSTÈME INDUSTRIEL**

Durée : 8 heures

---

*Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.*

*De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB :** *Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

**Tournez la page S.V.P.**

A

### Déroulement de l'épreuve :

Après la distribution des sujets, le candidat dispose de 8 heures pour traiter l'étude mécanique et l'exercice pédagogique.

**Les auteurs du sujet recommandent de répartir le temps imparti à l'épreuve de la façon suivante :**

- **Etude mécanique : 6 heures**
  - Partie 1 : 3 heures
  - Partie 2 : 2 heures
  - Partie 3 : 1 heure

Ces trois parties sont indépendantes.

- **Exercice pédagogique : 2 heures**
  - Partie 4 : 2 heures

### Composition du sujet :

- Un dossier technique comportant :

DT1 : Termes techniques

DT2 : Paramétrage géométrique

DT2a : Schéma cinématique

DT2b : Tableau

DT3 : Courbe  $\alpha_{5.12}$  en fonction de  $\alpha_{5.11}$

DT4 : Courbe  $\beta_1$  en fonction de  $\alpha_{5.11}$  et  $\beta_2$  en fonction de  $\alpha_{5.11}$

DT5 : Etude dynamique de l'ensemble tournant

DT6 : Paramétrage géométrique

DT7 : Schéma de câblage hydraulique

DT8 : Schéma fonctionnel de la transmission de puissance

DT9 : Documents constructeurs de vérins (partie pédagogique)

- Critère de dimensionnement des vérins hydrauliques : ATOS (2 pages)

- Caractéristiques des vérins standards : ARDENS (4 pages)

- Un dossier questionnaire comportant :

1- Partie 1 : Etude du non-basculement de la pelle compacte: test 1

2- Partie 2 : Test de qualification en dynamique : test 2

3- Partie 3 : Dimensionnement du vérin de cavage au flambage.

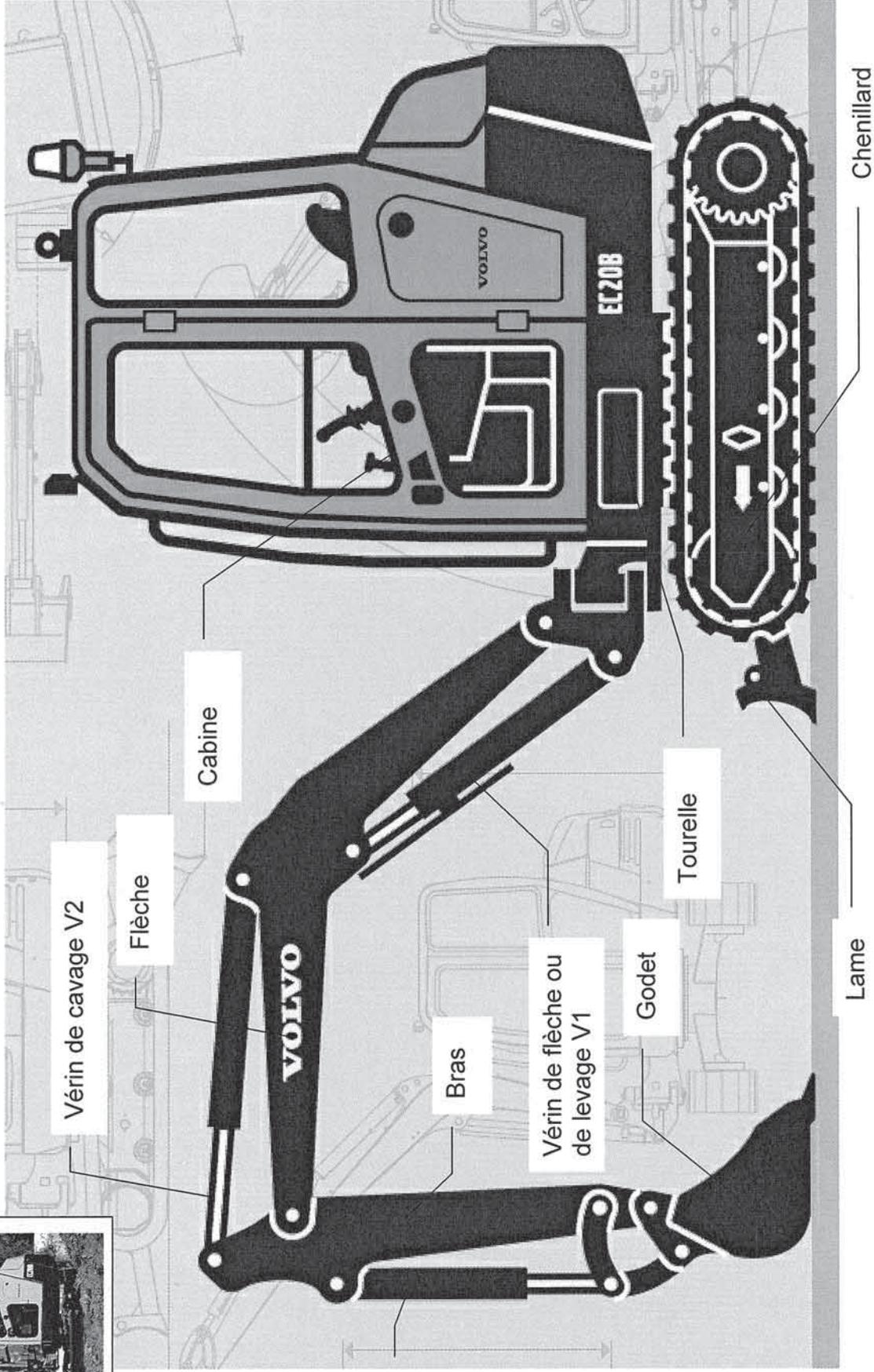
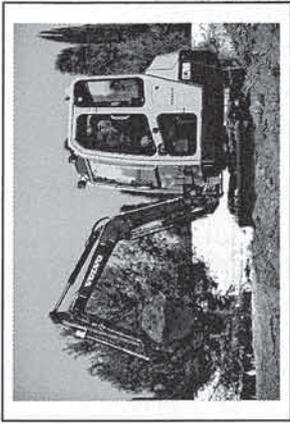
4- Partie 4 : Exercice pédagogique

- Un document réponse DR partie 2 à rendre

**DOSSIER TECHNIQUE**

DT1 : Termes techniques	2
DT2 : Paramétrage géométrique	3
DT2a : Schéma cinématique	4
DT2b : Tableau	5
DT3 : Courbe $\alpha_{5.12}$ en fonction de $\alpha_{5.11}$	7
DT4 : Courbe $\beta_1$ en fonction de $\alpha_{5.11}$ et $\beta_2$ en fonction de $\alpha_{5.11}$	8
DT5 : Etude dynamique de l'ensemble tournant	9
DT6 : Paramétrage géométrique	10
DT7 : Schéma de câblage hydraulique	11
DT8 : Schéma fonctionnel de la transmission de puissance	12
DT9 : Documents constructeurs de vérins (partie pédagogique)	13
- Critère de dimensionnement des vérins hydrauliques : ATOS (2 pages)	
- Caractéristiques des vérins standards : ARDENS (4 pages)	

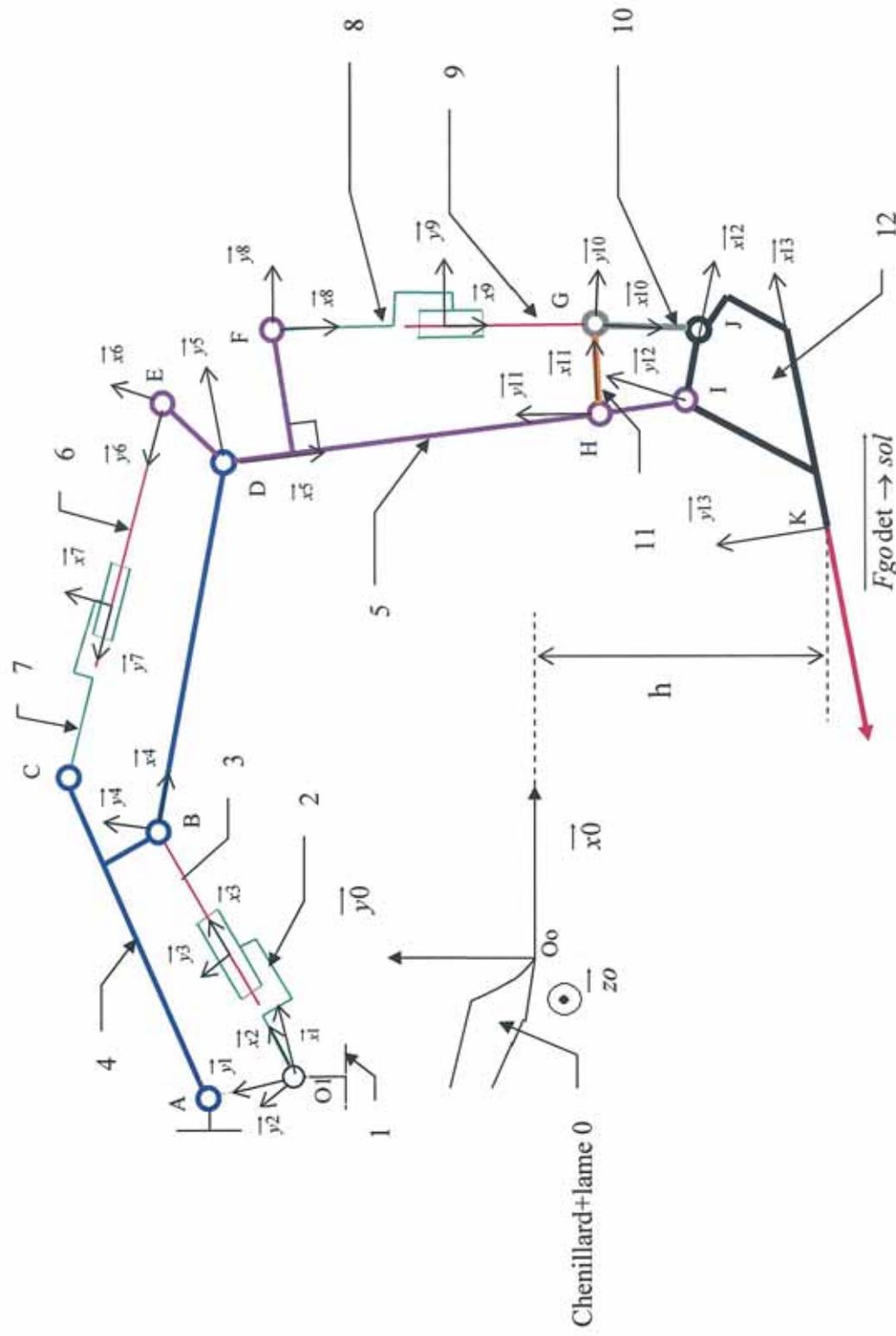
DT1 : Termes techniques



Vérin de Pénétration V3



DT2a : Schéma cinématique



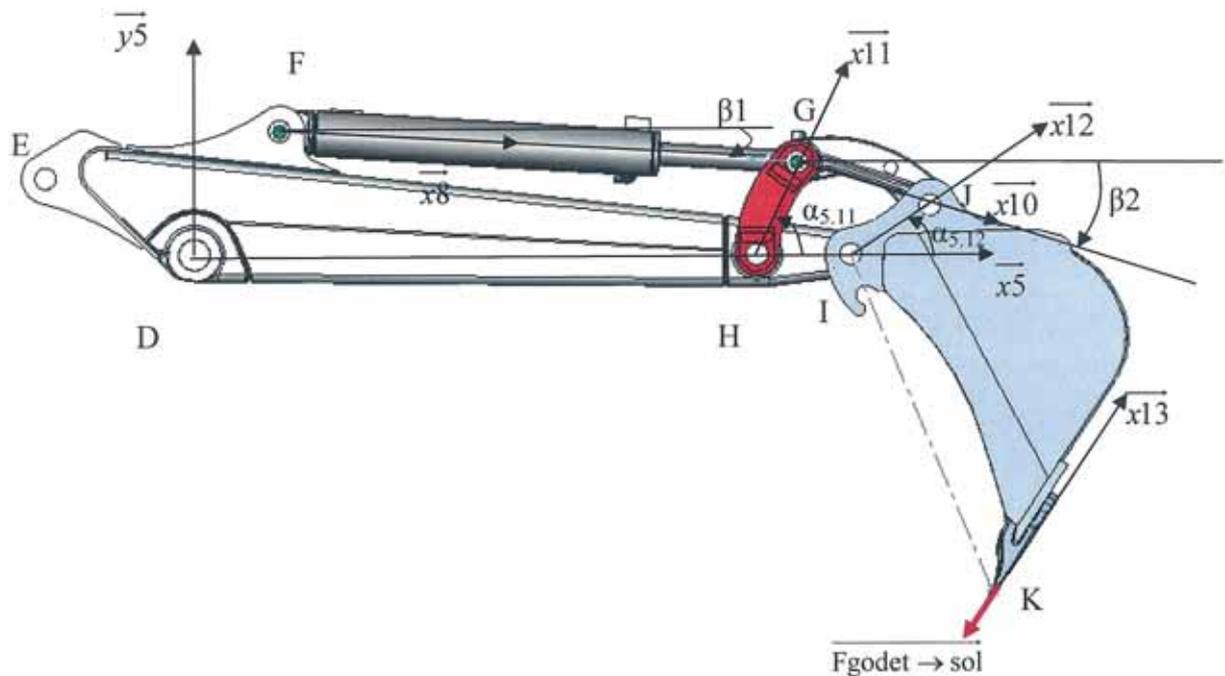
Chenillard+lame 0

Profondeur de creusement :  $800 \text{ mm} < h < 1000 \text{ mm}$

DT 2b : Tableau : Paramètres géométriques et cinétiques de l'ensemble flèche+bras+godet

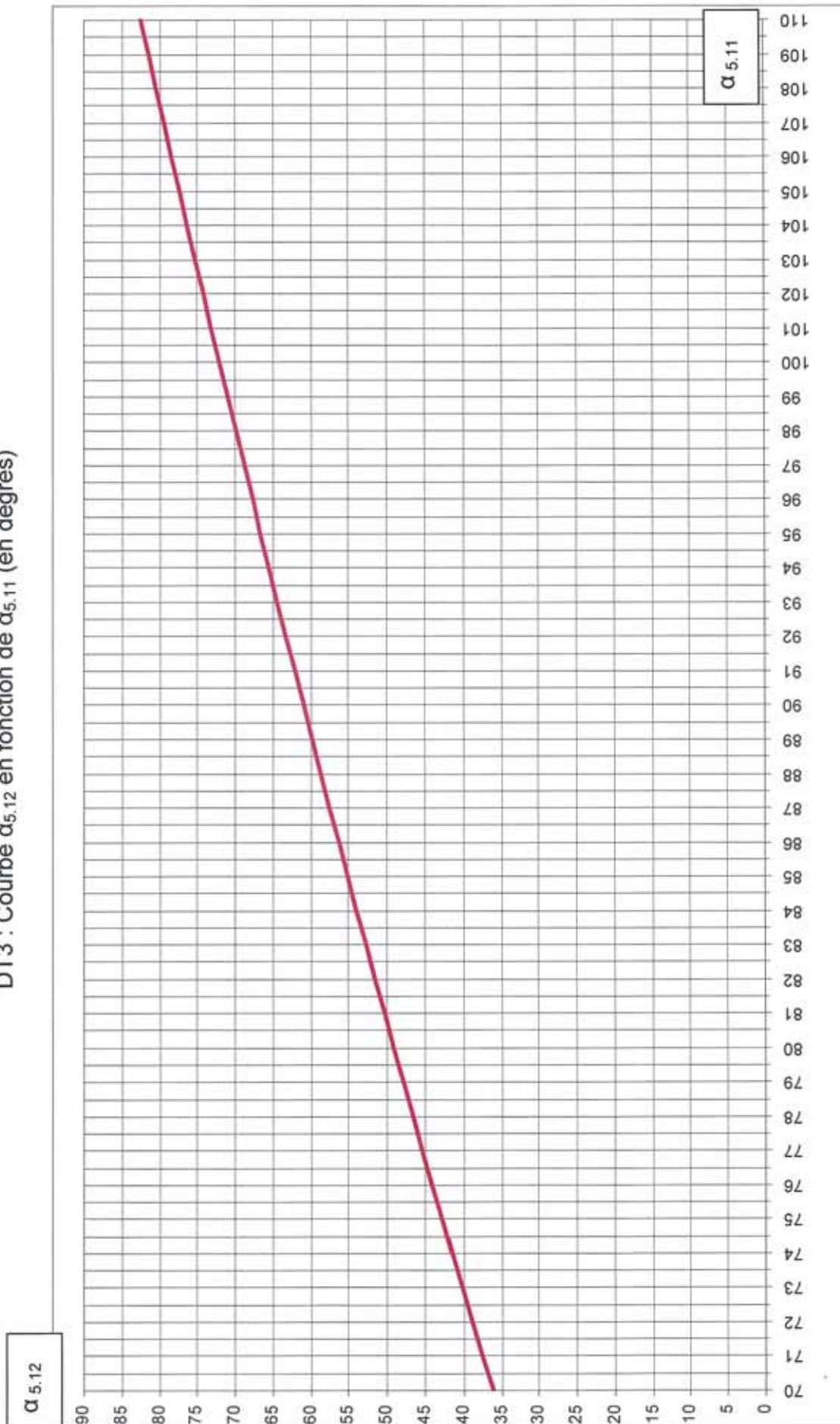
Solide	Repère	Paramètres géométriques (Longueurs en mm)	Paramètres cinétiques
Chenillard +lame 0	$R0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$		Masse $M_0 = 515 \text{ kg}$
Ensemble tournant noté « et »			
Ensemble cabine 1	$R1(O_1, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$	$\alpha_{0.1} = \text{angle}(\vec{x}_0, \vec{x}_1) = 27.5^\circ$ $\vec{O_0O_1} = -300 \vec{x}_0 + 590 \vec{y}_0$	Masse $M_1 = 945 \text{ kg}$
Vérin V1 Corps 2	$R2(O_1, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$	$\vec{O_1B} = \lambda_1 \vec{x}_2$	Masse $M_{v1} = 14 \text{ kg}$
Tige 3	Base $(\vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$ $\vec{x}_2 = \vec{x}_3$ et $\vec{y}_2 = \vec{y}_3$	$\alpha_{1.2} = \text{angle}(\vec{x}_1, \vec{x}_2)$	
Flèche 4	$R4(B, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_0)$	$\alpha_{3.4} = \text{angle}(\vec{x}_3, \vec{x}_4)$  AB = 871 $\vec{O_1A} = 239 \vec{y}_1$  Angle $(\vec{AD}, \vec{AB}) = 16.7^\circ$ $\vec{BD} = 1095 \vec{x}_4$ AD = 1900 DC = 965 Angle $(\vec{DA}, \vec{DC}) = 32.8^\circ$ Angle $(\vec{BD}, \vec{BC}) = 60^\circ$ Angle $(\vec{DA}, \vec{DB}) = 13.2^\circ$ Angle $(\vec{DB}, \vec{DC}) = 19.6^\circ$	Masse $M_4 = 62 \text{ kg}$
Bras 5	$R5(D, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_0)$	$\alpha_{4.5} = \text{angle}(\vec{x}_4, \vec{x}_5)$  Angle $(\vec{DH}, \vec{DE}) = 152.7^\circ$ $\alpha_{5.11} = \text{angle}(\vec{x}_5, \vec{x}_{11})$ $\alpha_{5.12} = \text{angle}(\vec{x}_5, \vec{x}_{12})$ DE = 270 $\vec{DF} = 135 \vec{x}_5 + 200 \vec{y}_5$ $\vec{DH} = 900 \vec{x}_5$ $\vec{HI} = 150 \vec{x}_5$ $\vec{DI} = 1050 \vec{x}_5$	Masse $M_5 = 38 \text{ kg}$
Vérin V2 Tige 6 Corps 7	$R6(E, \vec{x}_6, \vec{y}_6, \vec{z}_0)$ Base 7 $(\vec{x}_7, \vec{y}_7, \vec{z}_0)$	$\alpha_{5.6} = \text{angle}(\vec{x}_5, \vec{x}_6)$ $\vec{EC} = \lambda_2 \vec{y}_6$	Masse $M_{v2} = 16 \text{ kg}$
Vérin V3 Corps 8 Tige 9	$R8(F, \vec{x}_8, \vec{y}_8, \vec{z}_0)$ Base 9 $(\vec{x}_9, \vec{y}_9, \vec{z}_0)$ $\vec{x}_9 = \vec{x}_8$ et $\vec{y}_9 = \vec{y}_8$	$\beta_1 = \text{angle}(\vec{x}_5, \vec{x}_8)$ $\vec{FG} = \lambda_3 \vec{x}_8$	Masse $M_{v3} = 12 \text{ kg}$

Bielle 10	R10 (G, $\overline{x10}, \overline{y10}, \overline{z0}$ )	$\beta2 = \text{angle}(\overline{x5}, \overline{x10})$ $\overline{GJ} = 225 \cdot \overline{x10}$	
Bielle 11	R11 (H, $\overline{x11}, \overline{y11}, \overline{z0}$ )	$\alpha_{5,11} = \text{angle}(\overline{x5}, \overline{x11})$ $\overline{HG} = 162 \cdot \overline{x11}$	
Godet 12	R12 (I, $\overline{x12}, \overline{y12}, \overline{z0}$ ) R13 (K, $\overline{x13}, \overline{y13}, \overline{z0}$ )	Angle ( $\overline{IJ}, \overline{IK}$ ) = $100^\circ$ $\alpha_{5,12} = \text{angle}(\overline{x5}, \overline{x12})$ $\alpha_{12,13} = \text{angle}(\overline{x12}, \overline{x13}) = 25^\circ$ $\overline{IJ} = 150 \cdot \overline{x12}$ $IK = 570$	Masse M12 = 37 kg
			Masse totale ensemble tournant  M et= 1222 kg

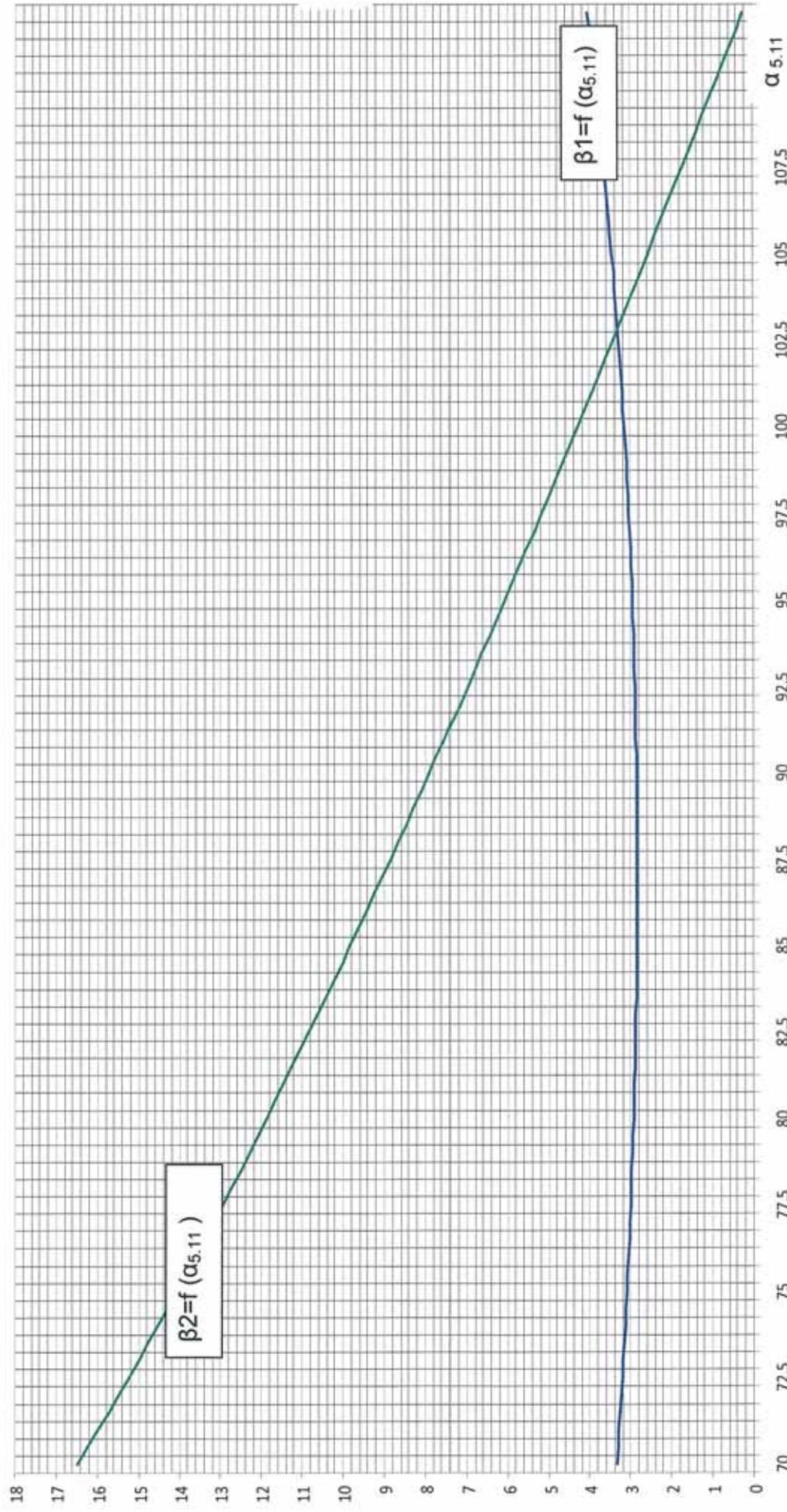


$$\overline{F_{godet \rightarrow sol}} = - F_{godet \rightarrow sol} \cdot \overline{x13}$$

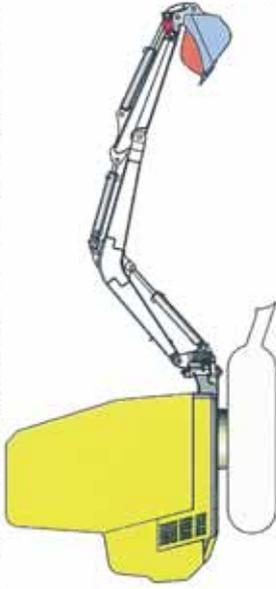
DT3 : Courbe  $\alpha_{5,12}$  en fonction de  $\alpha_{5,11}$  (en degrés)



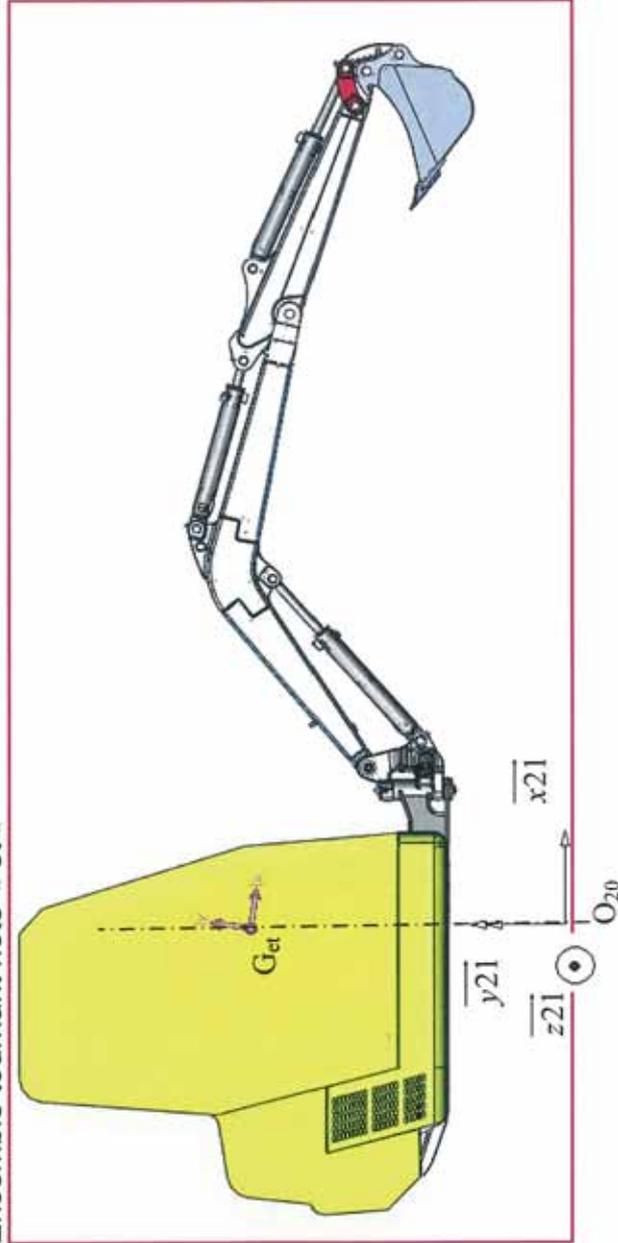
DT4 : Courbe  $\beta_1$  en fonction de  $\alpha_{5,11}$  et  $\beta_2$  en fonction de  $\alpha_{5,11}$  (valeurs en degrés)



DT 5 : Etude dynamique de l'ensemble tournant :



Ensemble tournant noté « et »



Repère  $(O_{20}, \overline{x_{21}}, \overline{y_{21}}, \overline{z_{21}})$  lié à l'ensemble tournant .

Centre de gravité de l'ensemble tournant  $G_{et}$

$$\overline{O_{20}G_{et}} = -11 \overline{x_{21}} + 1275 \overline{y_{21}} + 8 \overline{z_{21}}$$

unité : mm

Masse totale de l'ensemble tournant

$$M_{et} = 1222 \text{ kg}$$

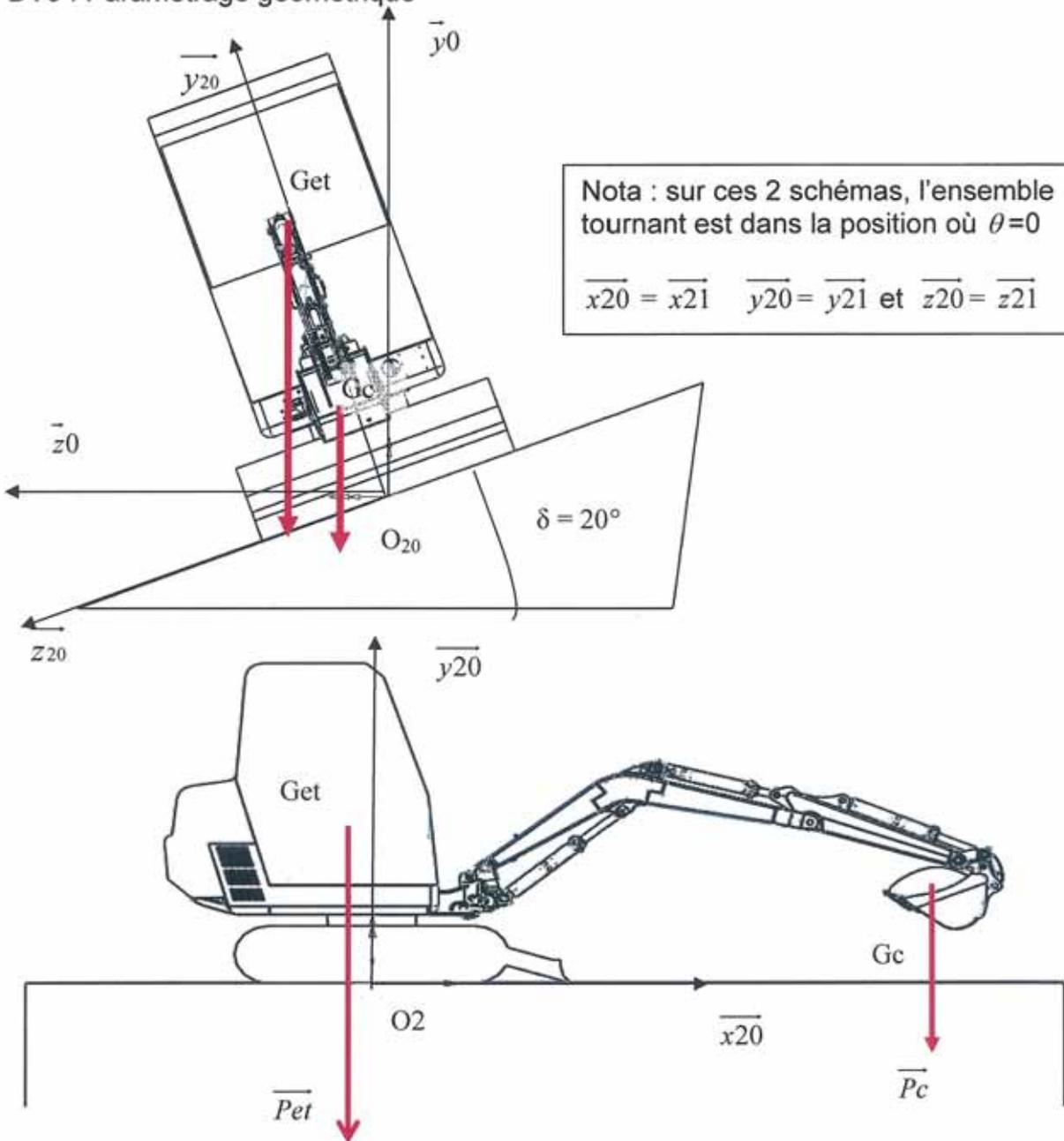
Matrice d'inertie en  $O_{20}$  de l'ensemble tournant :

$$I_{O_{20} \text{ et}} = \begin{bmatrix} 2075 & 0 & 0 \\ 0 & 1283 & 0 \\ 0 & 0 & 3206 \end{bmatrix}_{x_{21}, y_{21}, z_{21}}$$

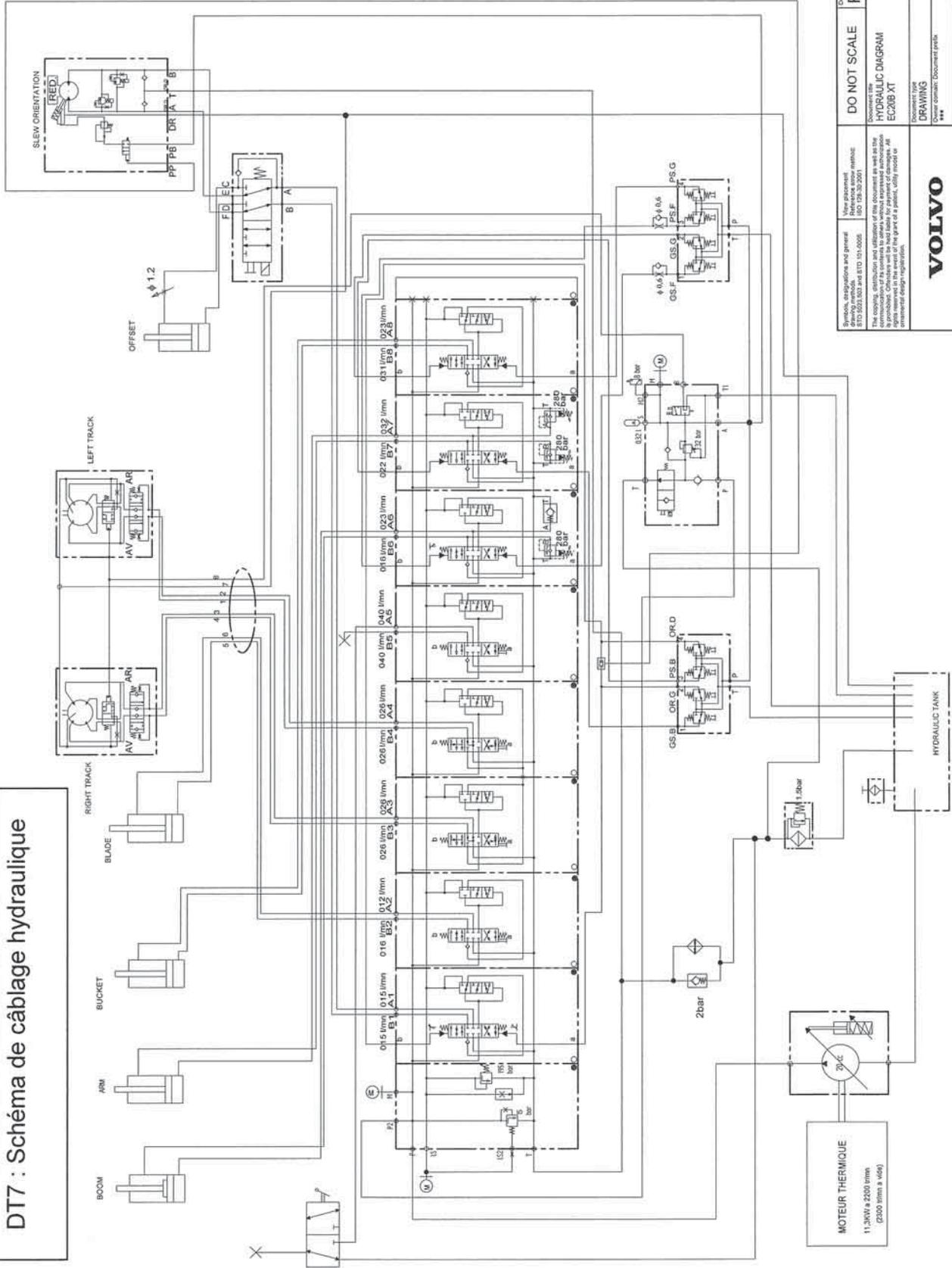
unités  $\text{kg.m}^2$

Noter :  $A_{et} = 2075$ ,  $B_{et} = 1283$  et  $C_{et} = 3286$

DT6 : Paramétrage géométrique



# DT7 : Schéma de câblage hydraulique

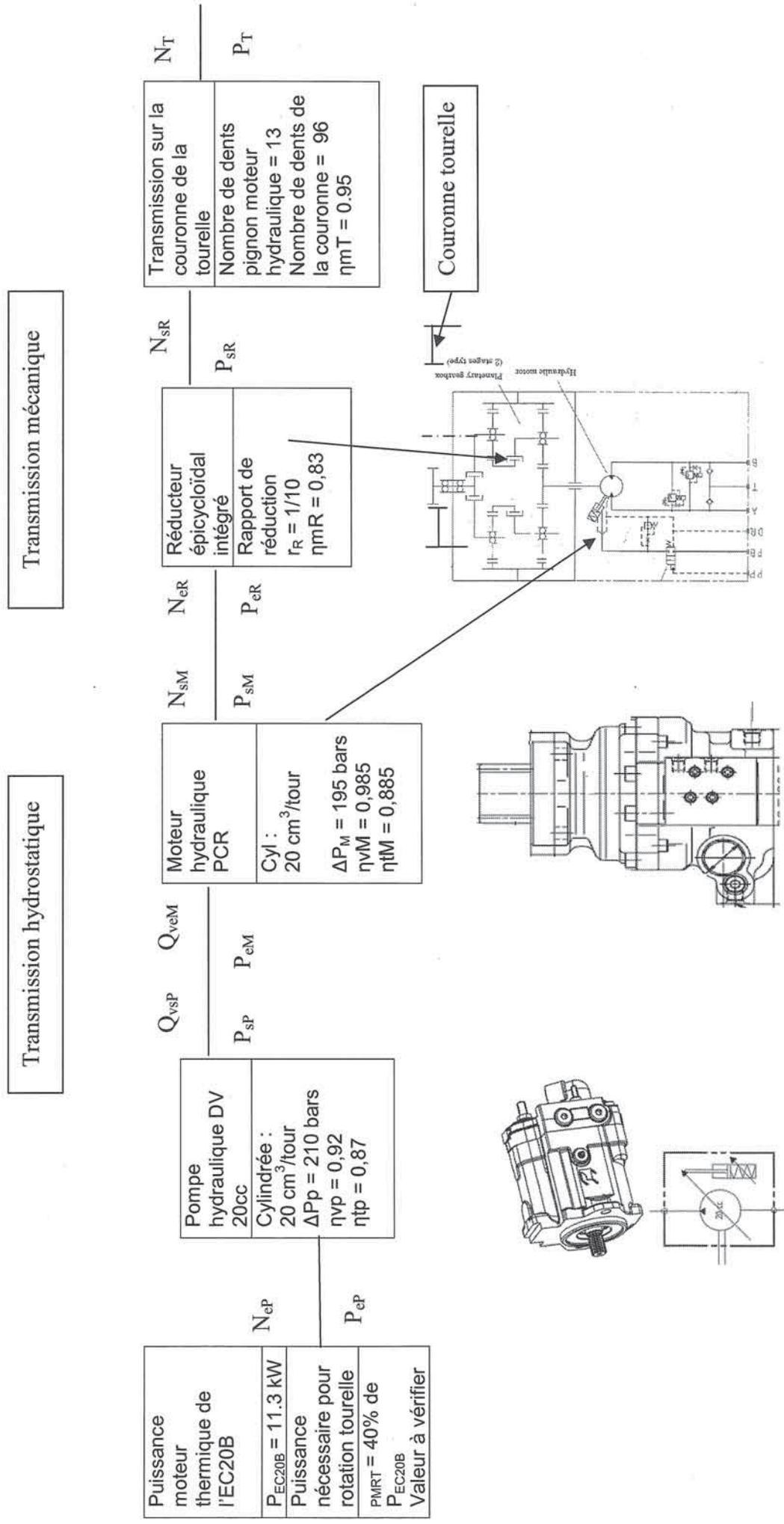


Symbols, designations and general drawing reference: ISO 3052/3053 and ISO 31-02/05	View parameters: Reference symbol reference: ISO 3052/3053 and ISO 31-02/05	Document release status: <b>Released</b>
Copyright © 2008 Volvo Construction Equipment. All rights reserved. No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without prior written permission from Volvo Construction Equipment. The copyright owner shall be held liable for payment of damages, all or in part, if a patent, utility model or other intellectual property right is infringed.	Document title: <b>HYDRAULIC DIAGRAM</b> EC20B XT	
Document type: <b>DRAWING</b>	Document No. 444	
Document No. 444	Issue	Sheet No.

**VOLVO**  
Construction Equipment

# DT8 : Schéma fonctionnel de la transmission de puissance

Les caractéristiques de fonctionnement affichées pour chaque composant correspondent à une utilisation optimale de l'EC20B



DT9 : Documents constructeurs de vérins (partie pédagogique)

- Critère de dimensionnement des vérins hydrauliques : ATOS (2 pages)
- Caractéristiques des vérins standards : ARDENS (4 pages)

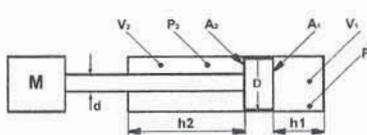
## Critères de dimensionnement des vérins et servo-vérins hydrauliques.

### 1 VERIFICATIONS STATIQUES ET DYNAMIQUES

Pour chaque condition d'utilisation il faut effectuer les vérifications statiques et la tenue au flambage, suivant les indications de la note [4]. Il est conseillé d'effectuer également une vérification théorique des limites dynamiques du système, suivant les indications de la note [6], après avoir défini totalement les caractéristiques de fonctionnement du système. Lors de la détermination des forces agissantes, il faut considérer les forces d'inertie et de frottement extérieur et tenir compte des contre-pressions provoquées par l'effet d'amortissement et des valves d'étranglement montées sur le circuit hydraulique. Pour une vérification totale du système s'adresser à notre bureau technique surtout en cas d'accélération élevée et/ou de temps de cycle courts.

### 2 SYMBOLES, SCHEMAS ET FORMULES DE BASE

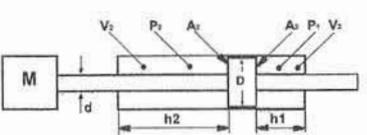
**Vérins simple tige.**



Vitesse de mouvement de la tige à l'ouverture  $V_1 = \frac{10 \cdot Q}{A_1 \cdot 60} \left[ \frac{m}{sec} \right]$

Effort appliqué à l'ouverture  $F = (p_1 \cdot A_1 - p_2 \cdot A_2) \cdot 10 \text{ [N]}$

**Vérins double tige.**



Vitesse de mouvement de la tige  $V = \frac{10 \cdot Q}{A_2 \cdot 60} \left[ \frac{m}{sec} \right]$

Effort appliqué  $F = (p_1 - p_2) \cdot A_2 \cdot 10 \text{ [N]}$

où:  $A_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot 100} \text{ [cm}^2\text{]}$   $A_2 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4 \cdot 100} \text{ [cm}^2\text{]}$

Grandeur	Unité	Symbole
Force totale (1)	N	F
Pression	bar	p
Section	cm <sup>2</sup>	A
Diamètre piston	mm	D
Diamètre tige	mm	d
Course vérin	mm	h
Débit	l/min	Q
Vitesse	m/sec	V
Accélération	m/sec <sup>2</sup>	a
Masse de la charge	Kg	M

(1) L'effort total est la somme algébrique de tous les efforts agissant sur le vérin:  
 Efforts d'inertie:  $F_i = M \cdot a$ ;  
 Effort de travail = F1  
 Effort dû au frottement = Fa;  
 Masse propre (uniquement pour les charges verticales): P

### 3 DIMENSIONS

Le tableau ci-dessous indique les valeurs des sections utiles d'ouverture et de fermeture pour les diverses combinaisons tige/piston

Piston [mm]	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400
Sect. ouverture A1-[cm <sup>2</sup> ]	4,9	8	12,5	19,6	31	50	78	122	201	314	490	804	1256
Tige [mm]	12 18 14 16 22	18 28	22 36	28 45	36 56	45 70	56 90	70 110	90 140	140 180	180 220	220 280	
Sect. fermeture A2-[cm <sup>2</sup> ]	3,8 2,4 6,5 6 4,2 10	6,4 15,8 9,4 25 15,2 40 25,6 62,6 40 98 59 162 106 250 160 337 236 550 424 876 640											

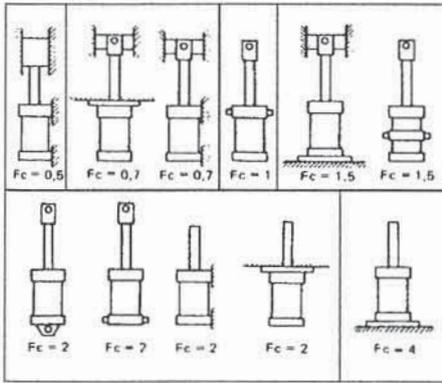
Par les formules de la note [2] et avec les données du tableau ci-dessus, on calcul le dimensionnement tige/piston sur la base des paramètres du système (force, vitesse, débit). On peut également vérifier graphiquement ces calculs par les règles exposées à la fiche P003. La dimension de la tige doit être vérifié pour la tenue au flambage, voir note [4].

### 4 TENUE AU FLAMBAGE

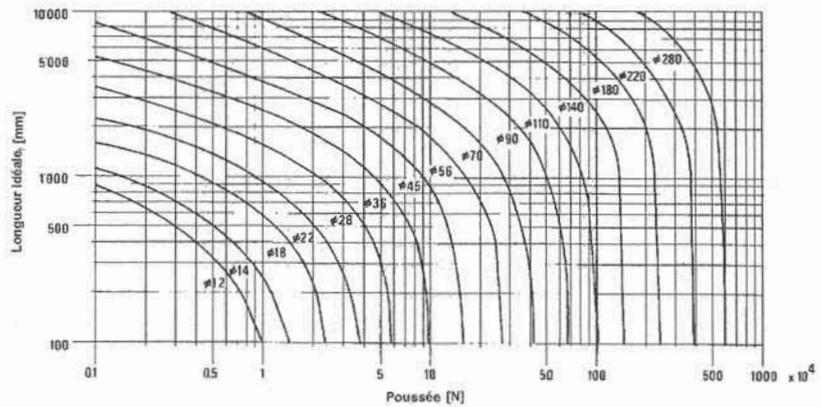
La vérification de la tenue au flambage s'effectue en assimilant le vérin complètement ouvert à un cylindre du diamètre de la tige (critère de sécurité):

- sur la base de limites prévues pour la fixation mécanique du vérin sur la structure, lire le "facteur de course Fc" sur le tableau 4.1;
- calculer la "longueur idéale Li" en multipliant le facteur Fc par la course effective du vérin (mm):  $Li = c \times Fc$ .
- à partir du graphique 4.2 on trouve le point d'intersection de la valeur de longueur idéale Li et de la valeur de poussée maxi. (en N) prévue pour le vérin.
- la tige répondant à la tenue au flambage est celle qui correspond à la courbe située immédiatement au-dessus du point d'intersection lue sur le graphique 4.2.

#### 4.1 Facteur de course Fc



#### 4.2 Graphique de vérification

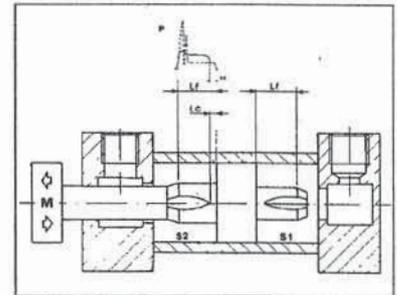


### 5 AMORTISSEURS DE FIN DE COURSE

Les amortisseurs de fin de course sont toujours recommandés pour des vitesses supérieures à 0,1 m/sec et pour des applications avec des charges verticales. L'amortisseur de fin de course peut être prévu comme fonction de sécurité extrême en cas de panne de l'appareil de commande comme, par exemple, sur les servo-systèmes. Le tableau ci-dessous indique pour chaque diamètre de piston et de tige, les longueurs d'amortissement Lf indicatives et les sections d'amortissement des vérins de la série CK/CH (ISO 6020-2). Pour les autres séries consulter notre bureau technique.

Ø piston (mm)	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200										
Ø tige (mm)	12	18	14	22	18	28	22	36	28	45	36	56	45	70	56	90	70	110	90	140
Longueur d'amortissement Lf (mm)	20	20	29	30	30	30	32	32	40	46										
Section d'amortissement [cm <sup>2</sup> ] → S1	4,5	74	11,9	18,5	29,1	46,4	73,2	114	189	294										
Section d'amortissement [cm <sup>2</sup> ] ← S2	3,58	2,07	6	3,89	8,7	5,49	14,3	8,2	19,8	13,8	32	23,8	53	37,8	82	56	134	102	243	151

N.B.: Pour les servo-vérins avec capteurs, la surface S1 peut être considérablement réduite, consulter notre bureau technique pour les valeurs des masses amorties suivant les différentes conditions de travail et pour toutes autres informations.



Allure de la courbe de pression dans la chambre de freinage pour les amortisseurs progressifs Atos, par rapport aux amortisseurs à étages désormais obsolètes.

#### Masse amortie avec amortisseur de fin de course

$$M = \frac{(p_2 - p_1) A}{V_0^2} \cdot 2 \cdot L_f \cdot 10^{-2} \text{ [Kg]} \quad \text{où:}$$

$p_1$  = pression alimentation [bar]  
 $p_2$  = 250 [bar]  
 $V_0$  = vitesse de travail [m/s]  
 $S$  = section d'amortissement [cm<sup>2</sup>]  
 $L_f$  = longueur d'amortissement [mm]

Ce calcul est une détermination en première approximation de la masse amortie en considérant une surpression maxi. dans la chambre d'amortissement de 250 bar. La formule est le fruit d'un traitement des résultats expérimentaux. Sa validité n'est pas absolue car il y a toujours une différence possible entre les résultats pratiques et la détermination théorique. Atos ne prend aucune responsabilité pour l'utilisation de ces formules dans la détermination des masses amorties des vérins avec des amortisseurs de fin de course.

### 6 LIMITES DYNAMIQUES DANS L'APPLICATION DES VERINS HYDRAULIQUES

La définition de la valeur de pulsation propre  $\omega_0$  du système vérin-masse appliquée nous permet de déterminer le temps minimum d'accélération/décélération sans altérer la stabilité du système.

#### Valeur de pulsation propre $\omega_0$ du système

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{40 \cdot E \cdot A_1}{c \cdot M}} \cdot \frac{1 + \sqrt{\alpha}}{2} \text{ [rad/sec]} \quad \text{ou:}$$

$E$  = module d'élasticité de l'huile ( $1,4 \cdot 10^7$  Kg/cm<sup>2</sup>)  
 $c$  = course [mm]  
 $M$  = masse [kg]  
 $A_1$  = section de piston [cm<sup>2</sup>]  
 $\alpha = A_2/A_1$ , rapport de section annulaire/section piston

#### Temps minimum d'accélération, voir figure 6.1

$$t_{\min} = \frac{35}{\omega_0} \text{ [s]}$$

#### Vitesse maxi., voir figure 6.1

$$V_{\max} = \frac{S_{\text{tot}}}{t_{\text{tot}} - t_{\min}} \text{ [mm/s]} \quad \text{où:} \quad S_{\text{tot}} = \text{espace total à parcourir [mm]} \\ t_{\text{tot}} = \text{temps total à disposition [s]}$$

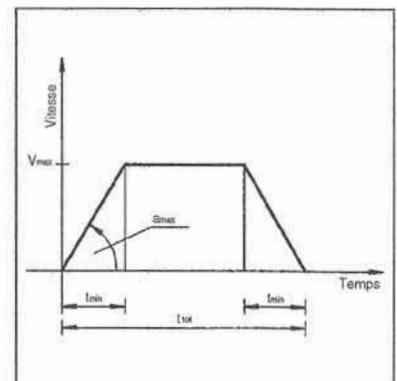
La formule est valable en considérant une valeur d'accélération constante pendant  $t_{\min}$

#### Espace minimum d'accélération/décélération

$$S_{\min} = \frac{V_{\max} \cdot t_{\min}}{2} \text{ [mm]}$$

Les valeurs de  $\omega_0$ , et de  $t_{\min}$ , donc les valeurs de  $V_{\max}$  et  $S_{\min}$ , sont basées sur des critères de calcul conservatifs.

#### 6.1 Cycle de positionnement



## CARACTERISTIQUES DES VERINS STANDARDS

### 1. Pression :

VAL20 ⇒ pression de service maxi : 200 bar

VAL25 ⇒ pression de service maxi : 250 bar

VSA25 ⇒ pression de service maxi : 250 bar

Pour des pressions supérieures nous consulter, études jusqu'à 3.000 bar.

### 2. Température :

Pour VAL20, VAL25 et VSA25 : -30°C à +90°C.

Pour des températures différentes nous consulter, études de -40°C à +200°C.

### 3. Vitesse :

Pour VAL20, VAL25 et VSA25 :  $\leq 0.5$  m/s.

Pour des vitesses supérieures nous consulter, études jusqu'à 15 m/s .

### 4. Cadence :

Si la cadence du vérin est supérieure à 1 aller/retour par minute nous consulter.

Etudes de cadence jusqu'à 500 Hz.

### 5. Fluide :

Huile minérale hydraulique de viscosité comprise entre 2 et 5° Engler à 50°C (12 à 38 cSt).

Pour tout autre type de fluide nous consulter (Skydrol, Glycol, Hydrocarbures, Eau,...etc)

### 6. Filtration :

Degrés de pollution maxi admissible du fluide selon NAS 1638 : classe 10. Nous recommandons d'utiliser un filtre dont le taux de rétention mini est de  $\beta_{10} \geq 75$ .

### 7. Protection :

Corps du vérin : peinture apprêt antirouille.

Tige : chromée dur épaisseur mini : 20  $\mu$  au rayon.

Pour toutes autres protections sur corps et tige nous consulter.

### 8. Construction :

Cylindre : acier TU 52B ou 20MV6, rodé ou galeté.

Tige chromée : acier 20 MV6, rectifiée polie.

Pour autres matières et caractéristiques mécaniques nous consulter.

### 9. Étanchéité :

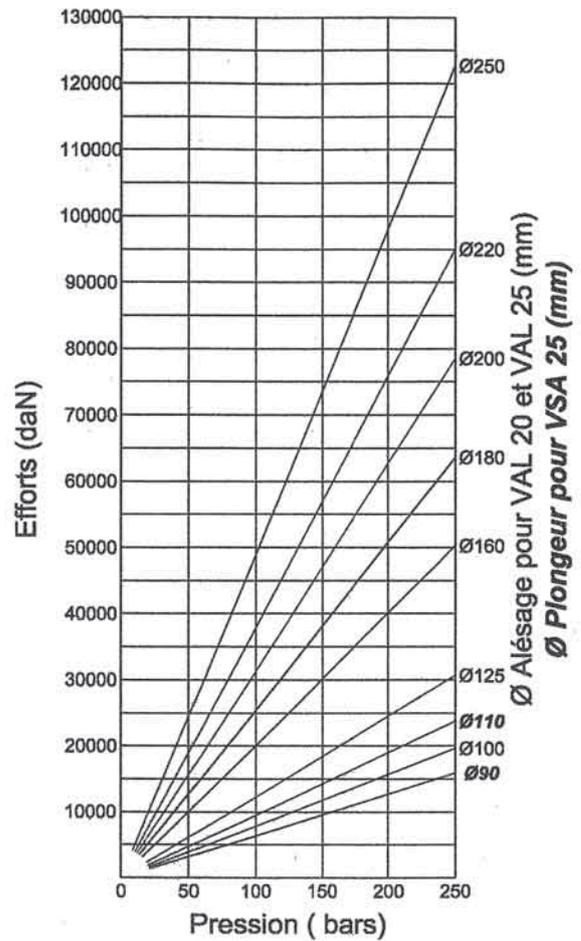
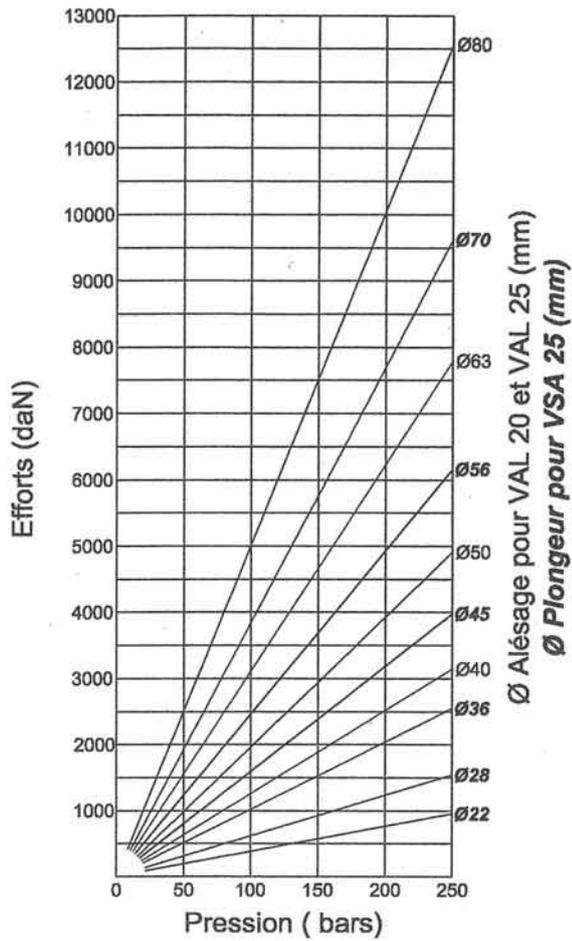
Statique : joints toriques NBR

Dynamique sur tige : joint à lèvres polyuréthane (NBR sur demande)

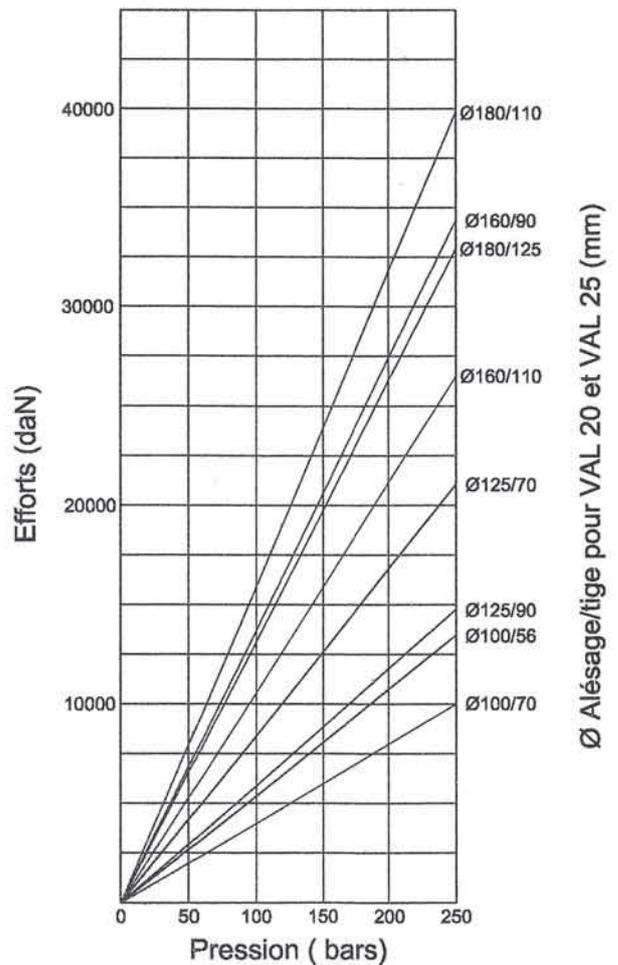
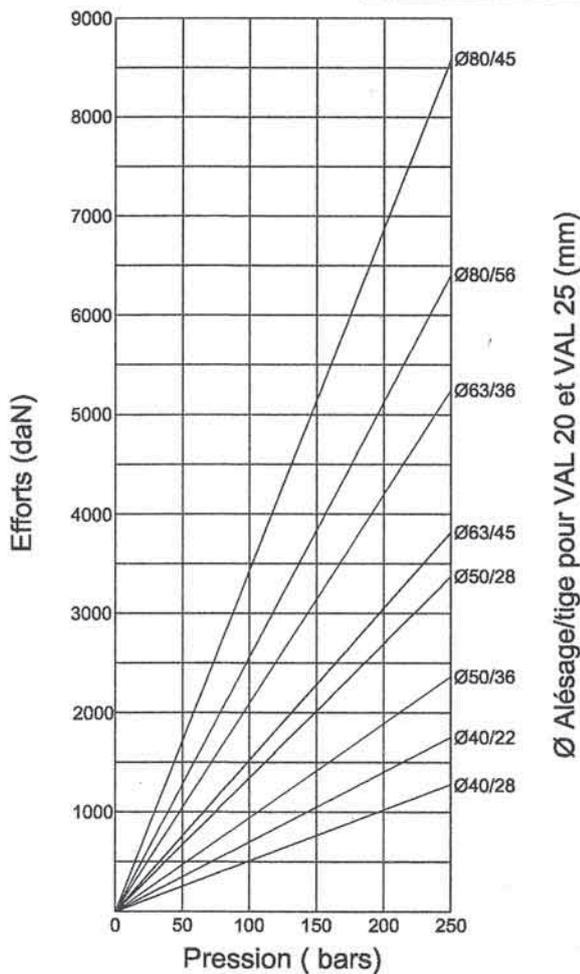
Dynamique sur piston : joint compact double effet NBR.

Pour d'autres profils ou matières de joints nous consulter.

## Efforts en poussant (sortie tige)

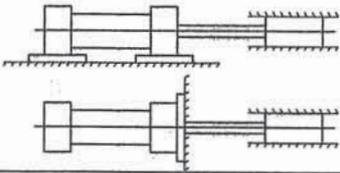
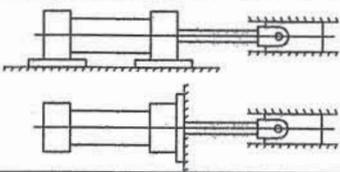
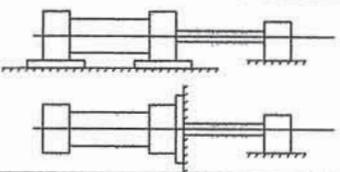
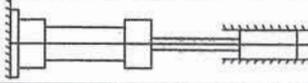
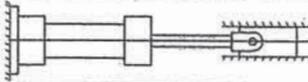
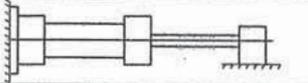
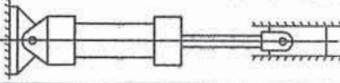
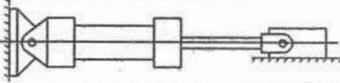
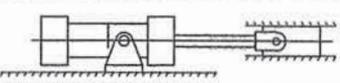
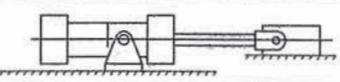
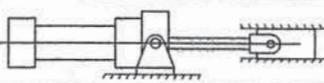
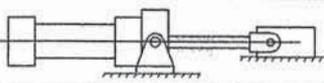


## Efforts en tirant (rentrée tige)



# Valeur du facteur de course pour le calcul du flambage

- flambage 1/2

N° DU TYPE DE MONTAGE	MODE DE FIXATION DU CYLINDRE	MODE DE FIXATION DE L'EMBOUIT DE TIGE	REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU MODE D'ASSEMBLAGE	A	OBSERVATIONS
1	- Pattes avant et arrière	Fixe et rigidement guidé		0.5	* * *
2		Articulé et rigidement guidé		0.7	* *
3	- Bride avant	Supporté mais non rigidement guidé		2	
4	- Bride arrière	Fixe et rigidement guidé		1	* * *
5		Articulé et rigidement guidé		1.5	* *
6		Supporté mais non rigidement guidé		4	
7	- Tenon arrière - Chape arrière - Tourillon fixé sur le nez du vérin	Articulé et rigidement guidé		2	* *
8		Supporté avec ou sans articulation mais non rigidement guidé		4	
9	- Tourillon fixé sur la moitié avant du cylindre	Articulé et rigidement guidé		1.5	* *
10		Supporté avec ou sans articulation mais non rigidement guidé		3	
11	- Tourillon fixé sur la tête du vérin	Articulé et rigidement guidé		1	* *
12		Supporté avec ou sans articulation mais non rigidement guidé		2	

\* - L'embout de la tige est considéré encasté. Cette condition correspond à une fixation parfaitement rigide de la tige dans la pièce entraînée qui doit être prévue avec de longs guidages pour exclure toute possibilité de rotation de l'embout. Si ces conditions ne sont pas réalisées il faut considérer pour le calcul le cas correspondant à l'embout de tige avec articulation.

\*\* - La condition de guidage rigide implique un déplacement rigoureux selon l'axe du vérin de l'élément entraîné à l'exclusion de toute possibilité de déviation. Si le guidage est incomplet (par exemple dans un seul plan ou imparfait, l'embout de tige peut dévier de l'axe du vérin à cause des jeux ou des déformations) il faut considérer dans le calcul la valeur du facteur K correspondant à la tige non guidée.

## VALEUR MAXI DE LA LONGUEUR DE FLAMBAGE (Lf en mm)

Effort de poussée (daN)	Diamètre de tige (mm)											
	22	28	36	45	56	70	90	110	125	140	160	180
250	1590											
500	1125	1825										
750	920	1500	2465									
1000	795	1290	2135	3335								
2000	560	910	1505	2355	3650							
3000	405	750	1230	1925	2980	4660						
4000		650	1065	1665	2580	4035						
5000		460	950	1490	2310	3610						
6000		400	870	1360	2105	3295						
8000			740	1175	1825	2850	4715					
10000			580	1050	1630	2550	4215					
12500				920	1460	2280	3770	5635				
15000				760	1330	2080	3440	5145	6645	8335		
17500				610	1250	1925	3185	4765	6150	7715		
20000					1100	1805	2980	4455	5755	7220	9340	
22500					970	1700	2810	4200	5425	6805	8820	
25000					860	1610	2665	3985	5145	6455	8340	10610
30000						1420	2430	3635	4695	5895	7580	9660
35000						1210	2250	3365	4350	5455	6980	8900
40000						1010	2105	3150	4070	5105	6500	8310
45000							1930	2910	3835	4810	6100	7820
50000							1770	2815	3640	4565	5780	7410
55000							1620	2685	3470	4350	5500	7010
60000							1460	2570	3320	4165	5220	6690
65000							1300	2360	3190	4005	5020	6420
70000								2280	2850	3700	4820	6200
80000								2000	2610	3410	4500	5750
90000								1750	2450	3170	4220	5390
100000								1510	2200	2990	3980	5120
110000									1990	2850	3780	4850
120000									1770	2640	3580	4620
140000										2220	3300	4260
160000										1840	2980	3950
180000											2580	3720
200000											2260	3410

Pour vérifier la tige d'un vérin travaillant en poussant, on procédera de la façon suivante :

- déterminer la valeur du facteur de course A
- déterminer la longueur de flambage Lf  $L_f(\text{mm}) = \text{course réelle} \times A$

Lorsque le vérin possède une entretoise, on ajoute à la course réelle la longueur de l'entretoise.

# PELLE COMPACTE EC20B

<b>Problématique :</b>	<b>2</b>
<b>1- Partie 1 : Etude du non-basculement de la pelle compacte: test 1</b>	<b>3</b>
1.1 Etude statique de l'ensemble « flèche + bras + godet »	4
1.1.1 Objectif 1	4
1.1.2 Données	4
1.1.3 Paramétrage et notation	4
1.1.4 Questions	4
1.2 Etude statique de l'ensemble « bras + godet »	5
1.2.1 Objectif 2	5
1.2.2 Données	5
1.2.3 Paramétrage et notation	5
1.2.4 Questions	6
1.3 Etude statique de l'ensemble « bras + biellettes + godet »	6
1.3.1 Objectif 3	6
1.3.2 Données	6
1.3.3 Paramétrage et notation	6
1.3.4 Questions	7
1.4 Etude du basculement de la pelle compacte	8
1.4.1 Données	8
1.4.2 Questions	8
<b>2- Partie 2 : Test de qualification en dynamique : test 2</b>	<b>9</b>
2.1 Objectif	9
2.2 Données	10
2.3 Paramétrage	11
2.4 Questions	11
Document réponse – DR partie 2	
<b>3- Partie 3 : Dimensionnement du vérin de cavage au flambage</b>	<b>12</b>
3.1 Données	12
3.2 Hypothèse	12
3.3 Modélisation du vérin	12
3.4 Questions	13
<b>4- Partie 4 : Exercice pédagogique</b>	<b>14</b>
4.1 Objectif	14
4.2 Travail à réaliser	14
4.3 Extrait du référentiel des activités professionnelles du BTS CPI	15
4.4 Extrait du référentiel de certification du BTS CPI	16
4.5 Savoirs associés	18
4.6 Horaires de formation	19
4.7 Extrait du repère pour la formation de BTS CPI	20

## Problématique :

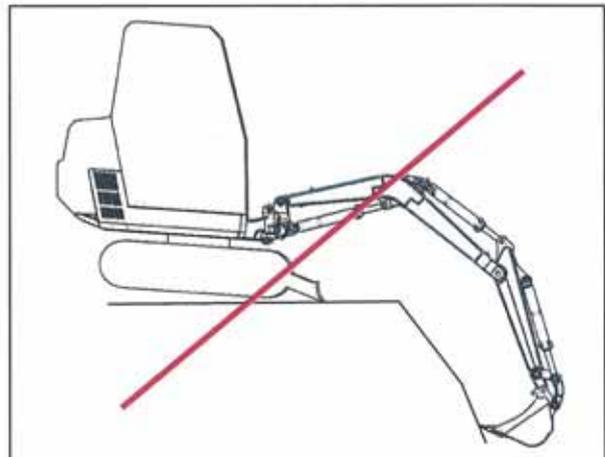
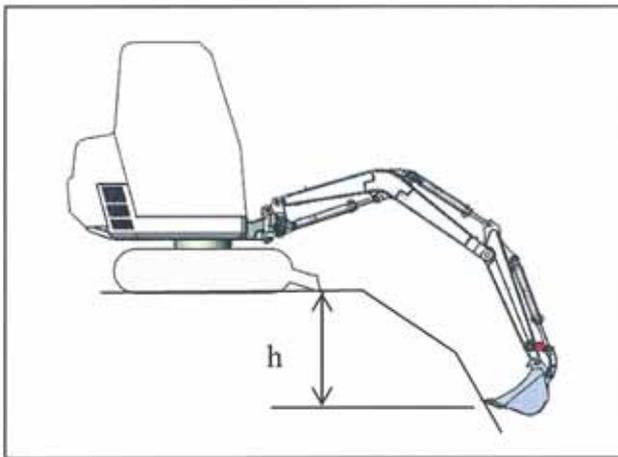
VOLVO effectue des tests de qualification de leur pelle compacte suivant une norme très spécifique à ce type de matériel.

Les tests de qualification permettent de vérifier les conditions de non-basculement de la machine vers l'avant pendant la phase de travail dite de pénétration et la capacité de déplacer une charge en effectuant une rotation de la tourelle sur 180° sur une surface inclinée.

L'étude portera sur le modèle de pelle EC20B.

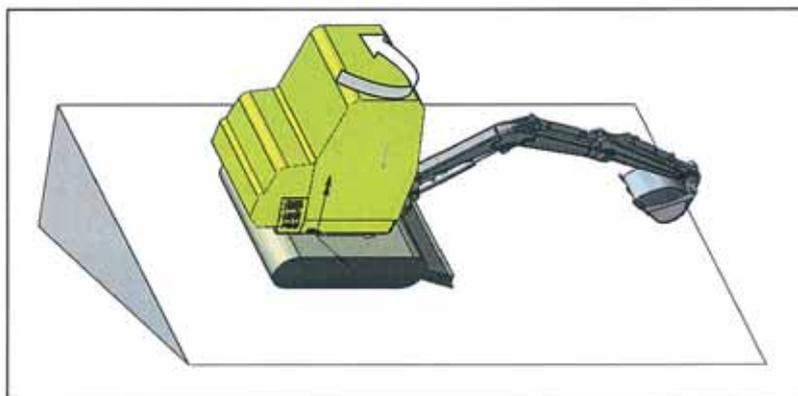
### Test 1 : phase de pénétration

Capacité d'effectuer un effort de pénétration à une profondeur donnée (située entre  $0,8 < h < 1$  m) sans basculer vers l'avant dans le cas où les efforts sont maximums dans les vérins.



### Test 2 : Test dynamique

Capacité d'effectuer une rotation de 180° (aller-retour) en 12 s, godet chargé, lorsque la charge se trouve dans la position la plus éloignée du centre de rotation de la tourelle. Cet essai s'effectue sur une surface inclinée de 20°.



## 1. Partie 1 : Etude du non-basculement de la pelle compacte: test 1

### **Problématique :**

La société Volvo donne dans sa documentation la profondeur de creusement  $h$  (DT2a) lorsque la position des différents composants (flèche, bras, godet) permet de produire un effort de pénétration maximum à l'extrémité du godet.

On propose dans cette partie de déterminer la valeur de la profondeur de creusement et de vérifier le non basculement de l'ensemble de la machine.

### **Résultat attendu :**

L'étude se fera sur la pelle ECB 20. La résolution analytique permettra d'établir une loi mathématique qui s'étendra sur toute la gamme VOLVO lorsqu'il y aura changement de composants (flèche, bras, godet).

### **Hypothèses :**

Suivant la figure du document DT2

- la lame sera placée à l'avant.
- l'ensemble tourelle est aligné au chenillard.
- on considère le problème plan pour l'étude de statique.
- les liaisons sont supposées parfaites.
- le basculement de la pelle se produit à l'extrémité de la lame en contact avec le sol au point  $O_0$ .
- on considère qu'il n'y a pas de glissement du chenillard par rapport au sol.

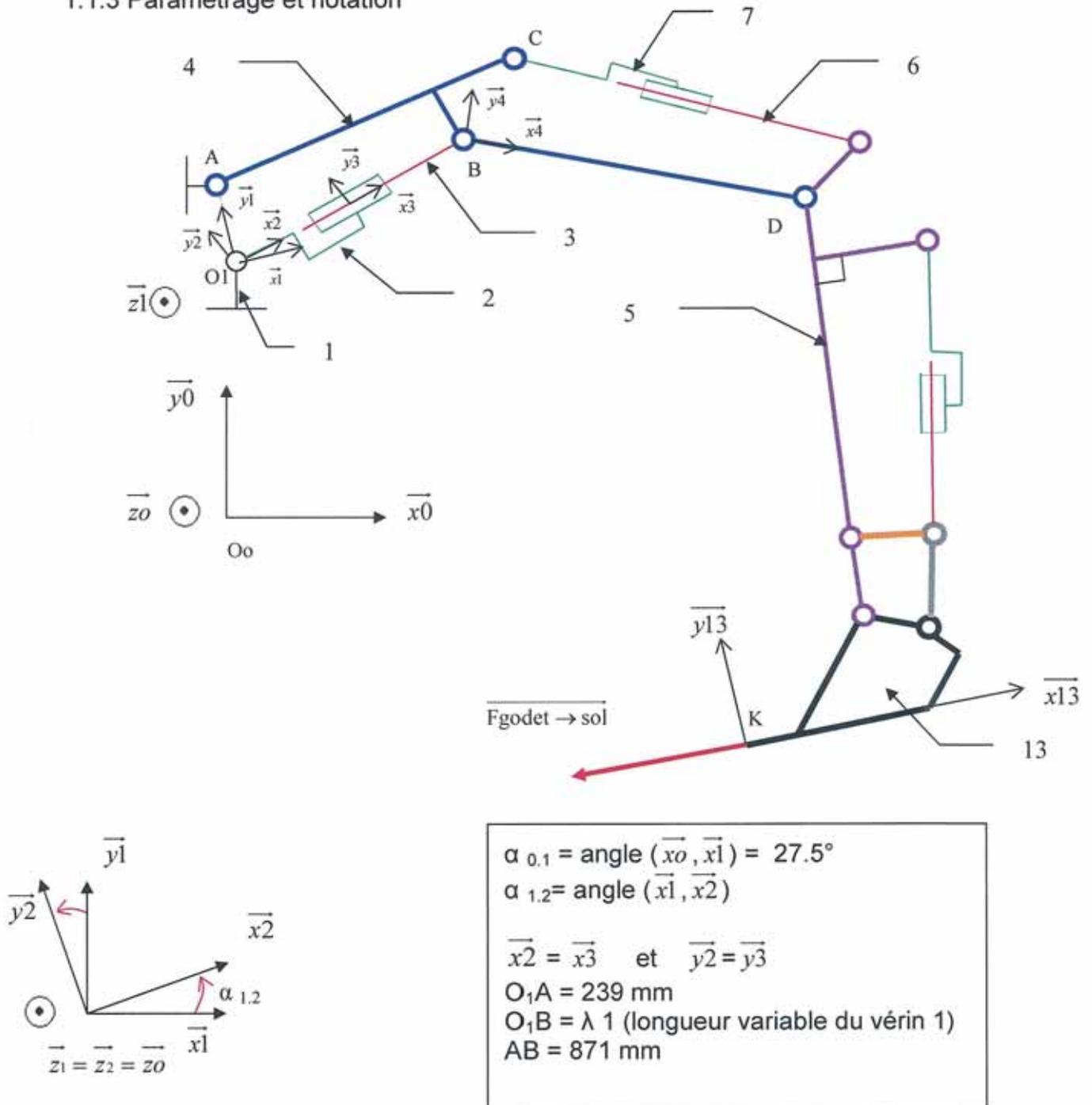
## 1.1 Etude statique de l'ensemble « flèche + bras + godet »

1.1.1 Objectif 1 : Trouver la position de la flèche pour laquelle l'effort de pénétration en K sera maximum.

1.1.2 Données :

- schéma cinématique DT 2a
- paramétrage géométrique DT2b page 5/13 et 6/13

1.1.3 Paramétrage et notation



1.1.4 Questions :

**Question 1 :** En fonction de  $\alpha_{1,2}$  et de la distance  $d_1 = O_1A$ , calculer le moment en A de l'action mécanique  $B_{V1 \rightarrow 4}$ , exercée par le vérin V1 sur la flèche 4.

**Question 2 :** En déduire la configuration qui donne le moment maximum et permet d'avoir un effort de pénétration maxi en bout de godet.

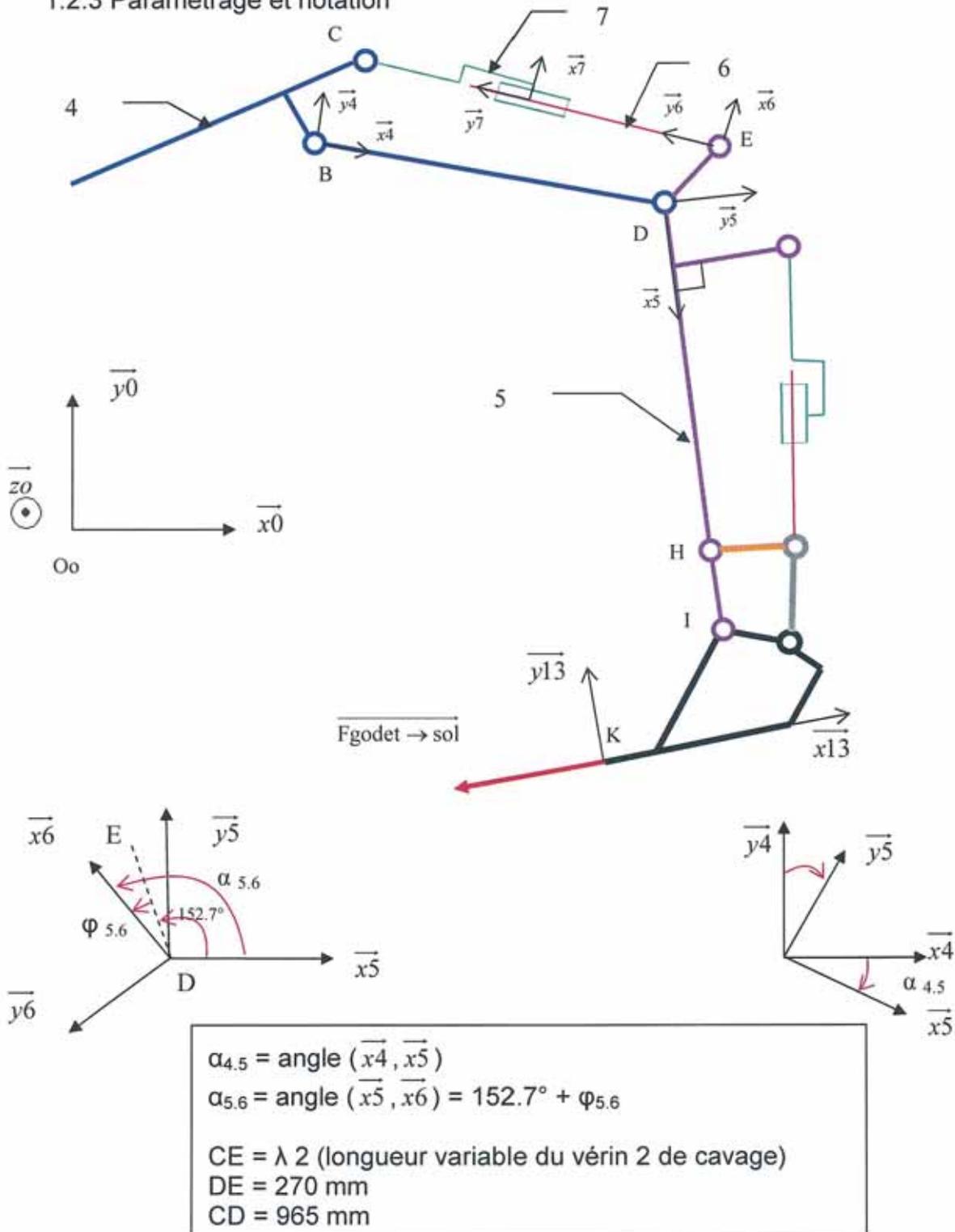
## 1.2 Etude statique de l'ensemble « bras + godet »

1.2.1 Objectif 2 : Trouver la position relative du bras par rapport à la flèche pour laquelle l'effort de pénétration en K sera maximum.

1.2.2 Données :

- Schéma cinématique DT 2a
- Paramétrage géométrique DT2b

1.2.3 Paramétrage et notation



1.2.4 Questions :

**Question 3 :** En fonction de  $\varphi_{5,6}$ , la distance  $d2 = DE$ , calculer le moment en D de l'action mécanique exercée  $\overline{E_{V2 \rightarrow 5}}$  par le vérin V2 sur le bras 5.

**Question 4 :** En déduire la configuration qui donne le moment maximum et permet d'avoir un effort de pénétration maxi en bout de godet.

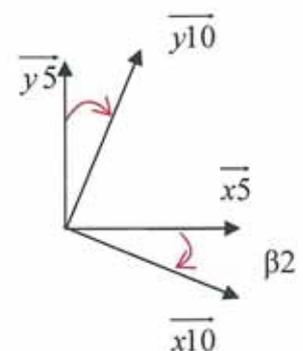
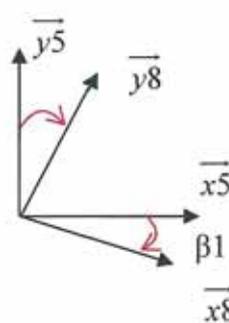
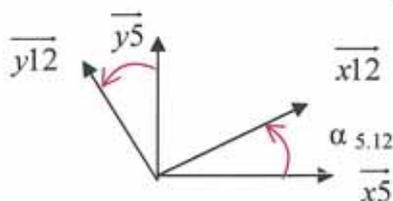
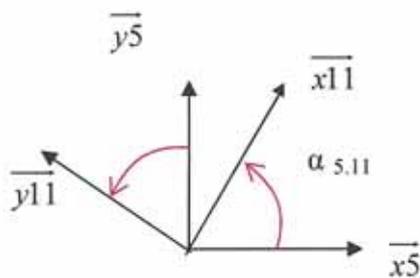
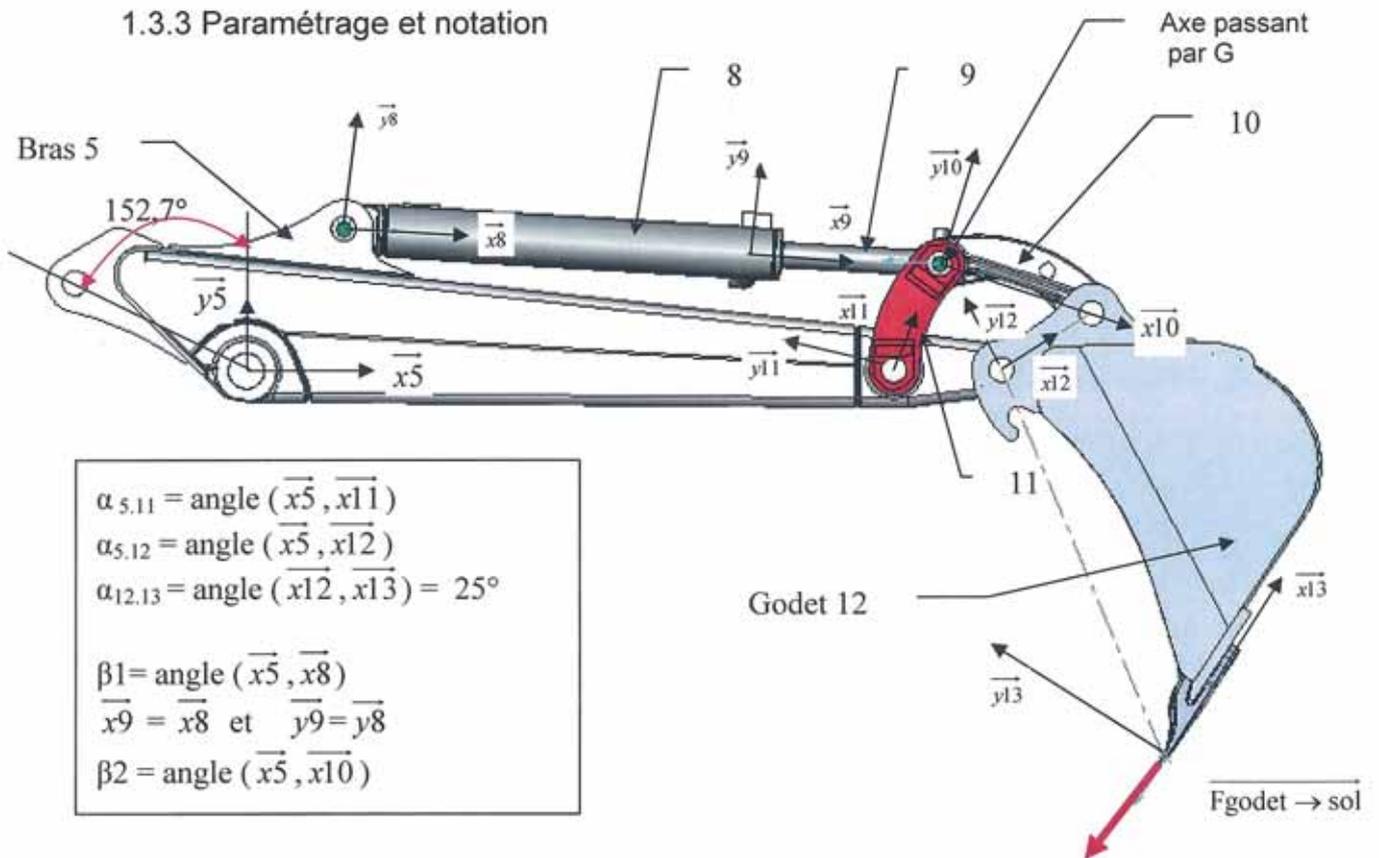
**Question 5 :** Calculer la valeur de l'angle  $\alpha_{4,5}$  pour cette configuration.

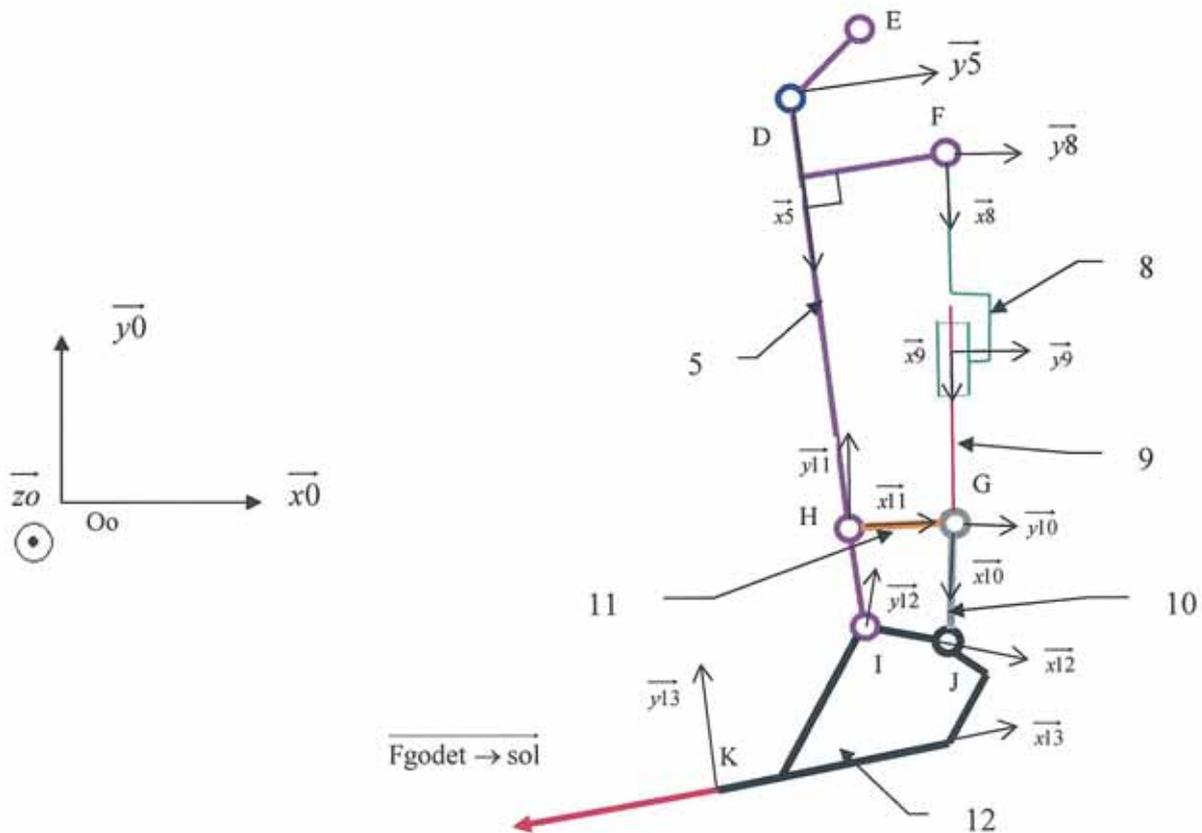
1.3 Etude statique de l'ensemble « bras + biellettes + godet »

1.3.1 Objectif 3 : Trouver la position du godet par rapport au bras pour laquelle l'effort de pénétration en K sera maximum.

1.3.2 Données : Schémas cinématiques DT 2a page 4/13 et DT 2b page 6/13

1.3.3 Paramétrage et notation





#### 1.3.4 Questions :

**Question 6 :** isoler respectivement le godet 12, la bielle 10 et l'axe passant par G pour en déduire une condition géométrique particulière entre  $\beta_1$  et  $\beta_2$  pour que l'effort en bout de godet soit maximum.

Nota :

- Pour le godet 12, écrire la somme vectorielle des moments en I.
- Pour l'axe G, écrire les équations dans la base  $(\bar{x}_9, \bar{y}_9, \bar{z}_9)$ . Ne pas résoudre l'équation entre  $\beta_1$  et  $\beta_2$ .

**Question 7 :** On pourra considérer que  $\beta_1$  est presque équivalent à  $\beta_2$  : à l'aide des courbes  $\beta_1=f(\alpha_{5,11})$  et  $\beta_2=f(\alpha_{5,11})$ , déterminer  $\alpha_{5,11}$ .

**Question 8 :** à l'aide de la courbe  $\alpha_{5,12}=f(\alpha_{5,11})$ , déterminer  $\alpha_{5,12}$ .

**Question 9 :** En déduire la position du point K par rapport à D.

- Ecrire  $\overline{DK}$  dans la base  $(\bar{x}_5, \bar{y}_5, \bar{z}_5)$  en utilisant la chaîne géométrique passant par les points D, I, K.

**Question 10:** En déduire la position du point K par rapport à  $O_1$  et par rapport à l'extrémité de la lame  $O_o$ .

- Ecrire  $\overline{O_1K}$  dans la base  $(\bar{x}_4, \bar{y}_4, \bar{z}_4)$  sachant que  $\alpha_{34} = 45.8^\circ$  et  $\alpha_{45} = 66^\circ$  en utilisant la chaîne géométrique passant par les points  $O_1, B, D, K$ .
- Ecrire  $\overline{O_oK}$  dans la base  $(\bar{x}_o, \bar{y}_o, \bar{z}_o)$  sachant que l'angle  $(\bar{x}_o, \bar{x}_4)$  noté  $\alpha_{o4}$  est égale à  $18.23^\circ$ .

#### 1.4 Etude du basculement de la pelle compacte.

En tenant compte des questions précédentes, on peut définir la position de l'ensemble flèche+bras+godet dans laquelle les 3 vérins appliquent l'effort maximum en bout de godet. On considère qu'il n'y a pas glissement de la machine au contact entre la lame et le sol.

##### 1.4.1 Données :

Voir DT2 :

Le centre de gravité de la machine est tel que  $\overrightarrow{OoGm} = -1294 \overrightarrow{x_0} + 760 \overrightarrow{y_0} + 8 \overrightarrow{z_0}$

Unité : mm

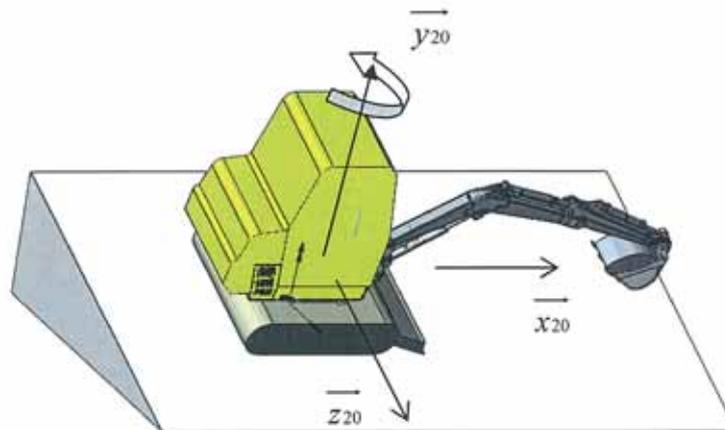
L'angle  $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_{13}})$  noté  $\alpha_{0,13} = 15.96^\circ$

##### 1.4.2 Questions

**Question 11: Déterminer** l'effort  $\overrightarrow{F_{godet \rightarrow sol}}$  en K qui correspond à la limite du soulèvement de la machine par rapport au point Oo et **conclure** sur le basculement de la machine.

## 2. Partie 2 : Test de qualification en dynamique : test 2

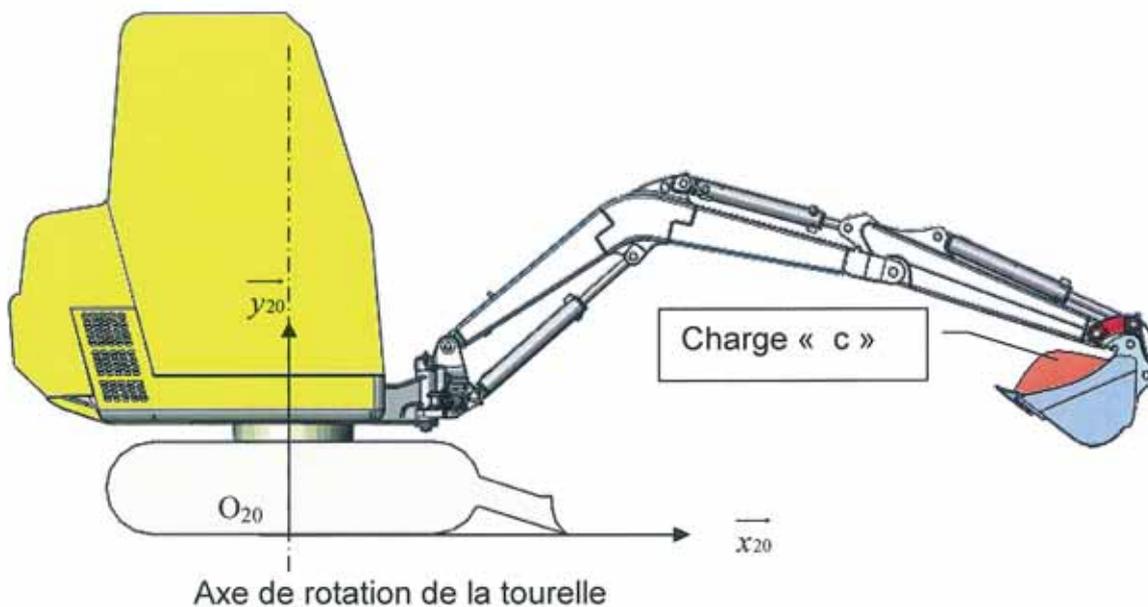
**2.1 Objectif :** Etudier la capacité de la machine pour effectuer une rotation de  $180^\circ$  (aller-retour) en 12 s, godet chargé sur une pente de  $20^\circ$ . Le moteur thermique doit tourner en régime établi soit 2200 tr/min.



Nous étudierons la chaîne fonctionnelle de la transmission de puissance (voir DT8 Schéma fonctionnel) pour vérifier quelle est la part de la puissance fournie par le moteur thermique nécessaire pour réaliser ce test.

L'EC20B est placée sur un plan incliné de  $\delta = 20^\circ$ .

Le godet sera replié vers l'intérieur et sera dans la position la plus éloignée de l'axe de la tourelle (flèche et bras dans la position ci-dessous).



Le godet est chargé avec une masse  $m_c = 125$  kg.

La vitesse de rotation de la tourelle est de 10 tours/min et elle doit être atteinte en 2s.

## 2.2 Données :

Ensemble tournant noté : « et » (sans la charge) : voir DT 5

Charge notée : « c » dans le godet :

$$\overrightarrow{O_{20}G_c} = x_c \overrightarrow{x_{21}} + y_c \overrightarrow{y_{21}} + z_c \overrightarrow{z_{21}}$$

$$\text{Avec } x_c = 3300 \quad y_c = 610 \quad z_c = 35 \quad \text{unité : mm}$$

Masse de la charge :  $M_c = 125 \text{ kg}$

Matrice d'inertie en  $G_c$  de la charge :

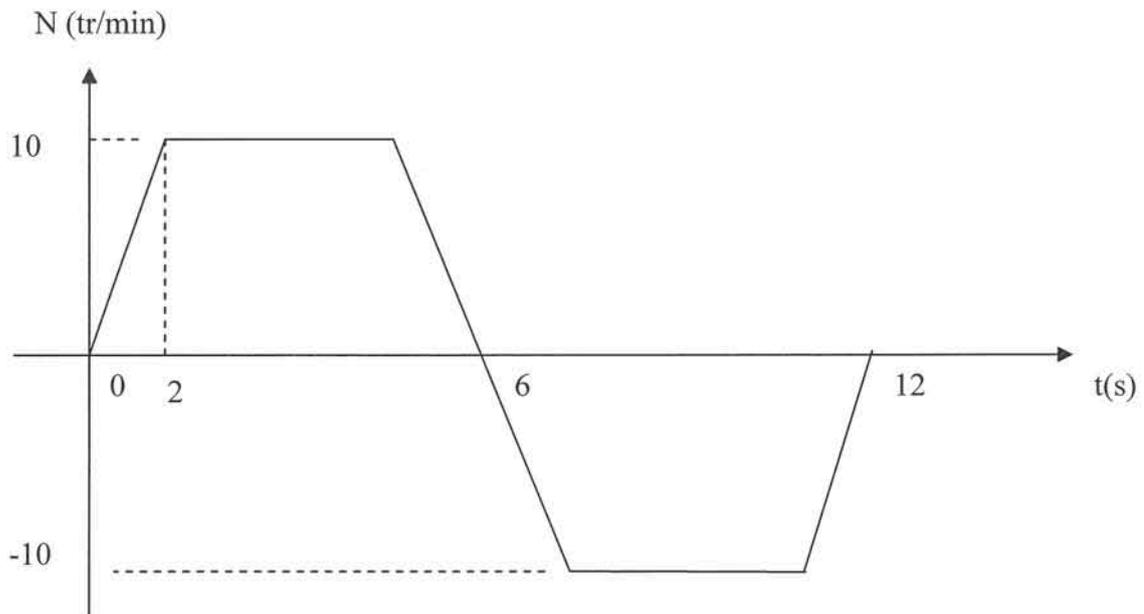
$$I_{G_c} = \begin{bmatrix} 2.1 & 0 & 0 \\ 0 & 3.1 & 0 \\ 0 & 0 & 3.4 \end{bmatrix}_{\overrightarrow{x_{21}}, \overrightarrow{y_{21}}, \overrightarrow{z_{21}}} \quad \text{unités kg.m}^2$$

noter :  $A_c = 2.1$ ,  $B_c = 3.1$  et  $C_c = 3.4$

On prendra  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Cycle à réaliser :

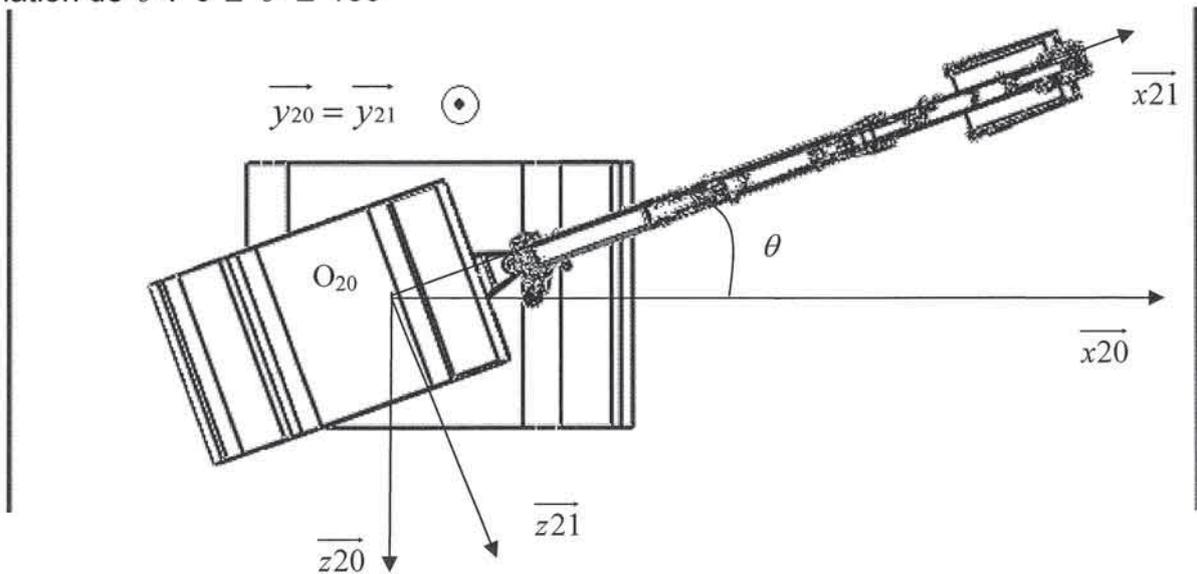
Rotation de  $180^\circ$  dans le sens trigonométrique et une rotation de  $180^\circ$  dans le sens horaire pour revenir en position initiale.



Inclinaison du sol par rapport à un plan horizontal :  $\delta = 20^\circ$

### 2.3 Paramétrage : voir DT6

Variation de  $\theta$  :  $0 \leq \theta \leq 180^\circ$



### 2.4 Questions :

**Compléter le document réponse DR partie 2**

**Question 12 :** Calculer l'accélération angulaire  $\ddot{\theta}(t)$  de l'ensemble tournant.

**Question 13 :** Calculer la position angulaire  $\theta(t)$  de l'ensemble tournant à la fin de la phase d'accélération.

**Question 14 :** Calculer le moment d'inertie par rapport à l'axe  $(O_{20}, \overline{y_{20}})$  de l'ensemble tournant + charge « c » au point  $O_{20}$  :  $I_{O_{20}y_{20}}$

**Question 15:** Calculer le couple  $C$  nécessaire pour entraîner l'ensemble : (ensemble tournant + charge « c ») en rotation dans la configuration précédente, c'est-à-dire en fin de phase d'accélération.

En utilisant le schéma fonctionnel de la transmission de puissance (DT8), il faut vérifier que l'on ne doit pas dépasser 40% de la puissance du moteur thermique pour réaliser cet essai. Le calcul se fera en régime établi ( $N_{\text{moteur thermique}} = 2200 \text{ tr/min}$ ). La tourelle doit tourner à  $N_T = 10 \text{ tr/min}$ .

Une pompe à cylindrée variable actionne le moteur hydraulique.

Ce moteur hydraulique possède un réducteur intégré composé de 2 trains épicycloïdaux.

Cet ensemble entraîne la tourelle par une transmission par engrenage (pignon/couronne).

Les pertes de charges dans le circuit hydraulique sont négligées.

On notera (voir DT8):

$\eta_v$  = rendement volumétrique = débit réel/débit théorique

$\eta_m$  = rendement mécanique

$\eta_t$  = rendement total :  $\eta_t = \eta_v \times \eta_m$

P : pompe

M : moteur hydraulique

R : réducteur

T : transmission tourelle ou tourelle

Exemple :  $\eta_{vp}$  = rendement volumétrique de la Pompe

**Question 16 :** Calculer  $P_T$  la puissance nécessaire pour entraîner la tourelle en rotation. Ceci en prenant le couple nécessaire maximum à la fin de la phase d'accélération.

**Question 17 :** Calculer  $NsR$  (en tr/min) la vitesse de rotation en sortie du réducteur épicycloïdal.

**Question 18 :** Calculer  $PsR$  la puissance nécessaire en sortie de réducteur en tenant compte du rendement mécanique au niveau de la transmission sur la couronne..

**Question 19:** Calculer  $NeR$  (en tr/min) la vitesse de rotation à l'entrée du réducteur épicycloïdal.

**Question 20 :** Calculer  $PeR$  la puissance à l'entrée du réducteur.

**Question 21 :** Calculer  $PeM$ .

**Question 22 :** Calculer la puissance à l'entrée de la pompe  $PeP$

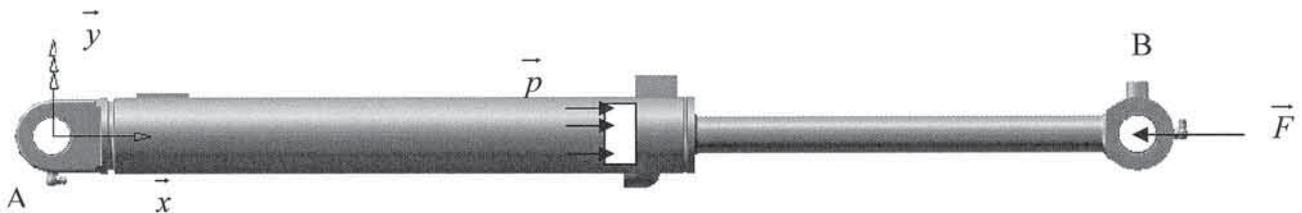
**Question 23 :** Vérifier que cette puissance ne dépasse pas 40% de la puissance du moteur thermique.

**Question 24 :** Calculer le débit en sortie de pompe  $QvsP$  et vérifier qu'il correspond à la valeur indiquée sur le schéma hydraulique.

**Question 25 :** Déterminer la cylindrée de la pompe hydraulique dans ces conditions de fonctionnement.

**Question 26 :** Conclure.

### 3- Partie 3 : Dimensionnement du vérin de cavage au flambage



#### 3.1 Données :

Longueur du vérin AB :  $L = 2 \times \text{course}$

Course  $C = 375 \text{ mm}$

Diamètre de la tige :  $d = 35 \text{ mm}$

Diamètre du piston :  $D = 60 \text{ mm}$

Pression  $P = 210 \text{ bars}$

#### 3.2 Hypothèse :

On va assimiler le vérin complètement ouvert à un cylindre correspondant au diamètre de la tige ; ceci est un critère de sécurité.

Module de Young :  $E \text{ tige} = E \text{ corps} = 200\,000 \text{ MPa}$

Moment quadratique :  $I_{Gz} \text{ tige} = I_{Gz} \text{ corps}$

#### 3.3 Modélisation proposée du vérin :

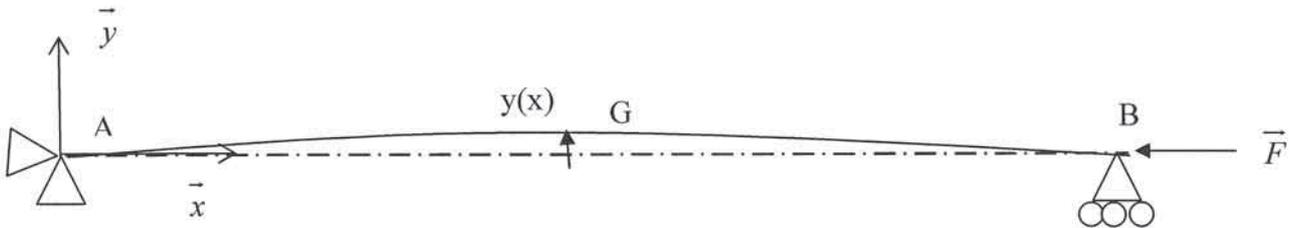


### 3.4 Questions

**Question 27:** Calculer l'effort F

**Question 28:** Etablir l'équilibre statique du vérin AB en utilisant le modèle proposé dans le paragraphe 3.3.

On considère la flèche « y » qui n'existe que dans la mesure où il y a flambage



**Question 29:** Ecrire le torseur de cohésion en G et en **déduire** l'équation différentielle qui satisfait au calcul de la déformée en flexion plane.

Les solutions de l'équation différentielle sont de la forme  $y(x) = A \cos \omega x + B \sin \omega x$

**Question 30:** Déterminer A, B et  $\omega$ .

**Question 31:** Déterminer la charge critique  $F_c$  en fonction de E, I et L (cas où F atteint une valeur critique de déformation propre au flambage)

**Question 32:** Vérifier que la tige résiste au flambage dans les conditions de pression maximale et tige sortie au maximum.

**Question 33:** Calculer le coefficient de sécurité appliqué sur le dimensionnement du vérin.

**Question 34 :** Quelle modélisation du vérin **proposeriez-vous** pour se rapprocher au plus près à la réalité par rapport à celle proposée dans le paragraphe 3.3?

**Question 35 :** Proposer dans ce cas un modèle de calcul sans le résoudre.

## 4- Partie 4 : Exercice pédagogique

### 4.1 Objectif :

Vous développerez une séquence d'enseignement dont le but est d'apporter aux étudiants des compétences minimales nécessaires au choix et au dimensionnement d'un composant.

#### Niveau d'enseignement concerné:

BTS Conception de Produits Industriels

#### Compétences concernées en TS CPI:

Elles se situent en phase de conception détaillée (voir dossier pédagogique)

### 4.2 Travail à réaliser :

Il est demandé de détailler une séance pédagogique de travail dirigé dont l'objectif général est de faire acquérir aux étudiants les méthodes d'analyse qui conduisent au choix et au dimensionnement d'un composant. La séquence pédagogique s'appuiera sur le choix d'un vérin hydraulique.

Toutes les données techniques nécessaires seront extraites du dossier technique.

**Question 36 :** A partir de l'étude de la pelle compacte **dégager** une problématique technique liée au choix d'un vérin. **Mettre** en évidence les différentes contraintes techniques.

**Question 37 :** Afin de justifier en fin de séance le choix du vérin hydraulique **proposer** un document d'analyse et de choix qui permettrait de dégager les principes généraux du choix d'un composant.

**Question 38 :** **Décrire** le déroulement de la séance, les objectifs visés pour cette séance, les supports techniques utilisés, les outils et les moyens pédagogiques utilisés (matériels et/ou logiciels). On demande d'établir le questionnement proposé ainsi que le corrigé fait pendant la séance de TD. On pourra utiliser tout ou partie des éléments qui se trouvent dans le dossier technique (DT) ou dans le dossier pédagogique (DP).

### 4.3 EXTRAIT DU REFERENTIEL DES ACTIVITES PROFESSIONNELLES DU BTS CPI

#### Activités et tâches professionnelles

Activité professionnelle	Tâches professionnelles
4. Conception détaillée.	4.1. Conception collaborative et prise en compte des contraintes de conception partagée.
	4.2. Réalisation du modèle numérique 3D de l'étude.
	4.3. Choix et dimensionnement de composants.
	4.4. Dimensionnement des structures.
	4.5. Étude de préindustrialisation et dialogue avec un spécialiste pour l'optimisation de la relation « produit (fonction et géométrie) - matériau - procédé - coût ».
	4.6. Prise en compte des exigences de la vie du produit (maintenabilité, réparabilité, sécurité, ergonomie, utilisation, esthétique, élimination...).
	4.7. Spécification des conditions de fonctionnement.
<p><b>Conditions de réalisation de l'activité :</b></p> <p><i>A partir d'un dossier de conception préliminaire, toutes les propositions ayant été validées par le responsable de l'entreprise ou du bureau d'étude, le technicien supérieur en conception de produits industriels exploite les potentialités des environnements informatiques (modeleurs 3D et logiciels de simulation associés) pour élaborer, en autonomie, le modèle numérique.</i></p> <p><i>Il procède au choix des composants et au prédimensionnement des structures dans les cas simples ; il s'adresse à un spécialiste de l'entreprise ou à un bureau de calcul pour les cas complexes ou sensibles.</i></p> <p><i>Afin de prendre en compte les contraintes de préindustrialisation, il communique de façon autonome avec des spécialistes métiers et intègre leurs recommandations.</i></p>	

#### 4.4 EXTRAIT DU REFERENTIEL DE CERTIFICATION DU BTS CPI

Mise en relation des activités professionnelles et des compétences terminales à acquérir :

4. Conception détaillée.	<b>C15.</b>	Choisir un composant en exploitant une base de données industrielle, mécanique ou électrique.
	<b>C16.</b>	Générer le modèle numérique de l'ensemble étudié en établissant un paramétrage fonctionnel permettant la construction de géométries robustes.
	<b>C17.</b>	Définir les spécifications de fonctionnement.
	<b>C18.</b>	Prédimensionner les éléments essentiels du projet en appliquant la théorie des poutres.
	<b>C19a.</b>	Exploiter un logiciel de calcul de structures : modélisation et saisie des données.
	<b>C19b.</b>	Exploiter un logiciel de calcul de structures : exploitation des résultats.
	<b>C20.</b>	Choisir un matériau et un procédé d'élaboration compatible avec les fonctions et formes de la pièce.
	<b>C21.</b>	Intégrer les exigences ou propositions d'un spécialiste du procédé.
	<b>C22.</b>	Intégrer les exigences de la vie du produit.
	<b>C23.</b>	Valider le comportement du système conçu au regard du cahier des charges fonctionnel.
<b>C25.</b>	Réaliser des dessins de définition de produits finis, cotés, tolérancés.	

#### **C15. Choisir un composant en exploitant une base de données industrielle, mécanique ou électrique.**

<i>Données</i>	<i>Compétence détaillée</i>	<i>Critères et/ou indicateur de performance</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le cahier des charges fonctionnel.</li> <li>- Les lois de comportement attendues.</li> <li>- Les logiciels, abaques, catalogues de constructeurs.</li> <li>- Les croquis et schémas d'étude préliminaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventorier les critères de choix.</li> <li>- Réaliser un choix pondéré multicritères.</li> <li>- Utiliser les procédures de choix de composants (sur catalogues, CD ROM ou en ligne sur des sites industriels).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adéquation des critères de choix avec le cahier des charges fonctionnel.</li> <li>- Respect de la démarche de choix de composant.</li> <li>- Pertinence du choix.</li> </ul>

#### **C17. Définir les spécifications de fonctionnement.**

<i>Données</i>	<i>Compétence détaillée</i>	<i>Critères et/ou indicateur de performance</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le cahier des charges fonctionnel.</li> <li>- Le modèle numérique 3D.</li> <li>- Les mises en plan 2D.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier et quantifier les conditions de bon fonctionnement (jeux, ajustements...).</li> <li>- Établir les chaînes géométriques traduisant les conditions fonctionnelles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertinence des conditions fonctionnelles identifiées.</li> <li>- Exactitude des chaînes géométriques.</li> </ul>

**C18. Prédimensionner les éléments essentiels du projet en appliquant la théorie des poutres.**

<i>Données</i>	<i>Compétence détaillée</i>	<i>Critères et/ou indicateur de performance</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La maquette numérique de conception préliminaire.</li> <li>- Les actions mécaniques appliquées.</li> <li>- Éventuellement un aide mémoire des cas simples de la théorie des poutres.</li> <li>- Éventuellement, un logiciel de résistance des matériaux (RDM).</li> <li>- Les données sur les propriétés mécaniques des matériaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir les éléments à dimensionner.</li> <li>- Choisir un modèle d'étude adapté.</li> <li>- Justifier les hypothèses simplificatrices retenues.</li> <li>- Utiliser le modèle avec l'outil adapté.</li> <li>- Analyser et interpréter les résultats.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertinence de l'élément à dimensionner.</li> <li>- Pertinence du modèle d'étude retenu.</li> <li>- Respect de la démarche de calcul.</li> <li>- Exactitude de l'interprétation des résultats.</li> </ul>

**C22. Intégrer les exigences de la vie du produit.**

<i>Données</i>	<i>Compétence détaillée</i>	<i>Critères et/ou indicateur de performance</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le cahier des charges fonctionnel du produit.</li> <li>- Des données et/ou des spécialistes sur les processus de fabrication, d'assemblage, de conditionnement, de livraison, d'utilisation, de SAV, de destruction du produit.</li> <li>- Les normes en vigueur relatives à la sécurité des personnes et des biens, à la préservation de l'environnement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventorier les exigences des diverses étapes du cycle de vie du produit.</li> <li>- Traduire les incidences sur la définition du produit et, éventuellement sur les diverses notices de vente, d'installation, de mise en service, d'utilisation, d'entretien, de service après vente, de destruction.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exhaustivité des contraintes repérées.</li> <li>- Exactitude des modifications proposées.</li> <li>- Précision des spécifications indiquées sur les diverses notices.</li> </ul>

**C23. Valider le comportement du système conçu au regard du cahier des charges fonctionnel.**

<i>Données</i>	<i>Compétence détaillée</i>	<i>Critères et/ou indicateur de performance</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le cahier des charges fonctionnel du produit.</li> <li>- La maquette numérique de conception détaillée du produit.</li> <li>- Des logiciels de calcul et simulation mécanique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir les éléments à valider et les critères d'étude.</li> <li>- Choisir un modèle adapté à la précision de la vérification attendue.</li> <li>- Utiliser le modèle</li> <li>- conclure quant au comportement attendu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertinence de l'étude proposée.</li> <li>- Validité du modèle, de l'outil de simulation choisis et de la démarche mise en œuvre.</li> </ul>

## 4.5 SAVOIRS ASSOCIES

		Niveaux			
		1	2	3	4
<b>S74</b>	<p><b>Étude des composants de conversion d'énergie et de contrôle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandeurs caractéristiques d'entrée et de sortie.</li> <li>• Espace de fonctionnement et point de fonctionnement pour un régime donné.</li> <li>• Chaîne d'alimentation et de distribution associée.</li> <li>• Conditions d'implantation et de mise en œuvre.</li> <li>• Détermination du prédimensionnement et/ou validation du choix à l'aide de bases de données de constructeurs et de logiciels spécialisés.</li> <li>• Données technico-économiques comparatives (prix du composant, coûts d'installation, de maintenance, etc...)</li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives suivantes :</i></p>				
<b>S741</b>	<p><b>Actionneurs électriques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ moteur synchrone,</li> <li>○ moteur asynchrone,</li> <li>○ moteur « brushless »,</li> <li>○ moteur « pas à pas »,</li> <li>○ moteur linéaire.</li> </ul>				
<b>S742</b>	<p><b>Actionneurs pneumatiques et hydrauliques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ vérin,</li> <li>○ moteur.</li> <li>• Caractéristiques externes d'utilisation et d'intégration</li> </ul> <p><i>Pour les solutions constructives suivantes :</i></p>				
<b>S743</b>	<p><b>Capteurs :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Détecteur avec ou sans contact.</li> <li>○ Capteur de position, de vitesse, d'accélération, de pression, d'effort.</li> </ul>				

#### 4.6 HORAIRES DE FORMATION

	Horaire de 1 <sup>ère</sup> année <sup>(1)</sup>			Horaire de 2 <sup>ème</sup> année		
	Semaine	a + b + c <sup>(2)</sup>	Année <sup>(3)</sup>	Semaine	a + b + c <sup>(2)</sup>	Année <sup>(3)</sup>
<b>1. Français</b>	<b>3</b>	2+1+0	90	<b>3<sup>(4)</sup></b>	2+1+0	108
<b>2. Langue vivante : Anglais</b>	<b>2</b>	0+2+0	60	<b>2</b>	0+2+0	72
<b>3. Mathématiques</b>	<b>4</b>	2+2+0	120	<b>4</b>	2+2+0	144
<b>4. Physique appliquée</b>	<b>1,5</b>	0+0+1,5	45	<b>1,5</b>	0+0+1,5	54
<b>5. Électrotechnique</b>	<b>1,5</b>	0+0+1,5	45	<b>1,5</b>	0+0+1,5	54
<b>6. Comportement des systèmes techniques</b>	<b>6</b>	4+0+2	180	<b>4</b>	2+0+2	144
<b>7. Construction mécanique</b>	<b>10</b>	2+2+6	300	<b>12</b>	2+2+8	432
<b>8. Industrialisation des produits</b>	<b>4</b>	2+0+2	120	<b>4</b>	2+0+2	144
<b>Total</b>	<b>32 h</b>	<b>12+7+13</b>	<b>960 h</b>	<b>32 h</b>	<b>10+7+15</b>	<b>1152 h</b>

## 4.7 EXTRAIT DU REPERE POUR LA FORMATION DU BTS CPI

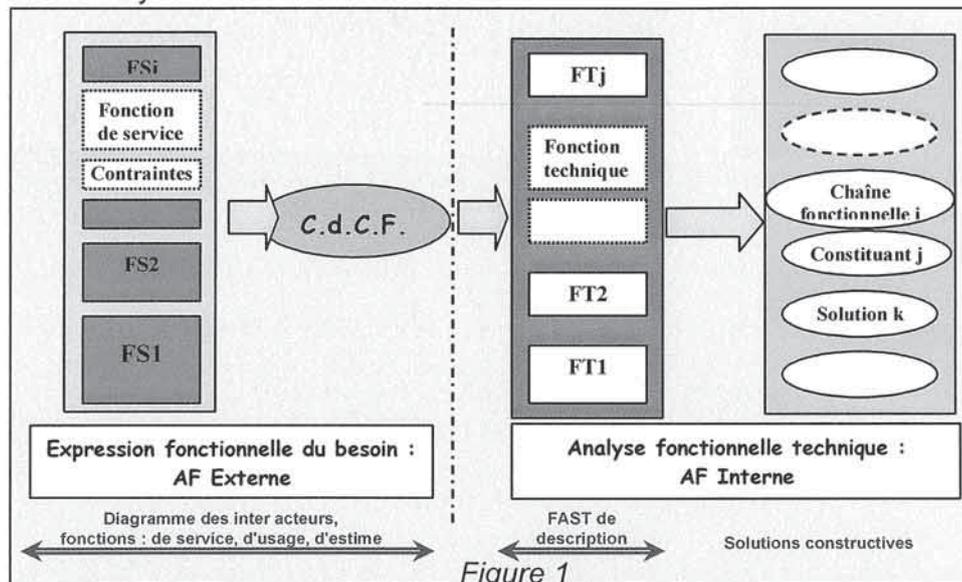
### Paragraphe 1.6

#### Construction mécanique et industrialisation des produits (S7, S9 et S8)

##### Construction des systèmes techniques (S7) :

Ces enseignements doivent permettre aux étudiants d'utiliser les outils de l'analyse fonctionnelle et d'aborder les solutions constructives des produits.

L'approche fonctionnelle présentée ci-après est décomposée en analyse fonctionnelle externe et en analyse fonctionnelle interne.



Pour l'analyse fonctionnelle externe, les outils doivent permettre au TS CPI :

- d'exprimer le besoin, c'est-à-dire les attentes du client, assorties de contraintes identifiables ;
- de contribuer à la rédaction du cahier des charges fonctionnel qui spécifie les performances techniques et économiques à atteindre, avec les contraintes environnementales à respecter.

L'analyse fonctionnelle interne privilégie le point de vue du concepteur. L'outil FAST (Fonctional Analysis System Technic) est privilégié pour conduire, à partir du CdCF, une démarche structurée permettant la recherche et la définition des solutions constructives.

Pour l'approche structurée des principales fonctions techniques rencontrées, il convient de s'appuyer sur les solutions constructives classiques extraites de supports en permanence actualisés et d'en dégager les concepts transversaux qu'il faut prendre en compte dans la résolution d'un nouveau problème. Cet enseignement doit donc éviter de se limiter à la présentation d'un catalogue de solutions.

Afin d'assurer progressivement un lien utile avec les méthodes de créativité (théorie TRIZ par exemple), il est important de mettre en évidence le ou les principes physiques de base qui caractérisent chaque solution étudiée.

Les considérations sur les coûts sont également intégrées en permanence dans les études proposées.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

*(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)*

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

*(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)*

EAI MEC 1

Document réponse – DR partie 2

Questions		Formules	Valeurs	unités
12	$\ddot{\theta}(t)$			
13	$\theta(t)$			
14	$l_{020}y_{20}$			
15	C			
16	$P_T$			
17	NsR			
18	PsR			
19	NeR			
20	PeR			
21	PeM			
22	PeP			
23	Vérification			
24	QvsP			
25	Cyl. de la pompe			
26	Conclusion :			

Document réponse – DR partie 2

Ⓓ