



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

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

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL  
CARROSSERIE

Option : Construction

Session : 2011

E.1- EPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

UNITE CERTIFICATIVE U11

Etude fonctionnelle et structurelle d'un produit de carrosserie

Durée : 4h

Coef. : 2

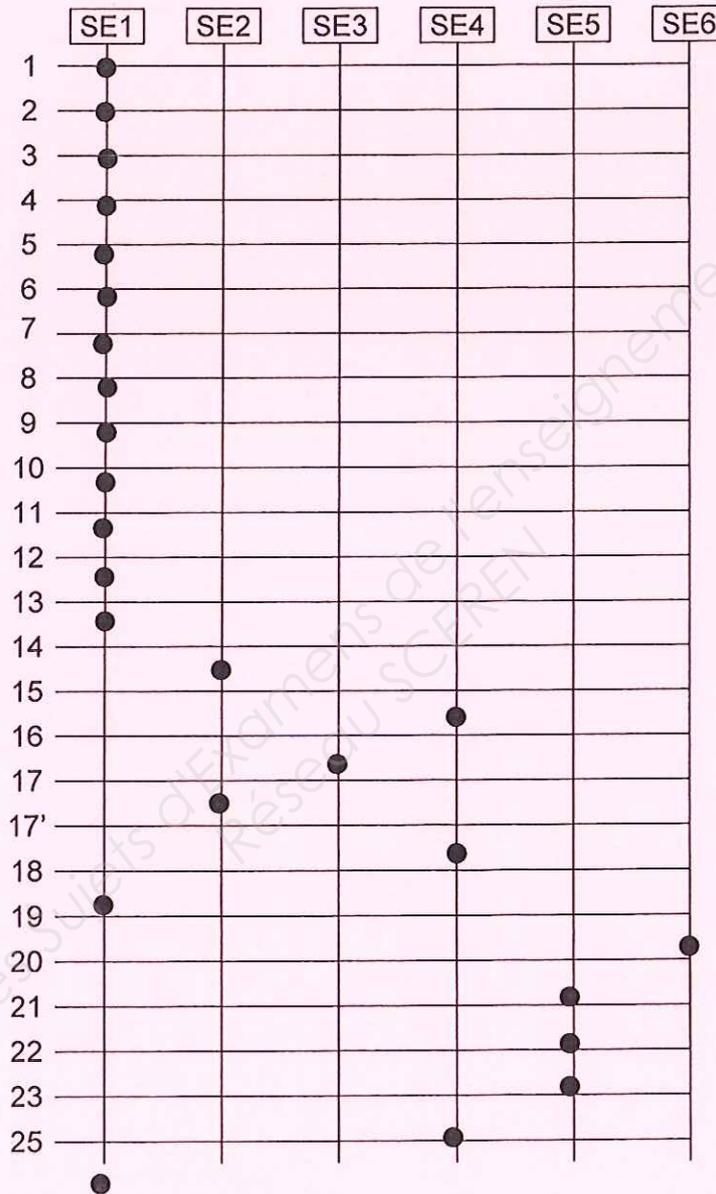
**DOSSIER CORRIGE**

Ce dossier comprend **14** pages numérotées de **DC 1/14** à **DC 14/14**.

**Partie 1 : Analyse des liaisons**

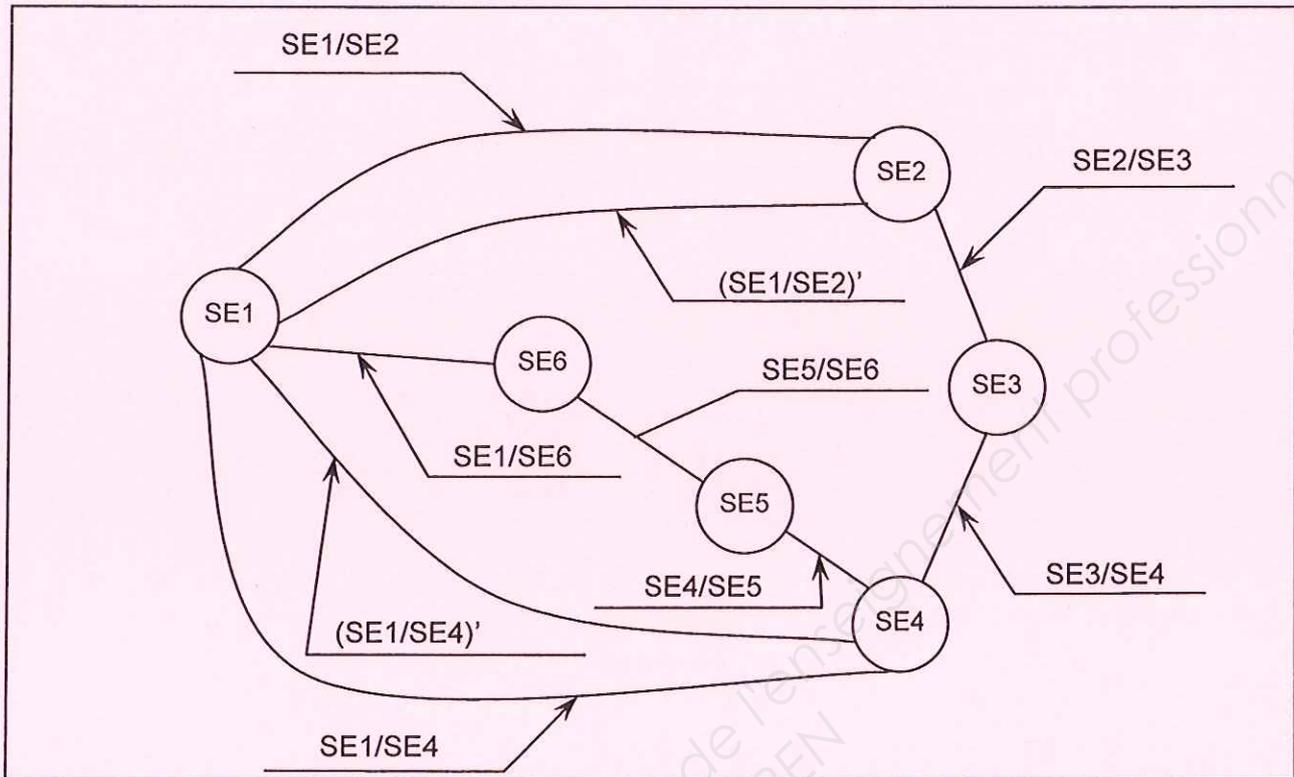
L'objectif de la partie analyse des liaisons est de déterminer les liaisons entre les différentes parties du système étudié, afin de vérifier les solutions technologiques utilisées. Certaines de ces solutions feront l'objet d'une étude plus approfondie.

1. A l'aide de DT 2/7 et DT 3/7, compléter le tableau de répartition des pièces du mécanisme dans les classes d'équivalence cinématique. Pour faciliter l'étude, on ne prendra pas en compte les vis, écrous et entretoises.



/8

2. Compléter ci-dessous le graphe des liaisons en traçant un trait par liaison. Chaque trait sera clairement repéré comme dans l'exemple ci-dessous (voir schéma technologique partiel DR 3/14).



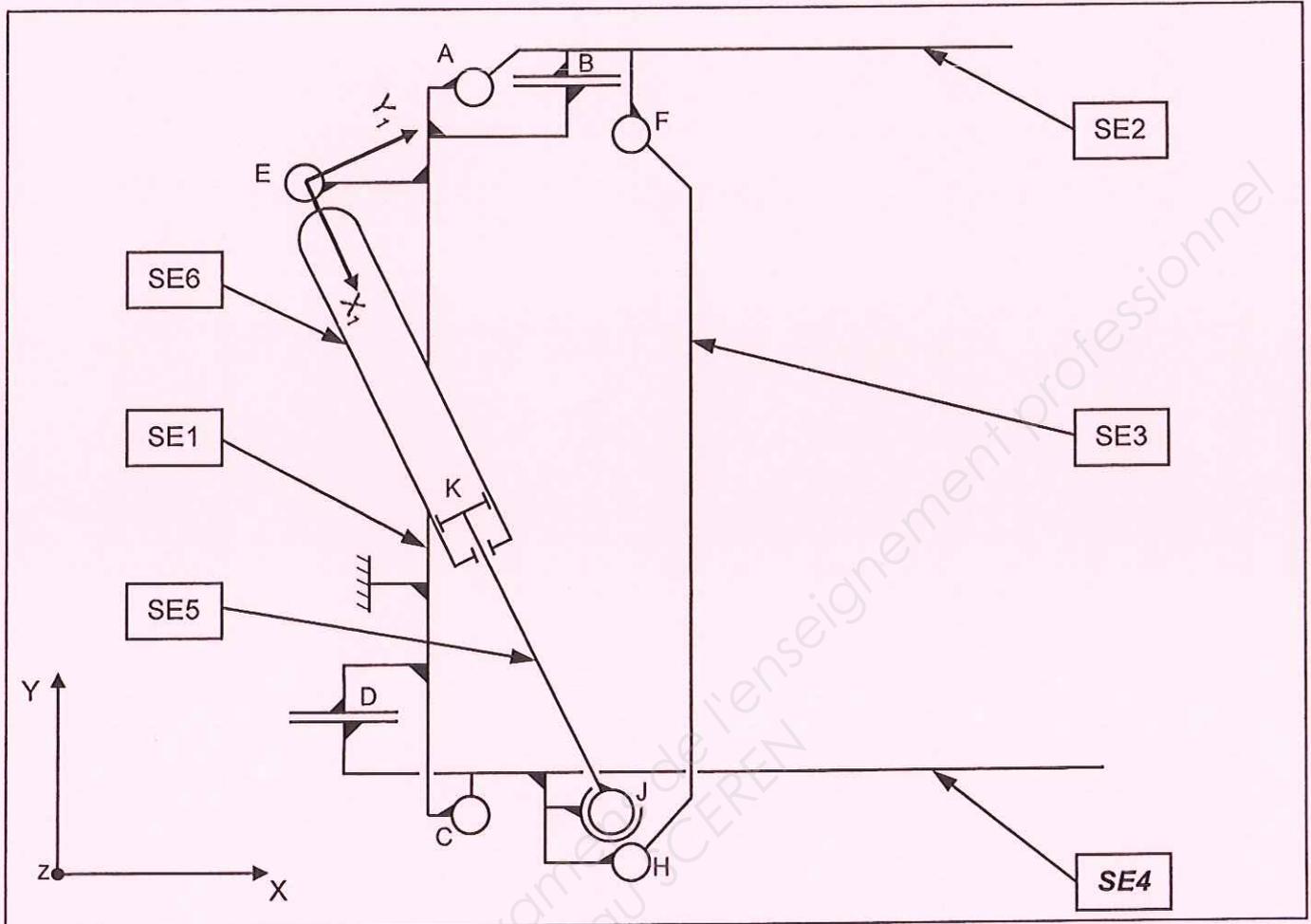
17

3. Compléter le tableau des liaisons entre les sous-ensembles.

REPÈRE LIAISON	TRANSLATION			ROTATION			TYPE DE LA LIAISON
	T <sub>x</sub> (ou T <sub>x1</sub> )	T <sub>y</sub> (ou T <sub>y1</sub> )	T <sub>z</sub> (ou T <sub>z1</sub> )	R <sub>x</sub> (ou R <sub>x1</sub> )	R <sub>y</sub> (ou R <sub>y1</sub> )	R <sub>z</sub> (ou R <sub>z1</sub> )	
SE1/SE2	0	0	0	0	0	1	PIVOT d'axe Az
(SE1/SE2)'	1	0	1	0	1	0	APPUI PLAN Normal au plan B,xz
SE1/SE4	0	0	0	0	0	1	PIVOT d'axe Cz
(SE1/SE4)'	1	0	1	0	1	0	APPUI PLAN Normal au plan D,xz
SE1/SE6	0	0	0	0	0	1	PIVOT d'axe Ez
SE2/SE3	0	0	0	0	0	1	PIVOT d'axe Fz
SE3/SE4	0	0	0	0	0	1	PIVOT d'axe Hz
SE4/SE5	0	0	0	1	1	1	ROTULE de centre J
SE5/SE6	1	0	0	1	0	0	PIVOT GLISSANT Kx1

/8  
+  
/4

4. Compléter le schéma technologique ci-dessous (Nom des SE et la liaison manquante au niveau du vérin).



/5  
+  
/2

5. Expliquer comment les marches « escamotables » se déplient et se replient.

L'ouverture de la porte arrière de la double cabine a pour effet d'activer le vérin pneumatique (sortie de tige). Celui-ci provoque (grâce à sa liaison rotule) le pivotement de la marche basse (état déplié). La marche haute étant reliée à la marche basse par l'intermédiaire du tirant (SE3), elle exécute la même rotation.

Lorsque la porte arrière est refermée, il se passe l'action inverse, la tige de vérin rentre, les deux marches sont de nouveau repliées.

/4

6. Le vérin pneumatique utilisé doit être un simple ou double effet ?  
Cocher la bonne case.

Simple effet	<input type="checkbox"/>
Double effet	<input checked="" type="checkbox"/>

Total de la page : /13

/2

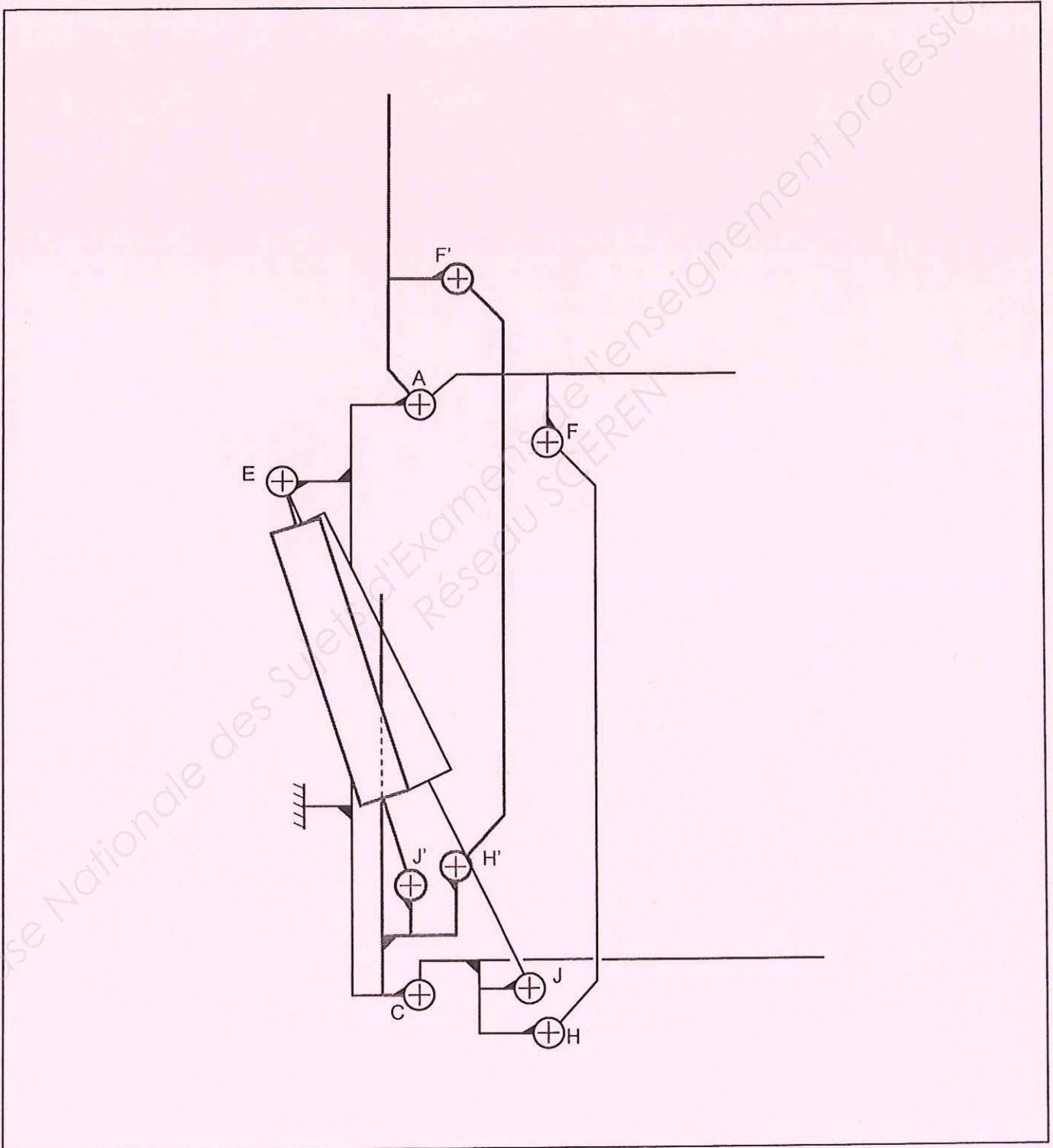
## Partie 2 : ETUDE CINEMATIQUE

Cette étude a pour objectif de déterminer la vitesse moyenne de la tige de vérin afin de calculer le débit maximal d'air comprimé à fournir.

Les liaisons aux points A, C, E, F, H, J sont considérées comme des liaisons pivots dont les centres portent le même nom.

A partir du schéma cinématique ci-dessous en position « marches dépliées »,

- On demande de tracer l'ensemble des éléments du schéma en position « marches repliées » (marches en position verticale).



/8

Pour des raisons de sécurité évidentes, il est prévu que les marches basculantes se déplient (ni trop lentement, ni trop rapidement) en  $t=1,5s$  et que la vitesse de l'extrémité de ma marche basse n'excède pas  $\|V_{L4/1}\| \leq 250 \text{ mm/s}$  :

Nota : pour être validés : les trajectoires, directions et vecteurs vitesse seront **systematiquement** identifiés sur le schéma de la page suivante.

8. Déterminer et tracer la trajectoire du point L (notée :  $Traj_{L \in 4/1}$ ) sur la figure page DR 6/14.

Trajectoire circulaire de centre C et de rayon CL

/2

9. Calculer la distance parcourue par ce point entre les états « déplié » et « replié ».

Formule : arc de cercle =  $\theta$  (anglen radian)  $\times$  rayon

distance **CL=235 mm**

/2

$$\text{Arc de cercle} = \frac{\pi}{2} \times 235$$

distance (arc de cercle) = 369 mm
-----------------------------------

10. Calculer la vitesse moyenne (en mm/s) du point L qui correspondrait au temps de déploiement.

$$V_{L4/1} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}} = \frac{369}{1,5}$$

/2

$\ V_{L4/1}\  = 246 \text{ mm/s}$
-----------------------------------

/2

11. Cette vitesse obtenue est-elle acceptable ou non ?  
(cocher la bonne case)

Acceptable	<input checked="" type="checkbox"/>
Non Acceptable	<input type="checkbox"/>

/2

12. En admettant que la vitesse au point L est de  $\|V_{L4/1}\| \leq 245 \text{ mm/s}$ , tracer cette vitesse à l'échelle sur le schéma DR 6/14.

/2

13. En utilisant le champ des vecteurs vitesses, tracer et déterminer la vitesse  $\vec{V}_{J4/1}$ .

14. En vous aidant de l'étude des liaisons DR 2/14, déterminer la nature du mouvement de 5/6.  
Mvt de translation rectiligne d'axe EJ

/2

15. En déduire puis tracer la direction du vecteur  $\vec{V}_{J5/6}$   
Dir de  $\vec{V}_{J5/6}$  confondue à la trajectoire rectiligne EJ

/2

16. En vous aidant de l'étude des liaisons DR 2/14, déterminer la nature du mouvement de 6/1.  
Mvt de rotation de centre E et d'axe  $Ez$

/2

17. En déduire puis tracer la direction du vecteur  $\vec{V}_{J6/1}$ .  
Perpendiculaire à EJ passant par J

/2

18. Que pensez-vous de la vitesse  $\vec{V}_{J4/5}$  ?  
 $\vec{V}_{J4/5} = \vec{0}$  Car les solides 4 et 5 sont en liaison pivot de centre J

/2

19. En vous aidant des différents vecteurs vitesse au point J étudiés dans les questions précédentes, réaliser la composition de vitesse au point J.

/3

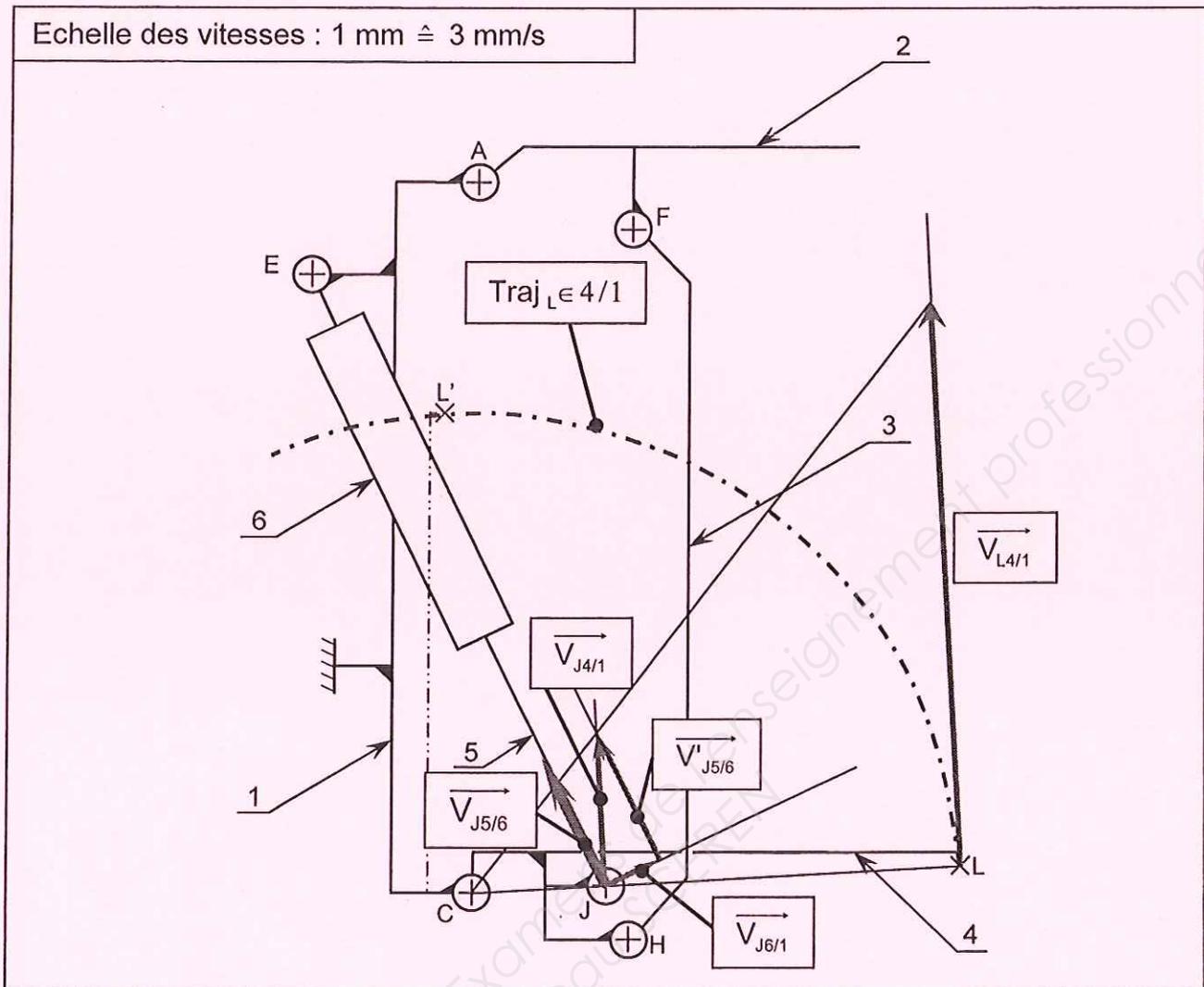
$$\vec{V}_{J4/1} = \vec{V}_{J4/5} + \vec{V}_{J5/6} + \vec{V}_{J6/1}$$

20. Résoudre graphiquement la composition de vitesse et déterminer ci-contre l'intensité de  $\vec{V}_{J5/6}$ .

/4

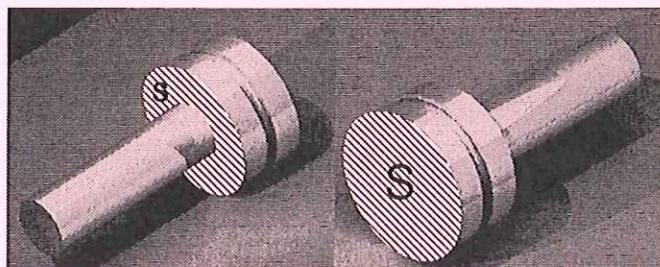
60 mm/s
---------

Total de la page : /29
------------------------



21. Connaissant les caractéristiques dimensionnelles du vérin pneumatique ( $D=20$  mm ;  $d= 8$ mm), calculer le débit d'air comprimé nécessaire pour assurer une vitesse de rentrée de tige de l'ordre de  $\|\vec{V}_{J5/6}\| = 60$  mm/s.

Formule :  $Q_v = S \times V$



$$S = \pi \times (R^2 - r^2) = 263,9 \text{ mm}^2$$

$$Q_v = S \times V = 263,9 \times 60 = 15\,834 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$S = 263,9 \text{ mm}^2$$

$$Q_v = 15,83 \text{ cm}^3/\text{s}$$

/2  
+  
/1

### Partie 3 : ETUDE STATIQUE

Pour des raisons de sécurité, il est souhaité que le vérin n'ait pas la force nécessaire pour rabattre les marches en position « repliée » si une personne se situe sur l'une des marches rabattables.

Cette étude a pour objectif de déterminer la pression maximale d'air comprimé dans le vérin pneumatique.

Hypothèses :

- Les liaisons aux points A, C, E, F, H, J sont considérées comme des liaisons pivots dont les centres portent le même nom.
- Le poids de toutes les pièces est négligé, les frottements dans les liaisons sont négligés.

On considère toutes les forces de l'étude statique coplanaires.

Pour cette étude, une force a été positionnée dans le cas le plus défavorable. Cette force correspond à la force pressante d'un pied supportant la totalité du poids d'une personne.

Les butées de marches position « déployées » ne sont pas représentées, car on suppose les marches en limite de décollement.

Donnée : masse minimale d'une personne : 50 kg.

Le pied de la personne portera le repère n°7.

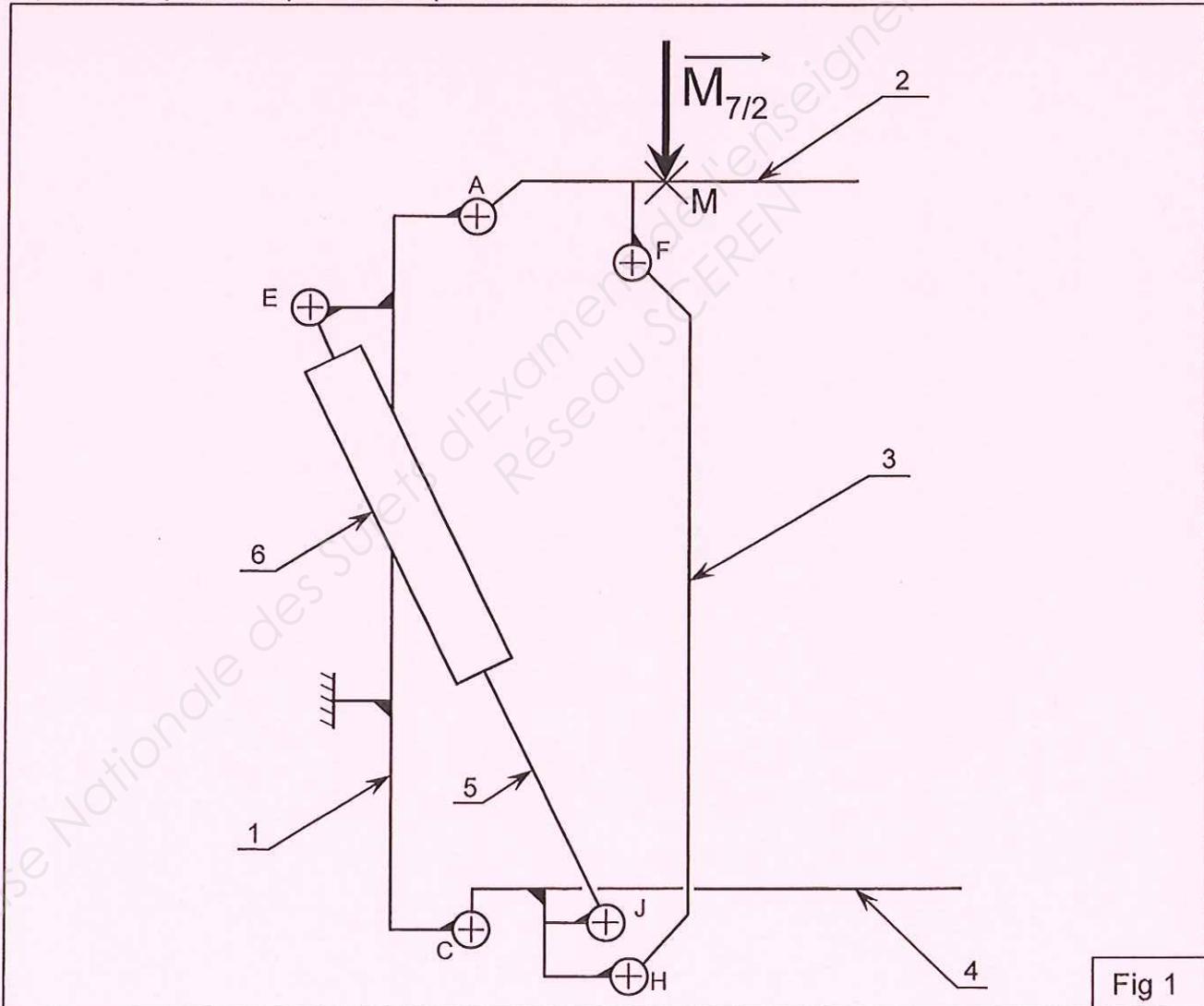


Fig 1

22. Calculer le poids correspondant

$$\|\vec{P}\| = m \times g = 50 \times 9.81 = 490,5 \text{ N}$$

$$\|\vec{P}\| = \|\vec{M}_{7/2}\| = 490,5 \text{ N}$$

/2

23.1 Isoler l'ensemble 3 (fig 2) et faire le bilan des actions mécaniques.

Nombre de forces

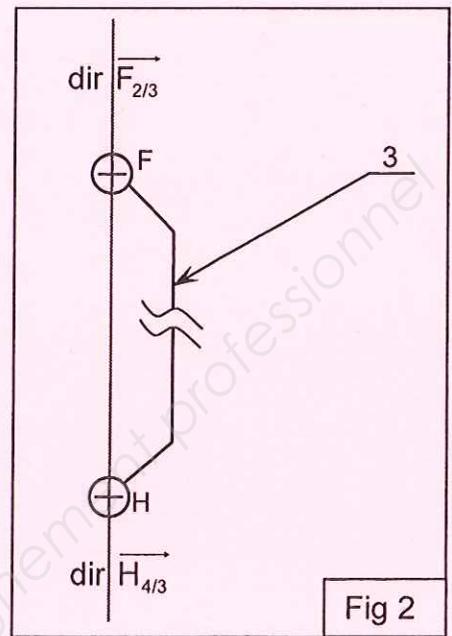
L'ensemble 3 est en équilibre sous l'action de 2 forces.

Enoncer les conditions d'équilibre dans ce cas précis :

- .....-Même droite d'action.....
- .....-Sens opposés.....
- .....-Même intensité.....

23.2 Compléter le tableau bilan de l'ensemble 3.

FORCE	Pt d'applc.	DIRECTION	SENS	INTENSITE
$\vec{F}_{2/3}$	F		?	?
$\vec{H}_{4/3}$	H		?	?



/1

/3

/2

23.3 Tracer et nommer sur la figure ci-contre les droites d'action des forces citées.

/2

24.1 Isoler l'ensemble 2 (fig 3) et faire le bilan des actions mécaniques.

Nombre de forces

L'ensemble 2 est en équilibre sous l'action de 3 forces.

/1

24.2 Enoncer le principe fondamental dans ce cas précis :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext/solide isolé}} = \vec{0}$$

$$\sum M_i (\vec{F}_{\text{ext/solide isolé}}) = \vec{0}$$

/2

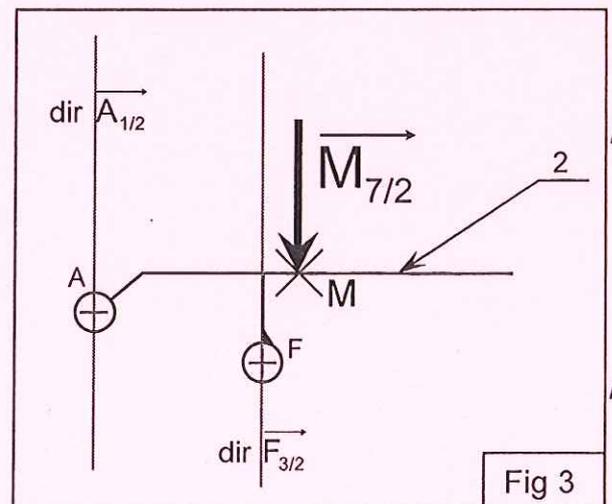
24.3 Deux directions de force sont connues, que peut-on conclure au sujet de la 3<sup>ème</sup> ?  
2 directions de force sont verticales, la 3<sup>ème</sup> l'est également (forces parallèles)

/1

24.4 Compléter le tableau bilan de l'ensemble 2.

En admettant que  $\|\vec{M}_{7/2}\| = 491\text{N}$

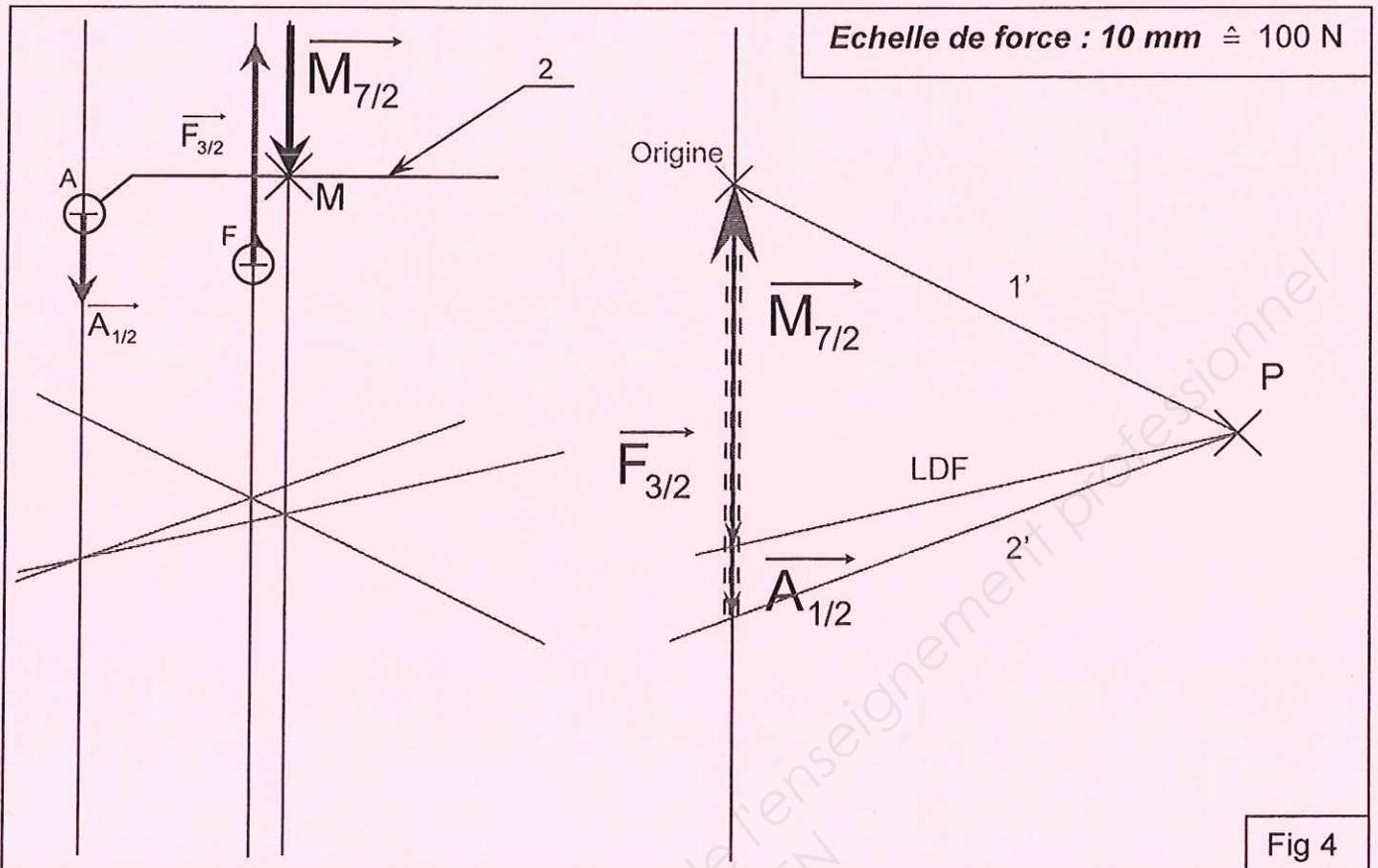
FORCE	Pt d'applc.	DIRECTION	SENS	INTENSITE
$\vec{M}_{7/2}$	M		↓	490,5 N
$\vec{F}_{3/2}$	F		?	?
$\vec{A}_{1/2}$	A		?	?



/3

/2

24.5 Tracer et nommer sur la figure ci-contre les droites d'action des forces citées.



24.6 Résoudre graphiquement l'équilibre de l'ensemble 2

24.7 Compléter le tableau réponse.

FORCE	Pt d'applic.	DIRECTION	SENS	INTENSITE
$\vec{M}_{7/2}$	M		↓	490,5 N
$\vec{F}_{3/2}$	F		↑	597,5 N
$\vec{A}_{1/2}$	A		↓	107 N

/2

24.8 Tracer et nommer sans échelle particulière (sur la fig 4) les forces agissant sur l'ensemble 2.

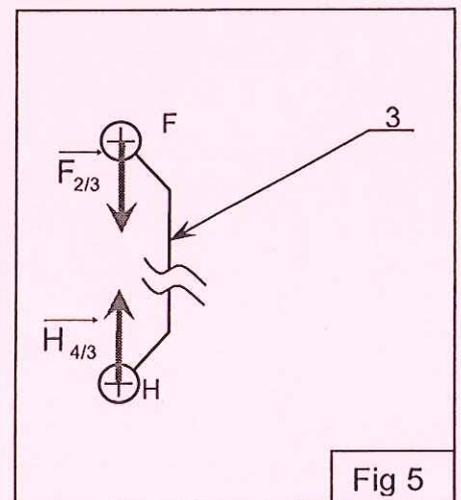
/2

25.1 Compléter désormais le tableau réponse des forces qui agissent sur l'ensemble 3 précédemment isolé.

FORCE	Pt d'applic.	DIRECTION	SENS	INTENSITE
$\vec{F}_{2/3}$	F		↓	597,5 N
$\vec{H}_{4/3}$	H		↑	597,5 N

/2

25.2 Tracer et nommer sans échelle particulière (sur la fig 5) les forces agissant sur l'ensemble 3.



/2

26.1 Isoler l'ensemble 4 (fig 6) et faire le bilan des actions mécaniques.

Nombre de forces

L'ensemble 4 est en équilibre sous l'action de 3 forces.

/1

26.2 Enoncer les conditions d'équilibre dans ce cas précis :

- Les droites d'action des 3 forces sont concourantes en un point I
- La somme vectorielle des 3 forces est nulle  $\sum \vec{F}_{\text{ext/solide isolé}} = \vec{0}$

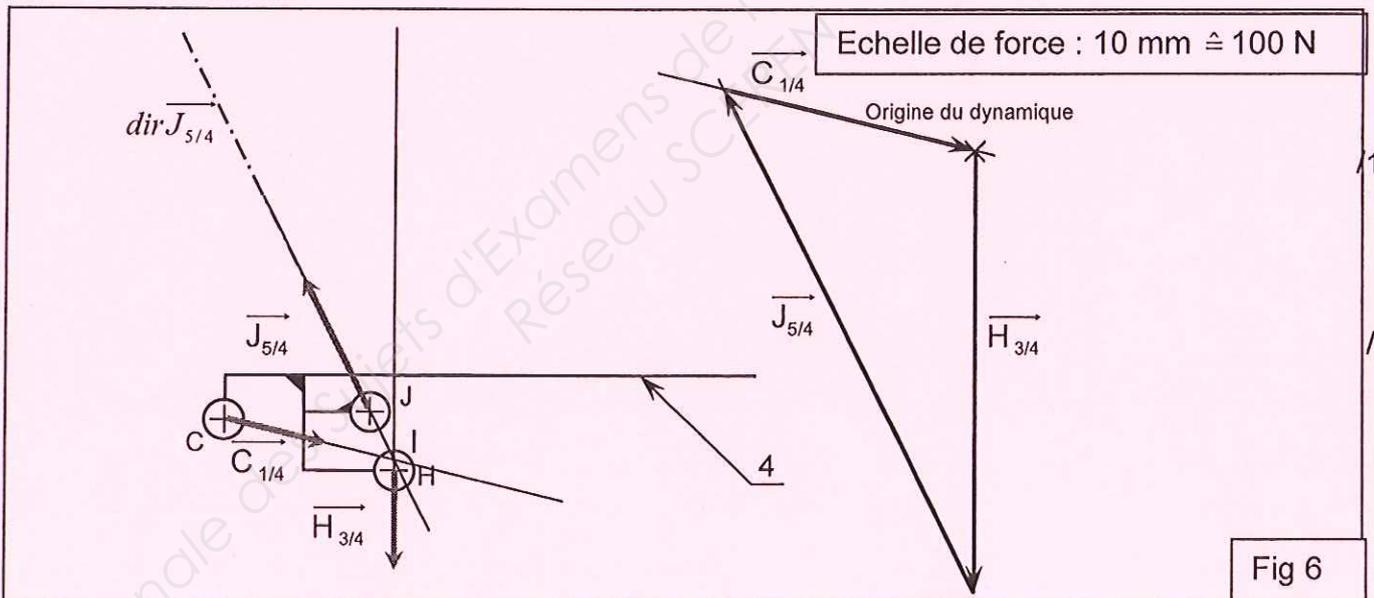
/2

26.3 Compléter le tableau bilan.

FORCE	Pt d'applic.	DIRECTION	SENS	INTENSITE
$\vec{H}_{3/4}$	H		↓	597,5 N
$\vec{J}_{5/4}$	J	\	?	?
$\vec{C}_{1/4}$	C	?	?	?

/3

26.4 Résoudre graphiquement l'équilibre de l'ensemble 4.



/1,5

/6

26.5 Compléter le tableau réponse des forces qui agissent sur l'ensemble 4.

FORCE	Pt d'applic.	DIRECTION	SENS	INTENSITE
$\vec{H}_{3/4}$	H		↓	597,5 N
$\vec{J}_{5/4}$	J	\	↗	756,4 N
$\vec{C}_{1/4}$	C	—	↘	343,3 N

/3,5

/3

26.6 Tracer et nommer sans échelle particulière (sur la fig 6) les forces agissant sur l'ensemble 4.

Total de la page : /20

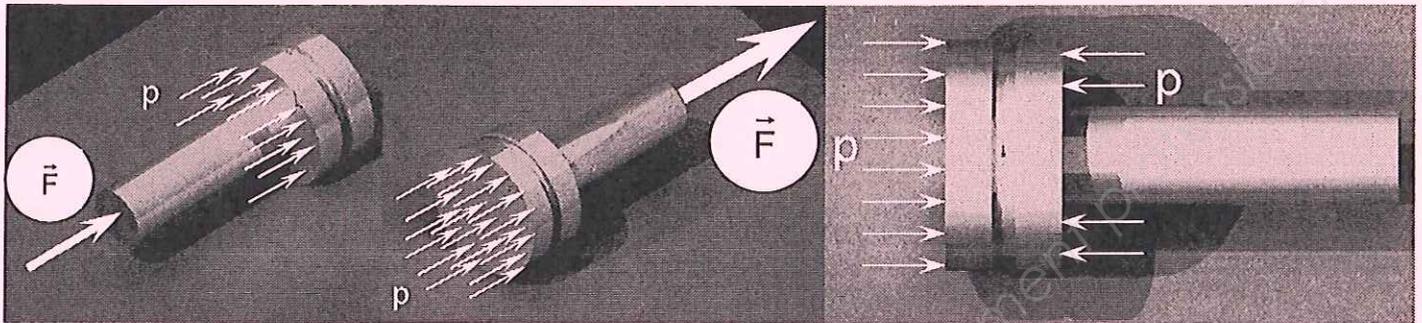
27 Connaissant les caractéristiques dimensionnelles du vérin pneumatique (D=20 mm ; d= 8mm)

En supposant que  $\|\vec{J}_{5/4}\| = 760 \text{ N}$ , calculer la pression d'air comprimé théorique qu'il faudrait fournir (en Pascal puis en bar) au vérin pour fournir cette force.

Formules de la pression :  $p = \frac{F}{S}$  et Surface d'un disque plein :  $S = \pi \times R^2$

1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>

1 bar = 10<sup>5</sup> Pa



$$S = \pi \times ((1.10^{-2})^2 - (4.10^{-3})^2) = 2,64.10^{-4}$$

/2

$$S = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$p = \frac{760}{2,64.10^{-4}} = 2,88.10^6$$

/2

$$p = 2,88 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$p = 28,8 \text{ bar}$$

28 La pression du réseau du tracteur étant de 8 bars, les conditions de sécurité énoncées au début de l'étude sont-elles obtenues ?

/2

OUI	X
NON	

## Partie 4 : ETUDE RESISTANCE DES MATERIAUX

Une étude de RDM a été effectuée sur la marche amovible basse.

Une charge répartie de 1000 N a été positionnée à l'extrémité de la marche.

Il s'avère qu'à certains endroits la pièce subit des contraintes beaucoup trop élevées (voir fig 1 DT 5/7).

Le coefficient de sécurité (de 2) imposé n'est pas respecté sur des zones très étendues (voir fig 2 DT 5/7).

Deux critères sur la marche ont été modifiés pour qu'elle puisse supporter des contraintes plus importantes ainsi que les contraintes dans certaines zones soient réduites (voir fig 1 DT 6/7).

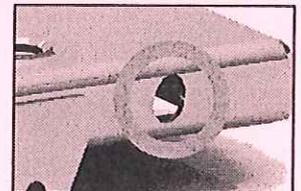
Les modifications exclues un changement d'épaisseur de la tôle pliée.

29 Selon votre analyse des documents DT 5/7 et DT 6/7, quelles sont ces modifications ?

Modification n° 1 : ..... Changement de matière : Aluminium plus résistant ..... /8

Modification n° 2 : ..... Réalisation de 4 bords repliés sur les côtés de la marche ..... /8

30 Malgré ces modifications, le coefficient de sécurité n'est toujours pas respecté dans une zone très localisée (autour du trou de la liaison pivot) voir fig 2 DT 6/7. Cela a eu pour effet une déformation de la liaison (voir photo ci-contre).



Quel est le nom de cette déformation ?

Cette déformation s'appelle : ..... Du matage ..... /2

31 Afin de remédier à cette déformation qui apporte un jeu excessif peu fonctionnel et pour diminuer davantage les contraintes dans la zone localisée, que peut-on ajouter à ces marches existantes ?

On peut ajouter des renforts situés à l'intérieur (section rectangulaire dans les bords repliés latéraux) avec un trou de même diamètre que la marche. Ainsi, la surface de contact étant plus grande avec la vis, la pression de matage diminue. /6

32 Quels éléments devront être remplacés ? /2  
Les vis sont à remplacer, il faudra ajouter à leur longueur sous tête la largeur d'un renfort.

33 Sur les têtes des vis, on peut voir les informations suivantes « 8.8 ».

A l'aide du tableau « Propriété des vis » DT 4/7, calculer Re puis Reg d'une vis 8.8.

Re = 8x8x10=640 MPa    Reg=0,5xRe=320 MPa    Re =640 MPa    Reg =320 MPa /4

34 Pour une vis M8 (en considérant) qu'elle subit une sollicitation de cisaillement sur la partie non filetée. Calculer pour 1 section cisailée l'effort tranchant maximal acceptable avec un coefficient de sécurité de 2.

$$S = \pi \times R^2 = \pi \times 4^2 = 50,27 \text{ mm}^2 \quad R_{pg} = \frac{R_{eg}}{s} = \frac{320}{2} = 160 \text{ MPa} \quad T \leq R_{pg} \times S \quad T \leq 160 \times 50,27$$

$$T \leq 8042 \text{ N} \quad /6$$

$$S = 50,27 \text{ mm}^2$$

$$R_{pg} = 160 \text{ MPa}$$

$$T \leq 8042 \text{ N}$$

35 Sachant que dans les situations extrêmes, les efforts tranchants au niveau des assemblages boulonnés M8 8.8 ne dépassent pas les 6000 N, ces vis sont-elles bien dimensionnées ? /2

Justifier : L'effort tranchant doit être inférieur à environ 8040 N, donc les vis sont bien dimensionnées.

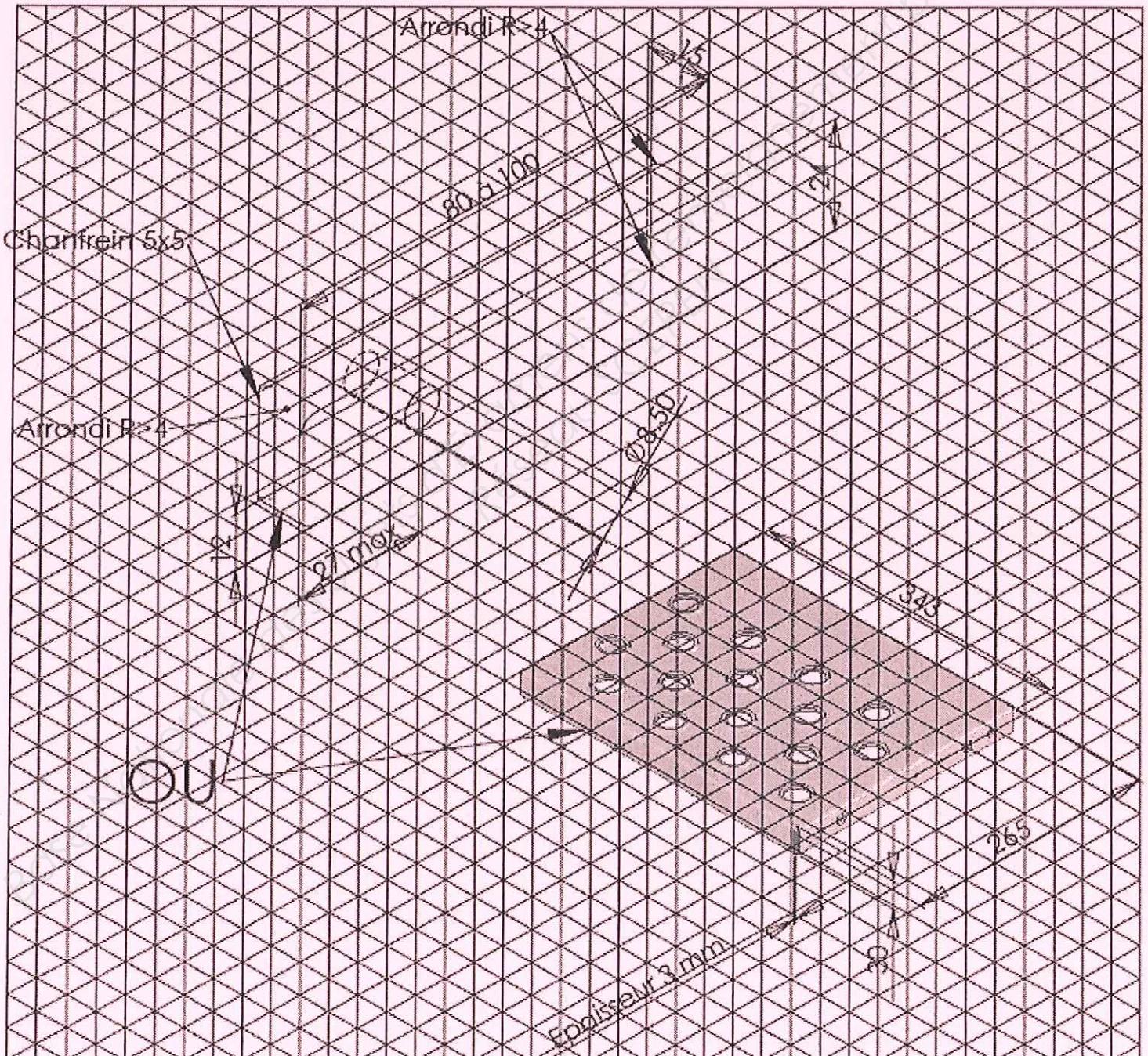
**Partie 5 : DESSIN TECHNIQUE**

- 36 Réaliser un croquis à main levée en perspective isométrique de ou des élément(s) que vous ajouteriez aux marches pour réduire les contraintes mécaniques au niveau du pivot (en rapport avec la question 31 page DR 12/14). /15

*Si et seulement si vous n'avez aucune proposition d'élément, dessiner à main levée en perspective isométrique la marche basse (voir DT 7/7) de façon à voir le nez de la marche. Faire également la question 37 (sans coter les trous).*

- 37 Coter précisément le croquis. /10

- 38 Quel choix feriez-vous pour maintenir en position (fixer) cet élément sur la marche ? Justifier. /5  
Soudage à l'intérieur des bords repliés : peu visible et rapide d'exécution (TIG par exemple). Pas besoin d'une liaison démontable (plus long, plus onéreux)



## Barème de notation (report de note)

<b>PARTIE 1 :</b> Analyse des liaisons	-2 pts par fautes	Q1	/ 8	/40
	1/2 pt par lignes      1/2pt par nom	Q2	/ 7	
	1 pt par ligne T+R      0,5 pt par nom de liaison	Q3	/ 12	
	1 pt par nom de SE      2 pts pour représ. Liaison rotule	Q4	/ 7	
		Q5	/ 4	
		Q6	/ 2	
<b>PARTIE 2 :</b> Etude cinématique	2 pts par SE correctement dessiné	Q7	/ 8	/40
		Q8	/ 2	
		Q9	/ 2	
		Q10	/ 2	
		Q11	/ 2	
		Q12	/ 2	
		Q13	/ 2	
		Q14	/ 2	
		Q15	/ 2	
		Q16	/ 2	
		Q17	/ 2	
		Q18	/ 2	
		Q19	/ 3	
		Q20	/ 4	
		2 pts pour S      1 pt pour Qv	Q21	
<b>PARTIE 3 :</b> Etude statique		Q22	/ 2	/60
		Q23-1	/ 1	
		Q23-2	/ 3	
		Q23-3	/ 2	
		Q23-4	/ 2	
		Q24-1	/ 1	
		Q24-2	/ 2	
		Q24-3	/ 1	
		Q24-4	/ 3	
		Q24-5	/ 2	
	3 pts pour le funiculaire      3 pts pour le dynamique 1 pt pour les vecteurs et noms des vecteurs corrects	Q24-6	/ 7	
		Q24-7	/ 2	
		Q24-8	/ 2	
		Q25-1	/ 2	
		Q25-2	/ 2	
		Q26-1	/ 1	
		Q26-2	/ 2	
		Q26-3	/ 3	
1,5 pts pour le pt I      6 pts pour le dynamique avec les vecteurs et leur nom respectifs	Q26-4	/ 7,5		
1 pt par intensité      0,5 pt pour dir      0,5 pt par sens	Q26-5	/ 3,5		
	Q26-6	/ 3		
2pts pour S      2 pts pour p	Q27	/ 4		
	Q28	/ 2		
<b>PARTIE 4 :</b> Etude résistance des matériaux	4 pts par modifs trouvées	Q29	/ 8	/30
		Q30	/ 2	
		Q31	/ 6	
		Q32	/ 2	
		Q33	/ 4	
		Q34	/ 6	
		Q35	/ 2	
<b>PARTIE 5 :</b> Dessin technique		Q36	/ 15	/30
		Q37	/ 10	
		Q38	/ 5	
<b>TOTAL :</b>			<b>/200</b>	
<b>NOTE :</b>			<b>/20</b>	