

SESSION 2006

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL**Etude et Définition de Produits Industriels**

Epreuve E1 - Unité U 11

Etude du comportement mécanique d'un système technique

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

Compétences et connaissances technologiques associées sur lesquelles porte l'épreuve :

- C 12 : Analyser un produit**
C 13 : Analyser une pièce
C 21 : Organiser son travail
C 22 : Etudier et choisir une solution
- S 1 : Analyse fonctionnelle et structurelle
 S 2 : La compétitivité des produits industriels
 S 3 : Représentation d'un produit technique
S 4 : Comportement des systèmes mécaniques – Vérification et dimensionnement
 S 5 : Solutions constructives – Procédés – Matériaux
 S 6 : Ergonomie – Sécurité

Ce sujet comporte 20 documents:

- Dossier technique doc. 2 à 6
- Dossier travail doc. 7 à 20

Documents à rendre par le candidat (y compris ceux non exploités par le candidat):

- Dossier travail doc. 7 à 20

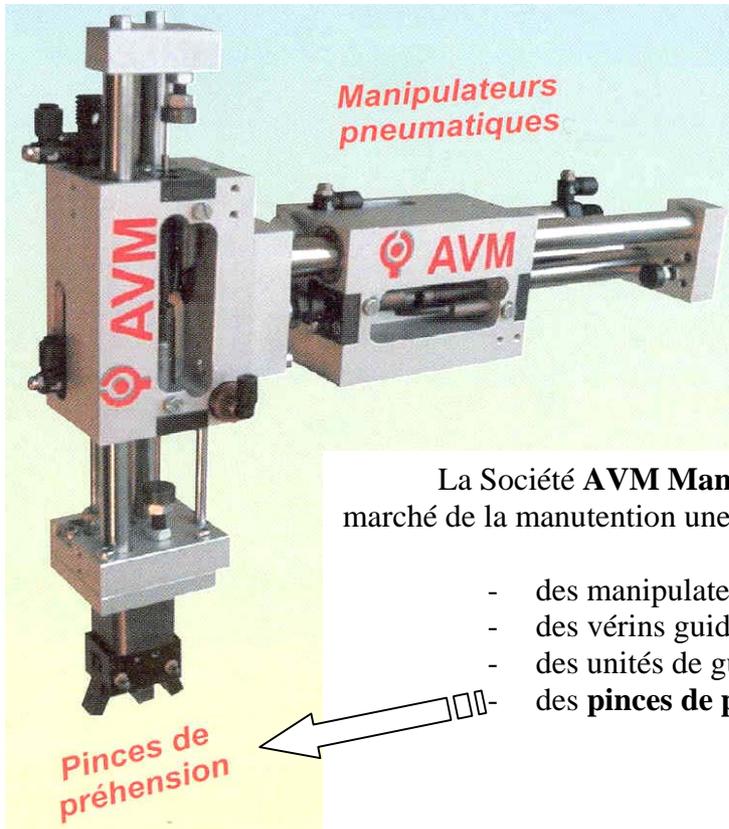
Ces documents ne porteront pas l'identité du candidat, ils seront agrafés à une copie d'examen par le surveillant

Calculatrice et documents personnels autorisés.

Baccalauréat Professionnel - Etude et Définition de Produits Industriels		
Epreuve E1 – Unité U11	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
Session 2006	Nombre de pages : 20	

DOSSIER TECHNIQUE

1. MISE EN SITUATION :

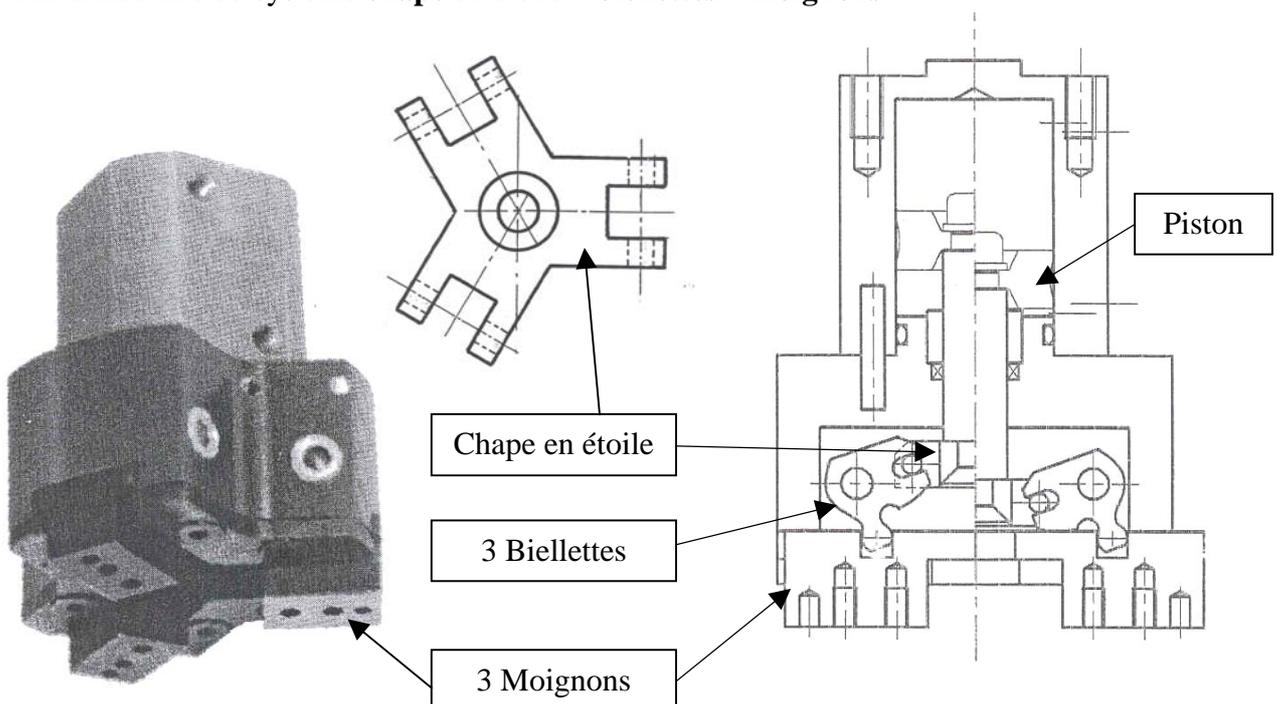


La Société **AVM Manutention** conçoit, fabrique et propose sur le marché de la manutention une gamme de produits, à savoir :

- des manipulateurs pneumatiques et électriques
- des vérins guides compacts
- des unités de guidage
- des **pinces de préhension**

2. PRESENTATION PINCE A DOIGTS PARALLELES de type 232:

Le **piston** à commande pneumatique double effet permet l'*ouverture* ou la *fermeture* de la pince par l'intermédiaire du système **chape en étoile – biellettes – moignons**.



Descriptif :

- Pince à serrage parallèle à 3 doigts concentriques.
- Commande pneumatique double effet.
- Effort de serrage constant sur toute la course.
- Mécanisme entièrement protégé.
- Prise de pièce intérieure ou extérieure.
- Piston magnétique pour détection sans contact.
- Pince alliant fiabilité, répétitivité et robustesse.
- Matériaux : Corps, cylindre : aluminium anodisé dur
Doigts, guide : acier allié traité
Paliers : PTFE
- Pression d'utilisation : 2,5 à 8 bars.
- Température de service : 5° à 50°.
- Fluide : air filtré lubrifié ou non lubrifié.
- Graissage préconisé après 4 millions de manœuvres.
- Accessoires : Détecteurs inductifs et butées, clapet anti-retour piloté.

3. CONSTATS et PROBLEMATIQUE :

Constats : l'utilisation de ce type de pince – réf. 231-235 a amené les **constats suivants :**

- Compte tenu de l'inertie des pièces à déplacer et des grandes vitesses utilisées sur certains manipulateurs, la masse de la pince est trop importante.
- Piston Parker trop onéreux.
- Transmission entre piston et doigts par chape en étoile et biellettes trop encombrante.
- Détection par détecteurs inductifs et butées onéreuse.
- Sécurité par ressort en cas de coupure d'air : augmente la longueur du cylindre.

Problématique :

Suite à la demande de ses clients, la société AVM fabriquant de manipulateurs a décidé de modifier l'un des modèles de sa gamme en vue de **diminuer son poids, son encombrement et son coût.**

Le Bureau d'Études a effectué une **pré-étude**, on propose de vérifier les **critères de performances** afin de valider le **nouveau modèle de pince – réf.242**, voir le **C.D.C.F.**

4. CAHIER DES CHARGES DE LA NOUVELLE PINCE MODELE 242:**4.1 - Modifications apportées :**

Le Bureau d'études propose une **nouvelle version de pince 3 doigts à serrage parallèle - type 242** avec les **améliorations suivantes :**

- Gain de poids important 0.190 kg (au lieu de 0.360 kg pour réf.232) pour un effort de serrage comparable de 60 N et une course sensiblement égale 4.5 mm au lieu de 5 mm.
- Piston entièrement usiné avec aimant pour détecteurs magnétiques.
- Adjonction de clapet anti-retour pour assurer la sécurité.
- Chape cylindrique pour assurer la transmission et réduire l'encombrement.

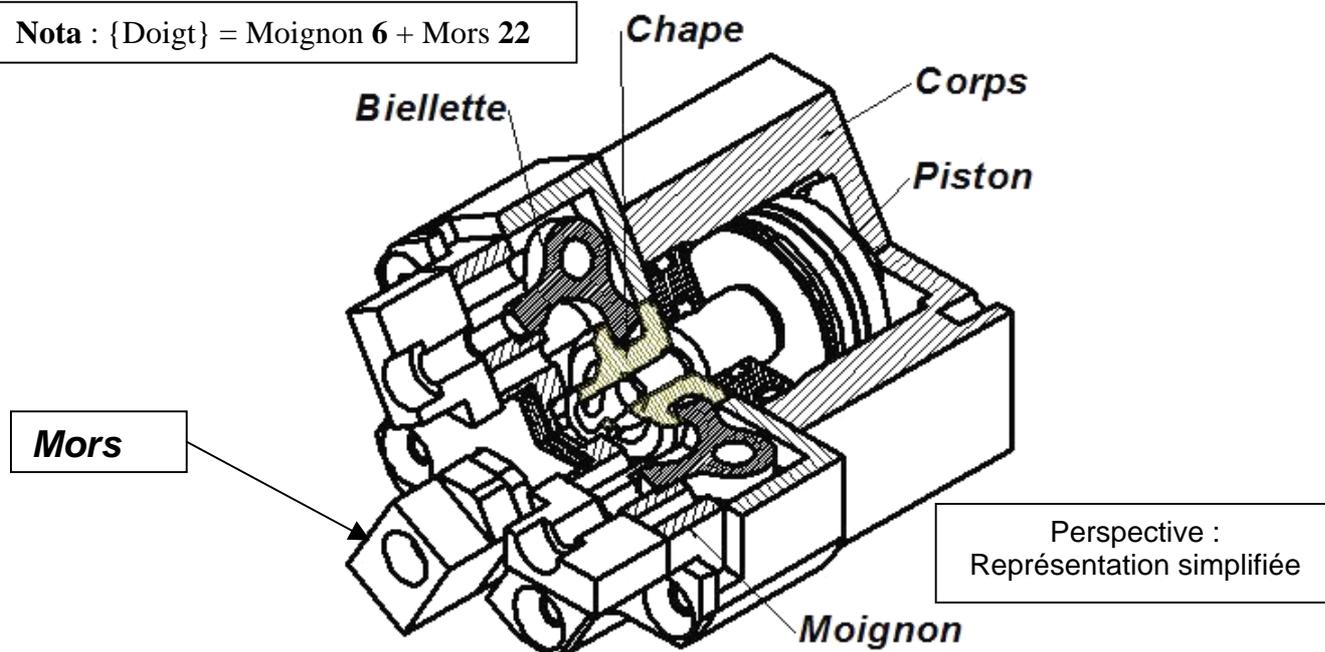
4.2 - Cahier des charges : C.d.C.F.

Modèle		242	244	246
Référence		2423000	2443000	2463000
Effort de serrage réel à 8 bars	(N)	60	200	900
Course par doigt (au rayon)	(mm)	4,5	8	12
Masse de la pince	(kg)	0,190	0,700	3,000
Répétitivité	(mm)	0,02	0,02	0,02
Temps d'ouverture / fermeture	(s)	0,05	0,08	0,50
Consommation air / cycle	(NI)	60	200	900
Poids pièce maxi conseillé	(kg)	0,300	1,500	8,000

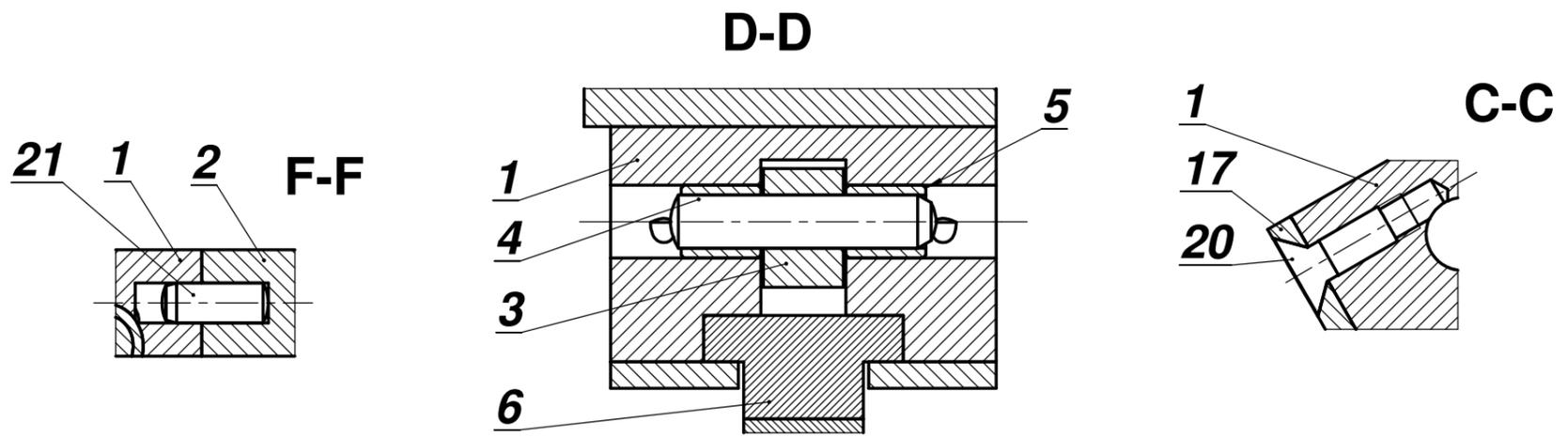
5. NOMENCLATURE DE LA NOUVELLE PINCE MODELE 242

REP	Nbre	DESIGNATION	MATÉRIAU	OBSERVATIONS
1	1	Corps	Al Si 1 Mg Mn	anodisation dure
2	1	Cylindre	Al Si1 Mg Mn	anodisation dure
3	3	Biellette	40 Cr Mn Mo8	brunissage
4	3	Goupille cylindrique ISO 8734-4x20	-	
5	6	Pallier lisse	-	PTFE 4 x 5,5 x 6
6	3	Moignon	40 Cr Mn Mo8	brunissage
7	1	Tige de piston	C 35	chromé
8	1	Piston	40 Cr Mn Mo8	brunissage
9	1	Aimant	C 45	
10	1	Rondelle	40 Cr Mn Mo8	
11	1	Rondelle plate Type N-4	-	
12	1	Ecrou hexagonal M4 - 08	-	zingué
13	1	Joint quadrilobes 14.70 x 2.62	-	
14	1	Joint torique 6 x 1	-	
15	1	Chape	40 Cr Mn Mo8	brunissage
16	1	Bague	Al Si1 Mg Mn	
17	1	Guide supérieur	C 70	brunissage
18	1	Joint torique 17.17 x 1.78	-	
19	3	Vis CHC M3x20- classe 4.8	-	
20	1	Vis FHC M3x8 classe 10.9	-	
21	2	Goupille cylindrique 3x8	-	
22	3	Mors	40 Cr Mn Mo8	brunissage
23	1	Joint quadrilobes 7.65 x 1.78	-	

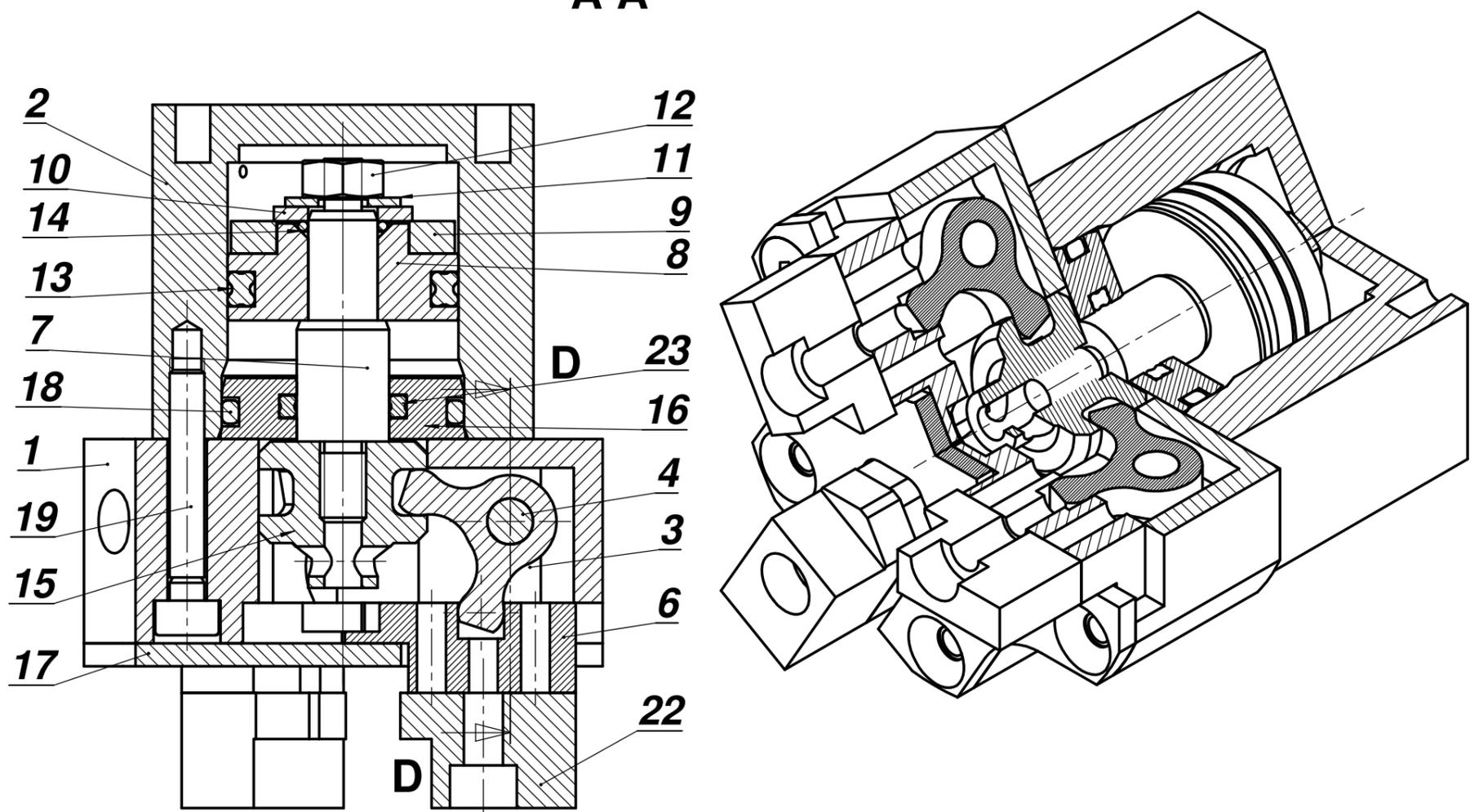
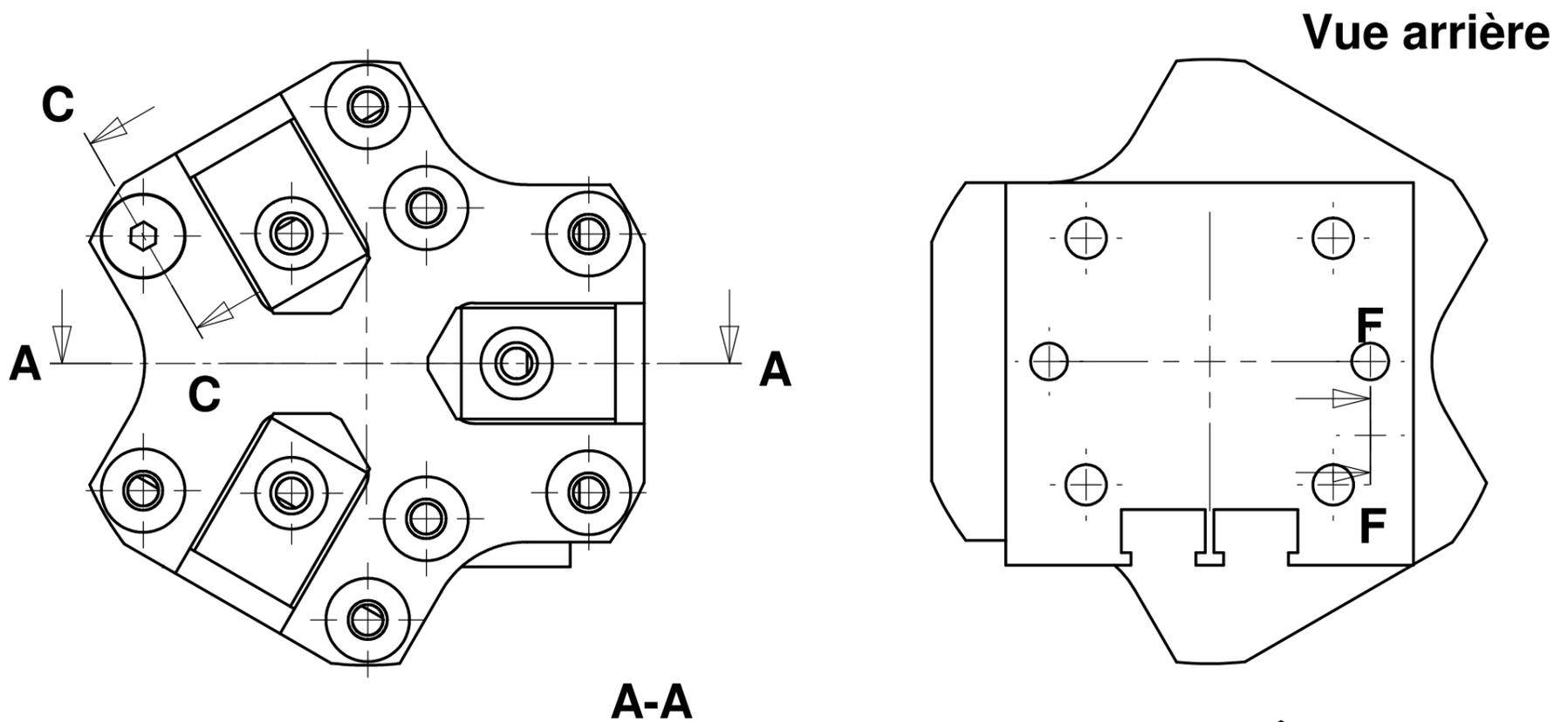
Nota : {Doigt} = Moignon 6 + Mors 22



6. Dessin d'ensemble de la nouvelle pince modèle 242

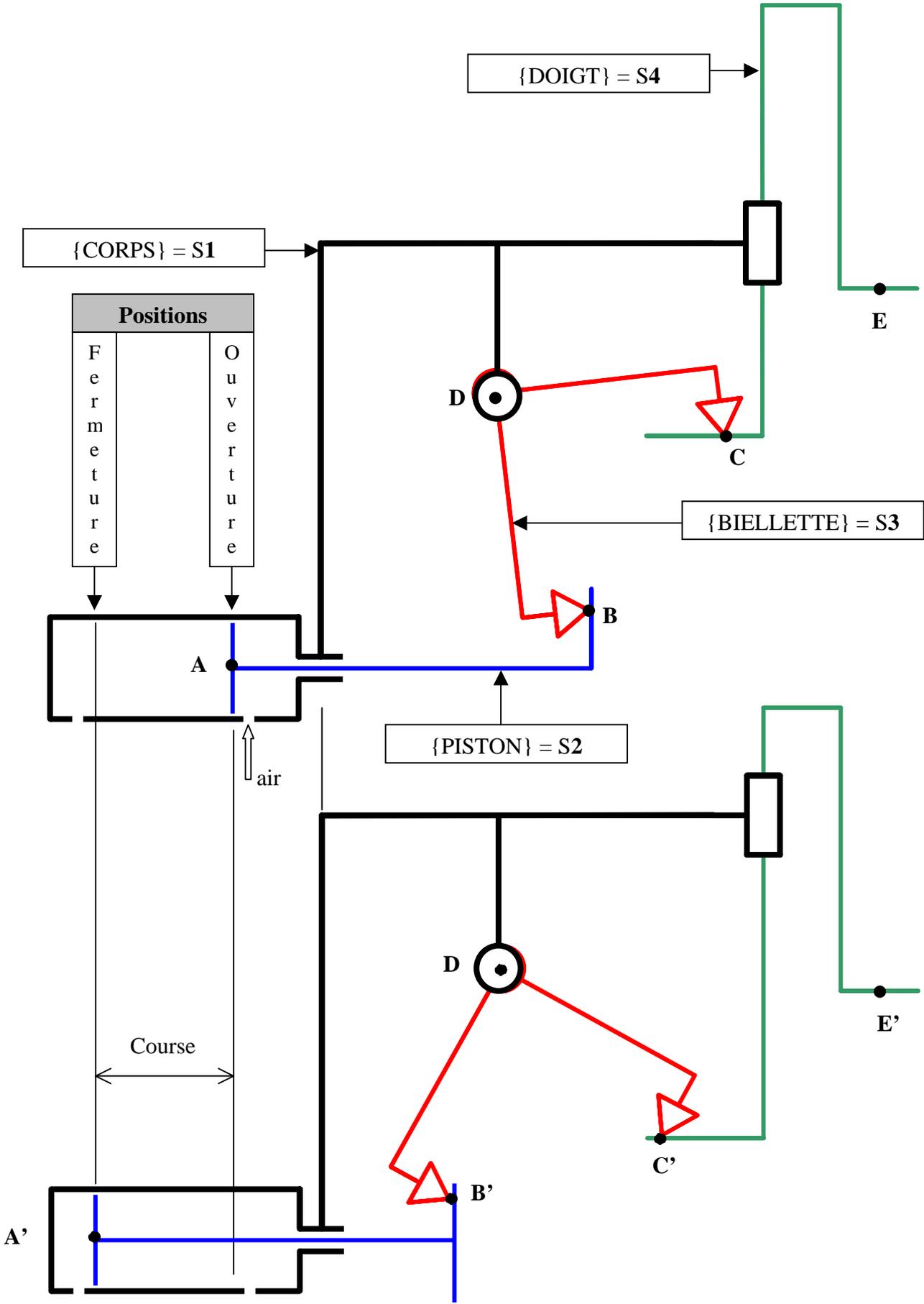


PINCE 3 doigts à serrage parallèle



Echelle : 2 : 1

7. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA PINCE :



DOSSIER TRAVAIL

Dans le but de valider le projet, les calculs de vérifications se feront en trois parties :

1. Première partie :

Dans cette partie on se propose de vérifier la valeur de la course du doigt du nouveau modèle de pince et de déterminer les trajectoires et les vitesses de glissement.

1.1 - Vérification de la valeur de la course.

1.2 - Calcul de la vitesse moyenne du piston.

1.3 - Tracé de la vitesse d'entrée.

1.4 - Identification des trajectoires et des vitesses de glissement + tracés graphiques.

1.5 - Traitement informatique du cycle complet.

2. Deuxième partie :

Dans cette partie, on se propose de vérifier qu'un effort minimal de serrage est obtenu sur un doigt du nouveau modèle de pince, quel que soit le diamètre à serrer dans la plage d'utilisation.

2.1 - Recherche de l'effort de serrage exercé par la biellette 3 sur le mors 4.

2.2 - Etude qualitative dans le cas du frottement : Isolement de la biellette 3.

2.3 - Traitement informatique cycle complet : résultats graphiques et tableaux des valeurs.

3. Troisième partie :

Dans cette partie, on se propose de vérifier le dimensionnement de la biellette (biellette positionnée de façon à ce que la direction de l'action mécanique du moignon soit perpendiculaire à la fibre neutre).

Etude qualitative : Isolement de la biellette 3

3.1 - Calcul au matage.

3.2 - Vérification du dimensionnement de la biellette.

Barème sur 60 points (proposition)

1.Première partie : / 25 points

2.Deuxième partie : / 25 points

3.Troisième partie : / 10 points

Total : / 60 points

1. PREMIERE PARTIE :

Dans cette partie on se propose de déterminer les trajectoires, les vitesses de glissement et de vérifier la valeur de la course du doigt du nouveau modèle de pince.

Schéma de référence : doc. 6/20

1.1 - Vérification de la course du doigt du nouveau modèle de pince.

Données : on donne une épure simplifiée (**doc.9/20**) de la pince en position « ouverture maximale ».

Tracer la position « *fermeture* » sur l'épure **doc.9/20** – laisser subsister les constructions.

Conclure par rapport au C.d.C.F. ?

1.2 - Détermination de la vitesse moyenne du piston en *phase fermeture* .

Données : course du piston = 4,5 mm – temps de fermeture = 0,05s

1.3 - Tracer à l'échelle $\vec{V}_{S2/S1}$ sur l'épure **doc.10/20**.

On admet : $\|\vec{V}_{S2/S1}\| = 0,09\text{m/s}$. A et B appartiennent au même solide, en déduire et tracer $\vec{V}_{B_{S2/S1}}$.

1.4 - Identification des trajectoires et des vitesses de glissement. Travail à effectuer sur **doc.10/20**

1.41 - Définir les mouvements de S3/S1 et S4/S1.

Mouvement de S3/S1 =

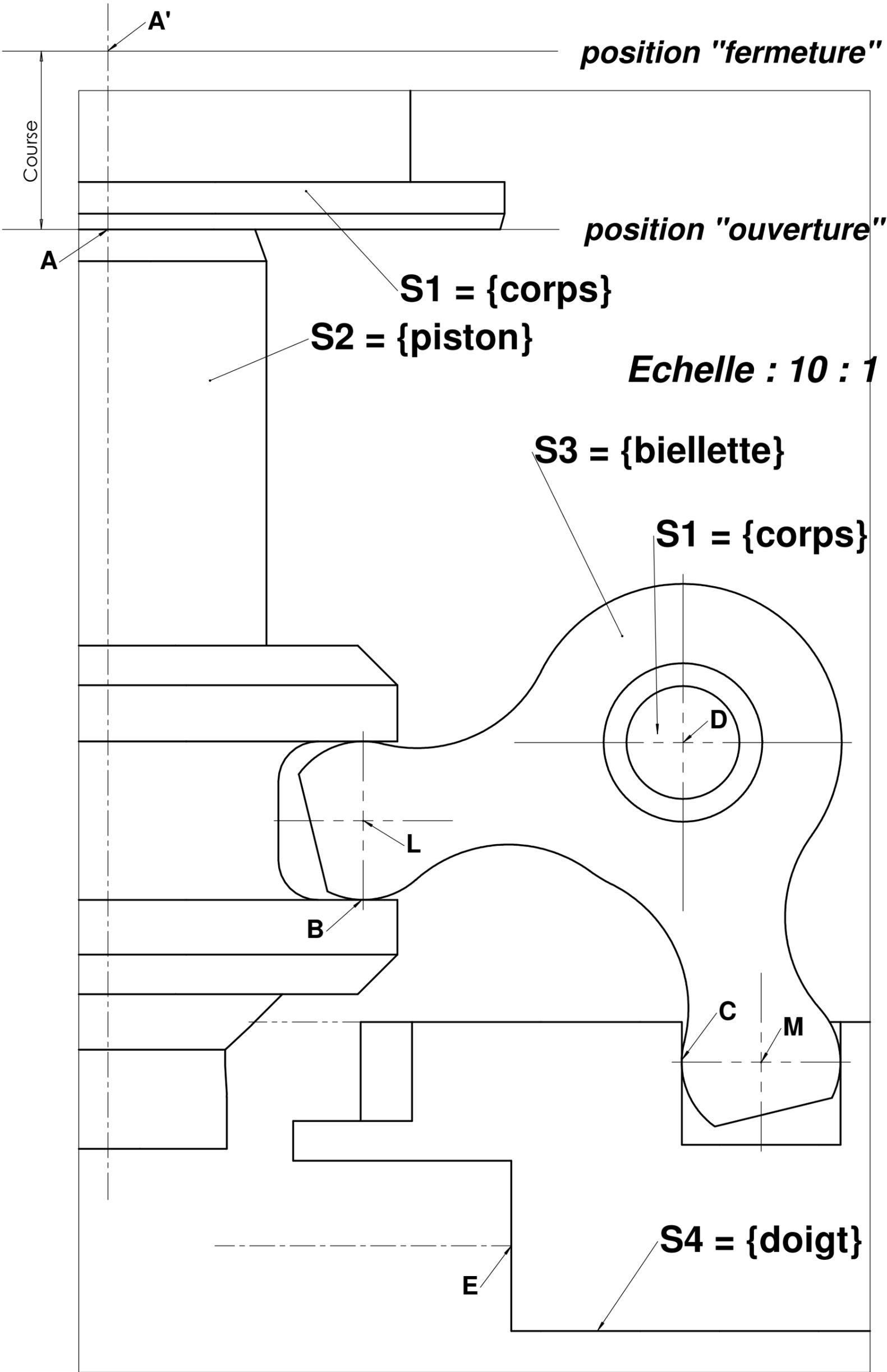
Mouvement de S4/S1 =

1.42 - Tracer et repérer les trajectoires TBS3/S1, TBS3/S2 et TCS3/S1 sur l'épure **doc.10/20**.

1.43 - Tracer et repérer les supports des vecteurs vitesses $\vec{V}_{B_{S3/S1}}$ et $\vec{V}_{C_{S3/S1}}$ sur l'épure **doc.10/20**.

1.44 - Ecrire au point B la loi de composition des vitesses entre 1, 2 et 3.

Déterminer graphiquement et repérer $\|\vec{V}_{B_{S3/S1}}\|$ et $\|\vec{V}_{B_{S3/S2}}\|$ sur l'épure **doc.10/20**
Interpréter et expliquer ce qui se passe au point B.



Question 1.3 à 1.4 : tracés vitesses
S2 = {piston}

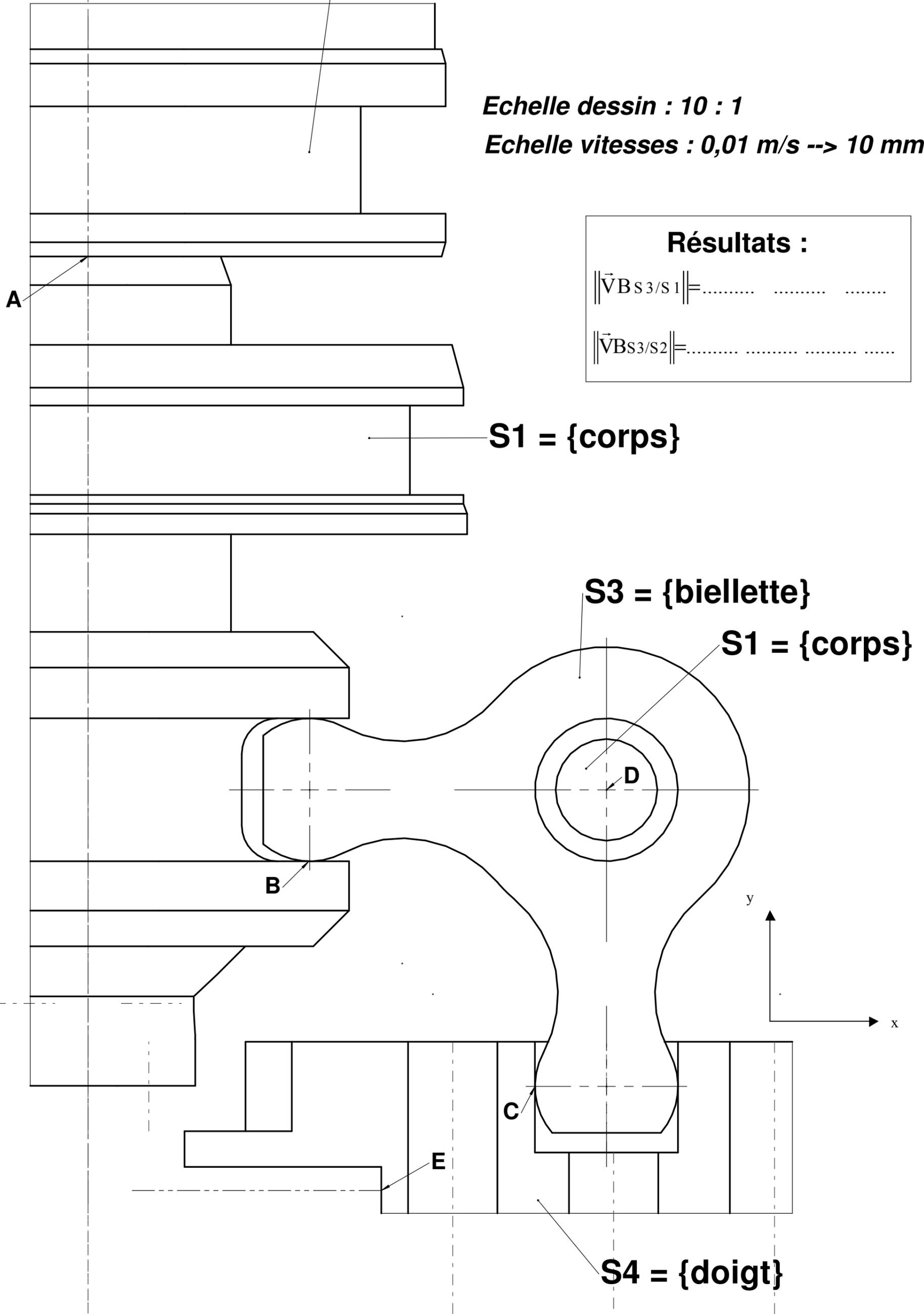
Echelle dessin : 10 : 1

Echelle vitesses : 0,01 m/s --> 10 mm

Résultats :

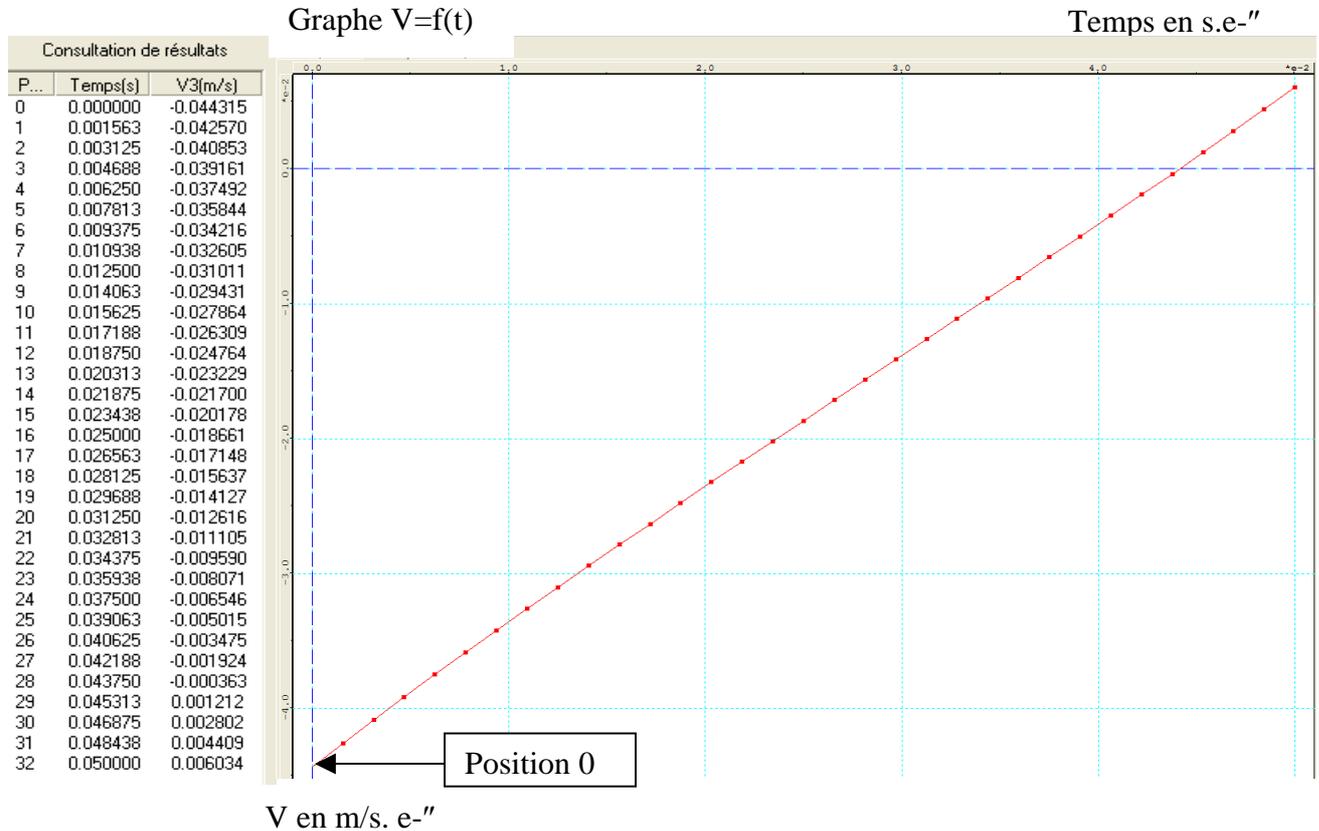
$$\|\vec{V}_{B_{S3/S1}}\| = \dots\dots\dots$$

$$\|\vec{V}_{B_{S3/S2}}\| = \dots\dots\dots$$



1.5 – Traitement informatique sur le cycle complet : résultats graphiques et tableaux des valeurs.

- **Données :** $\vec{V}_{BS3/S2}$: Vitesse relative de glissement de BS3/S2 - *[résultats informatiques 1]*



1.51 - Repérer et tracer - ci-dessus sur *[résultats informatiques 1]* – les *positions* entre lesquelles la vitesse de glissement change de signe.

Entourer par les positions sur Consultation des résultats

Délimiter les positions par des lignes verticales sur le graphe

1.52 - Repérer, sur le graphe *[résultats informatiques 1]*, la valeur de la vitesse de glissement pour le point BS3/S2 correspondant à la position de la bielle sur le **doc.10/20** [position 14] et afficher vos résultats ci-dessous.

Position 14 :	→	Temps t =	→	Vitesse glissement $\ \vec{V}_{BS3/S2}\ =$
---------------	---	-----------	---	---

Comparer les résultats graphiques et informatiques et conclure.

<ul style="list-style-type: none"> - Résultat graphique : - Résultat informatique : - Conclusion :

2. DEUXIEME PARTIE :

Dans cette partie, on se propose de vérifier qu'un effort minimal de serrage est obtenu sur un doigt du nouveau modèle de pince, quel que soit le diamètre à serrer dans la plage d'utilisation.

2.1 - Recherche de l'effort de serrage exercé par la bielle 3 sur le mors 4 :

Hypothèses :

- Perte de charge due aux frottements des joints entre {piston}/{cylindre} = 10% de l'effort théorique.
- Liaisons sans frottement.
- Les actions en B et C sur la bielle sont normales au plan de contact.
- L'étude se fera en phase « fermeture ».

Données :

- Pression $p = 8$ bars
- Autres données à relever sur le dessin d'ensemble **Doc. 5/20**

2.11 - Déterminer l'effort exercé par l'air sur le piston noté $\overrightarrow{A_{air/S2}}$.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\ \overrightarrow{A_{air/S2}}\$ théorique = </div>

Calcul avec perte de charge :

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\ \overrightarrow{A_{air/S2}}\$ réel = </div>
--

2.12 - En admettant que l'effort résultant $\|\overrightarrow{A_{air/S2}}\| = 189$ N, déterminer l'effort $\overrightarrow{BS2/S3}$ exercé par le piston sur une des trois biellettes.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\ \overrightarrow{BS2/S3}\ =$ </div>

2.13 - Isolement d'une bielle S3 – d'après **doc.14/20**

A – Effectuer l'analyse des actions mécaniques agissant sur une bielle 3.

B – Compléter le bilan des actions dans le *tableau ci-dessous* en appliquant le P.F.S. à la bielle S3.

C – En appliquant le P.F.S à la bielle S3, déterminer les actions (par graphique sur **doc.14/20** ou par calcul sur **doc.13/20**).

Action mécanique	Point application	Direction/sens	Intensité (N)
$\overrightarrow{BS2/S3}$	B	↑	63
$\overrightarrow{CS4/S3}$	C		
$\overrightarrow{DS1/S3}$	D		

Calculs éventuels : (en cas de manque de place, il est possible de rédiger les calculs au dos de la feuille)

Conclure par rapport au C.d.C.F :

2.2 – Etude qualitative avec prise en compte du frottement : Isolement de la biellette S – voir Doc.15/20.

Hypothèses :

- Liaisons avec frottement en B et C : $f = 0,08 = \tan \varphi$ - (bon graissage et bon état de surface).
- Liaison en D supposée sans frottement (paliers PTFE).

L'étude est conduite en phase de « *fermeture* ».

On se place dans la position donnée par l'épure **Doc.15/20** sur laquelle est indiqué le sens du déplacement du point BS3/S2 et du point CS3/S4.

Travail à effectuer sur document réponse **Doc.15/20**. – appliquer le P.F.S. (dynamique)

2.21 - Tracer la direction de $\overrightarrow{CS4/S3}$.

2.22 - Tracer la direction de $\overrightarrow{DS1/S3}$, en déduire et tracer le dynamique des forces.

2.23 - Tracer les composantes $\overrightarrow{NS2/S3}$ et $\overrightarrow{TS2/S3}$ de $\overrightarrow{BS2/S3}$ suivant y et x sur la figure.
Que représentent-elles ?

2.24 - Tracer les composantes $\overrightarrow{NS4/S3}$ et $\overrightarrow{TS4/S3}$ de $\overrightarrow{CS4/S3}$ suivant y et x sur la figure.
Que représente $\overrightarrow{NS4/S3}$?

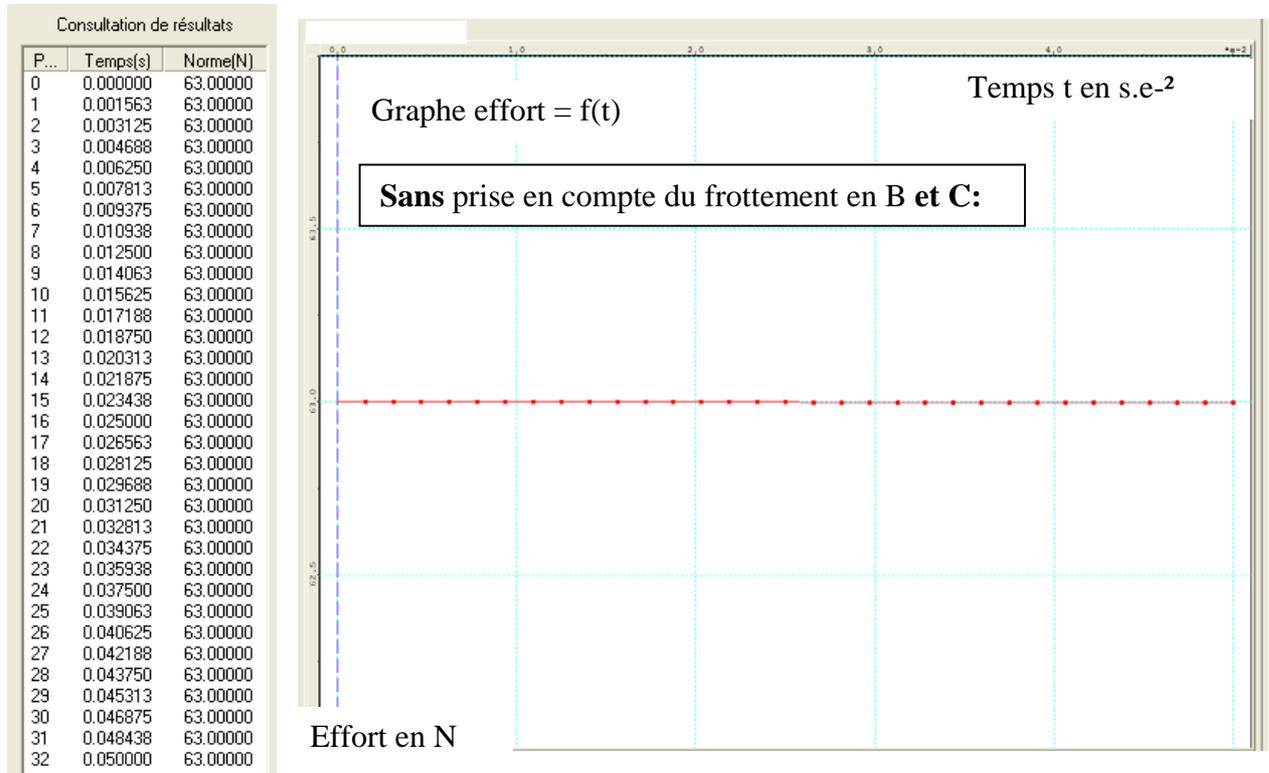
Remplacer par document **A4 portrait SW : doc.14/20**
(pour mémoire fichier DT statique Q2-1+cor.slddrw)

Remplacer par document A4 portrait SW : doc.15/20
(pour mémoire fichier DT statique Q2-2+cor.slddrw)

2.3 – Traitement informatique cycle complet : résultats graphiques et tableaux des valeurs.

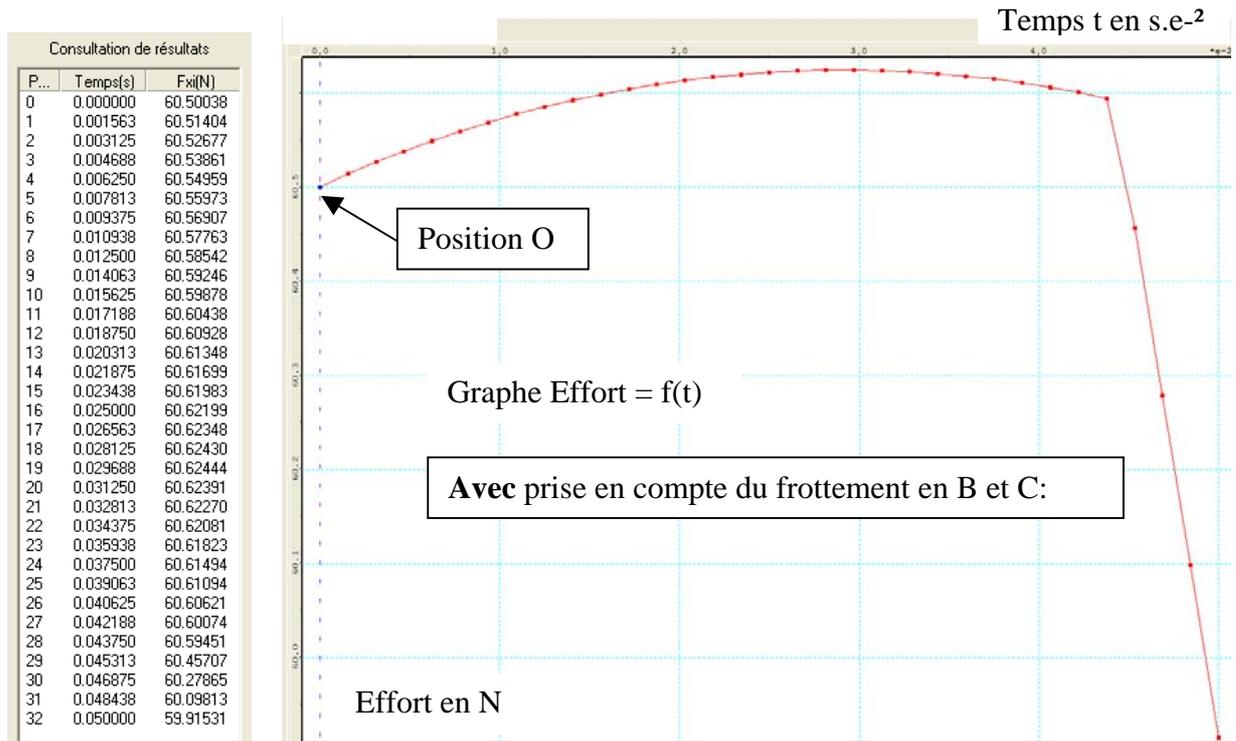
Une simulation avec un logiciel de calcul a permis de calculer les efforts de serrage pour le cycle complet correspondant aux deux situations a (sans frottement) et b (avec frottement).

a) Données : $\overline{CS4/S3}$ correspond à l'effort normal de serrage pièce [résultats informatiques 2]



b) Cas : situation réelle de fonctionnement [résultats informatiques 3]

Données : Effort $\overline{NS4/S3}$: effort normal à la surface de contact en C.



2.31 - Vérification de l'effort de serrage.

A partir des deux graphiques précédents, comparer la valeur de l'effort de serrage $\overline{CS4/S3}$ et de l'effort normal $\overline{NS4/S3}$ au cours du temps.

--

Repérer sur les graphiques et relever les valeurs minimales des efforts correspondants à $\overline{CS4/S3}$ maxi et $\overline{NS4/S3}$ maxi.

Repère position : _____	Sans frottement	Avec frottement
	Effort $\ \overline{CS4/S3}\ =$ _____	Effort $\ \overline{NS4/S3}\ =$ _____

Le constructeur désire une valeur de serrage s'inscrivant dans un intervalle de tolérance de $\pm 0,2\%$ par rapport à « l'effort de serrage réel à 8 bars » précisé par le cahier des charges (doc 4/20). Cette condition du cahier des charges est elle respectée ?

--

3. TROISIEME PARTIE :

Dans cette partie, on se propose de vérifier le dimensionnement de la biellette (biellette positionnée de façon à ce que la direction de l'action mécanique du moignon soit perpendiculaire à la fibre neutre).

3.1 – Calcul au matage

3.1 – Vérification de la pression de matage dans la liaison linéaire rectiligne entre la biellette 3 et le mors 4.

Hypothèses et données:

Matage au contact biellette/ mors :

Biellette et mors: matière 45 Cr Mn Mo 8 ; $Re = 900 \text{ MPa}$; $E = 210000 \text{ Mpa}$; largeur de la biellette $l = 6$.

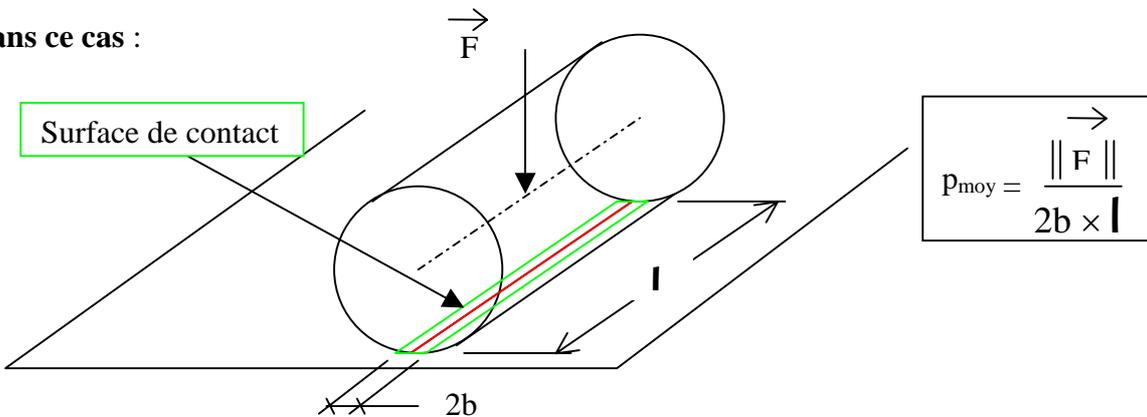
Frottement non pris en compte.

Données concernant la pression de matage :

Le contact en C entre le mors 4 et la biellette 3 est de type linéaire rectiligne.

L'effort normal de contact crée une pression de matage appliquée sur une surface de contact dont l'aire projetée est $(2b \times l)$.

Dans ce cas :



Les formules de Hertz relatives à ces contacts s'appliquent dans le domaine élastique. Pour ces calculs, il faut définir les grandeurs ci-dessous :

Contact cylindre-cylindre	
Contact réel	Répartition de p
$b \approx 1,52 \sqrt{\frac{\ \vec{F}\ \cdot r_r}{E \cdot \ell}}$	$P_{\max} \approx 0,418 \sqrt{\frac{\ \vec{F}\ \cdot E}{r_r \cdot \ell}}$

1° r_r : le rayon de courbure relative :

$$\frac{1}{r_r} = \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2}^*$$

r_1 : rayon du cylindre ou de la sphère 1.
 r_2 : rayon du cylindre ou de la sphère 2.

Signe : + pour une tangence extérieure.
 Signe : - pour une tangence intérieure.

2° Le module d'élasticité E pour le calcul :

$$\frac{1}{E} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)$$

E_1 : module d'élasticité du matériau 1.
 E_2 : module d'élasticité du matériau 2.

3.11 – On donne le rayon de courbure $r_r = 2$.

Déterminer la pression moyenne de matage dans la liaison linéaire rectiligne entre la bielle 3 et le piston 2.

3.12 - Déterminer la pression maximale de matage dans la liaison linéaire rectiligne entre la bielle 3 et le piston 2.

3.13 – Les valeurs expérimentales de la pression maximale admissible pour le type de matériau utilisé montrent que l'on ne doit pas dépasser : $p_{adm} = 500$ MPa.

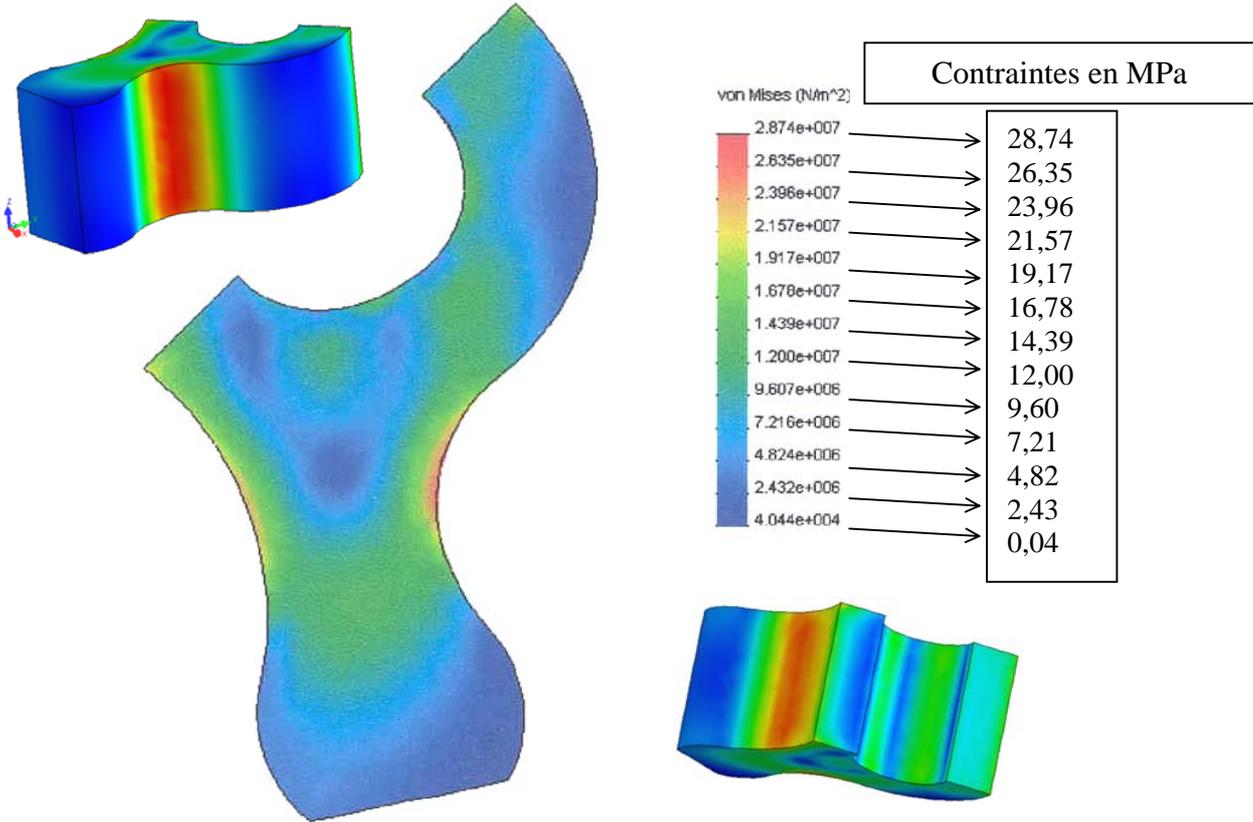
Vérifier la condition de résistance au matage.

3.14 – En supposant que la condition de résistance au matage ne soit pas respectée : faites des propositions qui permettraient d'améliorer la résistance au matage :

3.2 - Vérification du dimensionnement de la biellette

Hypothèses et données:

Biellette : on considère les actions mécaniques en B et C.
Le traitement avec un logiciel de Dimensionnement, nous donne la répartition des contraintes dans la 1/2 biellette.



3.21 - Rechercher et entourer, sur le graphe d'iso contraintes – ci-dessus, les zones soumises à la contrainte maximale.

3.22 - Vérification du dimensionnement :

Hypothèses et données :

- action normale en C : $\|\overline{NS4/S3}\| = 63 \text{ N}$
- *Biellette et mors*: matière 45 Cr Mn Mo 8 ; Re = 900 MPa ; coefficient de sécurité s = 6

Reporter la valeur de la contrainte maximale déterminée par le traitement informatique donné ci-dessus.

Comparer la valeur de la contrainte maximale obtenue avec la valeur de contrainte maximale admissible par le matériau