

# 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 :

- Un dossier Technique 2/15 à 6/15
- Un dossier travail 7/15 à 15/15
- Un dossier ressource 15/15

Documents à rendre par le candidat :

- Le dossier travail 7/15 à 15/15

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

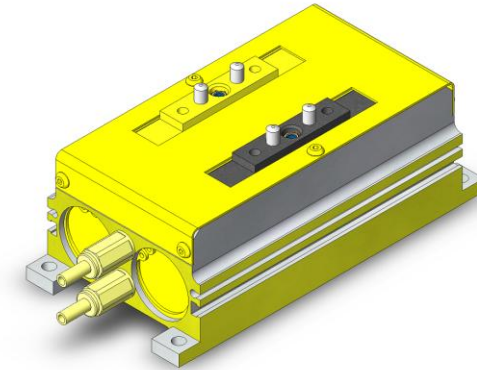
Calculatrice et documents personnels autorisés.

BAC PRO E.D.P.I.	Code : 1209-EDP ST 11	Session 2012	SUJET
Étude du comportement mécanique d'un système technique	Durée : 3 heures	Coefficient : 3	Page 1/15

# -1- DOSSIER TECHNIQUE

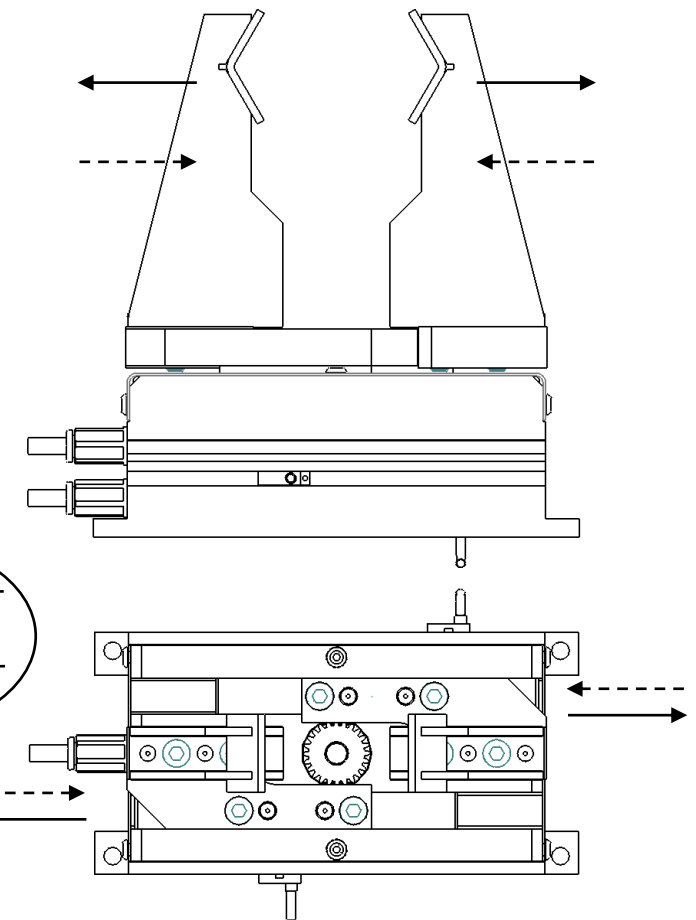
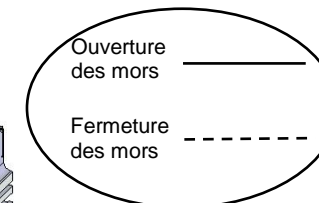
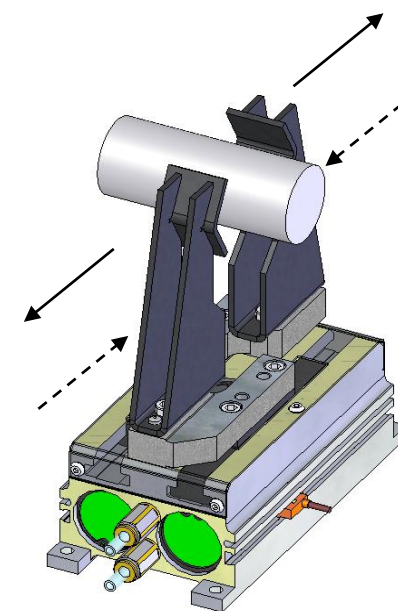
## -1.1- Mise en situation de l'étude :

L'unité de serrage DPL 3230 est une pince de robotique et péri-robotique fabriquée par la société CCMOP (filiale du groupe DESTACO) à Sainte-Florine dans la Haute-Loire. Cette pince est principalement utilisée dans les systèmes automatisés des secteurs de l'industrie automobile, aéronautique, électronique, électroménager et médicale.



## -1.2- Objet de l'étude :

L'unité de serrage est le support de l'étude. La conception de cette pince permet dans un faible encombrement d'allier une force de serrage importante à une longue course.



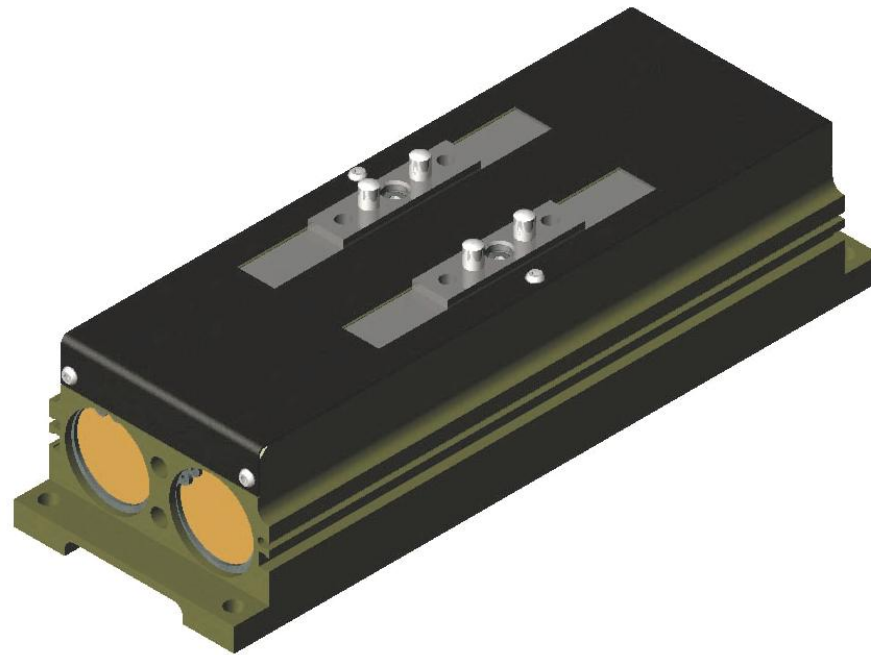
### -1.3- Problématique :

Pour répondre à la demande d'un client, un industriel doit vérifier l'adéquation entre la pince objet de l'étude et le cahier des charges d'une nouvelle unité de serrage.

L'étude portera sur la vérification :

- des temps de manœuvre et des vitesses d'accostage
- des actions mécaniques relatives aux efforts de serrage
- du dimensionnement des mors de serrage

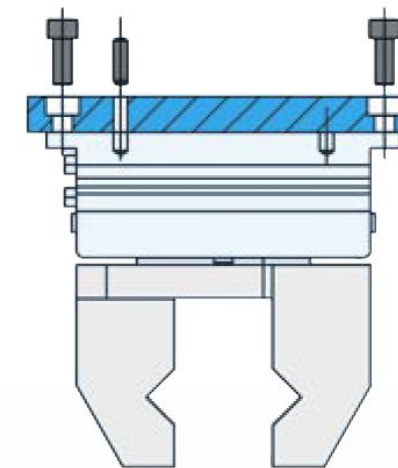
Au fur et à mesure de cette étude on complètera une **fiche bilan** (p 15/15), synthétisant les informations.



L'unité de serrage **DPL 3230** représentée sans les mors

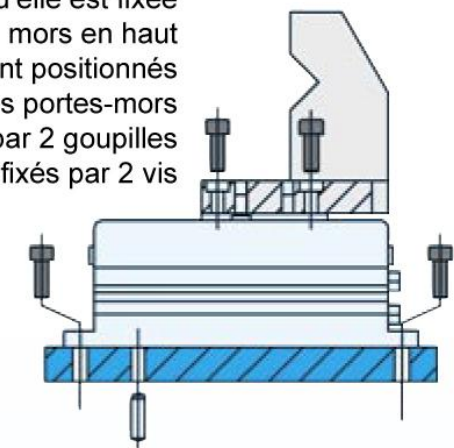
## Informations pour le montage :

### Les pinces peuvent être installées et fonctionner dans toutes les orientations



Par l'arrière, la pince peut être positionnée par 2 goupilles et fixée par 4 vis (en tirant)

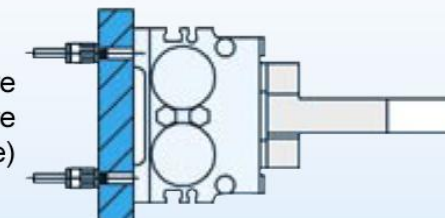
La pince est protégée des débris qui tombent lorsqu'elle est fixée mors en haut. Les mors sont positionnés sur les portes-mors par 2 goupilles et fixés par 2 vis.

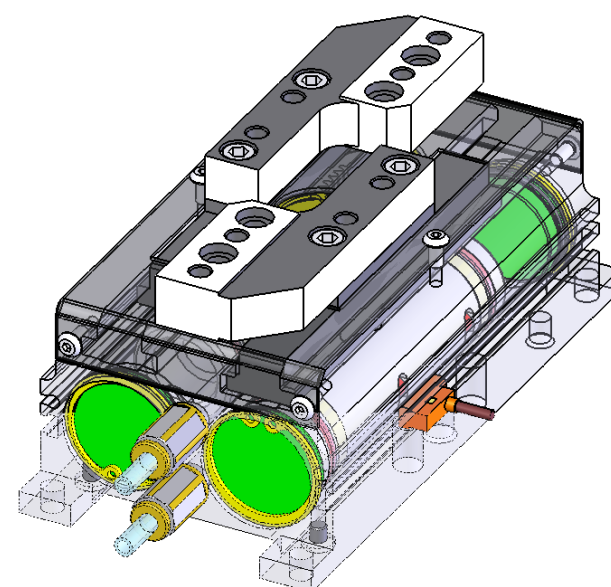
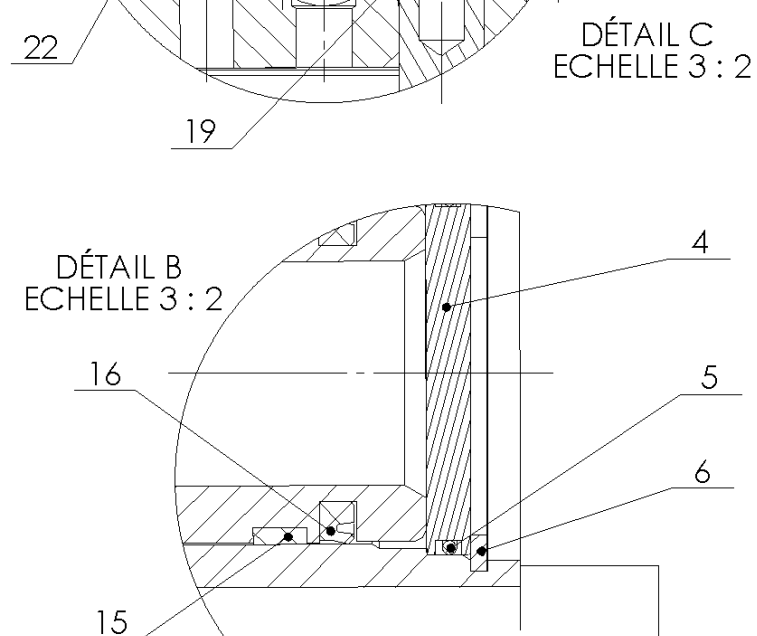
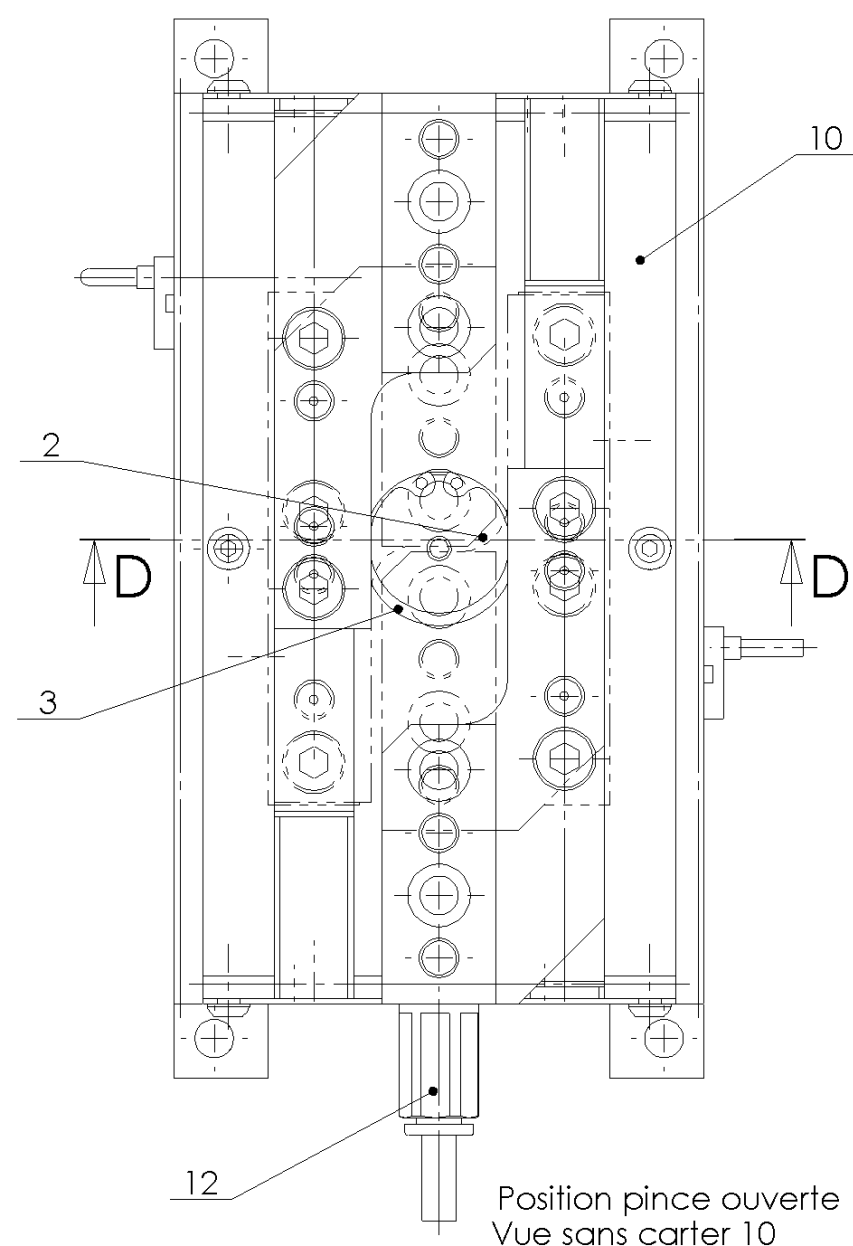
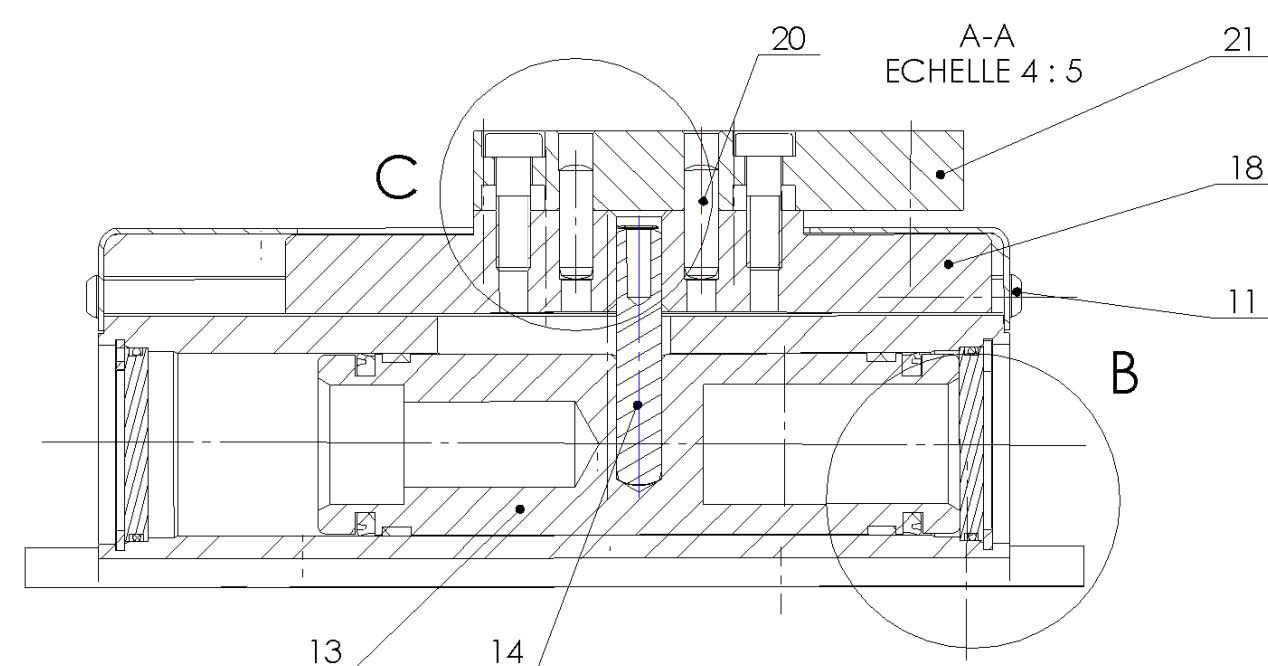
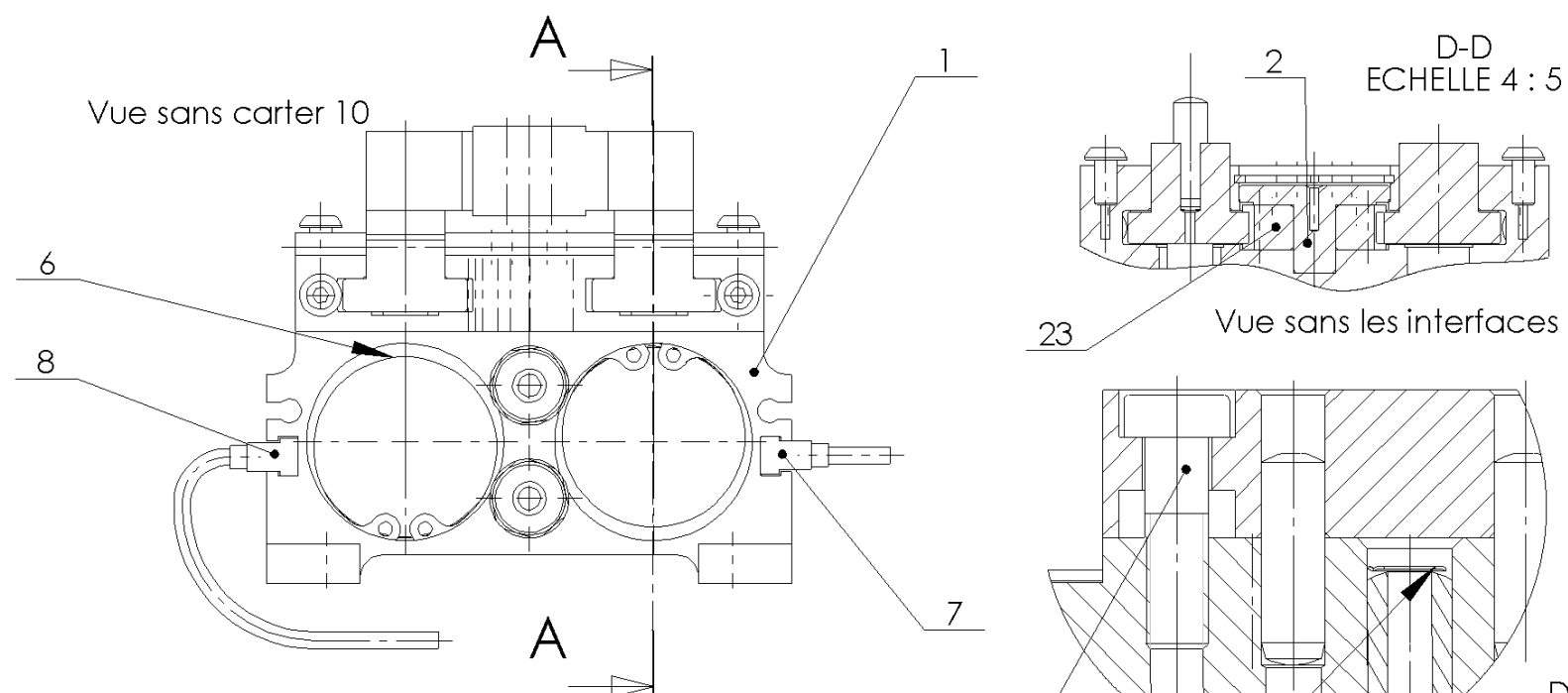


Par l'avant, la pince peut être positionnée par 2 goupilles et fixée par 4 vis (en poussant)



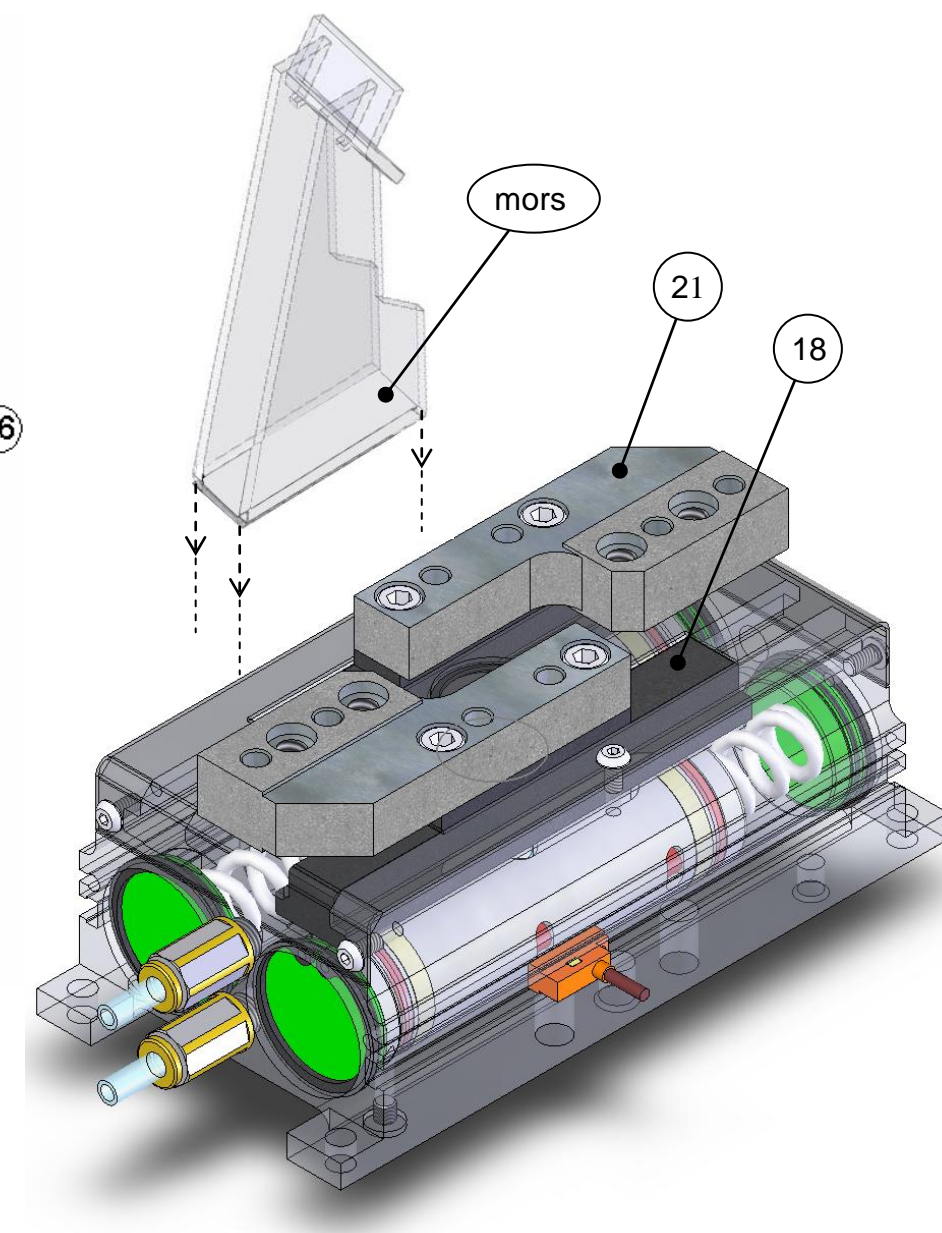
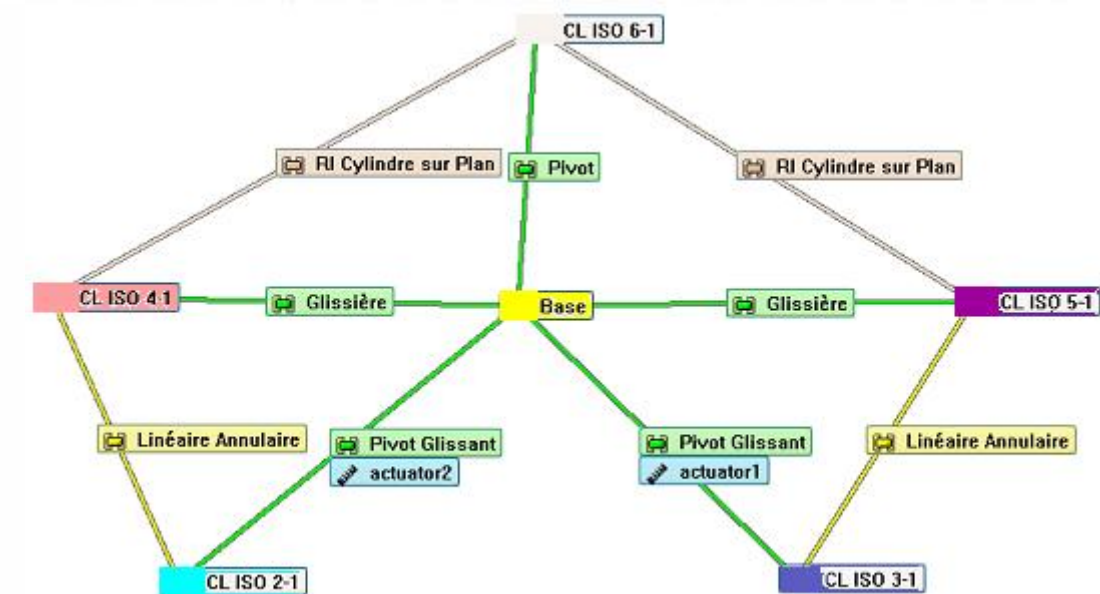
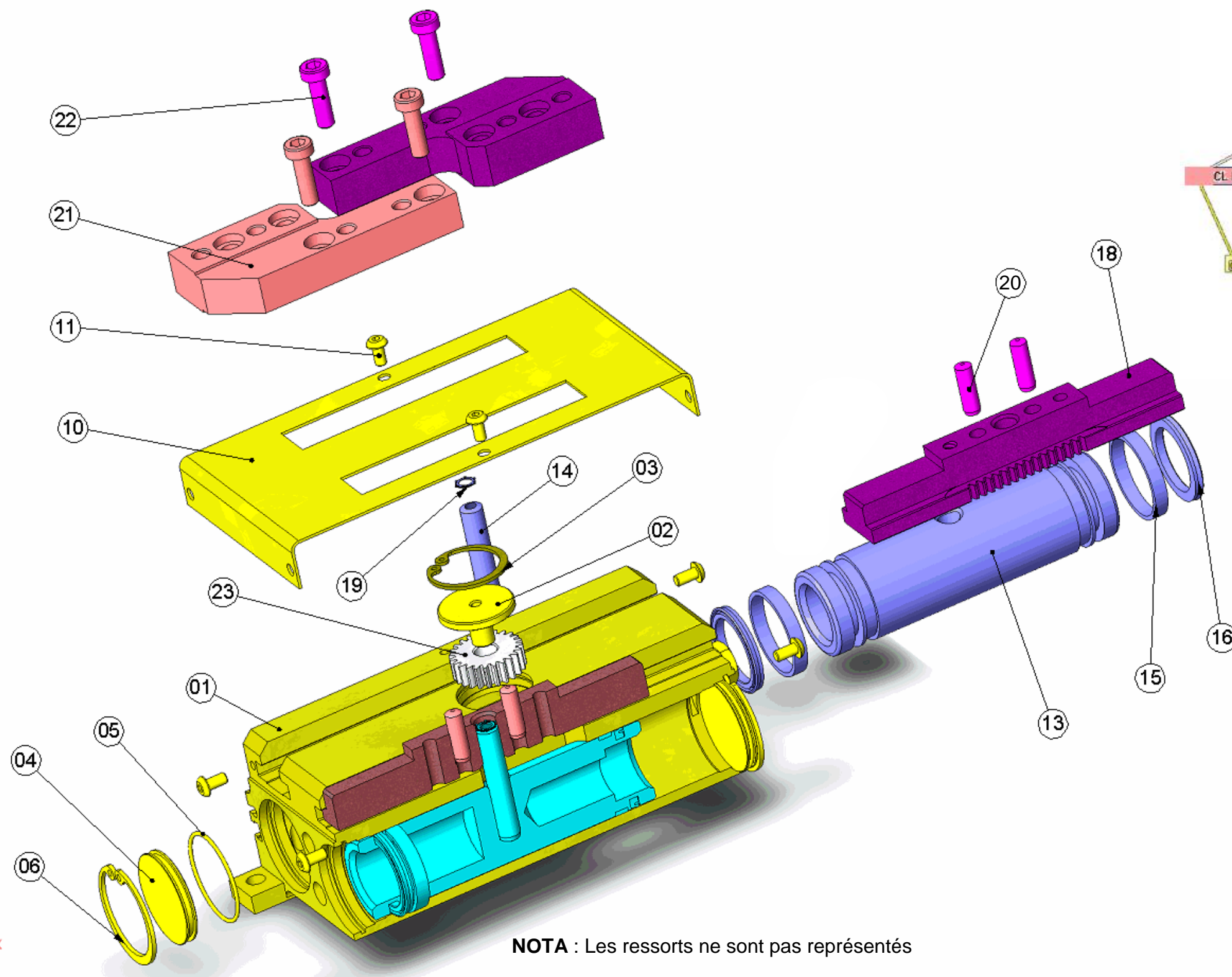
La pince peut être alimentée par l'arrière (étanchéité face/face)





23	1	Pignon	Z: 24 dents module: 1
22	4	vis d'interface	UFK6X20
21	2	Interface	20521-1 2 Interface LC3230
20	4	goupille	D6xL20
19	2	clip	Clip autobloquant
18	2	Porte mors	20521-06 Porte mors LC3230
17	4	aimant de capteur	Aimant_cylindrique
16	4	Joint	Joint Z8
15	4	Bague AE	32 x 28,9 x 5
14	2	Axe NLM	D8xL45
13	2	Piston	20521-02 Piston LC3230
12	2	raccord d'alimentation	Raccord 1_8 G
11	6	vis de carter	ULS4X8
10	1	carter	20521-10 Carter LC3230
9	2	bouchons de canalisation	STHC5X5
8	1	capteur d'ouverture	Sick1
7	1	capteur de fermeture	Sick1
6	4	Segment d'arrêt	CI35
5	4	Joint torique	Joint Torique 34 x 31,3
4	4	Chapeau	CT32
3	1	Segment d'arrêt	CI27
2	1	Axe	20521-08 Axe LC32
1	1	Corps	20521-01 Corps LC3230
Rep.	Nbre	Désignation	Nom de fichier







### Caractéristiques du produit

**Alimentations pneumatiques**  
Au choix : latérales sur 2 côtés (raccords) ou par l'arrière (étanchéité face/face).

**Composants de qualité**  
En alliage d'aluminium 6005A-T6 (profilé d'extrusion), avec revêtement anodique dur. Pièces essentielles du mécanisme en acier traité et rectifiées.

**Mors au centre**  
Accessoire (MC) pour simplifier les mors : 2 interfaces à fixer sur portes-mors.

**Fixations pinces**  
Au choix : par l'avant (en poussant) ou par l'arrière (en tirant).

**Détection inductive**  
Accessoire (SD) pour contrôle position mors : 3 supports à butée pour détecteurs cylindriques, réglables dans rainures, et 2 écrans.

**Détection magnétique**  
Pince pré-équipée pour différents détecteurs magnétiques, réglables dans rainures (contrôle position des mors).  
- 2 rainures en T pour détecteurs D1 et D4.  
- 2 rainures en O pour détecteurs OHSP006 - OHSP008.

**Assistance par ressorts**  
Option (R) pour tenir la pièce en cas de coupure d'air ou utiliser la pince en simple effet, en serrage sur arbre ou alésage.

**Principe de fonctionnement**

- Deux pistons à double effet, couissant dans des alésages du corps, sont alimentés simultanément par des passages d'air traversants. Equipés d'aimants permettant la détection magnétique, ils sont liés aux portes-mors par une goupille.

- Chaque porte-mors, guidé dans une rainure en « T » ajustée du corps, possède une crémaillère.

- Un pignon central, pivotant autour d'un axe fixé dans le corps, permet de synchroniser le mouvement opposé des 2 portes-mors.

- Selon la conception des mors, cette pince peut être utilisée en serrage sur arbre ou dans alésage.

- L'option assistance par ressorts assure le maintien de la pièce en cas de coupure d'air, ou permet d'utiliser la pince en simple effet.

**DPL2520**

Course totale : 40 mm  
Force  $F_{\text{R}} + R$  : 718 N  
Force  $F_{\text{R}}$  : 195 N  
Masse : 1,38 kg

Voir page **C55**

**DPL2535**

Course totale : 70 mm  
Force  $F_{\text{R}} + R$  : 679 N  
Force  $F_{\text{R}}$  : 144 N  
Masse : 1,80 kg

Voir page **C56**

**DPL3230**

Course totale : 60 mm  
Force  $F_{\text{R}} + R$  : 1214 N  
Force  $F_{\text{R}}$  : 339 N  
Masse : 2,26 kg

Voir page **C57**

**DPL3250**

Course totale : 100 mm  
Force  $F_{\text{R}} + R$  : 1159 N  
Force  $F_{\text{R}}$  : 274 N  
Masse : 3,02 kg

Voir page **C58**

**DPL4040**

Course totale : 80 mm  
Force  $F_{\text{R}} + R$  : 1806 N  
Force  $F_{\text{R}}$  : 436 N  
Masse : 4,30 kg

Voir page **C59**

**DPL4070**

Course totale : 140 mm  
Force  $F_{\text{R}} + R$  : 1795 N  
Force  $F_{\text{R}}$  : 477 N  
Masse : 6,00 kg

Voir page **C60**

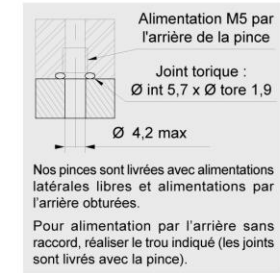
**OPTIONS & ACCESSOIRES**

Voir page **C61**

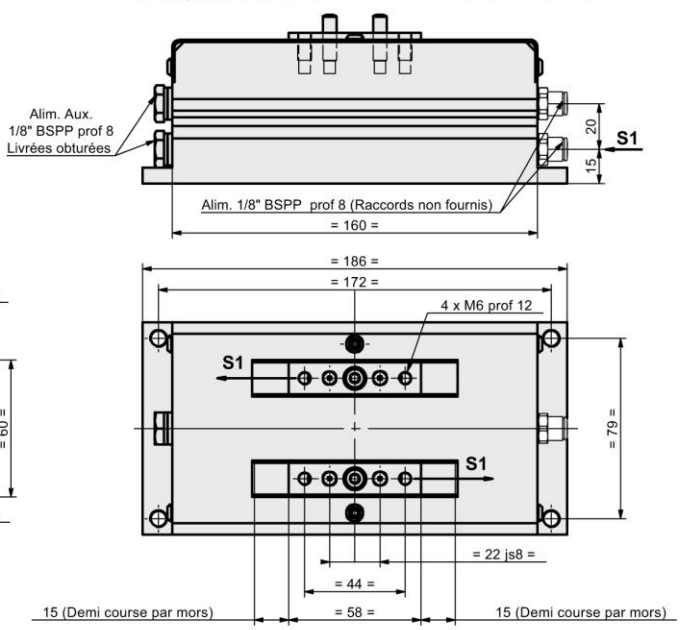
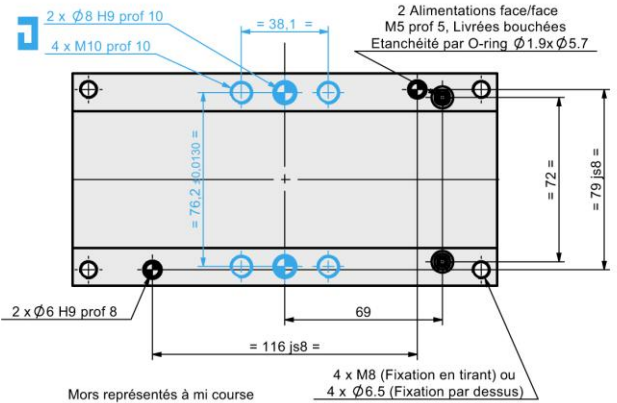
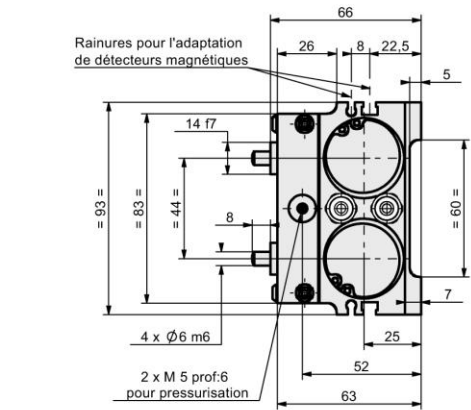
### PINCES PARALLELES DPL3230 GAMME "DPL" 2 MORS



Spécifications	DPL3230
Force ( $F_{\text{R}} + R$ ), 6 bar, ressorts mi-course, L=0	1214 N
Force ( $F_{\text{R}} + R$ ), 0 bar, ressorts mi-course, L=0	339 N
Course totale	60 mm
Masse	2,26 kg
Plage de pression d'utilisation sans ressort	2-10 bar
Plage de pression d'utilisation avec ressorts	4-10 bar
Ø d'alésage du vérin	32 mm
Cylindrée	96 cm <sup>3</sup>
Temps de manoeuvre (ouverture / fermeture)	0,11 s / 0,11 s
Répétabilité	± 0,025

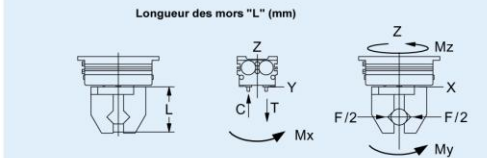
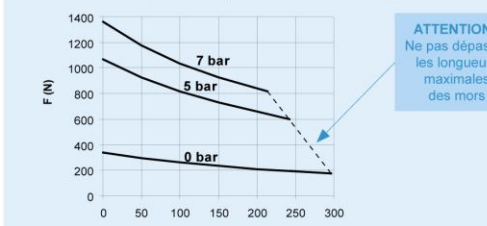


Nos pinces sont livrées avec alimentations latérales libres et alimentations par l'arrière obturées.  
Pour alimentation par l'arrière sans raccord, réaliser le trou indiqué (les joints sont livrés avec la pince).



#### Renseignements sur le chargement :

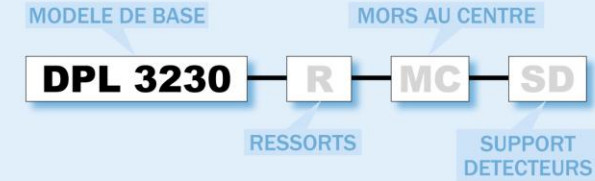
Somme des forces transmises par les mors sur la pièce (ressorts comprimés à 50% de la course)



Capacités de chargement *	Statique	Dynamique
Traction maximale T	1525 N	270 N
Compression maximale C	1900 N	270 N
Moment maximum Mx	76 Nm	8 Nm
Moment maximum My	227 Nm	22 Nm
Moment maximum Mz	120 Nm	22 Nm

\* Les capacités de chargement s'entendent par jeu de porte mors et ne sont pas simultanées.

#### Pour commander :



ACCESSOIRES POUR DÉTECTION	Réf commande	Qté / unité
Détecteur magnétorésistif PNP avec connecteur M8	OHSP006	1 à 3
Détecteur magnétorésistif PNP court avec connecteur M8	OHSP008	1 à 3
Détecteur magnétique PNP câble 0,3m sortie à 90° avec connecteur M8	D1	1 à 3
Détecteur magnétique PNP câble 0,3m sortie en ligne avec connecteur M8	D4	1 à 3
Kit supports détecteurs inductifs (3 supports + 2 écrans) (SD)	OSMK-100	1
Détecteur inductif M8 PNP avec connecteur M8	OISP-011-C	1 à 3
Câble (2 mètres) avec connecteur M8 droit à visser	CABL-010	1 à 3
ACCESSOIRES PNEUMATIQUES		
Kit de joints	SLKT-234	
Kit de joints des alimentations arrières	SLKT-316	1
Kit de réparation (visserie, ressorts, joints)	KSDPL3230	1
ACCESSOIRES DE MONTAGE		
Kit «Mors au Centre» (MC)	ODPL-003	1

Options et accessoires : page C61      Détecteurs : page G1

## **-2- DOSSIER TRAVAIL**

**L'étude portera sur la validation du produit.**

### **2.1 – Étude des liaisons :**

- Analyse et définition des liaisons mécaniques entre les sous ensembles iso-cinétiques /20

### **2.2 Validation des temps de manœuvre et des vitesses d'accostage**

- Analyse des mouvements et trajectoires /15
- Tracés des trajectoires /15
- Détermination des courses d'approche et d'accostage /20
- Détermination de la durée d'approche et d'accostage d'un piston /30

### **2.3 – Étude des actions mécaniques :**

- Recherche graphique des actions mécaniques sur les interfaces 21 /30
- Détermination du moment où l'effort nécessaire au serrage est atteint /10

### **2.4 – Étude et dimensionnement des mors de serrage :**

- Préparation de la saisie sur un logiciel de simulation mécanique et lecture des résultats /15
- Lecture des résultats /15
- Proposition de modifications /10

### **2.5 – Bilan**

- Renseignement de la fiche de validation du produit /10
- Conclusion /10

**TOTAL : /200**





### 2.1. Étude des liaisons :

L'étude vise à préparer la saisie sur un logiciel de simulation mécanique

#### Analyse et définition des liaisons mécaniques entre les sous ensembles iso-cinétiques

Dans le but d'utiliser un logiciel de calcul, compléter les liaisons et les classes d'équivalences entre solides

A l'aide des documents 4 et 5/15, compléter les classes d'équivalence et le tableau des liaisons ci-après en indiquant le nom des liaisons entre chaque classes d'équivalence.

Classe	Pièces		Liaisons
Cl.1 (Base)	{ 1; 7; 12 ; 9 ;		<div>Liaison pivot glissant</div>
Cl.... Iso 3.1	{		
Cl.... Iso 2.1			
Cl.... Iso 5.1	{ mors ; 18 ;		
Cl.... Iso 4.1			
Cl.... Iso 6.1	{		



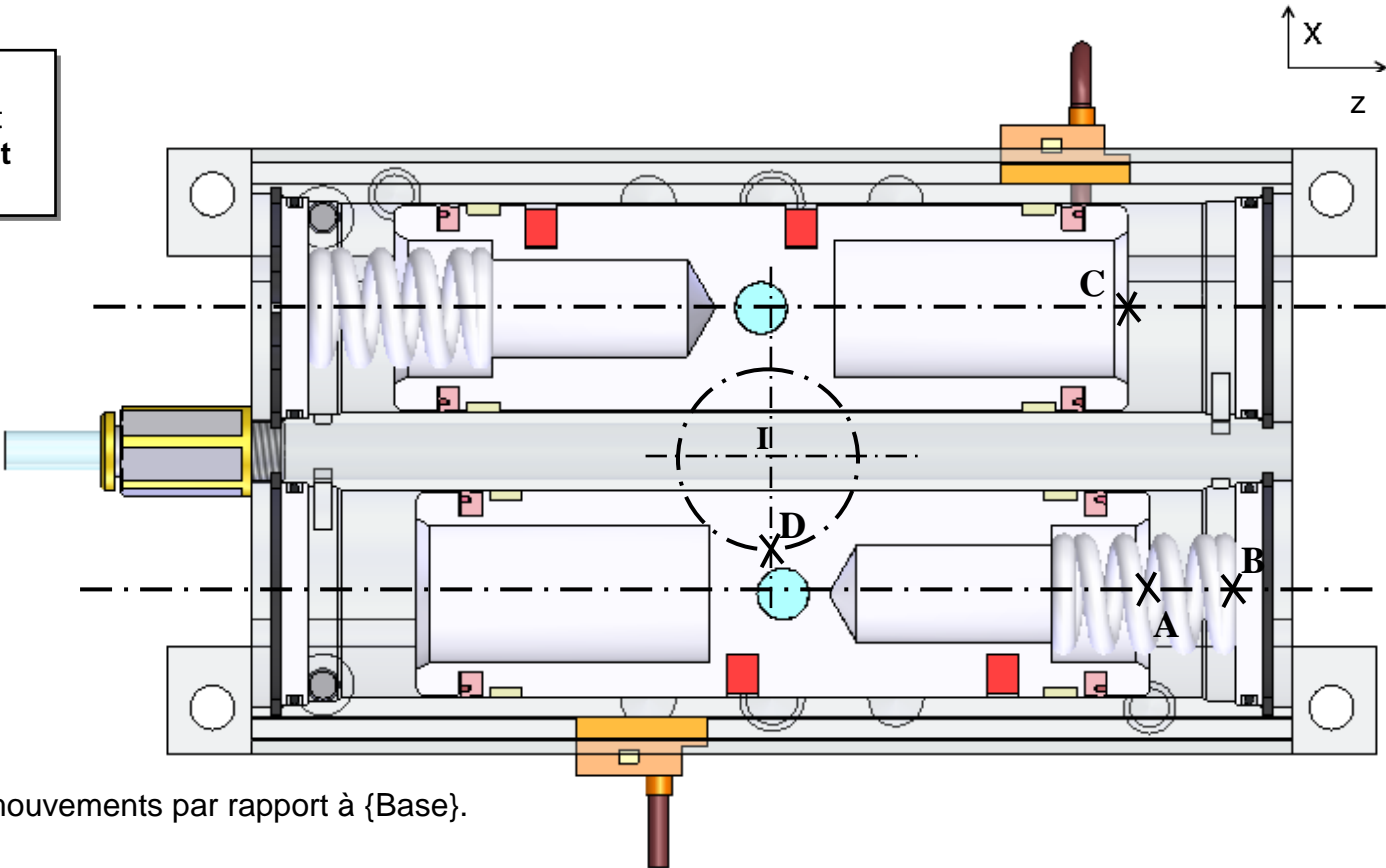
2.2 Validation des temps de manœuvre et des vitesses d'accostage :

L'étude vise à vérifier si la pince permet d'assurer la cadence de production visée.

2.2.1 Analyse des mouvements et trajectoires :

	Mouvements	Trajectoires
MVT {iso 2-1} / {base} : Point A		
MVT {iso 2-1} / {base} : Point D		
MVT {iso 6-1} / {base} : Point D		

Compléter le tableau  
suivant en se référant  
aux documents 4, 5 et  
6 /15



2.2.2 Tracer des trajectoires sur la vue en coupe ci-contre :

- en rouge la trajectoire des points A et C appartenant respectivement à {iso 2-1} et {iso 3-1} dans leurs mouvements par rapport à {Base}.
- en bleu la trajectoire du point D appartenant à {iso 2-1} dans son mouvement par rapport à {base}.
- en vert la trajectoire du point D appartenant à {iso 6-1} dans son mouvement par rapport à {base}.

Puis les nommer sous la forme :

$T_B \in \{iso\ 3-1\} / \{base\}$

Afin d'éviter de marquer les pièces, le bureau d'étude de la société décide que le serrage se fera en deux phases :

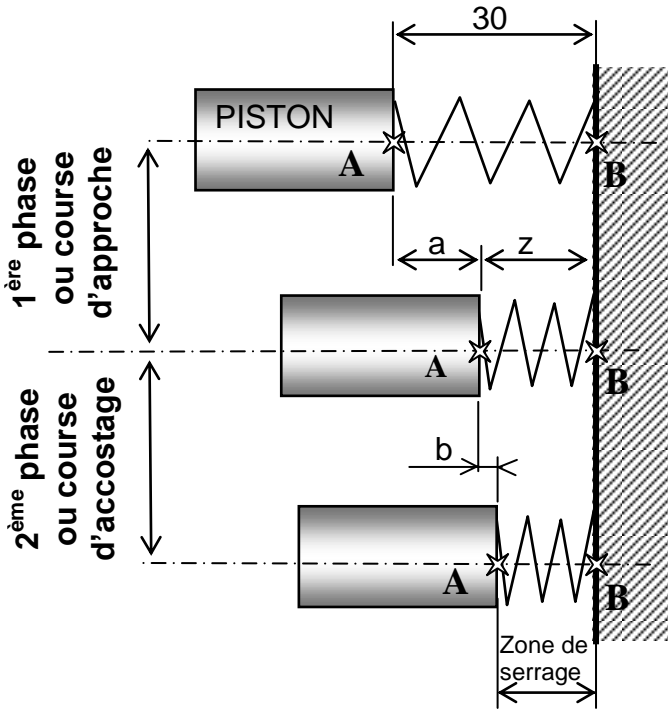
- la première phase ou course d'approche (a) représentera **90% du déplacement** et devra limiter le temps de serrage.
- La seconde phase ou course d'accostage (b) représentant **10% du déplacement** devra réduire le risque de marquer les pièces.

Après plusieurs tests la vitesse d'accostage maximale que supportent les pièces pour ne pas être marquées, est définie à 0,01m/s.

2.2.3 Détermination de la Course d'approche et de la course d'accostage (voir schéma ci-contre) :

Remplir les cellules du tableau ci dessous en  
précisant tous les calculs effectués

Quelle est la course totale des mors (doc. 3/15 et 6/15) ?	.....
En sachant que la course totale est définie par la distance parcourue par les deux mors ; quelle est la distance maximale que peut parcourir chaque mors (donc chaque piston) ?	..... .....
Le serrage de la pièce s'effectue sur une zone de serrage de 20mm ; quelle est donc la course réelle que parcourt chaque piston ?	..... .....
En fonction des hypothèses ci-dessus : Quelle est la valeur de la course d'approche (a) ? Quelle est la valeur de la course d'accostage (b) ?	..... .....



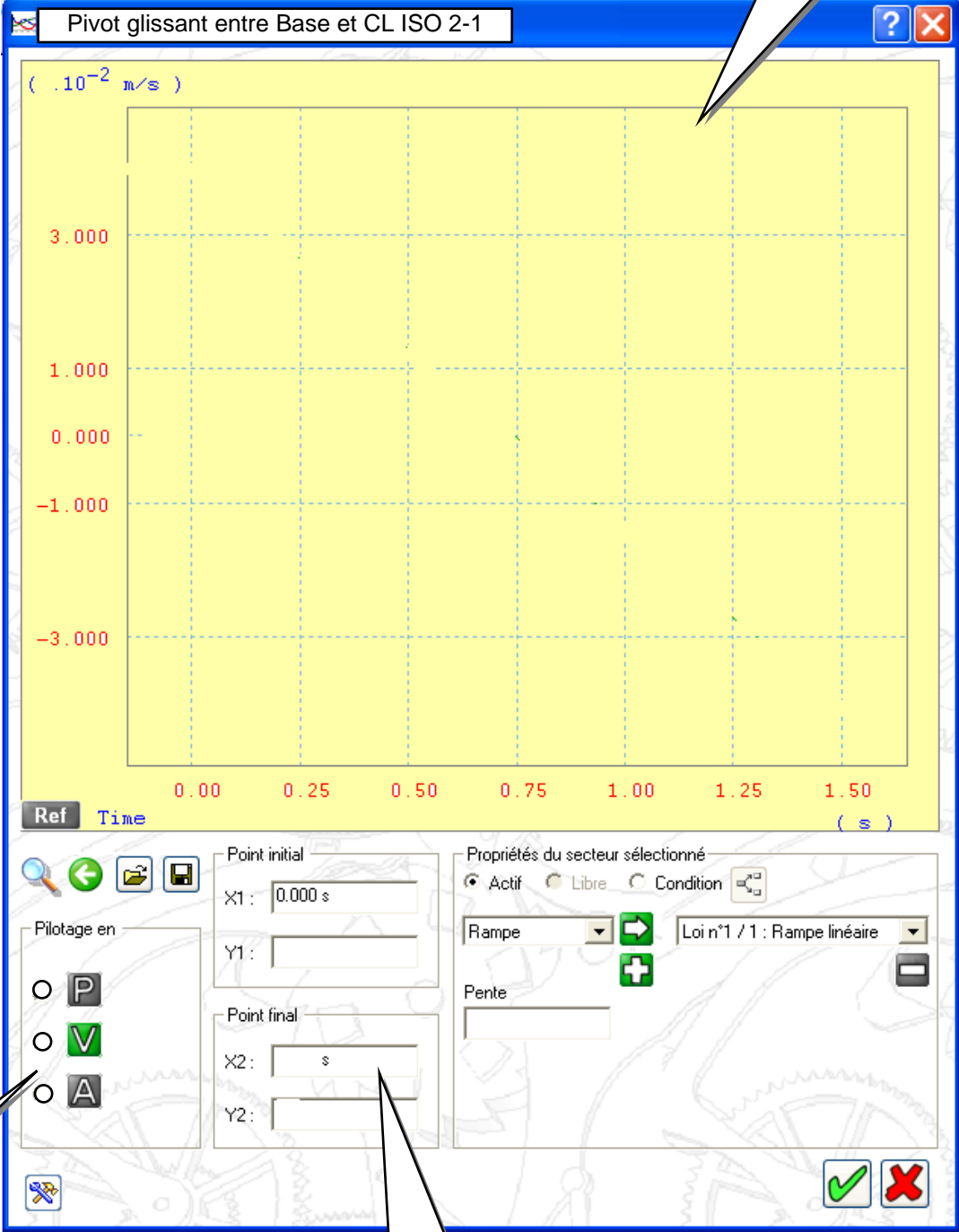
2.2.4 Détermination de la durée d'approche et d'accostage d'un piston :

2L'étude portera sur le sous ensemble piston CL ISO 2-1. Elle vise à déterminer les valeurs des vitesses des accélérations et des durées de chacune des phases d'approche et d'accostage. Ces valeurs seront saisies dans un logiciel de simulation mécanique afin de simuler le mouvement de l'ensemble sur la durée complète du serrage d'une pièce.

1 <sup>ère</sup> Phase	Quelle est la distance AB en fin de la course d'approche correspondant à la distance z de l'équation de mouvement pour un serrage de la pièce de 20 mm sachant que la distance a vaut 18mm (voir schéma 2.2.3) ?	..... .....
	Quelle est la durée en s de la 1 <sup>ère</sup> phase sachant que $z = -30+12t_1^2$ ?	..... <b>t<sub>1</sub></b> = .....
	Quelles sont les vitesses initiales et finales ? Quelle est l'accélération en fin de course d'approche ? On a :	<b>Vitesse initiale :</b> ..... .....
	<div><div>z position en mm</div><div><math>\gamma</math> accélération en mm/s<sup>2</sup></div><div>v vitesse en mm/s</div><div>v<sub>0</sub> vitesse initiale en mm/s</div><div>et z<sub>0</sub> position initiale en mm</div></div> <div><div>.....</div><div>...</div><div>.....</div><div>.....</div><div>.....</div></div> <div><div><math>z = \frac{1}{2} \gamma . t^2 + v_0 . t + z_0</math></div><div><math>v = \gamma . t + v_0</math></div><div><math>\gamma = \text{constante}</math></div></div>	<b>Accélération :</b> $z = -30+12t^2$ et $z = \frac{1}{2} \gamma . t^2 + v_0 . t + z_0$ En comparant membre à membre, nous avons : $12t^2 = \frac{1}{2} \gamma . t^2 \rightarrow 12 = \frac{1}{2} \gamma \rightarrow \gamma = 24 \text{ mm/s}^2$
<b>Vitesse finale :</b> ..... .....		
<b>Attention :</b> La vitesse finale obtenue dans la 1 <sup>ère</sup> phase = la vitesse initiale de la 2 <sup>ème</sup> phase		
2 <sup>ème</sup> Phase	La vitesse d'accostage maximale vaut 0,01m/s dans cette phase. Déterminer la valeur de l'accélération dans cette 2 <sup>ème</sup> phase sachant que $v_{\text{finale}}^2 = v_{\text{initiale}}^2 + 2x \gamma (Z_{\text{finale}} - Z_{\text{initiale}})$ ici $Z_{\text{finale}} - Z_{\text{initiale}} = 2 \text{ mm}$	<b>Décélération :</b> ..... .....
	Quelle est la durée de cette 2 <sup>ème</sup> phase sachant que $v_{\text{finale}} = \gamma . t + v_{\text{initiale}}$ ?	..... <b>t<sub>2</sub></b> = .....
Durée totale	Quelle est la durée totale du serrage ? (Durée totale = temps 1 <sup>ère</sup> phase + temps 2 <sup>ème</sup> phase)	..... .....

Compléter les cellules du tableau ci dessous en précisant tous les calculs effectués

Tracer l'allure générale de la courbe



L'étude à permis de définir les deux phases qui composent le mouvement (accélération puis décélération)

Dans le cadre ci-contre, saisir les informations qui permettent de piloter en vitesse la liaison Pivot glissante entre Base et CL ISO 2-1 sur un logiciel de simulation mécanique. Tracer la courbe dans la zone prévue à cet effet.

Indiquer par un point le type de pilotage (P position, V vitesse, A accélération)

Compléter les valeurs correspondant aux des points initiaux et finaux

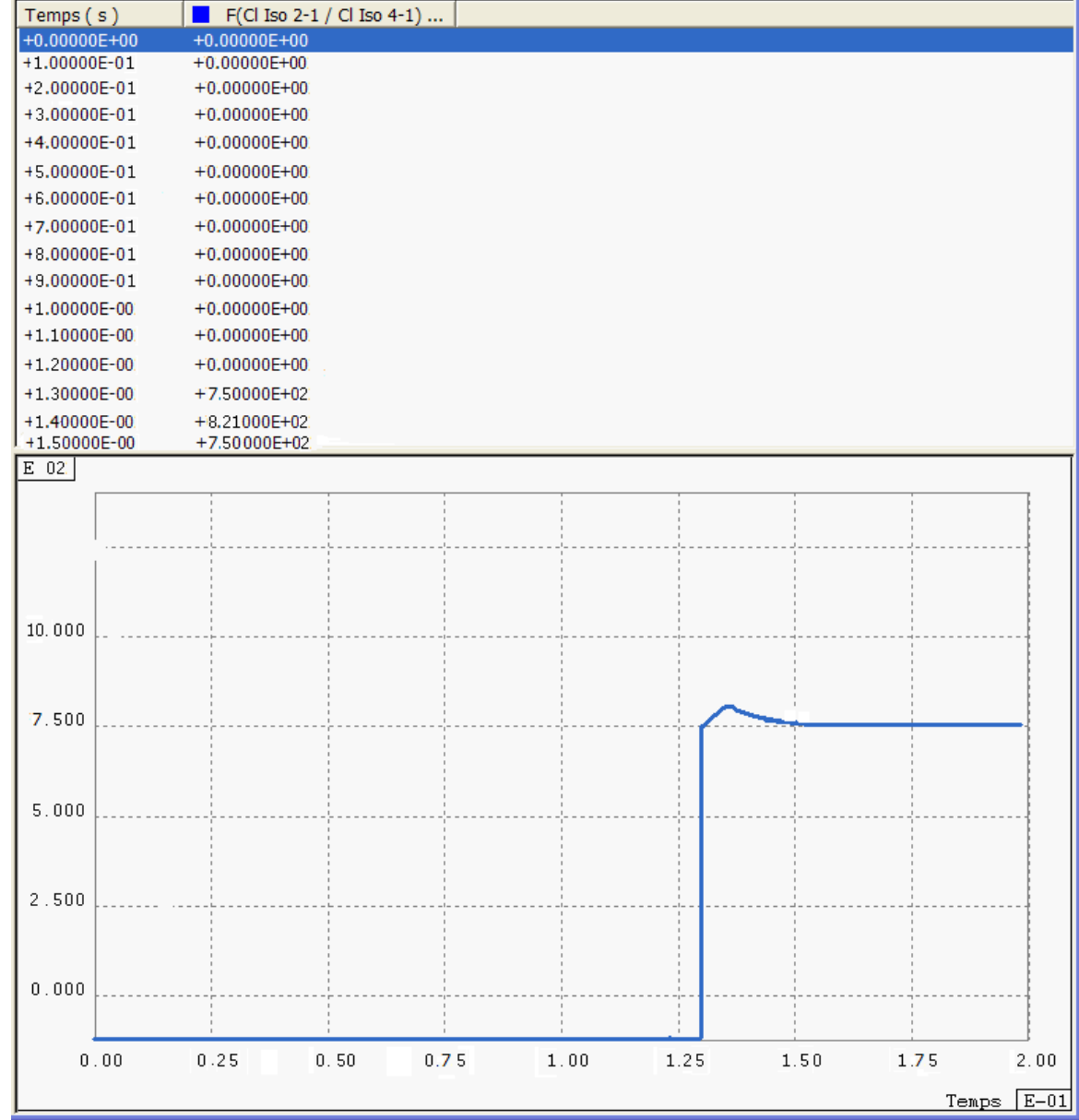
2.3 Étude des actions mécaniques

2.3.1 Recherche des actions mécaniques sur les interfaces 21 :

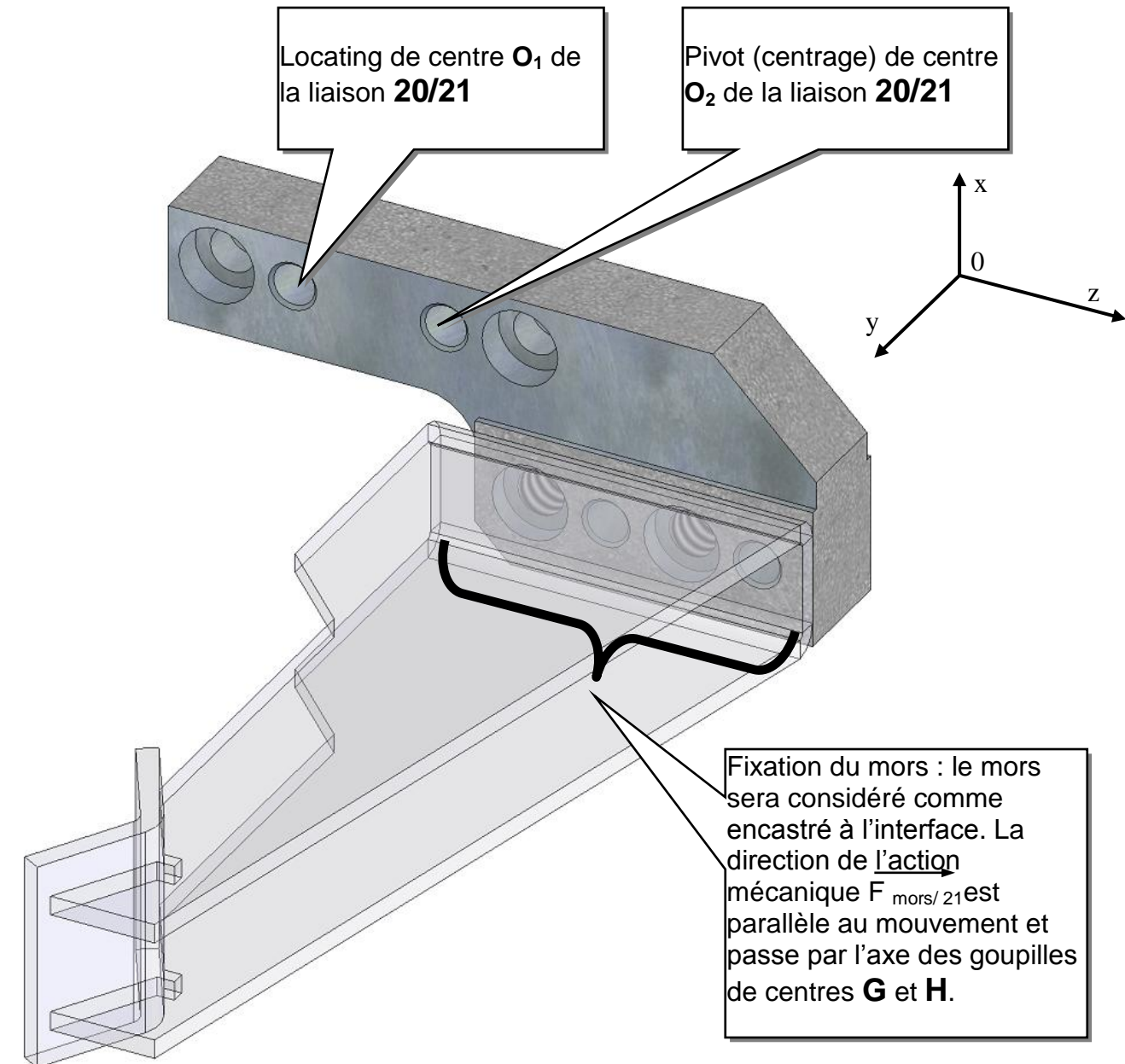
La seconde partie du travail consiste pour le bureau d'étude à définir les mors qui, fixés sur les interfaces 21, permettront de maintenir les pièces à manipuler. Ceux-ci devront répondre à des contraintes mécaniques et de montage. Une étude des efforts dans les interfaces s'avère de ce fait nécessaire. Le positionnement et la fixation des interfaces 21 sur les portes-mors 18 sont assurés par 2 goupilles 20 et 2 vis 22 :

- La première goupille (de centre O<sub>1</sub>) joue le rôle de « locating ».
- La seconde goupille (de centre O<sub>2</sub>) assure le centrage de l'interface et la transmission de l'effort de serrage.

Le résultat de la simulation mécanique ci-dessous permet d'obtenir la composante suivant l'axe z de l'effort de serrage  $\|F_{O2\_20/21}\| \cdot \vec{z} = F_{O2Z}$  dans la liaison entre la pièce à serrer et le mors pendant la phase de maintien.



$$\vec{F}_{O2\_20/21} = \begin{pmatrix} F_{O2X} \\ F_{O2Y} \\ F_{O2Z} \end{pmatrix}$$

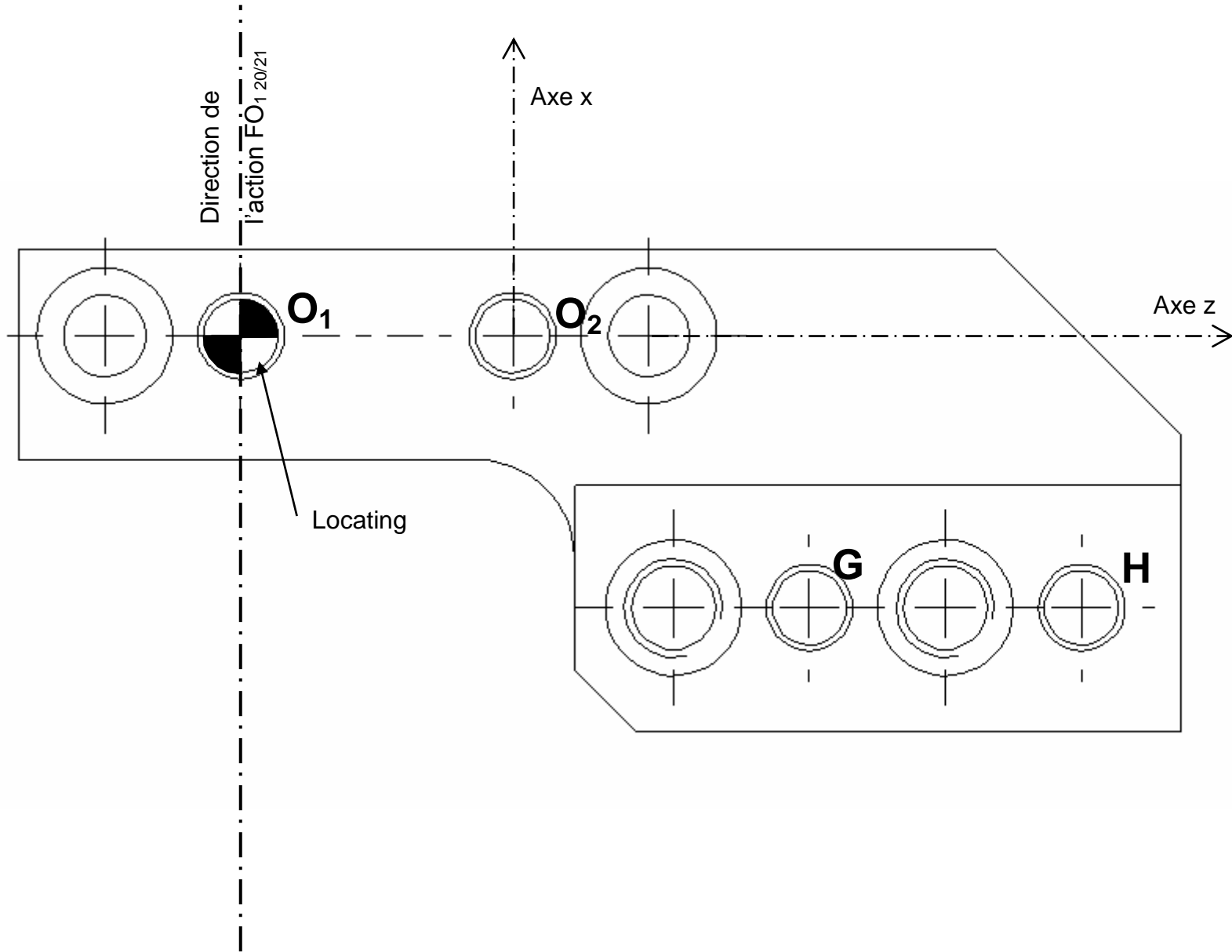


- Travail à réaliser sur le document suivant (12/15) :**
- Réaliser une étude graphique des actions mécaniques et donner les valeurs des efforts  $\vec{FO}_{2\ 20/21}$  et  $\vec{FO}_{1\ 20/21}$  (définir une échelle pour le tracé).
  - Décomposer  $\vec{FO}_{2\ 20/21}$  suivant les axes x et z.
  - Retrouver dans le tableau ci-contre la valeur de l'instant correspondant à l'effort de serrage.

**Donnée :** l'effort nécessaire au serrage de la pièce est  $\| \vec{F}_{mors/21} \| = 750\text{ N}$



Echelle utilisée : .....N → .....mm



$\vec{FO_{1\ 20/21}}$

=

$\vec{FO_{2\ 20/21}}$

=

Composante sur l\'axe z de l\'effort  $\vec{FO_{2\ 20/21}}$

=

2.3.2 A quel moment l’effort nécessaire au serrage est-il atteint ?  
(A l’aide des résultats de la simulation doc. 11/15)

Effort nécessaire au serrage atteint à : s

2.4 Étude et dimensionnement des mors de serrage :

Dans la partie précédente vous avez déterminé les efforts dans les interfaces sur lesquelles seront fixés les mors. Pour l'industriel, cette étude vise à vérifier le dimensionnement des mors définis par le bureau d'étude. Une première approche réalisée à l'aide d'un logiciel de simulation mécanique a permis de visualiser les contraintes (figure 1) ainsi que la déformation de la pièce (figure 2).

Nuance*	R min	Re min	Emplois
S 185 (A 33)	290	185	Constructions mécaniques et métalliques générales assemblées ou soudées.
S 235 (E 24)	340	235	
S 275 (E 28)	410	275	
S 355 (E 36)	490	355	
E 295 (A 50)	470	295	Les aciers ne conviennent pas aux traitements thermiques.
E 335 (A 60)	570	335	
E 360 (A 70)	670	360	
<b>MOULAGE</b> GS 235 - GS 275 - GS 355 GE 595 - GE 335 - GE 360			
R min = résistance minimale à la rupture par extension (MPa). Re min = limite minimale apparente d'élasticité (MPa).			
* Entre parenthèses correspondance approximative avec l'ancienne symbolisation.			

- Notre étude se décomposera en trois parties :
- Préparation de la saisie sur un logiciel de simulation mécanique
  - Lecture des résultats
  - Proposition de modifications

- Données :
- La pièce serrée est cylindrique (voir doc 2/15)
  - Acier choisi pour les mors: **S235** dont la limite pratique au glissement est : **Reg = 0,8 x Re** (voir tableau ci-contre)
  - Module de Young **E = 200 000 MPa**
  - **F pièce /mors = 800 N**

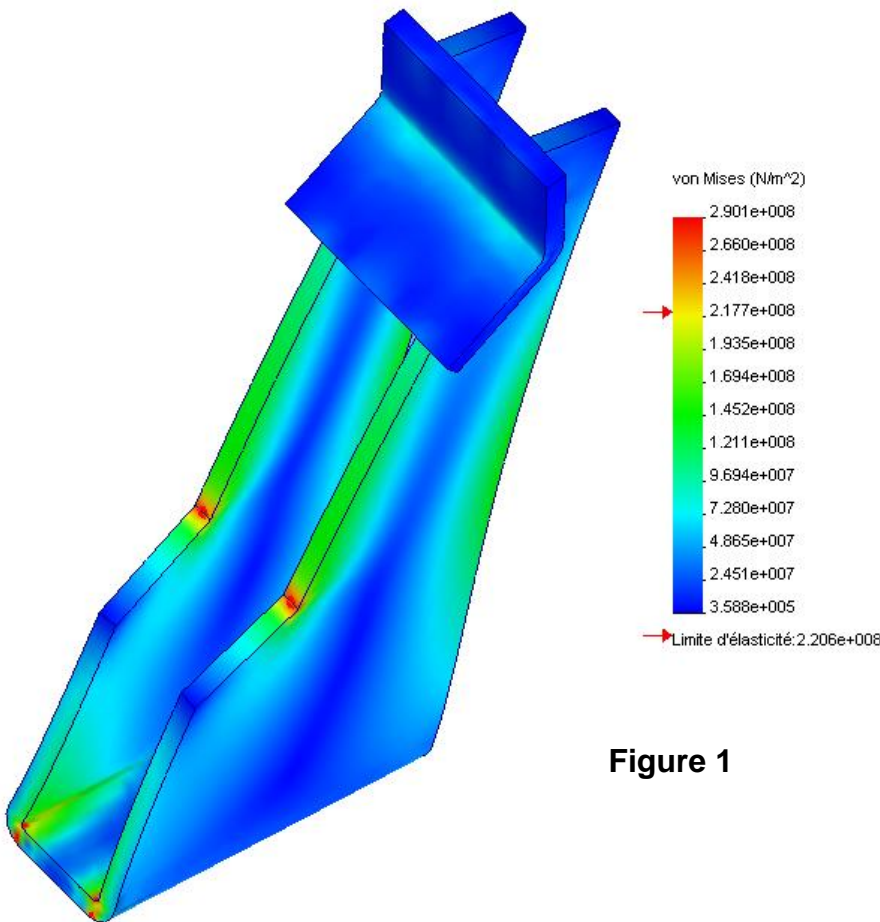


Figure 1

2.4.1 Préparation de la saisie sur un logiciel de simulation mécanique

- Afin de renseigner le logiciel de simulation mécanique, définir la ou les surfaces considérées comme fixe, ainsi que la position et la direction des efforts de la pièce sur le mors :
- Repérer sur le tracé du mors (figure 3) les surfaces fixes en traçant des croix sur celles-ci.
  - Placer sur le tracé du mors (figure 3) les efforts de la pièce, en prenant soin de les orienter correctement.

2.4.2 Lecture des résultats :

La figure 2 présente la déformation en millimètre du mors soumis aux efforts de serrage :

- Identifier la section dont le déplacement est maximal en l'entourant d'un cercle
- Quelle est la valeur de ce déplacement maximal en mm : .....

La figure 1 présente la répartition des contraintes dans la pièce :

- Relever la contrainte maximale sur la figure 1. Valeur : .....MPa
- Repérer cette contrainte maximale en entourant d'un cercle la ou les zones concernées.

La contrainte relevée est-elle compatible avec la limite pratique au glissement **Reg** de la matière choisie ? .....

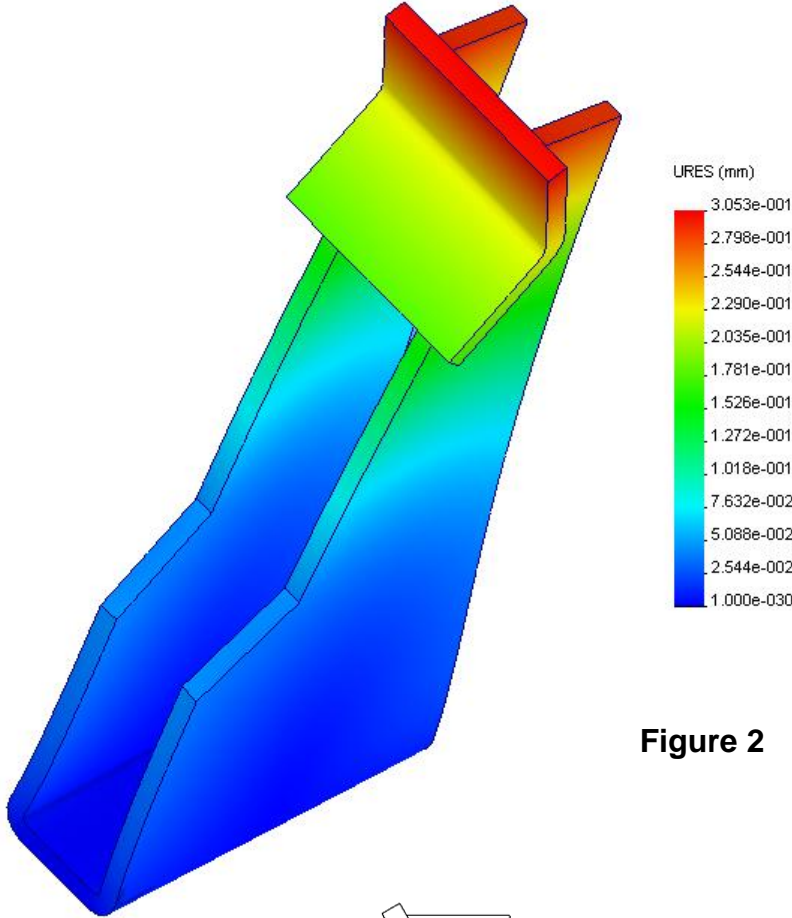


Figure 2

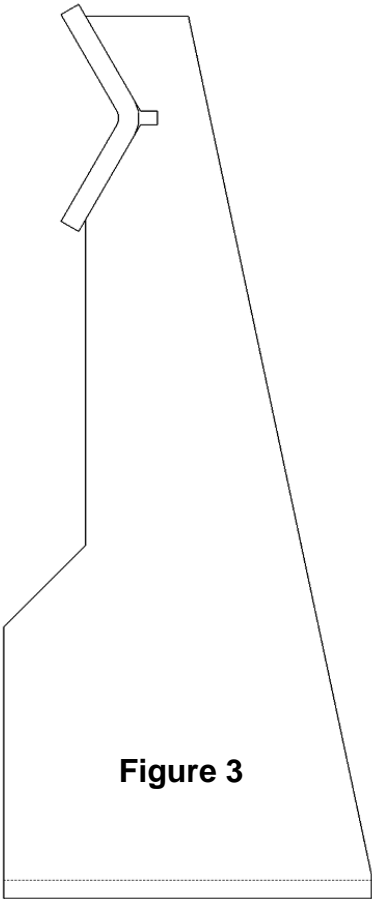
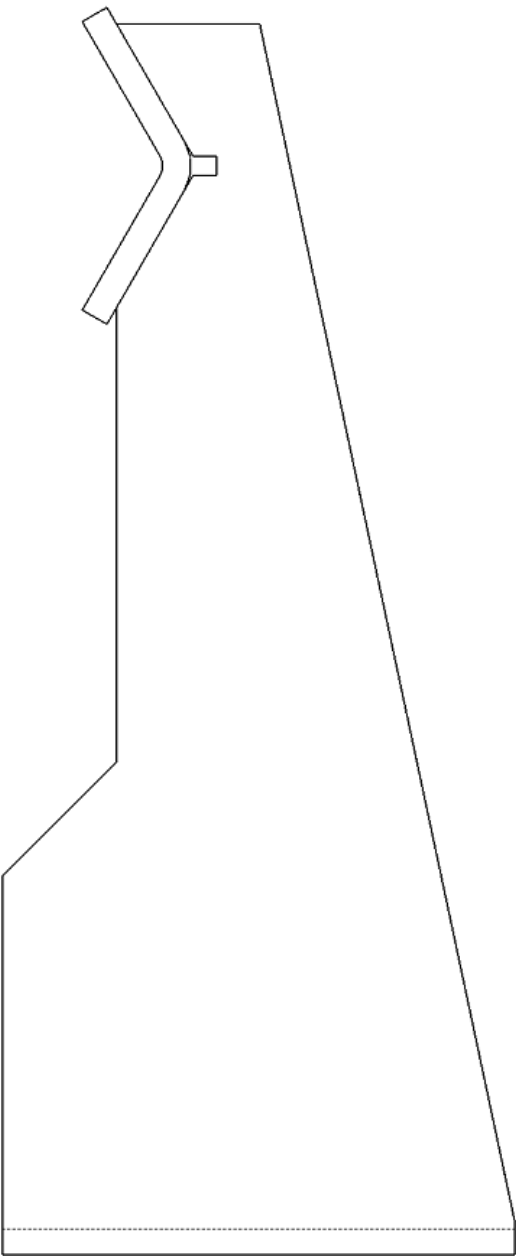


Figure 3

2.4.3 Proposition de modifications

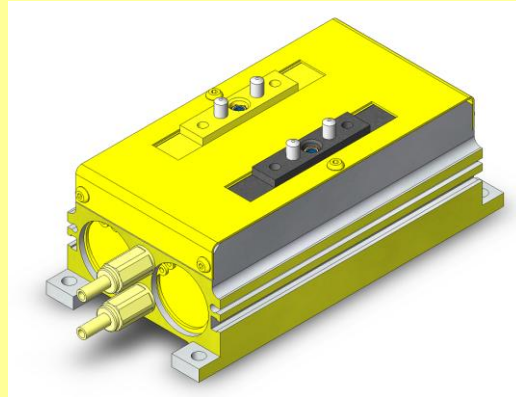
Les résultats de l'étude précédente ne correspondent pas aux attentes de l'industriel, qui pour des raisons internes (approvisionnement, etc...) ne souhaite pas changer de matériaux.  
On vous demande dans cette partie de proposer une modification permettant de rendre compatible la géométrie du mors avec ses contraintes mécaniques.  
Expliquer la démarche en utilisant si nécessaire le schéma donné ci-dessous.





## 2.5 Bilan des caractéristiques du produit.

Remplir la fiche bilan ci dessous et conclure.



# FICHE BILAN

**Type de pince choisie :**

# Course d'approche

## Course d'accostage

### Durée de la 1<sup>ère</sup> phase ou course d'approche

**Vitesse finale de la 1<sup>ère</sup> phase (en valeur absolue)**

### Durée de la 2<sup>ème</sup> phase ou course d'accostage

### Vitesse finale de la 2<sup>ème</sup> phase

### Durée totale

## Effort de serrage

### Forme des mors (contrainte maximale avant modification)

### Déplacement maximal des surfaces des mors

## Résultats obtenus

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Valeurs cibles

90% du déplacement

10% du déplacement

temps en s

$$\leq 0,05 \text{ m/s}$$

temps en s

$$\leq 0,01 \text{ m/s}$$
 $< 1,5 \text{ s}$ 

1500 N

< 190 MPa

< 0,5 mm

**Conclusion :** .....