

## Système de serrures connectées

### Mise en situation

La rénovation des locaux et des vestiaires a été l'occasion de changer les casiers.

Le choix s'est porté sur des casiers informatisés et automatisés, sécurisés par détecteurs anti- effraction, fonctionnant avec des badges RFID. Ce système comporte plusieurs avantages :

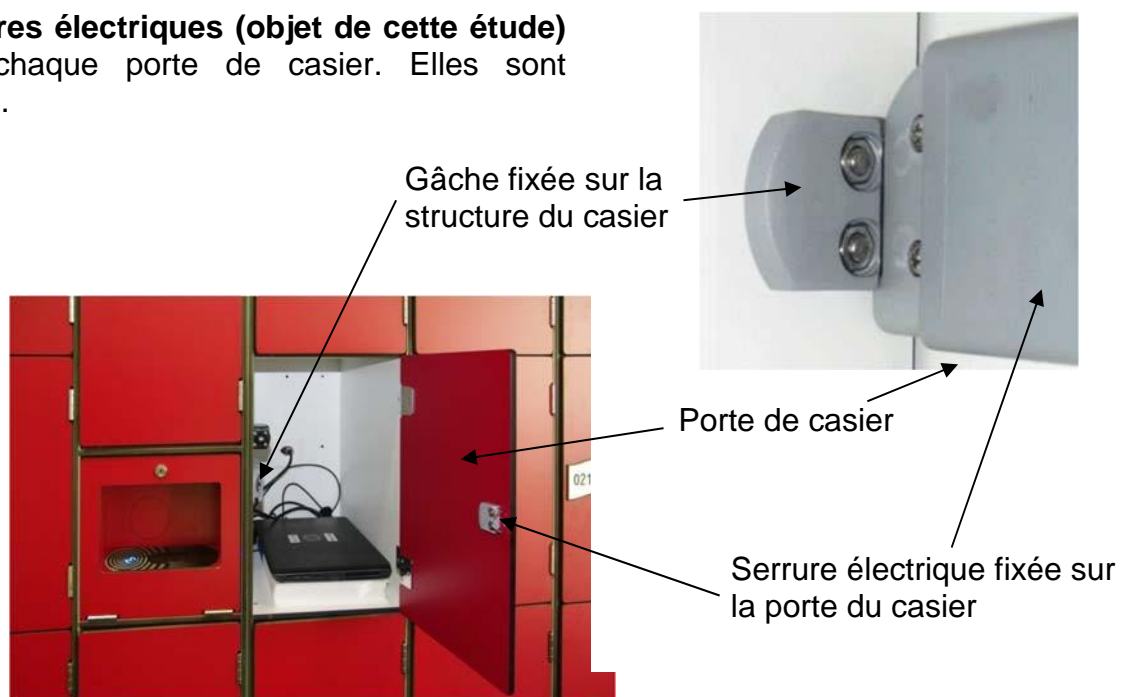
#### C'est un **système sûr**

- Serrures entièrement intégrées et invisibles portes fermées pour être protégées contre le vandalisme.
- Serrures équipées de moteur et non d'électro-aimant afin de résister aux chocs.

#### C'est un **système fiable**

- Fonctionne sur secteur. Une alimentation de secours sur batterie permet le fonctionnement des contrôleurs et des serrures.
- Sans ces alimentations de secours, le fonctionnement des serrures est interrompu. Les casiers restent en l'état ouvert ou fermé et fonctionnent de nouveau dès la remise sous tension – comme s'il n'y avait pas eu de coupure.
- Tous les éléments du système de contrôle des casiers sont prévus pour fonctionner dans une atmosphère humide et chlorée.

**Des serrures électriques (objet de cette étude)** équipent chaque porte de casier. Elles sont motorisées.



## Travail demandé

---

### PARTIE A : Comment fonctionne la serrure ?

- Question A.1 | Sur le document DRS1, **indiquer** sur le schéma cinématique (dans les rectangles) le nom des classes d'équivalence « Bâti », « Excentrique », « Coulisseau », « Renvoi d'angle » et « Loquet ». **Surligner** chaque classe d'équivalence avec une couleur différente.  
DTS1,  
DRS1.
- Question A.2 | La liaison entre l'excentrique et le coulisseau est détaillée dans le tableau du DRS2, ligne « exemple ». **Expliquer** pourquoi il est possible de modéliser cette liaison par une liaison ponctuelle plutôt que par une liaison linéaire rectiligne.  
DTS1,  
DRS2.
- Question A.3 | Dans la première colonne du tableau du document réponse DRS2, sur chacune des deux pièces, **colorier** d'une même couleur les surfaces fonctionnelles en contact après assemblage. **Indiquer** la nature de ces surfaces fonctionnelles dans la deuxième colonne du tableau.  
DTS1,  
DRS2.
- Question A.4 | **Compléter** la troisième et quatrième colonne du tableau du document réponse DRS2 en indiquant la ou les contrainte(s) d'assemblage DAO utilisée(s) ainsi que le nom de la liaison réalisée.  
DTS1,  
DRS2.
- Question A.5 | Sur le document DRS1, **compléter** le graphe des liaisons puis **représenter** le schéma normalisé des deux liaisons manquantes dans la zone prévue à cet effet (ovales en pointillés) sur le schéma cinématique.  
DTS1,  
DRS1.
- Question A.6 | **Indiquer** quel est le rôle des ressorts de rappel. **Expliquer** en quelques phrases comment se fait le verrouillage et déverrouillage de la serrure.  
DTS1.

**PARTIE B : Quel servomoteur choisir pour la serrure ?**

Dans cette étude, on considère les liaisons comme parfaites.

La courbe tracée sur le document réponse DRS3 représente l'évolution du couple moteur en fonction du temps.

Question B.1 | **Indiquer** à quelles positions 1, 2 et 3 correspondent les 3 schémas a), b) et c) du tableau du DRS3.  
DRS3. | **Relever** le temps nécessaire au déverrouillage du système.

Le déverrouillage du verrou nécessite l'application d'une force de 6,4 N de l'excentrique sur le coulisseau.

Question B.2 | **Tracer** cette force en son point d'application sur la figure a) du document réponse DRS3 en utilisant l'échelle 1 cm : 2 N.  
DRS3. | **Calculer** le couple  $C$  que le servomoteur doit fournir pour entraîner la translation du coulisseau dans cette position.  
| **Reporter** cette valeur sur le graphique du document DRS3.

Question B.3 | **Justifier** la forme de la courbe, en expliquant pourquoi la valeur du couple  $C$  diminue puis augmente deux fois.  
DRS3.

Les contraintes à prendre en compte pour choisir le servomoteur sont les suivantes :

- dimensions disponibles au logement du servomoteur : 1,5 x 2,3 x 3,9 cm
- couple moteur nécessaire au déverrouillage de la serrure : 0,025 N.m
- déplacement angulaire de l'excentrique :  $222^\circ$

Servomoteurs à disposition :

Servomoteur		Vitesse (RPM)	Couple (N.m)	Course angulaire	Prix (€)	Dimensions (mm)	Poids (g)
1	Min	49	0,77	2x180°	9,71	14,5x 21 x 35,6	32
	Max	58	0,85				
2	Min	55,6	1,4	2x90°	6,20	20,2 x 38 x 40,5	56
	Max	62,5	1,52				
3	Min	58,8	1,37	2x180°	26,82	13 x 20,5 x 38,5	59
	Max	71,4	1,67				
4	Min	78	0,35	2x180°	8,45	18 x 21 x 29	28
	Max	96	0,38				
5	Min	104	0,12	2x60°	1,06	12,6 x 18 x 23,2	9
	Max	130	0,15				

Question B.4 | **Choisir** le servomoteur le plus adapté aux besoins.  
DRS3. | **Justifier** votre choix.

**PARTIE C : Le matériau du bâti est-il approprié ?**

Suite à la détérioration de plusieurs serrures, il a été décidé de réaliser une étude par éléments finis.

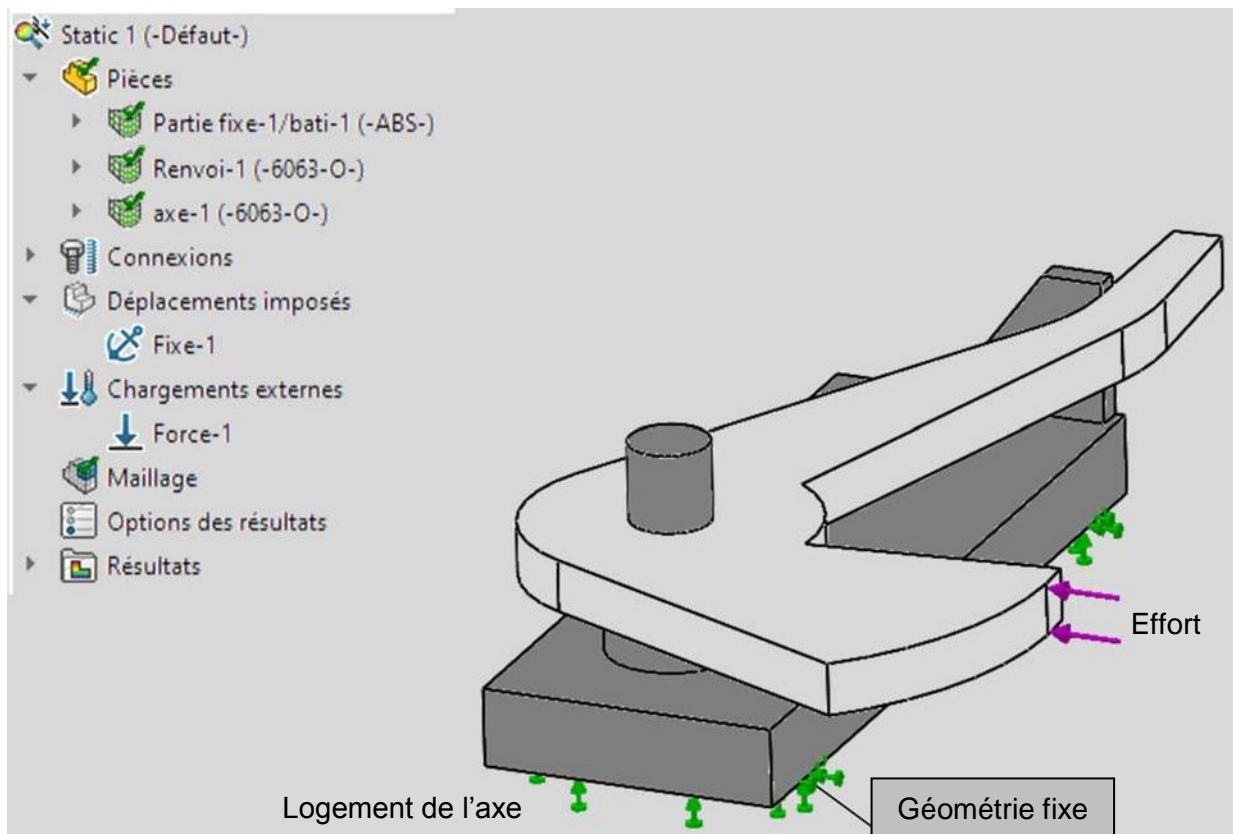
L'utilisation d'un outil (exemple : pied de biche) pour forcer les casiers, entraîne un important effort sur le loquet, qui transmet cette force au renvoi d'angle.

Le but de cette étude est de déterminer l'effort critique à partir duquel la serrure subit des déformations plastiques, puis de trouver des solutions qui permettraient d'améliorer la résistance de la serrure.

**Présentation de l'étude**

Afin de limiter les calculs du logiciel, l'étude se fait à partir d'un assemblage simplifié.

Le dessous du bâti est fixé au casier. La transmission des efforts entre le crochet et le renvoi d'angle est modélisée par un effort linéique.



### Détermination de l'effort critique

Les résultats de cette étude nous permettent de faire un premier constat : le logement de l'axe, appartenant au bâti, subit les plus grandes déformations.

Le bureau d'études a établi que le bâti peut supporter une contrainte de 50 MPa, avant de subir des déformations plastiques.

Question C.1 **Expliquer** les conséquences de ces déformations plastiques.

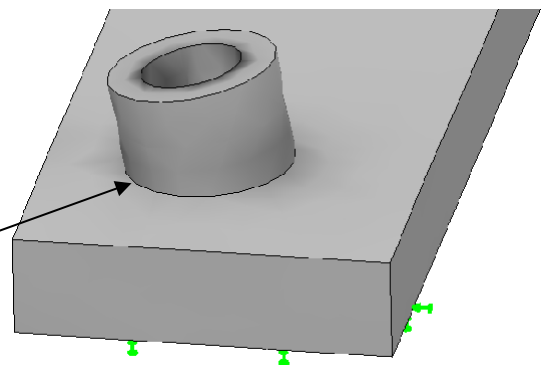
Question C.2 Sur le DRS4, **tracer** la courbe « Évolution de la contrainte max en fonction de la force appliquée ».

À partir de cette courbe, **déterminer** l'effort  $F_{\text{limit}}$  à partir duquel la serrure subit des déformations plastiques.

### Recherche de solutions techniques

Le bureau d'études souhaite améliorer la résistance de la serrure, il propose d'ajouter un congé de raccordement comme indiqué ci-contre.

Congé

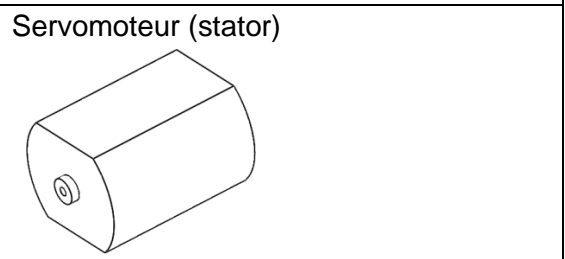
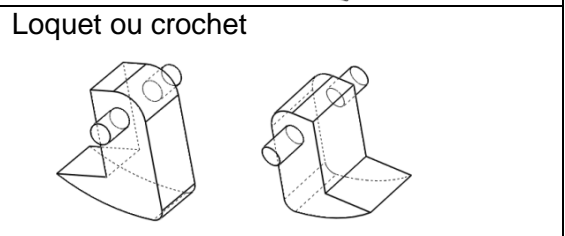
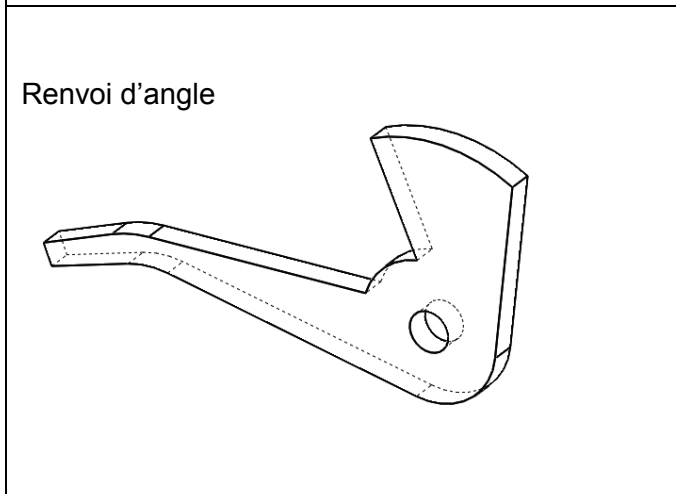
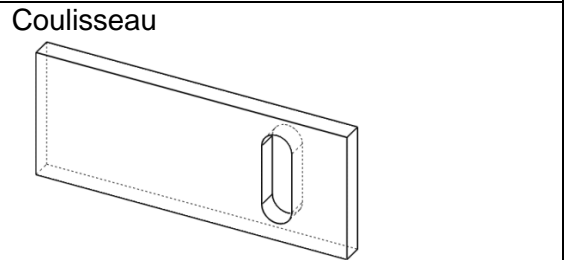
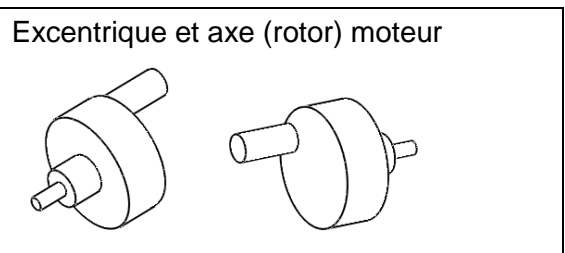
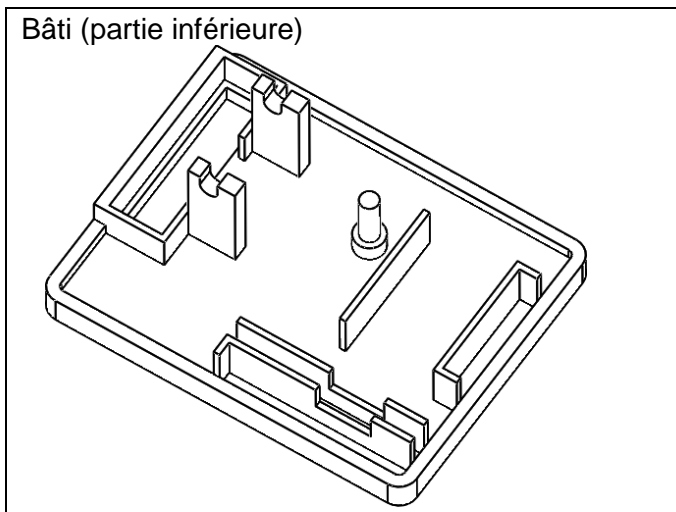
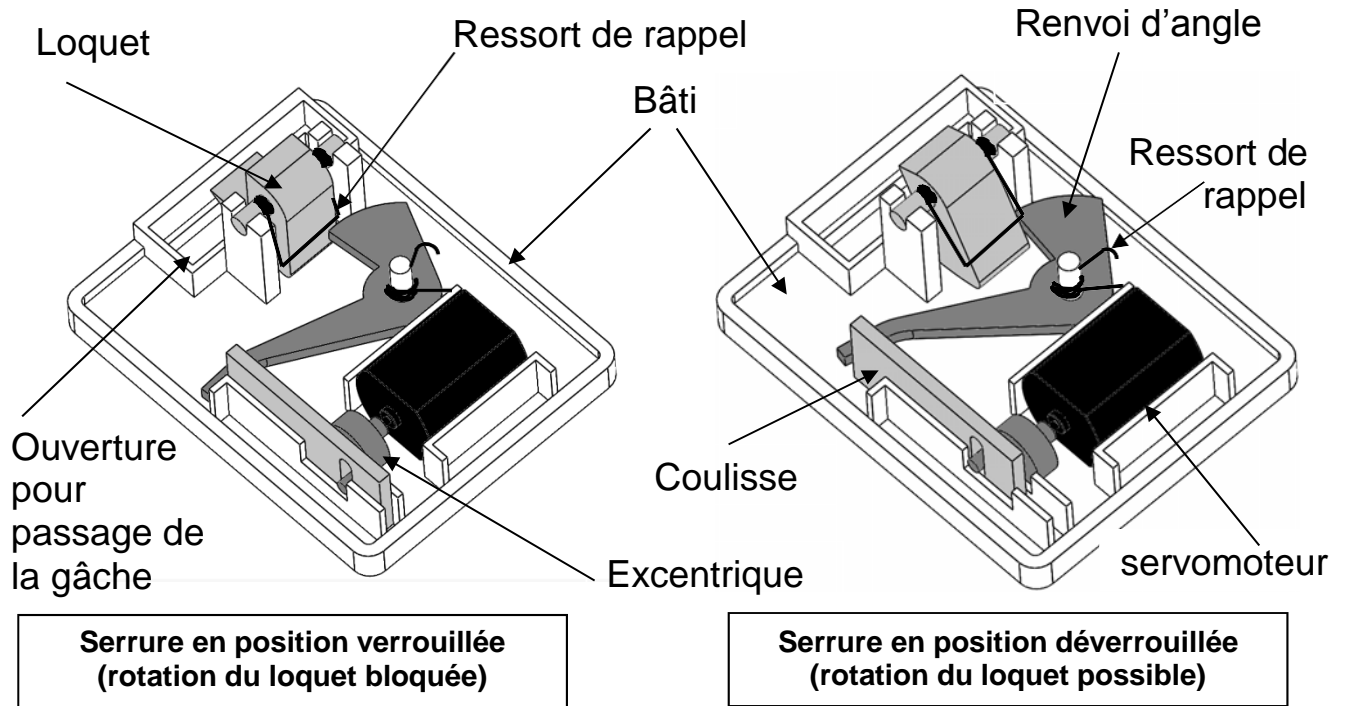


Question C.3 **Expliquer** l'intérêt de cette proposition au regard de la résistance de la pièce.

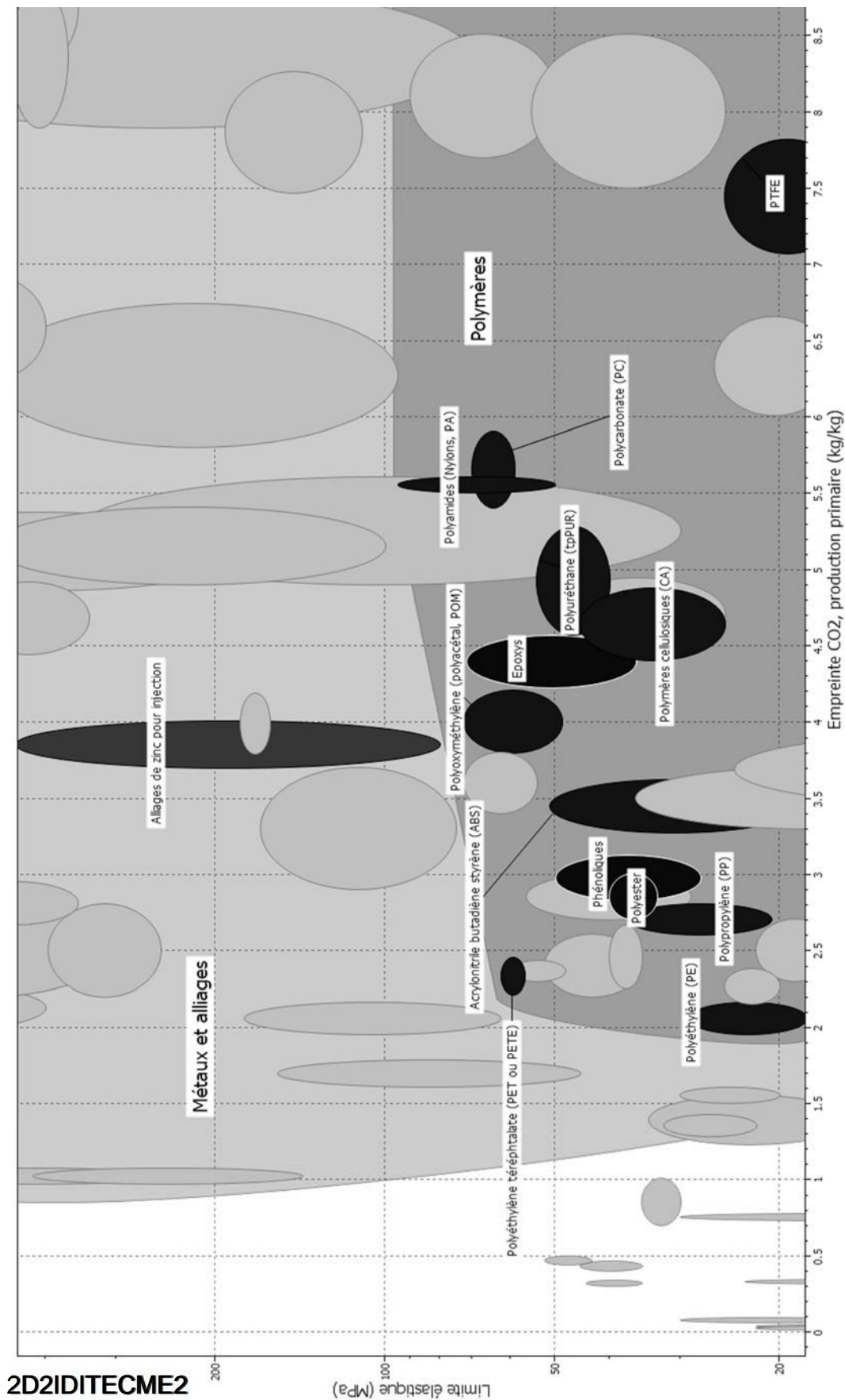
Après modification de la pièce les résultats attendus ne sont toujours pas satisfaisants. Le bureau d'études souhaite modifier le matériau.

Question C.4 **Proposer** un nouveau matériau minimisant l'empreinte CO<sub>2</sub>, parmi ceux proposés sur le DTS2.  
**Justifier** votre choix.

**DTS1 - Structure de la serrure (pièces principales)**



## DTS2 - Résistance mécanique (MPa) vs Empreinte CO<sup>2</sup> production primaire (kg/kg)



**DRS1 - Graphe des liaisons et schéma cinématique**

Graphe des liaisons

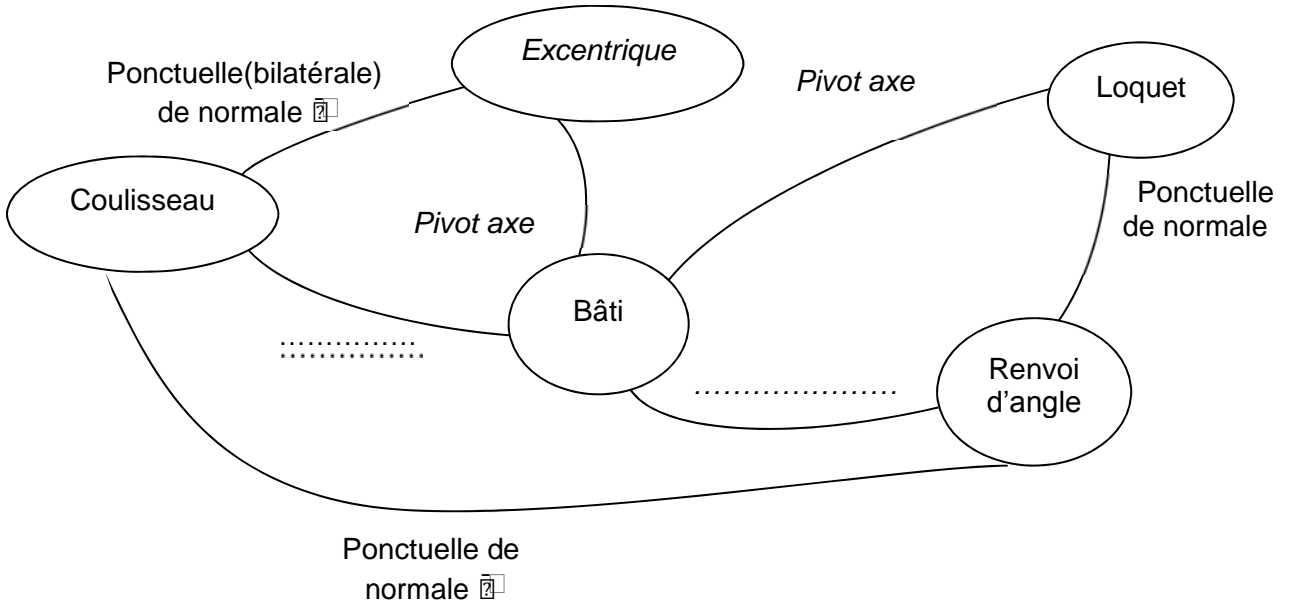
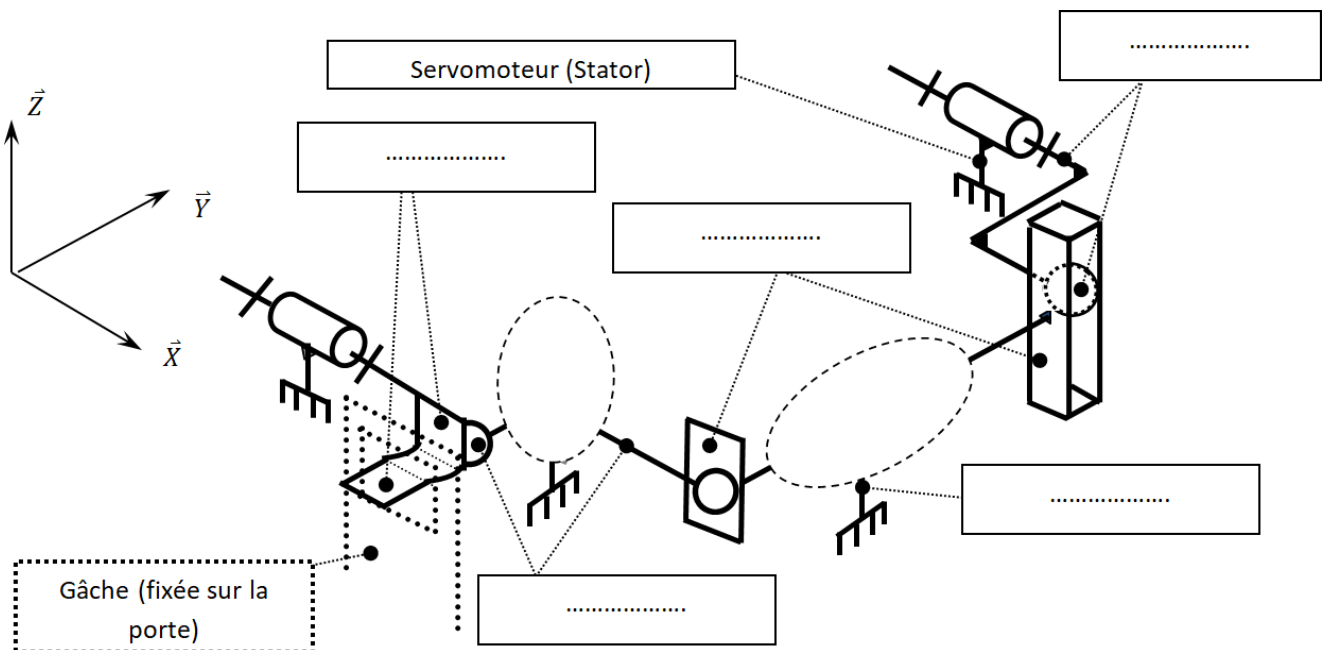
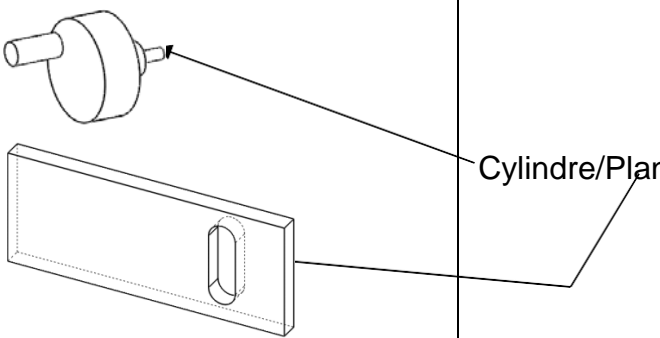
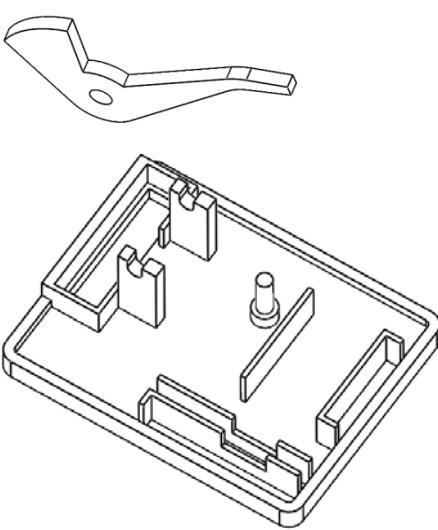
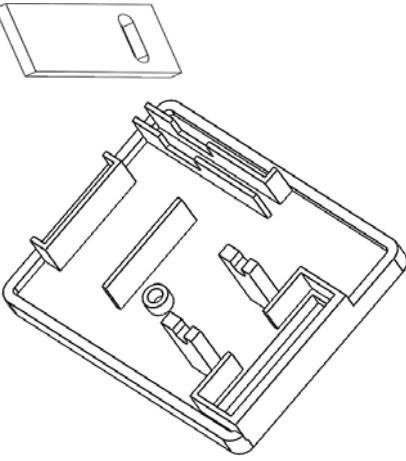


Schéma cinématique (position verrouillée)



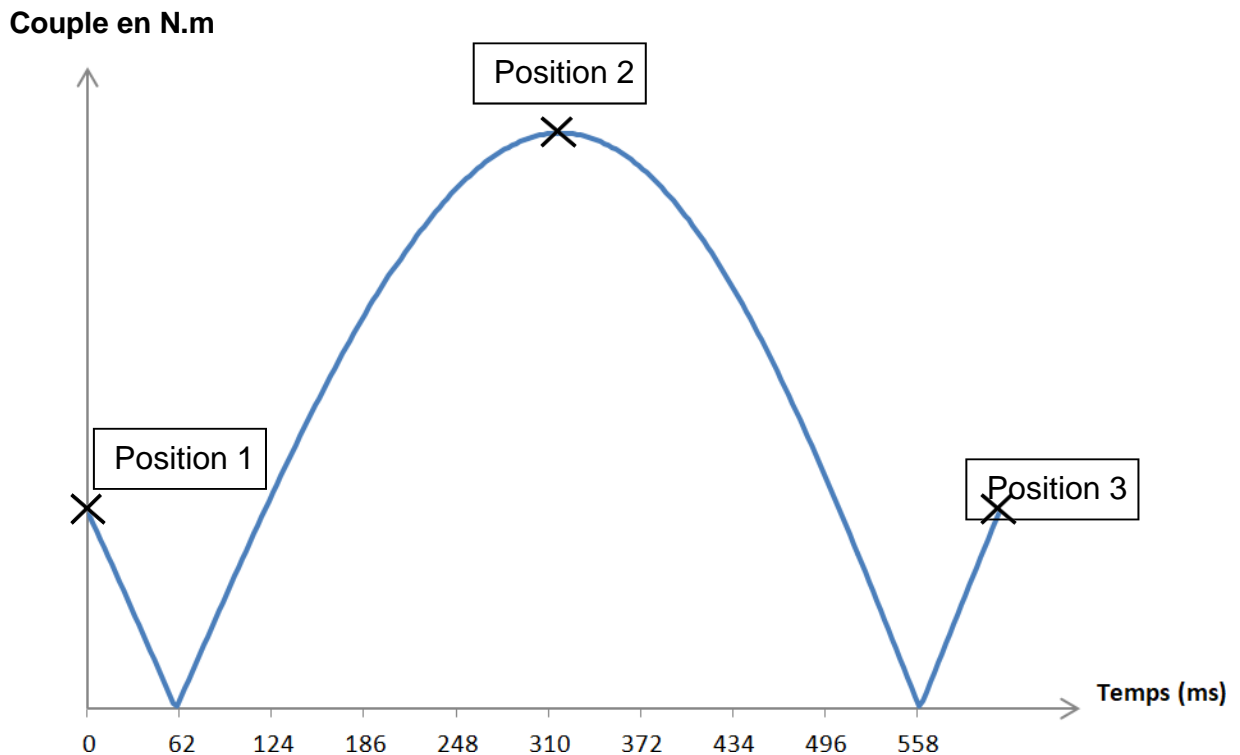


**DRS2 - Tableau des liaisons**

<b>Liaison Excentrique / Coulisseau</b>				
	<b>Colorier</b> la ou les surfaces en contact après assemblage (Colorier <u>uniquement</u> les surfaces visibles sur les vues en perspective)	<b>Donner</b> la nature (ou le nom) des surfaces de contact	Contraintes d'assemblage DAO utilisée(s) ( <b>cocher la ou les bonnes réponses</b> )	Nom de la liaison réalisée après assemblage
<b>EXEMPLE</b>		Cylindre/Plan	<input type="checkbox"/> Coïncidente <input type="checkbox"/> Parallèle <input type="checkbox"/> Perpendiculaire <input checked="" type="checkbox"/> Tangente <input type="checkbox"/> Coaxiale	Ponctuelle
	<b>Liaison Bâti inférieur / Renvoi d'angle</b>			
	<b>A COMPLETER</b>		Renvoi d'angle	<input type="checkbox"/> Coïncidente <input type="checkbox"/> Parallèle <input type="checkbox"/> Perpendiculaire <input type="checkbox"/> Tangente <input type="checkbox"/> Coaxiale
<b>Liaison Bâti inférieur / Coulisseau</b>				
		Coulisseau	<input type="checkbox"/> Coïncidente <input type="checkbox"/> Parallèle <input type="checkbox"/> Perpendiculaire <input type="checkbox"/> Tangente <input type="checkbox"/> Coaxiale	

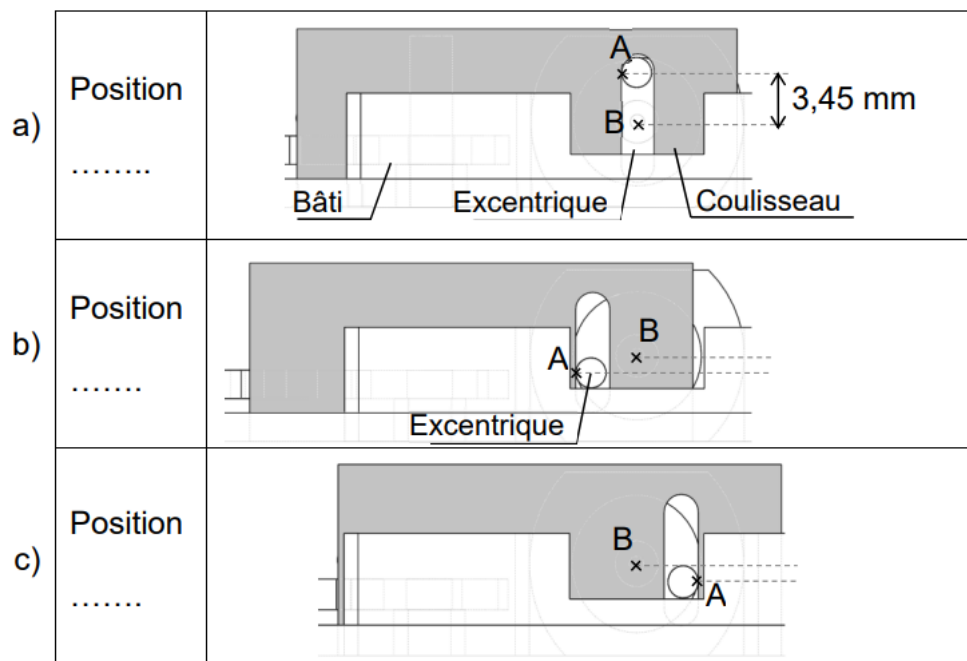
### DRS3 - Simulations graphiques

## Évolution du couple nécessaire au déverrouillage de la serrure



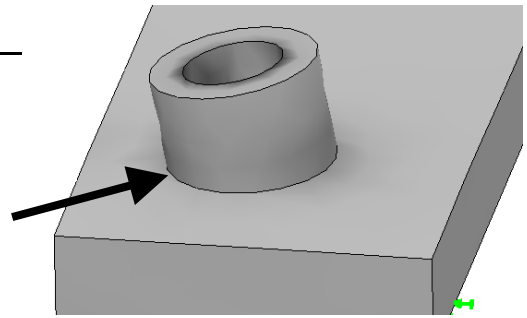
## Déplacement du coulisseau durant le déverrouillage de la serrure

Le point A est le point de contact de la liaison ponctuelle entre l'excentrique et le coulisseau. Le point B est le centre de l'axe du servomoteur.



## DRS4 - Étude par éléments finis du bâti

Dans les résultats de cette étude, on s'intéresse aux contraintes appliquées au bâti, en particulier sur la zone de logement de l'axe



Première simulation		Deuxième simulation	
Paramétrage	Echelle des résultats (bâti)	Paramétrage	Echelle des résultats (bâti)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Static 1 (-Défaut-)</li> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pièces                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Partie fixe-1/bati-1 (-ABS-)</li> <li>Renvoi-1 (-6063-O-)</li> <li>axe-1 (-6063-O-)</li> </ul> </li> <li>Connexions                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Contacts entre ensembles</li> <li>Contacts entre composants</li> </ul> </li> <li>Déplacements imposés                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Fixe-1</li> </ul> </li> <li>Chargements externes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Force-1 (:Par entité: -50 Ni)</li> </ul> </li> <li>Maillage</li> <li>Options des résultats</li> <li>Résultats                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Contraintes1 (-vonMises-)</li> <li>Déplacements1 (-Dépl. résultant-)</li> <li>Déformations1 (-Equivalente-)</li> <li>Déplacements1{1} (-Déplacement-)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<p>von Mises (N/mm<sup>2</sup> (MPa))</p> <p>27.59</p> <p>25.29</p> <p>22.99</p> <p>20.69</p> <p>18.39</p> <p>16.09</p> <p>13.80</p> <p>11.50</p> <p>9.20</p> <p>6.90</p> <p>4.60</p> <p>2.30</p> <p>0.00</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Static 1 (-Défaut-)</li> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pièces                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Partie fixe-1/bati-1 (-ABS-)</li> <li>Renvoi-1 (-6063-O-)</li> <li>axe-1 (-6063-O-)</li> </ul> </li> <li>Connexions                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Contacts entre ensembles</li> <li>Contacts entre composants</li> </ul> </li> <li>Déplacements imposés                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Fixe-1</li> </ul> </li> <li>Chargements externes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Force-1 (:Par entité: -300 Ni)</li> </ul> </li> <li>Maillage</li> <li>Options des résultats</li> <li>Résultats                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Contraintes1 (-vonMises-)</li> <li>Déplacements1 (-Dépl. résultant-)</li> <li>Déformations1 (-Equivalente-)</li> <li>Déplacements1{1} (-Déplacement-)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<p>von Mises (N/mm<sup>2</sup> (MPa))</p> <p>167.16</p> <p>153.23</p> <p>139.30</p> <p>125.37</p> <p>111.44</p> <p>97.51</p> <p>83.58</p> <p>69.65</p> <p>55.72</p> <p>41.79</p> <p>27.86</p> <p>13.93</p> <p>0.00</p>

**Contrainte max (MPa)**

Dans la limite de cette étude, la contrainte maximale est proportionnelle à la force appliquée.

