

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**  
**SÉRIE SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES**  
**GÉNIE ÉLECTROTECHNIQUE**

**SESSION 2008**

**ÉPREUVE: ÉTUDE DES CONSTRUCTIONS**

Durée: 4 heures

Coefficient : 6

**SECTIONNEUR DE MISE À LA TERRE RAPIDE**

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ

MOYENS DE CALCUL AUTORISÉS

Calculatrice électronique de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (conformément à la circulaire N°99-018 du 1<sup>er</sup> février 1999).

Ce sujet comprend 3 dossiers de couleurs différentes

- **Dossier technique** (DT 1 à DT 10) ..... **jaune**
- **Dossier travail demandé** (pages 1/7 à 7/7)..... **vert**
- **Dossier des « Documents réponses »** (DR 1 à DR 7) ..... **blanc**

*Les candidats rédigeront les réponses aux questions posées sur feuille de copie ou, lorsque cela est indiqué dans le sujet, sur les « documents réponses» prévus à cet effet.*

**Tous les documents "réponses" même vierges sont à remettre en fin d'épreuve.**

## **DOSSIER TECHNIQUE**

**Ce dossier comporte 10 documents numérotés de DT 1 à DT 10**

DT 1	Présentation - Mise en situation de la MALT
DT 2	Expression fonctionnelle du besoin
DT 3	Fonctionnement électrique de la MALT
DT 4	Fonctionnement mécanique de la MALT
DT 5	Vue d'ensemble en 3D de la MALT position fermée Schéma
DT 6 à DT 8	Classes d'équivalence cinématiques Fonctionnement d'un cycle de mise à la terre
DT 9	Caractéristiques de la commande
DT 10	Plan d'ensemble et nomenclature (format A3)

## PRÉSENTATION

L'étude porte sur un **sectionneur de mise à la terre rapide (MALT-R)** de ligne à haute tension qui équipe des **postes blindés** du réseau électrique. Les postes blindés se distinguent des postes à ciel ouvert par les différences ci-après :

### **POSTES A CIEL OUVERT CONVENTIONNELS** (photo à gauche ci-dessous) :

Dans les appareils de ces postes, l'isolement électrique se fait dans l'air. Leur principal avantage est leur prix peu élevé, mais ils nécessitent de grands espaces pour leur installation.



### **POSTES BLINDES** (photo de droite):

Dans les appareils de ces postes, l'isolement électrique et la coupure de l'arc électrique se font dans du gaz SF<sub>6</sub> (hexafluorure de soufre : gaz utilisé dans les disjoncteurs pour ses bonnes caractéristiques d'isolement et son bon comportement face à l'élévation de température) à l'intérieur d'une enveloppe métallique épaisse et étanche (souvent en aluminium) d'où le nom "blindé".

Les postes blindés sont de taille réduite par rapport au niveau de tension et donc plus pratiques pour l'installation dans des milieux plus restreints. Cependant, ils coûtent beaucoup plus cher que le matériel ouvert. Les postes blindés fabriqués par SIEMENS à Grenoble ont des tensions comprises entre 72 500 V et 550 000 V.

### **SECTIONNEUR DE MISE A LA TERRE RAPIDE (OU MALT-R) – ENVIRONNEMENT D'UTILISATION**

« MALT » est l'abréviation de : MISE À LA TERRE. Le sectionneur MALT-R étudié est un dispositif de sécurité utilisé sur les postes blindés, il a deux cas d'utilisation possibles :

#### • **Fermeture à vide (utilisation normale)**

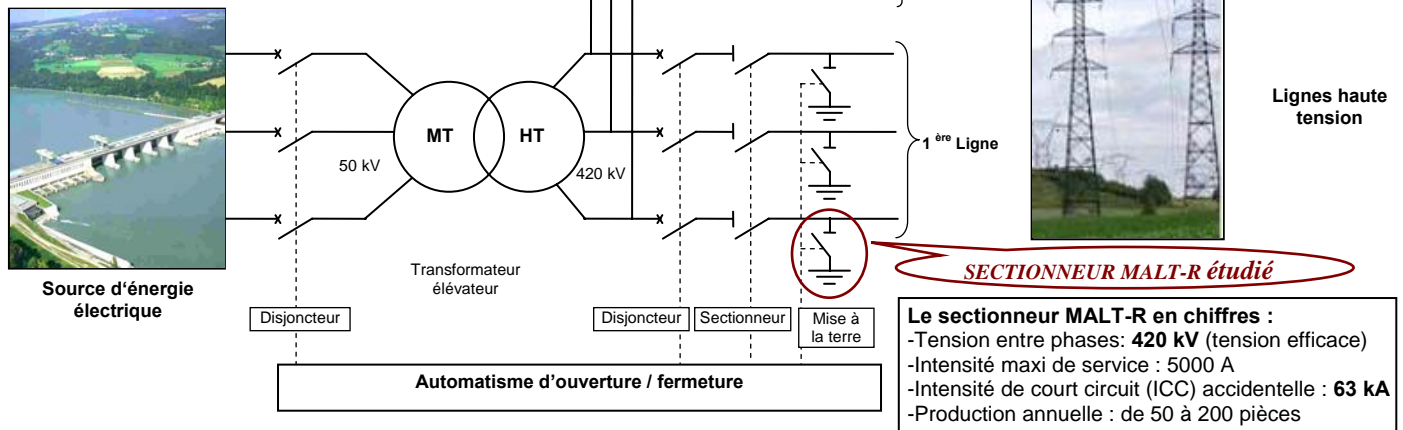
La MALT permet de sécuriser les installations lors des opérations de maintenance. La mise à la terre se fait après l'ouverture des disjoncteurs, normalement le courant ne passe pas dans la MALT lors de sa fermeture.

#### • **Fermeture sous intensité de court circuit (utilisation exceptionnelle)**

La **MALT-Rapide** doit, en plus, pouvoir répondre au risque suivant : s'il y a un court-circuit sur la ligne, et s'il persiste après ouverture du disjoncteur, la ligne est connectée à la terre par la MALT-R pour évacuer le courant et assurer la sécurité des biens et des personnes et ce, **rapidement pour limiter la formation d'un arc électrique destructeur (courant de court-circuit de 63 000 A !) au cours de la fermeture.**

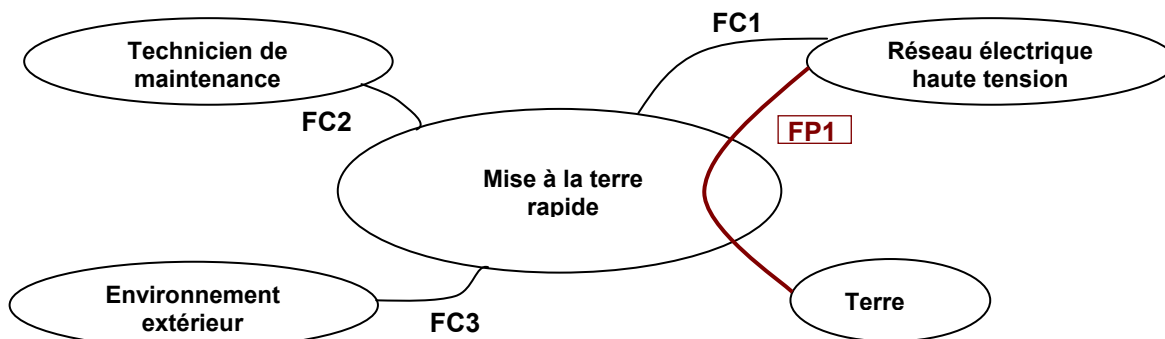
En pratique, la MALT-R ne fonctionne jamais sous l'intensité de court-circuit. Néanmoins, il faut que ce mode soit opérationnel en cas de besoin.

## Schéma simplifié du raccordement d'une ligne haute tension et localisation d'une MALT-R



## EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN

### DIAGRAMME DES INTERACTEURS



### CARACTERISATION DES FONCTIONS DE SERVICE

	Fonction de service	Critère	Niveau	Flexibilité
<b>FP1</b>	Connecter et déconnecter automatiquement le réseau électrique à la terre	Temps total de la connexion	5 s maxi	Aucune
		Vitesse relative entre les contacts lors de la fermeture du circuit	<b>6 m/s mini</b>	Aucune
		Intensité de court circuit admissible	63 kA mini	Aucune
		Nombre de cycles ouverture/fermeture avant détérioration des contacts pour I = 0 A	2000 mini	Aucune
		Nombre de cycles ouverture/fermeture avant détérioration des contacts pour I = 63 kA	<b>2 mini *</b>	Aucune
		Norme CEI 62271_102	Conforme à la norme	Aucune
<b>FC1</b>	Permettre le montage de la MALT sur l'appareillage électrique existant	Compatibilité entre carter de MALT et cuve standard.		Négociable
<b>FC2</b>	Permettre au technicien d'assurer la maintenance de la MALT	Accessibilité des composants Raccordement à la terre séparable sans ouverture du carter sous pression de SF6	Outillage simple	Négociable

\* Ouverture / fermeture exceptionnelle et destructrice, limitées à deux fois.

## Fonctionnement électrique de la MALTR

Passage du courant de service dans la ligne sous tension

### Fonctionnement normal

Intensité nominale : 5000 A

Distance assurant l'isolation électrique, dans le gaz SF<sub>6</sub>, de la ligne / à la Terre :  $\approx 100$  mm pour une tension de 420 000 V

**BROCHE**  
déconnectée

SF<sub>6</sub> (Hexafluorure de Soufre)  
**GAZ ISOLANT**

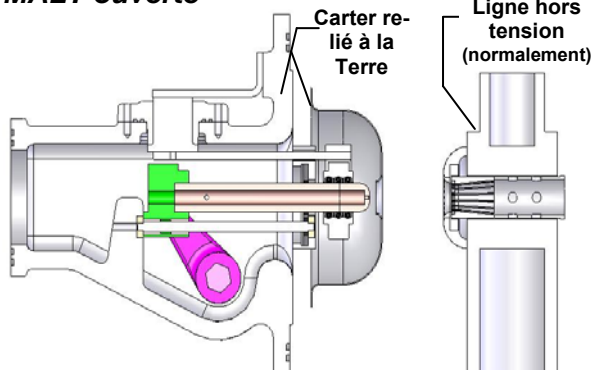
**PINCE**

Ligne en service

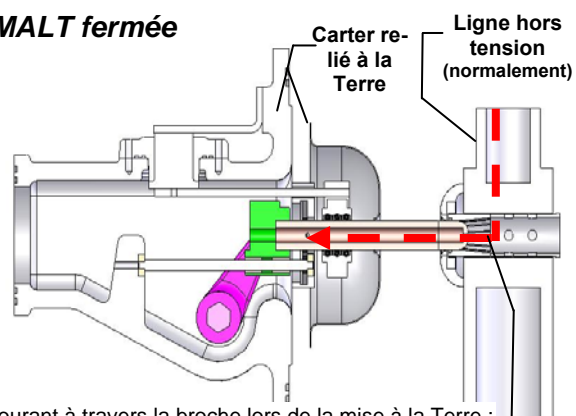
Support isolant

### Mise à la Terre de la ligne déconnectée

#### MALT ouverte



#### MALT fermée



Courant à travers la broche lors de la mise à la Terre :

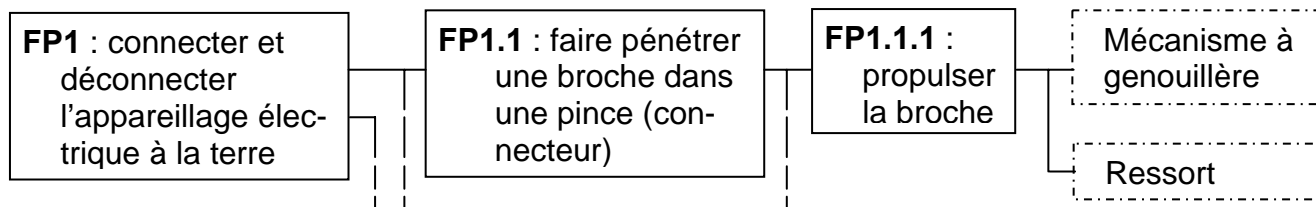
- Cas normal : **courant nul**
- Défaillance : **courant de court-circuit = 63 000 A** (ligne restée sous tension)

# Fonctionnement mécanique de la MALTR

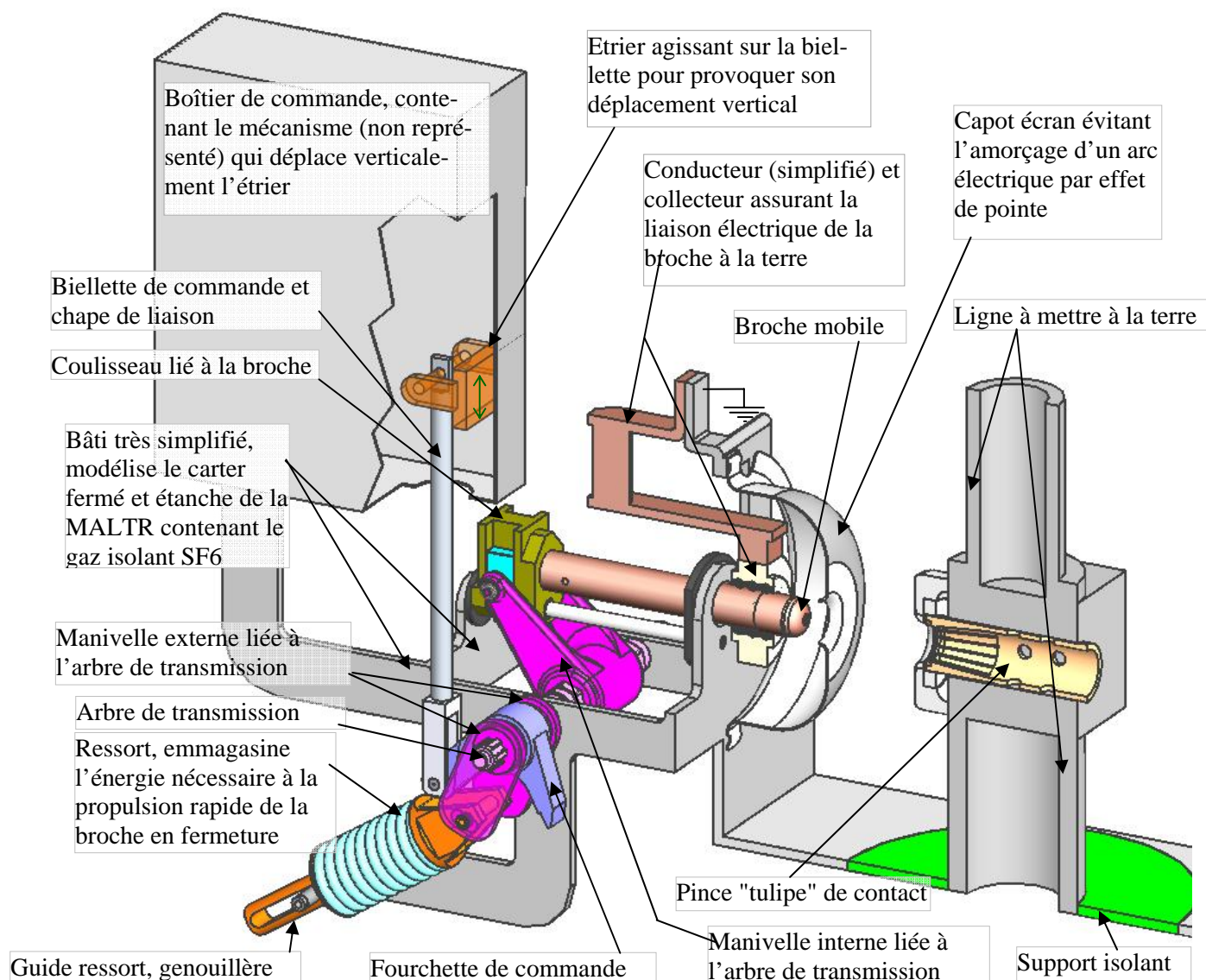
## Présentation

Nous nous intéressons au critère « vitesse de fermeture » de FP1 : pour limiter la formation d'un arc électrique destructeur, la durée de la fermeture doit être très courte (quelques centièmes de seconde) ce qui se traduit par une vitesse à l'établissement du contact, très élevée (6 m/s).

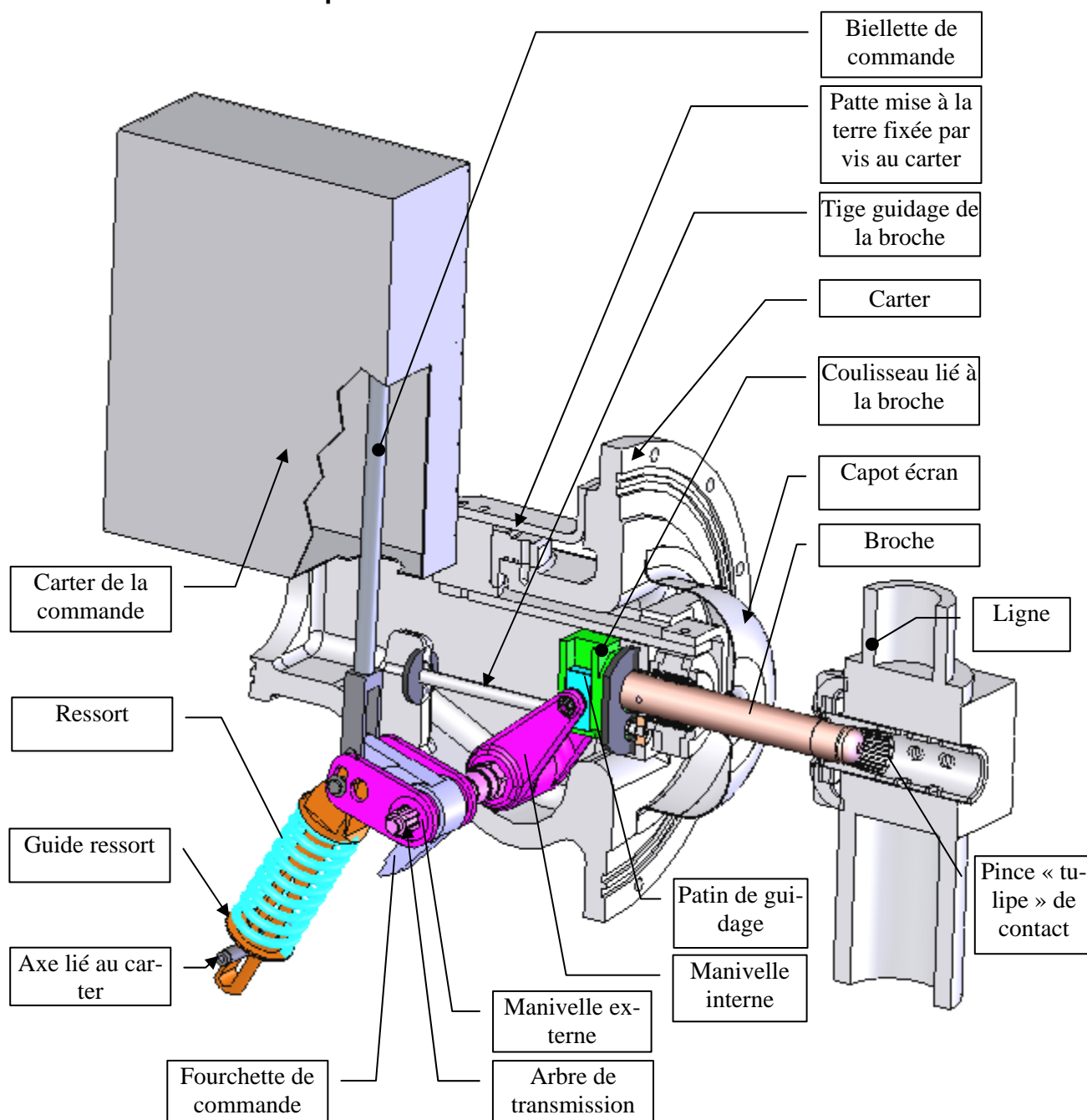
Extrait du diagramme FAST



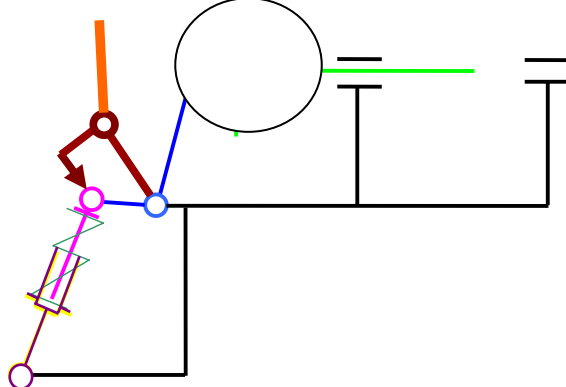
## Modèle 3D simplifié de la MALT rapide (voir aussi DT 5)



## Vue d'ensemble MALTR en position fermée

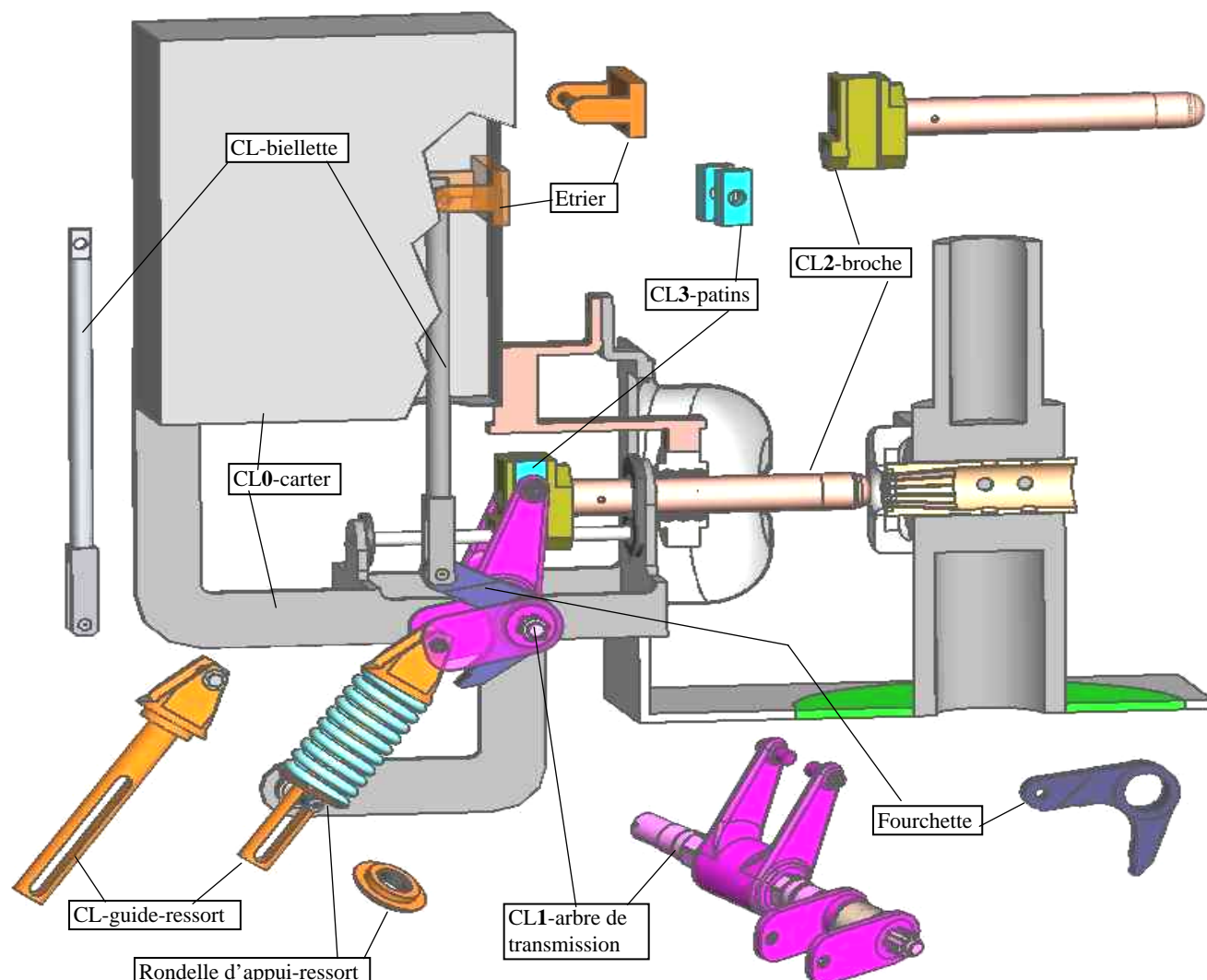


### SCHEMA CINEMATIQUE INCOMPLET



## PIÈCES CINÉMATIQUEMENT LIÉES

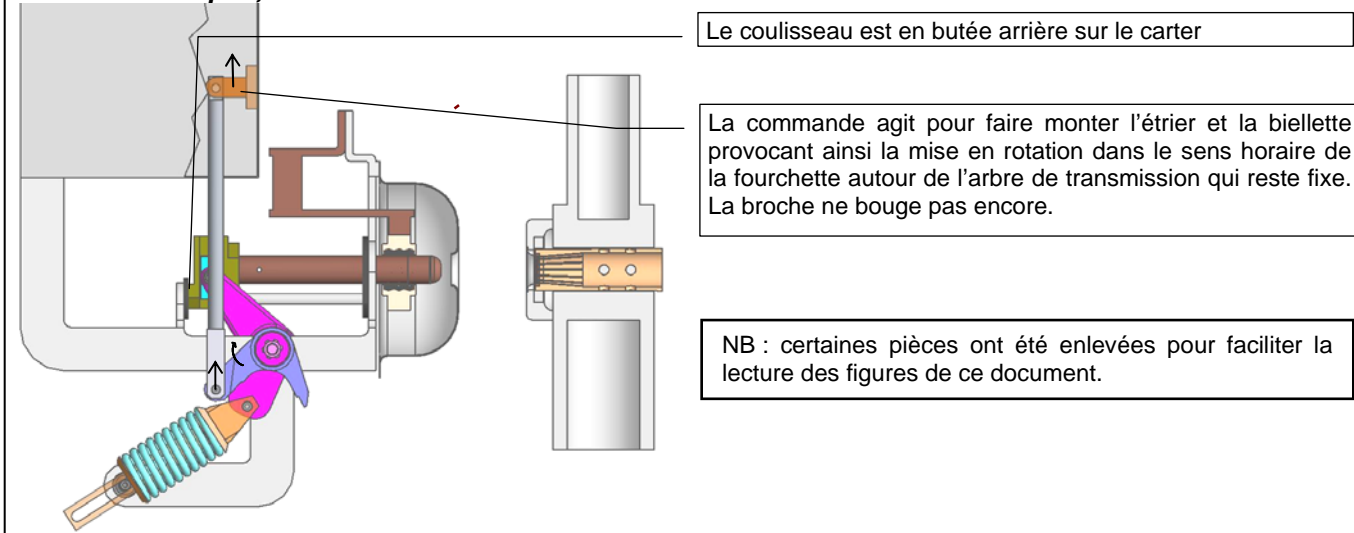
La modélisation du carter, ci-dessous, n'est pas conforme à la réalité : c'est un modèle très simplifié.  
La modélisation des autres composants est identique à la réalité.  
Les sous-ensembles de pièces cinématiquement liées sont repérés par le préfixe CL (classe).



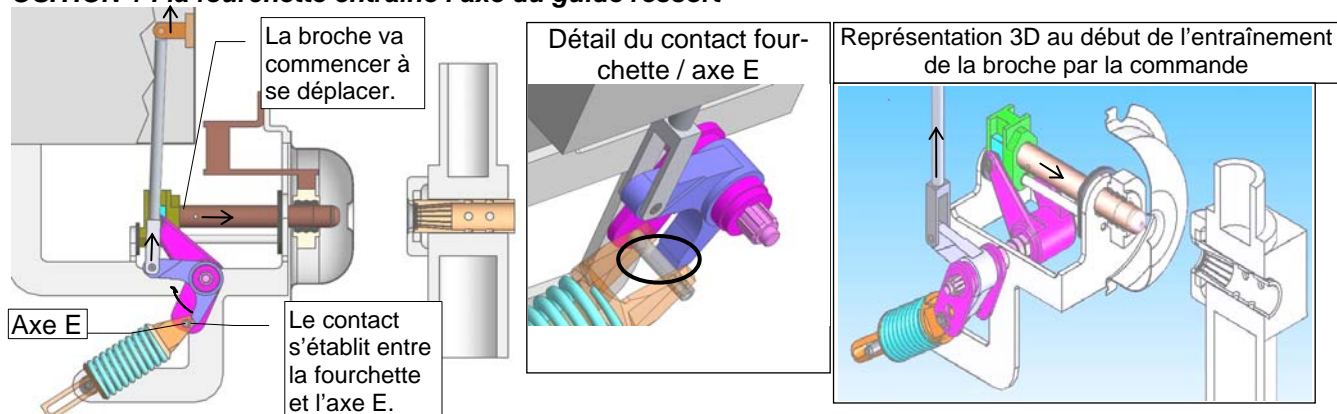
## Fonctionnement d'un cycle de mise à la terre

**A Le circuit est ouvert, le ressort est armé, la commande agit pour effectuer une mise à la terre**

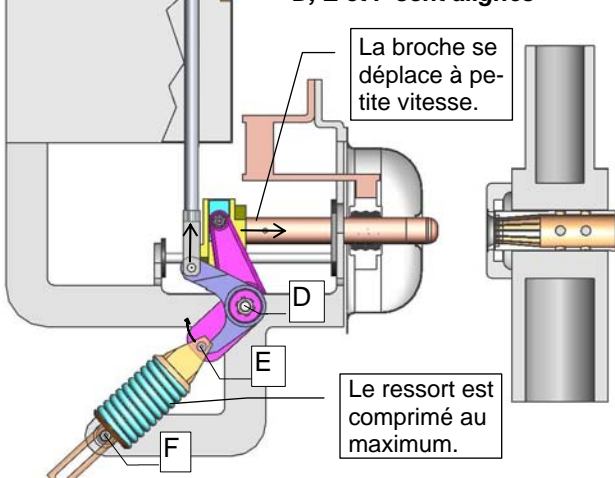
### POSITION 0 : repos, circuit ouvert



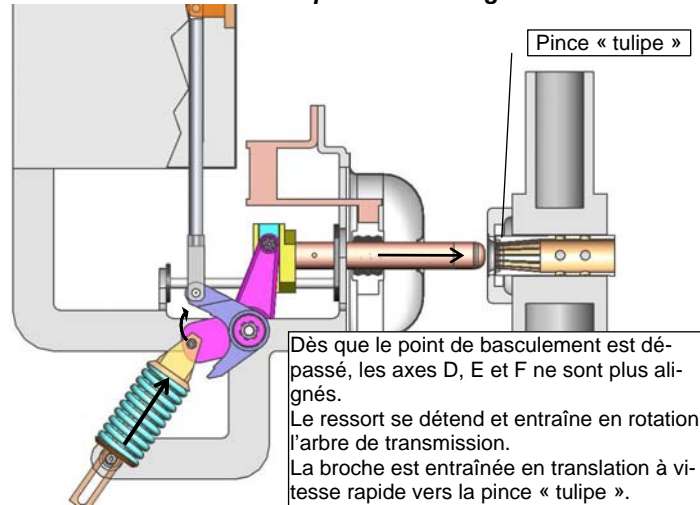
### POSITION 1 : la fourchette entraîne l'axe du guide ressort



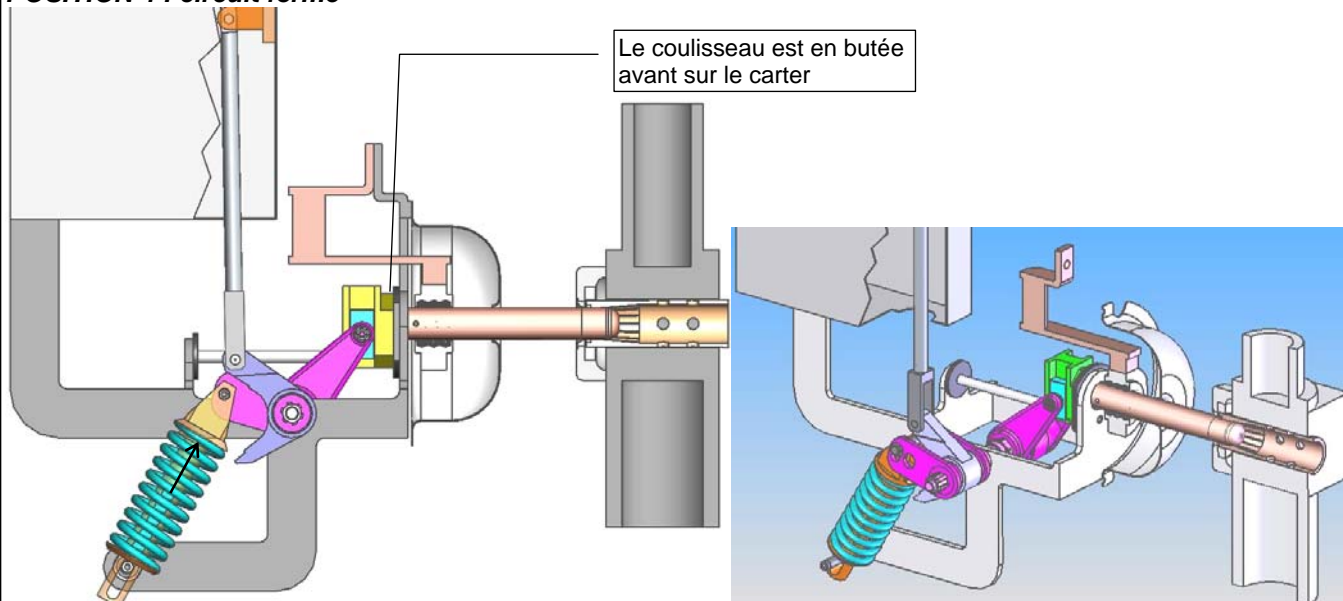
### POSITION 2 : point de basculement, les points D, E et F sont alignés



### POSITION 3 : fermeture rapide du circuit grâce au ressort



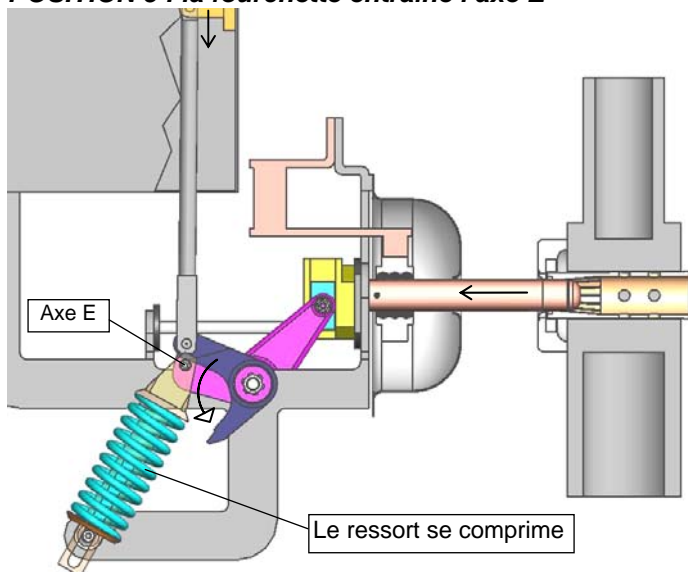
### POSITION 4 : circuit fermé



Le coulisseau est maintenu en butée contre le carter grâce au ressort.  
La broche est connectée dans la pince "tulipe". La commande n'est plus actionnée.

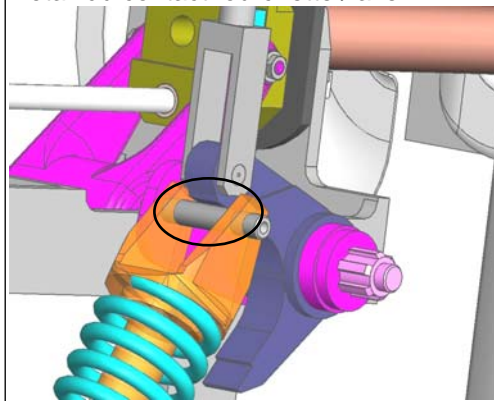
**B – Le circuit est fermé, la commande agit pour effectuer le réarmement du ressort et l'ouverture du circuit**

**POSITION 5 : la fourchette entraîne l'axe E**

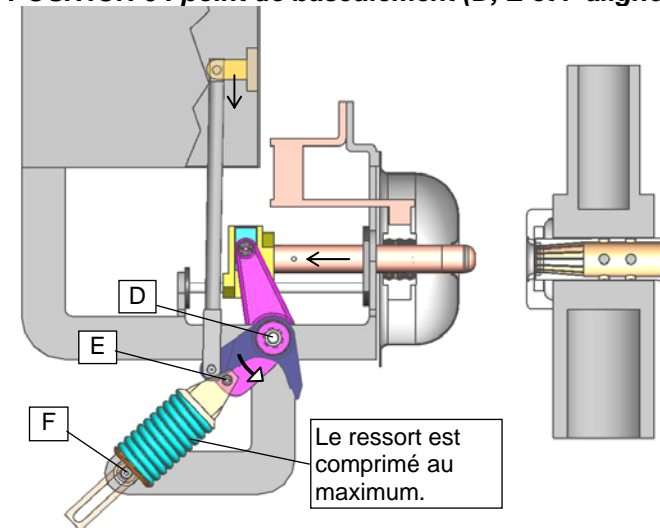


La commande fait descendre l'étrier et la biellette d'où rotation (sens trigo) de la fourchette. Elle vient en contact sur l'axe E ce qui entraîne la translation de la broche vers la gauche.

**Détail du contact fourchette / axe E**



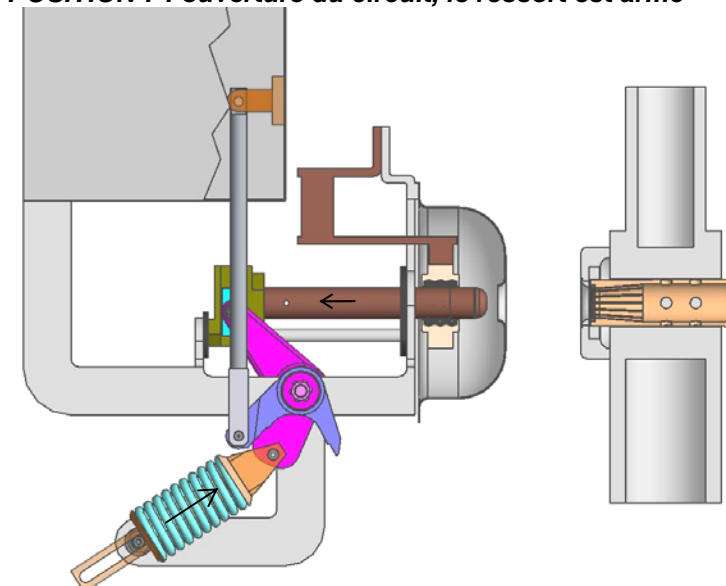
**POSITION 6 : point de basculement (D, E et F alignés)**



Les axes D, E et F sont alignés.

La broche se déplace à petite vitesse.

**POSITION 7 : ouverture du circuit, le ressort est armé**



Dès que le point de basculement est dépassé, les axes D, E et F ne sont plus alignés.

Le ressort se détend et entraîne en rotation l'arbre de transmission.

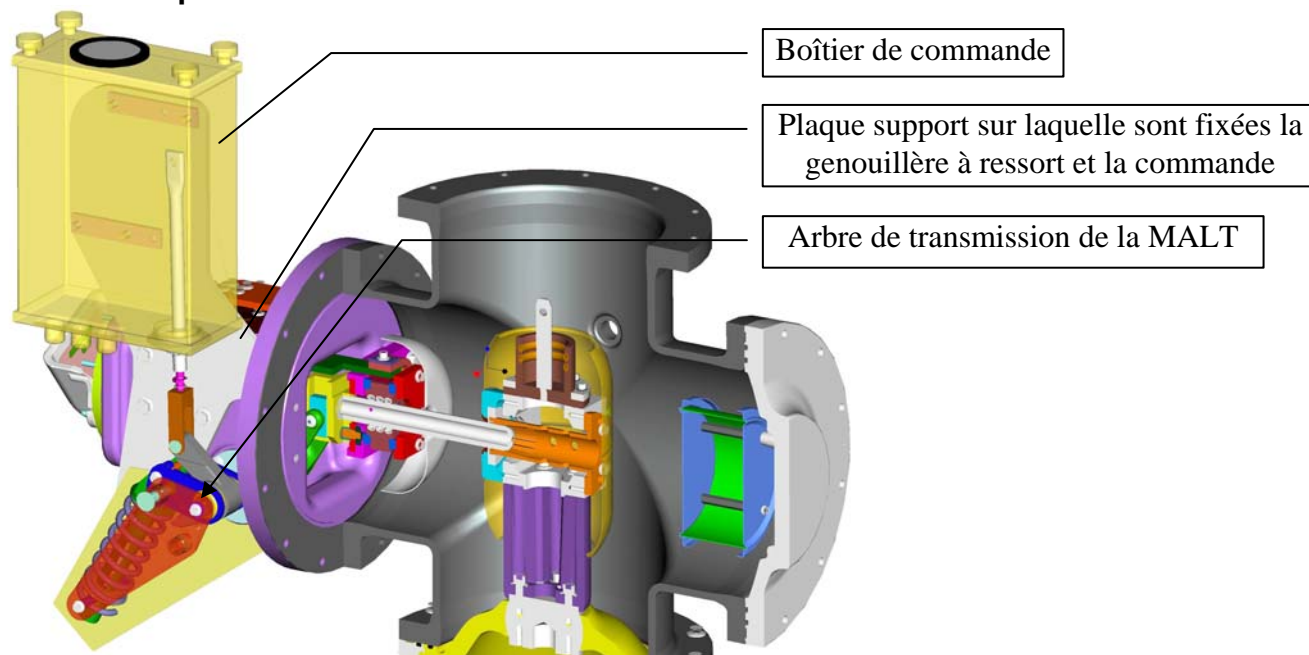
La broche est entraînée en translation à vitesse rapide.

**Remarque :** cette vitesse « rapide » est une conséquence du système à genouillère. Lors de l'ouverture du circuit, ce dernier n'est pas sous tension. La vitesse de la broche n'a donc aucune importance.

À la fin, le coulisseau est maintenu en butée contre le carter grâce au ressort.

Position 7 = Position 0, la ligne peut être à nouveau connectée au réseau.

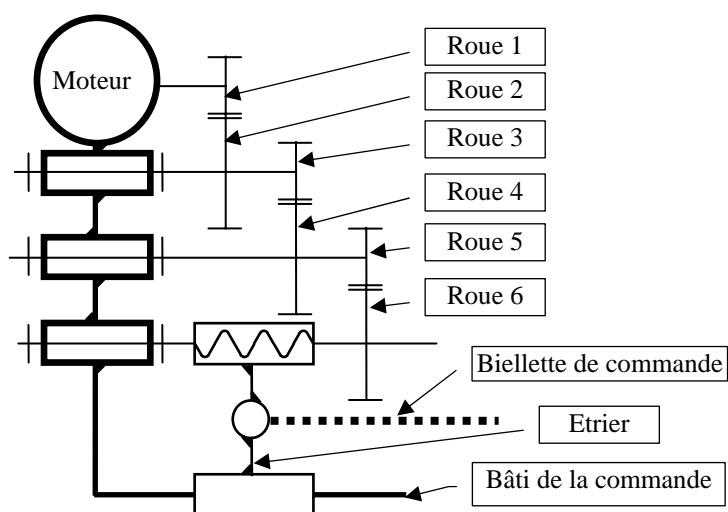
## Caractéristiques de la commande



### Mécanisme interne du boîtier de commande

- Bâti de la Commande
- Étrier guidé en translation / bâti
- Axe d'articulation de la bielle de commande / étrier
- Système vis-écrou
- Moteur électrique
- Réducteur à engrenages
- Bielle de commande

La commande peut être schématisée comme ci-dessous :



### Caractéristiques de la commande

**Moteur** : 600 W

**Réducteur** :

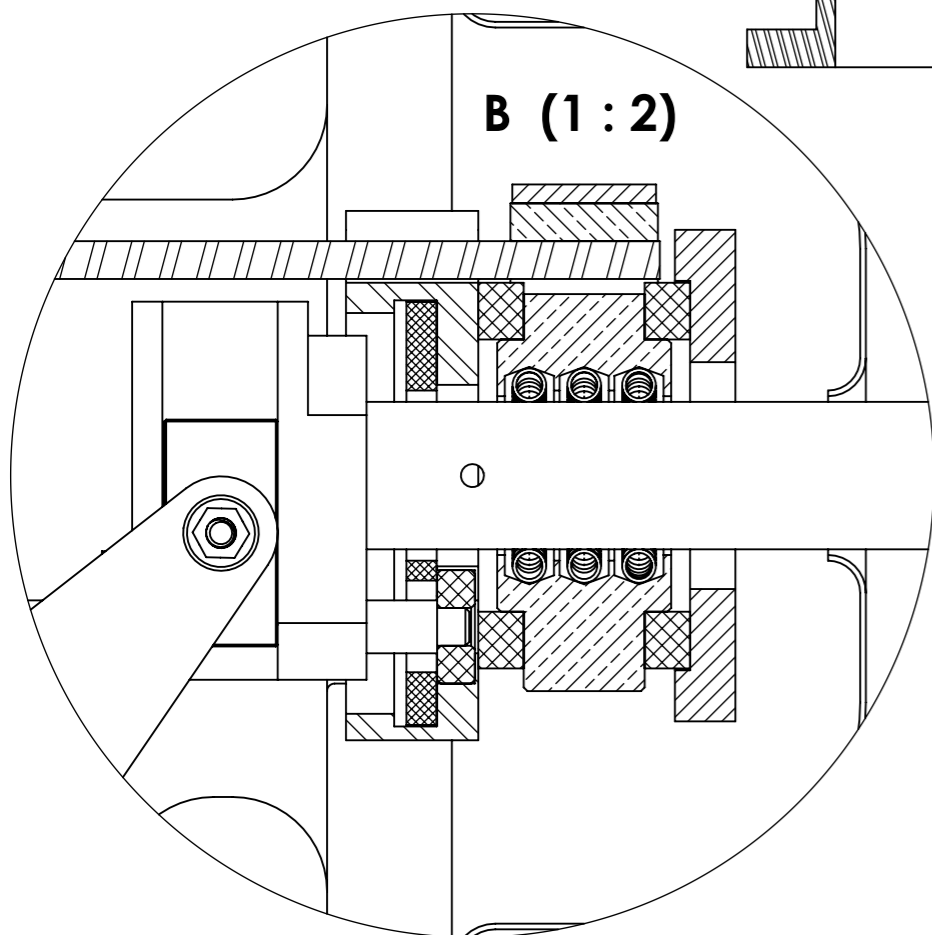
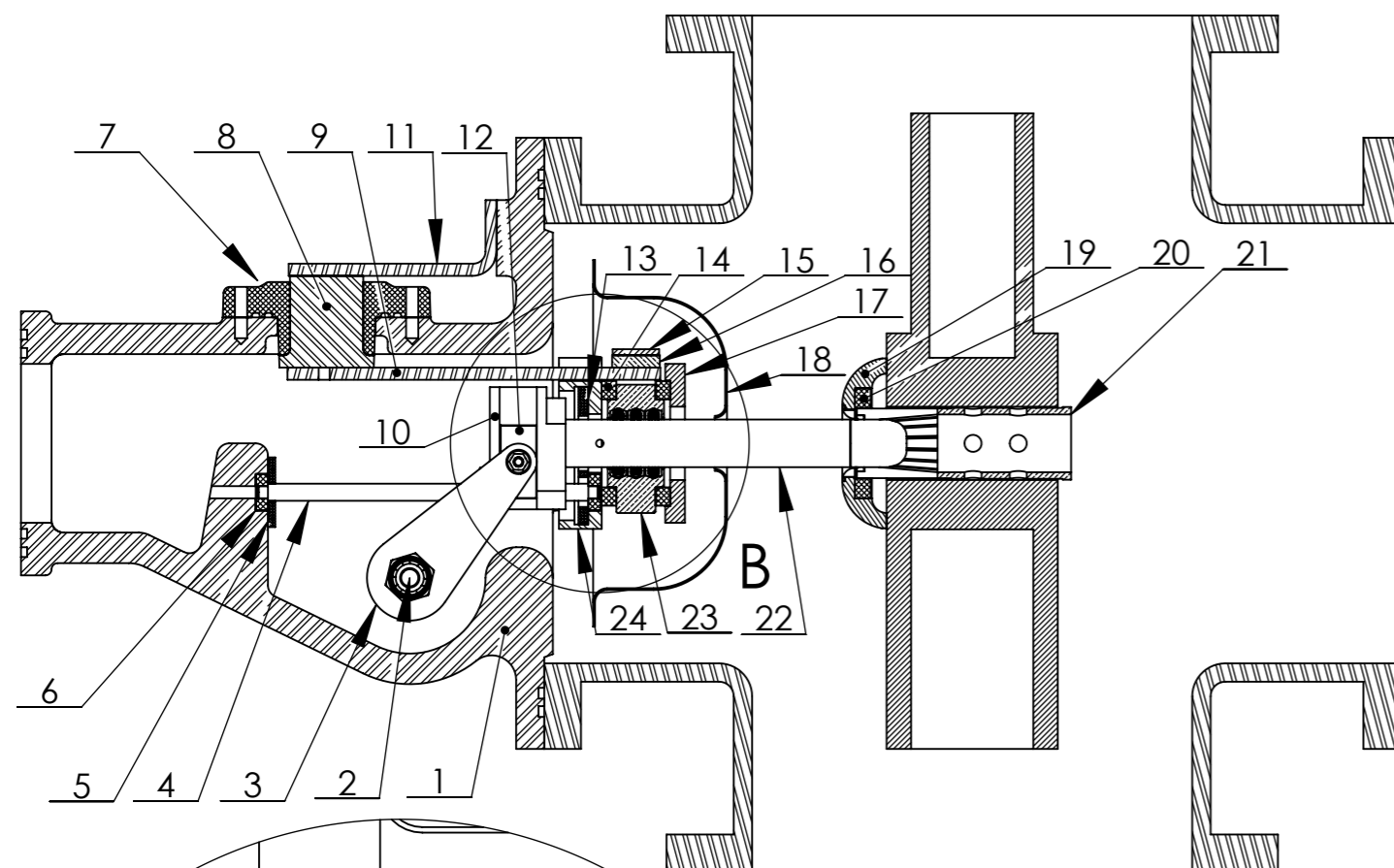
- Roue 1 : 13 dents
- Roue 2 : 55 dents
- Roue 3 : 13 dents
- Roue 4 : 55 dents
- Roue 5 : 13 dents
- Roue 6 : 45 dents

Rendement d'un engrenage = 0,95

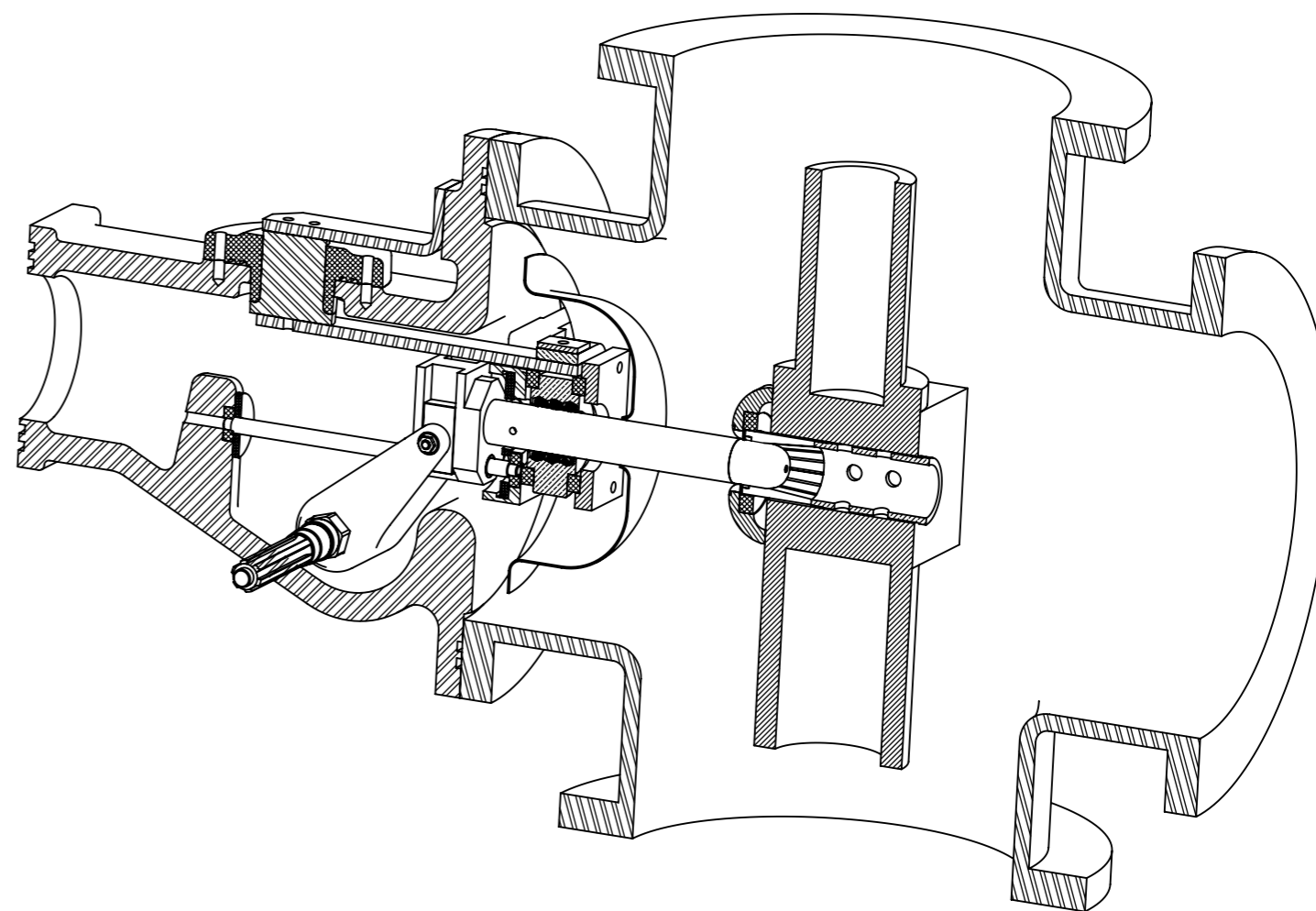
**Système vis-écrou** :-  $\varnothing_{\text{vis}} = 23,8 \text{ mm}$   
- pas = 4 mm

Rendement du système vis-écrou = 0,5

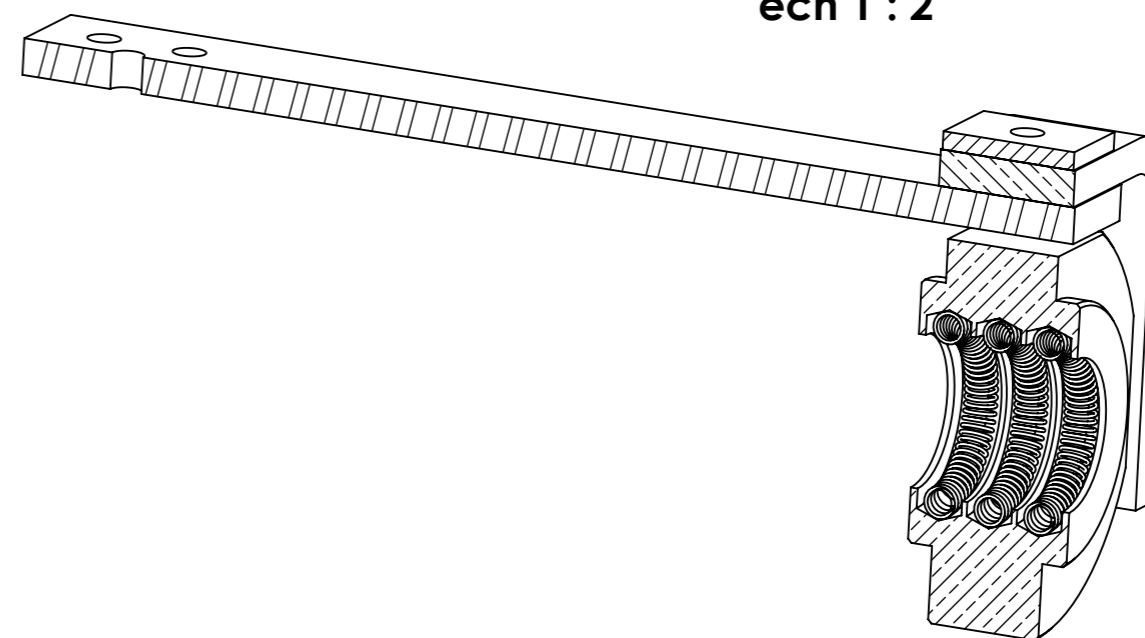
Vue de face avec la moitié de l'ensemble carter enlevé  
**ech 1 : 6**



Vue en perspective avec la moitié de l'ensemble carter enlevé  
**ech 1 : 6**



Vue en perspective avec la moitié de l'ensemble carter enlevé  
 de la connection pince porte balai / shunt souple  
**ech 1 : 2**



## **DOSSIER "TRAVAIL DEMANDÉ"**

**Le sujet est composé de 6 parties regroupées en 3 études indépendantes.**

Ce dossier comporte 7 feuilles numérotées de 1/7 à 7/7.

**Il est conseillé de consacrer à chacune des parties la durée suivante :**

Lecture du dossier et des documents techniques	30 min
--	--------

### **Étude 1 : Étude du fonctionnement de la MALT**

Partie 1 - compréhension du fonctionnement	40 min
--	--------

Partie 2 - validation de la fermeture rapide	40 min
--	--------

### **Étude 2 : Validation de la commande d'armement du ressort**

Partie 3 - Recherche de l'effort pour comprimer le ressort	30 min
--	--------

Partie 4 - vérification du temps de fermeture et course de la commande	30 min
--	--------

Partie 5- recherche des caractéristiques de la commande	25 min
---	--------

### **Étude 3 : Reconception pour améliorer la commande**

Partie 6 - étude de la liaison vérin électrique / fourchette de commande	45 min
--	--------

## Fonctionnement d'une mise à la terre rapide

Avant de répondre à ces premières questions, on pourra consulter le dossier technique.

### Partie 1 : nécessité de MALT et compréhension du fonctionnement

Toutes les installations électriques de puissance sont équipées d'une mise à la terre (Malt), dans certaines situations il est nécessaire que le circuit soit équipé d'une mise à la terre rapide.

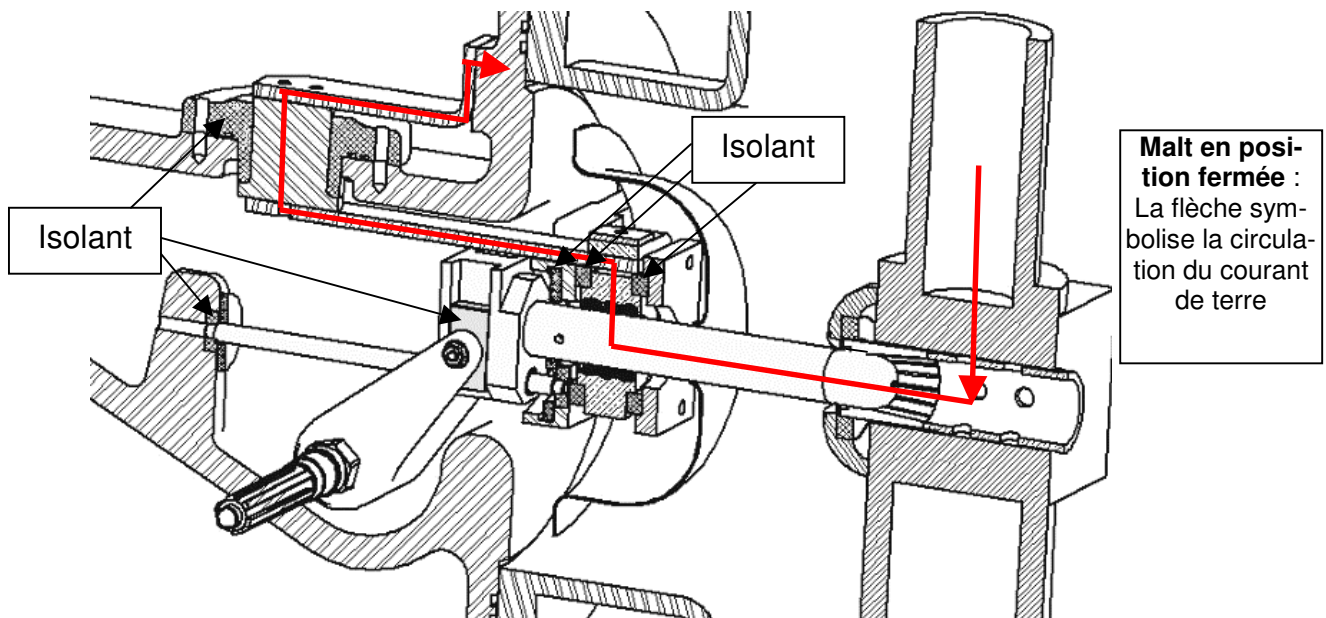
**Question 1.1** - Rechercher dans le dossier technique la raison principale pour que cette mise à la terre soit rapide.

**Question 1.2** - Trouver la contrainte qu'impose le fonctionnement en poste blindé.

#### Fonctionnement électrique de la mise à la terre

La contrainte FC2 du cahier des charges impose que la liaison électrique à la terre puisse être coupée de l'extérieur sans démontage du carter (gaz SF6 sous pression).

**Question 1.3** - Comment supprimer la liaison électrique par le démontage simple d'une pièce, sans manœuvrer le mécanisme ni ouvrir le carter ?



**Fonctionnement mécanique de la mise à la terre** : étude des liaisons (répondre sur le document **DR 1** et copie).

**Attention** : repères et désignations de la nomenclature générale du document **DT 10**.

**Question 1.4** – Dire s'il est possible que la classe d'équivalence liée à la broche 22 et l'ensemble manivelle 3 soient simplement une liaison pivot.

**Question 1.5** – Donner la raison mécanique et la raison électrique d'utiliser les patins 12 en plastique.

**Question 1.6** – Préciser les surfaces de contact entre la classe d'équivalence de la broche 22 et celle d'un patin 12. Colorier ces surfaces en rouge sur la coupe AA (document **DR 1**).

**Question 1.7** – En déduire la nature de la liaison patin 12 / broche 22.

**Question 1.8** – Préciser les surfaces de contact entre la classe d'équivalence d'un patin 12 et de la manivelle 3. Colorier ces surfaces en vert sur la coupe BB (document **DR 1**).

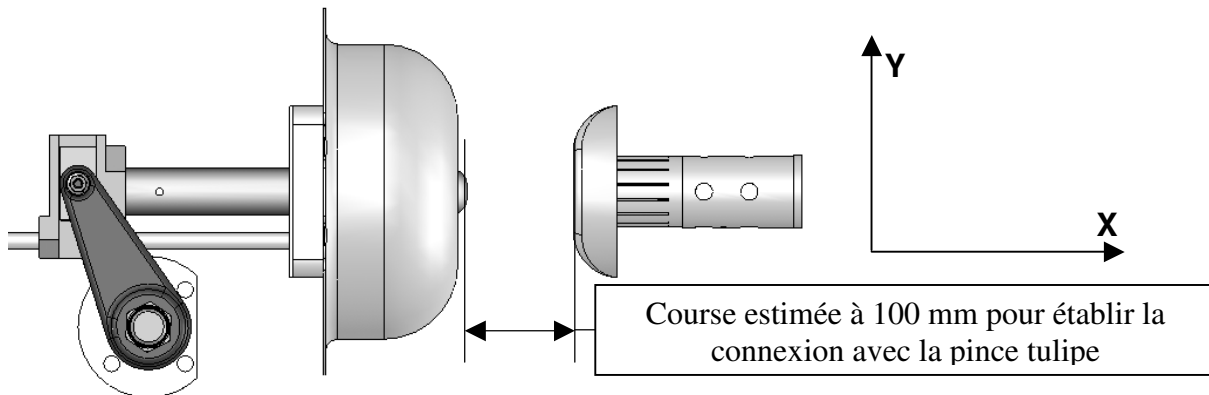
**Question 1.9** – En déduire la nature de la liaison patin 12 / manivelle 3.

**Fonctionnement mécanique de la mise à la terre** : schéma cinématique (répondre sur le document **DR 1**)

**Question 1.10** - compléter la zone manquante du schéma cinématique par les deux liaisons étudiées à la question précédente (voir **DT 5** à **DT 8**).

**Partie 2 : détermination de l'effort à appliquer sur la broche pour répondre au cahier des charges**  
(vitesse de la phase de fermeture rapide)

Cette étude va permettre de vérifier que la broche atteint la vitesse de  $6 \text{ m.s}^{-1}$  en fin de phase de fermeture garantissant l'absence d'arc électrique destructeur entre la broche et la pince tulipe.



**Recherche de l'accélération de la broche** (répondre sur feuille de copie)

**Question 2.1** - Quel est le type de mouvement de la broche par rapport au bâti ?

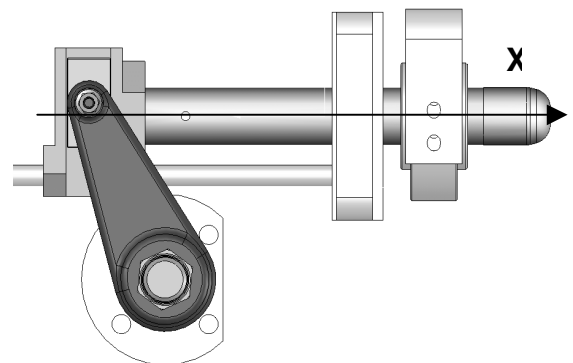
On peut résumer les caractéristiques connues de ce mouvement par un tableau comme ci-contre. N.B. : $t_1$ doit être calculé et non pas relevé dans le c. d. c. f.	à $t_0 = 0$	à $t_1 = ?$
	$x_0 = 0$	$x_1 = 100 \text{ mm}$
	$v_0 = 0$	$v_1 = 6 \text{ m.s}^{-1}$

**Question 2.2** - En admettant que le mouvement de la broche par rapport au bâti soit assimilable à un mouvement de translation rectiligne uniformément varié (MRUV) sur  $x$ , rechercher l'accélération nécessaire de la broche par rapport au bâti répondant aux données du tableau ci-dessus.

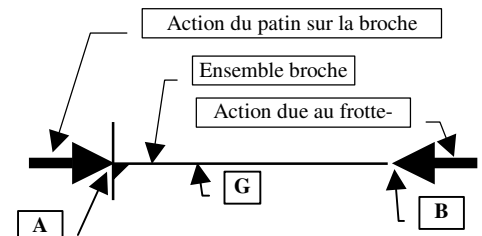
**Recherche de l'effort à appliquer sur la broche pour répondre au cahier des charges**

Hypothèses :

- Le problème sera traité comme un problème de dynamique plane.
- On admet que l'action du patin sur l'ensemble broche est modélisable par une force d'intensité inconnue portée par l'axe  $x$ .
- On donne l'action due au frottement entre le collecteur et la broche modélisable par une force d'intensité  $100 \text{ N}$  portée par l'axe  $x$ . (les autres liaisons seront considérées comme parfaites).
- Masse de la broche :  $m = 3 \text{ kg}$ .
- Dans le but de prédéterminer l'action de poussée du patin sur la broche, on utilise le schéma d'étude simplifié ci-contre.
- Quelle que soit la réponse à la **question 2.2**, prendre l'accélération de la broche égale à :  $a = 180 \text{ m.s}^{-2}$ .



Le modèle de cette étude se résume donc au schéma suivant :



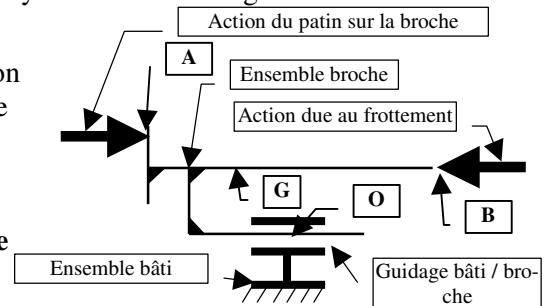
**Question 2.3** - On isole la broche, écrire le théorème de la résultante dynamique en projection sur  $x$  appliqué à l'ensemble broche et en déduire l'intensité de la force exercée par le patin sur l'ensemble broche.

Pour produire un tel effort et une telle accélération et pour assurer la stabilité des positions ouverte / fermée, le constructeur a choisi d'utiliser un système « ressort + genouillère ».

De ce fait, le modèle utilisé (MRUV de la broche) ne s'applique pas au système « ressort + genouillère » de ce mécanisme.

Une étude dynamique avec un logiciel de simulation et une modélisation comme le schéma ci-contre ont donné les courbes du document réponse **DR 2** :

- les inerties et les frottements peuvent être pris en compte,
- **le déplacement réellement nécessaire à grande vitesse est de 96 mm précisément (établissement du contact).**



**Question 2.4** - Déterminer par un tracé sur les graphes de la figure 1 du document **DR 2**, la durée du déplacement de la broche à grande vitesse correspondant à une course de 96 mm et la vitesse correspondante.

**Question 2.5** - Le cahier des charges concernant la vitesse à atteindre est-il respecté ? Justifier.

**Question 2.6** - Déterminer par un tracé sur le graphe de la figure 2 du document **DR 2**, l'effort maximum sur la broche durant la fermeture rapide de la Malt, donner sa valeur en Newton, comparez avec la valeur trouvée en **2.3**.

### Partie 3 : détermination de l'effort à exercer par la commande pour comprimer le ressort

**Objectif : validation de la commande lors de l'armement du ressort**

Le ressort fournit la puissance nécessaire pendant la phase rapide de la fermeture mais il faut au préalable emmagasiner de l'énergie en comprimant le ressort ce qui a lieu lors de la phase d'ouverture du sectionneur. Le mouvement d'ouverture se faisant à vitesse faible et à variation lente, l'étude peut se faire en statique.

Le but de l'étude est donc de trouver l'effort à exercer sur la bielle pour provoquer l'ouverture de la broche tout en comprimant le ressort.

Le mécanisme d'armement simplifié est représenté sur la figure ci-contre, partiellement coupé et sur le schéma ci-après.

La position représentée est relativement quelconque.

**Seules les pièces principales sont représentées et numérotées de 0 à 10 indépendamment de leurs repères dans la nomenclature générale.**

L'axe ressort 8 est fixe dans le carter donc solidaire du bâti 0.

**Hypothèses :**

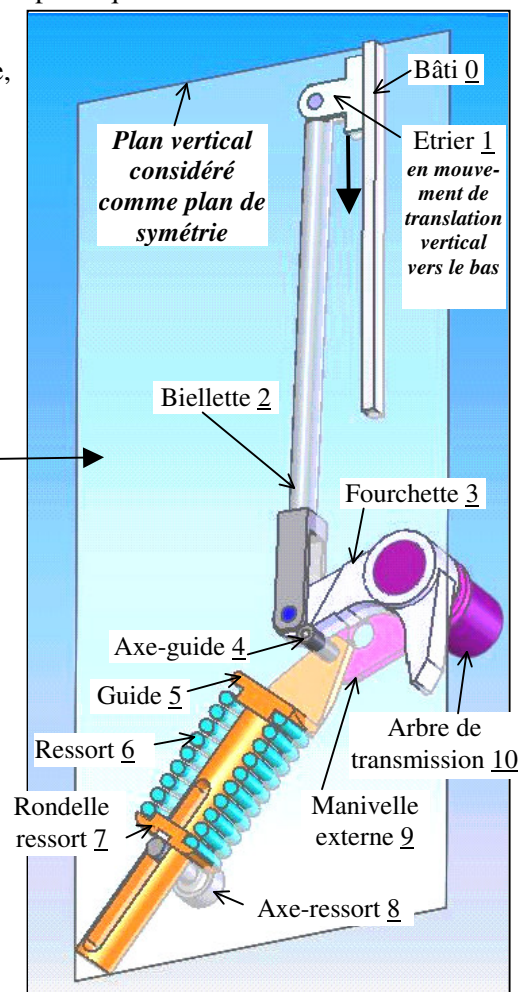
- Le mécanisme admet un plan de symétrie géométrique et de chargement, les problèmes seront considérés comme plans (suivant ce plan).
- Le poids des pièces est négligé.
- Les liaisons sont parfaites (sans frottement...).
- La fourchette 3 est en liaison *pivot* avec l'arbre de transmission 10 qui sera considéré comme fixe par rapport au bâti 0.

**Donnée :**

- L'effort du ressort 6 sur le guide 5 vaut 3 450 N dans la position représentée.

**Ordonnancement des isoléments :**

- Guide 5 + ressort 6 + rondelle ressort 7 } *étude non demandée*
- Axe guide 4
- Bielle 2
- Fourchette 3 } *l'étude porte sur ces 2 pièces.*
- Étrier 1 } *étude non demandée*



**1<sup>ère</sup> étape :** détermination de la direction des résultantes en A et B en isolant la biellette 2 (voir figure 1 sur document réponse **DR 3**).

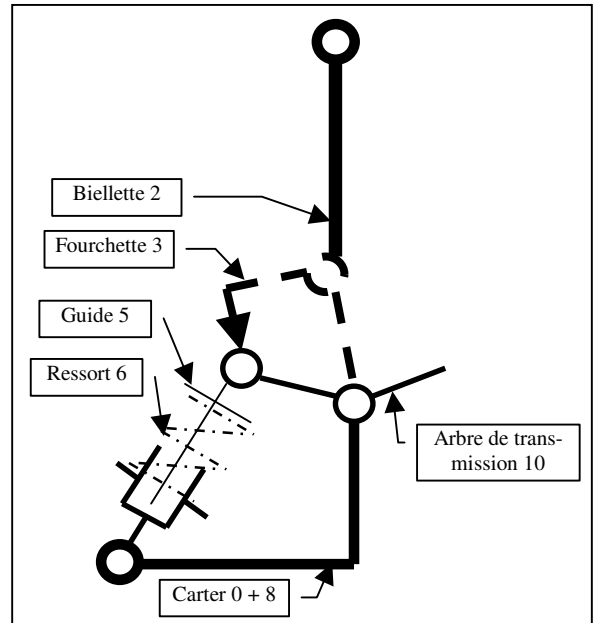
**Question 3.1** - Isoler la biellette 2 et faire le bilan des actions mécaniques extérieures.

**Question 3.2** - Montrer que les actions en A et B sont modélisables par des glisseurs.

**Question 3.3** - Appliquer le théorème relatif aux systèmes matériels soumis à 2 actions mécaniques de type glisseur (citer ce théorème).

**Question 3.4** - En déduire la direction des résultantes en A et B. Les normes restent, pour l'instant, inconnues.

**Question 3.5** - Tracer sur la figure 1 les deux vecteurs sans échelle après avoir déterminé leurs sens. Indiquer leurs noms.



**2<sup>e</sup> étape :** détermination de l'action de la biellette 2 au point B en isolant la fourchette (voir figure 2 sur document réponse **DR 3**).

**Donnée :**

- **Poussée de l'axe-guide 4 sur la fourchette 3 égale à 1 615 N** (valeur obtenue par l'étude de l'équilibre de l'axe-guide 4 non étudiée ici).

**Question 3.6** - Isoler la fourchette 3 et faire le bilan des actions mécaniques extérieures qui sont toutes modélisables par des glisseurs.

**Question 3.7** - Appliquer le théorème applicable aux systèmes matériels soumis à 3 actions mécaniques de type glisseur (citer ce théorème).

**Question 3.8** - Faire les tracés qui en résultent pour trouver la direction de la résultante en D et les normes des actions en B et D.

**Question 3.9** - En déduire la norme de la résultante de l'action sur la biellette 2 en B puis en A.

**3<sup>ème</sup> étape :** détermination de la valeur maximum de l'action de la biellette 2 au point B en utilisant les résultats d'un logiciel multi positions sur document réponse **DR 4**.

La valeur déterminée à l'étape précédente ne correspond qu'à une position donnée de la fourchette 3 au cours de l'ouverture. Or, il faut connaître le maximum de l'action de la biellette 2 pour vérifier si la commande utilisée convient. L'emploi d'un logiciel de calcul multi positions permet de trouver ce maximum, en outre il prend en compte le poids propre des pièces et les frottements dans les liaisons.

**Question 3.10** - Relever sur la courbe, document **DR 4**, la valeur maximum en N de la norme de la résultante en B et la position correspondante de l'étrier 1 en mm.

**Question 3.11** - La valeur trouvée dans la 2<sup>ème</sup> étape correspond-elle à ce maximum ? Sinon de quelle caractéristique de la courbe se rapproche-t-elle ?

La valeur maximum trouvée de l'effort dans la biellette servira dans la **partie 5** pour valider les performances énergétiques de la commande.

## **Partie 4 : vérification du temps de fermeture et de la course de la commande**

### **Étude de la fermeture**

La fermeture se décompose, de façon simplifiée, en 2 phases :

- la phase d'approche, la fourchette 3 pousse le guide ressort 5 et la manivelle 9 jusqu'au point de basculement (en alignement), la broche avance à petite vitesse,

- la phase rapide, le ressort 6 se détend violemment et "propulse" la broche vers la pince tulipe à grande vitesse.

Le cahier des charges impose que la durée totale de déplacement de la broche ne dépasse pas 5 s lors de la fermeture.

Le document réponse **DR 5** montre le mécanisme de fermeture en position initiale de la phase d'approche en fermeture. On a alors :

- la broche en contact avec la butée arrière,
- la fourchette 3 en contact sous l'axe-guide 4 au point H.

**Remarque importante :** les manivelles externes et internes sont en liaisons encastrement, avec l'arbre de transmission 10 et forment ainsi un seul solide (classe d'équivalence) appelé : "**manivelle 9**" correspondant à la classe d'équivalence **arbre de transmission**.

**Hypothèses :**

- On néglige tous les frottements dans les liaisons y compris entre la broche et le collecteur.
- La fin de la phase d'approche est alors atteinte lorsque l'axe ED de la manivelle 9 est aligné avec l'axe EF du guide ressort 5 (points D, E et F alignés).

**Données :**

- L'étrier 1 est animé d'un mouvement de translation rectiligne vertical vers le haut par rapport au bâti 0 (fixe). Sa vitesse est de **7,5 mm/s** (supposée constante).
- La course de l'étrier 1 de la commande, donnée par le constructeur, est de **138 mm**.

**Détermination de la course de l'étrier 1 pendant la phase d'approche :**

**Question 4.1** - Indiquer quel est le mouvement de l'étrier par rapport au bâti 0. En déduire et tracer (sur **DR 5**) la trajectoire du point A appartenant à l'étrier 1 par rapport au bâti 0 : T(A ∈ 1/0).

**Question 4.2** - Indiquer quel est le mouvement de la fourchette 3 par rapport au bâti 0. En déduire et tracer la trajectoire du point B appartenant à la fourchette 3 par rapport au bâti 0 : T(B ∈ 3/0).

**Question 4.3** - Indiquer quel est le mouvement de la manivelle 9 par rapport au bâti 0. En déduire et tracer (**DR 5**) la trajectoire du point E appartenant à la manivelle par rapport au bâti 0 : T(E ∈ 9/0).

**Question 4.4** - Tracer (sur **DR 5**) l'axe de la manivelle 9 et celui du guide ressort 5 en fin de la phase d'approche (points D, E' et F alignés) et indiquer alors la position E' du point E.

**Question 4.5** - Déterminer la position B' du point B de la fourchette 3 en fin de la phase d'approche.

**Remarque :** l'angle  $\widehat{BDE}$  entre l'axe DB de la fourchette 3 et l'axe ED de la manivelle interne est constant.

**Question 4.6** - Déterminer (sur **DR 5**) la position A' du point A de la bielle 2 en fin de la phase d'approche. En déduire alors, par mesure, la course de l'étrier 1 dans cette phase (tenir compte de l'échelle du dessin 1:3).

**Détermination de la durée de la fermeture :**

**Question 4.7** - Calculer la durée de la phase d'approche en tenant compte de la vitesse de l'étrier 1/bâti 0 (voir données).

**Question 4.8** - Calculer la durée totale de déplacement de la broche en admettant que la phase rapide se passe en 0,04 s. Conclure sur le respect du cahier des charges à ce propos.

## Étude de l'ouverture

Le mouvement d'ouverture se décompose, de façon simplifiée, en 2 phases :

- la phase d'armement du ressort 6, la fourchette 3 pousse le guide ressort 5 et la manivelle 9 jusqu'au point de basculement (en alignement), la broche rentre à petite vitesse,
- la phase rapide, le ressort 6 se détend pour verrouiller la broche contre la butée arrière à grande vitesse.

Le document réponse **DR 6** montre le mécanisme de fermeture en position initiale de la phase d'armement à l'ouverture. On a alors :

- la broche en contact avec la butée avant,
- la fourchette 3 en contact sur l'axe-guide 4 au point C.

### Hypothèses :

- On néglige tous les frottements dans les liaisons y compris entre la broche et le collecteur.
- La fin de la phase d'armement est alors atteinte lorsque l'axe de la manivelle extérieure est aligné avec celui du guide ressort 5 (points D, E et F alignés).

### Données :

- L'étrier 1 est animé d'un mouvement de translation rectiligne vertical vers le bas par rapport au bâti 0 (fixe). Sa vitesse est de 7,5 mm/s (supposée constante).
- La course de l'étrier 1 de la commande, donnée par le constructeur, est de 138 mm.

### Détermination de la course totale de l'étrier 1 :

**Question 4.9** - Tracer (sur **DR 6**) la trajectoire du pt A appartenant à l'étrier 1 par rapport au bâti 0 : T(A ∈ 1/0).

**Question 4.10** - Déterminer la position B'' du point B lorsque l'axe de la manivelle externe et celui du guide ressort 5 sont alignés en fin de la phase d'armement du ressort 6.

**Remarque :** l'angle  $\widehat{BDE}$  entre l'axe DB de la fourchette 3 et l'axe ED de la manivelle interne est constant.

**Question 4.11** - Déterminer la position A'' du point A de la bielle 2 en fin de la phase d'armement. Reporter le point A' trouvé à la **question 4.6** en utilisant le bas du boîtier comme référence. En déduire alors, par mesure de la distance A'-A'', la course totale de l'étrier 1 (tenir compte de l'échelle du dessin 1:3).

La valeur trouvée est-elle compatible avec la course de la commande donnée par le constructeur ?

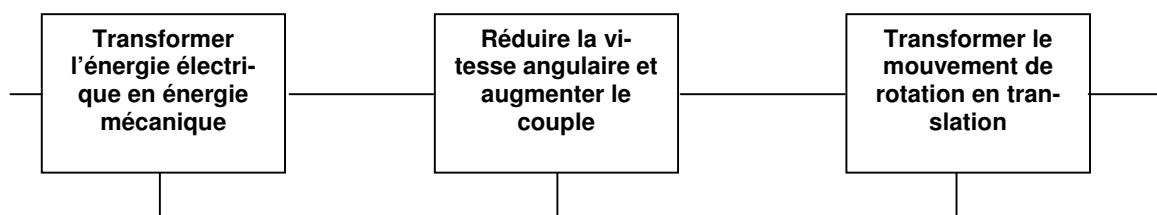
### Partie 5 : détermination des caractéristiques à développer par la commande au niveau de la bielle pour armer le ressort

Quels que soient les résultats trouvés dans les questions précédentes, on prendra les valeurs relatives à la puissance nécessaire au niveau de la bielle pour armer le ressort :

- Effort de poussée : **F = 2000 N**
- Vitesse de déplacement : **V = 7,5 mm/s**

Les autres caractéristiques se trouvent dans la description de la commande (document **DT 8**) (les pertes de puissance dans les liaisons autres que celle signalées sur le **DT 8** : pivot, glissière seront négligées).

Cette transmission de puissance peut se résumer au schéma bloc ci-dessous :



**Question 5.1** - Préciser les noms des mécanismes qui remplissent chacune des fonctions ci-dessus.

**Question 5.2** - Calculer le rapport de réduction du réducteur.

**Question 5.3** - Calculer le rendement du réducteur.

**Question 5.4** - Calculer le rendement global de la transmission de la bielle jusqu'au moteur.

**Question 5.5** - Calculer la puissance nécessaire au niveau du moteur.

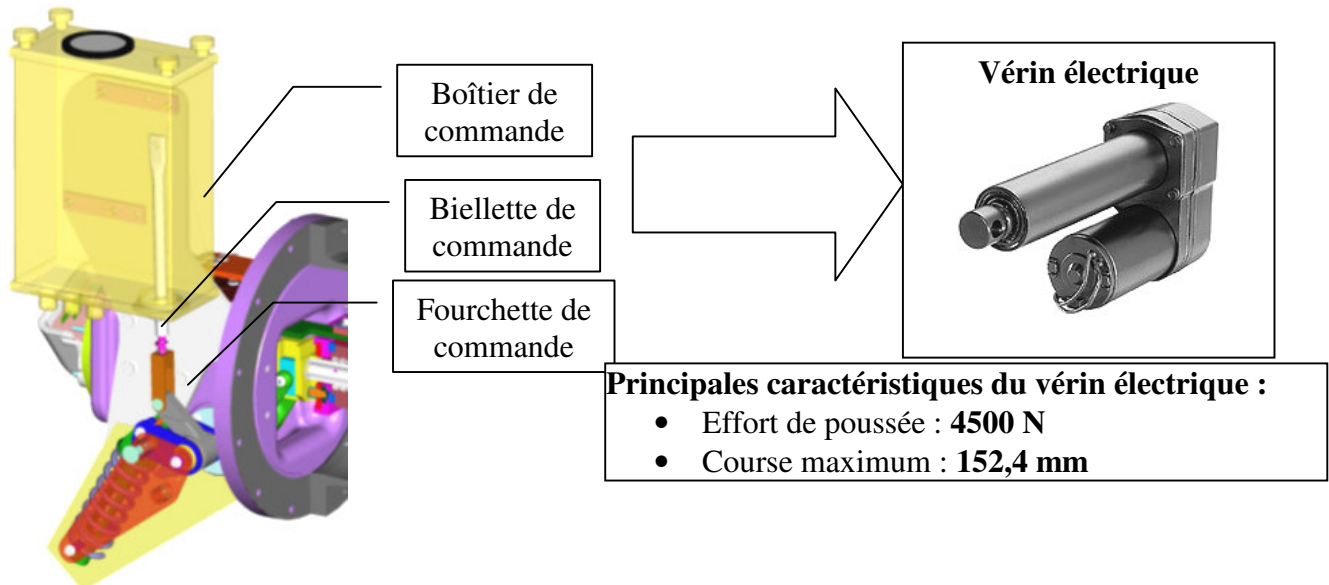
**Question 5.6** - Préciser si le moteur est bien choisi.

**Partie 6 : reconception : liaison à prévoir entre le nouvel actionneur type « vérin électrique » et la fourchette de commande.**

**Rappels : vérin électrique, ensemble compact comprenant un moteur électrique, un réducteur et un système vis écrou permettant donc de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique de translation.**

Pour réduire les risques de dysfonctionnements de la commande étudiée au **D**, pour faciliter la maintenance et réduire les coûts, l'entreprise envisage d'équiper ses futures MALT rapide à l'aide d'un vérin électrique du commerce dont les caractéristiques se trouvent ci-dessous.

Ce vérin en liaison pivot avec le bâti et avec la fourchette de commande remplacera donc le boîtier de commande ainsi que la biellette de commande.



#### **Validation du choix du vérin électrique**

Bien que la cinématique du mécanisme d'armement du ressort soit un peu changée, l'ordre de grandeur de la course trouvée à l'étude cinématique reste valable.

**Prendre pour la suite de l'étude la valeur de 110 mm quel que soit le résultat trouvé dans les questions précédentes. De même prendre la poussée minimum nécessaire de la commande : 2000 N.**

**Question 6.1** - Préciser si la course du vérin présélectionné est suffisante.

**Question 6.2** - Préciser si la poussée que fournit ce vérin est suffisante par rapport aux résultats de l'étude statique.

#### **Conception de la liaison vérin / fourchette de commande**

Cette liaison va en fait être réalisée par une pièce adaptation qui devra reprendre en partie les formes de la biellette de commande pour se lier avec la fourchette de commande et posséder des formes nouvelles pour se lier complètement à la tige de vérin.

C'est cette dernière liaison encastrement qu'il faut concevoir sur le document réponse **DR 7**.

- La liaison devra être démontable,
- Conserver au maximum les pièces déjà existantes du mécanisme de mise à la terre.

**Question 6.3** - Réaliser la liaison encastrement tige de vérin / pièce de liaison sur le document réponse **DR 7** en coupe BB et en vue éclatée en perspective en :

- terminant les formes de la pièce de liaison,
- réalisant la liaison complète démontable pièce de liaison / tige de vérin.

## **DOSSIER "DOCUMENTS RÉPONSES"**

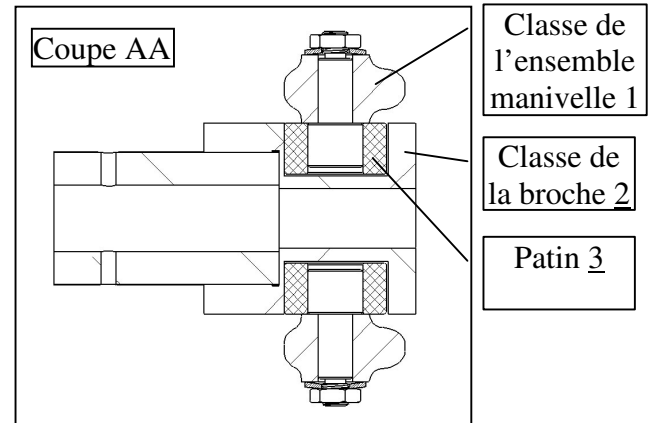
**Ce dossier comporte 7 documents numérotés de DR 1 à DR 7.**

DR 1	Étude des liaisons - Schéma
DR 2	Courbes position, vitesse et force
DR 3	Étude statique biellette, fourchette
DR 4	Courbes position et force sur la fourchette
DR 5	Étude des trajectoires en phase fermeture
DR 6	Étude des trajectoires en phase armement du ressort
DR 7	Reconception de la liaison tige de vérin / chape

Tous ces documents, même non remplis, sont à joindre à la copie en fin d'épreuve.

### Liaisons à modéliser :

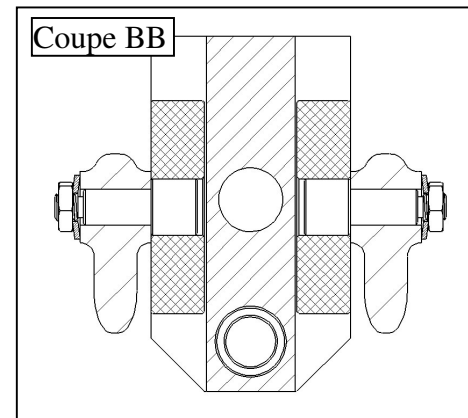
- Liaison 3/2 :
  - Nature des surfaces de contact :
  - Nom de la liaison :
- Liaison 3/1 :
  - Nature des surfaces de contact :
  - Nom de la liaison :



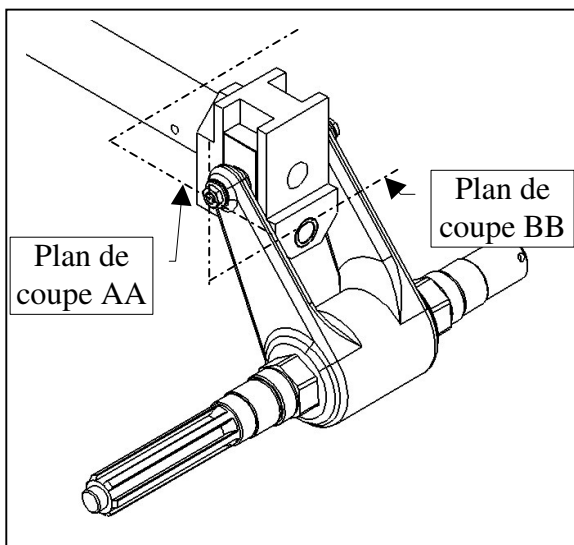
Classe de l'ensemble manivelle 1

Classe de la broche 2

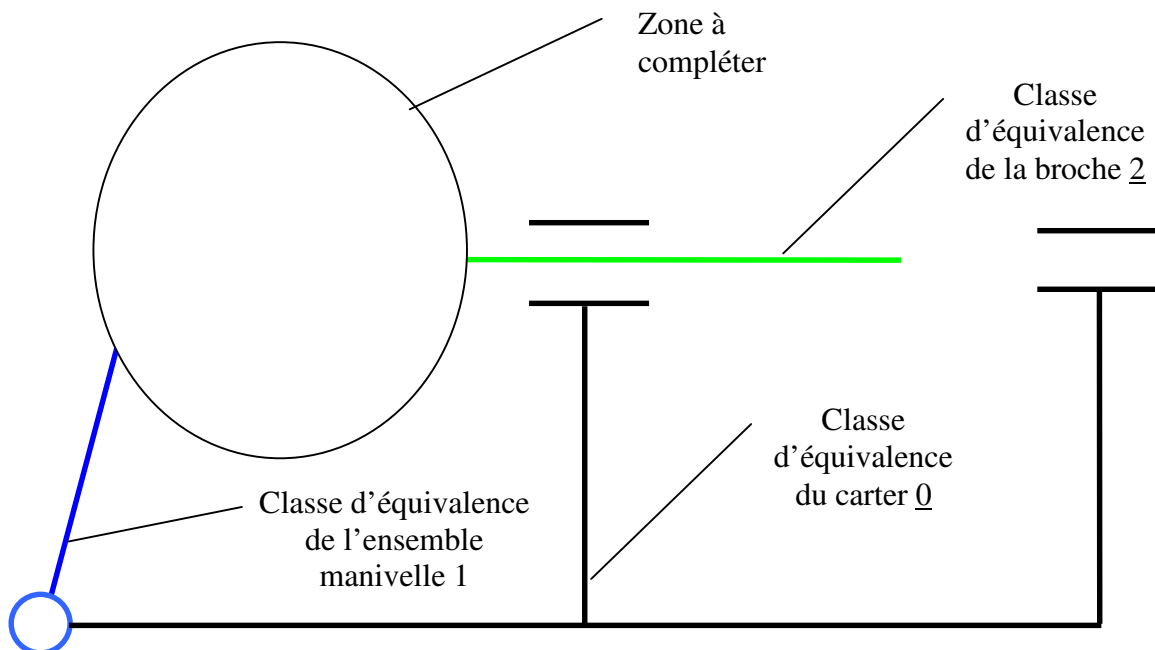
Patin 3



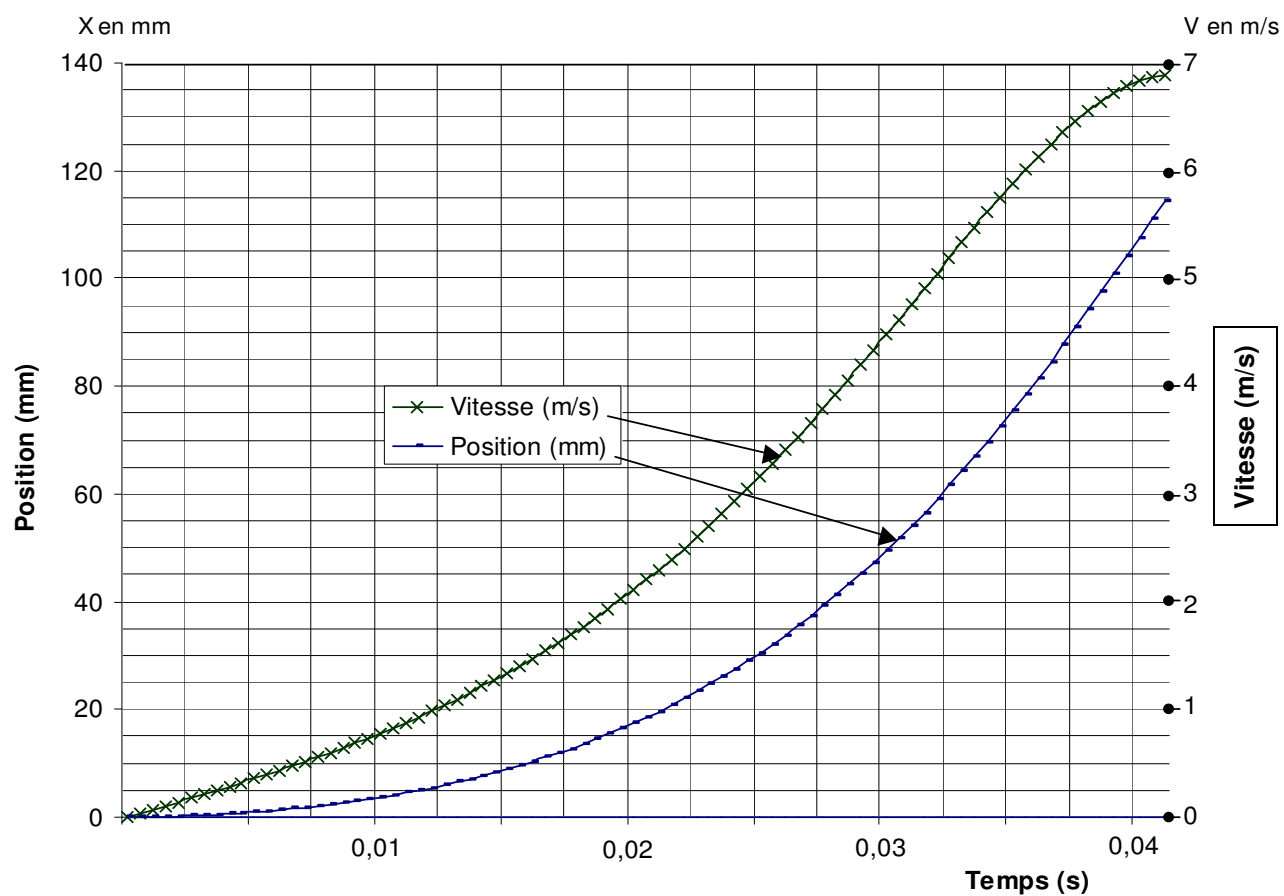
Coupe BB



### Schéma cinématique à compléter :



### Courbes des positions et vitesses en fonction du temps



### Courbe de la force du patin sur la Broche en fonction du temps

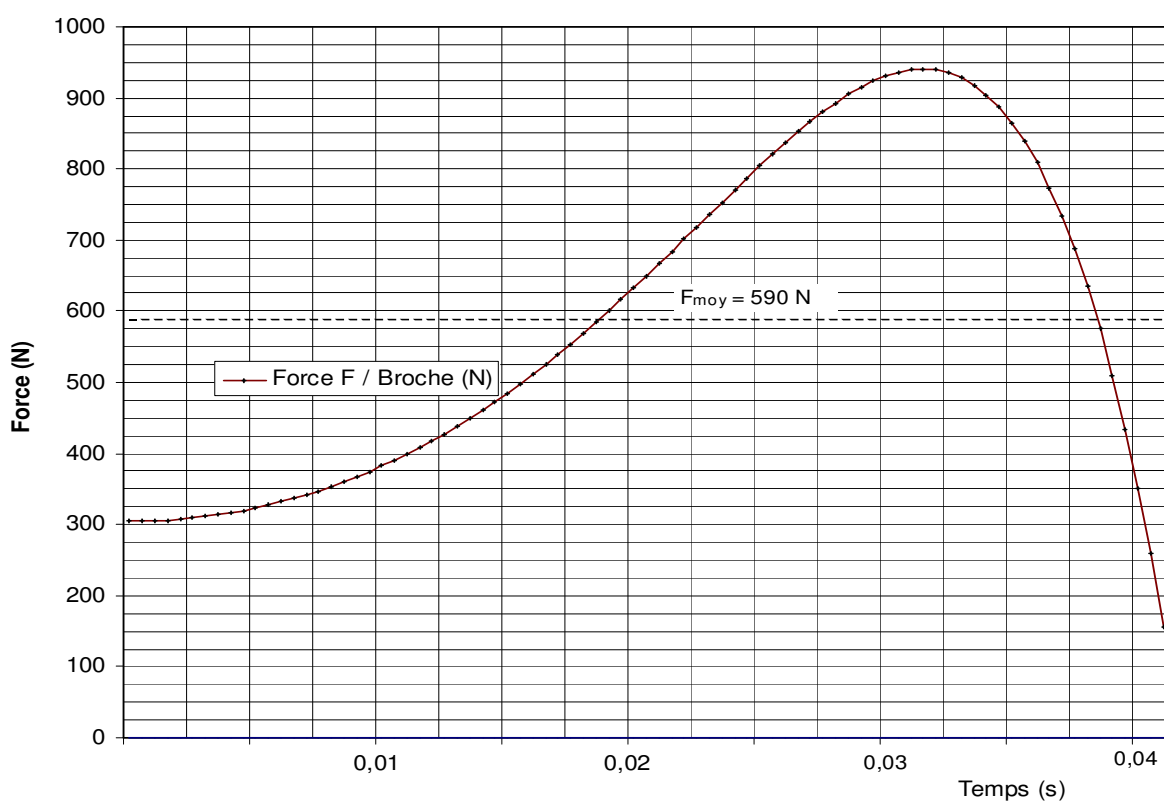
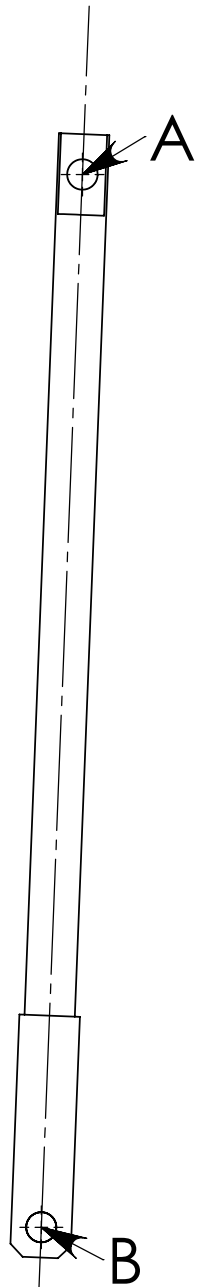
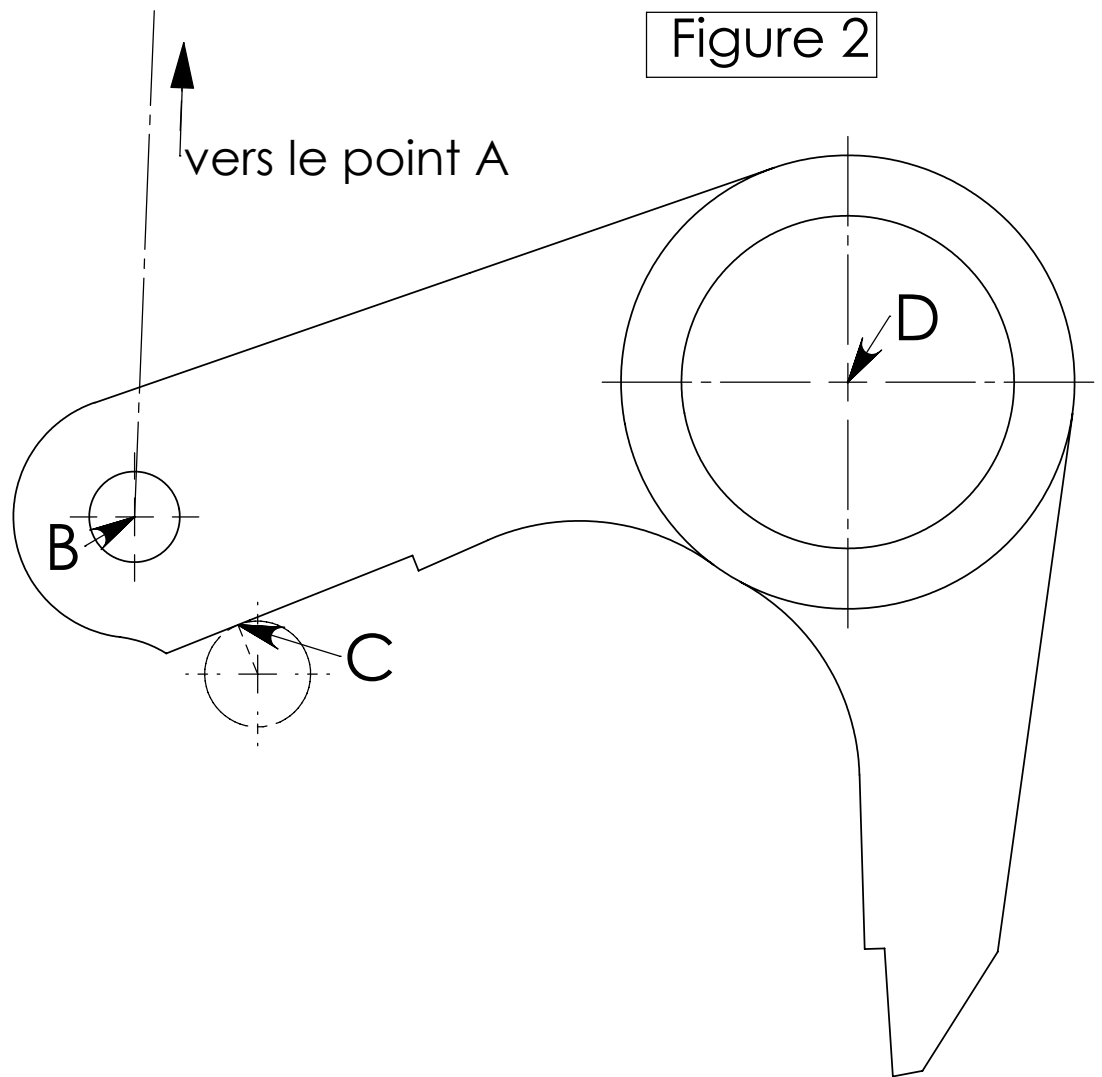


Figure 1



Echelle des longueurs 1:3

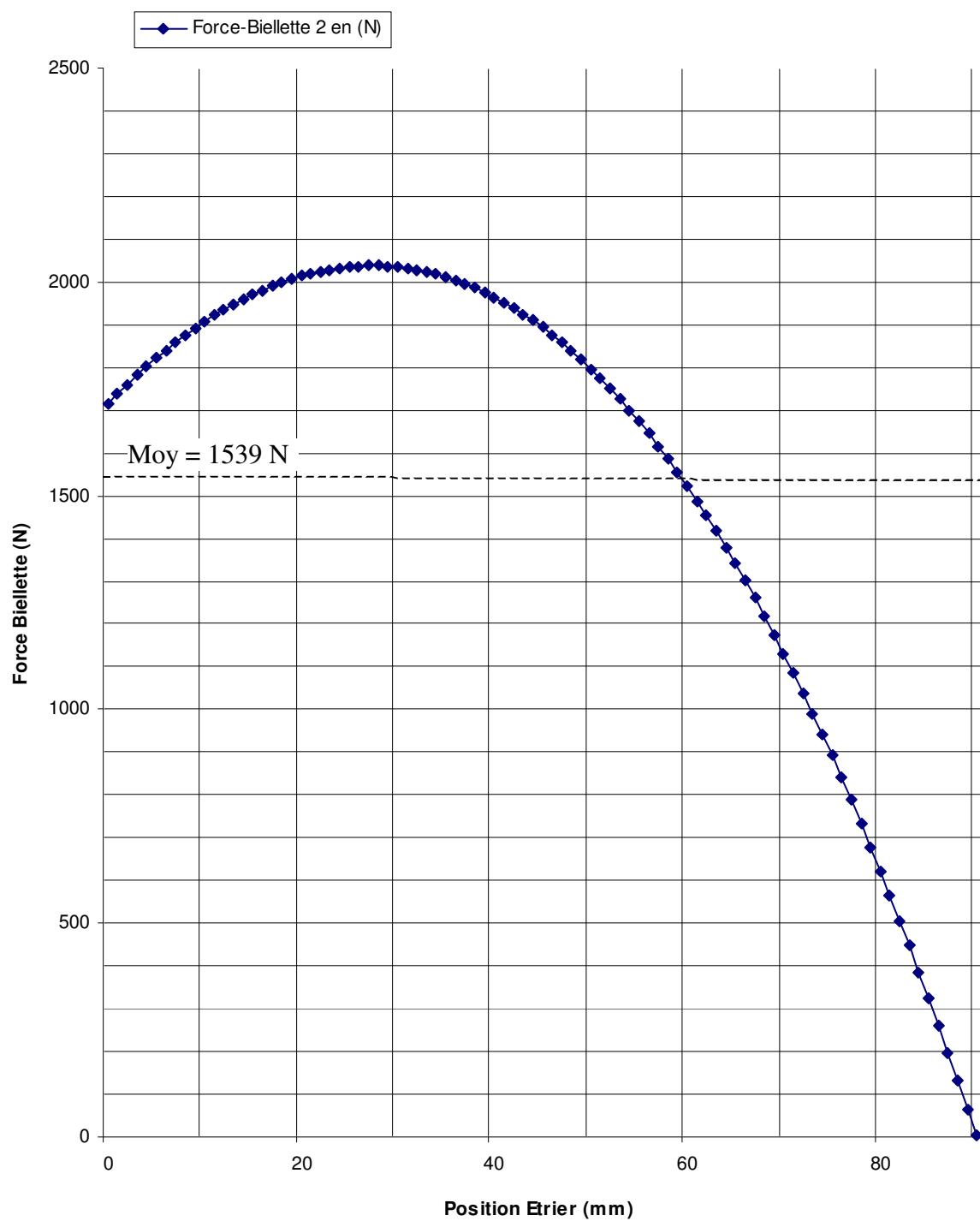
Figure 2

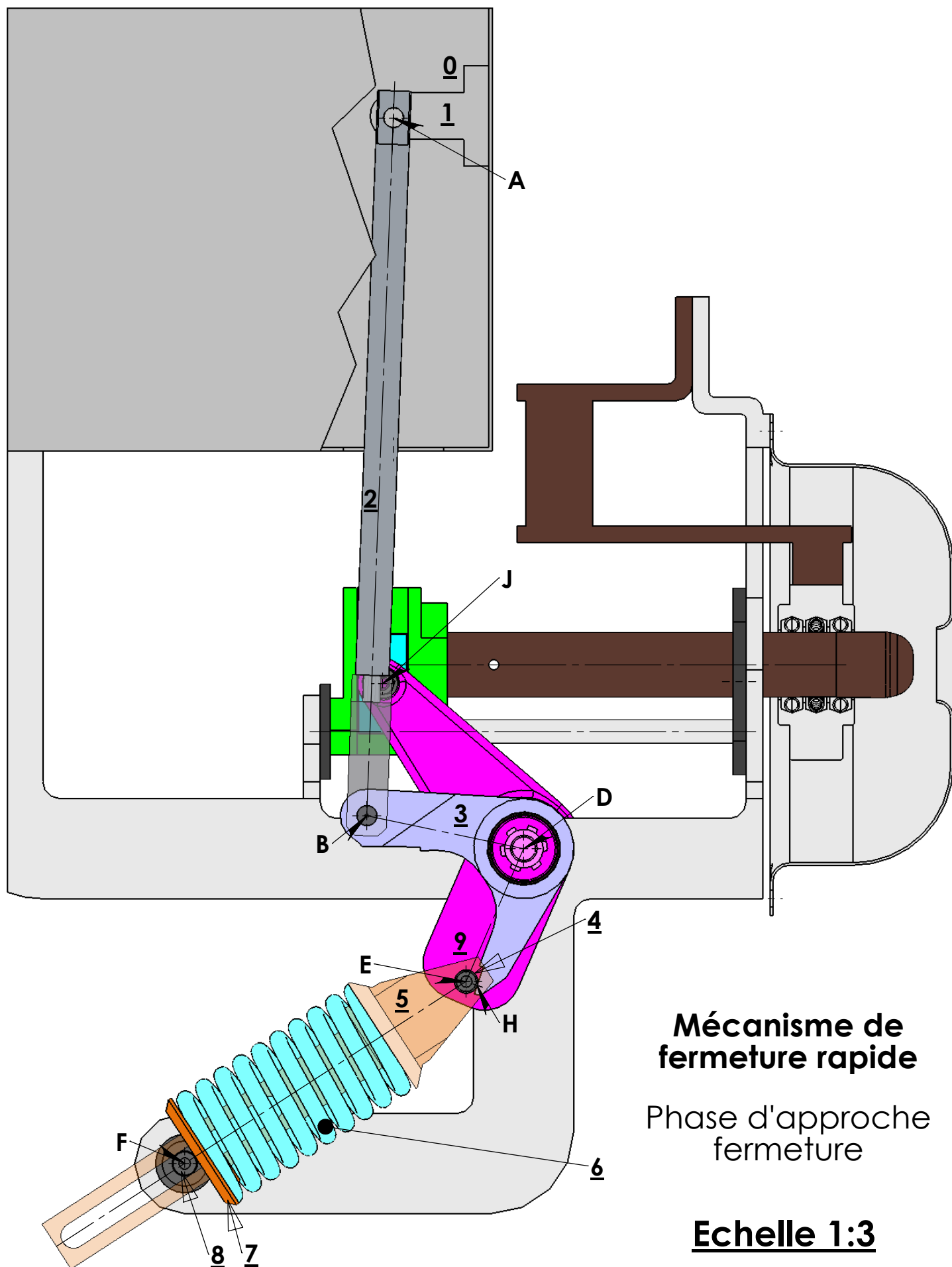


Echelle des forces  
1mm pour 10N

Echelle des longueurs 1:1

**Courbe de l'effort de la Bielle 2 / Fouchette 3  
en fonction de la position de l'Etrier 1 / Bâti 0**



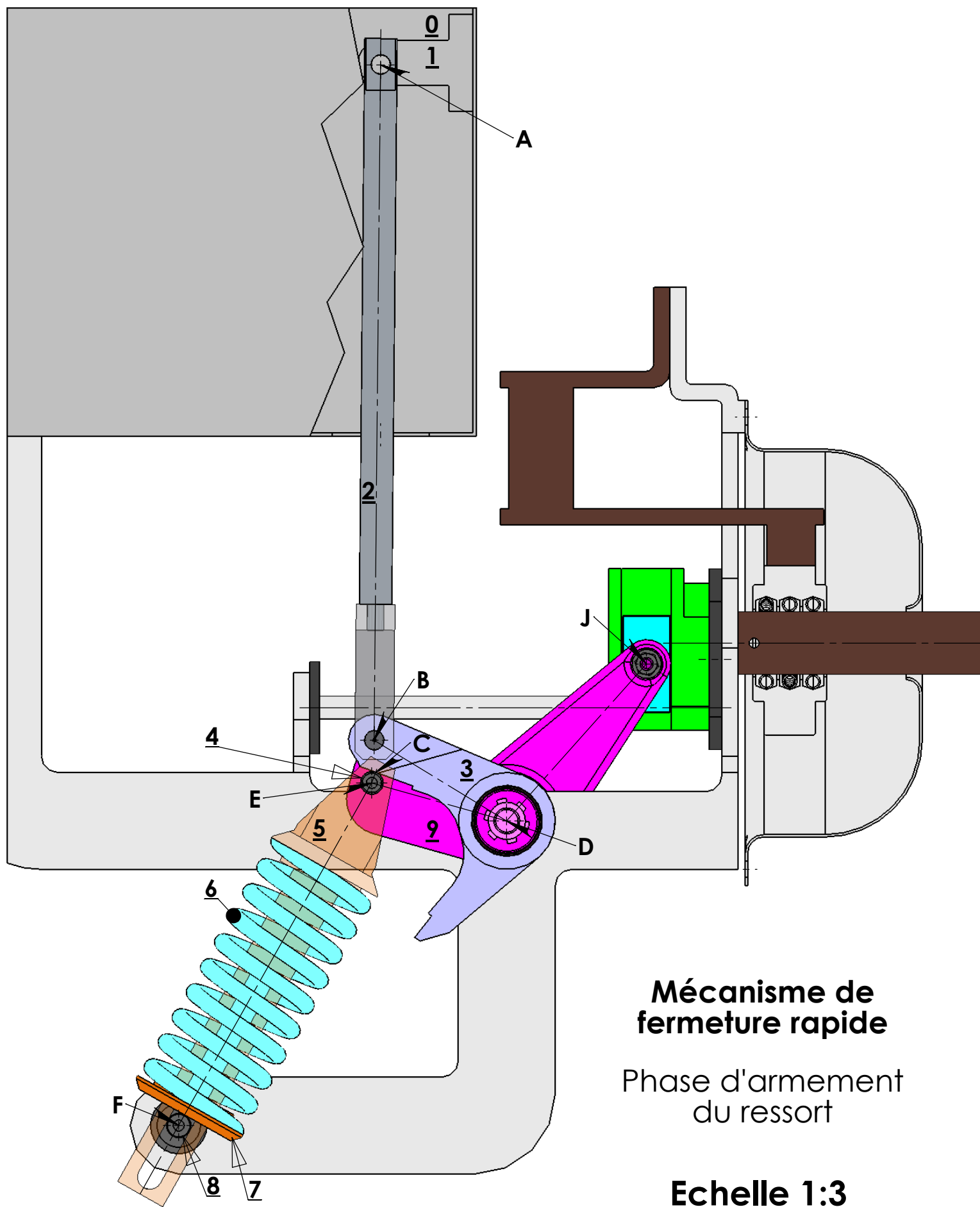


## Mécanisme de fermeture rapide

Phase d'approche  
fermeture

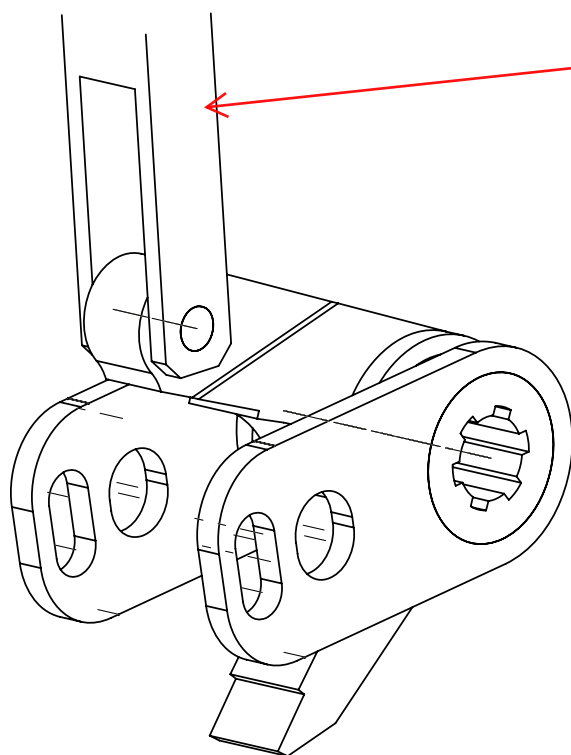
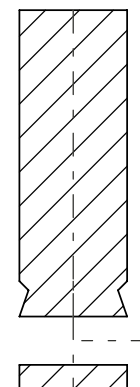
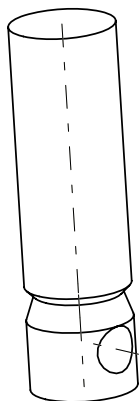
**Echelle 1:3**

**DR 5**

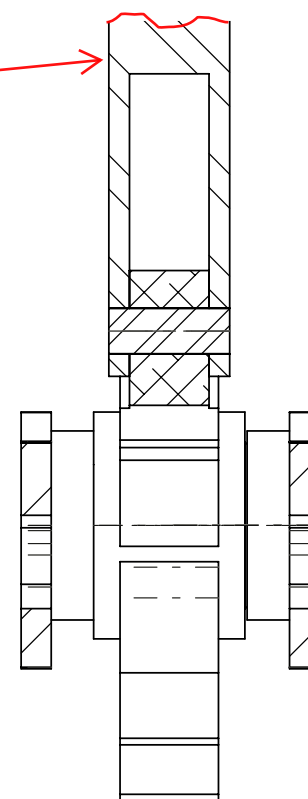


**DR 6**

8ETECAG3



pièce de liaison



COUPE B-B  
ECHELLE 1 : 2

8ETECAG3

DR7