

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 SF₆ (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 A 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)

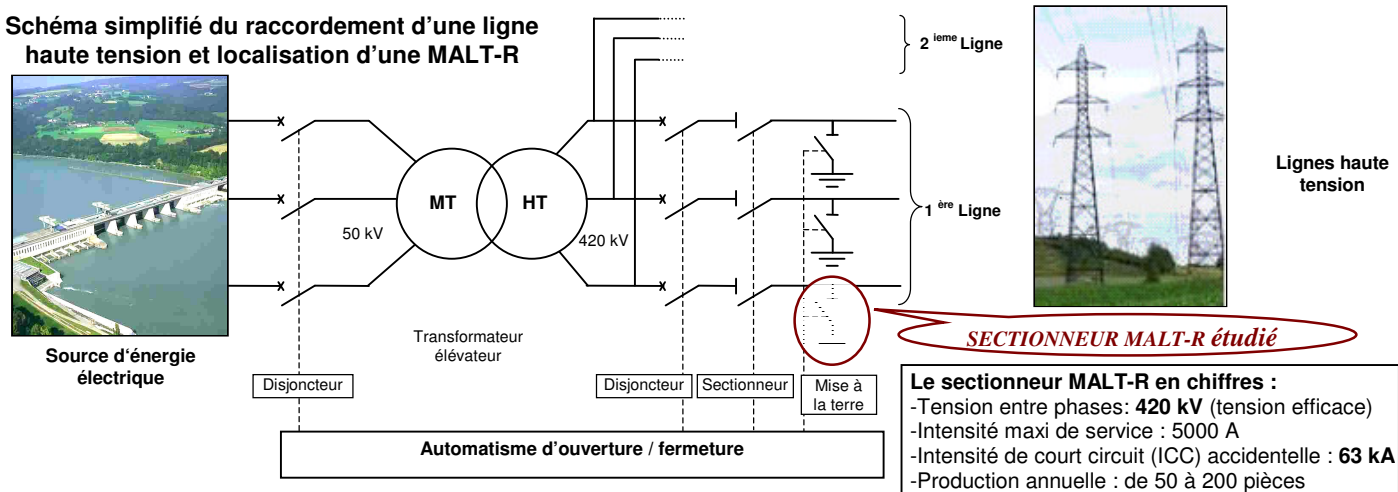
La MALT permet de sécuriser les installations lors des opérations de maintenance. La mise à la terre se fait après l'ouverture des disjoncteurs, normalement le courant ne passe pas dans la MALT lors de sa fermeture.

• 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.**

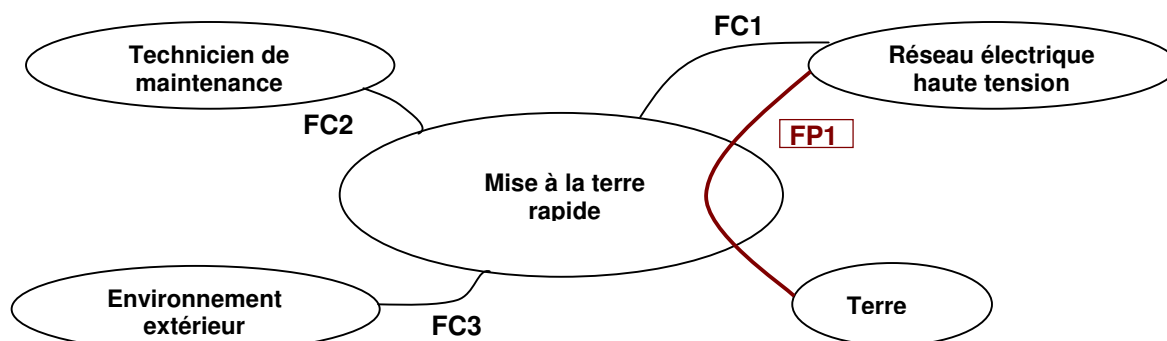
En pratique, la MALT-R ne fonctionne jamais sous l'intensité de court-circuit. Néanmoins, il faut que ce mode soit opérationnel en cas de besoin.

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
FP1	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	6 m/s mini	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	2 mini *	Aucune
		Norme CEI 62271_102	Conforme à la norme	Aucune
FC1	Permettre le montage de la MALT sur l'appareillage électrique existant	Compatibilité entre carter de MALT et cuve standard.		Négociable
FC2	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	Outils simple	Négociable

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

Fonctionnement électrique de la MALTR

Exemple du moment de service dans la ligne sans tension

Fonctionnement normal

Intensité nominale : 6000 A

Distance assurant l'isolation électrique, dans le gaz SF6, de la ligne / à la Terre : $\approx 100 \text{ mm}$ pour une tension de 420 000 V

BROCHE
déconnectée

SF6 (Hexafluorure de Soufre)

GAZ ISOLANT

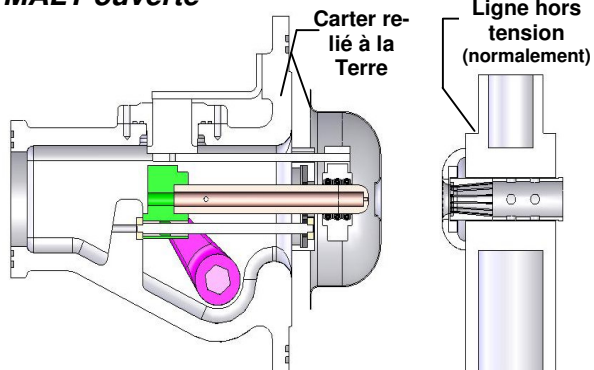
PINCE

Ligne en service

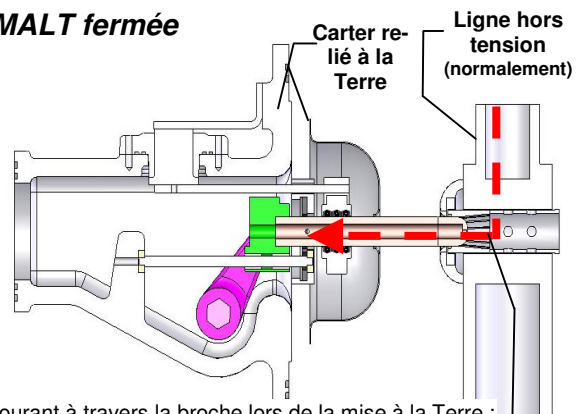
Support isolant

Mise à la Terre de la ligne déconnectée

MALT ouverte



MALT fermée



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

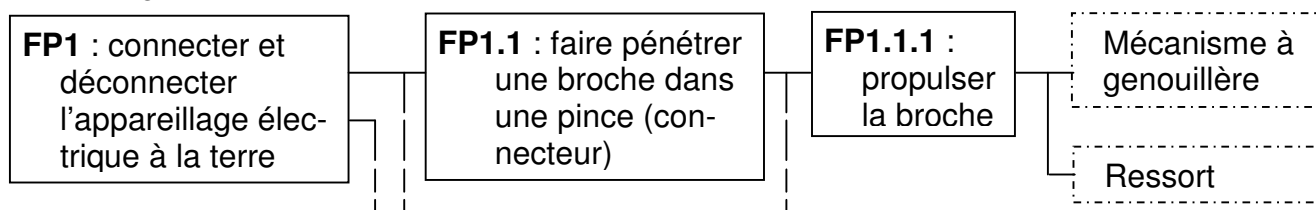
- Cas normal : **courant nul**
- Défaillance : **courant de court-circuit = 63 000 A** (ligne restée sous tension)

Fonctionnement mécanique de la MALTR

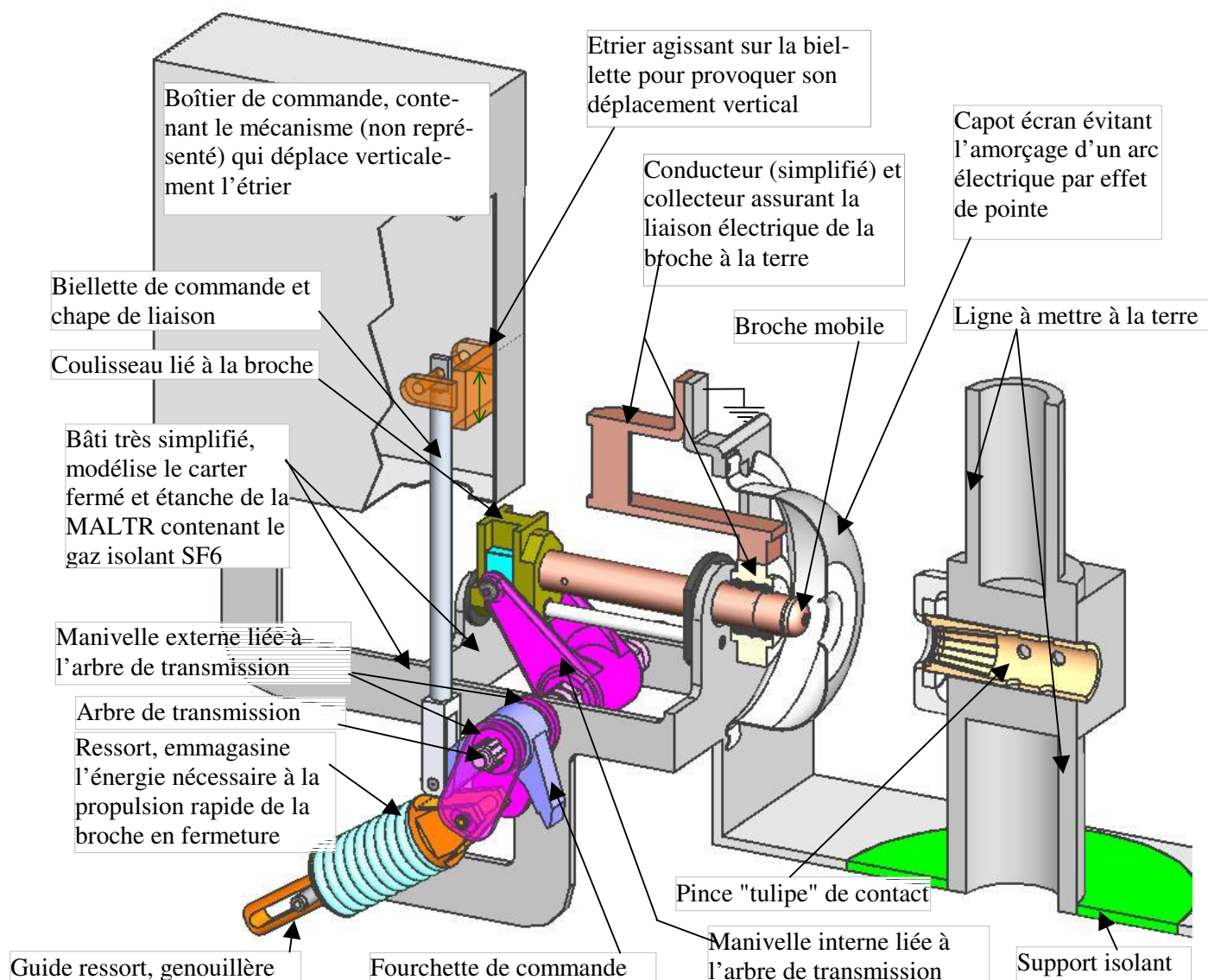
Présentation

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).

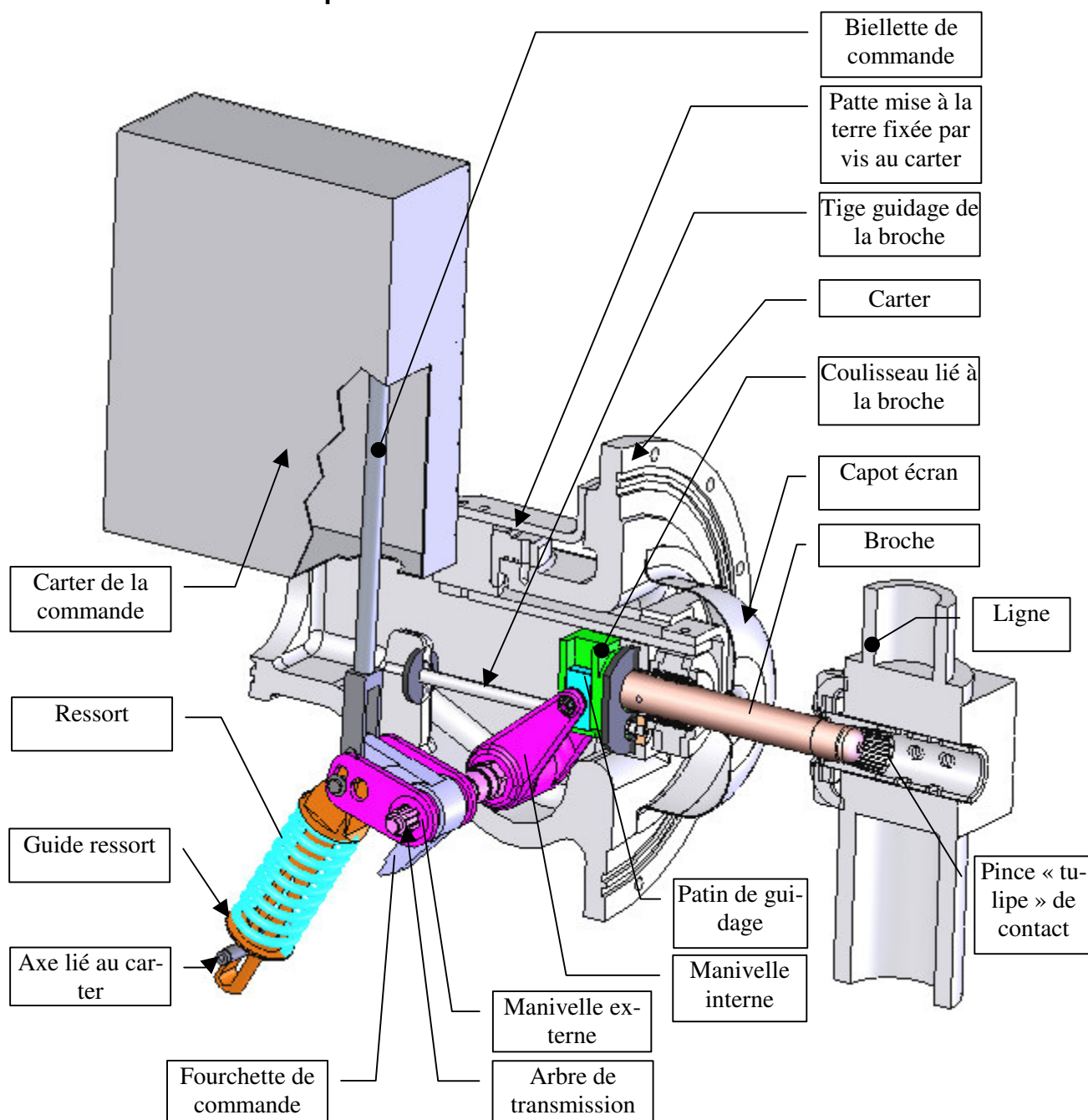
Extrait du diagramme FAST



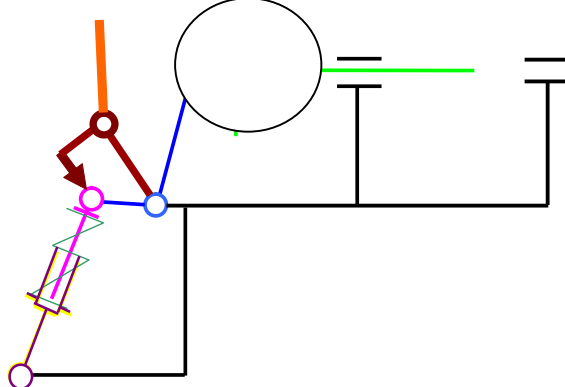
Modèle 3D simplifié de la MALTR rapide (voir aussi DT 5)



Vue d'ensemble MALTR en position fermée



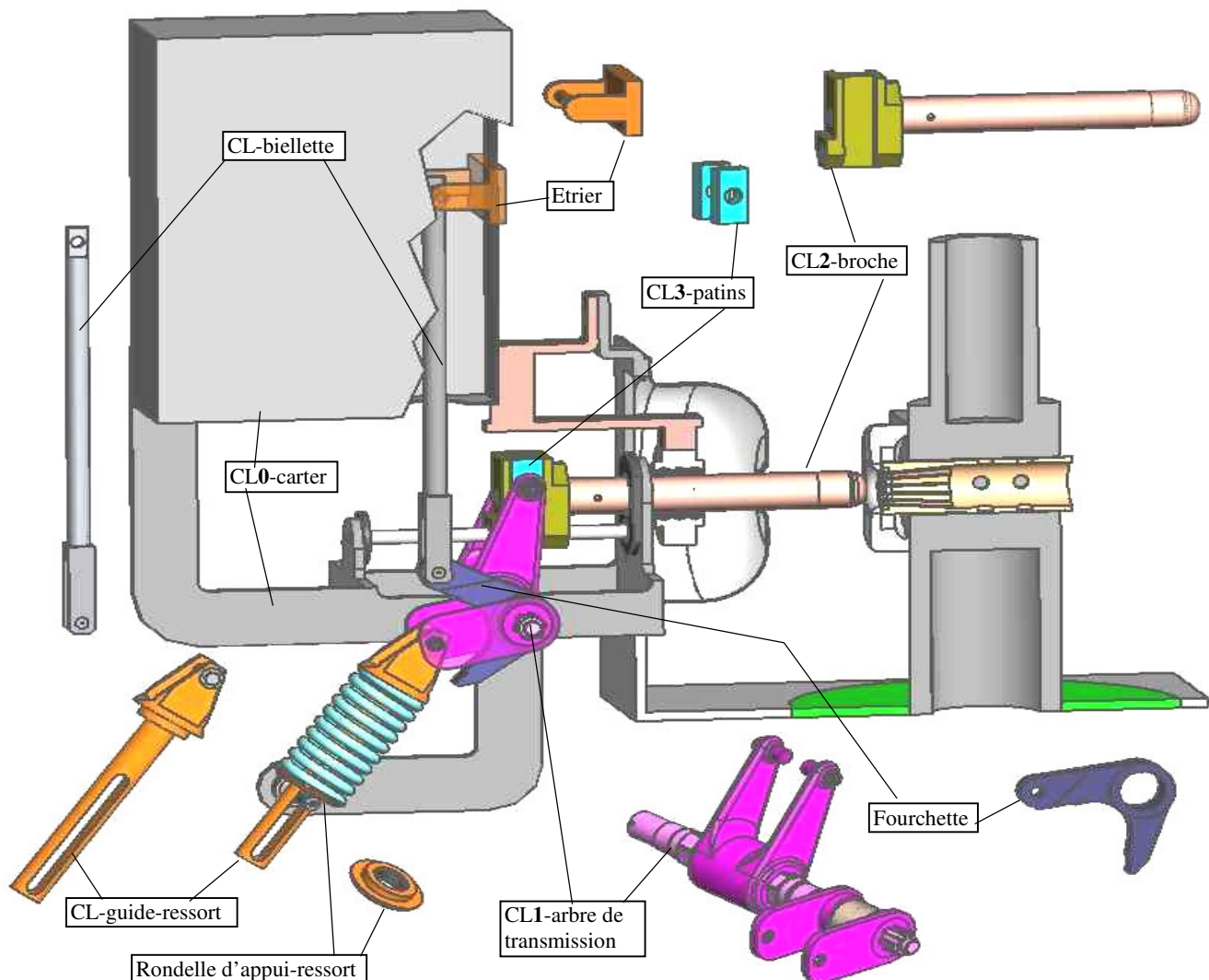
SCHEMA CINEMATIQUE INCOMPLET



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.

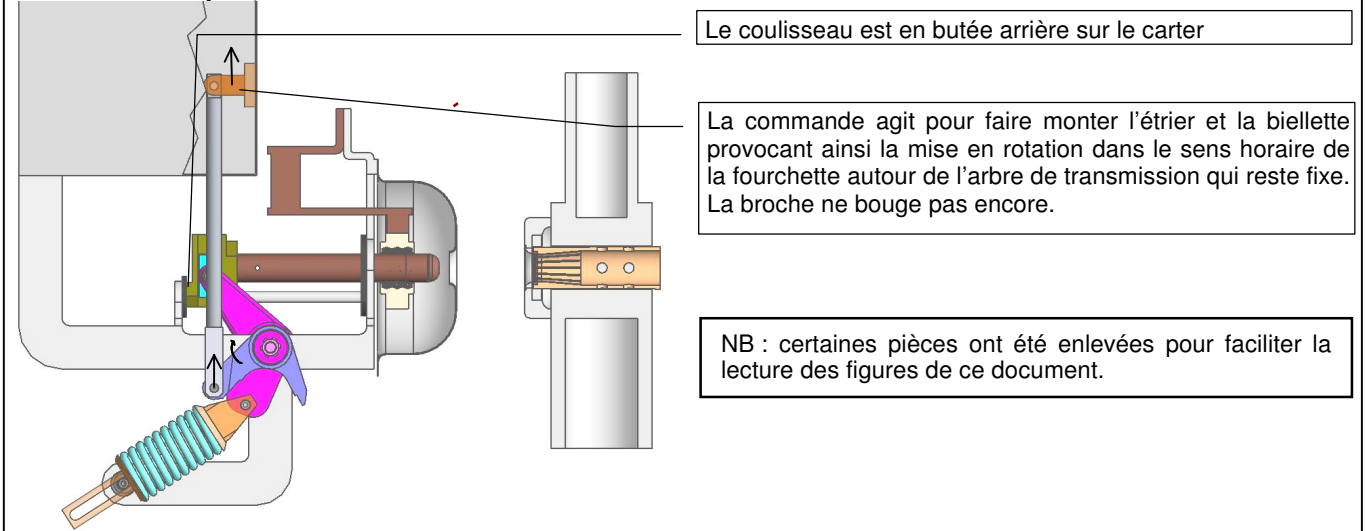
Les sous-ensembles de pièces cinématiquement liées sont repérés par le préfixe CL (classe).



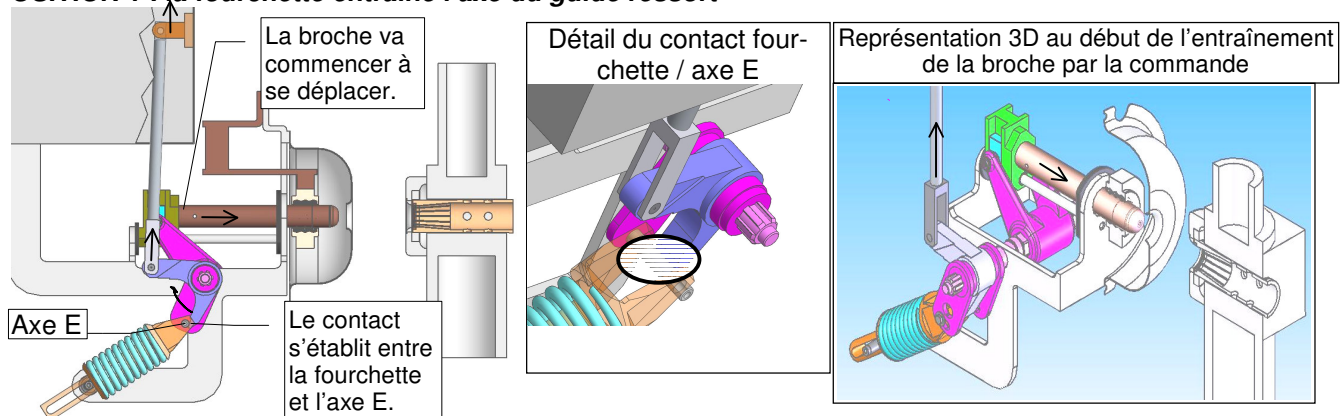
Fonctionnement d'un cycle de mise à la terre

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

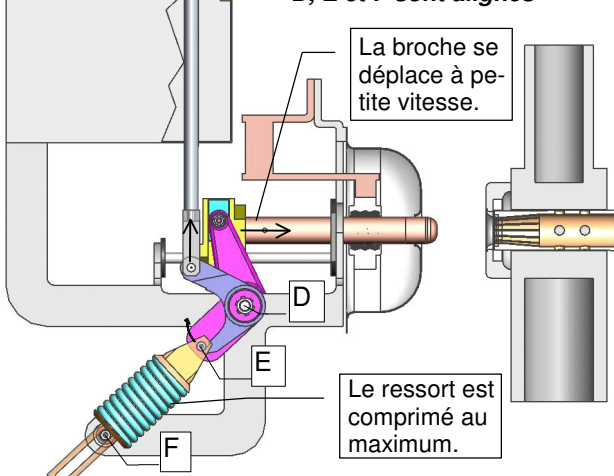
POSITION 0 : repos, circuit ouvert



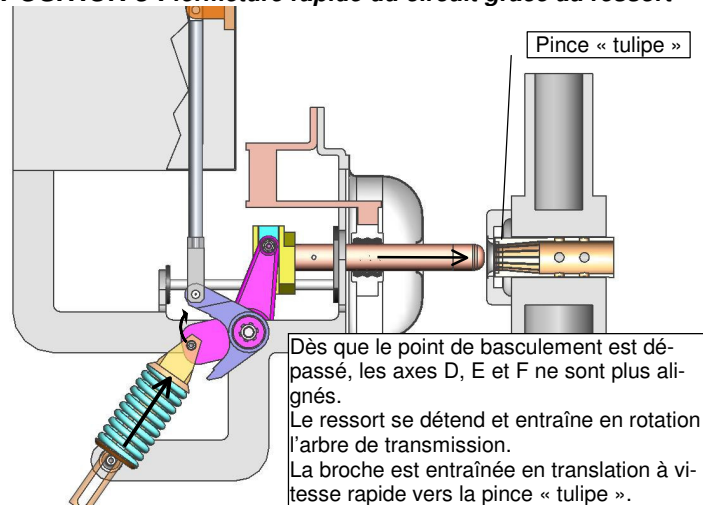
POSITION 1 : la fourchette entraîne l'axe du guide ressort



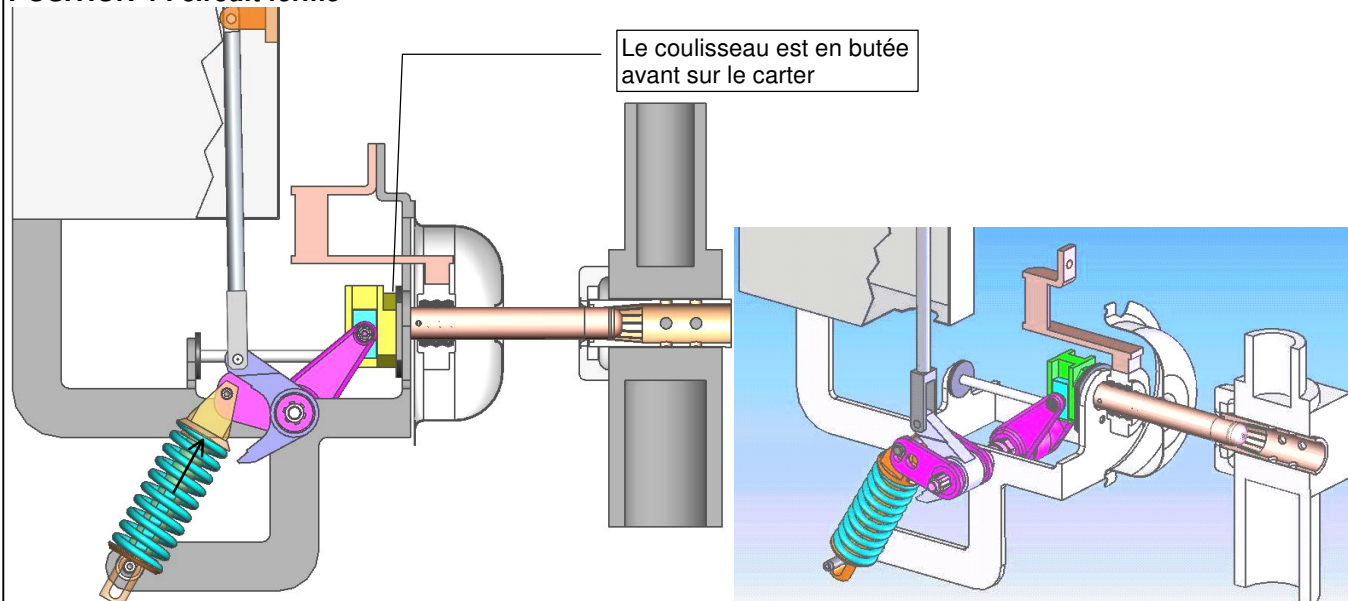
POSITION 2 : point de basculement, les points D, E et F sont alignés



POSITION 3 : fermeture rapide du circuit grâce au ressort



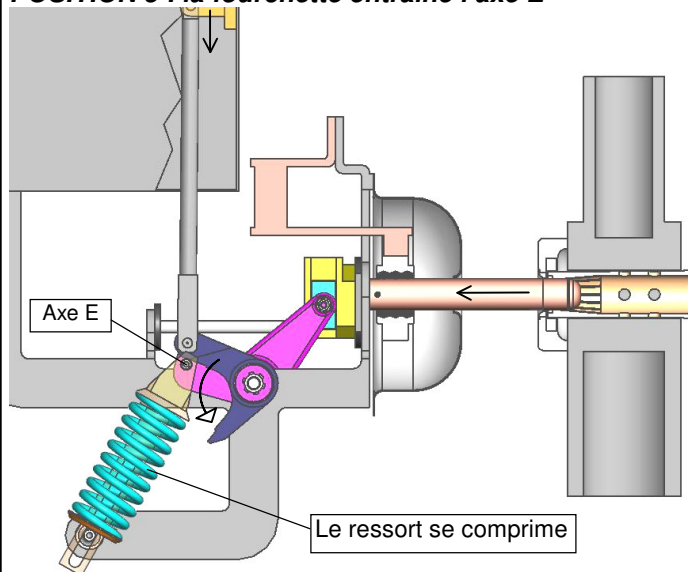
POSITION 4 : circuit fermé



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.

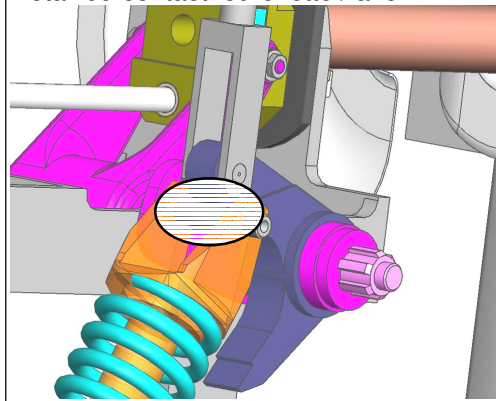
B – Le circuit est fermé, la commande agit pour effectuer le réarmement du ressort et l'ouverture du circuit

POSITION 5 : la fourchette entraîne l'axe E

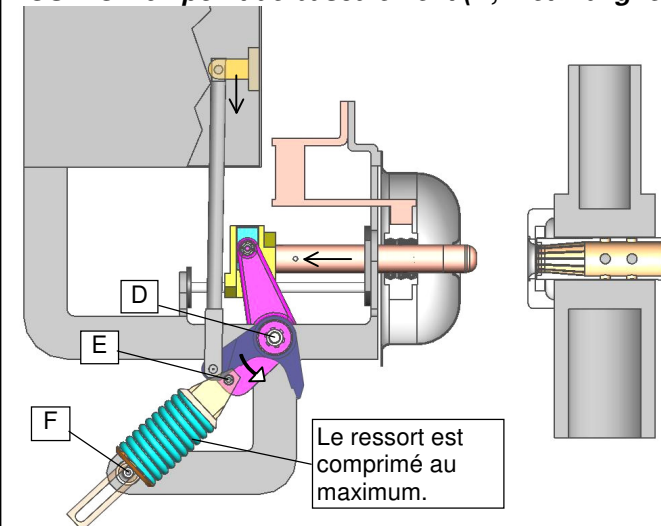


La commande fait descendre l'étrier et la biellette d'où rotation (sens trigo) de la fourchette. Elle vient en contact sur l'axe E ce qui entraîne la translation de la broche vers la gauche.

Détail du contact fourchette / axe E



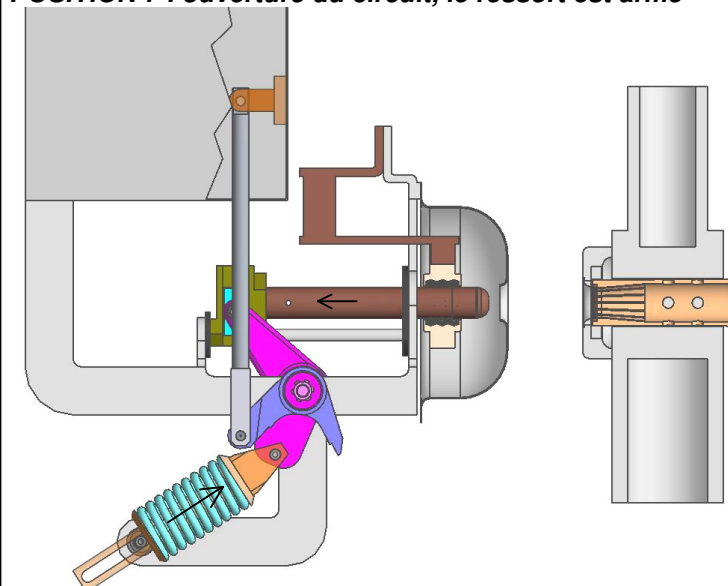
POSITION 6 : point de basculement (D, E et F alignés)



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.

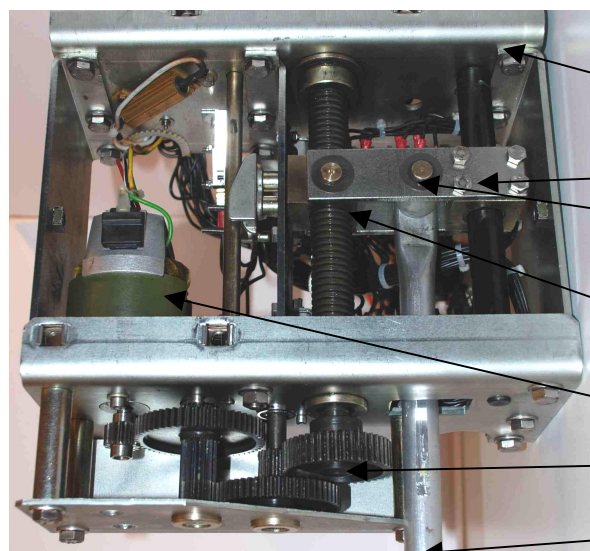
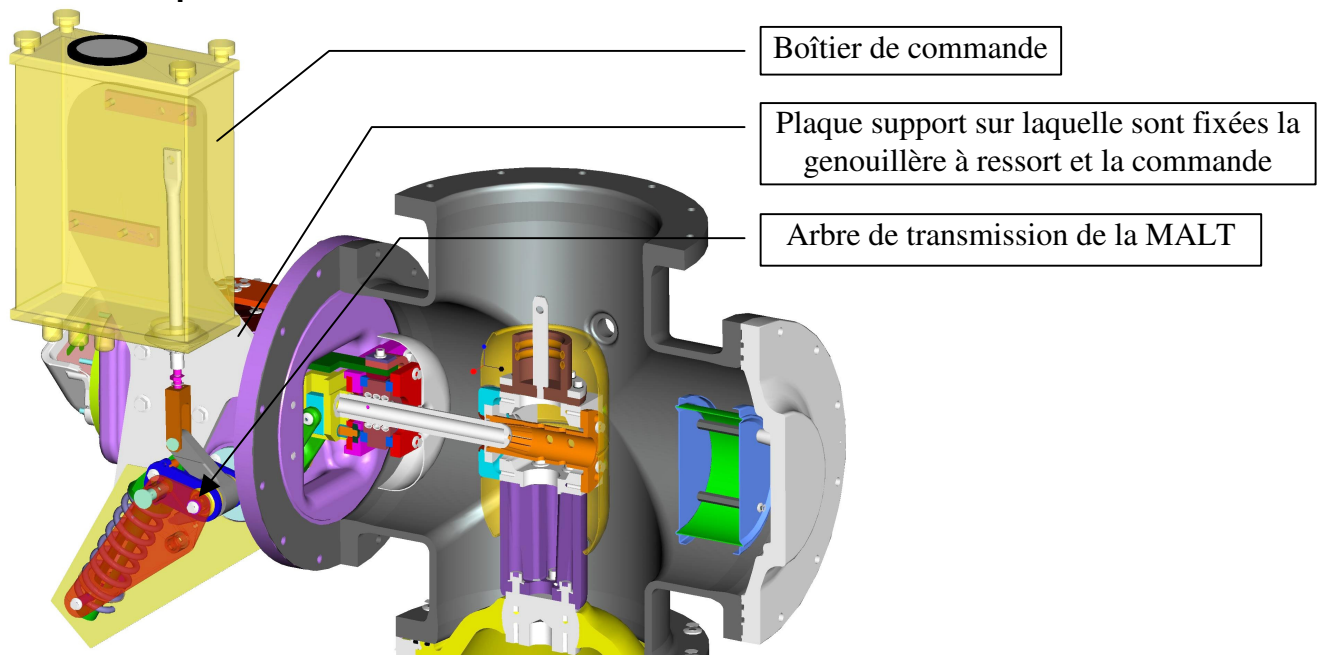
La broche est entraînée en translation à vitesse rapide.

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.

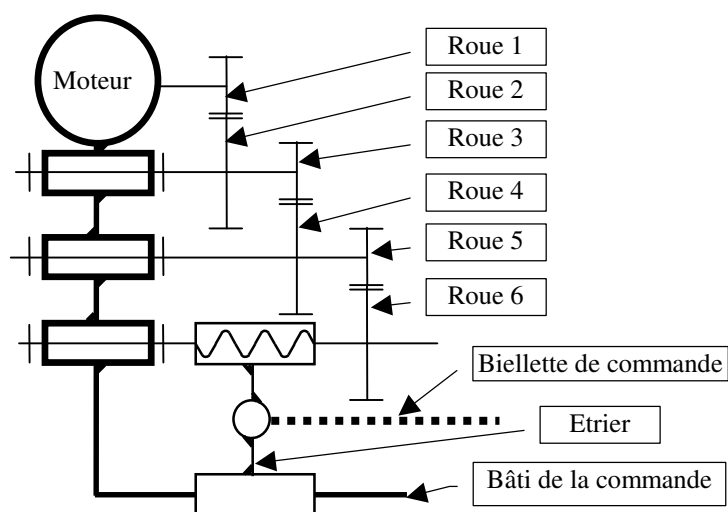
Caractéristiques de la commande



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

Rendement du système vis-écrou = 0,5