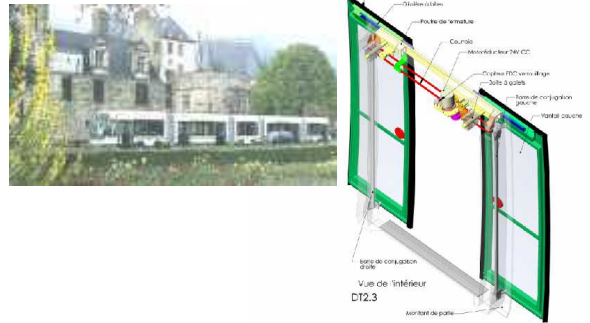


- analyser le système ;
- décrire les lois d'évolution des grandeurs ;
- utiliser les lois et les relations entre les grandeurs;
- caractériser et justifier les écarts.



Inspiré du baccalauréat sciences de l'ingénieur 2005.

Portes d'accès tramway

http://eduscol.education.fr/sti/concours_examen/porte-accés-tramway#fichiers-liens

1. Présentation de l'étude :

1.1 Introduction

L'organisation des déplacements au sein des grandes métropoles devient de plus en plus mal aisée. La densité de la circulation des véhicules particuliers, instruments de liberté individuelle, entraîne des effets incompatibles avec l'amélioration de la qualité de la vie :

- temps de déplacement,
- pollution urbaine,
- espaces de stationnement,
- sécurité de déplacement.

Afin de répondre à ces questions de politique urbaine, certaines grandes villes françaises ont intégré à leur dispositif de transport en commun un réseau de tramway. L'aménagement des voies au sein des cités et les silhouettes des rames de tramway les plus récentes, largement vitrées, contribue également au design urbain.



Ces matériels ferroviaires électriques, doivent répondre aux attentes actuelles de la société, en terme de propreté, rapidité, fiabilité et sécurité des personnes.

Le système technique retenu pour la présente étude est un dispositif de portes d'accès de passagers dans un tramway de type Incentro, fabriqué par la société Bombardier.

Vue 1 : Tramway Incentro - Bombardier

Document TAN

Ce dispositif de portes d'accès est développé en partenariat avec la société Faiveley Transport.

Comme cela sera montré ci-après, ce sous-ensemble participe largement aux performances de l'ensemble en terme de rapidité, fiabilité et sécurité des passagers.

1.2 Expression du besoin

Dans les transports en commun, la sécurité des personnes transportées constitue un souci prioritaire, préalable à celui de la rapidité et du confort. Le dispositif de portes d'accès aux passagers doit satisfaire aux contraintes suivantes:

- C1. Pendant la fermeture automatique des portes, aucun passager ne doit pouvoir être blessé. Toutefois, la réduction maximale des temps de trajet du tramway, oblige à une vitesse de fermeture des portes aussi élevée que possible avec un temps de l'ordre de 2s.
- C2. Afin d'augmenter la sécurité des personnes, on limite l'effort de fermeture. Pour cela on limitera l'intensité du courant à 3A. Si cette limite est atteinte, les portes s'ouvriront. Lors d'une détection, la porte interrompt immédiatement son mouvement de fermeture et repart en cycle d'ouverture.
- C3. Le tramway ne peut pas démarrer tant que toutes les portes ne sont pas correctement fermées et verrouillées. Pendant le roulage les portes doivent rester verrouillées sous l'action des passagers.
- C4. En cas d'incident technique ou d'accident, le déverrouillage et l'ouverture des portes sont assurés en actionnant un dispositif manuel. D'autre part, le déverrouillage accidentel pendant le roulage du tramway déclenche le freinage d'urgence et l'arrêt quasi immédiat de la rame.
- C5. Le conducteur est informé de tout incident et de sa localisation pour intervenir le plus rapidement possible.

1.3 Présentations de solutions techniques

Fonctionnement d'une porte

Chacune des 12 portes d'accès de passagers du tramway est constituée de deux vantaux coulissants (DT1- figure 1). Le coulissement des vantaux s'effectue à l'extérieur de la rame, ensuite ils s'escamotent vers l'intérieur et se verrouillent mécaniquement, ce qui autorise le tramway à quitter la station.

La fermeture des vantaux s'opère en trois étapes (DT1- figure 2 et figure 3).

Pour tout point d'un vantail, on observe la trajectoire par rapport au montant de la porte :

- de A à C → Étape de **coulissement**. Cette trajectoire est une droite AC ; l'écartement des portes passe de 1300 mm à 200 mm.
- de C à E → Étape de **louvoiment**. Cette trajectoire est un arc de cercle CE ; l'écartement des portes passe de 200 mm à 0 mm.
- de E à G → Étape de **verrouillage**. Cette trajectoire est une droite EG; les vantaux restent en contact et continuent à pénétrer légèrement vers l'intérieur de la rame assurant ainsi le verrouillage et l'étanchéité.



Vue 2 : Porte Faiveley

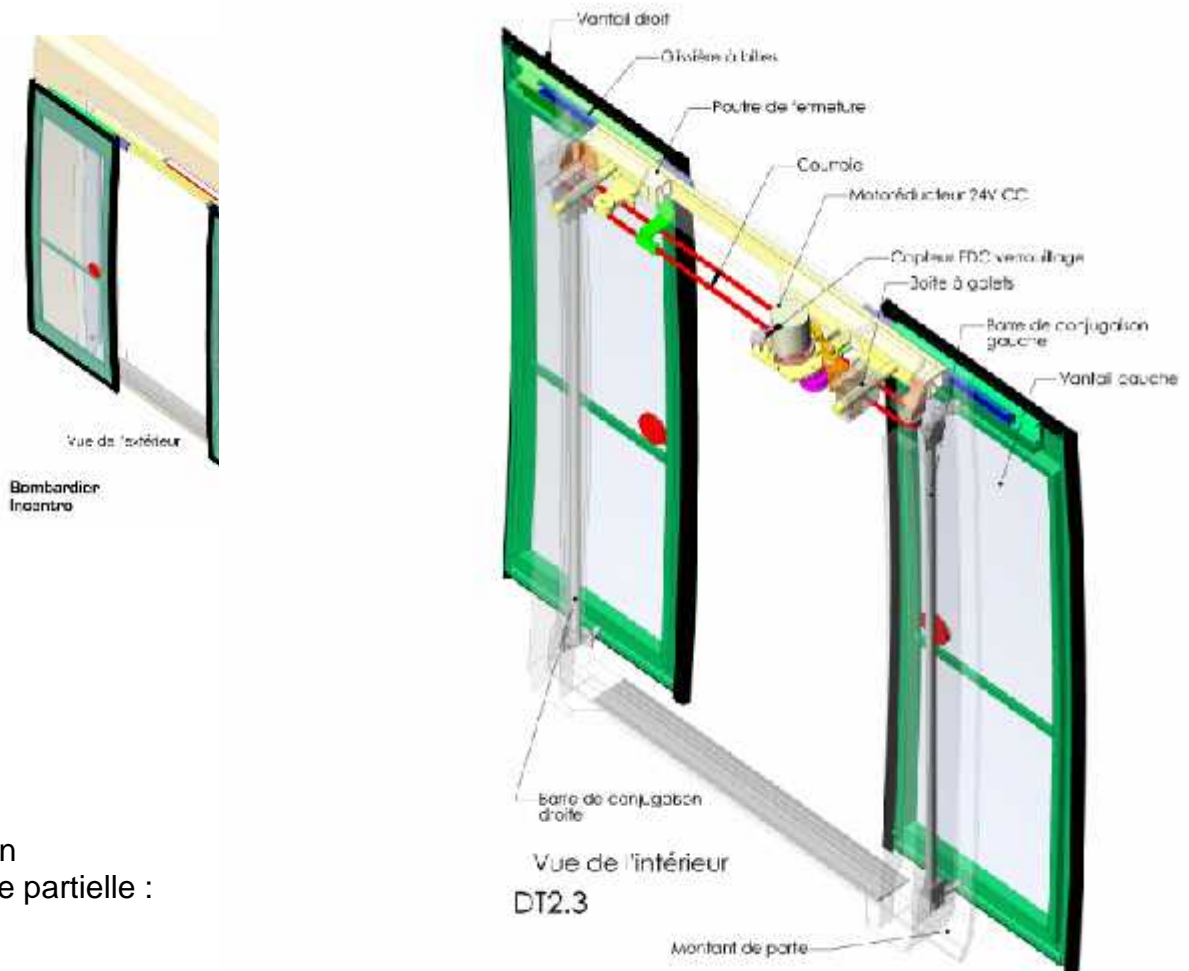
Remarque importante : tous les points (A, A', A'') appartenant à un même vantail ont des trajectoires superposables (ABCDEF, A'B'C'D'E'F', A''B''C''D''E''F''G'').

Situation d'étude n°1 : étape de coulissement

L'objet de cette étude consiste à valider l'optimisation du temps de fermeture des vantaux lors de l'étape de coulissement, dans le respect de la sécurité des personnes.

2.1 Etude de la structure

Les deux vantaux coulissants sont suspendus à la poutre de fermeture par l'intermédiaire de glissières à billes



Organisation
fonctionnelle partielle :

→ Question 1 : Sur le DR1, définir les composants assurant les différentes fonctions ainsi que le type et la nature des énergies aux points 2, 3, 4 et 5 de la chaîne d'énergie

→ Question 2 : Compléter le schéma cinématique partiel relatif à cette étape de coulissement sur le document réponse DR1:

- en représentant les liaisons entre les vantaux et la poutre de fermeture,
- en précisant le nom des liaisons
- en liant les vantaux à la courroie afin d'assurer le coulissement simultané des deux vantaux,
- en définissant le sens de rotation de la poulie motrice du motoréducteur pour obtenir la fermeture des vantaux.

2.2 Détermination des temps de phase et de la tension de commande

On souhaite assurer la fermeture de la porte dans un temps minimal, tout en contrôlant la vitesse des vantaux de façon à ne pas bousculer un passager (voir C1 page 1).

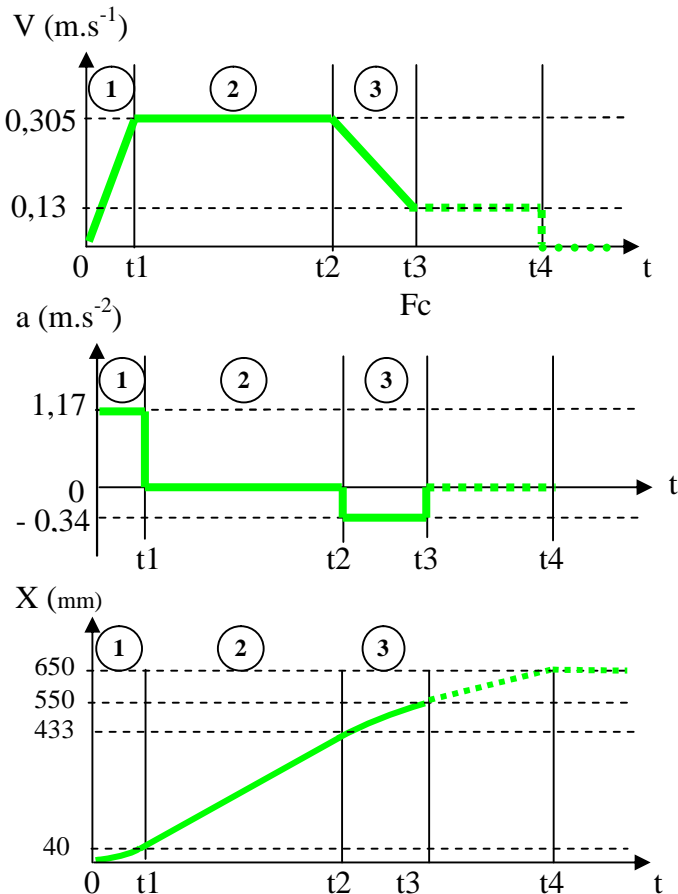


Figure 5: Profil des phases

On donne, (figure 5), les profils de la vitesse V , de l'accélération a et du déplacement X des vantaux par rapport à la poutre de fermeture.

On considèrera que le mouvement de coulissement des vantaux s'effectue en trois phases :

- phase ① : Mise en mouvement des vantaux avec une accélération constante,
- phase ② : Déplacement des vantaux à vitesse rapide et constante,
- phase ③ : Décélération constante pour atteindre une vitesse réduite ce qui permet d'effectuer la fin de fermeture des vantaux en toute sécurité.

(Fc = fin du mouvement du coulissement)

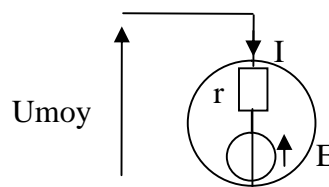
La chaîne d'énergie est constituée d'un motoréducteur à courant continu et d'un dispositif de transformation de mouvement de type poulie courroie. La variation de vitesse du moteur est obtenue en faisant varier la valeur moyenne de la tension à ses bornes. Le signal de commande est créé par un micro contrôleur qui génère un signal de type logique de rapport cyclique variable (MLI_mot).

➔ Question 3 : Déterminer, sur feuille de copie, les consignes de commande du motoréducteur pendant l'étape du coulissement des vantaux. Pour cela déterminer :

- les durées de chacune des trois phases ①②③ ($T1 = t1$, $T2 = t2-t1$, $T3 = t3-t2$).
- Est-ce compatible avec la contrainte C1 du CDCF

L'actionneur de la chaîne d'énergie est un motoréducteur E.S.V M607435 de marque ANDIA
 Pendant l'étape de fermeture en phase②, on donne les informations suivantes

Caractéristiques techniques du motoréducteur	Unité	Valeur
Tension nominale U_{mot}	V	24
Constante de f.e.m K_e	V/(rad/s)	0,28
Constante de couple K_i	N.m/A	0,28
Résistance d'induit r	Ohms	2
Diamètre primitif de la poulie motrice D	mm	75
Rapport de réduction du réducteur		1/7
Valeur au point de fonctionnement		
Couple en sortie du moteur C_m	N.m	0,454
Rendement γ		1
Courant moteur I	A	?
Vitesse angulaire h_{moteur}	rad/s	?



$$C_{mot} = K_i \cdot I$$

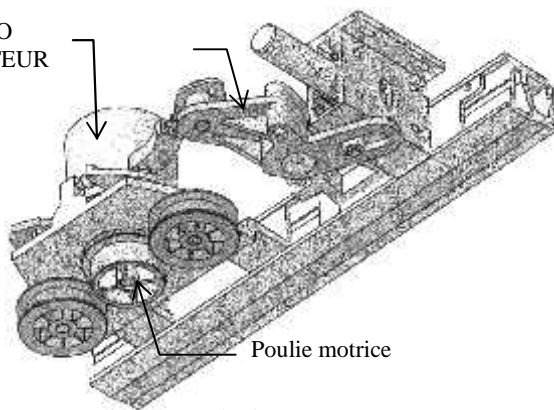
$$E = U_{moy} - r \cdot I$$

$$h_{mot} = E / K_e$$

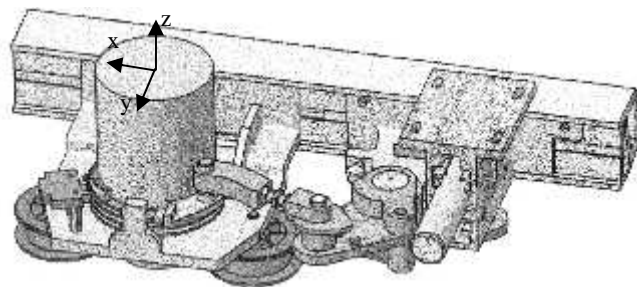
Il n'y a pas de glissement en M point de contact entre le câble et la poulie motrice

Donc $V_{Mcable/bati} = V_{Mpoulie/bati} = V_{Mvantaill/bati}$

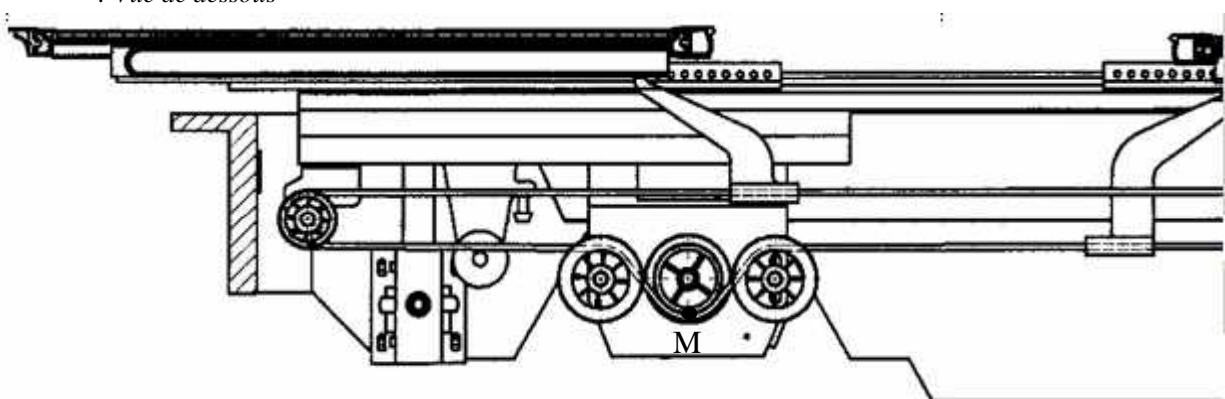
MOTO
REDUCTEUR



: Vue de dessous



Vue de dessus



➔ Question 4 : La vitesse de déplacement des vantaux durant la phase② étant de 0,305m/s, Sur feuille de copie. On désire déterminer la tension moyenne d'alimentation du moteur. Pour cela :

- En vous aidant des informations ci-dessus, déterminer la vitesse de rotation du moteur pour la phase②, puis déterminer la force électromotrice E , le courant I et enfin la tension U_{moy} .

2.3 Comparaison entre mesures et résultats de calculs

Un relevé de la tension U_{moy} aux bornes du moteur a été effectué dans le laboratoire d'essai (document réponse DR1 figure 6).

→ Question 5 : Identifier, à partir du relevé fourni (sur le document réponse DR2 lors de la fermeture des vantaux, les trois phases et en déduire leur durée respective.

- comparer les valeurs obtenues avec les temps calculés précédemment.
- relever la tension U_{moy} pendant la phase ② et comparer la avec celle calculée précédemment.

2.4 Analyse du courant moteur

Des mesures réalisées en laboratoire pendant l'étape de fermeture donnent les oscillogrammes de la figure 7 document réponse DR2.:

→ Question 6 : Commentez l'évolution de ces oscillogrammes et conclure par rapport au CDCF contrainte C2.

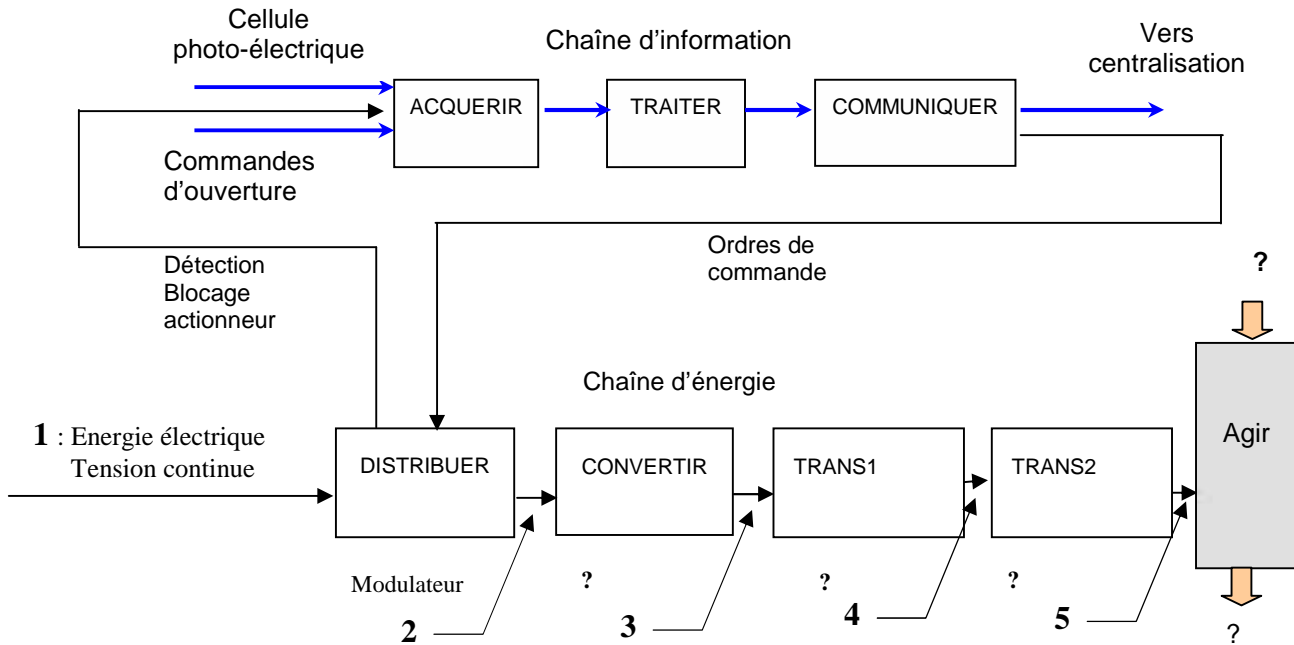
- L'évolution des oscillogrammes de la tension et du courant
- L'évolution du mouvement de la porte

Documents réponses

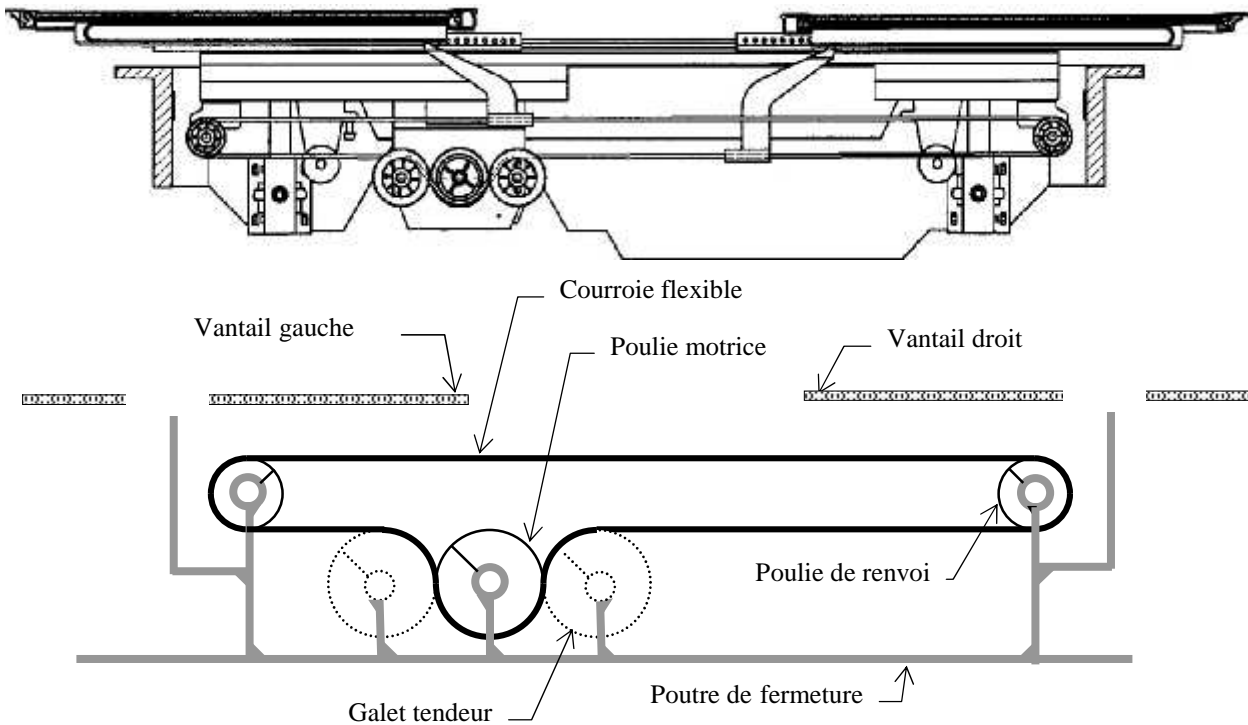
DR1

2.1 Etude de la structure

Organisation fonctionnelle partielle :



Question 2 :



2.5 Comparaison entre mesures et résultats de calculs

DR2

Question 5

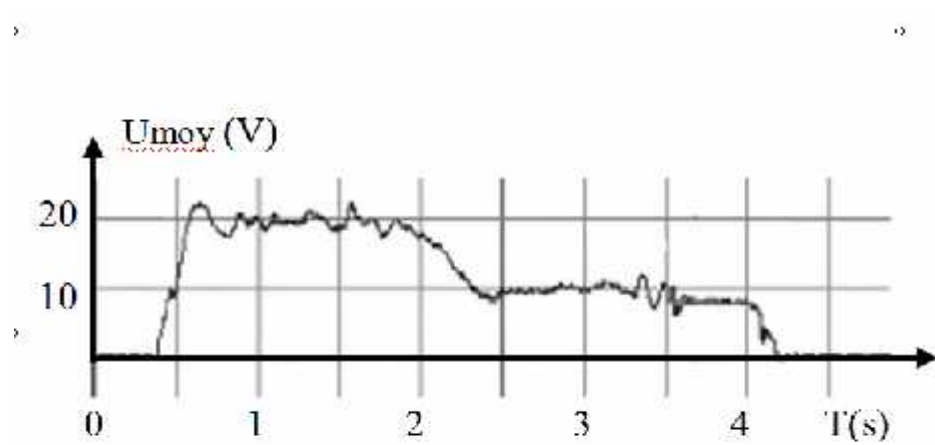


Figure 6 : Tension moteur

2.6 Analyse du courant moteur

Question 6

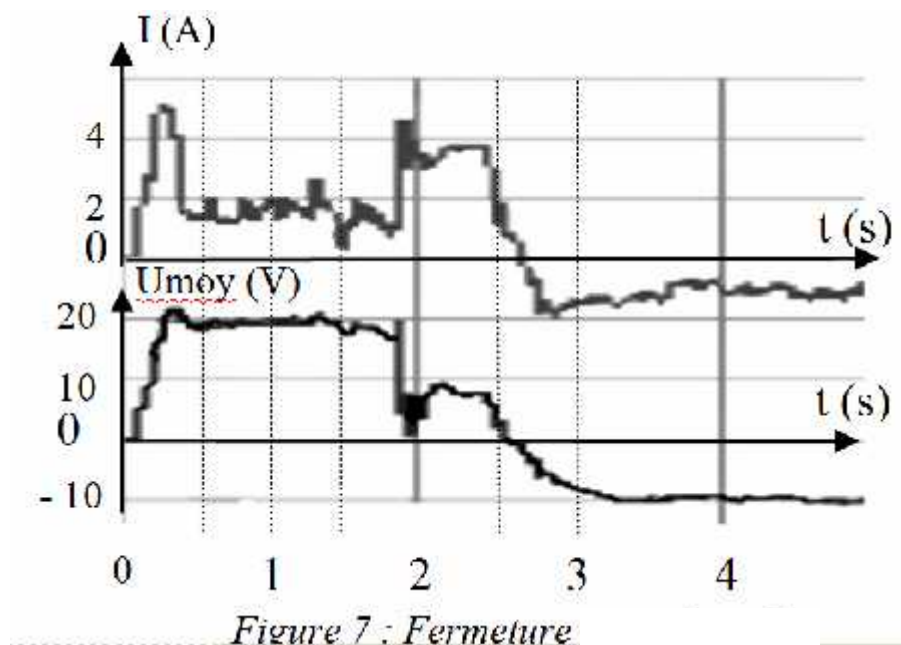


Figure 7 : Fermeture

DOCUMENT TECHNIQUE DT1

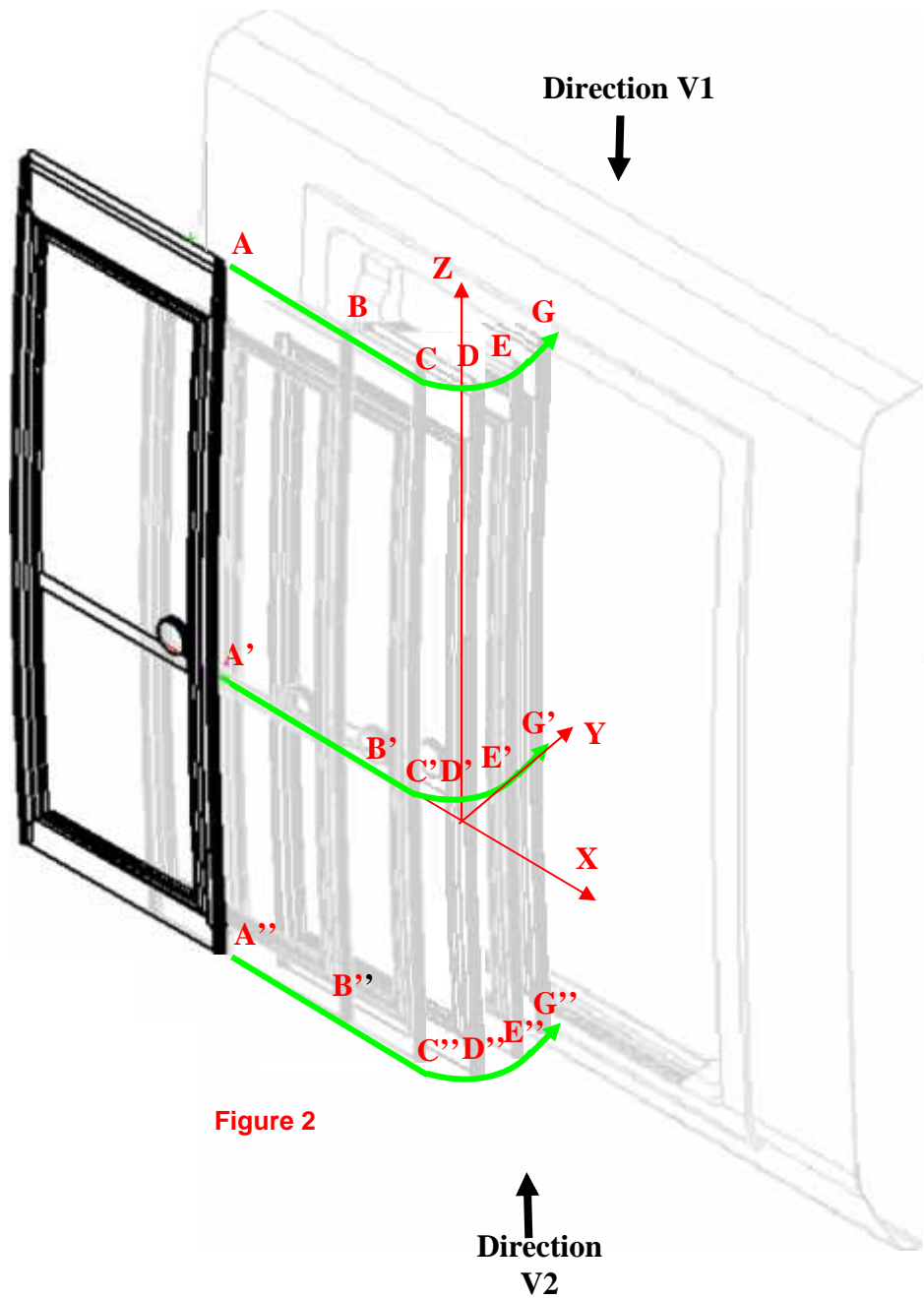


Figure 2

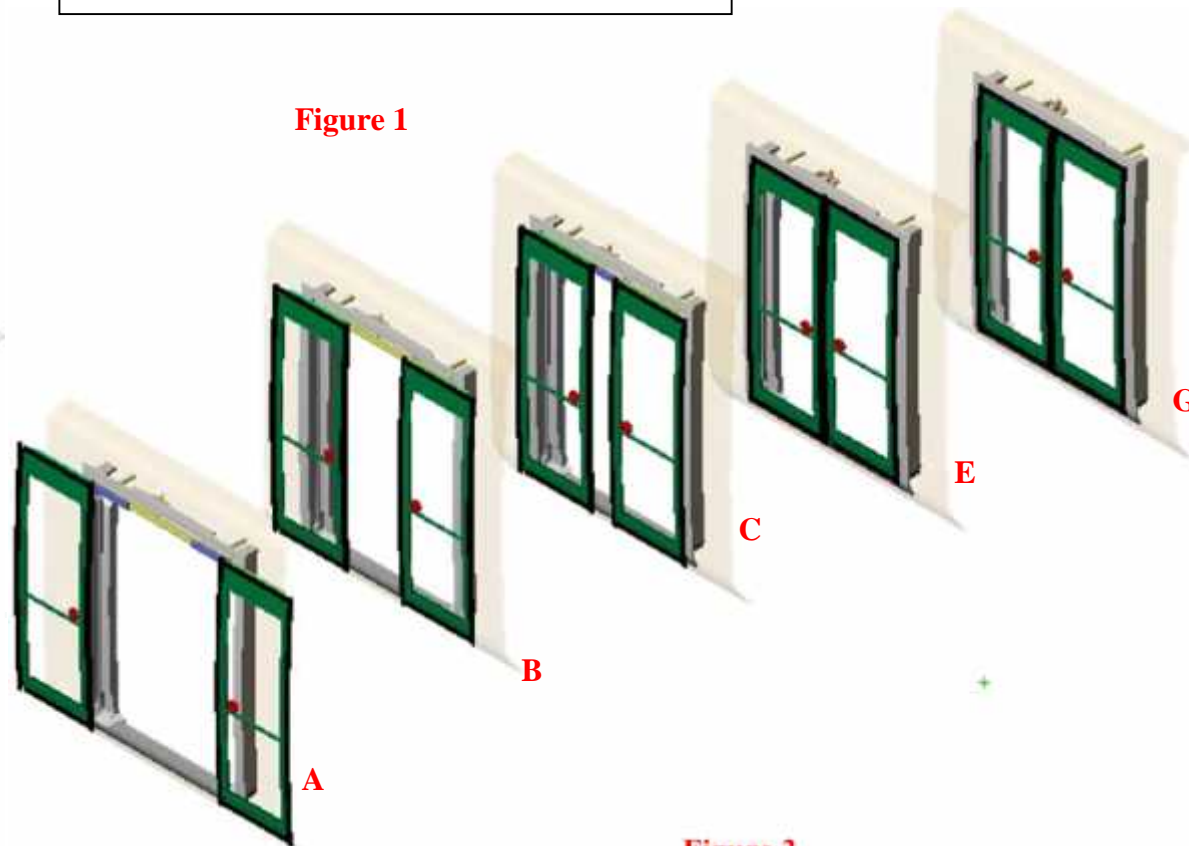


Figure 1

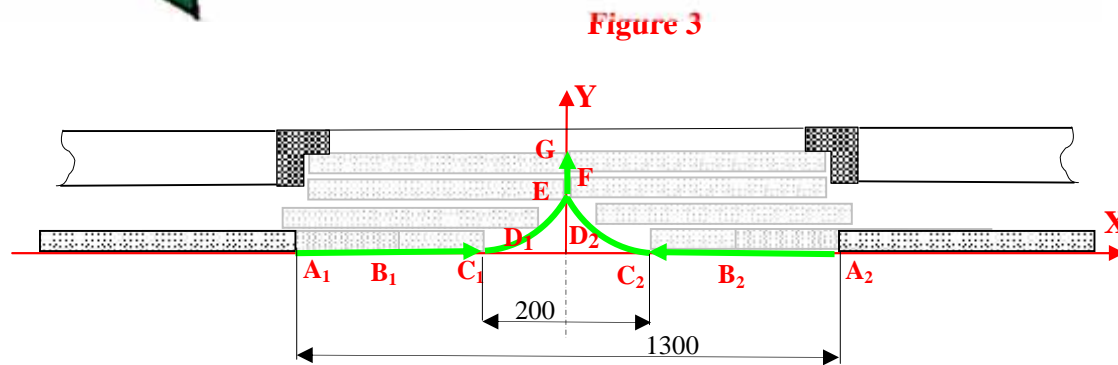


Figure 3