BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2010

ÉTUDE D'UN SYSTÈME PLURITECHNIQUE

Série S – Sciences de l'Ingénieur

Durée de l'épreuve : 4 heures

Coefficient : 4

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2010

Série S Sciences de l'ingénieur

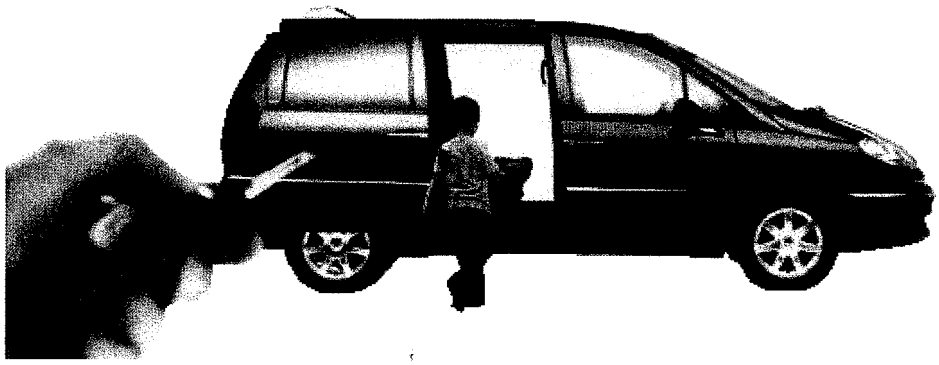
ÉTUDE D'UN SYSTÈME PLURITECHNIQUE

Coefficient : 4 Durée de l'épreuve : 4 heures

Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poches, 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°99-181 du 16 novembre 1999.
Aucun document n'est autorisé.

Les réponses seront rédigées sur les documents réponse et sur feuille de copie.
Il est conseillé de traiter les différentes parties dans l'ordre.

Portes Latérales Coulissantes de monospace



Composition du sujet et sommaire :

Un dossier « TEXTE DU SUJET » de 7 pages numérotées 1 à 7 comportant :

Une présentation du système à étudier	pages 1 à 2
Une partie travail demandé	pages 3 à 7

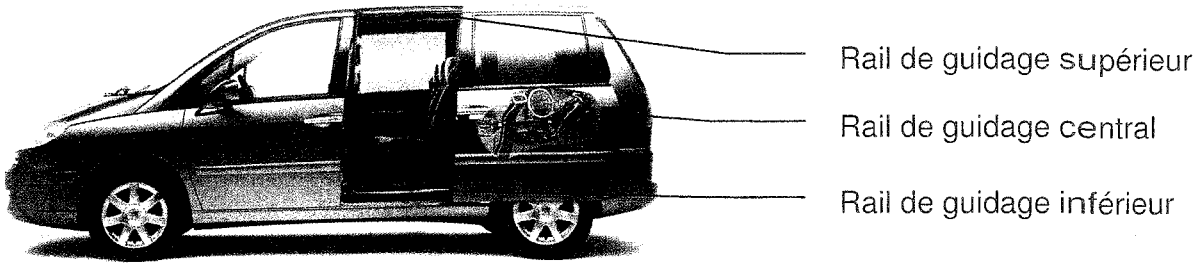
Un dossier « DOSSIER TECHNIQUE » documents **DT1** à **DT5**	5 pages
Un dossier « DOSSIER RÉPONSE » documents **DR1** à **DR6**	6 pages

Conseils au candidat :
Vérifiez que vous disposez bien de tous les documents définis dans le sommaire.
La phase d'appropriation d'un système pluritechnique passe par la lecture attentive de l'ensemble du sujet. Il est fortement conseillé de consacrer au moins 30 minutes à cette phase de découverte.

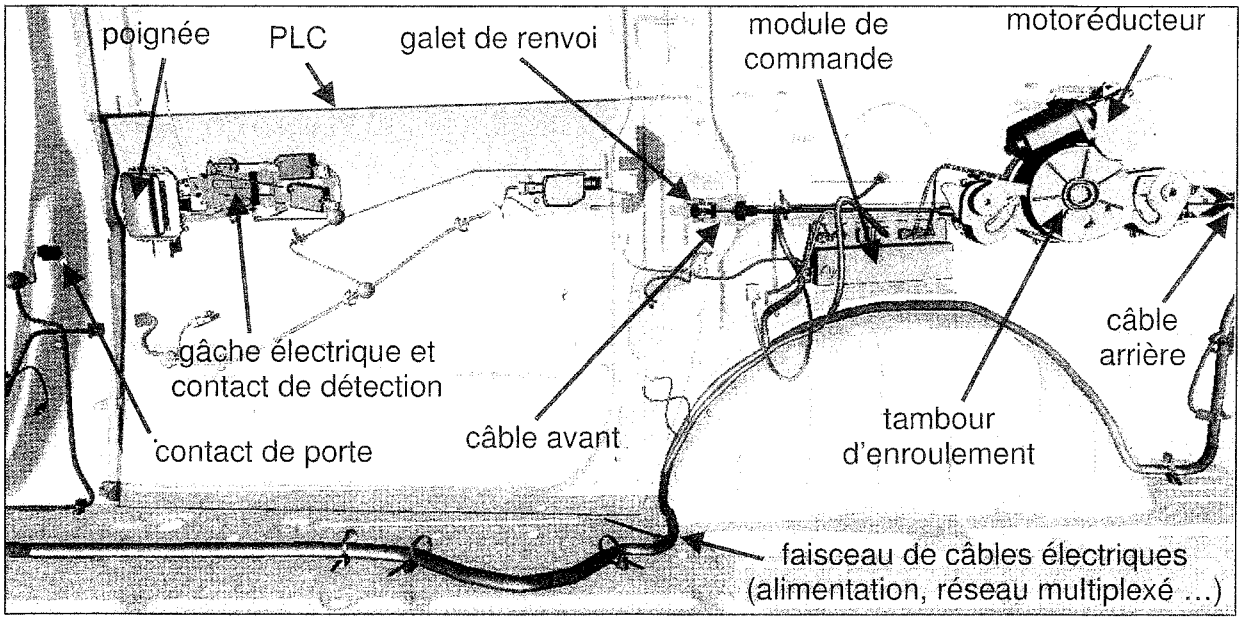
PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

Mise en situation

Les fabricants d'automobiles, face à une concurrence constamment croissante, conçoivent divers accessoires afin de satisfaire une clientèle toujours plus exigeante.
Dans cette logique, certains monospaces possèdent deux Portes Latérales Coulissantes (notées par la suite PLC) équipées d'un système électromécanique d'ouverture et fermeture automatique. Chaque porte coulissante est guidée par trois rails fixés sur la carrosserie du véhicule.



Le système étudié permet d'entraîner la PLC au niveau du rail de guidage central, au moyen d'un chariot mobile mis en mouvement par traction de deux câbles (avant et arrière), guidés par un système de galets et enroulés autour d'un tambour dont la rotation est obtenue via un motoréducteur. **C'est donc l'enroulement des câbles autour du tambour qui permet de déplacer la porte.**
La commande du motoréducteur et de la gâche électrique, qui permet de verrouiller la porte lorsqu'elle est fermée, est gérée par le Module De Commande (noté par la suite MDC), qui communique avec le calculateur central du véhicule et les divers composants concernés via le réseau multiplexé (bus CAN).



Vue d'ensemble du système

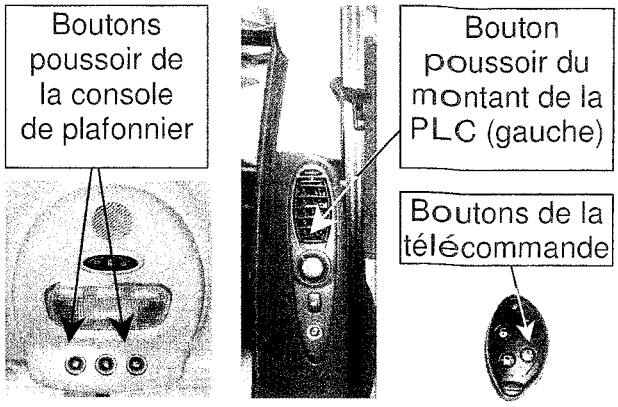
Remarque : le chariot mobile lié à la PLC ainsi que le rail de guidage central ne sont pas visibles sur cette figure.

Le détail du mécanisme d'entraînement ainsi que le schéma cinématique du système sont donnés sur les documents **DT1** et **DT2**.

Principe de fonctionnement de l'ouverture et de la fermeture d'une PLC

L'ordre d'ouverture/fermeture automatique d'une PLC est obtenu :

- *soit par une pression sur un bouton poussoir situé sur la console de plafonnier, à l'avant du véhicule ;*
- *soit par une pression sur un bouton poussoir situé sur le montant de la PLC commandée ;*
- *soit par la télécommande haute fréquence (HF) du porte-clé ;*



Remarque : cet ordre est transmis au MDC via le bus CAN* du véhicule.

* Le bus CAN (Controller Area Network) est une liaison filaire permettant de communiquer des informations numériques entre plusieurs calculateurs implantés sur le véhicule.

Lorsque la porte est fermée, une demande d'ouverture déclenche :
- *le déverrouillage par la commande de la gâche électrique ;*
- *l'ouverture de la porte latérale par l'enroulement du câble arrière (fonction anti-pincement activée, voir contrainte **C3** ci-dessous).*

Lorsque la porte est ouverte, une demande de fermeture déclenche :
- *la fermeture de la porte par l'enroulement du câble avant jusqu'au verrouillage « au 1er cran » par la gâche électrique de la serrure (fonction anti-pincement toujours activée) ;*
- *la désactivation de la fonction anti-pincement suivie de la compression du joint de porte par une augmentation de l'effort de fermeture ;*
- *le verrouillage de la porte « au 2ème cran » par la gâche électrique de la serrure.*

Contraintes du cahier des charges fonctionnelles

Le dispositif d'ouverture/fermeture de la porte doit satisfaire aux contraintes suivantes :

C1 : Permettre l'ouverture/fermeture automatique de la porte en respectant une durée d'ouverture comprise entre 3 et 4 secondes.

C2 : Autoriser une manoeuvre manuelle de la porte en cas d'absence d'alimentation.

C3 : Répondre aux conditions de sécurité des personnes. Une fonction anti-pincement doit permettre de détecter un obstacle lors de l'ouverture/fermeture, puis de :
- commander l'arrêt du mouvement de la porte si la porte est en train de s'ouvrir ;
- commander l'ouverture complète de la porte si la porte est en train de se fermer.

C4 : Assurer l'étanchéité de la porte par écrasement du joint en position porte fermée.

C5 : Interdire la manœuvre automatique de la porte lorsque la vitesse du véhicule est supérieure à 5 km·h^{-1}.

C6 : Permettre au calculateur central de détecter une anomalie de fonctionnement (détérioration du mécanisme par exemple) et d'en informer le conducteur.

C7 : Permettre un déverrouillage en cas d'accident et stopper toutes les manœuvres en cours.

PARTIE N°1 : ANALYSE FONCTIONNELLE

L'objectif de cette étude est de découvrir le fonctionnement et de s'approprier l'organisation fonctionnelle et structurelle du système de motorisation de la porte coulissante.

À partir de la présentation du système et des documents techniques **DT1, DT2** et **DT3**, répondre aux trois questions suivantes :

✐ **Question 1A :** **Compléter** le document réponse **DR1**

- sur le FAST : les fonctions techniques et les solutions constructives retenues (pointillés sur le diagramme);
- sur le schéma blocs : les désignations manquantes des composants assurant les fonctions TRAITER et TRANSMETTRE (zones grisées des blocs), le type et la nature des énergies aux points 2, 3 et 4 de la chaîne d'énergie.

✐ **Question 1B :** Sur le document réponse **DR2,** en vous aidant de la description chronologique du cycle d'ouverture/fermeture du **DT3, compléter** le GRAFCET décrivant d'un point de vue utilisateur le cycle d'ouverture/fermeture de la porte dans le cas d'un fonctionnement normal. La commande de l'embrayage ne sera pas prise en compte.

✐ **Question 1C :** Expliquer le rôle de l'embrayage électrique, et comment il participe au respect de la contrainte **C2**.

PARTIE N°2 : VALIDATION DE LA DURÉE D'OUVERTURE

*L'objectif de cette étude est de valider le respect de la contrainte **C1** et en particulier la durée d'ouverture qui doit être comprise entre 3 et 4 secondes.*

Hypothèses : Le mouvement de la porte est supposé **rectiligne et uniforme**, les liaisons sont parfaites.

Donnée : Vitesse de rotation nominale du moteur : $N_{MOT} = 3000\ tr{\cdot}min^{-1}$.

✐ **Question 2A :** Après avoir **calculé** le rapport de réduction global $r_{global} = \dfrac{N_{7/0}}{N_{MOT/0}}$ (voir données du **DT2**), **déterminer** la vitesse de rotation du tambour d'enroulement $N_{8/0}$ (en $tr{\cdot}min^{-1}$) en supposant que le moteur tourne à sa vitesse nominale.
Remarque : *dans les notations ci-dessus $N_{i/0}$ est la vitesse de la pièce repérée i par rapport au bâti du mécanisme (0).*

Quels que soient les résultats trouvés précédemment on prendra $N_{8/0} = 35\ tr{\cdot}min^{-1}$.

✐ **Question 2B :** Après avoir **déterminé** la relation entre la vitesse de déplacement de la porte $V_{porte/0}$ et la vitesse de rotation du tambour $N_{8/0}$, **calculer** la durée d'ouverture de la porte t_{ouv}, compte tenu de sa course, puis **conclure** quant au respect de la contrainte **C1**.

PARTIE N°3 : COMMUNICATION AVEC LE CALCULATEUR CENTRAL

*L'objet de cette étude est de déterminer comment le calculateur central (via le bus CAN) peut détecter un dysfonctionnement afin de valider la contrainte **C6** (exemple : suite à une demande d'ouverture, la porte ne s'est pas ouverte).*

À l'aide du document technique **DT4**, répondre aux questions suivantes :

✐ **Question 3A :** **Compléter** le tableau du **DR2**, en explicitant le codage de la colonne « Données » pour chaque numéro de trame 3, 4, 5 et 22 circulant sur le bus CAN, puis **déterminer** alors la durée d'ouverture t_{ouvert} de la porte à partir de l'ordre de commande.

✐ **Question 3B :** **Compléter** sur l'oscillogramme du **DR3**, les valeurs binaires des champs IDENT (identifiant) et DATA (Donnée) de l'oscillogramme et reporter ces valeurs dans les tableaux correspondants en éliminant les bit-stuffings (voir la remarque faite sur **DT4**). Transcoder ces valeurs en hexadécimal puis en **déduire** alors le(s) numéro(s) de(s) trame(s) du relevé (**DT4**) qui correspond(ent) à cet oscillogramme.

✐ **Question 3C :** **Imaginer et commenter** succinctement comment le calculateur pourrait détecter une panne du système de motorisation de la PLC en utilisant les informations qui circulent sur le bus CAN, afin de respecter la contrainte **C6**.

PARTIE N°4 : GESTION DU DÉPLACEMENT

*L'objet de cette étude consiste, dans un premier temps à valider le principe de détection de la position, de la vitesse de déplacement et du sens de déplacement de la porte à l'aide d'un seul et même capteur, afin de valider ensuite le respect de la contrainte **C3**.*

Le capteur utilisé est un codeur incrémental dont le principe de fonctionnement est donné sur le **DT5**.

Comment détecter que la porte est ouverte ?

✐ **Question 4A :** Entre deux impulsions successives délivrées par le codeur (voie A), le disque a tourné d'un angle $\theta_{13/0}$. **Déterminer** la valeur de $\theta_{13/0}$ (exprimée en radians). **Calculer** pour cet angle la distance d_{14} (exprimée en mm) parcourue par le chariot mobile.

✐ **Question 4B :** La relation entre le nombre d'impulsions Ni délivrées par le codeur et la distance parcourue par la porte d_{porte} (en mm) peut s'écrire :

$$\boxed{Ni \approx 0{,}2 \cdot d_{porte}}$$

Calculer le nombre total d'impulsions N_{it} délivrées par le codeur pour une ouverture complète de la porte.
Valider alors la valeur de Ni indiquée sur le **DT3** qui permet au MDC de détecter l'ouverture complète de la porte, et ainsi d'arrêter le moteur.

Comment détecter un obstacle (fonction anti-pincement) ?

Lors d'une phase d'ouverture ou de fermeture, la présence d'un obstacle entraîne la diminution rapide de la vitesse de déplacement de la porte.

✐ **Question 4C** : La vitesse de déplacement de la porte (supposée constante) étant de 210 mm·s^{-1}, **déterminer** la durée t_{di} entre deux impulsions délivrées par le codeur. **Expliquer** alors comment le MDC peut détecter un obstacle en utilisant la valeur calculée.

Comment connaître le sens de déplacement de la porte ?

*Lorsqu'un obstacle est détecté, le MDC doit agir différemment selon le sens de déplacement de la porte afin de respecter la contrainte **C3**.*

✐ **Question 4D** : **Compléter** sur le document réponse **DR4** le chronogramme de la sortie B du codeur, lorsque son disque tourne dans le sens horaire.
Donner le sens de déplacement de la porte gauche correspondant (voir **DT2**).

La détection du sens de déplacement de la porte est réalisée par un sous-programme du MDC qui, à chaque exécution :

- *effectue une lecture de la voie A du codeur (variable A) ;*
- *détermine, à l'aide de la variable **Aant** image de l'état antécédent de A, s'il s'agit d'un front montant ;*
- *effectue une lecture de la voie B du codeur (variable B) ;*
- *en fonction de l'état de la variable B, affecte à la variable SENS la valeur 1 s'il s'agit d'une ouverture de porte ou 0 s'il s'agit d'une fermeture ;*
- *actualise la variable Aant pour la prochaine exécution.*

✐ **Question 4E** : **Compléter** l'algorigramme de détection du sens de déplacement (les quatre blocs avec un point d'interrogation) sur le document **DR4**.

Validation de la fonction anti-pincement

Le schéma structurel de commande du moteur est donné sur le **DR5**.

✐ **Question 4F** : En fonction des signaux de commande KM1 et KM2, **compléter** le tableau du **DR5** puis tracer en couleur sur le schéma structurel du **DR5** le parcours du courant dans le moteur lorsque la porte est en cours de fermeture.

✐ **Question 4G** : Compte tenu des éléments de réponse de cette étude, **conclure** quant au respect de la contrainte **C3** en **expliquant** comment le MDC doit agir sur les contacts KM1 et KM2 lorsqu'un obstacle est détecté.

PARTIE N°5 : ÉTANCHÉITE DE LA PORTE

*Le but de cette étude est de valider le choix du moteur, de son système de commande en puissance, ainsi que la solution constructive assurant la liaison entre le tambour et le boîtier en vue de répondre à la contrainte **C4**.*

Pour assurer une étanchéité à l'air et à l'eau de la porte, le joint doit être comprimé fortement à la fin du mouvement de fermeture, jusqu'à ce que la porte soit verrouillée au 2ème cran. La compression du joint impose au moteur de fournir un couple plus important que lors de la phase de déplacement et en conséquence une diminution de la vitesse de rotation.

✐ **Question 5A :** **Expliquer** pourquoi la fonction anti-pincement doit être désactivée durant la phase de compression du joint d'étanchéité.

Validation du choix du moteur

Lors de la phase de compression du joint d'étanchéité, des essais ont permis de mesurer une force de 1224 N sur le câble avant (10) d'entraînement de la porte.

Données :

Caractéristiques du moteur
Tension nominale : $U_N = 12\ V$
Couple maximal : $C_{MAX} = 2\ Nm$ (pour $U_{MOT} = 12\ V$)
Tension délivrée par la batterie : $U_{BAT} = 12\ V$

✐ **Question 5B :** À l'aide des données du **DT2**, **calculer** le couple C_8 sur le tambour d'enroulement, correspondant à l'essai réalisé puis **calculer** le couple moteur C_{MOT} correspondant et **valider** alors le choix du moteur en justifiant votre réponse.

Étude de la liaison pivot tambour/boîtier

L'objectif est de vérifier si la solution constructive assurant la liaison pivot entre le tambour (8) et le bâti (0) peut supporter l'effort de 1224 N appliqué au câble lors de la phase de compression du joint.

On isole le système suivant : tambour d'enroulement + roue dentée : S = {7} (voir schéma simplifié sur le **DR6**).
Le tambour (8) est en liaison pivot avec le bâti (0) au point O. La roue d'entraînement (6) engrène la roue dentée (7) au point I avec un angle de pression : $\alpha = 20°$.

Hypothèses : Le poids du mécanisme est négligé, les liaisons sont supposées parfaites. On considère que le mécanisme impose des mouvements qui peuvent être étudiés dans un plan.

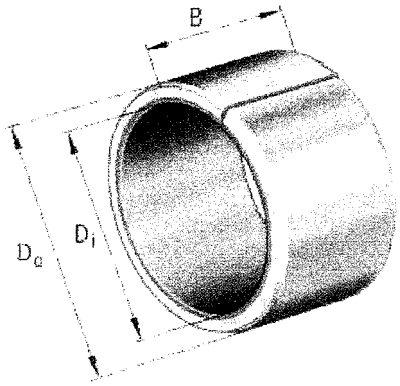
✐ **Question 5C :** Faire le bilan des actions mécaniques extérieures sur S en **complétant** le tableau du DR6 (compléter seulement avec les données présentes dans l'énoncé du problème) puis **appliquer** le Principe Fondamental de la Statique à S (méthode graphique) afin de **déterminer** la valeur de la force exercée par S sur le bâti (0).

La liaison pivot est assurée par deux coussinets PA P2215-P14 décrits ci-dessous. Ces coussinets ne doivent pas supporter une pression diamétrale p ni une vitesse de glissement U trop fortes pour fonctionner dans les conditions prévues par leur constructeur.

La pression diamétrale que subit un coussinet est calculée grâce à la formule suivante :

$$p = \frac{F}{L \cdot d}$$

p : pression diamétrale subie par le coussinet en $N \cdot mm^{-2}$
F : force appliquée sur le coussinet en N
L ou B : la longueur du coussinet en mm
d ou Di : le diamètre intérieur du coussinet en mm



Données

B = 15 mm
Di = 22 mm
Do = 25 mm

à Sec		
Vitesse de glissement max. U	m/s	1
Facteur pU-max.	N/mm² * m/s = W/mm²	0,06 (A_H/A_C = 5) 0,24 (A_H/A_C = 10) 1,0 (A_H/A_C = 20)
Coefficient de frottement f	–	0,15 - 0,30
Général		
Température maximale Tmax	°C	+140
Température minimale Tmin	°C	-40
Pression maximale P statique	$N \cdot mm^{-2}$	80
Pression maximale P dynamique	$N \cdot mm^{-2}$	40
Rugosité de l'arbre rectifié, Ra	µm	0,5 ± 0,3
Dureté de l'arbre	HV	> 200
Dureté de l'arbre pour une durée de vie supérieure	HB	> 350

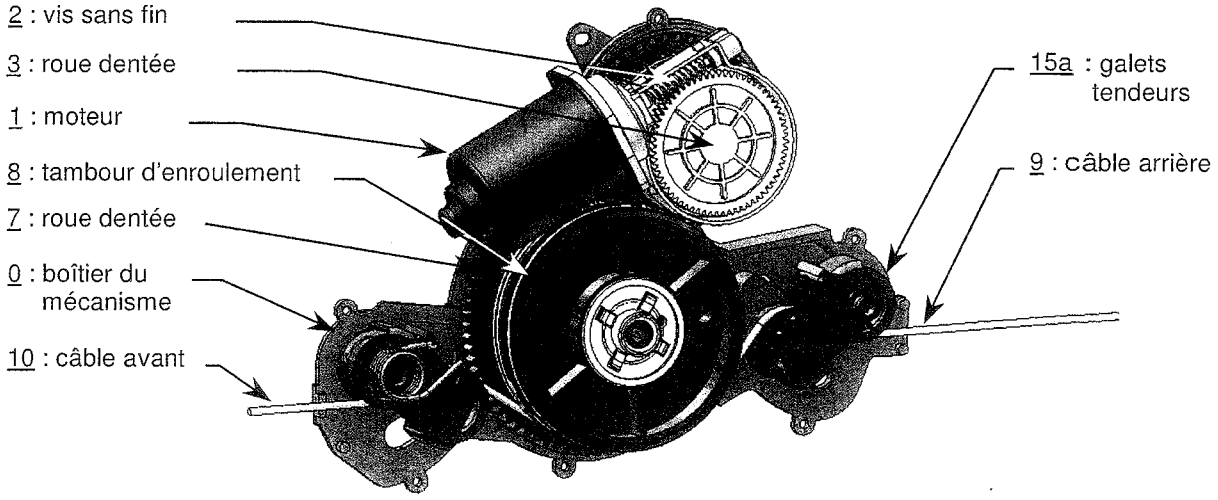
Une étude préliminaire a permis de déterminer que le coussinet le plus sollicité subit une force de 1420 N.

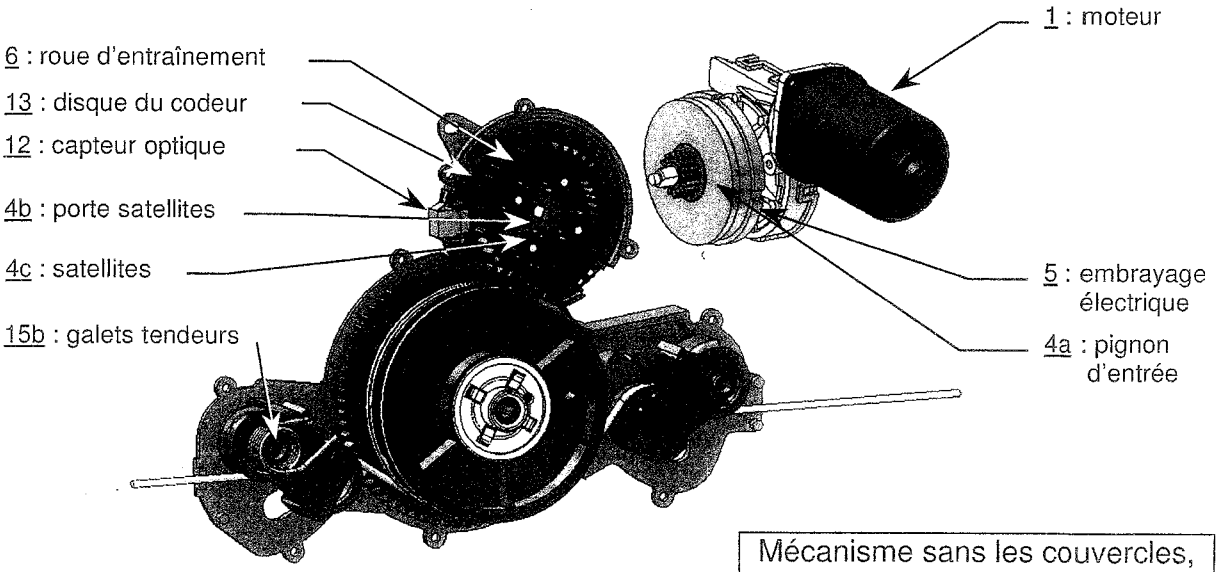
✐ **Question 5D :** **Vérifier** par des calculs si les bonnes conditions d'utilisation du coussinet sont respectées et **conclure** sur le choix de la solution constructive.

Fonctionnement du mécanisme d'entraînement

Le moteur électrique à courant continu 1 assure le mouvement de fermeture et d'ouverture de la porte par inversion de la tension de l'alimentation électrique à ses bornes. L'axe moteur est lié à une vis sans fin 2 entraînant une roue 3 permettant d'obtenir un premier étage de réduction.
L'embrayage 5 (constitué d'un électroaimant qui attire et entraîne par frottement un plateau) permet de rendre solidaire la roue 3 et le pignon d'entrée 4a (planétaire d'entrée) **seulement pendant l'ouverture et la fermeture**. Dans les positions extrêmes et en cas d'anomalie, il n'assure plus la transmission du mouvement.
La sortie du train épicycloïdal (roue d'entraînement 6) engrène avec la roue dentée (7) liée au tambour d'enroulement des câbles 8.
La tension des câbles d'entraînement 9 et 10 est maintenue par les systèmes de galets tendeurs 15.

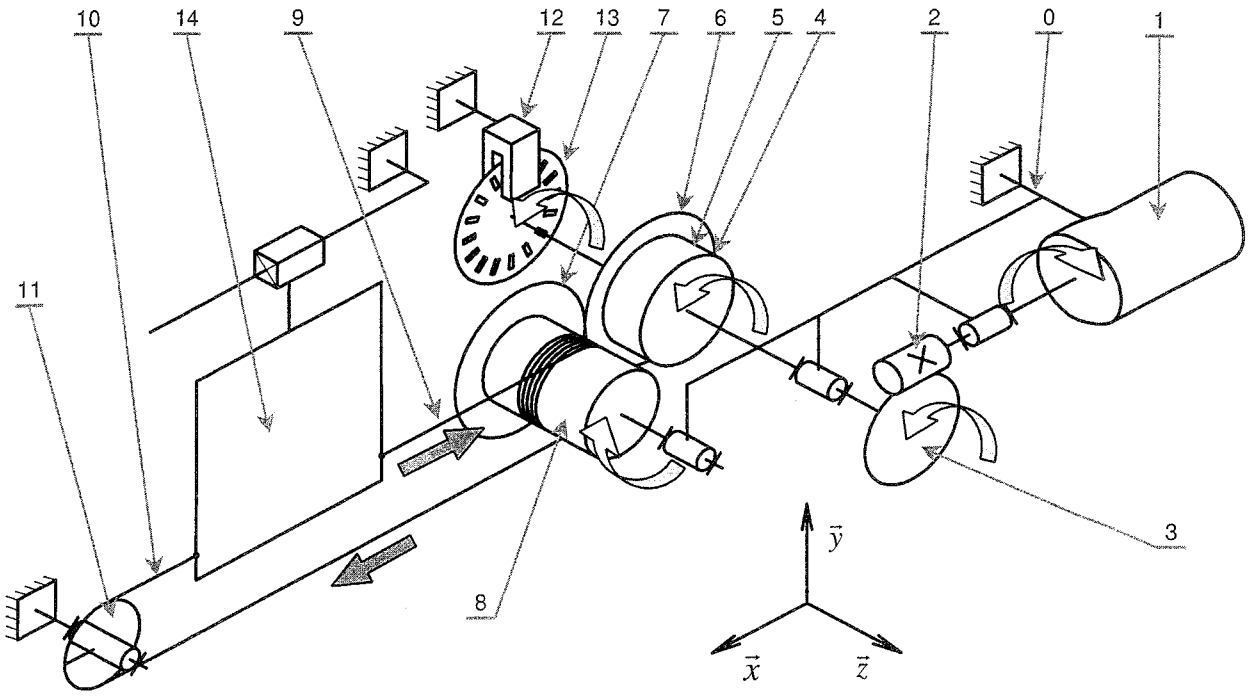
Mécanisme sans les couvercles





Mécanisme sans les couvercles, motoréducteur déposé

Schéma cinématique 3D simplifié du système (porte gauche)



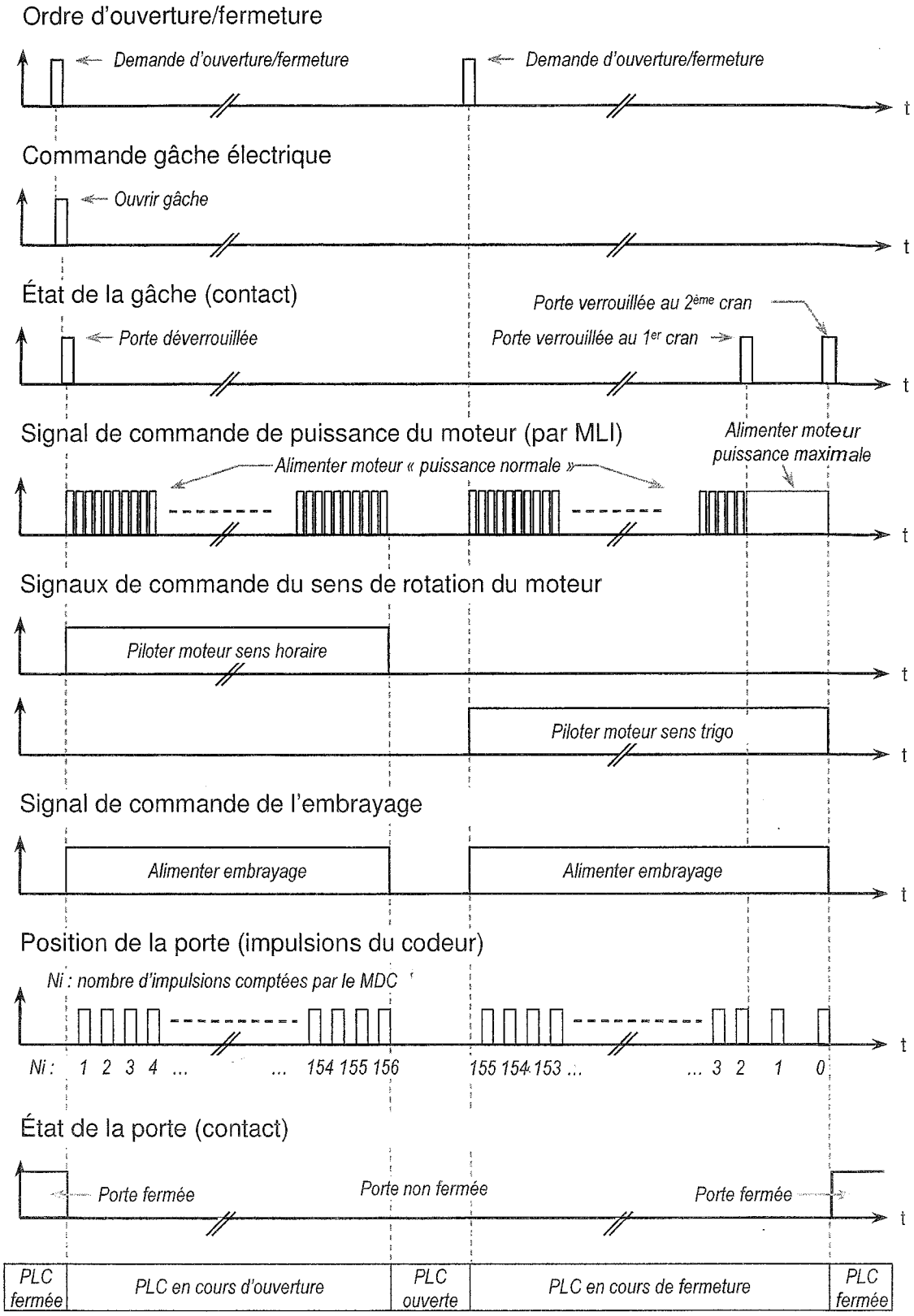
0 : bâti du mécanisme
1 : moteur à courant continu
2 : vis sans fin
3 : roue dentée
4 : réducteur (train épicycloïdal)
5 : embrayage électrique
6 : roue d'entraînement
7 : roue dentée
8 : tambour d'enroulement
9 : câble arrière
10 : câble avant
11 : galet de renvoi
12 : capteur optique du codeur incrémental
13 : disque du codeur incrémental
14 : chariot mobile et PLC

Remarque : sur ce schéma, le disque du codeur tourne dans le sens trigonométrique, et le moteur dans le sens horaire, ce qui correspond à une circulation du courant électrique dans le moteur de la borne + vers la borne – et à l'ouverture de la porte.

Données

		rendement
Roue 3 et vis sans fin 2	$Z_2 = 1$ $Z_3 = 65$	$\eta_1 = 65\%$
Train épicycloïdal 4 (monté en multiplicateur de vitesse)	$r_{épi} = \frac{N_6}{N_3} = \frac{52}{38}$	$\eta_2 = 90\%$
Système d'engrenages 6 et 7	$Z_6 = 38$ $Z_7 = 72$	$\eta_3 = 95\%$
Système tambour d'enroulement et câbles	$\phi_8 = 120$ mm	$\eta_4 = 85\%$
Course de la porte 14	$C = 780$ mm	
Nombre d'impulsions par tour du codeur 12 et 13	$r_c = 40$	

Description chronologique d'un cycle d'ouverture/fermeture d'une PLC



Relevé de trames sur le bus CAN, lors d'une ouverture de PLC

N° de trame	Heure	Identifiant	Longueur	Données (DATA)
1	**00:00:07.9119**	**755**	**3**	**02 10 C0**
2	00:00:07.9274	655	3	02 50 C0
3	**00:00:08.0314**	**755**	**4**	**03 30 80 00**
4	00:00:08.2272	655	4	03 70 80 01
5	**00:00:08.4230**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
6	00:00:08.6188	655	4	03 70 80 01
7	**00:00:08.8146**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
8	00:00:09.0103	655	4	03 70 80 01
9	**00:00:09.2061**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
10	00:00:09.4019	655	4	03 70 80 01
11	**00:00:09.5977**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
12	00:00:09.7935	655	4	03 70 80 01
13	**00:00:09.9883**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
14	00:00:10.1851	655	4	03 70 80 01
15	**00:00:10.3809**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
16	00:00:10.5767	655	4	03 70 80 01
17	**00:00:10.7725**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
18	00:00:10.9682	655	4	03 70 80 01
19	**00:00:11.1640**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
20	00:00:11.3598	655	4	03 70 80 01
21	**00:00:11.5556**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
22	00:00:11.7525	655	4	03 70 80 02
23	**00:00:11.9472**	**755**	**4**	**03 30 80 01**
24	00:00:12.1430	655	4	03 70 80 02
...				

Description des trames (suites ordonnées d'octets)

Pour une requête (Identifiant 755) :	Pour une réponse (Identifiant 655) :
4 octets de description en hexadécimal	**4 octets de description en hexadécimal**
2 octets entête : 03 30 **1 octet** pour Commande de pilotage : 80 : pilotage PLC gauche A0 : pilotage actionneur de serrure gauche B0 : pilotage PLC droite D0 : pilotage actionneur de serrure droite E0 : émission son de mouvement de porte **1 octet** pour Type de la commande : 00 : demande d'ouverture/fermeture 01 : demande d'état 11 : demande d'arrêt	**2 octets** entête : 03 70 **1 octet** pour Numéro de sortie pilotée : 80 : PLC gauche A0 : actionneur de serrure gauche B0 : PLC droite D0 : actionneur de serrure droite E0 : buzzer **1 octet** pour Compte-rendu : 00 : mouvement non lancé 01 : mouvement en cours 02 : mouvement terminé

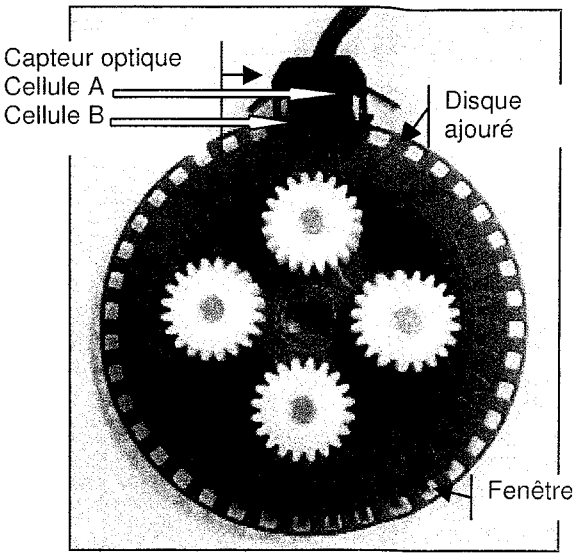
Remarque (oscillogramme et bit-stuffing)

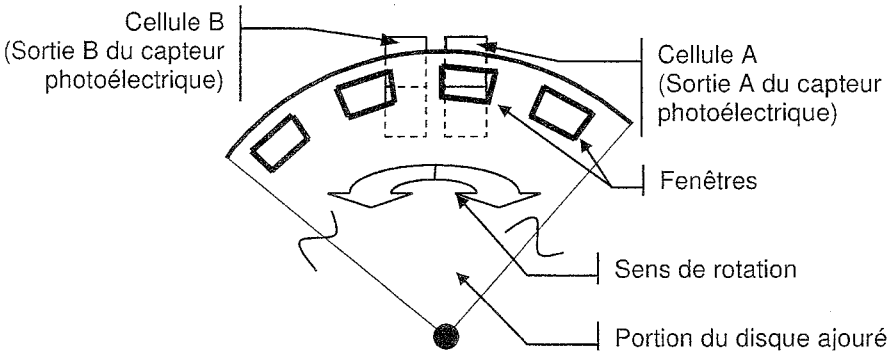
Lorsque les bits sont transmis sur le bus CAN, si 5 bits consécutifs du champ DATA sont de même valeur, un bit de valeur opposée est automatiquement rajouté.
Ce bit supplémentaire, dit bit-stuffing, sert au contrôle des erreurs de transmission. Il ne fait pas partie de la valeur binaire du champ DATA. Il doit donc être supprimé pour décoder la valeur du champ DATA.

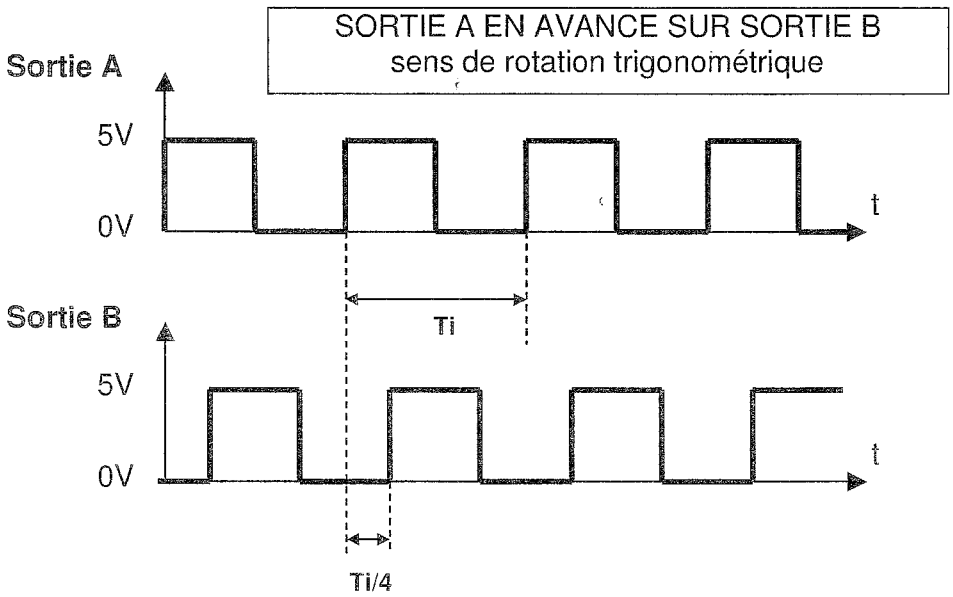
Principe de fonctionnement du codeur incrémental

L'ensemble capteur optique (photoélectrique) et disque ajouré permet de connaître la position, la vitesse et le sens de déplacement d'une PLC.
Le disque ajouré est un disque en matière plastique dont la périphérie est percée de **40** fenêtres (trous) également espacées entre elles.

Lorsque le disque tourne, ses fenêtres défilent devant les deux cellules du capteur. Celui-ci délivre alors deux trains d'impulsions périodiques (un sur la sortie A, l'autre sur la sortie B), décalés l'un par rapport à l'autre.







Question 1A

Diagramme FAST de la fonction FP1

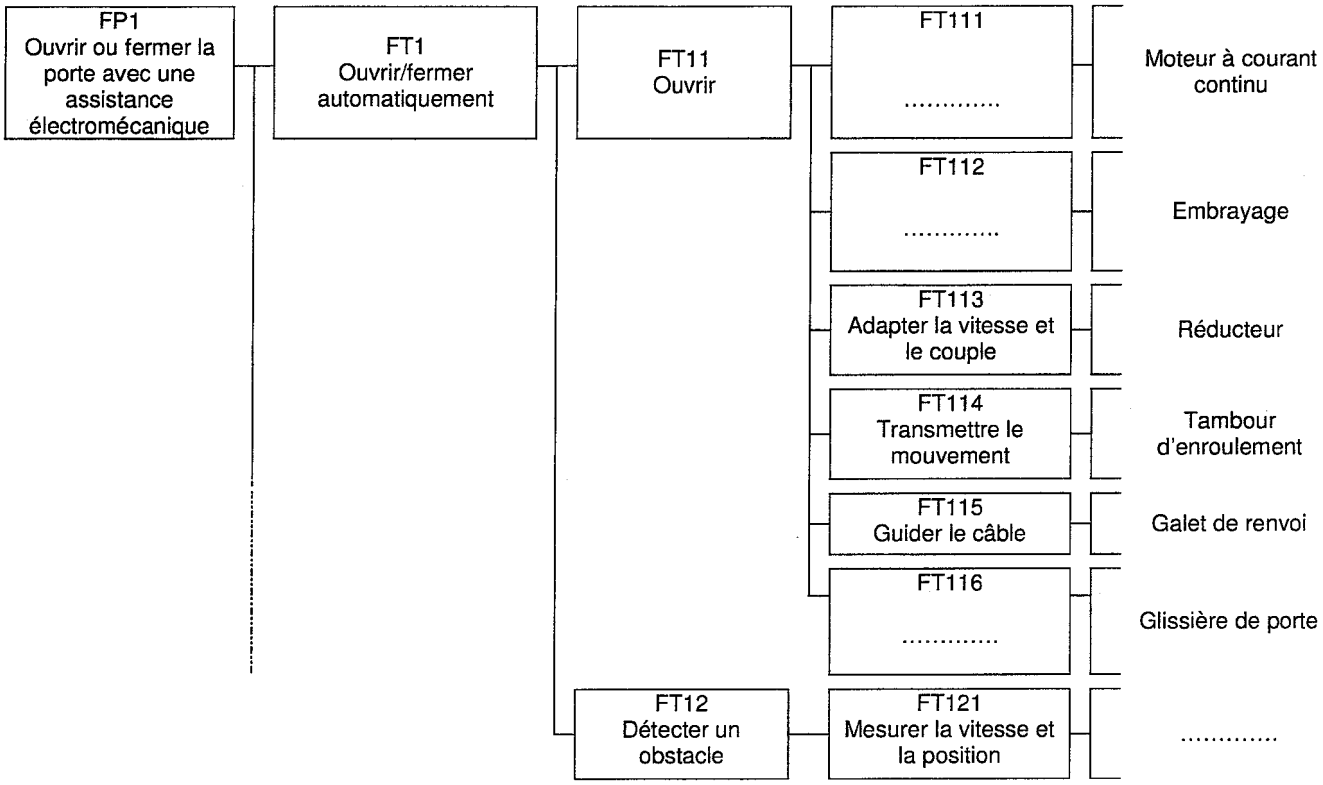
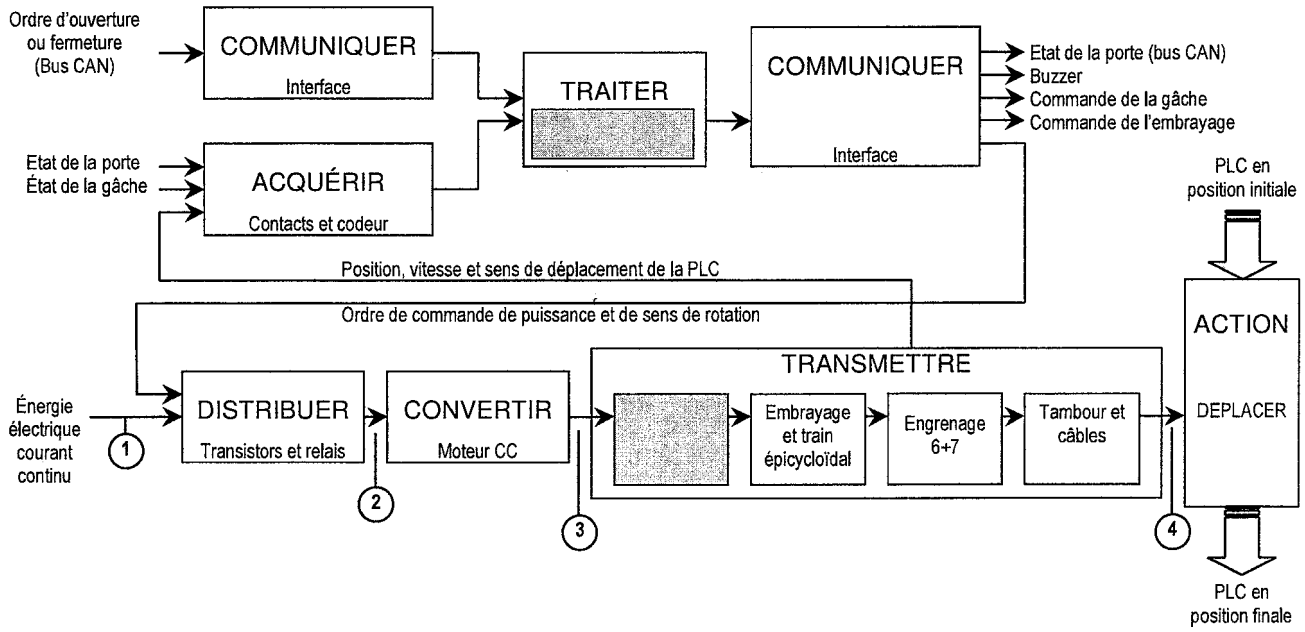


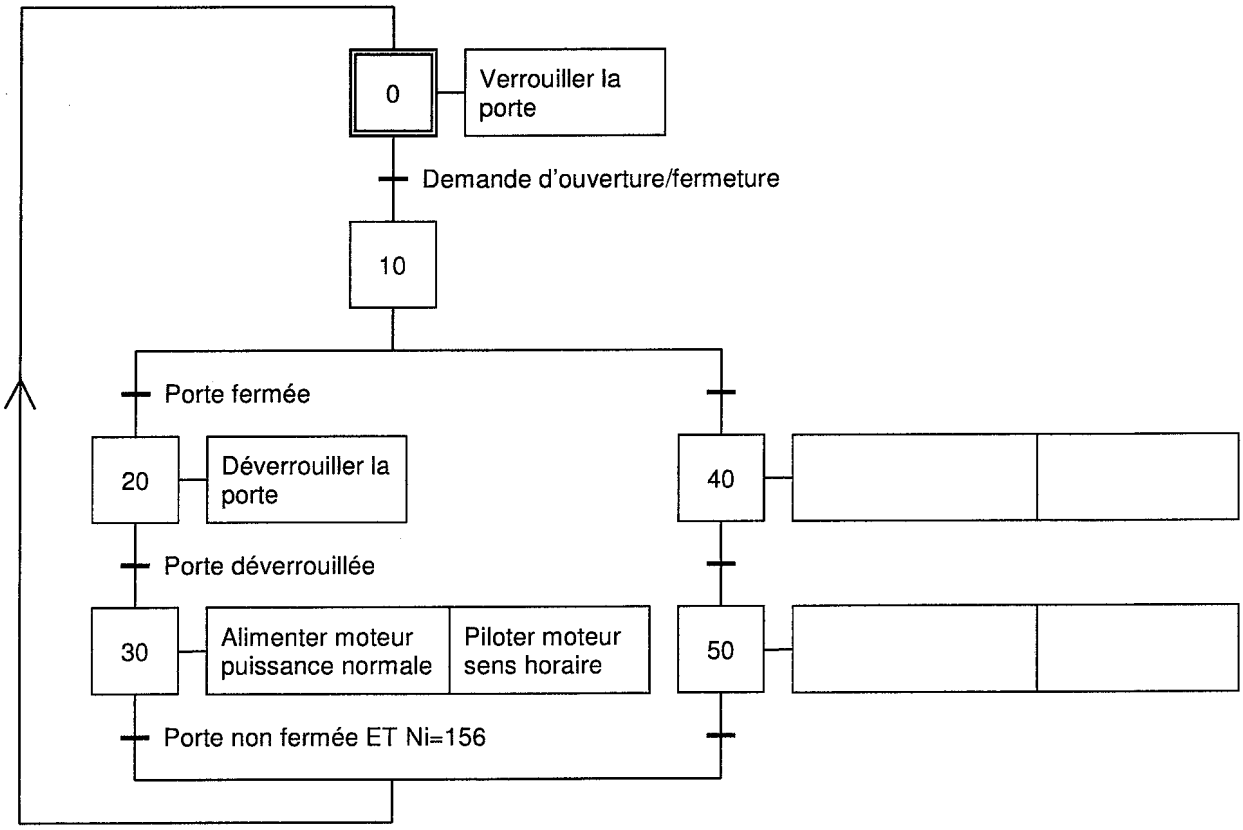
Schéma bloc de la fonction FP1



Type et la nature des énergies
① : Énergie électrique courant continu
② :
③ :
④ :

Question 1B

GRAFCET de fonctionnement normal



Question 3A

Décodage de trames sur le bus CAN

Ligne 3 :	**755 4 03 30 80 00**	
03 30	80	00
requête	.....	.....

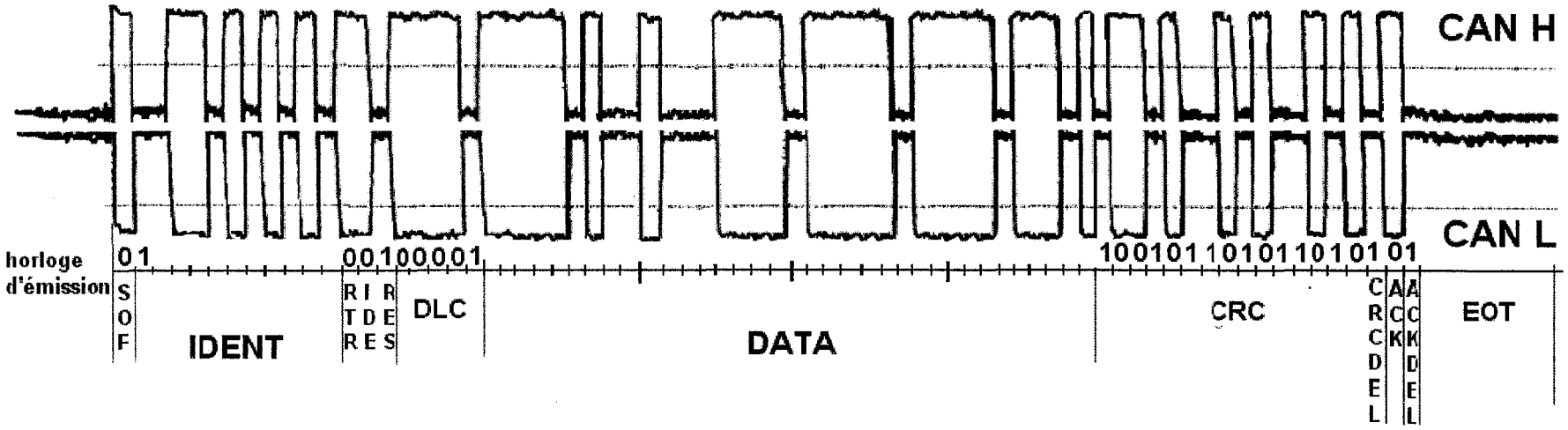
Ligne 4 :	**655 4 03 70 80 01**	
03 70	80	01
réponse	.....	.....

Ligne 5 :	**755 4 03 30 80 01**	
03 30	80	01
requête	.....	.....

Ligne 22 :	**655 4 03 70 80 02**	
03 70	80	02
réponse	.....	.....

Question 3B

Oscillogramme relevé sur le bus CAN



Décodage de la trame : le poids fort est transmis en premier

IDENT (valeur binaire relevée) :

IDENT (valeur hexadécimale transcodée) :

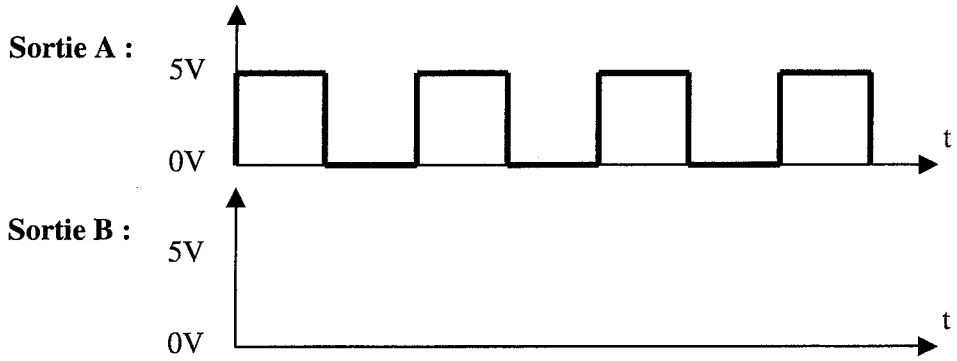
DATA (valeur binaire relevée) :

DATA (valeur hexadécimale transcodée) :

Numéro(s) de(s) trame (s) :

Question 4D

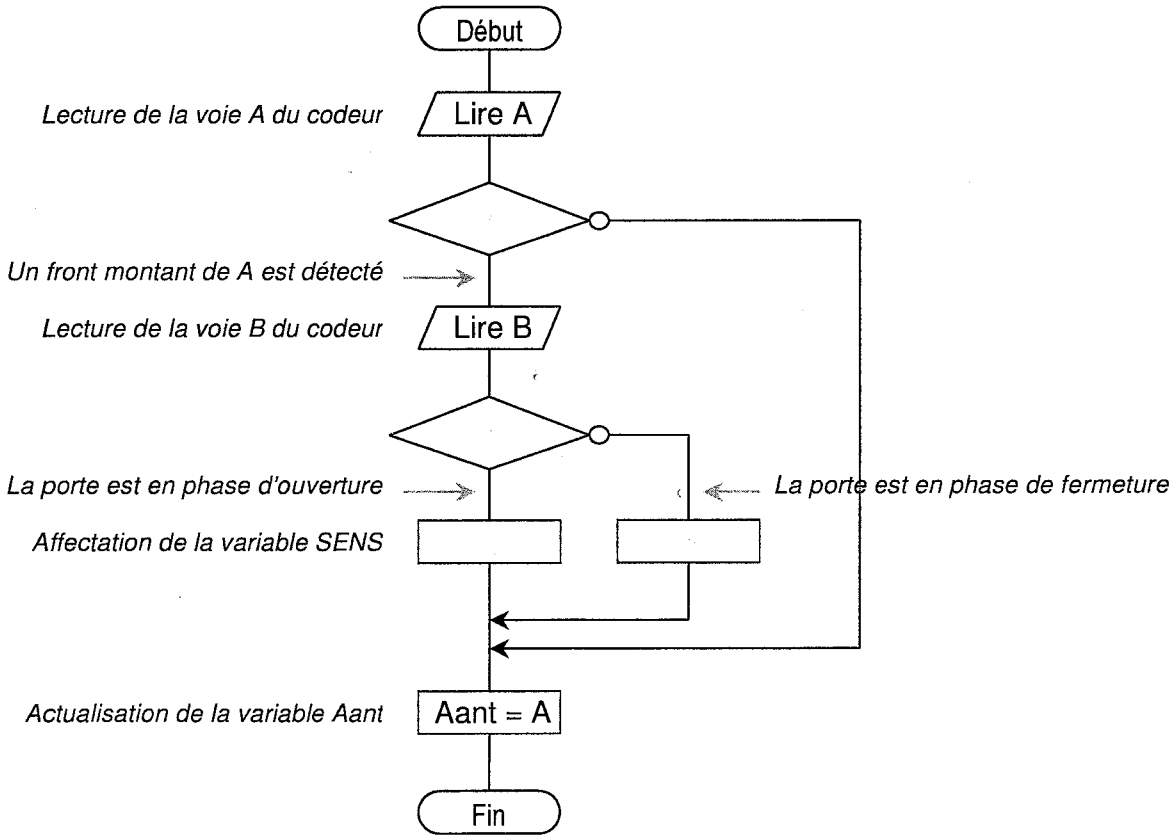
Chronogrammes des signaux de sortie du codeur, lorsque son disque tourne dans le sens horaire



Question 4E

Codage des variables logiques *A*, *Aant* et *B* : si la valeur du signal de sortie du codeur est égale à 0 volt alors la variable correspondante est au niveau logique 0, si elle est égale à 5 volts alors la variable correspondante est au niveau logique 1.

Algorigramme de détection du sens de déplacement de la porte



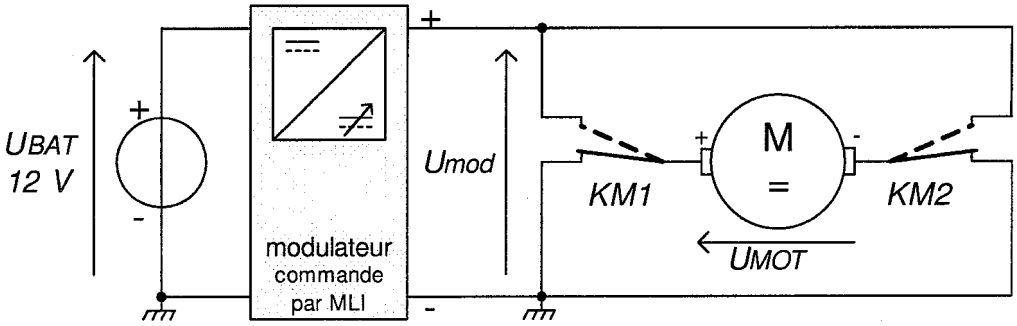
Question 4F

Codage des variables logiques KM1 et KM2 : si la variable logique est égale à 0 alors le relais correspondant est au repos, si elle est à 1 alors le relais est au travail.

État du moteur en fonction des signaux de commandes

KM1	KM2	État du moteur (marche ou arrêt)	Sens de rotation du moteur (trigo, horaire ou sans objet)	Sens de déplacement de la porte (ouverture, fermeture ou sans mouvement)
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Schéma structurel de commande du moteur

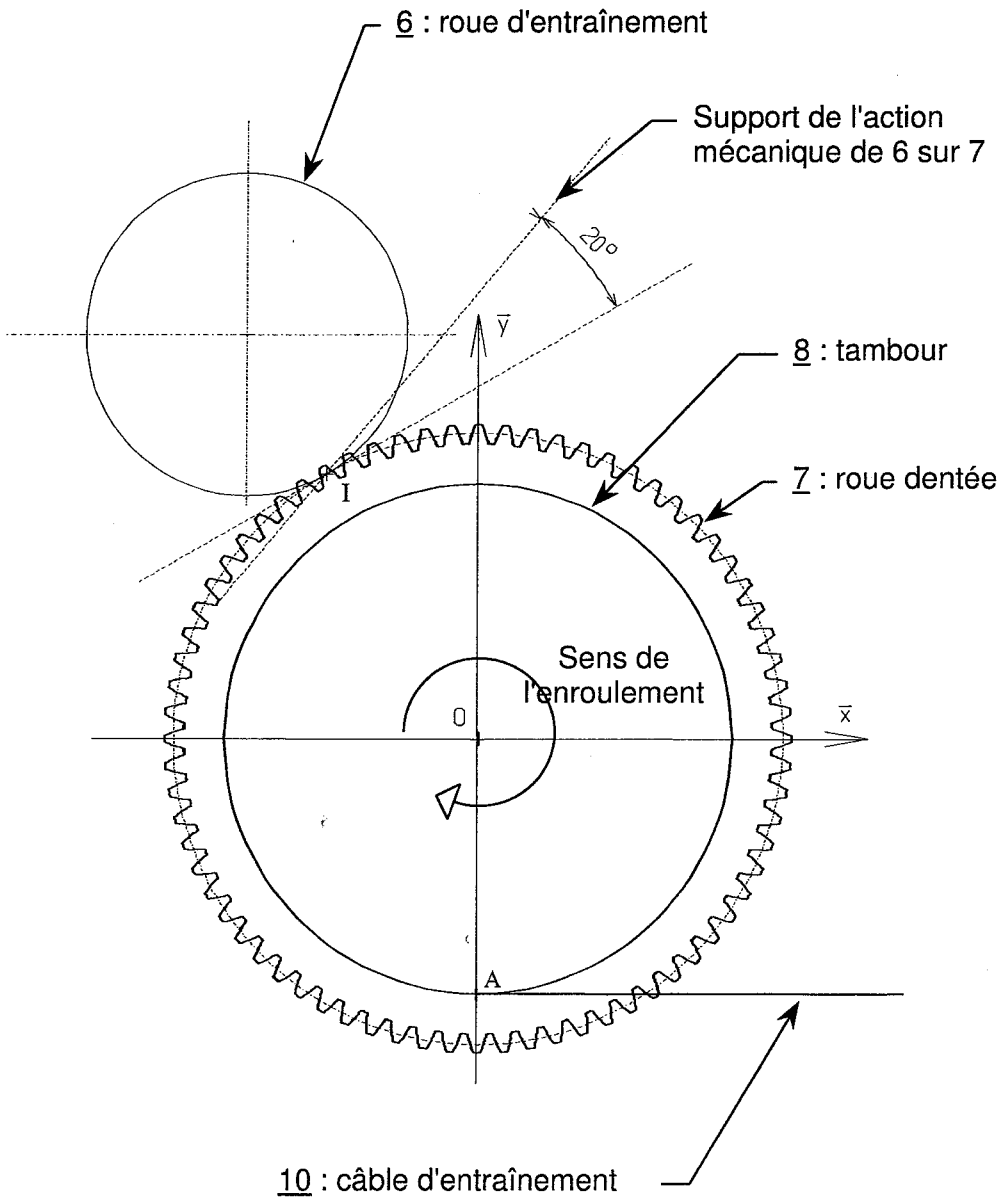


Question 5C

Bilan des actions mécaniques extérieures

Action	Point d'application	Direction	Norme

Schéma simplifié



Échelle pour les forces 1cm ⇔ 200 N