BACCALAUREAT GENERAL

Session 2009

Série S Sciences de l'ingénieur

ETUDE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE

Coefficient : 4 **Durée de l'épreuve : 4 heures**

Aucun document n'est autorisé.

Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices 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° 99-181 du 16 novembre 1999.

COMPOSITION DU SUJET ET SOMMAIRE :

Un ensemble comprenant :

- **Un dossier présentation du système à étudier et des problèmes à traiter : page 1 à 9.**
- **Un dossier « DOCUMENTS TECHNIQUES » documents DT1 à DT4.**
- **Un dossier « DOCUMENTS REPONSES » documents DR1 à DR6.**

Vérifier que vous disposez bien de tous les documents définis ci-dessus.

La phase d'appropriation du système passe par la lecture attentive de l'ensemble du sujet. Il est *conseillé* de consacrer environ *20 minutes* à cette phase de *découverte*.

Les réponses sont à donner sur les documents réponses et sur copie.

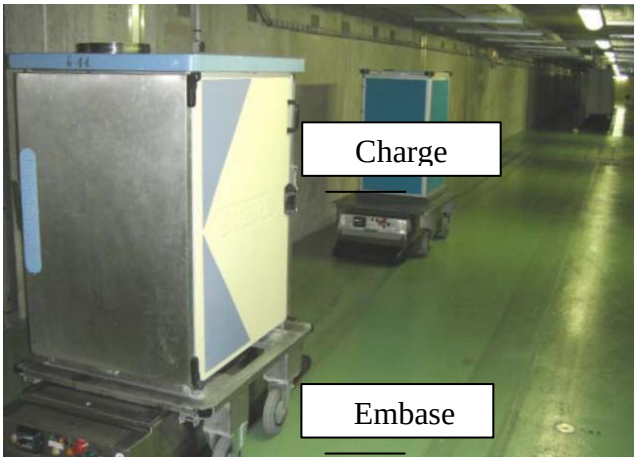
- Il est conseillé de traiter les différentes parties dans l'ordre -

SYSTEME DE TRANSPORT AUTOMATISE

L'ensemble de la manutention dans un établissement hospitalier est consacré principalement à la gestion des besoins du patient et plus globalement à ceux de la collectivité hospitalière.
Parmi les types de besoins nécessitant de la manutention sont distinguées : les prestations hôtelières incluant l'alimentation et le linge, les fournitures non médicales et la gestion des déchets.

Les objectifs majeurs de l'automatisation de la manutention sont :

- l'amélioration de l'hygiène par la réduction des manipulations effectuées par le personnel ;
- le respect de l'environnement par la réduction des dégradations occasionnées par le transport manuel des chariots ;
- la suppression des tâches pénibles, répétitives et peu valorisantes ;
- l'organisation de la vie à l'hôpital avec une régulation des heures de distribution des repas, du linge, de la pharmacie ;
- la valorisation du temps passé par les personnels soignant à des tâches relevant des soins aux patients.



<u>La manutention automatique lourde.</u>

Ce système de transport est justifié lorsque l'établissement de santé est étendu et que les distances à parcourir d'un point logistique aux unités de soin sont très importantes. C'est pourquoi ce sont essentiellement des établissements à structure horizontale qui font appel à ce type de système.

Il se compose d'embases motorisées et de charges modulaires pouvant s'accoupler (formant alors un chariot) dont le cheminement est programmé par un système informatique. Le guidage est obtenu par filoguidage : un fil est noyé dans le sol sur le parcours du chariot et celui-ci détecte le champ magnétique créé par le fil à l'aide de capteurs.

A tout moment la position du chariot, son contenu et sa destination sont connus grâce au système informatique. Celui-ci permet la gestion de la circulation des chariots et du planning d'utilisation. Un logiciel assure la gestion de l'environnement, en effet, il permet de commander les ascenseurs, les portes, le stationnement. Lors d'opération de maintenance ou de réinitialisation le guidage automatique peut-être supprimé afin de faciliter les manœuvres.
Les embases sont standardisées et permettent de transporter des charges importantes de matériel dans des containers ou boîtes de transport. Elles peuvent contenir jusqu'à 400kg de matériel.

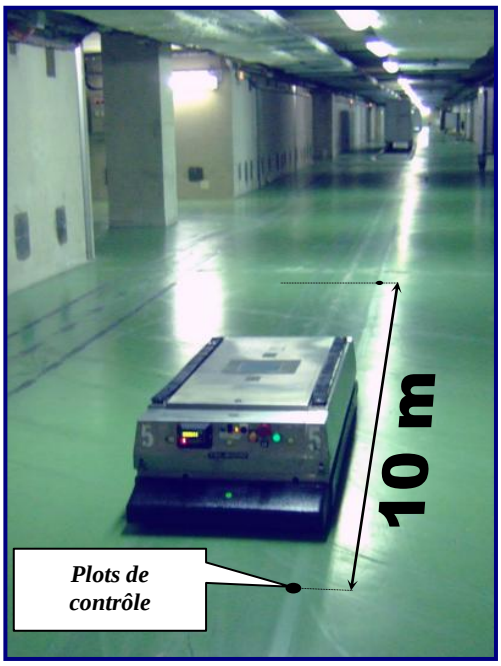
Pour l'étude à suivre, nous retenons les problématiques suivantes :

		Durée conseillée :
Partie A :	***Analyse de la chaîne fonctionnelle du contrôle du déplacement.***	***30 minutes***
Partie B :	***Fiabilité du suivi de cheminement (validation du positionnement en mode automatique).***	***40 minutes***
Partie C :	***Validation de la fonction traction (capacité en charge et freinage d'urgence).***	***50 minutes***
Partie D :	***Maîtrise de la vitesse de traction (validation du variateur de vitesse).***	***40 minutes***
Partie E :	***Validation de la fonction direction (rayon minimal de braquage).***	***30 minutes***
Partie F :	***Evolution constructive (implantation d'un codeur).***	***30 minutes***

SYSTEME ETUDIE

Embase avec charge

Embase se déplaçant à vide



Charge en attente de l'embase

Principales caractéristiques techniques

Dimensions de l'embase:		**Vitesse :**	
Longueur y compris boucliers	1,75 m	Vitesse maximale	1 $m.s^{-1}$
Longueur sans bouclier	1,44 m	Accélération	0,5 $m.s^{-2}$
Largeur	0,6 m	Décélération normale	0,6 $m.s^{-2}$
Hauteur table	0,34 m	Décélération d'urgence	1,5 $m.s^{-2}$
Masse :		**Autonomie :**	
Masse à vide embase	260 kg	Autonomie des batteries :	8H
Masse maximale en charge	700 kg	Capacité	73 Ah
Charge utile	400 kg	**Mobilité :**	
		Rayon des virages :	1 m

Partie A : Analyse de la chaîne fonctionnelle du contrôle du déplacement.

Analyse fonctionnelle (voir DT1 et DT2).

Question A-1 : Répondre sur le document réponse ***DR1.***
A partir des informations du ***Dossier Technique***, compléter le FAST du sous-ensemble de traction du chariot.

Partie B : Validation du positionnement en mode automatique.

B1 : Suivi de trajectoire.

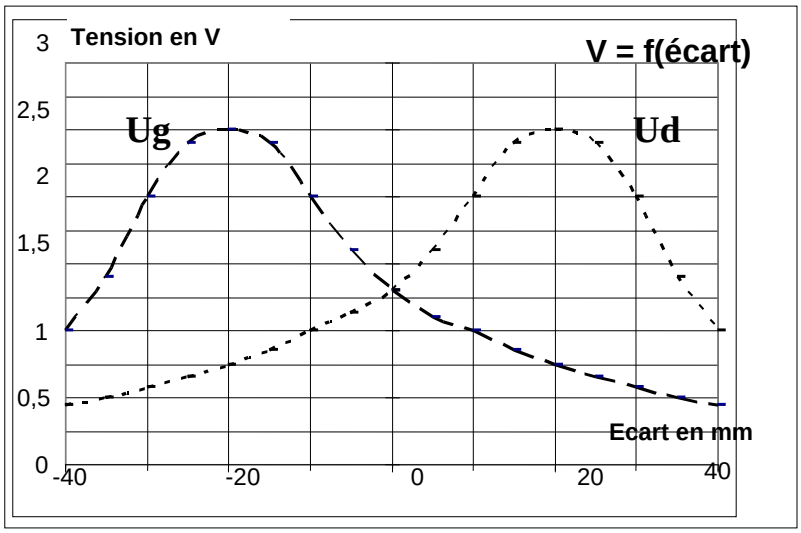
On se propose de vérifier la compatibilité du variateur de direction avec le signal délivré par le calculateur.

Deux antennes de guidage, l'une à l'avant et l'autre à l'arrière du chariot captent un champ magnétique créé par le fil (parcouru par un courant sinusoïdal) noyé dans le sol (***Fig. 1***).

Une seule antenne est en fonctionnement suivant le sens de marche :

- antenne AV lors de la marche AV
- antenne AR lors de la marche AR

Chaque antenne délivre deux signaux : ***Ug*** et ***Ud*** dont l'amplitude varie en fonction de l'écart de position par rapport au fil dissimulé dans le sol.



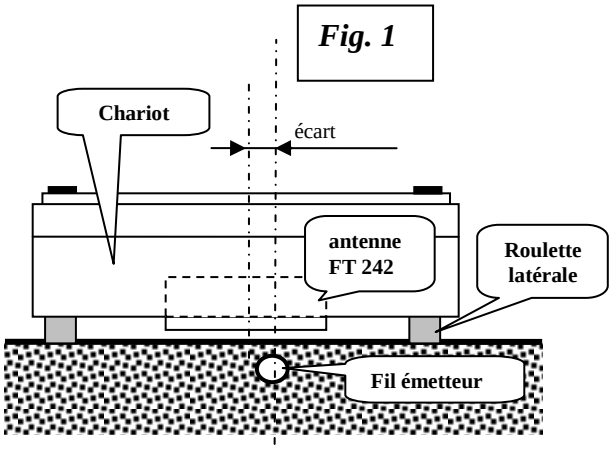
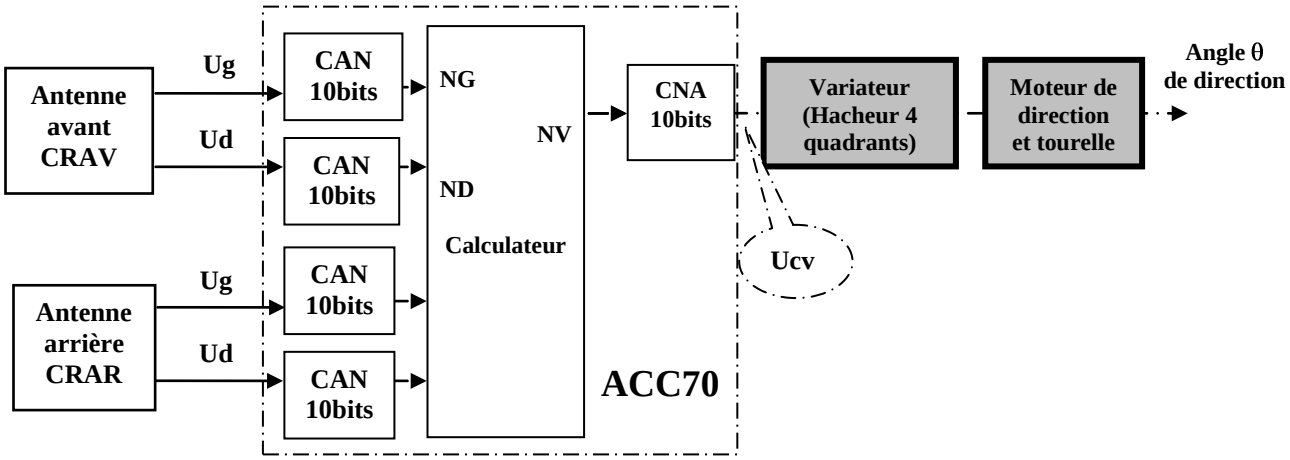


Schéma fonctionnel de commande du moteur de direction (**<u>en mode automatique</u>** : filo-guidage)



Le calculateur effectue la différence des valeurs ***NG*** et ***ND*** pour commander le variateur par une tension de commande ***Ucv***.
Les ***CAN*** ont une tension pleine échelle de ***10V***, le ***CNA*** délivre une tension de ***+/- 10V*** pour une grandeur numérique signée en entrée.

Question B-1:

B1.1 Quelle est la valeur de la résolution du ***CAN*** (***Cf. DT4***) ? Compléter le tableau (voir DR1) avec les valeurs de ***NG*** ou ***ND*** que peut délivrer le convertisseur pour un écart de :
-20, -10, 0, +10 **et** ***+20 mm.***

B1.2 Compléter le tableau des calculs de la différence « ***ND-NG » (en décimal)*** et tracer sur le document réponse la caractéristique de la valeur calculée en fonction de l'écart de trajectoire. (Répondre sur le document réponse ***DR1).***

B1.3 La tension de commande Ucv étant proportionnelle à la grandeur NV ; quelles sont les valeurs maximales de tension obtenues en fonction des écarts de trajectoire ?

On donne les relations : $\mathbf{Ucv = R_{cna}.NV}$
avec $\mathbf{R_{cna} = 2.PE / 2^{10}}$ (R_{cna} = résolution du convertisseur en volts)
NV = K2.(ND-NG)
K2 = 1,5

B1.4 Les tensions obtenues ainsi que leur signe sont-elles compatibles avec la plage de commande du variateur (-10v à +10v) ? La fonction technique de guidage est-elle correctement assurée ?

B2 : Vérification de la distance parcourue.

On se propose d'étudier la validité des messages affichés par le calculateur de supervision.

Principe de contrôle du déplacement

Chaque chariot est identifié, au moyen d'un plot inductif à code fixe. Le contenu de ce code est ensuite converti dans le PC Superviseur afin que les informations suivantes soient accessibles à l'utilisateur :

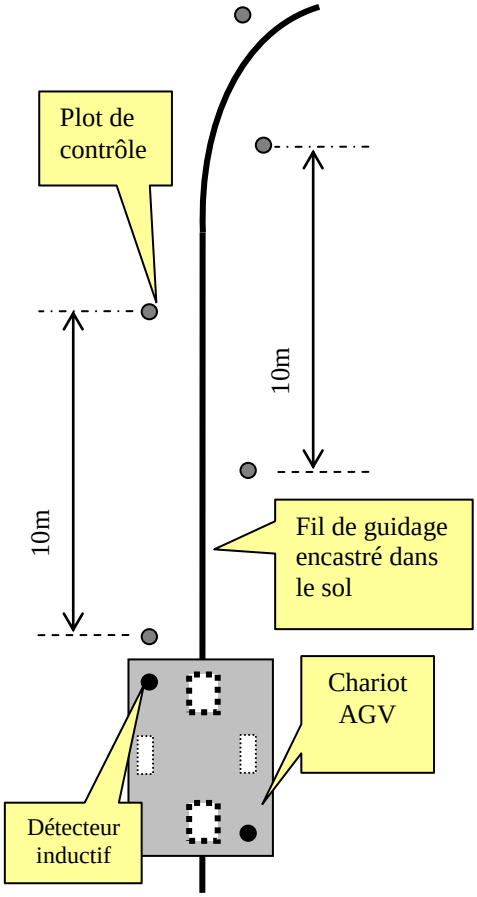
- origine de l'embase ;
- numéro du (ou du groupe de) monte-charge de destination ;
- numéro de l'étage ;
- numéro de l'unité de soins.

La cartographie des pistes et des plots de contrôle est entrée dans la mémoire du calculateur du chariot.

Lors des déplacements en mode automatique par filoguidage, **<u>une vérification de la distance parcourue</u>** est réalisée grâce à un codeur incrémental ***1024 points/tour*** fixé sur l'arbre du moteur de traction (***Cf. DT4***).

Un compteur additionne (sens AV) ou soustrait (sens AR) des impulsions entre 2 plots, ***il est remis à zéro si un plot est détecté dans la plage de tolérance définie***.

Si une ***erreur de coïncidence*** (entre la position du plot et la position obtenue par mesure) est supérieure à ***2,5%***, alors le chariot est arrêté et un message d'erreur (*défaut non identifié*) est envoyé au calculateur de supervision.



La vitesse maximale de déplacement du chariot est de **1m/s** dans les lignes droites. Elle est réduite **à 0,5m/s** avant les virages.

Afin de vérifier la trajectoire de celui-ci, un contrôle est effectué tous les ***10 m.*** Lorsqu'il y a passage du capteur inductif sur un plot de contrôle, un signal électrique de type front montant est généré.

Question B-2 :

B-2-1 Quel est l'intérêt de la mesure entre les plots de détection?

B-2-2 Citer une cause possible d'erreur de positionnement.

B-2-3 Calculer le nombre d'impulsions **Ni** entre ***2 plots*** espacés de ***10m en ligne droite (cf DT4).***

Un mot de ***16 bits*** signé noté ***Nd*** est utilisé pour stocker la distance entre deux plots exprimée en mm.

B-2-4 Sachant que ***Nd* = Ni /*Kd,*** quelle valeur faut-il donner à ***Kd*** pour que chaque impulsion sur Nd corresponde à un déplacement de 1 mm (**Nd *en décimal)*** ?

B-2-5 Quelles sont les valeurs minimales et maximales de ***Nd*** pour lesquelles un défaut sera considéré comme non identifié ?

B-2-6 L'usure de la roue d'entraînement doit être contrôlée, lorsque cette usure atteint 2 mm sur le rayon de la roue, un message est envoyé au calculateur de supervision. Calculer la valeur de Nd correspondante. Cette valeur du défaut est-elle identifiable par le calculateur ?

Partie C : Validation de la fonction traction.

C1 : Motorisation.

On se propose de valider les caractéristiques du moteur de traction.

Validation du couple nominal du moteur.

Questions C-1 : Répondre sur le document réponse DR2

C-1-1 Donner la relation qui existe entre la vitesse tangentielle V_{trac} à la périphérie de la roue et la vitesse angulaire en sortie de réducteur Ω_R et déterminer la valeur de Ω_R (compléter le cadre **(1)** du **DR2**).

C-1-2 Déterminer la valeur du couple C_R (couple sur l'axe de la roue) nécessaire en sortie de réducteur pour garantir l'accélération désirée (en se situant au début de la phase de démarrage) : voir figure sur DR2.

- En appliquant le principe fondamental de la dynamique à l'ensemble du chariot, déterminer la composantes tangentielle (T) de l'action du sol sur celle-ci (compléter la zone **schéma C1** du **DR2** en représentant l'action du sol sur la roue**)**. On supposera que :
  - l'ensemble du chariot est assimilé à un solide rigide indéformable ;
  - les actions du sol sur les roulettes latérales et sur la roue suiveuse sont normales au plan de contact ;
  - la masse totale du chariot est de 700kg ;
  - le mouvement se développe sans glissement.

En déduire la valeur du couple C_R (reporter cette valeur dans le cadre **(2)** du **DR2**).

C-1-3 A partir des données du ***DT3*** compléter les cadres ***(3) et (4)*** du ***DR2***, et en exprimant le rendement du réducteur η_r, en fonction de C_m(couple en sortie de l'axe moteur), C_R et ***r****(rayon de la roue)*, déterminer la valeur du couple C_m nécessaire pour garantir l'accélération désirée.

C-1-4 Déduire des données du ***DT3*** le couple nominal C_N du moteur.

C-1-5 Comparer C_m et C_N. Le choix du moteur est-il valide pour ce point ?

Validation de la vitesse angulaire du moteur.

C-1-6 Calculer la vitesse angulaire du moteur Ω_m. Compléter le cadre ***(5)*** du ***DR2***.

C-1-7 Comparer vos résultats aux données du ***DT 3***. Le choix du moteur est-il valide pour ce point ?

C-1-8 Le moteur est-il conforme aux exigences du Cahier des Charges ?

C2 : Freinage d'urgence.

Le choix du matériau de revêtement de sol est défini, on se propose de valider le coefficient de d'adhérence du couple roue/sol.

Le freinage efficace d'urgence du chariot ***en charge maximale*** nécessite un choix correct du matériau de revêtement du sol, afin de proposer un coefficient d'adhérence répondant aux conditions de la ***page 2*** (***A* = - 1,5 m.s^{-2}**).

Questions C-2 : **répondre sur le DR 2:**

On utilisera le principe fondamental de la dynamique appliqué à l'ensemble du chariot en se situant au début de la phase de freinage.

- Sur le document DR3 (zone schéma C2), représenter l'action du sol sur la roue et ses deux composantes normales et tangentielle. On supposera que :
  - l'ensemble du chariot est assimilé à un solide rigide indéformable ;
  - les actions du sol sur les roulettes latérales et sur la roue suiveuse sont négligeables ;
  - la masse totale du chariot est de 700kg ;
  - le mouvement se développe sans glissement.

C-2-1 E n déduire la valeur du coefficient d'adhérence nécessaire « ***tan*φ** ».

C-2-2 Comparer avec les valeurs proposées par le ***DT1***. La valeur trouvée permet-elle le freinage d'urgence ?

Partie D : Contrôle de la vitesse de traction.

On se propose de vérifier le choix du variateur de vitesse de traction.

Le **moteur de traction** est alimenté par un variateur de vitesse (***FSA 45 hacheur 4 Quadrants***), les caractéristiques du variateur sont données sur le ***DT2***.

L'oscillogramme ci-dessous représente l'allure de la tension et du courant dans le moteur de traction en **régime nominal de fonctionnement.**

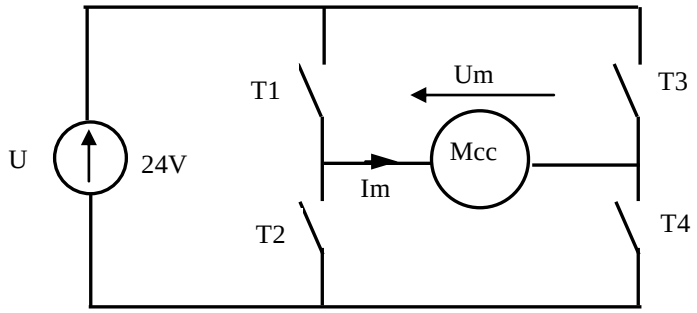
Questions D :

D-1 Retrouver l'information permettant de calculer la période de découpage d'après le document technique **DT2**.

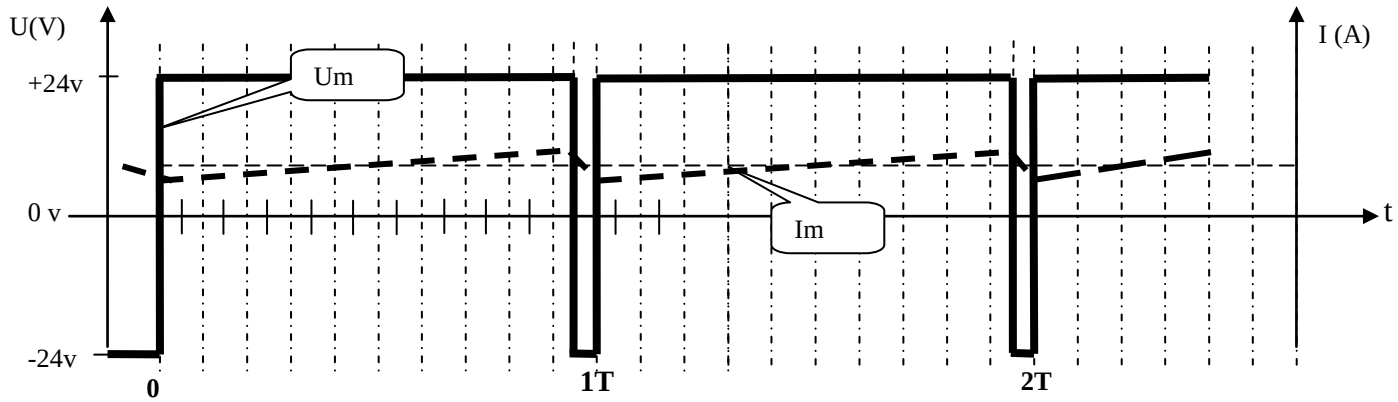
D-2 Sur l'oscillogramme de la page suivante, quelle est la valeur moyenne de la tension et la valeur de la vitesse du moteur, en admettant que la vitesse est strictement proportionnelle à la tension d'alimentation (***Cf. DT 3***) ?

D-3 Quels transistors sont passants lorsque la tension instantanée ***Um = f(t)*** est positive ? Qu'en est-il lorsque la tension ***Um*** est négative ?

D-4 Représenter la tension ***Um = f(t)*** et le courant ***Im = f(t)*** lorsque le chariot est à l'arrêt et justifier l'allure de l'oscillogramme (répondre sur le document réponse **DR3)**.



Oscillogramme de la tension et du courant dans le moteur de traction.



D-5 Calculer le courant Id absorbé par le moteur lors de la phase d'accélération : on supposera que le couple maximal au niveau du moteur est de ***2 Nm***.

D-6 Comparer avec les caractéristiques du variateur utilisé (FSA45) et conclure quant à la validité du choix du variateur (voir **DT2**).

Partie E : Validation de la fonction direction.

On se propose de valider le rayon de braquage du chariot.

Questions E : **Répondre sur le document réponse DR4.**

E-1 A partir des informations du ***DT1***, compléter le schéma cinématique de la chaîne d'énergie du sous-ensemble du système de direction du chariot.

E-2 Indiquer, sur le schéma cinématique dans les zones prévues à cet effet, les sens de déplacement des différents sous-ensembles du système de direction du chariot.

E-3 L'épure du ***DR4*** propose, en vue de dessous et à l'échelle des longueurs, une position extrême du système de direction du chariot. Déterminer graphiquement, le rayon de braquage (***On pourra chercher le Centre Instantané de Rotation du mouvement***).

E-4 La valeur est-elle conforme à l'exigence de la donnée de la ***page 2*** ?

E-5 Quel est l'intérêt de la solution constructive retenue sur le chariot ?

Partie F : Production de solution.

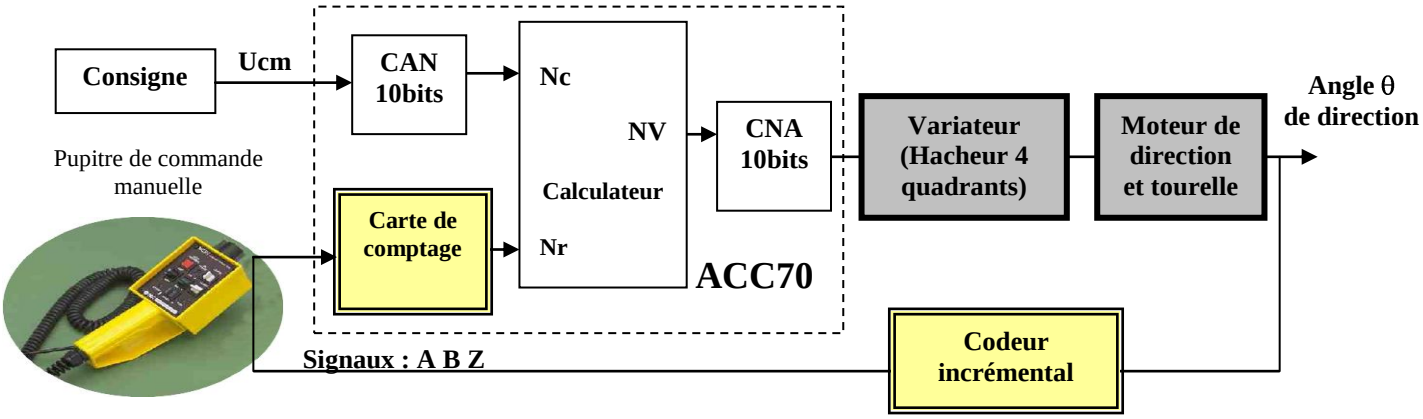
On se propose de définir une pièce mécanique support capteur.

F1 : Remplacement du potentiomètre par un codeur.

Lors des opérations de maintenance, un pupitre de commande permet le déplacement du chariot hors du circuit de filoguidage. Un potentiomètre multitours permet de connaître l'angle de rotation de la roue directrice.

Afin de réduire les coûts de maintenance provoqués par le changement annuel du potentiomètre, on remplace celui-ci par un codeur incrémental. Le principe de détection du braquage de la tourelle par ***engrenage sur la roue dentée de tourelle*** est conservé.
Le pignon du codeur conserve le même nombre de dents (***Cf. DT4***).

Schéma fonctionnel modifié :

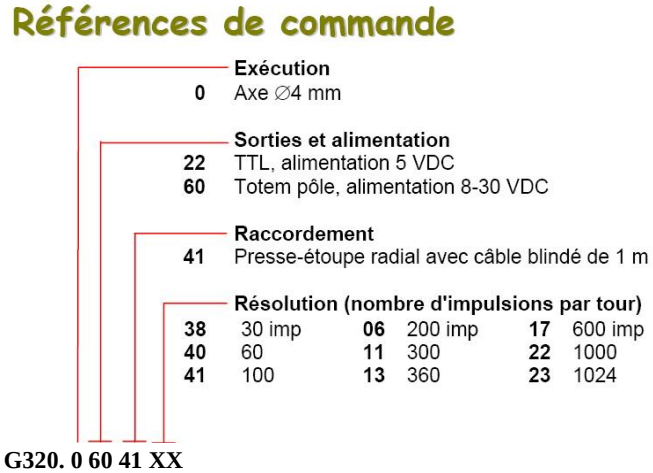


Questions F1 : répondre sur feuille de copie :

F-1-1. Etablir un tableau comparatif des avantages et inconvénients entre le potentiomètre et le codeur.

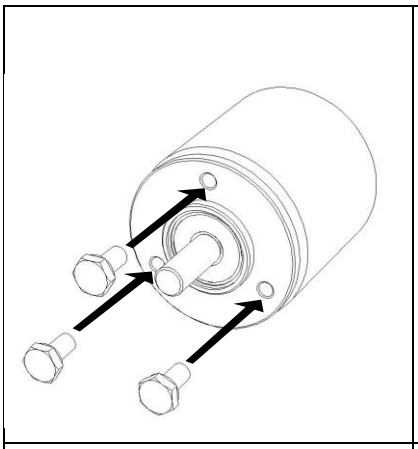
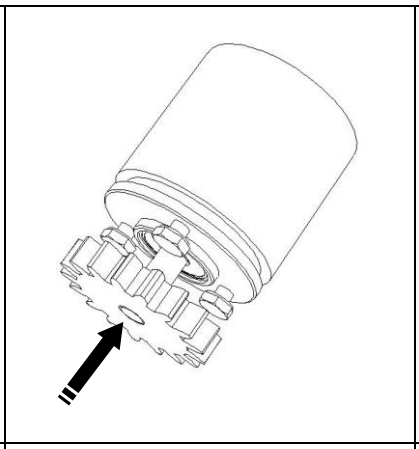
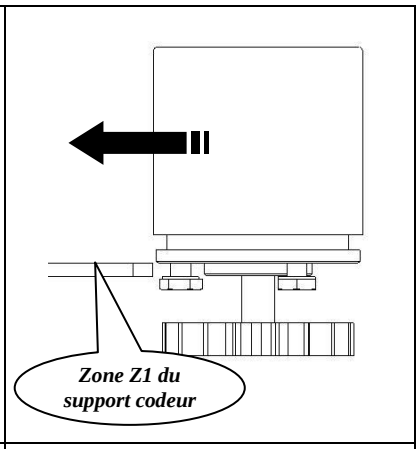
F-1-2. Calculer la résolution du codeur incrémental (en nombre de pas) pour obtenir une précision de ***0,5°*** sur l'angle de rotation de la tourelle.

F-1-3. A l'aide des références ci-dessous, compléter la référence de commande du codeur et calculer quelle sera la résolution effective sur la tourelle.

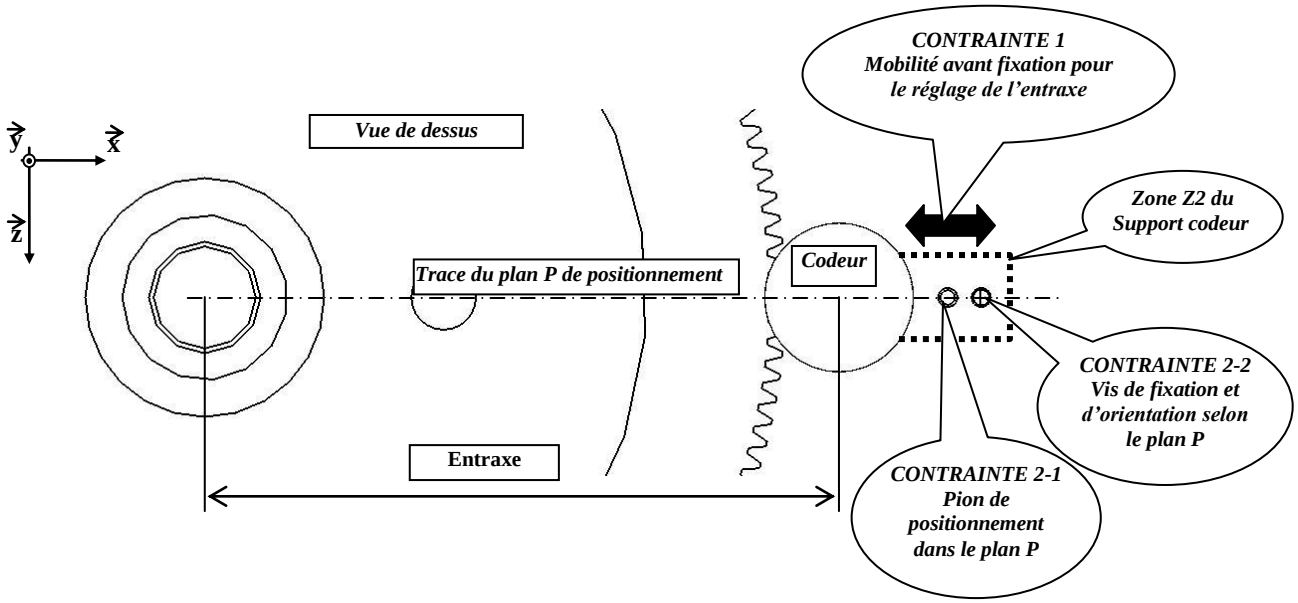


F2 : Implantation du codeur.

Le remplacement du potentiomètre multitours par un codeur incrémental, nécessite une redéfinition de solution constructive ; le ***codeur*** sera implanté sur la face supérieure de la ***plaque de tourelle.***
Avant d'être installé sur son support, le codeur est préparé de la manière suivante :

		
1 Mise en place des 3 vis en les vissant légèrement.	2 Emmanchement légèrement serré du pignon sur l'axe du codeur jusqu'à l'affleurement du bout de l'axe.	3 Engagement du codeur équipé par ***glissement*** sur la ***Zone Z1*** du support codeur.
4 Le serrage des vis est terminé lorsque le codeur occupe sa position fonctionnelle sur le support.		

Le support équipé de son codeur est ensuite monté sur la plaque de tourelle, par l'intermédiaire de la ***Zone Z2*** du support, en observant deux contraintes :



On se propose de définir en conséquence les différentes formes du support (***Zone Z3***) et ses surfaces fonctionnelles (***Zones Z1 et Z2***) :

(1) ***Zone Z1*** du support, pour recevoir le codeur
(2) ***Zone Z2*** du support, pour le positionnement/fixation sur la plaque de tourelle
(3) ***Zone Z3*** du support, pour relier les ***Zones Z1*** et ***Z2*** en un seul volume.

Questions F2 : répondre sur le DR 5 :

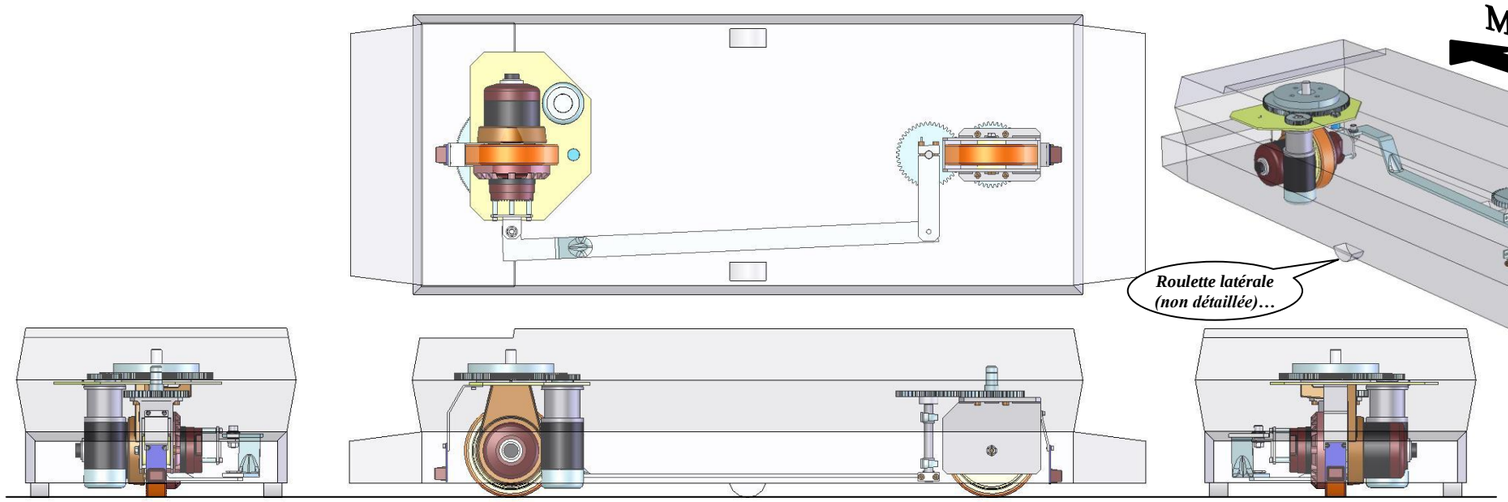
F-2-1 Choisir parmi les trois solutions proposées, celle qui remplit les fonctionnalités de la ***Zone Z1***.

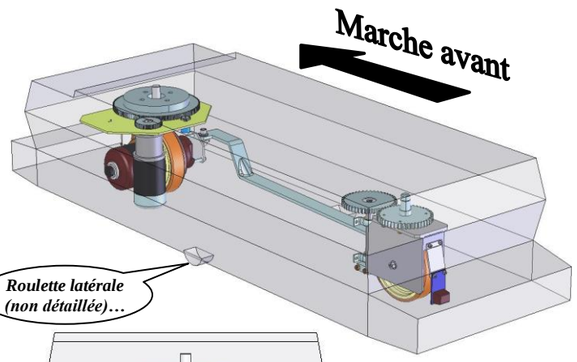
F-2-2 Choisir parmi les trois solutions proposées, celle qui remplit les fonctionnalités de la ***Zone Z2.***

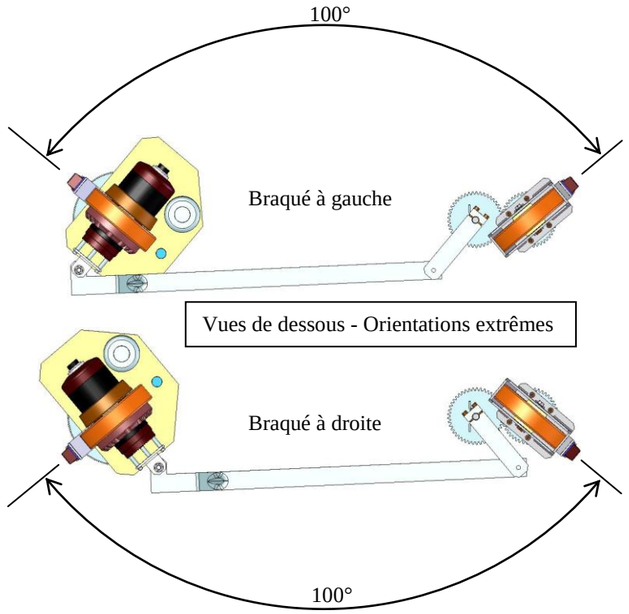
F-2-3 En raison de contraintes industrielles, le support sera réalisé dans une tôle de 2 mm d'épaisseur, par pliage. Esquisser le profil de la ***Zone Z3.***

Répondre sur le DR 6 :

F-2-4 Compléter à main levée la vue en perspective du support codeur, en représentant les trois zones ***Z1, Z2 et Z3***.

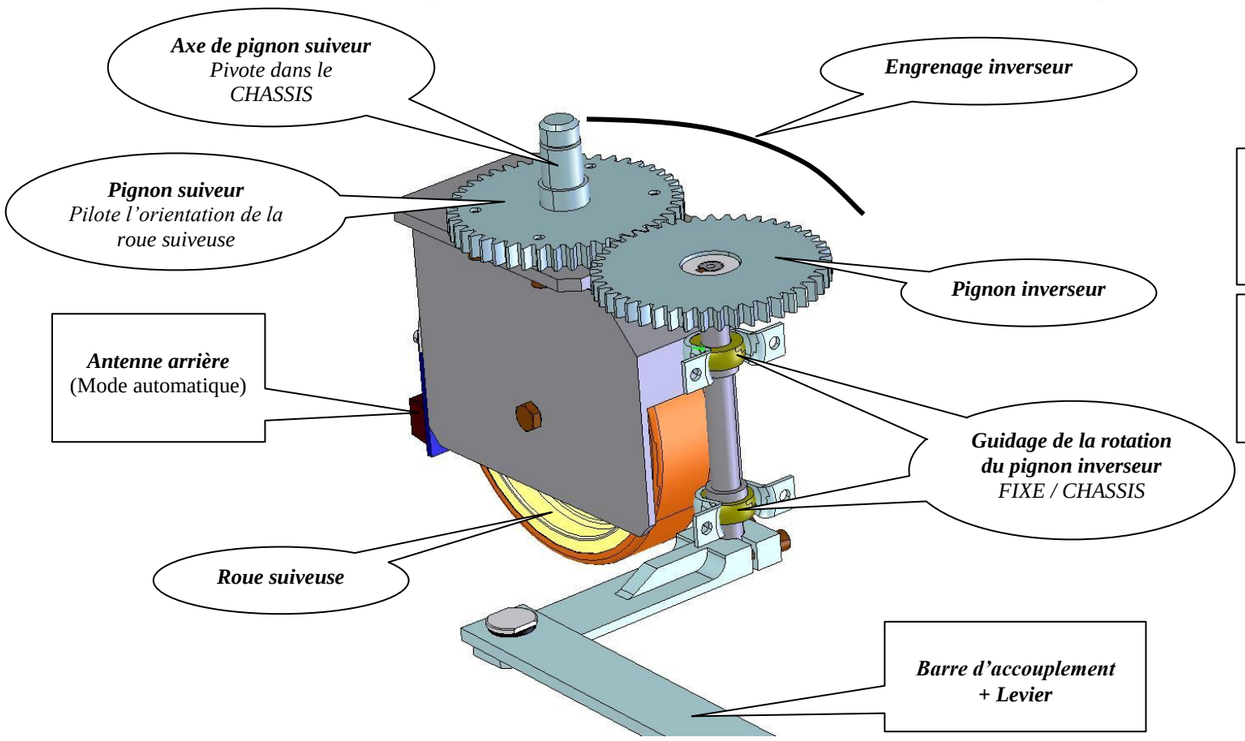


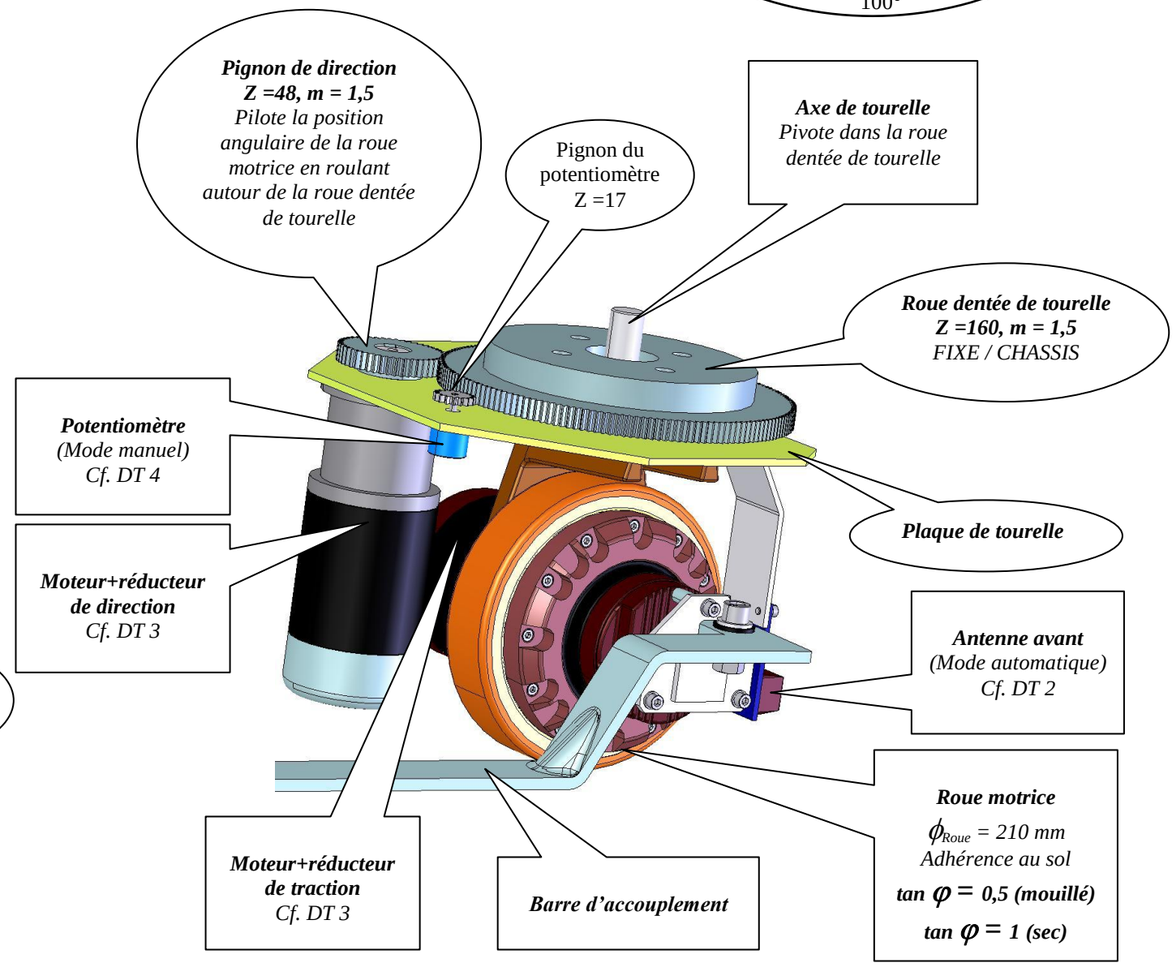




Arrière

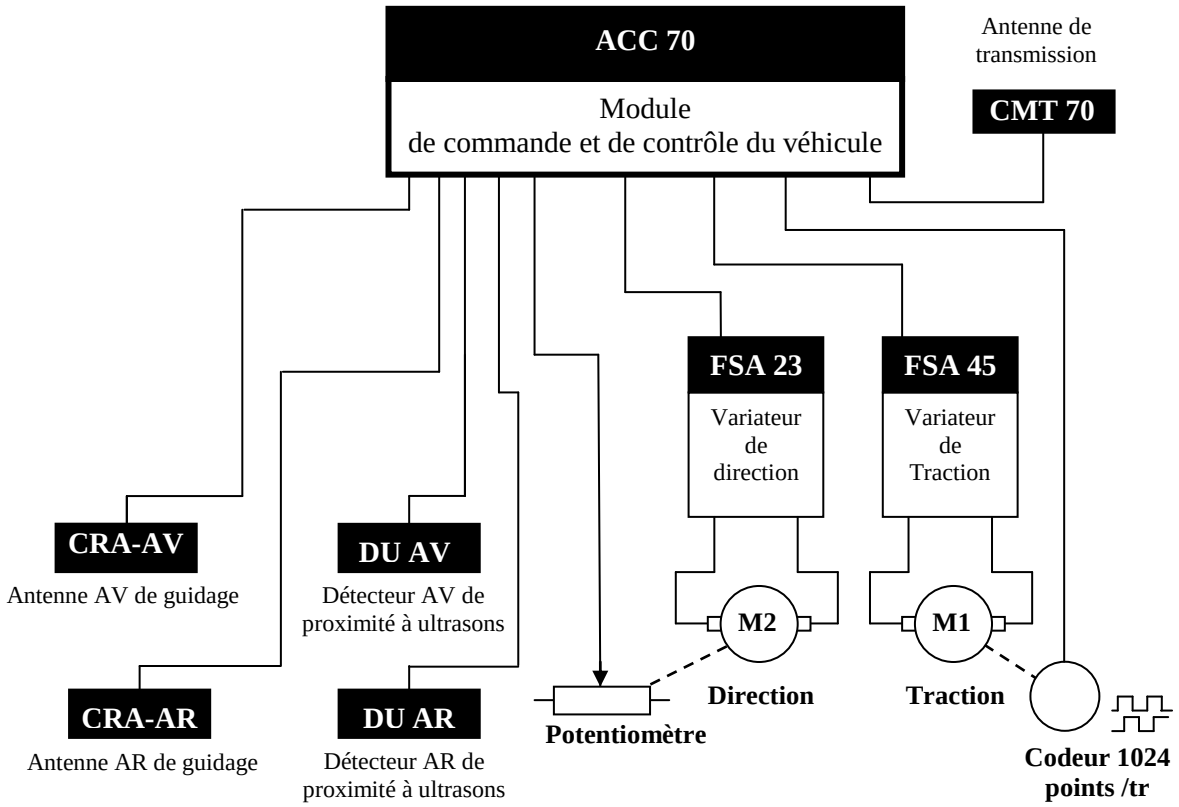
Avant





DOCUMENT TECHNIQUE DT2

Schéma de raccordement des différents éléments de commande :



Variateur de vitesse

Données techniques					
Type	**FSA23 II**	**FSA45 II**	**FSA80 II**	**FSA 150 II**	**FSA 200 II**
Tension d'alimentation	**16,8 à 72 V**				
Puissance dissipée	**1,2 W**	**1,4 W**	**1,6 W**	**1,6 W**	**1,6 W**
Tension de commande	**+/- 10V**				
Fréquence de fonctionnement	**21 kHz**				
Courant de sortie maximum	**23 A / 3s**	**45 A / 3s**	**80 A / 3s**	**150 A / 3s**	**200 A / 3s**
Courant admissible	**10 A**	**20 A**	**40 A**	**60 A**	**75 A**

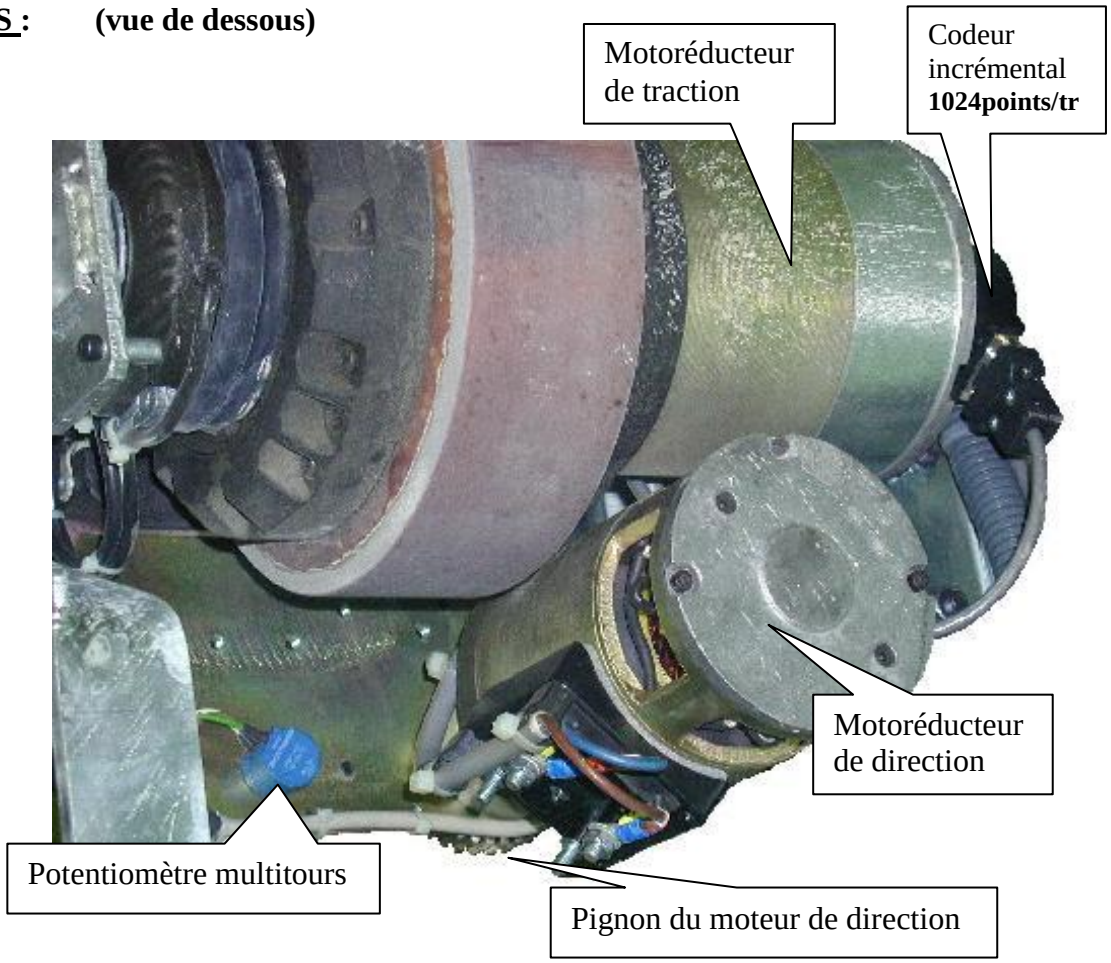
DOCUMENT TECHNIQUE DT3

DC-Motors
SAUER DANFOSS

(Bloc complet motoréducteur traction + direction)

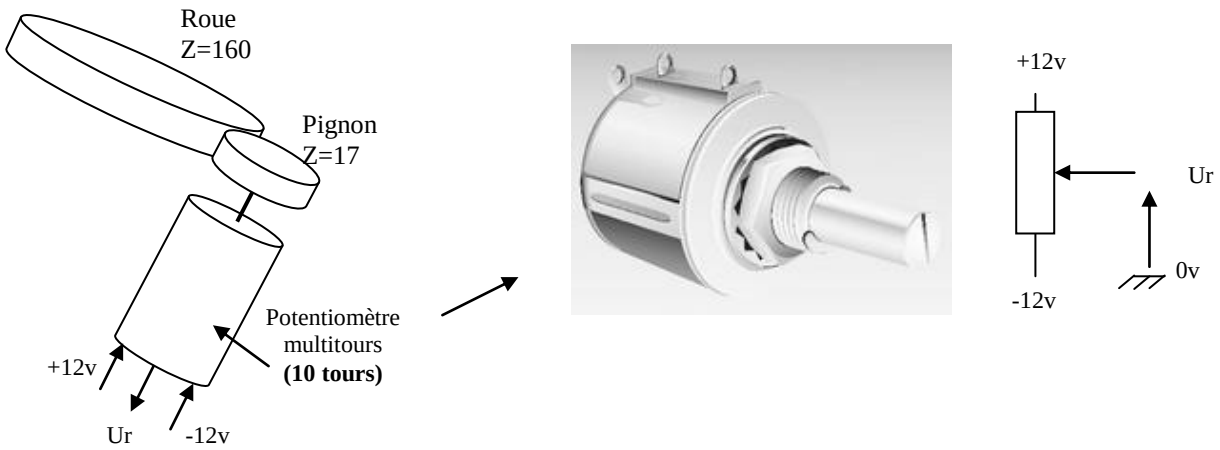
			Direction					Traction				
			Pour une tension constante de 24V					*Pour une tension constante de 24V*				
Type	**Charge**	**Roue ∅**	**Puissance moteur**	**Rapport réducteur**	**resistance**	**Constante de couple**	**Vitesse**	**Puissance moteur**	**Rapport réducteur**	**resistance**	**Constante de couple**	**Vitesse**
	kg	**mm**	**W**		**Ω**	**mNm/A**	**tr/min**	**W**		**Ω**	**mNm/A**	**tr/min**
RNA 15	200	150	140	1/9.9	0.31	81.1	2590	140	1/9.9	0.31	81.1	2590
RNA 21	700	210	300	1/25	0.21	77.4	2590	700	1/24	0.05	83	2590
RNA 24	900	240	400	1/25	0.20	73.7	2590	800	1/24	0.04	83.7	2590

MOTEURS : **(vue de dessous)**



DOCUMENT TECHNIQUE DT4

Potentiomètre multitours (mode manuel)



Codeur incrémental :

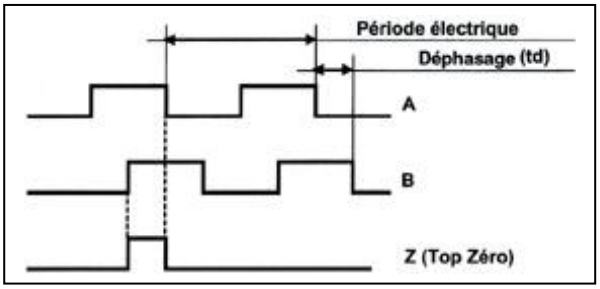
Un codeur incrémental est un générateur d'impulsions qui fournit « n » impulsions sur 2 signaux en quadrature de phase. Il est constitué d'un disque qui comporte deux pistes légèrement décalées et divisées en « n » intervalles d'angles égaux, « n » s'appelant la résolution ou nombre de points du codeur.

Une troisième voie, la piste Z, synchrone des signaux A et B, délivre une impulsion par tour

Le codeur seul, ne permet pas de définir la position de la tourelle, il est nécessaire de lui associer un compteur qui, après une remise à zéro, fournira une information de position par rapport à la situation où il a été initialisé.

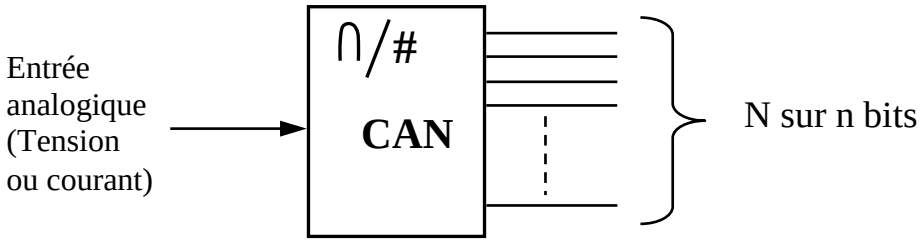
Cette manœuvre est appelée « Prise Origine Machine » (POM).

Elle sera effectuée après chaque coupure secteur ou après une action sur l'arrêt d'urgence.



<u>Caractéristiques des convertisseurs analogiques numériques (CAN)</u>

La fonction conversion analogique-numérique consiste à transformer une grandeur électrique en une grandeur numérique N exprimée sur n bits. Cette grandeur de sortie représente, dans le système de codage qui lui est affecté, un nombre proportionnel à la grandeur analogique d'entrée.



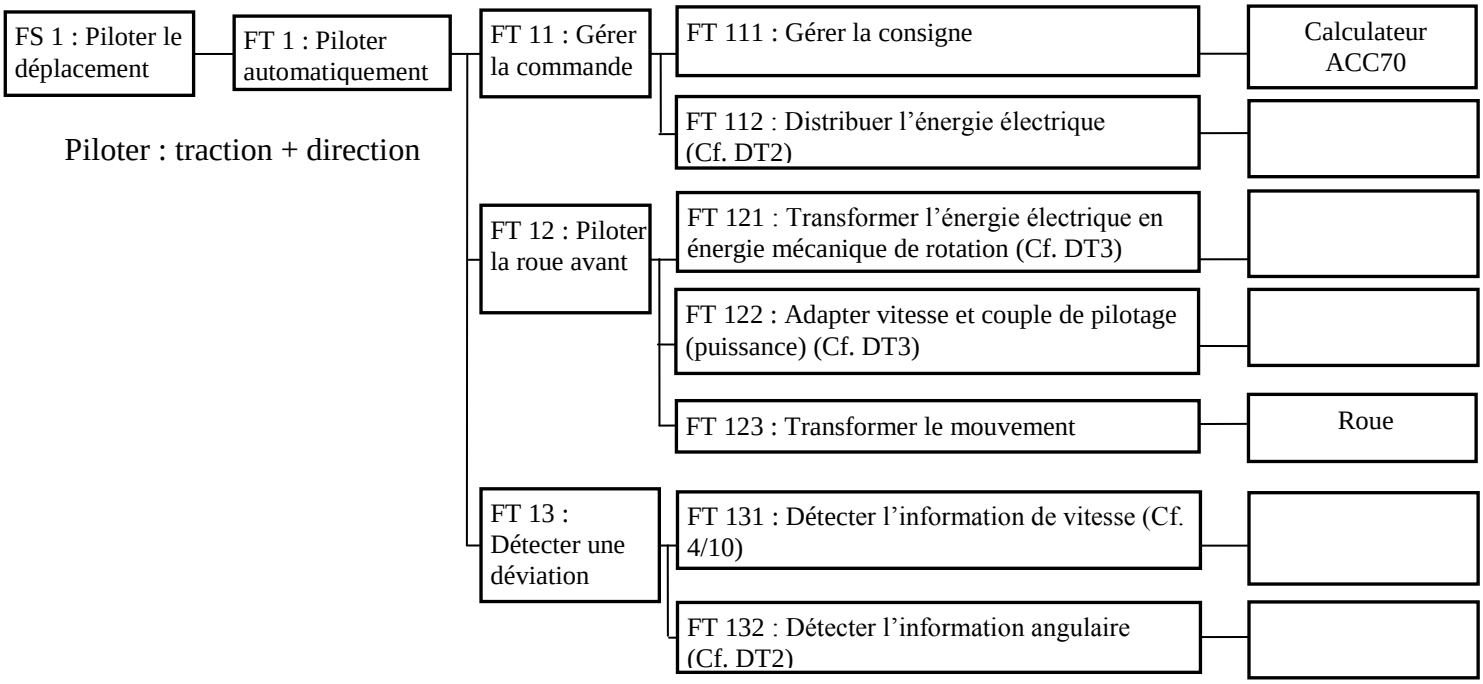
Pleine échelle : PE : Etendue de la grandeur analogique d'entrée. (**PE = Vemax -Vemin**)

Résolution ou quantum : Amplitude de la plus petite variation de la tension d'entrée qui entraîne une variation de 1 du nombre en sortie et notée q.

q = PE / (2^n) ou **n** est le nombre de bits en sortie du convertisseur

DOCUMENT REPONSE DR1

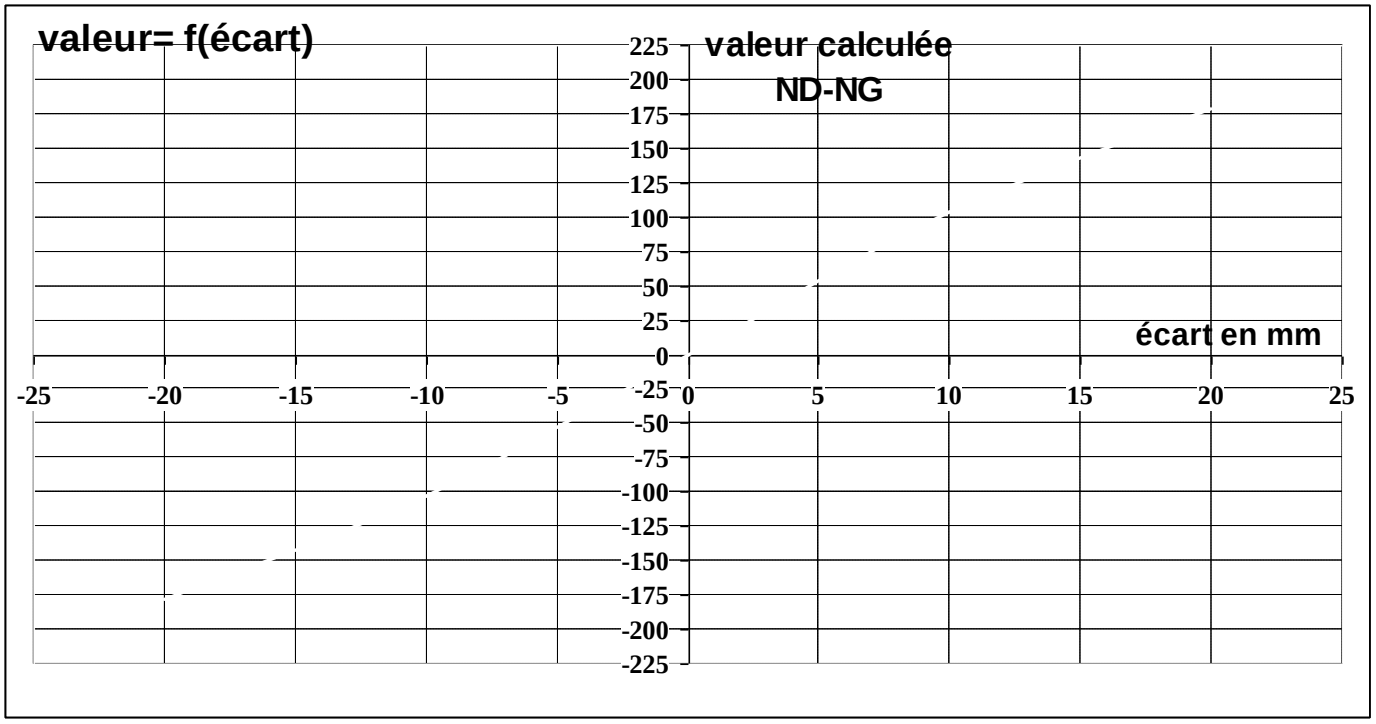
Réponse A-1



Réponse B-1-1 *Tableau à compléter :*

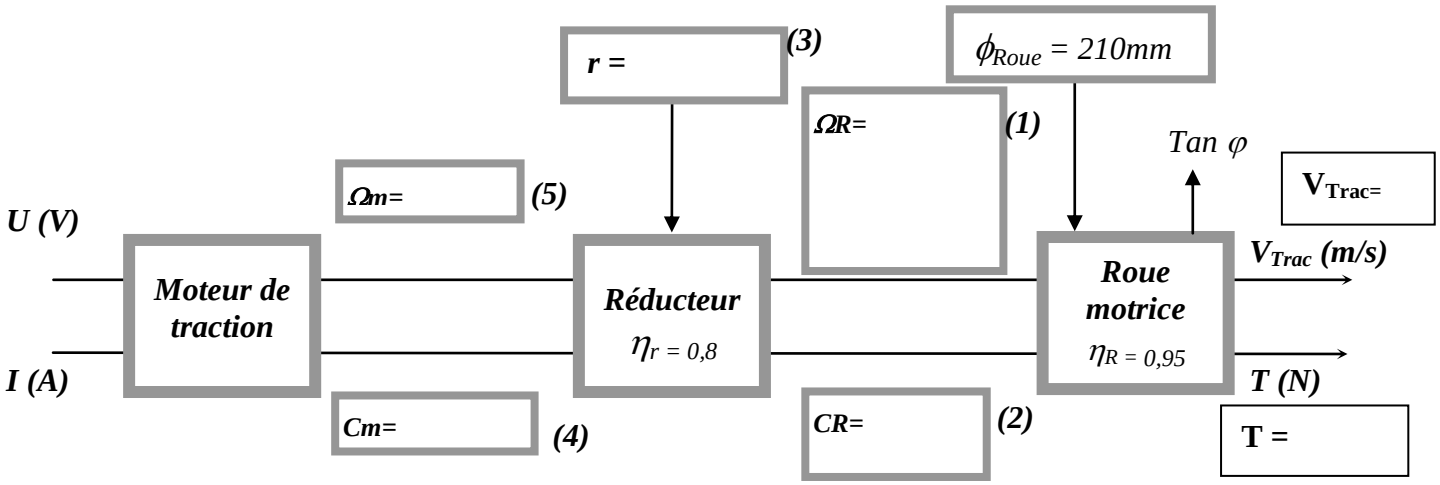
Ecart (mm)	Ug (v)	Ud (v)	NG (décimal)	ND (décimal)	ND-NG (décimal)
-20	**2.5**	**0.75**	**256**	**77**	**-179**
-10					
0					
+10					
+20					

Réponse B-1-2 *Caractéristique de la valeur calculée en fonction de l'écart de trajectoire.*

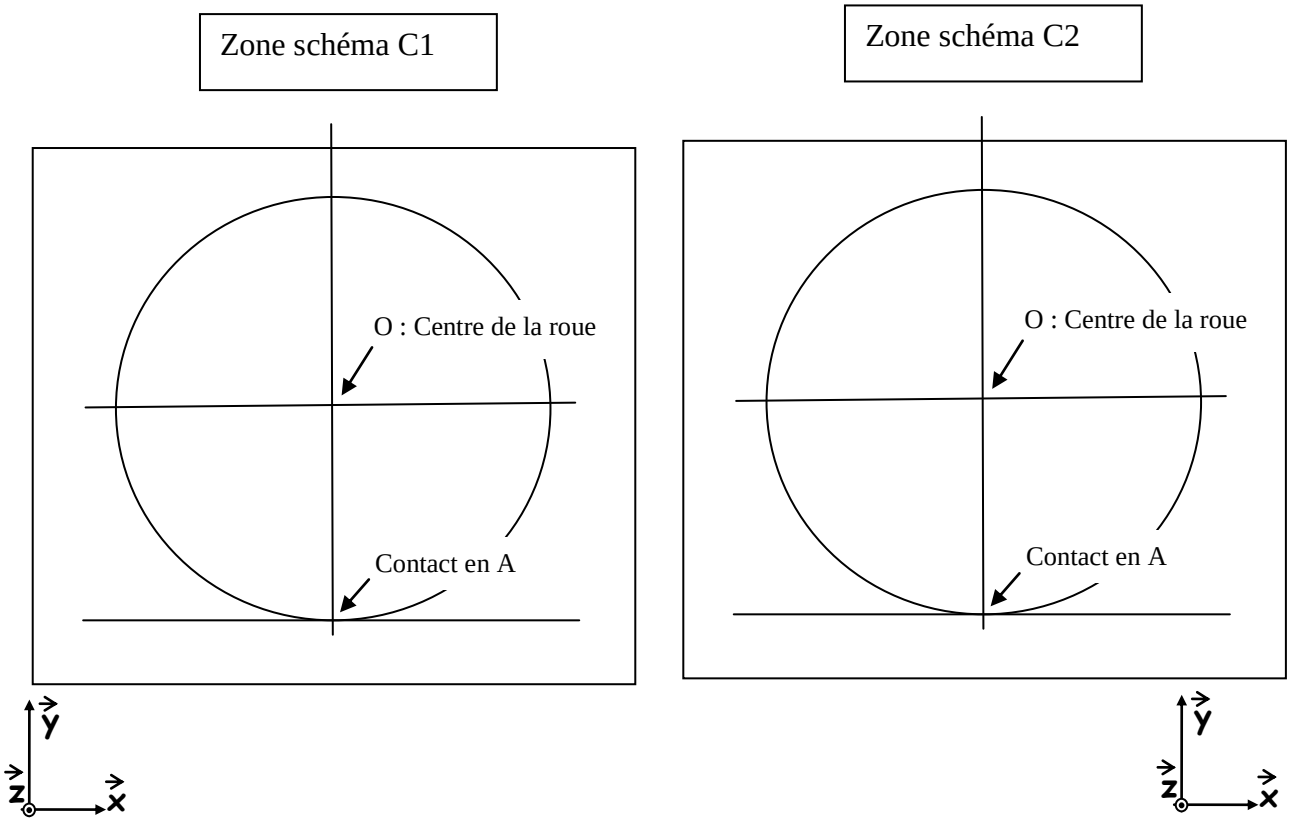


DOCUMENT REPONSE DR2

Réponses C-1-1, C-1-2, C-1-3 et C-1-6

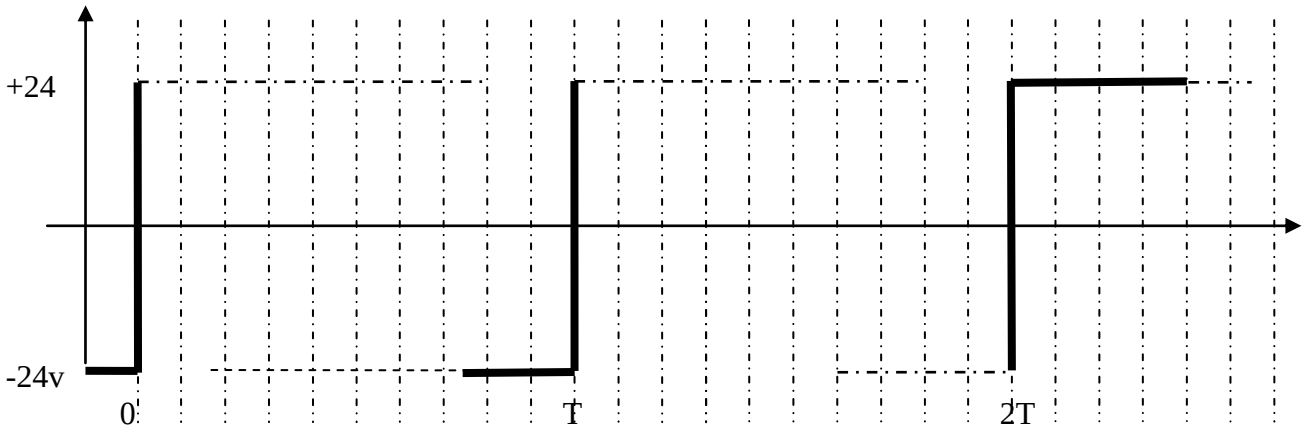


Réponses C-2-1



DOCUMENT REPONSE DR3

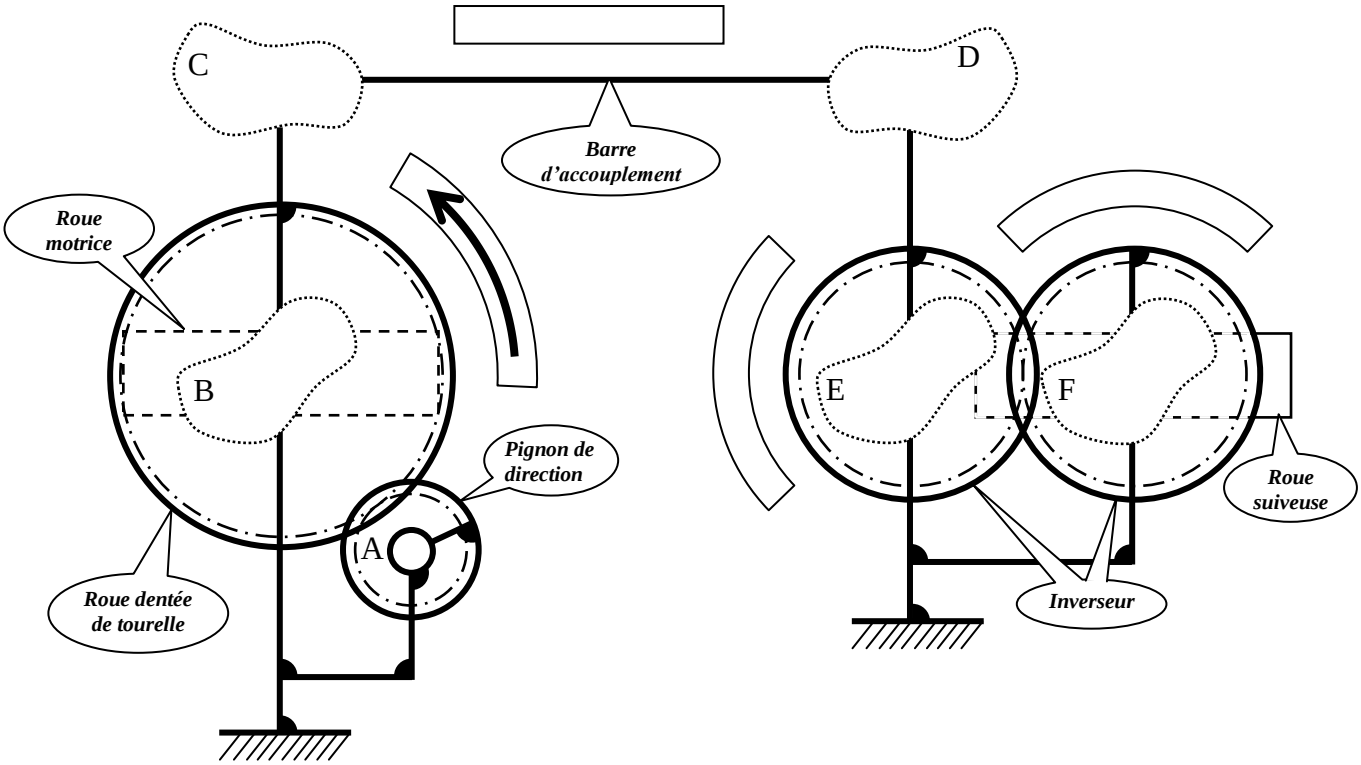
Réponses D-4 *représentation de Um=f(t) et de Im = f(t) si le chariot est à l'arrêt :*



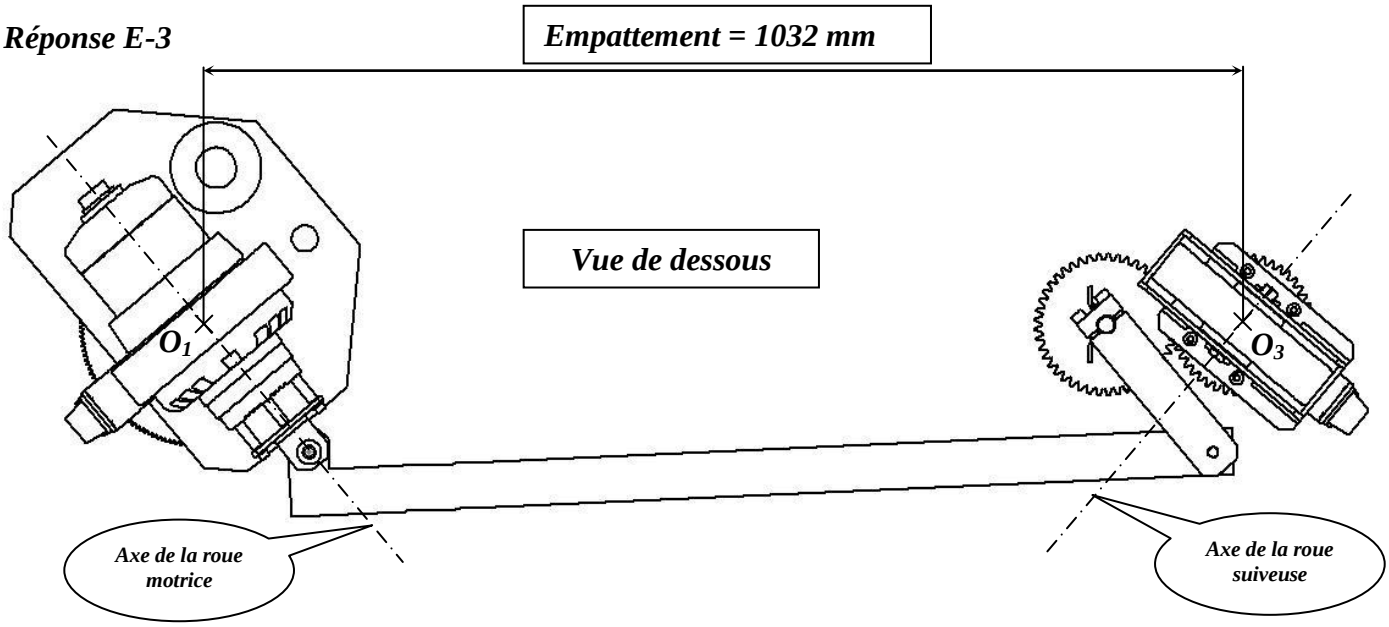
Justification du graphe:

DOCUMENT REPONSE DR4

Réponses E-1 et E-2



Réponse E-3



<u>Rayon mesuré sur l'épure</u> :

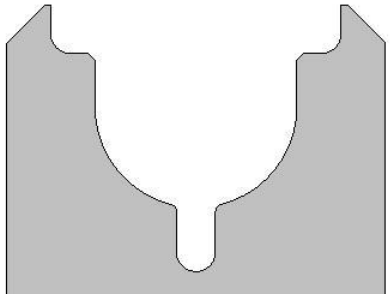
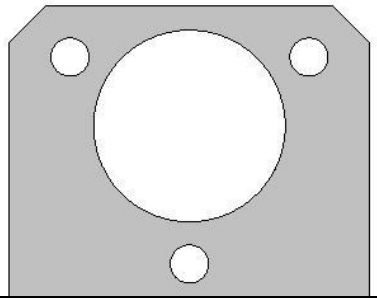
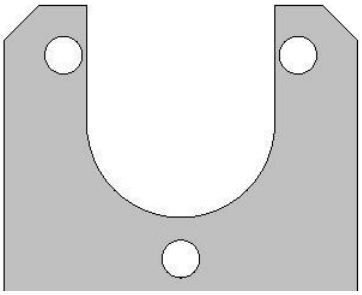
R_{mes} =

<u>Validation de la géométrie</u> :

<u>Intérêt de la solution :</u>

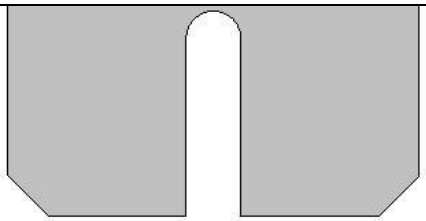
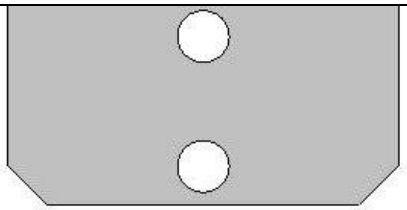
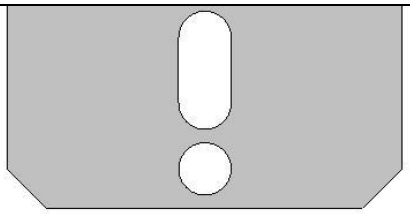
DOCUMENT REPONSE DR5

Réponse F-2-1 : *Choix Zone Z1*

Vues de dessus (selon y)		
Solution 1	Solution 2	Solution 3
		

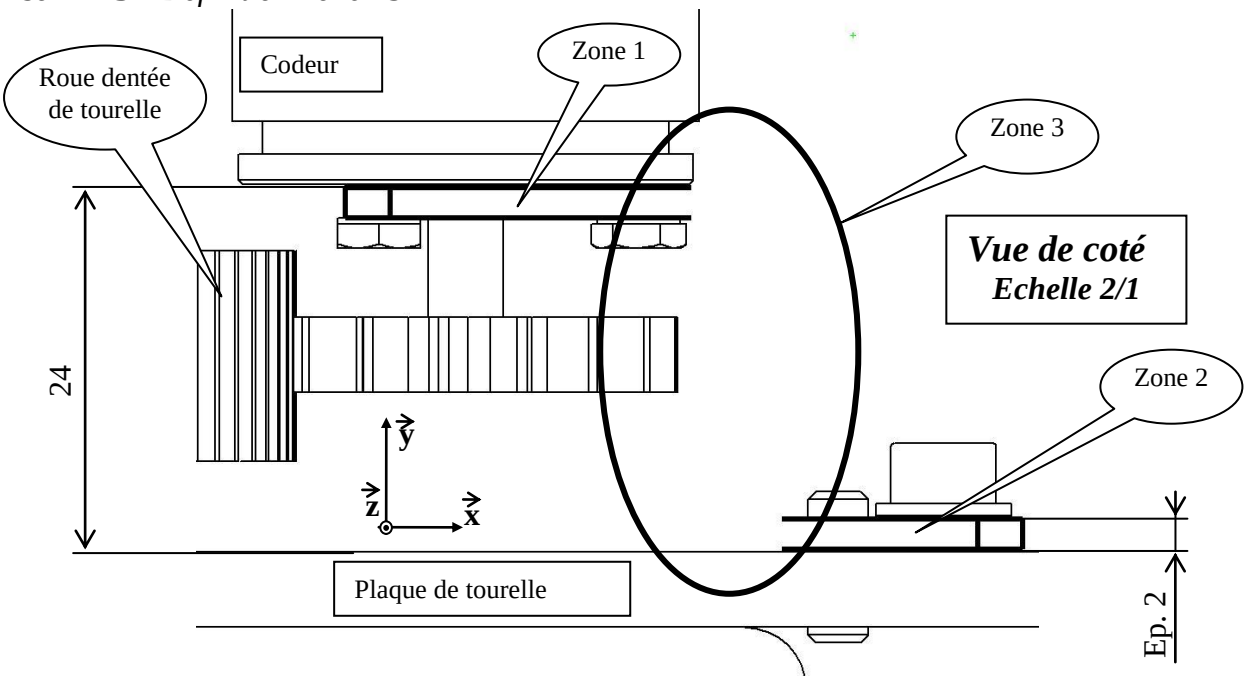
Solution choisie :

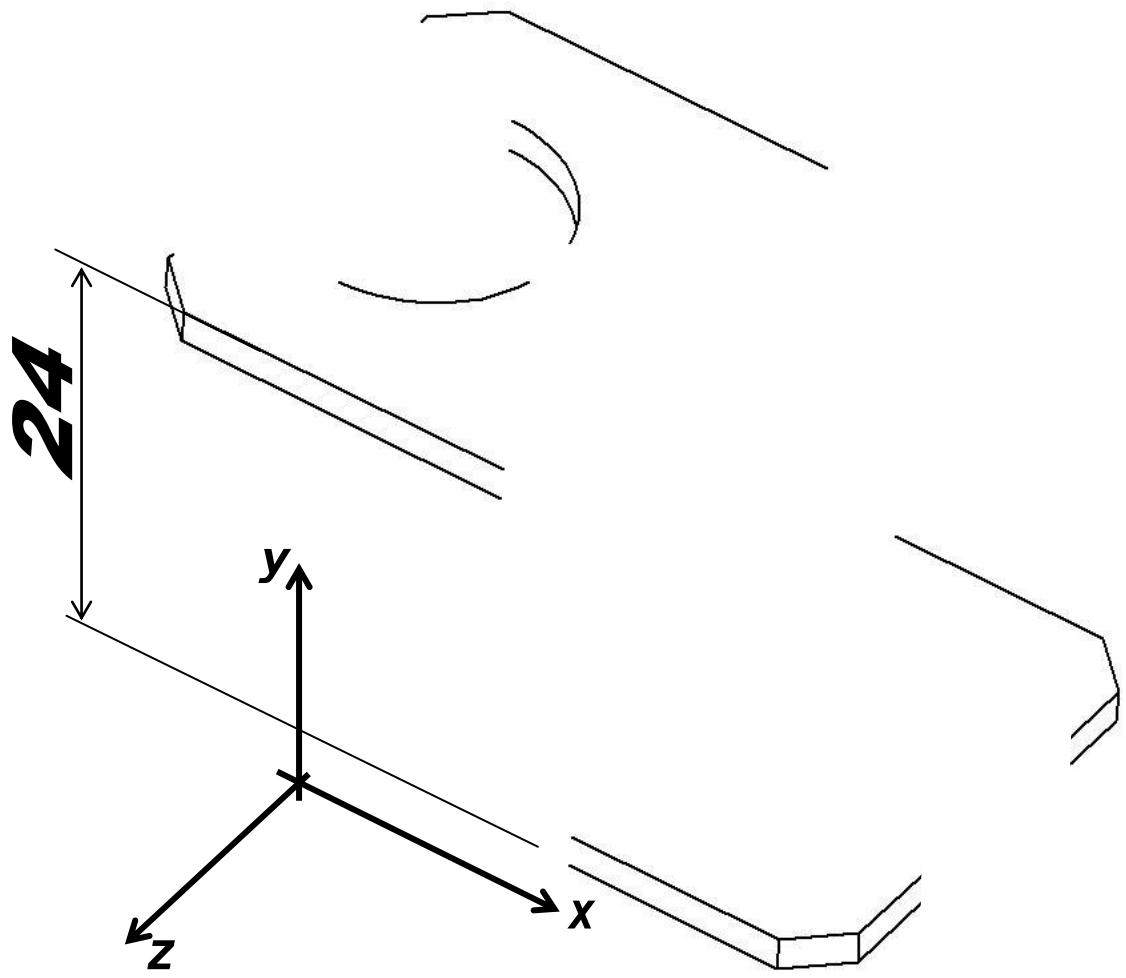
Réponse F-2-2 : *Choix Zone Z2*

Vues de dessus (selon y)		
Solution 1	Solution 2	Solution 3
		

Solution choisie :

Réponse F-2-3 : *Définition Zone Z3*



DOCUMENT REPONSE DR6

Réponse F-2-4 : *Définition du support codeur*