

# BACCALAUREAT GENERAL

Session 2005

Série S Sciences de l'Ingénieur

Composition écrite de Sciences de l'Ingénieur

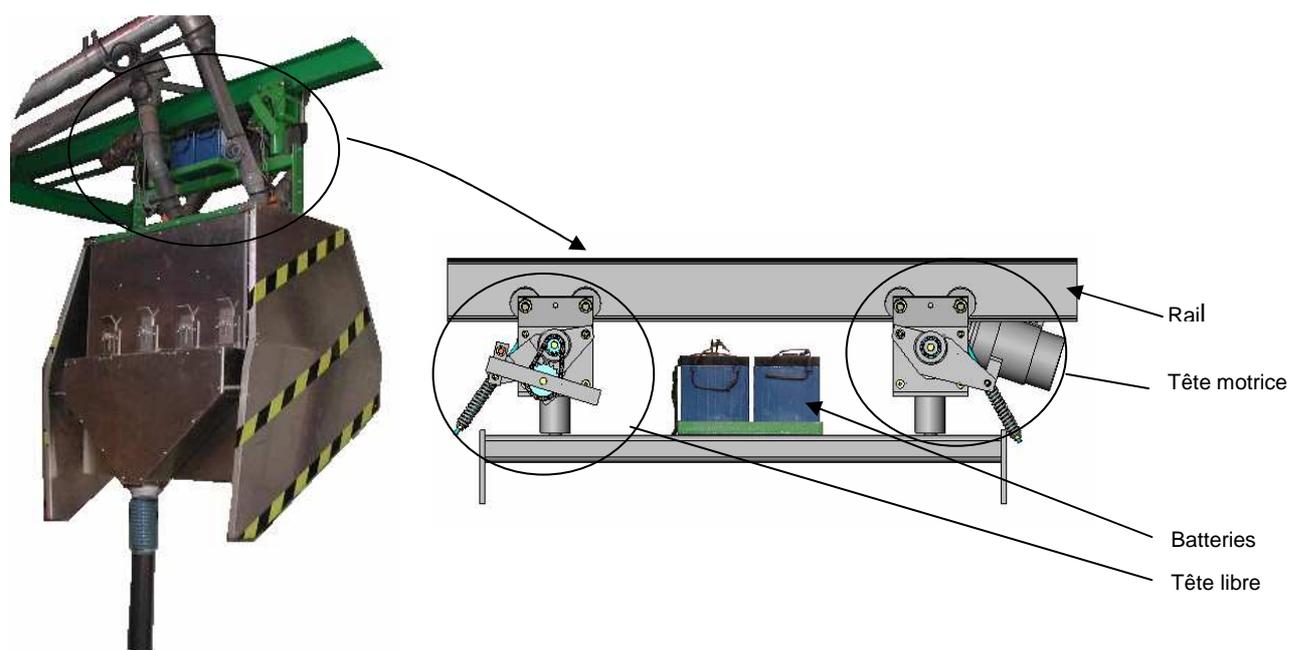
Durée 4 heures, coefficient 4

Etude d'un système pluritechnique.

Sont autorisés les calculatrices électroniques et le matériel nécessaire à la représentation graphique.  
Aucun document n'est autorisé.

Le candidat doit disposer des pages 1/18 à 18/18. Les documents réponses 1 à 5 (pages 14/18 à 18/18) sont à rendre avec la copie.

## Système automatique de distribution d'aliments pour chèvre Capristar



## Sommaire

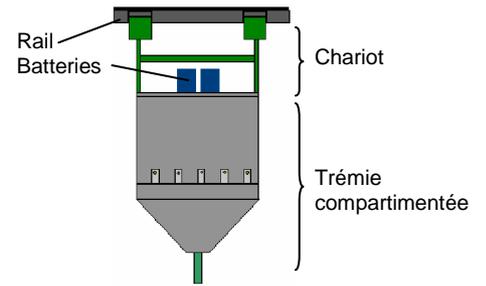
Présentation du système et description du fonctionnement		pages 2/18 à 5/18
Première étude :	Identifier les solutions technologiques du système standard	page 6/18
Deuxième étude :	Valider le choix du nouveau moteur Implanter le nouveau moteur	pages 6/18 et 7/18
Troisième étude :	Valider la commande du moteur	page 8/18
Quatrième étude :	Modifier certains éléments du mécanisme suite à l'implantation d'un nouveau moteur	page 9/18
Cinquième étude :	Valider la protection du moteur	page 10/18
Sixième étude	Recenser les modifications	page 11/18
Annexes		pages 12/18 et 13/18
Documents réponses		pages 14/18 à 18/18

XXXXXXXX

## Présentation du système

Le système automatique de distribution d'aliments pour chèvres étudié est fabriqué par une entreprise du Poitou. Ce système est appelé Capristar. Il est destiné à l'élevage intensif de chèvres pour la production laitière. Il assure automatiquement la distribution des aliments jusqu'à sept fois par jour, ce qui favorise leur assimilation par les animaux. Il en résulte une augmentation très sensible de la production laitière (+150 kg de lait/chèvre/an, soit une augmentation de près de 20 %).

Il se déplace sur un rail IPN. Le convoyeur est principalement constitué de deux éléments : un chariot alimenté par des batteries, qui permet le déplacement, et une trémie qui contient et permet de distribuer les aliments. La trémie dispose de cinq compartiments indépendants, pour recevoir les différents éléments qui composent l'alimentation des chèvres : blé, maïs, graisse, fibres et compléments (minéraux et médicaments). Des bandes transporteuses situées sous chaque compartiment et dont la vitesse est asservie à la vitesse de déplacement du chariot, assurent la distribution des aliments.

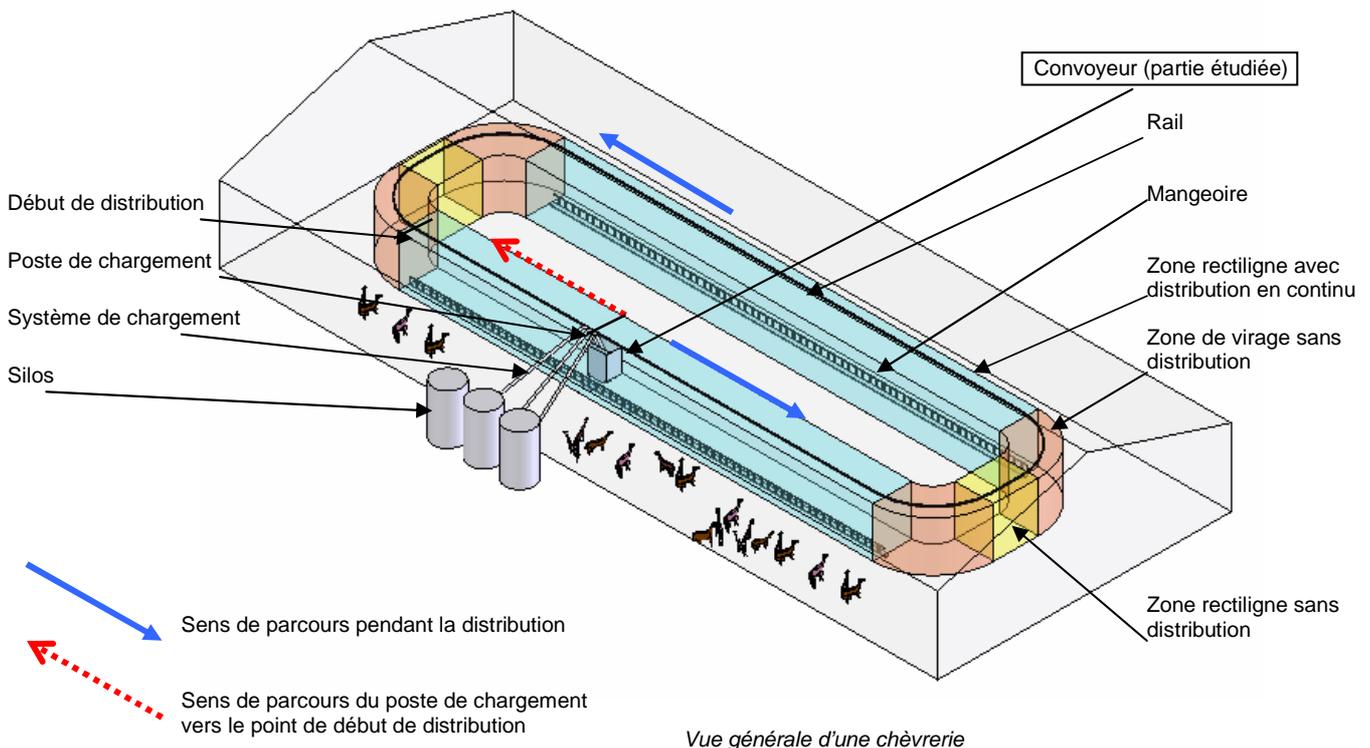


Allure générale du convoyeur

## Description du fonctionnement

Des systèmes de chargement amènent les aliments depuis les silos vers les différents compartiments de la trémie. Dans le même temps, on effectue la charge des batteries.

Au début de chaque cycle de distribution, le convoyeur se déplace jusqu'au point de début de distribution puis commence la distribution des aliments en continu, avec une vitesse d'avancement d'environ 30 m/min. Dans les virages, la vitesse de déplacement passe à environ 15 m/min. A la fin du cycle, le convoyeur regagne le poste de chargement.

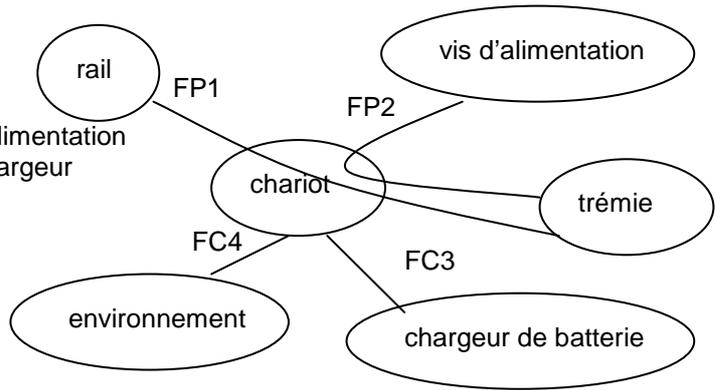


## Etude du chariot du convoyeur CAPRISTAR

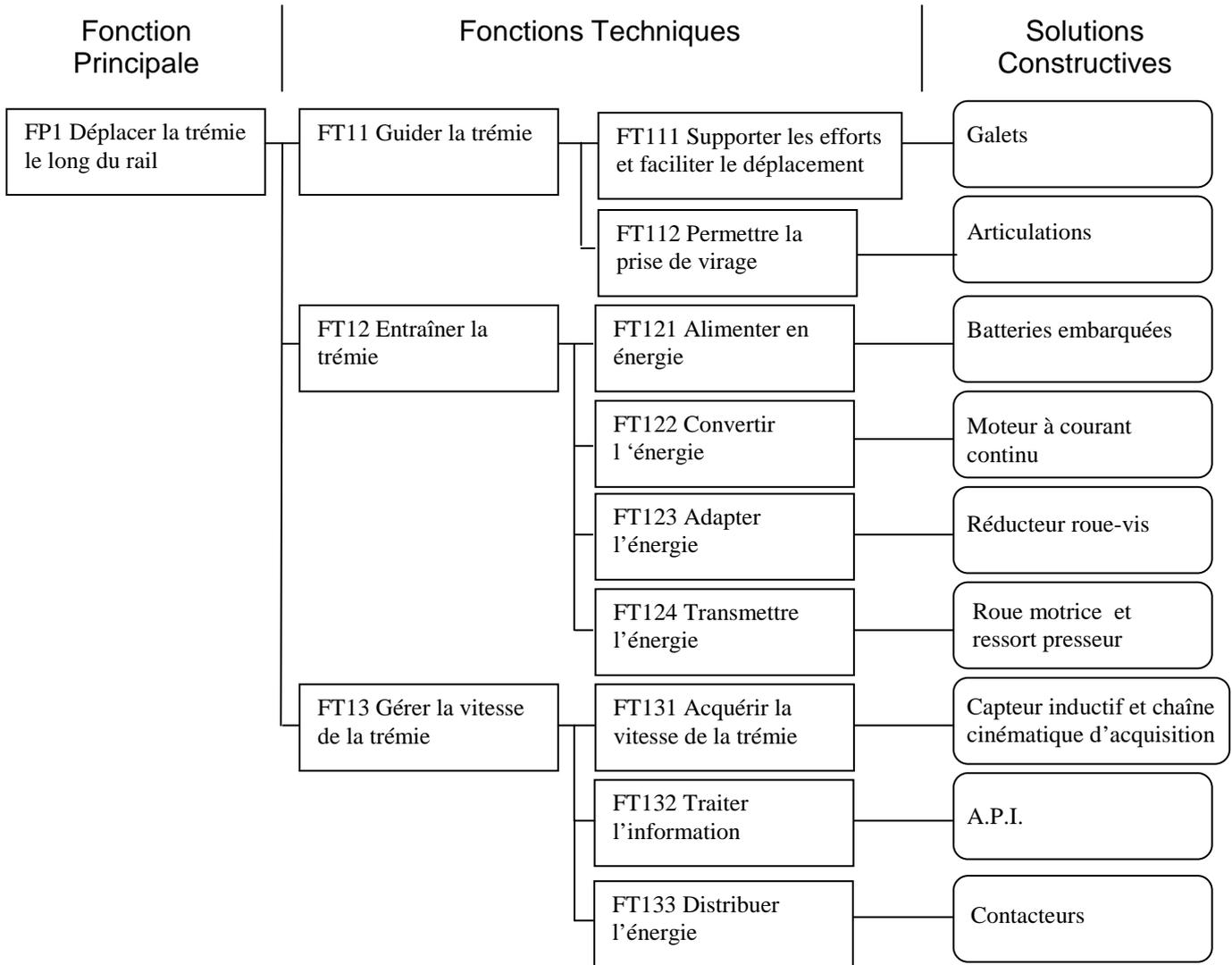
Notre étude porte sur le chariot du convoyeur.

### Analyse fonctionnelle sommaire

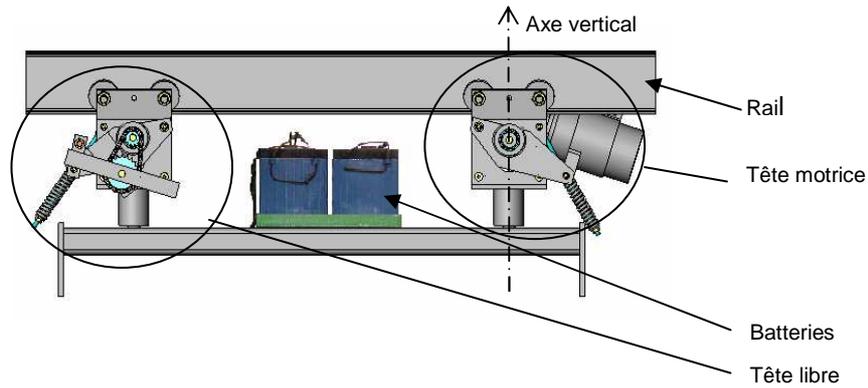
- FP1 Déplacer la trémie le long du rail
- FP2 Amener la trémie sous les systèmes d'alimentation
- FC3 Permettre la connexion électrique au chargeur
- FC4 Etre adapté au milieu environnant



FAST de description de la *FP1 Déplacer la trémie le long du rail*

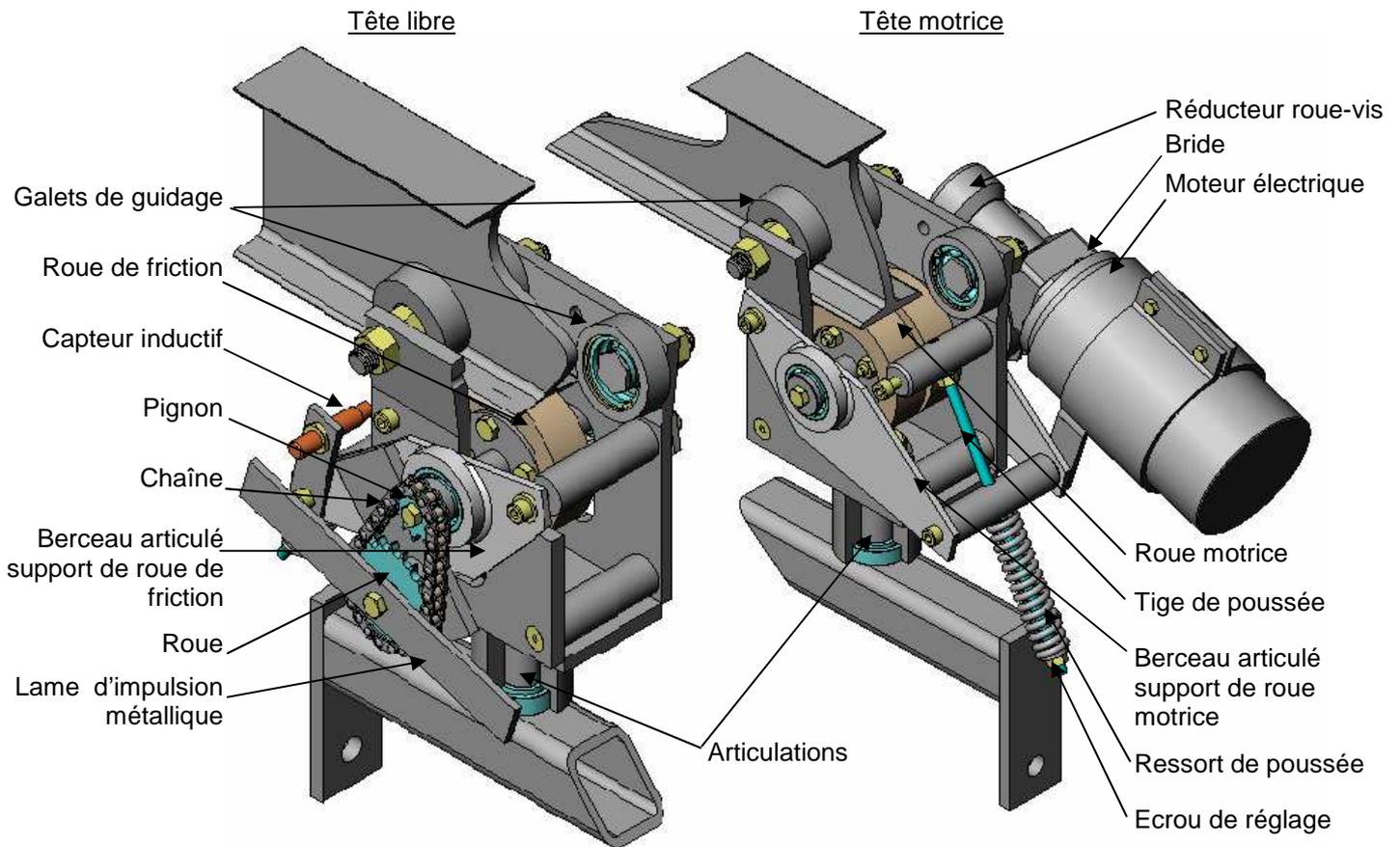


## Description du chariot du convoyeur



Huit galets de guidage (4 par tête) supportent le convoyeur et facilitent son déplacement. Chaque tête est articulée autour de l'axe vertical.

Les batteries embarquées sur le chariot alimentent le moteur électrique accouplé au réducteur roue-vis. La roue motrice est entraînée par l'arbre de sortie du réducteur. Elle est montée sur un berceau articulé. Le ressort de poussée assure le roulement sans glissement de la roue motrice sur le rail.



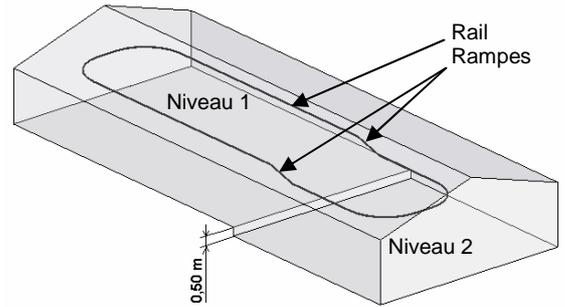
La roue de friction est montée sur le berceau articulé de la tête libre. Elle roule sans glisser sur le rail. Elle est reliée au pignon qui entraîne la roue par l'intermédiaire de la chaîne. Afin de mesurer la vitesse de déplacement, le capteur inductif détecte les passages de la lame d'impulsion solidaire de la roue.

## Nouveau cahier des charges

Des clients demandent parfois un système particulier pour une adaptation à l'architecture de leur chèvrerie. Un certain nombre de modifications est alors nécessaire.

Le travail demandé concerne l'adaptation du système pour une chèvrerie à deux niveaux (écart de 0,50 m entre les niveaux).

On envisage donc d'installer une rampe à 20 % pour permettre au même convoyeur de circuler dans l'ensemble de la chèvrerie.



Vue générale de la chèvrerie sur deux niveaux

Le cahier des charges de la Fonction Principale 1 devient donc :

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité
<i>Déplacer la trémie le long du rail</i>	Vitesse de déplacement	30 m/min en ligne droite et à l'horizontale	F1
		10 m/min dans les virages	F2
	Sens de déplacement	2 sens (avant et arrière)	F0
	Charge déplacée	800 kg maxi	F1
	Pente franchissable	20 % sur au moins 3 m	F0

F0 : non négociable F1 : niveau peu négociable F2 : niveau négociable F3 : niveau très négociable

Nouveau critère par rapport au convoyeur habituel

**Première étude** - Afin de préparer une modification du système pour le rendre compatible avec le nouveau cahier des charges, on souhaite identifier les différentes solutions technologiques choisies par le constructeur.

**Question 1.1** (Répondre sur document réponse 1)

Compléter la représentation des chaînes fonctionnelles d'information et d'énergie en notant les solutions constructives associées à chaque fonction, en vous aidant de l'analyse proposée page 3/18.

**Question 1.2** (Répondre sur document réponse 2)

Indiquer les noms manquants (il y en a trois) des groupes cinématiques sur le schéma de la tête motrice.

**Question 1.3** (Répondre sur document réponse 2)

Compléter le tableau des mobilités entre les différents groupes cinématiques.

**Question 1.4** (Répondre sur document réponse 3)

Indiquer les grandeurs physiques manquantes associées à chaque bloc. Reporter les caractéristiques du réducteur en vous aidant de l'annexe 1.

**Deuxième étude** - L'objet de cette étude est de valider le choix du moteur pour satisfaire le nouveau cahier des charges afin que la trémie puisse gravir une pente à 20 %.

**Données :**

- Le couple appliqué sur la roue motrice pour vaincre les résistances passives en déplacement horizontal est de 10.3 N.m
- Le couple supplémentaire à appliquer sur la roue motrice pour gravir la pente est de 78,5 N.m
- La roue motrice a un diamètre de 100 mm
- Le moteur actuel a la référence PM024 0722 (Voir annexe 1)
- La vitesse de déplacement du chariot par rapport au rail est de 30 m/min

**Question 2.1** (Répondre sur feuille de copie)

A partir des données précédentes, calculer la vitesse de rotation de la roue motrice, en rad/s.

**Question 2.2** (Répondre sur feuille de copie)

A partir des caractéristiques du réducteur identifiées à la question 1.4, calculer la puissance utile du nouveau moteur à choisir.

**Question 2.3.** (Répondre sur feuille de copie)

Proposer un moteur compatible dans l'extrait du catalogue (voir annexe 1).

**Question 2.4** (Répondre sur feuille de copie)

Un moteur peut travailler au-dessus de ses valeurs nominales, couple, puissance, intensité absorbée, pendant une durée limitée. Pour des raisons de coût, le constructeur envisage de choisir le moteur ayant pour référence PM024 0922, le plus puissant qui puisse s'adapter sur le réducteur existant.

A partir des courbes caractéristiques du moteur PM024 0922 (Voir annexe 1) et de la valeur du couple maxi de 4 N.m (dans la pente), déterminer l'intensité maximum absorbée.

**Données :**

$I_{\text{nominal}} = 36 \text{ A}$

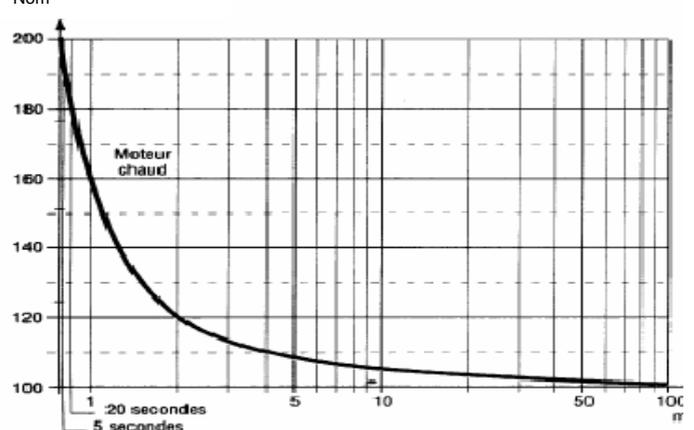
Durée maxi de fonctionnement dans la pente : 10 s

**Question 2.5** (Répondre sur feuille de copie)

La courbe ci-contre donne le rapport en % courant absorbé / courant nominal en fonction du temps maximal d'utilisation du moteur dans ces conditions.

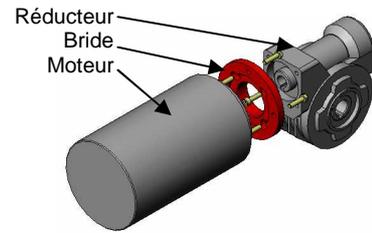
Conclure à propos du choix envisagé par le constructeur, justifier.

%  $I/I_{\text{Nom}}$



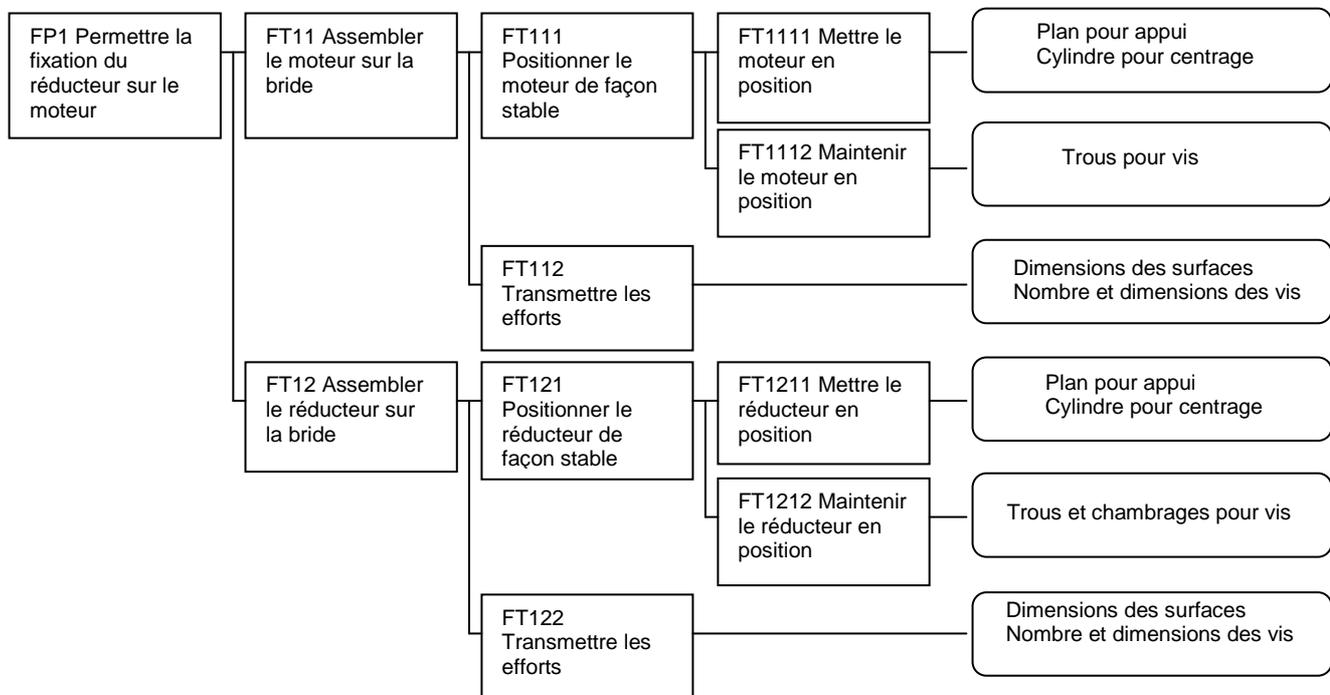
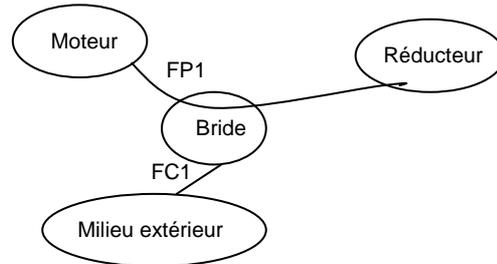
Le moto-réducteur est constitué de trois éléments :

- un moteur
- un réducteur
- une bride, qui permet la fixation du réducteur sur le moteur



On se propose ici d'étudier les modifications à apporter à cette bride, dues au changement de moteur.

- FP1 Permettre la fixation du réducteur sur le moteur  
 FC1 Etre adapté au milieu extérieur



Question 2.6.1 (Répondre sur document réponse 3)

Repérer par coloriage les surfaces fonctionnelles qui permettent la mise en position du moteur sur la bride et celles qui permettent de la maintenir en position. Préciser le rôle des surfaces coloriées.

Question 2.6.2 (Répondre sur document réponse 3)

A partir de l'extrait de catalogue fourni et des références du moteur (voir annexe 1), indiquer les nouvelles cotes éventuelles sur la vue en perspective.

Question 2.6.3 (Répondre sur document réponse 3)

L'arbre de construction de la bride comporte six étapes. Entourer celles dont il faut modifier des paramètres.

**Troisième étude** - L'objet de cette étude est de proposer une commande adaptée au nouveau moteur.

Le changement de motorisation impose de vérifier que la commande existante du moteur est compatible avec le nouveau moteur et les autres caractéristiques du cahier des charges (vitesse de 10 m/min dans les virages). Pour cette étude, on se réfère à l'annexe 2 et on considèrera les contacts de Q1 fermés.

**Question 3.1** (Répondre sur feuille de copie)

Pour cette question, on considèrera le contacteur KA1 en position travail et KA2 en position repos. Indiquer, selon la position du contacteur KA3 (repos ou travail), la tension  $U_m$  correspondante. Déduire de ce qui précède l'influence de la position de KA3 sur le fonctionnement du moteur.

**Question 3.2** (Répondre sur document réponse 4)

Le sens de rotation du moteur et son freinage sont imposés à l'aide des contacteurs KA1 et KA2. On considèrera  $U_m$  et  $I_m$  comme positif lorsqu'ils sont dans le sens indiqué sur le schéma. Dans cette situation le moteur tourne dans le sens positif. Pour le contacteur KA3 en position travail, compléter le tableau.

**Question 3.3** (Répondre sur feuille de copie)

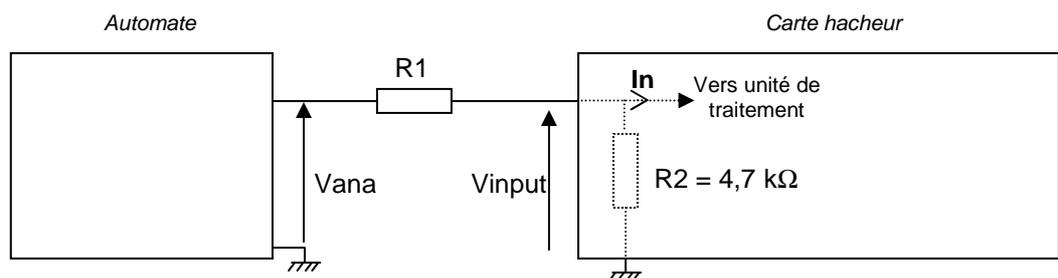
Afin de satisfaire au mieux les conditions du nouveau cahier des charges, le constructeur a choisi une carte de commande à hacheur 4 quadrants. Relever dans le nouveau cahier des charges les éléments qui ont pu orienter son choix vers ce type de carte.

**Question 3.4** (Répondre sur feuille de copie)

On admettra que l'intensité du courant absorbé par le moteur dans la pente est de 54 A. Indiquer, en justifiant, les valeurs du tableau qui ont permis au constructeur de choisir la carte de référence 4QHF2D60A parmi les quatre cartes proposées (voir document constructeur en annexe 2).

**Question 3.5** (Répondre sur feuille de copie)

La carte hacheur 4QHF2D60A est commandée en tension par une sortie analogique de l'automate SIEMENS SIMATIC S7300. La plage de variation de la tension  $V_{ana}$  de cette sortie analogique est 0 V / 10 V. La carte hacheur n'admettant qu'une tension de commande  $V_{input}$  comprise entre 0 et 5 V, la constructeur a prévu une résistance d'adaptation  $R_1$  selon le schéma ci-dessous :



En considérant que  $I_n = 0$  A, exprimer  $V_{input}$  en fonction de  $V_{ana}$ ,  $R_1$  et  $R_2$ . En déduire la valeur de  $R_1$  pour une adaptation convenable.

**Quatrième partie** - L'objet de cette étude est d'examiner les conséquences du choix du nouveau moteur sur la partie mécanique.

Pour obtenir un déplacement de la trémie sans patinage, il faut appliquer un effort presseur sur la roue motrice car la transmission de puissance s'effectue par adhérence.

Cet effort presseur est obtenu par un ressort de compression qui provoque la rotation du berceau articulé afin de plaquer la roue motrice sur le rail.

### **Vérification d'un composant**

*Hypothèses :*

- La répartition des efforts et la géométrie du système permettent d'effectuer une étude dans le plan (A,  $\vec{x}$ ,  $\vec{y}$ ).
- Après isolement et résolution de l'équilibre de la roue + arbre, l'action en B,  $B_{\text{roue+arbre / berceau}}$  a pour composantes (-1800 x, -3600 y) (en N).
- Le contact du ressort sur le berceau est modélisé dans le plan, par une liaison ponctuelle de normale (C, y1) supposée parfaite.
- Le berceau est articulé en A (plaque porte galets). L'articulation est supposée parfaite.
- Le poids des pièces est négligé.

*Données :*

- La raideur K du ressort est de 65,1 N/mm.
- La flèche  $\Delta L$  (déformation) maximale disponible du ressort est de 30 mm.
- La relation pour un ressort de compression entre l'action mécanique appliquée F et la déformation  $\Delta L$  est  $F = K \cdot \Delta L$ .

*Question 4.1* (Répondre sur feuille de copie et document réponse 4)

Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées sur le système matériel isolé « berceau » et déterminer l'intensité de l'action mécanique que doit exercer le ressort de compression.

*Question 4.2* (Répondre sur feuille de copie)

Le ressort actuel est-il compatible avec le nouveau cahier des charges ? Justifier.

### **Vérification du comportement dans les virages et la pente**

Pour permettre à la trémie de se déplacer (prise de virages et changement de pente) il faut que la liaison têtes / trémie possède certaines mobilités.

*Question 4.3* (Répondre sur document réponse 5)

A partir du schéma cinématique simplifié du chariot (uniquement la fonction guidage), entourer les liaisons qui permettent la prise des virages.

*Question 4.4* (Répondre sur document réponse 5)

Le changement de pente impose d'ajouter une mobilité supplémentaire entre les têtes et la trémie. Proposer une modification de la solution en complétant le schéma cinématique dans les zones repérées.

**Cinquième étude :** L'objet de cette étude est de valider la solution retenue par le constructeur pour protéger le moteur en cas de surcharge.

Si la vitesse de la trémie n'est plus que de 5 m/min, le constructeur estime qu'il y a une anomalie de fonctionnement : charge trop importante du chariot, avec risque de détérioration du moteur. L'automate doit alors mettre en sécurité le système.

La gestion de cette sécurité nécessite l'acquisition de la vitesse du chariot et un traitement par l'A.P.I.

**Question 5.1** (Répondre sur feuille de copie)

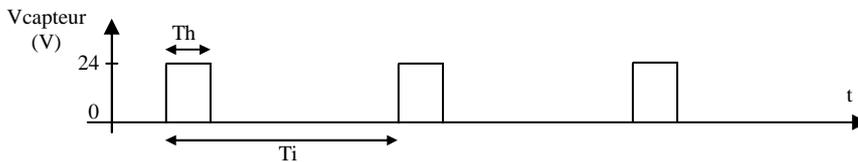
Sur quelle tête du chariot a-t-on installé le système d'acquisition de vitesse ?  
Justifier ce choix.

**Question 5.2** (Répondre sur feuille de copie)

Justifier à l'aide de l'organigramme donné en annexe 2, le choix de ce capteur (la distance capteur / lame d'impulsion est de 5 mm).

**Question 5.3** (Répondre sur feuille de copie)

Le chronogramme ci-dessous représente la tension  $V_{\text{capteur}}$  (aux bornes du capteur) en fonction du temps.



$T_i$  est la durée entre deux impulsions successives, variable en fonction de la vitesse du chariot.

A la vitesse critique de 5 m/min, le nombre d'impulsions est réduit à 32 impulsions/min. Pour cette vitesse critique, calculer la durée  $T_i \text{ limite}$  (en millisecondes) entre deux impulsions.

Le traitement par l'A.P.I. est destiné à arrêter le moteur dès que le temps entre deux impulsions est supérieur à  $T_i \text{ limite}$ . Ce traitement est effectué selon l'algorithme ci-contre.

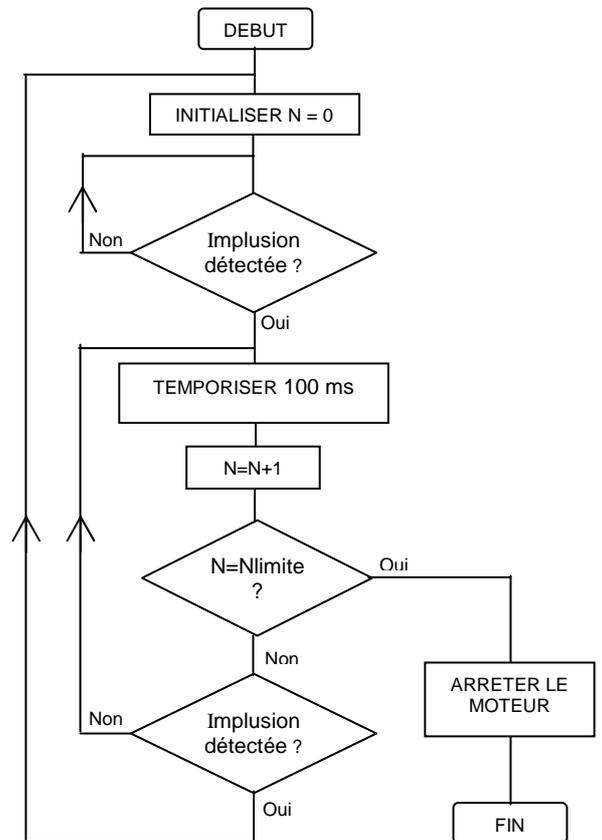
Données complémentaires :

- la durée d'une impulsion  $T_h$  est inférieure à 100 ms.
- le temps de traitement des tests sera négligé.

**Question 5.4** (Répondre sur feuille de copie)

Après avoir analysé l'algorithme, donner l'intervalle de temps qui sépare deux incréments successives de  $N$ .

Exprimer  $N_{\text{limite}}$  en fonction de  $T_i \text{ limite}$ , calculer sa valeur théorique puis proposer une valeur entière en la justifiant.



**Sixième étude** - L'objet de cette étude est de recenser les solutions constructives qui doivent être modifiées sur le système pour qu'il soit conforme au nouveau cahier des charges.

Question 6.1 (Répondre sur feuille de copie)

Enumérer, à partir du FAST de description de la Fonction Principale 1 *Déplacer la trémie le long du rail* les solutions constructives à modifier au terme des différentes études qui ont été proposées dans ce sujet.

## ANNEXE 1

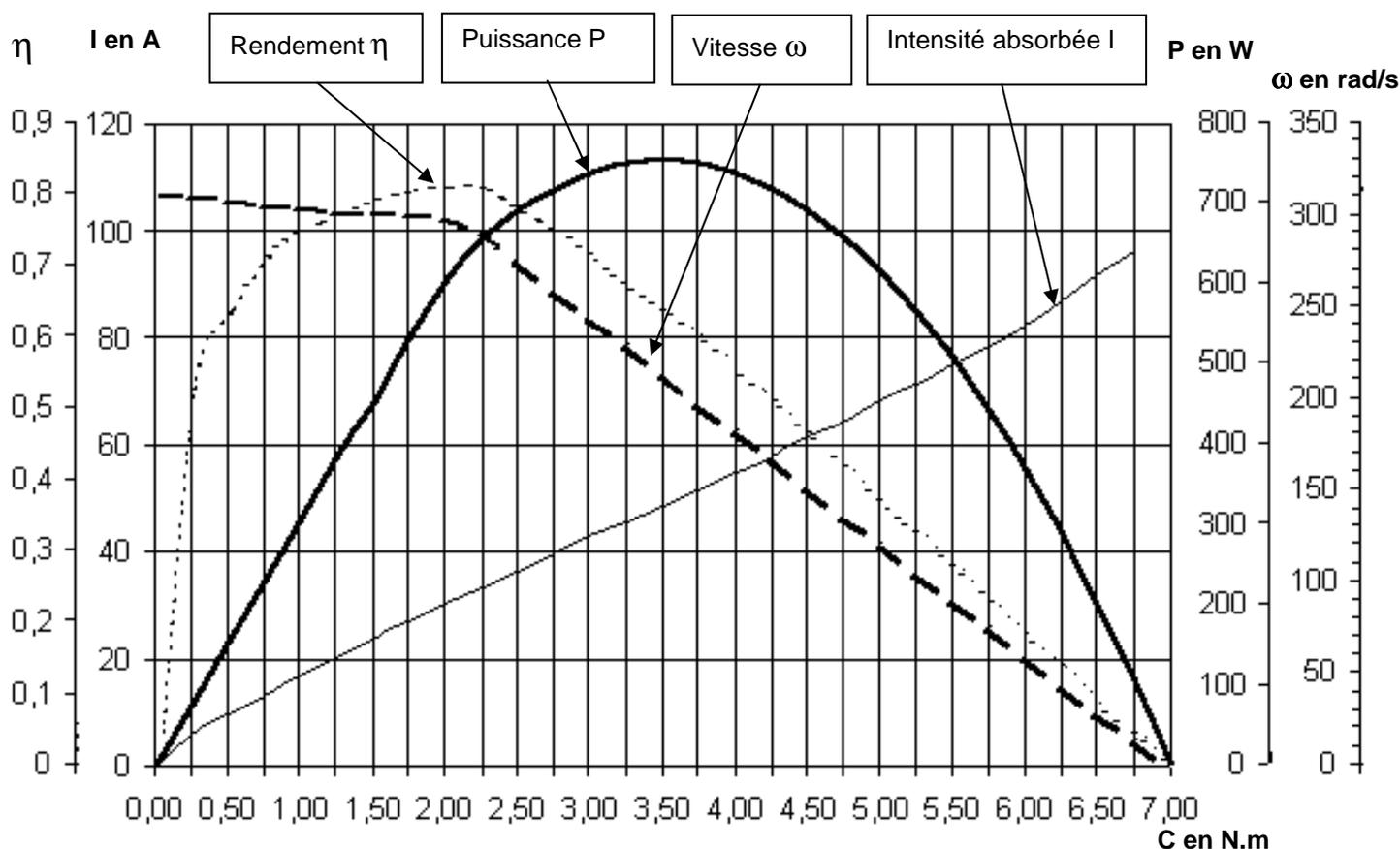
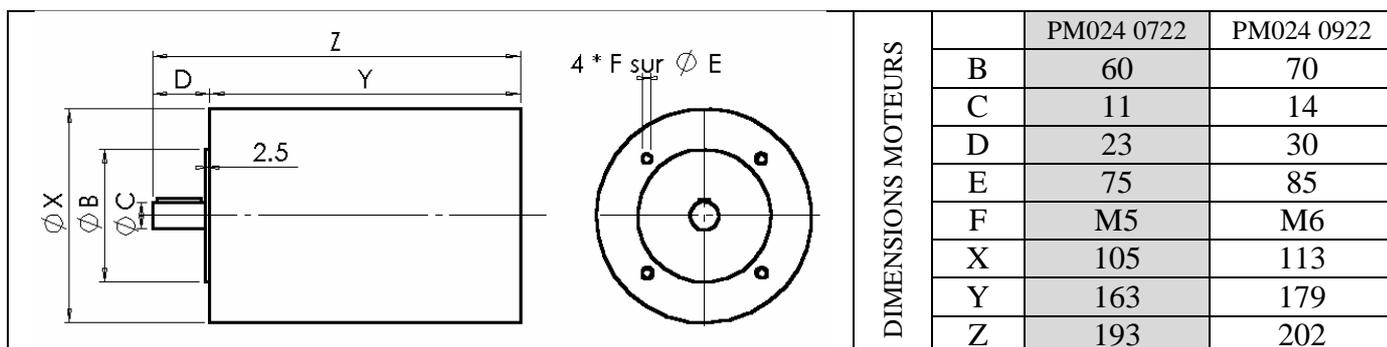
Extrait catalogue moteur

Référence moteur	Puissance utile en Watt	Vitesse en tr/min	Réducteurs compatibles
PM024 0644	140	1400	Type 030
PM024 0722	275	2800	Type 045
PM024 0622	320	3100	Type 045
PM024 0822	500	2800	Type 045
PM024 0922	700	2800	Type 045
PM024 1244	1000	3000	Type 050
PM024 1444	1400	3000	Type 050
PM024 1744	2100	3000	Type 063

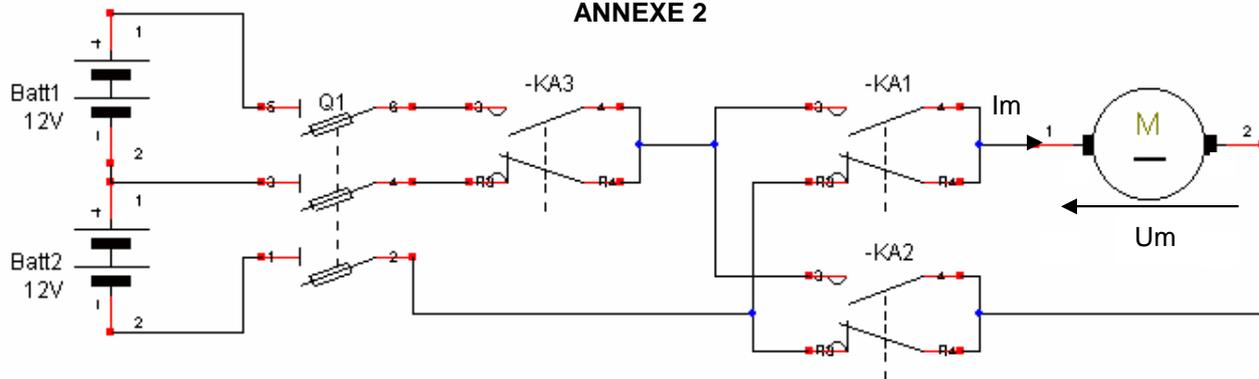
Extrait catalogue réducteurs

Référence réducteur	Rapport de réduction r	Rendement $\eta$	Couple maxi dynamique Nm
Type 030	1/19	0.79	30
Type 030	1/30	0.69	30
Type 045	1/21	0.8	60
Type 045	1/28	0.8	103
Type 050	1/26	0.74	72
Type 050	1/36	0.7	112
Type 063	1/24	0.81	108
Type 063	1/30	0.76	215

Le moto réducteur existant correspond aux lignes grisées dans les tableaux



## ANNEXE 2

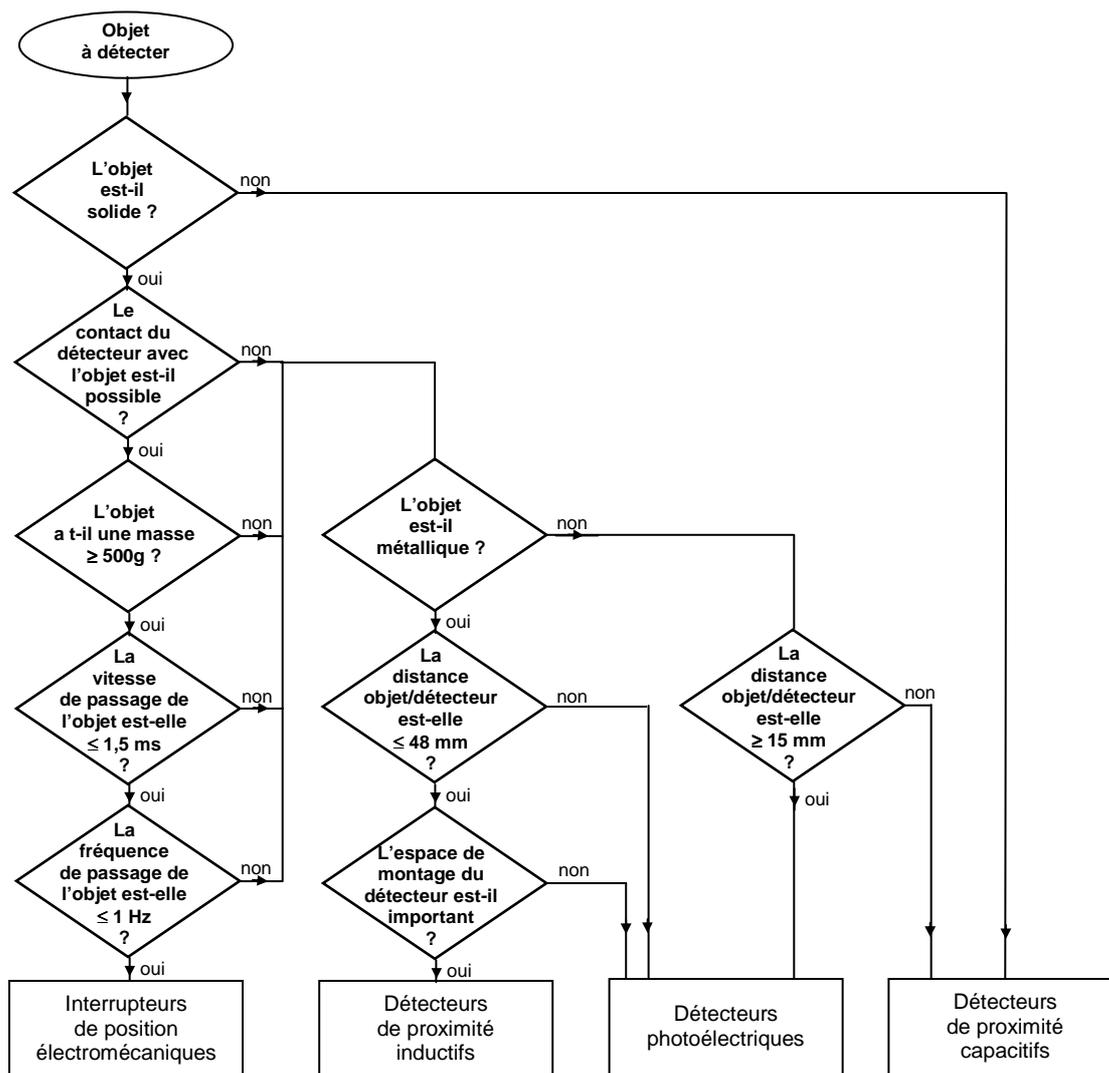


**Schéma structurel de commande du moteur :**

**Extrait de la documentation technique de la carte hacheur 4 quadrants :**

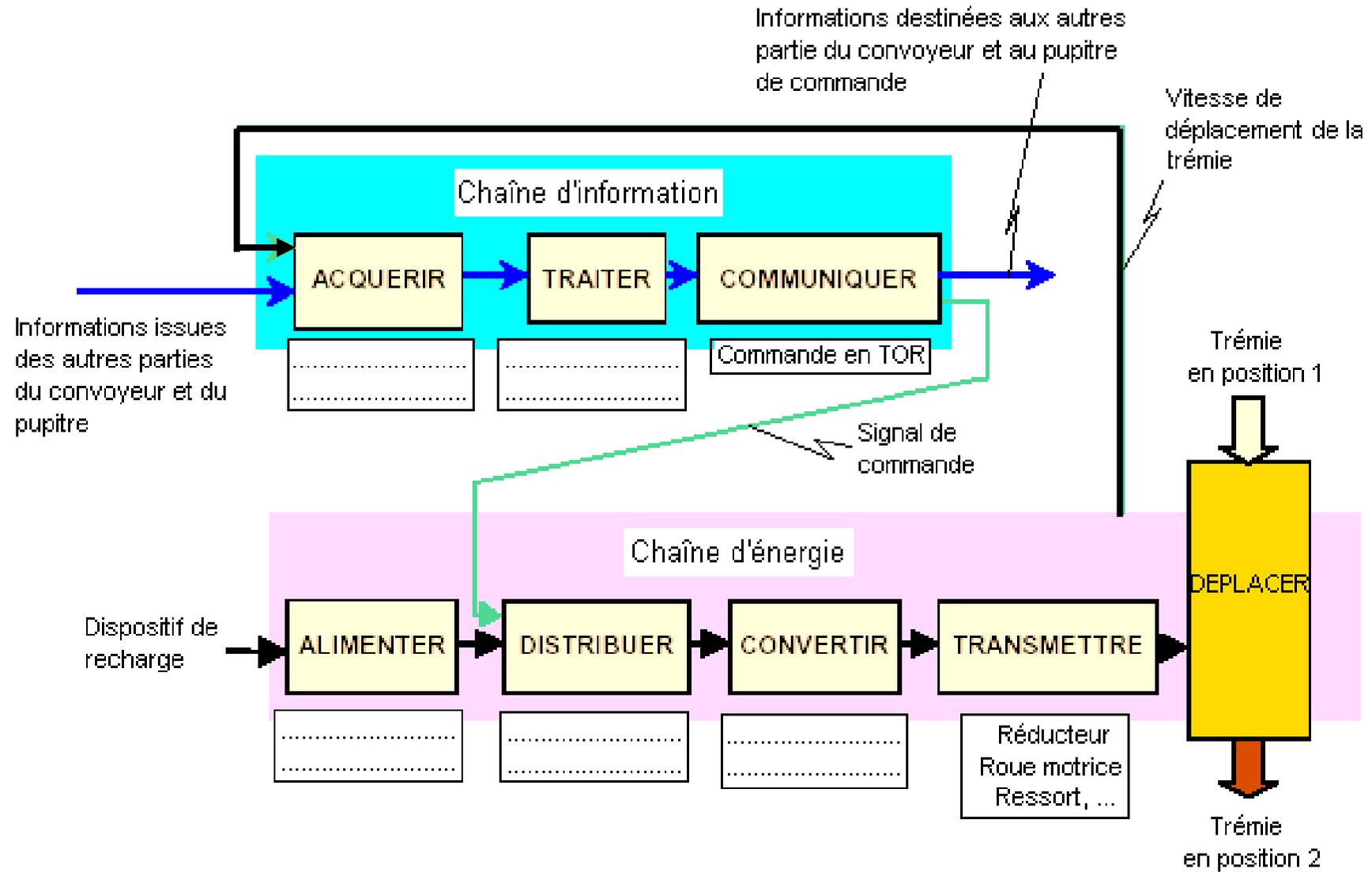
Référence carte	Courant de démarrage	Courant admissible pendant 1 minute	Courant admissible pendant 1 heure
4QHF2D45A	75 A	40 A	18 A
4QHF2D60A	90 A	55 A	21 A
4QHF2D90A	120 A	81 A	32 A
4QHF2D140A	170 A	121 A	48 A

**Organigramme de choix d'un capteur**



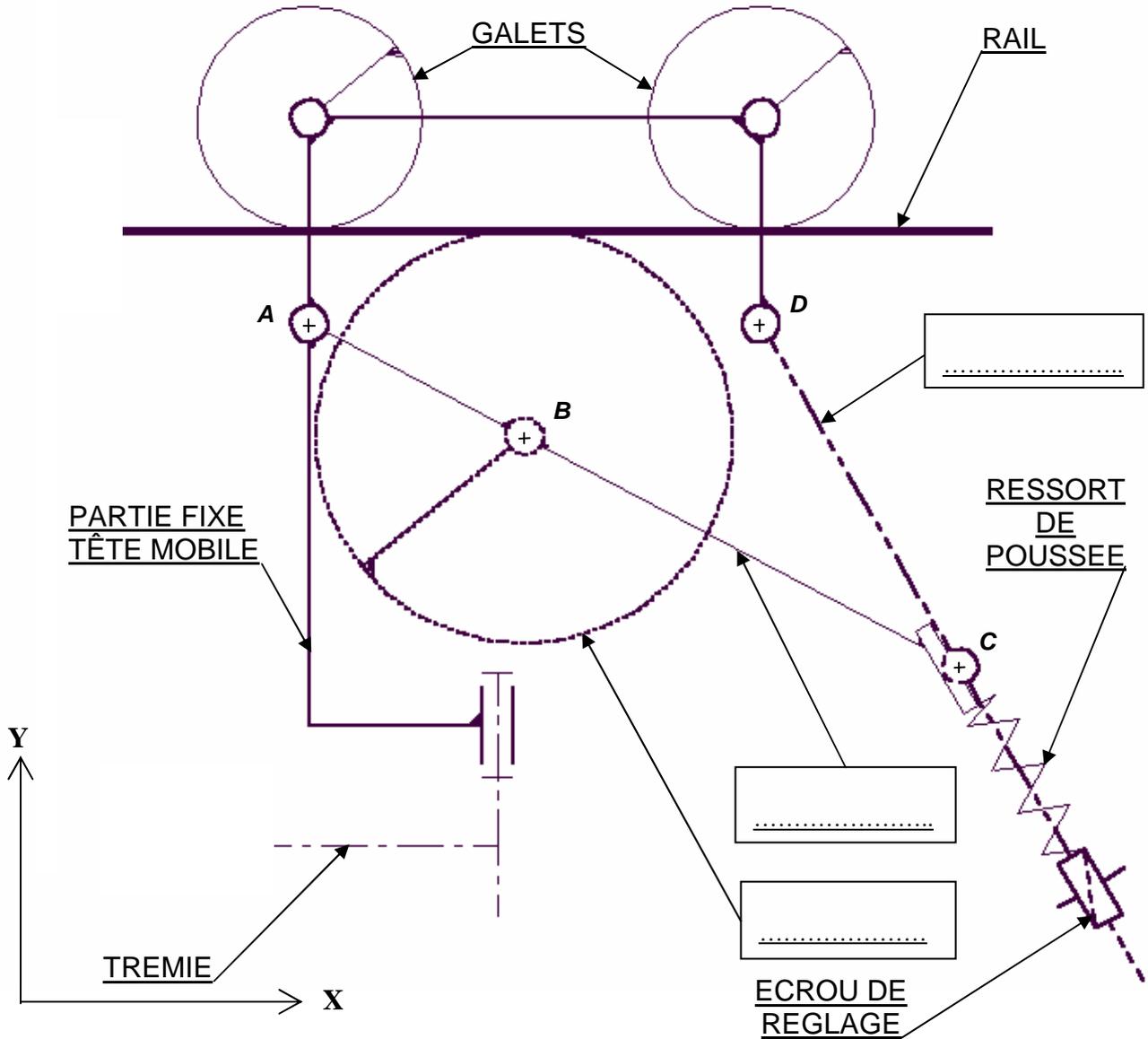
# Document réponse 1

Questions 1.1



## Document réponse 2

### Question 1.2

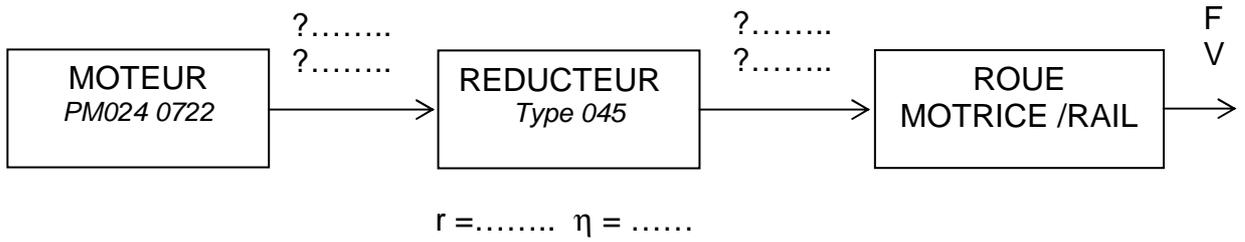


### Question 1.3

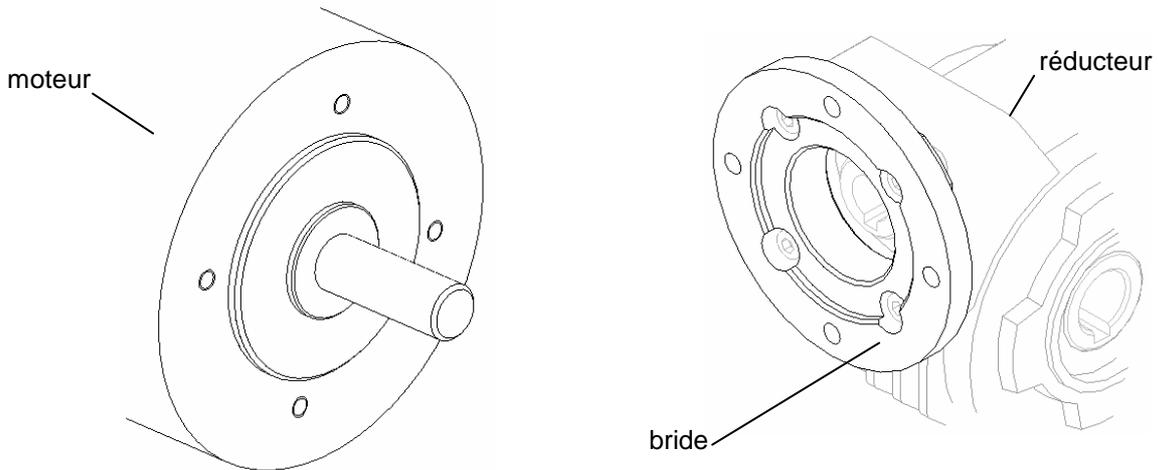
Liaisons	Mouvements / plan XY
Berceau / Tige de poussée	Rotation centre C, direction $\vec{Z}$ , translation de direction CD
Partie fixe tête mobile / Berceau	
Berceau / Roue motrice	
Partie fixe tête mobile / Tige de poussée	

## Document réponse 3

### Question 1.4



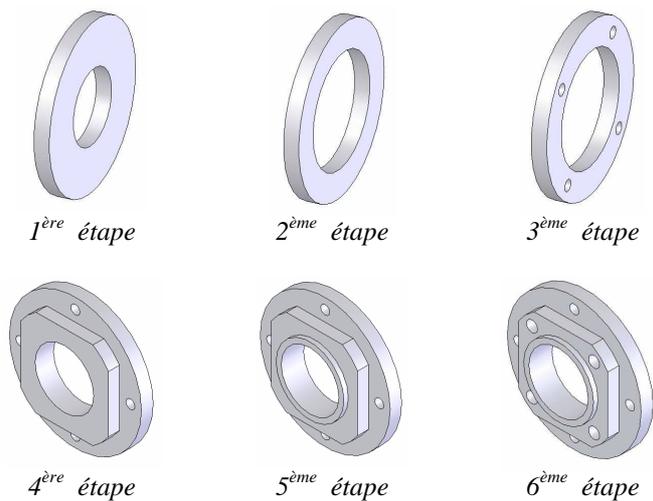
### Questions 2.6.1 et 2.6.2



### Question 2.6.3

- bride63
- appui moteur et passage de l'arbre
- centrage moteur
- Perçages pour vis
- appui reducteur
- centrage reducteur
- Perçages et chambrages pour vis

Arbre de construction de la bride



## Document réponse 4

### Question 3.2

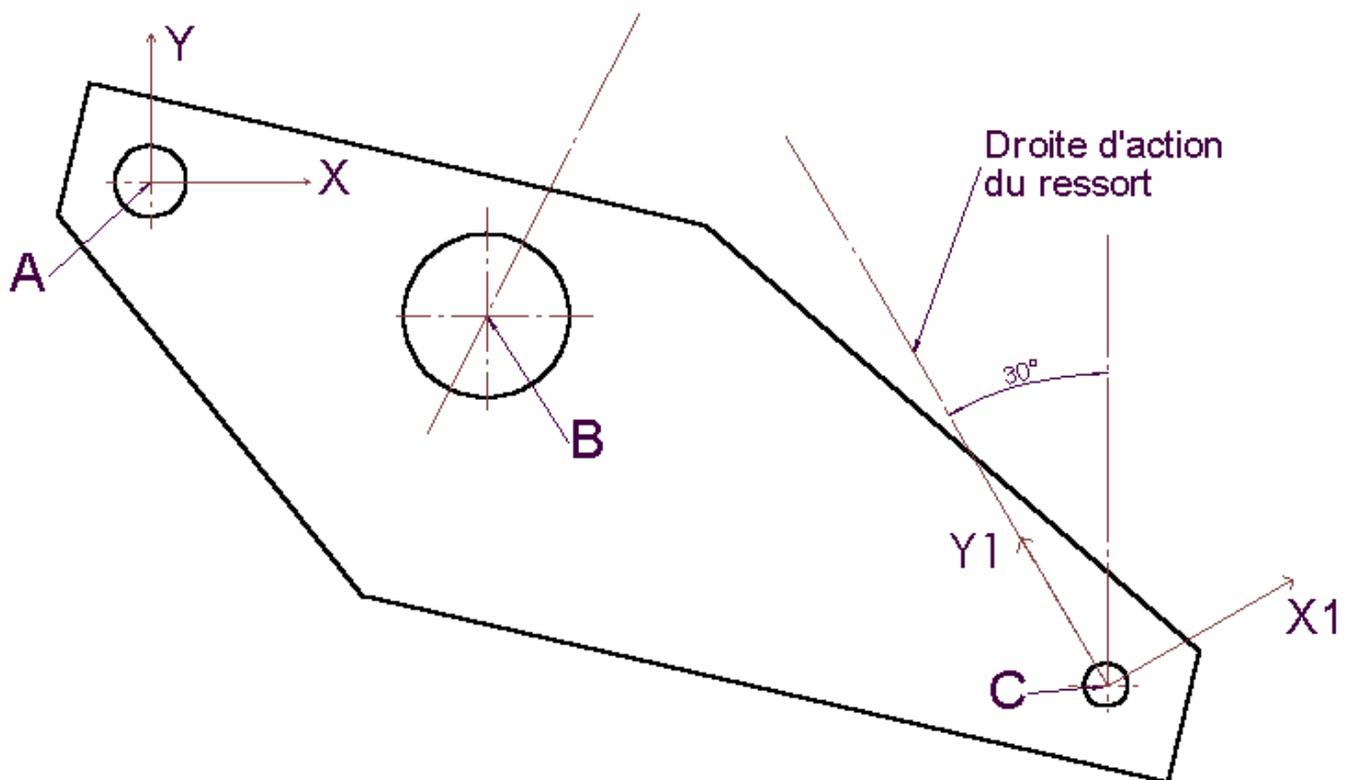
	KA2*	KA1*	Um	Im <sup>(1)</sup>	Sens +	Sens -	Freinage
Cas 1 Système au repos	0	0					
Cas 2	0	1	24 V	>0	X		
Cas 3	1	0					
Cas 4 Consécutif au cas 3	1	1					

\* 0 : contact en position repos ; 1 : contact en position travail

(1) : pour  $I_m$ , vous choisirez parmi les solutions suivantes : =0, <0, >0, décroît vers 0.

### Question 4.1

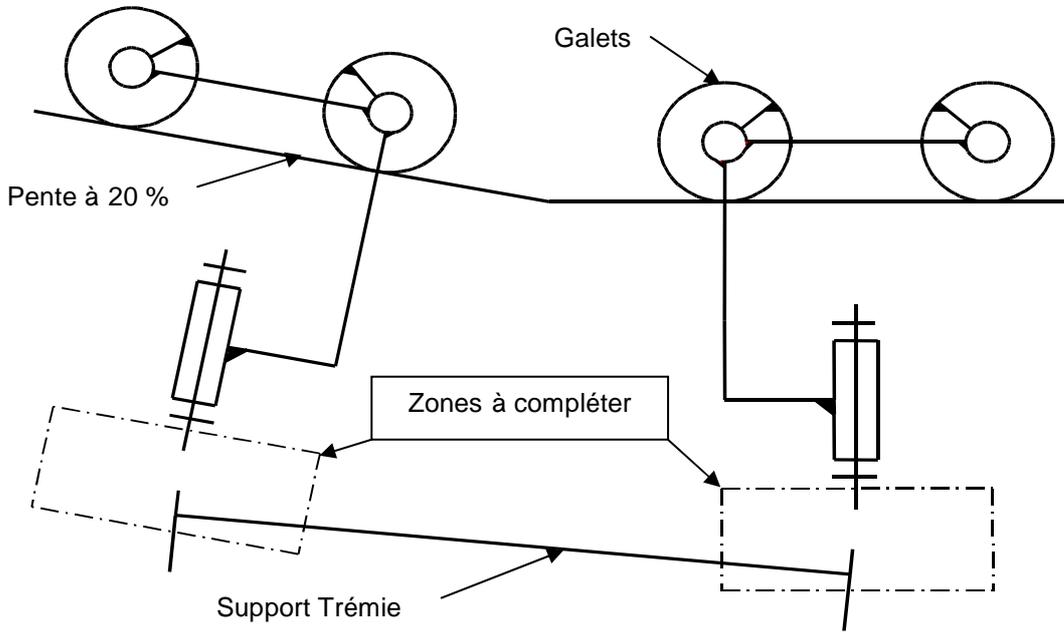
Echelle des forces : 1 cm → 1000 N



# Document réponse 5

Question 4.3, 4.4

Schéma cinématique simplifié du chariot



Pivot glissant	Ponctuelle	Pivot	Linéaire annulaire