

BACCALAUREAT GENERAL

Session 2003

Série S Sciences de l'ingénieur

Composition écrite de Sciences de l'ingénieur

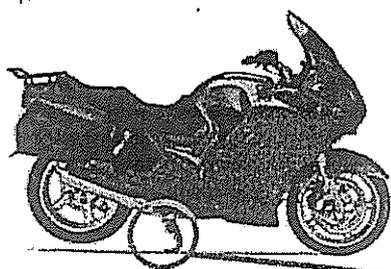
Durée 4 heures, coefficient 4

Étude d'un système pluritechnique.

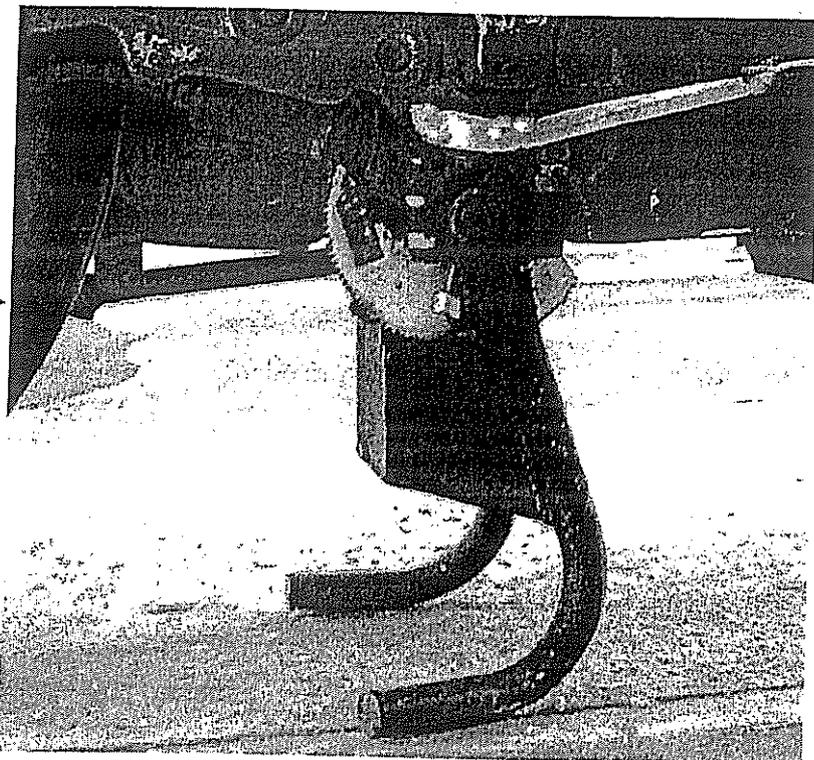
*Sont autorisés les calculatrices électroniques et le matériel nécessaire à la représentation graphique.
Aucun document n'est autorisé.*

Le candidat doit disposer des pages 1 à 12/12. Les documents réponses 1, 2 et 3 sont à rendre avec la copie.

BÉQUILLE ÉLECTRIQUE DE MOTO



Moto en stationnement sur sa béquille électrique centrale.



Sommaire

Présentation du système et description du fonctionnement.		page 2	15 min.
Première étude : Identifier des solutions technologiques.	(4 points)	page 4	30 min.
Deuxième étude : Valider le choix du moteur Justifier le remplacement de la batterie.	(9 points)	page 5	1h45 min.
Troisième étude : Justifier des solutions assurant la sécurité.	(7 points)	page 9	1h30 min.

Présentation du système

Une moto en stationnement peut être maintenue verticalement en équilibre grâce à une béquille centrale mécanique. L'action de la part du pilote pour manœuvrer cette béquille mécanique peut nécessiter, pour les motos de grosse cylindrée, un effort très important. La masse à lever pouvant atteindre plusieurs centaines de kilogrammes.

Un kit de béquillage* électrique est proposé en option sur certaines motos. C'est l'objet de l'étude qui suit. Ce dispositif présente les avantages :

- De permettre au pilote, assis sur la moto, de "béquiller" puisque la commande s'effectue directement à partir du tableau de bord de la moto.
- De soulever la moto, son pilote et ses bagages soit une masse maximale de 370 kg sans effort physique.
- D'assurer une protection antivol, le débéquillage* n'étant possible qu'en mettant le contact électrique général de la moto.

* *Béquillage* : action consistant à mettre la moto sur la béquille.

* *Débéquillage* : action consistant à rentrer la béquille.

Description du fonctionnement

Le contact général de la moto doit être enclenché pour que la béquille puisse fonctionner.

La manœuvre de béquillage/débéquillage s'effectue à l'aide d'un bouton à 3 positions ajouté au tableau de bord. Le cycle de fonctionnement est régi par le module de gestion.

L'actionneur est un moteur électrique associé à un réducteur fixé sur la béquille elle-même. Le pignon de sortie extérieur au réducteur se déplace sur un secteur denté. Ce secteur denté est solidaire du châssis de la moto grâce à une bride de fixation (voir dessins page 3/12).

Deux capteurs fin de course informent le module de gestion des positions "rentrée" et "sortie" de la béquille (voir dessin page 4/12).

Un buzzer signale au pilote que la béquille est en mouvement.

La batterie du kit, de capacité supérieure à celle d'origine, fournit l'énergie nécessaire à la manœuvre de la béquille.

La protection contre les court-circuits est assurée par un fusible.

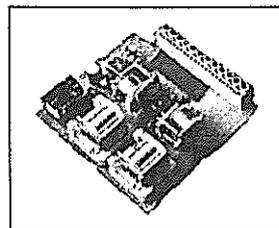
La protection contre les surcharges (d'intensité) est assurée par un dispositif de contrôle du courant moteur.

Le kit de béquillage comprend :

Bouton à 3 positions
(situé sur le tableau de bord de la moto)



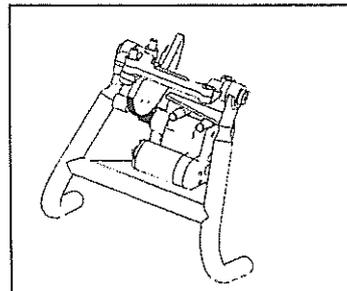
1 Module de gestion
(situé dans le compartiment électronique sous la selle)



1 Batterie 12V 30A.h 170A
(en remplacement de la batterie d'origine)

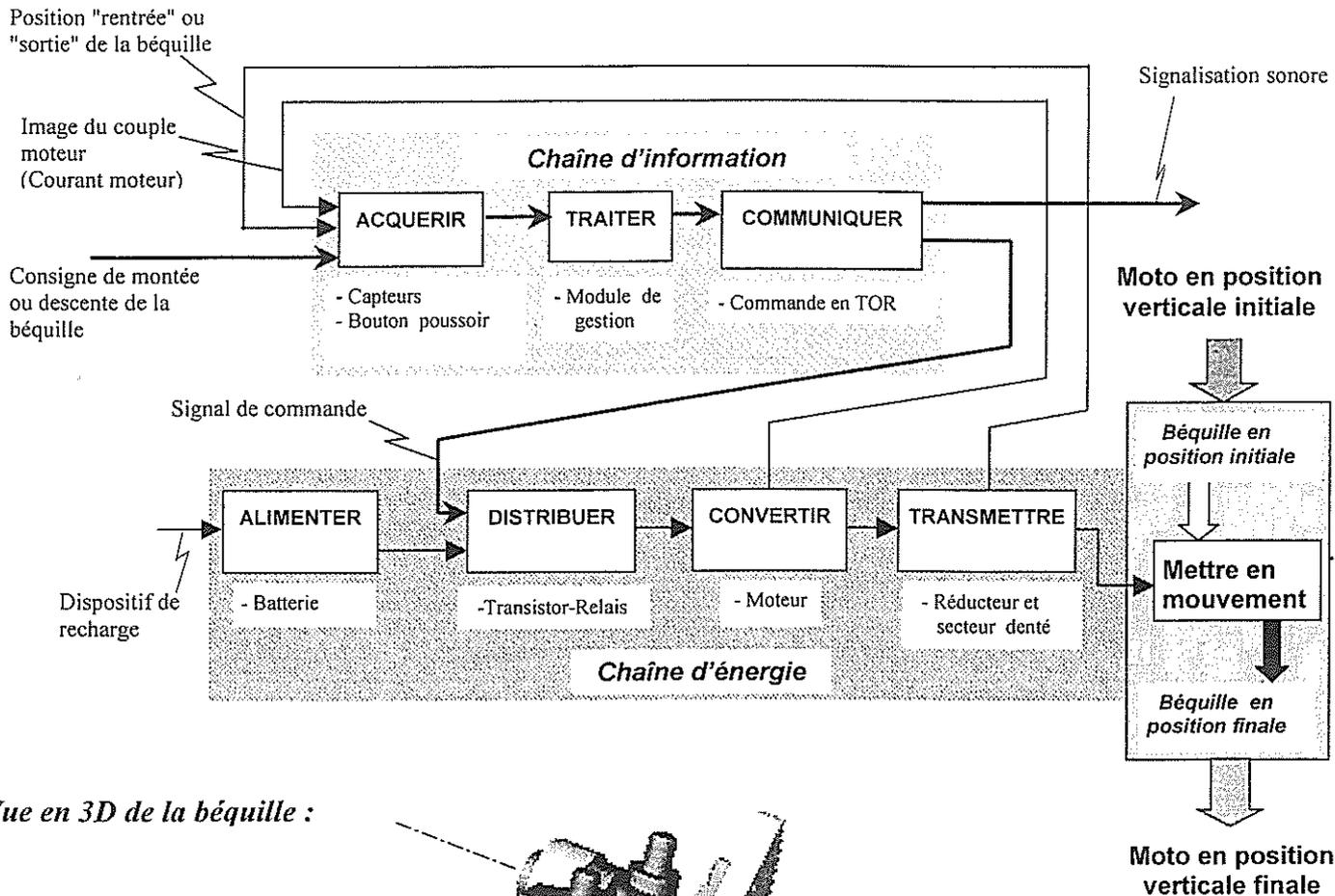


1 Béquille avec son système de manœuvre

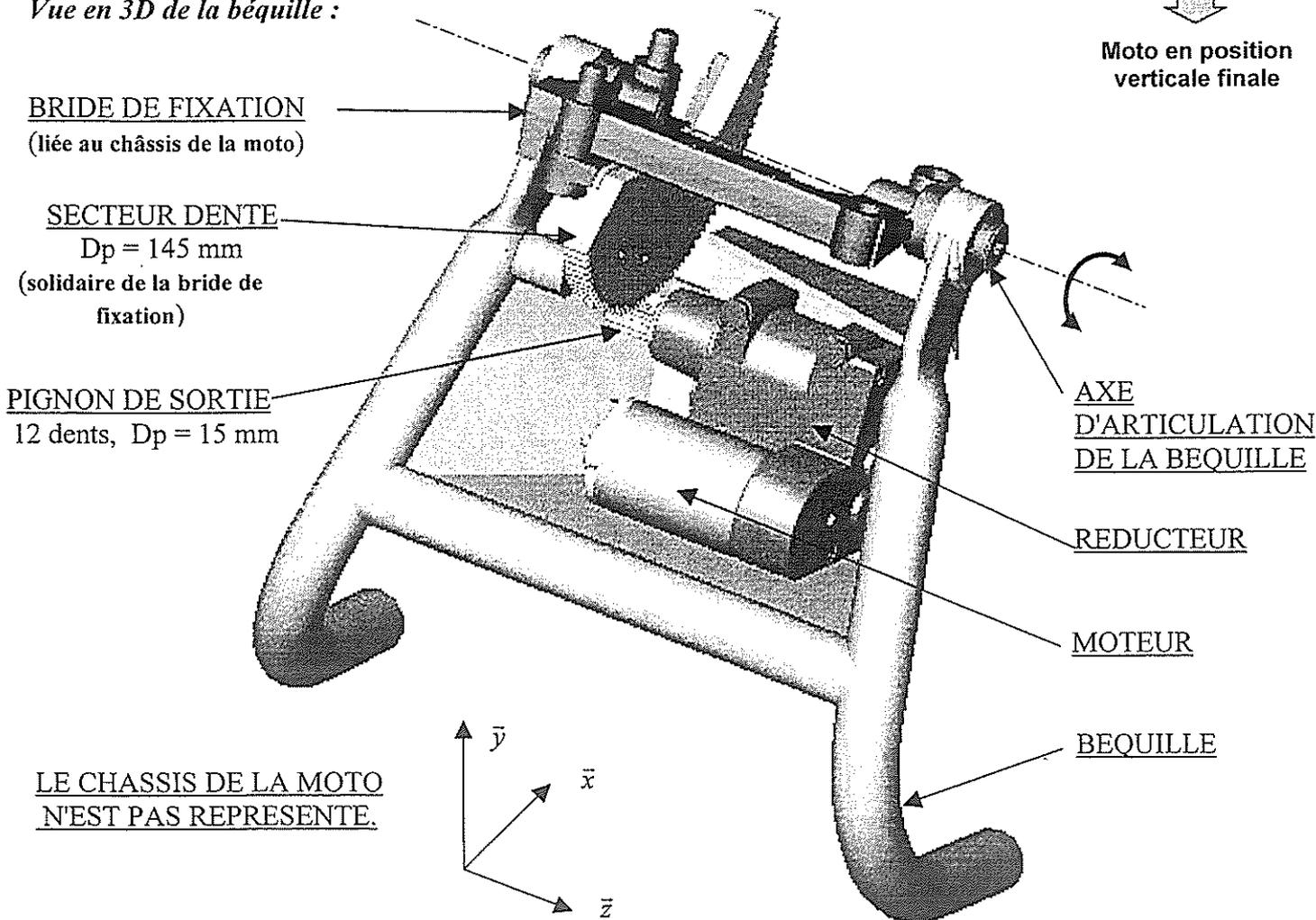


1 Faisceau électrique
(Non représenté)

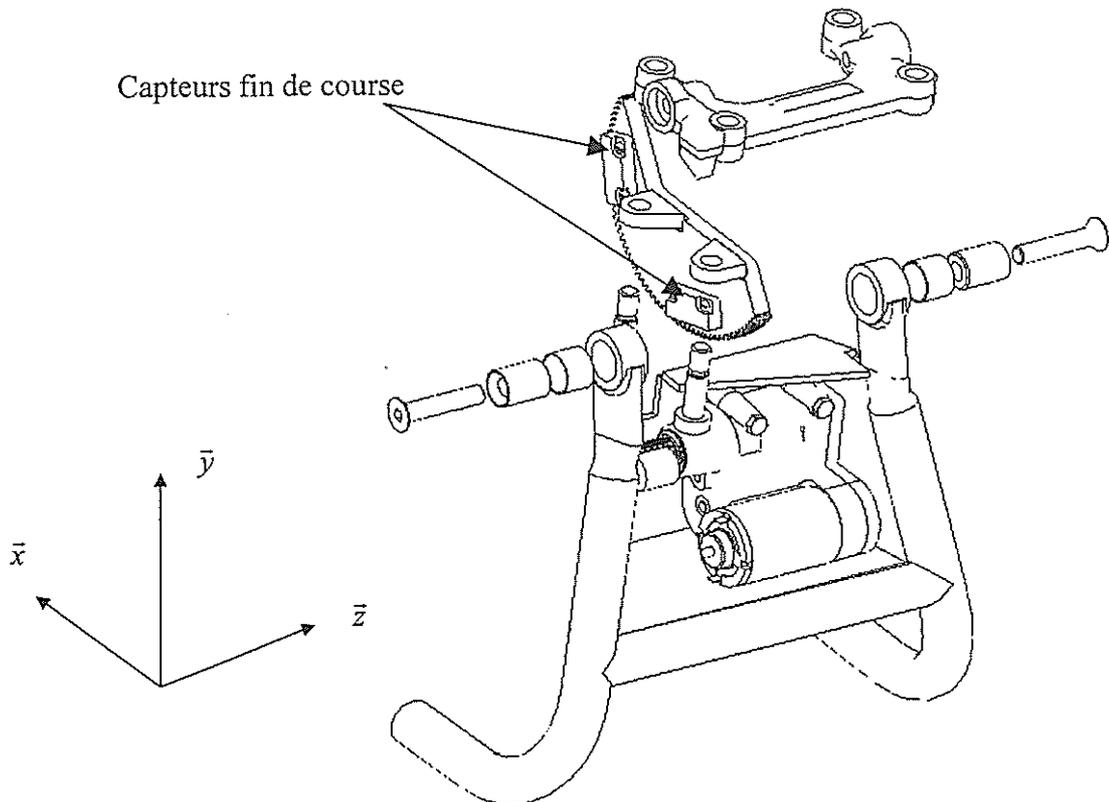
Structure fonctionnelle globale du système :



Vue en 3D de la béquille :



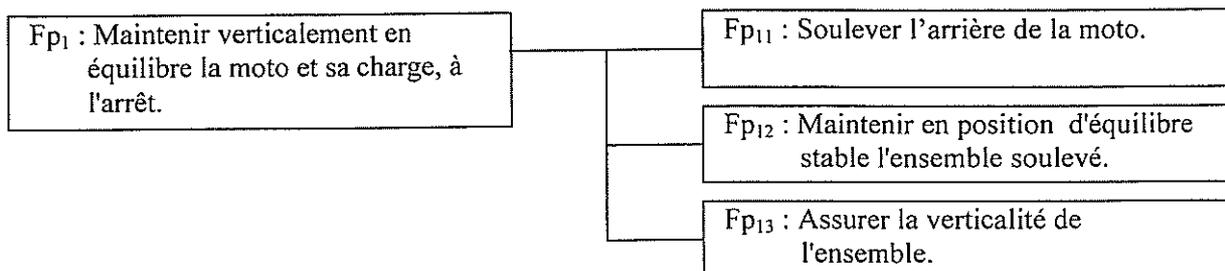
Éclaté de la fixation sur le châssis de la moto



ETUDE DU SYSTEME

Première étude : L'objet de cette étude est d'identifier les solutions technologiques choisies par le concepteur pour actionner la béquille.

L'analyse fonctionnelle externe du produit a permis d'établir le diagramme FAST partiel de description suivant :



Question 1.1

La décomposition de l'une des 3 fonctions de service (Fp₁₁, Fp₁₂ ou Fp₁₃) a permis de faire apparaître 5 fonctions techniques :

- Fournir l'énergie électrique.
- Faire pivoter la béquille.
- Augmenter le couple issu du moteur.
- Gérer la commande de béquillage / débéquillage.
- Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

Parmi les 3 fonctions de service, préciser celle qui nécessite la réalisation de l'ensemble de ces fonctions techniques.

Question 1.2

En s'aidant de la structure fonctionnelle globale du système (voir page 3/12), définir les solutions constructives retenues pour réaliser chacune des fonctions techniques suivantes :

- Augmenter le couple issu du moteur.
- Fournir l'énergie électrique.
- Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

Question 1.3

En utilisant la présentation et la vue en 3D de la béquille, compléter sur le document réponse 1, le graphe de produit définissant les liaisons ou les mouvements entre les différentes pièces principales du mécanisme.

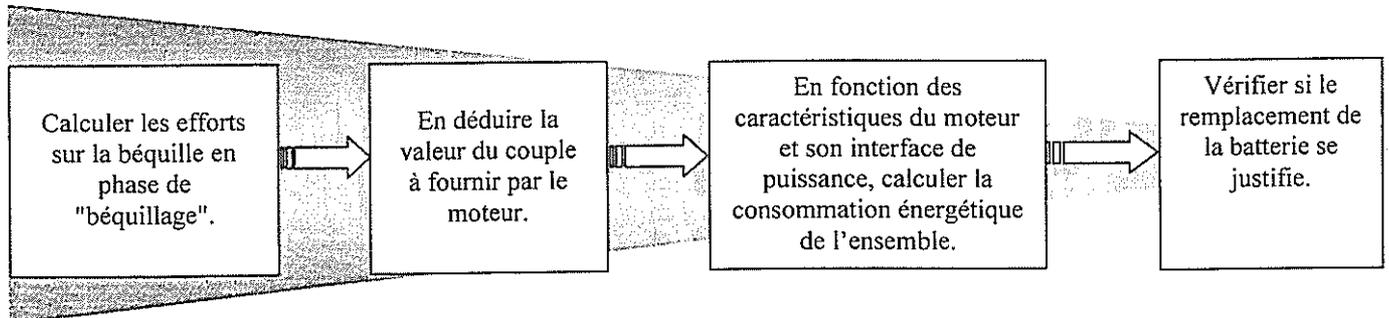
Question 1.4

En tenant compte du graphe étudié à la question 1.3 et grâce à la vue 3D de la béquille, compléter le schéma cinématique partiel du document réponse 1.

Deuxième étude : L'objet de cette étude est de valider le choix du moteur de la béquille et vérifier si le remplacement de la batterie se justifie .

L'adaptation de la béquille électrique sur la moto nécessite, selon le concepteur, le remplacement de la batterie d'origine par une batterie de capacité supérieure. On se propose de calculer la puissance maximale absorbée par le moteur et son interface de commande et de puissance pendant la phase de béquillage. Les résultats permettront de vérifier si le remplacement de la batterie est justifié.

Déroulement de l'étude :

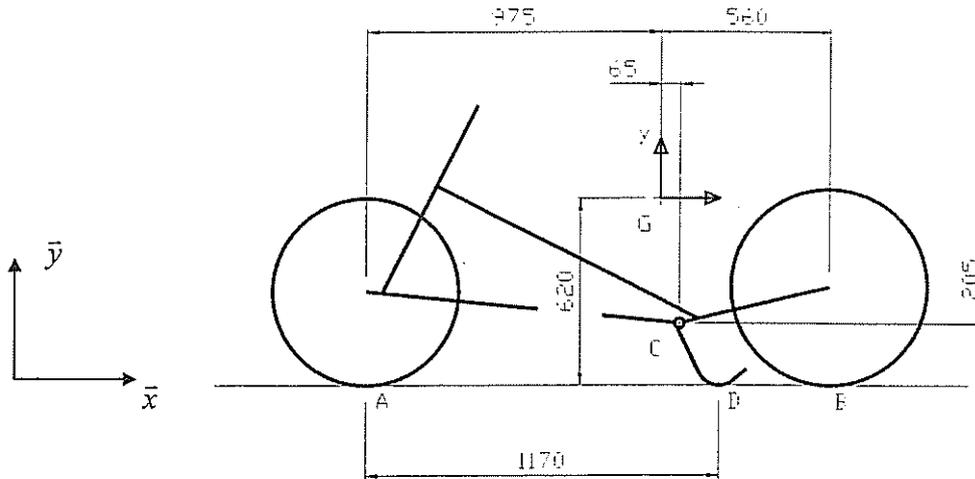


Hypothèses :

- La répartition des charges et la géométrie du système permet d'effectuer une étude plane dans le plan (G, \vec{x}, \vec{y}) .
- L'étude s'effectue durant la phase de béquillage.
- On suppose une action nulle en B entre la roue arrière et le sol (voir schéma page 6/12).
- Le contact du sol avec la roue avant est modélisé dans le plan, par une liaison ponctuelle de normale (A, \vec{y}) supposée parfaite.
- Le contact de la béquille avec le sol est modélisé dans le plan, par une liaison ponctuelle de normale (D, \vec{y}) .
- Le point G représente le centre de gravité du système étudié (moto, pilote et bagages).

Données :

- Les dimensions sont fournies sur la figure ci-dessous.
- La masse totale à prendre en compte est de 370 kg.



Question 2.1

Déterminer complètement l'action mécanique exercée par le sol sur la béquille au point D, dans la phase de béquillage.
Compte-tenu du résultat obtenu, quelle hypothèse peut-on formuler quant à la nature du contact au point D.

Question 2.2

Quelle que soit la méthode choisie, les réponses sont à rédiger sur le document réponse 2.

On désire déterminer l'action mécanique exercée par le secteur denté sur le pignon de sortie.
On adoptera une intensité de **3500 N** pour l'action exercée par le sol sur la béquille.
Le support de l'action mécanique exercée par le secteur denté sur le pignon fait un angle de 19° avec l'axe \vec{y} .

Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées sur le système matériel isolé (béquille + moteur + réducteur) et déterminer l'intensité (choisir la méthode de résolution) de l'action mécanique exercée sur le pignon de sortie.

Question 2.3

Quel que soit le résultat trouvé précédemment, on prendra comme intensité de l'action mécanique exercée par le secteur denté sur le pignon de sortie : **7000 N**.
Déterminer la valeur du couple à développer à la sortie du réducteur.

Les spécifications techniques de l'actionneur (moteur 12V associé au réducteur) sont les suivantes :

■ Moteur à courant continu Johnson HC785LG :

Tension constante (Ua)	12V
------------------------	-----

Essai à vide	
Vitesse	11358 tr.min ⁻¹
Courant	1,287 A

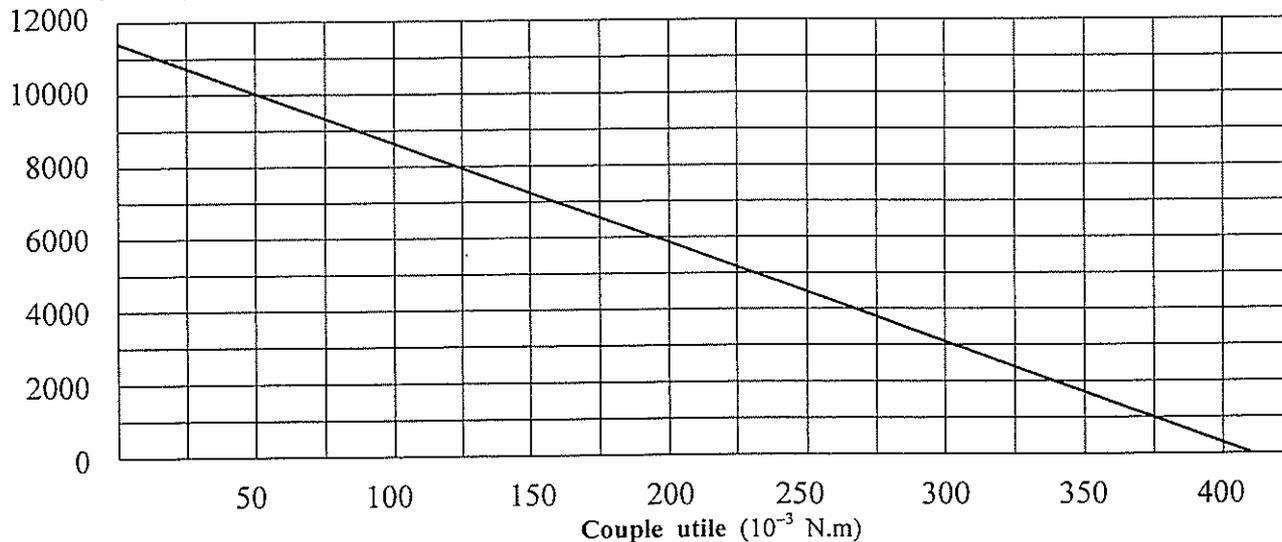
Essai au rendement maximum	
Rendement	$\eta_m = 0,7376$
Couple	$61,54 \cdot 10^{-3}$ N.m
Vitesse	9654 tr.min ⁻¹
Courant	7,03 A
Puissance de sortie	62,18 W

Essai à puissance maximum	
Couple	$205,13 \cdot 10^{-3}$ N.m
Vitesse	5679 tr.min ⁻¹
Courant	20,41 A
Puissance de sortie	121,91 W

Constante de couple (K)	$10,726 \cdot 10^{-3}$ N.m/A
Résistance bobinage	0,3040 Ω

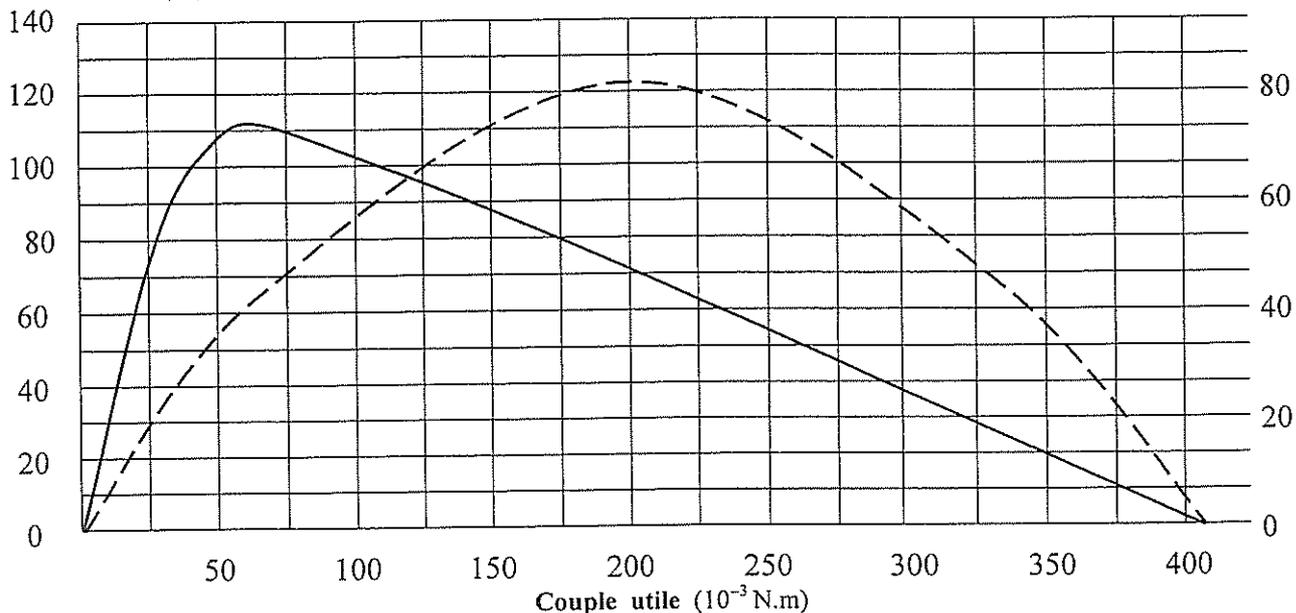
Courbes caractéristiques du moteur : Vitesse = f(couple) Puissance utile = f(couple) Rendement = f(couple)

Vitesse (tr.min⁻¹)



Puissance utile (W) - - - - -

—— Rendement (%)



■ Réducteur

Rapport de réduction	$r = 8,465.10^{-4}$
Rendement	$\eta_r = 0,6$

Rappel d'électrotechnique: moteur à aimant permanent

$$\eta = P_u/P_a \quad C_{em} = C_u = K I \quad P_u = C_u \Omega \quad \Omega = 2 \pi n/60 \quad P_a = UI$$

η = rendement
 C_{em} = couple électromagnétique (N.m)
 I = courant moteur (A)
 P_a = puissance absorbée (W)
 P_u = puissance utile (W)
 C_u = couple utile (N.m)
 Ω = vitesse angulaire (rd.s⁻¹)
 n = vitesse de rotation (tr.min⁻¹)
 U = tension aux bornes du moteur (V)
 K = constante de couple

On admettra, quels que soient les résultats trouvés précédemment, que le réducteur doit délivrer un couple de 53,16 N.m sur son pignon de sortie. Ce couple correspond à la masse maximale de la moto en conditions normales d'utilisation (moto + pilote + bagages = 370kg).

Question 2.4

A partir des caractéristiques du réducteur, démontrer que le couple utile à fournir par l'arbre moteur est de 75.10^{-3} N.m .

Question 2.5

En déduire à partir des spécifications techniques du moteur (page 7/12): la puissance utile nécessaire, la vitesse de rotation, le rendement. Calculer dans ce cas la puissance absorbée P_a puis le courant traversant le moteur.

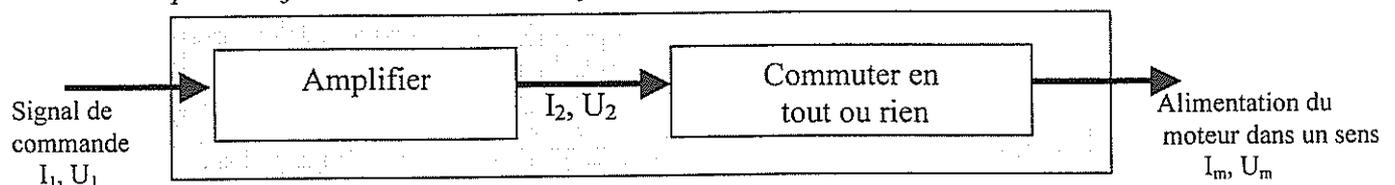
Question 2.6

La plage de couple utile du moteur varie entre 25.10^{-3} N.m et 75.10^{-3} N.m. Justifier la validité du choix du moteur effectué par le concepteur.

Question 2.7

La carte grise indique que la masse totale autorisée en charge de la moto est de 450 Kg, ce qui représente un couple sur l'arbre moteur de 92.10^{-3} N.m . Ce moteur peut-il supporter une telle surcharge ? Justifier la réponse.

Décomposition fonctionnelle de l'interface de commande et de puissance du moteur :



La fonction « commuter en tout ou rien » est réalisée par un dispositif à 4 relais. Le moteur doit être commandé dans les 2 sens de rotation.

Question 2.8

En s'aidant de la structure fonctionnelle (page 3/12) :

- préciser la fonction assurée par l'interface.
- identifier les solutions constructives associées à l'interface.

Question 2.9 (Sur le document réponse 3)

Tracer sur le schéma de puissance, le sens de circulation des courants pour les 2 cas de fonctionnement du moteur (utiliser 2 couleurs différentes).
Donner le nom et expliquer le principe de fonctionnement d'une telle commande.

Question 2.10

Les 4 relais ont les caractéristiques suivantes :

Descente de la béquille " béquillage "

Montée de la béquille "débéquillage"

2 Relais à 1 contact NO

2 Relais à 1 contact NO

Pouvoir de coupure	30	A
Puissance bobine	930	$10^{-3}W$
Tension de bobine	12	V
Durée de vie mécanique	10^7	manoeuvre
Résistance de la bobine	155	Ω

Pouvoir de coupure	20	A
Puissance bobine	930	$10^{-3}W$
Tension de bobine	12	V
Durée de vie mécanique	10^7	manoeuvre
Résistance de la bobine	155	Ω

Le choix du concepteur, d'utiliser deux types de relais différents, est-il justifié ?
Argumenter la réponse.

Question 2.11

Les circuits de commande, de puissance et le moteur, consomment 5,8 A pendant les 18 s de la phase de béquillage.

Calculer la quantité d'énergie (Q en A.h) consommée par le kit durant cette phase.

Rappel : $Q = I.t$ (Q en C si t est en seconde ou Q en A.h si t est en heure ; $1 A.h = 3600 C$)

Question 2.12

Le concepteur de ce kit impose le remplacement de la batterie d'origine de la moto de 12V 20Ah 170A , par une batterie de 12V 30A.h 170A.

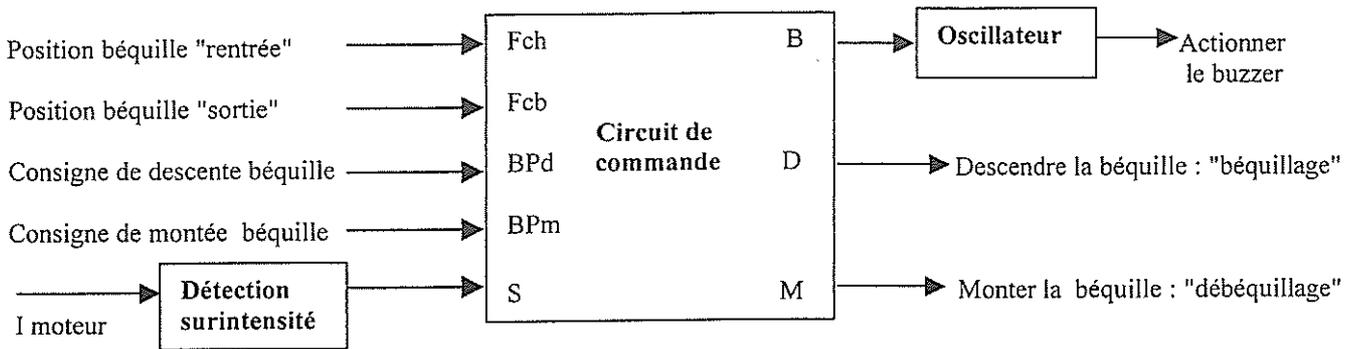
Le remplacement est-il justifié ? Argumenter la réponse.

Troisième étude : L'objet de cette étude est de justifier certaines solutions adoptées par le concepteur pour assurer la sécurité d'utilisation du kit.

Le concepteur a prévu plusieurs dispositifs pour assurer la sécurité de l'utilisateur et éviter la détérioration de son kit :

- en cas de commande involontaire du "béquillage" pendant la conduite de la moto.
- en cas de surcharge de la moto pendant le "béquillage".
- en cas de position intermédiaire de la béquille, le pilote étant averti par un signal sonore.

La structure fonctionnelle de caractérisation des E/S est la suivante :

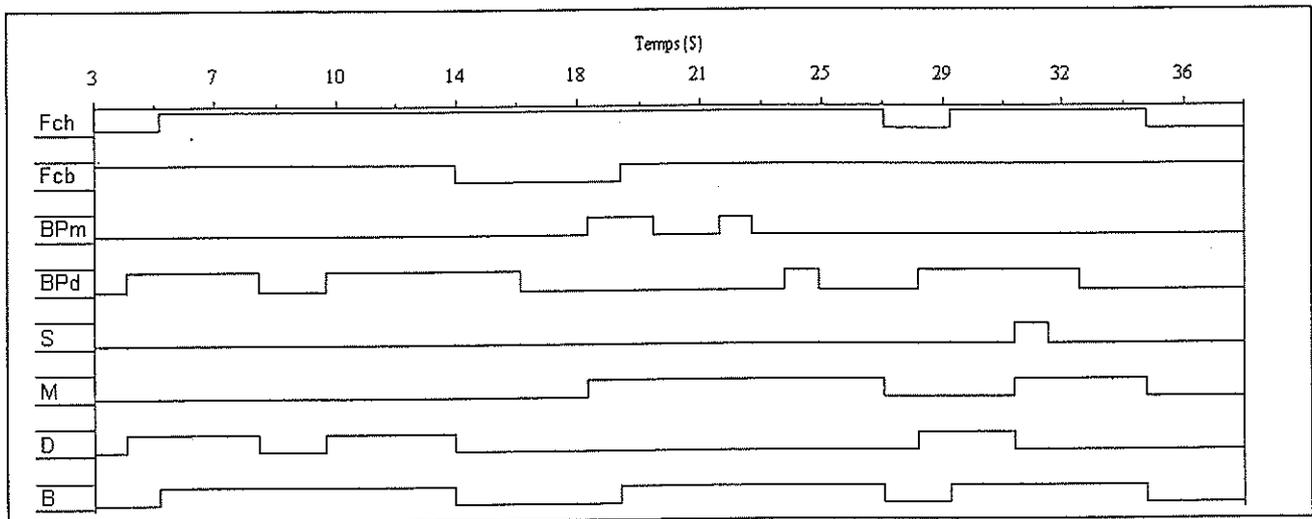


Remarque : Fcb et Fch sont actifs au niveau bas.

- Protection assurée par le circuit de commande.

Les chronogrammes ci-dessous décrivent le fonctionnement du kit :

(Les variations des entrées BPd, BPm et S sont appliquées aléatoirement)



Remarque : Les signaux ci-dessus sont de type logique (état bas=0 , état haut=1)

Question 3.1

En s'aidant de la structure fonctionnelle (page 3/12), identifier les solutions constructives assurant les fonctions "acquérir" et "traiter".

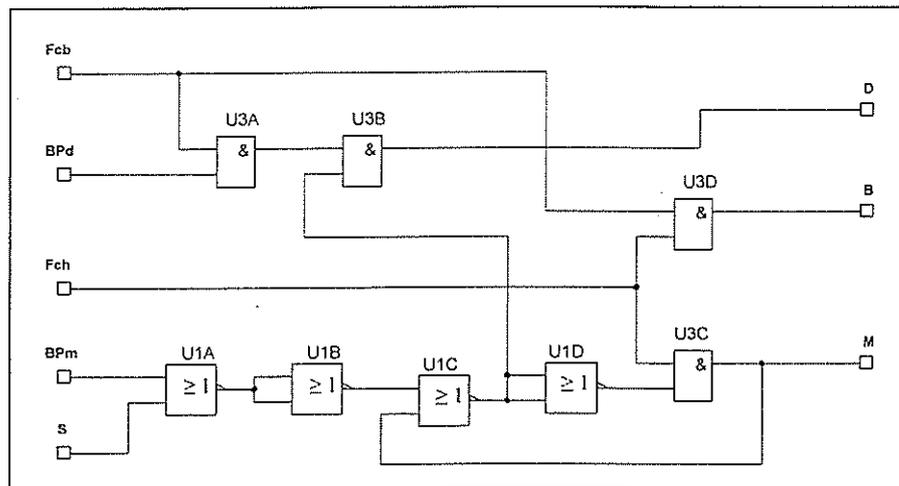
Question 3.2

Indiquer l'état logique des capteurs Fch et Fcb lorsque la béquille est en position intermédiaire. Argumenter la réponse.

Question 3.3

Préciser la conséquence d'une surintensité moteur sur le fonctionnement de la béquille.

Le schéma de la commande est le suivant :



Rappel : Table de vérité et équation logique de l'opérateur « NON OU » : $Y = \overline{A + B}$

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Question 3.4

Identifier (en les citant) les portes logiques utilisées sur le schéma de la commande.

Question 3.5

Etablir, en fonction de Fcb, Fch, BPd, BPM, S, M les équations logiques de :

- ☛ La descente béquille (D) "béquillage"
- ☛ La montée béquille (M) "débéquillage"
- ☛ La commande du buzzer (B)

Question 3.6

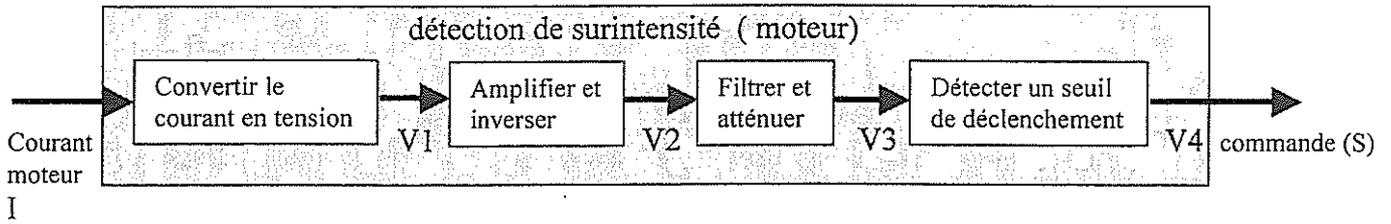
L'équation logique de la sortie (M) présente un fonctionnement séquentiel.

Expliquer le principe de ce mode de fonctionnement et justifier ce choix par rapport à la sécurité d'utilisation de la béquille.

On pourra éventuellement établir et exploiter la table de vérité (en « entrées » : BPM, S, Fch et $M_{t-\Delta t}$, en sortie : M_t).

• Protection matérielle par détection de surcharge

Le cahier des charges impose une détection de surcharge pour un courant moteur supérieur à 8A. La décomposition fonctionnelle de la chaîne de détection est la suivante :



☞ L'équation de la fonction « convertir le courant en tension » est $V1 = I / 10$

☞ L'équation de la fonction « amplifier et inverser » est $V2 = 4.(2,4 - V1)$

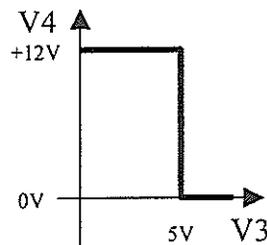
☞ L'équation de la fonction « filtrer et atténuer » est $V3 = 0,783.[(V2_0 - V2_\infty).e^{-2,12.\Delta t} + V2_\infty]$

$V2_0 \rightarrow V2$ à l'instant $t = 0$

$V2_\infty \rightarrow V2$ à l'instant $t = \infty$

$\Delta t \rightarrow$ durée de la variation de tension ($t_\infty - t_0$)

☞ La représentation graphique de la fonction de transfert « Détecter un seuil de déclenchement » est la suivante :



Question 3.7

En s'aidant de la structure fonctionnelle (page 3/12), préciser à quelle caractéristique mécanique correspond l'image du courant moteur.

Question 3.8

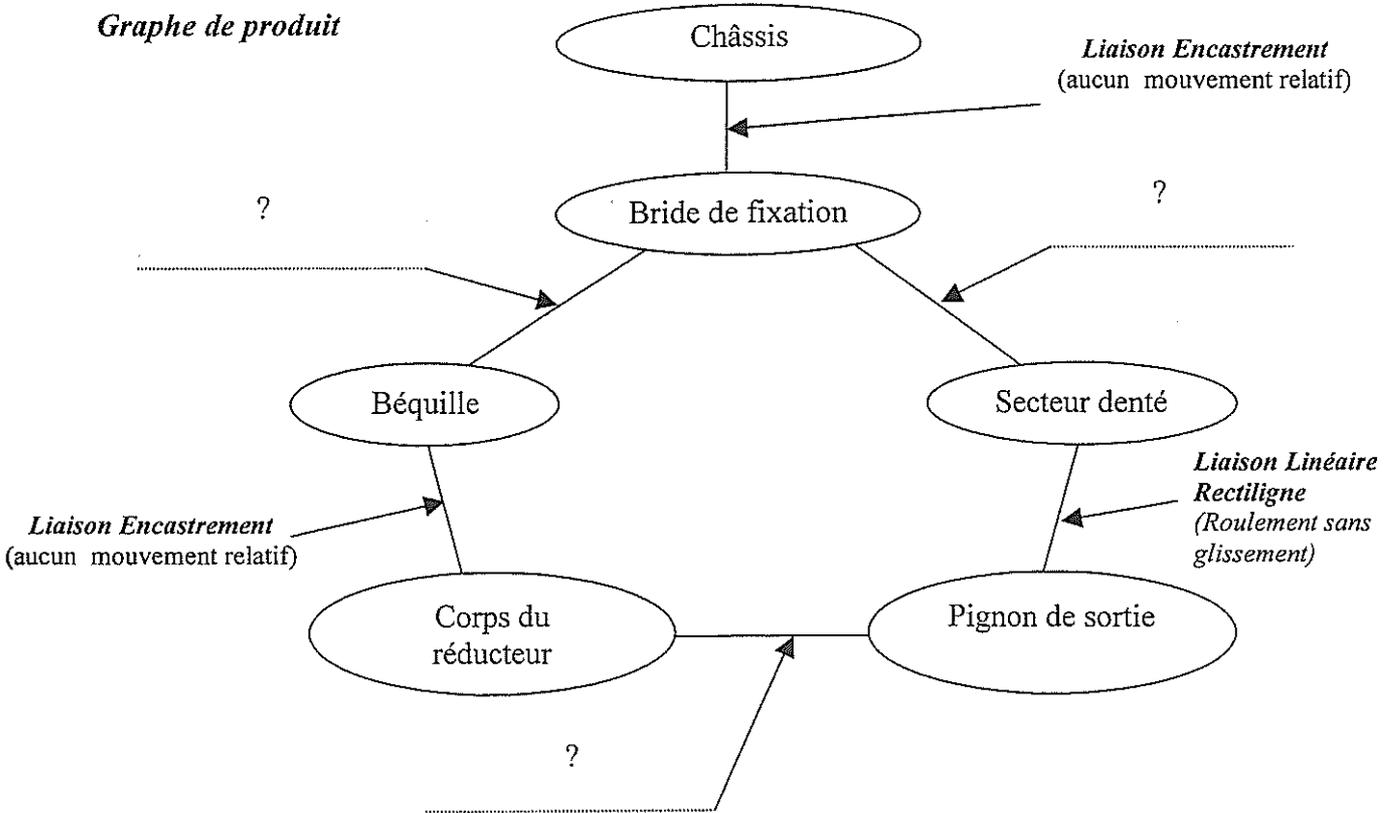
Pour différents échelons (variations brusques) du courant moteur, compléter le tableau du document réponse 3 en précisant les valeurs des différentes tensions obtenues à la fin de la durée de l'échelon.

Question 3.9

La contrainte sur le courant de surcharge moteur, définie par le cahier des charges, est-elle respectée?

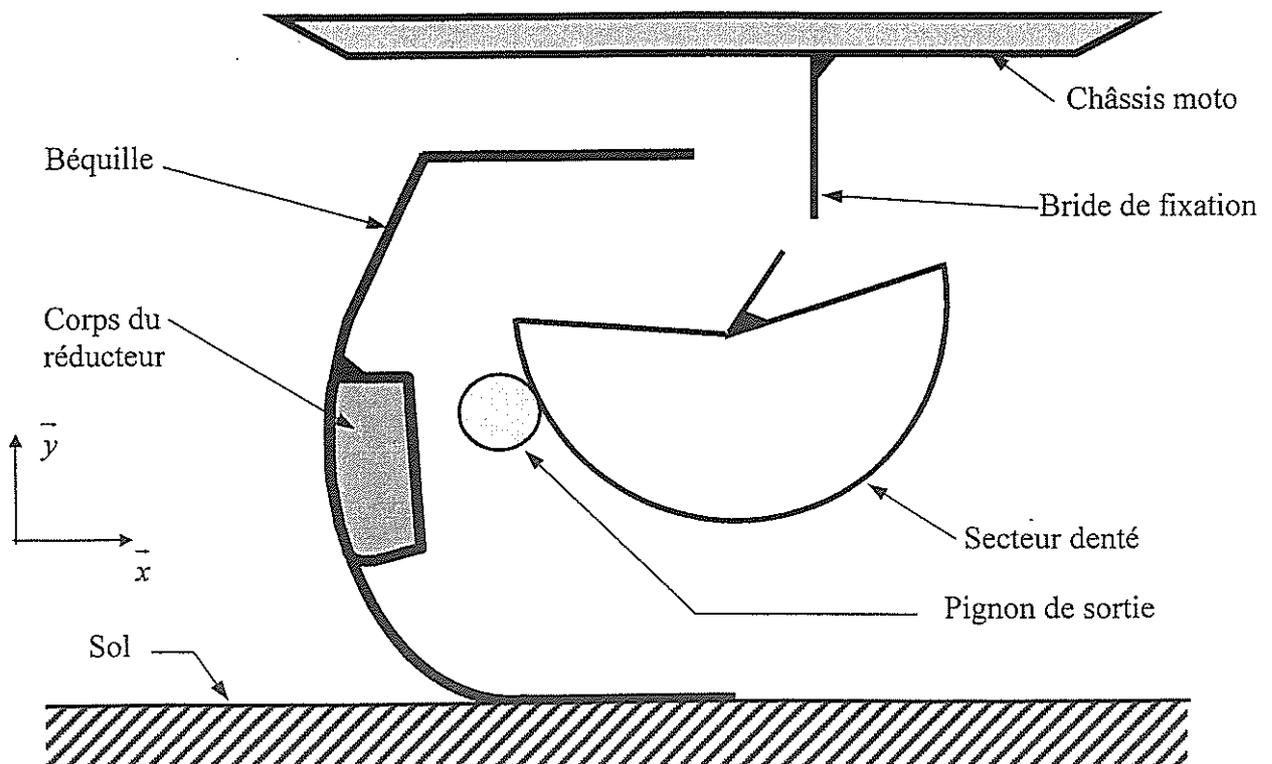
Document réponse 1

Question 1.3 : En utilisant la présentation et la vue en 3D de la béquille, compléter le graphe de produit définissant les liaisons ou les mouvements entre les différentes pièces principales du mécanisme.



Question 1.4 : En tenant compte du graphe de la question 1.3 et grâce à la vue 3D de la béquille, compléter le schéma cinématique partiel.

Schéma cinématique partiel



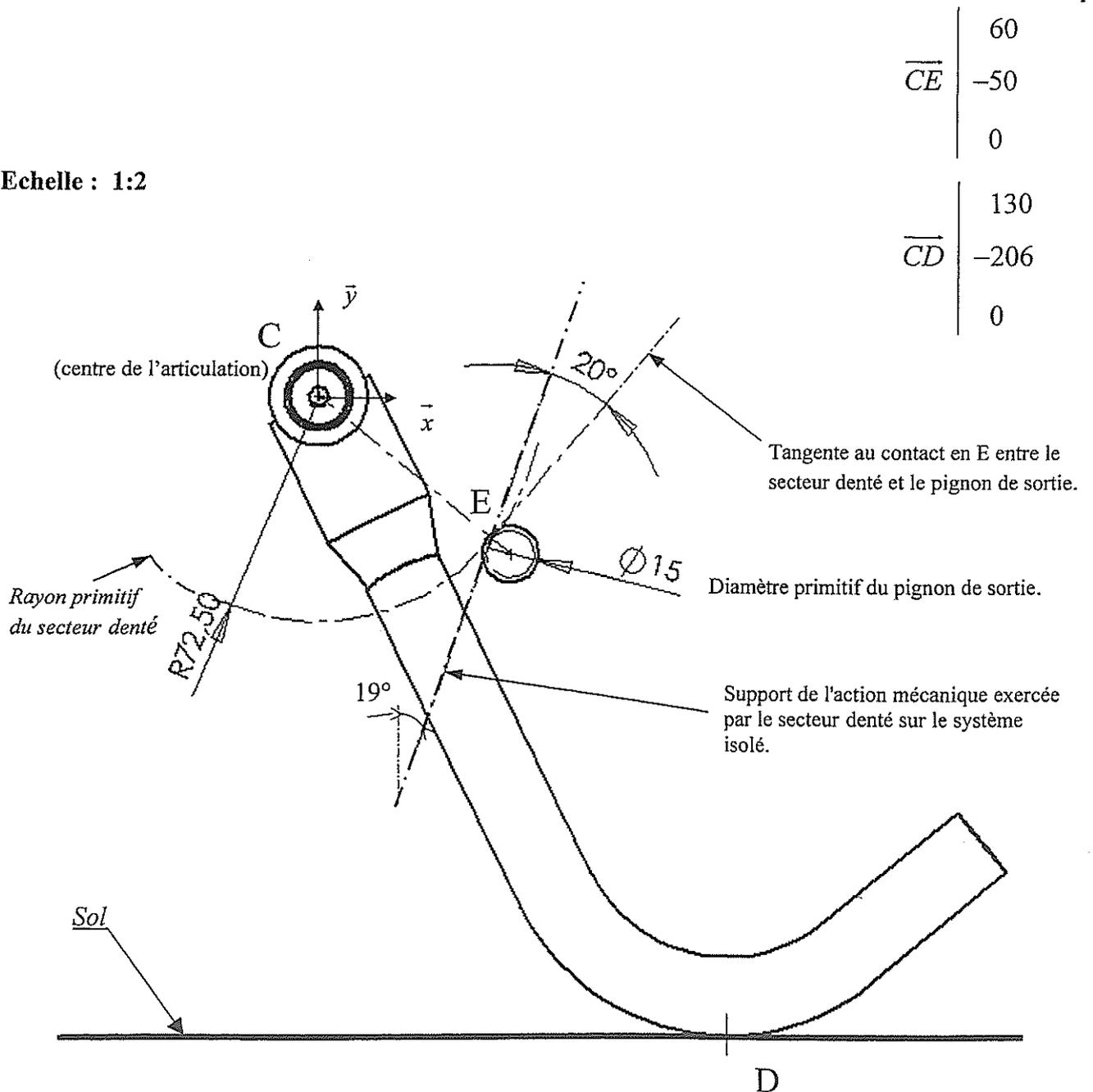
Document réponse 2

Question 2.2 : Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées sur le système matériel isolé (béquille + moteur + réducteur) et déterminer l'intensité (choisir la méthode de résolution) de l'action mécanique exercée sur le pignon de sortie.

Système matériel isolé (béquille + moteur + réducteur) ;

→ Seuls le pignon de sortie et la béquille sont représentés ci-dessous.

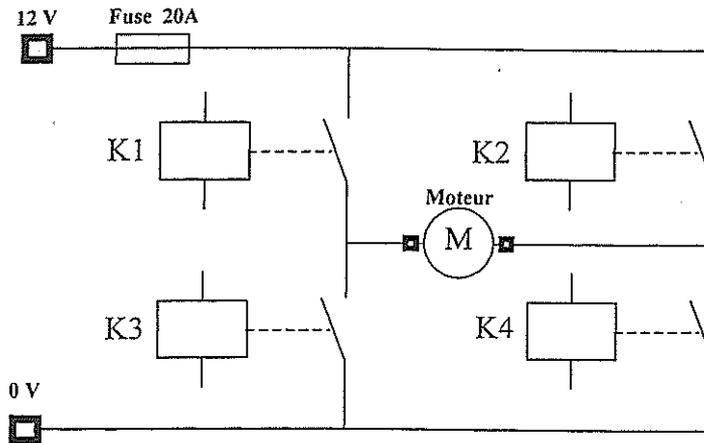
Echelle : 1:2



Document réponse 3

Question 2.9 : Tracer sur le schéma de puissance, le sens de circulation des courants pour les 2 cas de fonctionnement du moteur (utiliser 2 couleurs différentes).

Schéma de puissance



Donner le nom et expliquer le principe de fonctionnement d'une telle commande :

Question 3.8 : Pour différents échelons (variations brusques) du courant moteur, compléter le tableau en précisant les valeurs des différentes tensions obtenues à la fin de la durée de l'échelon.

Evolution des signaux de la chaîne de détection de surcharge moteur

Echelon de courant moteur	V1 (V)		V2 (V)		V3 (V)	V4 (V)
	V1 ₀	V1 _∞	V2 ₀	V2 _∞		
7,9 A 2A ——— t ₀ ———> 10s ———> t _∞		0,79				
8,3A 6A ——— t ₀ ———> 2s ———> t _∞			7,2			
9 A 4A ——— t ₀ ———> 1 s ———> t _∞					4,88	