

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
**CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN
MICROTECHNIQUES**

SESSION 2014

ÉPREUVE E4 :
CONCEPTION PRÉLIMINAIRE
D'UN SYSTÈME MICROTECHNIQUE

Durée : 4 heures

Coefficient : 2

DÉTAILLEUR ÉLECTRIQUE

CORRIGÉ

FT113 - Activité 1 : Calcul de la puissance utile du motoréducteur du DAV (cf. DT5)

Question 1.1 : Montrer que $\|\vec{R}_{biellette \rightarrow levier}\| = \|\vec{R}_{biellette \rightarrow manivelle}\|$

On isole la biellette. D'après les hypothèses et les données :

La biellette est soumise à 2 actions mécaniques extérieures, a.m.e._{levier→biellette} et a.m.e._{manivelle→biellette}, modélisables par 2 glisseurs respectivement en E et F.

À l'équilibre de la biellette, le PFS donne :
$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{levier \rightarrow biellette} + \vec{R}_{manivelle \rightarrow biellette} = \vec{0} \\ \sum_{E, ext \rightarrow biellette} \vec{r} = \vec{0} \end{array} \right\}$$

D'où $\vec{R}_{levier \rightarrow biellette} = -\vec{R}_{manivelle \rightarrow biellette}$ donc $\|\vec{R}_{biellette \rightarrow levier}\| = \|\vec{R}_{biellette \rightarrow manivelle}\|$

Question 1.2 : Déterminer, par la méthode de votre choix, le couple nécessaire Cs en sortie du réducteur.

(a) Méthode graphique : $C_s = \|\vec{M}_{G, biellette \rightarrow manivelle}\| = \|\vec{R}_{biellette \rightarrow manivelle}\| \times d$ avec d « bras de levier » A.N. : $C_s = 27 \times 7,1 \times \cos 17,6^\circ$

$$C_s = 182,7 \text{ N.mm}$$

(b) Méthode analytique : $C_s = \|\vec{M}_{G, biellette \rightarrow manivelle}\| = \|\vec{GF} \wedge \vec{R}_{biellette \rightarrow manivelle}\|$

Question 1.3 : Déterminer la vitesse angulaire $\omega_{manivelle/boîtier} = \omega_s$

D'après les hypothèses simplificatrices : $\omega_s = \frac{\Delta\theta_s}{\Delta t}$

Avec $\Delta\theta_s = 36^\circ + 64^\circ = 100^\circ \Leftrightarrow 100^\circ \times \frac{\pi}{180} \cong 1,745 \text{ rad}$

Avec $\Delta\theta t = 0,35 \text{ s}$

Il vient : $\omega_s = 4,99 \text{ rad/s}$

Question 1.4 : En déduire la puissance nécessaire Ps en sortie du réducteur

$$P_s = \omega_s \times C_s$$

$$P_s = 0,91 \text{ W}$$

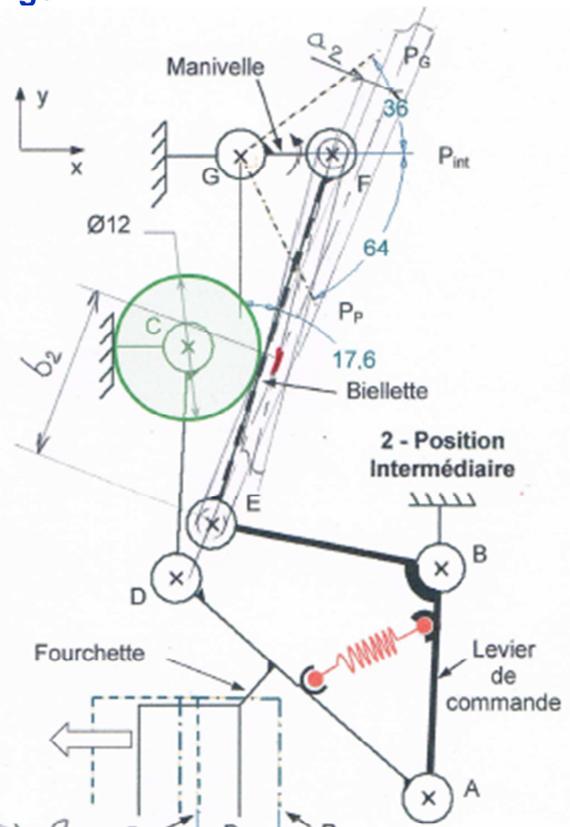
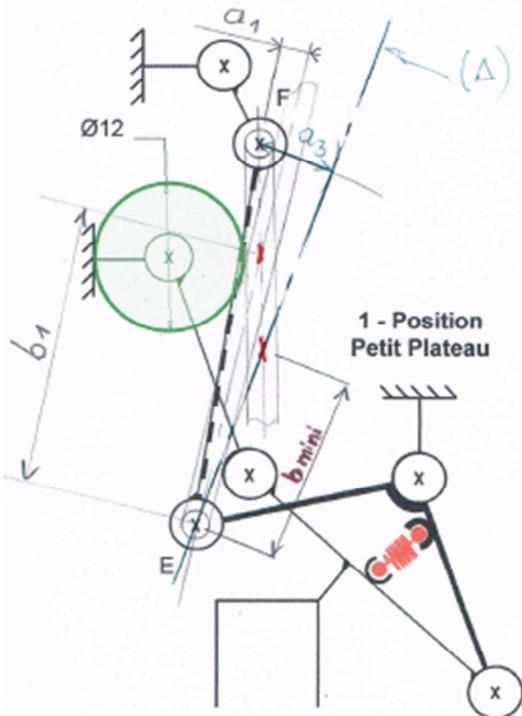
FT113 - Activité 2 : Étude préliminaire de la biellette du DAV (cf. DT5 et DR1)

Question 2.1 : Tracer sur les 3 figures de DR1, le profil plan de la biellette [EF] en s'assurant qu'il n'y ait pas d'interférence avec les formes du guidage du levier [CD] matérialisé par le diamètre $\varnothing 12$. En déduire un profil fonctionnel de la biellette pour les 3 positions.

Cf. DR1 : biellette coudée pour éviter l'interférence avec la matière du bâti au niveau du guidage en rotation d'axe (C, \vec{z})

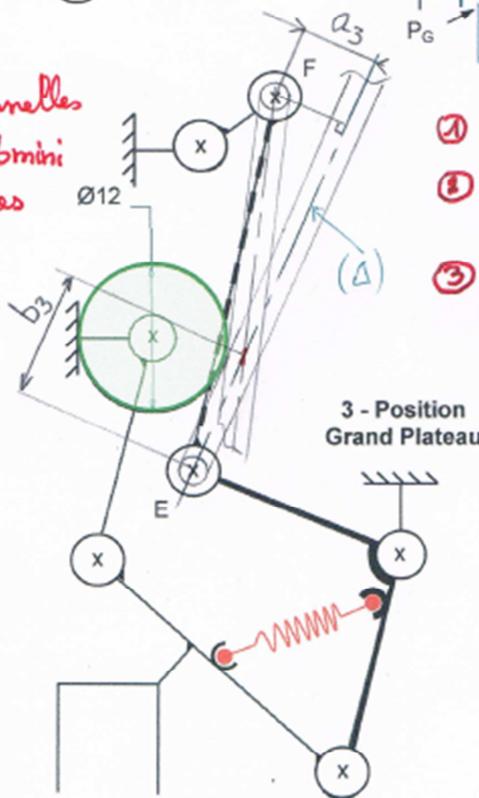
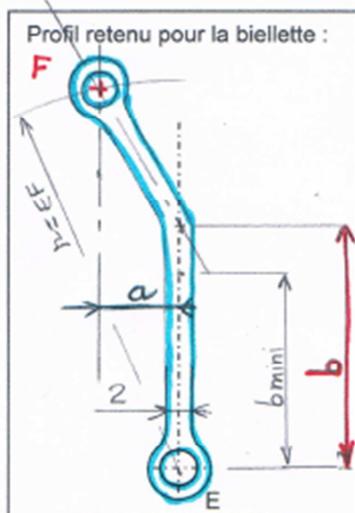
DR1 Corrigé

Question 2.1

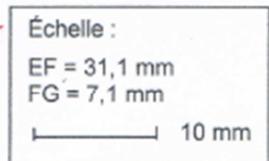


Rq: Pour $a \geq a_3$, toutes les biellettes sont fonctionnelles cinématiquement si $b \geq b_{\text{mini}}$. On minimisera a pour des raisons de résistance $\Rightarrow a = a_3$

- Démarche :
- ① Contrainte n°1 : $a \geq a_3$
 - ② On retrace (Δ) sur la figure où b est maxi \Rightarrow fig. 1
 - ③ On obtient b_{mini} de la biellette courbée



Rappel :
section mini biellette 2x2:
H 2 mm



Remarque : d'autres solutions sont possibles : forme en arc ou plusieurs courbures

Question 2.2 : Déterminer le meilleur matériau compatible en justifiant votre choix.

Les critères sont :

- $\sigma_{pe\ mini} \geq 130\ MPa$
- Meilleur facteur de frottement possible
- Limitation de l'usure

$\sigma_{pe\ PA-GF} < 130\ MPa \Rightarrow$ Matériau non compatible

$\mu_{acier/acier} < \mu_{acier/alu}$ et acier traité anti corrosion

\Rightarrow Choix : acier traité

FT111- Activité 3 : Choix d'un moteur DC pour le DAV (cf. DT4, DT6 et DT9)

Question 3.1 : Déterminer la puissance minimale du moteur.

$$\eta = \frac{P_s}{P_{mot}} \text{ avec } \eta = 0,97 \times 0,97 \times 0,8 \times 0,7 \text{ d'où } \eta = 0,527$$

$$\Rightarrow P_{mot} = \frac{0,95}{0,527} = 1,8\ W$$

Question 3.2 : Déterminer d'après le CdCf, les DT9 et le résultat précédent la référence d'un moteur DC compatible. Justifier votre choix.

Critères mécaniques : P, ω et C (2 parmi 3 valides)

Il faut : $P_{mot\ réel} \geq P_{mot\ théorique}$ idem pour les autres grandeurs au point de fonctionnement

Critères électriques : P, U et I (2 parmi 3 valides)

Il faut : $6\ V \leq U_{mot} \leq 12\ V$ d'après le CdCf

Le seul moteur compatible est : SCL12-2204 (P = 2,3 W et U = 6 V)

Question 3.3 : On donne sur **DR2**, le graphe de fonctionnement du moteur retenu. Repasser la courbe de vitesse dans la zone de fonctionnement souhaitée.

Cf. DR2 :

Question 3.4 : À l'aide du **DR2** et sur feuille de copie, montrez que le point de la zone de fonctionnement souhaitée où le moteur fournit le couple le plus élevé est un point de fonctionnement capable de satisfaire les exigences imposées (P_s et ω_s). On prendra, pour cette question, le rendement du réducteur $\eta_{réducteur} = 0,53$.

Cf. DR2 :

$$C_{mot} = \frac{C_s \times r}{\eta_{réducteur}} \text{ avec } r = \frac{\omega_s}{\omega_{mot}} = \frac{N_s}{N_{mot}} \text{ rapport de transmission du réducteur}$$

$$C_s = \frac{P_s}{\omega_s} = \frac{0,95}{5,1} = 0,1863\ N.m \text{ soit } 186,6\ N.mm$$

$$N_s = \frac{30 \times \omega_s}{\pi} = 48,7\ tr/min$$

BTS Conception et Industrialisation en Microtechniques		Session 2014
Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique	Code : CORRIGÉ	Page 3/15

D'après la question Q 3.4 il faut choisir le point de la zone de fonctionnement [AB] où le couple moteur est le plus élevé : il s'agit du point B avec $C_{mot} = 1,6 \text{ N.mm}$

Ensuite on « teste » les caractéristiques du point « B » du DR2, on doit montrer que :

$$C_{mot} \geq \frac{C_s \times r}{\eta_{réducteur}} \Leftrightarrow C_{mot} \geq \frac{186,3 \times 48,7}{0,53 \times 11900} \Leftrightarrow C_{mot} \geq 1,44 \text{ N.mm}$$

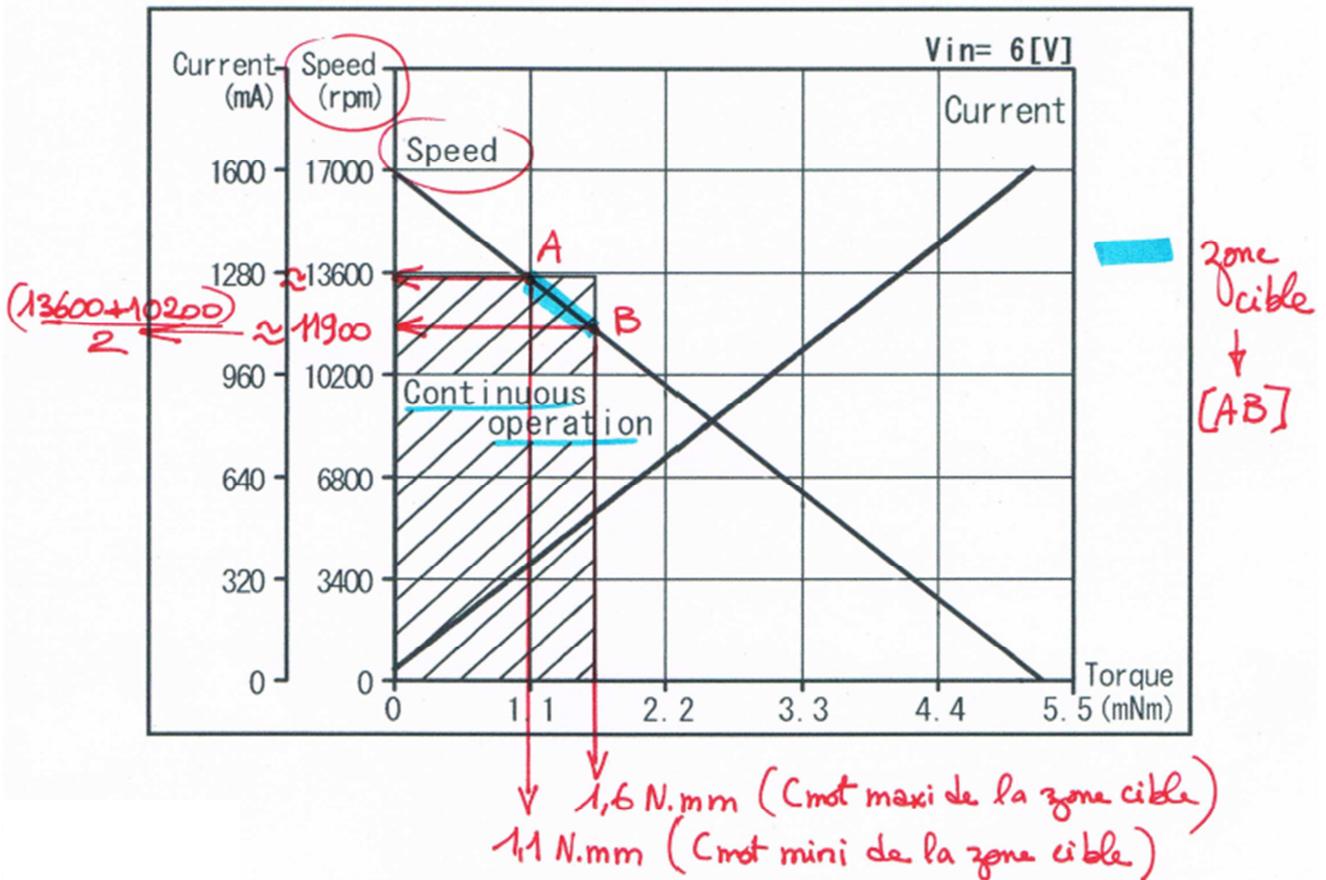
⇒ OK, moteur capable car pour ce point de fonctionnement $C_{mot} = 1,6 \text{ N.mm}$

Question 3.5: Pour le point de fonctionnement moteur étudié à la question précédente, déterminer le rapport de transmission théorique du réducteur $r_{théo}$.

Pour le point « B » on obtient : $r_{théorique} = \frac{48,7}{11900} \Leftrightarrow r_{théorique} \cong \frac{1}{244} \cong 0,0041$

DR2 corrigé des questions Q 3.3 et Q 3.4 :

Questions 3.3 et 3.4 :



FT112 - Activité 4 : Étude du réducteur de vitesse du DAV (cf. DT4 et DT6)

Données :

- Pour la suite de l'étude, on prendra un rapport de transmission global $r = 1/245$.
- Plusieurs architectures sont envisagées sur le DT6 pour le réducteur de vitesse.
- Le défaut de positionnement angulaire d'une transmission par roue et vis sans fin est généralement inférieur à celui généré par une transmission par engrenages parallèles.

Question 4.1 : Chaque solution de conception de réducteur intègre un étage roue et vis sans fin. Selon vous, à quelle fonction technique répond ce choix ?

Cette solution répond à la FT142 : Utiliser une transmission irréversible

Question 4.2 : Déterminer la solution qui répond le mieux aux exigences en complétant le tableau donné sur **DR2**.

DR2 corrigé Q 4.2:

Question 4.2 :

Critères d'analyse comparative	Solution 1	Solution 2	Solution 3
Encombrement* global du réducteur	+ ou ++	0 ++ +	+
Précision angulaire en sortie de réducteur	0	+	++
Résistance des dentures et protection du réducteur contre les surcharges extérieures	0	+	++
Résultats de l'analyse (nbre de +)	1 ou 2	2 ou 3	5

Codification de l'analyse :

Peu adapté	0
Convenable	+
Favorable	++

Selon les critères choisis, même avec des variantes acceptables dans les réponses le score de la solution n°3 reste le meilleur

Solution à retenir : ... *Solution 3* ...

* les figures du DT6 ne reflètent pas l'encombrement réel des architectures

FT11 - Activité 5 : Étude de l'évolution du courant moteur du DAV (cf. DT8)

Question 5.1 :

Au début la vitesse ainsi que la force contre électromotrice proportionnelle sont nulles puis progressent rapidement. Seule la résistance interne du moteur limite le courant à l'instant du démarrage.

Question 5.2 :

Le courant est proportionnel au couple résistant qui est très variable.

Question 5.3 :

DR3 :TAB1 (ordre de grandeur)

Ligne		Phase1	Phase2	Phase3	4	Phase5
1	Durée (ms)	30	50	250		≈12
2	I moteur (A)	0,15<min< 0,2 max ≈1,95	0,1< <0,2	0,15<min< 0,25 1,05<max<1,15		1,4<min< 1,45 max ≈1,95

FT111 Activité 6 : Évaluation de l'autonomie de la batterie du système

Question 6.1 :

La somme algébrique de l'aire comprise entre la courbe et cette valeur moyenne doit être nulle. Pour évaluer graphiquement une valeur moyenne pendant un intervalle de temps, il faut donc égaliser graphiquement l'aire comprise au-dessus de cette valeur moyenne et la courbe et l'aire comprise au-dessous de cette valeur moyenne et la courbe.

Question 6.2 :

$$\Delta Q_1 = [0,7 \times 30] + [0,2 \times 50] + [0,75 \times 250] + [1,6 \times 12] \approx 238 \text{ Ams soit } 238 \text{ mAs}$$

Question 6.3 :

$$Q_{T2m} = 200 \times \Delta Q_1 + 1500 \times (\Delta Q_1 / 2) = 226100 \text{ mAs soit } 226100 / 3600 \approx 63 \text{ mAh.}$$

Question 6.4 :

$$Q_{tot} = (63 + 10) \times 3 = 219 \text{ mAh}$$

FT11 Activité 7 : Commande du moteur du DAV

Question 7.1 :

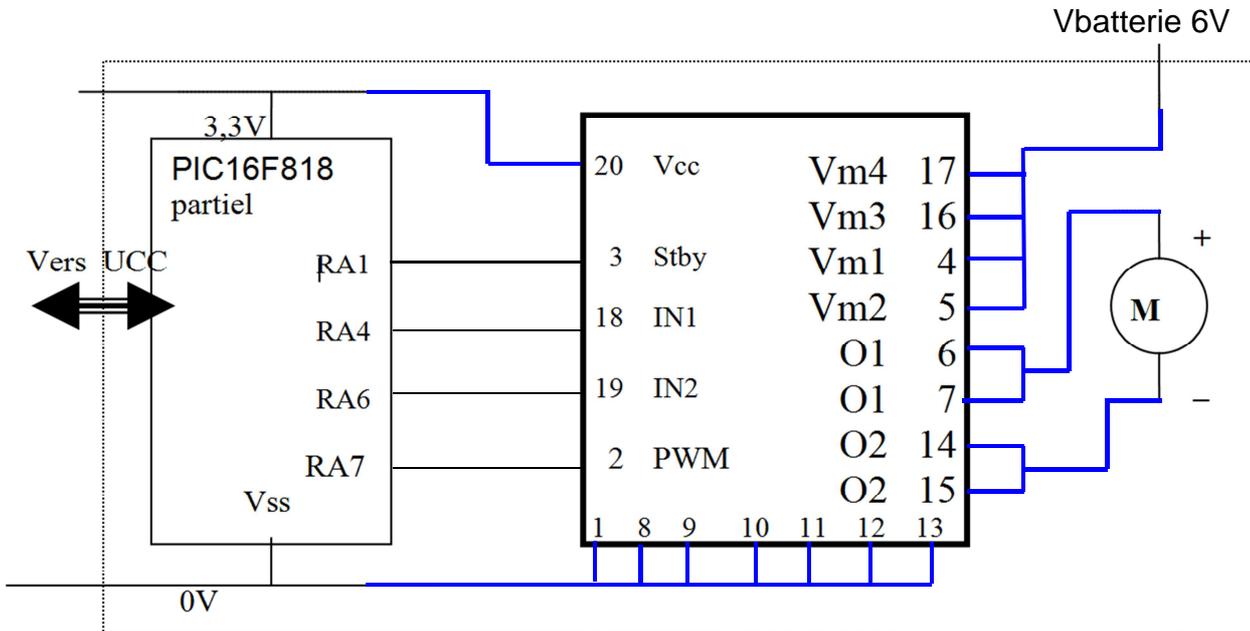
Circuit pont en H « TB6593FNG »

Question 7.2 :

La broche « Standby » permet de mettre en veille et de réduire la consommation à 1µA.

Question 7.3 :

DR4 : Cadre 1



Question 7.4 :

DR4 : TAB : 2

Port A/ bit n	RA7	RA6	5	RA4	3	2	RA1	0
Sens horaire (CW)	1	0		1			1	
Sens anti- horaire (CCW)	1	1		0			1	
repos & économie	0	X		X			0	

FT131 Activité 8 : Captage de la position absolue du DAV :

Question 8.1 :

Analogique en sortie de capteur

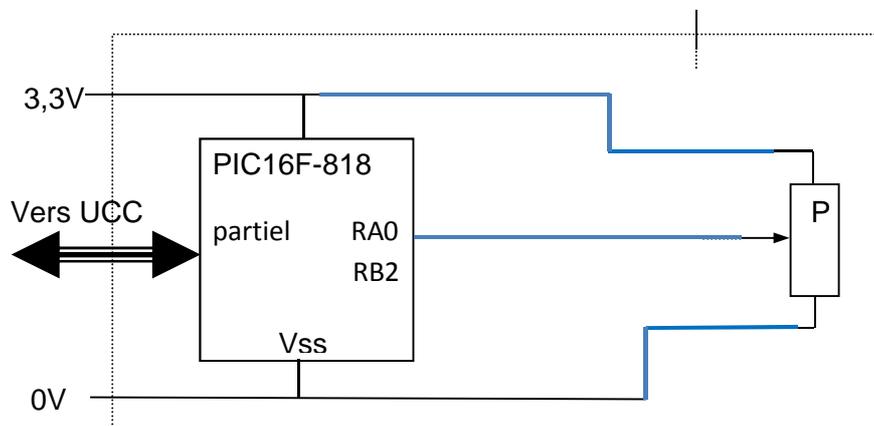
Question 8.2 :

L'entrée RA0 du port A permet la conversion analogique / numérique

Question 8.3 :

DR4 : cadre 2

Seule la tension 3,3V est assez précise donc si le potentiomètre est au milieu :



Question 8.4 :

$$U = \frac{3,3}{2} = 1,65 \text{ V}$$

FT151 – Activité 9 : Étude de la détection rapide d'un blocage du DAV :

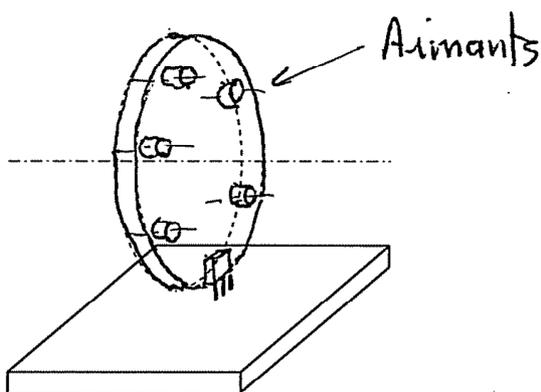
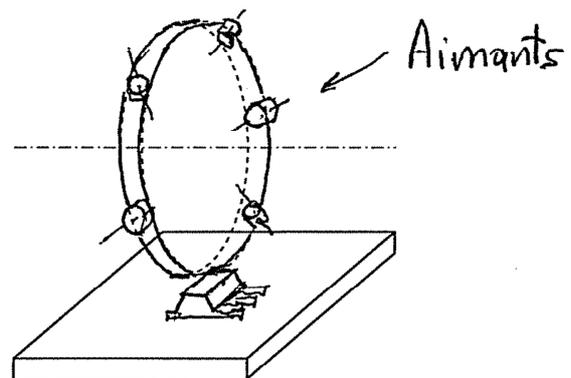
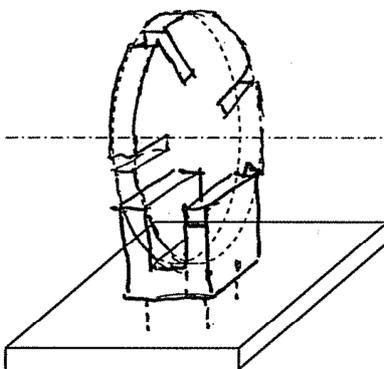
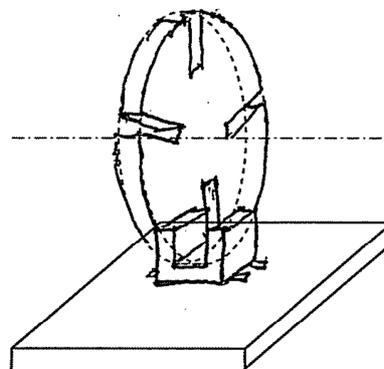
Question 9.1: Quels inconvénients majeurs pour l'ensemble du dérailleur présente ce cas de dysfonctionnement ?

- ✓ Chauffe du moteur
- ✓ Détérioration éventuelle de la cinématique
- ✓ Décharge de la batterie d'alimentation

Question 9.2: Quelles solutions peuvent être envisagées pour détecter un éventuel blocage en rotation du moteur et assurer ainsi la coupure de son alimentation?

- ✓ Mesure de l'intensité dans l'induit du moteur
- ✓ Commande temporisée du moteur
- ✓ Capteur de détection de non rotation de l'arbre moteur

Question 9.3: Pour chacun des 4 capteurs, pouvant assurer cette fonction de détection de blocage proposés en document technique, représenter à main levée leur implantation sur circuit imprimé double face ainsi que les aménagements nécessaires à pratiquer sur leur roue de détection correspondante.

DR5 IMPLANTATION DES CAPTEURS

TLE 4905L

UGN3130

GP1A53HR

EE-SX1108

Question 9.4: Evaluer les avantages et inconvénients de chacune des 4 solutions proposées.

DR5 ANALYSE COMPARATIVE DES CAPTEURS

Détection blocage	Avantages	Inconvénients
TLE4905L	- Encombrement réduit	- Prix = 1,80 € - Roue à aimants plus chère que roue à fentes
UGN3130	- Encombrement réduit - Format cms - Prix = 0,74 €	- Roue à aimants plus chère que roue à fentes
GP1A53HR	- Roue à fentes moins chère que roue à aimants	- Encombrement - Prix = 2,31 €
EE-SX1108	- Encombrement réduit - Format cms - Prix = 1,57 € - Roue à fentes moins chère que roue à aimants	- Aucun

FT151 – Activité 10 : Détermination d'une roue à fentes

Question 10.1:

$$N_{2\max} = \frac{N_{\max}}{r_1 \times r_2}$$

A.N. : $N_{2\max} = 13600 / (3,36 \times 4,3) = 941,31 \text{ tr/min}$

Question 10.2:

$$F_{p\max} = \frac{N_{\max} \times n}{r_1 \times r_2} \times \frac{1}{60} \quad \text{d'où} \quad T_{p\min} = \frac{60 \times r_1 \times r_2}{N_{\max} \times n}$$

Question 10.3

$$T_{p\min} > 2 \times t_s$$

Question 10.4:

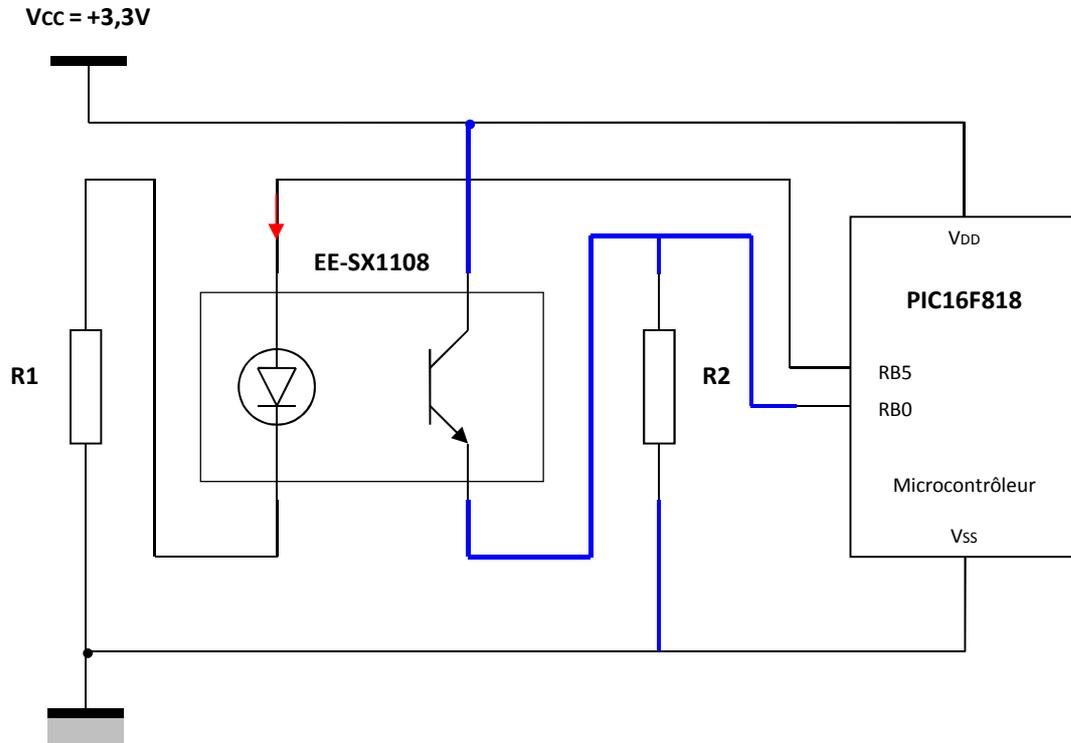
$$n < \frac{60 \times r_1 \times r_2}{2 \times N_{\max} \times t_s}$$

$$n < \frac{60 \times 3,36 \times 4,3}{2 \times 13600 \times 4,5 \times 10^{-3}} = 7,08$$

$n = 7 \text{ fentes}$

FT151 – Activité 11 : Câblage de l'opto-interrupteur

Question 11.1:

DR6 CABLAGE OPTO-INTERRUPTEUR

FT151 – Activité 12 : Détermination de la résistance R1

Question 12.1:

$$I_F = \frac{V_{CC} - V_F}{R_1}$$

Question 12.2:

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_F}{I_F}$$

Question 12.3:

$$V_F = 1,2 \text{ V}$$

Question 12.4:

$$R_1 = \frac{3,3 - 1,2}{10 \cdot 10^{-3}} \quad \text{A.N. :} \quad R_1 = 210 \Omega$$

Question 12.5:

$$P_{R1} = \frac{(V_{CC} - V_F)^2}{R_1} \quad \text{A.N. :} \quad P_{R1} = \frac{(3,3 - 1,2)^2}{210} = 20 \text{ mW}$$

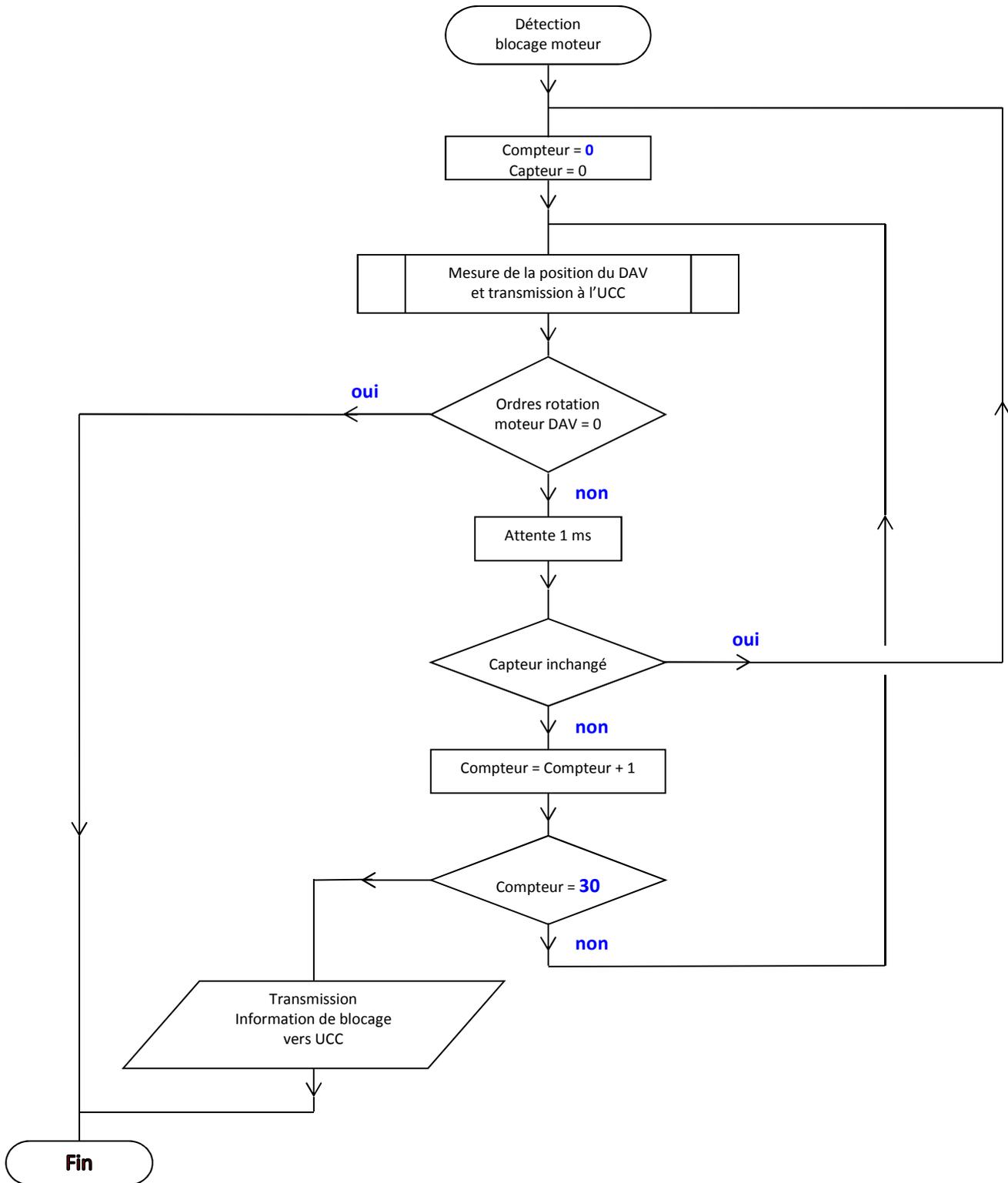
Question 12.6:

$$20 \text{ mW} < 1/16^{\text{ème}} \text{ W} \Rightarrow \text{Format 0603 suffisant}$$

FT152 – Activité 13 : Étude de la solution pour arrêter rapidement le moteur

Question 13.1 :

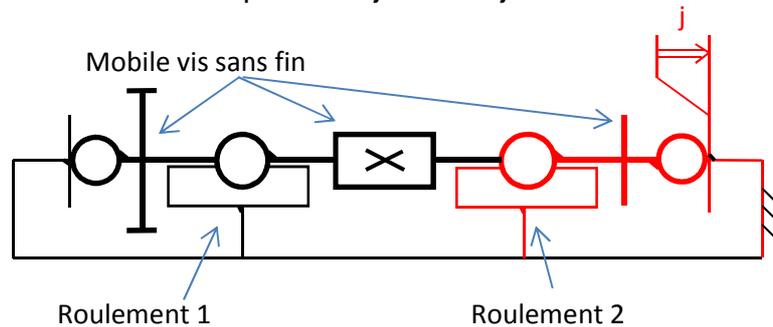
DR7 SOUS-PROGRAMME DE DETECTION DE BLOCAGE DU MOTEUR



Question 13.2 : Prise en compte du temps de démarrage du moteur

FT112 - Activité 14 : Étude du guidage en rotation du mobile vis sans fin / bâti

Question 14.1 : Compléter à main levée sur **DR8** le schéma structurel du guidage en rotation du mobile vis sans fin / bâti et placer le jeu axial j .



Question 14.2 : Déterminer la charge dynamique équivalente P supportée par chaque roulement.

D'après les données :

$$P = Fr = \frac{\text{charge radiale} \times \text{facteur de sécurité}}{\text{nbre de roulement}} = 12 \text{ daN}$$

Question 14.3 : Déterminer les références de 2 roulements à billes qui peuvent satisfaire aux exigences citées précédemment.

Vous tiendrez compte des contraintes de lubrification et d'entretien en choisissant des roulements protégés par 2 flasques.

Vous privilégiez le minimum d'encombrement.

Remarque : les 2 roulements ne sont pas nécessairement identiques.

Justifier vos choix.

On élimine tous les roulements dont $\varnothing_{\text{int}} \leq 2,4 \text{ mm}$

On élimine tous les roulements dont $C_{\text{dyn}} < 12 \text{ daN}$

On se limite aux roulements protégés par 2 flasques (zz)

On choisit $C_{\text{dyn}} \geq 12 \text{ daN}$ mais au plus proche

On choisit la taille minimale

Roulements possibles : 682 X ZZ (côté roue à fentes uniquement) ; MR 63 ZZ (éventuellement des 2 côtés) ; R 144 ZZ (côté roue dentée uniquement)

Choix du montage:

En métrique : le MR 63 ZZ se rapproche le plus des contraintes évoquées

$C_{\text{dyn}} = 13 \text{ daN} \geq 12 \text{ daN}$ $\varnothing_{\text{int}} = 3 \geq 2,4 \text{ mm}$; protégé par 2 flasques et $\varnothing_{\text{ext}} = 6 \text{ mm}$

En cotes anglaises : le R 144 ZZ se rapproche le plus des contraintes évoquées

D'après les données, on suppose $C_{\text{dyn}} \geq 12 \text{ daN}$ $\varnothing_{\text{int}} = 3,175 \geq 2,4 \text{ mm}$; protégé par 2 flasques et $\varnothing_{\text{ext}} = 6,35 \text{ mm}$

Le fait d'associer un roulement métrique (côté roue à fentes) et un roulement cotes anglaise (côté roue dentée intermédiaire) permet d'obtenir un montage aisé du mobile dans la cage comme indiqué dans la stratégie de conception et d'avoir un encombrement minimal.

BTS Conception et Industrialisation en Microtechniques		Session 2014
Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique	Code : CORRIGÉ	Page 13/15

Question 14.4 et question 14.5 :

DR8

