BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN MICROTECHNIQUES

SESSION 2014

ÉPREUVE E4 :

CONCEPTION PRÉLIMINAIRE
D’UN SYSTÈME MICROTECHNIQUE

Durée : 4 heures

Coefficient : 2

DÉRAILLEUR ÉLECTRIQUE

DOSSIER TRAVAIL DEMANDÉ

Ce dossier comporte 14 activités réparties sur 9 pages.

Avant de le lire, il est conseillé de prendre connaissance du dossier technique.

Activité 1 : Calcul de la puissance utile du motoréducteur du DAV Page 1

Activité 2 : Étude préliminaire de la biellette du DAV Page 1

Activité 3 : Choix d’un moteur DC pour le DAV Page 2

Activité 4 : Étude du réducteur de vitesse du DAV Page 2

Activité 5 : Étude de l’évolution du courant moteur du DAV Page 3

Activité 6 : Évaluation de l'autonomie de la batterie du système Page 3

Activité 7 : Commande du moteur du DAV Page 4

Activité 8 : Captage de la position absolue du DAV Pages 4 et 5

Activité 9 : Étude de la détection rapide d’un blocage du DAV  Pages 5 et 6

Activité 10 : Détermination d’une roue à fentes Page 6

Activité 11 : Câblage de l’opto-interrupteur Page 6

Activité 12 : Détermination de la résistance R1 Page 7

Activité 13 : Étude de la solution pour arrêter le moteur du DAV Page 7

Activité 14 : Étude du guidage en rotation du mobile vis sans fin Pages 8 et 9

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

**Données :**

* + Les résultats expérimentaux ont permis de déterminer, dans la position représentée sur DT5, l’effort nécessaire à exercer sur le levier de renvoi [EBA] en E par l’intermédiaire de la biellette [EF]. Il est modélisé par un glisseur tel que = 27 N.
	+ Le changement de plateau doit s’effectuer en 0,35 s maximum.
	+ Les liaisons sont supposées parfaites.
	+ Le poids des pièces est négligeable devant les autres actions mécaniques.
	+ Le mouvement de rotation d’axe (G,de la manivelle / boîtier est supposé uniforme.

*Question 1.1* : Montrer que = 

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

*Question 1.3* : Déterminer la vitesse angulaire = 

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

*Répondre sur feuille de copie*

**FT113 - Activité 2 : Étude préliminaire de la biellette du DAV (cf. DT5, DT16 et DR1)**

**Données :**

* + Les formes existantes imposées du mécanisme à fourchette DURA ACE et les contraintes d’encombrement très restrictives entraînent une interférence de la biellette [EF] avec les formes du guidage en rotation d’axe (C,du levier [CD].
	+ La section minimale de la biellette est fixée à 2x2 mm.
	+ La forme non rectiligne de la biellette et sa faible section engendrent des contraintes dans la matière qui atteignent localement 130 MPa.
	+ Les manetons en F et E sont des pièces rapportées en acier traité (résistance à l’usure, à la corrosion et meilleur facteur de frottement μ).
	+ 3 types de matériaux sont proposés pour la biellette (on notera que Rpe) :

- Acier (400 MPa, μ acier/acier = 0,15),

- Alliage d’aluminium (200 MPa, μ acier/alu = 0,25),

- Plastique technique type PA-GF (100 MPa, μ acier/plastique = 0,1).

*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 Ø12. En déduire un profil fonctionnel de la biellette pour les 3 positions.

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

*Répondre sur* ***DR1*** *et sur feuille de copie*

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

**Données :**

* + Pour la suite de l’étude, on prendra Ps = 0,95 W et = 5,1 rad/s
	+ Les gammes standard de motoréducteurs performants ne procurent aucune solution compatible avec le CdCf. Il faut concevoir un réducteur spécifique et trouver un moteur DC compatible.
	+ Le rendement d’un engrenage parallèle vaut 0,97, celui d’un engrenage roue et vis sans fin 0,7. Le rendement global de l’ensemble des liaisons pivots est estimé à 0,8.
	+ On choisira un point de fonctionnement moteur dans la zone du mode de fonctionnement continu (« continuous operation »).

*Question 3.1* : Déterminer la puissance minimale du moteur.

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

*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.

*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 (Ps et ). On prendra, pour cette question, le rendement du réducteur ηréducteur = 0,53.

*Question 3.5* : Pour le point de fonctionnement moteur étudié à la question précédente, déterminer le rapport de transmission théorique du réducteur rthéo.

*Répondre sur* ***DR2*** *et sur feuille de copie*

**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 ?

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

*Répondre sur feuille de copie et sur* ***DR2***

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

Lorsque le cycliste agit sur les commandes de changement plateau, le boîtier principal UCC envoie un message de commande au boitier UCL-DAV qui pilotera le moteur en tout ou rien.

**Données :**

* + L’oscillogramme du courant moteur DAV (en valeur absolue) pendant un changement de plateau (cf. DT8)

*Question 5.1* : Comment justifier le "pic" de courant pendant la phase1 ?

*Question 5.2* : Quelle est la grandeur physique qui provoque les variations d'intensité du courant moteur pendant les phases 2 et 3 en particulier ?

*Question 5.3* : Évaluer graphiquement les durées et intensités du courant moteur pour chacune des phases 1, 2, 3 et 5 et compléter sur **DR3** le tableau TAB. 1.

*Répondre sur feuille de copie et sur* ***DR3***

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

La batterie alimente l'ensemble des 3 boîtiers incluant les moteurs des dérailleurs avant et arrière.

**Données :**

* + Batterie : tension nominale 6V ± 10% (capacité à évaluer)
	+ L’oscillogramme du courant moteur DAV (en valeur absolue) pendant un changement de plateau (cf. DT8)
	+ Changement de vitesse à l’arrière UCL-DAR : consommation d’électricité 2 fois plus faible

*Question 6.1* : À partir de l’oscillogramme (DT8) les courants moyens ont été évalués :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Phase | 1 | 2 | 3 | 5 |
| Imoy | ≈ 0,7 A | ≈ 0,2 A | ≈ 0,75 A | ≈ 1,6 A |

Décrire une méthode graphique permettant d’obtenir la valeur moyenne d’une grandeur sur un intervalle de temps donné.

*Question 6.2* : En déduire la quantité globale d'électricité ΔQ1 absorbée par le moteur avant associé au changement de plateau.

*Question 6.3* : On envisage pour une journée : 10h de course, 200 changements de plateaux et 1500 changements de pignons arrières.

 Pour simplifier on supposera que le moteur du changement de vitesse arrière consomme une énergie 2 fois plus faible que ΔQ1 calculée précédemment.

Calculer la quantité totale d’électricité QT2m nécessaire aux 2 moteurs pendant une journée de course.

*Question 6.4* : La consommation des autres composants pendant cette journée étant de
10 mAh, calculer la capacité totale Qtot de la batterie pour 3 journées de course.

*Répondre sur feuille de copie*

On souhaite développer une nouvelle version en vue d’un équipement plus accessible aux amateurs avec un moindre coût.

**FT11 Activité 7 : Commande du moteur du DAV**

Le moteur à courant continu est commandé en tout ou rien : marche/ arrêt.

Pour tout matériel embarqué, il est indispensable de limiter la consommation électrique en dehors des instants de rotation. (Consommation du PIC16F818 négligeable).

**Données :**

* + À partir des documents techniques DT11 et DT12.
	+ Seules les broches RA1, RA4, RA6 et RA7 du port A sont disponibles (cf. **DR4**).
	+ Moteur : tension nominale 6V, vitesse à vide 16800 tr / min, R = 3,8 Ω.
	+ Tensions disponibles : 3,3V très précise et batterie 6V ± 10%.

*Question 7.1* : Quel type de circuit figurant dans la documentation permet d’interfacer le moteur  et le microcontrôleur ? Donner sa référence.

*Question 7.2 :* Pour le circuit sélectionné, quel est le moyen de minimiser sa consommation propre en absence de rotation du moteur ?

*Question 7.3 :* Compléter, sur **DR4** cadre 1, le schéma électrique de l’interface moteur.

*Question 7.4* : Pour les différents modes de fonctionnement figurant dans le tableau TAB. 2, préciser les valeurs binaires des signaux RA1, RA4, RA6 et RA7 en complétant le TAB. 2 **DR4**.

*Répondre sur feuille de copie et sur* ***DR4***

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

La mesure de la position absolue du dérailleur avant est nommée « PAV ». Elle est assurée à l’aide du capteur résistif (potentiomètre « P »). Sa forme courbe possède une piste conductrice homogène représentée sur la figure Fig. 2 du **DR4**. Le curseur métallique fixé sur l’arbre de sortie du motoréducteur du dérailleur glisse en frottant au centre de cette piste.

**Données :**

* + Extrait de la documentation du PIC16F818/879 sur DT11.
	+ Résistance totale de « P » est égale à 5 kΩ (entre les 2 extrémités).
	+ Seules les broches RA0 du port A et RB2 du port B sont disponibles pour cette question.
	+ Tensions disponibles :

a) 3,3V considérée très précise.

b) tension batterie 6V ± 10%

*Question 8.1* : Quelle doit être la nature du signal issu de ce potentiomètre : analogique ou numérique ?

*Question 8.2* : Quelle broche choisir parmi RA0 du port A ou RB2 du port B afin de connecter la sortie de ce potentiomètre ? Justifier la réponse.

*Question 8.3* : Compléter, sur **DR4** cadre 2, le schéma électrique permettant de mesurer la position absolue du dérailleur avant. La précision de mesure impose qu’il soit alimenté par la tension continue la plus précise des deux.

*Question 8.4* : Exprimer et calculer la valeur de tension sur le curseur du potentiomètre si celui-ci est placé à la moitié de la piste.

*Répondre sur feuille de copie et sur* ***DR4***

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

**Données :**

* Lorsque le moteur est commandé, celui-ci peut, en cas de blocage mécanique du dérailleur, se retrouver alimenté en permanence sans pouvoir atteindre sa position normale d’arrêt requise par l’utilisateur.

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

*Question 9.2* : Proposer 2 solutions électriques et/ou logicielles pour détecter un éventuel blocage en rotation du moteur et assurer ainsi la coupure de son alimentation.

*Répondre sur feuille de copie*

* Comme solution retenue, on installe en sortiedu2ème étagede réduction de l’ensemble motoréducteur, une roue associée à un capteur susceptible de générer un signal périodique lors de la rotation. En cas de blocage mécanique du dérailleur, aucun signal périodique n’est généré par le capteur et l’unité de contrôle locale de commande du dérailleur avant (UCL) en informe l’unité de contrôle centrale (UCC).

UCL-DAV

PIC16F818

Ordres de commande DAV depuis UCC

Moteur

DAV

1er étage de réduction

1

Axe M

2ème étage de réduction

Axe 1

3ème étage de réduction

Axe 2

Axe 3

Détection blocage DAV

Mesure position DAV

Informations de position et de blocage DAV

vers UCC

*Question 9.3* : Pour chacun des 4 capteurs proposés en DT14 pouvant assurer cette fonction de détection de blocage, représenter à main levée *sur* ***DR5*** leur implantation sur circuit imprimé double face ainsi que les aménagements nécessaires à pratiquer sur leur roue de détection correspondante.

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

*Répondre sur* ***DR5***

**FT151 – Activité 10 : Détermination d’une roue à fentes**

**Données :**

* La solution retenue par le fabricant du dérailleur est un opto-interrupteur à fourche équipé d’une roue à fentes
* Le sous-programme de contrôle de la rotation du moteur est exécuté par lemicrocontrôleur de commande du DAV dans un temps de scrutation maximumtS = 4,5 ms
* Les rapports de transmission des 2 premiers étages de l’ensemble motoréducteur sont respectivement r1 = $\frac{1}{3,36}$ et r2 = $\frac{1}{4,3}$
* La vitesse de rotation maximum du moteur en charge est N = 13600 tr/min

*Question 10.1* : Quelle est la vitesse maximale N2max de la roue à fentes en sortie de l’axe 2 ?

*Question 10.2* : Sachant qu’il y a n fentes sur la roue, exprimer la fréquence fPmax du signal généré par l’opto-interrupteur. En déduire l’expression de sa période TPmin.

*Question 10.3* : L’espacement entre chaque fente étant égal à la largeur d’une fente, quelle est la condition sur TPmin par rapport à tS pour qu’une période puisse être prise en compte par le microcontrôleur ?

*Question 10.4* : En déduire l’expression littérale du nombre de fentes n et calculer sa valeur pour que la condition demandée à la question 10.3 puisse être respectée.

*Répondre sur feuille de copie*

**FT151 – Activité 11 : Câblage de l’opto-interrupteur**

**Données :**

* L’opto-interrupteur retenu est un opto-interrupteur à fourche de référence :

OMRON **EE-SX1108** (cf. DT14)

*Question 11.1* : Sur le document réponse **DR6**, compléter le schéma de câblage de cet opto-interrupteur pour qu’un niveau haut du signal transmis soit pris en compte aux bornes de la résistance R2 sur la broche RB0 du microcontrôleur lorsqu’une fente est détectée.

**FT151 – Activité 12 : Détermination de la résistance R1**

**Données :**

* Documentation DT14 sur l’opto-interrupteur retenu OMRON **EE-SX1108**
* Schéma de câblage partiel sur **DR6**
* Documentation DT15 sur les résistances CMS.

*Question 12.1* : Donner l’expression littérale du courant IF dans le cas où RB5 est au niveau haut.

*Question 12.2* : À partir de la relation précédente, déduire l’expression littérale de R1.

*Question 12.3* : Donner la valeur de la tension directe VF aux bornes de la diode émettrice correspondant à un courant IF de 10 mA.

*Question 12.4* : Calculer dans ces conditions la valeur de R1 et choisir sa valeur normalisée dans la série E96.

*Question 12.5* : Donner l’expression littérale de la puissance électrique dissipée dans cette résistance et en calculer la valeur.

*Question 12.6* : Proposer, en justifiant votre choix, le format de boîtier CMS le plus judicieux pouvant convenir à la résistance R1.

*Répondre sur feuille de copie*

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

**Données :**

* À partir du dossier technique du dérailleur DT1 à DT8 et du document-réponse **DR7** qui propose une stratégie de fonctionnement du dérailleur avant (DAV).

*Question 13.1* : Compléter l’organigramme du sous-programme de détection de blocage du moteur de manière à obtenir son arrêt en cas d’une absence de changement d’état de l’opto-interrupteur au bout de 30 ms.

*Répondre sur* ***DR7***

*Question 13.2* : Pour quelle raison la détection d’un éventuel blocage ne se fait-elle qu’au bout de 30 ms ?

*Répondre sur feuille de copie*

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

**Données :**

* Vous travaillerez à partir de la documentation DT6, DT10 et DT16 et du document-réponse **DR8.** La solution 3 du DT6 est retenue pour l’architecture du réducteur.
* On envisage un guidage du mobile vis sans fin utilisant 2 roulements à billes miniatures.
* Une étude mécanique préalable a permis de définir le torseur d’actions mécaniques à transmettre par le mobile vis sans fin. Il en résulte que son guidage en rotation devra supporter une charge axiale de 7 daN et une charge radiale de 12 daN.
* Une étude de résistance a permis de définir le diamètre minimal d’arbre Ø d mini = 2,4 mm pour un mobile vis sans fin en acier performant (42 Cr Mo 4 avec 850 MPa).
* Les efforts axiaux bidirectionnels (car 2 sens de rotation) exercés sur le mobile vis sans fin sont trop élevés pour des roulements à billes miniatures. Ils seront repris par une solution simple, minimisant les frottements et d’un encombrement réduit.
* Dans ce cas, la charge dynamique équivalente supportée par chaque roulement notée P est égale à la charge radiale supportée par chaque roulement notée Fr.
La condition de bon fonctionnement du roulement s’écrit alors P ≤ C DYN. (cf. DT 10)
* On considère que les 2 roulements supportent équitablement les efforts radiaux du guidage en rotation.
* Les roulements en dimensions anglaises ont les mêmes performances que ceux en cotes métriques pour des dimensions similaires.
* On applique un facteur de sécurité égal à 2 sur le calcul des charges radiales supportées par les 2 roulements.
* Le jeu axial j ≥ 0 du guidage ne doit pas perturber la précision du dérailleur mais doit permettre le montage du sous-ensemble motorisation DAV dans le boîtier inférieur.
* On donne le schéma structurel partiel du guidage en rotation ci-dessous :

**Mobile vis sans fin** (partiel)

Bâti

*1er roulement*

*Butée axiale*

Boîtier

inférieur

Platine

* Informations complémentaires sur la stratégie de conception :

Sens de montage du sous-ensemble motorisation DAV dans le boîtier inférieur.

Sens de montage du mobile vis sans fin dans la cage. La roue à fentes est assemblée en fin de montage du mobile.

Mobile vis sans fin

Cage

Roue à fentes

Le « bâti » se compose des pièces cage, platine, et boîtier inférieur assemblés.

*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.

*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 privilégierez le minimum d’encombrement.

Remarque : les 2 roulements ne sont pas nécessairement identiques.

Justifier vos choix.

*Question 14.4* : Représenter à main levée, sur la vue plane en coupe A-A du **DR8,** une solution constructive réalisant le guidage en rotation du mobile vis sans fin par rapport au « bâti » utilisant 2 roulements et 2 butées axiales.

Indiquer la désignation des roulements utilisés.

Utiliser la représentation simplifiée des roulements à billes ci-dessous :

*Question 14.5* : Préciser sur **DR8** les ajustements entre :

* la vis sans fin arbrée et la roue dentée intermédiaire ;
* la vis sans fin arbrée et la roue à fentes.

*Répondre sur* ***DR8*** *et sur feuille de copie*