Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BTS CIM

BTS Conception et industrialisation en microtechniques - Épreuve E4

Session 2017 • Code sujet : **17-CDE4CP-ME1** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Comparer les solutions préliminaires d'ouverture du bocal** (1 question) — Page 3
2. **Déterminer les performances requises et choisir l'actionneur** (5 questions) — Page 4
3. **Calculer et concevoir le réducteur intermédiaire R2** (3 questions) — Page 6
4. **Choisir les composants de puissance de la commande moteur** (2 questions) — Page 8
5. **Compenser la montée verticale du couvercle** (1 question) — Page 10
6. **Créer un appui permanent avec compensation du jeu axial** (1 question) — Page 11
7. **Compléter l'ordinogramme du fonctionnement normal** (1 question) — Page 12
8. **Mesurer et détecter une surintensité moteur** (7 questions) — Page 13
9. **Vérifier le maintien du bocal par les pinces** (4 questions) — Page 16
10. **Évaluer l'autonomie de l'alimentation par piles** (4 questions) — Page 18
11. **Dimensionner les résistances du circuit d'alimentation** (5 questions) — Page 20
12. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — Page 22

Sujet officiel (PDF) : https://btscim.fr/assets/annales/bts-cim/E4 - Conception préliminaire d'un système microtechnique/2017/BTS CIM - E4 - Conception préliminaire d'un système microtechnique - Session 2017 - 1-Sujet.pdf

1. Comparer les solutions préliminaires d'ouverture du bocal

Quatre mécanismes sont proposés pour maintenir le bocal et son couvercle, puis permettre leur rotation relative. Il faut comparer les contacts, le nombre de moteurs et la complexité afin de justifier un choix de conception.

Question Q1. Compléter le tableau de choix raisonné du DR1 pour comparer les quatre solutions selon les critères indiqués, puis proposer et argumenter le choix d'une solution.

Les effectifs et nombres de composants proviennent des nomenclatures. Les contacts linéiques sont notés 2 et les surfaciques 4, selon l'échelle proposée. Les sommes ci-dessous additionnent les valeurs brutes, mais ne donnent pas un classement fiable : les critères n'ont ni la même nature ni une pondération définie. Le classement proposé privilégie la qualité des contacts, puis le nombre de moteurs et la simplicité. La solution 3 se distingue par ses contacts surfaciques, ses deux moteurs et ses 11 composants.

Critère	Solution 1 Cames	Solution 2 Vés	Solution 3 Crémaillères	Solution 4 Liens souples
Nombre de contacts	6	8	4	2
Qualité du contact	2	2	4	4
Nombre de moteurs	3	3	2	3
Composants estimés	20	12	11	14
Somme brute	31	25	21	23
Classement proposé	4	3	1	2

Tableau de choix raisonné complété

*Réponse à la question **Q1**.* **Tableau de choix raisonné : ouverture d'un bocal**

Solution : **Critères Choix**	**N°1 :** Cames concentriques	**N°2 :** Vés en opposition	**N°3 :** Crémaillères	**N°4 :** Liens souples
Critère 1 : **nombre de contacts** ***verre/pinces*** ***couvercle/ pinces***	6	8	4	2
Critère 2 : **qualité du contact :** 1 mauvais - 2 moyen 3 bon - 4 très bon	2	2	4	4
Critère 3: nombres de moteurs	3	3	2	3
Critère 4 : nombre de composants estimés	20	12	11	14
Synthèse (somme)	31	25	21	23
Classement *(1 à 4)*	4	3	1	2

✓ RÉPONSE À RETENIR

Choix proposé : solution 3, système à crémaillères en opposition. Classement argumenté : 1re, avec 4 contacts surfaciques, 2 moteurs et 11 composants.

2. Déterminer les performances requises et choisir l'actionneur

L'étude porte sur la chaîne d'énergie d'un ouvre-bocal semi-automatisé destiné notamment aux personnes déficientes musculairement. Les contraintes d'ouverture et les documentations de moteurs servent à déterminer les performances requises et à sélectionner un moteur adapté.

Question Q2. À partir des contraintes de dévissage du cahier des charges DT5, déterminer la vitesse angulaire relative du couvercle par rapport au bocal en rad·s⁻¹, puis la vitesse de rotation en tr·min⁻¹.

Le cahier des charges impose un déblocage de 10° en 2 s. En supposant la rotation uniforme, l'angle vaut $10\pi/180$ rad, donc $\omega = \theta/t = (10\pi/180)/2 = 0{,}0873\ \mathrm{rad\,s^{-1}}$. La conversion en tours par minute donne $N = \omega \times 60/(2\pi) = 0{,}833\ \mathrm{tr\,min^{-1}}$. Il s'agit de la vitesse relative du couvercle par rapport au bocal, et non de la vitesse du moteur.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\omega = 0{,}0873\ \mathrm{rad\,s^{-1}}$, soit $N = 0{,}833\ \mathrm{tr\,min^{-1}}$ pour la rotation relative couvercle-bocal.

Question Q3. Déduire des contraintes d'ouverture la puissance minimale requise en sortie du mécanisme.

Le couple minimal de déblocage est $5\,000\ \mathrm{mN\,m} = 5\ \mathrm{N\,m}$. En utilisant la vitesse angulaire relative calculée pour les 10° en 2 s, la puissance mécanique en sortie vaut le produit du couple par la vitesse : $P_{sortie} = C\omega = 5 \times 0{,}0873 = 0{,}436\ \mathrm{W}$. Cette puissance est la valeur minimale requise au mécanisme pour satisfaire simultanément les contraintes de couple et de durée de déblocage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance minimale requise en sortie du mécanisme : $0{,}436\ \mathrm{W}$.

Question Q4. En prenant un rendement estimé du mécanisme de 0,3, déterminer la puissance minimale que doit fournir le moteur électrique à courant continu.

1. La puissance minimale en sortie est $0{,}436\ \mathrm{W}$.
2. Avec le rendement $\eta = 0{,}3$, la puissance mécanique minimale du moteur est $P_{moteur} = P_{sortie}/\eta = 0{,}436332/0{,}3 = 1{,}45\ \mathrm{W}$.

Le moteur doit donc fournir au moins cette puissance dans les conditions de fonctionnement retenues.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance mécanique minimale du moteur : $1{,}45\ \mathrm{W}$.

Question Q5. À l'aide du schéma structurel de la solution retenue DT14, identifier le repère de la tension d'alimentation du moteur et donner la valeur imposée par le cahier des charges DT6.

Sur le schéma structurel DT14, la tension de la source d'alimentation est repérée U_{bat}. Cette source alimente l'étage de puissance qui commande le moteur dans les deux sens. Le cahier des charges DT6 impose une alimentation autonome par piles sous 3 V. Cette valeur est donc la tension nominale à retenir pour sélectionner le moteur et vérifier la compatibilité de son alimentation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Tension d'alimentation : $U_{bat} = 3\ \text{V}$.

Question Q6. À partir des documentations constructeurs DT17 et DT18, choisir un moteur adapté aux critères de tension, puissance disponible, courant minimal et vitesse de rotation minimale. Si plusieurs moteurs conviennent, justifier le choix du meilleur compromis.

La puissance minimale calculée est $1{,}45\ \text{W}$ et l'alimentation imposée vaut 3 V. Les valeurs constructeur au rendement maximal permettent de comparer les moteurs compatibles :

Moteur	Puissance	Courant	Vitesse
Mabuchi RE-280RA-2865	1,61 W	0,87 A	7 770 tr/min
Mabuchi RE-280SA-2865	1,62 W	0,88 A	6 000 tr/min
Transmotec 370C-3055-N	1,57 W	1,15 A	6 600 tr/min

Le RE-280SA-2865 offre une puissance suffisante, une vitesse plus faible que les autres moteurs compatibles et un courant presque minimal. Son courant ne dépasse celui du RE-280RA que de 0,01 A.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Choix : Mabuchi RE-280SA-2865, alimenté sous 3 V : 1,62 W, 0,88 A et 6 000 tr/min au rendement maximal.

3. Calculer et concevoir le réducteur intermédiaire R2

La solution retenue utilise un seul moteur, un réducteur conique R1, un réducteur intermédiaire R2 et un train épicycloïdal R3. Les rapports de réduction et les contraintes d'encombrement doivent permettre de définir R2 et d'en représenter le montage.

Question Q7. Calculer le rapport de réduction global de deux façons : par la cinématique en prenant une vitesse moteur de 6 000 tr·min⁻¹, puis par une approche énergétique exprimée en fonction des couples et des rendements. Pour cette seconde approche, prendre un rendement de 0,8 pour R2.

La rotation demandée est de 10° en 2 s, soit $N_s = (10/360) \times 60/2 = 0,833\ \text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$. Avec $N_m = 6\,000\ \text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$, le rapport cinématique vaut $R_g = N_s/N_m = 1/7\,200$. Par bilan de puissance, $R_g = \eta_1\eta_2\eta_{3a}C_m/C_s$. En prenant les rendements 0,95, 0,8 et 0,95, le couple moteur de 2,5 mN·m et le couple de sortie de 5 000 mN·m, on obtient $R_g = 0,000361$, soit environ $1/2\,770$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rapport cinématique : $1/7\,200$. Rapport énergétique : $0,000361$, soit environ $1/2\,770$.

Question Q8. Choisir lequel des deux rapports globaux calculés est à retenir et justifier ce choix.

On retient le rapport énergétique pour dimensionner la transmission : il prend en compte le couple que le moteur peut fournir, le couple nécessaire au dévissage et les rendements des réducteurs. Le rapport cinématique traduit la vitesse visée, mais ne vérifie pas à lui seul que le couple requis sera disponible en sortie. Le rapport énergétique calculé est proche de la valeur fixée pour la suite de l'étude, $1/2\,700$. La vitesse reste une contrainte à vérifier séparément.

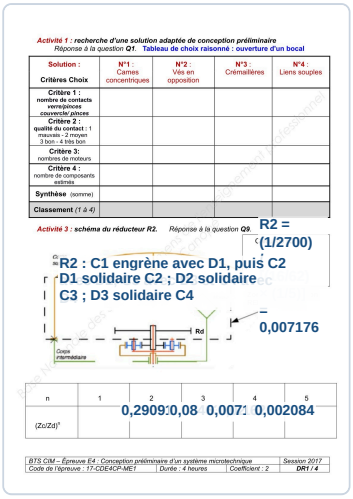
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rapport retenu pour le dimensionnement : rapport énergétique, $R_g \approx 1/2\,700$.

Question Q9. En prenant le rapport global Rg = R1·R2·R3a = 1/2 700, déterminer le rapport de réduction de R2. Avec des pignons C identiques de 16 dents et des roues D identiques de 55 dents, compléter le tableau du DR1, déterminer par essais successifs le nombre d'étages nécessaire, puis esquisser le schéma du réducteur R2 dans la zone de construction prévue.

Avec $R_1 = 16/62$, $R_{3a} = 1/5$ et $R_g = 1/2\,700$, le rapport recherché est $R_2 = R_g/(R_1R_{3a})$. Chaque étage donne $Z_c/Z_d = 16/55$. Quatre étages fournissent la valeur la plus proche de R_2. Ils sont montés en trains composés : chaque roue D est solidaire du pignon C de l'étage suivant.

Nombre d'étages n	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
$(Z_c/Z_d)^n$	0,29091	0,08463	0,02462	0,007162	0,002084

DR1 complété : rapport et schéma de R2



Activité 1 : recherche d'une solution adaptée de conception préliminaire
Réponse à la question **Q1. Tableau de choix raisonné : ouverture d'un bocal**

Solution : / Critères Choix	N°1 : Cames concentriques	N°2 : Vés en opposition	N°3 : Crémaillères	N°4 : Liens souples
Critère 1 : nombre de contacts serre/pièces couvercle/ pièces				
Critère 2 : qualité du contact : 1 mauvais - 2 moyen - 3 bon - 4 très bon				
Critère 3: nombres de moteurs				
Critère 4 : nombre de composants estimés				
Synthèse (somme)				
Classement *(1 à 4)*				

Activité 3 : schéma du réducteur R2. *Réponse à la question Q9.*

R2 = (1/2700)

R2 : C1 engrène avec D1, puis C2 D1 solidaire C2 ; D2 solidaire C3 ; D3 solidaire C4

0,007176

n	1	2	3	4	5
$(Zc/Zd)^n$		0,2909	0,08	0,007	0,002084

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique — Session 2017
Code de l'épreuve : 17-CDE4CP-MET — Durée : 4 heures — Coefficient : 2 — **DR1 / 4**

✓ RÉPONSE À RETENIR

$R_2 = 0,007176$. Retenir 4 étages de rapport $16/55$ chacun.

4. Choisir les composants de puissance de la commande moteur

La motorisation retenue est un moteur Mabuchi RE-280SA-2865 alimenté par un étage de puissance électronique. Les caractéristiques du moteur et les composants proposés servent à évaluer la compatibilité électrique et le coût d'une présérie.

Question Q10. À partir de la documentation constructeur DT17 du moteur choisi, indiquer son courant nominal en charge et son courant maximal.

Pour le moteur **RE-280SA-2865**, la ligne constructeur indique un courant de **0,88 A à rendement maximal**, retenu comme courant nominal en charge. La colonne « Stall » donne le courant au blocage, soit le courant maximal : **4,80 A**.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Courant nominal en charge : **0,88 A**. Courant maximal au blocage : **4,80 A**.

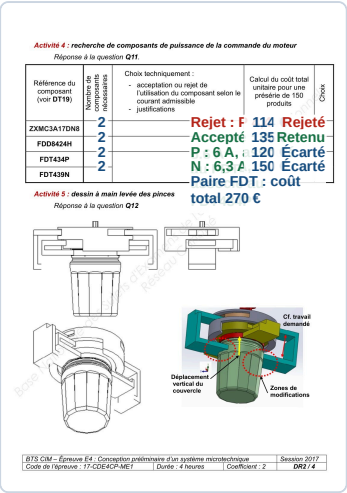
Question Q11. Compléter le tableau du DR2 et proposer un choix technico-économique des composants de puissance de commande du moteur. Pour chaque référence, préciser le nombre de composants nécessaires, accepter ou rejeter son utilisation selon le courant admissible, justifier et calculer le coût total pour une présérie de 150 produits.

Un pont en H demande deux MOSFET P et deux MOSFET N. Les composants doubles complémentaires nécessitent donc deux boîtiers par produit, tandis que les références P et N séparées demandent chacune deux composants. Le ZXMC3A17DN8 est rejeté car son canal P est limité à 4,4 A, sous les 4,8 A au blocage. Les autres solutions supportent ce courant selon les caractéristiques indiquées.

Référence	Nombre par produit	Évaluation technique	Coût pour 150 produits	Choix
ZXMC3A17DN8	2	Rejet : canal P limité à 4,4 A	300 × 0,38 € = 114 €	Rejeté
FDD8424H	2	Accepté : canaux P et N admissibles, au moins 5,6 A	300 × 0,45 € = 135 €	Retenu
FDT434P	2	Accepté en association avec le FDT439N : 6 A	300 × 0,40 € = 120 €	Non retenus
FDT439N	2	Accepté en association avec le FDT434P : 6,3 A	300 × 0,50 € = 150 €	Non retenus
Association FDT434P + FDT439N	4 au total	Solution techniquement admissible	120 € + 150 € = 270 €	Plus coûteuse

Le FDD8424H offre la solution admissible la moins coûteuse. Pour ses caractéristiques de courant, le canal P est dimensionné jusqu'à 5,6 A à une commande de grille de -4,5 V, au-dessus du courant maximal du moteur.

DR2 complété : composants de puissance



Activité 4 : recherche de composants de puissance de la commande du moteur

Réponse à la question Q11.

Référence du composant (voir DT19)	Nombre de composants nécessaires	Choix technique : acceptation ou rejet de l'utilisation du composant selon le courant admissible - justifications	Calcul du coût total unitaire pour une présérie de 150 produits	Choix
ZXMC3A17DN8	2	Rejet : P	114	Rejeté
FDD8424H	2	Accepté	135	Retenu
FDT434P	2	P : 6 A,	120	Écarté
FDT439N	2	N : 6,3 A	150	Écarté

Paire FDT : coût total 270 €

Activité 5 : dessin à main levée des pinces

Réponse à la question Q12

BTS CIM – Épreuve E4 : Conception préliminaire d'un système microtechnique — Session 2017
Code de l'épreuve : 17-CDE4CP-MET — Durée : 4 heures — Coefficient : 2 — DR2 / 4

✓ RÉPONSE À RETENIR

Retenir **2 FDD8424H par produit** : courant admissible suffisant et coût total de **135 € HT** pour 150 produits.

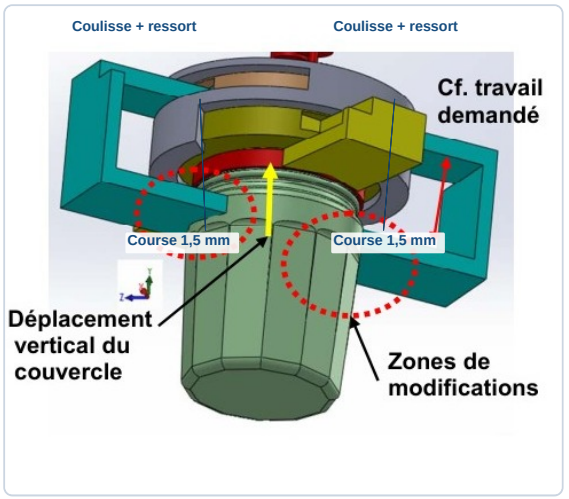
5. Compenser la montée verticale du couvercle

Lors du dévissage, le couvercle s'élève d'environ 1,5 mm en suivant les rampes hélicoïdales du bocal. Les pinces qui maintiennent le bocal doivent rester adhérentes malgré ce déplacement.

Question Q12. Proposer une solution simple permettant de compenser la variation de distance due au déplacement vertical du couvercle, et la représenter par un croquis à main levée sur le DR2 en modifiant les zones indiquées.

Dans chacune des deux zones de modification du DR2, monter la pince qui serre le bocal sur une coulisse verticale avec un ressort de rappel précontraint. La pince peut ainsi suivre la montée du couvercle, d'environ 1,5 mm, sans perdre son effort radial ni son adhérence sur le verre. Prévoir une butée pour limiter la course et éviter le déboîtement de la coulisse.

Adaptation verticale des pinces du bocal



✓ RÉPONSE À RETENIR

Deux pinces de bocal montées sur coulisses verticales à ressort, avec une course d'environ 1,5 mm.

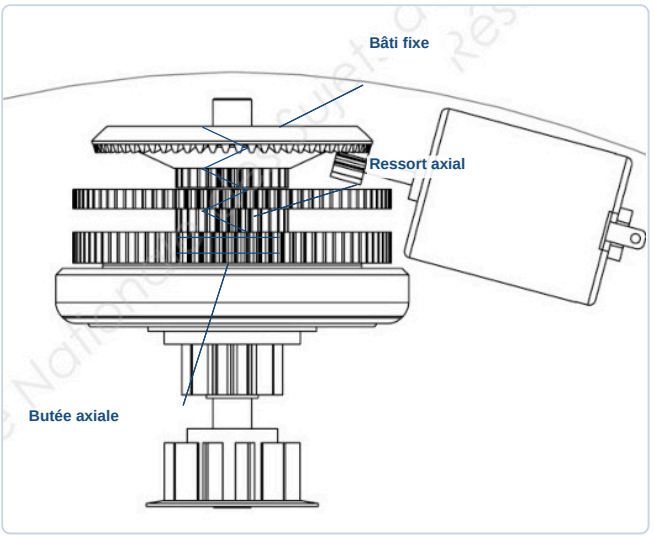
6. Créer un appui permanent avec compensation du jeu axial

Le jeu axial nécessaire à la rotation des roues peut provoquer une mobilité excessive de la roue Rb et compromettre l'engrènement avec Ra. Il faut maintenir un appui entre la couronne et le bâti tout en absorbant les variations de distance et en permettant la rotation de Rb.

Question Q13. Proposer et croquer sur le DR3 une solution simple créant un appui permanent entre la couronne et le bâti. La solution doit compenser les variations de distance avec suffisamment de souplesse et tenir compte de la rotation de Rb face au bâti fixe.

Installer un ressort axial entre le bâti fixe et la couronne pour maintenir un effort d'appui malgré les variations du jeu axial. Interposer une butée axiale à faible frottement entre le ressort et la couronne : le ressort s'appuie sur le bâti, tandis que la butée permet à la couronne de tourner sans entraîner le bâti. Le croquis indique le principe sur la vue réaliste du DR3.

Appui axial avec ressort et butée



✓ RÉPONSE À RETENIR

Ressort axial entre bâti fixe et couronne, avec une butée axiale à faible frottement côté couronne.

7. Compléter l’ordinogramme du fonctionnement normal

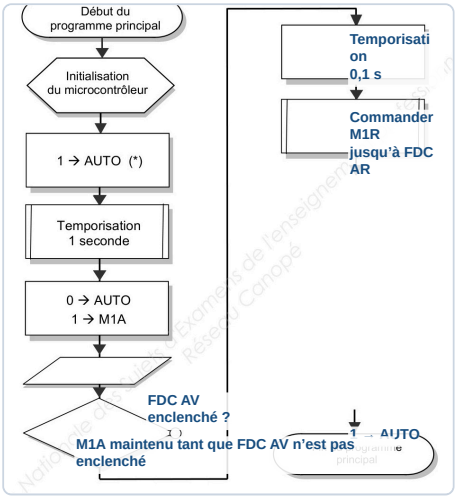
La commande de l’ouvre-bocal repose sur un microcontrôleur, des fins de course et un moteur réversible. Le chronogramme décrit la séquence normale de démarrage, de rotation avant, de rotation arrière et de fin de cycle.

Question Q14. Compléter l’ordinogramme fourni sur le DR4 afin qu’il traduise le fonctionnement souhaité en marche normale, conformément au chronogramme DT15.

Le chronogramme DT15 impose la séquence suivante : maintenir la commande M1A jusqu’à l’enclenchement de FDC AV, puis attendre 0,1 s avant d’inverser le moteur. Commander ensuite M1R jusqu’à l’enclenchement de FDC AR. La fin du cycle est signalée en mettant AUTO à 1.

1. Tester FDC AV et maintenir M1A tant qu’il n’est pas enclenché.
2. Temporiser 0,1 s, puis commander M1R jusqu’à FDC AR.
3. Mettre AUTO à 1 et terminer le programme.

Ordinogramme DR4 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

M1A jusqu’à FDC AV, temporisation de 0,1 s, puis M1R jusqu’à FDC AR ; enfin, AUTO = 1.

8. Mesurer et détecter une surintensité moteur

Une forte résistance au déblocage peut bloquer le moteur et provoquer son échauffement. La détection s'appuie sur une résistance de puissance R7, la mesure du courant et un programme d'interruption périodique exécuté toutes les 100 ms.

Question Q15. Expliquer pourquoi la mesure de l'intensité d'un moteur à courant continu permet de contrôler le couple qu'il fournit.

Pour un moteur à courant continu à flux magnétique constant, le couple électromagnétique est proportionnel au courant d'induit. Une hausse de l'effort résistant exige donc une hausse du courant moteur. Si le moteur force ou se bloque, l'intensité augmente : sa mesure fournit une image du couple et permet de détecter un effort excessif. Le contrôle par seuil évite de confondre ce dépassement avec la pointe de courant normale au démarrage, en tenant aussi compte de sa durée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> À flux constant, le courant moteur est proportionnel au couple : une surintensité prolongée signale un effort excessif ou un blocage.

Question Q16. À partir du seuil de surintensité et des courbes DT16, calculer la valeur de la résistance R7 permettant d'obtenir un potentiel de 2,5 V au point Vc du schéma structurel.

Le seuil de surintensité indiqué sur DT16 est de 1,6 A. Sur le schéma DT14, R7 est reliée entre le point de mesure Vc et la masse : la tension recherchée est donc la tension aux bornes de R7. Par la loi d'Ohm, il faut choisir une résistance telle que $V_c = R_7 I$, d'où $R_7 = 2,5/1,6 = 1,5625\ \Omega$. Cette valeur théorique servira à choisir une valeur normalisée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Valeur théorique : $R_7 = 1,5625\ \Omega$, soit environ $1,56\ \Omega$.

Question Q17. À l'aide de la documentation des résistances normalisées DT20, choisir les caractéristiques nominales de la résistance R7.

La série E12 fournie en DT20 conduit à retenir 1,5 Ω, valeur normalisée proche de la valeur théorique. Sur la courbe DT16, le courant dans R7 pendant la surintensité est d'environ 1,9 A. La puissance dissipée correspond alors à $P = RI^2 = 1,5 \times 1,9^2 = 5,415$ W. Parmi les puissances disponibles, on choisit la première puissance nominale supérieure à cette dissipation, soit 7 W, pour supporter le régime représenté.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> R7 : $1,5\ \Omega$, puissance nominale : $7\ \mathrm{W}$.

Question Q18. Avec la valeur choisie pour R7, recalculer le potentiel Vc puis déterminer le paramètre N correspondant à la surintensité choisie, à partir des caractéristiques du convertisseur analogique-numérique indiquées dans DT16.

Avec la résistance normalisée de 1,5 Ω et le seuil de 1,6 A, la tension mesurée vaut $V_c = RI = 1,5 \times 1,6 = 2,4$ V. Le CAN a une résolution de 10 bits et une référence de 3 V. Le calcul indiqué en DT16 donne $N = (V_c/V_{REF}) \times 2^{10} = (2,4/3) \times 1024 = 819,2$. Comme le résultat à retenir est une valeur entière, on conserve la partie entière : 819.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_c = 2,4$ V et $N = 819$.

Question Q19. Pour la valeur de surintensité choisie, mesurer sur la courbe du courant dans R7 pendant une surintensité le temps écoulé avant la coupure du moteur.

La courbe inférieure de DT16 représente le courant dans R7 pendant la surintensité. Le seuil horizontal est de 1,6 A : le courant le franchit à environ 8,0 s, puis reste au-dessus jusqu'à la coupure, vers 10,0 s. La durée à mesurer est l'intervalle entre ces deux instants, soit $10,0 - 8,0 = 2,0$ s. La valeur est approximative, car elle est lue sur le graphique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Durée de surintensité avant la coupure : environ 2,0 s.

Question Q20. Pendant la surintensité, déterminer combien de fois le programme d'interruption périodique s'exécute, puis en déduire la valeur de nb dans l'ordinogramme.

L'interruption périodique est exécutée toutes les 100 ms, soit toutes les 0,1 s. La courbe montre environ 2,0 s entre le franchissement du seuil de 1,6 A et la coupure du moteur. Le nombre d'exécutions pendant cet intervalle est donc $2,0/0,1 = 20$. Le compteur C s'incrémente à chaque interruption où le courant dépasse le seuil ; le paramètre de déclenchement correspondant est donc $nb = 20$.

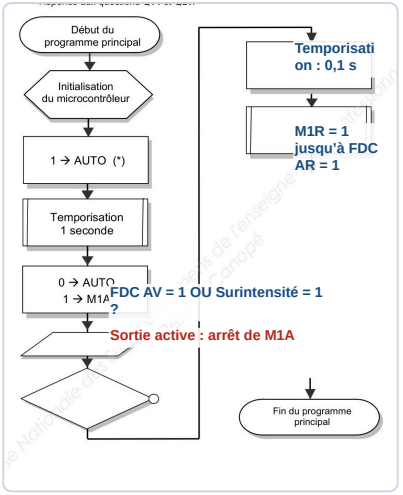
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 20 exécutions pendant la surintensité ; $nb = 20$.

Question Q21. Modifier avec une couleur distincte l'ordinogramme du DR4 afin d'y intégrer le bit interne « Surintensité ».

Le programme d'interruption met « Surintensité » à 1 lorsque $C \geq nb$. Dans l'ordinogramme principal, ajouter ce bit à la condition d'arrêt de la phase avant : le moteur passe à l'étape suivante si FDC AV est actif ou si « Surintensité » vaut 1. Compléter ensuite les blocs de la séquence de retour conformément à DT15 : temporisation

de 0,1 s, commande M1R jusqu'à FDC AR, puis fin du programme. Le visuel place ces indications sur le DR4.

DR4 complété : intégration du bit Surintensité



✓ RÉPONSE À RETENIR

Arrêter la phase avant si FDC AV ou « Surintensité » est actif, puis temporiser 0,1 s et commander M1R jusqu'à FDC AR.

9. Vérifier le maintien du bocal par les pinces

Le maintien du bocal doit empêcher son glissement lorsque le couvercle est débloqué. La vérification compare le couple de blocage du bocal au couple de déblocage du couvercle, à partir du modèle mécanique des crémaillères et de l'adhérence entre pinces et verre.

Question Q22. Calculer les efforts transmis par le pignon central 1 aux crémaillères du bocal, notés T1/cr, et l'effort correspondant exercé sur le bocal, noté Ncr/b, en utilisant la relation T1/cr = Ncr/b.

Le pignon 1 transmet le couple indiqué de 4 000 N·mm aux deux crémaillères opposées. Son diamètre primitif vaut $d_1 = mZ = 1{,}3 \times 10 = 13$ mm, soit un rayon de 6,5 mm. Les deux efforts égaux contribuent au couple : $C_1 = 2T_{1/cr} \times 6{,}5$. On obtient ainsi l'effort transmis par chaque crémaillère. L'énoncé donne $T_{1/cr} = N_{cr/b}$, donc l'effort normal correspondant exercé sur le bocal a la même valeur.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Chaque crémaillère transmet $T_{1/cr} = N_{cr/b} \approx 307{,}7$ N au niveau du contact avec le bocal.

Question Q23. En partant de Cbb = Cdc, calculer les efforts Tcr/b nécessaires pour bloquer le bocal.

Donnée	Valeur
Couple à équilibrer	5 000 N·mm
Diamètre de serrage	95 mm
Nombre de contacts	2

Les deux efforts tangentiels de frottement agissent à un rayon de $95/2 = 47{,}5$ mm. À la limite du blocage, le couple est donc $C_{bb} = 2T_{cr/b} \times 47{,}5$. En isolant l'effort par contact, on obtient $T_{cr/b} = C_{bb}/95$. Cette valeur correspond à l'effort tangentiel requis à chaque contact pince-bocal.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'effort tangentiel nécessaire est $T_{cr/b} \approx 52{,}6$ N à chacun des deux contacts.

Question Q24. Déterminer le coefficient d'adhérence minimal f à imposer entre les pinces et le bocal.

À la limite d'adhérence, le frottement maximal par contact vaut $T_{cr/b} = fN_{cr/b}$. Le coefficient minimal est donc le rapport entre l'effort tangentiel de blocage calculé à la question précédente et l'effort normal transmis par chaque crémaillère. Les deux valeurs sont prises par contact, sans multiplier une seconde fois par deux.

- Effort tangentiel requis : $52{,}63$ N.
- Effort normal disponible : $307{,}69$ N.
- $f_{min} = 52{,}63/307{,}69$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le coefficient d'adhérence minimal théorique à imposer est $f_{min} \approx 0{,}171$, sans marge de sécurité.

Question Q25. Pour le coefficient d'adhérence retenu f = 0,35, proposer une solution technologique permettant d'obtenir ce niveau d'adhérence entre les pinces et le verre.

Pour viser le coefficient retenu $f = 0{,}35$, équiper les mâchoires de garnitures en élastomère adhérent, par exemple en caoutchouc ou en silicone. Une surface légèrement texturée peut augmenter l'accroche sur le verre. La garniture doit rester souple pour répartir l'effort et limiter le risque de glissement, tout en évitant de rayer ou d'endommager le bocal. Elle peut être collée ou surmoulée sur les mâchoires et doit résister à l'humidité d'usage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Prévoir sur les mâchoires des garnitures adhérentes en élastomère, légèrement texturées et adaptées au contact avec le verre.

10. Évaluer l’autonomie de l’alimentation par piles

L’ouvre-bocal est alimenté par des piles LR6 et doit satisfaire l’autonomie prescrite par le cahier des charges. Les mesures de courant au cours des quatre phases d’un cycle permettent d’estimer la charge consommée et de vérifier cette exigence.

Question Q26. Déterminer combien de piles sont nécessaires pour alimenter l’ouvre-bocal et préciser leur mode d’association.

La documentation donne 1,5 V par pile LR6, tandis que le cahier des charges impose 3 V. Il faut donc deux piles en série : leurs tensions s’additionnent. Cette association conserve la capacité d’une pile, soit 2 600 mA·h. Un montage en parallèle ne fournirait que 1,5 V et ne respecterait pas la tension demandée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

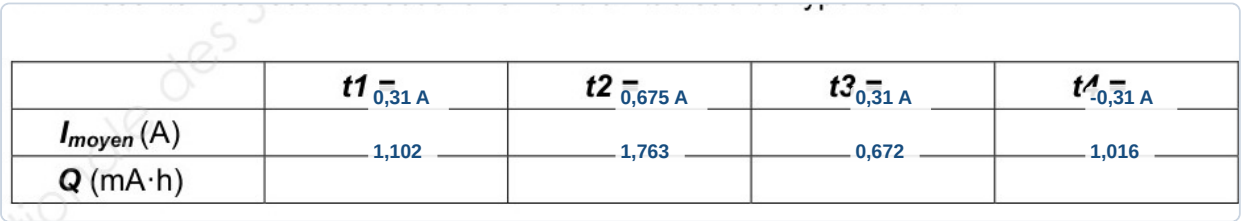
Deux piles LR6 de 1,5 V en série fournissent les 3 V requis, avec une capacité de 2 600 mA·h.

Question Q27. Pour chacune des périodes t1, t2, t3 et t4 de l’oscillogramme DT2, calculer l’intensité moyenne du courant moteur et la quantité d’électricité consommée en mA·h. Présenter les résultats dans un tableau.

Les durées sont lues aux instants 0, 12,8, 22,2, 30 et 41,8 s. En t2, le courant augmente linéairement de 0,31 A à 1,04 A, donc sa moyenne est 0,675 A. En t4, le courant moyen est négatif, car le moteur tourne en sens inverse ; la charge consommée est néanmoins positive. Pour chaque période, on calcule la charge avec la valeur absolue du courant moyen multipliée par la durée, puis on convertit les secondes en heures.

Période	Durée (s)	Intensité moyenne (A)	Charge consommée (mA·h)
t1	12,8	0,31	1,102
t2	9,4	0,675	1,763
t3	7,8	0,31	0,672
t4	11,8	-0,31	1,016

Tableau Q27 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

t1 : 0,31 A et 1,102 mA·h ; t2 : 0,675 A et 1,763 mA·h ; t3 : 0,31 A et 0,672 mA·h ; t4 : -0,31 A et 1,016 mA·h.

Question Q28. Déduire des consommations des quatre périodes la quantité totale d’électricité consommée, en mA·h, pendant un cycle complet d’ouverture du bocal.

La charge totale consommée pendant le cycle est la somme des charges des quatre périodes. On additionne les valeurs positives, y compris pour t4 : le signe négatif du courant indique seulement que le moteur tourne en sens inverse. Le cycle inclut ainsi l’approche, le serrage et le déblocage, le dévissage, puis le retour à la position initiale. La somme des valeurs calculées donne une consommation d’environ 4,55 mA·h par cycle complet.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La consommation électrique d’un cycle complet, retour à la position initiale compris, est d’environ 4,55 mA·h.

Question Q29. Vérifier si le cahier des charges fonctionnel est satisfait pour l’autonomie et justifier la conclusion à partir de la consommation calculée.

Le cahier des charges exige cinq utilisations par semaine pendant deux ans, soit 520 cycles en prenant 52 semaines par an. À 4,5525 mA·h par cycle, la charge requise est de 2 367,3 mA·h. La capacité indiquée pour une pile LR6 est de 2 600 mA·h. Comme les deux piles sont montées en série, la tension double mais la capacité reste celle d’une pile. La capacité nominale couvre donc l’exigence, avec une marge théorique de 232,7 mA·h.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Oui, l’autonomie nominale est satisfaite : 2 367,3 mA·h requis pour 520 cycles, contre 2 600 mA·h disponibles.

11. Dimensionner les résistances du circuit d’alimentation

Un transistor bipolaire coupe l’alimentation du microcontrôleur pendant les périodes de non-utilisation afin de préserver la charge des piles. Le circuit impose de déterminer puis de choisir les résistances R1 et R2 à partir des tensions et des caractéristiques des composants.

Question Q30. Avec le transistor saturé, VCESat = 75 mV, et la LED convenablement alimentée, déterminer la tension aux bornes de R2 puis calculer sa valeur ohmique.

La documentation donne une tension directe typique de 1,9 V pour la LED à 2 mA. Dans la branche de la LED, la tension d’alimentation de 3 V se répartit entre la LED, le transistor saturé et R2. La tension de R2 vaut donc $3 - 1{,}9 - 0{,}075 = 1{,}025$ V. En appliquant la loi d’Ohm avec le courant spécifié de 2 mA, on obtient $R2 = 1{,}025 / 0{,}002 = 512{,}5\ \Omega$.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $U_{R2} = 1{,}025$ V ; $R2 = 512{,}5\ \Omega$.

Question Q31. Choisir une valeur normalisée E12 pour la résistance R2 à partir de la documentation DT20.

La valeur calculée, 512,5 Ω, se situe entre 470 Ω et 560 Ω dans la série E12. La valeur la plus proche est 470 Ω. Avec cette résistance, le courant de la LED est légèrement supérieur à la valeur spécifiée de 2 mA, tout en restant adapté à son alimentation.

Valeur calculée	Valeur E12 retenue	Courant estimé
512,5 Ω	470 Ω	2,18 mA

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $R2 = 470\ \Omega$.

Question Q32. Déterminer le courant de base IB minimal permettant la saturation du transistor, en utilisant le gain hFE, également noté β.

Le transistor alimente le microcontrôleur et la LED. Son courant collecteur vaut donc $I_C = 1{,}2 + 2 = 3{,}2$ mA. La documentation du BC856 indique un gain minimal $h_{FE} = 125$. En utilisant ce gain pour estimer le courant de base minimal, $I_B = I_C / h_{FE} = 3{,}2 / 125 = 0{,}0256$ mA, soit 25,6 µA.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $I_{B\,\min} = 25{,}6\ \mu$A.

Question Q33. Lorsque le transistor est saturé, déterminer la tension aux bornes de R1 puis calculer sa valeur ohmique.

1. La documentation donne une tension base-émetteur de saturation typique de 0,7 V pour le transistor PNP.
2. L'émetteur étant relié à l'alimentation de 3 V, la tension aux bornes de R1 vaut $3 - 0{,}7 = 2{,}3\ \text{V}$.
3. Avec le courant de base minimal de 0,0256 mA, la loi d'Ohm donne $R1 = 2{,}3 / 0{,}0256 \approx 89{,}8\ \text{k}\Omega$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $U_{R1} = 2{,}3\ \text{V}$; $R1 \approx 89{,}8\ \text{k}\Omega$.

Question Q34. Choisir une valeur normalisée E12 pour la résistance R1 à partir de la documentation DT20.

La valeur calculée est d'environ 89,8 kΩ. Les valeurs E12 voisines sont 82 kΩ et 100 kΩ. Pour obtenir au moins le courant de base minimal calculé et favoriser la saturation, on retient la valeur inférieure, 82 kΩ. Elle fournit environ 28,0 µA. À 100 kΩ, le courant serait seulement de 23,0 µA, donc inférieur au minimum requis.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $R1 = 82\ \text{k}\Omega$, valeur E12 retenue.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2017)

Bilan de l'épreuve : Épreuve E4 du BTS Conception et industrialisation en microtechniques, session 2017, code 17-CDE4CP-ME1, durée 4 heures, coefficient 2. L'étude porte sur un ouvre-bocal automatisé destiné à faciliter le dévissage. Les onze activités évaluent le choix de conception, la chaîne cinématique, le dimensionnement moteur et électronique, la programmation, le maintien mécanique et l'autonomie énergétique.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La puissance mécanique se calcule par P = C·ω, avec ω en rad·s⁻¹ et le couple C en N·m.
- Le rapport global d'un train d'engrenages est le produit des rapports de ses étages, en tenant compte du sens de rotation.
- Pour une résistance de mesure, la loi d'Ohm donne V = R·I ; un seuil temporel évite de confondre le démarrage avec une surintensité persistante.
- La charge consommée pendant une phase se calcule par Q = I_moy·t ; avec I en mA et t en heures, Q est en mA·h.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les unités avant les calculs : mN·m en N·m, secondes en heures et tr·min⁻¹ en rad·s⁻¹ si nécessaire.
- Distinguer le rapport de réduction cinématique du rapport issu du bilan énergétique et justifier le rapport retenu.
- Pour les MOSFET, vérifier le courant admissible et les conditions de commande, puis comparer le coût total demandé.
- Lire précisément les chronogrammes et courbes : durées des phases, sens du courant, seuils et période d'interruption.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment relier le couple de déblocage à la puissance nécessaire ?

Convertissez la vitesse angulaire en rad·s⁻¹ et le couple en N·m. La puissance mécanique en sortie se calcule avec P = C·ω. Pour déterminer la puissance moteur, tenez ensuite compte du rendement global du mécanisme.

Q : Pourquoi le courant moteur permet-il de surveiller le couple ?

Dans un moteur à courant continu, le couple électromagnétique est lié au courant d'induit. Une hausse durable du courant signale donc un effort résistant important, mais le courant de démarrage impose aussi de vérifier la durée du dépassement.

Q : Comment calculer la charge consommée pendant chaque phase ?

Déterminez la durée de la phase et le courant moyen lu sur l'oscillogramme. Multipliez le courant en mA par le temps en heures pour obtenir la charge en mA·h, puis additionnez les phases pour le cycle complet.

Q : Le sujet donne-t-il un barème détaillé pour les activités ?

Aucun barème par question ou activité n'est imprimé dans les pages fournies. La durée totale annoncée est de quatre heures. La page de consignes propose également des temps indicatifs pour la lecture du sujet et chacune des onze activités.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btscim.fr/assets/annales/bts-cim/E4 - Conception préliminaire d'un système microtechnique/2017/BTS CIM - E4 - Conception préliminaire d'un système microtechnique - Session 2017 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Conception et Industrialisation en Microtechniques : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.