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

Épreuve E5 - Conception détaillée, sous-épreuve E51

Session 2017 • Code sujet : **17-CSE5CCF-ME-1** • Durée : **4 h 00** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Détection et commande des mouvements de l’axe vertical Z** (2 questions) — **Page 3**

2. **Dimensionnement et choix des composants de l’axe Z** (9 questions) — **Page 5**

3. **Évaluation du risque mécanique lors du changement de palette** (2 questions) — **Page 10**

4. **Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 11**

Sujet officiel (PDF) : https://btscrsa.fr/assets/annales/bts-crsa/E5.1 - Conception détaillée d’une chaîne fonctionnelle/2017/BTS CRSA - E5.1 - Conception détaillée d’une chaîne fonctionnelle - Session 2017 - 1-Sujet.pdf

1. Détection et commande des mouvements de l’axe vertical Z

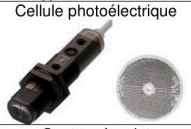
L’étude concerne un empileur automatisé de plateaux de matelas, dont l’axe vertical Z positionne le préhenseur et règle l’inclinaison du convoyeur. Les détecteurs Zp, Zb et Zh repèrent respectivement la position de préhension, la position basse et la position haute pour commander le cycle d’empilage.

Question 1. Compléter le tableau en proposant et en justifiant, pour chaque type de détecteur présenté, sa compatibilité avec l’utilisation prévue comme détecteur Zp.

Détecteur	Compatibilité avec Zp et justification
Cellule photoélectrique	Oui : détection sans contact du plateau, quelle que soit sa matière.
Capteur à galet	Non : le contact risque d’écraser ou d’accrocher le plateau.
Capteur inductif	Non : le plateau n’est pas métallique.
Cellule laser	Oui : détection sans contact adaptée au repérage du sommet de la pile.

Zp doit permettre l’arrêt de la montée lorsque le préhenseur atteint la position de préhension, malgré l’écrasement variable des plateaux. Les détecteurs sans contact sont adaptés : ils ne perturbent pas la pile. La cellule photoélectrique peut détecter le plateau ; la cellule laser convient également. Le capteur à galet risque de déplacer ou d’abîmer le plateau, tandis que le capteur inductif ne détecte pas cette matière non métallique.

Tableau de compatibilité des détecteurs

Type de détecteur	Utilisation possible en Zp et justifications
Cellule photoélectrique 	**Oui : détection sans contact du plateau.**
Capteur à galet 	**Non : contact pouvant écraser ou accrocher.**
Capteur inductif 	**Non : plateau non métallique.**
Cellule laser 	**Oui : détection sans contact du sommet.**

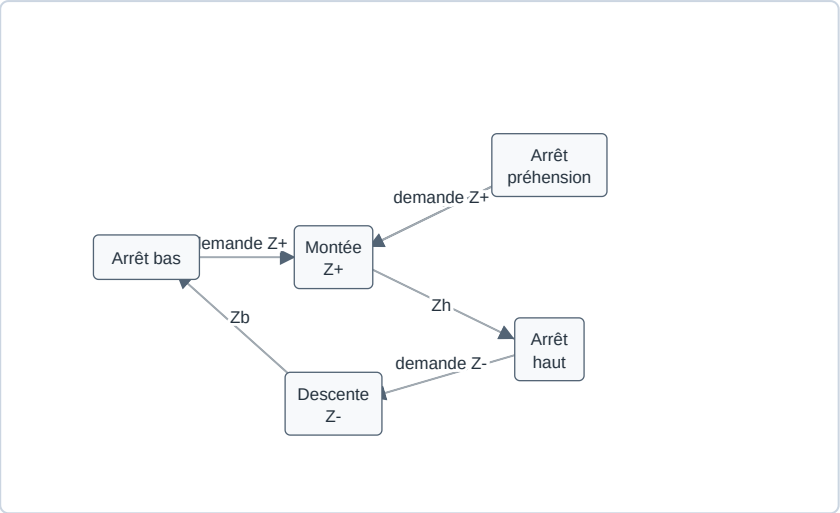
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Compatibles : cellules photoélectrique et laser. Non compatibles : capteurs à galet et inductif.

Question 2. À partir du grafcet partiel du document ressources 2, tracer le grafcet de commande des mouvements de l’axe vertical Z en production normale.

Depuis l’arrêt en position basse, une demande Z+ lance la montée. Le mouvement s’arrête à Zp, en position de préhension, ou à Zh, en position haute. Depuis la position de préhension, chaque nouvelle demande Z+ relance la montée d’un pas ; le cycle s’arrête à Zh. Une demande Z- depuis la position haute commande la descente jusqu’à

Zb. Les étapes de montée et de descente portent respectivement les actions Z+ et Z-.

Grafcet de commande de l'axe Z



Les étapes de montée et de descente commandent Z+ et Z-. Les étapes d'arrêt ne commandent aucun mouvement.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Montée Z+ jusqu'à Zp à chaque pas, ou jusqu'à Zh en fin de cycle ; descente Z- jusqu'à Zb sur demande.

2. Dimensionnement et choix des composants de l’axe Z

L’axe Z est entraîné par un motoréducteur et un double dispositif pignon-chaîne qui déplacent verticalement le préhenseur et participent au réglage du convoyeur. L’étude traite des vitesses, du dimensionnement de la transmission, du choix de la motorisation, du câblage de puissance et de la liaison entre le pignon et l’arbre.

Étude des vitesses en phase de montée

Question 3. Compte tenu de la durée de 0,6 s allouée à la montée et du diagramme triangulaire des vitesses, déterminer la vitesse maximale VMMax atteinte ainsi que les valeurs de l’accélération et de la décélération.

Le déplacement d’un pas correspond à l’épaisseur maximale du plateau, soit 50 mm. L’aire du triangle du diagramme donne le déplacement : $0,05 = \frac{0,6 \times V_{M\,\max}}{2}$, d’où $V_{M\,\max} = 0,167\ \mathrm{m/s}$. Les phases étant de même durée, chacune dure $0,3\ \mathrm{s}$. La pente du diagramme donne l’accélération : $0,167 / 0,3 = 0,556\ \mathrm{m/s^2}$. En décélération, sa valeur algébrique est négative.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_{M\,\max} = 0,167\ \mathrm{m/s}$; accélération : $0,556\ \mathrm{m/s^2}$; décélération : $-0,556\ \mathrm{m/s^2}$.

Étude des vitesses en phase de descente

Question 4. La course de descente de 2 200 mm doit être effectuée en 9 secondes à vitesse constante, en négligeant les phases d’accélération et de décélération. Déterminer la vitesse VD.

1. Convertir la course : $2200\ \mathrm{mm} = 2,2\ \mathrm{m}$.
2. À vitesse constante, $V_D = d/t = 2,2/9 = 0,244\ \mathrm{m/s}$.

Les phases d’accélération et de décélération étant négligées, cette vitesse s’applique à toute la course.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_D \approx 0,244\ \mathrm{m/s}$.

Vitesse de sortie du motoréducteur

Question 5. La vitesse de translation maximale retenue pour les calculs est de 0,24 m/s. En utilisant le diamètre primitif du pignon de 117 mm, déterminer la vitesse de rotation nécessaire.

La vitesse de la chaîne est la vitesse périphérique du pignon : $V = \pi D n / 60$. Avec $D = 0,117\ \mathrm{m}$ et $V = 0,24\ \mathrm{m/s}$, on obtient $n = 60V/(\pi D) = 39,18\ \mathrm{tr/min}$. Le double dispositif utilise des pignons solidaires du même arbre : la vitesse de rotation recherchée reste celle calculée pour un pignon.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Vitesse nécessaire : $39,18\ \mathrm{tr/min}$, soit environ $40\ \mathrm{tr/min}$.

Dimensionnement de la chaîne de transmission

Question 6. En cas de blocage de l'axe Z, déterminer l'effort de traction induit sur chaque chaîne, sachant que le diamètre primitif des pignons est de 117 mm.

Le couple de sortie est $770\ \mathrm{N \cdot m}$. Le couple est repris par deux chaînes, chacune entraînée au rayon primitif $r = 117/2 = 58,5\ \mathrm{mm} = 0,0585\ \mathrm{m}$. L'équilibre des moments donne $770 = 2Fr$, donc $F = 770/(2 \times 0,0585) = 6581\ \mathrm{N}$ par chaîne. Il s'agit de l'effort théorique transmis en cas de blocage, avant application d'un éventuel coefficient de sécurité.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Effort théorique : environ $6,58\ \mathrm{kN}$ par chaîne.

Choix et longueur des chaînes

Question 7. À l'aide de la documentation sur les chaînes à rouleaux, choisir et indiquer la référence de la chaîne simple adaptée. En consultant les dessins de transmission et en considérant que la longueur de l'arc entre deux dents du pignon est sensiblement égale au pas de la chaîne, calculer approximativement la longueur de chaque chaîne en maillons, sans tenir compte du mode de fixation.

Le tableau des chaînes indique pour la référence 08B-1 un pas de $12,7\ \mathrm{mm}$ et une résistance moyenne à la traction de $9,8\ \mathrm{kN}$, supérieure à l'effort calculé par chaîne. Le plan donne un entraxe de $2544\ \mathrm{mm}$ et un diamètre primitif de $117\ \mathrm{mm}$. Pour deux pignons identiques, la longueur approximative comprend deux brins droits et deux demi-cercles.

Élément	Calcul	Valeur
Longueur approximative	$2 \times 2544 + \pi \times 117$	$5455,5\ \mathrm{mm}$
Maillons	$5455,5/12,7$	$429,6$, soit environ 430

Retenir une chaîne simple 08B-1, environ 430 maillons par côté, avant ajustement à la longueur normalisée et au montage.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Chaîne simple 08B-1, pas $12,7\ \mathrm{mm}$; longueur approximative : 430 maillons par chaîne.

Liaison pignon à chaîne-arbre

Question 8. À partir des caractéristiques du manchon expansible A5-51-40 et des dimensions de l'arbre de transmission, justifier l'utilisation de ce manchon.

La ligne A5-51-40 du tableau constructeur correspond à un arbre de diamètre nominal $40\ \mathrm{mm}$, conforme à l'arbre de transmission Ø40. Le montage prescrit un arbre h8 et un alésage H8. Le manchon transmet jusqu'à $940\ \mathrm{N \cdot m}$, supérieur au couple moteur de $770\ \mathrm{N \cdot m}$. Il comporte six vis M5 à serrer à $8\ \mathrm{N \cdot m}$. Le manchon réalise une liaison

sans clavette par serrage et permet le démontage.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> A5-51-40 compatible : arbre Ø40 h8, alésage Ø40 H8, couple admissible $940\ \mathrm{N \cdot m} > 770\ \mathrm{N \cdot m}$.

Choix du type de motoréducteur

Question 9. Compléter le tableau pour chaque type de motorisation proposé : indiquer par oui ou par non si l'arrêt et le maintien en position sous charge sont possibles, cocher la ou les solutions adaptées et justifier les choix.

Le frein mécanique maintient la charge lorsque le moteur est arrêté ou que son alimentation est coupée. La résistance de freinage permet de dissiper l'énergie lors des ralentissements fréquents, mais ne maintient pas la charge à elle seule. On choisit donc le moteur asynchrone avec frein et résistance de freinage : le frein assure le maintien, tandis que la résistance soulage le frein lors des décélérations pilotées.

Motorisation	Maintien sous charge	Choix	Justification
Asynchrone sans frein	Non		Pas de maintien mécanique à l'arrêt.
Asynchrone avec frein	Oui		Frein de maintien, mais arrêts fréquents en charge.
Asynchrone avec frein et résistance de freinage	Oui	X	Frein pour le maintien ; résistance pour l'énergie de freinage.
Synchrone sans frein	Non		Sans frein, le maintien à l'arrêt n'est pas assuré.

Tableau de motorisation complété

Question 9

Type motorisation	Arrêt et maintien en position sous charge possible ?	Choix	Justifications
Asynchrone sans frein	Non		Sans frein : maintien non assuré
Asynchrone avec frein	Oui		Frein : maintien ; arrêts répétés
Asynchrone avec frein et résistance de freinage	Oui	X	Frein : maintien ; résistance : freinage
Synchrone	Non		Sans frein : maintien non assuré

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Choix : moteur asynchrone avec frein et résistance de freinage.

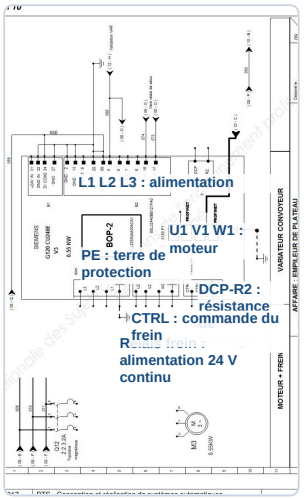
Câblage de puissance

Question 10. À l'aide des documents ressources 3, compléter le schéma de câblage de puissance de l'ensemble variateur-motoréducteur.

Le schéma de puissance indique les bornes d'alimentation L1, L2 et L3, les sorties moteur U1, V1 et W1, ainsi que les bornes DCP et R2 pour la résistance de freinage. Le moteur est également raccordé au conducteur de protection. Le relais de frein est alimenté en 24 V continu et commandé par les bornes CTRL. Respecter les repères et le raccordement à la terre ; toute intervention de câblage s'effectue hors tension.

1. Réseau triphasé : L1-L2-L3.
2. Moteur : U1-V1-W1 vers le moteur, avec raccordement de protection PE.
3. Résistance de freinage : DCP-R2 ; relais de frein : alimentation 24 V continu et commande CTRL.

Schéma de puissance raccordé



✓ RÉPONSE À RETENIR

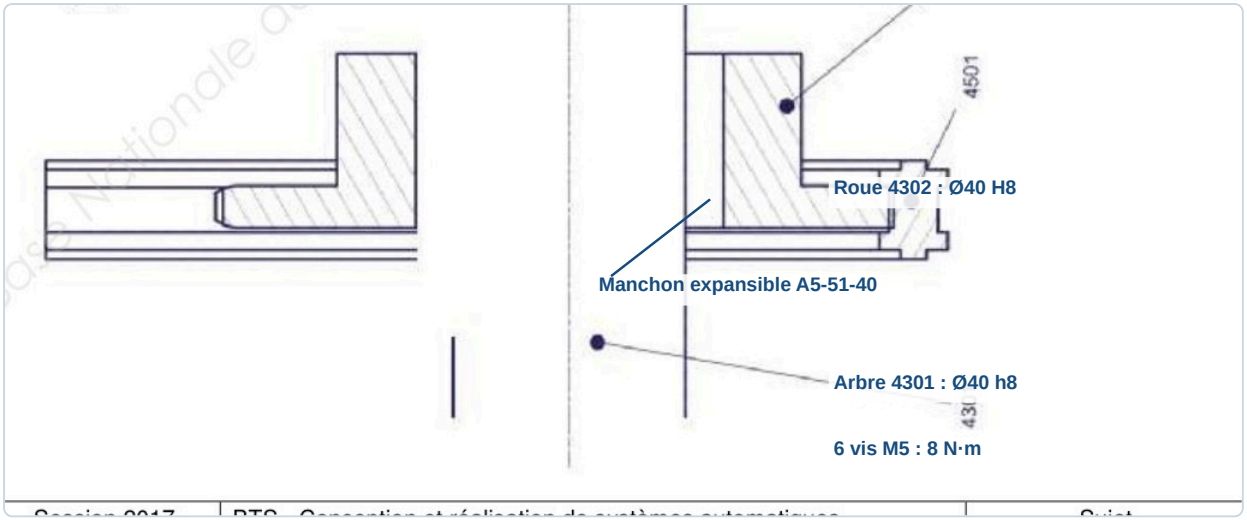
L1-L2-L3 : réseau ; U1-V1-W1 : moteur ; DCP-R2 : résistance de freinage ; relais CTRL : commande du frein.

Liaison encastrement pignon-arbre

Question 11. Réaliser la liaison encastrement entre le pignon et l'axe à l'aide du manchon expansible de référence A5-51-40, compléter la partie supérieure de la coupe BB et mettre en place les spécifications nécessaires.

La nomenclature identifie la roue dentée 4302 et l'arbre 4301, de diamètre Ø40. Placer le manchon A5-51-40 entre le moyeu de la roue et l'arbre, sans clavette. Indiquer les tolérances de montage prescrites par le constructeur : alésage H8 et arbre h8. Pour cette taille, le manchon comporte six vis M5, serrées à $8\ \mathrm{N \cdot m}$. Compléter la partie supérieure de la coupe B-B en représentant le serrage du manchon entre les deux pièces et en ajoutant les références et spécifications de montage nécessaires.

Spécifications de la liaison pignon-arbre



✓ RÉPONSE À RETENIR

Manchon A5-51-40 entre roue dentée 4302 et arbre 4301 ; Ø40 H8 / Ø40 h8 ; six vis M5 à $8\ \mathrm{N \cdot m}$.

3. Évaluation du risque mécanique lors du changement de palette

En phase de production, l'opérateur évacue la palette pleine et installe une palette vide toutes les dix minutes. Pendant une minute, il se trouve sous l'axe horizontal X et le préhenseur, ensemble de 220 kg situé à 2,4 m du sol, ce qui motive l'analyse du risque mécanique.

Question 12. Décrire la situation dangereuse et énoncer le risque mécanique principal auquel l'opérateur est exposé lors du changement de palette en phase de production.

Lors du changement de palette, l'opérateur se place sous l'axe horizontal X et le préhenseur, situés à 2,4 m du sol. Cet ensemble de 220 kg constitue le phénomène dangereux : une défaillance de son maintien ou un mouvement imprévu peut le faire descendre sur l'opérateur. Le dommage mécanique redouté est l'écrasement, susceptible d'entraîner des blessures très graves, voire mortelles. Il faut distinguer cette situation dangereuse du risque : l'opérateur est exposé au danger de chute ou de descente incontrôlée de la charge suspendue.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Risque d'écrasement de l'opérateur par la chute ou la descente incontrôlée de l'axe X et du préhenseur suspendus.

Question 13. À l'aide du document ressources 6 et pour le risque identifié à la question 12, estimer de façon détaillée le niveau de probabilité d'occurrence d'un dommage, estimer le niveau de gravité, évaluer le risque et proposer une solution pour le réduire.

Critère	Niveau	Justification
Exposition	Fréquente	1 min toutes les 10 min de production.
Occurrence de l'événement dangereux	Élevée	Défaillance ou mouvement incontrôlé possible d'un ensemble suspendu.
Évitement	Impossible	L'opérateur travaille sous la charge.
Probabilité de dommage	4, très probable	Fréquente, élevée, évitement impossible.
Gravité	4, très grave	Écrasement pouvant provoquer un décès ou une atteinte permanente grave.

Sur la matrice, le croisement probabilité 4 et gravité 4 classe le risque comme inacceptable. Réduire d'abord l'exposition en empêchant l'accès sous le manipulateur pendant le changement de palette. Ajouter un dispositif mécanique de retenue capable de maintenir l'axe en position sûre, même en cas de perte d'énergie. La sécurité ne doit pas reposer uniquement sur le frein moteur.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Probabilité : 4. Gravité : 4. Risque inacceptable. Empêcher l'accès sous le manipulateur et sécuriser sa position par une retenue mécanique.

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

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve E5-E51 du BTS Conception et réalisation de systèmes automatiques, session 2017, porte le code 17-CSE5CCF-ME-1 et dure 4 h, coefficient 3. Elle étudie l'automatisation d'un empileur de plateaux de matelas et évalue les compétences en détection, grafcet, calcul de vitesses, dimensionnement de transmission, choix et câblage d'une motorisation, dessin mécanique et analyse des risques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour un profil triangulaire symétrique de durée totale T, le déplacement vaut l'aire du triangle : d = VMMax × T / 2.
- À vitesse constante, la vitesse de translation se calcule par v = distance / durée, avec des unités cohérentes.
- Pour un pignon de diamètre primitif D, la vitesse périphérique vaut v = π × D × n, avec D en mètres et n en tours par seconde.
- L'effort tangentiel transmis par un pignon vaut F = C / r ; deux chaînes se partagent l'effort si la répartition est égale.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer le détecteur embarqué Zp des détecteurs fixes Zb et Zh et associer chaque événement à la bonne étape du grafcet.
- Convertir les millimètres en mètres et les tours par minute en tours par seconde avant les calculs de vitesse.
- Vérifier le partage de l'effort entre les deux chaînes avant de comparer le résultat à la résistance admissible.
- Pour évaluer le risque, justifier l'exposition, la probabilité, la possibilité d'éviter le dommage et la gravité avant de lire la matrice.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment exploiter le diagramme triangulaire pour déterminer la vitesse maximale de montée ?

Le déplacement est l'aire sous la courbe vitesse-temps. Pour un triangle de base T et de hauteur VMMax, d = VMMax × T / 2. On isole VMMax, puis on détermine l'accélération à partir de la pente pendant la phase d'accélération.

Q : Comment passer de la vitesse linéaire de l'axe Z à la vitesse de rotation du pignon ?

La vitesse périphérique vérifie v = πDn, avec D en mètres et n en tours par seconde. Calculer n = v/(πD), puis multiplier le résultat par 60 pour l'exprimer en tours par minute.

Q : Le sujet donne-t-il un barème par question et comment organiser les quatre heures ?

Aucun barème détaillé par question n'est imprimé dans le sujet. Répartir le temps entre les trois parties, avancer sur les calculs maîtrisés et garder une marge pour les schémas, le grafcet et la vérification des unités.

Q : Quels éléments doivent apparaître dans l'évaluation du risque mécanique ?

Décrire la situation dangereuse, justifier la probabilité à partir des critères du document ressources 6, estimer la gravité, situer le risque dans la matrice et proposer une mesure de réduction adaptée.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btscrsa.fr/assets/annales/bts-crsa/E5.1 - Conception détaillée d'une chaîne fonctionnelle/2017/BTS CRSA - E5.1 - Conception détaillée d'une chaîne fonctionnelle - Session 2017 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Conception et Réalisation de Systèmes Automatiques : 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.