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 E4 – Conception préliminaire d’un système automatique

Session 2016 • Code sujet : **16CSE4CSA1** • Durée : **4 h 30** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Analyse du distributeur existant et calcul du processus 1** (6 questions) — **Page 3**

2. **Calcul du temps de cycle du processus 2** (3 questions) — **Page 8**

3. **Paramètres de l’architecture matérielle et choix de l’axe linéaire** (3 questions) — **Page 11**

4. **Choix d’une configuration matérielle pour la commande** (2 questions) — **Page 14**

5. **Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 15**

Sujet officiel (PDF) : https://btscrsa.fr/assets/annales/bts-crsa/E4 - Conception préliminaire d’un système automatique/2016/BTS CRSA - E4 - Conception préliminaire d’un système automatique - Session 2016 - 1-Sujet.pdf

1. Analyse du distributeur existant et calcul du processus 1

Le sujet présente le requilleur existant, qui achemine les quilles renversées vers dix alvéoles par l'intermédiaire de voies et d'un aiguilleur. Il demande d'analyser les durées, de représenter et chronométrer le processus 1, puis de proposer des améliorations.

Analyse temporelle

Question Q1. À partir du document ressource présentant la répartition des durées des opérations nécessaires à la remise à disposition des quilles, identifier l'opération et le sous-système les plus chronophages.

Le relevé temporel de la ressource 1 montre que l'opération « Distribuer les quilles », assurée par le sous-système distributeur, s'étend de 6 s à 20 s. Sa durée est donc de 14 s. C'est la durée la plus longue parmi les opérations représentées. À titre de comparaison, l'élévateur fonctionne de 4 s à 17 s, soit 13 s. Le distributeur est donc le sous-système le plus chronophage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Distribuer les quilles, par le distributeur : 14 s, durée maximale.

Processus existant

Question Q2. En utilisant les procédés élémentaires listés dans le sujet, proposer un autre processus possible pour le distributeur existant.

Un processus alternatif consiste à remplir d'abord la chaîne des alvéoles 1, 3, 4, 7 et 10, puis celle des alvéoles 8, 5, 9, 2 et 6. Il réutilise les opérations élémentaires données et adapte l'aiguillage au parcours de chaque quille. La réalisation doit suivre le cheminement disponible dans le distributeur et vérifier que chaque taquet libère le passage de la quille suivante.

1. Aiguiller voie 1, déposer en 1, puis aiguiller voie 3 et déposer en 3.
2. Aiguiller voie 1, déposer en 4 puis 7, aiguiller voie 3 et déposer en 10.
3. Remplir ensuite les alvéoles 8, 5, 9, 2 et 6 en commutant l'aiguillage entre les voies 1 et 3 selon le parcours.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ordre proposé : 1, 3, 4, 7, 10, puis 8, 5, 9, 2, 6, avec aiguillage selon la voie d'accès.

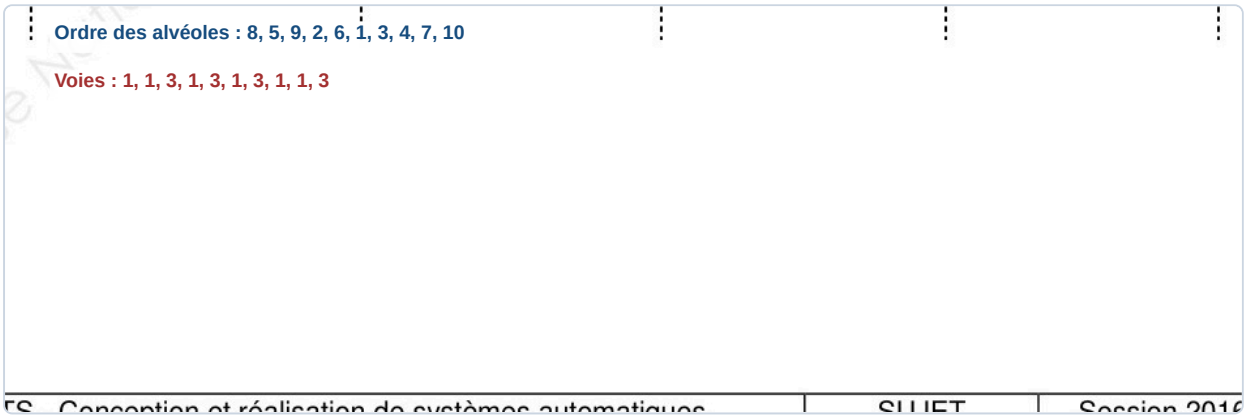
Processus 1

Question Q3. Sur le document réponse, compléter le synoptique des flux de transfert des quilles dans les alvéoles et les deux premières colonnes du tableau pour le processus 1. Réaliser les tracés à main levée de façon claire.

Le processus 1 suit les dix transferts dans cet ordre : 8, 5, 9, 2, 6, puis 1, 3, 4, 7 et 10. Pour les cinq premières quilles, les voies indiquées dans le document réponse sont respectivement 1, 1, 3, 1 et 3. Les transferts suivants empruntent les voies 1, 3, 1, 1 et 3. Les aiguillages sont des actions distinctes, réalisées en temps masqué.

Ordre	Action	Ensemble concerné
1 à 5	Transférer vers 8, 5, 9, 2, 6	Voies 1, 1, 3, 1, 3
6 à 10	Transférer vers 1, 3, 4, 7, 10	Voies 1, 3, 1, 1, 3

Colonnes Q3 complétées



✓ RÉPONSE À RETENIR

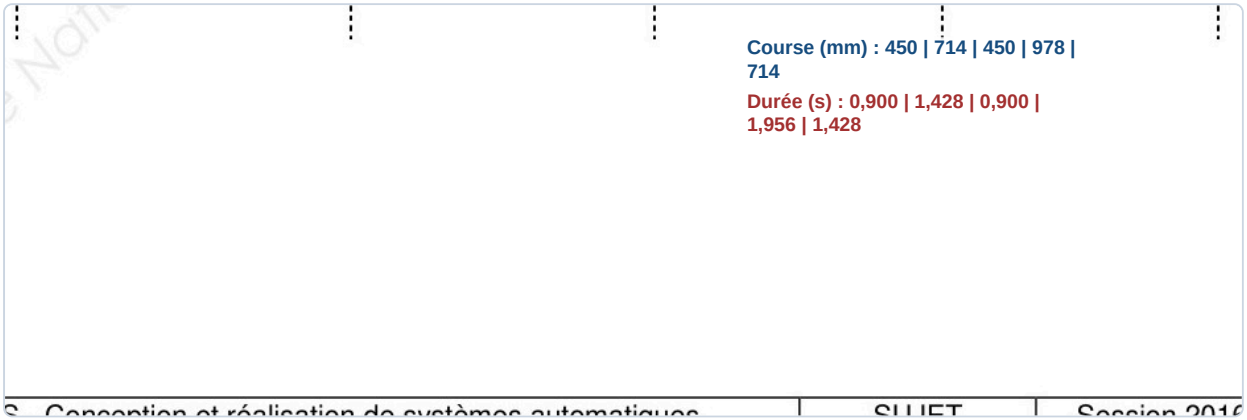
Alvéoles : 8, 5, 9, 2, 6, 1, 3, 4, 7, 10. Voies : 1, 1, 3, 1, 3, 1, 3, 1, 1, 3.

Question Q4. Sur le document réponse, compléter les deux dernières colonnes du tableau en indiquant les courses et les durées des mouvements de transfert.

La vitesse moyenne sur les voies est de 0,5 m/s, soit 500 mm/s. Pour chaque transfert, la durée est la course divisée par 500. Le basculement de la quille dure ensuite 0,1 s. Les valeurs ci-dessous complètent les cinq lignes de transfert visibles dans le tableau du document réponse.

Alvéole	Voie	Course	Durée du transfert	Basculement
8	1	450 mm	0,900 s	0,100 s
5	1	714 mm	1,428 s	0,100 s
9	3	450 mm	0,900 s	0,100 s
2	1	978 mm	1,956 s	0,100 s
6	3	714 mm	1,428 s	0,100 s

Courses et durées Q4



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

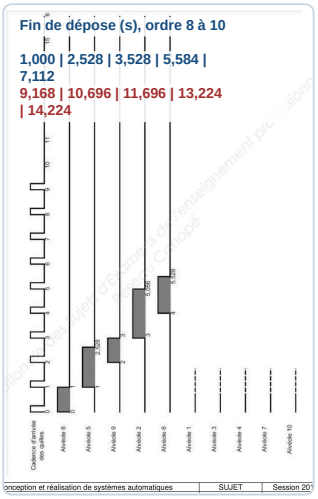
Courses : 450, 714, 450, 978, 714 mm. Transferts : 0,900, 1,428, 0,900, 1,956, 1,428 s.

Question Q5. Compléter le diagramme de Gantt du processus 1 sur le document réponse, en tenant compte du cadencement d'arrivée des quilles indiqué dans le sujet.

Les quilles arrivent à raison d'une par seconde. Chaque transfert est suivi d'un basculement de 0,1 s. Le distributeur ne traite qu'une quille à la fois : un transfert commence après la fin du précédent et après l'arrivée de la quille concernée. Pour compléter le diagramme, les durées des cinq transferts restants suivent les courses symétriques de la disposition : 978, 714, 450, 714 et 450 mm, soit 1,956, 1,428, 0,900, 1,428 et 0,900 s.

Alvéole	Transfert (s)	Basculement (s)	Fin de dépose (s)
8	0 à 0,900	0,900 à 1,000	1,000
5	1,000 à 2,428	2,428 à 2,528	2,528
9	2,528 à 3,428	3,428 à 3,528	3,528
2	3,528 à 5,484	5,484 à 5,584	5,584
6	5,584 à 7,012	7,012 à 7,112	7,112
1	7,112 à 9,068	9,068 à 9,168	9,168
3	9,168 à 10,596	10,596 à 10,696	10,696
4	10,696 à 11,596	11,596 à 11,696	11,696
7	11,696 à 13,124	13,124 à 13,224	13,224
10	13,224 à 14,124	14,124 à 14,224	14,224

Repères du Gantt Q5



✓ RÉPONSE À RETENIR

Fin des déposes : 1,000 ; 2,528 ; 3,528 ; 5,584 ; 7,112 ; 9,168 ; 10,696 ; 11,696 ; 13,224 ; 14,224 s.

Amélioration du processus 1

Question Q6. En conservant l'architecture actuelle du distributeur, lister des solutions techniques permettant de diminuer la durée de remplissage des dix alvéoles.

La durée peut diminuer sans changer les voies, l'aiguilleur ni les alvéoles. Il faut agir sur les temps de déplacement, les déposes et les attentes, tout en conservant une alimentation et un transfert fiables.

- Augmenter la vitesse de transfert et optimiser les accélérations et freinages.
- Réduire la course des déplacements à vide et optimiser l'ordre des déposes.
- Accélérer le basculement des taquets et réaliser les aiguillages en temps masqué.

- Améliorer la détection et le guidage afin d’éviter les attentes, les erreurs et les reprises de mouvement.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Accélérer les transferts, réduire les courses et les temps de dépose, optimiser l’ordre et supprimer les attentes.

2. Calcul du temps de cycle du processus 2

Le processus 2 utilise une voie unique, pivotante et réglable en longueur, pour alimenter les dix alvéoles selon une chronologie définie. Les questions portent sur les durées de rotation et de transfert, la compatibilité avec la cadence d'arrivée des quilles et le gain de temps par rapport au cycle antérieur.

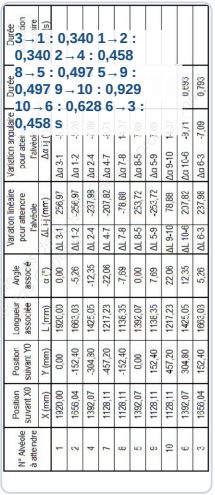
Durées de rotation

Question Q7. En tenant compte des données techniques du processus 2, calculer les durées des mouvements de rotation de la voie, puis les reporter dans la dernière colonne du tableau du document réponse.

On calcule chaque durée par $\Delta t = |\Delta\alpha|/0,27$, avec l'angle en radians. Les valeurs du document réponse donnent les durées suivantes, dans l'ordre de remplissage :

Transition	Durée (s)
3 vers 1	0,340
1 vers 2	0,340
2 vers 4	0,458
4 vers 7	0,628
7 vers 8	0,929
8 vers 5	0,497
5 vers 9	0,497
9 vers 10	0,929
10 vers 6	0,628
6 vers 3	0,458

Durées angulaires calculées



✓ RÉPONSE À RETENIR

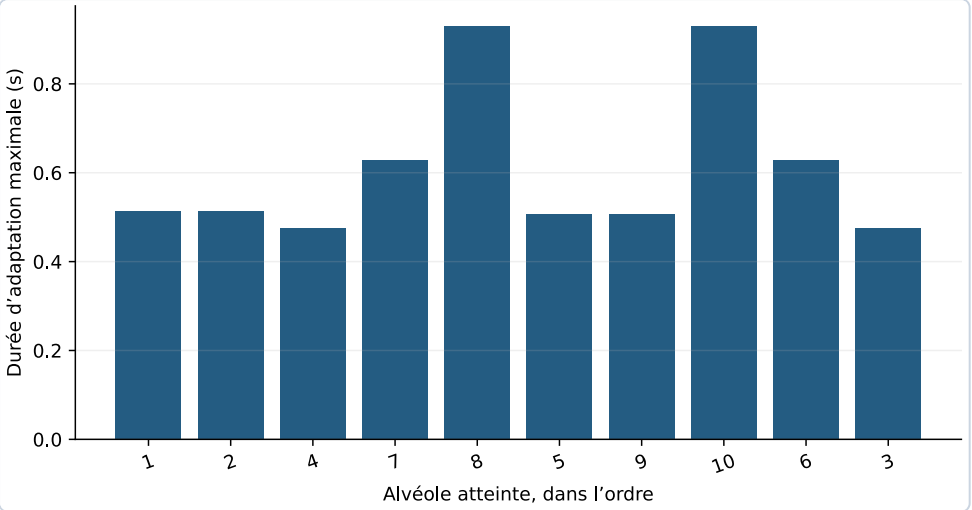
Durées à reporter : 0,340 ; 0,340 ; 0,458 ; 0,628 ; 0,929 ; 0,497 ; 0,497 ; 0,929 ; 0,628 ; 0,458 s.

Compatibilité avec la cadence

Question Q8. À partir du tableau du document réponse, vérifier et justifier que le positionnement et l'adaptation de la voie pour passer d'une alvéole à l'autre sont compatibles avec la cadence d'arrivée des quilles.

Translation et rotation étant combinables, la durée d'adaptation est le maximum des deux durées. À 0,5 m/s, les durées linéaires successives sont : 0,514 ; 0,514 ; 0,476 ; 0,416 ; 0,158 ; 0,507 ; 0,507 ; 0,158 ; 0,416 ; 0,476 s.

Les durées d'adaptation retenues sont donc 0,514 ; 0,514 ; 0,476 ; 0,628 ; 0,929 ; 0,507 ; 0,507 ; 0,929 ; 0,628 ; 0,476 s. Le maximum, 0,929 s, est inférieur à l'intervalle d'une seconde entre deux quilles : la cadence est respectée.



✓ RÉPONSE À RETENIR

Compatible : l'adaptation la plus longue prend 0,929 s, contre 1 s entre deux arrivées.

Évaluation du temps de cycle

Question Q9. Après avoir calculé la durée d'acheminement de la première quille dans l'alvéole 1, déterminer le temps nécessaire pour remplir le distributeur. Comparer le gain obtenu à la durée de cycle antérieure de 14,5 s et vérifier s'il répond au besoin du cahier des charges.

La première quille parcourt les 1 920 mm associés à l'alvéole 1 à 0,5 m/s : elle arrive après 3,84 s. Les neuf quilles suivantes arrivent à raison d'une par seconde, et les changements de position sont compatibles avec cette cadence. Le remplissage total prend donc 3,84 + 9 × 1 = 12,84 s. Le gain par rapport aux 14,5 s antérieurs est de 1,66 s, soit 11,45 %. La réduction dépasse ainsi les 10 % demandés.

Remplissage du distributeur, processus 2

0 s	Début de l’acheminement de la première quille
3,84 s	Première quille déposée dans l’alvéole 1
12,84 s	Dixième quille déposée, distributeur rempli

Les neuf quilles suivantes arrivent à une seconde d’intervalle.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Remplissage : 12,84 s. Gain : 1,66 s, soit 11,45 % : l’objectif de 10 % est atteint.

3. Paramètres de l’architecture matérielle et choix de l’axe linéaire

Le processus 2 repose sur deux axes, avec une position d’alvéole définie par une longueur et un angle. Il faut déterminer les amplitudes de déplacement, vérifier la précision requise et choisir, parmi quatre solutions, une technologie d’axe satisfaisant les contraintes d’utilisation et de montage.

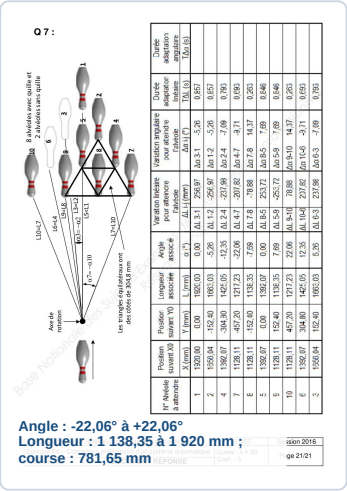
Amplitudes des mouvements

Question Q10. À l’aide du document réponse, déterminer les limites de l’amplitude du mouvement angulaire et celles de l’amplitude du mouvement linéaire.

Mouvement	Limite minimale	Limite maximale	Amplitude totale
Angulaire	-22,06°	+22,06°	44,12°
Linéaire	1 138,35 mm	1 920,00 mm	781,65 mm

Sur le document réponse, les angles extrêmes sont ceux des alvéoles 7 et 10. Les longueurs extrêmes sont celles des alvéoles 8 ou 9, puis de l’alvéole 1. L’amplitude totale linéaire est la différence entre la longueur maximale et la longueur minimale : 1 920,00 - 1 138,35 = 781,65 mm. Les valeurs indiquent les limites à couvrir par les deux axes.

Limites des amplitudes sur le document réponse



✓ RÉPONSE À RETENIR

Amplitude angulaire : -22,06° à +22,06° (44,12°). Amplitude linéaire : 1 138,35 à 1 920,00 mm (781,65 mm).

Précision et amplitude

Question Q11. La précision de la position d'arrêt souhaitée pour l'axe linéaire est de ± 1 mm. Indiquer quelles caractéristiques des documents ressources permettent de vérifier cette contrainte et de valider l'amplitude du mouvement linéaire.

Solution	Précision répétitive	Course possible	Vérification
1	±0,08 mm	8 500 mm	Conforme
2	±0,015 mm	300 mm	Course insuffisante
3	±0,1 mm	3 000 mm	Conforme
4	±0,1 mm	2 000 mm	Conforme

Les documents ressources donnent deux caractéristiques à comparer : la précision répétitive et la course possible de chaque axe. Les quatre précisions répétitives sont inférieures à la tolérance demandée de ±1 mm. La course nécessaire est de 781,65 mm d'après les longueurs extrêmes du document réponse. Les solutions 1, 3 et 4 la couvrent ; la solution 2, limitée à 300 mm, ne la couvre pas.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Précision : les quatre solutions satisfont ±1 mm. Course requise : 781,65 mm ; solutions 1, 3 et 4 conformes, solution 2 insuffisante.

Choix technologique

Question Q12. Choisir et justifier une des quatre solutions proposées pour l'axe numérique linéaire, au regard des contraintes de masse déplacée, nombre de positions, course utile, vitesse, accélération, précision de positionnement et montage en porte-à-faux.

La solution 3 est le seul choix qui satisfait l'ensemble des contraintes, notamment le montage en porte-à-faux et la course utile demandée. Son axe DGEA-40-800-ZR-GVL accepte 50 kg, offre une vitesse maximale de 1,5 m/s, une accélération maximale de 18 m/s² et une précision répétitive de ±0,1 mm. L'axe numérique peut être commandé aux six positions. La solution 1 et la solution 4 sont de type portique ; la solution 2 est en porte-à-faux, mais sa course et sa vitesse sont insuffisantes.

Contrainte	Exigence	Solution 3
Masse déplacée	8 kg	50 kg maximum
Positions	6	Positionnement commandé par l’axe numérique
Course utile	800 mm	800 mm
Vitesse maximale	1 000 mm/s	1 500 mm/s
Accélération maximale	10 m/s²	18 m/s²
Précision	±1 mm	±0,1 mm
Montage	Porte-à-faux	Compatible

✓ RÉPONSE À RETENIR

Choisir la solution 3 : axe électrique DGEA-40-800-ZR-GVL, en porte-à-faux, conforme aux contraintes demandées.

4. Choix d’une configuration matérielle pour la commande

L’architecture de commande associe un automate, une interface homme-machine, un ordinateur connecté au réseau et des contrôleurs d’axes. Les candidats calculent les coûts de trois solutions fournisseurs pour des bowlings de quatre et de trente-deux pistes, puis choisissent une configuration pour chaque installation.

Comparaison des coûts

Question Q13. À l’aide des documents ressources, calculer les coûts associés aux trois solutions fournisseurs pour un bowling de quatre pistes et pour un bowling de trente-deux pistes.

Le coût comprend l’API, l’IHM, le switch et, lorsque le bus l’exige, une carte enfichable par contrôleur d’axe. Le prix des contrôleurs CMMP-AS-M3 eux-mêmes n’est pas indiqué dans le chiffrage et est donc exclu, puisqu’il est commun aux trois solutions.

Fournisseur	4 pistes (€ HT)	32 pistes (€ HT)
Festo	4 928,85	12 898,49
Schneider Electric	2 958,91	2 958,91
Siemens	3 807,18	11 776,82

Festo utilise des cartes EtherCAT et Siemens des cartes PROFIBUS-DP, une par axe. Schneider exploite le CANopen intégré aux CMMP-AS-M3, sans carte supplémentaire. Le nombre de cartes correspond donc au nombre de pistes.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 4 pistes : Festo 4 928,85 €, Schneider 2 958,91 €, Siemens 3 807,18 €. 32 pistes : Festo 12 898,49 €, Schneider 2 958,91 €, Siemens 11 776,82 € HT.

Choix de configuration

Question Q14. Choisir et justifier la solution retenue pour la configuration matérielle de commande d’un bowling de quatre pistes, puis d’un bowling de trente-deux pistes.

Pour les bowlings de 4 comme de 32 pistes, retenir Schneider Electric. Son coût est le plus faible dans les deux cas. Contrairement à Festo et Siemens, qui nécessitent une carte de bus par contrôleur d’axe, le M340 communique en CANopen, bus intégré aux contrôleurs CMMP-AS-M3. Il communique aussi en Ethernet TCP/IP, adapté au réseau et à l’IHM. Le coût de cette configuration ne varie donc pas avec le nombre de pistes, hors contrôleurs communs aux trois solutions.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Choix : Schneider Electric pour 4 et 32 pistes, avec l’API M340 en Ethernet TCP/IP et CANopen, reliée aux contrôleurs CMMP-AS-M3.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2016)

Bilan de l'épreuve : Épreuve E4 de BTS Conception et réalisation de systèmes automatiques, session 2016, code 16CSE4CSA1, durée 4 h 30, coefficient 3. Le sujet porte sur le requilleur de bowling et l'acheminement des quilles. Il évalue l'analyse de cycles, le calcul de mouvements, le choix d'un axe linéaire et la comparaison de configurations matérielles de commande.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour une translation à vitesse constante, la durée se calcule par t = d/v, avec des unités cohérentes.
- Pour une rotation à vitesse angulaire constante, la durée se calcule par t = |Δα|/ω, avec l'angle exprimé en radians.
- Lorsque des mouvements sont combinés, le temps de cycle tient compte de leur chevauchement et ne correspond pas nécessairement à leur somme.
- Un axe doit satisfaire simultanément les exigences de course, vitesse, accélération, masse, précision et type de montage.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les distances et vitesses dans des unités cohérentes avant de calculer une durée.
- Distinguer les mouvements en temps masqué des mouvements qui imposent une attente dans le diagramme de Gantt.
- Vérifier chaque caractéristique technique de l'axe face aux exigences, et pas seulement son prix ou sa précision.
- Pour comparer les fournisseurs, comptabiliser correctement les équipements communs et ceux nécessaires pour chaque axe.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la durée d'un déplacement sur une voie ?

Pour une translation à vitesse constante, utilisez t = d/v. Convertissez d et v dans des unités cohérentes; une distance en mètres divisée par une vitesse en mètres par seconde donne un temps en secondes.

Q : Comment calculer le temps nécessaire à une rotation de la voie ?

Pour une rotation à vitesse angulaire moyenne constante, utilisez t = |Δα|/ω, avec Δα en radians et ω en rad/s. Pour vérifier la cadence, comparez cette durée à l'intervalle d'arrivée des quilles, fixé à une seconde.

Q : Le sujet attribue-t-il des points à chaque question ?

Le sujet n'imprime aucun barème détaillé par question ni de répartition des points. La durée officielle est de 4 h 30 et le coefficient de l'épreuve est 3; organisez le temps entre calculs, justifications et documents réponses.

Q : Quels critères retenir pour justifier le choix de l'axe linéaire ?

Le choix doit satisfaire simultanément les contraintes indiquées : masse de 8 kg, six positions, course de 800 mm, vitesse de 1 000 mm/s, accélération de 10 m/s², précision de ± 1 mm et montage porte-à-faux.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btscrsa.fr/assets/annales/bts-crsa/E4 - Conception préliminaire d'un système automatique/2016/BTS CRSA - E4 - Conception préliminaire d'un système automatique - Session 2016 - 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.