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 CIRA

Contrôle industriel et régulation automatique

Session 2019 • Code sujet : **CA52AII** • Durée : **3 heures** • Coefficient : **5**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Instrumentation de niveau et mesure de température de la cuve 1** (8 questions) — **Page 3**
2. **Régulation de la température et gestion du niveau de la cuve 1** (3 questions) — **Page 6**
3. **Régulation de température et traitement du pH de la cuve 2** (3 questions) — **Page 9**
4. **Connexion de l'automate à un réseau local** (1 question) — **Page 12**
5. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://btscira.fr/assets/annales/bts-cira/E5.2 - Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation/2019/BTS CIRA - E5.2 - Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation - Session 2019 - 1-Sujet.pdf

1. Instrumentation de niveau et mesure de température de la cuve 1

La cuve tampon de 90 m³ stocke les eaux chaudes issues de trois échangeurs afin de les réutiliser, et son niveau est surveillé par LAH1 et LT1. Le sujet étudie le choix des capteurs de niveau, puis la mesure de température par TE1 et TT1 et la conversion de son signal en donnée numérique par l'automate.

Question Q1. Décrire le principe de fonctionnement du détecteur vibrant Vegaswing 61, vérifier qu'il est adapté à la surveillance du niveau d'eau de la cuve 1 et préciser le type d'information qu'il fournit.

Le Vegaswing 61 excite sa fourche vibrante par un élément piézoélectrique. Quand le liquide recouvre la fourche, ses caractéristiques de vibration changent, ce que l'électronique détecte et transforme en commutation de sortie. L'eau convient : sa masse volumique dépasse le seuil de détection du capteur. Installé à la hauteur choisie, il signale donc le franchissement d'un seuil de niveau, par exemple le niveau haut de la cuve. Il ne fournit pas une mesure continue du niveau, mais une information binaire correspondant à l'état atteint ou non atteint du seuil.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Adapté à l'eau, le Vegaswing 61 fournit une information tout-ou-rien de franchissement du seuil de niveau.

Mesure du niveau par LT1

Question Q2.1. Sans tenir compte du coût d'achat, proposer trois technologies différentes applicables à la mesure du niveau.

Plusieurs principes distincts sont applicables à la mesure continue du niveau. La mesure hydrostatique déduit la hauteur de liquide de la pression au fond de la cuve. Une mesure ultrasonore détermine la distance entre le capteur et la surface à partir du temps de retour de l'onde. Enfin, une sonde capacitive mesure la variation de capacité liée à la partie immergée de la sonde. Ces technologies sont des propositions possibles ; leur choix dépend des caractéristiques du liquide, de la cuve et des conditions de service.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Trois technologies possibles : mesure hydrostatique, mesure ultrasonore et mesure capacitive.

Question Q2.2. Rappeler le principe de fonctionnement du radar FMR20 choisi pour mesurer le niveau, ainsi que ses avantages.

Le radar FMR20 émet des ondes vers la surface du liquide et reçoit leur réflexion. Le temps de retour de l'écho permet de calculer la distance à la surface, puis le niveau. La mesure est sans contact, ce qui convient aux cuves de stockage d'eau et évite les pièces mobiles immergées. L'annexe donne une précision de ±2 mm et une distance maximale de 10 m avec le faisceau DN40, ou de 20 m avec le faisceau DN80. Le principe convient aux liquides et aux eaux usées.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Mesure radar sans contact par écho : précision ±2 mm, portée maximale de 10 m ou 20 m selon le faisceau.

Question Q2.3. Expliquer ce qu'implique le choix d'un appareil de type 2 fils et de type HART.

Avec un appareil 2 fils, une même paire de conducteurs assure l'alimentation du transmetteur et transporte le signal analogique de boucle 4-20 mA. Il faut donc une alimentation et une entrée compatibles avec ce raccordement. HART superpose une communication numérique au courant analogique, sans remplacer la mesure 4-20 mA. Un équipement compatible permet ainsi de configurer l'appareil et d'accéder à ses fonctions de diagnostic à distance.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Deux fils transportent alimentation et signal 4-20 mA ; HART ajoute la configuration et le diagnostic numériques.

Mesure de température par TE1 et TT1

Question Q3.1. Proposer et justifier un type de sonde résistive à utiliser pour TE1, en tenant compte du convertisseur TT1 et de la distance de 25 m entre le capteur et l'armoire de commande.

On retient une sonde résistive Pt100 raccordée en 3 fils. Le schéma de TT1 prévoit ce type de montage pour une sonde à résistance. Le troisième conducteur permet au transmetteur de compenser l'influence de la résistance des fils de liaison, à condition que leurs résistances soient équilibrées. Cette compensation est pertinente puisque le capteur se trouve à 25 m de l'armoire. TT1 convertit ensuite la variation de résistance en signal normalisé 4-20 mA.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Sonde Pt100 en montage 3 fils, compatible avec TT1 et adaptée à la liaison de 25 m.

Question Q3.2. Pour une étendue de mesure configurée de 5 °C à 95 °C et une sortie de 4-20 mA, déterminer l'intensité fournie par le transmetteur lorsque la température est de 50 °C.

Le transmetteur associe linéairement 5 °C à 4 mA et 95 °C à 20 mA. L'étendue de température est de 90 °C et celle du courant de 16 mA. La température de 50 °C se situe à la moitié de l'étendue : le courant augmente donc de la moitié de 16 mA par rapport à 4 mA. Ainsi, $I = 4 + 16 \times (50 - 5) / (95 - 5) = 12$ mA.

✓ RÉPONSE À RETENIR

À 50 °C, le transmetteur délivre 12 mA.

Conversion analogique-numérique

Question Q3.3. Compléter le tableau du document réponse n°3 pour les températures indiquées, en justifiant les valeurs d'intensité et les valeurs de TN en binaire, en hexadécimal et en décimal.

Le tableau utilise les bornes de la gamme : 4 mA correspond à TN = 0 et 20 mA à TN = 255, soit les codes extrêmes sur 8 bits. À 50 °C, le courant de 12 mA est à mi-échelle : le calcul donne 127,5 codes, arrondis à 128 pour l'écriture du mot binaire. Les conversions binaire, hexadécimale et décimale sont reportées pour chaque ligne.

Température (°C)	Intensité (mA)	Binaire	Hexadécimal	Décimal
5	4	0000 0000	00	0
50	12	1000 0000	80	128
95	20	1111 1111	FF	255

Document réponse n°3 complété

Température en °C	Intensité en mA	Valeurs API de T_N		
		Binaire	Héxadécimal	Décimal
5	4	0000 0000		
50		12 mA	1000 0000	80 128
95	20	1111 1111		

Document réponse n°4

✓ RÉPONSE À RETENIR

À 50 °C : 12 mA et TN = 1000 0000_2 = 80_{16} = 128_{10}.

Question Q3.4. Exprimer la relation mathématique permettant de calculer la température T en degrés Celsius à partir de TN, nombre binaire naturel non signé sur 8 bits.

La conversion est affine entre les deux points de réglage : TN = 0 donne 5 °C et TN = 255 donne 95 °C. Le gain de conversion est donc l'étendue de température divisée par le nombre d'intervalles numériques, soit (95 − 5) / 255. On ajoute ensuite la valeur minimale de 5 °C. TN désigne ici la valeur entière non signée fournie par l'automate sur 8 bits ; la relation convertit directement cette valeur en température.

✓ RÉPONSE À RETENIR

T (°C) = 5 + (90 / 255) × TN.

2. Régulation de la température et gestion du niveau de la cuve 1

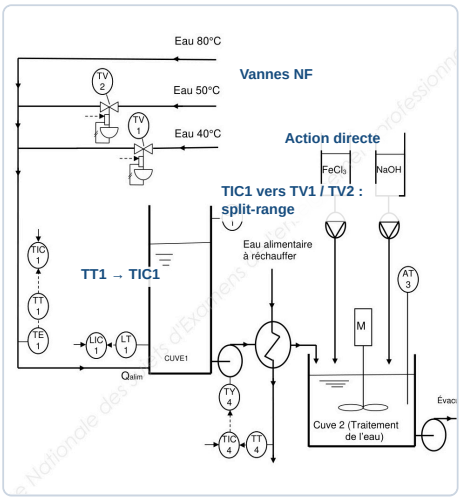
La cuve 1 reçoit des eaux à 80 °C, 50 °C et 40 °C, et la température doit être maintenue à 60 °C en pilotant les vannes TV1 et TV2, normalement fermées. Le sujet demande aussi de traiter les seuils de température et de proposer une stratégie de régulation du niveau qui préserve la priorité de la régulation thermique et protège la cuve contre un niveau supérieur à 80 %.

Régulation de température

Question Q4.1. Compléter le document réponse n°1 pour établir la boucle de régulation de la température dans la cuve 1, en précisant le sens d'action du régulateur et le nom de la stratégie mise en œuvre.

TE1 détecte la température de la cuve et TT1 transmet la mesure à TIC1. Le régulateur la compare à la consigne de 60 °C. Si la température augmente, sa sortie augmente afin d'ouvrir les vannes d'eau plus froide : TIC1 est donc en action directe. La commande est répartie entre TV2, alimentée en eau à 50 °C, et TV1, alimentée en eau à 40 °C, selon une stratégie de **gamme partagée** (split-range). Les deux vannes sont normalement fermées et se ferment en absence de commande.

Document réponse n°1 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

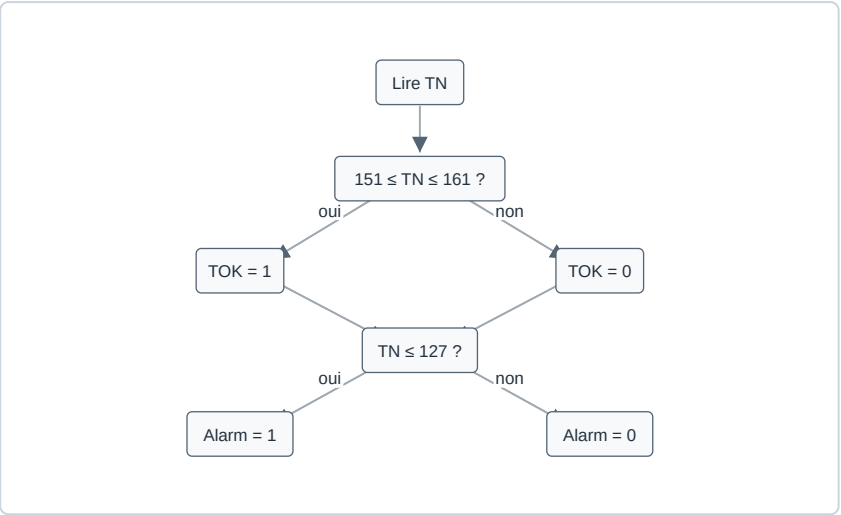
TIC1 en action directe commande TV1 et TV2, normalement fermées, selon une stratégie de gamme partagée.

Seuils et alarmes de température

Question Q4.2. Proposer un organigramme générant les bits TOK et Alarm à partir de TN. TOK vaut 1 lorsque la température est comprise entre 58 °C et 62 °C, limites incluses, et Alarm vaut 1 lorsque la température descend en dessous de 50 °C.

L'étalonnage de l'entrée analogique associe 0 à 5 °C et 255 à 95 °C, donc la température vaut **T = 5 + 90 TN / 255**. Pour TOK, les bornes donnent respectivement TN ≥ 150,17 et TN ≤ 161,5. TN étant un entier, la plage admise est 151 à 161. Pour l'alarme, T < 50 °C équivaut à TN < 127,5, soit TN ≤ 127. Les tests TOK et Alarm sont indépendants.

Génération des bits TOK et Alarm



Les deux bits sont évalués indépendamment à partir de TN.

✓ RÉPONSE À RETENIR

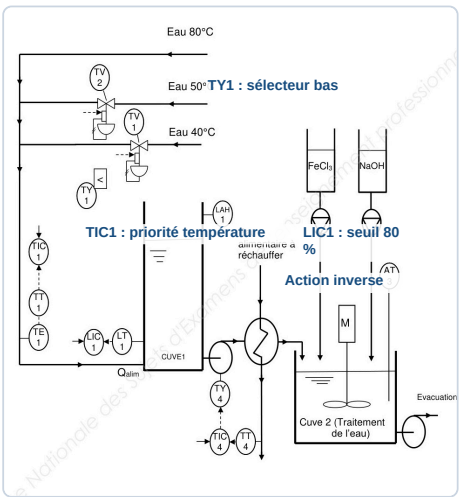
TOK = 1 pour 151 ≤ TN ≤ 161 ; Alarm = 1 pour TN ≤ 127. Sinon, chaque bit vaut 0.

Régulation du niveau

Question Q5. En admettant que le débit entrant d'eau à 80 °C reste inférieur au débit sortant, proposer une stratégie de régulation du niveau en complétant le document réponse n°2. Préciser le rôle des éventuels éléments ajoutés et le sens d'action de LIC1, en conservant la régulation de température comme priorité et en assurant la sécurité au-delà de 80 % du niveau maximal.

LT1 mesure le niveau et LIC1 compare cette mesure au seuil de sécurité de 80 %. TY1, sélecteur bas, transmet la plus faible des commandes de TIC1 et de LIC1 aux vannes d'arrivée froide. En régime normal, la sortie de LIC1 reste non limitante : TIC1 conserve donc la priorité de régulation thermique. Au-dessus du seuil, LIC1 réduit sa sortie pour fermer les arrivées froides et prévenir la montée du niveau. LIC1 est en action inverse, car sa sortie diminue lorsque le niveau mesuré augmente.

Document réponse n°2 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

TY1 sélectionne le minimum des sorties TIC1 et LIC1. LIC1, en action inverse, limite les entrées au-delà de 80 %.

3. Régulation de température et traitement du pH de la cuve 2

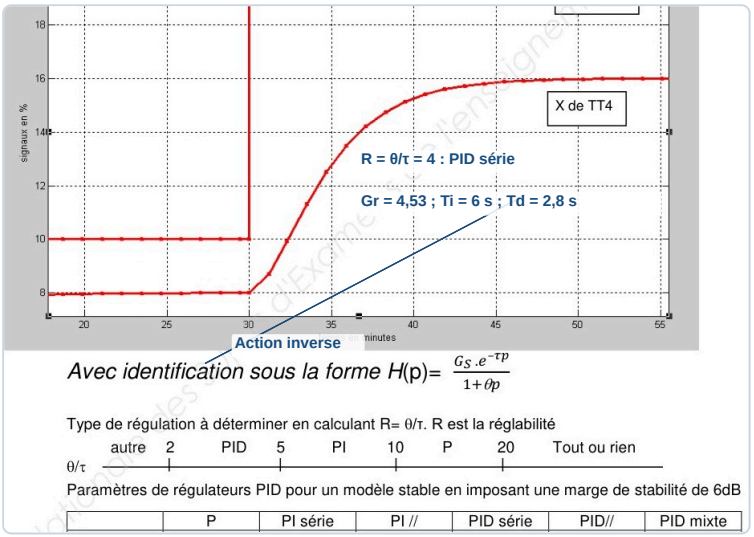
L'eau ayant servi au préchauffage est traitée dans la cuve 2 : son pH doit être ramené à environ 7 et ses particules éliminées par coagulation-floculation avec du FeCl3. Les questions portent sur le réglage de la boucle de température, le logigramme des pompes doseuses et l'étude théorique de la précision en boucle fermée.

Réglage du régulateur TIC4

Question Q6. À l'aide du document réponse n°4, déterminer les paramètres et le sens d'action du régulateur TIC4 de structure série. Porter sur le document les constructions nécessaires.

Dans le modèle, le gain statique est `Gs = 0,75`, la constante de temps `θ = 6 s` et le temps mort `τ = 1,5 s`. Ainsi, `R = θ/τ = 4` : le tableau conduit au PID série. Ses réglages sont `Gr = 0,85θ/(Gsτ) = 4,53`, `Ti = θ = 6 s` et `Td = 0,35θ/Gs = 2,8 s`. Le procédé ayant un gain positif, l'action doit être inverse : si la température mesurée augmente, la sortie du régulateur diminue.

Document réponse n°4 complété



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> PID série : Gr = 4,53 ; Ti = 6 s ; Td = 2,8 s ; action inverse.

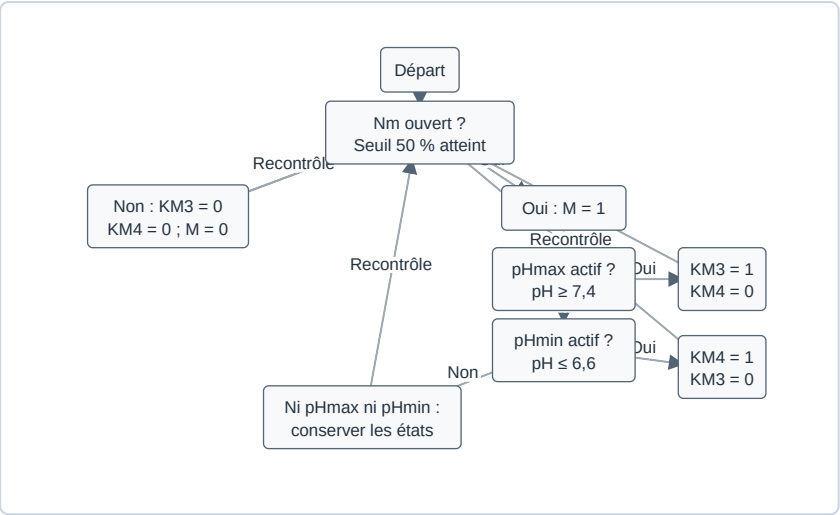
Commande des pompes doseuses

Question Q7. À l'aide de l'annexe 4, réaliser le logigramme de commande des pompes doseuses de FeCl3 et de NaOH afin de contrôler le pH entre 6,6 et 7,4 tout en maintenant l'agitation. Le dosage ne s'effectue que si la cuve 2 est pleine à 50 %. Ne pas mettre en place la régulation de la pompe d'évacuation.

Le dosage est autorisé à partir de 50 % : le contact Nm, normalement fermé au repos, s'ouvre lorsque ce seuil est atteint, donc l'autorisation correspond à `¬Nm`. En dessous de ce niveau, les pompes et l'agitateur sont arrêtés. Au-dessus, M reste actif.

Les pompes sont commandées par mémoires : pHmax met KM3 en marche et arrête KM4 ; pHmin met KM4 en marche et arrête KM3. Entre les deux seuils, leurs états sont conservés. La régulation de l'évacuation n'est pas incluse.

Logigramme de commande des pompes doseuses



Sous 50 %, les deux pompes et l'agitateur sont arrêtés.

✓ RÉPONSE À RETENIR

À partir de 50 % : M actif ; pH ≥ 7,4 : KM3 ; pH ≤ 6,6 : KM4. Sous 50 % : M, KM3 et KM4 arrêtés.

Étude théorique de la boucle

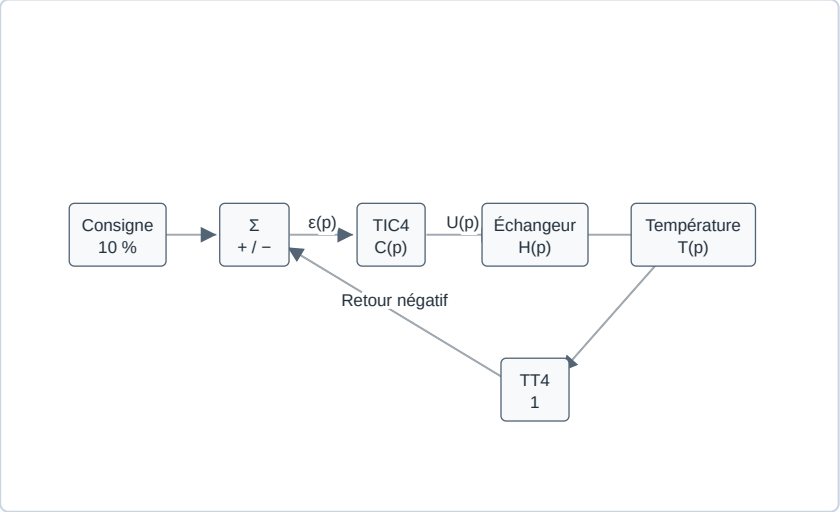
Question Q8. Établir le schéma fonctionnel en boucle fermée de la boucle comprenant l'échangeur, TT4 et TIC4, puis étudier la précision du système lors d'un changement de consigne de 10 %, en utilisant les fonctions de transfert fournies.

En supposant TT4 idéal, le retour est unitaire et négatif. La boucle ouverte vaut :

$$L(p) = C(p)H(p) = 8\left(1 + \frac{1}{6p}\right) \times \frac{0{,}75e^{-1{,}5p}}{1 + 6p} = \frac{e^{-1{,}5p}}{p}.$$

Le correcteur intégral rend la boucle de type 1. Pour un échelon de consigne de 10 %, l'erreur statique est donc nulle si la boucle fermée est stable. Le retard et la constante de temps influent sur le transitoire, pas sur cette précision finale.

Boucle fermée de température



Retour unitaire de TT4 à l'entrée négative du sommateur.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Erreur statique nulle pour un échelon de consigne de 10 %.

4. Connexion de l’automate à un réseau local

L’automate est connecté à un réseau local Ethernet TCP/IP de classe C avec d’autres automates et un système de supervision. L’étude s’appuie sur son adresse IP et sur l’annexe présentant les classes de réseaux pour déterminer le rôle et la valeur du masque de sous-réseau.

Question Q9. Expliquer le rôle du masque de sous-réseau puis indiquer, en justifiant la réponse à partir de l’adresse IP 192.254.241.43 et de la classe du réseau, la valeur du masque de ce sous-réseau.

Le masque de sous-réseau sépare l’adresse IP en une partie réseau et une partie hôte. Il permet de déterminer si une destination est sur le même réseau local ou si les paquets doivent passer par un routeur. L’adresse **192.254.241.43** est de classe C, car son premier octet, 192, est compris entre 192 et 223. Pour le masque par défaut de cette classe, les trois premiers octets désignent le réseau et le dernier l’hôte : le masque comporte donc 24 bits à 1, puis 8 bits à 0.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Masque : **255.255.255.0 (/24)**. Adresse réseau : **192.254.241.0** ; hôte : **43**.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2019)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve U52 du BTS Contrôle industriel et régulation automatique, session 2019, code CA52AII, dure 3 heures et a un coefficient 5. Elle étudie une station de lavage de filtres industriels, la récupération de chaleur de ses eaux et leur traitement. Les compétences évaluées concernent l'instrumentation, les conversions analogiques-numériques, les régulations, les logigrammes de commande et l'adressage réseau.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour une transmission 4-20 mA linéaire, I = 4 + 16 × (T - 5) / 90 mA sur l'étendue de 5 °C à 95 °C.
- Pour le CAN non signé sur 8 bits de ce sujet, TN varie de 0 à 255 et T = 5 + 90 × TN / 255 °C.
- Le dosage du pH utilise les seuils 6,6 et 7,4 : FeCl3 corrige un pH élevé et NaOH un pH bas.
- En adressage classful, une adresse de classe C utilise par défaut le masque 255.255.255.0.

Points de vigilance & attentes du jury

- Respecter les bornes de l'étendue 5-95 °C et les valeurs extrêmes 0 et 255 du codage sur 8 bits.
- Distinguer les détecteurs de seuil TOR des mesures continues de niveau et de température.
- Respecter les seuils inclusifs de TOK et les seuils distincts d'alarme et de dosage du pH.
- Sur les schémas et logigrammes, faire apparaître clairement les sens d'action, les priorités et les conditions de niveau.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment convertir une température en courant avec le transmetteur 4-20 mA ?

On effectue une interpolation linéaire entre 5 °C, associés à 4 mA, et 95 °C, associés à 20 mA. La relation est I = 4 + 16 × (T - 5) / 90, avec I en mA et T en degrés Celsius.

Q : Comment retrouver la température à partir de la valeur du CAN ?

Le code non signé sur 8 bits va de 0 à 255 et représente ici l'étendue de 5 °C à 95 °C. On utilise donc T = 5 + 90 × TN / 255, où TN est la valeur décimale du code.

Q : Comment gérer les trois heures d'épreuve et les documents réponse ?

Le sujet dure trois heures et ne donne pas de barème par question. Répartissez le temps entre les quatre parties, réservez du temps aux calculs et aux schémas, et rendez avec la copie les documents réponse n°1, 2 et 3.

Q : Qu'attend le sujet pour les schémas et les logigrammes de régulation ?

Les réponses doivent rendre lisibles les composants, les liaisons, les conditions logiques et les sens d'action demandés. Pour les questions graphiques, effectuez les constructions sur le document réponse prévu et justifiez les choix et calculs.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btscira.fr/assets/annales/bts-cira/E5.2 - Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation/2019/BTS CIRA - E5.2 - Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation - Session 2019 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Contrôle Industriel et Régulation Automatique : 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.