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 :
www.formav.co/explorer

Session 2019

Brevet de Technicien Supérieur

CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE

U52 – Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation

Durée : ***3 heures*** *Coefficient :* ***5***

Matériel autorisé :

Calculatrice non autorisée.

Aucun document autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 13 pages, numérotées de 1/13 à 13/13.

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.

Les documents réponse n°1, 2 et 3 sont à rendre avec la copie.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

L'installation faisant l'objet de cette étude est une station de lavage de filtres industriels utilisés lors de la production de carbonate de sodium. Les eaux rejetées en sortie sont encore suffisamment chaudes pour pouvoir en retirer de l'énergie sous forme thermique. L'installation a pour but de stocker cette eau, issue de trois échangeurs différents, dans un réservoir tampon appelé cuve 1 d'une contenance de 90 m^3. L'eau chaude stockée à 60 °C sera réutilisée depuis ce réservoir tampon.

La cuve 1 est alimentée en eau par trois conduites différentes :

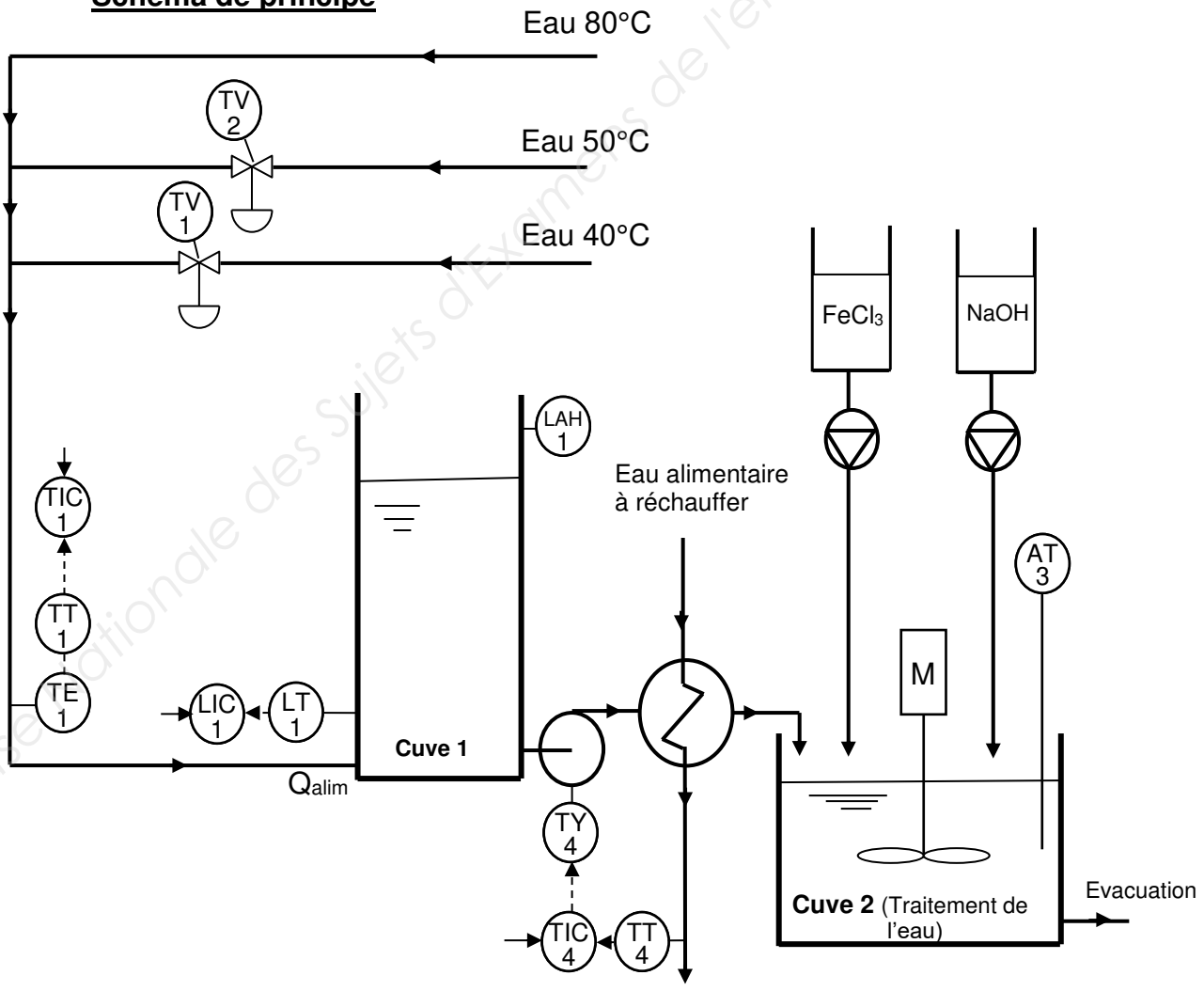
- une avec un débit d'eau à 80 °C qui est toujours inférieur au débit d'extraction de la cuve 1 ;
- une avec un débit d'eau à 50 °C, piloté par TV2 et qui provient d'une tuyauterie longue qui nécessite un maintien en pression ;
- une avec un débit d'eau à 40 °C, piloté par TV1 et qui provient également d'une sortie d'échangeur.

Ces trois conduites alimentent la cuve1 de manière à maintenir la température de l'eau à 60 °C.

Par soutirage de cette cuve, un nouveau circuit d'eau alimentaire sera préchauffé à 52 °C. L'eau ayant servi à ce préchauffage devra être traitée comme suit dans la cuve 2 :

- elle sera neutralisée en amenant son pH à environ 7 ;
- elle sera débarrassée de ses particules en suspension par coagulation- floculation, par injection d'une solution riche en chlorure de fer III FeCl3, avant d'être évacuée.

Schéma de principe



Base nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Le contrôle et la gestion du niveau de la cuve 1 se fait par les capteurs LAH1 et LT1

ANNEXES 1 et 2

Le choix du capteur LAH1 s'est porté sur un « Vegaswing 61 ».

Q1 - Après avoir décrit son principe de fonctionnement, vérifier que ce capteur est adapté à la surveillance du niveau d'eau de la cuve 1 et donner le type d'information fournie par ce capteur.

Mesure du niveau de la cuve 1 par LT1.

Q2.1 - Sans parler du coût d'achat du capteur, proposer trois technologies différentes applicables à la mesure de niveau.

Q2.2 - L'appareil choisi est un FMR20 de type radar. Rappeler le principe de fonctionnement de cet appareil ainsi que ses avantages.

Q2.3 - Qu'implique le fait de choisir un appareil de type 2 fils et de type HART ?

Gestion de la température d'eau alimentaire

ANNEXE 3 et DOCUMENTS RÉPONSES n°1 et n°3 à rendre avec la copie

Le capteur de température TE1 est raccordé au convertisseur TT1, dont le schéma de raccordement est donné en annexe. Ce convertisseur fournit une information au standard 4-20mA et se trouve dans l'armoire de commande à 25 m de distance du capteur de température.

Q3.1 - Proposer, en le justifiant, un type de sonde résistive à utiliser**.**

Q3.2 - Le transmetteur est réglé pour une étendue de mesure de 5 °C à 95 °C. Déterminer l'intensité du courant fourni par le transmetteur pour une température de 50°C.

Le signal est alors envoyé sur l'entrée analogique d'un automate. Il est converti par un C.A.N en un nombre binaire naturel T_N non signé sur 8 bits.

Q3.3 - Compléter le tableau du document réponse n°3 en justifiant les réponses données.

Q3.4 - Afin de disposer d'une variable numérique T permettant la lecture directe de la température en degrés Celsius, exprimer la relation mathématique de T en fonction de T_N.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

L'eau chaude à 80 °C est injectée dans la cuve 1. De façon à réguler la température à 60 °C dans cette cuve, on pilote les deux vannes TV1 et TV2. Ces deux vannes sont normalement fermées (NF).

Q4.1 - Établir la boucle de régulation de température de l'eau injectée dans la cuve 1 en complétant le document réponse n°1. On précisera le sens d'action du régulateur et le nom de la stratégie mise en œuvre.

La valeur numérique de la température de l'eau mesurée par TE1 est alors disponible dans le mot T_N. Cette température doit être maintenue entre 58 et 62 °C, limites incluses, ce qui met le bit T_{OK} *(température correcte)* à « 1 ».
En cas d'incident (dépassement des valeurs limites), un bit *Alarm* est mis à « 1 » si la température descend en-dessous de 50 °C.

Q4.2 - Proposer un organigramme permettant de générer les bits *Alarm* et T_{OK} à partir de T_N et des seuils indiqués précédemment.

Gestion du niveau d'eau de la cuve 1

DOCUMENT RÉPONSE n°2 à rendre avec la copie

La régulation de température est la régulation prioritaire, on souhaite mettre en place une sécurité en cas de dépassement de la mesure de niveau (niveau supérieur à 80% de la valeur maximum).

Q5 - En admettant que le débit d'eau à 80°C entrant est toujours inférieur au débit sortant de la cuve 1, proposer une stratégie de régulation en complétant le document réponse n°2, tout en précisant le rôle des éventuels éléments rajoutés et le sens d'action de LIC1.

Gestion de la température et du pH de la cuve 2

ANNEXE 4 et DOCUMENT RÉPONSE n°4 à rendre avec la copie

L'eau chaude en sortie de cuve 1 est réutilisée afin de préchauffer l'eau alimentaire. La température de ce fluide est mesurée par un capteur de température TT4. La boucle de régulation est assurée par TIC4.

Il incombe au candidat de passer le temps nécessaire à l'élaboration de la réponse à la question suivante. La qualité de rédaction, la structuration de l'argumentation et la rigueur des calculs seront valorisés ainsi que les prises d'initiative même si elles n'aboutissent pas. Il convient donc que celles-ci apparaissent sur la copie.

Q6 - Déterminer les paramètres et le sens d'action du régulateur TIC4 qui est de structure série en utilisant le document réponse n°4 sur lequel on portera toutes les constructions nécessaires.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

L'eau ayant servi à ce préchauffage devra être neutralisée en amenant son pH à 7 environ avant d'être évacuée. L'analyseur AT3 délivre notamment deux seuils d'informations pH_{min} et pH_{max}.

Q7 - Le niveau de la cuve 2 de traitement de l'eau est régulé à l'aide de la pompe d'évacuation (régulation ***non étudiée et à ne pas mettre en place*** dans cette partie).
Réaliser sur votre copie, à l'aide de l'ANNEXE 4, le logigramme permettant de gérer les pompes doseuses afin de contrôler le pH entre 6,6 et 7,4 tout en maintenant l'agitation, sachant que le dosage ne s'effectue que si la cuve 2 est pleine à 50 %.

Il incombe au candidat de passer le temps nécessaire à l'élaboration de la réponse à la question suivante. La qualité de rédaction, la structuration de l'argumentation et la rigueur des calculs seront valorisés ainsi que les prises d'initiative même si elles n'aboutissent pas. Il convient donc que celles-ci apparaissent sur la copie.

La boucle de régulation précédente constituée d'un échangeur de température, de TT4 et de TIC4 fait l'objet d'une étude théorique.
L'échangeur, associé au groupe motopompe et variateur, est modélisé par l'équation suivante :

$$H(p) = \frac{0{,}75e^{-1{,}5p}}{1+6p}$$

La fonction de transfert du correcteur TIC4 est : $C(p) = 8\times\left(1+\frac{1}{6p}\right)$

Q8 - Après avoir établi le schéma fonctionnel en boucle fermée, étudier la précision de ce système lors d'un changement de consigne de 10%.

Connexion à un réseau local

ANNEXE 5

Pour permettre les commandes à distance et un meilleur suivi du procédé, l'API est connecté à un réseau local ETHERNET TCP/IP de classe C sur lequel se trouvent d'autres API et un système de supervision.
L'adresse IP de l'API utilisé est : 192.254.241.43

Q9 - Quel est le rôle du masque de sous-réseau?

Indiquer, en justifiant la réponse, la valeur du masque de ce sous-réseau.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

ANNEXE 1

VEGASWING 61

Relais (DPDT)

Détecteur vibrant pour liquides



Domaine d'application

Le VEGASWING 61 est un détecteur vibrant pouvant être utilisé de manière universelle pour tous les liquides. Indépendamment de la position de montage, il détecte de manière sûre et au millimètre près si un niveau est atteint. L'appareil peut être utilisé pour la signalisation du plein ou vide, comme sécurité antidébordement autorisée, comme protection contre la marche vide ou protection de pompe dans les cuves et conduites. Le VEGASWING 61 offre une fiabilité et une sécurité maximales dans un large spectre applicatif.

Vos avantages

- Dépenses de temps et de coûts minimisées grâce à la mise en service facile sans produit
- Fonctionnement précis et fiable grâce au point de commutation indépendant du produit
- Coûts réduits pour la maintenance et l'entretien

Fonction

Le cœur du détecteur est un entraînement vibratoire qui excite les lames vibrantes sur leur fréquence de résonance. Cette fréquence s'amortit au contact du liquide avec les lames. L'électronique intégrée dans l'appareil reconnaît cette variation et déclenche un signal de commutation. Le VEGASWING avec ses lames très courtes de 38 mm fonctionne de façon sûre et fiable quel que soit le liquide à mesurer ou la position de montage. Les facteurs tels que pression, température, mousse, viscosité et composition du liquide n'ont aucune influence sur la précision de commutation.

Caractéristiques techniques

Pression process	-1 ... +64 bar/-100 ... +6400 kPa (-14.5 ... +928 psig)La fonction de l'appareil est donnée jusqu'à une pression de service de 100 bars/10000 kPa
Température process	-50 ... +250 °C (-58 ... +482 °F)
Viscosité - dynamique	0,1 ... 10000 mPa s
Densité	0,7 ... 2,5 g/cm³ (0.025 ... 0.09 lbs/in³) ; 0,47 ... 2,5 g/cm³ (0.0163 ... 0.09 lbs/in³) changement par commutation
Température ambiante	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)
Hystérésis	Env. 2 mm (0.08 in) pour montage vertical
Raccord process	Filetage à partir de G¾, ¾ NPT, bride à partir de DN 25, 1", raccords hygiéniques
Tension de service	20 ... 253 V AC, 50/60 Hz; 20 ... 72 V DC
Consommation	1 ... 8 VA (AC), env. 1,5 W (DC)
Tension de commutation	mini. 10 mV, maxi. 253 V AC, 253 V DC
Courant de commutation	min. 10 µA / max. 3 A CA, 1 A CC
Puissance de commutation	mini. 50 mW, maxi. 750 VA AC, 54 W DC
Qualification SIL	En option jusqu'à SIL2

Matériaux

Les parties de l'appareil en contact avec le produit sont en acier inox 316L. Le joint de process livré avec l'appareil est en Klingersil C-4400. Vous trouverez un aperçu complet des matériaux et joints d'étanchéité disponibles dans le "configurator" sur notre site Internet sous www.vega.com/configurator.

Versions de boîtiers

Les boîtiers sont livrables en matière plastique, acier inox ou aluminium.
Ils sont disponibles avec des degrés de protection jusqu'à IP 67.

Versions électroniques

Les appareils sont livrables en différentes versions électroniques. Outre une version munie d'une sortie transistor, d'une sortie électronique statique et d'une sortie relais, nous proposons également une version bifilaire pour le raccordement à un transmetteur et une version NAMUR.

Agréments

Les appareils sont appropriés à une application en atmosphères explosibles et sont agréés, par exemple, selon ATEX, FM, CSA et IEC. Ils possèdent également divers agréments Marine, tels que GL, LRS ou ABS par exemple, et sont agréés selon WHG (norme allemande) pour une utilisation comme sécurité antidébordement.

Base de sujets d'Examens professionnel

ANNEXE 2

Caractéristiques du FMR20

Caractéristiques et spécifications

Mesure continue / Liquides

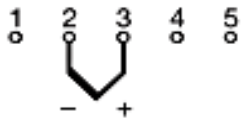
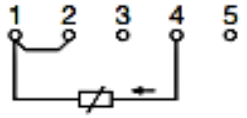
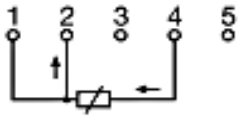
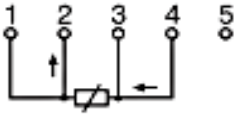
Principe de mesure	Radar
Caractéristique / Application	- Eau et eaux usées (par ex. bassins / caniveaux / rivières / bassins de retenue / postes de relevage / bassins d'orage / commande de pompe) - Applications dans les utilités industrielles - Cuves de stockage
Spécialités	Mise en service via *Bluetooth®*, Configuration et diagnostic via l'App SmartBlue
Alimentation / Communication	2 fils (HART, 4...20 mA), Technologie sans fil Bluetooth® et App (en option)
Fréquence	Bande K (~26 GHz)
Précision	+/- 2 mm (0,08")
Température de process	-40...+80 °C (-40...+176 °F)
Pression process abs./Limite surpress. max.	-1...3 bar (-14,5...43 psi)
Pièces en contact avec le produit	PVDF, PBT
Raccord process	Raccord fileté : G1", NPT1" ; G1 1/2", NPT1 1/2", G2", NPT2", Bride : UNI DN80...DN150 (3"...6")
Distance de mesure max.	10 m (DN40) ; 20 m (= > DN80)
Communication	4...20mA HART Technologie sans fil Bluetooth®
Certificats / Agréments	ATEX, CSA C/US, IEC Ex, NEPSI
Options	Configuration à distance via l'App SmartBlue par Bluetooth®, Afficheur séparé HART RIA15 dans la structure de commande, Tube de protection anti-débordement, Différentes options de montage

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

ANNEXE 3 : SCHÉMA DU CONVERTISSEUR DE TEMPÉRATURE TT1

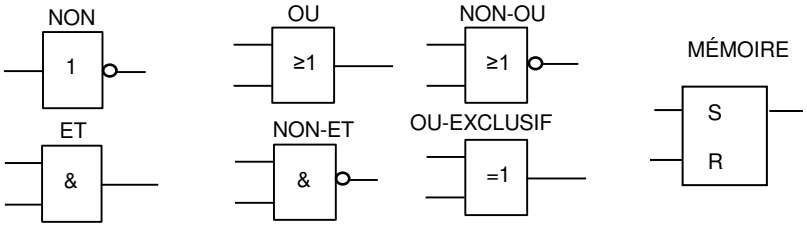
Schéma de raccordement



Raccordement de	
Alimentation suivant plaque signalétique	
Entrées analogiques	
Thermocouple	
Sonde à résistance / rhéostat montage 2 fils	
Sonde à résistance / rhéostat montage 3 fils	
Sonde à résistance / rhéostat montage 4 fils	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

ANNEXE 4

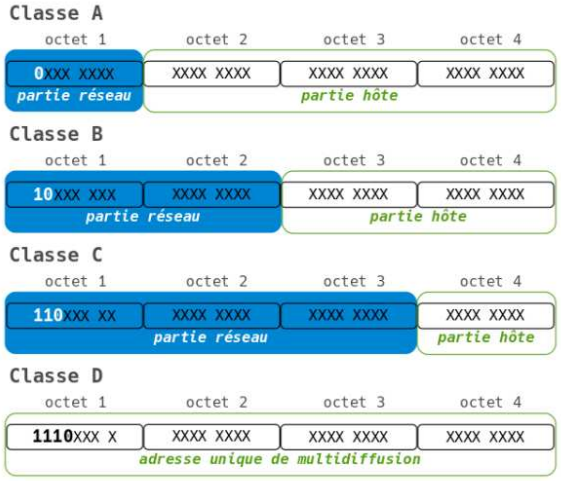


Entrées TOR
Nh : capteur de sécurité niveau haut (NO : ouvert au repos)
Nm : capteur de niveau moyen à 50% (NF : fermé au repos)
Nb : capteur de sécurité niveau bas (NO : ouvert au repos)
Sorties TOR
KM3 : contacteur de la pompe de dosage FeCl3 à activer si pH ≥ 7,4 et à désactiver si pH ≤ 6,6
KM4 : contacteur de la pompe de dosage NaOH à activer si pH ≤ 6,6 et à désactiver si pH ≥ 7,4
M : agitateur TOR de la cuve2, à "1" quand l'agitation est commandée
pHmin: actif si pH ≤ 6,6
pHmax: actif si pH ≥ 7,4

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

ANNEXE 5 : les classes des réseaux informatiques

À l'origine, plusieurs groupes d'adresses ont été définis dans le but d'optimiser le cheminement (ou le *routage*) des paquets entre les différents réseaux. Ces groupes ont été baptisés *classes d'adresses IP*. Ces classes correspondent à des regroupements en réseaux de même taille. Les réseaux de la même classe ont le même nombre d'hôtes maximum.



Classe A

Le premier octet a une valeur comprise entre 1 et 126 ; soit un bit de poids fort égal à 0. Ce premier octet désigne le numéro de réseau et les 3 autres correspondent à l'adresse de l'hôte. L'adresse réseau 127.0.0.0 est réservée pour les communications en boucle locale.

Classe B

Le premier octet a une valeur comprise entre 128 et 191 ; soit 2 bits de poids fort égaux à 10. Les 2 premiers octets désignent le numéro de réseau et les 2 autres correspondent à l'adresse de l'hôte.

Classe C

Le premier octet a une valeur comprise entre 192 et 223 ; soit 3 bits de poids fort égaux à 110. Les 3 premiers octets désignent le numéro de réseau et le dernier correspond à l'adresse de l'hôte.

Classe D

Le premier octet a une valeur comprise entre 224 et 239 ; soit 3 bits de poids fort égaux à 1. Il s'agit d'une zone d'adresses dédiées aux services de multidiffusion vers des groupes d'hôtes (*host groups*).

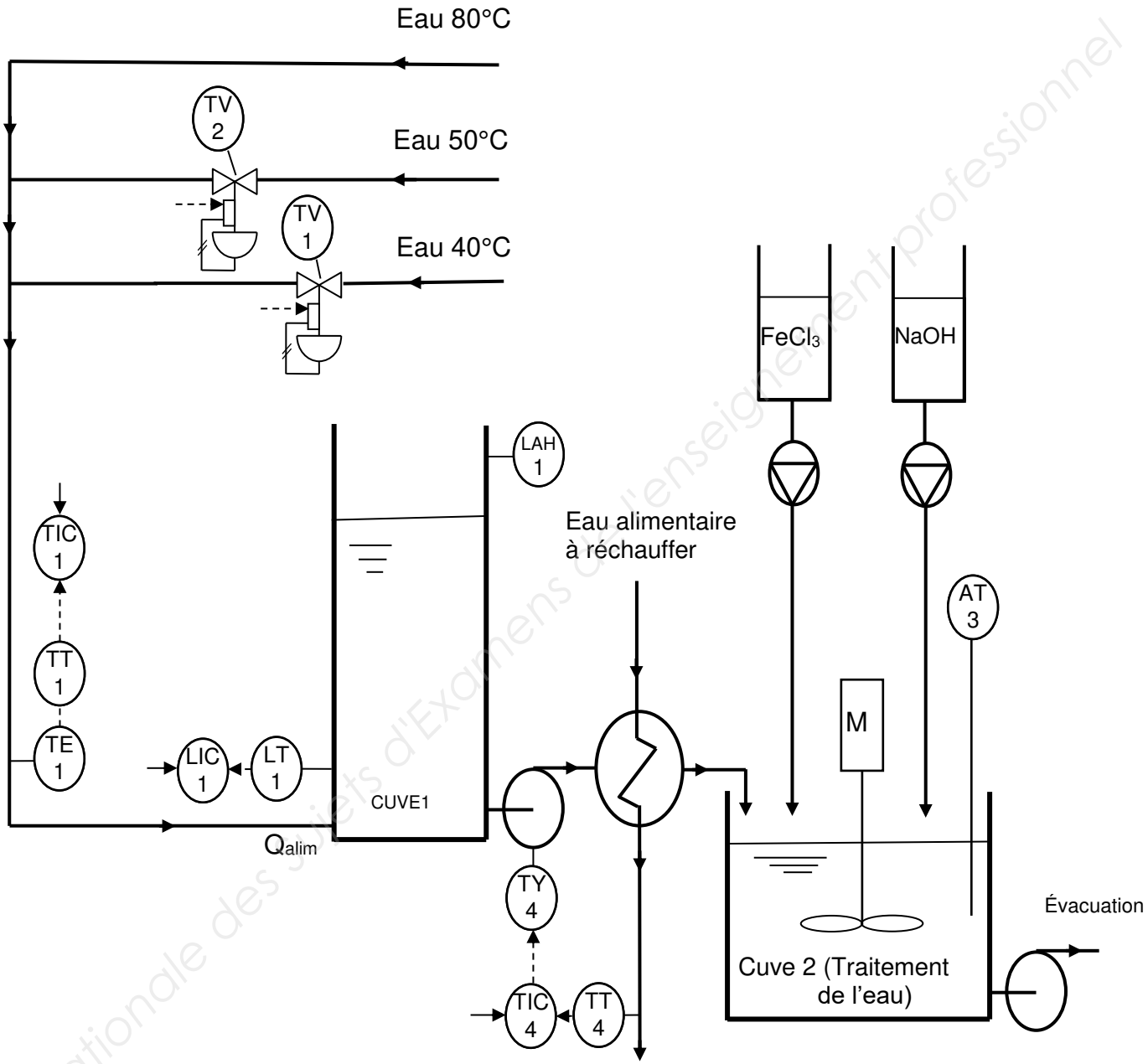
Classe E

Le premier octet a une valeur comprise entre 240 et 255. Il s'agit d'une zone d'adresses réservées aux expérimentations. Ces adresses ne doivent pas être utilisées pour adresser des hôtes ou des groupes d'hôtes.

source : https://www.inetdoc.net

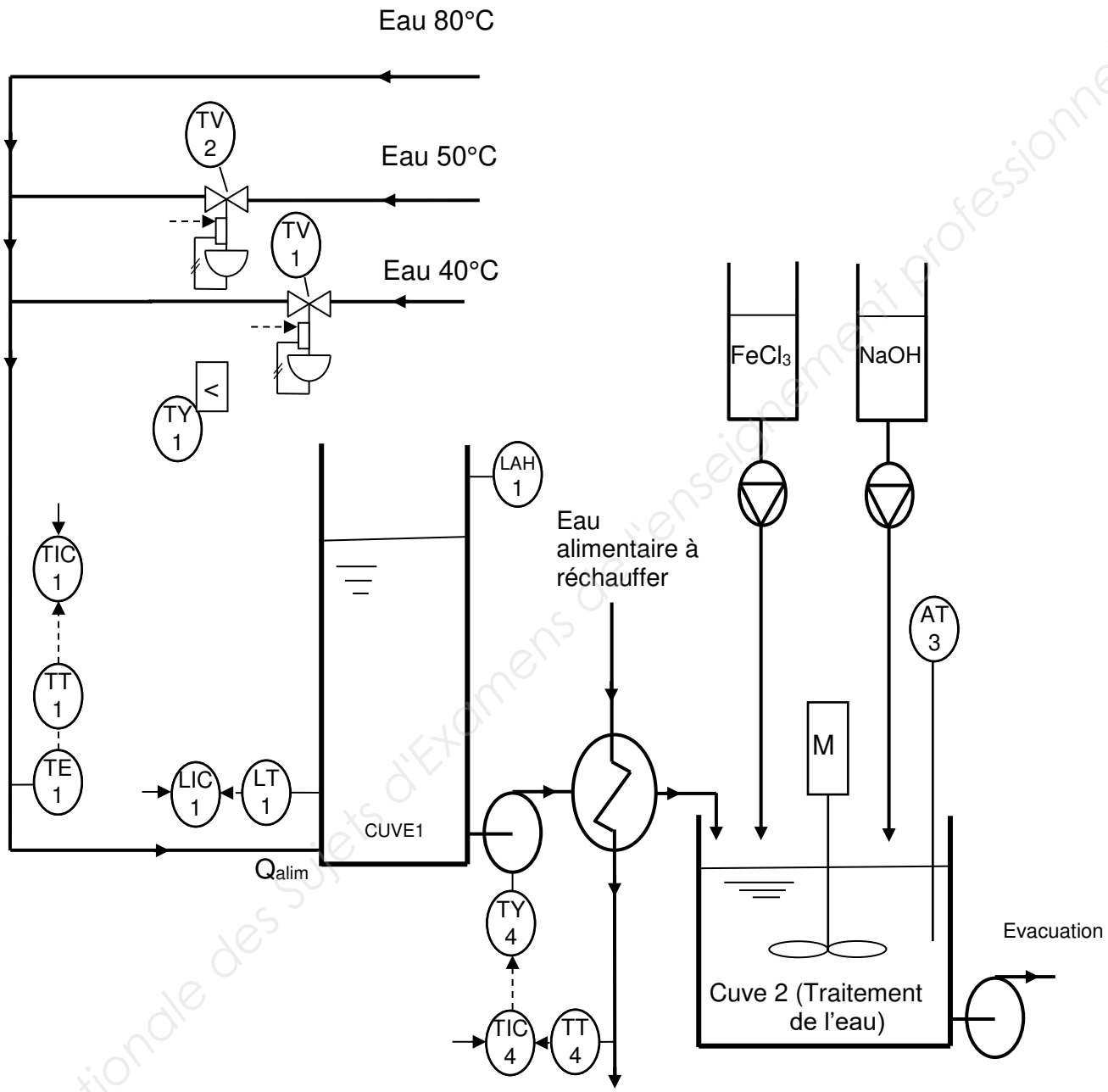
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Document réponse n°1 ***À rendre avec la copie***



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Document réponse n°2 ***À rendre avec la copie***

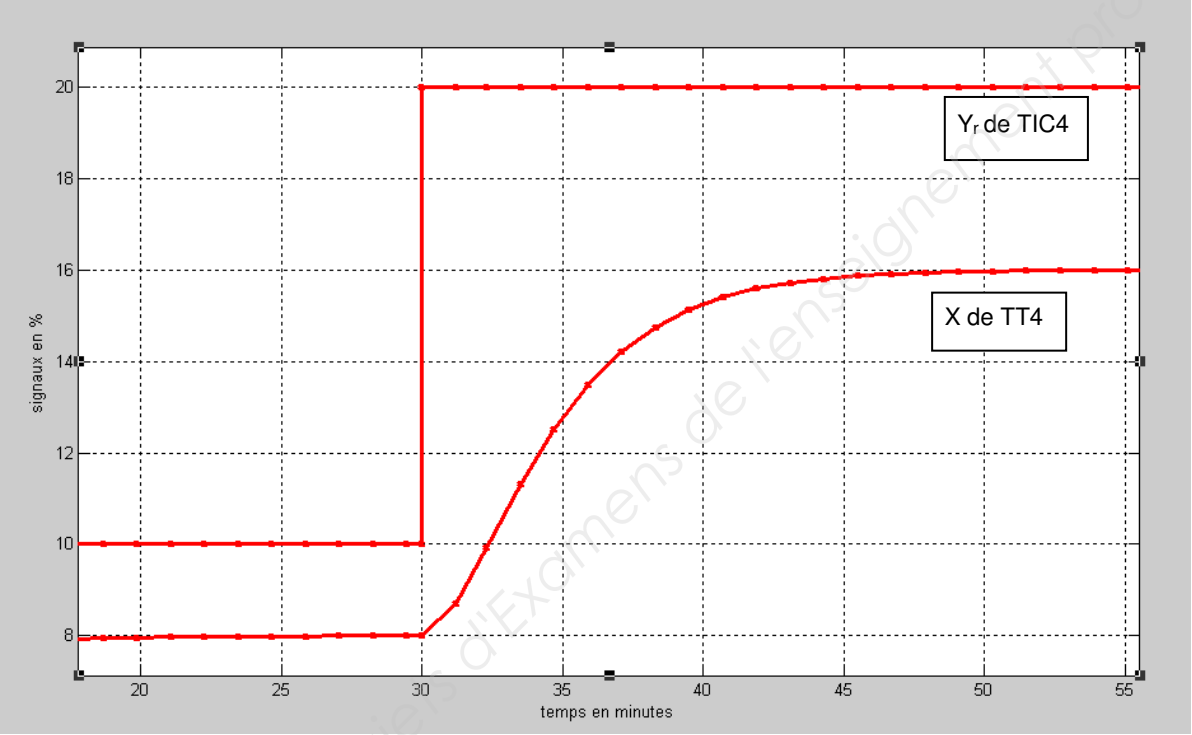


Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Document réponse n°3 ***À rendre avec la copie***

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

Document réponse n°4



Avec identification sous la forme H(p)= $\frac{G_S \cdot e^{-\tau p}}{1+\theta p}$

Type de régulation à déterminer en calculant R= θ/τ. R est la réglabilité

θ/τ	autre	2	PID	5	PI	10	P	20	Tout ou rien

Paramètres de régulateurs PID pour un modèle stable en imposant une marge de stabilité de 6dB

	P	PI série	PI //	PID série	PID//	PID mixte
Gr	$\frac{0,8\theta}{G_s\tau}$	$\frac{0,8\theta}{G_s\tau}$	$\frac{0,8\theta}{G_s\tau}$	$\frac{0,85\theta}{G_s\tau}$	$\frac{\frac{\theta}{\tau}+0,4}{1,2G_s}$	$\frac{\frac{\theta}{\tau}+0,4}{1,2G_s}$
Ti	∞	θ	$\frac{G_s\tau}{0,8}$	θ	$\frac{G_s\tau}{0,75}$	θ+0,4τ
Td	0	0	0	0,4τ	$\frac{0,35\theta}{G_s}$	$\frac{\theta\tau}{\tau+2,5\theta}$

$ATTENTION\ :\ \theta$ *constante de temps et* τ *temps mort*

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.