



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

Campagne 2009

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

CRDP Aquitaine

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

CONTRÔLE INDUSTRIEL et RÉGULATION AUTOMATIQUE

<i>U41 – Instrumentation et Régulation</i>
--

CORRIGÉ

CRDP de MONTPELLIER

RÉSERVÉ AU SERVICE

INSTRUMENTATION (8,5 points)

I. MESURE DU DÉBIT DE VAPEUR (4 pts)

1°)

- a.) Le transmetteur est situé en dessous de la canalisation avec les tuyauteries remplies de liquide (eau) de manière à assurer la même charge statique dans les 2 branches et éviter qu'une condensation de vapeur ne perturbe la mesure de ΔP .
- b.) A la mise en service, on isole le PDT à l'aide des vannes V1 et V3 fermées.
 - Le réglage du 0 s'effectue en ouvrant la vanne V5.
 - Le réglage de l'étendue de mesure s'effectue en appliquant une ΔP entre V2 et V4.
- c.) Les vannes V6 et V7 servent au remplissage des tuyauteries avec de l'eau avant la mise en service.

2°) Pour un diaphragme : $\Delta P = K \cdot Q^2$ d'après le théorème de Bernoulli.

donc $\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2$ pour $Q_1 = 1\,500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ on obtient : $\Delta P_1 = \Delta P_2 \cdot \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2$ $\Delta P_1 \approx 1\,143 \text{ mbar}$.

3°) Il faut ajouter un extracteur de racine carrée en aval du PDT de manière à obtenir un signal S tel

que $S = \sqrt{\Delta P} \Rightarrow S = \sqrt{k \cdot Q^2}$ S est alors proportionnel à Q

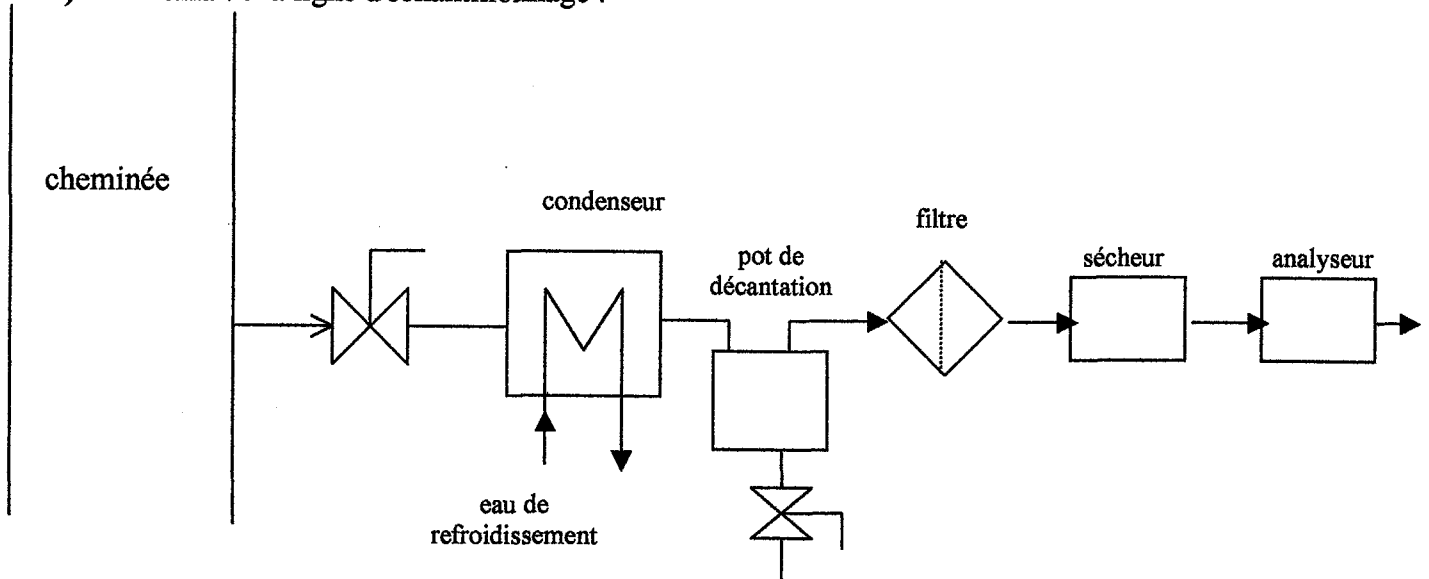
II. CONTRÔLE DE LA COMBUSTION DE LA CHAUDIÈRE (4,5 pts)

1°)

- a.) La combustion stœchiométrique d'un hydrocarbure donne du CO_2 et de l'eau.
On s'assure de l'obtention d'une combustion complète en dosant l'air en excès détecté grâce à la présence d' O_2 en excès dans les fumées.
- b.) Donc si la combustion est incomplète (défaut d'air) il y a rejet de CO toxique et le rendement est altéré. De plus si l'excès est trop important, on assiste à une chute du rendement de la combustion.

CAE4IR

2°) Schéma de la ligne d'échantillonnage :



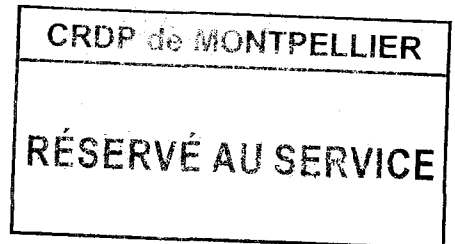
3°)

- $(P_{O_2})_{ref}$ et $(P_{O_2})_{mes}$ représentent les pressions partielles en O_2 dans le gaz de référence (air) et dans l'échantillon de fumées. D'après la loi des gaz parfaits, la pression partielle est proportionnelle au pourcentage volumique.
- Le thermocouple permet de déterminer la température T au point de mesure, qui intervient dans la relation de Nernst

4°) $E = 2,15 \cdot 10^{-5} \cdot T \cdot \ln \left(\frac{(P_{O_2})_{ref}}{(P_{O_2})_{mes}} \right)$ donc

$$\ln \left(\frac{(P_{O_2})_{ref}}{(P_{O_2})_{mes}} \right) = \frac{66 \cdot 10^{-2}}{2,10 \cdot 10^{-5} \cdot 813} = 3,78$$

$$\frac{(P_{O_2})_{ref}}{(P_{O_2})_{mes}} = \frac{(\%O_2)_{ref}}{(\%O_2)_{mes}} = 43,63 \quad \text{Finalement on trouve } (\%O_2)_{mes} = 0,48\%$$



RÉGULATION (11,5 points)

III. Identification (1,5 pt)

1°) Mesures de t_1 à 28 % de ΔM : $t_1 = 107$ s et de t_2 à 40 % de ΔM : $t_2 = 128,5$ s
 $K = 1,5$ $T = 68,3$ s et $\tau = 118,3$ s

2°) $H(p) = \frac{1,5 \cdot e^{-68,3p}}{1 + 118,3p}$

IV. Réglages empiriques (1,5 pt)

1°)

- L'action intégrale permet d'assurer la précision à savoir l'égalité entre la mesure et la consigne.
- La courbe (1) correspond à la plus grande valeur de T_i car la mesure met beaucoup plus de temps à rattraper la consigne. L'effet de l'action intégrale est trop lent.

- 2°) C'est la courbe (2) car elle présente un dépassement plus important. Le faible dépassement observé à la courbe (1) est la manifestation de l'effet stabilisateur de l'action dérivée.

V. Réglage de la stratégie en boucle simple (4,5 pts)

- 1°) On choisit $T_i = \tau = 118$ s afin de compenser la constante de temps du procédé (méthode du pôle dominant). Le modèle de Broïda comporte un système du 1^{er} ordre et un retard pur et on sait que le correcteur PI est un correcteur "idéal" pour le système du 1^{er} ordre avec $T_i = \tau$.

- 2°) $T(p) = C(p).H(p)$. Après simplification, on obtient : $T(p) = \frac{1,5.A.s^{-68p}}{118.p}$

- 3°) Définition de la marge de gain : $M_G = -20.log|T(j\omega_\pi)|$ avec ω_π : pulsation telle que

$$arg[T(j\omega_\pi)] = -\pi.$$

On exprime le module et l'argument de $T(j\omega)$: $|T(j\omega)| = \frac{1,5.A}{118\omega}$ et $arg[T(j\omega)] = -68.\omega - \frac{\pi}{2}$

A partir de la définition de ω_π , on trouve $\omega_\pi = \frac{\pi}{136}$ et en remplaçant ω_π par sa valeur dans

l'expression du module de T , on vérifie que $|T(j\omega_\pi)| = \frac{1,5 \times 0,9 \times 136}{118 \times \pi} = 0,49 \approx 0,5$ ce qui correspond effectivement à une marge de gain de 6 dB.

- 4°) $k = 0,57$ supérieur à 0,5 car $k = \frac{T}{\tau}$

- 5°) On sait par expérience que, lorsque k est supérieur à 0,5, la régulation PID monoboucle entraîne un réglage trop "mou". Il vaut mieux utiliser une stratégie complexe (cascade, tendance...).

VI. Stratégie complexe de régulation (2 pts)

- 1°) On choisit une régulation cascade sur grandeur réglante puisque la perturbation principale agit sur la grandeur réglante : en effet ici la pression vapeur est la perturbation principale qui agit d'abord sur le débit de vapeur.
 2°) Voir schéma annexe 1
 3°) Pour FIC, si le débit de vapeur augmente, il faut que la vanne se ferme. Or elle est NF donc il faut que Y diminue. FIC sera en INV.

Pour TIC, si la température augmente, il faut que le régulateur maître demande moins de débit de vapeur, donc sa commande doit diminuer. Il sera en INV. également.

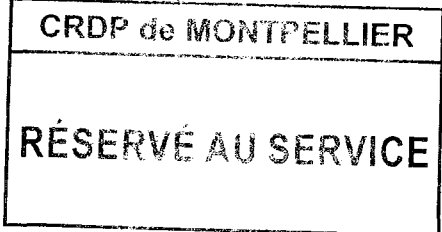
VII. Étude de la boucle rapide (boucle interne) (2 pts)

1°) $F_2(p) = \frac{C_2(p).H_2(p)}{1+C_2(p).H_2(p)}$

2°) $H_2(p) = \frac{0,88}{1+35p}$ donc $C_2(p).H_2(p) = \frac{0,88}{(1+35p)} \times \frac{A(1+T_i.p)}{T_i.p}$ si $T_i = 35$ s l'expression devient :

$$C_2(p).H_2(p) = \frac{0,88.A}{35.p} \text{ et on obtient : } F_2(p) = \frac{0,88.A}{0,88.A+35.p} = \frac{1}{1+\frac{35.p}{0,88.A}}$$

3°) $\tau_d = \frac{35}{0,88.A}$ donc $A = \frac{35}{0,88.\tau_d}$. L'application numérique donne $A = 2$.



Annexe 1 : corrigé

CRDP de MONTPELLIER
RÉSERVÉ AU SERVICE

