

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2017

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-CH-A5 Conception et rentabilité d'usine chimique

PROBLÈME 1 - (10 points)

ÉTUDE DE COÛT ET PRÉCISION

À titre de consultant pour une firme de génie-conseil, un client veut vous mandater pour faire une étude d'ingénierie définitive d'un projet d'environ 10 millions de dollars. Il désire sauver du temps, éviter de faire des études d'avant projet et avoir une précision de $\pm 5\%$ sur l'estimation des coûts du projet. Le client est disposé à vous consentir 100 000 \$ pour réaliser l'étude. Acceptez-vous ce mandat ? Expliquer vos raisons.

PROBLÈME 2 - (15 points)

VOUS AVEZ GAGNÉ LE GROS LOT !

Vous avez gagné un gros lot de 20 millions à la loterie ! Un entrepreneur vous rencontre afin vous soumettre son projet d'investissement afin de doubler votre capital en quatre ans. Son projet consiste à mettre en marché un nouveau produit révolutionnaire, qui nécessite plus de 15 millions de dollars en équipements de procédé. Il prétend qu'avec 20 millions, il pourra construire une usine neuve, et que les taux de retour bruts (« rate of return on investment ») espérés sont de plus de 50%. En vous basant sur les règles de pouces usuelles (« rule of thumb ») pour l'estimation de type « ordre de grandeur » de l'investissement en capital fixe, qu'est ce qui vous paraît suspect ? Assumez qu'il s'agit d'un procédé fluide.

PROBLÈME 3 - (25 points)

RÉCUPÉRATION DE CHALEUR D'UN SÉCHOIR À BOIS

Une usine de panneaux gaufrés décide d'évaluer la rentabilité de récupérer la chaleur latente des vapeurs contenues dans la cheminée d'un séchoir de copeaux de bois. Les gaz de la cheminée sont constitués d'air chaud et de vapeurs issues de l'évaporation de l'eau du bois. Un consultant recommande à l'usine de se servir d'une colonne à jet (« spray tower ») comme condenseur direct pour récupérer la chaleur contenue dans les gaz au moyen d'un courant d'eau tiède pour produire de l'eau chaude, suivant le schéma de procédé de la figure 1.

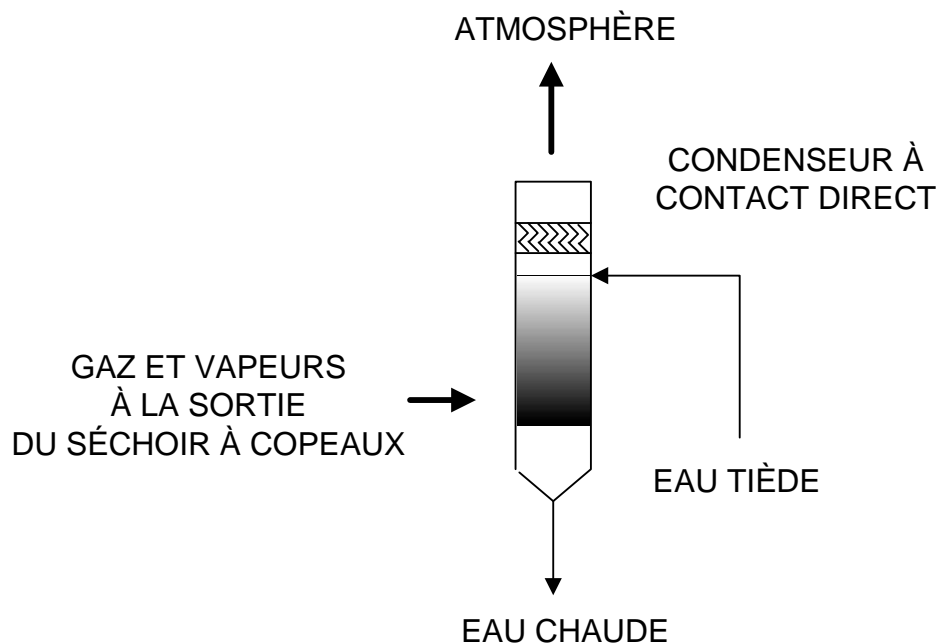


Figure 1- Système de récupération de chaleur d'un séchoir à copeaux.

On assumera que :

- i) la seule pièce d'équipement requise est le condenseur direct,
- ii) la plus grande partie de la chaleur récupérable est la chaleur latente de la vapeur,
- iii) le coût du condenseur est de 315 000\$, livré à l'usine,
- iv) le débit de vapeur récupérée (condensée) serait de 50 000 lbs/h.

- a) En vous basant sur les techniques d'estimation factorielles de coûts (ordre de grandeur), quel serait l'investissement en capital total de ce projet ?
- b) En supposant une valeur de 4\$/million de BTU de chaleur récupérée dans l'eau chaude, et des coûts d'opération négligeables, quelle serait le taux de retour brut (« gross rate of return on investment ») de ce projet ?
- c) Quelle serait la période de recouvrement (« Payback ») de l'investissement de ce projet ?

NB : On prendra comme base 8400 h/an d'opération, que le procédé est fluide et que la chaleur latente de la vapeur est de 1000 BTU/lb.

PROBLÈME 4 - (40 points)

DIMENTIONNEMENT DU MOTEUR D'UNE POMPE CENTRIFUGE

On vous demande de dimensionner une conduite (circulaire) de pompage en acier doux (mild steel) afin de transférer 5000 USGPM d'eau pour alimenter un réacteur à 100 m de l'emplacement prévu de la pompe, à 4 m d'élévation par rapport au niveau du réservoir et à la pression du réacteur, de 15 psig (voir figure 2). Or, votre patron a trouvé une vieille pompe et voudrais la récupérer si ses spécifications sont compatibles avec le besoin du projet. Sur la plaque d'identification, on peut lire : « Design Flow : 5 000 USGPM », « Motor Power : 100 kW » et « Mechanical Efficiency 85% ». Malheureusement, la valeur de la tête (total discharge head) de la pompe est illisible, car la plaque d'identification est usée, et la documentation de l'équipement a été égarée.

- a) Quel est le diamètre optimal de conduite proposé à la décharge de la pompe, en vous basant sur les vitesses typiques au refoulement d'une pompe centrifuge ?
- b) Quelle est la pression totale requise au refoulement de la pompe, sachant que les pertes par friction seraient de 2 pieds de colonne d'eau par 100 ft de conduite ?

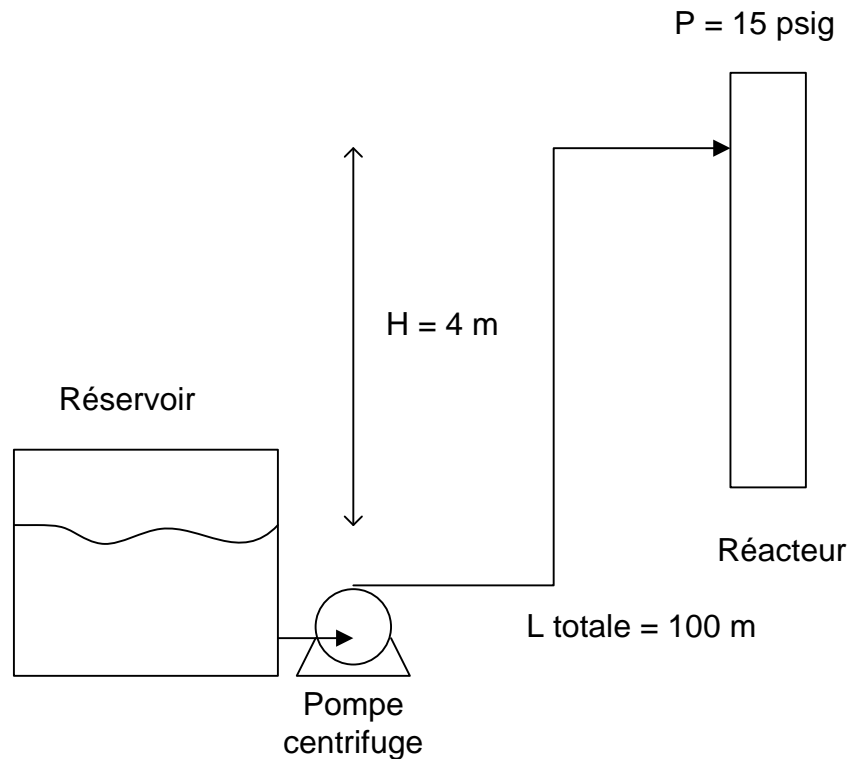


Figure 2- Alimentation en eau d'un réacteur.

c) Est-ce que la pompe existante peut être récupérée, selon vous ?
 (On supposera 90% pour l'efficacité électrique du moteur)
 Expliquez votre réponse.

d) En vous basant sur vos calculs précédents, quel est le coût annuel d'argent perdu en puissance à raison de 8400 h/an et à 0.05\$/kWh ?

e) En supposant qu'une pompe neuve coûte 30 000\$, est-ce qu'il vaut la peine de récupérer la pompe existante si la durée du projet est de 10 ans ?

Note : $7.48 \text{ USG} = 1 \text{ pied cube}$, $101.3 \text{ kPa} = 14.696 \text{ psig}$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
 densité de l'eau = 1000 kg/m^3

PROBLÈME 5 - (10 points)

ÉVALUATION DU COÛT D'ACHAT D'UNE ÉCHANGEUR TUBES ET CALANDRE

Dans le cadre d'un projet récent (janvier 2017), vous avez obtenu une soumission pour un échangeur de chaleur tubulaire, avec les tubes en acier inoxydable et la calandre en acier au carbone. Le prix pour l'équipement était de 75 000\$ pour un échangeur de 1000 ft² de surface d'échange.

On vous demande d'estimer le coût pour un échangeur de 3000 ft², ayant les mêmes spécifications, pour cet après midi, 15:00 PM. Donc, vous n'avez pas le temps d'aller en soumission.

a) En vous basant sur les règles de pouce (« rules of thumb ») reliant les coûts d'achat en fonction des dimensions des équipements de procédé, estimer le coût d'achat de l'échangeur.

b) Sachant que votre dimensionnement de 3000 ft² est précis à $\pm 30\%$, quelle erreur cela peut-il entraîner sur votre estimation en a) ? Expliquer votre raisonnement.