

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2024

Note au sujet de la propriété intellectuelle des modèles d'examen de l'Ordre des ingénieurs du Québec

Les modèles d'examen se trouvant sur le site internet de l'Ordre des ingénieurs du Québec sont la propriété exclusive de l'Ordre et leur utilisation est strictement limitée à des fins académiques et personnelles. Toute reproduction, distribution ou utilisation commerciale non autorisée de ces modèles constitue une violation de la propriété intellectuelle et est strictement interdite. L'Ordre se réserve le droit de prendre toutes les mesures légales appropriées contre toute utilisation non autorisée de ses modèles d'examen.

Toute documentation permise

Calculatrices : modèles autorisés seulement

Durée de l'examen : 3 heures

23-CH-A5 - CONCEPTION ET RENTABILITÉ D'USINES CHIMIQUES

Problème 1 – Étapes du développement d'une usine chimique (20 points)

La Table 1 regroupe neuf étapes souvent rencontrées lors du développement d'une usine chimique. Vous trouverez également neuf faits ou actions qui sont reliés à ces étapes. **Associez** chaque étape au fait ou action qui lui est relié (ex. 1A, 2B, ...) et **classez les étapes en ordre chronologique**, soit celles qui surviennent en premier jusqu'à l'étape finale.

Table 1

Étapes	Faits ou actions
1. Élaboration des plans et devis de l'usine	A. L'inflation limite la précision de votre analyse technico-économique.
2. Évaluation économique préliminaire et détermination du marché.	B. Vous vérifiez la calibration des capteurs de pression.
3. Construction de l'usine	C. Vous réalisez une étude technico-économique que vous estimez précise à +/- 30%.
4. Achat des équipements et des matériaux.	D. Vous rencontrez vos collègues ingénieurs civils pour suivre l'évolution du montage des charpentes.
5. Idée de départ.	E. Vous vous intéressez à la production de nouveaux solvants écologiques.
6. Production normale.	F. Vous faites affaire avec une firme externe pour obtenir les documents décrivant le détail de l'installation des différents équipements.
7. Définition du projet et développement des données techniques nécessaires à la conception.	G. Vous réglez les paramètres du réacteur pour une opération en régime permanent.
8. Démarrage de l'usine et essais préliminaires de fonctionnement.	H. Vous contactez Sigma Aldrich pour vous informer de rabais liés à une entente avec votre compagnie.
9. Évaluation économique finale du projet.	I. Vous opérez une usine pilote.

Problème 2 – Nouvelle usine (25 points)

Vous apprenez dans le journal l'annonce de la construction d'une nouvelle aluminerie au Québec. D'après l'article, le coût de l'investissement en capital total du projet serait de 1.0 milliards de dollars. En supposant que le taux de retour brut du projet serait de 15%, et les ventes de 400 millions par an :

- a) Justifiez votre choix d'estimer le taux de retour brut à 15%.
- b) Quel serait le coût de production total annuel de ce projet ?
- c) On mentionne que le projet est financé par un prêt de 600 M\$ sur 20 ans au taux de 8%. Quels seront alors les frais d'intérêt totaux sur ce prêt, en assumant qu'il est remboursé par des annuités égales ?
- d) D'après les règles de pouce usuelles pour des projets de construction d'usines chimiques,
 - i. Quel pourrait être le coût d'achat des équipements de procédé de ce projet (on considère qu'il s'agit d'un procédé solide-liquide) ?
 - ii. Quels pourraient être les coûts de maintenance de l'usine en opération ?

Note : On supposera que le fond de roulement est de 15% de l'investissement en capital total du projet.

Problème 3 – Sécurité et protection de l'environnement (15 points)

- a) La protection de l'environnement et des employés est primordiale dans la conception et l'opération d'une usine chimique. **Nommez une mesure concrète** pour le contrôle : *i*) de poussières de moins de 1 micron dans l'effluent gazeux par un traitement sec; *ii*) du bruit excessif causé par la présence d'un compresseur dans l'usine; *iii*) des boues d'épuration provenant du traitement des eaux usées.
- b) Afin d'assurer la sécurité des employés dans l'opération d'une usine chimique, les risques doivent être connus. Décrivez en vos mots ce que représente une étude des risques **HAZOP** ?

Problème 4 – Dimensionnement et coût d'opération d'une pompe (25 points)

On vous demande de dimensionner une conduite (circulaire) de pompage afin de transférer 100 litres/min d'eau pour alimenter une colonne d'absorption de gaz acides (le haut de la colonne est à une pression de 5 bar). La pompe est à 50 pieds de la colonne et celle-ci est haute de 30 pieds. La pompe est alimentée d'un réservoir dont le niveau moyen est à 10 pieds par rapport au sol (voir Figure 1).

- a) En utilisant les règles de pouce usuelles de vitesse d'écoulement pour des conduites d'eau, quelle serait le **diamètre optimal** de la conduite, en pouces ?

- b) En considérant la gravité, la pression et les pertes par friction, quelle serait la **puissance requise** du moteur de la pompe, en W ?
- c) En vous basant sur vos calculs précédents, quel serait le **coût annuel** de la consommation électrique de la pompe à raison de 8 400 h/an et à 0.07\$/kWh ?

Notes : À ce stade d'estimation, on supposera 85% et 90% pour l'efficacité mécanique et électrique du moteur, respectivement. On supposera de plus que les pertes par friction sont de 2 psi par 100 pieds de conduite.

Conversions : 1m = 3.281 pieds, 100 kPa = 1 bar =14.5 psi, $g=9.81 \text{ m/s}^2$, la densité de l'eau = 1000 kg/m^3 .

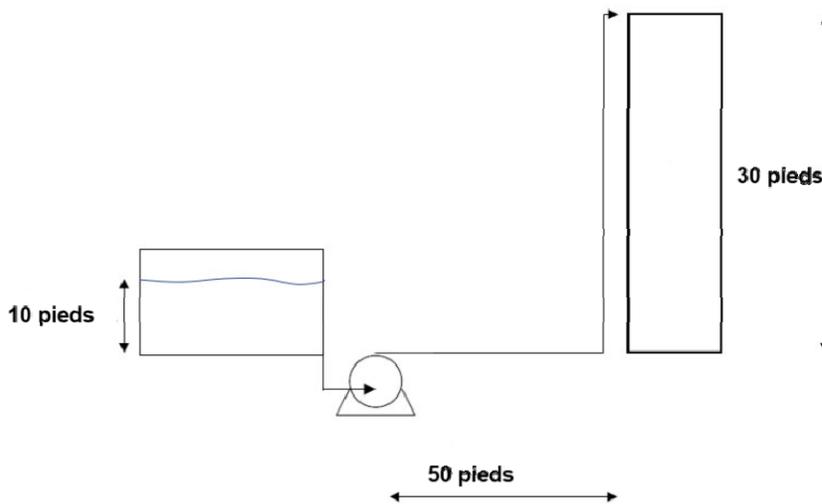


Figure 1 : Représentation de la colonne d'absorption pour le problème 4.

Problème 5 – Échangeur de chaleur : coût (15 points)

- a) Votre compagnie possède un échangeur de chaleur (type tubes-calandre « floating head », acier au carbone, surface de 200 m^2 , voir Figure 2) qui fut achetée en 2004 pour la somme de 25 000\$. Quel serait le prix actuel (2023) d'un échangeur similaire mais offrant une surface d'échange de 400 m^2 ? L'indice 2004 et 2023 du "*Chemical Engineering Plant Cost Index*" (CEPCI) est respectivement de 444 et 798.
- b) Pour quelle pression cet échangeur a-t-il été conçu ?
- c) Si vous décidez d'acheter un nouvel échangeur mais fabriqué en acier inoxydable, que sera le prix attendu ?

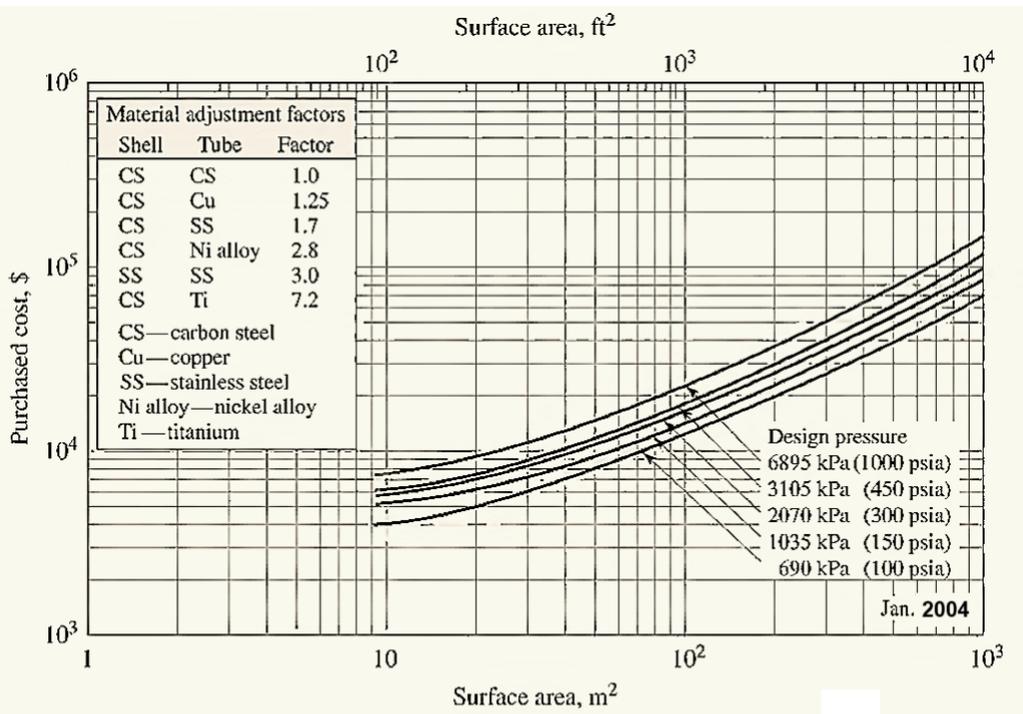


Figure 2 Purchased cost of floating-head heat exchangers with 0.019-m OD × 0.025-m ($\frac{3}{4}$ -in. OD × 1-in.) square pitch and 4.88-m (16-ft) bundles of carbon-steel construction