

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2026

Note au sujet de la propriété intellectuelle de l'examen de l'Ordre des ingénieurs du Québec (« l'Ordre »)

Cet examen est la propriété exclusive de l'Ordre et son utilisation est strictement limitée à des fins académiques et personnelles. Toute reproduction, distribution ou utilisation commerciale non autorisée de cet examen constitue une violation de la propriété intellectuelle de l'Ordre et est strictement interdite. L'Ordre se réserve le droit de prendre toutes les mesures légales appropriées contre toute utilisation non autorisée de son 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 – 30 points

Vous lisez dans le journal l'annonce de la construction d'une nouvelle aluminerie ici au Québec. D'après l'article, le coût de l'investissement en capital total du projet serait de 3.0 milliards de dollars. Cette nouvelle usine aura une capacité de production de 450 000 tonnes métriques par année.

On assumera que le fond de roulement représente 10% de l'investissement en capital total du projet.

a) (18 points) Quel seraient les coûts directs de production annuels (*variable or direct production costs*) de ce projet sachant les informations suivantes :

La consommation en électricité est de 14 kWh/kg de métal produit, le prix d'achat de l'électricité est de 0.035 \$/kWh, le coût de la main d'œuvre annuellement est de 5 millions \$ et les ingrédients coûtent 700 \$/tonne (il n'y a pas de solvant ni de catalyseurs). Pour les autres composantes des coûts directs, utilisez les facteurs typiques (règles de pouce) usuels pour ce genre de projets industriels (il n'y a pas de brevet à considérer).

b) (8 points) D'après les règles de pouce usuelles pour des projets de construction d'usine, quels pourraient être les coûts totaux de production annuels ? (On considérera également les coûts fixes, les coûts indirects (*plant overhead costs*), et les frais généraux)

c) (4 points) Sachant que le taux brut de retour sur l'investissement (*Gross Return On Investment*) souhaité de ce projet est de 10%, à quel prix doit être vendu chaque tonne d'aluminium produite?

Problème 2 – 30 points

Vous utilisez une pompe afin de transférer 400 USGPM d'eau de refroidissement pour alimenter l'enveloppe régulatrice d'un réacteur situé à 3 000 ft de l'emplacement prévu de la pompe. Le circuit de refroidissement du réacteur est pressurisé à 40 psig, et est localisé à 50 ft d'élévation par rapport au niveau de la succion de la pompe (voir Figure 1). La pompe prendra sa succion d'un réservoir dont le niveau moyen est de 10 ft par rapport au sol.

a) (10 points) En utilisant les règles de pouce usuelles de vitesse d'écoulement de l'eau dans des conduites, quelle serait le diamètre optimal de la conduite entre le réservoir et le réacteur, en pouces ?

b) (18 points) En considérant la gravité, la pression et les pertes par friction, quelle serait la puissance requise du moteur de la pompe, en kW, sachant que :

on supposera 70% 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 ft de conduite.

c) (2 points) Quel serait le coût annuel de consommation électrique de la pompe à raison de 8 400 h/an et à 0.05\$/kWh ?

Note : 7.48 USG = 1 pied cube ; 1m = 3.28 ft ; 101.3 kPa = 14.696 psig ; $g = 9.81 \text{ m/s}^2$; densité de l'eau = 1000 kg/m^3 .

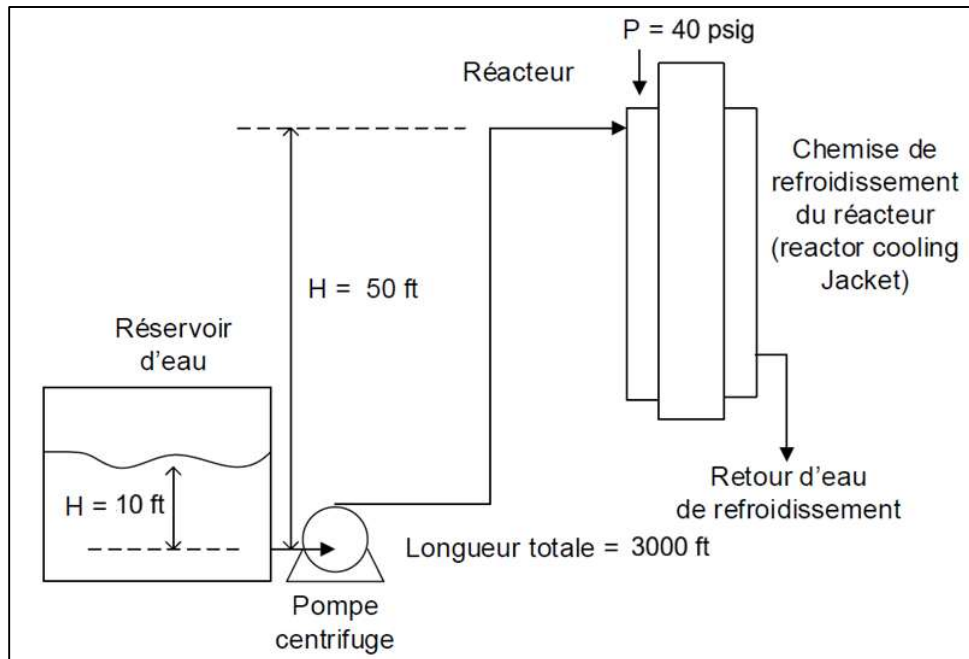


Figure 1 : Schéma du circuit de refroidissement d'un réacteur

Problème 3 – 10 points

Dans la course à la transition énergétique et à la production de batteries québécoises, la construction d'une nouvelle usine de carbonate de lithium est annoncée. D'après l'article du journal, le coût de l'investissement en capital total du projet serait de 1 milliards de dollars. On mentionne que le projet est financé par un prêt de 500 M\$ sur 20 ans à un taux d'intérêt de 8%. Quels seraient alors les frais d'intérêt annuels moyens sur ce prêt, en assumant qu'il est remboursé par des annuités égales sur ces 20 ans ?

Problème 4 – 20 points

Lors de l'entretien d'un procédé, vous remarquez qu'un échangeur de chaleur tube/calandre de type « *floating head* » totalement en acier inoxydable est défectueux et doit être changé. En recherchant plus d'information sur cet échangeur, vous trouvez qu'il a été conçu pour une pression de 100 psia, que sa surface d'échange est de 10 m^2 , et qu'il a été acheté en 2006. La Figure 2 est aussi annexée à ces informations.

a) (10 points) Estimez le prix d'achat de cet échangeur en 2006.

b) (6 points) Vous voulez acheter un échangeur beaucoup plus gros (80 m^2 de surface d'échange, le reste des caractéristiques étant semblables), quel serait le prix actuel en utilisant i) la Figure 2; et ii) la règle du pouce du six-dixième.

c) (4 points) Estimer les coûts d'installation de ce nouvel échangeur.

Note : les indices de coût (du *Chemical Engineering Plant Cost Index*) pour les années 2002, 2006 et 2026 sont respectivement de 396, 500 et 815.

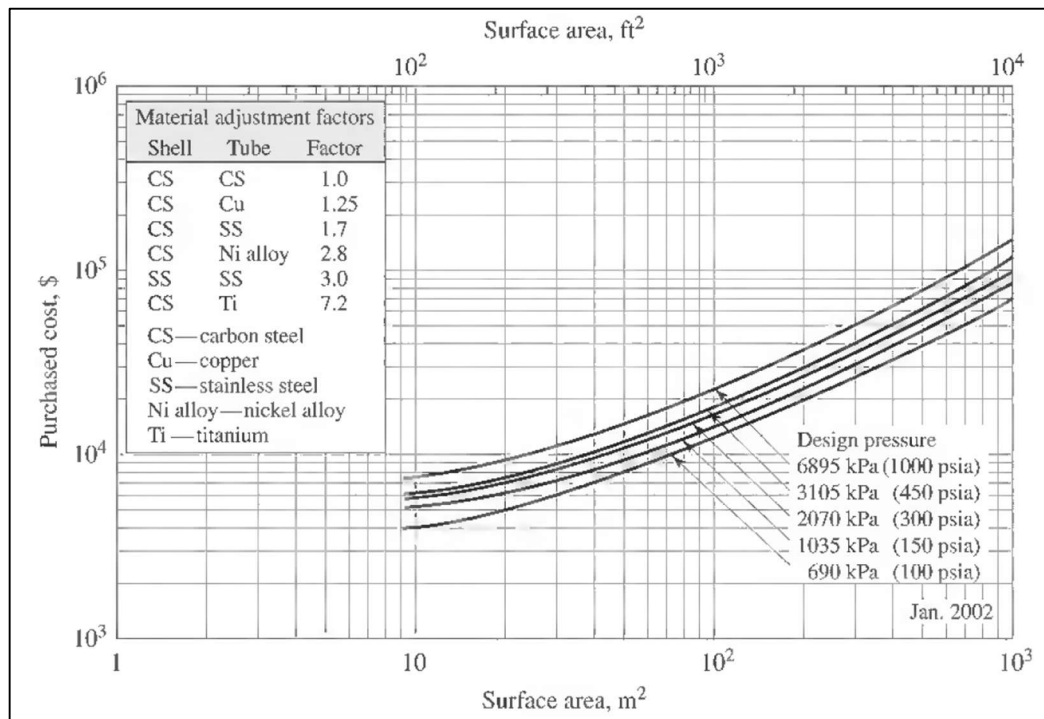


Figure 2 : Purchased cost of floating-head heat exchangers with 0.019-m OD x 0.025-m (3/4-in. OD x 1-in.) square pitch and 4.88-m (16-ft) bundles of carbon-steel construction.

Problème 5 – 10 points

La dépréciation est un concept clé dans les calculs de rentabilité d'un procédé chimique. Expliquez en quelques phrases (maximum de 5) ce qu'est la dépréciation, sur quelle valeur elle est appliquée, le but de la dépréciation et 2 méthodes pour la calculer.