

**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.

**\* VOUS DEVEZ REMETTRE LE QUESTIONNAIRE AVEC VOTRE EXAMEN \***

Toute documentation permise

Calculatrices : modèles autorisés seulement

Durée de l'examen : 3 heures

Nombre de questions : 3

16-CI-A5 GÉNIE HYDRAULIQUE

**Question 1 (30 points)**

Vous avez reçu un mandat pour évaluer un tronçon du réseau de distribution d'eau potable. Ce tronçon est situé dans une partie du quartier sans dénivelé. Selon les plans fournis par le service de géomatique de la municipalité, vous savez que la conduite en question a été installée en 1994, qu'elle est en fonte et a un diamètre de 150 mm.

Les citoyens desservis par cette conduite se plaignent depuis quelque temps d'un manque de pression au robinet. Un technicien vous a remis une copie d'une évaluation récente de la pression effectuée entre deux points le long du tronçon, alors qu'il n'y avait aucune consommation de la part des usagers. Le débit lors de l'évaluation était de 35 litres par seconde. Malheureusement, cette copie est partiellement illisible en raison d'une tache de café, rendant la dernière lecture de pression impossible à lire (Voir Tableau 1.1 Rapport d'évaluation).

- a) Selon les informations présentées, posez les hypothèses nécessaires pour appliquer une équation d'équilibre. Vous devez compléter les informations manquantes du rapport d'évaluation de la pression dans la conduite. (15 points)

*Les pertes singulières peuvent être négligées.*

- b) Après validation, vous confirmez qu'il y a effectivement un manque de pression chez les citoyens. Vous concluez que la pression que vous avez calculée est erronée. En considérant que le débit, la pression au point 1, le diamètre et la distance entre les points sont exacts, vous devez expliquer textuellement ce qui pourrait entraîner une pression plus basse que celle calculée. (7 points)

- c) Expliquez, en vos mots, pourquoi un réseau de distribution d'eau potable est typiquement composé de mailles. (8 points)

Tableau 1.1 Rapport d'évaluation

Rapport d'évaluation de la pression en conduite		
Nom des points	Distance au précédent	Pression enregistré
Point #1	—	400 kPa
Point #2	45m	

Tableau 1.2 Valeurs du coefficient de  $C_{HW}$

Matériau	$C_{HW}$
PVC	150
Amiante-ciment	140
Béton lissé	130
Acier soudé, neuf	120 – 140
Fonte neuve	130 – 140
Fonte âgée (10 ans)	110
Fonte âgée (20 ans)	100
Fonte âgée (30 ans)	85
Fonte âgée (40 ans)	75
Fonte âgée (50 ans)	70

Adapté de Brière (1997)

Source : Bennis, Saad. Hydraulique et hydrologie. PUQ, 2007.

## Question 2 (30 points)

Vous observez un canal que vous présumez être en état d'écoulement uniforme et permanent. Selon vos observations, le canal mesure 6 m de largeur à la surface libre, et les parois convergent vers le milieu du canal avec une pente de 1:1. Le fond plat aurait donc une largeur de 4 m.

Vous devez :

- a) Produire un croquis de la section d'écoulement. (4 points)
- b) Identifier la profondeur d'écoulement normale. (4 points)
- c) En vous promenant le long de la berge, vous observez que l'ensemble du canal est excavé directement dans le roc, mais qu'il présente des parois lisses et régulières. Si la pente du canal est de 0,01 %, quel est le débit de ce canal ? (12 points)
- d) Après plusieurs jours d'observation sans changement, vous remarquez soudainement que le tirant d'eau augmente. L'effet semble provenir de l'aval, où le tirant d'eau est encore plus élevé, mais vous ne notez pas la présence d'un ressaut hydraulique. Vous devez produire un croquis de la coupe longitudinale du canal et expliquer le phénomène, ainsi que ses causes possibles. S'il y a présence de courbes de remous, vous devez les identifier. (10 points)

Tableau 2.1 Coefficients de Manning

Description du canal	Valeurs de n		
	minimum	normale	maximum
<b>CANAUX EXCAVÉS OU DRAGUÉS</b>			
En terre, droits, propres et récents	0,018	0,018	0,020
En terre, droits, propres, après altération climatique	0,018	0,022	0,025
En terre, droits, propres, gravier, section uniforme	0,022	0,025	0,030
En terre, droits, avec herbe courte, peu d'autre végétation	0,022	0,027	0,033
En terre, sinueux, sans végétation	0,023	0,025	0,030
En terre, sinueux, de l'herbe et quelques autres végétaux	0,025	0,030	0,033
En terre, sinueux, beaucoup de plantes aquatiques dans canaux profonds	0,030	0,035	0,040
En terre, sinueux, fond en terre, côtés en gravats	0,028	0,030	0,035
En terre, sinueux, fond rocheux, côtés couverts de végétation	0,025	0,035	0,040
En terre, sinueux, fond en cailloux, côtés propres	0,030	0,040	0,050
Canaux dragués, sans végétation	0,025	0,028	0,033
Canaux dragués, un peu de buissons sur les berges	0,035	0,050	0,060
Canaux excavés dans le roc, parois lisses et uniformes	0,025	0,035	0,040
Canaux excavés dans le roc, parois irrégulières	0,035	0,040	0,050
Canaux non entretenus, végétation dense	0,050	0,080	0,120
Canaux non entretenus, fond propre, broussailles sur les côtés	0,040	0,050	0,080
Comme précédemment, écoulement à niveau maximum	0,045	0,070	0,110
Comme précédemment, avec broussailles denses	0,080	0,100	0,140
<b>COURS D'EAU NATURELS</b>			
Cours d'eau mineurs (largeur en crue < 30 m), coulant dans la plaine			
Propres, droits, sans fosses profondes	0,025	0,030	0,033
Comme précédemment, avec cailloux et végétation	0,030	0,035	0,040
Propres, avec méandres, quelques bassins	0,033	0,040	0,045
Comme précédemment, avec cailloux et végétation	0,035	0,045	0,050
Comme précédemment, avec pentes et sections moins efficaces	0,040	0,048	0,055
Comme précédemment, avec cailloux	0,045	0,050	0,060
Parties lentes, végétation, bassins profonds	0,050	0,070	0,080
Portions encombrées de végétation, bassins profonds, berges boisées	0,075	0,100	0,150
Mineurs (largeur en crue < 30 m) : ruisseaux de montagne à berges escarpées			
Fond en gravier et cailloux, peu de blocs	0,030	0,040	0,050
Fond en cailloux et de grands blocs	0,040	0,050	0,070
Bassins versants			
Pâturages sans broussailles à herbe courte	0,025	0,030	0,035
Pâturages sans broussailles à herbe longue	0,030	0,035	0,050
Champs de culture sans végétation	0,020	0,030	0,040
Champs cultivés, plantes adultes en rangées	0,025	0,035	0,045
Champs cultivés, plantes adultes non alignées	0,030	0,040	0,050
Broussailles parsemées, végétation denses	0,035	0,050	0,070
Peu de broussailles et d'arbres, en hiver	0,035	0,050	0,060
Peu de broussailles et d'arbres, en été	0,040	0,060	0,080
Broussailles moyennes à denses, en hiver	0,045	0,070	0,110
Broussailles moyennes à denses, en été	0,070	0,100	0,160
Arbres : saulaie dense, été	0,110	0,150	0,200

Adapté de Chow (1988)

Source : Bennis, Saad. Hydraulique et hydrologie. PUQ, 2007.

### Question 3 (40 points)

Une fontaine décorative vient de tomber en panne. La pompe qui remontait l'eau du bassin, d'où la fontaine puise, vers le récipient supérieur ne fonctionne plus. Vous avez la tâche de trouver une nouvelle pompe submersible adéquate pour la remplacer. Le système peut être modélisé comme le montre la figure 3.1, où la pompe remonte l'eau vers un récipient à parois minces qui accumule l'eau, avant qu'elle ne se déverse par un orifice.

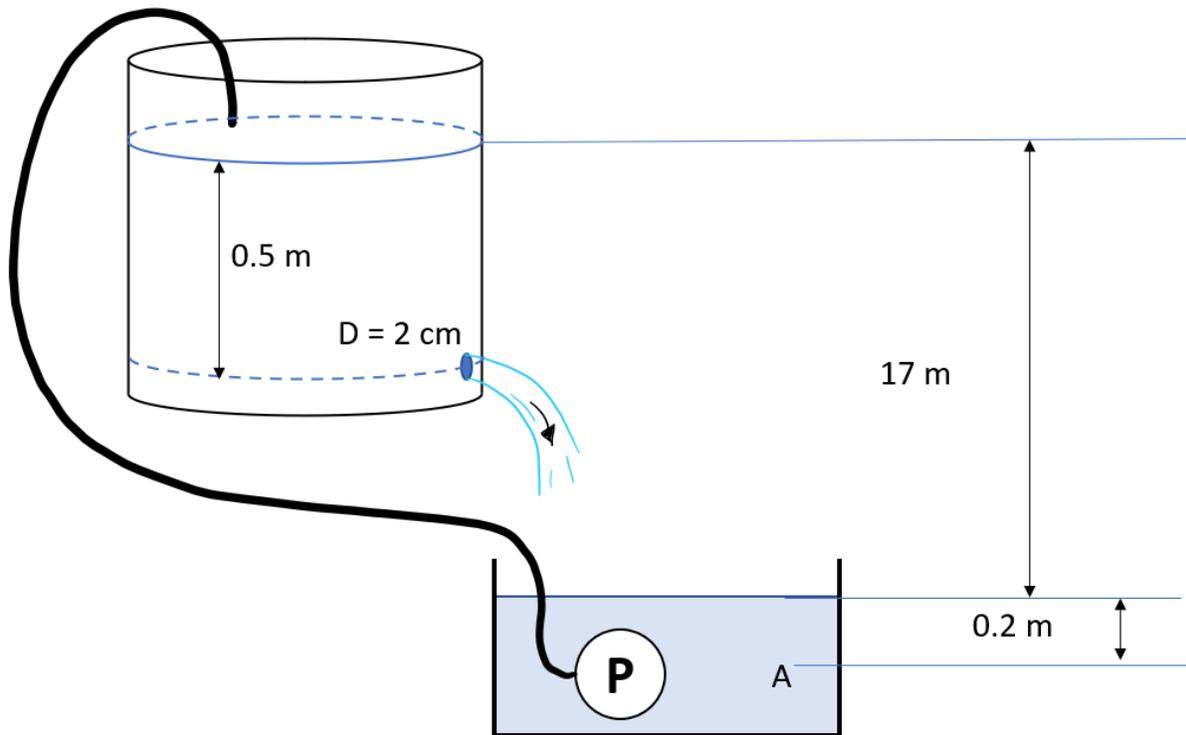


Figure 3.1 Modélisation de la fontaine défectueuse

Le niveau d'eau dans le réservoir supérieur était maintenu par un système de trop-plein. Si le tuyau de refoulement a un diamètre de 1.5 cm et une longueur de 30 m ( $C_{hw} = 130$ ), quelle pompe parmi celles présentées à la figure 3.2 choisissez-vous pour maintenir le niveau d'eau du réservoir supérieur ? Votre choix doit être le plus économique possible. Votre justification doit inclure l'identification du point de fonctionnement de la pompe sur le graphique de la figure 3.2.

*Vous devez annoter directement le graphique sur le questionnaire, et vous pouvez négliger les pertes singulières du système de pompage.*

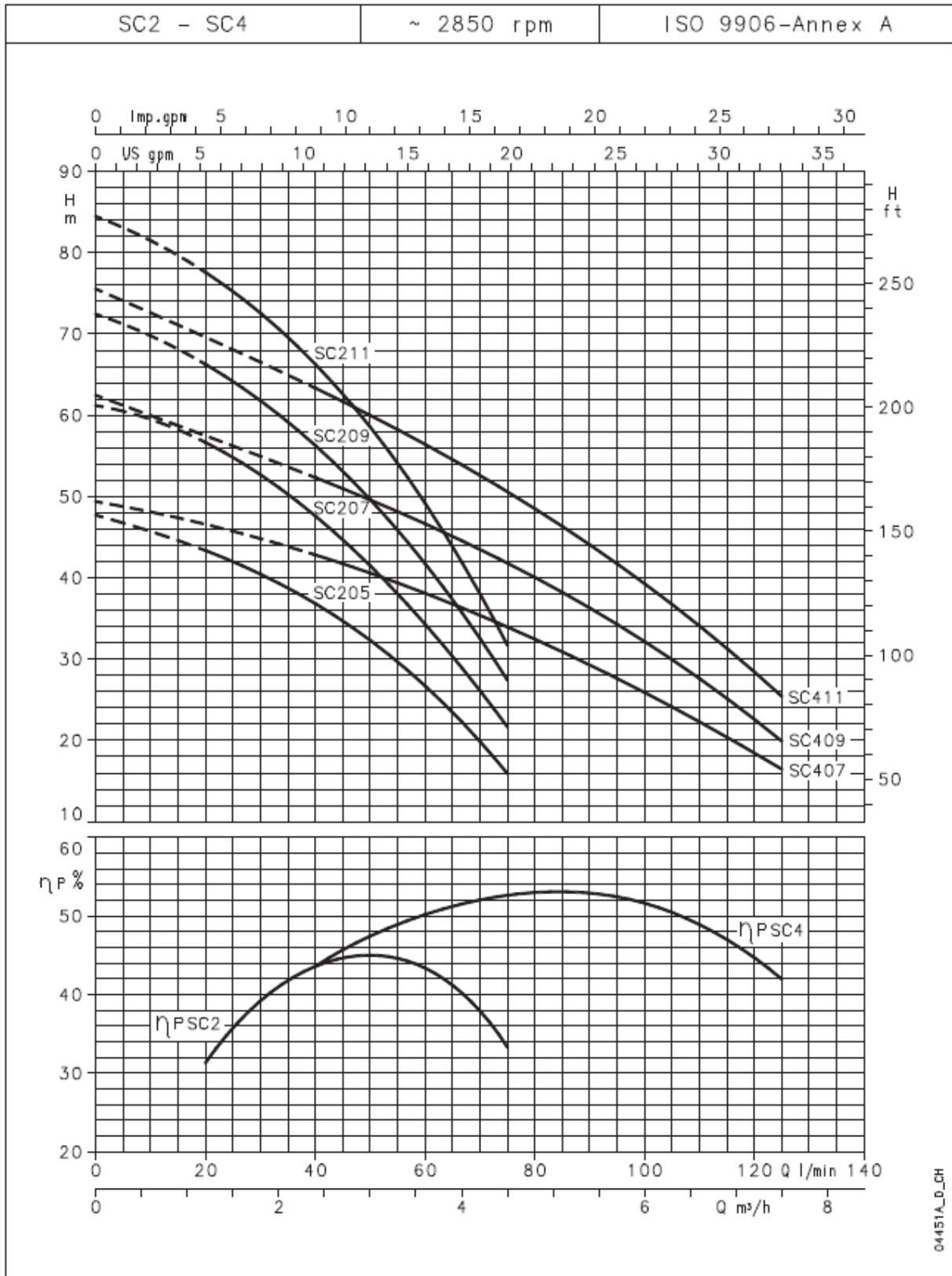


Figure 3.2 Extrait de catalogue de pompe

Source : Catalogue Technique POMPES ET SYSTÈMES DE POMPAGE POUR LE GÉNIE CLIMATIQUE, L'ADDUCTION, LA SURPRESSION D'EAU ET LE RELEVAGE DES EAUX USÉES, XYLEM (P.609)