

CIV2320 HYDROLOGIE POUR INGÉNIEUR  
EXAMEN PÉRIODIQUE  
HIVER 2008

Date : 26 février 2008

Durée : 1h50

Pondération : 25 % de la note globale

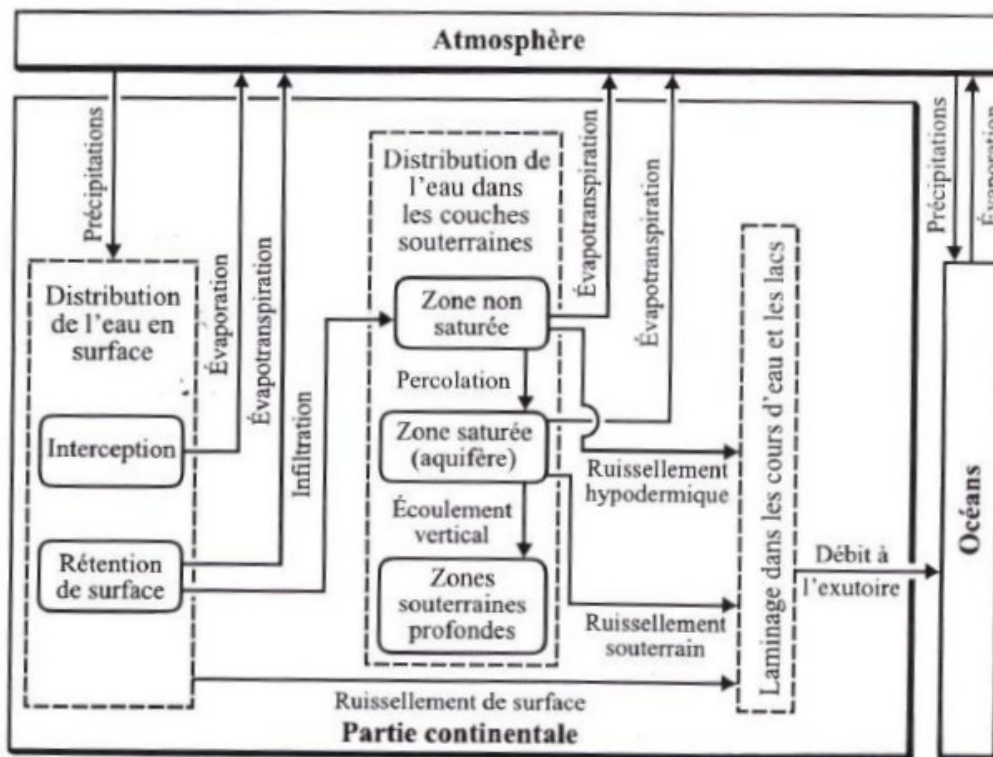
Notes :

1. Aucune documentation permise, calculatrice permise.
2. **Vous devez remettre votre feuillet d'examen avec votre cahier**

**Question 1 (5 points)**

- 1.1. La figure 1 présente un schéma du cycle hydrologique. Nommez deux aspects du cycle que ce schéma cherche à mettre en valeur (1 point)

**Figure 1 (question 1.1)**



- 1.2. Le bassin de drainage d'une rivière couvre un territoire de 11 839 Km<sup>2</sup>. S'il tombe en moyenne 1,08 m de pluie par année et le ruissellement moyen annuel est de 144,4 m<sup>3</sup>/s, estimez l'évapotranspiration annuel du bassin versant. Nommez vos hypothèses. Comparez votre réponse avec l'évaporation des lacs dans la région, qui est de 1 m/an. (1,5 points)
- 1.3. Pour le même bassin versant que la question 1.2, la température moyenne annuelle est de 7°C. On prévoit que le réchauffement climatique fera monter cette valeur à 11°C. On ne prévoit pas de changement de l'humidité relative qui demeure en moyenne à 57%. Si la précipitation annuelle est proportionnelle à la moyenne annuelle de la pression partielle de la vapeur d'eau, quelle sera l'augmentation de la précipitation moyenne annuelle en cm? Pour une première estimation, on suppose que l'humidité relative est stable dans l'année. (2,5 points)

**Formules pour les relations entre la pression partielle saturée de l'air et la température :**

$$e_s = 610,8 \exp \left[ \frac{17,27 T_a}{237,3 + T_a} \right]$$

$e_s$  = pression partielle en Pa

$T_a$  = temp de l'air en C

**Question 2 (6 points)**

- 2.1. Quelles sont les deux plus importantes sources d'humidité pour la précipitation neigeuse à Montréal? Qu'est-ce qui différencie les précipitations de ces deux sources? (1 point)
- 2.2. Une fois la couverture nivale accumulée au cours de l'hiver, il y a trois étapes à franchir avant que la couverture disparaisse. Nommez deux des trois étapes. Calculez la teneur calorifique d'une couverture de neige d'une hauteur en équivalent d'eau de 35 mm qui a une température de -6°C. (1 point)

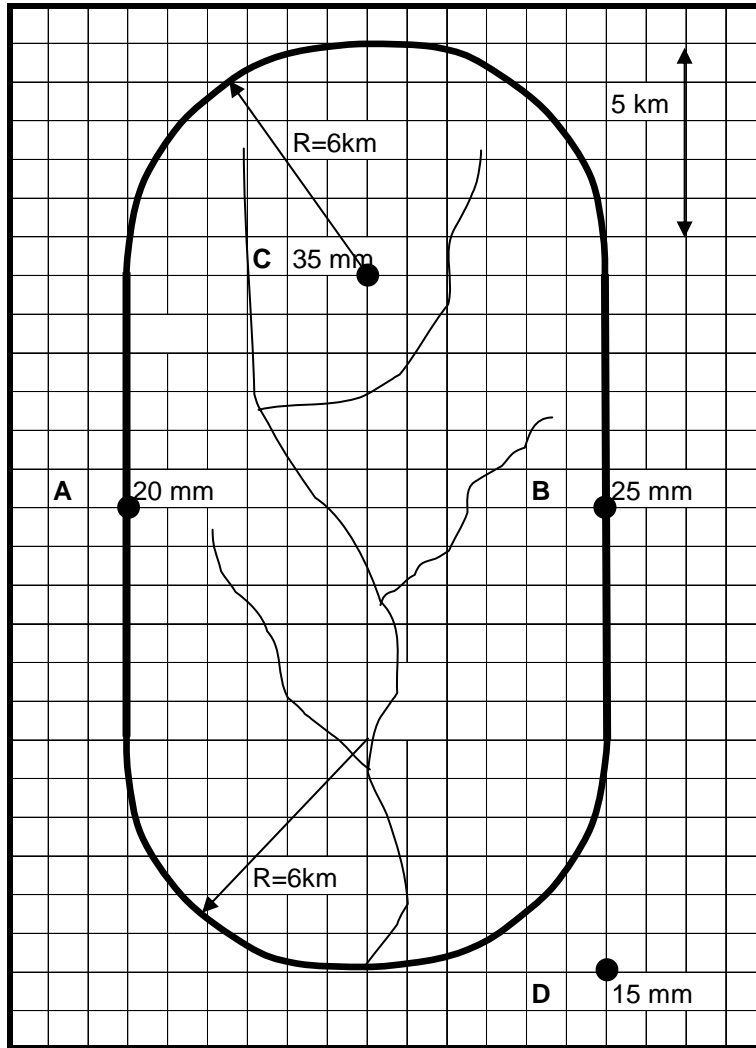
$$H_{tc} = -c_g \rho_e h_f (T_n - T_f)$$

$$c_g = 2000 \text{ J/kg/}^\circ\text{C}$$

$$\rho_e = 1000 \text{ kg / m}^3$$

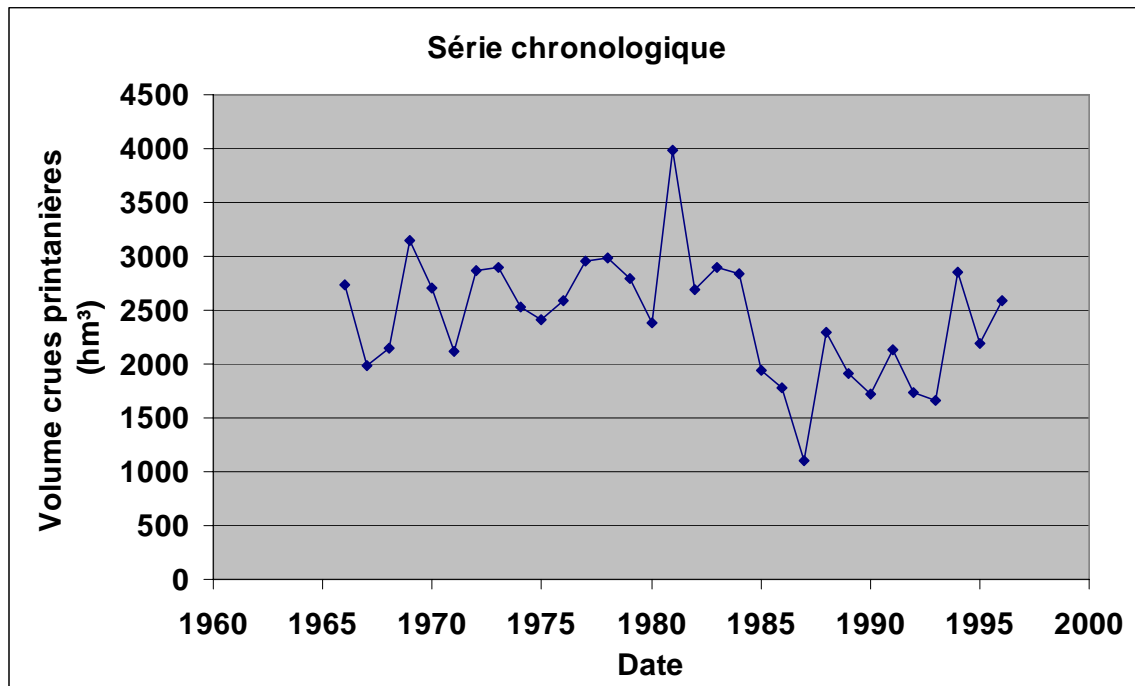
- 2.3. Pour le bassin versant de la rivière du Vieux Forum sur la Figure 2, calculez avec précision la précipitation moyenne tombée sur le bassin par la méthode des polygones de Thiessen. Dessinez les limites des polygones sur le croquis du bassin versant et remettez votre cahier avec ce dessin. Signez votre croquis. (4 points)

**Figure 2**  
**Distribution des pluviomètres (question 2.2 )**



### Question 3 (9 points)

- 3.1. Nommez les trois hypothèses de base à toute analyse de fréquence. La figure 3 montre clairement une déficience. Nommez l'hypothèse qui n'est pas respectée, et quel défaut vous a permis de l'identifier. (1 point)



- 3.2. Pour un projet de réservoir, on doit établir la courbe des fréquences des volumes de crues de printemps et trouver le volume de la période de retour de 1000 ans. Le tableau 1 contient l'échantillon que vous devez ajuster. Trouvez et mettez en graphique la loi analytique de Gumbel appropriée pour cet échantillon. Ajoutez les points empiriques. Commentez cet ajustement. Utilisez votre ajustement pour estimer la crue millénaire. (5 points)

Tableau 1  
Volume printanier (hm<sup>3</sup>)

Année	Volume
1988	2294
1989	1912
1990	1717
1991	2132
1992	1740
1993	1667
1994	2855
1995	2196
1996	2587

moyenne **2122**  
écart-type **411**

- 3.3. Pour le même échantillon de la question 3.2, ajouter la courbe analytique de la loi normale à votre graphique, à l'aide d'au moins 4 points, dont deux auront les périodes de retour de 2 et de 1000 ans. Commentez cette courbe et comparez sa valeur de crue millénale avec celle de la loi de Gumbel. (2 points)
- 3.4. Pour un chantier qui dure 4 ans, on accepte un risque de 5% d'inondation d'une plateforme de travail. Trouvez la période de retour de la crue de conception approprié. (1 point)

Formules pour l'ajustement analytique de la loi de Gumbel :

$$\hat{\alpha} = \frac{s_x \sqrt{6}}{\pi}$$

$$\hat{\xi} = \bar{x} - 0,5772\hat{\alpha}$$

$$X_T = \hat{\xi} - \hat{\alpha} \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

Formules pour l'ajustement analytique de la loi Normal :

$$X_T = \bar{x} + z_p s_x$$

Le risque hydrologique est le complément de la probabilité de non-dépassement n années de suite

Formule pour la probabilité de non-dépassement n années de suite :

$$P(X < X_T; n \text{ fois en } n \text{ essais}) = (1 - 1/T)^n$$

Total des points : /20

**Bon examen et bonne semaine de lecture !!**

Les professeurs Douglas Sparks, ing. et Marc Barbet, ing.

Table de la loi normale

**Tableau 7.6** Probabilité de non-dépassement  $\Phi(\cdot)$  pour la variable normale standardisée

$z_p$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998