

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

Session Mai 2020

*** VOUS DEVEZ RENDRE CE QUESTIONNAIRE AVEC VOTRE LIVRET DE RÉPONSE ***

Examen à livre ouvert

Calculatrice : modèles autorisés seulement

Durées : 3h

14-BR-A6 HYDROLOGIE

Question 1 (10 points)

Vous menez une équipe qui a la tâche d'évaluer les probabilités de débits pour une intervention sur la rivière Rouge à l'Ascension. Votre client a l'intention de laisser de l'équipement spécialisé sur les berges pendant cinq (5) ans et désire faire une installation sécuritaire. Considérant les coûts impliqués pour sa recherche, il vous demande une fiabilité de 95% pour la durée du projet.

Votre stagiaire a déjà traité les données historiques de débit pour la rivière sous votre supervision :

Débit moyen (Q) = 375 m³/s

Écart type (S) = 39 m³/s

Vous devez :

- A) Déterminer la période de retour (T) pour ce projet; (5 points)
- B) Calculer le débit associé à la fiabilité désirée. (5 points)
(utiliser une distribution normale – voir annexe 1)

Question 2 (15 points)

Vous avez récemment hérité d'une grande terre qui est aussi un bassin versant entier. Vous avez émis un contrat à un entrepreneur pour l'installation de cinq (5) pluviomètres. Il a malheureusement mal lu les plans et les a installés tels que montrés sur la figure ci-bas (le pluviomètre #5 n'est donc pas sur votre terrain/bassin versant).

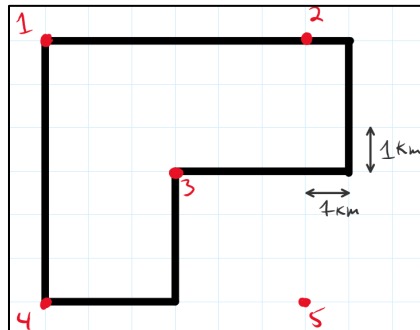


Figure 1

Lors du plus récent évènement pluvieux, les stations ont enregistrées les données cumulatives suivantes :

$P_1 = 5 \text{ mm}$; $P_2 = 4 \text{ mm}$; $P_3 = 4 \text{ mm}$; $P_4 = 4 \text{ mm}$; $P_5 = 3 \text{ mm}$

Vous devez utiliser les méthodes suivantes pour établir les pluies moyennes sur votre nouveau terrain :

- A) Moyenne arithmétique; (2 points)
- B) Méthode des polygones de Thiessen; (5 points)
- C) Méthode des isohyètes; (5 points)
- D) Vous devez commenter l'ensemble des méthodes, ainsi que l'utilité de leurs applications dans cette situation. (3 points)

Pour les approches en B) et C), vous devez annoter et utiliser les figures ci-bas et démontrer votre méthodologie. Votre démonstration mathématique peut se faire ici aussi ou dans votre cahier de réponse, à votre choix.

B) Méthode des polygones de Thiessen

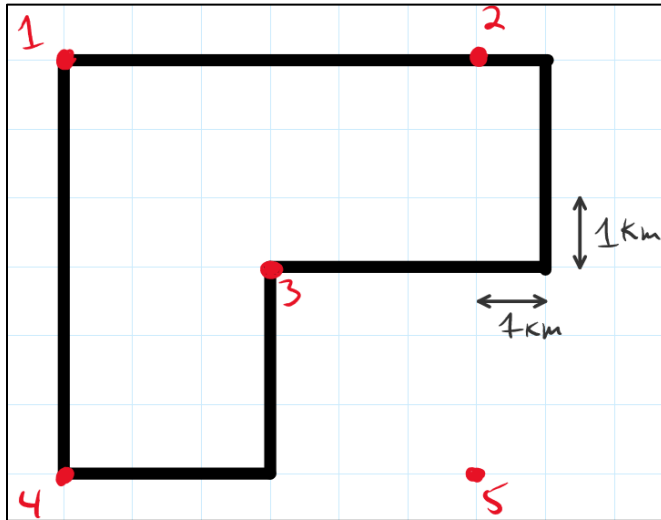


Figure 2

C) Méthode des isohyètes

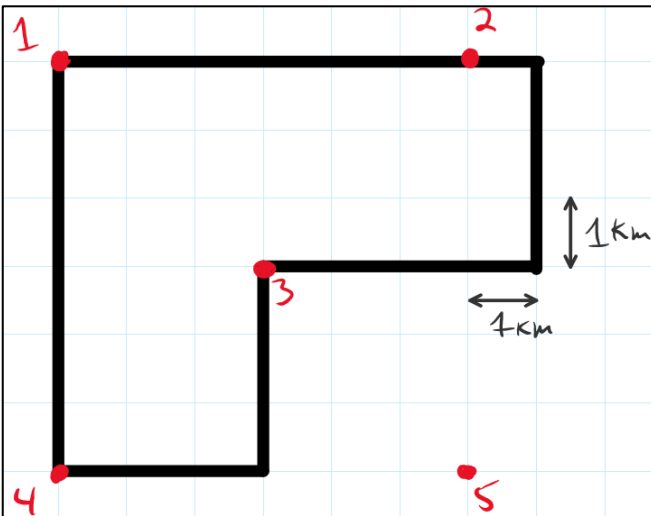


Figure 3

Question 3 (20 points)

Vous êtes couché sur le dos dans le gazon tard le soir (23h00) avec votre conjoint(e) pour regarder les étoiles, quand une lueur d'écran attire votre œil. Vous regardez et trouvez une appli de prévision météorologique sur votre cellulaire indiquant la température et humidité relative actuelle (24°C et 57% respectivement).

Vous contemplez l'idée de rester sous les étoiles pendant la nuit pour attraper la première goutte de rosée. Étant un fanatique des mathématiques, vous décidez de déterminer ici-même l'heure à laquelle la rosée se déposera.

Votre hypothèse de base sera que les variables atmosphériques resteront constantes, sauf la température de l'air. Cette dernière a débuté sa descente vers le couché du soleil (21h00) alors que la température de l'air était de 28°C. Vous décidez d'établir une relation linéaire entre la température de l'air et le temps depuis le coucher du soleil.

Que sera l'heure du point de rosée?

Question 4 (20 points)

La figure suivante vous présente un hydrogramme résultant d'une pluie de 5mm/h dont la durée totale excède le temps de concentration du bassin versant. Le coefficient de ruissellement moyen est de 0.4.

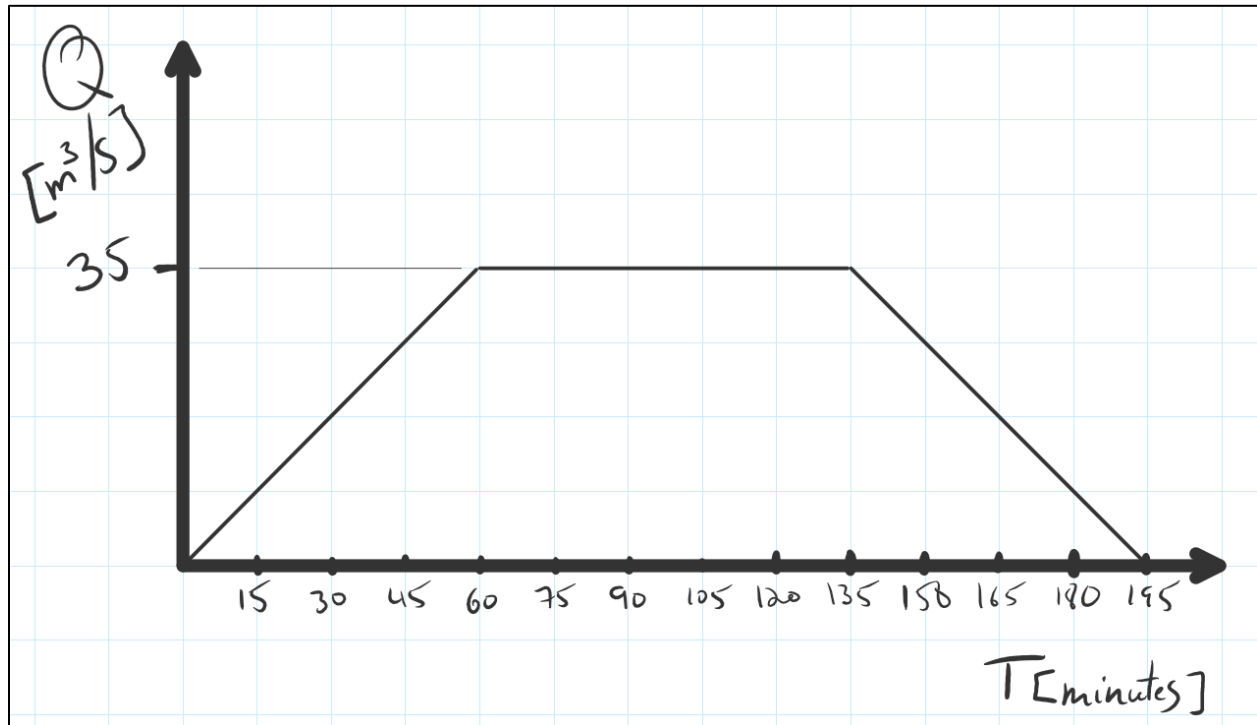


Figure 4

Vous devez identifier:

- A) Le temps de concentration; (3 points)
Annoter la figure précédente avec votre réponse
- B) La durée de la pluie;(3 points)
Annoter la figure précédente avec votre réponse
- C) La pluie brute;(3 points)
- D) La pluie nette;(3 points)
- E) L'aire du bassin versant (Vous devez utiliser deux méthodes différentes pour faire ce calcul); (4 points par méthode)

Question 5 (15 points)

Vous avez réussi à acquérir des données historiques reliées au manteau neigeux présent sur votre nouveau terrain (question 2). Ces données ne sont que pour une semaine en 2015 durant le mois d'avril. Le manteau neigeux avait déjà entièrement fondu avant cette date, mais une immense tempête a déposé près de 2 pieds de neige entre le 17 et le 19 avril. Cette neige avait entièrement fondue avant la fin du 24 avril.

Vous devez identifier les trois procédés de la fonte du manteau neigeux :

- A) Réchauffement; (3 points)
- B) Murissement; (3 points)
- C) Écoulement. (3 points)

Vous devez annoter les figures ci-bas pour déterminer lorsque chaque procédé a lieu (Consulter les figures 5 à 8 mais seulement annoter la figure 5).

- D) Vous devez aussi donner une description brève des trois procédés et votre raisonnement pour la sélection des plages horaires que vous avez faits en fonction des quatre (4) graphiques. (6 points)

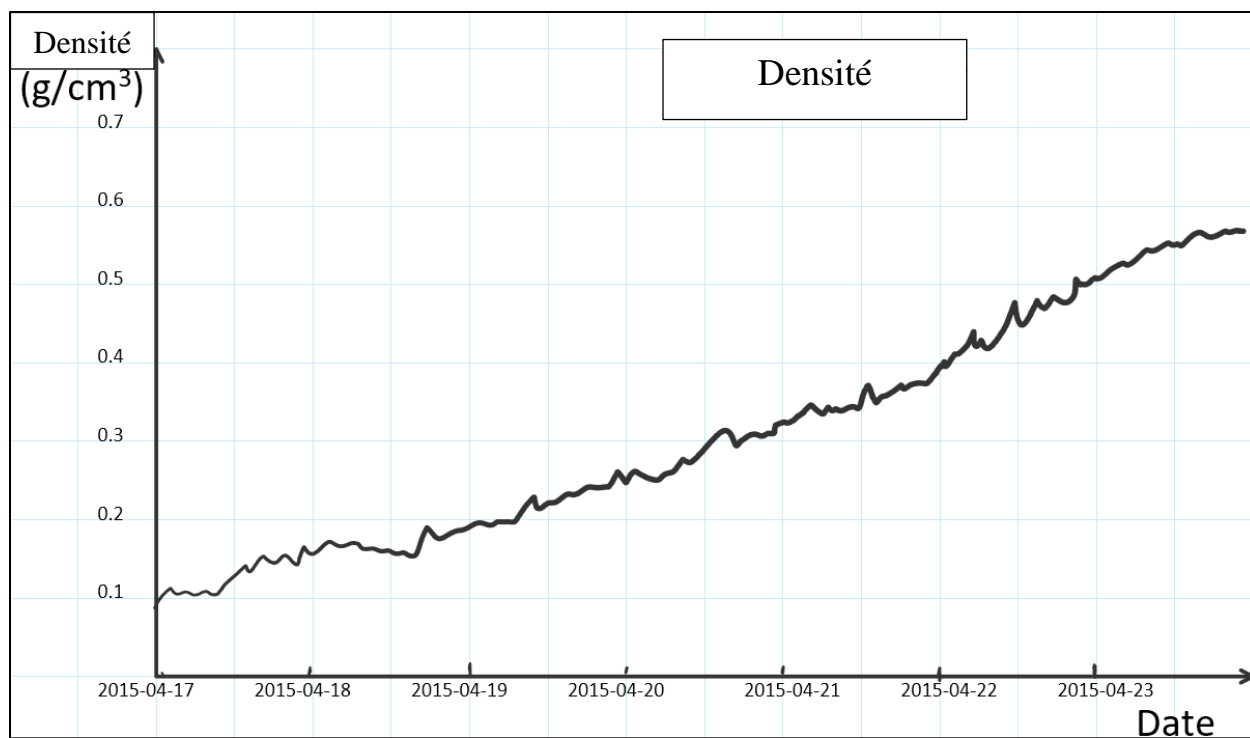


Figure 5

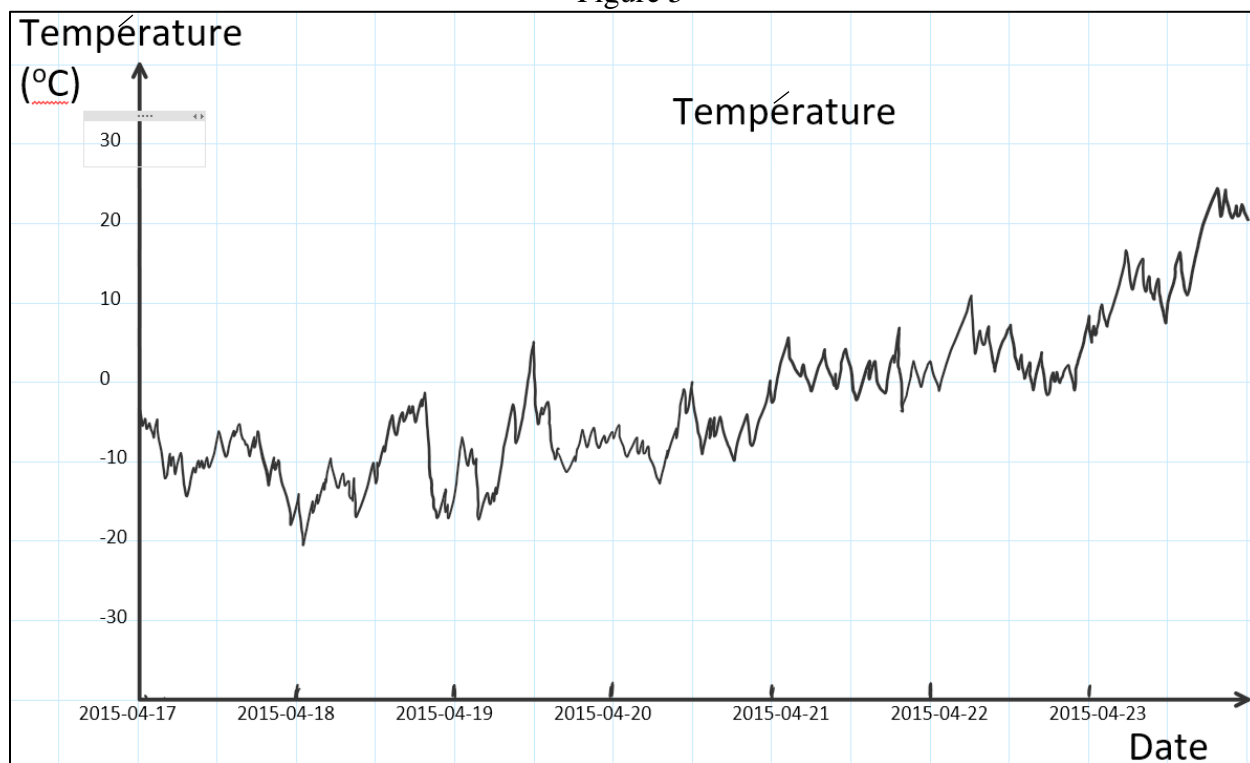


Figure 6

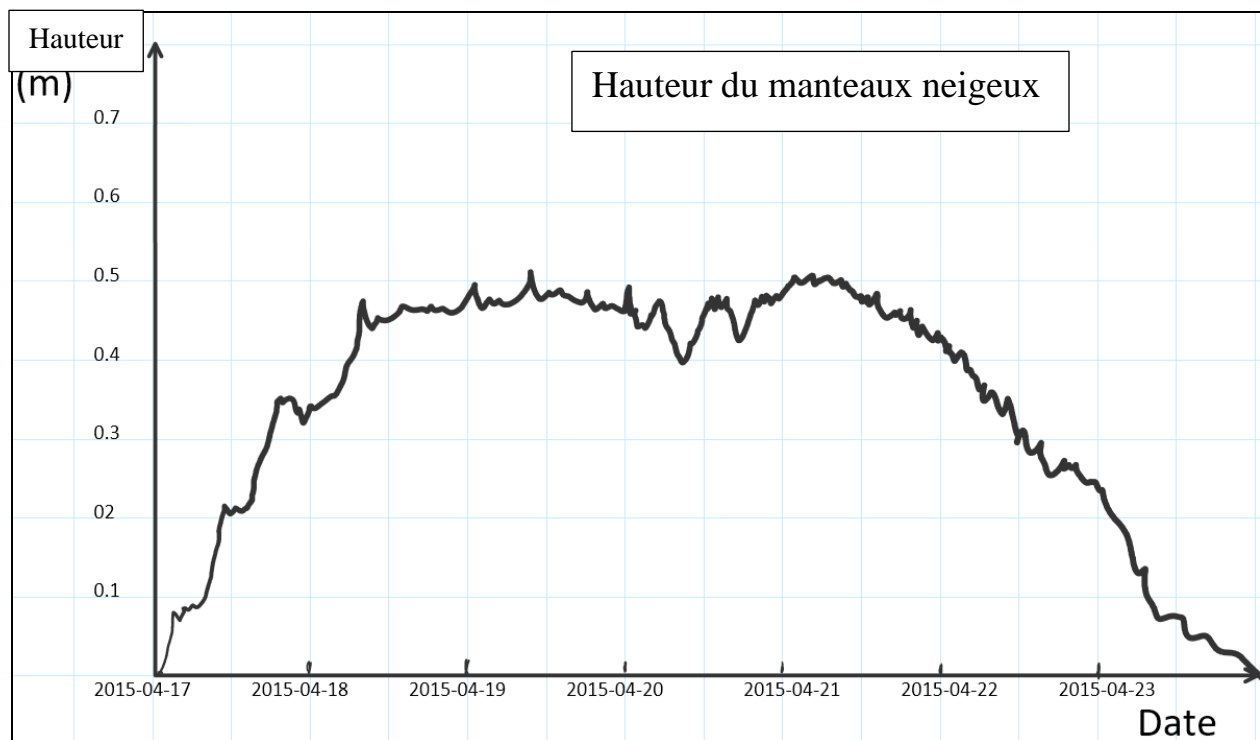


Figure 7

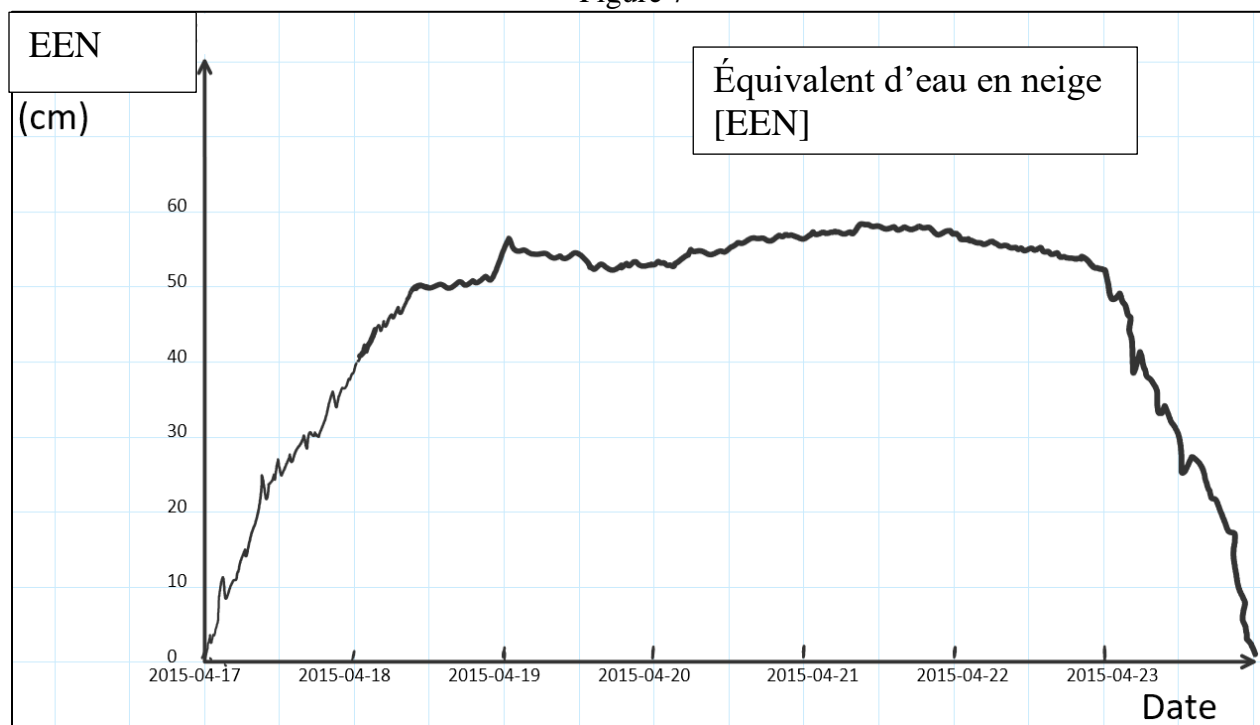


Figure 8

Question 6 (20 points)

La chaîne de restauration rapide locale a un réservoir de rétention souterrain sous le stationnement. Le plus récent évènement pluvieux a causé un débordement dans le stationnement entraînant la fermeture du restaurant.

Ils évaluent la possibilité d'aménager un bassin de rétention en surface pour remplacer le bassin souterrain. L'aménagement du terrain permettrait une largeur maximale de 5m (voir figure 9). Pour conserver la thématique populaire du « Hamburger carré », le client désire un réservoir carré aussi.

Compléter les données du tableau 1 et déterminer la profondeur minimale du réservoir pour éviter un débordement.

Le débit sortant suit l'équation suivante : $Q = 0.05 \cdot h^{0.5}$ [m^3/s]

Vous pouvez considérer que le réservoir est initialement vide.

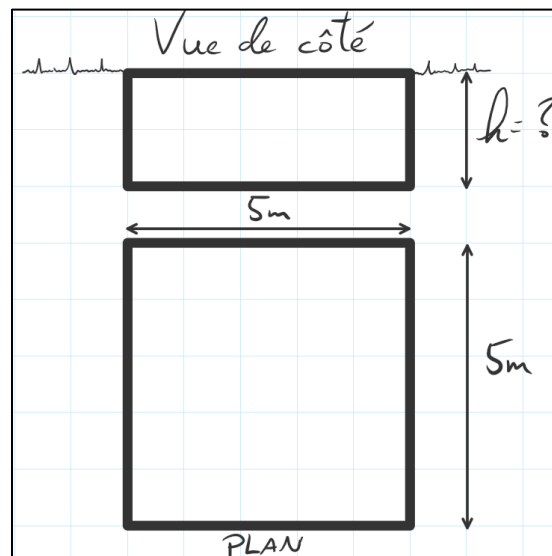


Figure 9

Tableau 1

Temps(min)	0	15	30	45	60	75
$Q_{\text{entrée}}$ (l/s)	0	20	40	42	22	0
Q_{sortie} (l/s)				38.7	33.6	10.85

Annexe 1

Côte Z en fonction de la probabilité de non dépassement pour la loi normale

z	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
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.6	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999