

**ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC**  
**SESSION Novembre 2019**

Toute documentation permise  
Calculatrices : modèles autorisés seulement  
Durée de l'examen : 3 heures

**14-CI-A7 Gestion des projets de construction**

**Question 1 (5 points)**

Définissez les termes suivants :

- a. Cautonnement de soumission. (3 points)
- b. Lettre d'engagement. (1 point)
- c. Résolution de compagnie. (1 point)

**Question 2 (8 points)**

Le montant des frais généraux d'un projet ont été estimés à 160 000 \$. Ce montant est réparti de la façon suivante :

- Un montant de 40 000 \$ en fonction de la durée du projet estimée à huit (8) mois.
- Un montant de 80 000 \$ en fonction de la valeur du projet estimée à 1 400 000 \$ **incluant les frais généraux.**
- Des frais fixes pour la mobilisation et la démobilisation de 40 000 \$.

Après avoir introduit les dernières corrections, le montant de la soumission se chiffrait à 1 380 000 \$ **avant frais généraux** (sans inclure les frais généraux) et la durée a été estimée à neuf (9) mois. Quel est le nouveau montant des frais généraux du projet ?

### Question 3 (20 points)

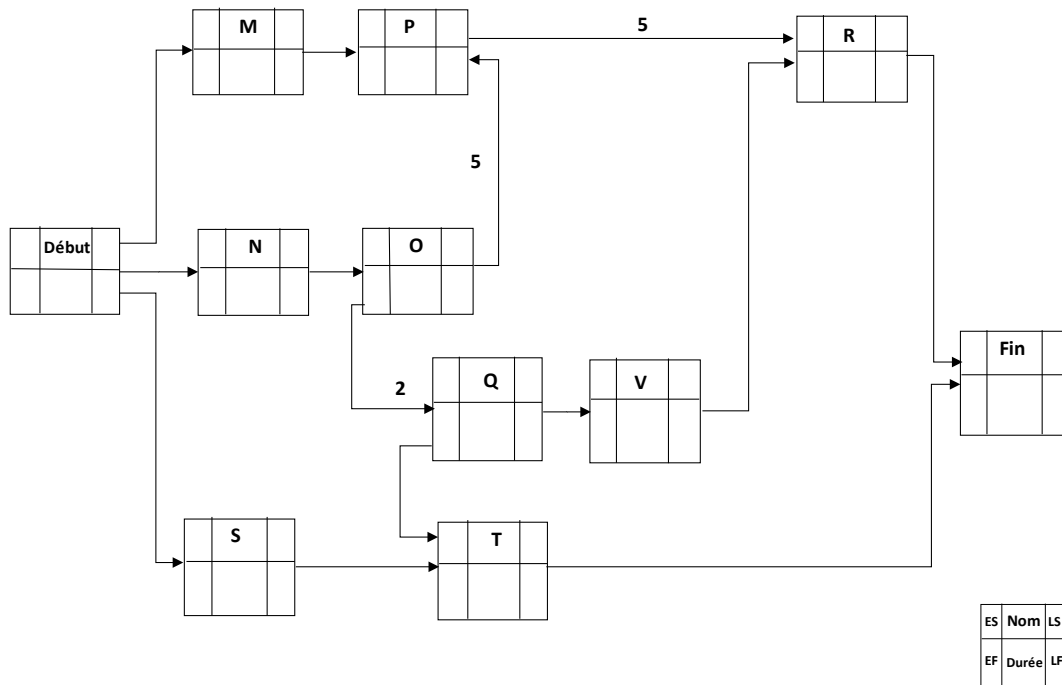
À l'aide des données du tableau 1, dessinez le réseau de la **Précédence (PDM)** avec des **activités sur les nœuds** (Activity-On-Node - AON diagram) et indiquez sur ce réseau le chemin critique. Indiquez également les dates de début au plus tôt (ES), fin au plus tôt (EF), début au plus tard (LS), fin au plus tard (LF), la marge totale (TF), et la marge libre (FF).

**Tableau 1**

Activité	Durée	Relations	
		Début	Fin
A	12		
B	12	Après la fin de A	
C	15	Après la fin de A	5 jours après la fin de G
D	12		
E	10	4 jours après le début de D	
F	4	Après la fin de B	
G	12	Après la fin de F	
H	15	Après la fin de C	
J	8	4 jours après le début de E	

#### Question 4 (15 points)

La figure 1 démontre l'échéancier d'un projet en utilisant la méthode de la **Précédence** appelée aussi « activité-sur-nœud » (Activity-On-Node - AON diagram).



**Figure 1 - Échéancier du projet**

Le tableau 2 montre les durées optimistes, plus probables et pessimistes de chaque activité.

- Calculez et indiquez, sur le tableau 2, la durée prévue TE et la variance  $\sigma^2$  et l'écart type  $\sigma$  **pour chaque activité**. (5 points)
- Calculez la durée totale du projet. (2 points)
- Calculez la variance du projet. (2 points)
- Calculez la probabilité pour compléter le projet dans 68 jours. (3 points)
- Calculez la probabilité pour compléter le projet dans 55 jours. (3 points)

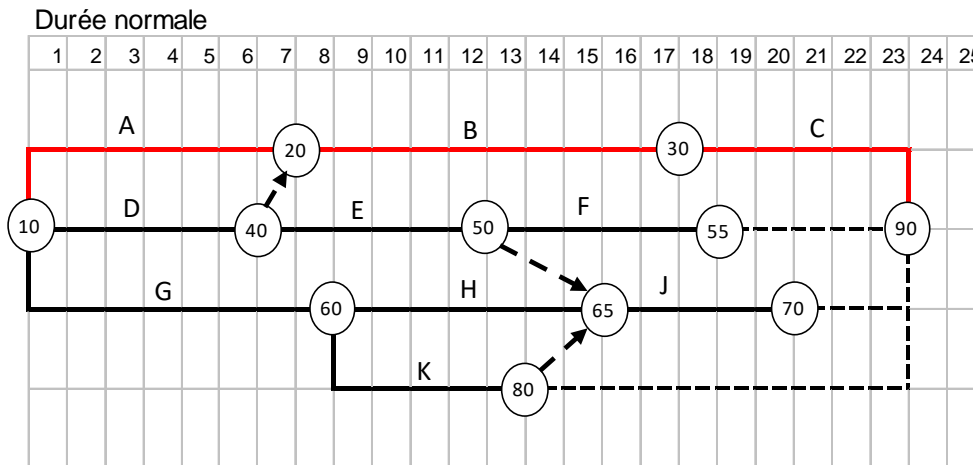
**Tableau 2**

Activité	Durée Optimiste	Durée probable	Durée Pessimiste	Te	$\sigma^2$	$\sigma$
M	16	20	24			
N	24	28	44			
O	6	10	14			
P	15	18	33			
Q	3	4	11			
R	10	10	10			
S	4	11	12			
T	10	10	10			
V	8	10	12			

<b>z</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.09</b>
<b>+0</b>	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
<b>+0.1</b>	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55966	.56360	.56749	.57142	.57535
<b>+0.2</b>	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
<b>+0.3</b>	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65173
<b>+0.4</b>	.65542	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
<b>+0.5</b>	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
<b>+0.6</b>	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
<b>+0.7</b>	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
<b>+0.8</b>	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
<b>+0.9</b>	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
<b>+1</b>	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85769	.85993	.86214
<b>+1.1</b>	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87698	.87900	.88100	.88298
<b>+1.2</b>	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
<b>+1.3</b>	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91308	.91466	.91621	.91774
<b>+1.4</b>	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
<b>+1.5</b>	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
<b>+1.6</b>	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
<b>+1.7</b>	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
<b>+1.8</b>	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
<b>+1.9</b>	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
<b>+2</b>	.97725	.97778	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
<b>+2.1</b>	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
<b>+2.2</b>	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
<b>+2.3</b>	.98928	.98956	.98983	.99010	.99036	.99061	.99086	.99111	.99134	.99158
<b>+2.4</b>	.99180	.99202	.99224	.99245	.99266	.99286	.99305	.99324	.99343	.99361
<b>+2.5</b>	.99379	.99396	.99413	.99430	.99446	.99461	.99477	.99492	.99506	.99520
<b>+2.6</b>	.99534	.99547	.99560	.99573	.99585	.99598	.99609	.99621	.99632	.99643
<b>+2.7</b>	.99653	.99664	.99674	.99683	.99693	.99702	.99711	.99720	.99728	.99736
<b>+2.8</b>	.99744	.99752	.99760	.99767	.99774	.99781	.99788	.99795	.99801	.99807
<b>+2.9</b>	.99813	.99819	.99825	.99831	.99836	.99841	.99846	.99851	.99856	.99861
<b>+3</b>	.99865	.99869	.99874	.99878	.99882	.99886	.99889	.99893	.99896	.99900
<b>+3.1</b>	.99903	.99906	.99910	.99913	.99916	.99918	.99921	.99924	.99926	.99929
<b>+3.2</b>	.99931	.99934	.99936	.99938	.99940	.99942	.99944	.99946	.99948	.99950
<b>+3.3</b>	.99952	.99953	.99955	.99957	.99958	.99960	.99961	.99962	.99964	.99965
<b>+3.4</b>	.99966	.99968	.99969	.99970	.99971	.99972	.99973	.99974	.99975	.99976
<b>+3.5</b>	.99977	.99978	.99978	.99979	.99980	.99981	.99981	.99982	.99983	.99983
<b>+3.6</b>	.99984	.99985	.99985	.99986	.99986	.99987	.99987	.99988	.99988	.99989
<b>+3.7</b>	.99989	.99990	.99990	.99990	.99991	.99991	.99992	.99992	.99992	.99992
<b>+3.8</b>	.99993	.99993	.99993	.99994	.99994	.99994	.99994	.99995	.99995	.99995
<b>+3.9</b>	.99995	.99995	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99997	.99997
<b>+4</b>	.99997	.99997	.99997	.99997	.99997	.99997	.99998	.99998	.99998	.99998

### Question 5 (20 points)

Votre entreprise planifie d'exécuter le projet démontré dans la figure 2 en 23 jours.



**Figure 2. Échéancier du projet**

Le projet comporte des **frais indirects fixes de 3000\$** qui seront dépensés le premier jour du projet et des **frais indirects variables de 500\$ /jour**

Les données du projet se trouvent dans le tableau 3 suivant :

**Tableau 3**

Activité	Prédécesseurs	Normal		Compressé	
		Durée	Coût	Durée	Coût
A		7	3200	5	3600
B	A, D	10	2000	8	2800
C	B	6	1800	4	2400
D		6	3500	6	3500
E	D	6	4000	4	4200
F	E	6	1500	3	3000
G		8	3000	7	3600
H	G	7	2000	4	2600
J	E, H, K	5	2000	3	2600
K	G	5	1000	5	1000
Total			24000		

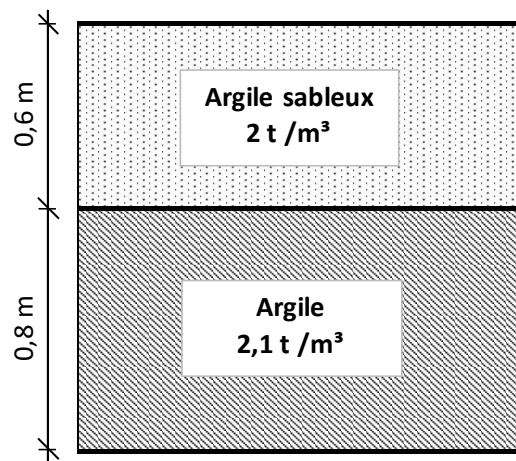
On vous demande de :

1. **Compresser** la durée du projet **au maximum** en démontrant **toutes les étapes de compression** et de calculez la durée minimale du projet après compression (7 points);
2. Établir la courbe des coûts directs-durée pour ce projet (2 points);
3. Calculer les coûts indirects à chaque compression et établir la courbe des coûts indirects-durée pour ce projet (5 points);
4. Établir la courbe des coûts totaux-durée (2 points);
5. Calculez la durée optimum pour exécuter ce projet et le coût relatif à cette durée (4 points).

### Question 6 (12 points)

Votre employeur vous a demandé de déterminer le nombre de camion, qu'il doit déployer sur le chantier afin d'assurer un travail en continue de l'excavatrice, nécessaire pour une activité d'excavation de masse pour les fondations d'un bâtiment. On vous transmet les informations suivantes:

1. Le terrain est rectangulaire dont les dimensions sont de 150 m (longueur) x 120 m (largeur).
2. La profondeur d'excavation totale est de 1,4m.
3. Les sondages indiquent qu'il existe deux types de sol dont les épaisseurs et les masses volumiques à l'état naturel sont démontrées dans la figure 3 ci-dessous.
4. Le pourcentage de foisonnement est de 25% pour l'argile sableux et de 30% pour l'argile.
5. La production de l'excavatrice est 90 m<sup>3</sup>/h dans l'argile sableux et de 85 m<sup>3</sup>/h dans l'argile.
6. L'excavatrice travaille 8 h / jour.
7. Le sol a été chargé sur des camions de 10 tonnes. Chaque camion fait un (1) cycle par heure (chargement + aller + déchargement + retour à l'unité de chargement).



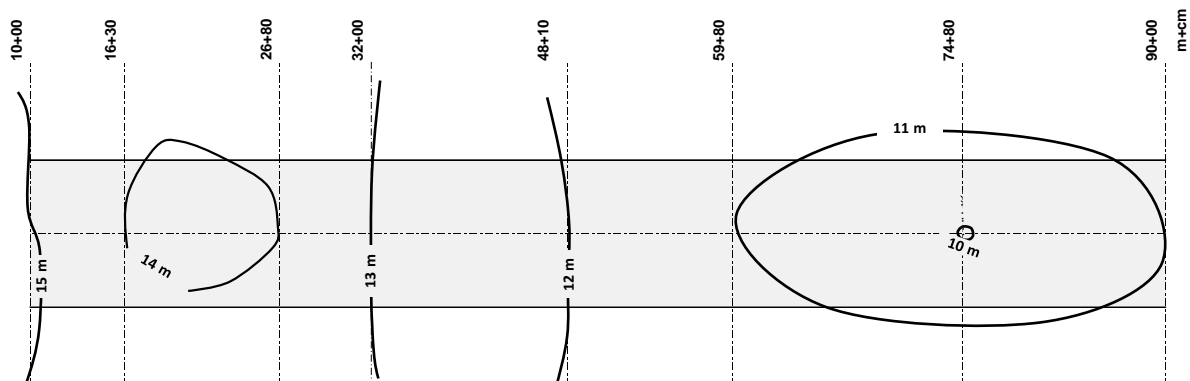
**Figure 3 - Études géotechniques - Coupe verticale**



### Question 7 (20 points)

Pour les travaux de mise en forme de la route St-Pierre illustrée dans la figure 4 vous devez exécuter les tâches suivantes :

- 1- Dessinez la coupe longitudinale (2 pts)
- 2- Dessinez les sections en travers à chaque chaînage (5 pts)
- 3- Calculez les superficies des sections en travers (5 pts)
- 4- En utilisant la méthode des sections en travers, calculez les volumes d'excavation et de remblai requis pour la mise en forme de cette route (8 pts)



Vue en plan

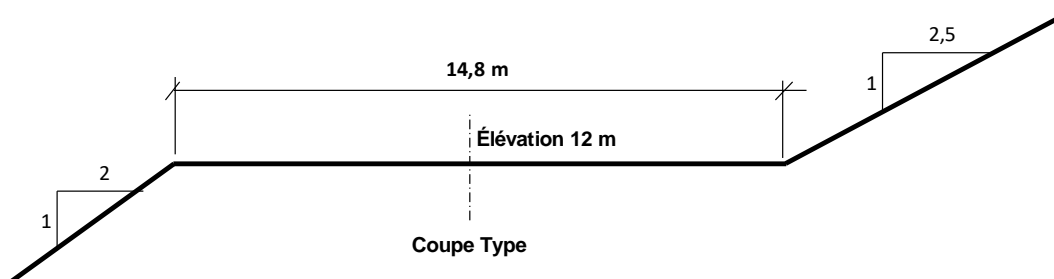


Figure 4. Vue en plan et coupe type de la route St-Pierre