

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC
SESSION Mai 2021

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

16-CI-A7 Gestion des projets de construction

Question 1 (20 points)

À l'aide des données du tableau 1 ci-dessous, dessinez le réseau CPM avec des activités sur les flèches (Activity-On-Arrow - AOA 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	PRÉDECESSEUR
M	4	Aucun
N	5	M
O	4	M
P	12	M
Q	4	N
R	5	O
S	8	P
T	3	O, S
U	7	O, Q
V	4	R, T
W	12	O, S
X	8	W

Question 2 (20 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). La durée déterministe (sans risque) de cet échéancier est estimée à 50 jours.

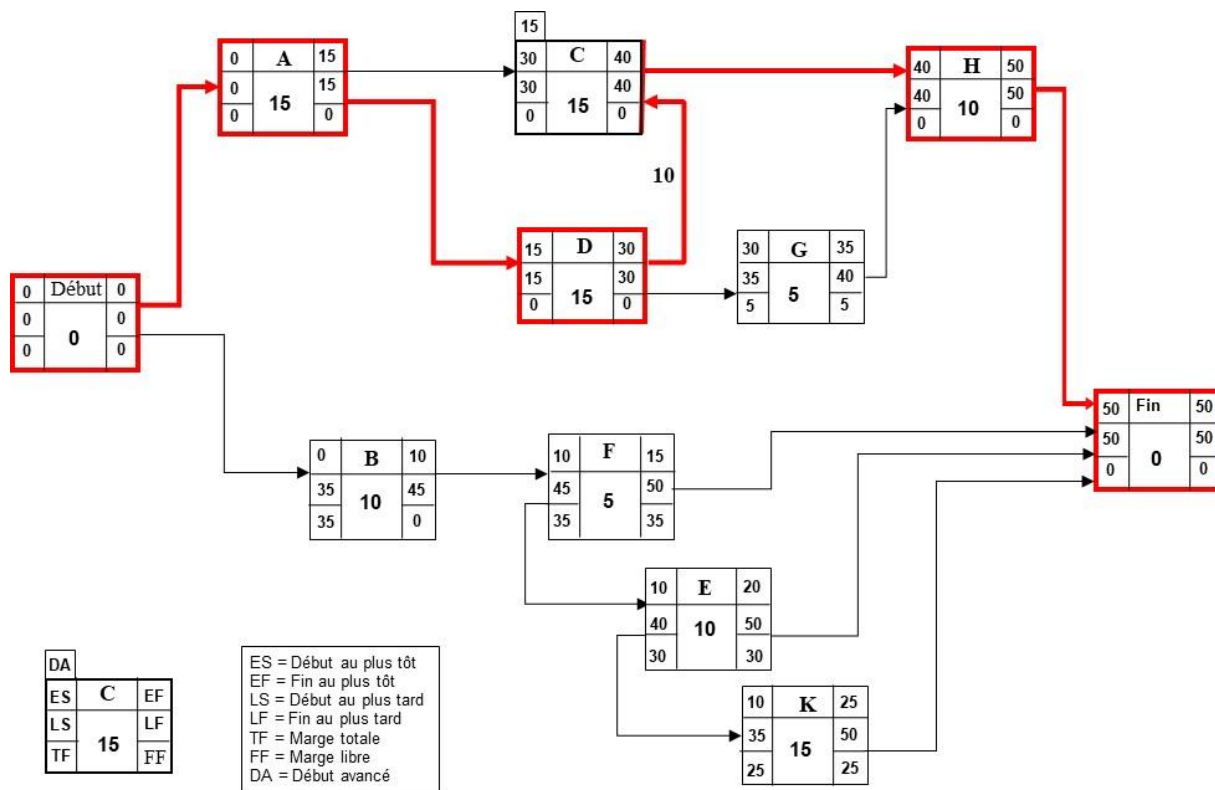


Figure 1 - Échéancier du projet

Le tableau 2 montre la durée optimiste, la plus probable et pessimiste de chaque activité de cet échéancier.

- Calculez la durée prévue TE et la variance σ^2 pour chaque activité. (9 points)
- Calculez la variance du projet. (5 points)
- Calculez la probabilité pour compléter le projet dans 55 jours. (6 points)

Tableau 2

Activité	Durée Optimiste	Durée Plus Probable	Durée Pessimiste
A	12	15	20
B	8	10	15
C	10	15	30
D	14	15	18
E	8	10	12
F	4	5	5
G	3	5	9
H	10	10	10
K	15	15	15

Question 3 (15 points)

Vous devez dessiner un ÉCHÉANCIER LINÉAIRE pour la construction d'un pont d'une longueur de 400 mètres.

Cela veut dire **QU'IL NE FAUT PAS UTILISER NI le diagramme de GANTT NI les réseaux CPM** pour dessiner l'échéancier. Seules les solutions utilisant une méthode de planification linéaire seront corrigées et notées.

La figure 2 démontre les composantes du projet.

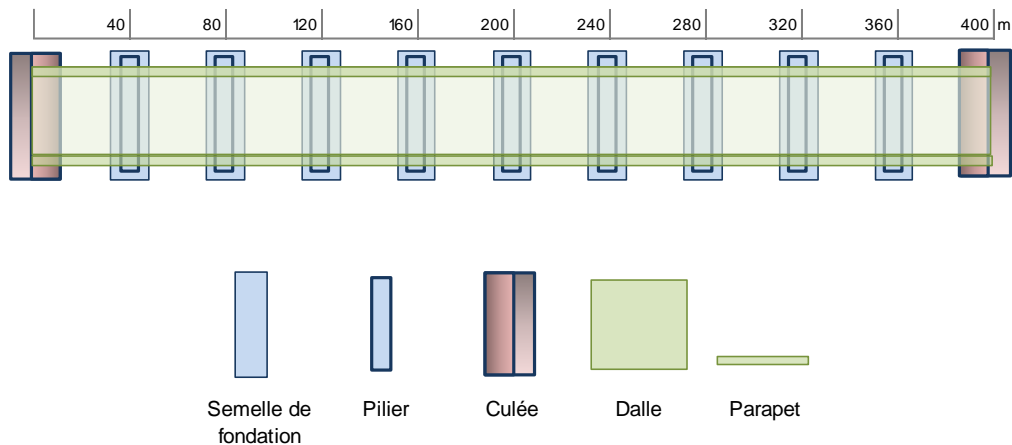


Figure 2 – Construction d'un pont

Les travaux consistent à la construction des ouvrages suivants:

1 - Les semelles de fondation des piliers:

Neuf (9) semelles sont nécessaires. Une distance de 40 mètres (centre-centre) se trouve entre les semelles. Une seule équipe est responsable de la mise en place des semelles de fondation des piliers. Une durée d'une semaine est nécessaire pour la mise en place d'une semelle.

2 - Les piliers:

Neuf (9) piliers sont nécessaires. Une distance de 40 mètres (centre-centre) se trouve entre les piliers. Une seule équipe est responsable de la mise en place des piliers. Une durée de deux semaines est nécessaire pour la mise en place d'un pilier.

3 - Les culées:

Deux (2) culées sont nécessaires aux deux extrémités. Une seule équipe est responsable de la mise en place des deux culées. Une durée de quatre semaines est nécessaire pour la mise en place d'une culée. Il faut prévoir une semaine d'attente pour le déplacement de l'équipe entre les deux culées.

4 - Les dalles:

Dix (10) dalles sont nécessaires. La longueur de chaque dalle est de 40 mètres.

Une seule équipe est responsable de la mise en place des dalles. Une durée d'une semaine est nécessaire pour la mise en place d'une dalle.

5 - Les parapets:

Deux (2) parapets, un de chaque côté et sur toute la longueur du pont sont nécessaires. Une seule équipe est responsable de la mise en place des parapets. Le taux de production pour la mise en place des parapets est d'une semaine par cent mètres linéaires par côté.

Vous devez :

- Travaillez en semaine.
- Planifier les travaux avec un **ÉCHÉANCIER LINÉAIRE** afin que toutes les équipes travaillent en continu (aucun arrêt de travail n'est permis).
- Dessinez un diagramme espace-temps : i) l'échelle du temps, en semaine et dessinée au vertical ; ii) l'échelle de distance est en mètre et dessinée à l'horizontal.

Si vous devez **accélérer le projet** et que vous ne pouvez augmenter que la productivité d'une seule équipe, quelle est cette équipe, pour combien de semaines la durée du projet pourrait être diminuée. Quelle est la nouvelle durée du projet ?

Question 4 (20 points)

En utilisant la méthode des parallélépipèdes, calculez les volumes d'excavation et de remblai requis pour amener le terrain (illustré dans la figure 3) au niveau 6 000 (6m000_{mm}).

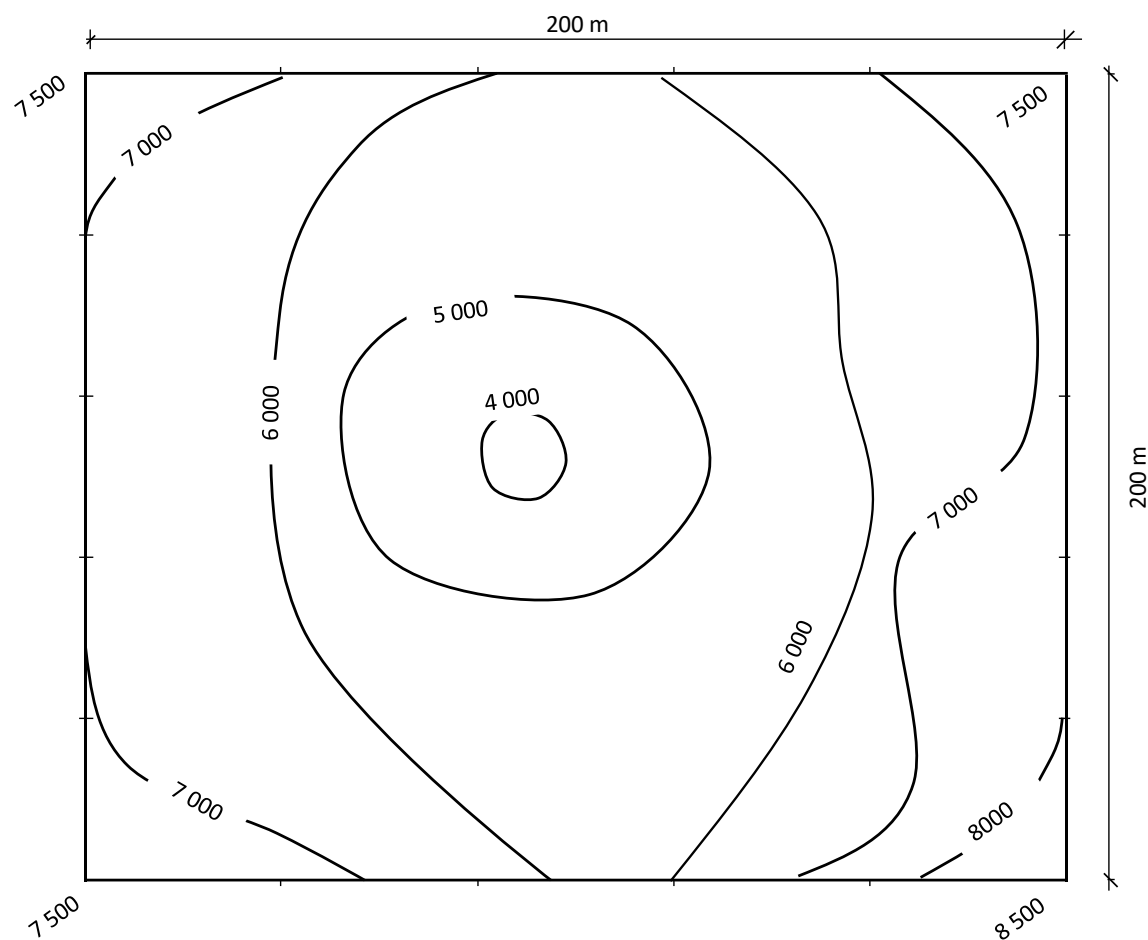


Figure 3 - Le plan du terrain

Question 5 (15 points)

Un hôtel de 17 étages a été construit en 2010 avec un coût total de 7 770 000\$.

- Les deux premiers étages sont réservés pour l'entrée et les restaurants. Chaque étage possède une superficie de 1600 m². Le coût par m² de ces deux étages est le double du coût par m² des 15 étages supérieurs contenant les chambres.
 - Chacun des 15 étages supérieurs possède une superficie de 1 300 m² par étage et contient 60 chambres.
- a. Déterminez le coût unitaire par m² en 2010 pour les deux premiers étages, selon la méthode de la superficie de plancher. (3 points)
- b. Quel serait le coût de construction probable si la superficie totale était de 24 000 m²? Considérez que la superficie de chacun des deux premiers étages est de 300m² de plus que chacun des 15 étages supérieurs. (5 points)
- c. Déterminez le coût unitaire en 2010 par chambre, selon la méthode de l'unité de destination. (3 points)
- d. Considérant un taux d'inflation annuel de 3%, calculez le coût de construction probable d'un hôtel qui sera réalisé en 2021 qui possède 20 étages contenant seulement des chambres, si chaque étage contient 30 chambres. (4 points)

Question 6 (10 points)

Comme consultant, vous devez conseiller votre client sur une décision d'investissement. Votre client compte construire une usine de fabrication. Le projet sera construit sur trois ans (2021-2023). Le coût de construction s'élève à 16 000 000 \$ (soit 4 000 000 \$ la 1^{ère} année; 8 000 000 \$ la deuxième année et 4 000 000 \$ la troisième année). De plus, il estime investir une somme de 2 000 000 \$ pour l'entretien de son usine soit 1 000 000 \$ en 2027 et 1 000 000 \$ en 2031.

Votre client estime que son usine lui fournira les revenus annuels suivants :

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
2 000 000	2 000 000	3 000 000	3 000 000	3 000 000	3 000 000	3 000 000	4 000 000	4 000 000	4 000 000

La valeur résiduelle en 2034 de cette usine est estimée à 5 000 000\$.

Sachant que le taux d'inflation annuel est de 3% et que votre client espère un retour de 10% sur son investissement, calculez la valeur présente nette (*Net Present Value - NPV*) du projet.

Quel est le taux de rendement interne (TRI) sur cet investissement (*internal rate of return - IRR*)?