

IND8200 – Organisation Industrielle

Cours 9 – Gestion de projet

par Catherine Laroche et Anis Berrada

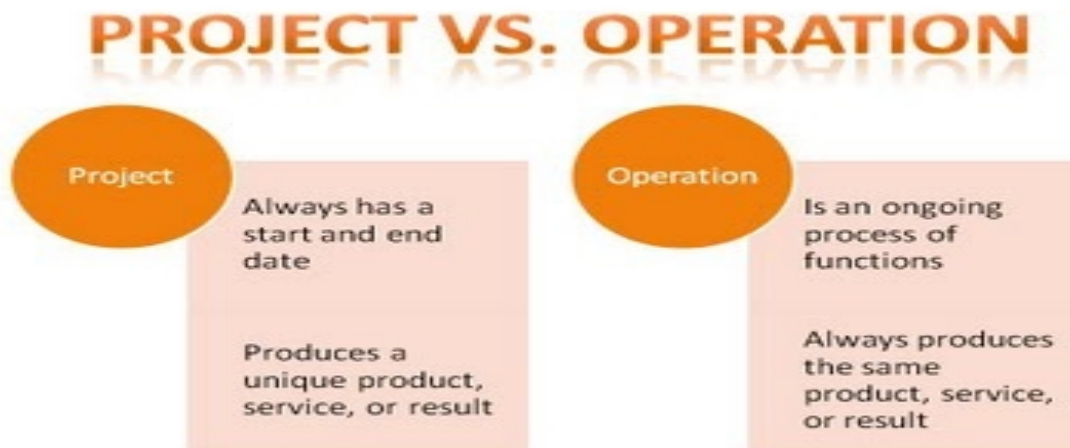
Qu'est-ce qu'un projet?

Définition: ensemble des activités nécessaires à la réalisation d'un bien ou d'un service unique dans un horizon de temps défini et qui doit se faire dans un certain ordre

- **Chaque projet est généralement unique**
- **Un projet a une début et une fin**
- **Un projet a des objectifs à atteindre(temps, budget, performance attendue)**
- Chaque projet est subdivisé en activités assujetties à des contraintes de précédence
- Ces activités ne se répètent généralement pas dans le temps

Opérations vs projet

Constraints	Operations	Projects
Existence	Permanent	Temporary and unique
Scope	Continuous and repetitive	First time, Terminates after finishing objectives
Time	No Time Span defined. Its ongoing	Definite Time Span
Budget	Operations have to maintain a specific profit margin	Project has to stick with a definite budget



Les 3 contraintes d'un projet



Objectifs de la gestion de projet

- Déterminer la date de fin de la réalisation du projet
- Respecter les budgets prévus pour la réalisation du projet et mesurer les écarts au plan
- Coordonner les différentes activités composant un projet et mesurer l'avancement
- Déterminer s'il est possible d'allonger la durée de certaines activités sans retarder la durée totale du projet
- Déterminer s'il est possible (et à quel coût) de raccourcir la durée totale du projet
- Gérer le risque

Le gestionnaire de projet est celui ...

- qui lead
- qui communique
- qui pilote
- qui dirige
- qui contrôle
- qui facilite
- qui motive

Autres synonymes pour gestionnaire de projet ?

Chef de projet, chargé de projet, directeur de projet

Le PMI et la gestion de projet

- Association fondée en 1969 qui propose des méthodes en gestion de projet (PMI = Project Management Institute)
- 700 000 membres répartis a travers 125 pays
- Propose plusieurs certifications dont la plus célèbre est le PMP (= Project Management Professional)
- Élabore et publie des standards en gestion de projet dont le plus célèbre est le PMBOK
 - 5 phases
 - 9 domaines de connaissances
 - 42 processus

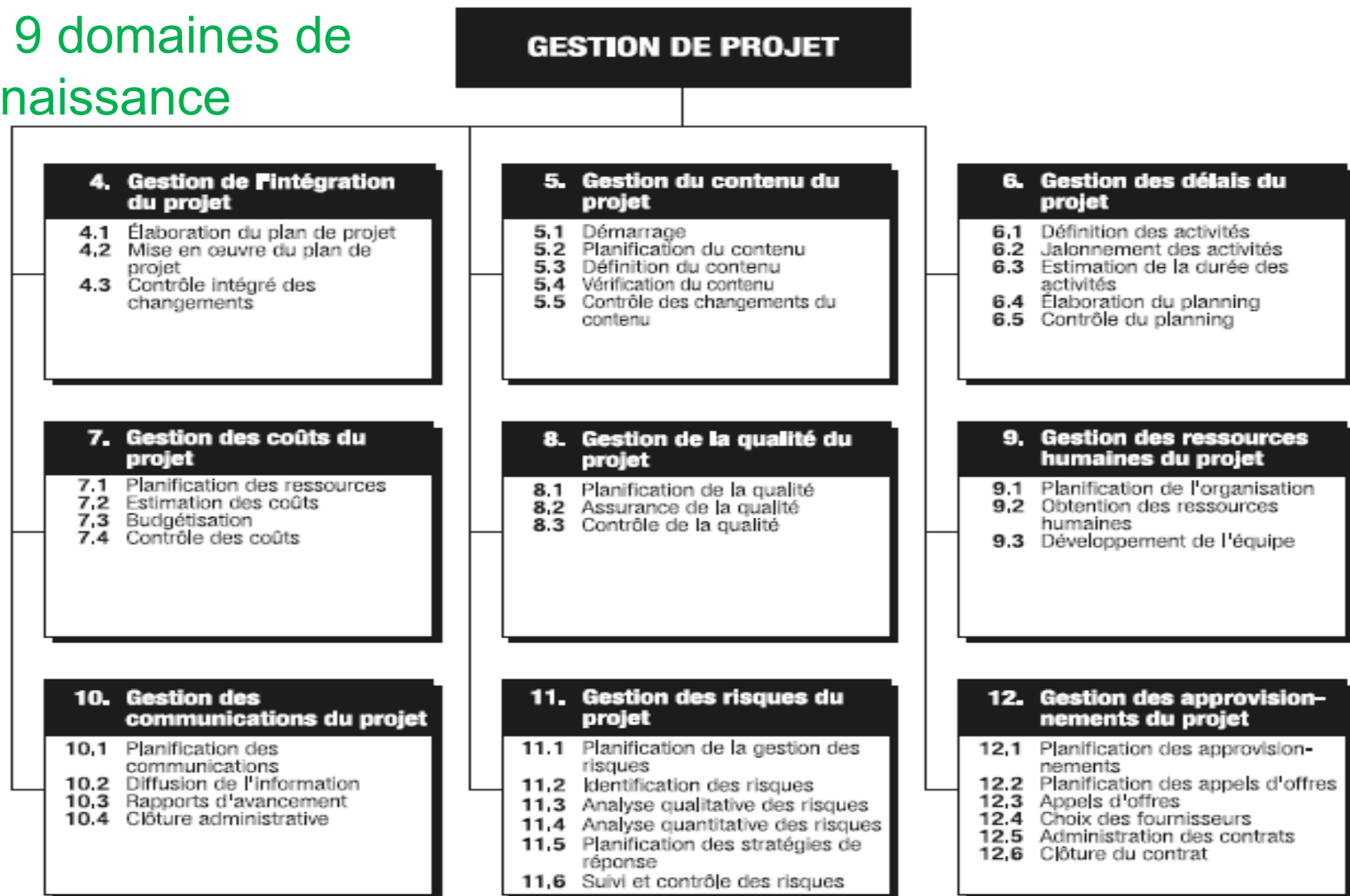
Le PMI et la gestion de projet

Les 5 phases d'un projet :

- l'initialisation
- la planification
- l'exécution
- la maîtrise et le suivi
- la clôture

Le PMI et la gestion de projet

Les 9 domaines de connaissance



Étapes préliminaires au projet

1. Choisir le projet à implanter
2. Choisir le gestionnaire de projet
3. Choisir l'équipe de travail
4. Concevoir et planifier les étapes du projet
5. Gérer les ressources
6. Décider du moment de la fin du projet

Le cycle de vie d'un projet

- ❑ Conceptualisation : Choisir le projet à implanter et analyse de faisabilité,
- ❑ Planification, Phase de planification c'est super important, mieux vaut planifier tout au début, planifier les risques, que faire ça en rush et de se rendre compte qu'il y a une vingtaine d'activités qu'on a pas pensé
- ❑ Exécution,
- ❑ Terminaison.

Étapes	Conceptualisation (définition et analyse de faisabilité)	Planification	Exécution	Livraison (terminaison)
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Choix du projet ▪ Budget & personnel ▪ Analyse coût / benef. ▪ Sécurité ▪ Décisions gouvernementales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Choix du gestionnaire ▪ Choix et formation des équipes ▪ Échéanciers, etc 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestion & contrôle des ressources du projet (personnels, équipements, budget, informations, actions correctives, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relocalisation (personnel, équipements, matériels, etc.)
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spécifications, faisabilité, ▪ tâches et responsabilités . 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ordonnancement, ▪ budgets, ▪ ressources, ▪ risques et affectation. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bilans systémiques et périodiques, ▪ modifications, ▪ Ajustements, et rapport qualité. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formation du client, transfert de la documentation, ▪ Libérer les ressources du projet, ▪ réaffectation des ressources & leçons.

Segmentation des activités d'un projet

Une tâche devrait durer entre 4-8h

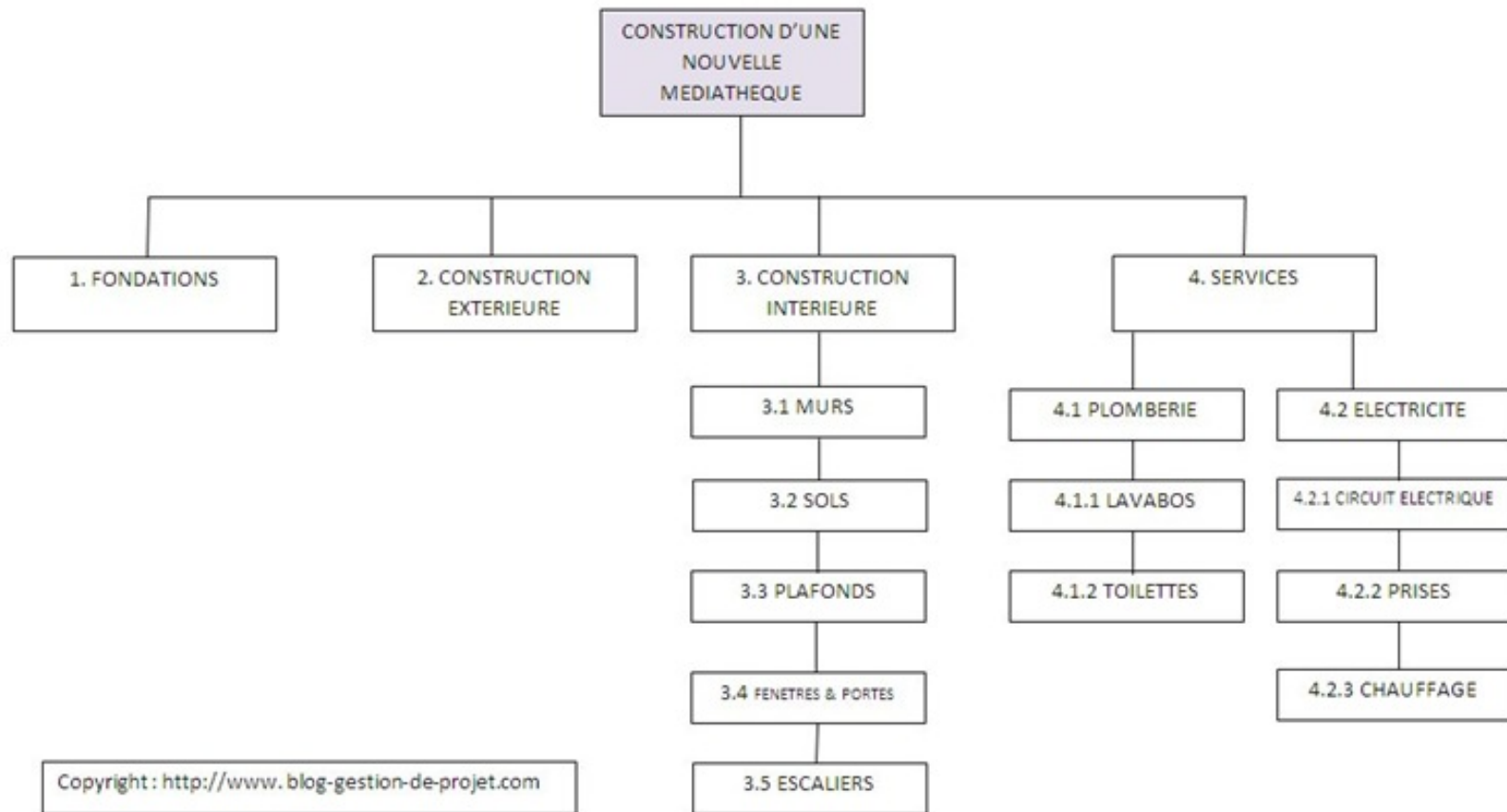
- Pour établir un projet, il est nécessaire de connaître les activités qui le composent
- La précision et les détails avec lesquels chaque activité sera décrite sont souvent difficiles à préciser
- La règle générale adoptée en gestion de projet:

Définir leurs activités à un niveau de détail suffisant pour faire apparaître l'individualité de chacune d'elles malgré leurs liens avec certaines autres et pour refléter l'homogénéité voulue dans l'utilisation des ressources.

Segmentation des activités d'un projet

- Une activité bien définie est une activité qui s'accomplit sans interruption et pour laquelle l'utilisation de chaque ressource est constante
- Un projet est constitué d'un ensemble d'activités et les gestionnaires de projet se doivent de segmenter le projet en différentes activités et donner des importances soit économiques, techniques ou temporel.
- Résultat: faire **l'organigramme des tâches ou SDP (structure du découpage du projet)** → on veut décomposer structurellement l'ensemble du projet en tâches ou en activités selon le principe hiérarchique à plusieurs niveaux.

SDP: exemple



L'ordre de succession des activités consiste à établir la séquence des activités

Cet ordre peut s'effectuer en établissant l'une ou plusieurs des relations suivantes:

Prédécesseurs immédiats: activités devant être absolument terminées avant que l'activité considérée (actuelle) puisse débuter.

Successeurs immédiats: activités pouvant commencer dès que l'activité considérée (actuelle) est terminée.

L'ordre de succession des activités consiste à établir la séquence des activités

Début-début: une activité ne peut débuter qu'au moment où une autre activité a elle-même débuté

Fin-Fin: une activité ne peut se terminer avant qu'un autre ne soit finie

Recoupement partiel: une activité peut commencer dès qu'un pourcentage fixé d'une autre activité est accompli

Attente: une activité ne peut débuter qu'un certain temps après la fin d'un autre

Détermination des durées, des ressources, des coûts directs et indirects

Durée:

- Valeur précise à partir d'expériences passées ou d'évaluations (CPM → Critical Path Method)
- Estimation probabiliste des durées (PERT → Program Evaluation and Review Technique), durée optimiste, pessimiste, réaliste

Ressources:

- Pour les ressources directes, on utilise des taux d'utilisation des ressources
- Pour les ressources indirectes, on utilise l'estimation du coût quotidien du déroulement du projet

Coûts directs et indirects:

- Données comptables internes pour les coûts standards d'utilisation des ressources, échelles de salaires, etc.
- Les coûts indirects incluent aussi les pénalités à payer pour le dépassement de la date fixée de fin de projet.

Planification des projets

1. Planification dans le temps:

Déroulement des activités dans le temps

- Activités, durées, relations de succession
- Date de début, de fin, au plus tôt, au plus tard, nombre de jours durant lesquels l'activité peut être repoussée sans affecter le projet (marge totale)
- Activités critiques

Planification des projets

2. Planification des ressources:

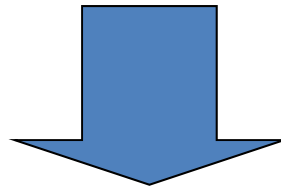
- Recherche d'un équilibre dans l'utilisation des ressources

3. Planification de coûts:

- Compilation de tous les coûts reliés au projet
- Détermination du coût total du projet selon les diverses durées possibles

Apport de l'informatique en gestion de projets

La gestion de projets nécessite la collecte, le traitement et la conservation d'une grande quantité de données



Il est donc nécessaire d'utiliser des logiciels pour simplifier grandement la tâche de la gestion tel que : MsProject, Primavera, SAP, etc.

Établissement d'un graphe du projet

Kelley et Walker (représentation vectorielle):

- Les activités sont représentées par les arcs du graphe et les évènements par les nœuds
- Cette méthode est souvent utilisé par les logiciels

Levy, Thompson et Wiest (représentation nodale):

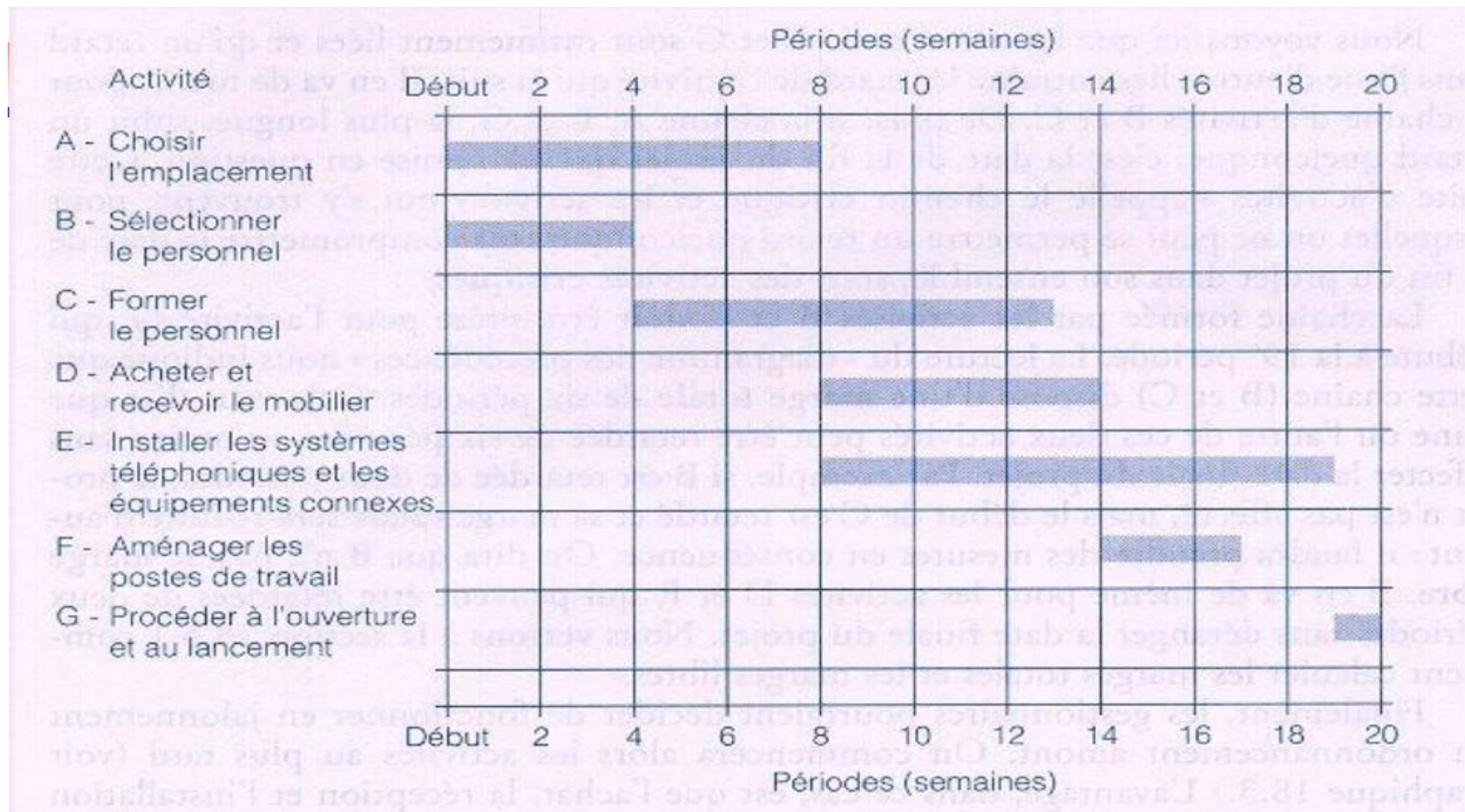
- Les activités sont représentées par les nœuds du graphe et les évènements par les arcs

Établissement du graphe du projet

Graphique de Gantt:

- Les activités sont représentées par une ligne distincte plus ou moins longue selon la durée de l'activité
- Devient peu pratique si le projet est complexe

Exemple: Graphique de Gantt



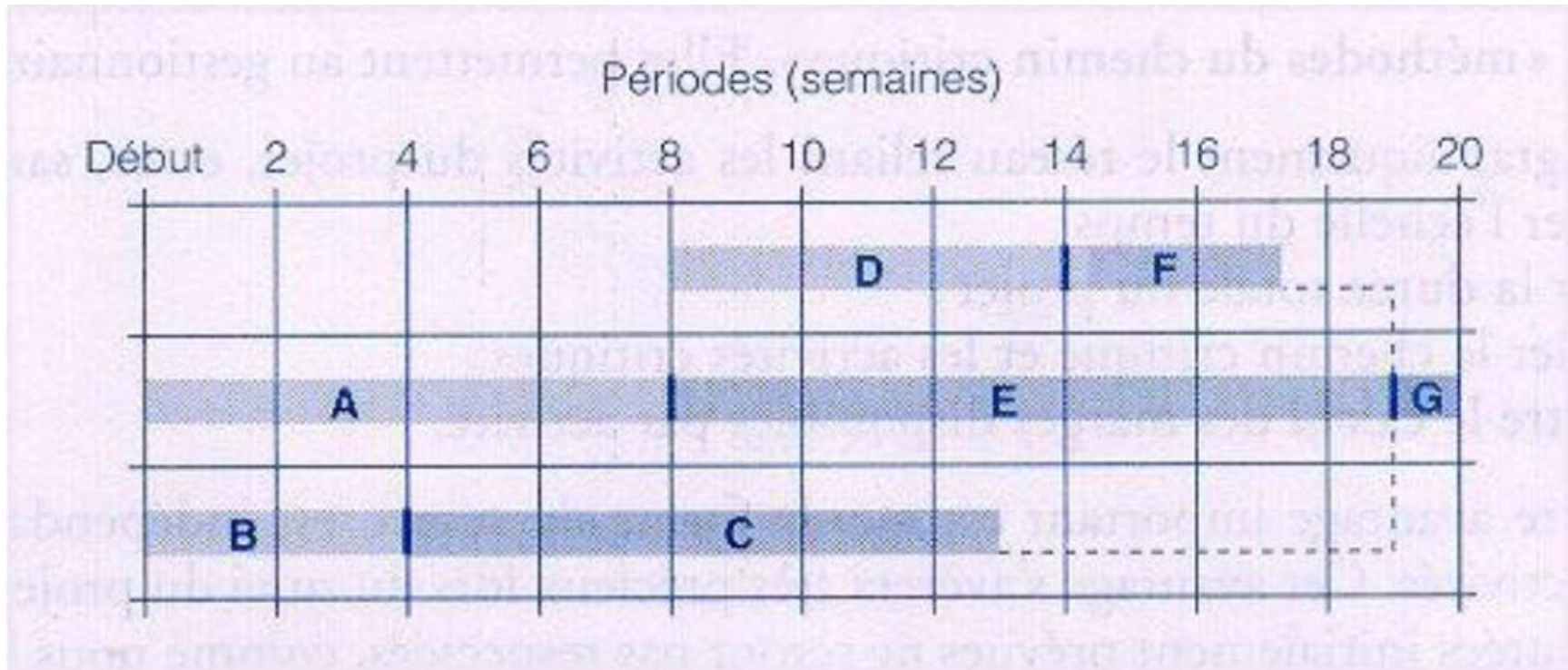
Aménagement d'une succursale bancaire

Établissement du graphe du projet

Diagramme des précédences ou antécédences:

- Découlement du graphique de Gantt
- Illustre les liens existant entre les activités
- Deux méthodes de présentations graphiques:
 - Ordonnancement aval
 - Ordonnancement amont

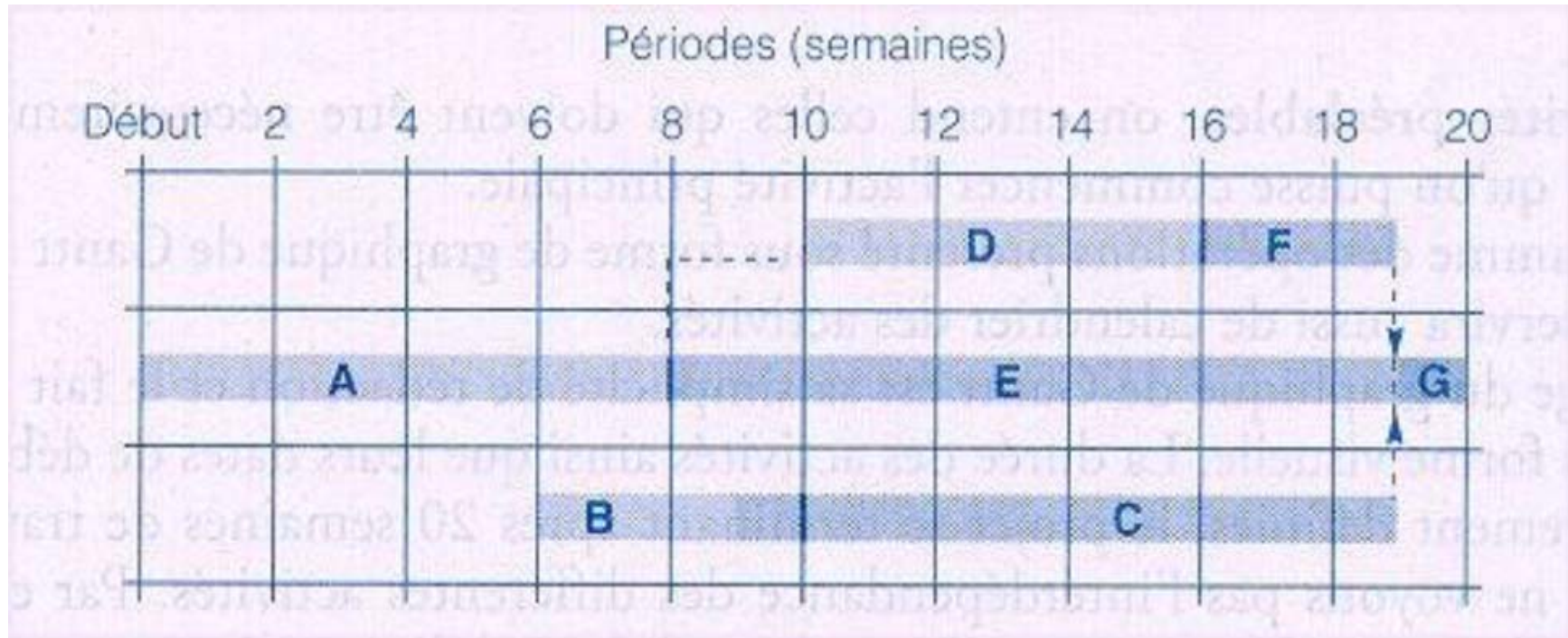
Exemple: Diagramme des précédences – Ord. aval



Aménagement d'une succursale bancaire :
ordonnancement aval

Les tâches vont être calés proche de la remise, on commence plus tard. On termine à pile poil.
C'est comme une remise de TP qu'on se prends dernière minute

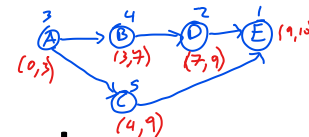
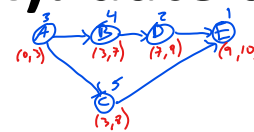
Exemple: Diagramme des précédences – Ord. amont



Aménagement d'une succursale bancaire :
ordonnancement amont

Définitions

- **Début hâtif d'une activité (DH):** date au plus tôt du début d'une activité
- **Début tardif d'une activité (DT):** date au plus tard du début d'une activité
- **Fin hâtive d'une activité (FH):** date au plus tôt de la fin d'une activité
- **Fin tardive d'une activité (FT):** date au plus tard de la fin d'une activité



ABDE sont pareils de DH et DT, ils n'ont pas de marge de manœuvre contrairement à C, qui en possède 1. Donc ABDE c'est le chemin critique
 A-B-D-E = 10 (chemin critique)
 A-C-E = 9

Définitions

- **Marge totale d'une activité (MT):** rallongement possible de la durée d'une activité sans retarder la fin du projet

$$MT_i = DT_i - DH_i \text{ ou } FT_i - FH_i$$

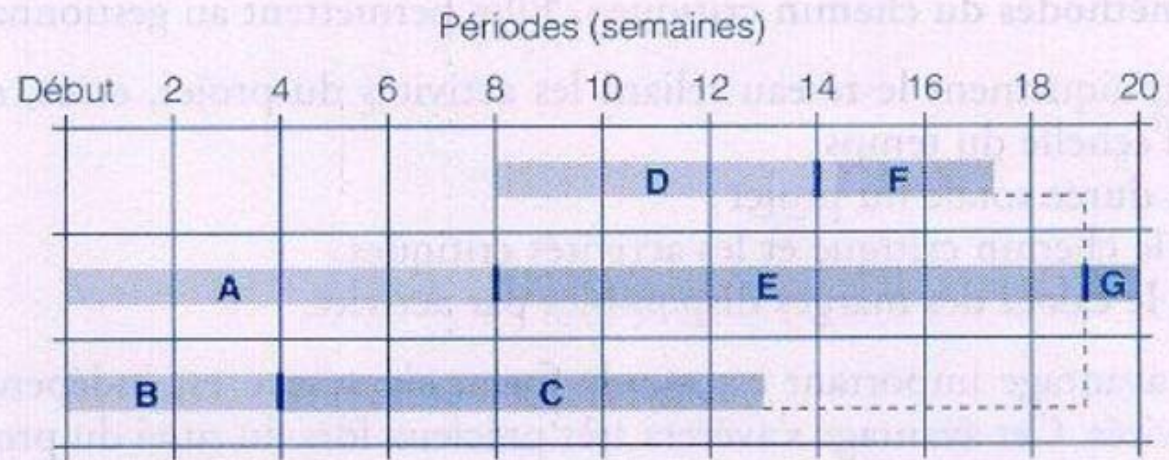
- **Marge libre d'une activité (ML):** rallongement possible de la durée d'une activité sans retarder le début d'une des activités qui la suivent immédiatement

$$ML_i = MT_i - \min \{MT_{\text{successeurs immédiats de } i}\}$$

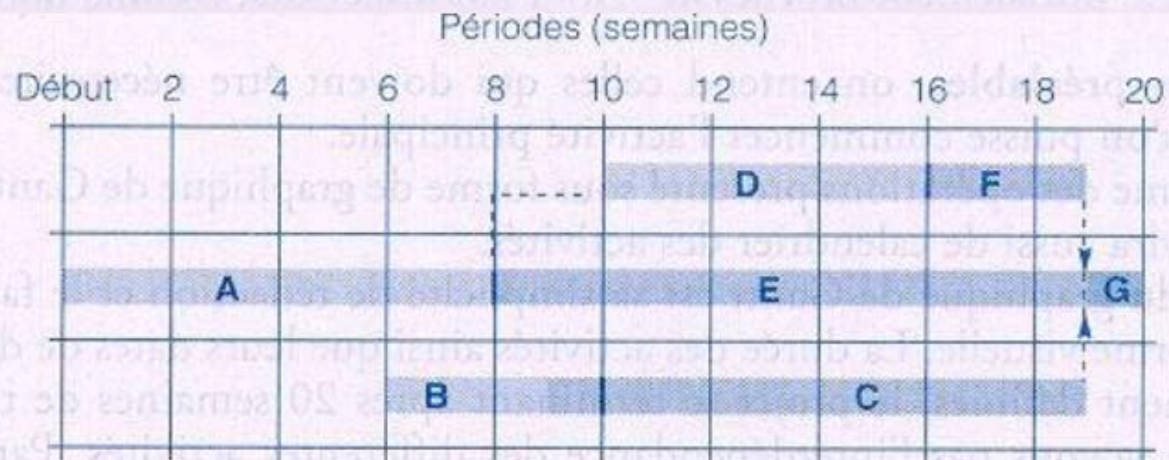
$$ML_i \leq MT_i$$

Exercice: Débuts, fins et les marges totales et libres

**ordonnancement
aval**



**ordonnancement
amont**



Planification des ressources

- S'il y a conflit entre plusieurs activités pour l'utilisation d'une même ressource, on donne préférence aux activités critiques, ayant;
 - La durée la plus faible
 - Le + grand taux d'utilisation des ressources
 - La marge libre la + faible
 - Le + grand nombre de successeurs
- On peut allonger la durée d'une activité pour étaler l'utilisation des ressources sur une plus grande période

Planification des coûts

Elle permet de calculer la durée optimale d'un projet lorsque la durée de certaines activités peut être diminuée, à la condition de subir un accroissement des coûts directs reliés aux activités ainsi raccourcies

Par exemple, il peut être nécessaire d'ajouter du personnel certains jours si on veut terminer le projet plus rapidement.

Réseau CPM (critical path method)

Temps à calculer pour chaque activité:

1- DH: début hâtif de l'activité

2- DT: début tardif de l'activité

3- FH: fin hâtive de l'activité

4- FT: fin tardive de l'activité

5- ML: marge libre de l'activité

6- MT: marge totale de l'activité

Chemin critiques et durée du projet

Un chemin critique est un ensemble d'activités allant du début à la fin du projet; chacune de ces activités présentant une marge totale de valeur nulle.

- La durée du projet est le chemin le plus long entre la première activité et la dernière.
- Ce chemin est appelé chemin critique.

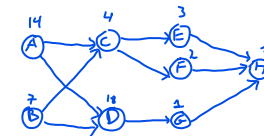
Dans l'exemple d'aménagement d'une succursale bancaire, les activités A, E et G se trouvent sur le chemin critique.

****Important de noter qu'il peut y avoir plus d'un chemin critique****

Exemple 1

Activité	Durée(jours)	Prédécesseurs	Durée minimum	Diminution maximale
A	14	-----	10	4
B	7	-----	4	3
C	4	A et B	3	1
D	18	A et B	14	4
E	3	C	3	-----
F	2	C	2	-----
G	1	D	1	-----
H	2	E, F et G	1	1

- a) Calculez la durée du projet en déterminant le graphe de préséance et le chemin critique.



Chemins menant à H:

- A - D - G - H = 35
- B - D - G - H = 28
- D - C - E - H = 16
- B - C - F - H = 13
- A - C - F - H = 22
- A - C - E - H = 23

chemin critique, car le + long

EXAMEN!!!

Ne pas oublier de tout calculer les chemins s'ils dépassent l'objectif!

Ne pas juste faire le chemin critique

Exemple 1

Activités compressibles	Coût par jour de diminution	Diminution maximale
A	200	4
B	120	3
C	310	1
D	240	4
H	880	1

b) On désire comprimer les échéanciers en réduisant de 5 jours la durée totale du projet et ce, au coût minimum. À partir des informations du tableau, déterminez la façon de procéder.

On commence par le moins cher qui est dans notre chemin critique

1. On diminue A de 4 jours au coût de $200 \times 4 = 800\$$

--> A-D-G-H = 31

2. On diminue D de 1 jour au coût de $240 \times 1 = 240\$$

--> A-D-G-H = 30 jours (parfait on l'a atteint le 30, on répond aux objectifs)

Coût total de diminution = $800 + 240 = 1040\$$

IND5200 - Organisation Industrielle -

Catherine Laroche et Anis Berrada

35

Dès qu'on diminue le chemin critique, on n'a pas besoin de se soucier des autres chemins. Par contre, il faut recalculer tous les chemins qui restent supérieurs à notre objectif! (si on a d'autres chemins à 31 par ex, il faut les recalculer)

Chemin critiques et durée du projet

Dans l'exemple, le chemin critique est donc: A-D-G-H

Compression des échéanciers:

Puisque le chemin critique est le chemin le plus long, il faut toujours raccourcir la durée des activités qui sont sur un ou plusieurs chemins critiques.

Exemple 1

Chemin critique	Diminution possible	Coût / jour
A	4	200
D	4	240
G	-	-
H	1	880

Le moins dispendieux est de raccourcir l'activité A de 4 jours à 200 \$ par jour

Exemple 1

On obtient un nouveau réseau. Voici la situation nouvelle.

Chemin critique	Diminution possible	Coût / jour
A	-	-
D	4	240
G	-	-
H	1	880

Le moins coûteux est de raccourcir l'activité D de 1 jour à 240\$ par jour

On a donc raccourci le projet de 5 jours tel que demandé avec un coût additionnel de 1040\$

Exemple 2

Activité	Durée(jours)	Prédécesseurs	Durée minimum	Diminution maximale
A	6	-----	4	2
B	10	A	9	1
C	8	A	7	1
D	12	B	10	2
E	10	B	7	3
F	14	C	12	2
G	7	D	5	2
H	9	E et F	6	3
I	6	G et H	5	1

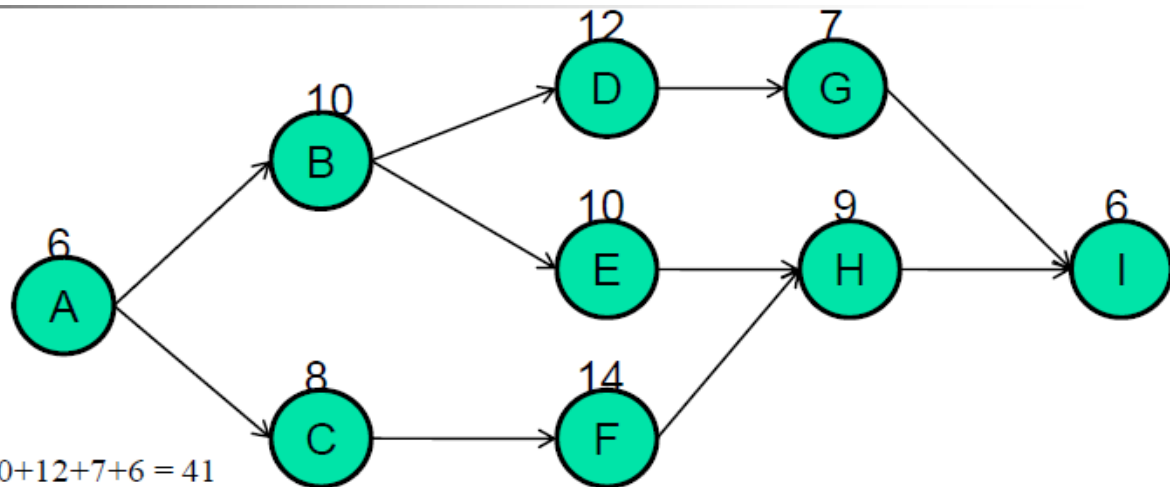
a) Déterminez la durée du projet

Exemple 2

b) Déterminez comment réduire la durée du projet de 5 jours si les coûts de diminution par jours sont les suivants

Activités compressibles	Coût par jour de diminution
A	6000
B	11000
C	10000
D	1000
E	1000
F	2500
G	1500
H	2000
I	2000

Exemple 2 - Réponse



a) Les chemins possibles :

- ☐ ABDGI => longueur : $6+10+12+7+6 = 41$
- ☐ ABEHI => longueur : $6+10+10+9+6 = 41$
- ☐ ACFHI => longueur : $6+8+14+9+6 = 43$

Donc le plus long chemin : ACFHI qui vaut 43

b) Rappelons que notre objectif est d'arriver à une durée de 38 jours.

- ☐ On diminue I de 1 jour au coût de $1 \times 2000\$ = 2000\$$
- ☐ On diminue H de 3 jours au coût de $3 \times 2000\$ = 6000\$$
 - ☐ ABDGI => longueur : 40
 - ☐ ABEHI => longueur : 37
 - ☐ ACFHI => longueur : 39

Là on aura deux chemins supérieurs à 38 jours : ABDGI et ACFHI 40;39

- ☐ On diminue D de 2 jours au coût de $2 \times 1000\$ = 2000\$$
- ☐ On diminue F de 1 jour au coût de $1 \times 2500\$ = 2500\$$

Ainsi le projet est réduit de 5 jours au coût min de : 12500\$

La méthode PERT

Il est souvent impossible de déterminer avec certitude la durée d'une activité.

La méthode PERT permet de tenir compte de la dimension incertitude en considérant la durée de chaque activité comme une variable aléatoire.

Hypothèses

1. On suppose qu'il est possible d'évaluer les durées suivantes:

t_o = durée si tout se passait exceptionnellement bien
pour l'activité (estimation optimiste)

t_p = durée si on rencontrait des difficultés en cours
d'activité (estimation pessimiste)

t_n = durée la plus probable de l'activité

À noter:

$$t_o = a \quad t_p = m \quad t_n = b$$

Hypothèses

2. La durée d'une activité suit une loi Bêta:

Cette distribution a de belles propriétés: les calculs de la moyenne et de la variance sont simples, elle colle à la réalité et elle est définie sur un intervalle $\{t_o, t_p\}$ fini.

Durée moyenne t $E(t) = (t_o + 4t_n + t_p) / 6$

Variance de la durée moyenne $\sigma^2 = (t_p - t_o)^2 / 36$

Exemple 4

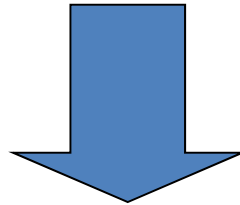
Nom	Activités	Prédécesseurs immédiats	Durée (jours)
A	Regrouper l'équipe de travail	-	10
B	Stockage du gaz pour la période de construction	-	28
C	Arpentage du vieux pipeline	A	2
D	Établir la liste des matériaux nécessaires	C	1
E	Ériger l'échafaudage	D	2
F	Obtenir la tuyauterie	D	30
G	Obtenir les soupapes	D	35
H	Vérifier la qualité des soupapes	G	10
I	Fermer le vieux pipeline	B,D	1
J	Enlever la vieille tuyauterie	E,I	6
K	Préparation de la nouvelle tuyauterie	F	5
L	Poser la nouvelle tuyauterie	J,K	6
M	Installation des soupapes	I,E,H	1
N	Soudage	L	2
O	Test de pression	M,N	1

Exemple 4

Activité	t_o	t_n	t_p	t	σ^2
A	7	10	13	10	1
B	24	26	40	28	7.1
C	1	2	3	2	0.11
D	0.5	1	1.5	1	0.03
E	1	1.5	5	2	0.44
F	16	26	60	30	54
G	24	33	54	35	25
H	3	11	13	10	2.8
I	1	1	1	1	0
J	4	4	16	6	4
K	2	4	12	5	2.8
L	3	5	13	6	2.8
M	0.5	1	1.5	1	0.03
N	1	1	7	2	1
O	0.5	1	1.5	1	0.03

Durée totale

La durée totale d'une séquence d'activités est la somme des durées moyennes de chacune des activités de la séquence



C'est la somme de variables aléatoire de la distribution Bêta

Théorème central limite

La loi des grands nombres dit que la somme de plusieurs variables aléatoires ($n > 30$) de même distribution est une variable aléatoire de loi normale.

Nous allons utiliser cette loi car en pratique, les projets ont souvent plus de 30 activités.

Durée de la séquence

Soit d la durée moyenne d'une séquence d'activités et σ^2 la variance de cette durée moyenne, alors la durée de la séquence d'activités suit une loi $N(d, \sigma^2)$ où

$$d = t_1 + t_2 + \dots + t_n$$

$$\sigma^2 = t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2$$

Chemin critique et PERT

Avec la méthode PERT, le chemin critique sera le chemin de plus grande durée moyenne.

Les calculs pour déterminer le chemin le plus long se feront de la même façon qu'avec la méthode CPM mais en se servant de $E(t)$ au lieu de la durée exacte d'une activité.

Exemple 4

Dans notre exemple, le chemin critique se trouve pour la séquence

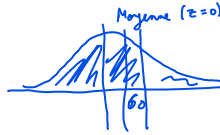
A-C-D-G-H-M-O

$$d_s = 10+2+1+35+10+1+1 = 60$$

$$\sigma_{ds}^2 = 1+0.11+0.03+25+2.8+0.03+0.03 = 29$$

Donc la durée totale de projet (chemin A-C-D-G-H-M-O) suit une loi **N (60 , 29)**.

1) $P(x \leq 72)$
= $P[(z = 72 - 60) / (\text{racine carré de } 29)]$



Exemple 4 - Probabilité d'achever le projet en une durée déterminée

Soit d la durée du chemin critique du projet dans l'exemple 4 i.e.
A-C-D-G-H-M-O

On sait que $d \sim N(60, 29)$

Rappel: Si $d \sim N(d, \sigma^2)$ alors on peut définir la variable z tel que :

$$z = (d_{\text{des}} - d) / \sigma \sim N(0, 1)$$

z est la variable normalisée.

dd_{es} = date de *completion* désirée

Exemple 4

Calculer les probabilités suivantes:

1. Quelle est la probabilité de finir le projet dans au plus 72 jours ?

$$\begin{aligned} &= P(x \leq 72) \\ &= P(z = 72-60 / \text{racine de } 29) \\ &= 98,71\% \end{aligned}$$

2. Quelle est la probabilité de finir le projet dans plus de 55 jours ?

$$\begin{aligned} P(X > 55) &= 1 - P(x \leq 55) \\ &= 1 - P(z = 55-60 / \text{racine de } 29) \\ &= 1 - (1 - 0.3238) \\ &= 32.38\% \end{aligned}$$

3. $P(Y1 < X < Y2)$
 $= P(x \leq Y2) - P(x \leq Y1)$

Prochaine Séance

- Prochaine séance: lire Chapitre 4, 6, 11 et 18

Exercices à faire:

Chapitre 17 (p.680): Problèmes avec solution 1 et 3

Chapitre 17 (p.685): Problèmes 1, 2, 4, 5 et 17

Références

- Notes IND5200 – Javad Sadr
- Stevenson – Benedetti