

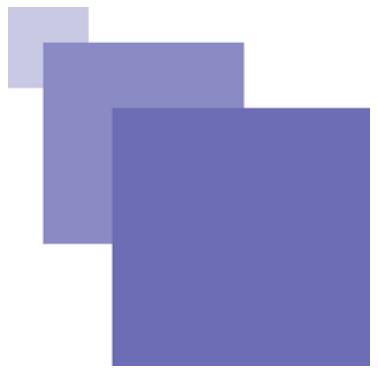
# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>I - Gestion de projet - partie 2</b>	<b>7</b>
A. Recueillir et structurer les informations.....	7
1. Objectifs.....	7
2. Recueillir et structurer les Informations.....	7
3. Exemple.....	10
4. Application.....	11
5. Exercice.....	12
B. Réaliser le diagramme PERT.....	13
1. Objectifs.....	13
2. Réaliser le diagramme de PERT.....	13
3. exemple.....	23
4. Application.....	32
5. Exercices.....	33
C. Calcul des dates et calcul des marges.....	34
1. Objectifs.....	34
2. Calcul des dates et calcul des marges.....	34
3. Exemple.....	50
4. Application.....	54
5. Exercices.....	57
D. Contrainte, chevauchement, attente entre 2 tâches, jalons.....	58
1. Contraintes, chevauchement, attente entre 2 tâches, jalons.....	58
E. Calcul Probabiliste.....	66
1. Principes du pert probabiliste.....	66
2. Incertitudes sur la durée de chaque tâche.....	67
3. Durée du chemin critique.....	68
4. Exemple.....	68
5. Corrigé de l'exemple.....	69
6. Exercice rédactionnel.....	72
F. Diagramme de Gantt.....	72
1. Objectifs.....	72
2. Le diagramme de Gantt.....	73
3. Exemple.....	74
4. Application.....	76
5. Exercices.....	76
G. Lissage des ressources.....	78
1. Lissage des ressources.....	78
2. Exemple.....	80
3. Exercice rédactionnel.....	82
H. Logiciel de gestion de projets.....	82
1. Différentes fonctions dans un logiciel de gestion de projet.....	82
2. Etapes de création d'un projet.....	83

3. Autres vues.....	89
I. Exercice rédactionnel.....	92

## **Solution des exercices rédactionnels 95**

# Introduction





# Gestion de projet

## - partie 2

Recueillir et structurer les informations	7
Réaliser le diagramme PERT	13
Calcul des dates et calcul des marges	35
Contrainte, chevauchement, attente entre 2 tâches, jalons	61
Calcul Probabiliste	69
Diagramme de Gantt	75
Lissage des ressources	81
Logiciel de gestion de projets	88
Exercice rédactionnel	100

### A. Recueillir et structurer les informations

#### 1. Objectifs

- Déterminer la liste et l'organigramme des tâches.
- Définir les lots de travaux.
- Déterminer les ressources associées aux tâches.
- Déterminer les antériorités des tâches.

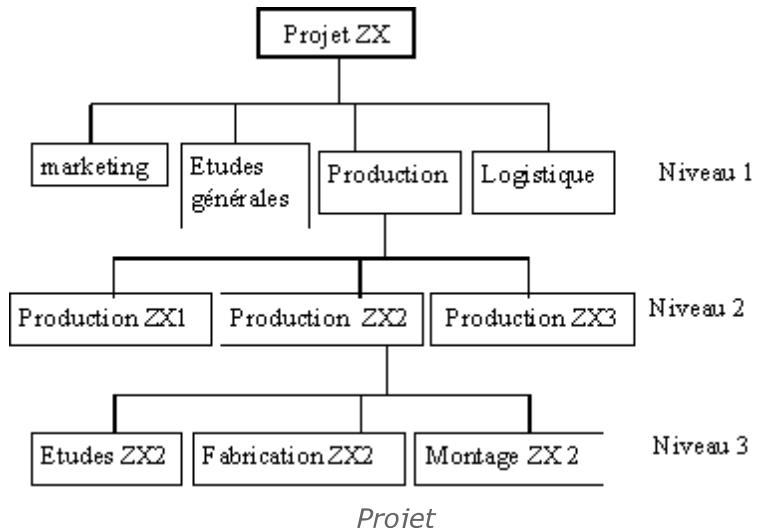
#### 2. Recueillir et structurer les Informations

##### a) Cours : Déterminer les ressources associées aux tâches

###### *L'organigramme des tâches*

Avant la réalisation du Planning d'un projet, il est nécessaire de définir complètement le contenu d'un projet.

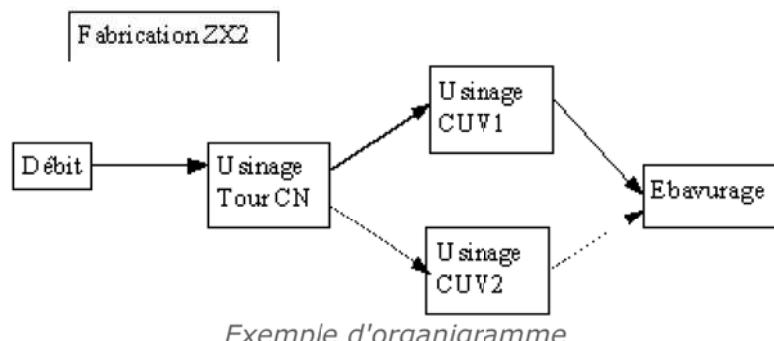
Pour faciliter cette définition nous allons décomposer le projet en sous-ensembles qui seront plus faciles à gérer et les présenter sous forme d'organigrammes(organigrammes des tâches :OT, ou Work Breakdown Structure:WBS).



Le dernier niveau (niveau 3) correspond aux lots de travaux, il est possible de descendre l'arborescence jusqu'aux tâches élémentaires mais cela alourdirait inutilement le schéma.



*Exemple : La fabrication ZX2 peut se décomposer en tâches élémentaires.*



*Exemple d'organigramme*

Le niveau 0 englobe l'ensemble du projet, puis l'on descend l'arborescence suivant des critères différents.

Dans l'exemple ci-dessus on s'intéresse à la nature de l'activité (fabrication , études, marketing.....) mais il existe d'autres possibilités de construction :

- Par fonction (issue de l'analyse fonctionnelle utilisée lors de la conception de nouveaux produits).
- Géographique .
- Par métier (maçonnerie, électricité, peinture ...).
- Par produit .

### Durée des tâches

On doit obligatoirement déterminer la durée de chaque tâche. Chaque tâche nécessite pour être réalisée des ressources (hommes,machines...) , de la quantité de ces ressources va dépendre la durée de la tâche .



*Exemple*

Supposons que pour réaliser une tâche de terrassement on ait besoin d'une quantité de travail de 200 hommes.heures, si l'on dispose de 4 ouvriers (ressources) pour réaliser cette tâche.

La durée sera alors de : durée= 200 hommes.heures / 4 hommes =50 heures.



## Antériorités des tâches

Certaines tâches ne peuvent commencer que lorsque d'autres sont terminées.

Aussi lorsque l'on recueille des informations il faut définir les antériorités de la tâche, c'est à dire les tâches qui doivent se réaliser avant.

Il peut arriver que certaines tâches ne débutent pas précisément à la fin des tâches qui leur sont antérieures.

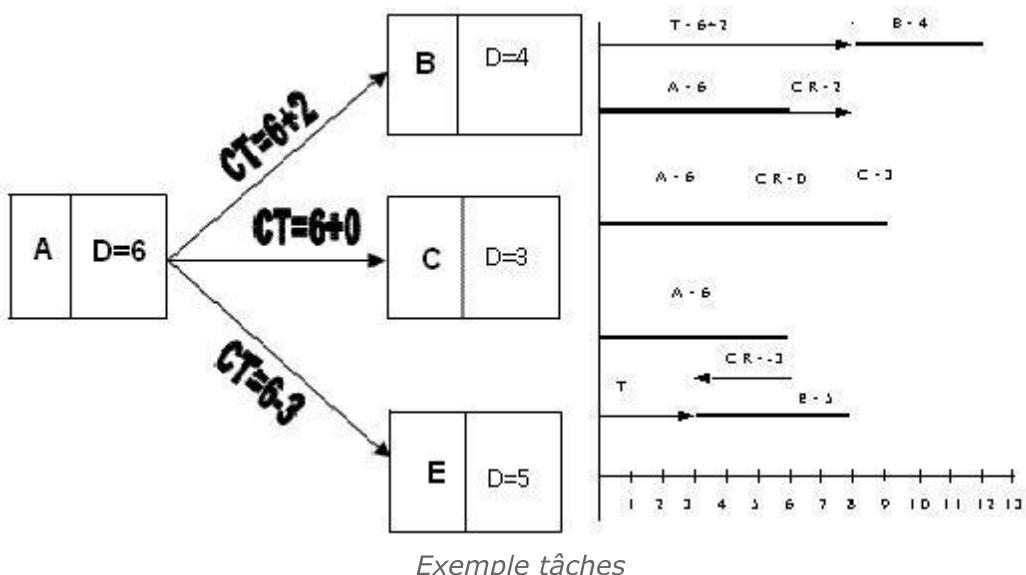


### Exemple

On ne peut pas commencer la peinture avant d'avoir fini les plâtres. Il est aussi possible de chevaucher les tâches et plusieurs types de chevauchements sont possibles. Par exemple lors de l'usinage et du contrôle d'un lot de 20 pièces on peut commencer le contrôle sur les premières pièces usinées sans attendre la fin de l'usinage des 20 pièces.

Soit une tâche A antérieure à trois tâches B, C, E .

- Dans le premier cas entre A et B il existe une contrainte relative CR de 2 jours, avant de pouvoir débuter A.
- Dans le deuxième cas la contrainte relative est nulle, la tâche C débute aussitôt la fin de la tâche A
- Dans le troisième cas la contrainte relative est négative, la tâche E débute trois jours avant la fin de la tâche A



### Logique de chevauchement

Le troisième cas représente une logique de chevauchement du type fin début car il existe une contrainte entre la fin de la tâche antérieure( A) et le début de la tâche postérieure ( E).

Mais il existe d'autres logiques de chevauchement :

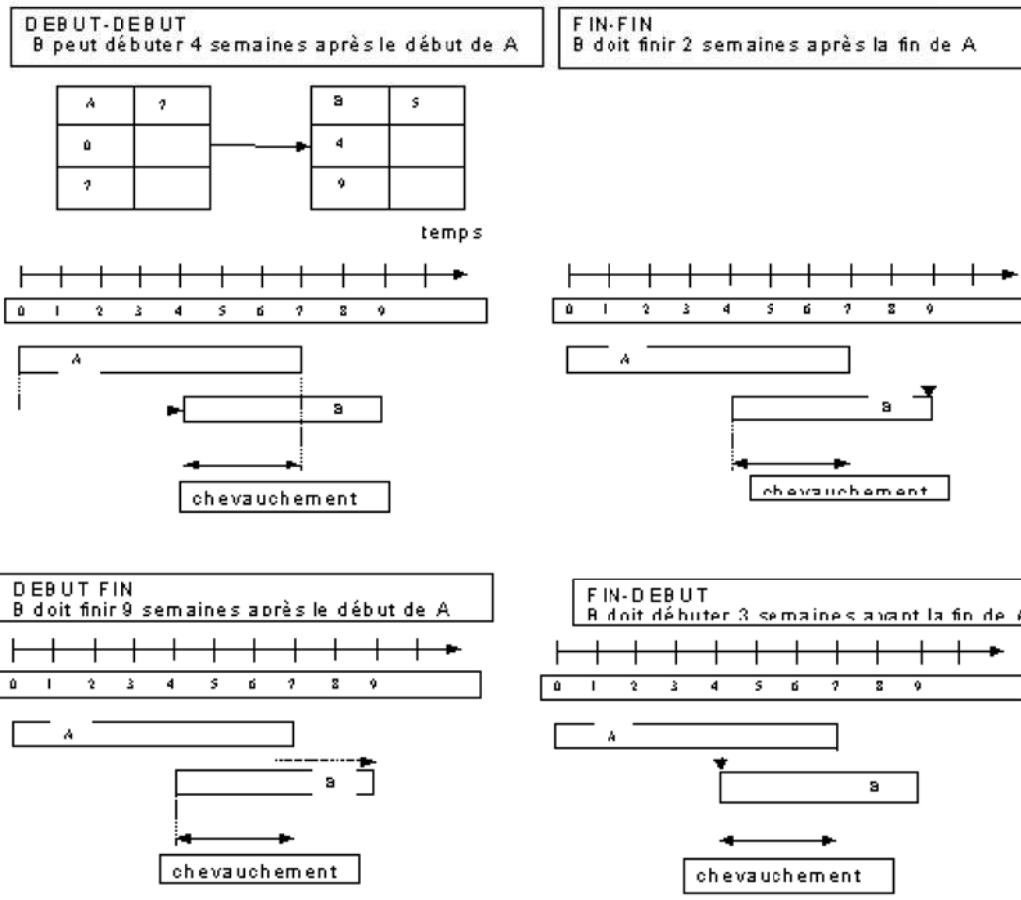
Celles qui lient le début de la tâche antérieure et le début de la tâche postérieure : Début -Début.

Celles qui lient le début de la tâche antérieure et la fin de la tâche postérieure : Début Fin.

Celles qui lient la fin de la tâche antérieure et la fin de la tâche postérieure : Fin-Fin.



### Exemple : Exemples de logiques de chevauchement



Exemples de logiques de chevauchement

### 3. Exemple

#### a) Exemple

L'exemple qui est traité en parallèle est celui d'un événement (fête, commémoration etc...)

Après avoir recueilli les informations concernant le projet "événement" vous devez obtenir un tableau de ce type. La première chose à réaliser est d'établir la liste des tâches, dans un tableau en indiquant les tâches antérieures aux autres.

Lettre	Nom taches	durée(jours)	Taches antérieures	ressources
A	Définition du budget	4		5
B	Selection thème,date, lieu	3	A	5
C	Embauche traiteur	3	B	5
D	Annonce interne	3	B	8
E	Annonce de presse	4	D	2
F	Selection menu	2	C	2
G	Location des équipements	4	C. E	3
H	Embauche personnel	4	G	4
I	Préparatifs	5	G	4
J	Evènement	1	I. H. F.	10

Tableau 1 Tableau



## 4. Application

### a) Recueillir et structurer les Informations

#### *Réalisation*

Préalablement à l'établissement d'un planning il est nécessaire de recenser l'ensemble des tâches à réaliser dans le projet, leur durée ainsi que l'enchaînement de ces tâches.



#### *Simulateur*

Pour ce faire, vous allez être mis en situation.

Vous allez prendre les fonctions de directeur de projet pour le nouveau produit de l'entreprise.

Vous devez dans un premier temps découvrir les différents secteurs (marketing, fabrication, bureau d'études) de l'entreprise et recueillir des informations sur les différentes tâches du projet.

#### b) Les différents secteurs

##### *Marketing*

La première des tâches à réaliser est l'étude de marché, sa durée est estimée à 2 jours. Nous mettrons en place la politique publicitaire pendant 3 jours, elle peut commencer aussitôt que l'avant-projet est terminé.

Pour estimer les coûts (durée probable : 2 jours) nous devrons attendre que l'étude de faisabilité soit terminée.

Dès que la réalisation des prototypes est terminée nous pourrons les présenter aux clients, nous avons estimé que cette présentation durerait 3 jours.

La détermination du prix du produit se fera lorsque seront terminées l'étude de marché et la définition de la politique publicitaire, 4 jours seront nécessaires.

L'évaluation du chiffre d'affaires suivra tout naturellement l'évaluation du prix du produit cela prendra 2 jours...

La dernière tâche que nous aurons à réaliser est le rapport de synthèse (2 jours) avant le lancement de la série, pour cela il faudra que soient terminées :

- l'estimation des coûts
- la présentation des prototypes aux clients
- l'évaluation du chiffre d'affaires.

Après la réalisation du prototype nous pourrons le présenter au client (durée estimée environ 3 jours).

Aussitôt l'étude de marché et la politique publicitaire terminées nous pourrons nous atteler à la détermination du prix du produit (4 jours).

Le prix du produit déterminé on peut évaluer le chiffre d'affaires, cette tâche est estimée à 2 jours.

La dernière tâche attribuée au service marketing est le rapport de synthèse (2 jours), mais nous ne pourrons l'effectuer que lorsque l'estimation des coûts, la présentation des prototypes aux clients et l'évaluation du chiffre d'affaires seront terminées....

##### *Fabrication*

Ici nous devons réaliser les prototypes, la durée de cette tâche est estimée à 5 jours mais elle ne peut pas commencer avant que l'avant-projet du produit soit terminé.

### **Bureau d'études**

Ici nous devons tout d'abord réaliser l'avant projet du nouveau produit (environ 6 jours) aussitôt après nous pourrons réaliser l'étude de faisabilité qui devrait durer 3 jours

#### **c) Exercice rédactionnel**

Vous devez maintenant établir un tableau avec la liste des tâches, leur durée ainsi que leurs antériorités et les ressources associées.

Il est inutile de réaliser l'organigramme des tâches, il est réservé à de grands projets.

#### **d) Exercice rédactionnel**

Vous devez maintenant établir un tableau avec la liste des tâches, leur durée ainsi que leurs antériorités et les ressources associées.

Il est inutile de réaliser l'organigramme des tâches, il est réservé à de grands projets.

#### **e) Exercice rédactionnel**

Vous devez maintenant établir un tableau avec la liste des tâches, leur durée ainsi que leurs antériorités et les ressources associées.

Il est inutile de réaliser l'organigramme des tâches, il est réservé à de grands projets.

## **5. Exercice**

#### **a) Exercice rédactionnel**

Etablissez sous forme de tableau la liste des tâches, leur durée, leurs antériorités. (prévoir 1 heure)

Cas DUCRU SA Objet : préparation du Planning de mise en place de la production des sauces aillou.

La mise en place de la production d'aillou ne pose pas de problème particulier dans la mesure où les pots de conditionnement de ce nouveau produit restent dans la gamme des pots de notre fournisseur habituel (ou de modèles similaires proposés par la concurrence).

### **Question**

*[Solution n°1 p 95]*

Les éléments demandés sont les suivants :

D'après la direction commerciale, les études de choix du conditionnement (pot, étiquette, boite individuelle) devraient durer une dizaine de jours ouvrables et devraient pouvoir débuter aussitôt que le feu vert est donné pour cette opération.

Notre imprimeur, GUTEMB S.A., a été contacté et s'engage à fournir les étiquettes dans les 8 jours ouvrables suivant le dépôt des maquettes à l'imprimerie et les cartons d'emballage individuels, 5 jours ouvrables plus tard (du fait de la sous-traitance des opérations découpe par l'imprimeur).

L'opération d'étiquetage des pots devrait pouvoir s'effectuer en 3 jours pour disposer d'un stock de 6 000 pots, stock suffisant pour lancer en production une série permettant de satisfaire une demande de sauce aillou de 400 à 600 unités (suivant la contenance du conditionnement retenu).



L'approvisionnement des matières premières (extraits de parfum, alcool, ...) doit demander 10 jours ouvrables mais la livraison ne peut s'effectuer qu'une fois réaménagé le petit magasin (aile B) où seraient entreposés les liquides nécessaires à la fabrication d'aillou ainsi que les pots vides ou remplis.

L'approvisionnement des pots, si l'on table sur le choix d'un modèle courant et d'un approvisionnement chez BSNA , devrait s'effectuer dans les 6 jours ouvrables suivant notre commande téléphonique.

Le réaménagement de l'aile B consiste en :

Une réorganisation sur deux niveaux de l'aire de stockage des pots vides (livrés par palette sous film thermo-rétractable) , le mobilier industriel nécessaire pouvant être livré et monté en 5 jours ouvrables, si la commande est passée au moins dix jours avant.

Et en une amélioration de la sécurité du bâtiment (dans lequel aucun inflammable n'était entreposé jusqu'ici) qui n'interfère pas avec la réorganisation de l'aire de stockage ; à première vue, ces travaux pourraient être confiés à CLEENMAIN S.A., entreprise spécialisée dans la serrurerie industrielle qui demanderait 8 jours mais, compte tenu de ce qui s'est passé l'an dernier, il me semble raisonnable de tabler plutôt sur 12 jours ouvrables.

L'accroissement de la charge de travail consécutive à l'introduction d'aillou rend nécessaire l'embauche d'un P2 et d'un P1, ce qui conduit à un travail de prospection d'une quinzaine de jours. Toutefois l'étiquetage peut s'effectuer avec les effectifs actuels

Le remplissage de 6 000 pots (préalablement étiquetés ) est une opération qui demande 5 jours de travail et la mise des pots en boite individuelle demande un peu moins de 7 jours de travail mais peut débuter très peu de temps après le début du remplissage.

## B. Réaliser le diagramme PERT

### 1. Objectifs

Réaliser le diagramme PERT

Etablir les niveaux grâce à la matrice des antériorités

Tracer le PERT

### 2. Réaliser le diagramme de PERT

Il existe deux grandes familles de diagramme Pert, le Pert potentiel-étapes et le Pert potentiel tâches. La première (potentiel-étapes) est la plus ancienne, nous n'en présenterons que le principe car elle est moins souple et moins utilisée, par contre nous travaillerons surtout sur la deuxième (potentiel tâches).

Pour établir le diagramme Pert nous allons utiliser une méthode : la matrice des antériorités, celle-ci n'est pas obligatoire mais bien utile car elle permet de répartir les tâches en niveaux.

Cette répartition préfigure le Pert et facilite son élaboration.

Puis nous utiliserons une deuxième représentation : le graphe sagittal, il s'agit simplement de représenter le diagramme Pert sans les dates. Il représente le "squelette" du Pert et est bien pratique en phase d'élaboration du Pert.

### a) Cours : matrice des antériorités

Pour établir cette matrice nous allons créer un tableau à deux entrées identiques : la liste des tâches, suivie d'un tableau comportant des colonnes de niveaux.

		il faut avoir terminé										niveaux				
POUR FAIRE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	
	A															
	B					1										
	C															
	D															
	E															
	F				1	1										
	A															
	I															
	E															

Tableau 2 Tableau

L'entrée horizontale correspond aux tâches antérieures. Le remplissage de la matrice se fait de la façon suivante:

A l'aide de la liste des tâches et de leurs antériorités compléter ligne par ligne en plaçant des "1" dans les colonnes où les tâches sont antérieures .

Supposons que la tâche E soit antérieure à la tâche B nous allons donc placer un "1" à l'intersection de la ligne B et de la colonne E

Supposons que la tâche F soit directement postérieure à D et à E nous allons donc placer un "1" à l'intersection de la ligne F et de la colonne D et un "1" à l'intersection de la ligne F et de la colonne E.

Idem pour les autres lignes.

Avec une liste des tâches et de leur antériorités par exemple :

Pour faire	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Il faut avoir fait		E	E	A	A	D,E	B	G	J,C,H,F	A

Tableau 3 Tableau

cela donne

		il faut avoir terminé										niveaux				
POUR FAIRE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	
	A															
	B					1										
	C					1										
	D	1														
	E	1														
	F				1	1										
	G	1														
	H							1								
	I		1				1	1			1					
	J	1														

Tableau 4 Tableau

remarque : la tâche A n'ayant pas de tâches antérieures elle ne comporte pas de "1" sur sa ligne.

Nous allons réaliser un ensemble de deux étapes que nous allons répéter n fois, n étant le nombre de niveaux.



## b) Cours (suite)

### Première étape de l'ensemble

Reporter la somme par ligne des "1" dans la colonne de niveau i (i variant de 1 à n)

### Deuxième étape de l'ensemble

Déterminer quelles sont les tâches de niveau i : tout simplement ce sont les tâches pour lesquelles la somme trouvée précédemment est nulle.

Éliminer les "1" de chaque colonne de niveau i.

		il faut avoir terminé										niveaux				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
POUR FAIRE	A											0				
	B					1						1				
	C					1						1				
	D	1										1				
	E	1										1				
	F				1	1						2				
	G	1										1				
	H							1				2				
	I		1				1		1			1	4			
	J	1										1				

Tableau 5 Tableau

Nous avons réalisé la première étape ci-dessus en reportant la somme par ligne des "1" dans la colonne de niveau 1(i étant =1)

pour la deuxième

la tâche de niveau 1 est donc la tâche A car la somme des "1" de la ligne A est nulle.

Nous allons donc éliminer tous les 1 de la colonne A

		il faut avoir terminé										niveaux				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
POUR FAIRE	A											0				
	B					1						1				
	C					1						1				
	D	1										1				
	E	1										1				
	F				1	1						2				
	G	1										1				
	H					1		1				2				
	I		1			1	1					1	4			
	J	1										1				

Tableau 6 Tableau

ce qui donne le tableau ci-dessous :

		il faut avoir terminé										niveaux				
POUR FAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B					1						1				
	C					1						1				
	D											1				
	E											1				
	F				1	1						2				
	G	1										1				
	H					1	1					2				
	I		1			1		1				1	4			
	J											1				

Tableau 7 Tableau

Nous avons recommencé la première étape ci-dessous en prenant  $i = 2$  et en reportant la somme par ligne des "1" dans la colonne de niveau 2.

		il faut avoir terminé										niveaux				
POUR FAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B					1						1	1			
	C					1						1	1			
	D											1	0			
	E											1	0			
	F				1	1						2	2			
	G	1										1	1			
	H							1				2	1			
	I		1				1		1			1	4	4		
	J											1	0			

Tableau 8 Tableau

Pour la deuxième étape les tâches de niveau 2 sont donc les tâches D,E et J car la somme des "1" de leur ligne est nulle.

Nous allons donc éliminer tous les "1" des colonnes D,E et J.

		il faut avoir terminé										niveaux				
POUR FAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B					1						1	1			
	C					1						1	1			
	D											1	0			
	E											1	0			
	F				1	1						2	1			
	G	1										1	1			
	H							1				2	1			
	I		1				1	1				1	4	3		
	J											1	0			

Tableau 9 Tableau

ce qui donne :

		il faut avoir terminé										niveaux				
P O U R  F A I R E		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B											1	1			
	C											1	1			
	D											1	0			
	E											1	0			
	F											2	1			
	G	1										1	1			
	H							1				2	1			
	I		1				1	1				1	4	3		
	J											1	0			

Tableau 10 Tableau

En répétant ces deux étapes :

pour le niveau 3 on trouve B,C et F

pour le niveau 4 on trouve G

pour le niveau 5 on trouve H

pour le niveau 6 on trouve I

ce qui nous donne une table des niveaux :

niveaux	1	2	3	4	5	6
tâches	A	D.E.J	B.C.F	G	H	I

Tableau 11 Tableau

### c) Cours (suite)

3 Graphe sagittal

31 Pert potentiel-étapes

Nous allons établir le graphe sagittal pour le Pert potentiel étapes.

Dans cette méthode chaque tâche est représentée par un vecteur orienté dans le sens du déroulement du temps mais de longueur arbitraire.

Chaque vecteur part d'une étape pour arriver à une autre c'est une liaison entre deux tâches.

La succession de vecteurs constitue un chemin.

Remarque la numérotation des tâches est arbitraire.

Prenons l'exemple précédent pour lequel la répartition des tâches en niveaux est :

niveaux	1	2	3	4	5	6
tâches	A	D.E.J	B.C.F	G	H	I

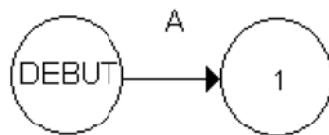
Tableau 12 Tableau

et la liste des tâches et de leurs antériorités :

Pour faire	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Il faut avoir fait		E	E	A	A	D,E	B	G	J,C,H,F	A

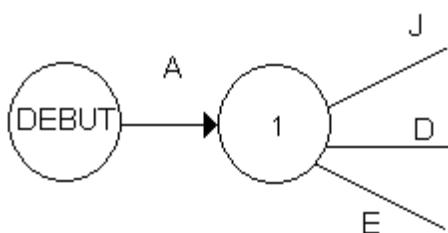
Tableau 13 Tableau

Nous allons débuter le graphe avec les tâches de premier niveau dans notre cas il s'agit de la tâche A :



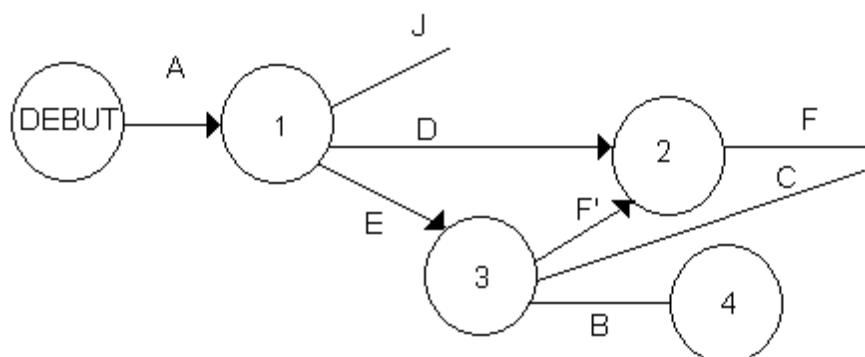
*Graphe*

Ensuite les tâches D,E, et J les tâches de deuxième niveau, elles ont toutes les trois la tâche A pour antécédent. Elles peuvent donc débuter en même temps cela se représente sur le graphe par des vecteurs en parallèle.



*Graphe*

Puis nous allons placer les tâches de troisième niveau B,C et F sachant que B et C ont pour antécédent E et que F a pour antécédent D et E.



*Graphe*



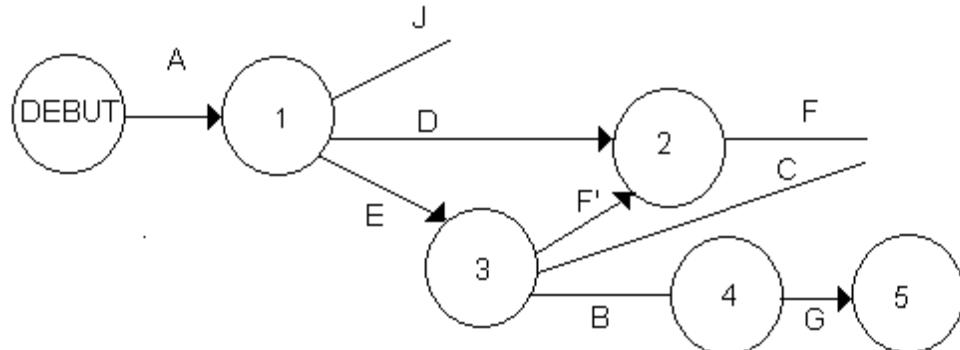
### Remarque

pour indiquer que F a pour antécédent D et E nous avons été obligés d'introduire une tâche fictive F' cette tâche est de durée nulle. Elle indique simplement que pour démarrer F il faut avoir fini D mais aussi E.

### d) Cours (suite)

#### Niveau 4

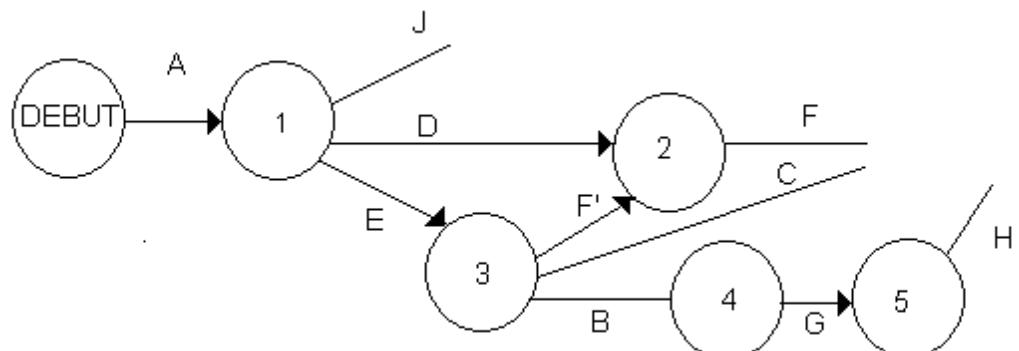
Nous avons simplement la tâche G qui a pour antécédent B.



Graphe

#### Niveau 5

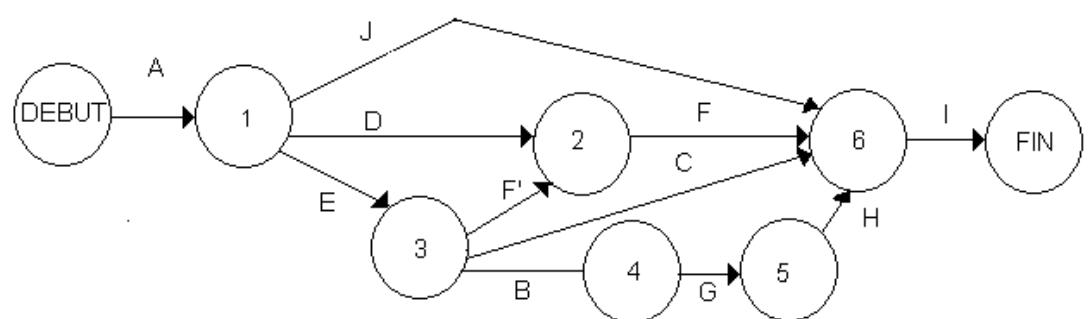
Nous avons simplement la tâche H qui a pour antécédent G.



Graphe

#### Niveau 6

Nous avons une seule tâche : I mais elle a quatre antécédents J,F,C et H.



Graphe

### e) Cours (suite)

3 graphe sagittal

32 Pert potentiel tâches

Nous allons établir le graphe sagittal pour le Pert potentiel tâches . Dans cette représentation les tâches sont représentées aux sommets (potentiels) du réseau.

Les vecteurs liant les sommets et toujours orientés dans le sens du défilement du temps représentent pour leur part les relations de dépendance existant entre les tâches.

Reprenons l'exemple précédent :

Pour faire	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Il faut avoir fait		E	E	A	A	D,E	B	G	J,C,H,F	A

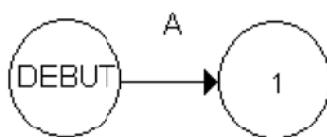
Tableau 14 Tableau

Nous pouvons conserver la répartition par niveaux établie grâce à la matrice des antériorités.

niveaux	1	2	3	4	5	6
tâches	A	D.E.J	B.C.F	G	H	I

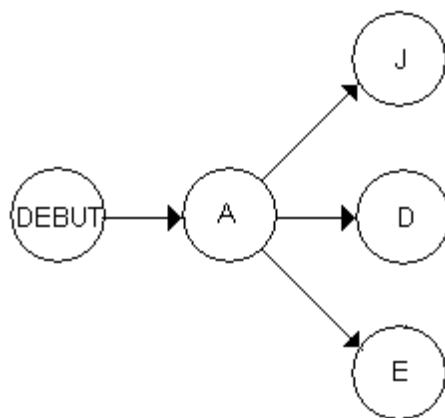
Tableau 15 Tableau

Nous débutons le graphe avec les tâches de premier niveau ici la tâche A.



Graphe

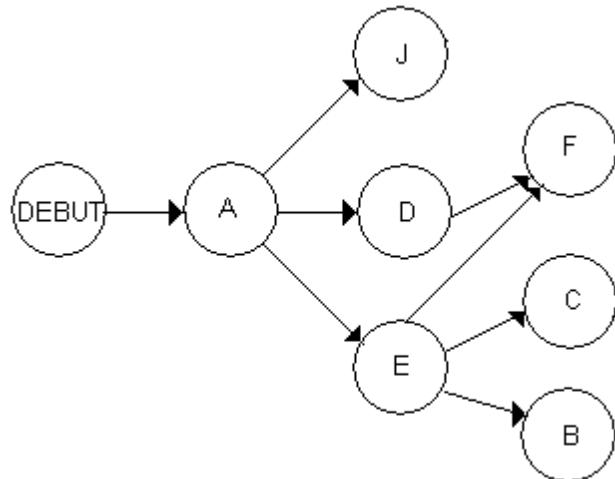
Les trois tâches D,E et J sont de niveau deux et ont pour antécédent la tâche A, elles vont donc débuter en parallèle juste après A.



Graphe



Les trois tâches B,C et F sont de niveau trois sachant que B et C ont pour antécédent E et que F a pour antécédent D et E.



Graphe

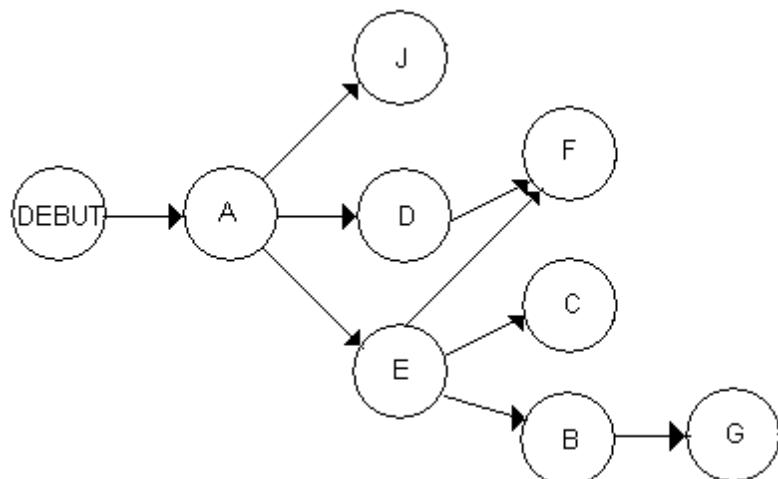
**Remarque**

Contrairement à la méthode précédente il n'est pas nécessaire d'introduire une tâche fictive.

f) Cours (suite)

**Niveau 4**

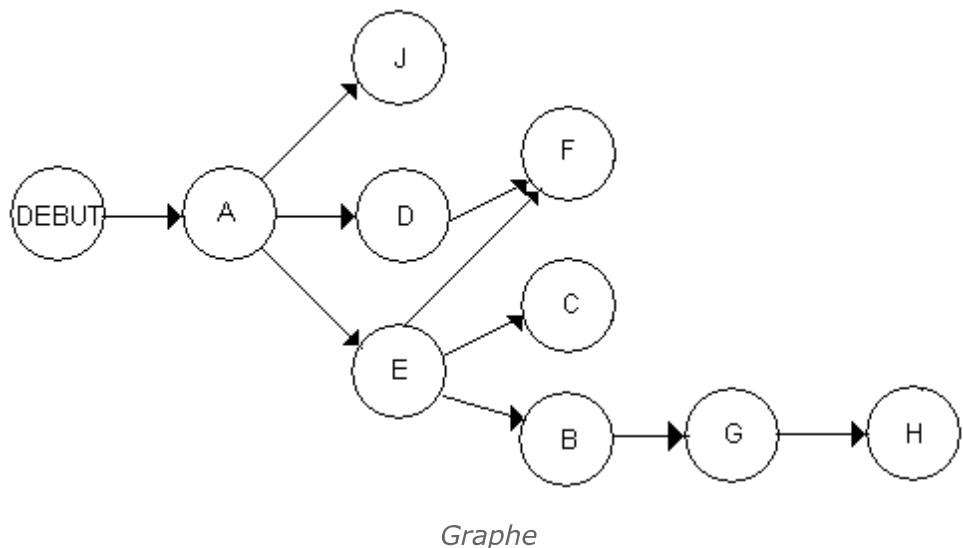
Nous avons simplement la tâche G qui a pour antécédent B.



Graphe

### Niveau 5

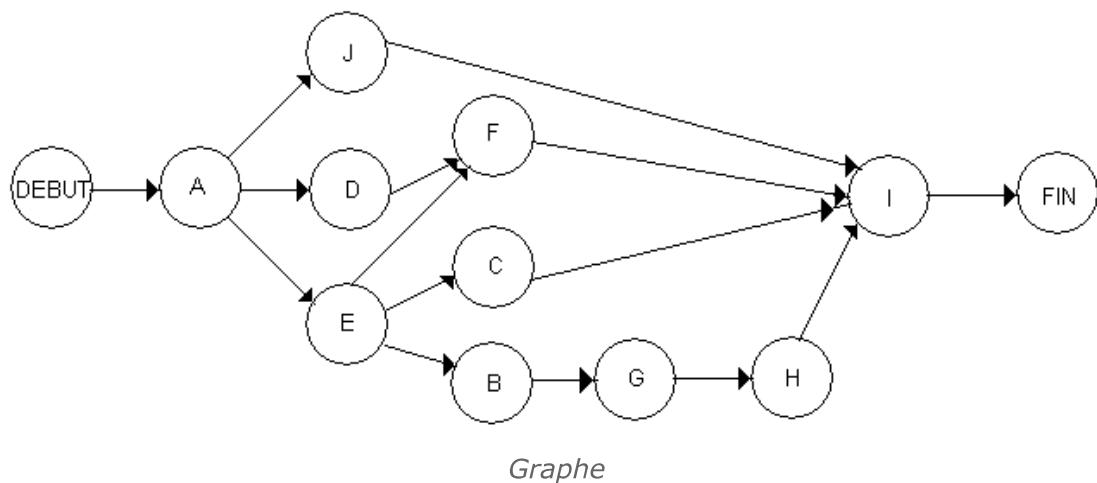
Nous avons simplement la tâche H qui a pour antécédent G.



Graphe

### Niveau 6

Nous avons une seule tâche : I mais elle a quatre antécédents J, F, C et H.



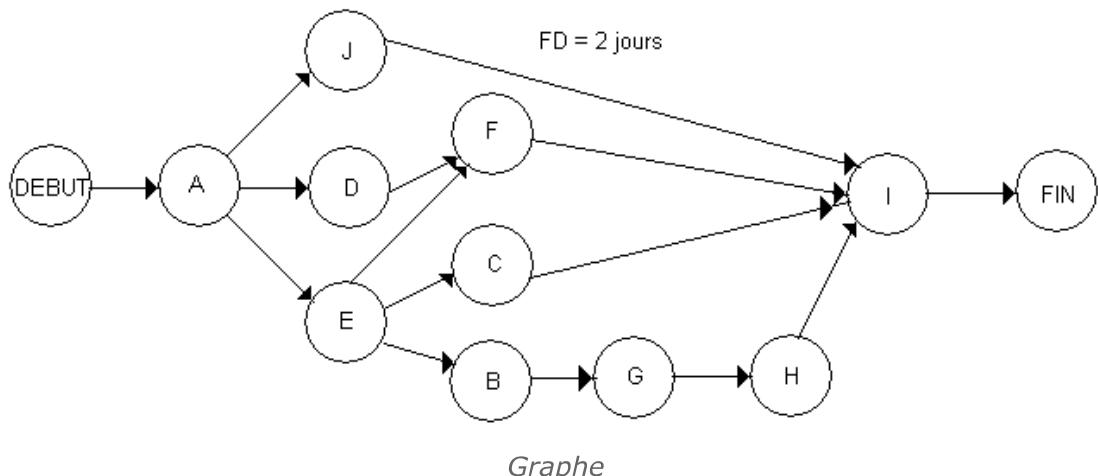
Graphe

#### Remarque

On peut noter sur ce graphe les contraintes qui peuvent exister entre deux tâches. Supposons que pour réaliser I il faut attendre deux jours après la fin de J, il s'agit d'une contrainte de type fin-début=2 entre la fin de J et le début de I.



On peut la représenter sur le graphe :



### 3. exemple

#### a) Exemple 1

L'exemple qui est traité en parallèle est celui d'un événement (fête, commémoration etc...)



#### Méthode

La première chose à réaliser est d'établir la liste des tâches, dans un tableau en indiquant les tâches antérieures aux autres.

Lettre	Nom taches	durée(jours)	Taches antérieures	ressources
A	Définition du budget	4		5
B	Sélection thème,date, lieu	3	A	5
C	Embauche traiteur	3	B	5
D	Annonce interne	3	B	8
E	Annonce de presse	4	D	2
F	Sélection menu	2	C	2
G	Location des équipements	4	C, E	3
H	Embauche personnel	4	G	4
I	Préparatifs	5	G	4
J	Evénement	1	I, H, F.	10

Tableau 16 Tableau

Ensuite il faut réaliser la matrice des antériorités afin de déterminer les niveaux et placer les tâches à l'intérieur de ceux-ci.

#### b) Etape 1

Compléter ligne par ligne en plaçant des "1" dans les colonnes où les tâches sont antérieures.

exemple ligne B : la tâche B a pour tâche antérieure la tâche A donc je place un "1" à l'intersection de la ligne B et de la colonne A.

Idem pour les autres lignes.

exemple ligne G : la tâche G a pour tâches antérieures les tâches C et E donc je place un "1" à l'intersection de la ligne G et de la colonne C et un autre "1" à l'intersection de la ligne G et de la colonne E.

		il faut avoir terminé										niveaux				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
POUR FAIRE	A															
	B	1														
	C		1													
	D		1													
	E				1											
	F					1										
	G						1									
	H								1							
	I									1						
	J										1	1				

Tableau 17 Tableau

c) Etape 2

J'effectue les sommes par ligne et je les reporte dans la colonne de niveau 1.  
Je repère les tâches où les sommes sont nulles, elles seront de niveau 1 dans ce cas, il s'agit de la tâche A

		il faut avoir terminé										niveaux				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
POUR FAIRE	A											1	0			
	B	1											1			
	C		1										1			
	D		1										1			
	E				1								1			
	F					1							1			
	G						1						2			
	H								1				1			
	I									1			1			
	J										1	1	3			

Tableau 18 Tableau

### d) Etape 3

J'élimine tous les "1" contenus dans les colonnes des tâches de premier niveau : ici tous les "1" de la colonne A.

		il faut avoir terminé										niveaux				
POURFAIRE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	
											0					
		1									1					
			1								1					
			1								1					
				1							1					
					1						1					
						1					2					
							1				1					
								1			1					
									1		3					
											A					

ce qui donne

		il faut avoir terminé										niveaux				
POURFAIRE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	
											0					
											1					
			1								1					
			1								1					
				1							1					
					1						1					
						1					2					
							1				1					
								1			1					
									1		3					
											A					

Tableau 19 Tableau

### e) Etape 4

J'effectue les sommes par ligne et je les reporte dans la colonne de niveau 2.

Je repère les tâches où les sommes sont nulles, elles seront de niveau 2 dans ce cas, il s'agit de la tâche B.

		il faut avoir terminé										niveaux				
POURFAIRE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	
											0					
											1	0				
			1								1	1				
			1								1	1				
				1							1	1				
					1						1	1				
						1					2	2				
							1				1	1				
								1			3	3				
											A	B				

Tableau 20 Tableau

### f) Etape 5

J'élimine tous les "1" contenus dans les colonnes des tâches de deuxième niveau : ici tous les "1" de la colonne B.

		il faut avoir terminé										niveaux				
POURFAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B											1	0			
	C	1										1	1			
	D	1										1	1			
	E			1								1	1			
	F		1									1	1			
	G		1		1							2	2			
	H					1						1	1			
	I						1					1	1			
	J						1		1	1		3	3			
												A	B			

ce qui donne

		il faut avoir terminé										niveaux				
POURFAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B											1	0			
	C											1	1			
	D											1	1			
	E			1								1	1			
	F		1									1	1			
	G		1		1							2	2			
	H					1						1	1			
	I						1					1	1			
	J						1		1	1		3	3			
												A	B			

Tableau 21 tableau

### g) Etape 6

J'effectue les sommes par ligne et je les reporte dans la colonne de niveau 3.  
Je repère les tâches où les sommes sont nulles, elles seront de niveau 3 dans ce cas, il s'agit des tâches Cet D.

		il faut avoir terminé										niveaux				
POURFAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B											1	0			
	C											1	1	0		
	D											1	1	0		
	E			1								1	1	1		
	F		1									1	1	1		
	G		1		1							2	2	2		
	H					1						1	1	1		
	I						1					1	1	1		
	J						1		1	1		3	3	3		
												A	B	C,D		

Tableau 22 Tableau

### h) Etape 7

J'élimine tous les "1" contenus dans les colonnes des tâches de deuxième niveau : ici tous les "1" des colonnes C et D.

		il faut avoir terminé										niveaux				
POUR FAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B											1	0			
	C											1	1	0		
	D											1	1	0		
	E				1							1	1	1		
	F		1									1	1	1		
	G	1			1							2	2	2		
	H						1					1	1	1		
	I							1				1	1	1		
	J								1	1	1	3	3	3		
												A	B	C,D		

ce qui donne

		il faut avoir terminé										niveaux				
POUR FAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B											1	0			
	C											1	1	0		
	D											1	1	0		
	E											1	1	1		
	F											1	1	1		
	G				1							2	2	2		
	H						1					1	1	1		
	I							1				1	1	1		
	J								1	1	1	3	3	3		
												A	B	C,D		

Tableau 23 Tableau

### i) Etape 8

J'effectue les sommes par ligne et je les reporte dans la colonne de niveau 4.

Je repère les tâches où les sommes sont nulles, elles seront de niveau 4, dans ce cas il s'agit des tâches E et F.

		il faut avoir terminé										niveaux						
POUR FAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	6	7
	A											0						
	B											1	0					
	C											1	1	0				
	D											1	1	0				
	E											1	1	1	0			
	F											1	1	1	0			
	G		1									2	2	2	1			
	H					1						1	1	1	1			
	I						1					1	1	1	1			
	J							1	1	1		3	3	3				
												A	B	C,D	E,F			

Tableau 24 Tableau

### j) Etape 9

J'élimine tous les "1" contenus dans les colonnes des tâches de deuxième niveau : ici tous les "1" des colonnes E et F.

		il faut avoir terminé										niveaux						
POURFAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	6	7
	A											0						
	B											1	0					
	C											1	1	0				
	D											1	1	0				
	E											1	1	1	0			
	F											1	1	1	0			
	G					1						2	2	2	1			
	H						1					1	1	1	1			
	I							1				1	1	1	1			
J						1			1	1		3	3	3	3			
												A	B	C,D	E,F			

ce qui donne

		il faut avoir terminé										niveaux						
POURFAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	6	7
	A											0						
	B											1	0					
	C											1	1	0				
	D											1	1	0				
	E											1	1	1	0			
	F											1	1	1	0			
	G											2	2	2	1			
	H						1					1	1	1	1			
	I							1				1	1	1	1			
J									1	1		3	3	3	3			
												A	B	C,D	E,F			

Tableau 25 Tableau

### k) Etape 10

J'effectue les sommes par ligne et je les reporte dans la colonne de niveau 5.

Je repère les tâches où les sommes sont nulles, elles seront de niveau 5 dans ce cas, il s'agit de la tâche G.

		il faut avoir terminé										niveaux						
POURFAIRE		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	6	7
	A											0						
	B											1	0					
	C											1	1	0				
	D											1	1	0				
	E											1	1	1	0			
	F											1	1	1	0			
	G											2	2	2	1	0		
	H					1						1	1	1	1	1		
	I						1					1	1	1	1	1		
J								1	1			3	3	3	3	2		
												A	B	C,D	E,F	G		

Tableau 26 Tableau

### I) Etape 11

J'élimine tous les "1" contenus dans les colonnes des tâches de deuxième niveau : ici tous les "1" de la colonne G.

	il faut avoir terminé										niveaux						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	6	7
POURFAIRE	A										0						
	B										1	0					
	C										1	1	0				
	D										1	1	0				
	E										1	1	1	0			
	F										1	1	1	0			
	G										2	2	2	1	0		
	H										1	1	1	1	1		
	I										1	1	1	1	1		
	J										3	3	3	3	2		
											A	B	C,D	E,F	G		

ce qui donne

	il faut avoir terminé										niveaux						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	6	7
POURFAIRE	A										0						
	B										1	0					
	C										1	1	0				
	D										1	1	0				
	E										1	1	1	0			
	F										1	1	1	0			
	G										2	2	2	1	0		
	H										1	1	1	1	1		
	I										1	1	1	1	1		
	J										3	3	3	3	2		
											A	B	C,D	E,F	G		

Tableau 27 Tableau

### m) Etape 12

J'effectue les sommes par ligne et je les reporte dans la colonne de niveau 6.

Je repère les tâches où les sommes sont nulles, elles seront de niveau 6 dans ce cas, il s'agit des tâches H et I.

	il faut avoir terminé										niveaux						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	6	7
POURFAIRE	A										0						
	B										1	0					
	C										1	1	0				
	D										1	1	0				
	E										1	1	1	0			
	F										1	1	1	0			
	G										2	2	2	1	0		
	H										1	1	1	1	1	0	
	I										1	1	1	1	1	0	
	J										3	3	3	3	2	2	0
											A	B	C,D	E,F	G	H,I	

on s'aperçoit qu'il reste une tâche de niveau 7: la tâche J

	il faut avoir terminé										niveaux						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	6	7
POURFAIRE	A										0						
	B										1	0					
	C										1	1	0				
	D										1	1	0				
	E										1	1	1	0			
	F										1	1	1	0			
	G										2	2	2	1	0		
	H										1	1	1	1	1	0	
	I										1	1	1	1	1	0	
	J										3	3	3	3	2	2	0
											A	B	C,D	E,F	G	H,I	J

Tableau 28 Tableau

### n) Exemple 2

#### Etape 1

La matrice des antériorités nous permet de classer les tâches par niveau.

		il faut avoir terminé										niveaux						
P O U R F A I R E	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5	6	7	
	A										0							
	B										1	0						
	C										1	1	0					
	D										1	1	0					
	E										1	1	1	0				
	F										1	1	1	0				
	G										2	2	2	1	0			
	H										1	1	1	1	1	0		
	I										1	1	1	1	1	0		
J											3	3	3	3	2	2	0	
											A	B	C,D	E,F	G	H,I	J	

Tableau 29 Tableau

Il est possible de résumer dans un tableau les résultats :

niveaux	1	2	3	4	5	6	7
s	A	B	C.D	E.F	G	H.I	J

Tableau 30 Tableau

En nous aidant de ce tableau et de la liste des tâches et de leurs antériorités, nous allons pouvoir établir le graphe sagittal.

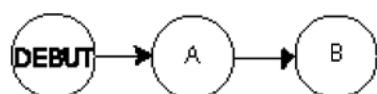
### o) Etape 2

La solution proposée n'est pas unique car il est possible de positionner les tâches de façon différente mais quelles que soient les positions des tâches.

Le graphe sagittal doit obligatoirement respecter les antériorités des tâches et rien qu'elles (il ne doit pas représenter des antériorités qui n'existent pas).

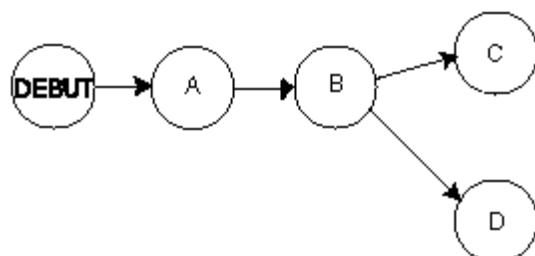
Un projet ayant un début et une fin, nous débutons le graphe par un début.

Puis en nous aidant du tableau des niveaux, on s'aperçoit que la tâche A est de premier niveau, elle débutera le projet suivie immédiatement de la tâche B qui est de niveau 2.



Graphe

Les tâches C et D sont des tâches de niveau trois et ont toutes deux la tâche B pour antécédent.

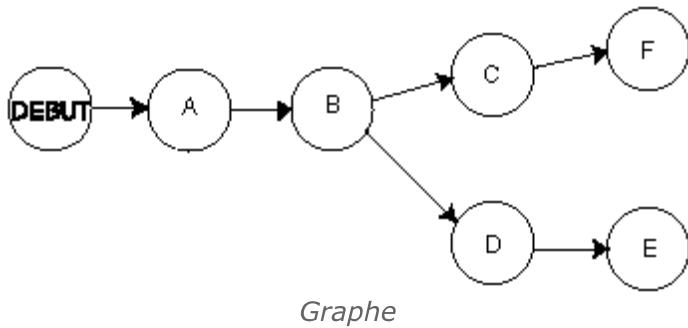


Graphe

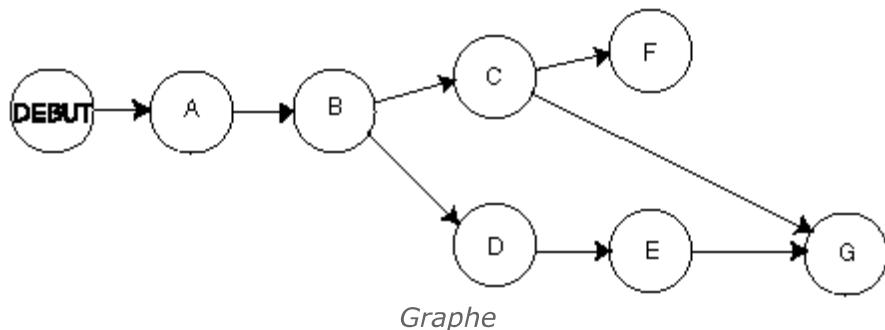


### p) Etape 2 (suite)

Les tâches F et E sont des tâches de niveau quatre, F a pour antécédent C et E a pour antécédent D.

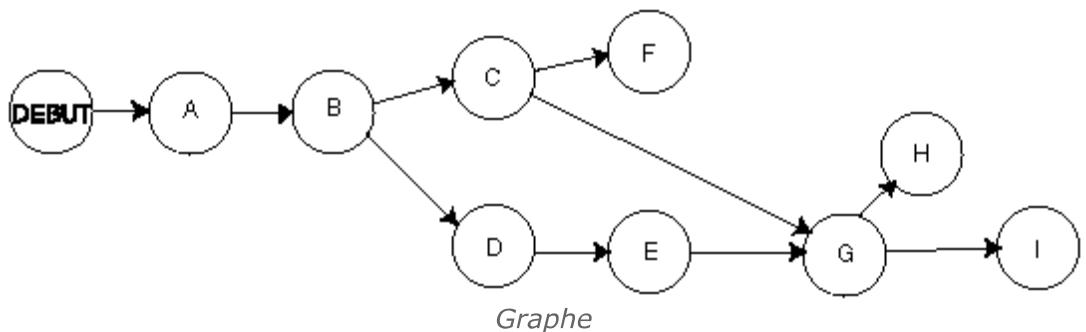


La seule tâche de niveau cinq est la tâche G, elle a deux antécédents C et E.

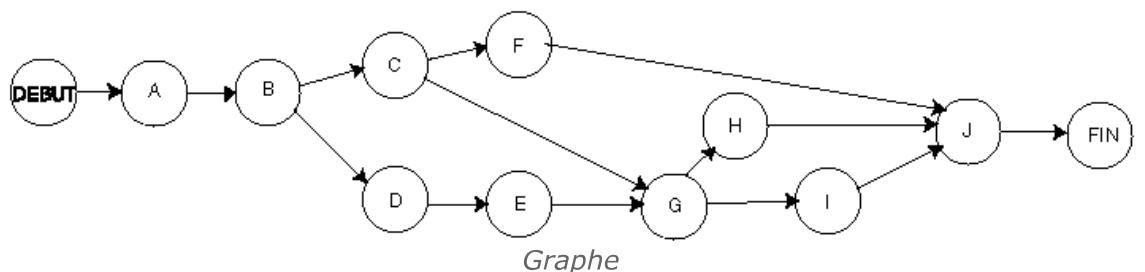


### q) Etape 2 (suite)

Les tâches H et I sont des tâches de niveau six, elles ont toutes deux pour antécédent G.



La tâche J est la dernière tâche, elle a pour antécédents F, H et I.



Voici donc un exemple d'établissement de graphe sagittal où l'on s'aperçoit que la définition des niveaux au préalable peut s'avérer une aide précieuse.

## 4. Application

### a) Réaliser le diagramme PERT

Préalablement à l'établissement d'un planning il est nécessaire de recenser l'ensemble des tâches à réaliser dans le projet, leur durée ainsi que l'enchaînement de ces tâches.

Ce travail a déjà été réalisé dans une leçon précédente.

Votre travail consiste à partir des informations sur les tâches à réaliser le diagramme Pert.

### b) Exercice rédactionnel

Introduction :

Afin de réaliser le Pert vous allez dans un premier temps établir la matrice des antériorités , elle permet d'ordonner les tâches dans des niveaux, cette étape n'est pas obligatoire mais elle facilite grandement l'établissement du PERT.

En vous aidant du tableau résumant l'ensemble des tâches et leurs antériorités, établissez la matrice des antériorités :

Lettre	Nom tâches	Durée en jours	tâches antérieures
A	Avant-projet	6	
B	Etude de marché	2	
C	Etude de faisabilité	3	A
D	Réalisation	5	A
E	Définition de la politique publicitaire	6	A
F	Estimation des coûts	2	C
G	Présentation des prototypes aux clients	3	D
H	Détermination du prix des produits	4	B,E
I	Evaluation du chiffre d'affaires	2	H
J	Rapport de synthèse avant le lancement de la série	2	F,G,I

Tableau 31 Tableau

Matrice des antériorités

pour toutes les tâches directement postérieures à A placer un "1" dans la colonne A et dans la ligne correspondant à ces tâches, puis faire de même avec les autres tâches,

cliquez sur le lien pour réaliser l'exercice.

### c) Exercice rédactionnel

tableau résumant l'ensemble des tâches et leurs antériorités

Lettre	Nom tâches	Durée en jours	tâches antérieures
A	Avant-projet	6	
B	Etude de marché	2	
C	Etude de faisabilité	3	A
D	Réalisation	5	A
E	Définition de la politique publicitaire	6	A
F	Estimation des coûts	2	C
G	Présentation des prototypes aux clients	3	D
H	Détermination du prix des produits	4	B,E
I	Evaluation du chiffre d'affaires	2	H
J	Rapport de synthèse avant le lancement de la série	2	F,G,I

Tableau 32 Tableau

Complétez cette matrice des antériorités en plaçant les tâches dans les différents niveaux,



### d) Exercice rédactionnel

Les répartitions des tâches par niveau préfigurent le diagramme PERT, elles sont résumées dans un tableau.

niveaux	1	2	3	4	5
tâches	A,B	C,D,E	F,G,H	I	J

Tableau 33 Tableau

En vous aidant de ce tableau et de celui des tâches et de leurs antériorités

Lettre	Nom taches	durée(jours)	Taches antérieures	ressources
A	Avant-projet	6		
B	Etude de marché	2		
C	Etude de faisabilité	3	A	
D	Réalisation	5	A	
E	Définition de la politique publicitaire	3	A	
F	Estimation des coûts	2	C	
G	présentation des prototypes au client	3	D	
H	Détermination du prix produit	4	B,E	
I	Evaluation du chiffre d'affaires	2	H	
J	Rapport de synthèse avant lancement de la série	2	F,G,I	

Tableau 34 Tableau

Vous avez à réaliser le graphe sagittal qui est le "squelette" du diagramme PERT. cliquez sur le lien pour réaliser l'exercice.

## 5. Exercices

### a) Exercice rédactionnel

L'entreprise Ordoméca met à l'étude le lancement d'une nouvelle gamme de produits.

Ce lancement nécessite la réalisation de tâches repérées par les lettres A à I et dont les caractéristiques sont les suivantes :

tâche	durée	Antécédent
A	5	D
B	2	G.H
C	5	B
D	4	
E	2	G.H
F	4	E.I
G	3	
H	2	D
I	6	A

Tableau 35 Tableau

### Question

[Solution n°2 p 96]

- 1 - Etablissez la matrice des antériorités et classez les tâches par niveaux.
- 2 - Réaliser le graphe sagittal potentiel-étapes.

### b) Exercice rédactionnel

La direction d'un hôpital décide de mettre en place un service de soins palliatifs.

Ce projet comporte 12 tâches distinctes repérées par une lettre.

L'effectif (personnel nécessaire à la réalisation de la tâche), la durée des tâches ainsi que les antériorités nécessaires sont indiquées ci-dessous.

Tâche	Durée (jours)	Effectif	Antécédents
A	3	5	
B	1	2	A
C	5	3	A
D	6	2	B
E	4	4	B
F	2	3	C.D.I
G	9	4	E.F
H	5	4	
I	8	4	H
J	2	2	H
K	3	2	I
L	7	4	J.K

Tableau 36 Exercice

#### Question

- 1 - Etablissez la matrice des antériorités et classez les tâches par niveaux.
- 2 - Réalisez le graphe sagittal potentiel tâches.

## C. Calcul des dates et calcul des marges

### 1. Objectifs

#### Calcul des dates et calcul des marges

- Calculer les dates au plus tôt, au plus tard
- Calculer les marges libres, les marges totales
- Déterminer le chemin critique

### 2. Calcul des dates et calcul des marges

#### a) Introduction

Il existe deux grandes familles de diagramme Pert, le Pert potentiel-étapes et le Pert potentiel tâches. La première (potentiel-étapes) est la plus ancienne, nous ne présenterons que le principe du calcul des dates car elle est moins utilisée, par contre nous travaillerons surtout sur la deuxième (potentiel tâches).



**Méthode : Il existe deux méthodes utilisant les potentiels tâches**

#### La méthode des potentiels.

Créée en 1958 par M.B. Roy, sous le nom de méthode MPM (Méthode des Potentiels Metra), elle utilise systématiquement des relations d'ordre initiales (Début- Début). Elle fait partie des méthodes dites "potentiel-tâches" où les Activités (tâches) sont représentées par les sommets et les relations d'ordre entre activités successives par des liaisons .



### La méthode des antécédents ou méthode PDM.

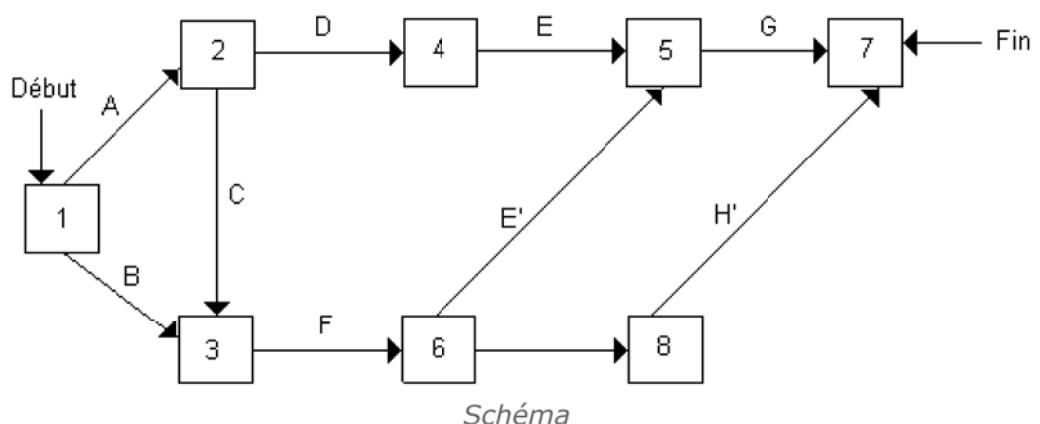
La méthode PDM (Precedence Diagram Method) a été créée ultérieurement pour compléter la méthode des potentiels. Elle prend en compte les liaisons Fin-Début, mais aussi Début-Début, Début-Fin, et Fin-Fin. L'expression du graphe utilise, comme pour la méthode des potentiels, des rectangles représentant des activités(tâches) et des flèches représentant les liaisons.

Bien qu'elle n'apporte pas d'évolution majeure nous utiliserons la méthode des antécédents car c'est la plus récente.

### b) PERT à potentiels étapes

Les données du projet sont transcris sous la forme d'un réseau ou graphe sur lequel apparaissent clairement les cheminements liant les tâches les unes aux autres.

Chaque tâche est représentée par un vecteur orienté dans le sens du déroulement du temps mais de longueur arbitraire. La succession de vecteurs constitue un chemin.



#### Remarque

La numérotation des tâches est arbitraire.

Sur la figure ci-dessus ,on peut noter que : Les tâches A et B sont en parallèle.

Elles peuvent débuter en même temps .Les tâches C et D ne peuvent commencer que si A est terminée.

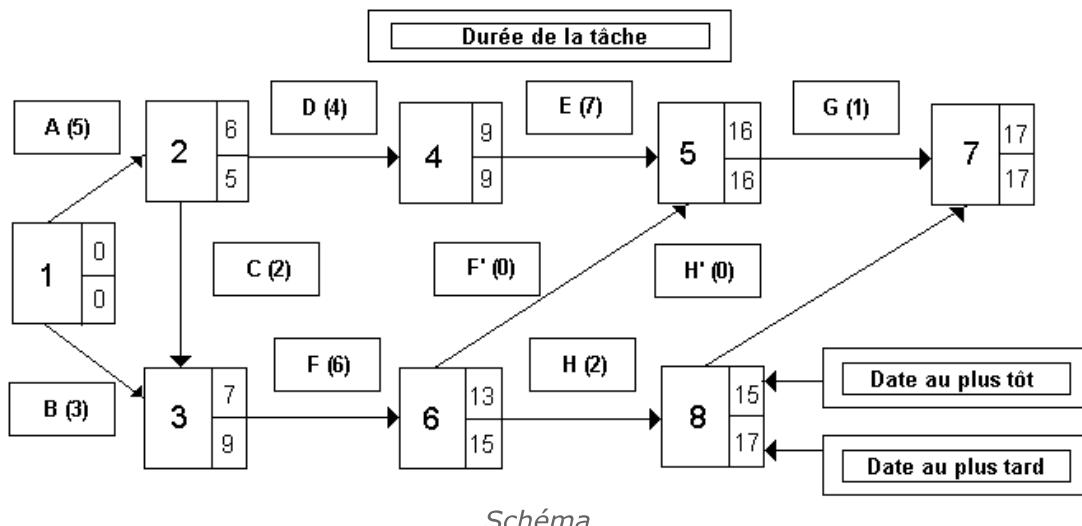
La tâche F' est une tâche fictive (c.à.d. ne demandant aucun temps) qui traduit le fait que F doit être terminée pour commencer G.

### c) Introduction des temps d'exécution

Données des temps (en jours )

A :5 ;B :3 ;C :2 ;D :4 ;E :7 ;F :6 ;F' :0 ;G :1 ;H :2 ;H' :0

Une étape représente à la fois, la fin des tâches qui lui sont directement antérieures et le début des tâches qui lui sont directement postérieures.



Schéma

L'étape 3 représente à la fois la fin des tâches B et C et le début de la tâche F. Généralement, les dates comptent à partir de la première étape qui possède une date nulle.

#### d) Durée de la tâche

##### Date au plus tôt

La date au plus tôt d'une étape quelconque est obtenue en calculant le temps le plus long nécessaire pour parvenir à cette étape.



##### Exemple

pour parvenir à l'étape 3 deux chemins sont possibles :

1 3 temps correspondant : 3 jours (la durée de l'étape B)

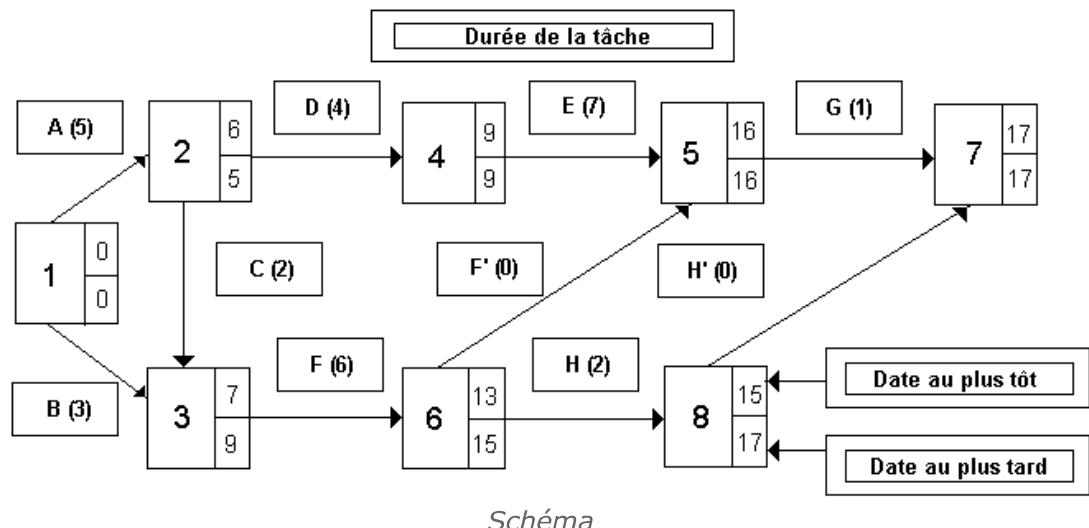
1 2 3 temps correspondant :  $5+2=7$  jours (la durée de l'étape A et de l'étape C)

La date au plus tôt de l'étape 3 est donc le temps le plus long : 7 jours.

##### Date au plus tard

La date au plus tard est obtenue en partant de la dernière étape, en retranchant de la date au plus tôt de cette étape le temps correspondant au chemin le plus long pour remonter jusqu'à l'étape considérée. (la date obtenue doit donc être la plus petite)

Exemple : calcul du temps au plus tard de l'étape 6.



Deux chemins sont possibles

7 5 6 temps correspondant  $1+0=1$  jour (temps de la tâche G et de la tâche F')

7 8 6 temps correspondant  $0+2=2$  jours (temps de la tâche H'et de la tâche H)

la date au plus tard est donc de  $17 - 2 = 15$  jours

ce qui correspond à la date la plus petite

### e) Remarque

La différence entre la date au plus tard et la date au plus tôt porte le nom de flottement ou marge.

Sur le chemin le plus long n'apparaît évidemment aucun flottement.

Il est nécessaire de respecter chaque date de ce chemin pour être certain d'arriver à la dernière étape à la date prévue.

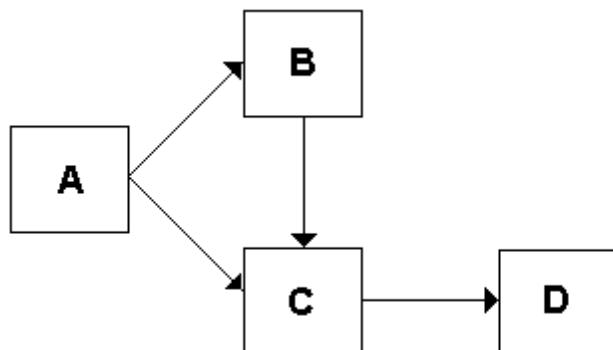
Chaque chemin de cette nature ,donc non réductible, s'appelle LE CHEMIN CRITIQUE. Il fera l'objet d'une attention particulière, en effet chaque retard pris sur l'une des étapes du chemin critique retardera d'autant la fin de projet.

### f) PERT à potentiels tâches

Cette méthode étant plus souple et plus utilisée que la précédente nous n'utiliserons plus que celle-ci.

Les sommets du réseau ne représentent plus les étapes mais les tâches.

Les vecteurs liant les sommets et toujours orientés dans le sens de défilement du temps, représentent pour leur part, les relations de dépendance existant entre les différentes tâches.



*Schéma*

Sur l'exemple ci-dessus, on remarque que la tâche B conditionne le début de la tâche C qui est aussi conditionnée par la tâche A.

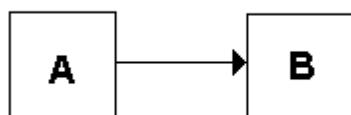
### g) Introduction du temps

Chaque tâche comporte deux éléments importants : son début d'exécution et sa fin d'exécution.

A chaque sommet, c.à.d. à chaque tâche on affecte le temps correspondant à la durée d'exécution de la tâche.

Nous allons utiliser la méthode des antécédents avec laquelle nous supposons que sauf indications contraires la liaison entre deux tâches successives est une liaison fin-début=0.

Ce qui veut dire que la date de fin de la tâche précédente est confondue avec la date de début de la tâche suivante .



*Schéma*

Si une tâche B a pour antécédent une tâche A et que la fin de A est de 10 (heures,jours,semaines) cela signifie que le début de B est aussi de 10.

Attention la plupart des logiciels, si A se termine en semaine 10 (sous-entendu fin de semaine) font démarrer la tâche B semaine 11 (sous-entendu début de semaine) si l'on compare nos calculs intermédiaires avec ceux d'une machine il faudra en tenir compte.

De la même manière nous allons démarrer nos projets à la date 0, un logiciel qui traduit directement en date calendaire va démarrer le premier du mois, ou la semaine une mais en aucun cas le jour ou la semaine 0.



## h) Conventions

Afin de faciliter les calculs de date et d'obtenir des résultats homogènes nous allons représenter une tâche sur le réseau Pert de cette manière.

MT	DTA	ML
DTO	DTA	FTO
NOM	FTA	s

Les informations sur la tâche sont :

MT Marge Totale	DTA Début au plus Tard	ML Marge Libre
DTO Début au plus Tôt	D Durée	FTO Fin au plus Tôt
NOM de la tâche	FTA Fin au plus Tard	s écart-type de la durée

Tableau 37 Tableau

Cette convention n'est pas du tout normalisée et on retrouvera des représentations plus ou moins détaillées de la tâche.

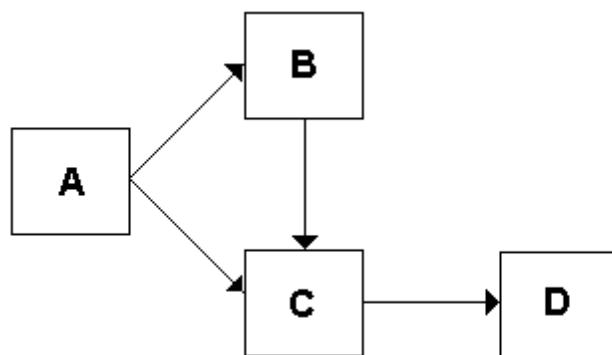
### i) Calcul des dates

Il consiste à définir en unités de temps ouvrées ,cumulées depuis l'origine du réseau, la date de début au plus tôt (DTO) et la date defin au plus tôt (FTO) que l'on peut prévoir pour chaque tâche.

En prenant comme hypothèse que toutes les tâches précédentes ont été réalisées au plus tôt et que les liaisons entre les tâches sont du type fin-début de délai nul.

Prenons l'exemple de quatre tâches A,B,C et D de durées respectives 5,2,3 et 4 jours . B ayant pour antécédent A,C ayant pour antécédent A et B, D ayant pour antécédent C.

Le graphe sagittal est donc le suivant :



Schéma

calculons dans un premier temps les dates au plus tôt de la tâche A :

elle se trouve au début de projet la date de début au plus tôt (DTO) sera donc de 0, pour déterminer la date de fin au plus tôt (FTO) :

$$\text{FTO} = \text{DTO} + D$$

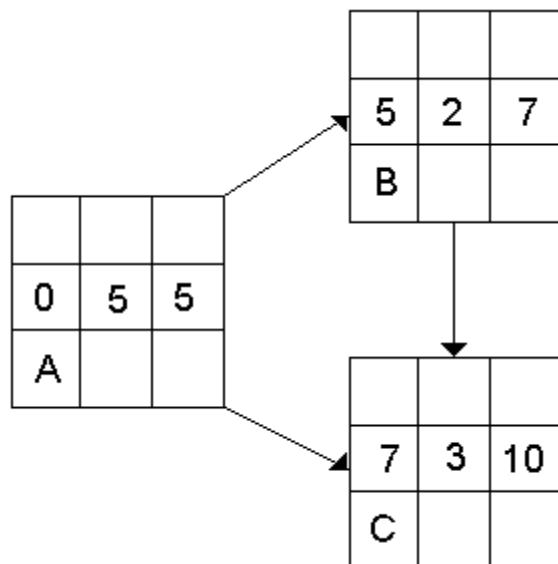
$$\text{FTO}(A) = \text{DTO}(A) + D(A) = 0 + 5 = 5$$

D étant la durée de la tâche

0	5	5
A		

Schéma

calculons les dates au plus tôt de B et C



Schéma

calcul des dates de B :

DTO (B) = FTO (A) car nous sommes dans l'hypothèse que les liaisons entre les tâches sont du type fin-début de délai nul.

pour calculer FTO (B) le principe est identique à celui de A :

$$\text{FTO (B)} = \text{DTO (B)} + D (B) = 5 + 2 = 7$$

calcul des dates de C :

C a deux antécédents A et B sa date de début au plus tôt peut donc être la date de fin au plus tôt de A ou de B.

Comme elle ne peut débuter que lorsque A (et, ou) B sont finies sa date de début au plus tôt sera donc la plus grande des deux dates de fin au plus tôt :

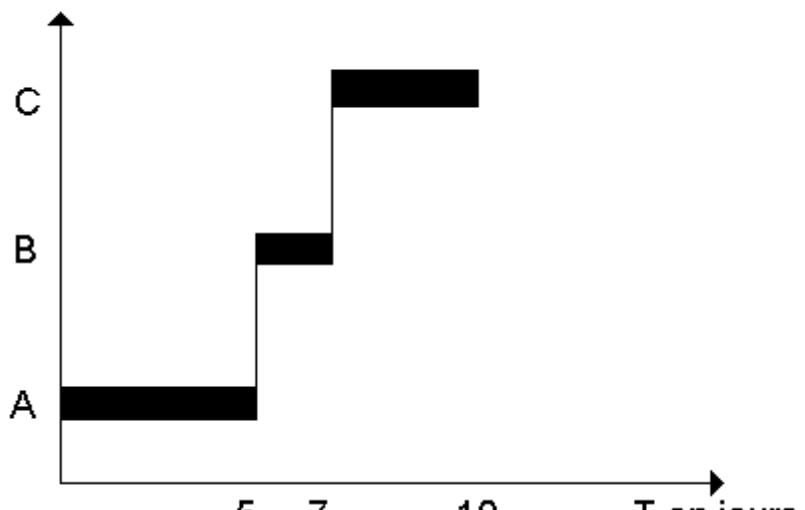
$$\text{DTO (C)} = \text{FTO (B)} = 7$$

pour calculer FTO (C) le principe est identique à celui de A :

$$\text{FTO (C)} = \text{DTO (C)} + D (C) = 7 + 3 = 10$$



## Tâches



Sur le diagramme précédent il est évident que la tâche C ne peut commencer avant la fin de B (7 jours à partir du début) et que la DTO (C) = FTO (B).

En résumé la technique de calcul des dates au plus tôt est la suivante :

Partant de la tâche de début, il s'agit de calculer de la gauche vers la droite les dates au plus tôt pour cela il suffit de respecter les deux règles :

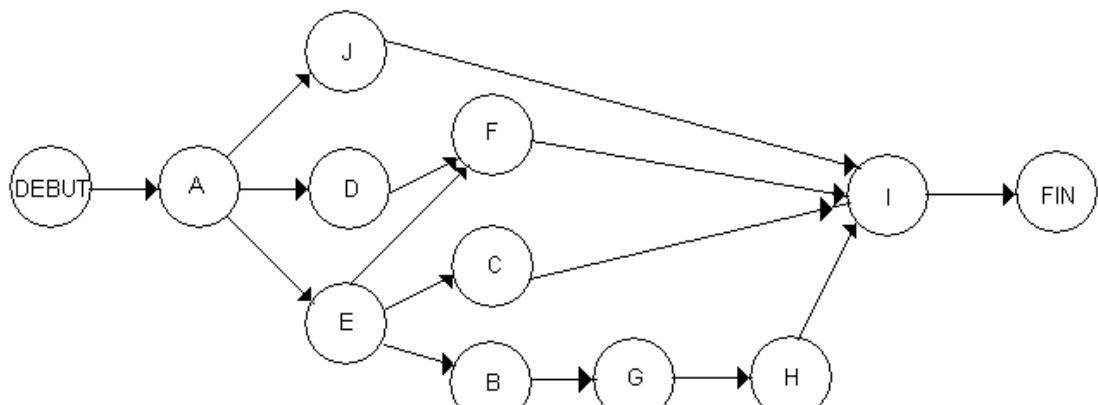
- la date de début au plus tôt d'une tâche est égale à la plus grande des dates de fin au plus tôt des tâches qui la précédent.
- la date de fin au plus tôt est ensuite obtenue en additionnant la durée de la tâche à sa date de début au plus tôt.

Reprenons l'exemple du cours précédent où à partir du tableau des antériorités nous avons établi le graphe sagittal.

Pour faire	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Il faut avoir fait		E	E	A	A	D,E	B	G	J,C,H,F	A

Tableau 38 Tableau

graphe sagittal :

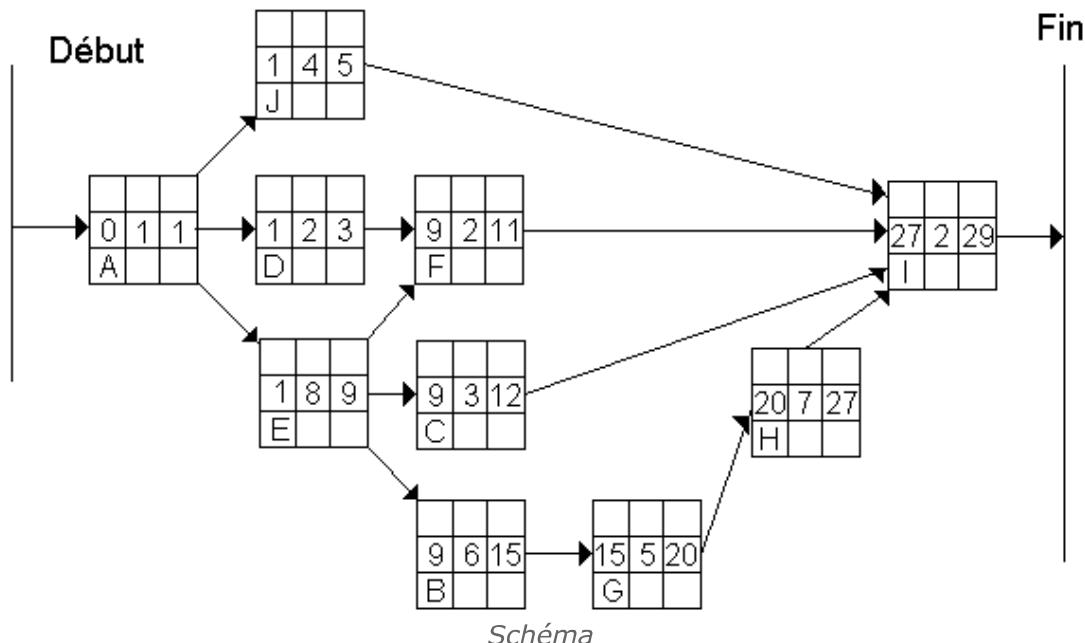


Grâce aux durées des tâches nous allons pouvoir réaliser le Pert .

Tâches	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Durée en jours	1	6	3	2	8	2	5	7	2	4

Tableau 39 Tableau

En reprenant le principe de calcul des dates au plus tôt cela donne le schéma :



### Remarque

Seules les tâches F et I ont plus d'un antécédent, leur date de début au plus tôt est donc la plus grande des dates de fin au plus tôt des tâches précédentes (respectivement 9 et 27).

Pour toutes les autres tâches la date de début au plus tôt est la date de fin au plus tôt de la tâche précédente.

Le projet sera donc fini au plus tôt 29 jours après le début.

Si plusieurs tâches n'avaient pas comme I de tâches suivantes, elles ne deviendraient pas d'autres tâches de fin car un projet n'a qu'une fin.

### j) Calcul des dates au plus tard

Il consiste à définir la date de début et la date de fin à ne jamais dépasser pour chaque tâche si l'on veut respecter l'objectif temps de la fin de projet.

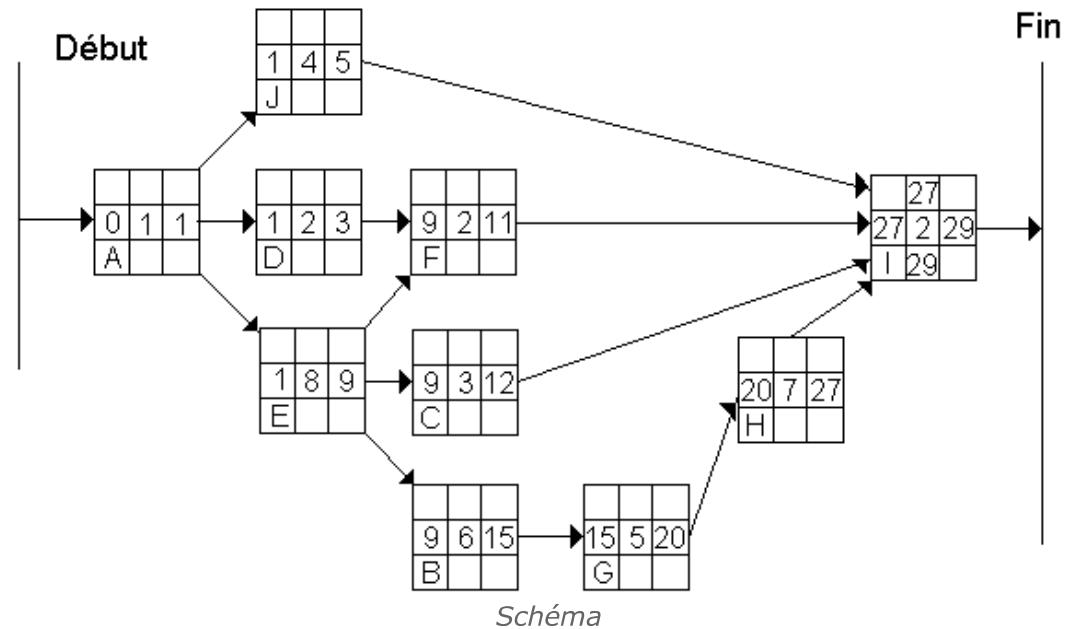
Partant de l'hypothèse (révisable éventuellement par la suite) que la date de fin de projet trouvée lors du calcul des dates au plus tôt est acceptée par le client ou la hiérarchie.

Cette date de 29 jours devient alors la fin au plus tard de la tâche I dans notre réseau.

On peut calculer le début au plus tard de la tâche I en soustrayant la durée de la tâche : à la fin au plus tard

$$DTA(I) = FTA(I) - D(I) = 29 - 2 = 27$$

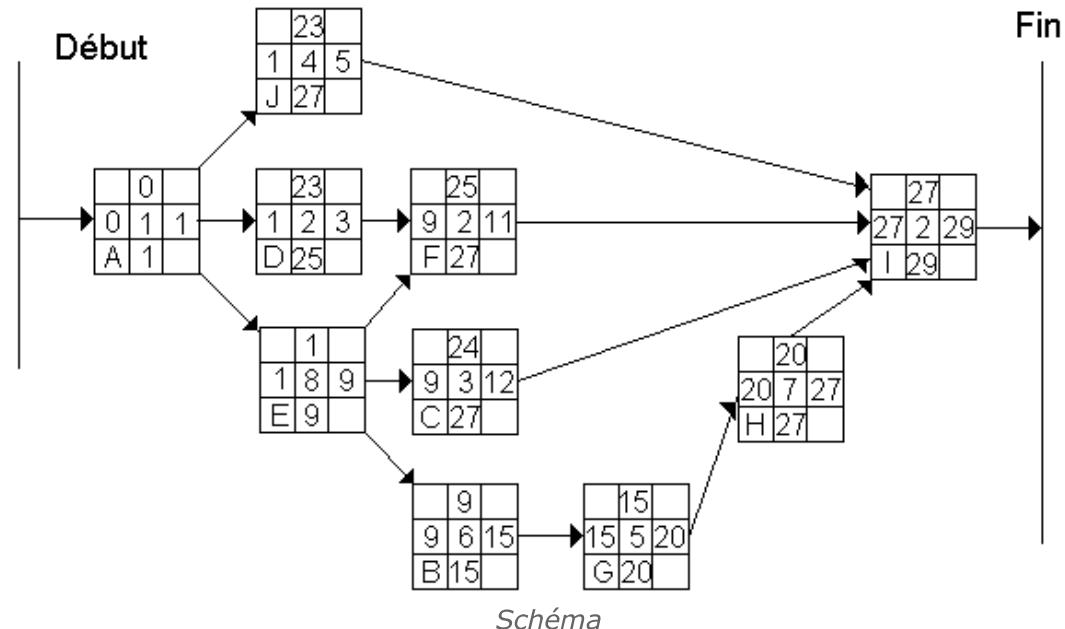




### Remarque

Si plusieurs tâches n'avaient pas comme I de tâches suivantes, la fin au plus tard de ces tâches serait la plus grande valeur des fins au plus tôt.

En poursuivant le calcul des dates au plus tard on obtient :



La date de fin au plus tard des tâches J,F,C et H est la date de début au plus tard de la tâche suivante I : 27.

Pour calculer les dates de début au plus tard de J,F,C et H il suffit de soustraire des dates de fin au plus tard leur durée et on obtient respectivement 23,25,24 et 20.

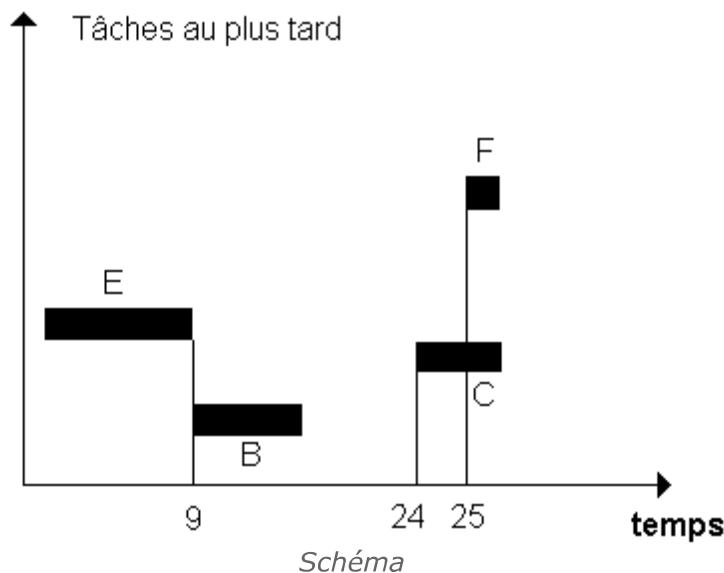
Les dates des autres tâches sont calculées de la même manière.



### Remarque

Les tâches E et A ont plus d'une tâche suivante .La date de fin au plus tard de ces tâches est la plus petite date de début au plus tard des tâches suivantes.

Pour la tâche E par exemple qui a pour tâches suivantes F,C et B la date de début au plus tard sera choisie entre les dates 25,24 et 9 ; la date retenue étant la plus petite E aura pour date de fin au plus tard 9.



B débutant au plus tard à la date 9 et E devant être terminée avant le début de B : E doit donc être finie au plus tard à la date 9.

En résumé la technique de calcul des dates au plus tard est de partir de la fin et de calculer en allant de la droite vers la gauche les dates au plus tard en respectant les deux règles :

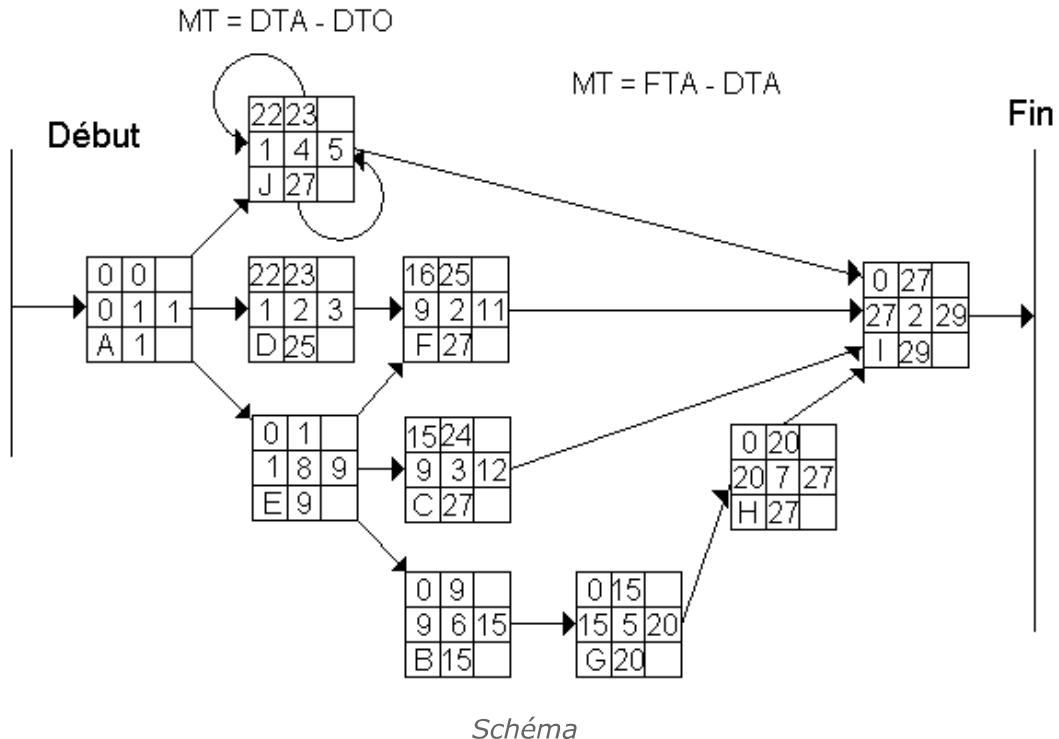
- La date de fin au plus tard d'une tâche est égale à la plus petite des dates de début au plus tard des tâches qui lui succèdent.
- La date de début au plus tard est ensuite obtenue en retranchant la durée de la tâche à sa date de fin au plus tard.

### k) Marge totale

La marge totale d'une tâche est égale à la différence entre FTA et FTO (ou entre DTA et DTO) d'une même tâche.

Elle indique le retard maximum que pourrait prendre la tâche sans retarder la fin de projet.

Appliquons le calcul à l'exemple précédent :



### Exemple : Pour la tâche J

$$MT(J) = FTA(J) - FTO(J) = 27 - 5 = 22$$

$$\text{ou } MT(J) = DTA(J) - DTO(J) = 23 - 1 = 22$$



### Remarque

Au début du projet on ne peut pas trouver de marge négative (la date est toujours plus grande que la date au plus tôt) mais il peut arriver au cours du déroulement du projet des retards qui peuvent amener à calculer une date de fin au plus tôt supérieure à la date de fin au plus tard calculée au début du projet.

Cette marge négative met en évidence le retard qui sera pris en fin de projet.

#### I) Chemin critique

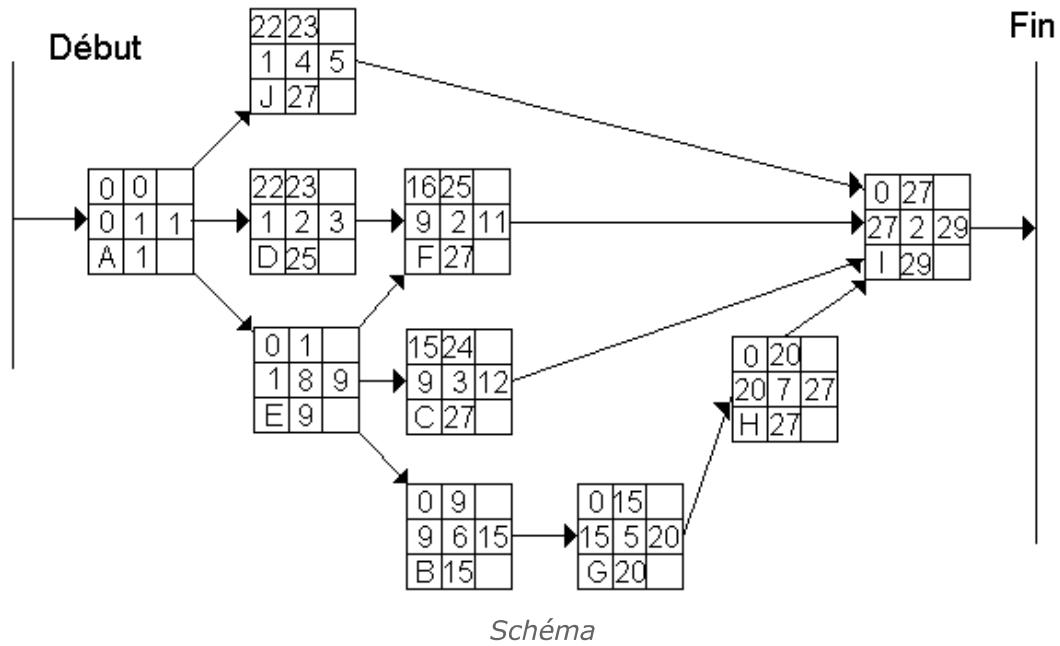
C'est le (ou les) chemin(s) critique(s) dont la durée est la plus longue entre le début ou la fin du réseau. Il est composé de tâches du réseau dont la marge totale est la plus faible.

Il existe toujours au moins un chemin critique. La connaissance du chemin critique est fondamentale pour la gestion des délais.

Si toutes les marges des tâches du chemin critique ont une valeur nulle alors tout retard sur l'une de ces tâches implique un retard sur la fin du projet (si aucune action corrective n'est entreprise). Aussi ces tâches sont donc à surveiller en priorité.

De plus si l'on veut réduire la durée totale du projet c'est sur les tâches du chemin critique qu'il faudra agir en priorité.

Dans notre réseau la MT la plus faible calculée est nulle le chemin critique sera donc : A,E,B,G,H et I.



### m) Marge libre

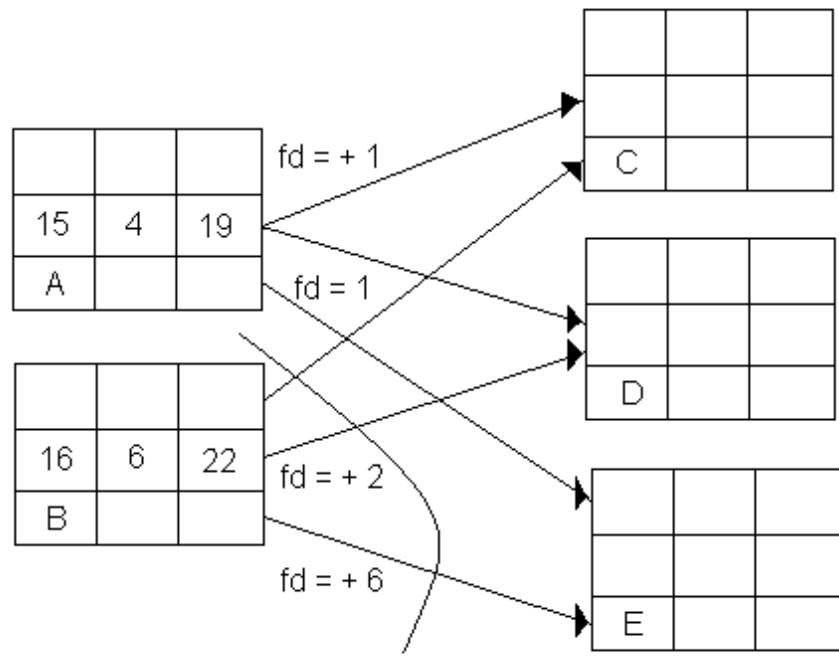
La marge libre est égale à la différence entre la plus petite des DTO des tâches immédiatement suivantes et la FTO de la tâche considérée.

La marge libre correspond au retard que peut prendre la tâche à partir de sa position au plus tôt sans affecter la date de début au plus tôt de l'une quelconque de ses tâches immédiatement suivantes.

La connaissance de la marge libre est intéressante lorsque l'exécution des tâches relève de responsabilités différentes car elle représente la latitude dont dispose le responsable d'une tâche pour ne pas affecter le plan de travail des autres responsables.

La marge libre ne peut être qu'inférieure ou égale à la marge totale.

Afin de comprendre le principe de la marge libre prenons un exemple :

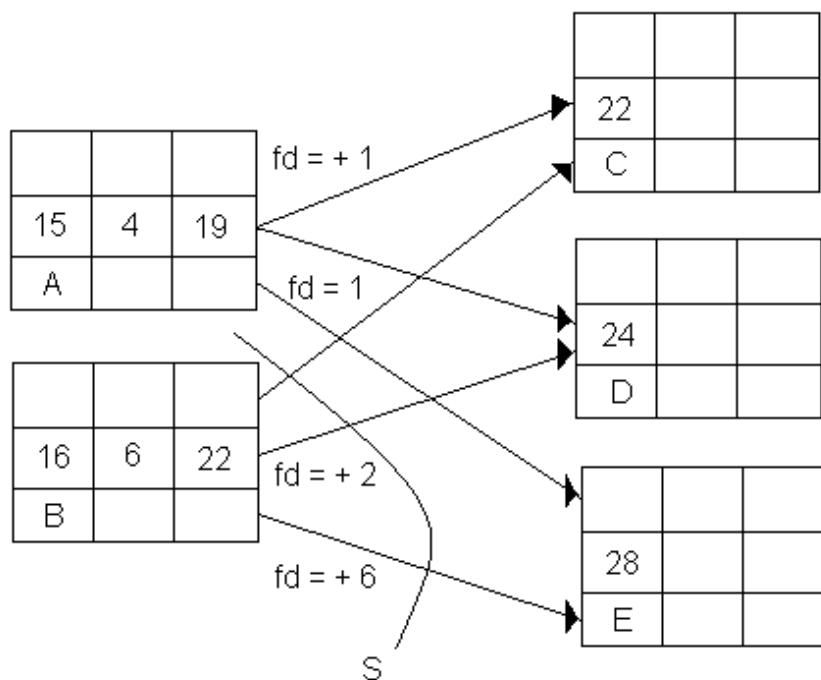


Schéma

Calculons les dates de début au plus tôt de C,D et E :

la date début au plus tôt de la tâche est égale à 22 car on a le choix entre 19 +1 (car il s'agit d'une liaison fin début = 1 entre A et C) et 22 ,la plus grande des deux dates est retenue.

De la même manière on détermine la date de début au plus tôt de D (24) et de E(28).



Schéma

On s'aperçoit que B est la tâche qui impose les dates de début au plus tôt de C,D et E, isolons cette tâche par une coupe fictive S.

On se pose ensuite la question suivante : de quel délai peut-on retarder la tâche A sans modifier les dates de début au plus tôt des tâches directement postérieures ?

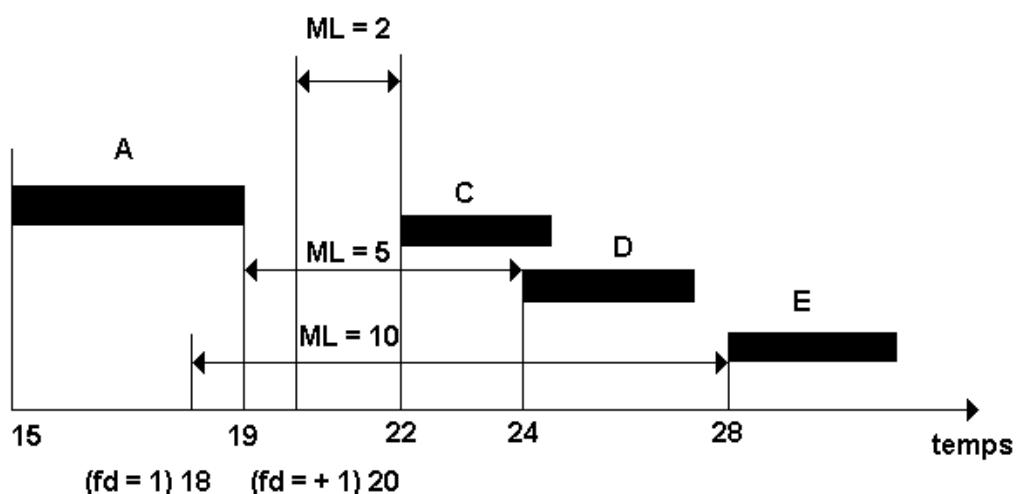
En recalculant les nouvelles dates de début au plus tôt de C,D et E avec l'isolation de B grâce à la frontière fictive S on détermine respectivement 20,19 et 18 (car  $fd = -1$ )

On trouve donc comme réponse à la question :

pour la tâche C une marge de  $22-20=2$

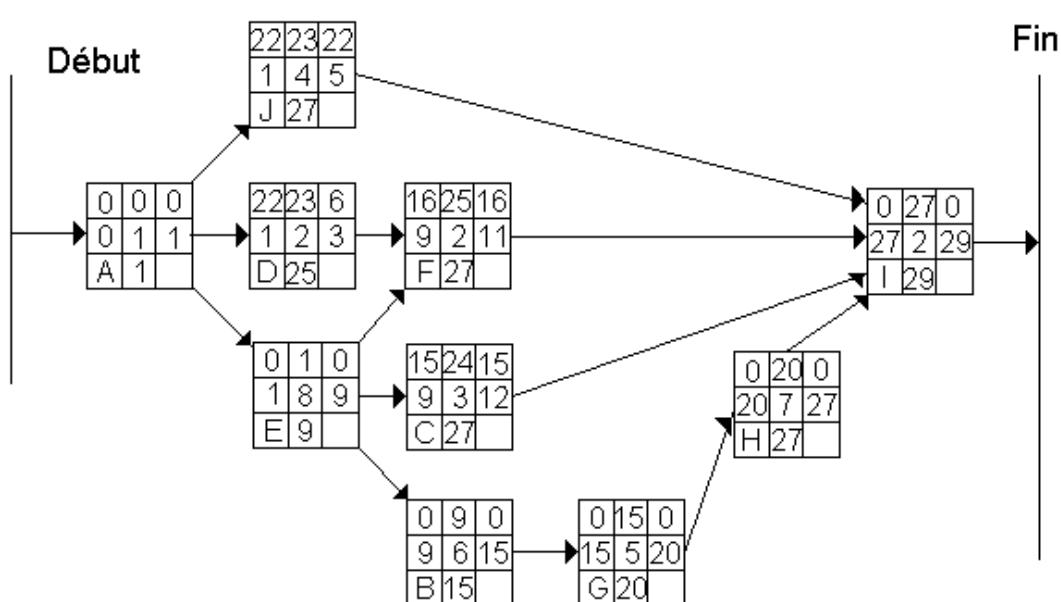
pour la tâche D une marge de  $24-19=5$

pour la tâche E une marge de  $28-18=10$



La marge libre de la tâche A est la plus petite de ces marges et est égale à 2 cela correspond au retard que peut prendre A sans décaler le début au plus tôt de C.

En reprenant l'exemple du cours nous allons calculer les marges libres de chaque tâche.



Le calcul ne présente pas de difficultés particulières il suffit de soustraire au début au plus tôt de la tâche suivante la fin au plus tôt de la tâche considérée et lorsqu'il existe plusieurs tâches suivantes de choisir la plus petite valeur trouvée.

Ainsi par exemple pour D : le début au plus tôt de la tâche suivante F est 9 et la fin au plus tôt de la tâche D est 3 on trouve donc  $ML(D) = 9 - 3 = 6$ .

En ce qui concerne F on trouve trois valeurs identiques et nulles :  $ML(F) = 9 - 9 = 0$

Si ces valeurs avaient été différentes il suffisait de choisir la plus petite.

### n) Cas particuliers

Nous avons pris comme hypothèse pour tous les calculs précédents que les liaisons entre les tâches étaient du type fin-début à délai nul.

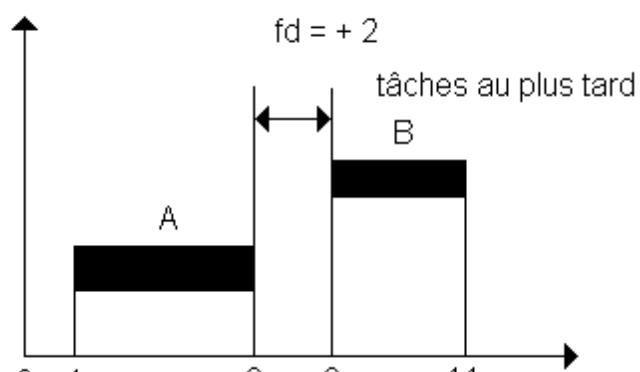
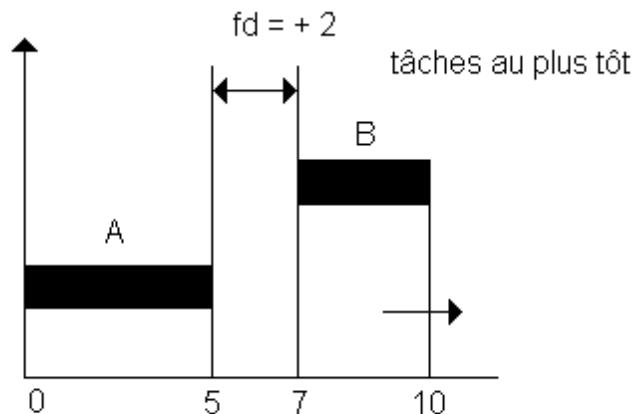
Les calculs se font de manière analogue et nous allons prendre un exemple.

Cas où la liaison  $fd=+2$ . Appelons fd le délai entre la fin de A et le début de B.

1	1	0
0	5	5
A	6	

$fd = +2$

1	8	1
7	3	10
B	11	



Schéma

La date de début au plus tôt de B est égale à la date de fin au plus tôt de A plus fd :

$$DTO(B) = FTO(A) + fd = 5 + 2 = 7$$

si fd était négative (-2 par exemple) DTO (B) serait égale à DTO (B) = 5 - 2 = 3

La date de fin au plus tard de A est égale à la date de début au plus tard de B moins fd :

$$FTA(A) = DTA(B) - fd = 8 - 2 = 6$$

La marge libre de A est égale à la date de fin au plus tôt de B moins fd et moins la date de fin au plus tôt de A :

$$ML(A) = DTO(B) - fd - FTO(A) = 7 - 2 - 5 = 0$$

### 3. Exemple

#### a) Etape 1

Prenons l'exemple d'un événement (fête, commémoration....) dont voici la liste des tâches :



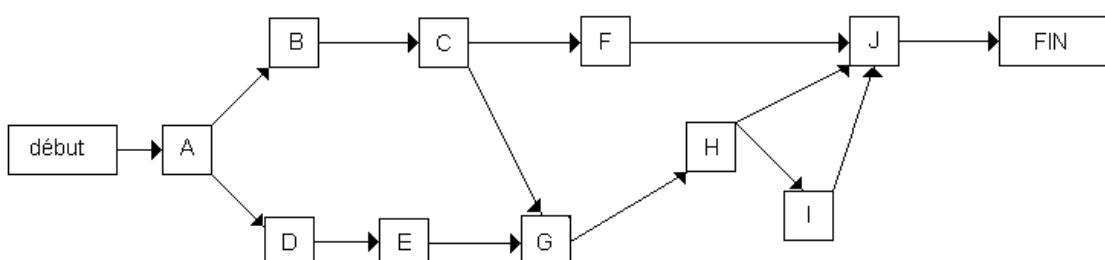
#### Attention

Il existe une petite différence avec l'exemple de la leçon précédente : la tâche D a pour antécédent A.

Lettre	Nom tâches	durée	Tâches antérieures	ressources
A	Définition du budget	4		5
B	Sélection thème, date, lieu	3	A	5
C	Embauche traiteur	3	B	5
D	Annonce interne	3	A	8
E	Annonce de presse	4	D	2
F	Sélection menu	2	C	2
G	Location des équipements	4	C, E	3
H	Embauche personnel	4	G	4
I	Préparatifs	5	H	4
J	Événement	1	I, H, F.	10

Tableau 40 Tableau

Après avoir établi la matrice des antériorités, le graphe sagittal suivant est obtenu :



Schéma



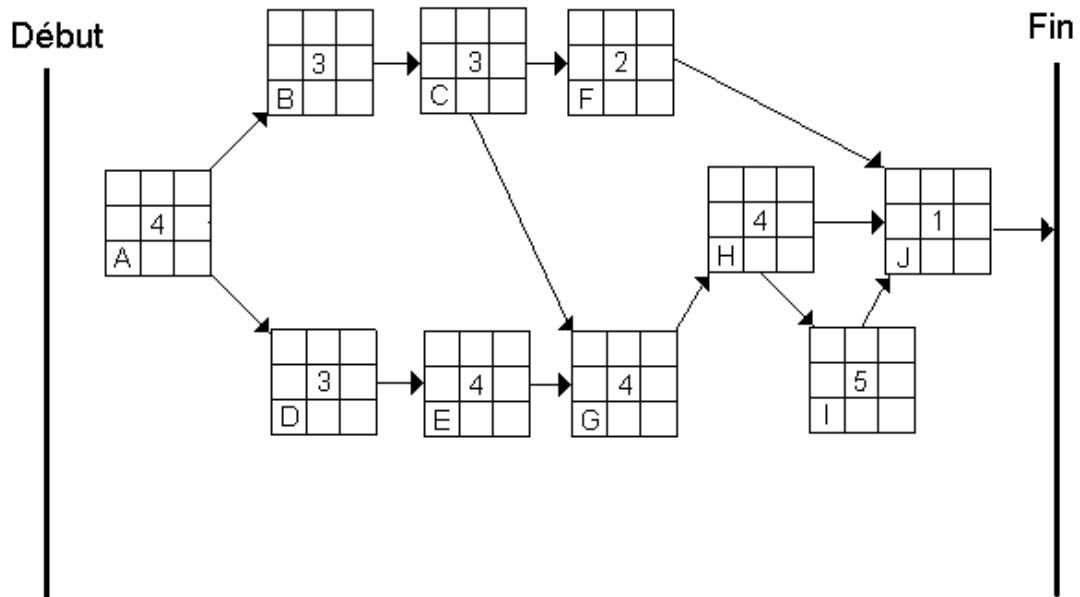
Dans un premier temps nous allons placer la durée des tâches avec la convention du cours :

MT	DTA	ML
DTO	D	FTO
NOM	FTA	s

Les informations sur la tâche sont :

MT totale	DTA Début au plus TArd	ML Marge Libre
DTO Début au plus TOt	D Durée	FTO Fin au plus TOt
NOM de la tâche	FTA Fin au plus TArd	s écart-type de la durée

Tableau 41 Tableau



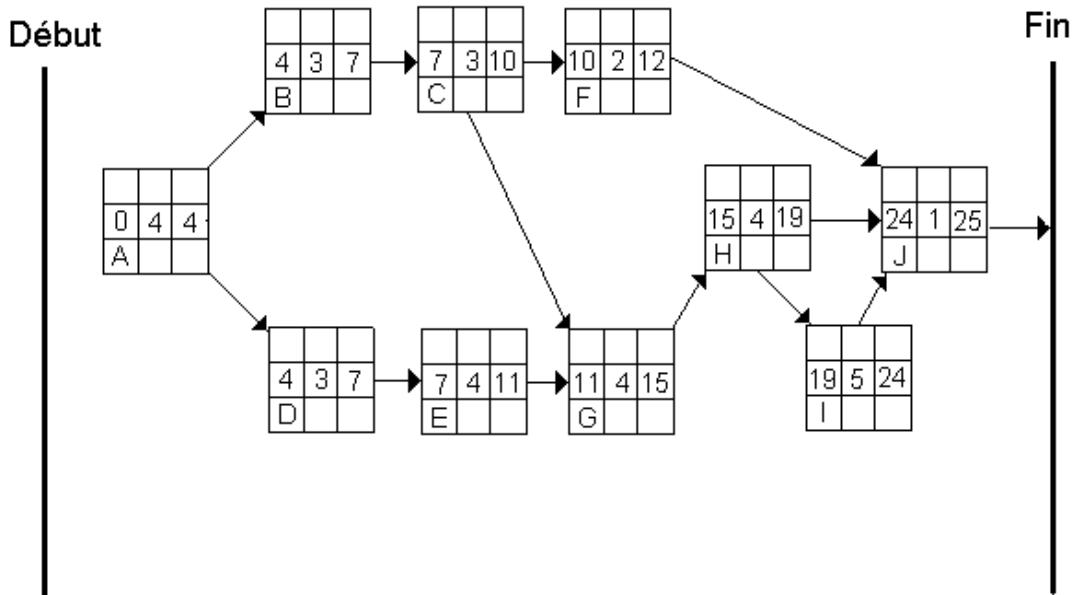
Schéma

### b) Etape 2

Dans un deuxième temps nous allons calculer les dates au plus tôt en partant du début et en allant de la gauche vers la droite et en respectant les deux règles :

- la date de début au plus tôt d'une tâche est égale à la plus grande des dates de fin au plus tôt des tâches qui la précédent.
- la date de fin au plus tôt est ensuite obtenue en additionnant la durée de la tâche à sa date de début au plus tôt.

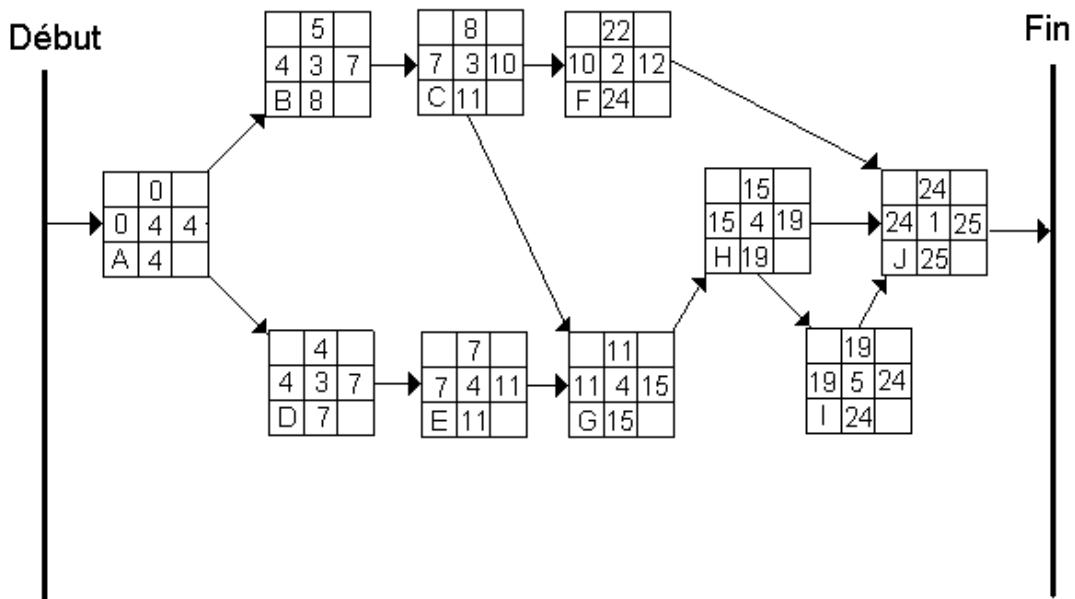
Pour les tâches G et J qui ont plus d'une tâche antérieure, on choisit la plus grande des dates de fin au plus tôt des tâches antérieures comme date de début au plus tôt, ce qui donne respectivement 11 et 24.



Schéma

Nous prendrons comme hypothèse que la date au plus tôt de fin de projet est égale à la date au plus tard. Puis nous calculerons les dates au plus tard en partant de droite vers la gauche et en respectant les règles suivantes :

- La date de fin au plus tard d'une tâche est égale à la plus petite des dates de début au plus tard des tâches qui lui succèdent.
- La date de début au plus tard est ensuite obtenue en retranchant la durée de la tâche à sa date de fin au plus tard.



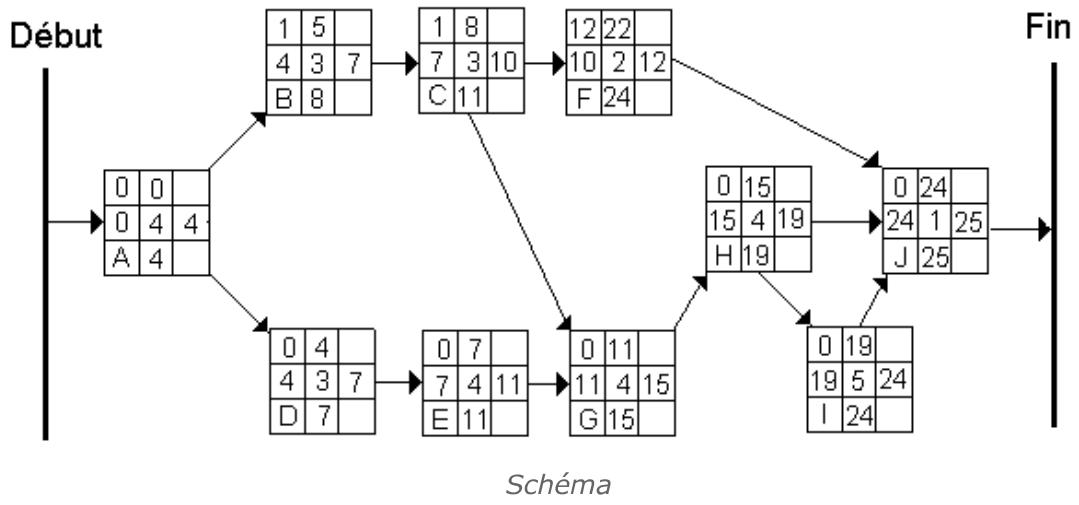
Schéma

Les tâches A,C et H ont plus d'une tâche suivante, on choisit pour leur date de fin au plus tard la plus petite des dates de au plus tard des tâches suivantes, ici respectivement 4,11 et 19.



### c) Etape 3

Nous allons calculer la marge totale de chaque tâche avec la formule :  $MT = FTA - FTO$  ou  $MT = DTA - DTO$

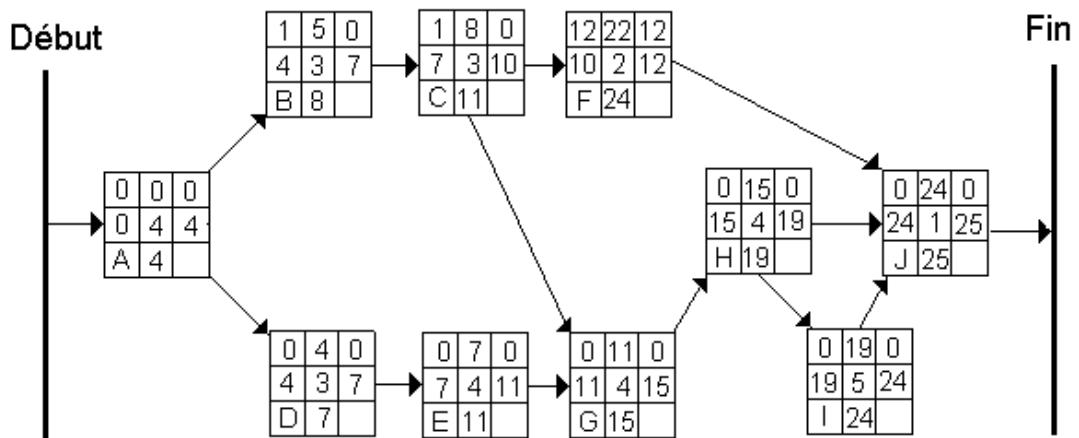


Schéma

On peut déterminer facilement les tâches du chemin critique A,D,E,G,H,I et J, ce sont celles qui ont la plus petite marge totale dans notre cas elle est nulle.

Le moindre retard pris sur une de ces tâches se répercute sur la fin du projet car ces tâches n'ont pas de marge et un retard sur l'une d'entre elles entraîne un retard sur la suivante et ainsi de suite.

Nous allons terminer la réalisation du Pert par le calcul de la marge libre de chaque tâche. La marge libre étant égale à la différence entre la plus petite des DTO des tâches immédiatement suivantes et la FTO de la tâche considérée.



Schéma

La tâche C a deux tâches immédiatement suivantes. La valeur de la marge libre sera donc la plus petite des deux différences entre le début au plus tôt de la tâche suivante et la fin au plus tôt de la tâche C, dans notre cas  $ML(C)=10-10=0$  et non pas  $11-10$  qui est plus grande.

La tâche F peut prendre un retard de 12 unités de temps (des jours) sans décaler le début au plus tôt de J la tâche immédiatement suivante. La marge libre étant égale à la marge totale un retard dépassant les 12 jours retarderait la fin du projet.

## 4. Application

### a) Calcul des dates et des marges

Vous êtes dans un module d'apprentissage de la gestion de projets.

Vous avez à réaliser la planification d'un projet.

Préalablement au calcul des dates il est nécessaire de réaliser le graphe sagittal qui est le "squelette" du diagramme PERT. Ce travail a déjà été réalisé dans une leçon précédente.

Vous allez en vous aidant du graphe sagittal réaliser le calcul des dates de chaque tâche du projet.

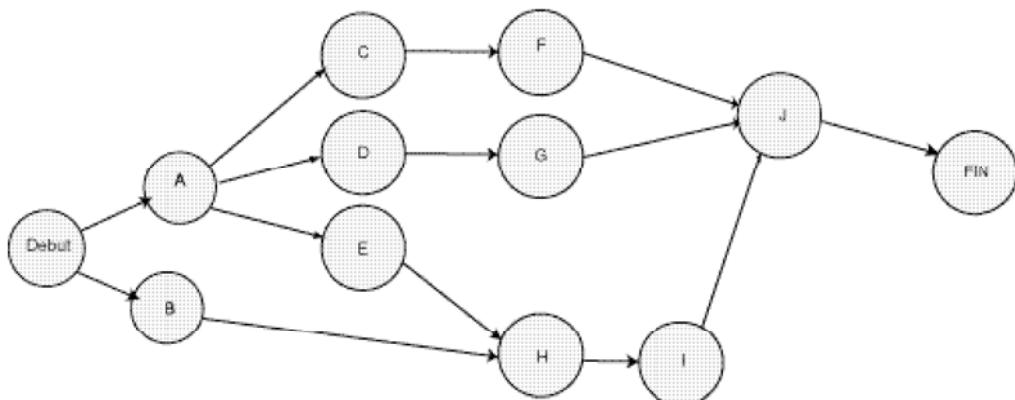


#### Conseil

Afin de vous aider, vous avez accès en permanence à un cours et à un exemple traité en parallèle.

### b) Introduction

Afin de réaliser le Pert et en vous aidant du graphe sagittal et de la table des durées des tâches vous allez dans un premier temps calculer les dates au plus tôt, puis les dates au plus tard et enfin les marges sur chaque tâche. Toutes les liaisons entre les tâches sont des liaisons fin-début à délai nul.



Graphe Sagittal



#### Méthode

Afin d'obtenir des résultats homogènes utilisez la représentation d'une tâche non normalisée mais établie dans le cours

MT	DTA	ML
DTO	D	FTO
NOM	FTA	S

Tableau 42 Tableau

MT = Marge totale

DTO = Début au plus tôt

NOM = Nom de tâches

DTA = Début au plus tard

D = durée

FTA = Fin au plus tard  
 ML = Marge libre  
 FTO = Fin au plus tôt  
 S = Ecart type



### Conseil

Il est fortement recommandé de consulter le cours et l'exemple traité en parallèle puis de réaliser le Pert avec le calcul des dates et des marges avant de comparer vos résultats avec la solution proposée.

### c) Exercice rédactionnel

#### Table des durées et des tâches

Lettre	Nom tâches	Durée en jours	tâches antérieures
A	Avant-projet	6	
B	Etude de marché	2	
C	Etude de faisabilité	3	A
D	Réalisation	5	A
E	Définition de la politique publicitaire	6	A
F	Estimation des coûts	2	C
G	Présentation des prototypes aux clients	3	D
H	Détermination du prix des produits	4	B,E
I	Evaluation du chiffre d'affaires	2	H
J	Rapport de synthèse avant le lancement de la série	2	F,G,I

Tableau 43 Tableau

### Question

Complétez le Pert en indiquant les durées des tâches

### d) Exercice rédactionnel

#### Table des durées et des tâches

Lettre	Nom tâches	Durée en jours	tâches antérieures
A	Avant-projet	6	
B	Etude de marché	2	
C	Etude de faisabilité	3	A
D	Réalisation	5	A
E	Définition de la politique publicitaire	6	A
F	Estimation des coûts	2	C
G	Présentation des prototypes aux clients	3	D
H	Détermination du prix des produits	4	B,E
I	Evaluation du chiffre d'affaires	2	H
J	Rapport de synthèse avant le lancement de la série	2	F,G,I

Tableau 44 Tableau

### Question

Calculez pour chaque tâche les dates au plus tôt (début au plus tôt et fin au plus tôt)

en partant de la gauche vers la droite FTO = DTO + D

DTO = FTO (tâche précédente). En cas de choix, prendre la plus grande valeur pour DTO.

### e) Exercice rédactionnel

#### Table des durées et des tâches

Lettre	Nom tâches	Durée en jours	tâches antérieures
A	Avant-projet	6	
B	Etude de marché	2	
C	Etude de faisabilité	3	A
D	Réalisation	5	A
E	Définition de la politique publicitaire	6	A
F	Estimation des coûts	2	C
G	Présentation des prototypes aux clients	3	D
H	Détermination du prix des produits	4	B,E
I	Evaluation du chiffre d'affaires	2	H
J	Rapport de synthèse avant le lancement de la série	2	F,G,I

Tableau 45 Tableau

#### Question

Calculez pour chaque tâche les dates au plus tard (début au plus tôt et fin au plus tard)

hypothèse la date de fin au plus tôt du projet est égale à celle au plus tard  
en partant de la droite vers la gauche DTA = FTA - D

FTA = DTA (tâche suivante). En cas de choix, prendre la plus petite valeur pour FTA

### f) Exercice rédactionnel

#### Table des durées et des tâches

Lettre	Nom tâches	Durée en jours	tâches antérieures
A	Avant-projet	6	
B	Etude de marché	2	
C	Etude de faisabilité	3	A
D	Réalisation	5	A
E	Définition de la politique publicitaire	6	A
F	Estimation des coûts	2	C
G	Présentation des prototypes aux clients	3	D
H	Détermination du prix des produits	4	B,E
I	Evaluation du chiffre d'affaires	2	H
J	Rapport de synthèse avant le lancement de la série	2	F,G,I

Tableau 46 Tableau

#### Question

Calculez pour chaque tâche la marge totale : MT = DTA-DTO = FTA-FTO

### g) Exercice rédactionnel

#### Table des durées et des tâches

Lettre	Nom tâches	Durée en jours	tâches antérieures
A	Avant-projet	6	
B	Etude de marché	2	
C	Etude de faisabilité	3	A
D	Réalisation	5	A
E	Définition de la politique publicitaire	6	A
F	Estimation des coûts	2	C
G	Présentation des prototypes aux clients	3	D
H	Détermination du prix des produits	4	B,E
I	Evaluation du chiffre d'affaires	2	H
J	Rapport de synthèse avant le lancement de la série	2	F,G,I

Tableau 47 Tableau



**Question**

Calculez pour chaque tâche la marge libre

La marge libre étant égale à la différence entre la plus petite des DTO des tâches immédiatement suivantes et la FTO de la tâche considérée.

## 5. Exercices

### a) Exercice rédactionnel

L'entreprise Ordoméca met à l'étude le lancement d'une nouvelle gamme de produits.

Ce lancement nécessite la réalisation de tâches repérées par les lettres A à I et dont les caractéristiques sont les suivantes :

tâche	durée	antécédent
A	5	D
B	2	G.H
C	5	B
D	4	
E	2	G.H
F	4	E.I
G	3	
H	2	D
I	6	A

Tableau 48 Tableau

si vous avez déjà résolu les premières questions passez directement à la question 3.

**Question**

[Solution n°3 p 97]

- 1 - Etablissez la matrice des antériorités et classez les tâches par niveaux.
- 2 - Réaliser le graphe sagittal potentiel-étapes.
- 3 - Tracer le pert potentiel tâches avec les dates au plus tôt, au plus tard, les marges libres et totales.

### b) Exercice rédactionnel

La direction d'un hôpital décide de mettre en place un service de soins palliatifs.

Ce projet comporte 12 tâches distinctes repérées par une lettre.

L'effectif (personnel nécessaire à la réalisation de la tâche), la durée des tâches ainsi que les antériorités nécessaires sont indiquées ci-dessous.

Tâche	Durée (jours)	Effectif	Antécédent
A	3	5	
B	1	2	A
C	5	3	A
D	6	2	B
E	4	4	B
F	2	3	C.D.I
G	9	4	E.F
H	5	4	
I	8	4	H
J	2	2	H
K	3	2	I
L	7	4	J.K

Tableau 49 Tableau

Si vous avez déjà résolu les premières questions passez directement à la question 3.

#### Question

- 1 - Etablissez la matrice des antériorités et classez les tâches par niveaux.
- 2 - Réaliser le graphe sagittal potentiel tâches.
- 3 - Réaliser le Pert potentiel tâches en calculant les dates au plus tard, au plus tôt, les marges libres et totales et en déterminant le chemin critique.

## D. Contrainte, chevauchement, attente entre 2 tâches, jalons

### 1. Contraintes, chevauchement, attente entre 2 tâches, jalons

#### a) Objectifs

##### *Contrainte, chevauchement, attente entre 2 tâches, jalons*

Intégrer les notions de chevauchement et d'attente entre deux tâches successives.

#### b) Chevauchement

Il existe plusieurs raisons pour lesquelles les tâches dans un projet peuvent ne pas se suivre directement c'est-à-dire que la tâche postérieure débute dès que la tâche antérieure est terminée.

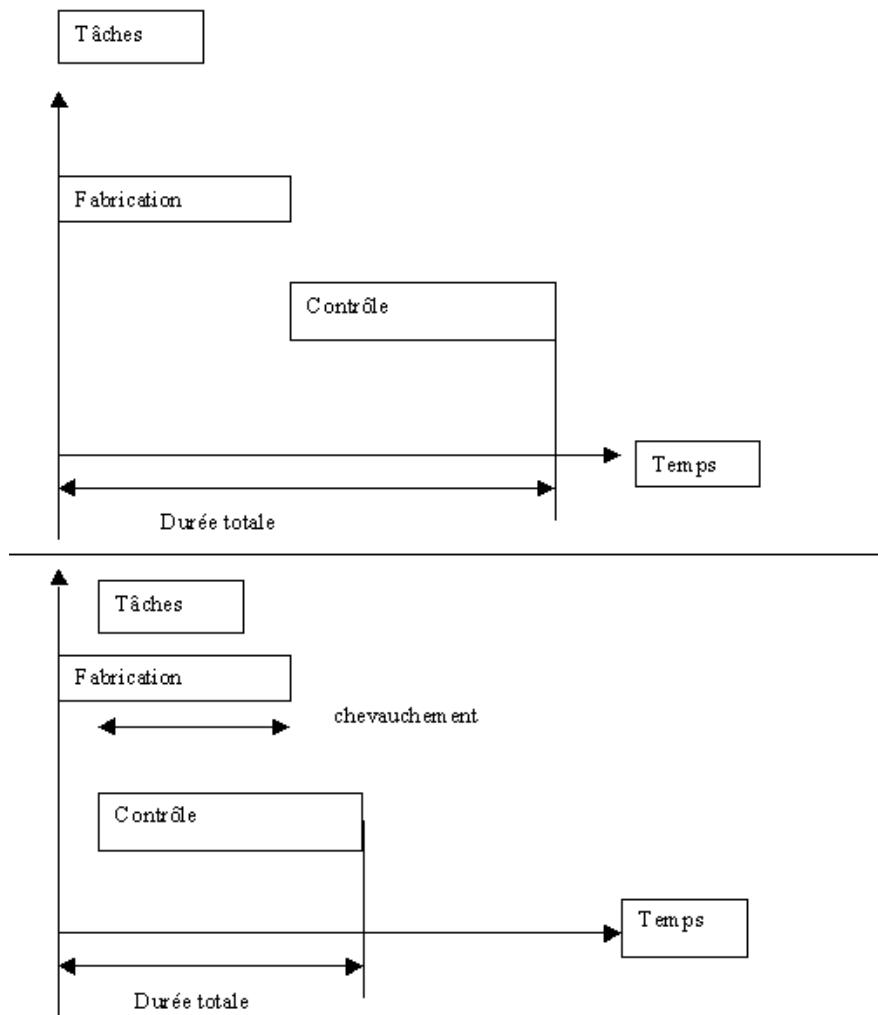
Il peut par exemple exister des contraintes spécifiques pour certaines tâches par exemple dans la construction d'une maison il faut attendre que le béton coulé dans une dalle soit sec avant de poser le carrelage ou que la première couche de peinture soit sèche avant de passer la deuxième.

D'autres " contraintes " peuvent apparaître si l'on veut par exemple diminuer la durée d'un projet.

Pour diminuer la durée d'un projet une solution peut être qu'il existe un chevauchement ou un recouvrement des activités.

Par exemple si l'on réalise une fabrication puis un contrôle afin de diminuer la durée de l'ensemble des deux tâches on peut très bien décider de commencer le contrôle avant la fin de la fabrication.





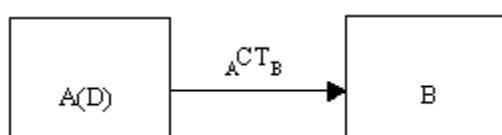
## Schéma

Représentation suivant la méthode utilisée :

Contrainte, chevauchement, attente entre 2 tâches, jalons · Intégrer les notions de chevauchement et d'attente entre deux tâches successives. Dans la méthode développée par Mr Roy (MPM) la liaison entre deux tâches est toujours du type début-début. Afin de définir la liaison début-début entre deux tâches il est possible de la décomposer en deux contraintes.

### c) Contrainte totale, contrainte relative

La contrainte totale (CT) est définie comme étant fonction à la fois de la durée ( $D$ ) de la tâche antérieure et d'événements relatifs à un phénomène extérieur de durée  $\Delta$ .



## Schéma

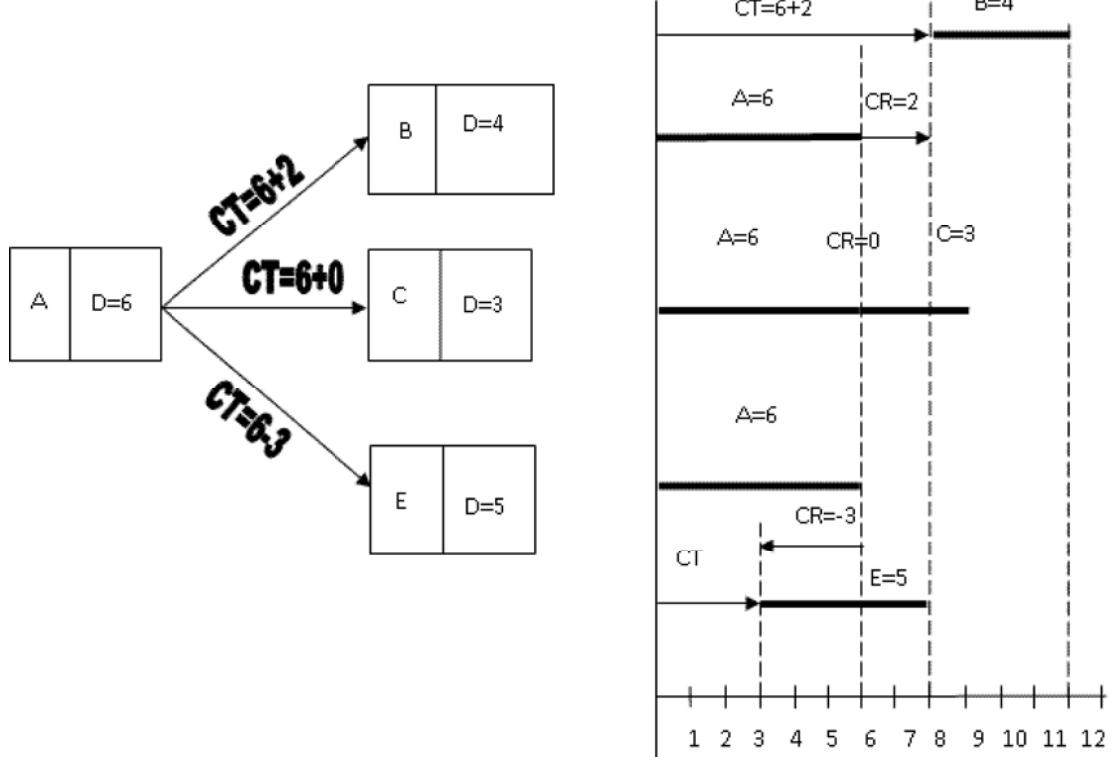
La durée de la tâche A est de D, la contrainte totale entre A et B est :

$$ACTB = D + \Delta$$

Cette contrainte  $\Delta$  est appelée contrainte relative elle peut être positive ou négative.



### Exemple



Schéma

#### d) Chevauchement avec la méthode des antécédents

Avec la méthode des antécédents le chevauchement ou le recouvrement d'activités peut se représenter grâce à quatre sortes de liaisons.

Liaison fin début (fd) début-début (dd) fin-début (fd) début-fin (df) et fin-fin (ff) chaque liaison étant associé à un délai minimum à respecter.

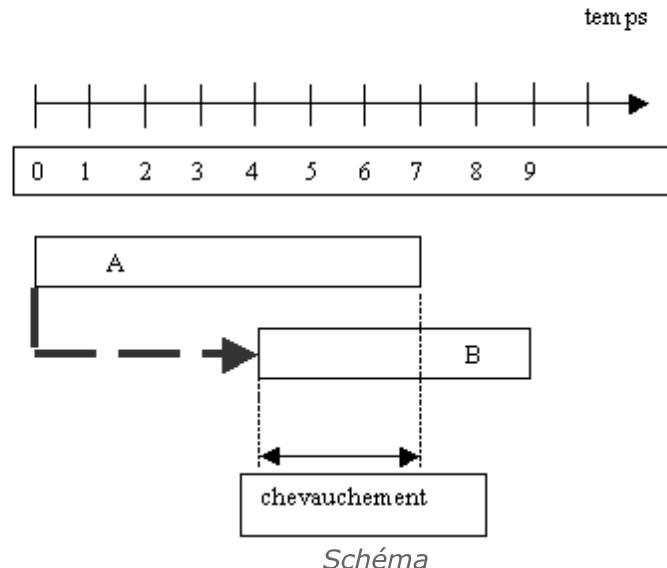
Afin de comprendre le fonctionnement de chaque type de liaison nous allons les utiliser sur un exemple de chevauchement identique avec deux tâches A et B.

	A	B
Durée	7	5
Début	0	4
Fin	7	9

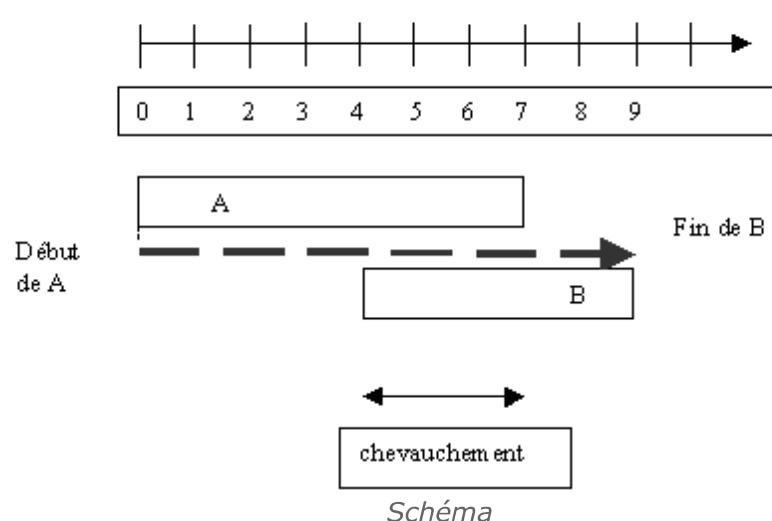
Tableau 50 Tableau

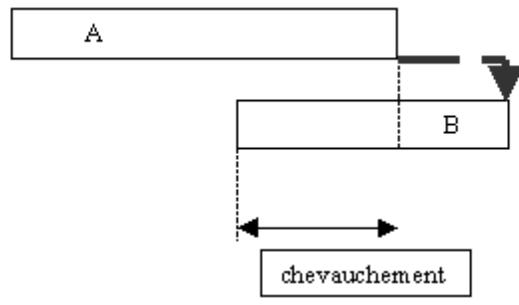
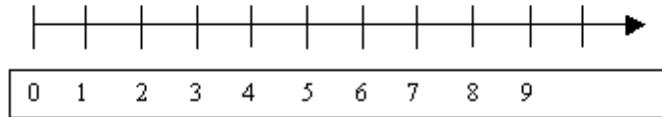
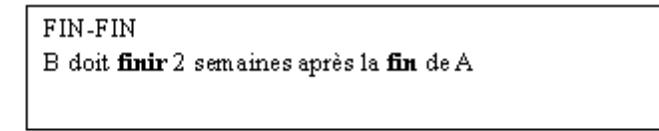


**DEBUT-DEBUT**  
B peut **débuter** 4 semaines après le **début** de A



**DEBUT-FIN**  
B doit **finir** 9 semaines après le **début** de A

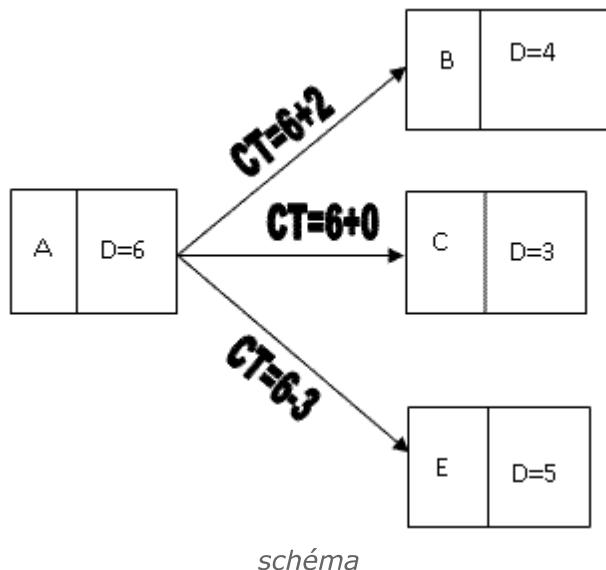




Schéma

Implicitement si rien n'est précisé la liaison habituelle est une liaison fin-début qui est égale à zéro c'est à dire que les deux tâches se suivent et que la tâche postérieure débute dès que la tâche antérieure est terminée.

### e) Chevauchement et fractionnement



schéma

Dans le premier cas (entre A et B) la contrainte relative est positive donc il y a une attente entre les deux tâches ; c'est par exemple l'attente que la peinture soit sèche avant de commencer la tapisserie.

Dans le deuxième cas (entre A et C) la contrainte relative est nulle, la contrainte totale est égale à la durée de la tâche il y a succession directe des tâches.

Dans le troisième cas (entre A et E) la contrainte relative est négative ; il y a recouvrement des tâches.

Par exemple lors de l'usinage et du contrôle d'un lot de 100 pièces on peut commencer le contrôle sur les premières pièces usinées sans attendre la fin de



l'usinage des cent pièces.

Afin de réduire le temps total du projet et lorsque des produits passent d'une tâche à l'autre, il est possible de réaliser des chevauchements et aussi en fractionnant les tâches.

Prenons l'exemple de la production de 800 pièces sur 4 machines M1, M2, M3 et M4.

Les capacités des machines sont :

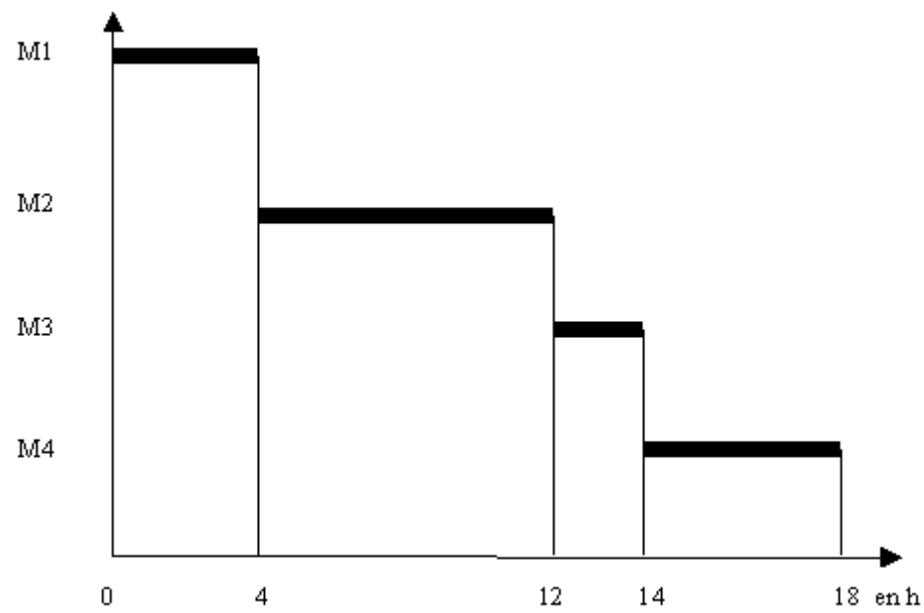
M1 : 200 pièces à l'heure

M2 : 100 pièces à l'heure

M3 : 400 pièces à l'heure

M4 : 200 pièces à l'heure

*Le planning sans chevauchement est le suivant :*



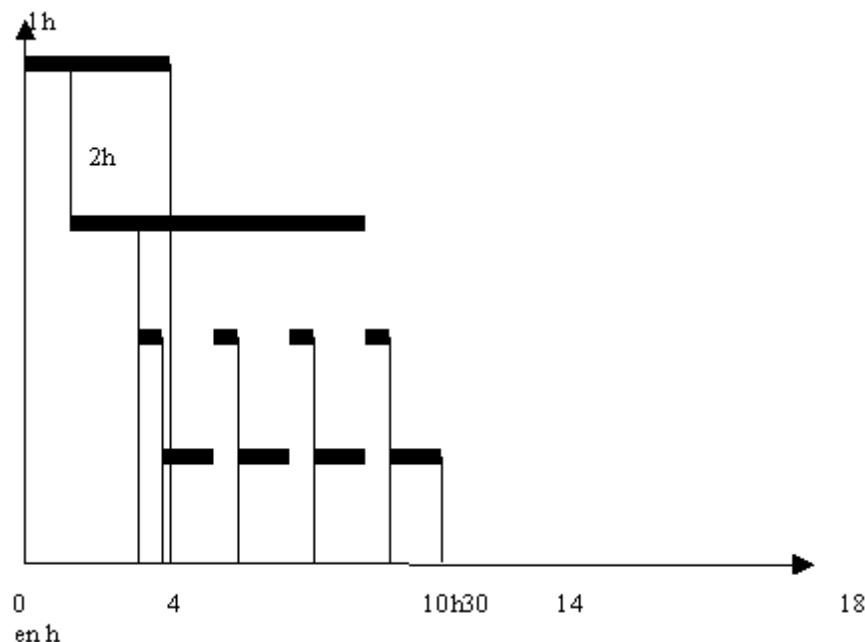
*Schéma*

Le temps total pour réaliser les 800 pièces est de 18 h.

Si ce temps est jugé trop important on peut réaliser un chevauchement en fractionnant les lots.

Supposons un fractionnement du lot en quatre autrement dit les lots sont de 200 pièces.

On obtient le diagramme suivant :



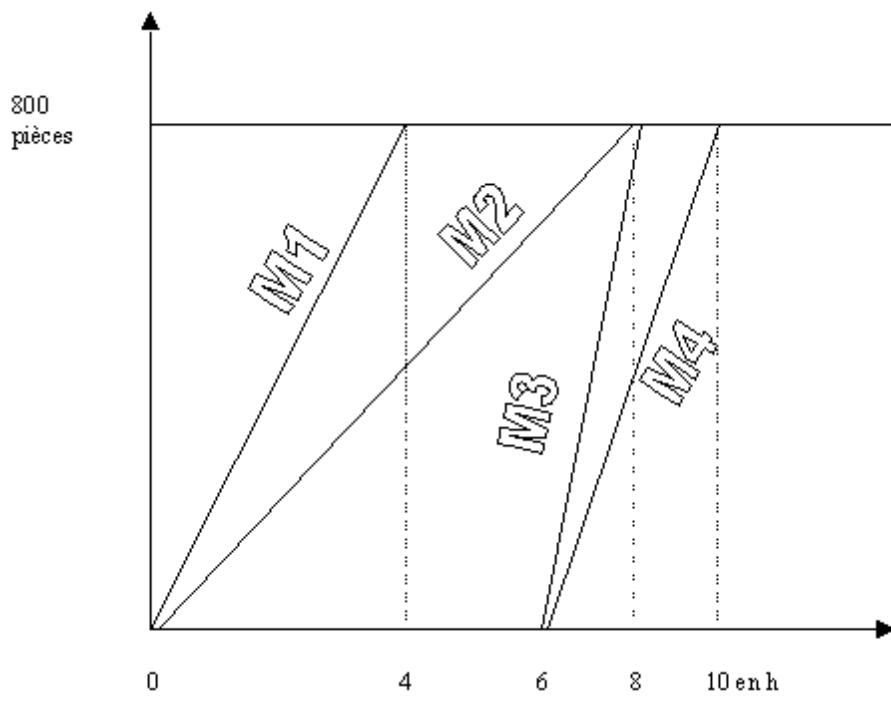
*Schéma*

On gagne donc pratiquement la moitié du temps puisque l'ensemble des pièces est réalisé en 10h30 au lieu de 18h.

Si l'on diminue la taille du lot à une seule pièce on arrive à gagner encore plus de temps par contre la machine M3 travaille en discontinu il serait peut-être plus intéressant de la faire travailler en continu.

Supposons que la taille du lot soit réduite à une pièce.

Nous allons représenter le nombre de pièces réalisées en fonction du temps.



*Schéma*

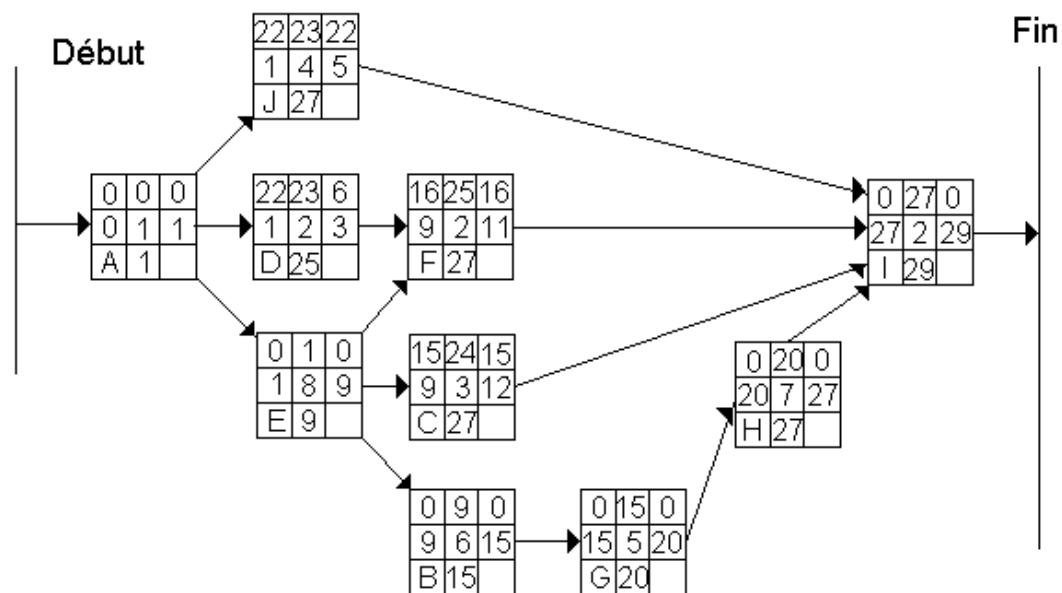
La pente des droites correspond à la cadence de production : pour M1 200 pièces à l'heure.

On démarre la production sur M 2 juste après le début de celle de M1 (1/200 h) Par contre pour M 3 on finit la production (1/400h ) après celle de M2 et connaissant la pente de M 3 on peut calculer son début.

Même raisonnement pour M4 si on néglige les temps de 1/200 et de 1/400 h le temps total est approximativement de 10h mais les machines M3 et M4 travaillent en continu.

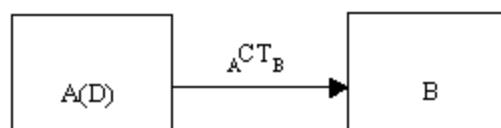
Influence des chevauchements sur le calcul des dates

#### f) Exemple d'un diagramme Pert



Schéma

Supposons que les tâches E et C aient une relation de type fin début = -2 alors les valeurs des différentes dates et marges deviennent :



Schéma

On remarque que le début au plus tôt devient  $9-2=7$ .

Les marges totales et libres sont augmentées d'autant et passent à 17.

## E. Calcul Probabiliste

### 1. Principes du pert probabiliste

#### *La durée de chaque tâche $i$ est incertaine*

La durée,  $D_i$ , est une variable aléatoire, ce qui signifie que  $D_i$  peut prendre plusieurs valeurs, selon une distribution de probabilité. A partir de ces valeurs on pourra calculer la durée moyenne, la variance et l'écart type.



#### *Remarque*

Dire que la durée est incertaine, ne signifie pas qu'elle peut prendre n'importe quelle valeur, mais certaines valeurs connues avec plus ou moins de précision. Ainsi, des travaux de peinture prendront 6 jours, en principe, mais selon l'état des murs, la durée sera plus courte ou plus longue, tout en restant dans une certaine fourchette, par exemple entre 4 et 9 jours.



#### *Exemple : Variable aléatoire avec sa distribution de probabilité*

Il s'agit de la durée en heures d'une tâche de peinture, la tâche A.

Durée Possible : $D_i$	Probabilité correspondante $P_i$	Moyenne = $E(D) = \text{somme des } P_i D_i$	Variance = somme des $P_i ((D_i - E(D))^2)$
21	0,2	4,2	4,23
25	0,4	10	0,144r
28	0,3	8,4	1,73
30	0,1	3	1,94
Total	1	25,6	8,04
<hr/>			
Durée moyenne = $E(D) = 25,6$			
Variance = $V(D) = 8,4 = \sigma(D)^2$			
écart-type = $\sigma(D) = 2,84$			

Tableau 51 Tableau

#### *La durée du projet durera toujours la durée du chemin le plus long*

Si la durée d'une tâche se trouve accrue, la durée du projet pourra changer et le chemin critique se déplacer.

La durée d'un chemin est égale à la somme des durées des tâches du chemin :  $S_d = \sum D_i$  pour toutes les tâches du chemin.

La somme des durées,  $S_d$ , est une variable aléatoire, qui peut prendre plusieurs valeurs selon une distribution de probabilité



#### *Exemple*

Somme de deux variables aléatoires (A et B) avec sa distribution de probabilité

A correspond à la durée en heures d'une tâche de peinture,

B au travail préalable de préparation du mur.

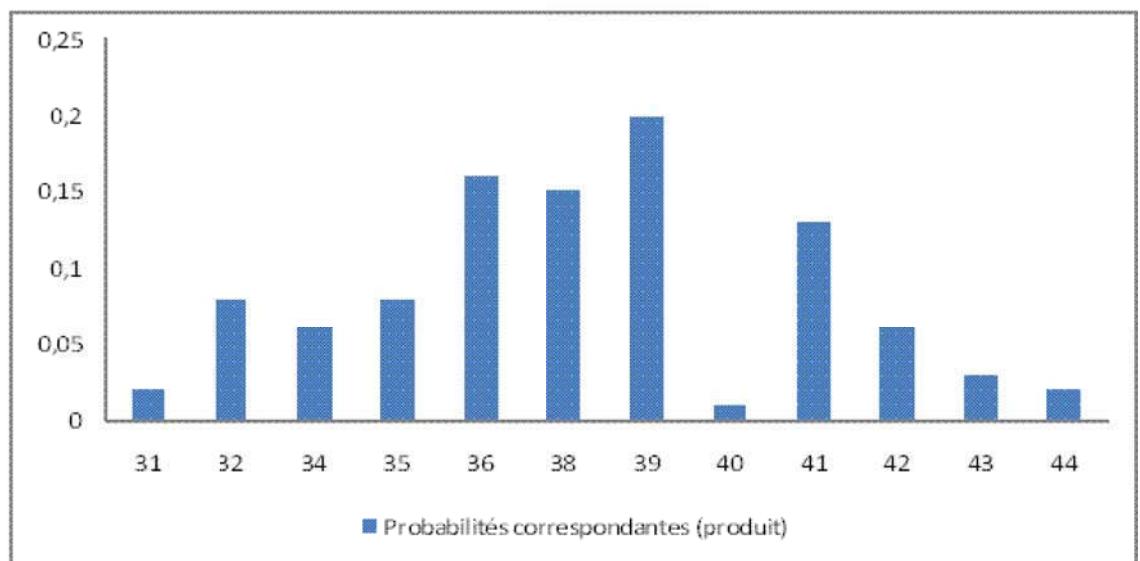
Exemple de somme de 2 variables			
Durées Possibles de A : $D_a$	Probabilité correspondante $P_i$ pour A	Durées possibles de B : $D_b$	Probabilité correspondante $P_i$ pour B
21	0,2	10	0,1
25	0,4	11	0,4
28	0,3	13	0,3
30	0,1	14	0,2
Total	1		1

Tableau 52 Tableau



Ensemble des durées possibles pour les tâches consécutives A + B	Probabilités correspondantes (produit)	Ensemble des durées possibles pour les tâches consécutives A + B	Probabilités correspondantes (produit)
31	0,02	31	0,02
32	0,08	32	0,08
34	0,06	34	0,06
35	0,04	35	0,08
35	0,04	36	0,16
36	0,16	38	0,15
38	0,2	39	0,2
39	0,08	40	0,01
38	0,03	41	0,13
39	0,12	42	0,06
41	0,09	43	0,03
42	0,06	44	0,02
40	0,01	Total	1
41	0,04		
43	0,03		
44	0,02		

Tableau 53 Tableau



Schéma

## 2. Incertitudes sur la durée de chaque tâche

Toute tâche  $i$  peut prendre une ou plusieurs durées, dans le cadre de sa distribution de probabilités.

- Si on connaît cette distribution de probabilité on peut calculer la durée moyenne  $E(D_i)$  ou encore  $m_{D_i}$  et la variance  $Var(D_i)$  de la tâche  $i$ .
- Si la distribution de probabilité n'est pas connue il faudra l'estimer, selon les informations connues, à l'aide d'une méthode appropriée.
- En gestion de projets, une estimation est généralement (dans les livres et les logiciels) proposée par défaut, elle suppose de disposer de trois durées : durée optimiste ( $D_{opt}$ ), durée probable ( $D_{pr}$ ) et durée pessimiste ( $D_{pess}$ ).

### Estimations de la durée moyenne d'une tâche ( $E(D_i)$ ) et de son écart-type ( $\sigma(D_i)$ )

$$E(D_i) = \frac{D_{opt} + 4D_{pr} + D_{pess}}{6}$$

$$\sigma(D_i) = \frac{D_{pess} - D_{opt}}{6}$$

$$Var(D_i) = \sigma^2(D_i)$$

Tableau 54 Formule

Ce qui revient à considérer que la durée probable se réalise quatre fois plus souvent que la durée optimiste ou que la durée pessimiste. Ce ne sera généralement pas le cas, mais ces estimateurs sont sans biais et convergents, c'est-à-dire que les écarts avec la réalité seront tantôt minorés, tantôt majorés, mais sur un grand nombre de tâches, l'écart sera faible.

### 3. Durée du chemin critique

Durée d'un chemin = somme des durées des tâches du chemin.

La somme de durées aléatoires,  $S_d$ , est une variable aléatoire dont on calculera la moyenne et la variance.

$$E(S_d) = \sum E(D_i)$$

$$Var(S_d) = \sum Var(D_i)$$

Si  $n$  est grand ( $> 30$ ), la Loi suivie par la somme, tend vers une Loi Normale de moyenne  $E(S_d)$  et de Variance  $Var(S_d)$  (Théorème central Limite)

### 4. Exemple

#### A partir du tableau précédent :

1. Calculez la durée moyenne et l'écart type pour chaque tâche.
2. Tracez le graphe du projet
  - A l'aide des durées moyennes, trouvez les débuts au plus tôt des tâches, les débuts au plus tard, les marges totales et les marges libres
  - Tracez le chemin critique.
3. Calculez la probabilité que ce projet soit terminé en 32 jours.
4. Calculez la durée du projet avec une probabilité de 90 %.

Tâches	Antécédents	Durées		
		Optimiste	Plus probable	Pessimiste
A	I,L	1	3	6
B	/	4	5	7
C	B,L	3	6	8
D	C,K	1	1	2
E	D,F	2	4	5
F	A,G,H	2	4	5
G	I,L	7	10	13
H	C,A	1	2	3
I	B	5	8	10
J	B	1	1	2
K	J	2	4	7
L	/	1	2	3

Tableau

## 5. Corrigé de l'exemple

### 1. Calculez la durée moyenne et l'écart type pour chaque tâche.

Calculez la durée moyenne et l'écart type pour chaque tâche

taches	antec	optimiste	+ probable	pessimiste	moyenne	écart type	variance	variances chemin critique
A	I,L	1	3	6	3,17	0,83	0,69	
B	/	4	5	7	5,17	0,5	0,25	0,25
C	B,L	3	6	8	5,83	0,83	0,69	
D	C,K	1	1	2	1,17	0,17	0,03	
E	D,F	2	4	5	3,83	0,5	0,25	0,25
F	A,G,H	2	4	5	3,83	0,5	0,25	0,25
G	I,L	7	10	13	10	1	1	1
H	C,A	1	2	3	2	0,33	0,11	
I	B	5	8	10	7,83	0,83	0,69	0,69
J	B	1	1	2	1,17	0,17	0,03	
K	J	2	4	7	4,17	0,83	0,69	
L	/	1	2	3	2	0,33	0,11	

somme variances

2,44

Tableau 55 Tableau

## 2. Tracez le graphe du projet

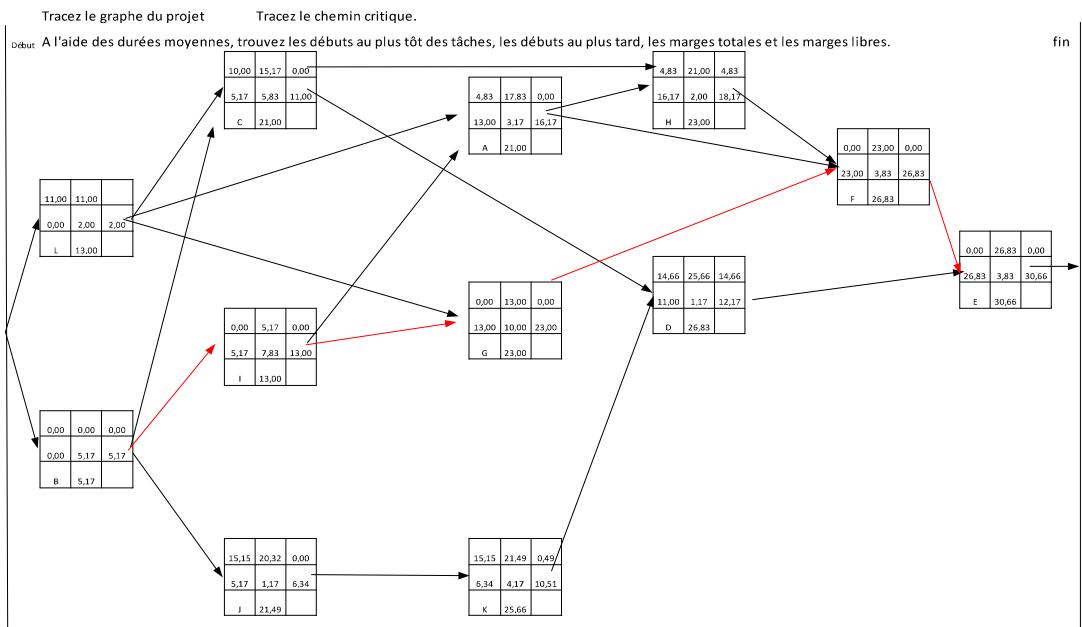


Tableau 56 Graphe

## 3. Calculez la probabilité que ce projet soit terminé en 32 jours.

variance du projet = 2,44

écart type du projet = 1,56

changement de variable :  $(32-30,66)/1,56 = 0,86$

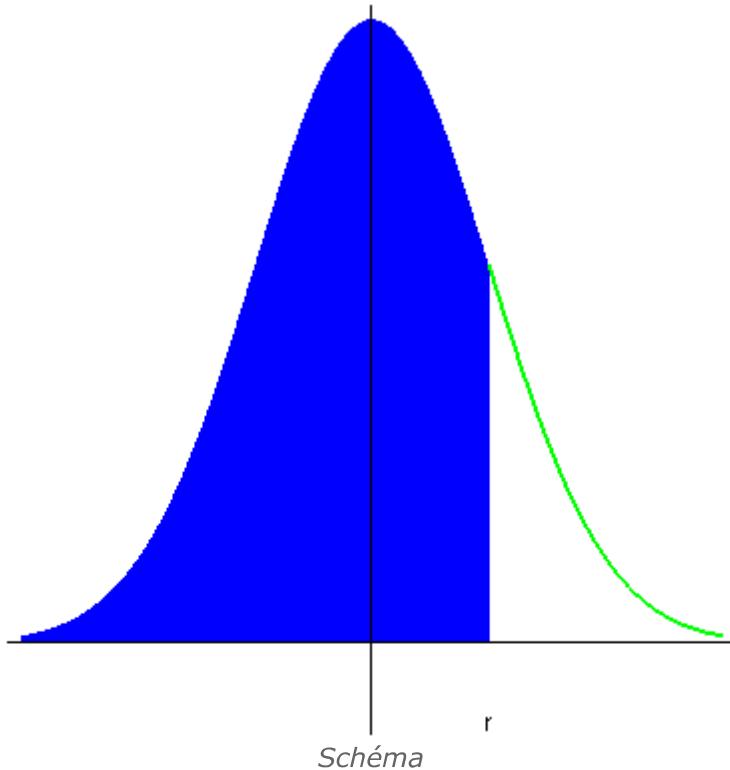
probabilité que la durée du projet soit de 32 jours = 80,51%

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt.$$

Formule

	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	0.7703	0.7734	0.7764	0.7793	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	0.8906	0.8925	0.8943	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	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986
3.0	0.9986	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	0.9994	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
3.7	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.8	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tableau 57 Tableau



Schéma

#### 4. Calculez la durée du projet avec une probabilité de 90 %.

variance du projet = 2,44

écart type du projet = 1,56

changement de variable :  $(32-30,66)/1,56 = 0,86$

probabilité que la durée du projet soit de 32 jours = 80,51%

### 6. Exercice rédactionnel

#### Question

[Solution n°4 p 97]

1. Représentez le graphe ci-dessous.
2. Calculez la durée moyenne du projet.
3. Trouvez la probabilité pour que ce projet soit terminé en 32 jours (on considérera que le nombre de tâches est très grand).
4. Déterminez la durée avec une probabilité de 98%.
5. Les durées de la tâche H sont modifiées. Des informations plus précises indiquent que la moyenne est 9 et l'écart type 5. Cette modification a-t-elle des conséquences sur les résultats des questions 3 et 4 ?

Tâches	Antéc.	Durées			Moyenne	écart-type	variance
		Optimiste	Plus prob.	Pessimiste			
A	F , E	1	2	3			
B	A , G	1	3	5			
C	B	1	3	4			
D	E	12	13	14			
E	J	3	5	8			
F	I , J	2	6	8			
G	H	7	8	10			
H	I	6	9	12			
I	L	1	2	3			
J	L , K	4	5	6			
K	.....	3	6	9			
L	.....	1	3	5			

Tableau 58 Tableau

### F. Diagramme de Gantt

#### 1. Objectifs

Etablir le diagramme de Gantt à partir du PERT.

Définir les besoins en ressources à l'aide du diagramme de Gantt.



## 2. Le diagramme de Gantt

a) Le diagramme de Gantt ou diagramme à barres

Etabli par Henry Gantt en 1885 c'est une représentation très pratique et très utilisée.

Les tâches ou activités sont ordonnées sur une échelle de temps en fonction des antériorités entre les tâches, de la disponibilité des moyens matériels...

Ce diagramme (ou planning) présente un certain nombre d'avantages :

- lecture simple et accessible à tous.
  - le suivi peut s'effectuer facilement lors du déroulement du projet en comparant les dates prévues et les dates réelles.
  - les dates de début et de fin de chaque tâche sont lues directement sur l'échelle de temps.
  - il permet en affectant les ressources aux tâches d'établir le plan de charge.

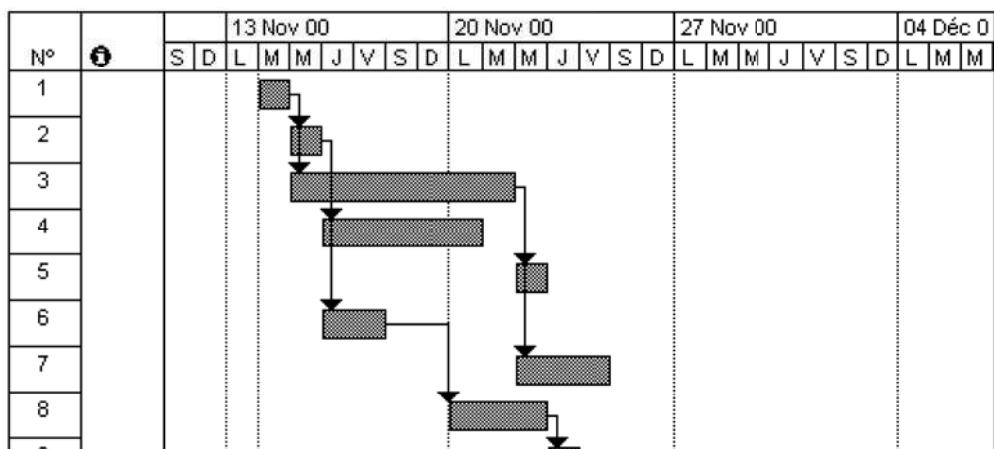
Par contre il possède un désavantage important: pas de mise en évidence des relations d'antériorité existant entre les tâches.

Cela entraîne les inconvénients suivants :

- en cours de déroulement du projet si une tâche prend du retard on ne peut déterminer si cela aura une influence sur la fin du projet.
  - lors de la mise à jour du planning on décale les tâches en retard vers la droite on ne peut déterminer quelles sont les tâches.



*Exemple : Diagramme de Gantt*



## Schéma

Les tâches sont représentées par des "barres" dont la longueur correspond à la durée.

Sur ce diagramme dit "fléché" les liens d'antériorité entre les tâches sont représentés par des flèches.

Par exemple la tâche 8 ne peut commencer que lorsque la tâche 6 est finie.



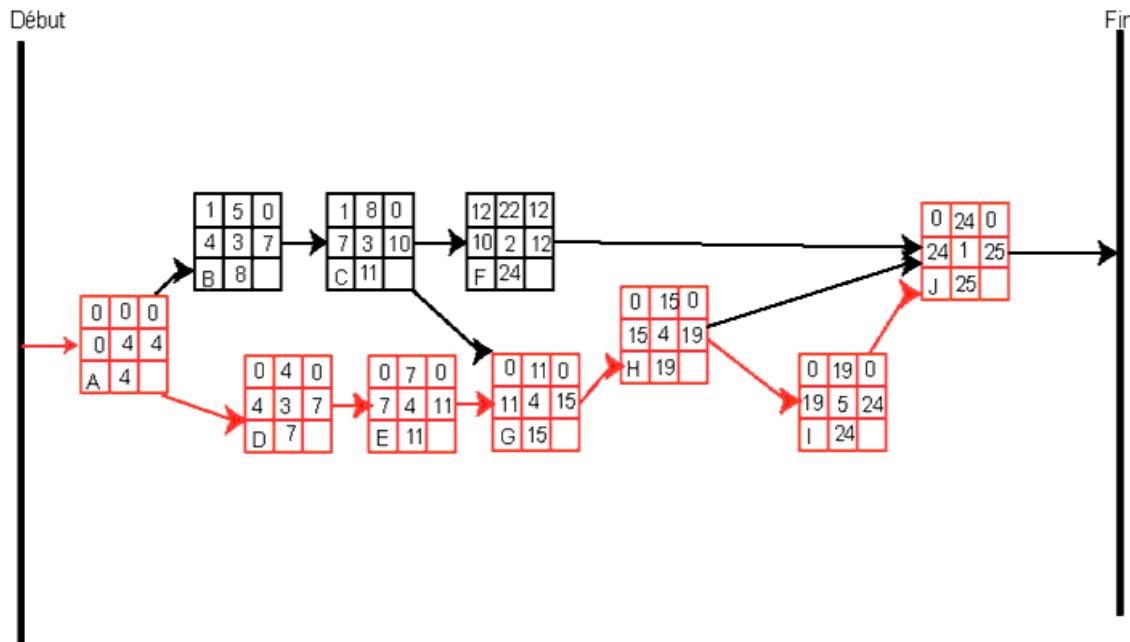
### Remarque

Le temps de travail ne comportant pas les week-ends la tâche 8 ne démarre que le lundi.

### 3. Exemple

#### a) Diagramme de Gantt

Reprenons l'exemple de l'évènement, le diagramme Pert était le suivant :

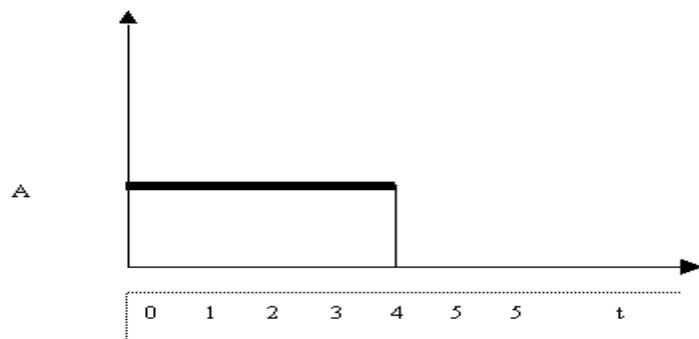


Schéma

Pour réaliser le diagramme de Gantt au plus tôt il suffit de reporter pour chaque tâche, sur un diagramme avec une échelle de temps des barres dont la longueur est proportionnelle à la durée et dont le début de la barre coïncide avec la date de début au plus tôt.

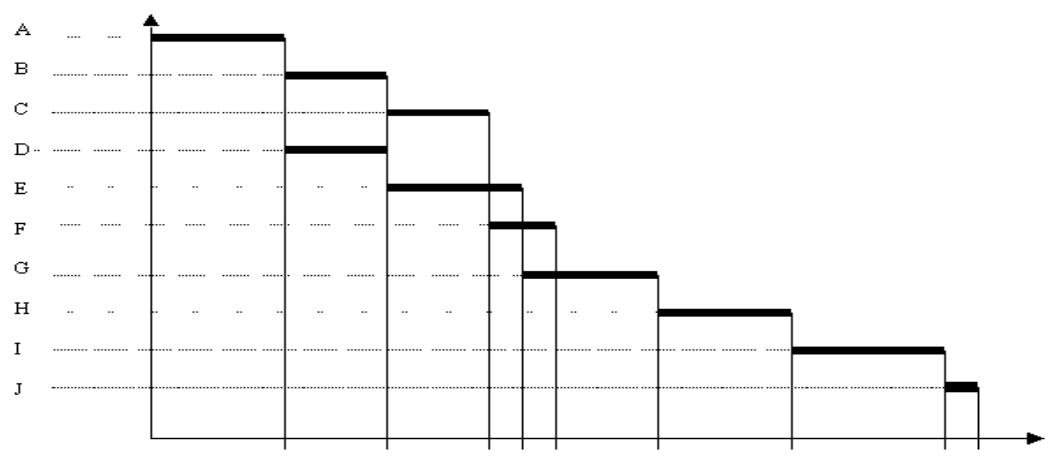
### b) Diagramme de Gantt (suite)

pour la tâche A elle a une durée de 4 jours son début au plus tôt est 0



*Schéma*

Pour l'ensemble du Projet le diagramme de Gantt sera :



*Schéma*

## 4. Application

### a) Diagramme de Gantt

Vous êtes dans un module d'apprentissage de la gestion de projets.

Vous avez à réaliser la planification d'un projet.

Préalablement au diagramme de Gantt il est nécessaire de réaliser le diagramme PERT.

Ce travail a déjà été réalisé dans une leçon précédente.

Vous allez en vous aidant du diagramme PERT réaliser le diagramme de Gantt.

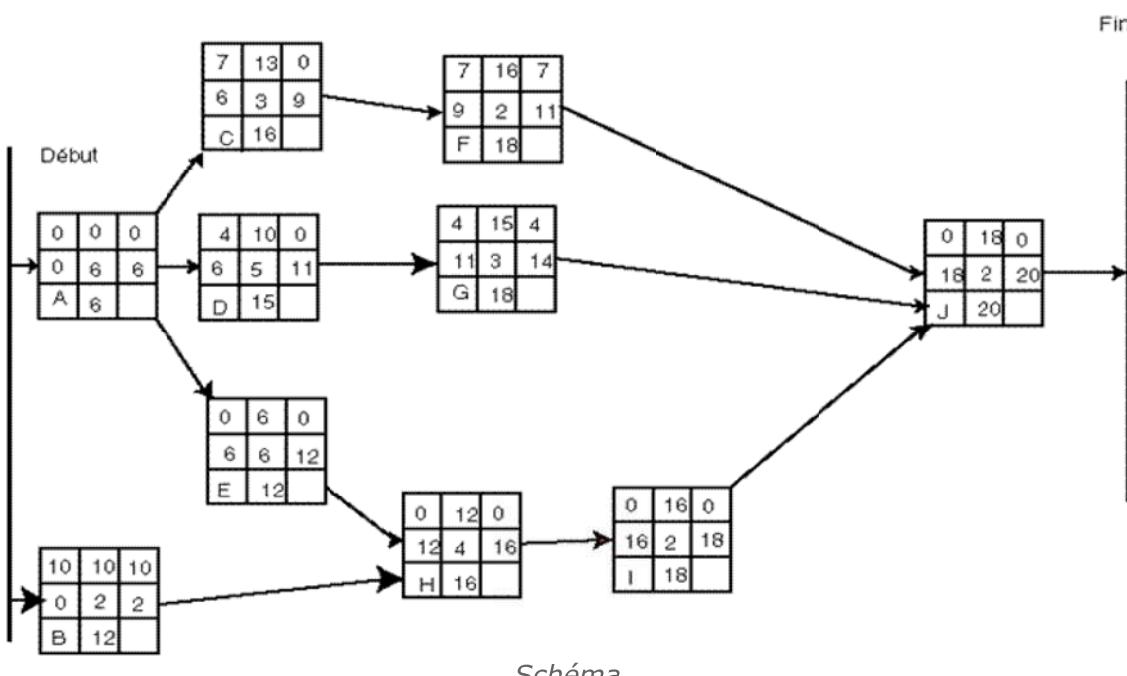


#### Conseil

Afin de vous aider, vous avez accès en permanence à un cours et à un exemple traité en parallèle.

### b) Exercice rédactionnel

Après avoir réalisé le PERT Potentiels Tâches et calculé les dates au plus tôt, au plus tard ainsi que les marges (ce qui a été réalisé dans une leçon précédente) il est nécessaire de réaliser un diagramme de type "planning" ou diagramme de Gantt.



#### Question

En vous aidant du PERT Potentiels Tâches ci-dessus établissez le diagramme de Gantt "au plus tôt".

Cliquez sur le lien pour réaliser l'exercice

## 5. Exercices

### a) Exercice rédactionnel

L'entreprise Ordoméca met à l'étude le lancement d'une nouvelle gamme de produits.



Ce lancement nécessite la réalisation de tâches repérées par les lettres A à I et dont les caractéristiques sont les suivantes :

tâche	durée	antécédent
A	5	D
B	2	G.H
C	5	B
D	4	
E	2	G.H
F	4	E.I
G	3	
H	2	D
I	6	A

Tableau 59 Tableau

Si vous avez déjà résolu les premières questions passez directement à la question 4.

#### Question

[Solution n°5 p 100]

- 1 - Etablissez la matrice des antériorités et classez les tâches par niveaux.
- 2 - Réalisez le graphe sagittal potentiel-étapes.
- 3 - Réaliser le pert potentiel tâches avec les dates au plus tôt, au plus tard, les marges libres et totales.
- 4 - A partir du Pert potentiel tâches réalisez le diagramme de Gantt (ne pas tenir compte des jours fériés), positionnez les marges sur le diagramme de Gantt.

#### b) Exercice rédactionnel

La direction d'un hôpital décide de mettre en place un service de soins palliatifs.

Ce projet comporte 12 tâches distinctes repérées par une lettre.

L'effectif (personnel nécessaire à la réalisation de la tâche), la durée des tâches ainsi que les antériorités nécessaires sont indiquées ci-dessous.

Tâche	Durée (jours)	Effectif	Antécédents
A	3	5	
B	1	2	A
C	5	3	A
D	6	2	B
E	4	4	B
F	2	3	C.D.I
G	9	4	E.F
H	5	4	
I	8	4	H
J	2	2	H
K	3	2	I
L	7	4	J.K

Tableau 60 Tableau

Si vous avez déjà résolu les premières questions passez directement à la question 4.

#### Question

- 1 - Etablissez la matrice des antériorités et classez les tâches par niveaux.
- 2 - Réalisez le graphe sagittal potentiel tâches.
- 3 - Réalisez le Pert potentiel tâches en calculant les dates au plus tard, au plus tôt, les marges libres et totales et en déterminant le chemin critique.
- 4 - Réalisez le diagramme de Gantt relatif au Pert potentiel tâches.

## G. Lissage des ressources

### 1. Lissage des ressources

#### Objectifs

Réaliser le lissage ou le niveling du diagramme de Gantt par rapport aux ressources

#### a) Effectuer les tâches du projet, ressources nécessaires

Pour effectuer les tâches du projet, des ressources sont nécessaires.

Or les ressources d'une entreprise ne sont jamais illimitées, de plus les ressources utilisées pour un projet sont souvent transversales et appartiennent souvent à des services différents et sont affectées momentanément au projet.

On peut aussi vouloir répartir de façon relativement homogène les ressources dans le temps afin d'éviter d'effectuer des heures supplémentaires à un moment donné et ensuite se trouver en sous-charge d'activité.

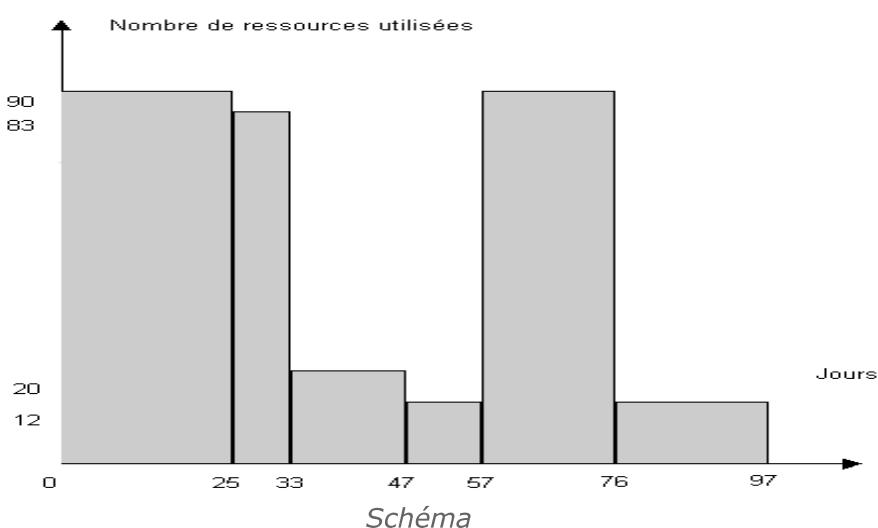
Ce sont deux types de gestion des ressources qui amènent à des opérations différentes :

La première, le lissage qui consiste à supprimer lorsque c'est le cas des dépassements de ressources.

La deuxième, le niveling qui consiste à répartir de façon à peu près égale l'utilisation des ressources tout au long du projet.

Ces deux opérations doivent respecter autant que possible la date de fin de projet. (pour certains projets cette date est impérative exemple commémoration)

Prenons un exemple pour expliquer le niveling et supposons que l'on représente l'utilisation d'une ressource par un histogramme.



On s'aperçoit que la ressource est très utilisée entre le 1<sup>°</sup> et le 33<sup>ème</sup> jour ainsi qu'entre le 57<sup>ème</sup> et 76<sup>ème</sup> jour mais qu'elle est sous-utilisée le reste du temps.

calculons la valeur totale ressource-jour utilisée :

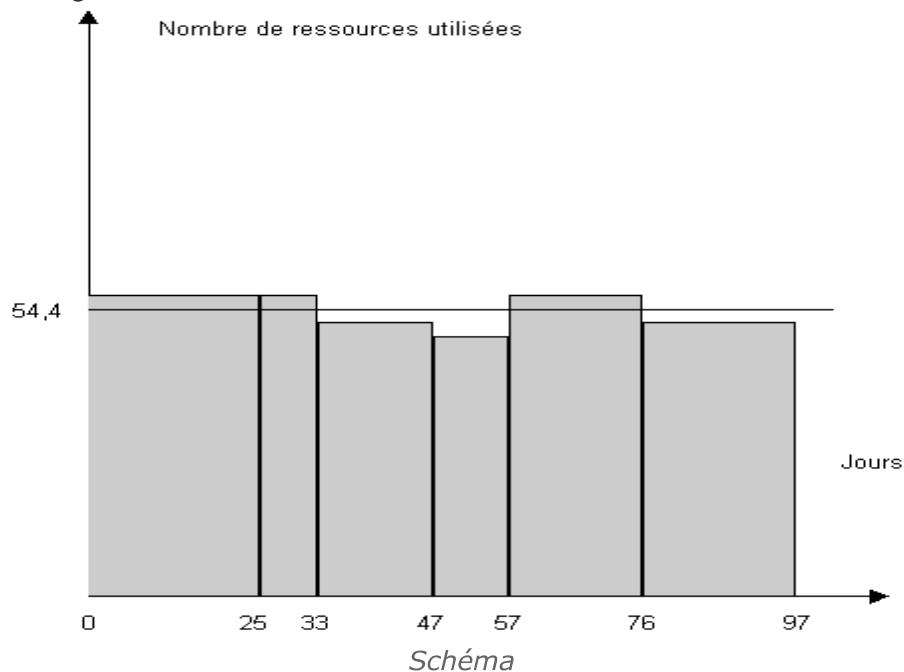
$$90 \times 25 + (33-25) \times 83 + (47-33) \times 20 + (57-47) \times 12 + (76-57) \times 90 + (97-76) \times 12 = 5276$$

La moyenne utilisée lors du projet est de :

$$\frac{5276}{97} = 54,4$$

*Schéma*

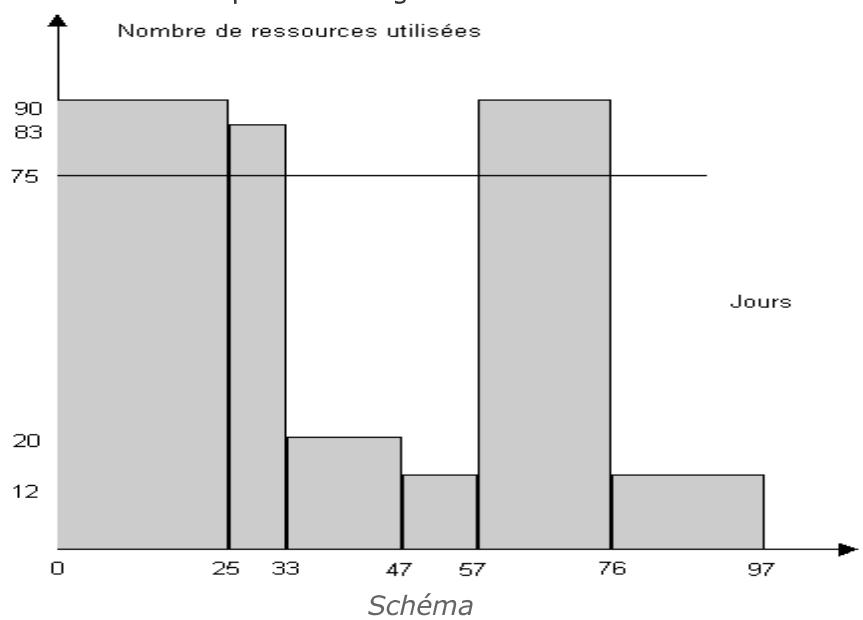
Aussi il est plus rationnel d'obtenir un histogramme de ce type où l'on répartit de façon plus régulière l'utilisation de la ressource.



Pour réaliser le nivellation, il faut décaler les tâches dans la limite de leur marge.

### b) Le lissage

Prenons un exemple pour expliquer le lissage et supposons que l'on représente l'utilisation d'une ressource par un histogramme.



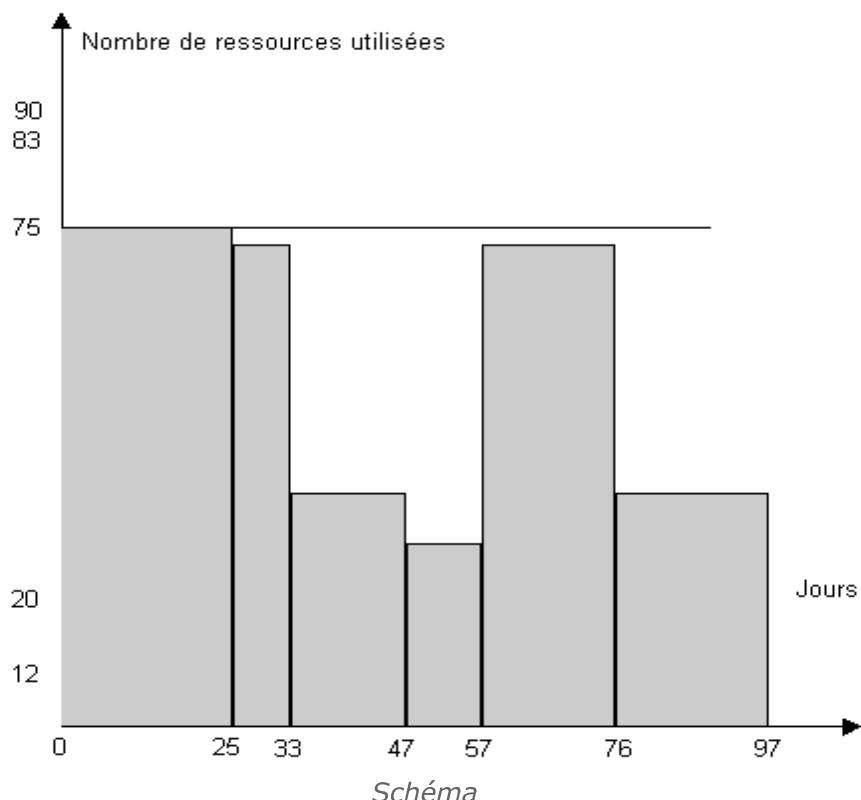
75 représente la capacité maximum de la ressource.

Nous allons donc procéder au lissage c'est-à-dire décaler les tâches dans la limite de leur marge afin que les ressources associées soient utilisées plus tard.

Il faut bien sûr vérifier que cela est possible sans décaler la fin du projet.

Il faut vérifier que le nombre de ressources-jours maximum est supérieur à celui dont on a besoin.

Nombre maxi = 75 fois 97 = 7275 qui est bien supérieur à 5276. (voir calcul nivellelement)



## 2. Exemple

### a) Exemple 1

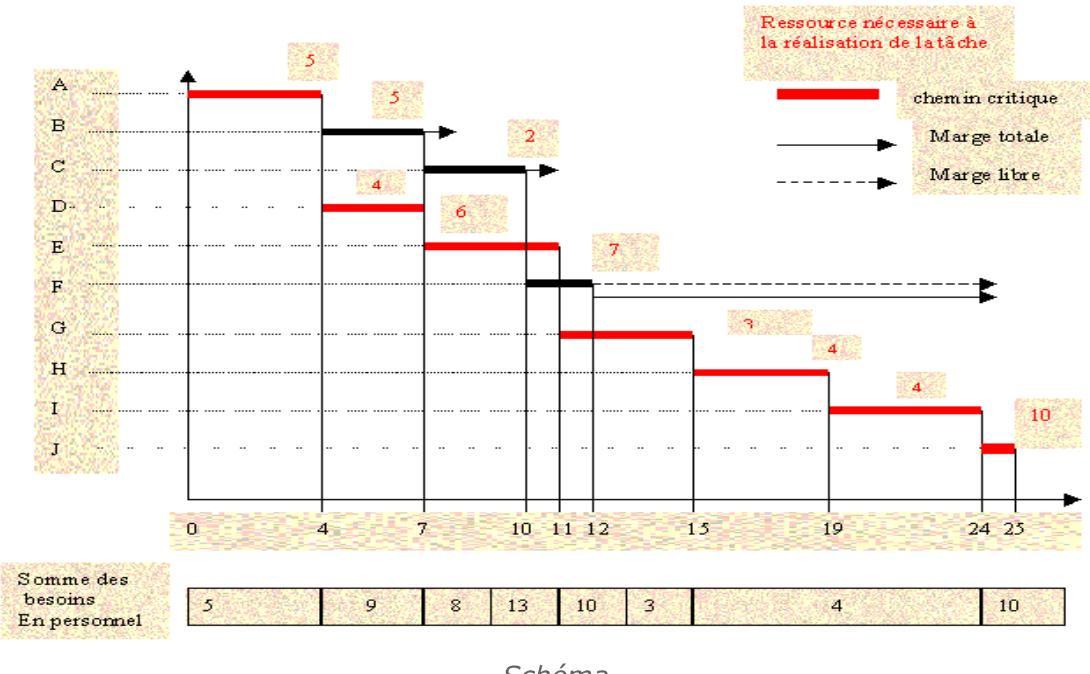
Reprenons l'exemple de l'évènement et supposons que le nombre des ressources soit limité à 10.

Lettre	Nom taches	durée	Taches antérieures	ressources
A	Définition du budget	4		5
B	Selection thème,date, lieu	3	A	5
C	Embauche traiteur	3	B	2
D	Annonce interne	3	B	4
E	Annonce de presse	4	D	6
F	Selection menu	2	C	7
G	Location des équipements	4	C. E	3
H	Embauche personnel	4	G	4
I	Préparatifs	5	G	4
J	Evènement	1	I. H. F.	10

Tableau 61 Tableau

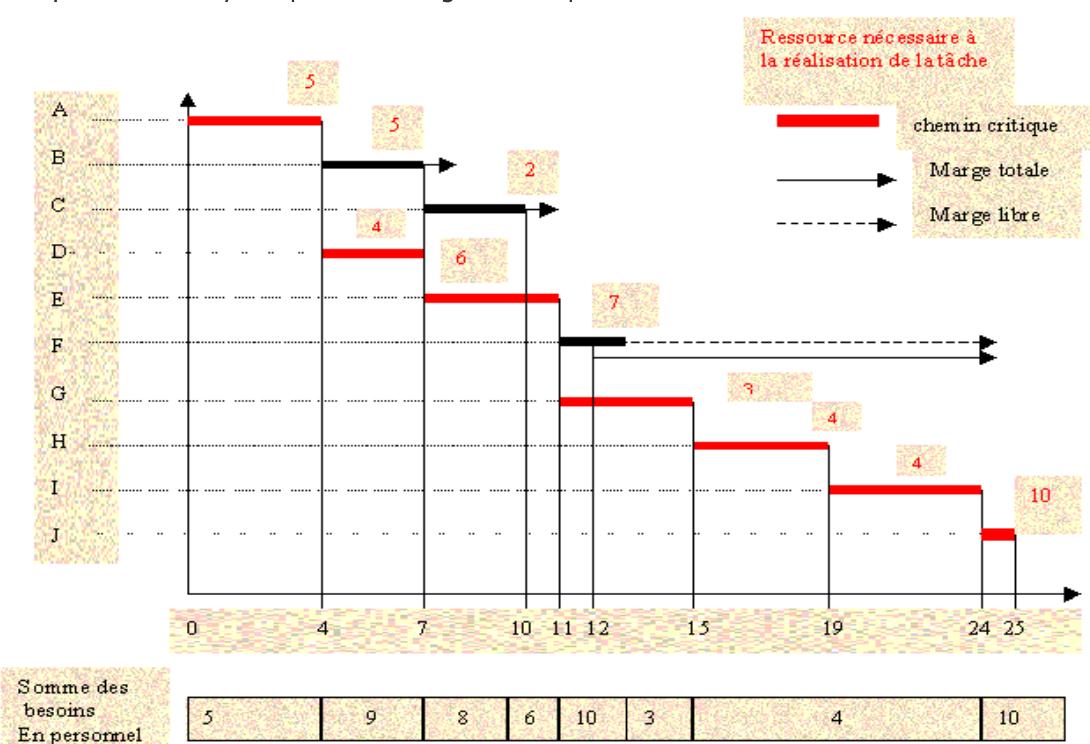


En réalisant la somme des besoins en personnel sur le diagramme de Gantt, on s'aperçoit qu'il existe une période entre le dixième et le onzième jour où deux tâches (E,F) se déroulent simultanément et nécessitent plus de dix personnes.



### b) Exemple 2

Pour éviter de dépasser la ressource maxi autorisée nous allons effectuer un lissage. Les deux tâches impliquées sont E et F avec E étant une tâche du chemin critique c-à-d n'ayant pas de marge. Nous pouvons donc décaler la tâche F.



En décalant la tâche F d'une journée (E et F ne sont plus simultanées) on ne dépasse plus la limite autorisée des ressources et on ne décale pas non plus la fin du projet, mais bien sûr on diminue la marge totale et libre de F.

### 3. Exercice rédactionnel

L'entreprise Ordoméca met à l'étude le lancement d'une nouvelle gamme de produits. Ce lancement nécessite la réalisation de tâches repérées par les lettres A à I et dont les caractéristiques sont les suivantes :

tâche	durée	antécédent	ressources
A	5	D	2
B	2	G,H	3
C	5	B	3
D	4		3
E	2	G,H	3
F	4	E,I	3
G	3		3
H	2	D	3
I	6	A	3

Tableau 62 Tableau

Si vous avez déjà résolu les premières questions passez directement à la question 5.

#### Question

[Solution n°6 p 101]

- 1° Etablissez la matrice des antériorités et classez les tâches par niveaux.
- 2° Réalisez le graphe sagittal potentiel-étapes.
- 3° Réalisez le Pert potentiel tâches en calculant les dates au plus tard, au plus tôt, les marges libres et totales et en déterminant le chemin critique.
- 4° Réalisez le diagramme de Gantt au plus tôt relatif au Pert potentiel tâches.
- 5 ° Effectuez un lissage sachant qu'on ne peut utiliser au maximum que 6 ressources mais que les ressources sont polyvalentes et peuvent être affectées à n importe quelle tâche.

## H. Logiciel de gestion de projets

### 1. Différentes fonctions dans un logiciel de gestion de projet

Il existe plusieurs centaines de logiciels de gestion de projets (voir cxp.fr) avec différentes fonctions :

- La gestion des propositions et contrats
- La gestion d'affaires et de budgets
- La gestion de projets & planification
- La gestion des ressources & compétences
- La gestion des temps et des frais



- La gestion des achats et des articles
- La gestion des appels et de la maintenance
- La Facturation & règlements
- Le Suivi d'encours et interface comptable
- Les Analyses & tableaux de bord
- La gestion documentaire

L'utilisation d'un logiciel de gestion de projet sera étudiée essentiellement pour la fonction de planification.

Pour cette étude nous utiliserons le logiciel «OpenProj» celui-ci a été choisi car il est «open source» et donc téléchargeable et utilisable par n'importe qui.

## 2. Etapes de création d'un projet

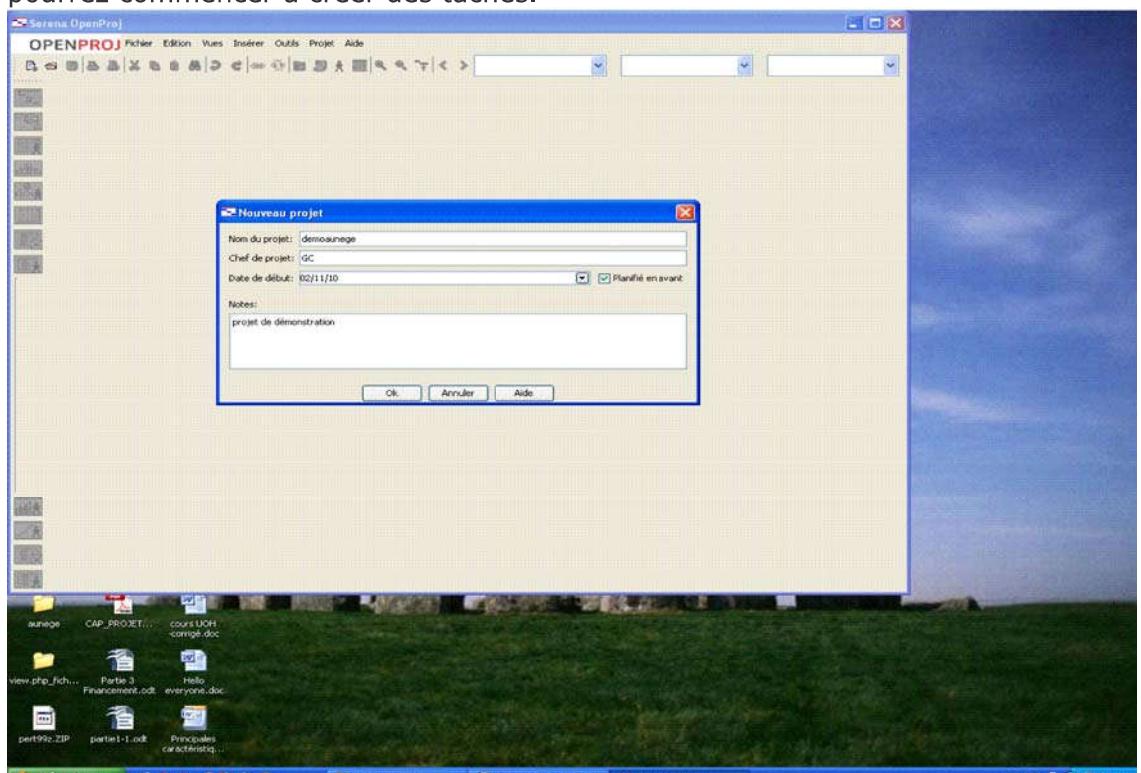
### a) Ouverture d'un nouveau projet

Le seul champ obligatoire est le nom du projet. La date de début du projet sera automatiquement la date d'aujourd'hui (ou le jour ouvré suivant la date du jour) par défaut, mais vous pouvez le modifier.

L'ordonnancement basique est de type début à fin, c'est-à-dire que vous choisissez une date de début du projet, et les dates suivantes sont calculées dans le futur, en fonction des durées affectées aux tâches.

Vous pouvez modifier toutes les valeurs et les dates en allant dans la boîte de dialogue : Informations sur le Projet.

Après avoir entré les détails, un diagramme de Gantt vide apparaîtra, où vous pourrez commencer à créer des tâches.



écran

## b) Création des tâches

Le Tableau des Tâches montre la Work Breakdown Structure(WBS) de votre projet, avec les lots de travaux, les tâches dans les niveaux inférieurs.

Vous pouvez créer une hiérarchie des tâches directement en sélectionnant des lignes de tâches et en cliquant sur les boutons Abaisser/Hausse.

Le menu contextuel obtenu en cliquant avec le bouton droit vous permet aussi d'atteindre ces options.

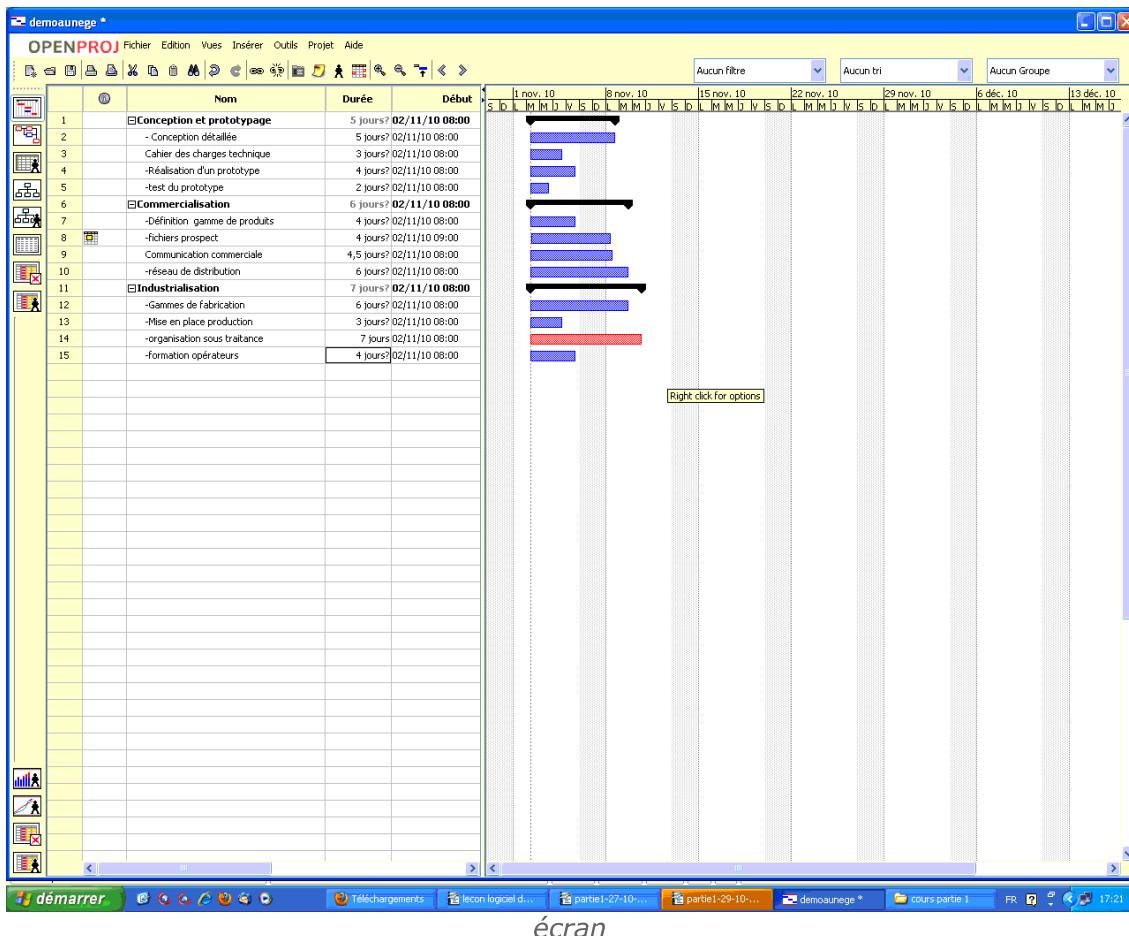
Pour créer de nouvelles tâches, il vous suffit de taper le nom de la tâche dans la colonne, et de valider en pressant le bouton Entrée.

Ceci va créer une tâche d'une journée qui démarra au jour de démarrage du projet.

La durée de cette nouvelle tâche s'affichera comme 1j?.

Le ? signifie que la durée est estimée.

Vous pouvez entrer une nouvelle valeur pour cette durée (et ainsi l'allonger), ou modifier la durée à l'aide de la souris.



## c) Lier des tâches

Les tâches à l'intérieur d'un projet sont très souvent dépendantes des tâches qui les précédent.

Au lieu d'entrer des dates de démarrage pour vos tâches, utilisez la souris pour créer des liaisons entre les tâches, et laisser le logiciel calculer les dates pour vous.

Une méthode alternative pour créer des liens de ce type dans la ou les tâches

précédentes consiste à taper le numéro de la tâche précédente dans la colonne Prédécesseur.

#### d) Diagramme de Gantt

La partie diagramme de la Vue Gantt est composée d'un axe de temps en haut, et de barres horizontales qui représentent les tâches dans le tableau des tâches. Par défaut, le diagramme applique les conventions suivantes :

##### *Caractéristiques Standard du Gantt*

- Hierarchie WBS : Les tâches-mères sont représentées par des barres noires avec des pointes au début et à la fin. Elles sont d'une durée égale à la durée totale de leurs tâches-filles.
- Les tâches normales (sans filiation) sont représentées avec une simple barre, qui montre leur période d'activité.
- Statut Critique/Non-Critique : les tâches critiques sont en rouge, les tâches non-critiques sont en bleu.
- Liens de tâches antécéduentes : Des flèches indiquent les dépendances entre les tâches.
- Un arrière-plan montre des zones grisées pour les jours non-travaillés stipulés par le calendrier du projet.
- Une étiquette à droite de chaque tâche montre les ressources assignées, ou dans le cas de jalons, leur date.

##### *Caractéristiques Additionnelles du Gantt*

- Planification.
- Les lignes de planification apparaîtront automatiquement si vous sauvegardez un Suivi.
- Comme elles utilisent de la place, les lignes de planification vont augmenter l'espace entre les barres des tâches.
- Barres pour les attributions des ressources.

##### *Modifier l'apparence du Gantt*

- En cliquant droit sur le Gantt vous ferez apparaître le menu contextuel du Gantt, ce qui vous permettra de choisir de faire apparaître ou disparaître la partie supérieure du Gantt.
- Vous pouvez zoomer ou dézoomer, et ainsi modifier l'axe de temps, en utilisant les boutons loupes dans la barre d'outils.
- Vous pouvez utiliser les menus Filtres, Tris et Groupes pour modifier l'apparence des tâches, et leur organisation.

##### *Imprimer le Gantt*

- L'impression utilisera votre axe de temps courant, ainsi que vos configurations de filtres, groupes, tris et feuillets actuels.
- Si vous le désirez, vous pouvez imprimer uniquement le tableau des tâches ou juste le diagramme, au lieu d'imprimer les deux.

Il n'y a pour l'instant aucune option "s'adapter à la page". Cependant, vous pouvez contrôler ce qui sera imprimé en zoomant l'axe de temps et en modifiant les colonnes affichées dans le tableau des tâches. Vous pouvez aussi replier les tâches que vous ne souhaitez pas imprimer.

## e) Animation vidéo

Cliquez sur le lien pour voir l'animation

## f) Gestion des ressources

### *Table des ressources*

La table des Ressources est constituée d'un tableau contenant les ressources disponibles pour votre projet :

- Les rangées de ressource teintées en vert sont assignées au projet courant.
- Les ressources humaines doivent être assignées au type de ressources "Travail".
- Les machines et matériels sont assignés au type de ressources "Matériel".
- Les ressources "Travail" participent en heures, tandis que les ressources "Matériel" participent en quantité. Par exemple, une tâche qui nécessite un ouvrier pendant une semaine nécessite aussi 20 sacs de la ressource matériel "Ciment".

		Nom	RBS	Type	Etiquett...	Initi...	Groupe	Unités m...	Taux standard	Taux des heure...	Coût par utilisation	Augmenter de
1		dupond	technicien BE	Travail	d	BE		50 %	200,00 €/heure	0,00 €/heure	0,00 € Proportion	
2		martin	commercial	Travail	m	MK		100 %	150,00 €/heure	0,00 €/heure	0,00 € Proportion	
3		durand	technicien BM	Travail	d	BM		100 %	250,00 €/heure	0,00 €/heure	0,00 € Proportion	
4		ouvrier	0	Travail	d			300 %	80,00 €/heure	0,00 €/heure	0,00 € Proportion	
5		sacs ciment		Matériel	s				10,00 €		0,00 € Proportion	
6		grue		Matériel	g				250,00 €		300,00 € Proportion	

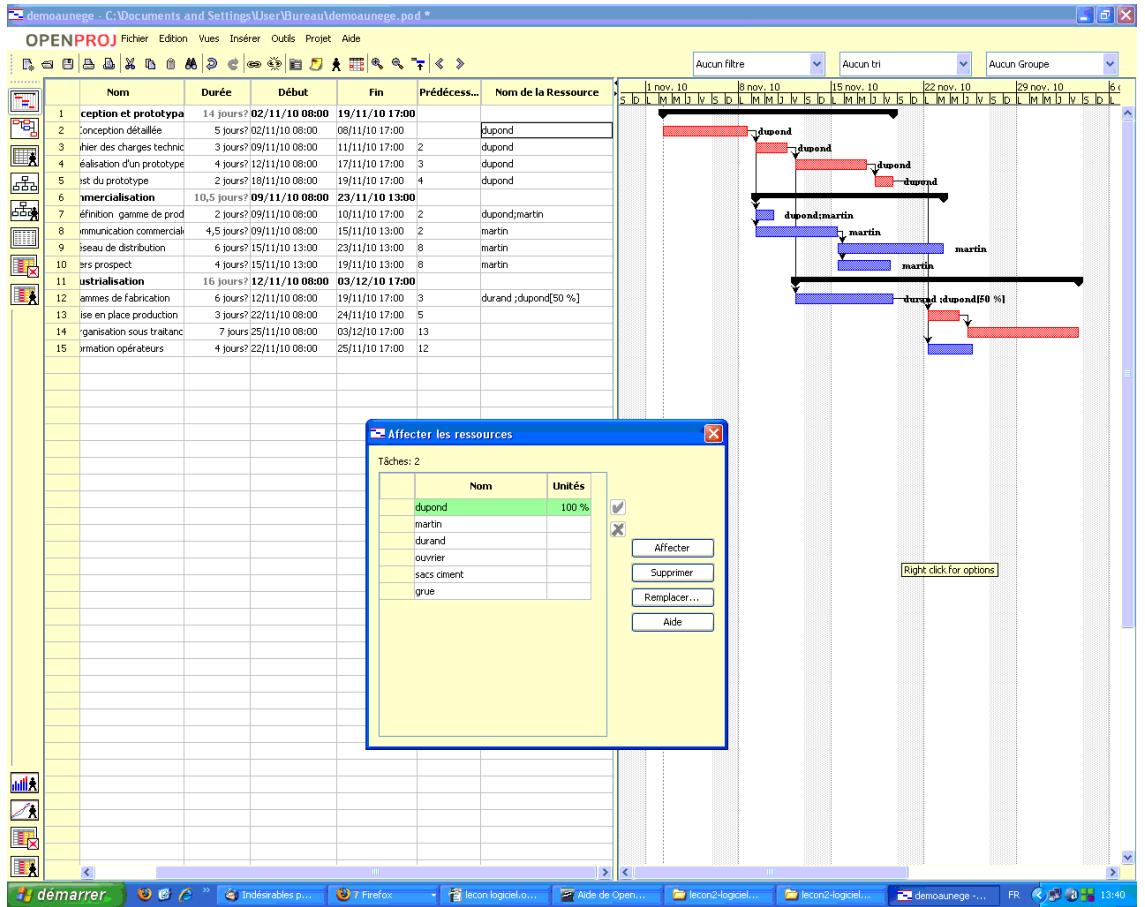
écran

### *Affectation des ressources aux tâches*

La boîte de dialogue Affecter des ressources est un peu différente des autres car elle reste toujours visible à l'écran même lorsque vous cliquez dans d'autres fenêtres. Elle vous permet de sélectionner une tâche dans le diagramme de Gantt pour ensuite lui affecter une ressource, puis de répéter cette opération pour une ou plusieurs autres tâches. L'affectation se passe comme suit :

1. Cliquer sur la tâche dans le diagramme de Gantt (à faire avec la boîte de dialogue "Affecter une ressource" ouverte)

2. La liste des ressources apparaît dans la boîte de dialogue
3. Cliquer sur la ressource choisie
4. Cliquer sur "Affecter" (La ressource choisie devient verte, ce qui indique que cette ressource a été affectée)
5. Sélectionner éventuellement le % utilisé de la ressource par la tâche

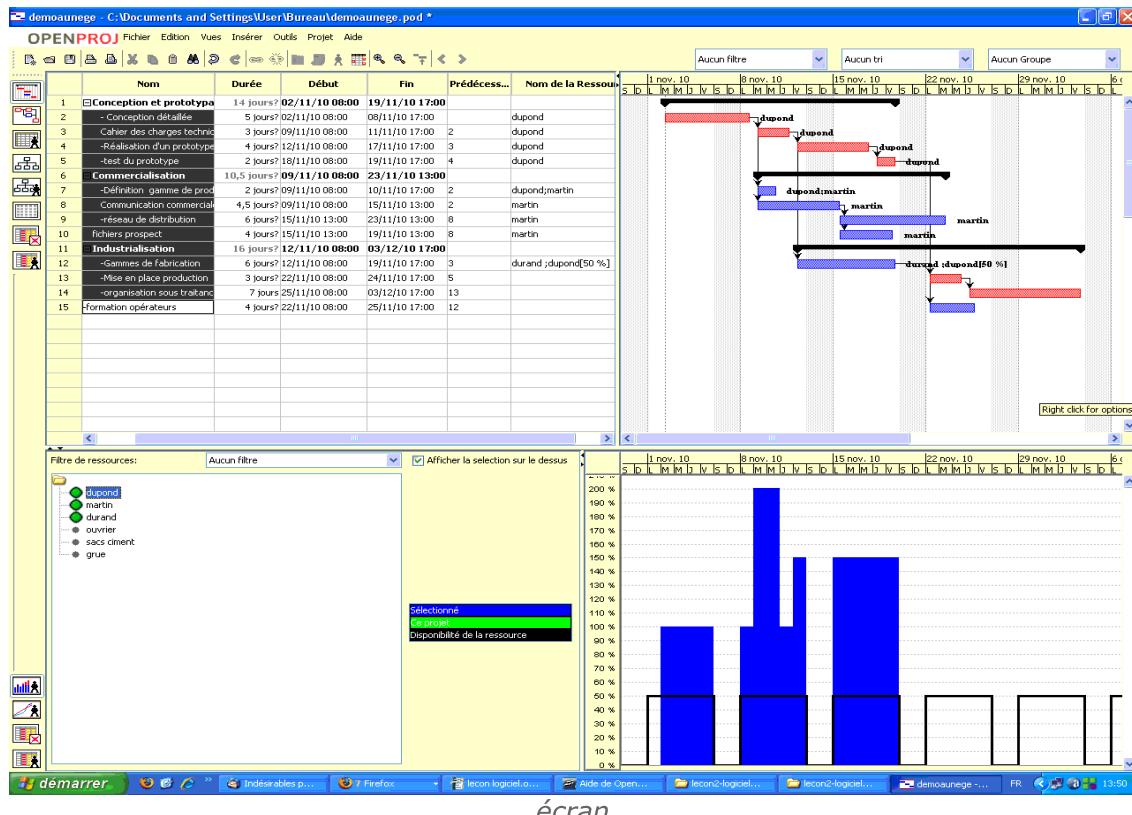


### *L'histogramme des ressources*

Grâce à l'histogramme, les managers visualisent graphiquement les détails des assignations des ressources. En utilisant cette vue, les managers peuvent visualiser les détails d'allocations de n'importe quelle ressource ou groupe de ressources. La Vue Histogramme fournit des détails sur la charge des ressources pour les tâches sélectionnées du projet en cours.

Quand une tâche (ou plusieurs) est mise en surbrillance et qu'une ressource est sélectionnée dans l'arbre de l'histogramme, le graphe d'histogramme montre les détails d'assignation de la ressource sélectionnée, en relation avec la tâche sélectionnée en bleu.

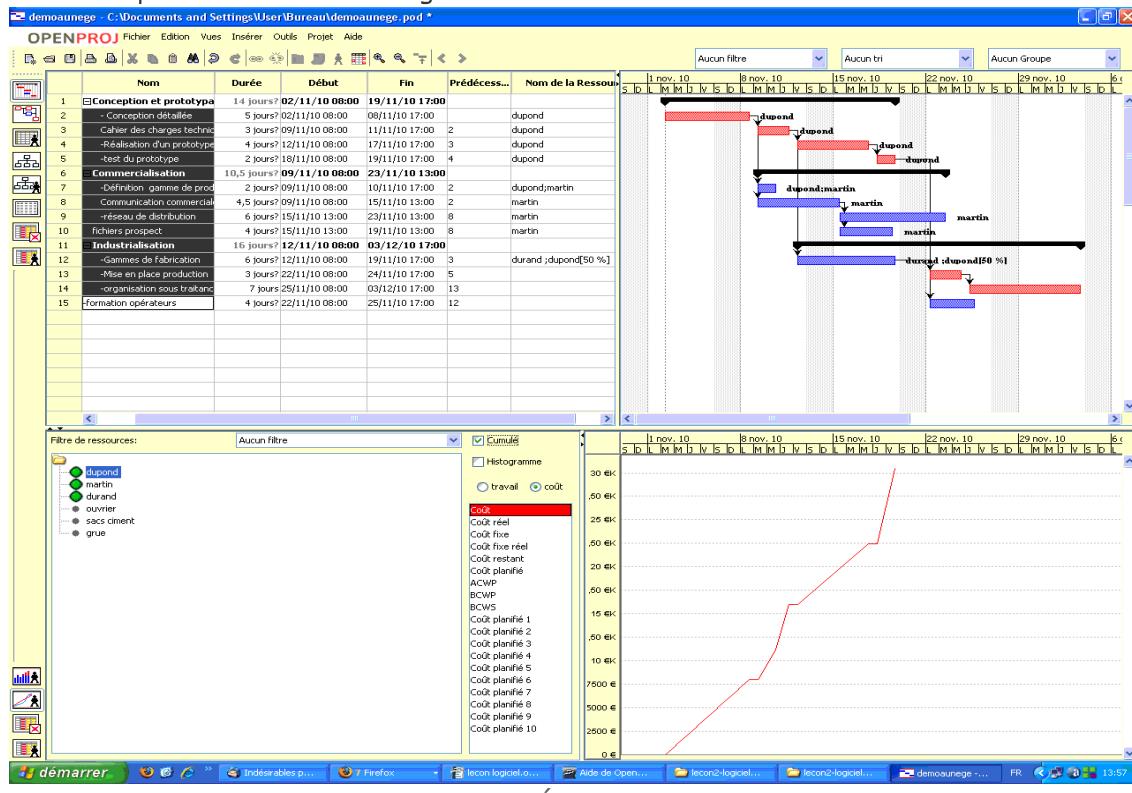
## Gestion de projet - partie 2



écran

## Diagrammes

Les Diagrammes sont similaires à l'histogramme des ressources mais peuvent donner des informations sur les coûts (à condition que les coûts des ressources aient été préalablement renseignés dans la table des ressources).



écran

### g) Animation vidéo

Cliquez sur le lien pour voir l'animation

### 3. Autres vues

### a) Réseau

Il y a d'autres façons de visualiser et analyser vos projets. Les deux vues principales pour les vues et leurs relations sont le diagramme de Gantt et le diagramme Réseau. Le diagramme Réseau est également appelé Diagramme de PERT.

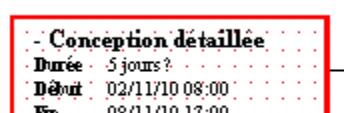
Chaque type de boîte correspond à un type de tâche.

Les tâches Résumé apparaissent comme ceci sur le Diagramme Réseau :



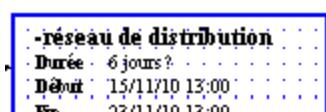
écran

Les tâches critiques sont représentées par des rectangles rouges



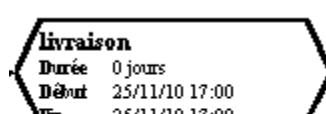
## écran

Les tâches non-critiques sont représentées par des rectangles bleus



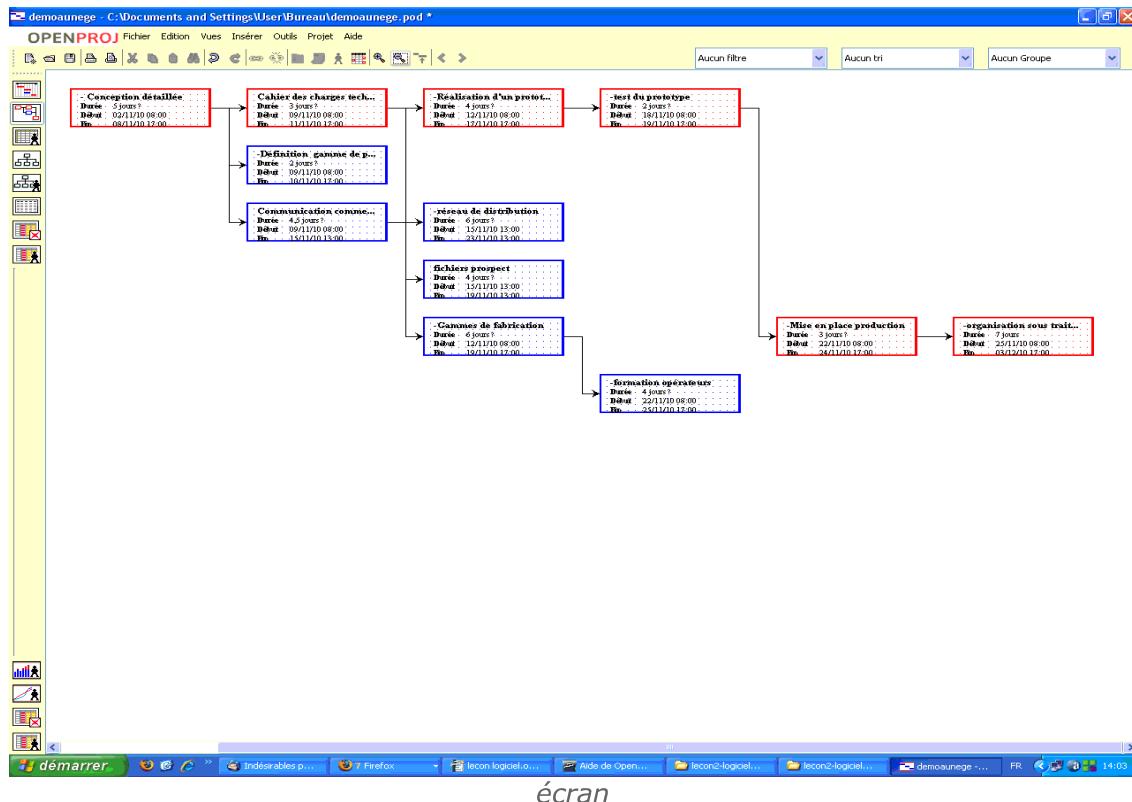
écran

Les jalons de projet sont représentés ainsi :

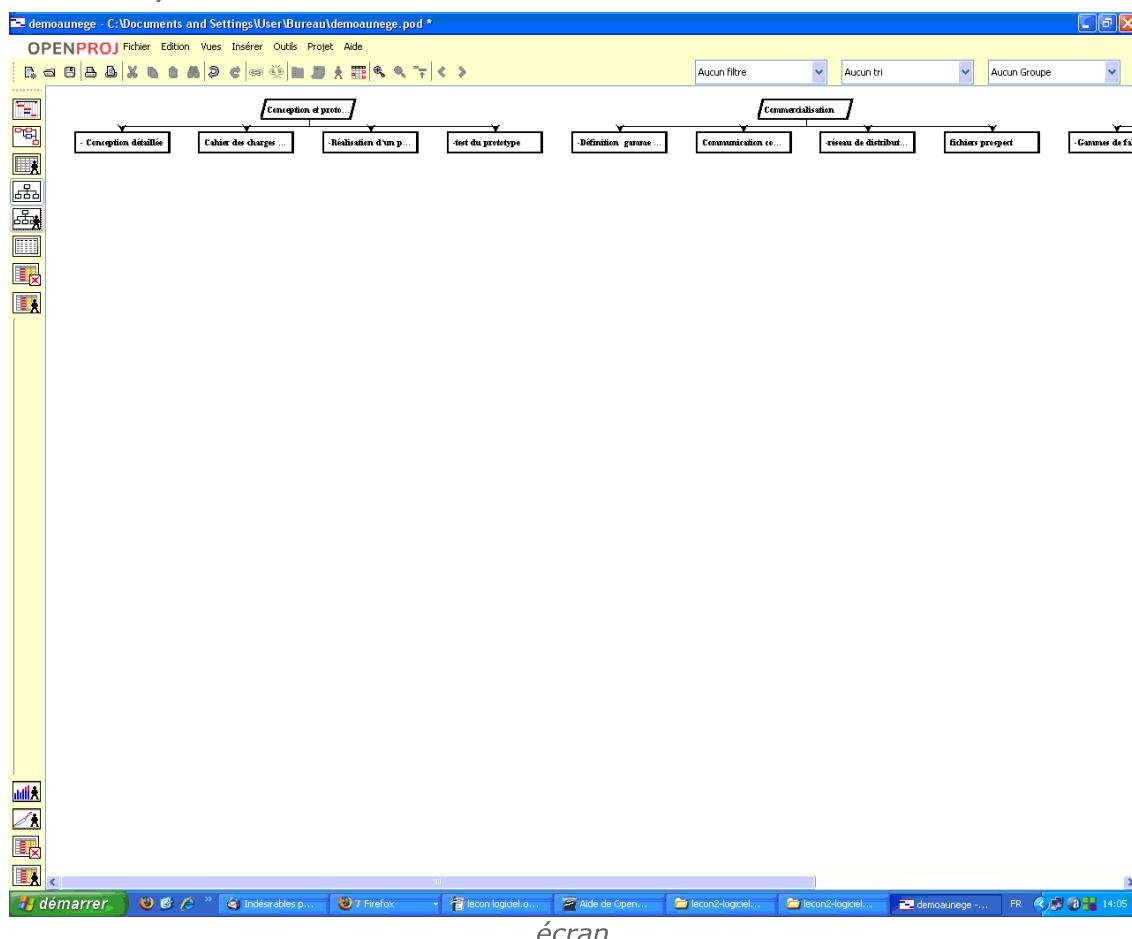


écran

## Gestion de projet - partie 2



b) WBS Work Breakdown Structure



## Utilisation des tâches

**écran**

Nom	Travail	Durée	Début	Travail	1 nov. 10	2 nov. 10	3 nov. 10	4 nov. 10	5 nov. 10	6 nov. 10	7 nov. 10	8 nov. 10
1	Conception et prototypage	112 heures	14 jours: 02/11/10 08:00	Travail	0h							
2	- Conception détaillée	40 heures	5 jours: 02/11/10 08:00	Travail	0h							
3	- Cahier des charges technique	24 heures	3 jours: 09/11/10 08:00	Travail	0h							
4	- Assemblage	24 heures	3 jours: 09/11/10 08:00	Travail	0h							
5	- Réalisation d'un prototype	32 heures	4 jours: 12/11/10 08:00	Travail	0h							
6	- Assemblage	32 heures	4 jours: 12/11/10 08:00	Travail	0h							
7	- Test du prototype	16 heures	2 jours: 18/11/10 08:00	Travail	0h							
8	- Assemblage	16 heures	2 jours: 18/11/10 08:00	Travail	0h							
9	Commercialisation	148 heures	10,5 jours: 09/11/10 08:00	Travail	0h							
10	- Définition gamme de production	32 heures	2 jours: 09/11/10 08:00	Travail	0h							
11	- Martin	16 heures	2 jours: 09/11/10 08:00	Travail	0h							
12	- Réseau de distribution	48 heures	6 jours: 15/11/10 13:00	Travail	0h							
13	- Fichiers prospect	32 heures	4 jours: 15/11/10 13:00	Travail	0h							
14	- Gamme de fabrication	72 heures	6 jours: 12/11/10 08:00	Travail	0h							
15	- Gammes de fabrication	24 heures	6 jours: 12/11/10 08:00	Travail	0h							
16	- Durand	48 heures	6 jours: 12/11/10 08:00	Travail	0h							
17	- Mise en place production	24 heures	3 jours: 22/11/10 08:00	Travail	0h							
18	- Organisation sous traçage	56 heures	7 jours: 25/11/10 08:00	Travail	0h							
19	- Formation opérateurs	32 heures	4 jours: 22/11/10 08:00	Travail	0h							
20	- Livraison	0 heures	0 jours: 25/11/10 17:00	Travail	0h							

## Utilisation des ressources

**écran**

Nom	Travail	Coutour de travail	Durée d'aff.	Travail	1 nov. 10	2 nov. 10	3 nov. 10	4 nov. 10	5 nov. 10	6 nov. 10	7 nov. 10	8 nov. 10
1	durand	152 heures	0 jours	Travail	0h							
	Cahier des charges technique	24 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
	- Test du prototype	16 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
	- Définition gamme de production	16 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
	- Conception détaillée	40 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
	- Réalisation d'un prototype	32 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
	- Gammes de fabrication	24 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
2	martin	132 heures	0 jours	Travail	0h							
	Communication commerciale	36 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
	fichiers prospect	32 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
	- Réseau de distribution	48 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
	- Définition gamme de production	16 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
3	durand	148 heures	0 jours	Travail	0h							
	- Gammes de fabrication	48 heures Plat	0 jours	Travail	0h							
4	ouvrier	0 heures	0 jours	Travail	0h							
5	sacs ciment	0 heures	0 jours	Travail	0h							
6	grue	0 heures	0 jours	Travail	0h							

## I. Exercice rédactionnel

Vous êtes responsable de production de l'entreprise SANAVACO sous-traitante de l'industrie automobile.

Vous êtes chargé de mettre en place le planning de réalisation d'un nouveau produit et de gérer le suivi de ce projet.

Le tableau ci-dessous résume les différentes tâches à réaliser pour parvenir à la fin du projet.

Les lettres représentent les différentes tâches du projet.

REP	ANTERIORITES	Dop	Dpv	Dpe	De	NOMBRE DE PERSONNES
A		3	4	8		2
B	A	5	6	10		4
C		8	10	12		3
D		17	19	27		4
E	C	8	17	20		5
F	C	3	4,5	9		4
G	D,F	4	6	8		6
H	B, G	6	7,5	12		7
I	H	4	5,5	10		3
J	E,H	1	2	3		6

Tableau 63 Tableau

Il existe une contrainte de type Fin Début de 4 jours entre B et H ,et de 5 jours entre E et J

### Données complémentaires

MT	DTA	ML
DTO	D	FTO
N	FTA	$\sigma$

Tableau 64 Tableau

Symbolisation à utiliser pour le PERT :

D : durée ; MT : marge totale ; ML marge libre ; DTO début au plus tôt ; FTO : fin au plus tôt ; DTA : début au plus tard ; FTA fin au plus tard ; N : repère de : la tâche ;  $\sigma$  : écart-type de la tâche.

Les durées notées Dop et Dpe sont respectivement les durées optimistes et pessimistes qui correspondent à la durée la plus courte (longue) de chaque tâche.

La durée Dpv (plus vraisemblable) correspond à la durée attendue celle que l'on aurait placée naturellement si on n'avait pas parlé de Dop et de Dpe.

Afin de déterminer la durée estimée qui est une pondération de ces trois durées il suffit d'appliquer la formule :  $De = (Dop+4*Dpv+Dpe)/6$

### Question 1

[Solution n°7 p 101]

1<sup>o</sup>partie

1-1) Quelles sont les tâches n'ayant pas d'antériorités ? Expliquer ce que cela implique pour ces tâches.

1-2) Calculer les durées estimées pour chaque tâche.

1-3) Etablir la matrice des antériorités.

1-4) Tracer le réseau PERT potentiel tâches.

1-4-1) Déterminer les dates au plus tôt et au plus tard de chaque tâche.

1-4-2) Déterminer les marges libre et totale de chaque tâche.



1-4-3) En choisissant une tâche ayant une marge libre différente de la marge totale expliquer précisément les implications sur le projet d'un retard supérieur à la marge libre survenant à la tâche choisie.

1-4-4) En choisissant une tâche expliquer précisément les implications sur le projet d'un retard supérieur à la marge totale survenant à la tâche choisie.

### Question 2

[Solution n°8 p 103]

2<sup>e</sup>partie

2-1) Réaliser le diagramme de Gantt au plus tôt.

2-1-1) Représenter les marges totales, les marges libres et la contrainte fin début.

2-1-2) Représenter les besoins en personnes en bas du diagramme de Gantt.

2-1-3) Vous ne disposez que de 12 personnes, réaliser un diagramme de Gantt lissé en respectant la date de fin de projet.



# Solution des exercices rédactionnels

> Solution n°1 (exercice p. 12)

N°	Nom de la tache	Durée	Prédécesseurs
1	étude conditionnement	10j	
2	Impression étiquettes	8j	1
3	Impression cartons	13j	1
4	étiquetage	3j	8;2
5	Commande matières premières	10j	
6	Livraison matières premières	0j	5;9;11
7	Commande de flacons	6j	1
8	Livraison des flacons	0j	7;10;11
9	Commande du mobilier industriel	10j	
10	Réorganisation de l'aire de stockage	5j	9
11	Amélioration sécurité aile B	12j	
12	Embauche	15j	
13	Remplissage de flacons	5j	6;12;4
14	Mise en boite des flacons	7j	3;13DD

Tableau 65 Tableau



## Remarque

Les taches 6 et 8 sont des tâches jalons, elles ont une durée nulle mais doivent être terminées pour réaliser d'autres tâches.

Par exemple pour remplir les flacons il faut que la livraison des matières premières ait été faite.

13DD signifie 13 début début et que la tâche 14 a pour antécédent la tâche 13 mais qu'elle peuvent commencer en même temps car leur début coïncident. (au remplissage d'un flacon près)

> Solution n°2 (exercice p. 33)

1 - matrice

POUR FAIRE	IL FAUT AVOIR TERMINE									NIVEAUX				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	1	2	3	4	5
A				1										
B							1	1						
C	1													
D														
E							1	1						
F					1					1				
G														
H			1											
I	1													

POUR FAIRE	IL FAUT AVOIR TERMINE									NIVEAUX				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	1	2	3	4	5
A				1						1	0			
B							1	1		2	1	0		
C	1									1	1	1	0	
D										0				
E							1	1		2	1	0		
F					1					1	2	2	2	0
G										0				
H			1							1	0			
I	1									1	1	0		

Tableau 66 Tableau

2 - graphe sagittal

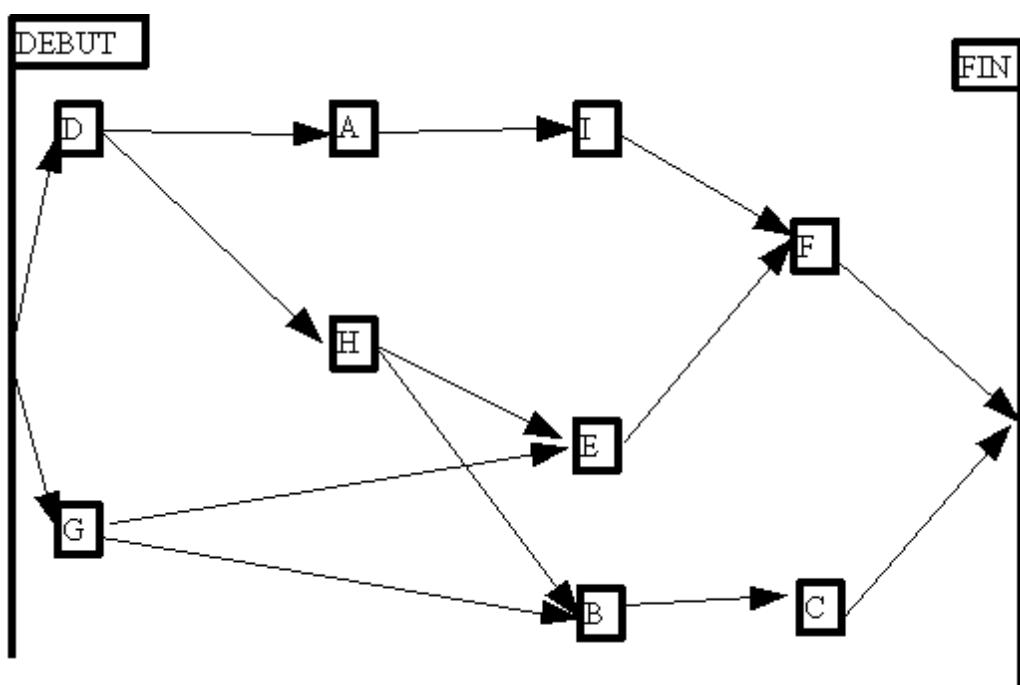


Diagramme sagittal



## &gt; Solution n°3 (exercice p. 57)

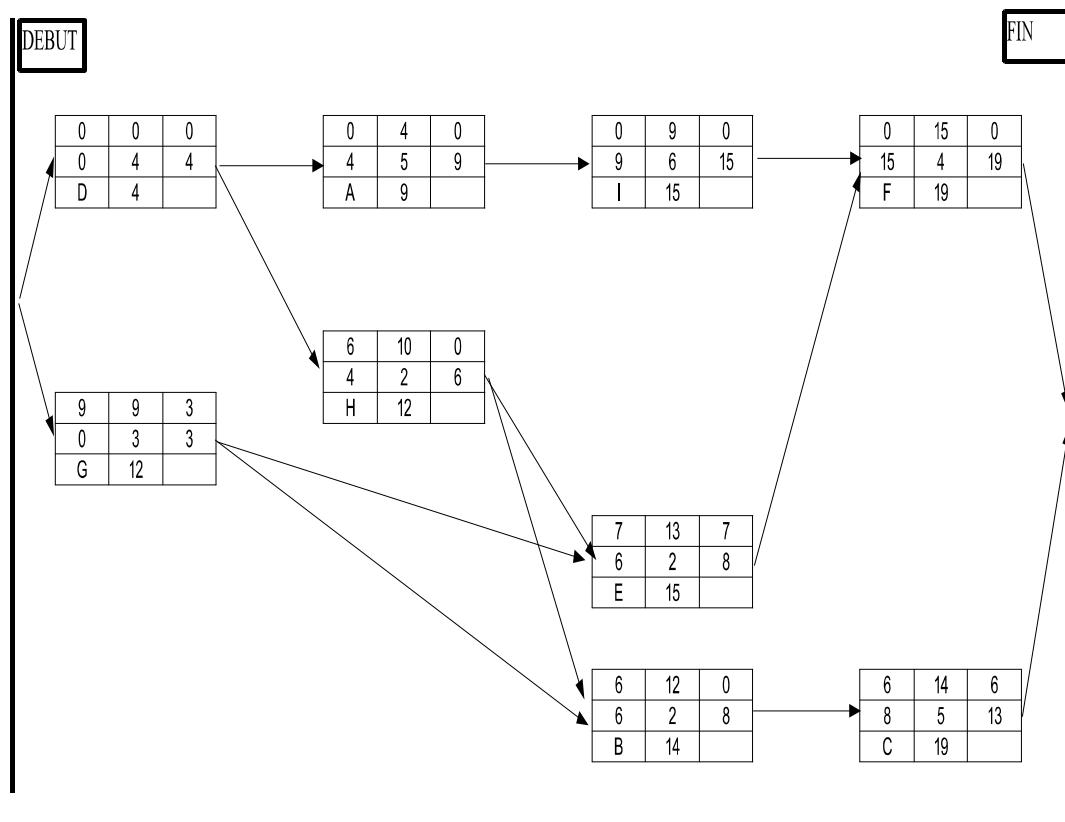


Tableau 67 Graphe

## &gt; Solution n°4 (exercice p. 72)

Corrigé exercice 1

Tâches	Antéc.	Durées				Moyenne	écart-type	variance
		Optimiste	Plus prob.	Pessimiste				
A	F , E	1	2	3	2,00	0,33	0,44	
B	A , G	1	3	5	3,00	0,67	1,11	
C	B	1	3	4	2,83	0,50	0,75	
D	E	12	13	14	13,00	0,33	0,44	
E	J	3	5	8	5,17	0,83	1,53	
F	I , J	2	6	8	5,67	1,00	2,00	
G	H	7	8	10	8,17	0,50	0,75	
H	I	6	9	12	9,00	1,00	2,00	
I	L	1	2	3	2,00	0,33	0,44	
J	L , K	4	5	6	5,00	0,33	0,44	
K	.....	3	6	9	6,00	1,00	2,00	
L	.....	1	3	5	3,00	0,67	1,11	

Tableau 68 Tableau

## Solution des exercices rédactionnels

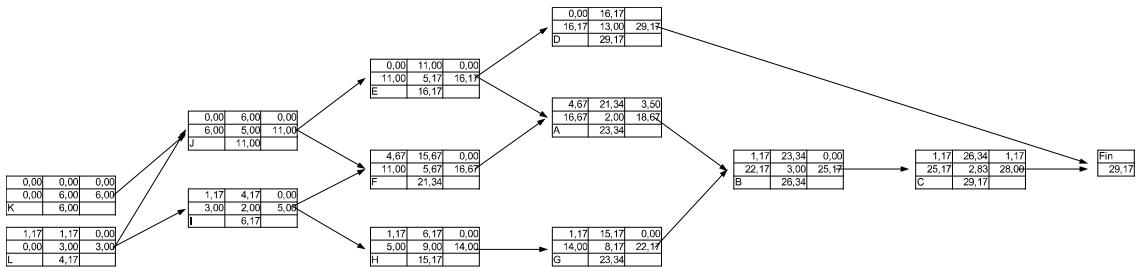


Tableau 69 Graphe

### Corrigé exercice 2

Durée moyenne du projet = 29,17

### Corrigé exercice 3

Calcul de la variance du projet : 4,42

écart type du projet = 2,10

changement de variable moyenne : 32-26,17 = 2,83

changement de variable écart type: 2,83/2,1 = 1,35

probabilité pour que le projet soit fini avant 32 jours : 91,15%

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt.$$

Formule

	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	0.7703	0.7734	0.7764	0.7793	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	0.8906	0.8925	0.8943	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	0.9986	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	0.9995	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
3.7	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.8	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tableau 70 Tableau

## *Corrigé exercice 4*

98% correspond à une valeur compris entre 2,05 et 2,06 après interpolation on obtient 2,054 écart types ce qui correspond à 4,34 autrement dit à une durée de projet de 33,50

## *Corrigé exercice 5*

Variance de H = 25

calcul de la variance du projet sur le chemin L,I,H,G,B,C

29,17

écart type du projet = 5,40

changement de variable moyenne : 32-28 = 4

changement de variable écart type 4/5,4 - 0,74

probabilité pour que le projet soit fini avant 32 jours = 77,03%

98% correspond à une valeur comprise entre 2,05 et 2,06 après interpolation on obtient 2,054 écart types ce qui correspond à 11,09 autrement dit à une durée de projet de 39,09



### *Remarque*

La probabilité que le projet soit fini avant 32 jours est beaucoup plus faible (76,73%) et on obtient une durée de projet réalisée avec 98% de chance plus grande (39,14)

## Solution des exercices rédactionnels

### > Solution n°5 (exercice p. 77)

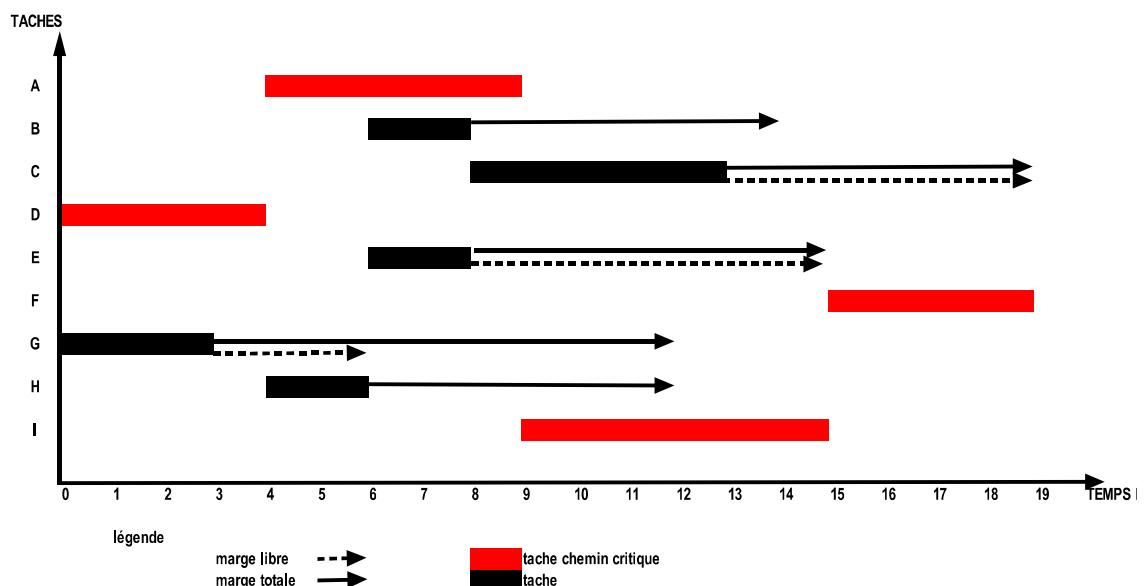
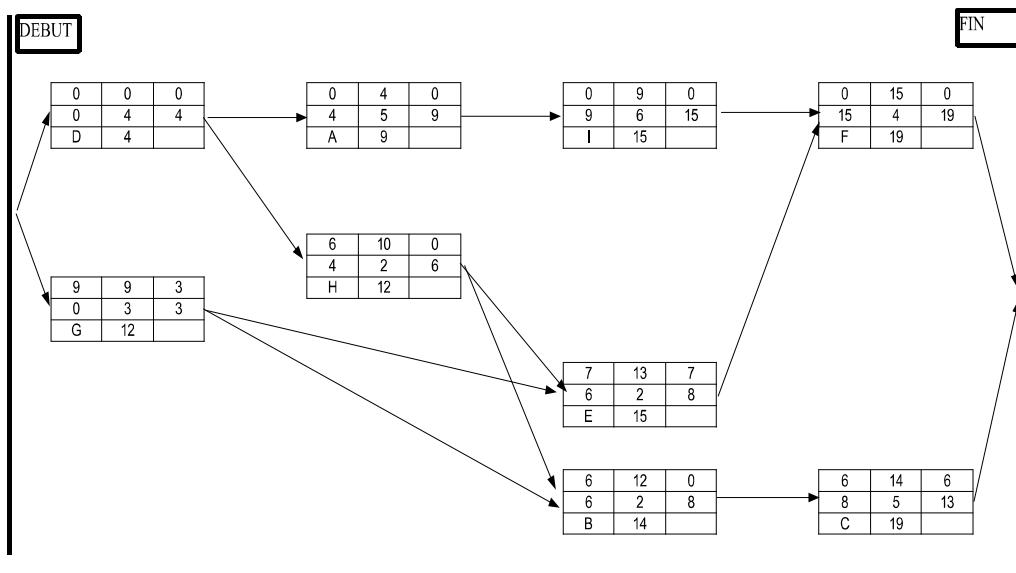
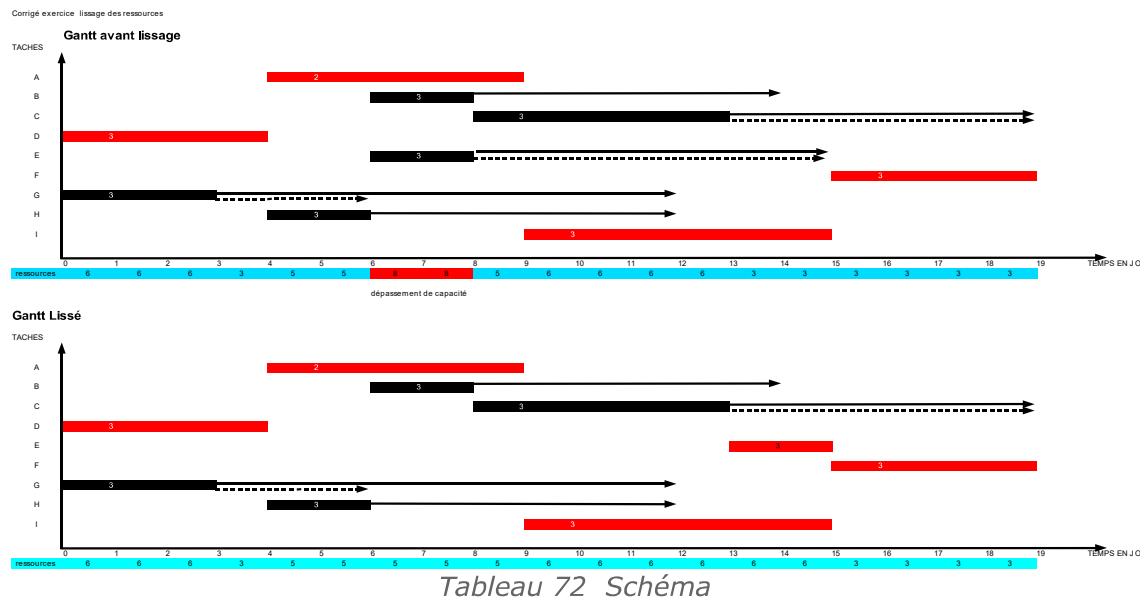


Tableau 71 Schéma

## &gt; Solution n°6 (exercice p. 82)



## &gt; Solution n°7 (exercice p. 92)

**1-1) Les tâches n'ayant pas d'antériorités. Implication pour ces tâches.**

Les tâches qui n'ont pas d'antériorités sont A, C et D. Cela veut dire que ces tâches peuvent commencer au début car elles n'ont pas d'antécédents .

**1-2) Calcul des durées estimées pour chaque tâche. (De)**

REP	ANTERIORITES	Dop	Dpv	Dpe	De	NOMBRE DE PERSONNES
A		3	4	8	4,5	2
B	A	5	6	10	6,5	4
C		8	10	12	10	3
D		17	19	27	20	4
E	C	8	17	20	16	5
F	C	3	4,5	9	5	4
G	D,F	4	6	8	6	6
H	B,G	6	7,5	12	8	7
I	H	4	5,5	10	6	3
J	E,H	1	2	3	2	6

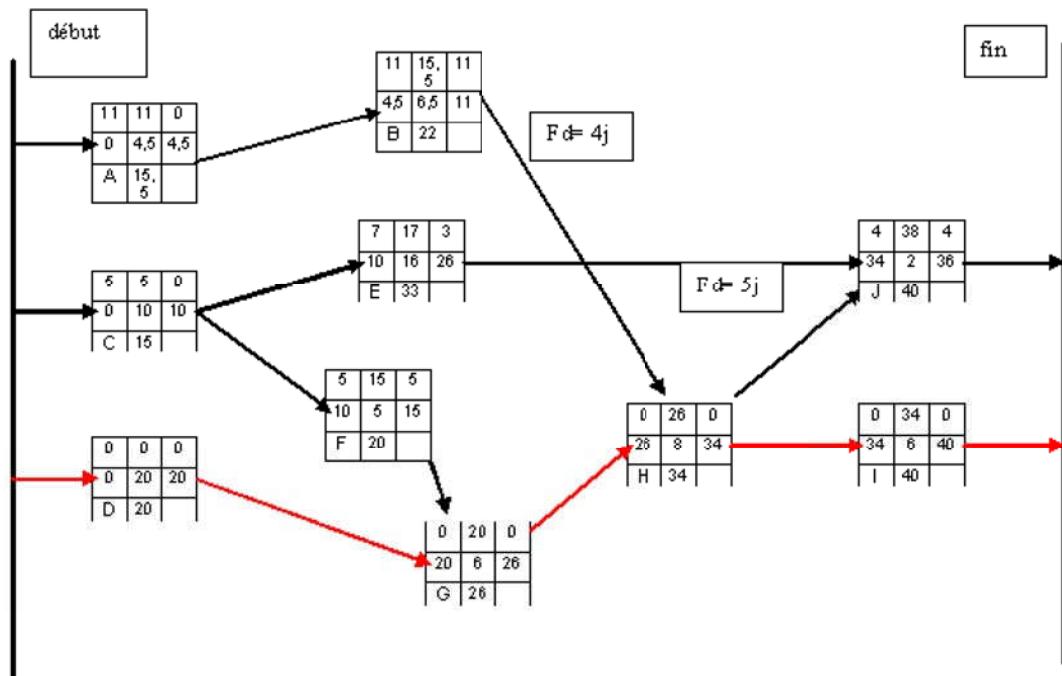
*Tableau 73 Tableau*

**1-3) La matrice des antériorités.**

		il faut avoir terminé										niveaux				
p o u r c o m m e n c e r	tâches	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	1	2	3	4	5
	A											0				
	B	1										1	0			
	C											0				
	D											0				
	E		1									1	0			
	F			1								1	0			
	G				1		1					2	1	0		
	H					1			1			2	2	1	0	
	I									1		1	1	1		0
	J									1		2	2	1	1	0
												A,C,D	B,E,F	G	H	I,J

Tableau 74 Tableau

**1-4) Le réseau PERT potentiel tâches, les dates au plus tôt et au plus, les marges libre et totale de chaque tâche.**



Schéma

Attention pour les fins au plus tard de E et B la contrainte fin début est prise en compte :

Exemple pour E  $FTA(E) = DTA(J) - 38 - \text{contrainte } (5) = 33$

De même la marge libre est diminuée par la contrainte

Exemple :  $ML(E) = DTO(J) - 34 - FTO(E) - 26 - \text{contrainte } 5 = 3$

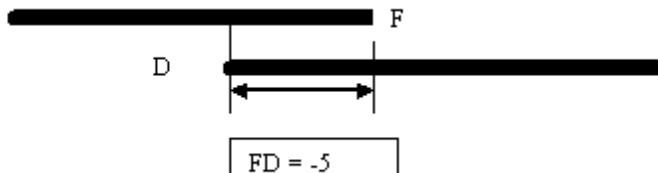
Le chemin critique est D, G, H et I.



**Remarque**

Dans l'énoncé les contraintes fin début sont positives et indiquent qu'il faut laisser un délai entre la fin de la tâche précédente et le début de la suivante.

Si la valeur de la contrainte avait été négative ( $FD = -5$  par exemple) cela aurait signifié un chevauchement de 5 entre les deux tâches.

*Schéma*

1-4-2) En choisissant une tâche ayant une marge libre différente de la marge totale, les implications sur le projet d'un retard supérieur à la marge libre survenant à la tâche choisie.

Si on prend la tâche E qui a pour marge libre 3 et marge totale 7

- le retard de la tâche E est supérieur à 3 jours mais ne dépasse pas la marge totale de 7 jours.

Exemple le retard de E est de 4 jours

La tâche suivante est J avec une contrainte de 5 jours de type Fin Début (J ne peut débuter que 5 jours après la fin de E).

Exemple : pour un retard de 4 jours (1 jour de plus que la marge libre), la durée de E devient 20 ; DTO de J devient 35 et FTO (J) = 37

Mais tant que le retard ne dépasse pas la marge totale, la date de fin de projet ne sera pas modifiée. Plus la durée du retard se rapproche de la marge totale, plus la tâche considérée a tendance à devenir critique.

1-4-3) En choisissant une tâche, les implications sur le projet d'un retard supérieur à la marge totale survenant à la tâche choisie

- le retard de la tâche E est supérieur à la marge totale 7.

Exemple, pour un retard de 8 jours, la durée de la tâche E passe à 24 jours. DTO de J devient 39 et FTO de J passe à 41 jours toujours en tenant compte de la contrainte Fin Début entre E et J.

La marge totale de J passe à 0 elle devient une tâche critique.

La date de fin de projet passe à 41 jours.

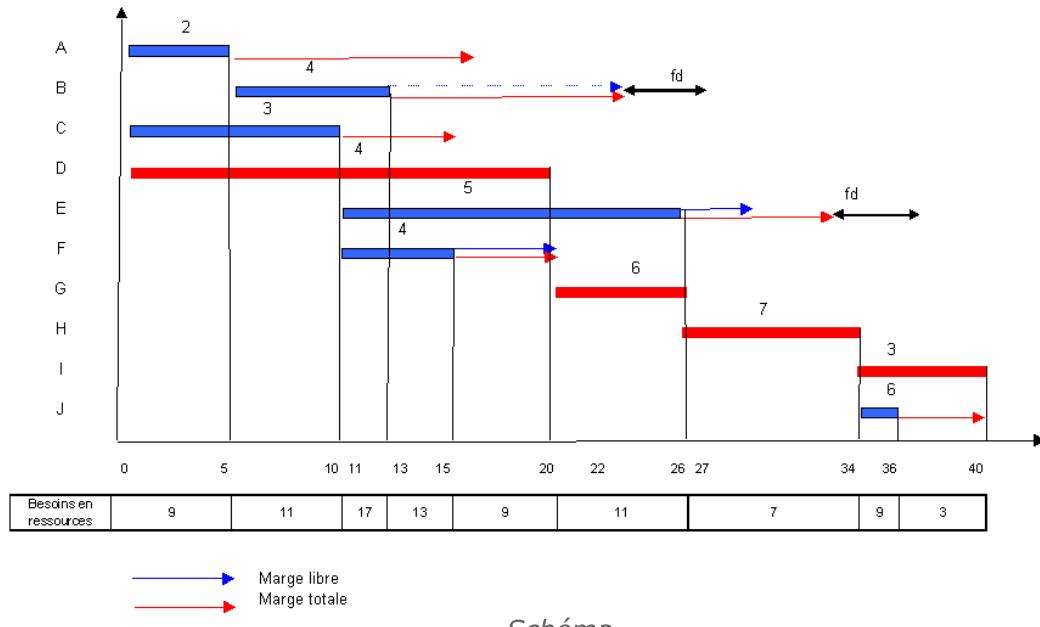
La date de fin de projet est modifiée.

**> Solution n°8 (exercice p. 93)**

2- 1) Le diagramme de Gantt au plus tôt, les marges totales ; les marges libres et .la contrainte fin début.

Les représentations des contraintes peuvent se faire avant ou après les marges.

## Solution des exercices rédactionnels



*Schéma*

2-1-3) Lissage pour un total de ressources de 12 personnes.

Pour éviter de dépasser la ressource maximum autorisée nous allons effectuer un lissage. Les trois tâches impliquées sont E et F et D.

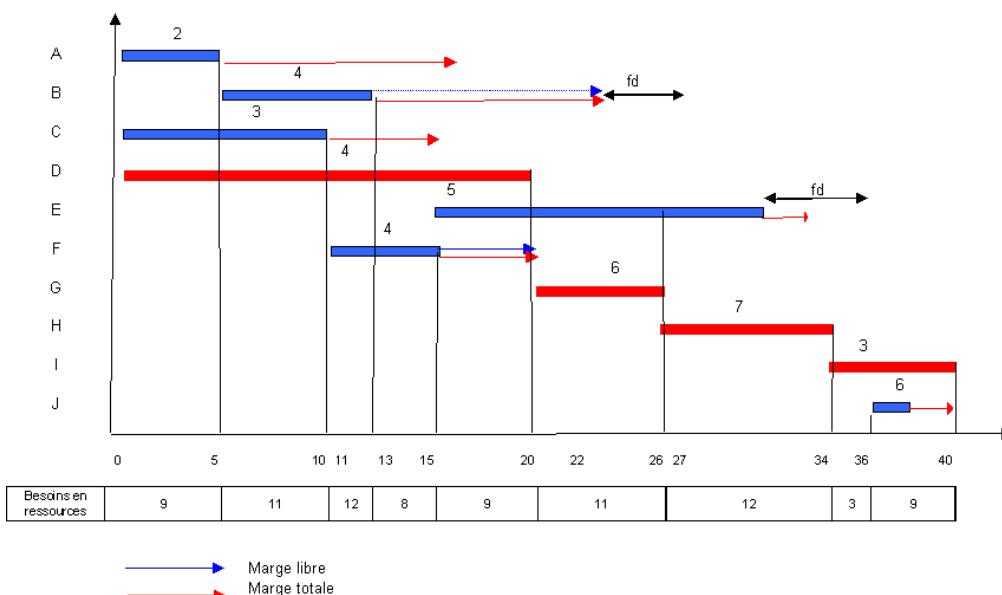
D faisant partie du chemin critique, on ne pourra pas la décaler sauf à retarder la fin du projet.

Décaler F ne sert à rien car elle sera toujours simultanée avec D et E.

Il faut donc décaler E en tenant compte de la contrainte fin-début qu'elle a avec J (5 jours).

On va donc la décaler de 5 jours, durée supérieure à sa marge libre mais qui préserve une partie de sa marge totale.

On est aussi obligé de décaler la tâche J car on a dépassé la marge de E.



*Schéma*

Il n'existe pas de méthodologie parfaitement définie pour réaliser un lissage.

La méthode employée ici en manuel a été longtemps employée avant l'utilisation de



l'informatique, mais elle reste fastidieuse surtout si l'on considère plusieurs ressources qui ne sont pas polyvalentes.

Les logiciels de gestion de projets permettent de réaliser un lissage sans que l'on sache vraiment exactement comment le logiciel effectue ses calculs , certains d'entre eux permettent toutefois de définir des paramètres prioritaires.

Par exemple faire le lissage sur une ressource prioritaire, autoriser les heures supplémentaires, privilégier le coût par rapport aux délais etc...

Mais comme les algorithmes sont plus ou moins des secrets de fabrication...