

# Outils pour la gestion de projet

Stéphane Genaud  
genaud@icps.u-strasbg.fr

1. Le contexte de la gestion de projet
2. Découper pour estimer
3. Estimer pour planifier
4. La planification du projet
5. Le suivi et le contrôle

— p. 1/72

## Le contexte d'un projet

— p. 2/72

## Le contexte

1. Les origines
2. Notion de projet et caractéristiques d'un projet
3. Lancement d'un projet et évaluation d'un projet
4. Les causes d'échecs et la perte de contrôle
5. Le triangle projet : les objectifs, les délais, les moyens
6. Parmi les moyens : les acteurs
7. Le contexte psychologique, motiver l'équipe de projet

— p. 3/72

## Les origines

**années 1950** : réflexion pour les grands projets industriels (aéronautique, armement, travaux public)

**aujourd'hui** : projets de plus en plus importants

**besoin de méthode** : constat d'échec et situation de crise (coûts, délais, non-fiabilité...)

**influence organisationnelle** : certaines organisations se structurent en mode projet

— p. 4/72

## Notion de projet

Ensemble d'activités :

- appartenant à différentes phases
- ayant un objectif commun
- permettant la satisfaction d'un besoin identifié
- nécessitant des équipes de spécialistes aux compétences variées

- p. 5/72

## Caractéristiques d'un projet

- une action unique et ponctuelle, non répétitive
- limité dans le temps : dates de début et de fin
- une démarche spécifique : atteindre l'objectif en maîtrisant la qualité du produit fini, les coûts et les délais grâce à des étapes et des jalons
- mobilise des compétences multiples et complémentaires

- p. 9/72

## Lancement d'un projet

Avant acceptation ou lancement, se poser des questions :

Toute difficulté identifiée devra faire l'objet d'un dialogue approfondi avec le demandeur pour

- soit annuler, infléchir ou différer le projet
- soit négocier des moyens de réussite à hauteur des enjeux et des conditions de réussite identifiées.

⇒ Une évaluation nécessaire

- p. 7/72

## Evaluer le projet

Évaluer sous différents angles :

- Evaluer par le résultat attendu
- Evaluer par la pertinence de la demande
- Evaluer par la cohérence du projet dans le contexte de l'organisation
- Evaluer par la conduite de projet

- p. 8/72

## Evaluer le projet (2)

- Evaluer par le résultat attendu et les enjeux
  - générateur de résultats économiques ?
  - initiateur de changements dans les structures et comportements ?
- Evaluer par la pertinence de la demande : est t-elle mûre ?
  - identifier le demandeur (initiateur, décideur, destinataire)
  - cerner la demande : demande énoncée clairement, nature de la demande, cadre de la demande, les délais

- p. 9/72

## Evaluer le projet (3)

- Evaluer par la cohérence du projet dans le contexte de l'organisation
  - Les résultats escomptés sont ils en accord avec la stratégie de l'entreprise ?
  - Le projet s'inscrit-il dans la planification générale de l'entreprise ?
  - Comment se positionne le projet vis-à-vis d'autres projets ou actions ? (antinomies, synergies, compétition )

- p. 10/72

## Evaluer le projet (4)

- Evaluer par la conduite de projet : les risques d'aléas
  - garanties de progression et d'achèvement ?
  - programme des étapes et décisions intermédiaires connus ?
  - les indicateurs de bonne fin sont ils précisés ?

- p. 11/72

## Les causes d'échecs (1)

### Côté fournisseur

- syndrome du cahier des charges
- mise en œuvre de moyens inadaptés
- contraintes de délais, charges et coûts
- démotivation de l'équipe
- absence d'outils

⇒ mène à la perte de contrôle du projet

- p. 12/72

## Les causes d'échecs (2)

### Côté utilisateur

- l'incapacité à dialoguer entre partenaires
- la mauvaise définition des objectifs
- l'absence d'implication des utilisateurs
- le manque de qualité du produit livré
- l'absence de calcul des risques

⇒ mène à un résultat décevant ou à l'échec

- p. 13/72

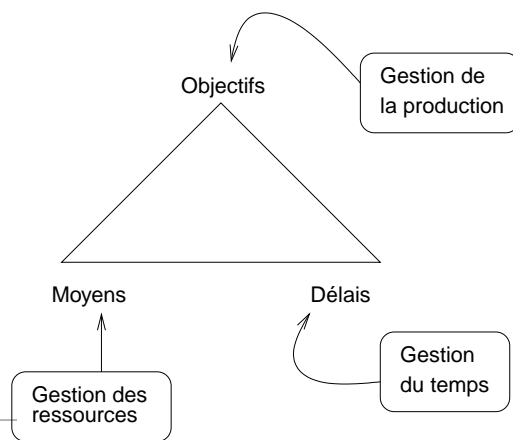
## La perte de contrôle

Quelques symptômes :

- perte de contrôle sur certains responsables
- on ne peut plus s'engager sur la date de livraison
- la qualité du produit en développement est incertaine
- non-détection à temps les écarts de délai, de coûts ou de conformité aux spécifications

- p. 14/72

## Le triangle projet



- p. 15/72

## Les objectifs

«Quoi faire ?»

⇒ Définir le domaine couvert en termes de fonctionnalités

La difficulté réside dans les détails techniques :

- temps de réponse d'un système informatique
- évolution des volumes traités par un système de réservation
- qualité des matériaux d'un bâtiment

Difficulté à les prévoir en termes de faisabilité, délais, et coûts

- p. 16/72

## Les acteurs (1)

« Avec qui faire ? »

Diversité d'acteurs et d'intérêts :  
parmi les clients :

- les décideurs
- le chef de projet
- les usagers

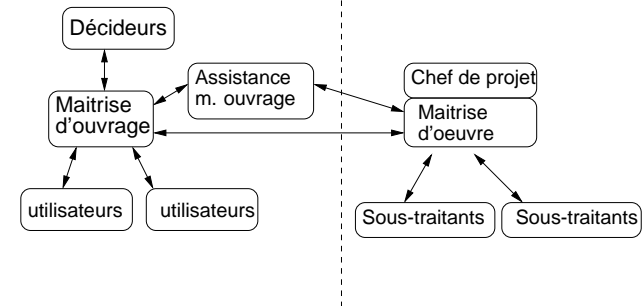
parmi les fournisseurs :

- le chef de projet
- les concepteurs
- les équipes de fabrication

- p. 17/72

## Les acteurs (2)

Quand les entreprises sont structurées pour gérer des projets



- p. 18/72

## Le contexte psychologique

Connaître, appréhender l'état d'esprit de l'équipe de projet

En informatique, certains écueils typiques :

- le mythe du «super-programmeur»
- la fascination de l'outil
- l'équipe idéale
- la spécificité du produit à fabriquer

- p. 19/72

## Motiver l'équipe de projet

Chaque acteur s'engagera d'autant plus que :

- le résultat de son action est visible
- le résultat envisagé est désiré
- sa confiance dans sa capacité à agir est grande

Provoquer ces trois facteurs :

- s'accorder sur le chemin à parcourir
- assurer la continuité du processus
- faire adhérer les équipes
- agir par la hiérarchie
- investir en ressources humaines, temps, argent

- p. 20/72

# Le découpage d'un projet

- p. 21/72

## Le découpage d'un projet

1. Pourquoi découper ?
2. Principes du découpage
3. Les difficultés du découpage
4. Choisir une méthode de découpage
5. Découpage PBS, WBS et OBS
6. Découpage selon norme AFNOR

- p. 22/72

## Pourquoi découper ?

- Faire face à la complexité des activités  
(«diviser pour régner»)

- p. 23/72

## Pourquoi découper ?

- Faire face à la complexité des activités  
(«diviser pour régner»)
- Aborder le projet en termes d'unités de fabrication  
(Toujours se souvenir de l'objectif final)
- Diminuer les risques de dérives  
(Cloisonnement des activités)
- Affecter des activités aux acteurs  
(Faire correspondre besoins et compétences)
- Ordonnancer  
(Planifier le travail sur un calendrier)

- p. 23/72

## Principes du découpage

- **Objets** du découpage : des éléments autonomes
- **Méthodes** courantes de découpage
  - sur critère temporel : succession d'étapes et de phases
  - sur critère structurel : définition des modules

- p. 24/72

## Difficultés du découpage

Travail très général. Quelques unes des difficultés :

- Identifier précisément les tâches
- Recenser les lots à fabriquer
- Ne pas oublier de tâches

- p. 25/72

## Choisir une méthode de découpage

- Méthodes générales
  1. PBS (*Product Breakdown Structure*)
  2. WBS (*Work Breakdown Structure*)
  3. OBS (*Organisation Breakdown Structure*)
- Méthode plus spécifique, caution pour une communauté :  
ex : Norme de conduite de projet AFNOR Z67-101
- Méthodes de conception spécifique métier :  
Exemple développements informatiques :
  - Merise
  - SADT
  - UML

- p. 26/72

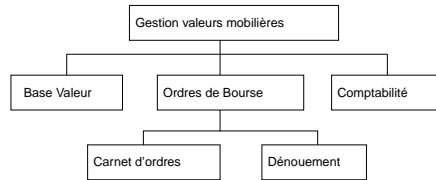
## Méthodes PBS/WBS/OBS

- PBS : vue hiérarchique des composants, parties, sous-parties, nécessaires à la construction du produit.
- WBS : division hiérarchique du travail global à réaliser en *work packages*, qui peuvent être estimés, planifiés, et affectés à un responsable (personne ou service).
- OBS : hiérarchie de l'organisation qui mène le projet, qui permet de mettre en relation PBS avec WBS pour identifier les responsabilités vis-à-vis des work-packages.

- p. 27/72

## Exemple PBS (Product)

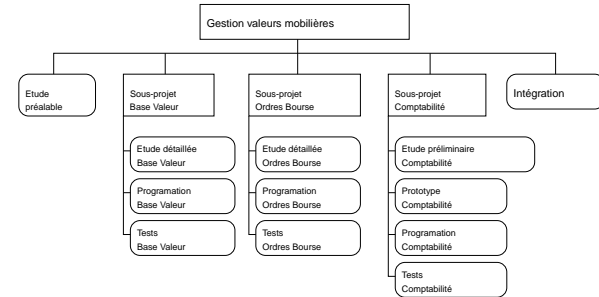
Découpage PBS (formalisme graphique)



- p. 28/72

## Exemple WBS (Work)

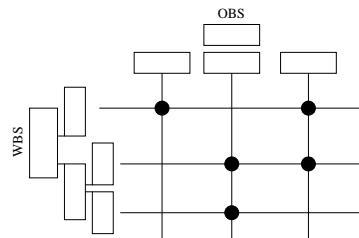
Découpage WBS (formalisme graphique)



- p. 29/72

## Relation OBS/WBS

Relation OBS/WBS ⇒ Responsabilités vis-à-vis du produit



Aussi désignée par *Responsibility Assignment Matrix* (RAM)

- p. 30/72

## Exemple WBS : institut de formation

- gestion des demandes de stages
- gestion des stages
- suivi budgétaire

### Application 1 : Gestion des candidatures

1. Etude préalable
  11. Lancement de la phase
  12. Recueil de l'existant
  13. Conception
  14. Appréciation
  15. Validation de la phase
2. Etude détaillée
  21. Conception fonctionnelle générale
  22. Conception fonctionnelle détaillée
  23. Conception technique et validation
3. Réalisation
  31. Etude technique
  32. Production du logiciel

- p. 31/72



## Exemple : institut de formation (2)

1. Etude préalable
  14. Appréciation
    141. Etude des scénarios de développement
    142. Elaboration du bilan
    143. Rédaction du dossier de choix
    143. Réunion du comité directeur

142. Elaboration du bilan
  1421. Recueil des éléments de coûts
  1422. Recherche des éléments de gains attendus
  1423. construction des bilans par scénario

- p. 32/72

## Synthèse WBS/PBS/OBS

- La méthode est générale, et peut s'appliquer à tout projet.
- Certaines spécificités du métiers ne sont pas prises en compte (trop générale).
- La structure hiérarchique arborescente favorise un découpage récursif des éléments.
- Dans la pratique, on utilise des patrons (templates) définis pour un type de projet donné.  
Exemple : l'armée U.S. demande à ses sous-traitants de se conformer au WBS normalisé US MIL-STD-881  
(<http://www.defence.gov.au/dmo/esd/evm/DefAust5655.pdf>)

- p. 33/72

## Découpage temporel standard

Méthode pour projets industriels

1. **Étude de faisabilité**  
(analyse, recherche, études de terrain)
2. **Définition des solutions**  
(représentation précise de l'objectif, solutions possibles)
3. **Conception détaillée**  
(contrats de réalisation, cahier des charges fournisseurs)
4. **Réalisation**  
(exécution des contrats achevées par des recettes)

L'étape 4 occupe généralement 90% des efforts et dépenses

- p. 34/72

## Problèmes pratiques

- L'étude de faisabilité peut dépendre beaucoup de la technologie en cours. On peut être amené à prévoir des évolutions techniques.
- Le cahier des charges peut être difficile à établir :  
si le client ne peut décrire tout ce qu'il veut au début, le cahier des charges est établi en fin de réalisation, avec l'imprécision qui s'ensuit.

- p. 35/72

# Norme AFNOR

Norme Z67-101 "recommandations pour la conduite de projets informatiques" s'inspire de la méthode Merise et normalise le découpage du processus de développement.

1. Étude préalable	{ Exploration Conception d'ensemble Appréciation solution
2. Conception détaillée	{ Conception du S.I. Spécifications fonctionnelles Etude organique générale
3. Réalisation	{ Etude organique détaillée Programmation et tests Validation technique
4. Mise en oeuvre	{ Réception provisoire Exploitation sous contrôle
5. Évaluation	{ Evaluation du système info. Evaluation du S.I.

# L'estimation d'un projet

# Estimer pour planifier

- 1. Pourquoi estimer ?
- 2. Estimations à différents niveaux
- 3. Estimation de la charge et des coûts
- 4. Méthodes existantes
  - "Méthode" Delphi
  - Méthode de répartition proportionnelle
  - Modèle COCOMO
  - Méthode des points fonctionnels

# Pourquoi estimer ?

- Cerner la durée du projet
- Déterminer les ressources à mettre en œuvre
- Déterminer la faisabilité technique du projet
- Pouvoir négocier
- Éviter les dérives de coûts

## Estimations à différents niveaux

- Niveau projet
  - déterminer enveloppe budgétaire
  - poids du projet en termes d'effort
  - estimation de la rentabilité
  - évaluer une durée vraisemblable

- p. 40/72

## Estimations à différents niveaux

- Niveau projet
- Niveau étape
  - ajuster le découpage
  - sous-traiter
  - prévoir délais pour planifier l'ordonnancement
  - prévoir ressources

- p. 40/72

## Estimations à différents niveaux

- Niveau projet
- Niveau étape
- Niveau phase
  - planification précise
  - calendrier des fournitures intermédiaires
  - prévoir suivi de projet
  - prévoir les montées/baisses en charge

- p. 40/72

## Estimations à différents niveaux

- Niveau projet
- Niveau étape
- Niveau phase
- Niveau tâche
  - évaluer les tâches (souvent individuelles)

- p. 40/72

## Unité de charge

- La *charge* est la quantité de travail exprimée en *ressources*  $\times$  *temps*.
- Les *ressource* sont souvent des **hommes**
- Le *temps* est le
  - mois** pour les grands projets,
  - jour** pour les petits projets.
- La charge est souvent pondérée par coefficient de productivité

Exemple : 10 jours  $\times$  hommes  
 $\Leftrightarrow$  1 homme pendant 10 jours  
 $\Leftrightarrow$  10 hommes pendant 1 jour  
 $\Leftrightarrow$  5 hommes pendant 2 jours  
 $\Leftrightarrow \dots$

- p. 41/72

## Unité de charge corrigée

Exemple de correction de productivité :

jours ouvrables  $jo = 52 \times 5 = 260$

jours fériés 12

congés 30

maladie 3

formation 4

réunions 6

nb jours improductifs ( $ji$ ) = 55

$$\text{coefficient} = \frac{jo}{jo - ji} = \frac{260}{205} = 1,26$$

- p. 42/72

## Estimer les coûts

Étude IEEE 1986 et Control-Data 1985-86

Planification 10%

Développement 30% {
 

- spécifications 18%
- conception 15%
- programmation 21%
- tests 34%
- intégration 22%

Maintenance 60% {
 

- correction erreurs 25%
- optimisation 15%
- compatibilité 20%
- évolutivité 40%

- p. 43/72

## Utiliser une méthode

- méthodes basées sur un **jugement d'expert**  
 toujours applicable, n'importe quel domaine
- méthodes de **répartition proportionnelle**  
 applicable dans les domaines où des experts ont classifié la répartition
- méthodes basées sur un **modèle de calcul**  
 applicable quand un modèle quantitatif à été établi, indicateurs numériques nécessaires

- p. 44/72

## "Méthode" Delphi

- Chaque expert donne anonymement une estimation
- Les résultats sont rassemblés et exposés au groupe
- Chaque expert argumente sur son estimation
- Les experts s'accordent sur une estimation consensuelle

- p. 45/72

## Méthode de répartition proportionnelle

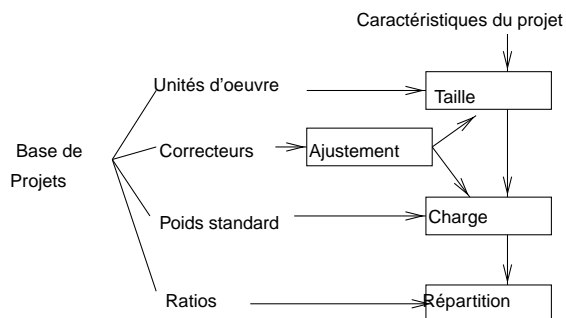
Etape	Ratio
Etude préalable	10% du projet
Etude détaillée	20 à 30% du projet
Etude technique	5 à 15% de la charge de réalisation
Réalisation	2 fois la charge d'étude détaillée
Mise en œuvre	30 à 40% de la charge de réalisation

Phase	Ratio
Observation	30 à 40% de l'étude préalable
Conception/Organisation	50 à 60% de l'étude préalable
Appréciation	10% de l'étude préalable

Tâche	Ratio
Observation	30 à 40%
Conception/Organisation	50 à 60%
Appréciation	10%

- p. 46/72

## Méthode modèle de calcul



- p. 47/72

## Méthode COCOMO

Soit  $t$  le nombre de milliers de lignes de code livrées (sans les commentaires). Le type de projet est alors :

taille $t$	type de projet
$t \leq 50$	simple
$50 \leq t \leq 300$	moyen
$t > 300$	complexe

La charge  $c$  et le délai  $d$  sont estimés par :

Type projet	Charge en mois/homme	Délai en mois
simple	$c = 3,2 \times t^{1,05}$	$d = 2,5 \times c^{0,38}$
moyen	$c = 3 \times t^{1,12}$	$d = 2,5 \times c^{0,35}$
complexe	$c = 2,8 \times t^{1,2}$	$d = 2,5 \times c^{0,32}$

- p. 48/72

## Facteurs correcteurs COCOMO

	Facteur	bas	moy.	élevé
Produit	fiabilité requise	0,88	1	1,15
	taille base données	0,95	1	1,08
	complexité produit	0,85	1	1,15
Ordinateur	contrainte temps d'exec.	-	1	1,11
	contrainte taille mémoire	-	1	1,06
	instabilité logiciel de base	0,87	1	1,15
Personnel	Expérience du domaine	1,13	1	0,91
	Qualification programmeur	1,17	1	0,86
	Familiarité logiciel de base	1,10	1	0,90

- p. 49/72

## Méthodes des points fonctionnels

Estimation à partir des *fonctions* du futur système  
Trois degrés de complexité (faible/moyen/élevé)  
Cinq type d'unité d'œuvre

---

Groupe de logique de données internes

---

Groupe logique de données externes

---

Entrée

Sortie

Interrogations

---

Évaluation en trois étapes :

1. calcul de la taille
2. ajustement de la taille
3. transformation du nombre de points de fonction en charge

- p. 50/72

## La planification d'un projet

- p. 51/72

## Techniques de planification

Objectif : gérer le découpage temporel et structurel

Techniques :

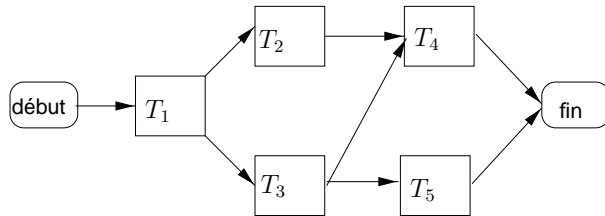
- Graphe Pert pour :
  - mettre en évidence les dépendances entre tâches
  - mettre en évidence le parallélisme potentiel
  - calculer la durée minimum du projet
  - mettre en évidence les temps d'attente
- Diagramme Gantt pour :
  - faire des hypothèses sur les *ressources*
  - faire des hypothèses sur les disponibilités
  - établir un calendrier de travail

- p. 52/72

# Méthode Pert

Project Evaluation and Review Technique

- Établissement de l'ensemble des tâches et leurs durée estimée
- Ordonnancement des tâches selon dépendances



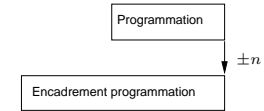
- p. 53/72

# Méthode Pert (2)

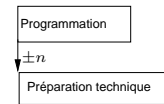
fin-début



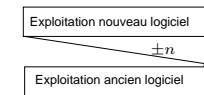
fin-fin



début-début



début-fin



- p. 54/72

# Graphe Pert

- Le projet est caractérisé par
  - un ensemble de tâches  $T$
  - une date de début  $t_0$
  - une date de fin  $t_f$
- Une tâche  $T_i$  possède :
  - une durée  $d(T_i)$
  - un ensemble de prédécesseurs  $Pred(T_i)$
  - un ensemble de successeurs  $Succ(T_i)$

⇒ Objectif : définir

- la date *au plus tôt* de chaque tâche
- la date *au plus tard* de chaque tâche
- le *chemin critique*

- p. 55/72

# Dates au plus tôt

la tâche ne peut débuter avant  $d_{tot}(T_i)$

la tâche ne peut finir avant  $f_{tot}(T_i)$

$$\begin{cases} d_{tot}(T_i) = \begin{cases} \max(f_{tot}(Pred(T_i))) & \text{si } Pred(T_i) \neq \{\} \\ t_0 & \text{sinon} \end{cases} \\ f_{tot}(T_i) = d_{tot}(T_i) + d(T_i) \end{cases}^*$$

\* : si tous les liens sont de type fin-début

- p. 56/72

## Dates au plus tard

la tâche doit débiter au plus tard à  $d_{tard}(T_i)$

la tâche doit finir au plus tard à  $f_{tard}(T_i)$

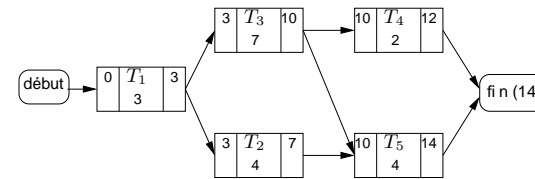
$$f_{tard}(T_i) = \begin{cases} \min(d_{tard}(Succ(T_i))) & \text{si } Succ(T_i) \neq \{\} \\ t_f & \text{sinon} \end{cases}$$

$$d_{tard}(T_i) = f_{tard}(T_i) - d(T_i)$$

★ : si tous les liens sont de type fin-début

- p. 57/72

## Exemple dates au plus tôt



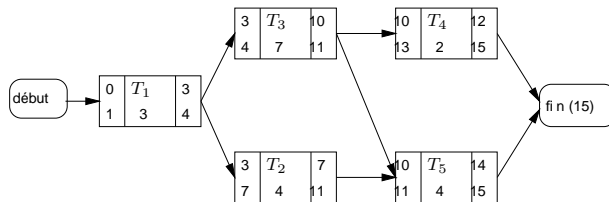
Remarquer la tâche  $T_5$  avec plusieurs prédécesseurs :

$$d_{tot}(T_5) = \max(\{f_{tot}(T_2); f_{tot}(T_3)\}) = \max(\{7, 10\}) = 10$$

- p. 58/72

## Exemple dates au plus tard

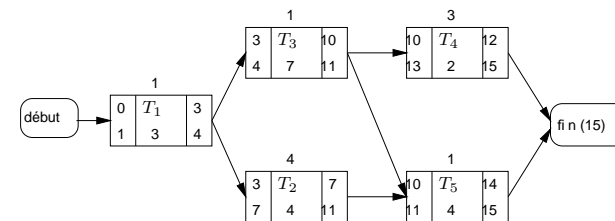
Supposons  $t_f = 15$  (estimation de la fin du projet)



- p. 59/72

## Marges et chemin critique

- Marge (de manœuvre) :  $m(T_i) = d_{tard}(T_i) - d_{tot}(T_i) = f_{tard}(T_i) - f_{tot}(T_i)$
- Chemin critique : chemin tel que la somme des marges est minimale
- Cas particulier avec uniquement liens fin-début  
Chemin critique  $\Leftrightarrow$  Chemin le plus long



Ici : le chemin critique est  $\{T_1; T_3; T_5\}$

- p. 60/72



## Pert Probabiliste

- Inclure risque et incertitude dans la durée
- Durée d'une tâche considérée comme une variable aléatoire
- La durée totale est une variable aléatoire
- Conditions
  - nombre suffisant de tâches
  - ordre de grandeur semblables pour les durées
  - indépendances entre durées des tâches
- La durée probable obéit à une loi de distribution normale (Laplace-Gauss)
- Trois paramètres :
  - opt* : durée optimiste
  - pes* : durée pessimiste
  - vrai* : durée vraisemblable

- p. 62/72

## Exercice graphe Pert

Tâche	durée	lien
$t_1$	5	fin $t_1$ - début $t_3$
$t_2$	2	fin $t_2$ - début $t_4, t_5$
$t_3$	10	fin $t_3$ - début $t_6, t_8$
$t_4$	8	fin $t_4$ - début $t_6$
$t_5$	10	fin $t_5$ - début $t_7$
$t_6$	25	fin $t_6$ - début $t_{11}$
$t_7$	4	fin $t_7$ - début $t_{11}$
$t_8$	10	fin $t_8$ - début $t_9, t_{10}, t_{11}$
$t_9$	2	fin $t_9$ - début $t_{13}$
$t_{10}$	1	fin $t_{10}$ - début $t_{13}$
$t_{11}$	15	début $t_{11}$ - début $t_{12}$ fin $t_{11}$ - début $t_{13}$
$t_{12}$	10	fin $t_{12}$ - début $t_{14}$
$t_{13}$	12	fin $t_{13}$ - fin
$t_{14}$	30	fin $t_{14}$ - fin

## Pert probabiliste (2)

Pour une tâche :

- Calculer la durée probable d'une tâche  $i$  :

$$prob_i = \frac{opt_i + 4 \text{ vrai}_i + pes_i}{6}$$

- Mesurer l'incertitude de l'estimation en calculant l'indicateur de dispersion de la durée de la tâche  $i$  :

$$d_i = \frac{pes_i - opt_i}{6}$$

- p. 63/72

## Pert probabiliste (3)

Pour un chemin constitué des tâches  $\{1; 2; \dots; n\}$

- Mesurer la durée estimée du chemin

$$D = \sum_{i=1}^n prob_i$$

- Mesurer l'écart-type de l'estimation pour le chemin :

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2}$$

- p. 64/72

## Pert probabiliste (4)

Obtenir la durée du chemin avec une probabilité  $p$  :

$$\mathcal{D}(p) = D + E \times G(p)$$

où  $G$  est la fonction associée à la loi normale (extrait) :

$p$	$G(p)$	$p$	$G(p)$
99,9	3,00	89,1	1,23
99	2,31	85,1	1,04
98	2,06	70,2	0,53
97	1,88	50	0
95	1,65	42,1	-0,2
92,1	1,41	34,5	-0,4
90	1,28	27,4	-0,6

- p. 66/72

## Pert probabiliste (4)

Exemple : Les estimations sont  $D = 100$  et  $E = 15$ .

La durée probable à 90% est

$$\begin{aligned}\mathcal{D}(90) &= 100 + 15 \times G(90) \\ &= 100 + 15 \times 1,28 \\ &\approx 119\end{aligned}$$

La durée probable à 70% est

$$\begin{aligned}\mathcal{D}(70) &= 100 + 15 \times G(70) \\ &= 100 + 15 \times 0,53 \\ &\approx 108\end{aligned}$$

La probabilité de terminer en 90 jours est

$$\begin{aligned}90 &= 100 + 15 \times G(p) \\ G(p) &= -10/15 = -2/3\end{aligned}$$

- p. 66/72

## Exercice Pert probabiliste

$t_i$	Description	$opt$	$pes$	$vrai$
$t_1$	faire fondre le beurre et le chocolat	6	9	7,5
$t_2$	séparer les oeufs en jaunes et blancs	1	4,5	3
$t_3$	ajouter les jaunes au mélange, faire cuire	6	8	7
$t_4$	monter les blancs en neige	2	12	5
$t_5$	arrêter la cuisson du mélange, et incorporer les blancs au mélange	2	6	3
$t_6$	faire cuire au four	16	22	18

1. Tracer le graphe PERT (sans contrainte de ressources)
2. Calculer la durée probable, l'écart-type de chaque tâche
3. Déterminer le chemin critique
4. Quelle est la durée estimée de préparation du gâteau,
  - avec une probabilité de 90% ?
  - avec une probabilité de 95% ?
5. Quelle est la probabilité de terminer en 37 minutes ?

- p. 67/72

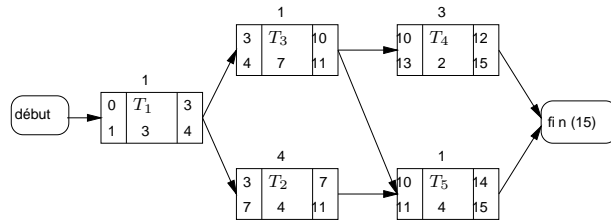
## Diagramme Gantt

Etablir un planning

- Un réseau Pert donne les dates (au plus tôt, au plus tard) sans tenir compte des contraintes de ressources
- Planning  $\Rightarrow$  faire des hypothèses sur les ressources
- Diagramme Gantt : qui fait quoi et quand ?
- Possibilité de modifier le planning en
  - jouant sur les ressources affectées
  - jouant sur le chargement (au plus tôt, au plus tard)

- p. 68/72

## Diagramme Gantt (2)

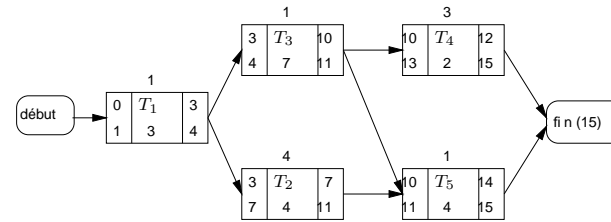


Hypothèses : ressources R1 et R2, et chargement au plus tôt

Périodes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ressources															
R1		T1													
				T3											
											T5				
R2					T2										
												T4			

- p. 69/72

## Diagramme de Gantt (3)



Hypothèses : ressources R1 et R2, et chargement au plus tard

Périodes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ressources															
R1			T1												
					T3										
											T5				
R2							T2								
											T4				

- p. 70/72

## Diagramme Gantt : le nivellement

Le *nivellement* : limiter les ressources utilisées

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ressources																			
R1		T1																	
				T3															
										T2									
														T4					
																T5			

- p. 71/72

## Diagramme Gantt : le lissage

Le *lissage* : répartir l'utilisation d'une ressource dans le temps

Périodes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ressources															
R1		T1													
				T3											
											T5				
R2 (50%)															
											T4				

- p. 72/72