

# *Outils pour la gestion de projet (MSI001)*

Stéphane Genaud

September 15, 2009



**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

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,
- sur lesquelles s'exercent trois types de contraintes : coûts, délais, qualité,

Ce qui implique:

- 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

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 sous différents angles est nécessaire.

# Evaluer le projet (1)

Entre l'idée et sa réalisation, il peut y avoir un gouffre. Le résultat attendu peut être flou et les implications mal cernées.

## Règle 1 : Définissez l'idée en termes de résultat attendu

S'assurer que les décideurs sont d'accords avec ces résultats et peuvent dire ce qui va changer par rapport à ce qui est connu.

- Tous les acteurs ont-ils la même représentation du produit attendu ?
- Cerner la demande : demande énoncée clairement, nature de la demande, cadre de la demande, les délais
- Quels changements l'idée va-t-elle produire ?
- Initiateur de changements acceptable dans les structures et comportements ?
- Que faut-il faire pour les rendre acceptables ?

Le résultat attendu peut être “contre-nature”.

## Règle 2 : évaluer la cohérence

Evaluer par la cohérence du projet dans le contexte de l'organisation

- Générateur de résultats économiques ?
- Identifier le demandeur (initiateur, décideur, destinataire)
- 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 )



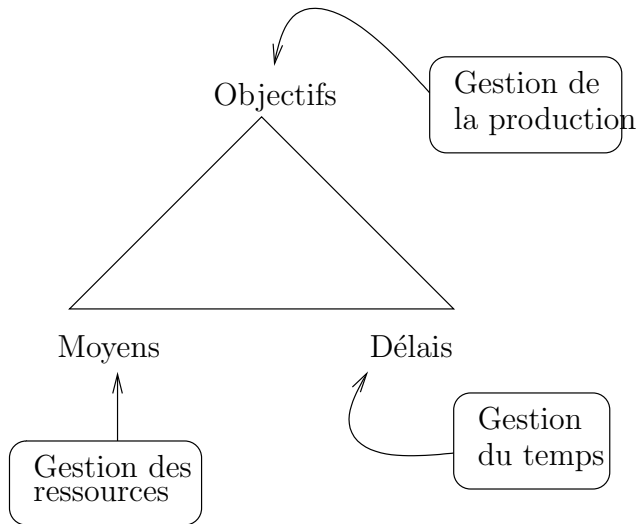
Le projet peut devenir incontrôlable.

## Règle 3 : évaluer la conduite de projet

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 ?

# Le triangle projet



“ Quoi faire ? ”

Définir le domaine couvert en termes de fonctionnalités. Le document contractuel est le **cahier des charges**.

“ Quand faire ? ”

La gestion des délais intervient une fois les étapes de découpage et d'estimation terminées. Un **calendrier** contractuel définissant les livrables intermédiaires peut être établi.

“ Avec qui/quoi faire ? ”

La gestion des ressources nécessite une **organisation** parfois complexe.

Des structurations typiques des ressources humaines sont:

- structuration générale *client/fournisseur*.
- structuration en *maîtrise d'ouvrage/maîtrise d'œuvre*.

Dans de nombreux projets, on peut retrouver les acteurs suivants:  
parmi les clients :

- les décideurs
- le chef de projet
- les usagers

parmi les fournisseurs :

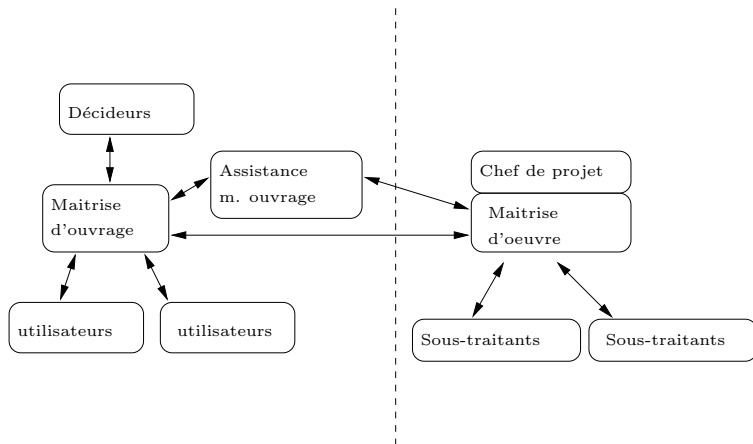
- le chef de projet
- les concepteurs
- les équipes de fabrication

Quand les entreprises sont structurées pour gérer des projets on a souvent une organisation en **maîtrise d'ouvrage** (MOA) et **maîtrise d'œuvre** (MOE).

Ce sont deux entités de l'organisation (personnes morales).

- Le MOA est client du MOE à qui il passe commande d'un produit nécessaire à son activité.
- Le MOE fournit ce produit: soit il le réalise lui-même, soit il passe commande à un ou plusieurs fournisseurs qui élaborent le produit sous sa direction.

# Les acteurs : structuration



# La maîtrise d'ouvrage : 6 fonctions

- le maître d'ouvrage stratégique (MOAS)  
→ prend les décisions, arbitre.
- le maître d'ouvrage délégué (MOAD)  
→ fournit les éléments factuels au MOAS.
- le maître d'ouvrage opérationnel (MOAO)  
→ expert d'un grand processus du métier.
- l'assistant à maîtrise d'ouvrage (AMO),  
→ support pour le MOAO ou MOAD en période de pointe, ou quand le projet demande des compétences non maîtrisées.
- l'expert métier,  
→ vérifie la pertinence du produit avec les exigences des utilisateurs
- l'utilisateur  
→ peuvent compléter les observations de l'expert métier.



Le MOE est responsable de la qualité technique de la solution. Il doit, avant toute livraison au MOA, procéder aux vérifications nécessaires (“recette usine”).

Pour cela, Le MOE doit assurer la coordination de tous les fabricants en veillant (entre autres):

- à la cohérence des fournitures et à leur compatibilité,
- à coordonner l'action des fournisseurs en contrôlant la qualité technique,
- à respecter les délais fixés par le MOA et en minimisant les risques.

# 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)

- **Objets** du découpage : des éléments autonomes
  - qui produisent un résultat final
  - qui ont une charge mesurable
  - dont on peut identifier leurs contraintes d'antériorité
- **Méthodes** courantes de découpage
  - sur critère temporel : succession d'étapes et de phases
  - sur critère structurel : définition des modules

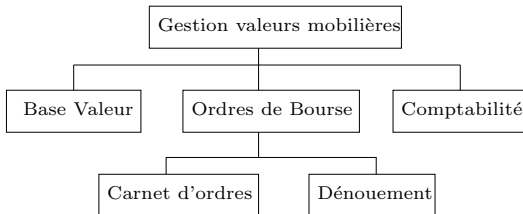
# Choisir une méthode de découpage

- Méthode générale, comme
  - PBS (*Product Breakdown Structure*)
  - WBS (*Work Breakdown Structure*)
  - 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 pour les développements informatiques :
  - Merise
  - SADT
  - UML

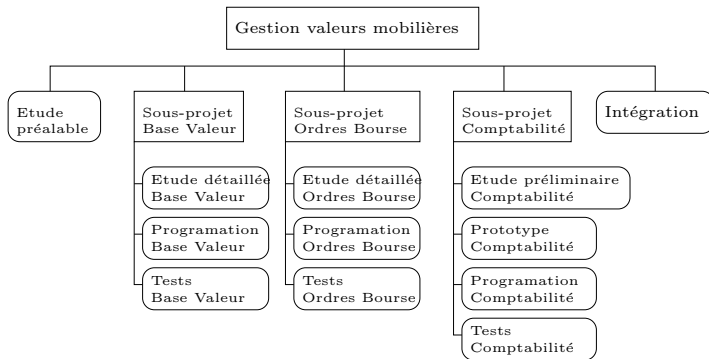
- PBS : vue hiérarchique des composants, parties, sous-parties, nécessaires à la construction du produit.
- WBS : division hiérarchique du travail global à réaliser en *work packages*, qui peuvent être estimés, planifiés, et affectés à un responsable (personne ou service).
- OBS : hiérarchie de l'organisation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

# Exemple PBS (Product)

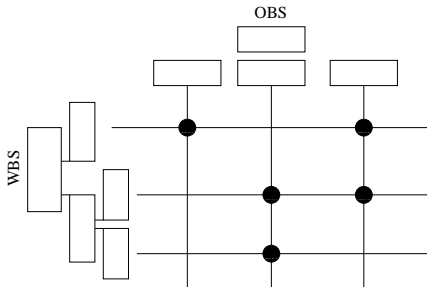
## Découpage PBS (formalisme graphique)



## Découpage WBS (formalisme graphique)



Relation OBS/WBS  $\Rightarrow$  Responsabilités vis-à-vis du produit



Aussi désignée par *Responsibility Assignment Matrix* (RAM)



Pour la gestion d'un institut on identifié 4 domaines:

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

Pour chaque domaine, on décrit la succession des travaux à mener.  
Par exemple:

## 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

# Exemple : institut de formation (2)

On raffine:

- 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

- 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.

# Découpage en phases

On retrouve généralement les phases suivantes, terminées par une procédure de validation.

- ❶ **Étude de faisabilité** (ou **préliminaire, préalable, d'opportunité**)
- ❷ **Lancement**
- ❸ **Définition des solutions**
- ❹ **Conception détaillée**
- ❺ **Réalisation**
- ❻ **Recette**

- déterminer le périmètre (ce qui sera inclus dans les objectifs),
- sa faisabilité technique (e.g. étude de terrain, recherche de solution existante),
- les compétences requises, les compétences à acquérir,
- les risques de faire, les risques de ne pas faire, éventuellement le retour sur investissement attendu.

- on définit l'organisation du projet (chef de projet, comité pilotage, experts, sous-traitants),

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.

# 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
- Niveau étape
  - ajuster le découpage
  - sous-traiter
  - prévoir ressources
  - prévoir délais pour planifier l'ordonnancement
- Niveau phase
  - planification précise
  - calendrier des fournitures intermédiaires
  - prévoir suivi de projet
  - prévoir les montées/baisses en charge
- Niveau tâche
  - évaluer les tâches (souvent individuelles)



- 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

$\Leftrightarrow \dots$

## Exemple de correction de productivité :

$$\text{jours ouvrables } jo = 52 \times 5 = 260$$

$$\text{jours fériés} \quad 12$$

$$\text{congés} \quad 30$$

$$\text{maladie} \quad 3$$

$$\text{formation} \quad 4$$

$$\text{réunions} \quad 6$$

---

$$\text{nb jours improductifs } (ji) = 55$$

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

# 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

# "Méthode" Delphi

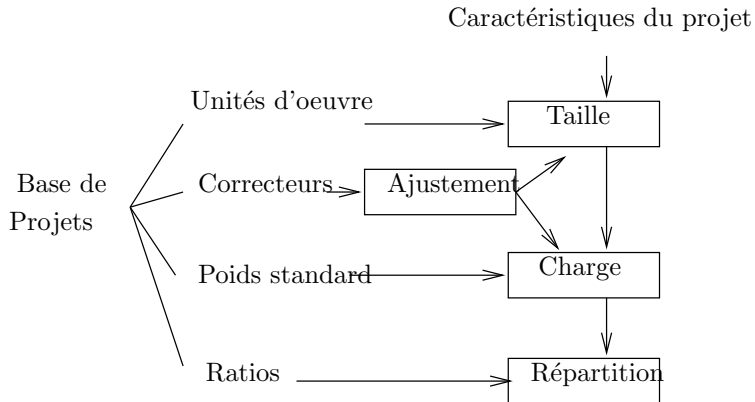
- Chaque expert donne anonymement une estimation
- Les résultats sont rassemblés et exposés au groupe
- Chaque expert argumente sur son estimation
- Les experts s'accordent sur une estimation consensuelle

# 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%



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	$c = 2,8 \times t^{1,2}$	$d = 2,5 \times c^{0,32}$

# 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
	Expérience du langage	1,02	1	0,95
Projet	Utilis. méthode moderne	1,10	1	0,91
	Utilisation d'outils			
	d'aide à la programmation	1,10	1	0,91
	Contrainte de délais	1,08	1	1,04



- Méthode proposée par A. Albrecht (IBM), norme AFNOR (XP Z 67-160), largement disséminée <http://www.ifpug.org/>.
- L'estimation de la complexité du système à développer, l'est à partir des *fonctions* du futur système.
- Chaque fonction
  - fait partie d'une des 5 unités d'œuvres définies (relatives aux entrées/sorties ou aux traitements)
  - a un niveau de complexité (faible/moyen/élevé)
- Évaluation en trois étapes :
  - 1 calcul de la taille
  - 2 ajustement de la taille
  - 3 transformation du nombre de points de fonction en charge

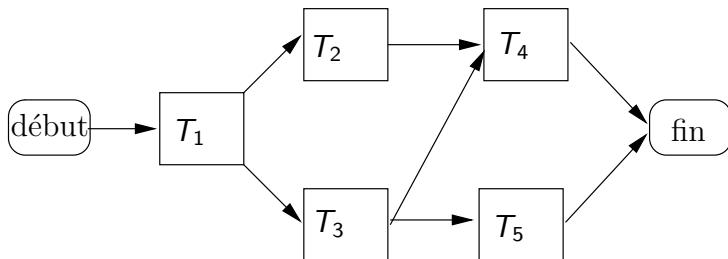
Objectif : gérer le découpage temporel et structurel

## 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

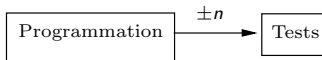
## Project Evaluation and Review Technique (PERT)

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

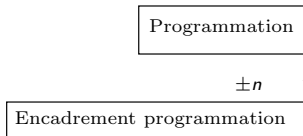


# Méthode PERT (2)

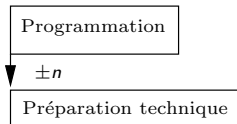
fin-début



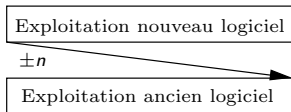
fin-fin



début-début



début-fin



- 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*

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

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

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

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

# Dates au plus tard

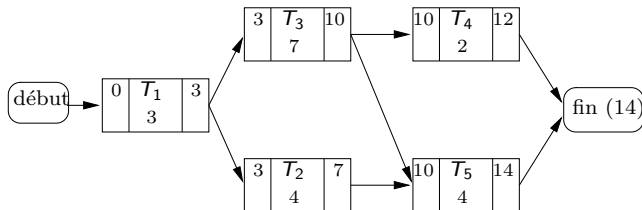
la tâche doit débiter au plus tard à  $d_{tard}(T_i)$

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

$$\left. \begin{aligned} f_{tard}(T_i) &= \begin{cases} \min(d_{tard}(Succ(T_i))) & \text{si } Succ(T_i) \neq \{\} \\ t_f & \text{sinon} \end{cases} \\ d_{tard}(T_i) &= f_{tard}(T_i) - d(T_i) \end{aligned} \right\}^*$$

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

# Exemple dates au plus tôt



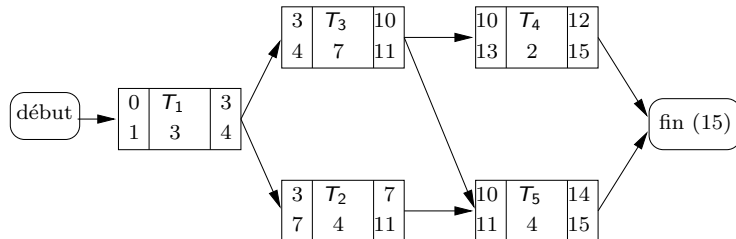
Remarquer la tâche  $T_5$  avec plusieurs prédécesseurs :

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



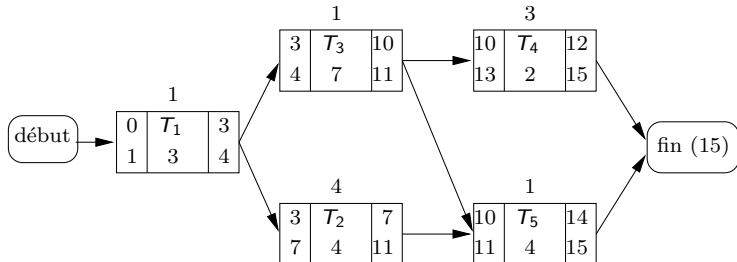
# Exemple dates au plus tard

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



# 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



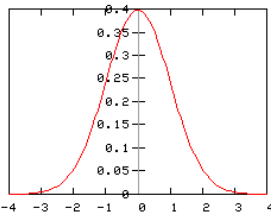
Ici : le chemin critique est  $\{T_1; T_3; T_5\}$

# 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

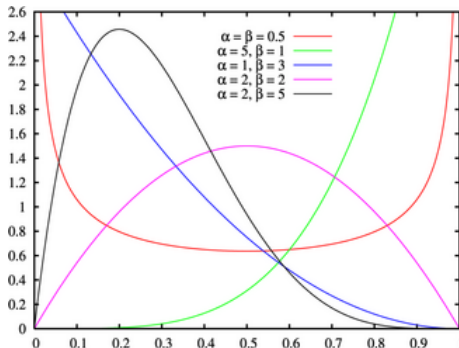
# PERT Probabiliste: synopsis

- Inclure risque et incertitude dans la durée
- Durée d'une tâche considérée comme une variable aléatoire (dont la distribution suit une loi Beta).
- La durée totale est aussi une variable aléatoire suivant une loi normale (théorème de la limite centrale).
- Conditions
  - nombre suffisant de tâches
  - ordre de grandeur semblables pour les durée
  - indépendances entre durées des tâches



# Loi pour la durée d'une tâche

Une loi adéquate est la distribution **Beta**.



- On peut contrôler la forme de la courbe avec  $\alpha$  et  $\beta$ .
- En particulier, elle peut être asymétrique (e.g. allongée à droite).
- Elle a des limites finies (comme les durées de tâches).

# Loi pour la durée d'une tâche

Fonction de densité de la distribution:

$$f(x) = \frac{(x-a)^{p-1}(b-x)^{q-1}}{(b-a)^{p+q-1}B(p,q)} \quad a \leq x \leq b; p, q > 0$$

avec  $B$  la fonction beta:  $B(p, q) = \int_0^1 t^{p-1}(1-t)^{q-1}dt$

Les travaux de C. Clarke (1962) ont donné une méthode pour contrôler  $\alpha$  et  $\beta$  à partir de 3 paramètres plus simples :

- opt* : durée optimiste
- pes* : durée pessimiste
- vrai* : durée vraisemblable

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  $i$ :

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

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 :

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



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 centrée réduite (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

## 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

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

d'où  $p \approx 27\%$

# Exercice PERT probabiliste

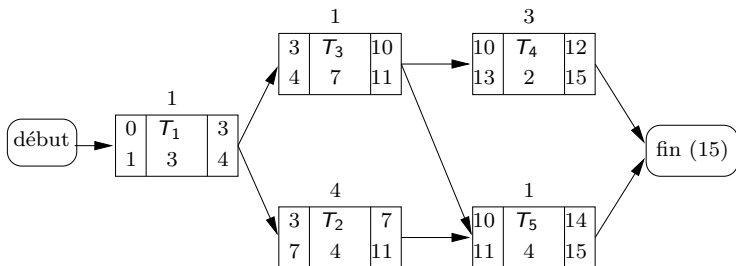
$t_i$	Description	<i>opt</i>	<i>pes</i>	<i>vrai</i>
$t_1$	faire fondre le beurre et le chocolat	6	9	7,5
$t_2$	séparer les oeufs en jaunes et blancs	1	4,5	3
$t_3$	ajouter les jaunes au mélange, faire cuire	6	8	7
$t_4$	monter les blancs en neige	2	12	5
$t_5$	arrêter la cuisson du mélange, et incorporer 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 chemin
- 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 ?

## 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)

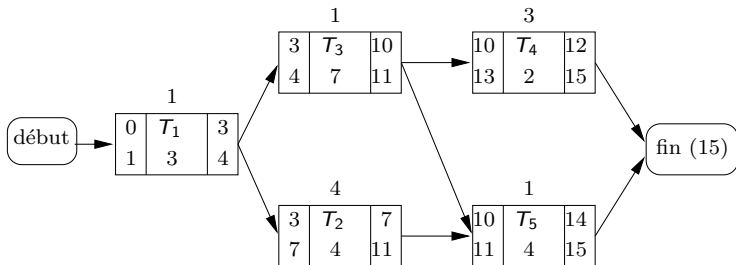
# Diagramme Gantt (2)



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				

# 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			

# Diagramme Gantt : le nivellement

Le *nivellement* : limiter les ressources utilisées

