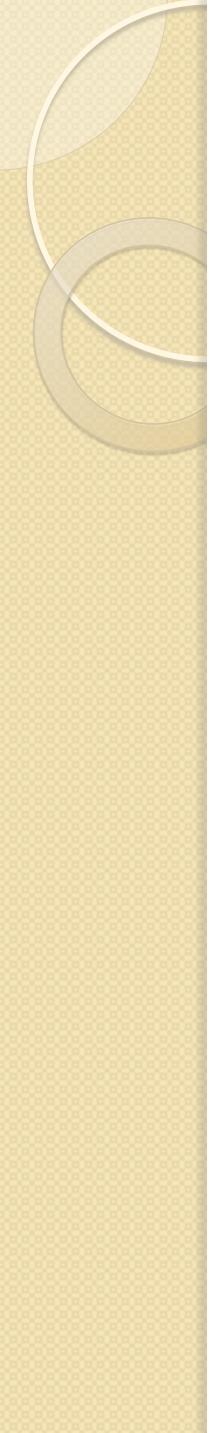




# GESTION DE PROJET INFORMATIQUE

## Le pilotage du projet

Planification et  
Ordonnancement



# Plan

- Aperçu général sur la planification
- Le réseau PERT
- Le diagramme de GANT
- Planification opérationnelle



# PRINCIPES

La planification d'un projet permet de :

- ✓ Calculer la durée minimale du projet, donc de vérifier le réalisme d'un délai
- ✓ Traduire plusieurs hypothèses de date de fin souhaitée
- ✓ Établir un calendrier de travail pour l'ensemble du projet
- ✓ Établir plusieurs scénarios concernant le nombre de ressources nécessaires et leur emploi

Pour établir une planification il est nécessaire de :

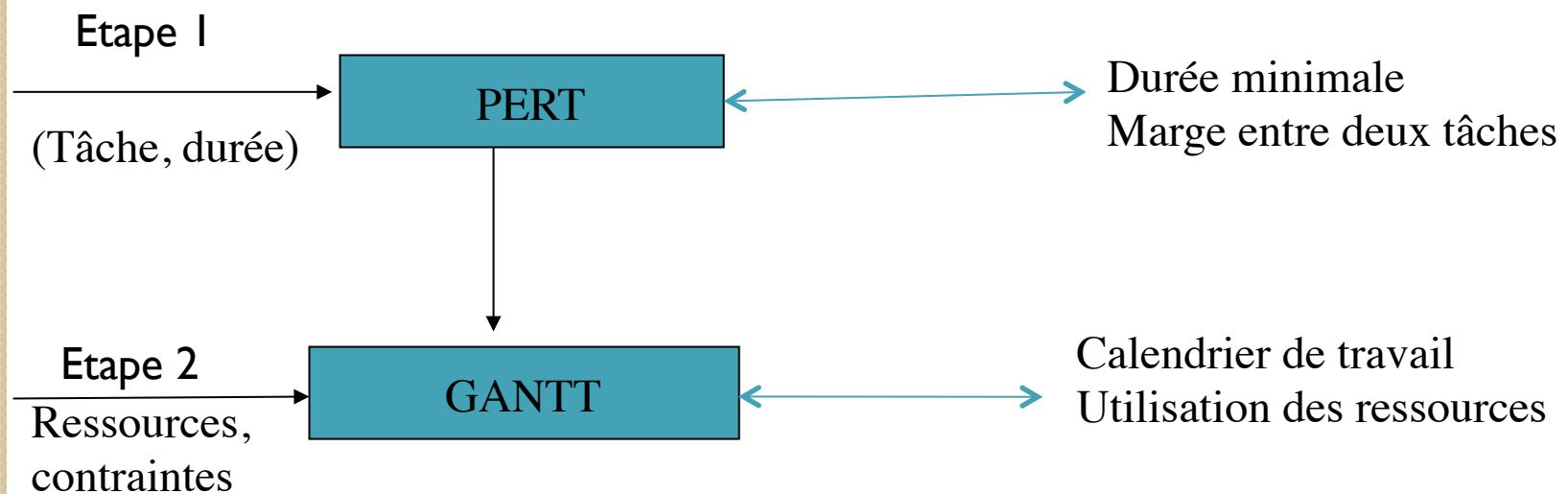
- ✓ lister les tâches du projet (activités détaillées)
- ✓ Les quantifier
- ✓ Les ordonner
- ✓ Les affecter à des ressources
- ✓ Intégrer tous les phénomènes extérieurs aux tâches elles-mêmes
- ✓ Finalement, affecter une date de début et de fin à chaque tâche

➤ On utilise deux techniques traditionnelles : le réseau **PERT** et le diagramme de **Gantt**.

# I. Aperçu général sur la planification

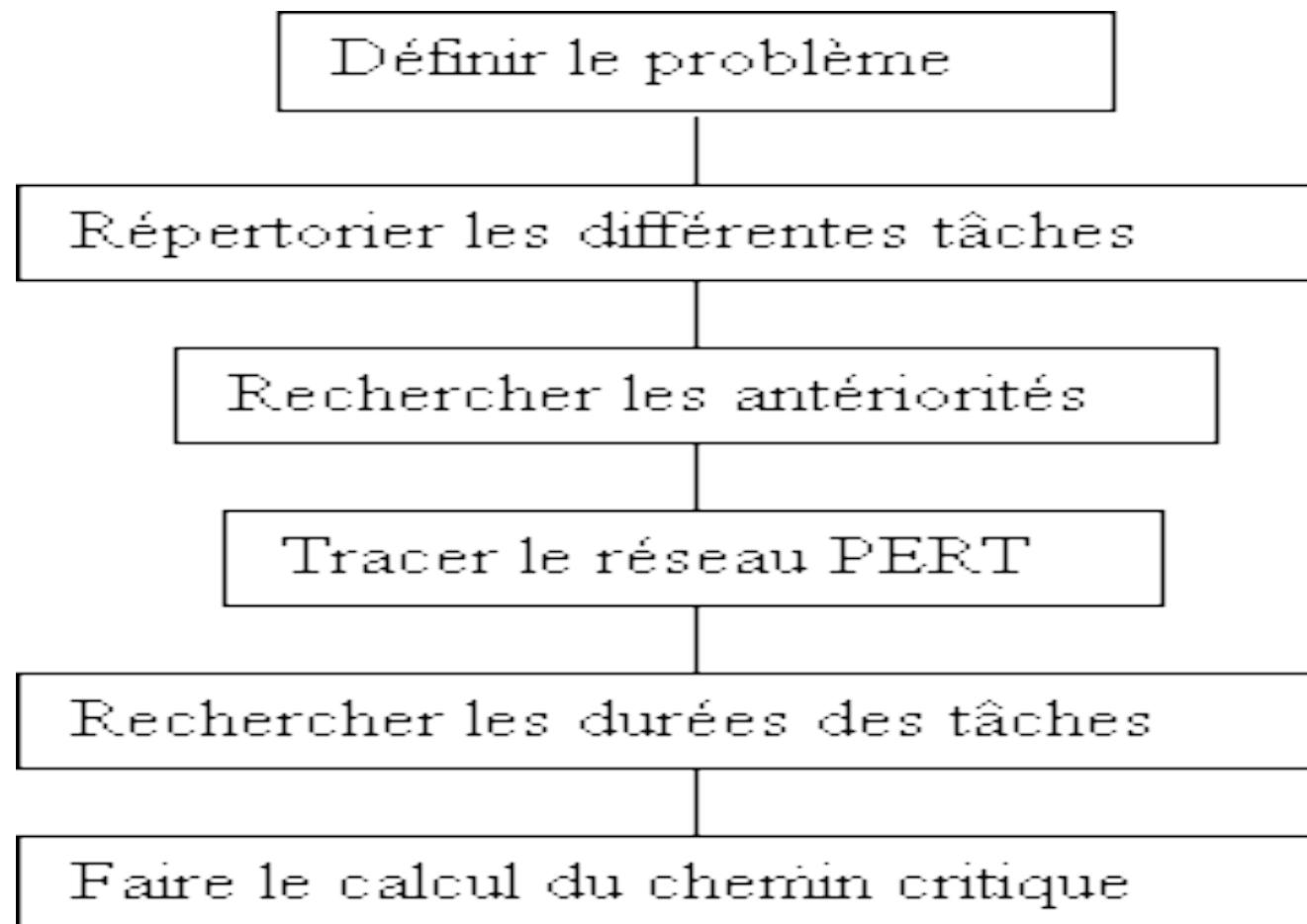
## I.I Étapes de la planification (I/2)

- La planification comporte deux étapes principales, marquées par l'utilisation de deux techniques complémentaires: la technique PERT et la technique Gantt



# I. Aperçu général sur la planification

## I.I Étapes de la planification (2/2)





# I. Aperçu général sur la planification

## I.2 Démarche

- Dans une première étape, on part d'une liste de tâches et de leurs durées estimées (résultant d'un découpage de type WBS)
- On commence la planification en travaillant sur les contraintes d'ordonnancement, sans tenir compte de toute affectation de travail.
- On utilise la technique PERT qui permet de calculer la durée minimum du projet, ainsi que les temps d'attente éventuels entre deux tâches consécutives
- Après une première planification, il est possible d'ajuster le découpage et d'utiliser le PERT pour traduire plusieurs hypothèses de fin de projet souhaitées

# I. Aperçu général sur la planification

## I.3 Démarche

- Dans une deuxième étape, il s'agit d'établir un planning détaillé de travail
- La durée minimum obtenue avec le PERT est à rapprocher du délai proposé par certaines méthodes d'estimation de charges
- On utilise le diagramme de Gantt, en tenant compte des hypothèses sur les ressources disponibles et leurs contraintes de disponibilité
- Il est possible d'établir plusieurs scénarios, les diagrammes aident à décider quel est le scénario le plus souhaitable

## 2. Le réseau PERT

### Méthode PERT : réalisation du réseau

- **Identifier toutes les activités, leurs relations, les contraintes (jalons imposés, événements externes)...voir organigramme des tâches et fiches de lots de travaux,**
- **Estimer la durée de chaque activité :**
  - sans penser aux ressources disponibles (en principe) = niveau normal
  - sans envisager de conflit entre activités nécessitant des ressources (matérielles, humaines) ou des types de ressources communs
  - temps = durées ouvrées, et non calendaires
  - même unité : jour, semaine, mois... selon le niveau, le projet, le besoin

## 2. Le réseau PERT

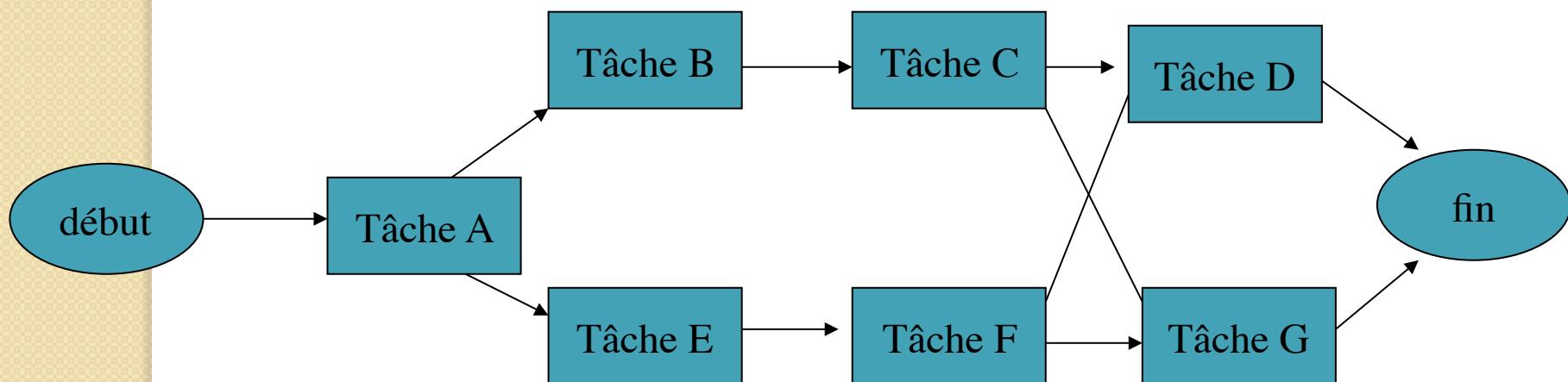
### 2.1 Formalismes (1/3)

- Le réseau PERT est un graphe orienté qui permet de représenter les contraintes d'enchaînement entre les différentes tâches à réaliser pour mener à bien le projet.
  
- Il peut être utilisé à différents niveaux de découpage (étapes, à voir), mais par simplification nous utiliserons le terme tâche de façon générique
  
- Il existe deux formalismes de représentation d'un réseau PERT: le graphe des potentiels-tâches et le graphe des potentiels-événements
- Les deux formalismes sont équivalents
- ***Dans ce cours nous utilisons le formalisme de graphe des potentiels-tâches***

## 2. Le réseau PERT

### 2.1 Formalismes (2/3)

- Le graphe de potentiels-tâches représente l'enchaînement entre des tâches. Les tâches sont représentées par des rectangles, les liens entre les tâches par des flèches

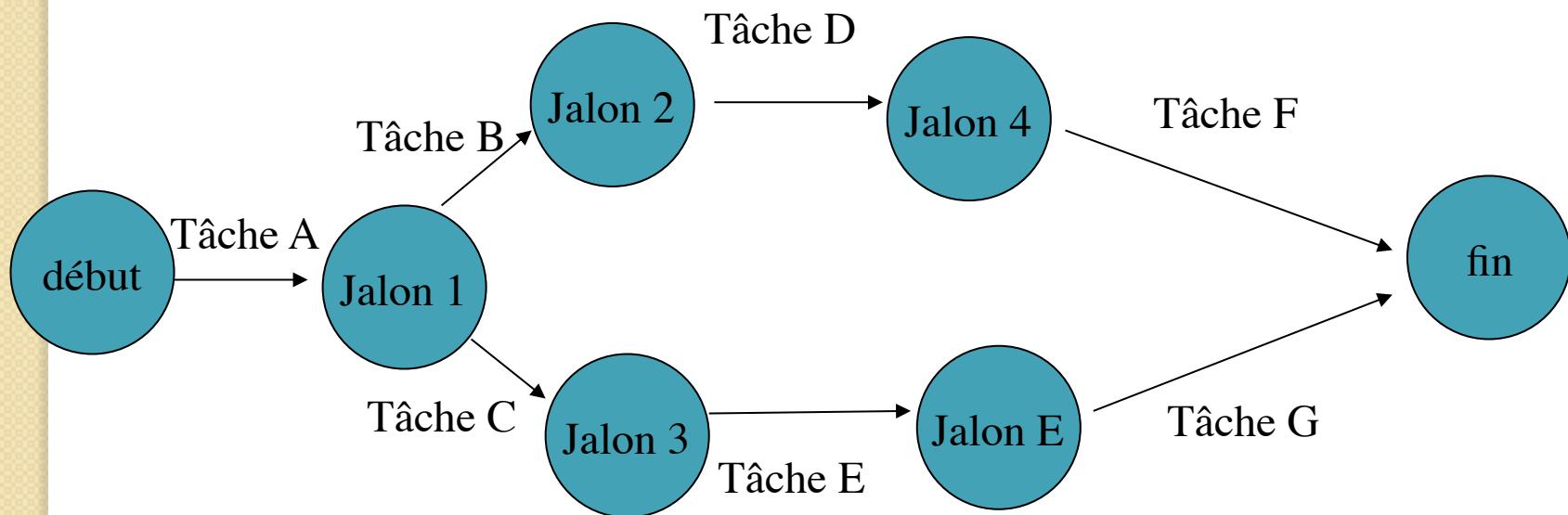


Les flèches représentent des liens

## 2. Le réseau PERT

### 2.1 Formalismes (3/3)

- Le graphe de potentiels-événements représente l'enchaînement entre des événements. Les événements (appelés des jalons et n'ont pas de durées) sont représentés par des cercles, les tâches par des flèches



Les jalons sont des événements « instantanés ».

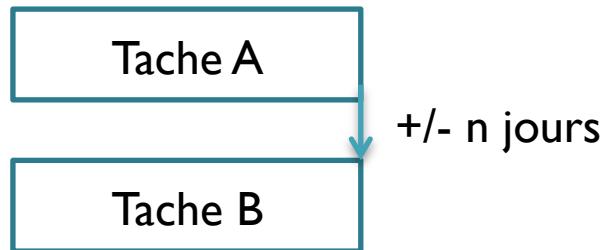
## 2. Le réseau PERT

### 2.2 Types de liens (1/6)

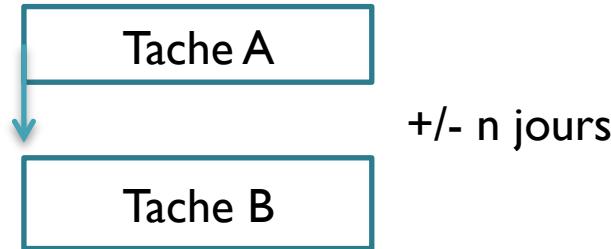
Fin-début



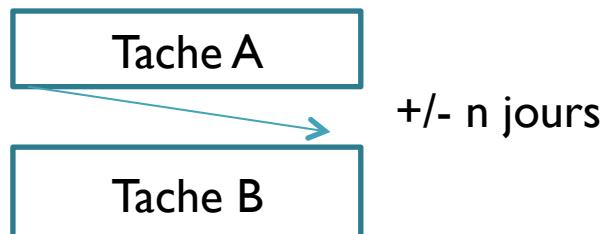
Fin-fin



Début-début



Début-fin



## 2. Le réseau PERT

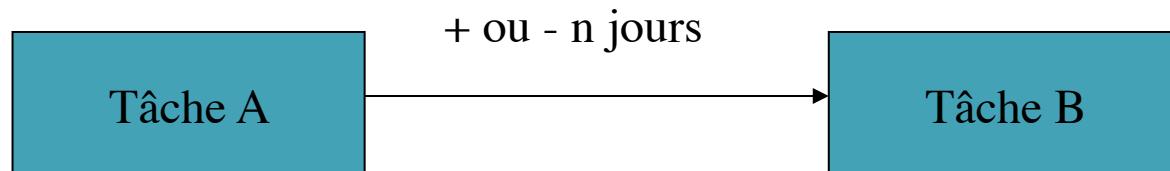
### 2.2 Types de liens (1/6)

- Liens fin-début
  - La tâche B doit commencer après la fin de la tâche A.
- Liens fin-fin
  - Si les tâches A et B doivent se terminer en même temps la fin de A commande celle de B
- Lien début-début
  - Si A et B doivent commencer en même temps.A commande B.
- Lien début-fin
  - Si le début de A marque la fin de B

## 2. Le réseau PERT

### 2.2 Types de liens (2/6)

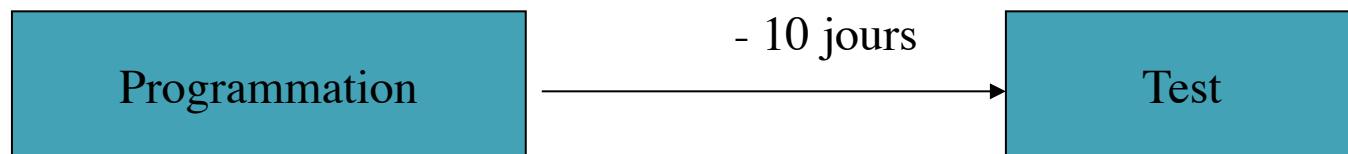
- Le lien fin-début est le plus courant: la tâche A doit être terminée pour que la tâche B puisse commencer
- La tâche A est le prédecesseur de la tâche B, B est le successeur de A.
- Le lien peut être caractérisé par un délai, exprimé en jours



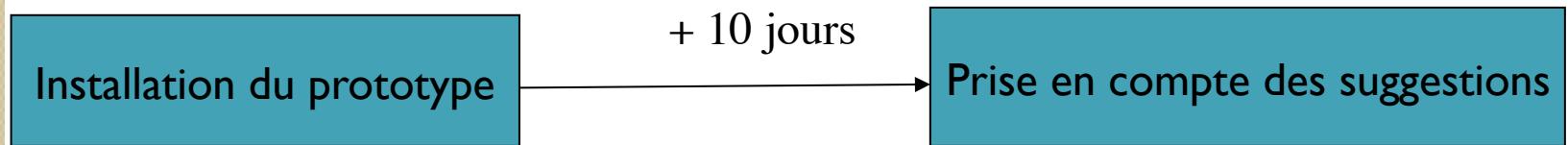
## 2. Le réseau PERT

### 2.2 Types de liens (3/6)

- Si le délai est négatif (- n jours), on parle d'une avance, qui peut être exprimée en pourcentage de la charge restante (-x%)
- Exemple: La tâche de Test peut commencer *10 jours* avant la fin de la tâche de Programmation pour préparer l'environnement de test



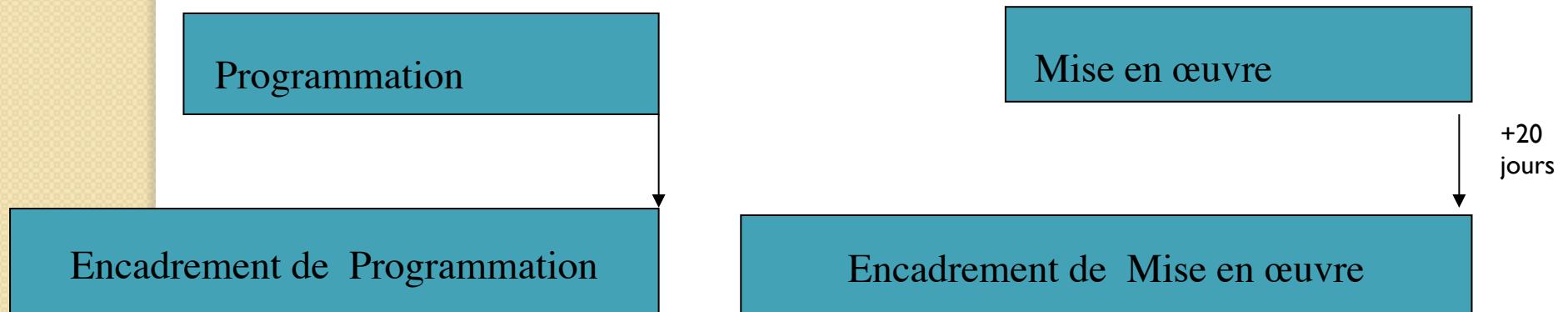
- Si le délai est positif (+ n jours), on parle d'un retard
- Exemple: La tâche Prise en compte des suggestions peut commencer *10 jours* après la tâche d'Installation de prototype



## 2. Le réseau PERT

### 2.2 Types de liens (4/6)

- Le lien Fin-Fin signifie que la fin de la tâche A provoque la fin de la tâche B (B ne peut prendre fin que lorsque A prend fin).
- Exemple: La tâche d'Encadrement de programmation dure tant que la tâche de Programmation n'est pas terminée

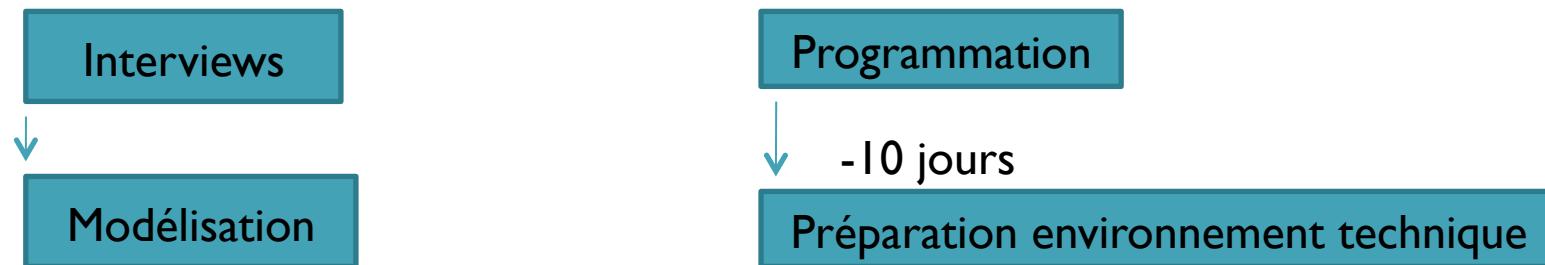


Ce lien peut être également caractérisé par une avance ou un retard. Par exemple, la tâche d'Encadrement de mise en œuvre se termine 20 jours après la fin de la tâche de Mise en œuvre d'un logiciel

## 2. Le réseau PERT

### 2.2 Types de liens (5/6)

- Le lien Début-Début signifie que le début de la tâche A déclenche le début de la tâche B. B doit obligatoirement commencer quand A commence.
- Exemple: la tâche Modélisation doit commencer en même temps que la tâche Interviews

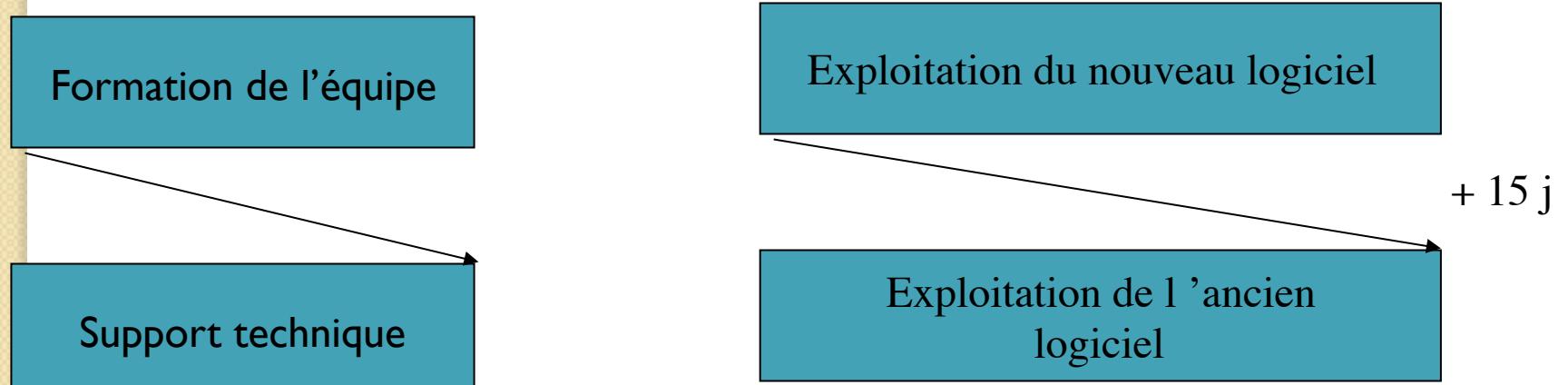


Ce lien peut être également caractérisé par une avance ou un retard. Par exemple, la tâche Préparation technique doit commencer 10 jours avant le début de la Programmation.

## 2. Le réseau PERT

### 2.2 Types de liens (6/6)

- Le lien Début-Fin signifie que le début de la tâche A marque la fin de la tâche B. B ne peut pas prendre fin tant qu'A n'a pas commencé.
- Exemple: le début de la tâche Formation de l'équipe marque la fin de la tâche Support technique



- Ce lien peut également être caractérisé par une avance ou un retard. Par exemple, la tâche Exploitation de l'ancien logiciel s'arrêtera 15 jours après le début de la tâche Exploitation du nouveau logiciel.

Ce retard permet de démarrer en douceur l'exploitation du nouveau logiciel

## 2. Le réseau PERT

### 2.3 Paramètres clés et chemin critique (1/9)

- Une tâche est dite **critique** si son **retard va provoquer le retard du projet**
- Un **chemin critique** est composé par l'ensemble des tâches critiques
  - ✓ Chemin allant du début à la fin d'un graphe et dont la durée est plus grande que celle de tout autre chemin.
  - ✓ C'est le temps minimum pour atteindre l'objectif du projet.
- Pour trouver le chemin critique, on calcule les paramètres clés attachés à chaque tâche du réseau PERT, à savoir:
  - ✓ les dates au plus tôt: Début au plus tôt et Fin au plus tôt;
  - ✓ les dates au plus tard: Début au plus tard et Fin au plus tard;
  - ✓ les marges: marge totale et marge libre

## 2. Le réseau PERT

### 2.3 Paramètres clés et chemin critique (2/9)

#### Dates au plus tôt ( $D+tôt$ , $F+tôt$ ) et au plus tard ( $D+tard$ , $F+tard$ )

- Compte tenu des contraintes d'enchaînement, de la durée des tâches et de la date de début de projet, ***la tâche  $T_i$  ne peut pas commencer avant  $D+tôt$  et ne peut pas se terminer avant  $F+tôt$***
- Par ailleurs, compte tenu des contraintes d'enchaînement, de la durée des tâches et de la date de fin de projet, elle ne doit pas se terminer après  **$F+tard$**  sans mettre le projet en retard. De même, elle ne doit pas commencer avant  **$D+tard$** , sinon la date de fin du projet serait dépassée
- Pour calculer ces dates, nous devons avoir la durée  $d_i$  de chaque tâche  $T_i$

## 2. Le réseau PERT

### 2.3 Paramètres clés et chemin critique (3/9)

- Soit  $t_0$  la date du début du projet
- Si la tâche  $T_i$  se situe au début de projet, sa date de  $D+tôt$  est  $t_0$ . Sa date de  $F+tôt$  est ( $t_0+d_i$ ):

$$D+tôt(T_i) = t_0$$

$$F+tôt(T_i) = t_0 + d_i$$

- Si la tâche  $T_i$  ne se situe pas en début de projet, elle a des prédecesseurs. Sa date  $D+tôt$  est égale à la plus grande des dates de  $F+tôt$  de tous ses prédecesseurs plus  $I$ . Sa date de  $F+tôt$  est obtenue en ajoutant la durée de la tâche.

$$D+tôt(T_i) = \sup\{F+tôt(\text{prédecesseurs})\} + \text{« } I \text{ »}$$

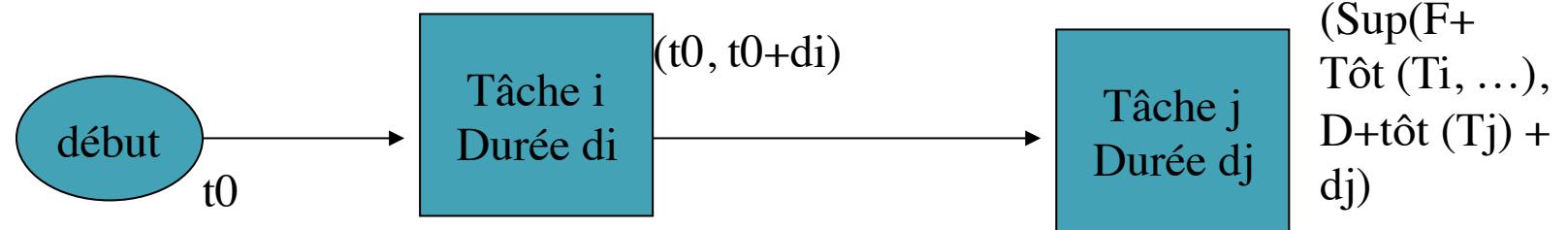
$$F+tôt(T_i) = D+tôt(T_i) + d_i$$

$$\text{Autrement: } T_j = \text{Max}(T_i + D_{ij})$$

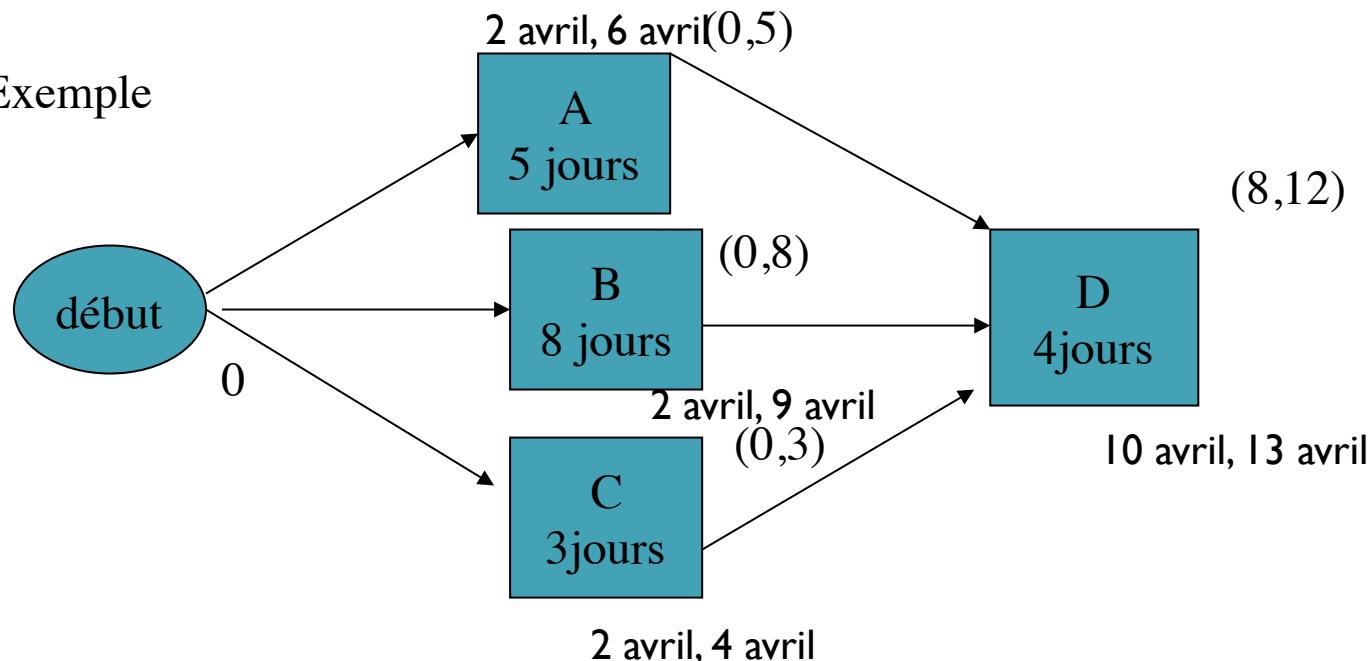
## 2. Le réseau PERT

### 2.3 Paramètres clés et chemin critique (4/9)

Formalisme de représentation en potentiel-tâches



Exemple



## 2. Le réseau PERT

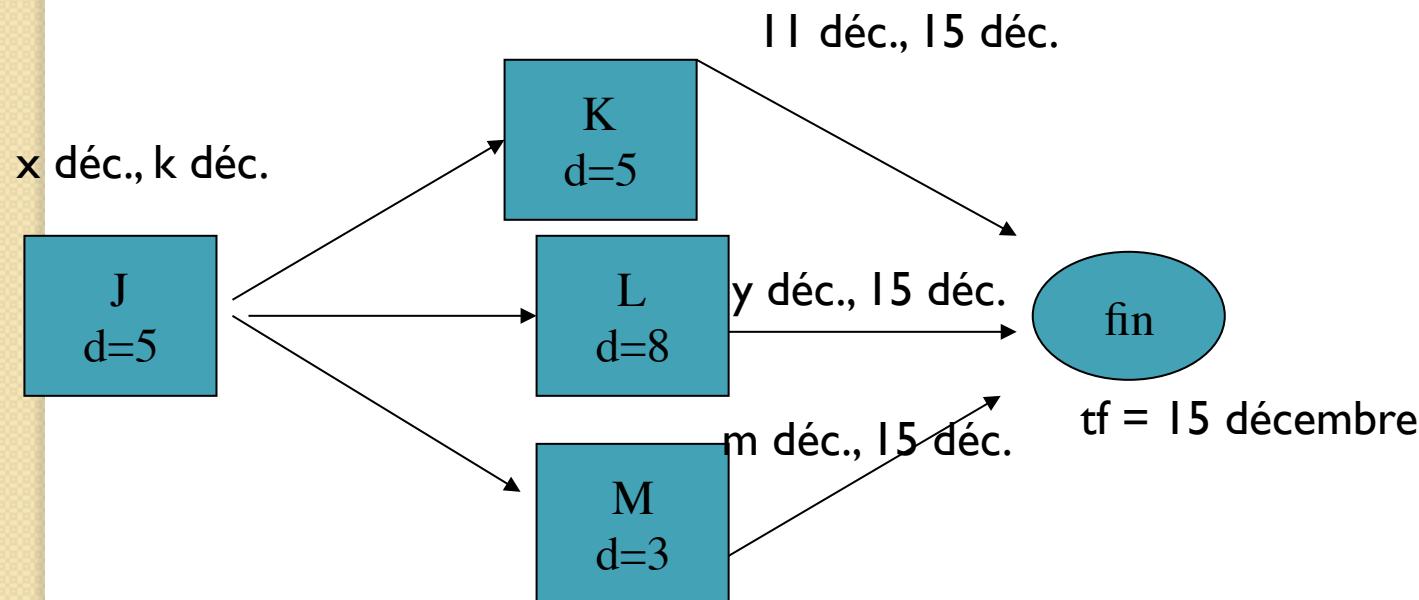
### 2.3 Paramètres clés et chemin critique (5/9)

- Pour calculer les dates au plus tard de chacune des tâches, on va fixer une date de fin de projet et on va parcourir le graphe vers l'arrière
- Soit  $tf$  la date de fin de projet.
- Si la tâche  $T_i$  se situe en fin du projet, alors:
  - $F+tard(T_i) = tf$
  - $D+tard(T_i) = tf - di + \ll I \gg$
- Si la tâche  $T_i$  ne se situe en fin du projet, elle a des successeurs, alors:
  - $F+tard(T_i) = \inf \{D+tard(\text{successeurs})\}$
  - $D+tard(T_i) = F+tard (T_i) - di + \ll I \gg$

**Autrement:**  $T_i = \text{Min } (T_j - D_{ij})$

## 2. Le réseau PERT

### 2.3 Paramètres clés et chemin critique (6/9)



## 2. Le réseau PERT

### 2.3 Paramètres clés et chemin critique (7/9)

#### Marge totale

- La **marge totale** attachée à chaque tâche est la différence entre sa date au plus tard et sa date au plus tôt
- En l'absence de liens autres que des liens fin-début, elle peut être calculée indifféremment sur les dates de début ou sur les dates de fin
- Sinon, on peut avoir deux marges différentes sur une tâche, une pour la date de début et l'autre pour la date de fin

## 2. Le réseau PERT

### 2.3 Paramètres clés et chemin critique (8/9)

#### Marge libre

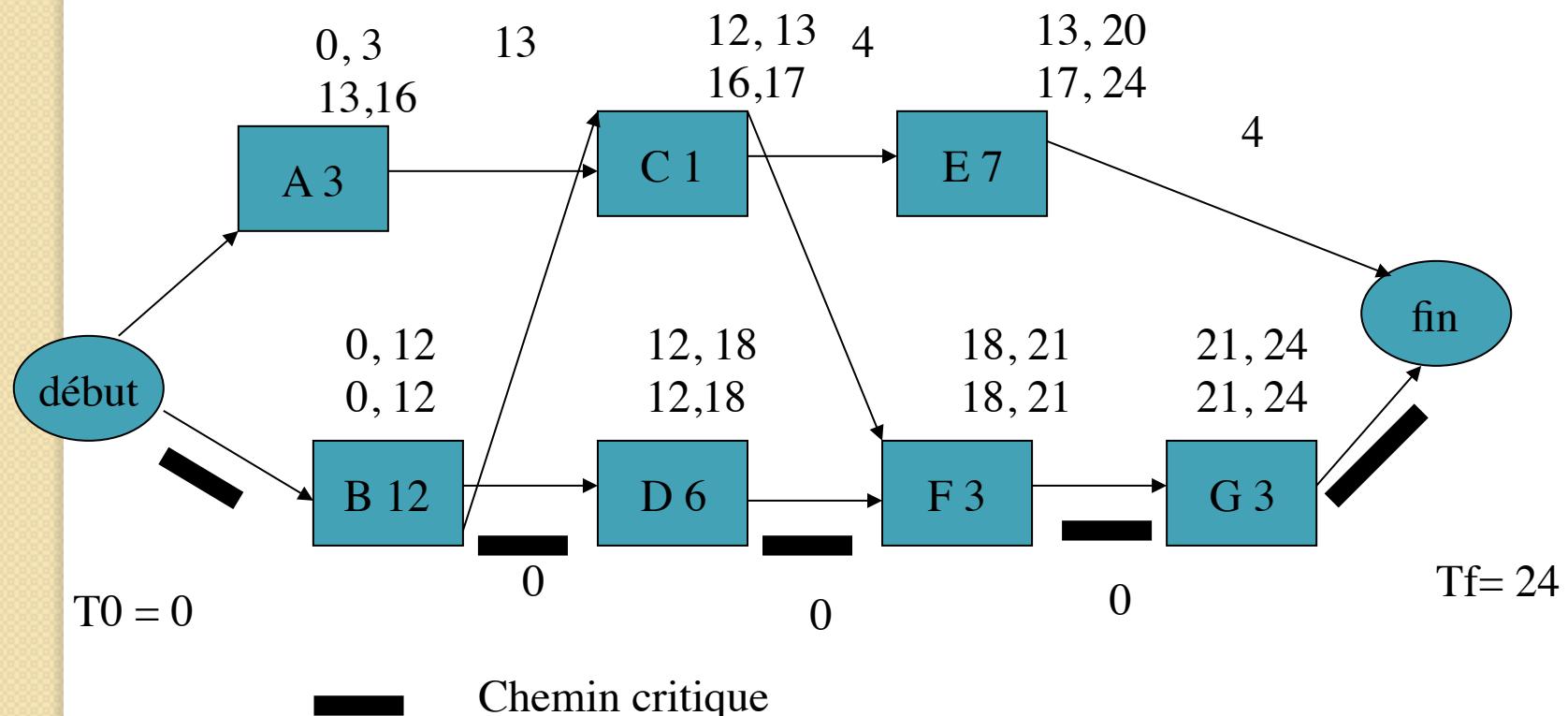
- On dispose d'une marge libre ml sur  $T_i$  si on peut planifier  $T_i$  à la date  $(D+tôt(T_i)+\underline{ml})$  sans que cela ait de conséquence sur ses successeurs:

$$\text{Marge libre } (T_i) = \inf \{D+tôt(\text{successeurs})\} - F+tôt(T_i) - l$$

## 2. Le réseau PERT

### 2.3 Paramètres clés et chemin critique (9/9)

- Le chemin critique est le chemin du graphe sur lequel les marges totales sont nulles
- La marge libre de toutes les tâches du chemin critique est nulle

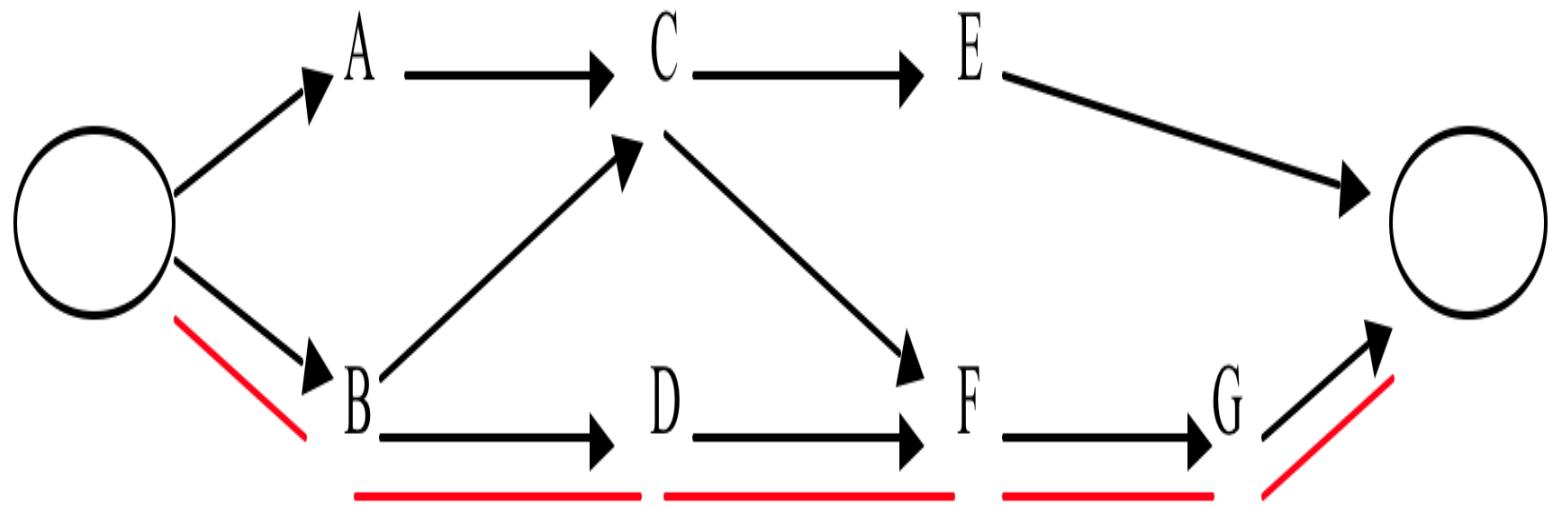


### 3. Le diagramme de GANT (1/4)

- Le réseau PERT fait apparaître les possibilités de parallélisme dans l'exécution des tâches et donne les dates de fin du projet possibles en dehors des contraintes de ressources
- Pour établir un planning du projet, il faut estimer les ressources et affecter les tâches à des personnes ou à des profils de personnes
- Il faut également tenir compte des contraintes de calendrier (jours non ouvrables, jours fériés, etc.)
- Pour représenter le planning d'un projet, on utilise le diagramme de GANT qui se construit ainsi:
  - ✓ en abscisse, on a l'axe du temps
  - ✓ en ordonnée, on peut avoir soit les tâches soit les personnes affectées aux tâches

### 3. Le diagramme de GANT (2/4)

Exemple:

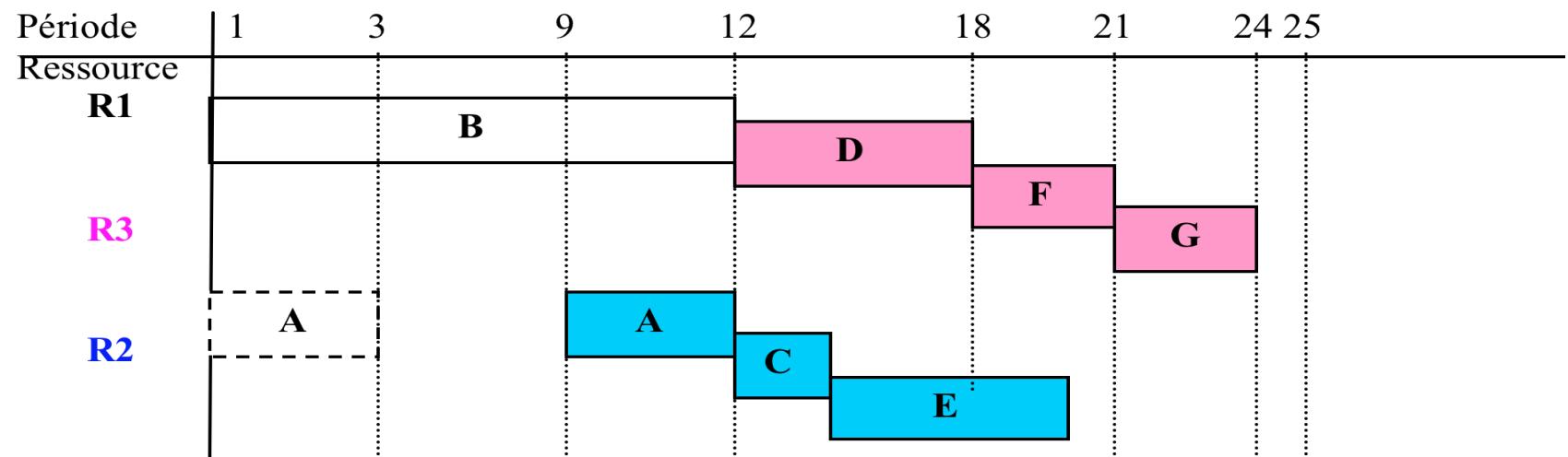


#### Remarques :

Selon qu'on charge le diagramme suivant le temps au plus tôt ou le temps au plus tard: on obtient un diagramme au plus tôt ou au plus tard.

On commence toujours par charger le chemin critique.

### 3. Le diagramme de GANT (3/4)



*La tâche A peut être décalée pour ne pas avoir à attendre avant d'enchaîner sur les tâches C et E.*

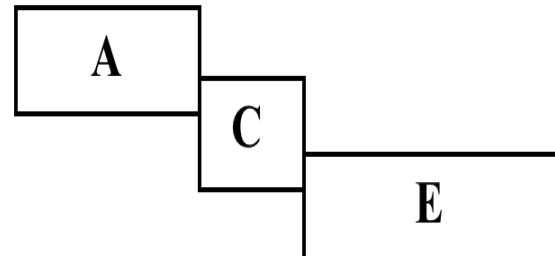
### 3. Le diagramme de GANT (4/4)

a) Supposons que l'on a 2 ressources R1 et R2.

Diagramme au plus tard: *on commence par la fin et l'on remonte.*

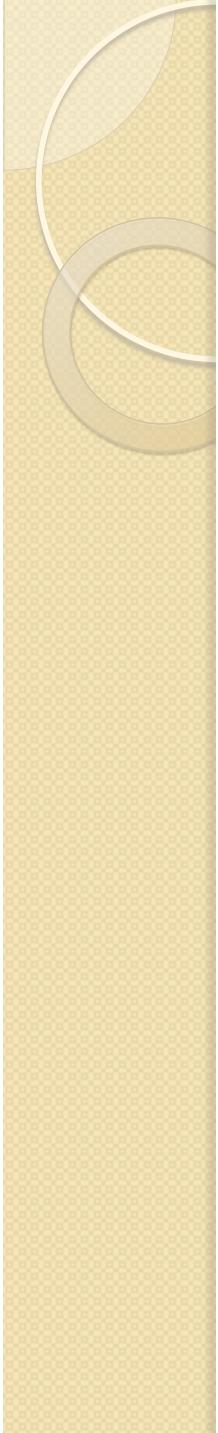
R1      *idem*

R2



b) S'il y a un fort déséquilibre sur les charges, on peut proposer un autre calendrier en ajoutant une troisième ressource R3.

NB : Il faut qu'une tâche soit déjà une charge d'au moins une semaine pour apparaître ici.



## 4. Planification opérationnelle

### 4.1 Les contraintes (1/4)

- Pour établir un diagramme Gantt en vue d'une planification opérationnelle, on doit prendre en compte toutes les contraintes.
- On commence par les contraintes les plus fortes et on termine par les tâches ayant les marges les plus élevées.
- On cherche une planification satisfaisante, qui, souvent, n'est pas la seule possible.
- On distingue plusieurs types de contraintes.



## 4. Planification opérationnelle

### 4.1 Les contraintes (2/4)

#### I. Contraintes de liens entre tâches

- On planifie en premier les tâches qui sont sur le chemin critique,
- On planifie par la suite les tâches qui sont liées aux tâches du chemin critique par des liens du type début-début, fin-fin ou début-fin,
- Enfin, on place les tâches qui sont des prédecesseurs des tâches critiques.



## 4. Planification opérationnelle

### 4.1 Les contraintes (3/4)

#### **2. Contraintes temporelles:**

- Ce sont les dates de début et de fin imposées pour une ou plusieurs tâches et mentionnées sur le réseau PERT.
- Ce sont des contraintes fortes à respecter.

#### **3. Contraintes sur la disponibilité des ressources:**

- On doit gérer les ressources spécialisées qui doivent elles seules effectuer certaines tâches du projet, et aussi la pénurie de ressources.
- Les deux cas peuvent conduire à revoir le réseau PERT pour supprimer des possibilités de parallélisme



## 4. Planification opérationnelle

### 4.1 Les contraintes (4/4)

#### **4. Contraintes d'exclusion:**

- Certaines tâches indépendantes ne doivent pas être planifiées simultanément pour les mêmes ressources matérielles, souvent pour des raisons de sécurité,
- Ces contraintes sont assez rares,
- Par exemple, si les tâches Test et Recette fonctionnelle sont planifiées sur la même machine, on risque de pénaliser la recette.



## 4. Planification opérationnelle

### 4.2 Utilisation des marges

- Pour limiter les risques de retard provoqués par les imprévus, le chef de projet introduit souvent de la marge cachée dans certaines tâches du projet (gonfler les marges).
- Ces marges cachées sont appelées tampons.
- Il est recommandé d'ajouter des tampons dans les positions suivantes de la planification:
  - ✓ En fin du projet pour absorber les fluctuations du chemin critique
  - ✓ En fin des tâches qui précèdent des tâches du chemin critique pour absorber tout risque de dérapage.



## 4. Planification opérationnelle

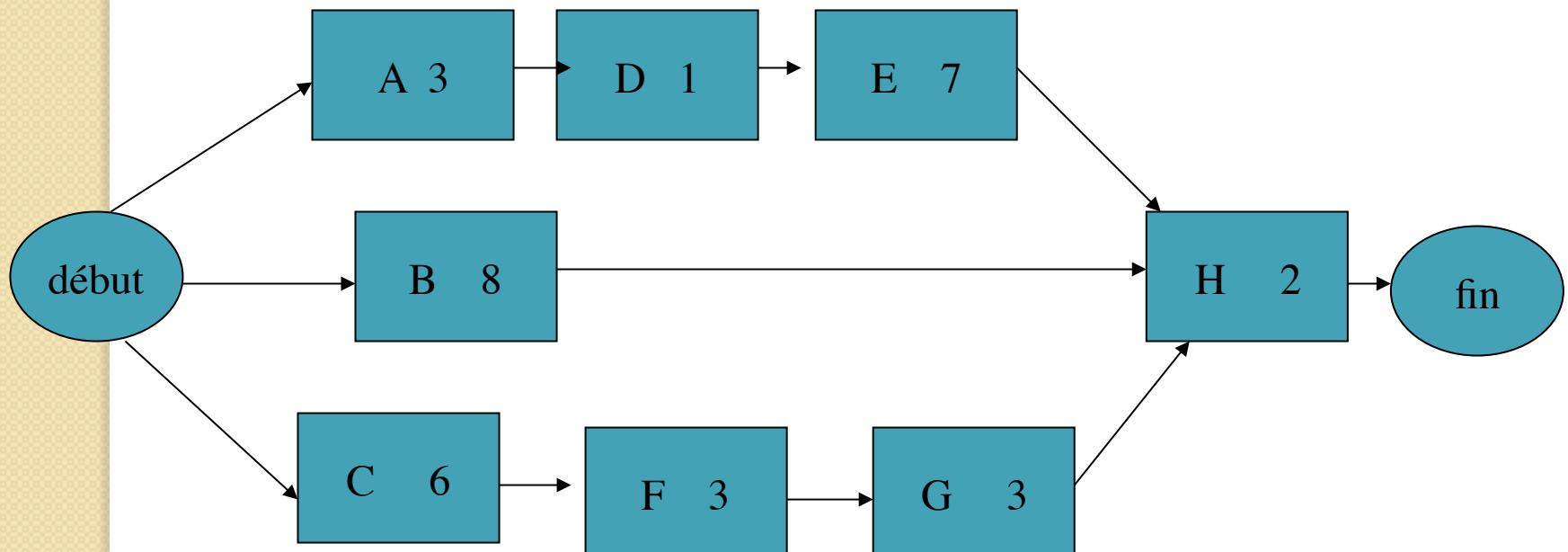
### 4.3 Le niveling (1/4)

- La technique de niveling consiste à maintenir le nombre de personnes travaillant simultanément sur le projet en dessous d'une certaine limite,
- Elle évite d'avoir une taille d'équipe de projet trop importante par rapport à la durée totale du projet,
- Par exemple, une planification qui exploite au maximum le parallélisme peut conduire à une taille d'équipe risquant de générer des surcharges de coordination,
- Le niveling permet d'étaler dans le temps les dépenses liées au projet.
- **La fin du projet peut ne pas être respectée**

## 4. Planification opérationnelle

### 4.3 Le nivelllement (2/4)

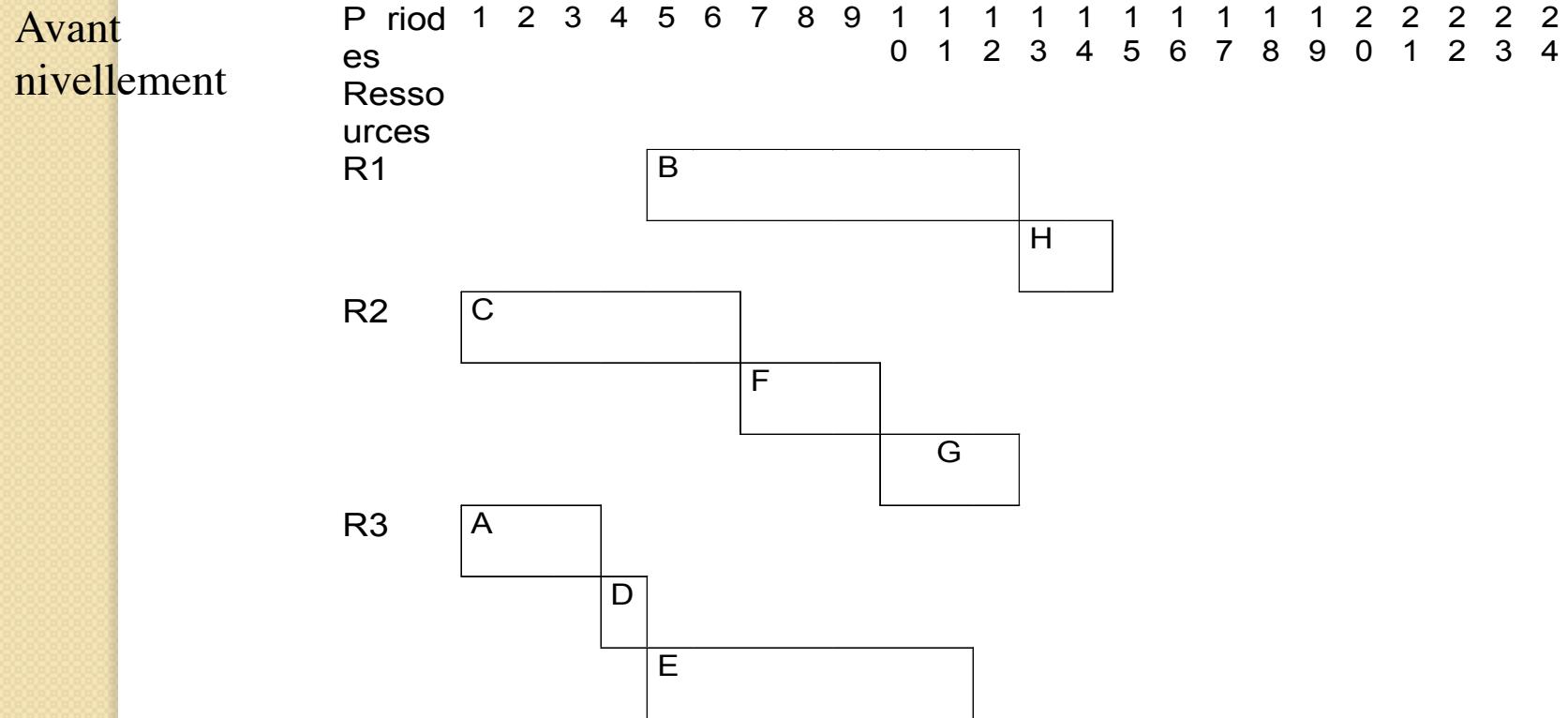
- Exemple: Soit le projet structuré en tâches selon le réseau PERT suivant:



## 4. Planification opérationnelle

### 4.3 Le nivelllement (3/4)

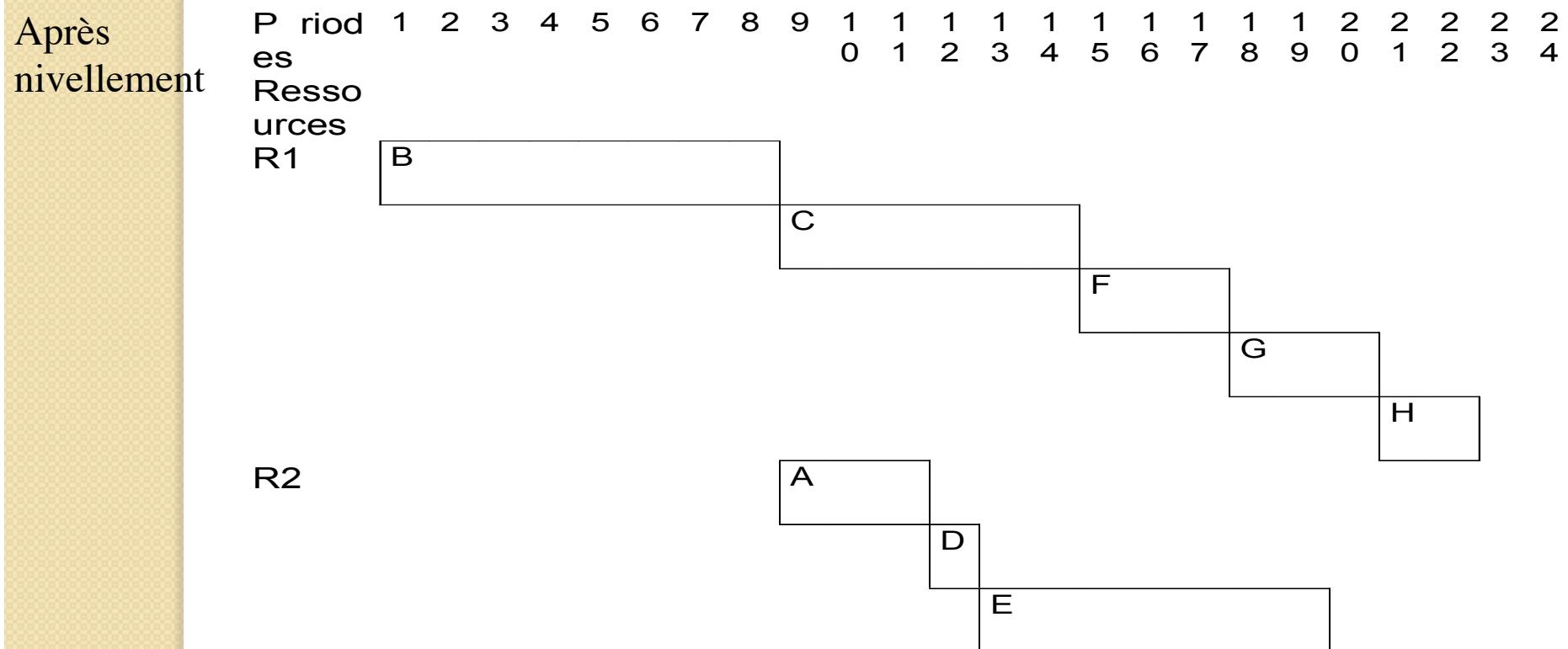
- Supposons que nous faisons une première planification avec trois ressources, ce qui donne le diagramme de Gantt suivant (avant nivelllement):



## 4. Planification opérationnelle

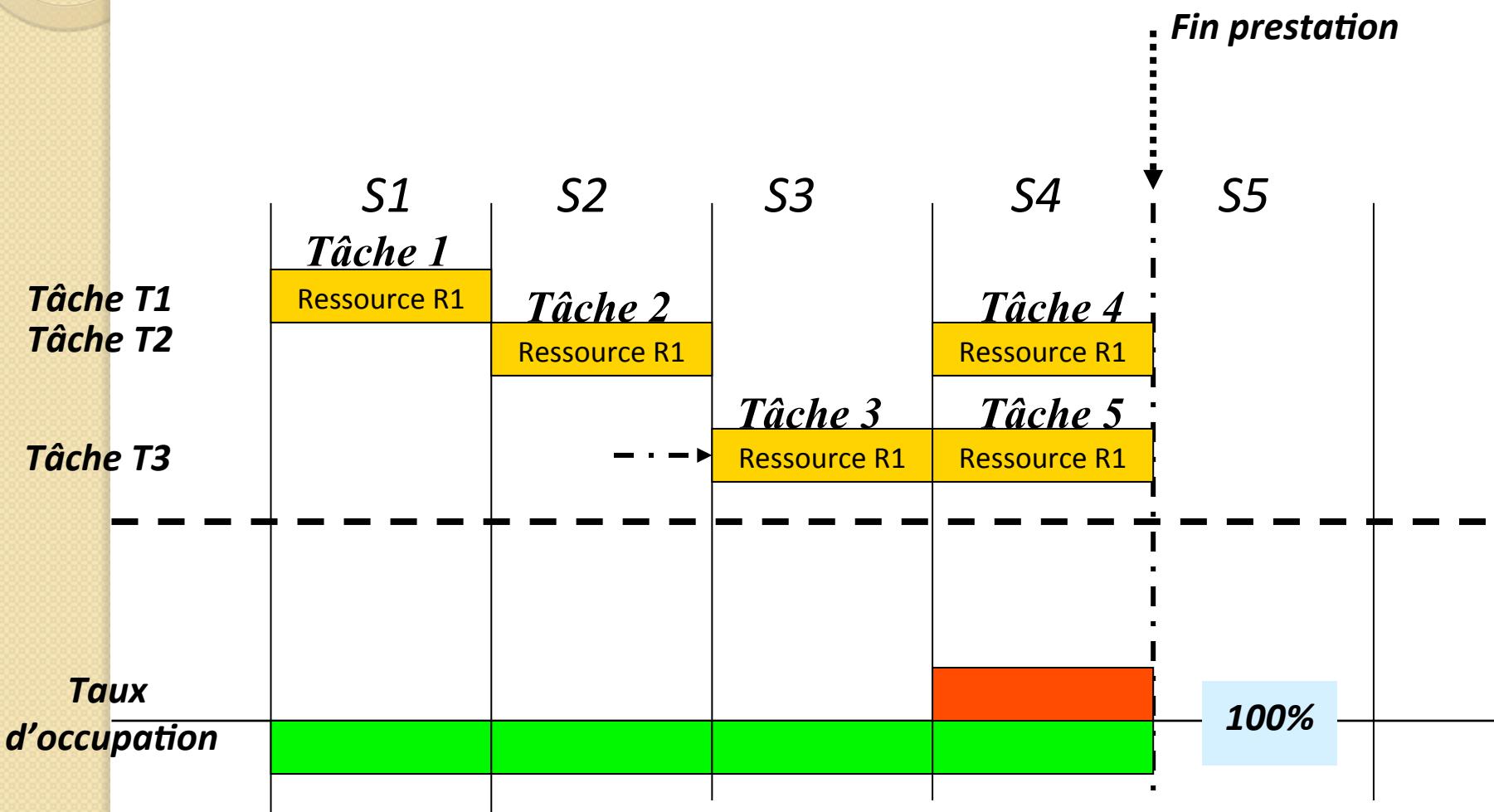
### 4.3 Le nivelllement (4/4)

- Supposons que nous voulons limiter la taille de l'équipe à deux personnes. On doit donc niveler le diagramme, ce qui donne le diagramme de Gantt suivant (après nivelllement):



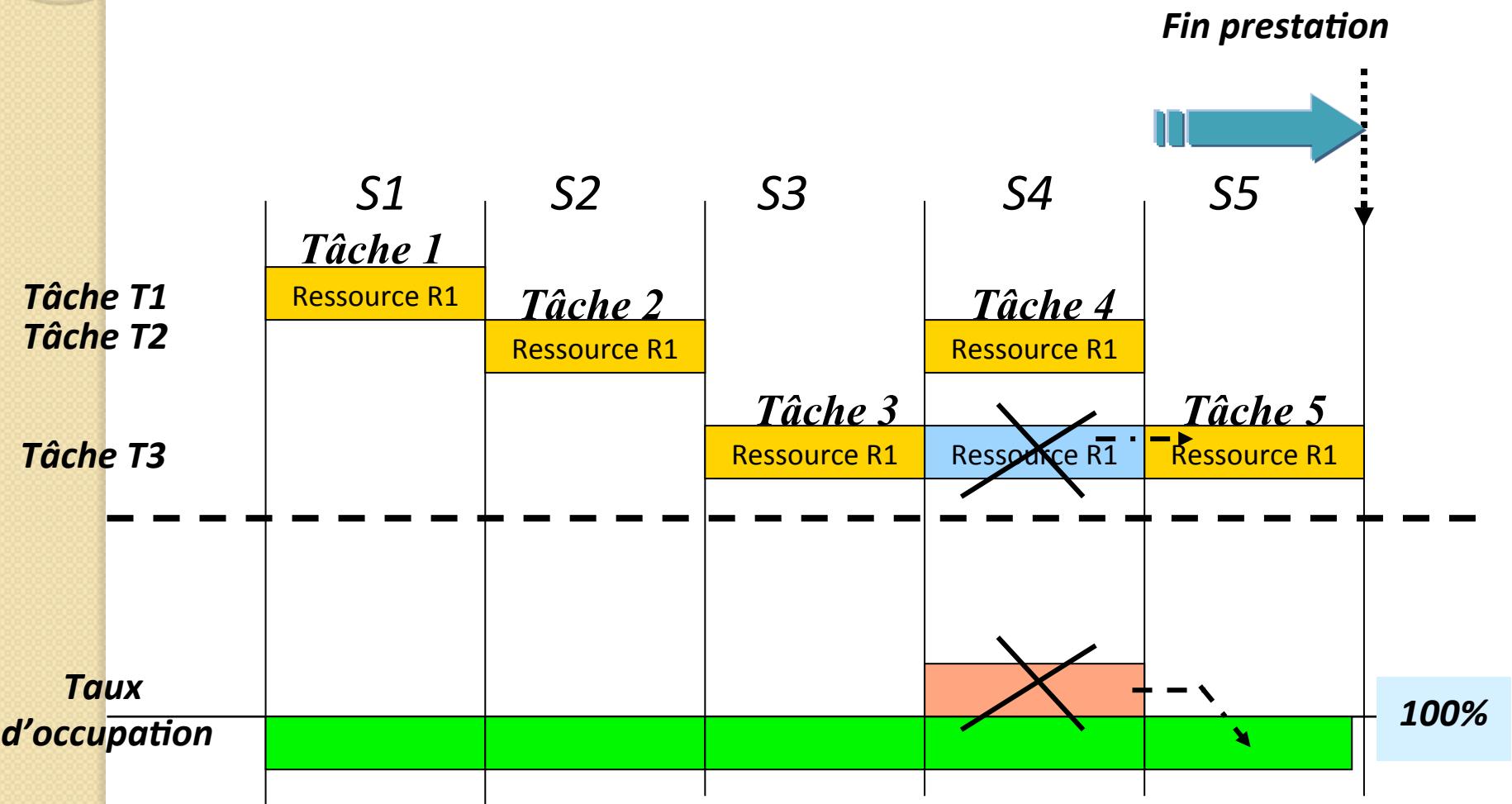
# Exemple

## Nivellement du plan de charge



# Exemple

# Nivellement du plan de charge



## 4. Planification opérationnelle

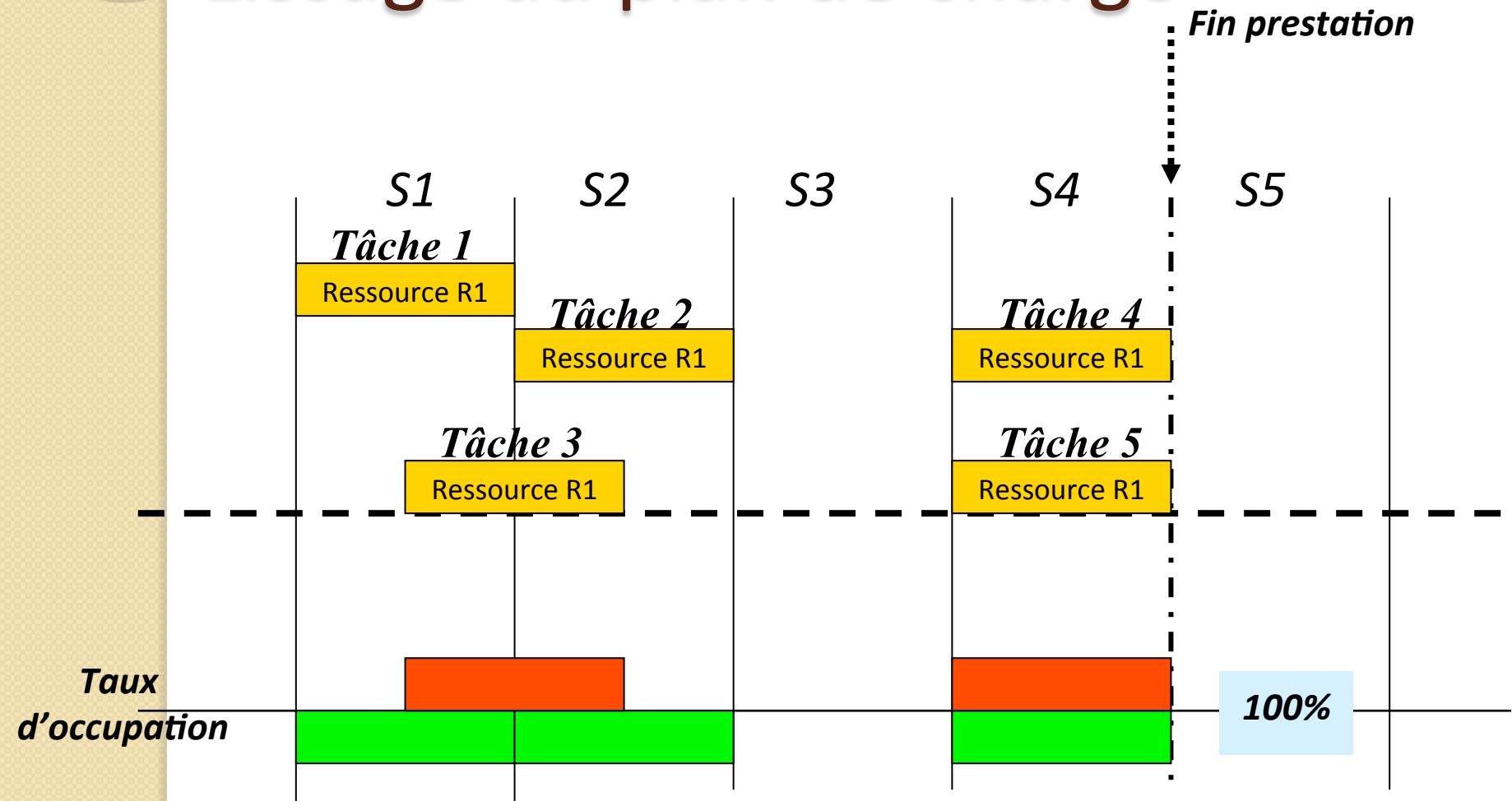
### 4.4 Le lissage (1/3)

- La technique du lissage consiste à répartir pour chaque ressource sa charge de travail, de telle façon qu'elle ne se trouve à aucun moment en surcharge ou en sous-charge.
- On doit jouer sur les marges pour décaler les tâches.
- Contrairement au nivellation, on s'intéresse à la répartition de la charge affectée à chaque ressource.
- Une opération de lissage peut conduire à allonger les délais  
**(La fin du projet est respectée)**
- Les raisons de lissage sont le plus souvent des contraintes liées à l'utilisation des personnes, parfois à cause de la disponibilité réduite d'un matériel.

## 4. Planification opérationnelle

### 4.4 Le lissage (2/3)

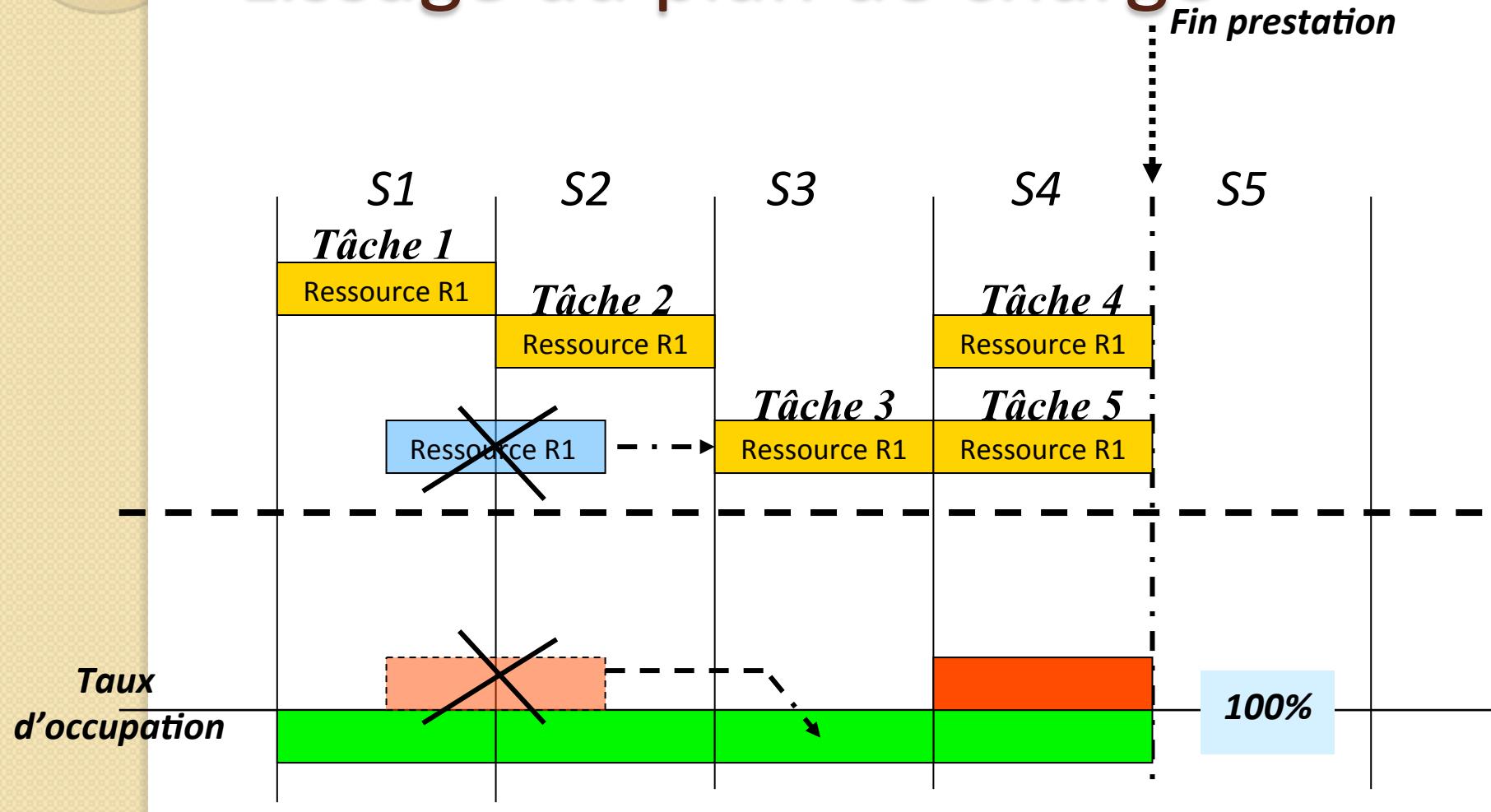
#### Lissage du plan de charge



## 4. Planification opérationnelle

### 4.4 Le lissage (3/3)

#### Lissage du plan de charge





## Fin du chapitre: Vous devrez être en mesure de:

- D'exprimer l'utilité des réseaux Pert dans le processus de management de projet,
- D'expliquer, pour deux tâches données, le type de contrainte de précédence existant entre elles,
- De calculer les paramètres clés de la technique Pert, et à partir de là, aboutir au réseau Pert correspondant,
- D'expliquer l'utilité et la complémentarité des diagrammes de Gantt vis-à-vis des réseaux Pert,
- De construire le diagramme de Gantt à partir d'un réseau Pert donné,
- D'appliquer les techniques de nivellation et de lissage sur un diagramme de Gantt donné.