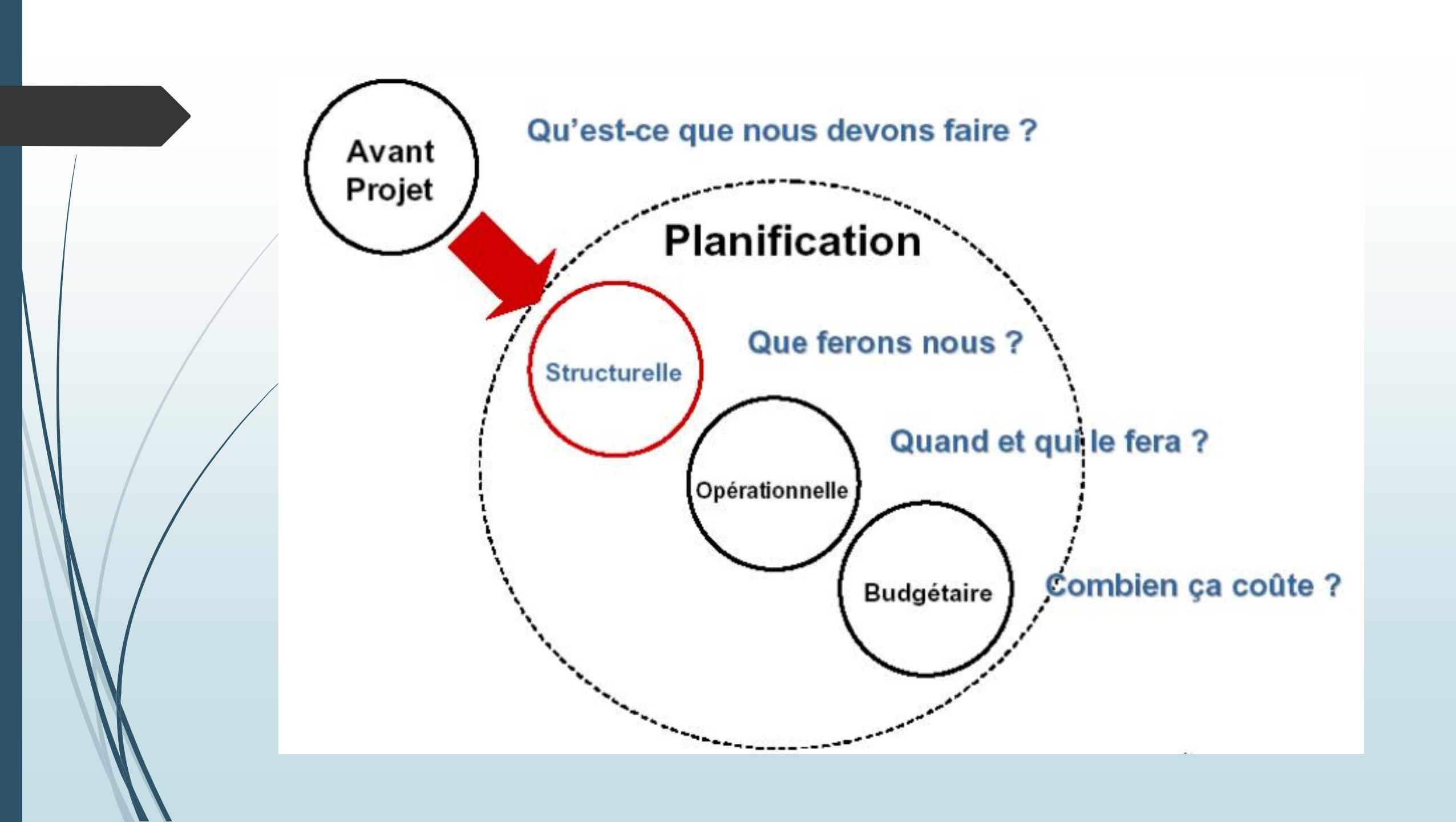
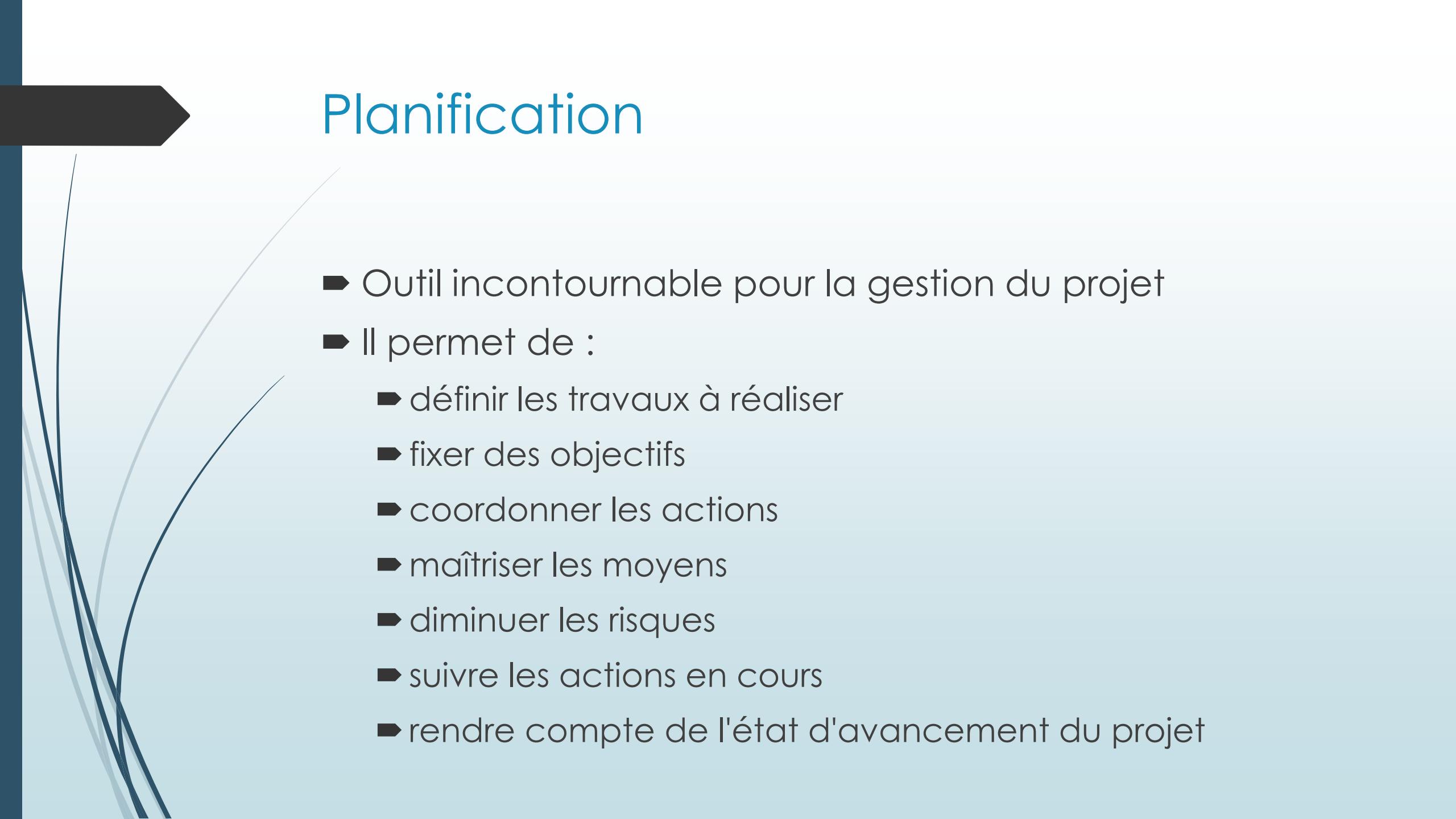




## Chapitre 2 : Techniques de Planification de Délais

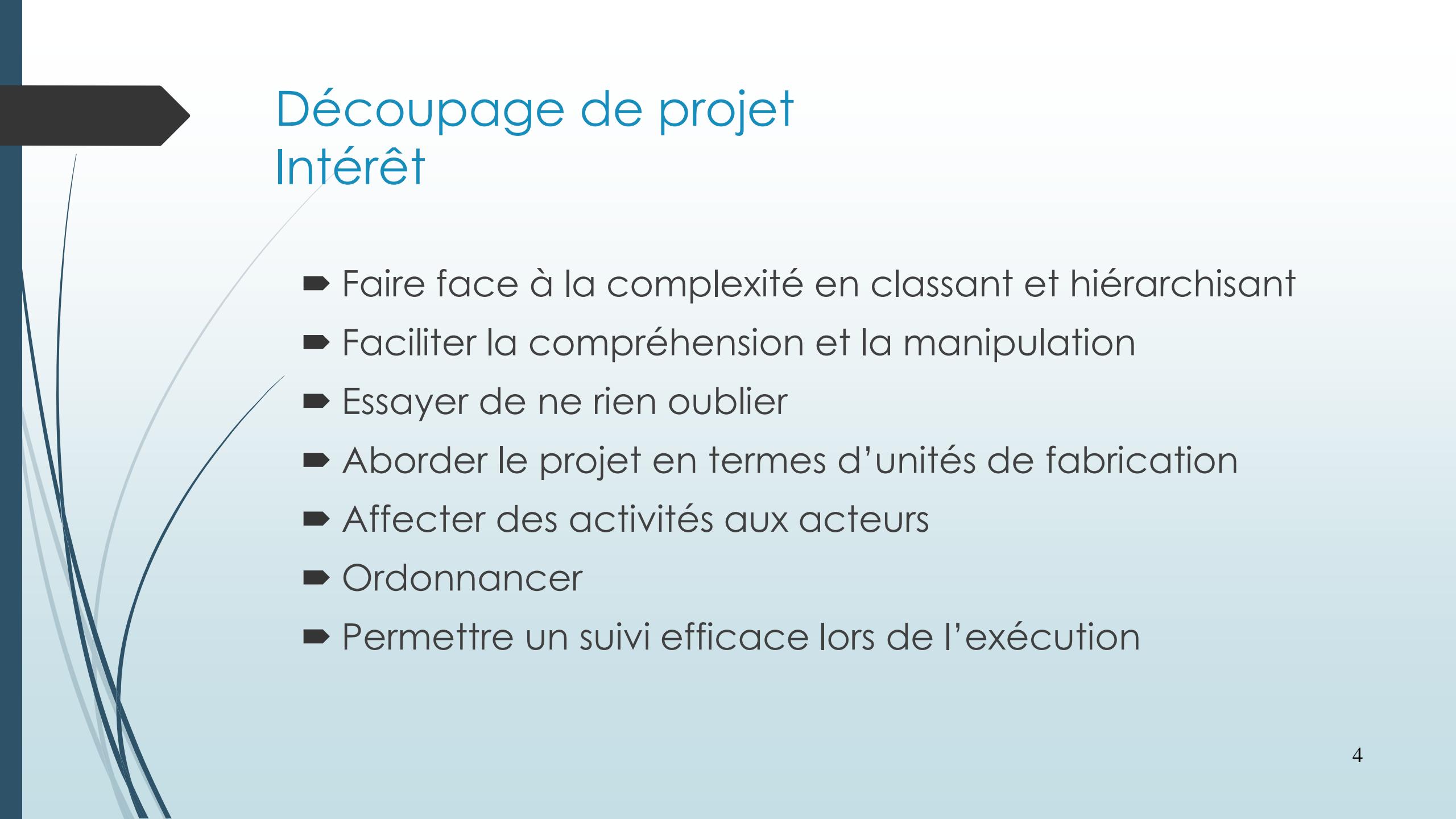
- ▶ Diagramme de Gantt
- ▶ Réseau PERT





# Planification

- ▶ Outil incontournable pour la gestion du projet
- ▶ Il permet de :
  - ▶ définir les travaux à réaliser
  - ▶ fixer des objectifs
  - ▶ coordonner les actions
  - ▶ maîtriser les moyens
  - ▶ diminuer les risques
  - ▶ suivre les actions en cours
  - ▶ rendre compte de l'état d'avancement du projet



# Découpage de projet

## Intérêt

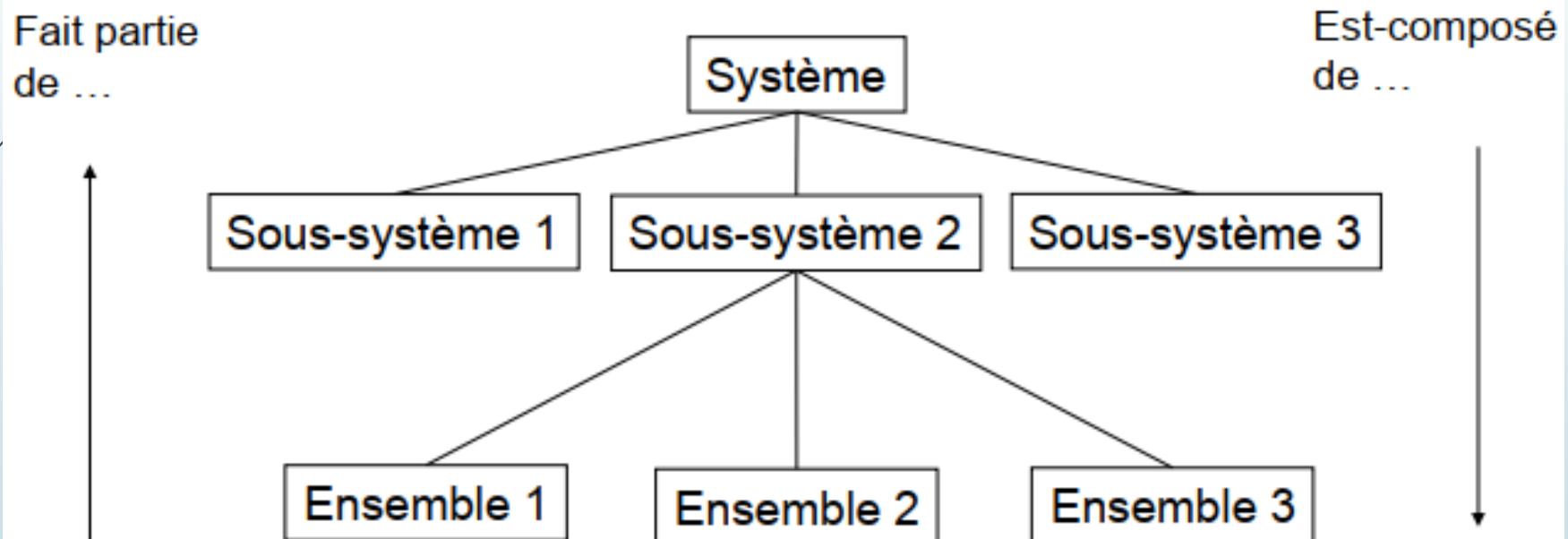
- ▶ Faire face à la complexité en classant et hiérarchisant
- ▶ Faciliter la compréhension et la manipulation
- ▶ Essayer de ne rien oublier
- ▶ Aborder le projet en termes d'unités de fabrication
- ▶ Affecter des activités aux acteurs
- ▶ Ordonnancer
- ▶ Permettre un suivi efficace lors de l'exécution

# Analyse de projet

- ▶ **Quoi ?** ⇒ **PBS** (Product Breakdown Structure)
- ▶ **Comment ?** ⇒ **WBS** (Work Breakdown Structure)
- ▶ **Qui ?** ⇒ **OBS** (Organisation Breakdown Structure)
- ▶ **Avec Quoi ?** ⇒ **RBS** (Ressource Breakdown Structure)

# Planification structurelle

## *Product Breakdown Structure*

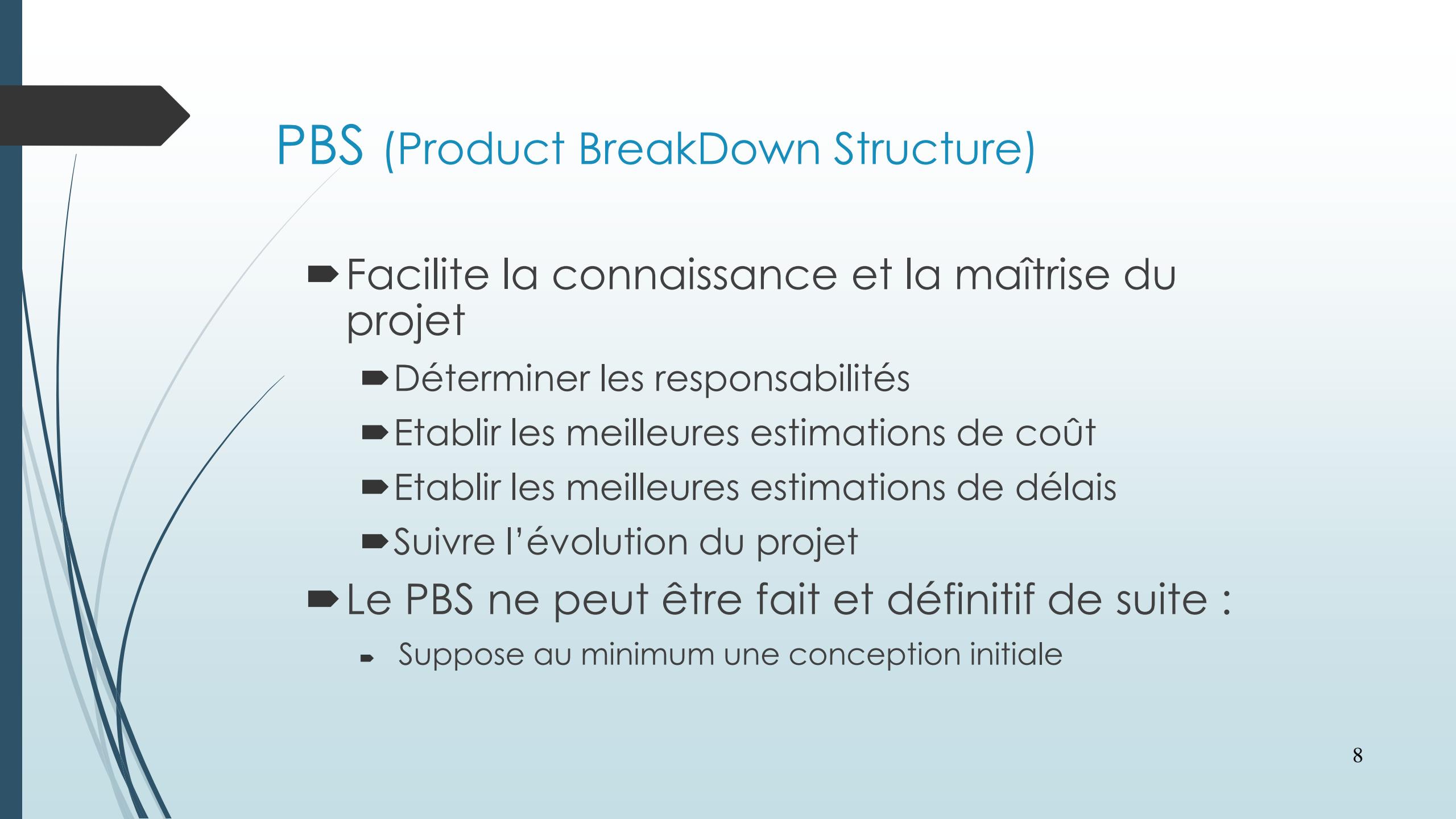


Découpage du système en unités physiques hiérarchisées



# PBS (Product BreakDown Structure)

- ▶ Le Quoi ?
- ▶ Découpage cohérent et organisé des produits attendus
- ▶ Découpage arborescent
- ▶ Terme équivalent : découpage produit, arborescent produit ou Product Tree.

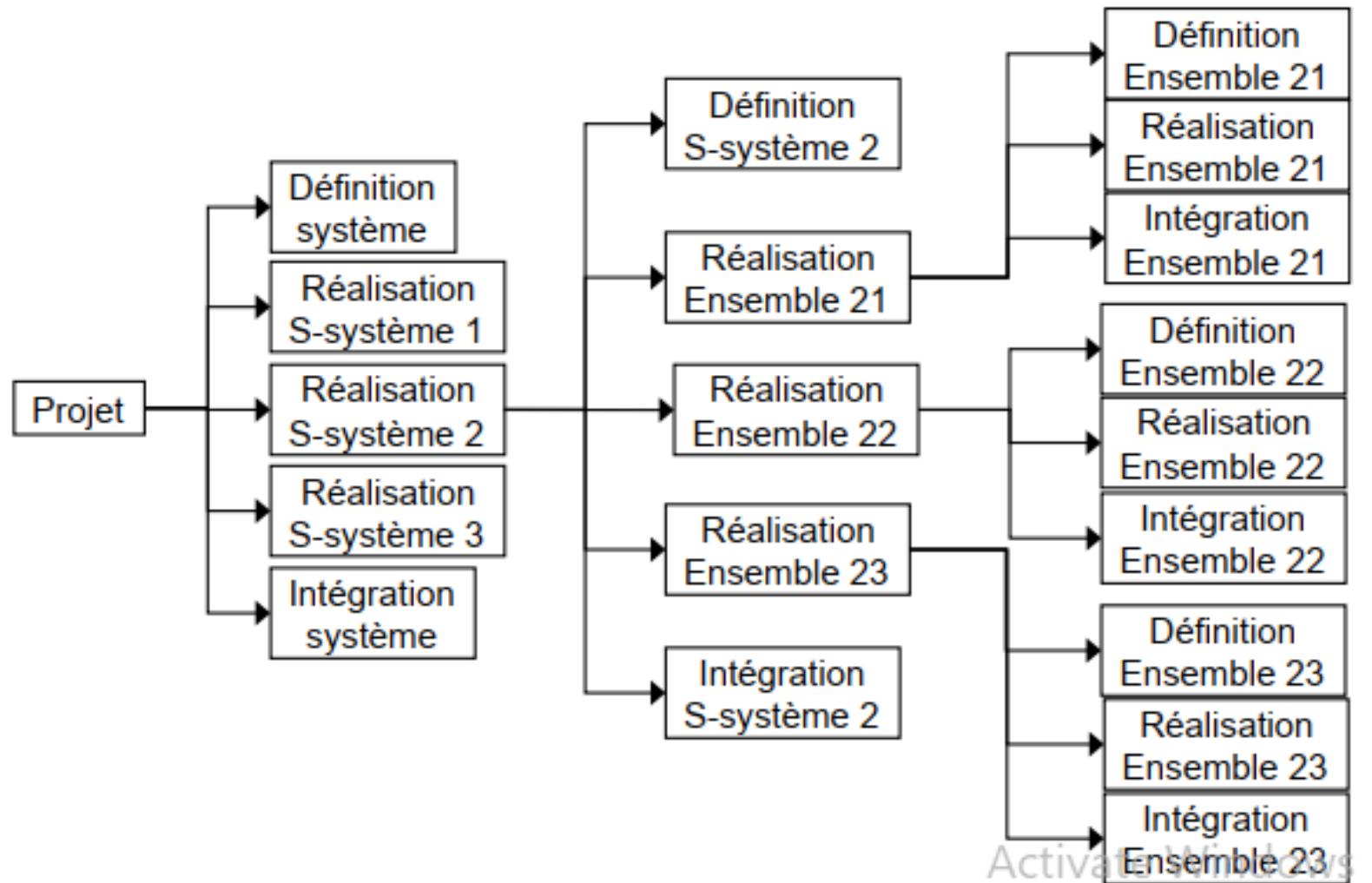


## PBS (Product BreakDown Structure)

- ▶ Facilite la connaissance et la maîtrise du projet
  - ▶ Déterminer les responsabilités
  - ▶ Etablir les meilleures estimations de coût
  - ▶ Etablir les meilleures estimations de délais
  - ▶ Suivre l'évolution du projet
- ▶ Le PBS ne peut être fait et définitif de suite :
  - ▶ Suppose au minimum une conception initiale

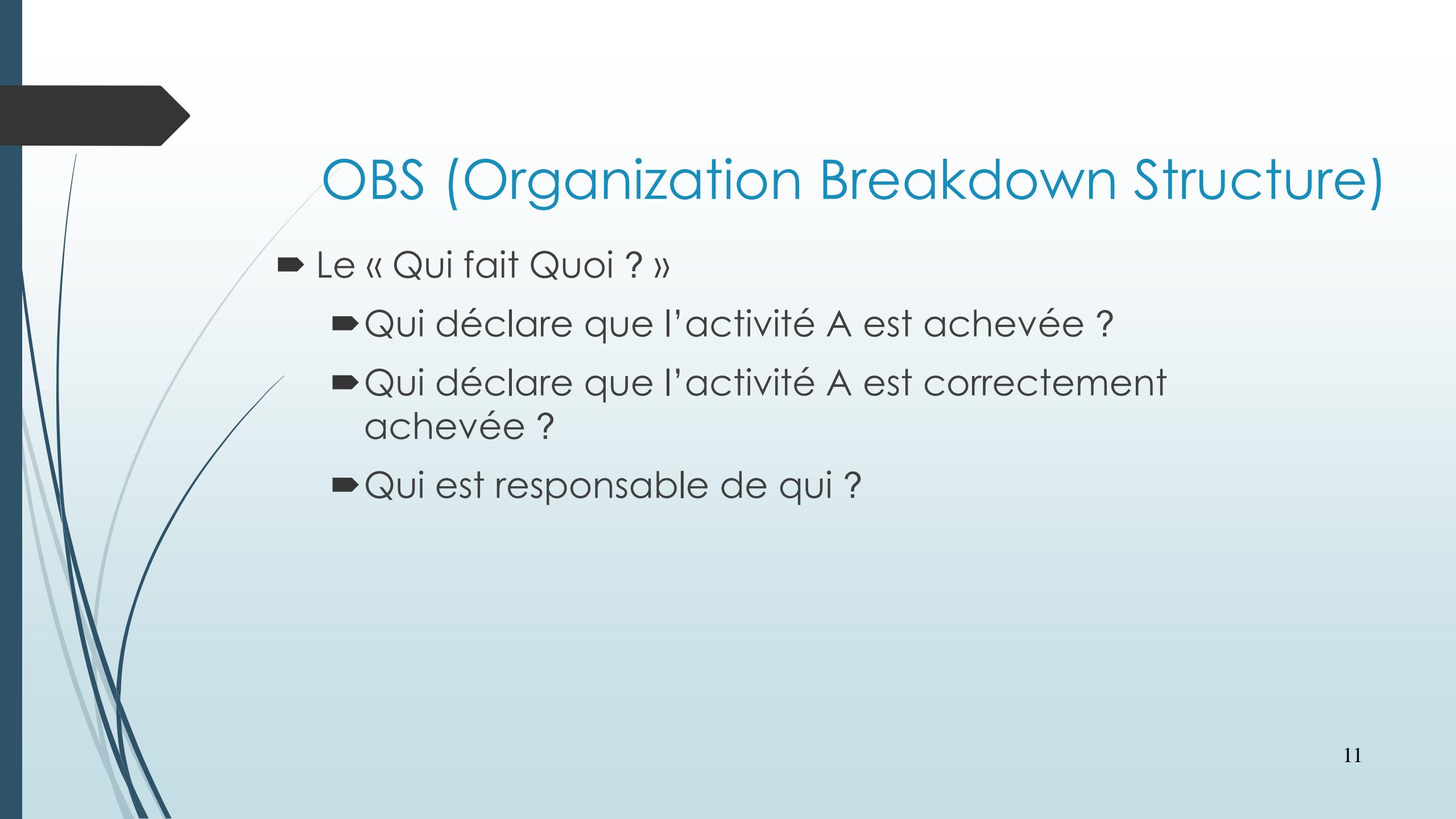
# Planification structurelle

## *Work Breakdown Structure*



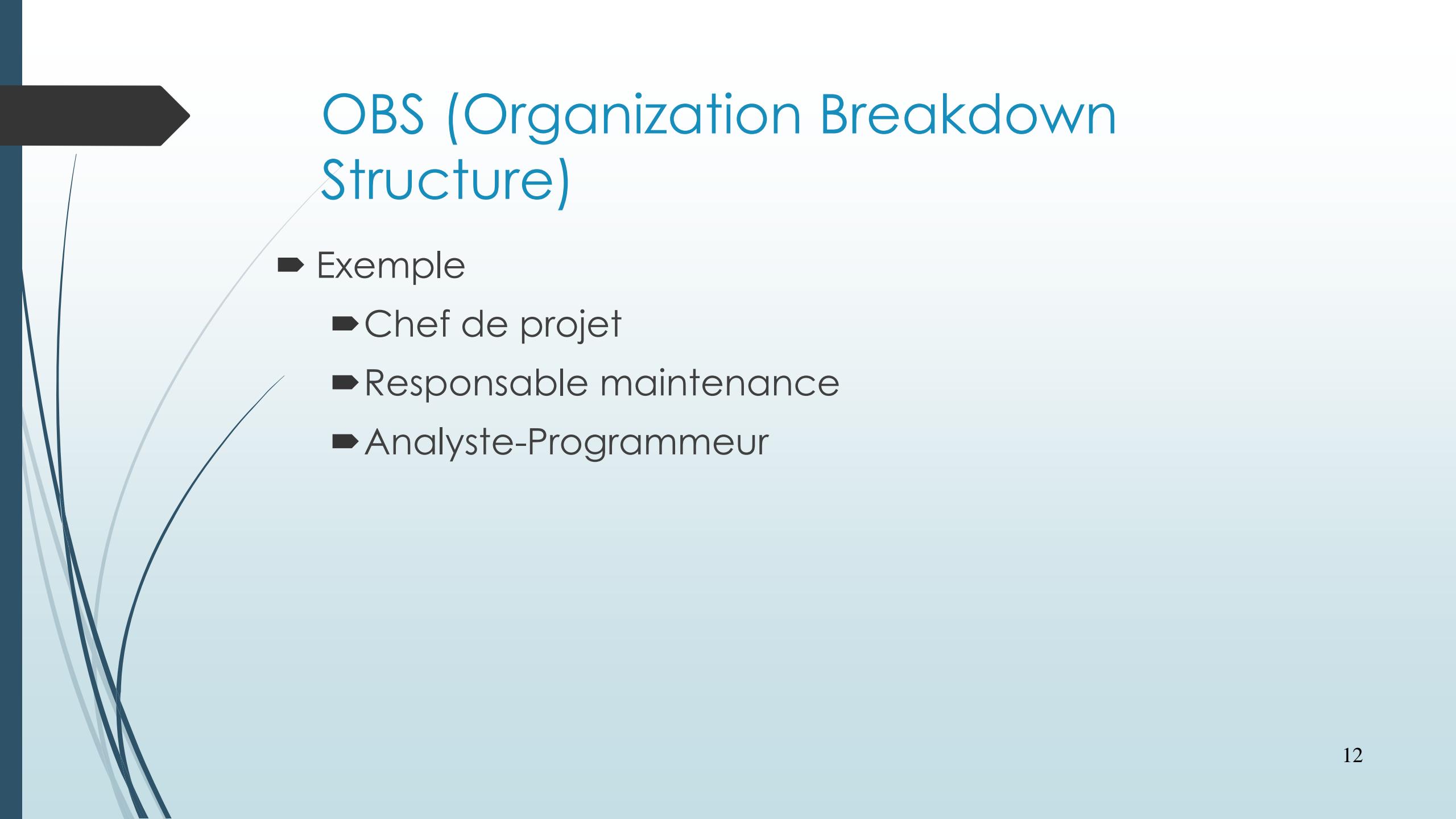
# WBS (Work Breakdown Structure)

- ▶ Le Comment ?
- ▶ Dresse la liste des activités (tâches) nécessaires à la réalisation des produits
- ▶ Termes équivalents : organigramme des tâches, arborescences des tâches
- ▶ Complète le PBS
- ▶ Cohérent avec le PBS



# OBS (Organization Breakdown Structure)

- Le « Qui fait Quoi ? »
  - Qui déclare que l'activité A est achevée ?
  - Qui déclare que l'activité A est correctement achevée ?
  - Qui est responsable de qui ?



# OBS (Organization Breakdown Structure)

- ▶ Exemple
  - ▶ Chef de projet
  - ▶ Responsable maintenance
  - ▶ Analyste-Programmeur



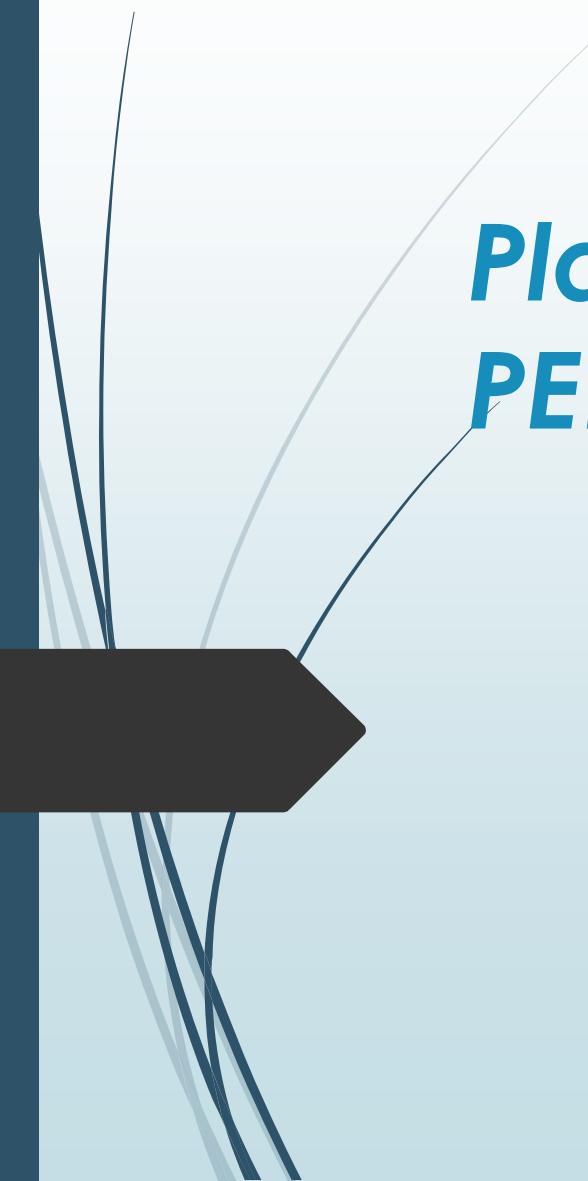
## RBS (Ressource Breakdown Structure)

- ▶ Le « Avec quoi ? »
- ▶ Exemple
  - ▶ Le Chef de Projet XXXX
  - ▶ L'Analyste-programmeur YYYY

# Techniques de planification de projet

- ▶ **Portée**: tâches et fréquemment ressources
- ▶ **Objectif**: permettre de déterminer les plannings c'est à dire les dates de début et de fin des tâches
- ▶ **Deux approches:**
  - ▶ planification des tâches
  - ▶ ordonnancement des ressources

- 
- ▶ Parmi les méthodes d'ordonnancement, on peut citer :
  - ▶ La méthode **CPM** «Critical Path Method» ou méthode du chemin critique. Elle très proche de la méthode PERT. Elle a été utilisée en 1954 par la Société Dupont de Nemours.
  - ▶ La méthode dite milestone (jalon)
  - ▶ La méthode **PERL** «Planification d'ensemble par réseau linéaire». Cette méthode a été mise en place par la Société Electricité de France «EDF».
  - ▶ La méthode **MPM** «Méthode des potentiels Metra». Cette méthode a été créée par MB Roy en 1958. Elle a été utilisée pour construire le Paquebot France.
  - ▶ □ La méthode **PERT** «Programm and Evaluation Review Technic», ou "Programm and Evaluation Research Task". Cette méthode concerne les technique d'élaboration et de contrôle des projets. Elle a été appliquée au programme des missiles Polaris aux Etats-Unis en 1958.



# *Planification opérationnelle -*

## **PERT**



# La méthode PERT

- ▶ acronyme de « *Programm Evaluation and Review Technique* »,
- ▶ est une technique d'**ordonnancement des tâches** utilisée pour gérer les projets.
- ▶ permet d'obtenir un **ordonnancement optimum** des tâches les unes par rapport aux autres pour **minimiser la durée totale du projet**.
- ▶ Cette méthode a été mise en œuvre par la marine américaine à la fin des années 50.
- ▶ Au fil des évolutions, cet outil a intégré la méthode connue par le nom des « *Chemins critiques* » (*Critical Path Method, CPM*) développée un an plus tôt.

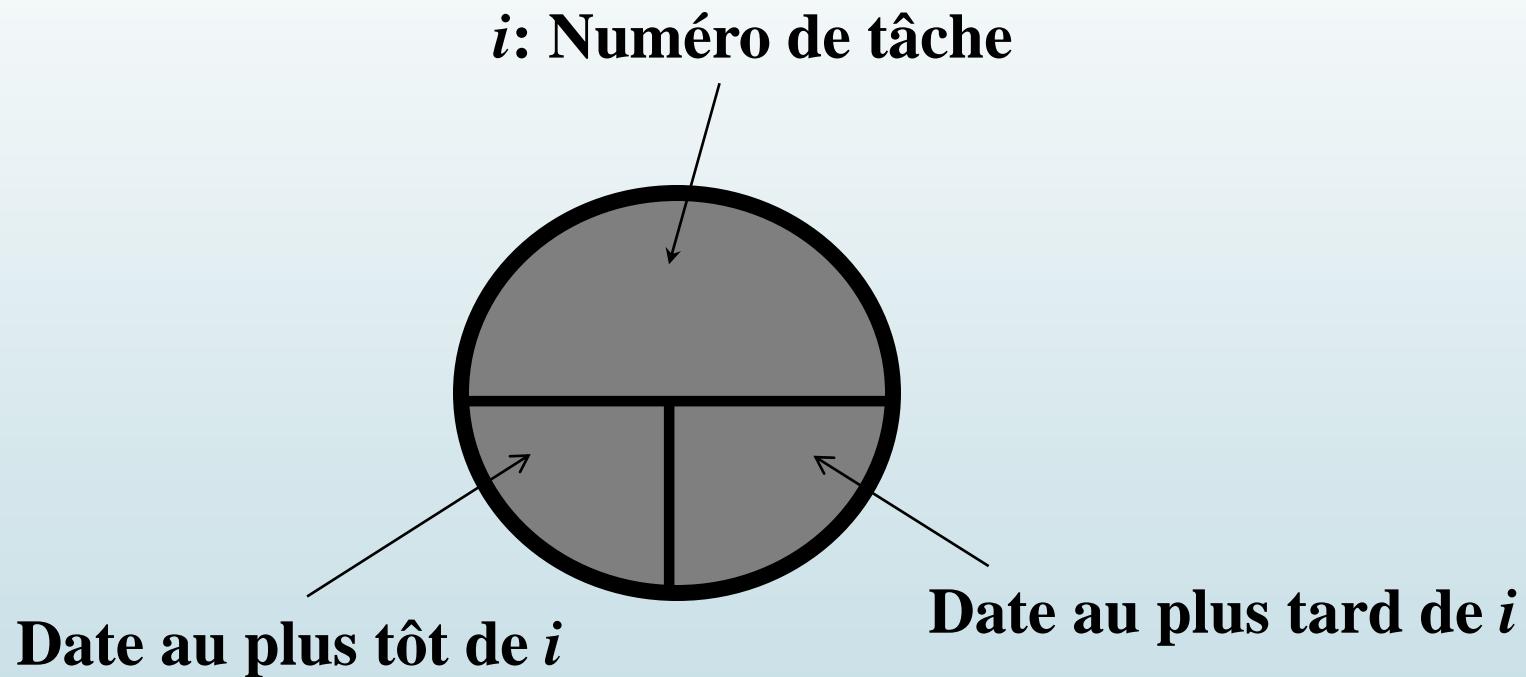
# Le réseau PERT : Construction

- ▶ Le réseau PERT est constitué :
  - ▶ d 'étapes
  - ▶ de tâches élémentaires ou opérations (ou activités)
  - ▶ de tâches fictives
- ▶ basée sur les contraintes d'enchaînement avec pour chaque tâche les **dates de début et de fin**.
- ▶ C'est un graphe **acyclique** (orientée et sans cycle) qui permet de représenter l'enchaînement de tâche.
- ▶ le graphe possède une **entrée** (*sommet sans antécédent*) et une **sortie** (*sommet sans descendant*) qui correspondent respectivement aux étapes « **Début des opérations** » et « **Fin des opérations** ».

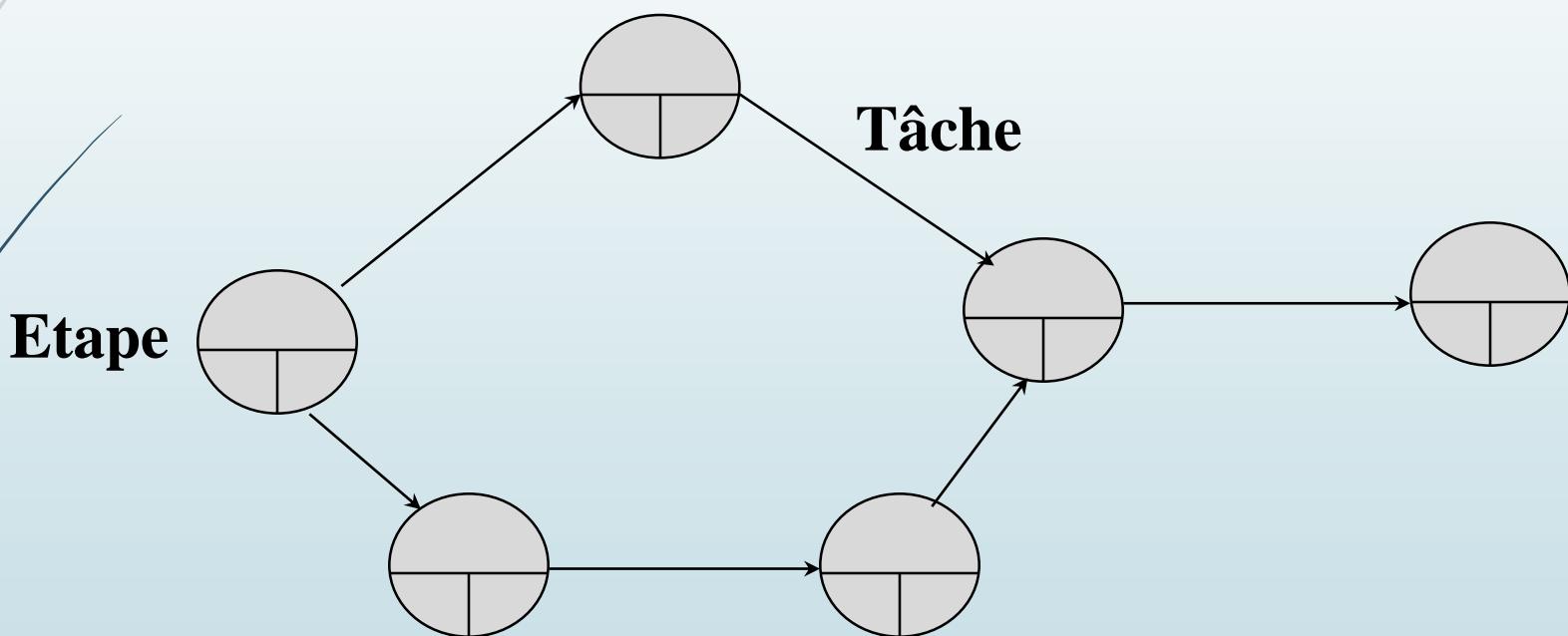
# Réalisation du PERT

1. Dessiner l'enchaînement des **tâches** : C'est un graphe acyclique (orientée et sans cycle).
2. Affecter à chaque tâche une **durée**: Chaque nœud du graphe est **un couple ( $T_i, d_i$ )**.
3. Calculer pour chaque nœud la **date au plus tôt**
4. Repartir de la date finale et calculer pour chaque nœud la **date au plus tard**
5. Définir le **chemin critique** (trajet date au plus tôt = date au plus tard)
6. Définir pour les tâches non critiques les **marges de temps**(différence entre la date au + tard et la date au + tôt).

# Le réseau PERT: Illustration 1/2



## Le réseau PERT: Illustration 2/2



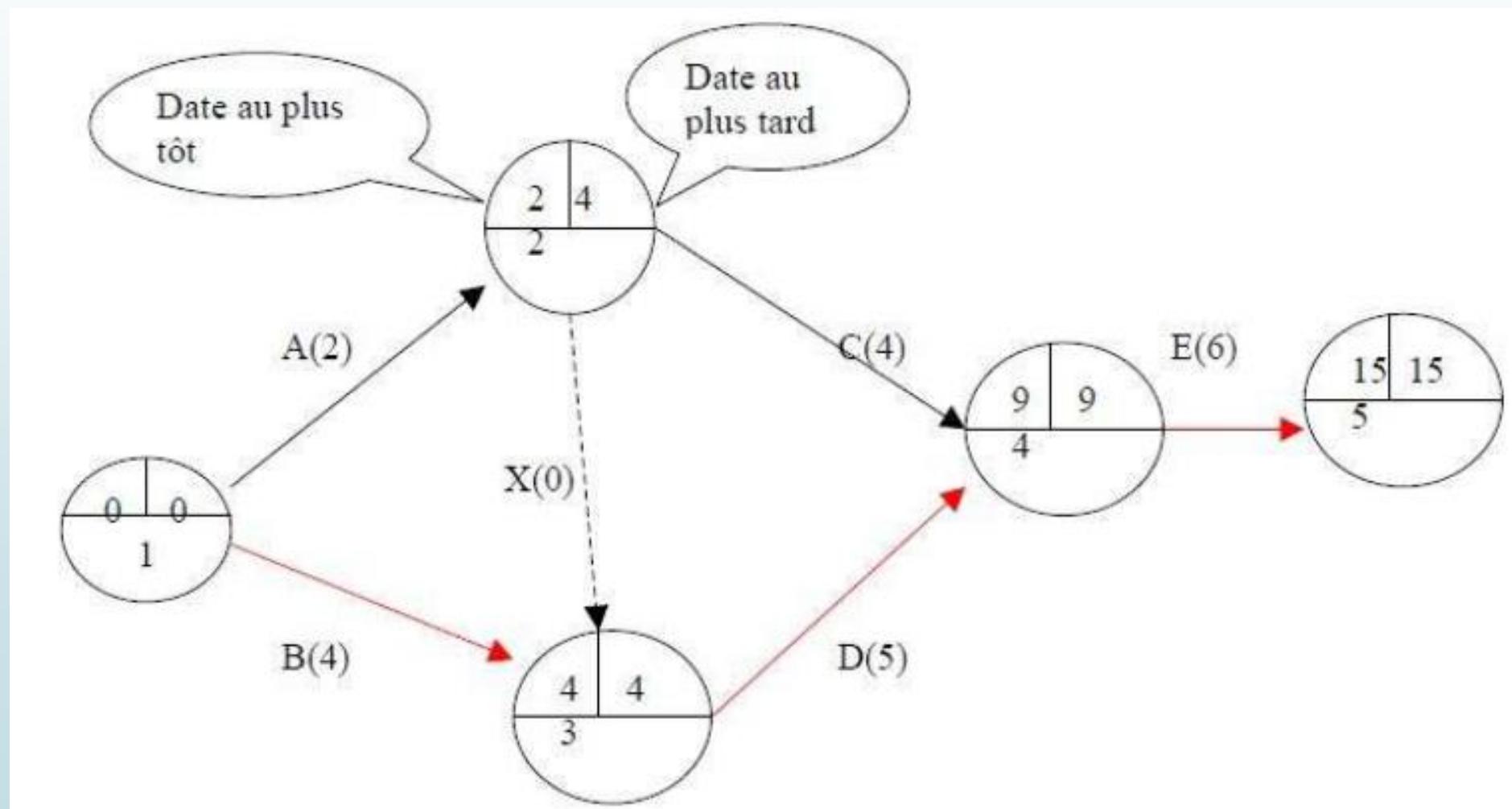
# Exemple 1 : Projet X

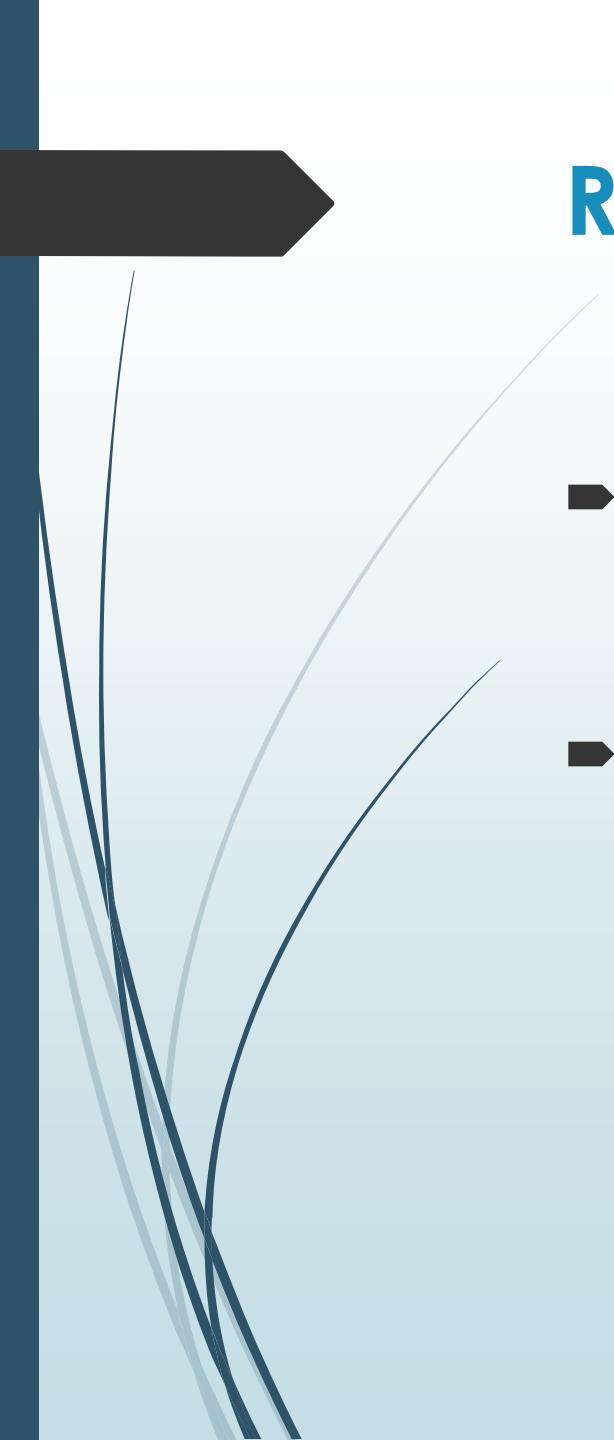
Tâches	Durée	Antériorité(s)
A	2	-
B	4	-
C	4	A
D	5	A,B
E	6	C,D

# Démarche

- ▶ La démarche la plus appropriée consiste à procéder par « *niveau* » :
- ▶ Déterminer les tâches sans antécédent (*tâches de niveau 1*) et les relier à l'étape de « *Début* » ;
- ▶ Identifier ensuite les tâches de niveau 2, c'est-à-dire celles dont les antécédents sont exclusivement du niveau 1 et les positionner sur le graphique en fonction de des derniers ;
- ▶ ... Continuer ainsi, jusqu'à ce que toutes les tâches aient pu être positionnées entre elles et relier celles n'ayant pas de descendant à l'étape de « *Fin* ».

► Ainsi, si l'on reprend le tableau d'antériorité proposé précédemment (projet X) :





## Remarque :

- ▶ Il a été nécessaire d'introduire une **tâche fictive** (en pointillé) de durée égale à 0, pour représenter la **relation d'antériorité** entre A et D.
- ▶ Le cumul des tâches composant la séquence la plus longue (B, D, E) permet de déterminer la date au plus tôt de réalisation du projet. Cette succession de tâches constituent le **chemin critique**.

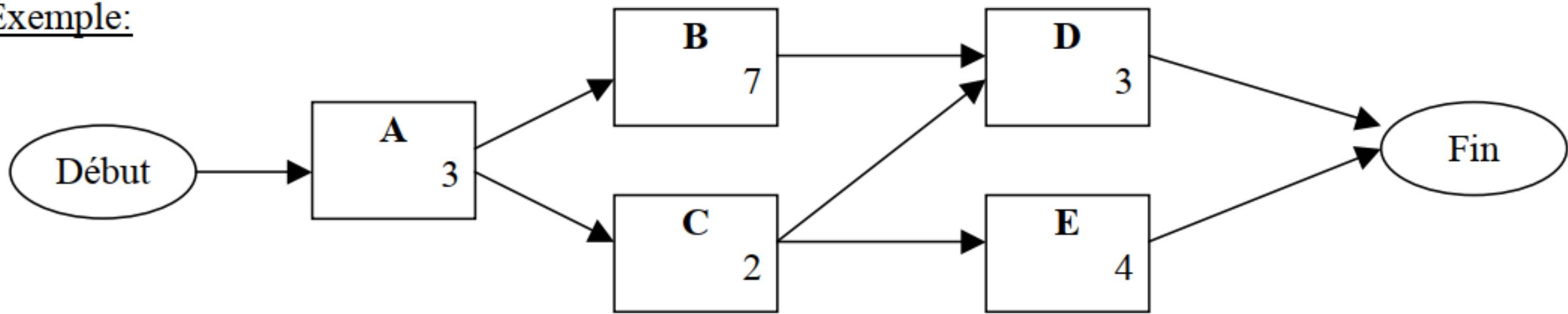


## Lecture d'un graphe PERT

- ▶ Le graphe se lit de gauche à droite (de l'étape « DÉBUT » à celle de « FIN »).
- ▶ Chaque arc symbolise une tâche qui permet d'atteindre une nouvelle étape dans la réalisation du projet.
- ▶ Une nouvelle tâche ne peut commencer que lorsque toutes les tâches préalables à sa réalisation sont terminées.

## Exemple 2 : Projet Y

Exemple:



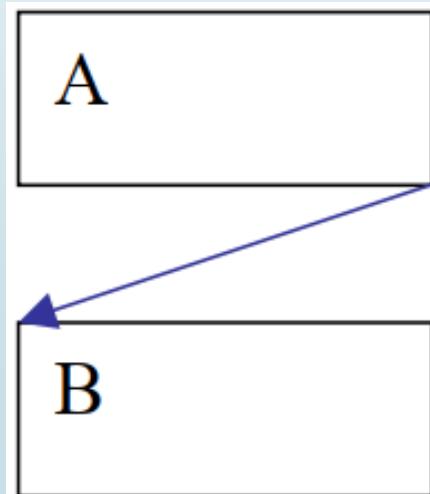
# Les types de liens

► Il existe quatre types de liens pour l'enchaînement des tâches.

► a) ***Fin → Début*** :

*C'est une relation de type "Fin début" car dès que l'étape A est finie, l'étape B commence.*

► Exemple :



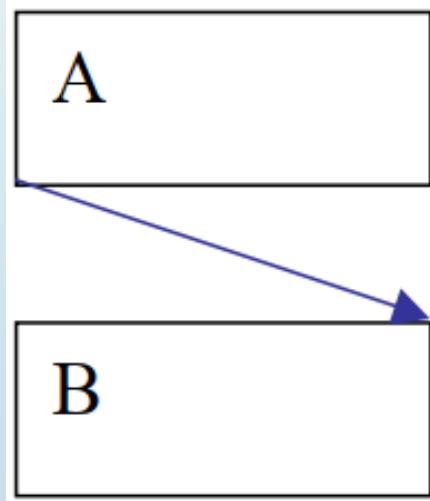
A : programmation  
délai : -15 jours  
B : tests

Les tests peuvent commencer quinze jours avant la fin de la programmation.

► ***b) Début → Fin :***

*La tâche B ne peut se terminer que quand A commence.*

► **Exemple :**



A : Gestion d'une version d'un système.

délai : +30 jours

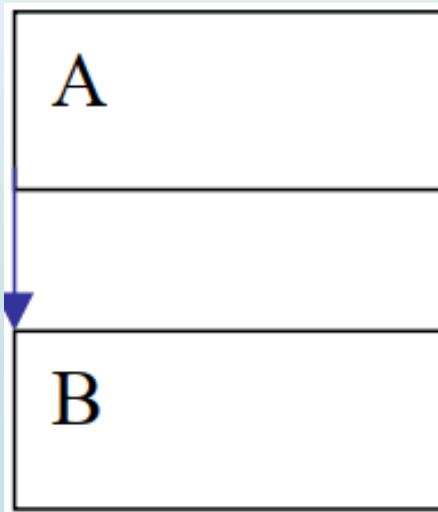
B : Arrêt de la gestion de l'ancienne version.

On arrête la gestion de l'ancienne version que 15 jours après le début de la nouvelle version (exemple: le temps de former le personnel).

► c) Début → Début :

*La tâche B doit commencer en même temps que la tâche A.*

► Exemple :



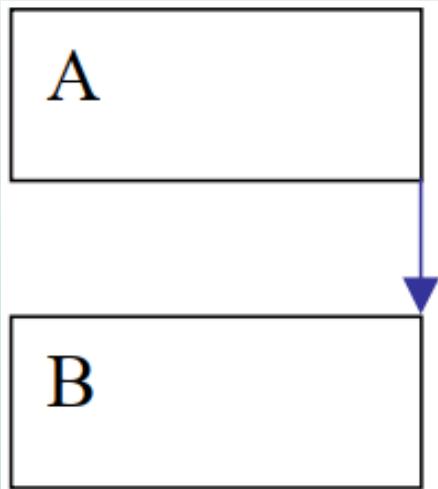
+/- délai

L'étape B doit commencer en même temps que l'étape A.

► d) Fin → Fin :

*La tâche B doit se finir en même temps que la tâche A.*

Exemple :



A : stage

B : encadrement

L'activité d'encadrement ne se termine qu'à la fin du stage.

# Paramètres Clés

## ► Calcul des paramètres :

*N.B. Valables pour les liens de type Fin → Début.*

- Dates au plus tôt:

Si la tâche  $T_i$  est en début du projet ( $t_0$ )

Alors  $D_{tôt}(T_i) = t_0$

$$F_{tôt}(T_i) = D_{tôt}(T_i) + d_i$$

Sinon  $D_{tôt}(T_i) = \max \{F_{tôt}(\text{prédécesseur}(T_i))\}$

$$F_{tôt}(T_i) = D_{tôt}(T_i) + d_i$$

- Dates au plus tard:

De même si  $T_i$  est en fin de projet ( $t_f$ )

Alors

$$F_{\text{tard}}(T_i) = t_f$$

$$D_{\text{tard}}(T_i) = F_{\text{tard}}(T_i) - d_i$$

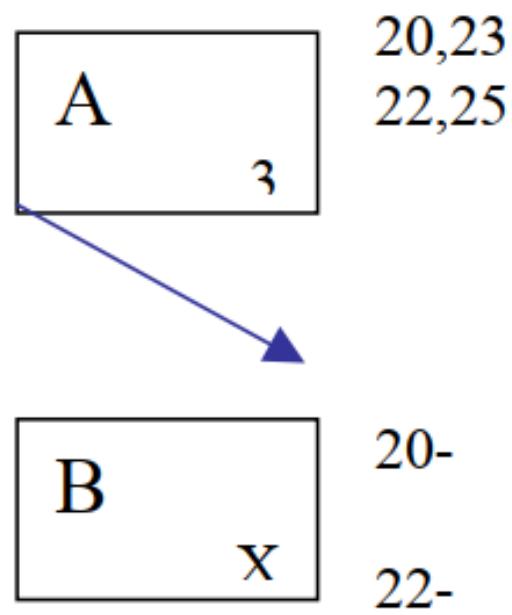
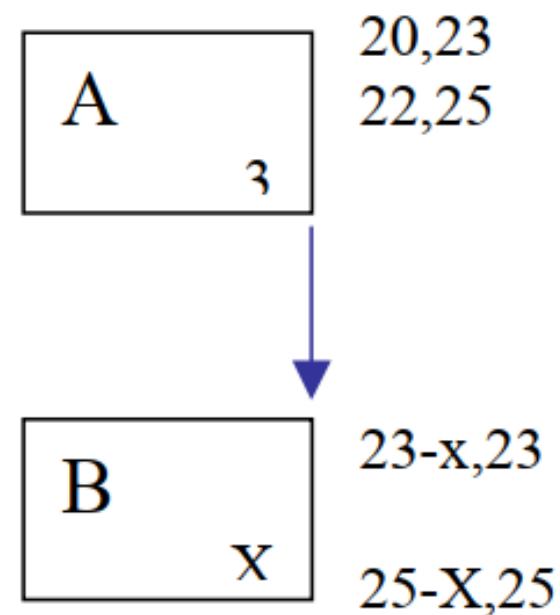
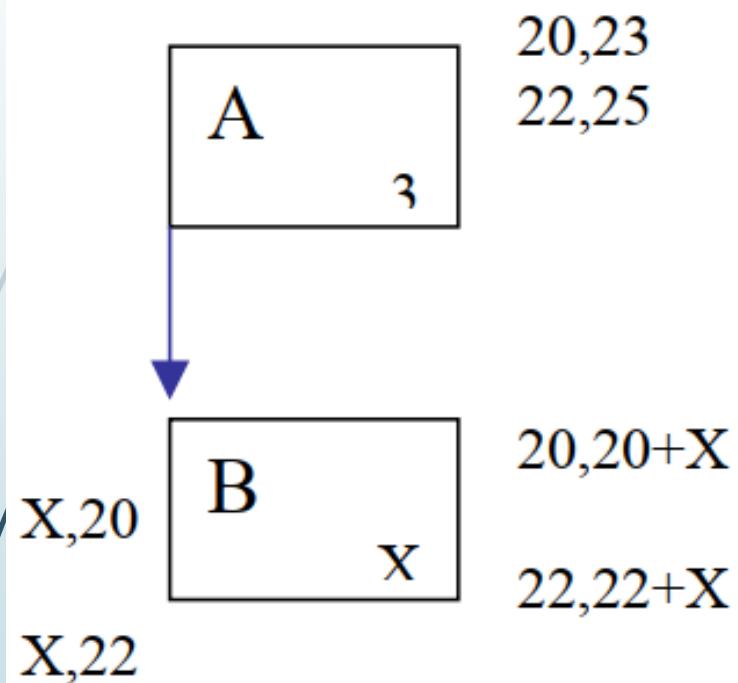
Sinon

$$F_{\text{tard}}(T_i) = \min \{ D_{\text{tard}}(\text{successeur}(T_i)) \}$$

$$D_{\text{tard}}(T_i) = F_{\text{tard}}(T_i) - d_i$$

- Marges: c'est la "latitude" dont on dispose pour le temps de réalisation d'une tâche. Elle s'obtient en faisant la différence entre le temps au plus tard et le temps au plus tôt.  
 $(D_{\text{tard}} - D_{\text{tôt}} ; F_{\text{tard}} - F_{\text{tôt}})$

*N.B. Pour les autres types de liens:*



# Calcul des différentes marges

## 1. Marge totale

- On appelle « **marge** » d'une tâche le retard qu'il est possible de tolérer dans la réalisation de celle-ci, sans que la durée optimale prévue du projet global en soit affectée. Il est possible de calculer trois types de marges :
- La **marge totale** d'une tâche indique le retard maximal que l'on peut admettre dans sa réalisation (*sous réserve qu'elle ait commencé à sa date au plus tôt*) sans allonger la durée optimale du projet.

**Marge totale tâche «  $ij$  » = Date au plus tard « étape  $j$  » - Date au plus tôt « étape  $i$  » - Durée tâche «  $ij$  ».**

Ainsi, dans notre exemple précédent (projet X) :

- Marge totale de A =  $(4 - 0 - 2) = 2$
- Marge totale de C =  $(9 - 2 - 4) = 3$

## 2. Marge libre

- La **marge libre** d'une tâche indique le retard que l'on peut admettre dans sa réalisation (sous réserve qu'elle ait commencé à sa date au plus tôt) sans modifier les dates au plus tôt des tâches suivantes et sans allonger la durée optimale du projet. Elle se calcule en retirant la durée de la tâche en question à l'écart qu'il peut y avoir entre ses dates au plus tôt de début et de fin :

**Marge libre tâche « ij » = Date au plus tôt « étape j » - Date au plus tôt « étape i » - Durée tâche « ij ».**

Ainsi, dans notre exemple précédent (projet Y) :

- Marge libre de A =  $(2 - 0 - 2) = 0$
- Marge libre de C =  $(9 - 2 - 4) = 3$

### 3. Marge certaine

- La **marge certaine** d'une tâche indique le retard que l'on peut admettre dans sa réalisation (quelle que soit sa date de début) sans allonger la durée optimale du projet. Elle se calcule en retirant la durée de la tâche en question à l'écart qu'il peut y avoir entre sa date au plus tard de début et sa date au plus tôt de fin :

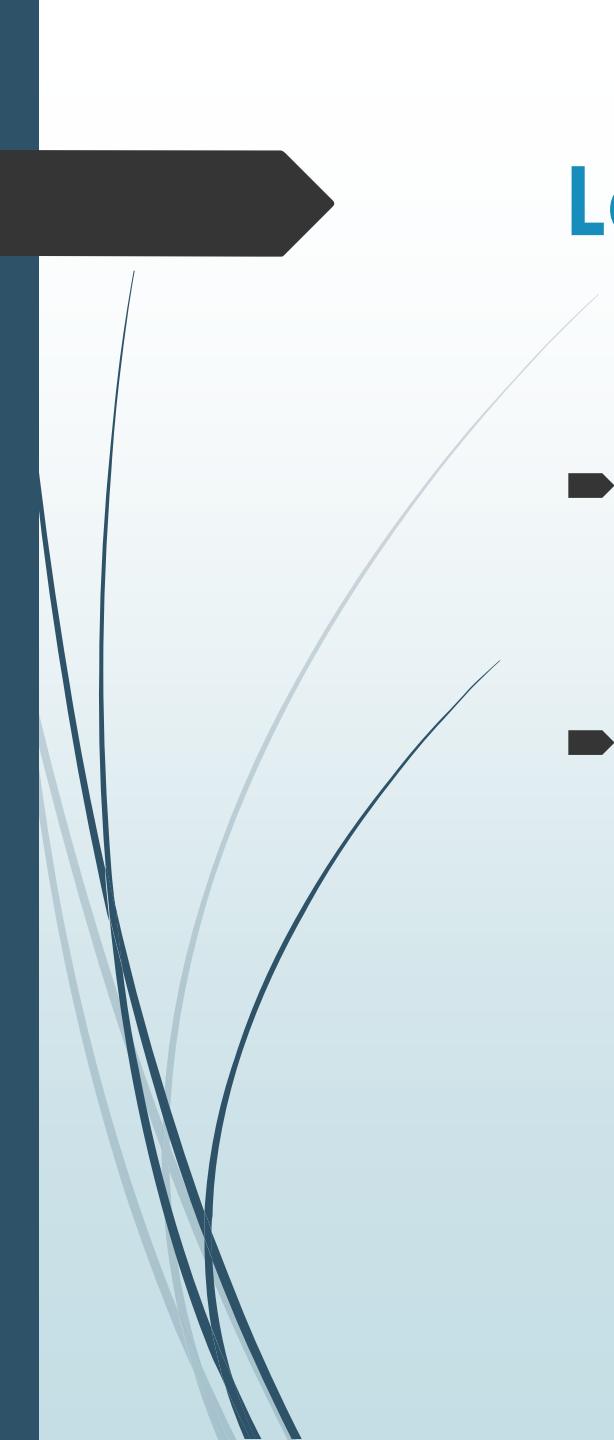
**Marge certaine tâche « ij » = Max [0, (Date au plus tôt « étape j » - Date au plus tard « étape i ») - Durée tâche « ij »)].**

*D'après cette formule, la marge certaine est considérée comme nulle lorsque son calcul donne un nombre négatif*

Ainsi, dans notre exemple précédent (projet X) :

- Marge certaine de A = Max [0, (2 - 0 - 2)] = 0
- Marge certaine de C = Max [0, (9 - 5 - 4)] = 0

# *Le diagramme de Gantt*



# La méthode Gantt

- ▶ C'est une méthode très ancienne puisque datant de 1918 et pourtant encore très répandue mais sous des formes et sur des applications résolument modernes.
- ▶ Elle consiste à déterminer la meilleure manière de positionner les différentes tâches d'un projet à exécuter, sur une période déterminée, en fonction :
  - ▶ des durées de chacune des tâches,
  - ▶ des contraintes d'antériorité existant entre les différentes tâches,
  - ▶ des délais à respecter,
  - ▶ des capacités de traitement.

# Présentation de la technique Gantt

- ▶ Il faut commencer par :
  - ▶ se fixer le projet à réaliser,
  - ▶ définir des différentes opérations à réaliser,
  - ▶ définir les durées de chacune des opérations,
  - ▶ définir les liens entre ces opérations.
- ▶ Le diagramme de Gantt se présente sous la forme d'un tableau quadrillé où chaque colonne correspond à une unité de temps et chaque ligne à une opération à réaliser.
- ▶ On définit une barre horizontale pour chaque tâche ; la longueur de celle-ci correspond à la durée de la tâche. La situation de la barre sur le graphique est fonction des liens entre les différentes tâches.

# Exemple

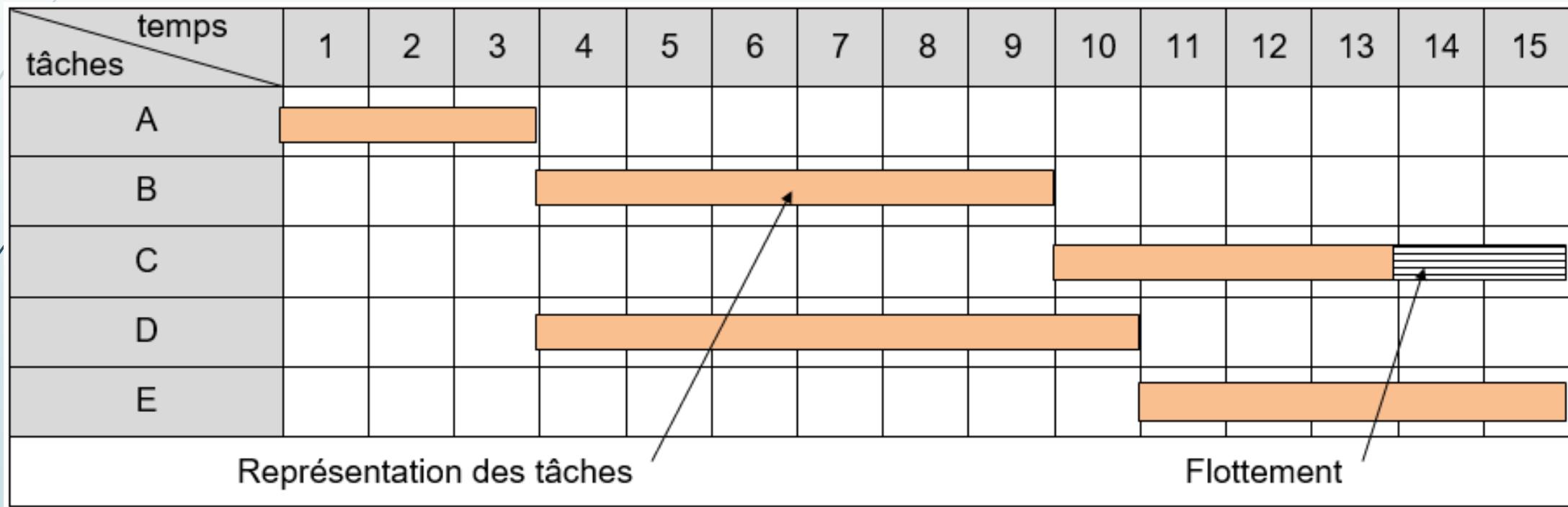
## ► Tâches à réaliser :

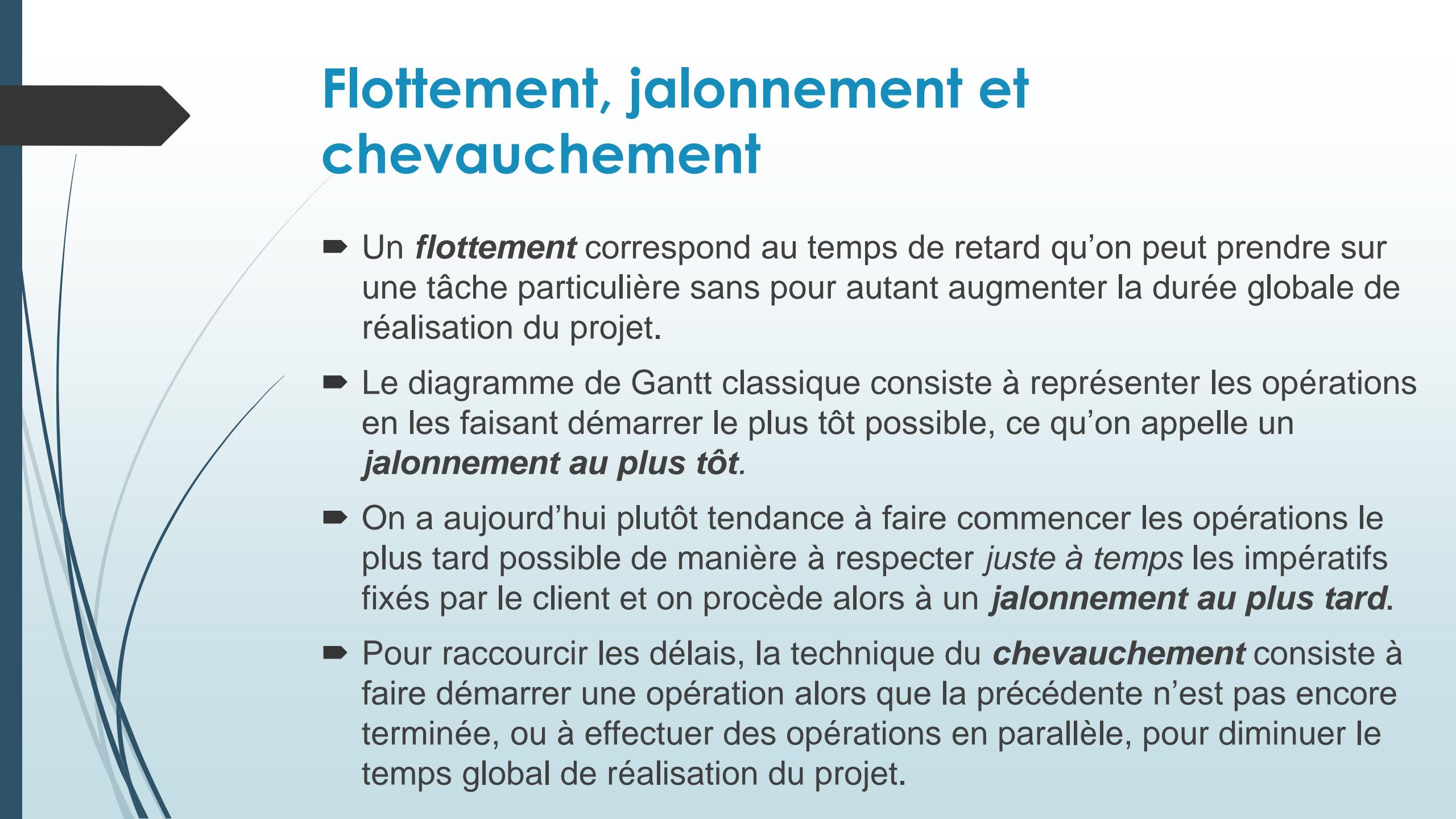
- Tâche A : durée 3 jours
- Tâche B : durée 6 jours
- Tâche C : durée 4 jours
- Tâche D : durée 7 jours
- Tâche E : durée 5 jours

## ► Liens entre les opérations :

- B et D après A ;
- C après B ;
- E après D.

# Représentation Gantt





# Flottement, jalonnement et chevauchement

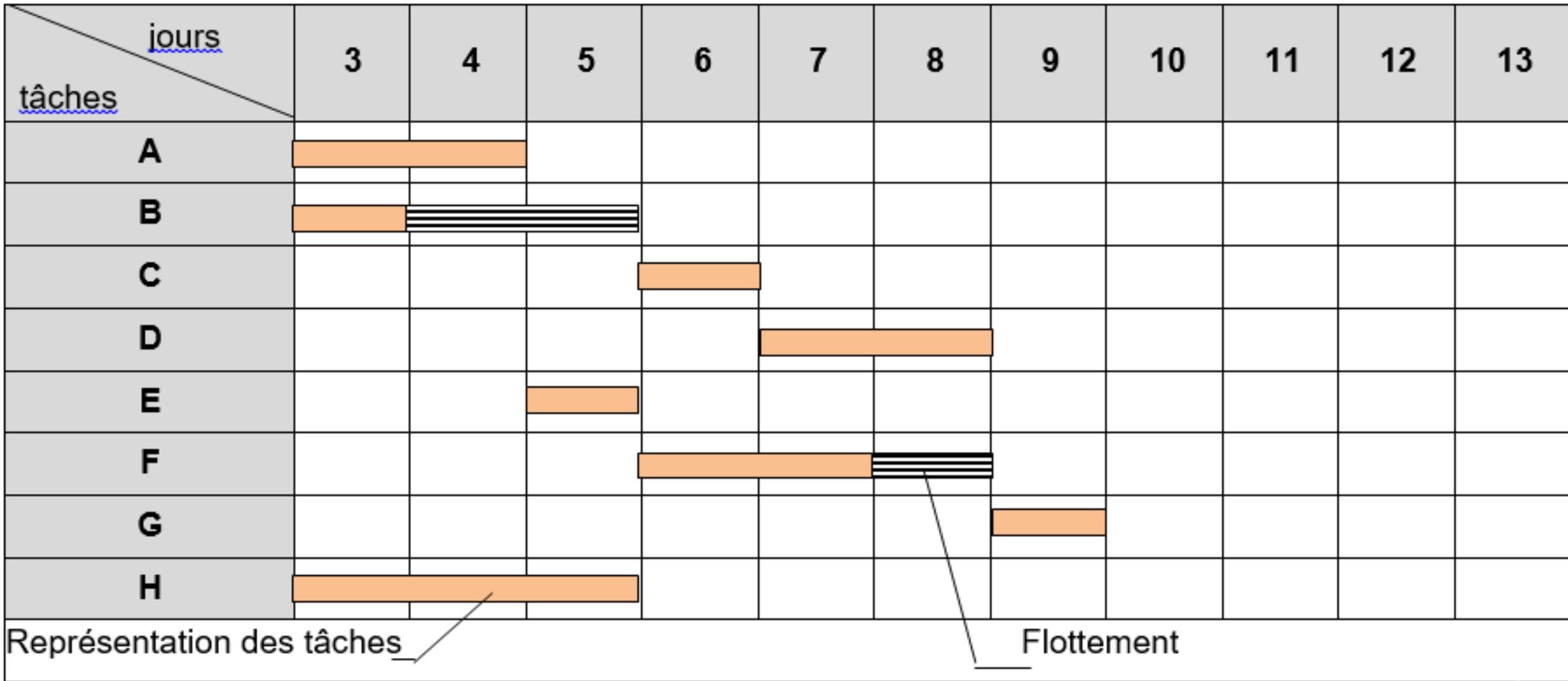
- ▶ Un **flottement** correspond au temps de retard qu'on peut prendre sur une tâche particulière sans pour autant augmenter la durée globale de réalisation du projet.
- ▶ Le diagramme de Gantt classique consiste à représenter les opérations en les faisant démarrer le plus tôt possible, ce qu'on appelle un **jalonnement au plus tôt**.
- ▶ On a aujourd'hui plutôt tendance à faire commencer les opérations le plus tard possible de manière à respecter *juste à temps* les impératifs fixés par le client et on procède alors à un **jalonnement au plus tard**.
- ▶ Pour raccourcir les délais, la technique du **chevauchement** consiste à faire démarrer une opération alors que la précédente n'est pas encore terminée, ou à effectuer des opérations en parallèle, pour diminuer le temps global de réalisation du projet.

# Exemple

Description des tâches	Tâches antérieures	Durée
A - Découpage des éléments du châssis	/	2 jours
B - Assemblage mécanique du moteur	/	1 jour
C - Montage du châssis, moteur, cabine	E, B, H	1 jour
D - Pose pare-brise, guidon, manettes...	C	2 jours
E - Perçage, soudage châssis	A	1 jour
F - Vérification du fonctionnement	E, B, H	2 jours
G - Essai du scooter	D, F	1 jour
H - Préparation cabine et accessoires	/	3 jours

Le projet ne peut commencer que le 03 octobre

# Jalonnement au plus tôt

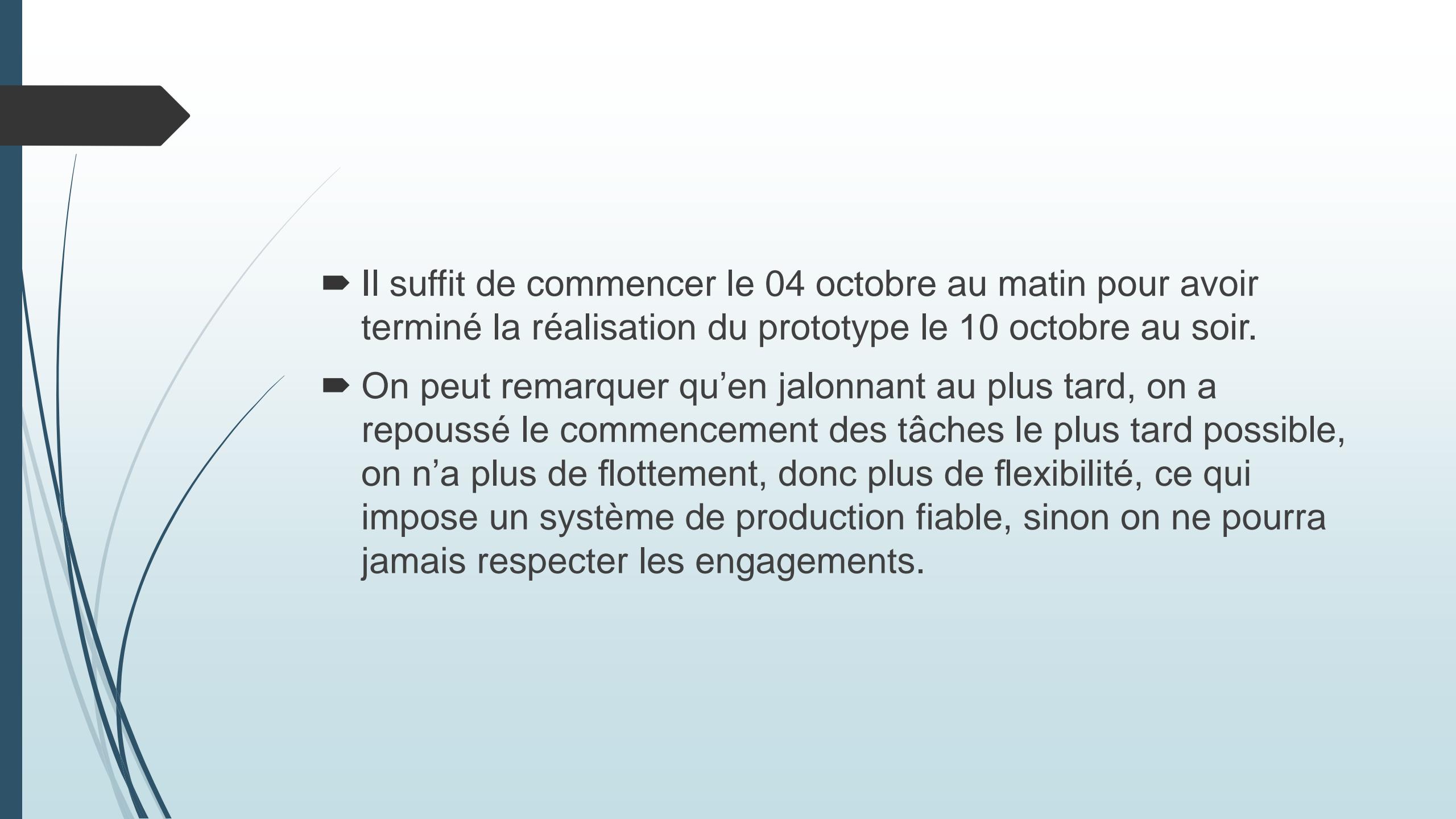




# Jalonnement au plus tard

- ▶ Pour faire un jalonnement au plus tard :
  - ▶ on commence par positionner le plus tard possible la ou les tâches qui n'ont pas de successeurs, dans notre exemple, G ;
  - ▶ on positionne le plus tard possible la ou les tâches qui ont pour successeurs celles qu'on vient de représenter, dans notre exemple, D et F ;
  - ▶ et ainsi de suite jusqu'aux tâches qui n'ont pas d'antériorité. Dans notre exemple, à la suite de D et F, on représentera les tâches qui les ont pour successeurs, soit C, puis on représentera E, B et H et enfin A.

# Jalonnement au plus tard

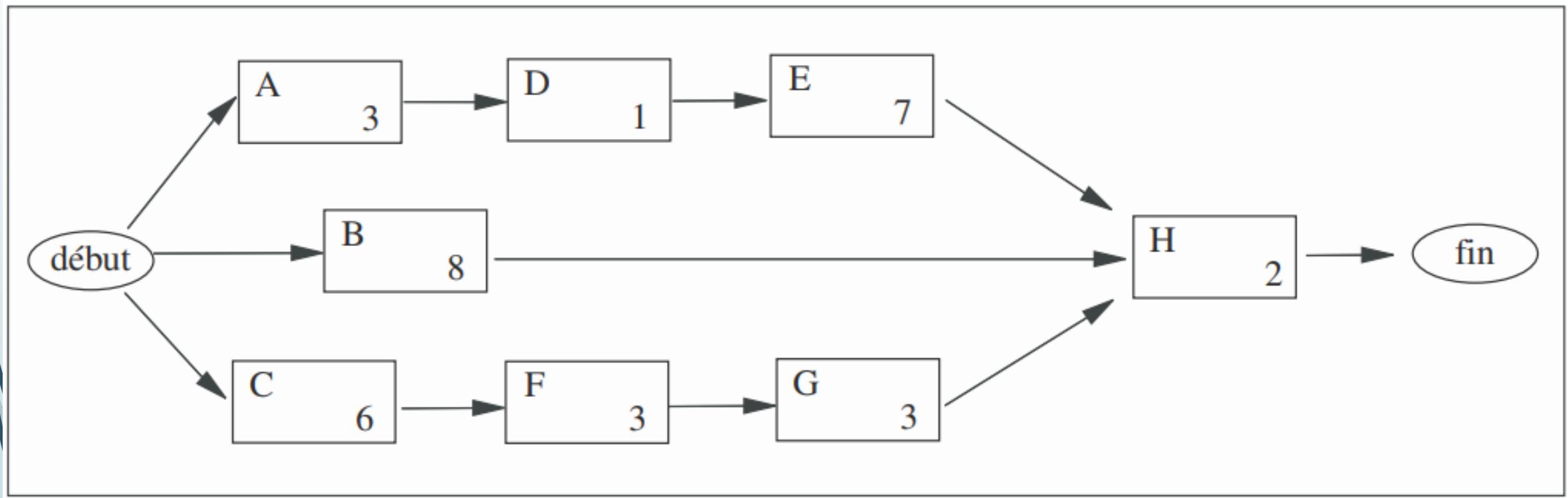
- 
- ▶ Il suffit de commencer le 04 octobre au matin pour avoir terminé la réalisation du prototype le 10 octobre au soir.
  - ▶ On peut remarquer qu'en jalonnant au plus tard, on a repoussé le commencement des tâches le plus tard possible, on n'a plus de flottement, donc plus de flexibilité, ce qui impose un système de production fiable, sinon on ne pourra jamais respecter les engagements.

## ***Le nivelllement***

- ▶ La technique du nivelllement consiste à maintenir le nombre de personnes travaillant simultanément sur le projet en dessous d'une certaine limite. On va donc, en général, augmenter la durée du projet. Le nivelllement vise l'ensemble des ressources du projet.
- ▶ Cette technique évite d'avoir une taille d'équipe de projet trop importante par rapport à la durée totale du projet.

# Exemple

► Projet à planifier structuré en tâches



► Le graphe fait apparaître trois chemins en parallèle. On va donc faire une première planification avec trois ressources

# Diagramme de Gantt avant nivellation.

Supposons qu'on veuille limiter la taille de l'équipe à deux personnes : on va donc niveler le diagramme, en allongeant la durée du projet



## *Le lissage*

- ▶ 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 va jouer sur les marges pour décaler les tâches.
- ▶ Contrairement à ce qui se passe quand on cherche à niveler, on s'intéresse ici à la répartition de la charge affectée à chaque ressource. Une opération de lissage peut conduire à allonger les délais.
- ▶ Les raisons du lissage sont le plus souvent des contraintes liées à l'utilisation des personnes. Parfois, on peut vouloir lisser à cause de la disponibilité réduite d'un matériel.

# Diagramme de Gantt après lissage.

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ressources																								
R1 (50 %)	B																							
R2				C										F										
																	G							
																	H							
R3			A																					
					D													E						



# Conclusion

- ▶ L'intérêt principal du Gantt réside dans sa simplicité de construction, de représentation et de compréhension.
- ▶ On peut constater que de nombreux et récents logiciels intègrent la technique Gantt.
- ▶ Toutefois son utilisation devient difficile quand le nombre de tâches ou de postes devient grand.