



Gestion de projet :

Techniques de planification de projets

© Fabrice Sincère (version 1.1.0)

<http://pagesperso-orange.fr/fabrice.sincere>

Plan du cours

Introduction

Chapitre 1 Techniques de planification de projets

1-1- Le formalisme réseau

1-1-1- Les 4 types de liaisons

1-1-2- Les délais

1-1-3- Exemple de réseau

1-2- Techniques de planification par les durées

1-2-1- PERT-temps

1-2-1-1- Exemple n°1

1-2-1-2- Exemple n°2

1-2-1-3- Les contraintes de dates

1-2-1-4- Conclusion

Plan du cours

1-2-2- PERT-charge

1-2-2-1- Graphe des ressources

1-2-2-2- Nivellement

1-2-2-2-1- Nivellement par les durées

1-2-2-2-2- Nivellement par les charges

1-3- Coût planifié

Bibliographie

Introduction

Projet = ensemble des actions qui concourent à l'obtention d'un résultat défini, connu et mesurable : le *produit* ou *livrable final*.

Exemples de projets :

- réalisation d'un logiciel
- certification ISO 9000 d'une entreprise
- programme Apollo
- projet Manhattan (chef de projet : général Groves, directeur scientifique : R. Oppenheimer)



Maître d'ouvrage = acheteur du produit du projet ; il assume l'orientation du projet.

Maître d'œuvre = personne engagée, vis-à-vis du maître d'ouvrage, sur le bon achèvement du projet.

Chef de projet = personne chargée, par le maître d'œuvre, du bon achèvement du projet avec les ressources qui lui sont affectées.

Exemple : construction du viaduc de Millau

MOA : CEVM (Compagnie Eiffage du Viaduc de Millau)

MOE : Setec TPI (société indépendante d'ingénierie)

Gestion de projet = ensemble des actions menées pour initialiser et maintenir à jour le plan de développement du projet.

Pilotage de projet = mission qui consiste à mener un projet à terme (c'est-à-dire obtenir le produit).

Chapitre 1

Techniques de planification de projets

- Exemple : planning initial (planning de référence) de la construction du viaduc de Millau

- Durée de réalisation de 39 mois, avec le calendrier suivant :



début du chantier : octobre 2001



phase A : fondation des 7 piles :
octobre 2001 à septembre 2002



phase B : construction des piles :
octobre 2002 à décembre 2003



phase C : construction des éléments du tablier en usine :
septembre 2002 à avril 2004



phase D : pose tablier et pylônes :
octobre 2002 à octobre 2004



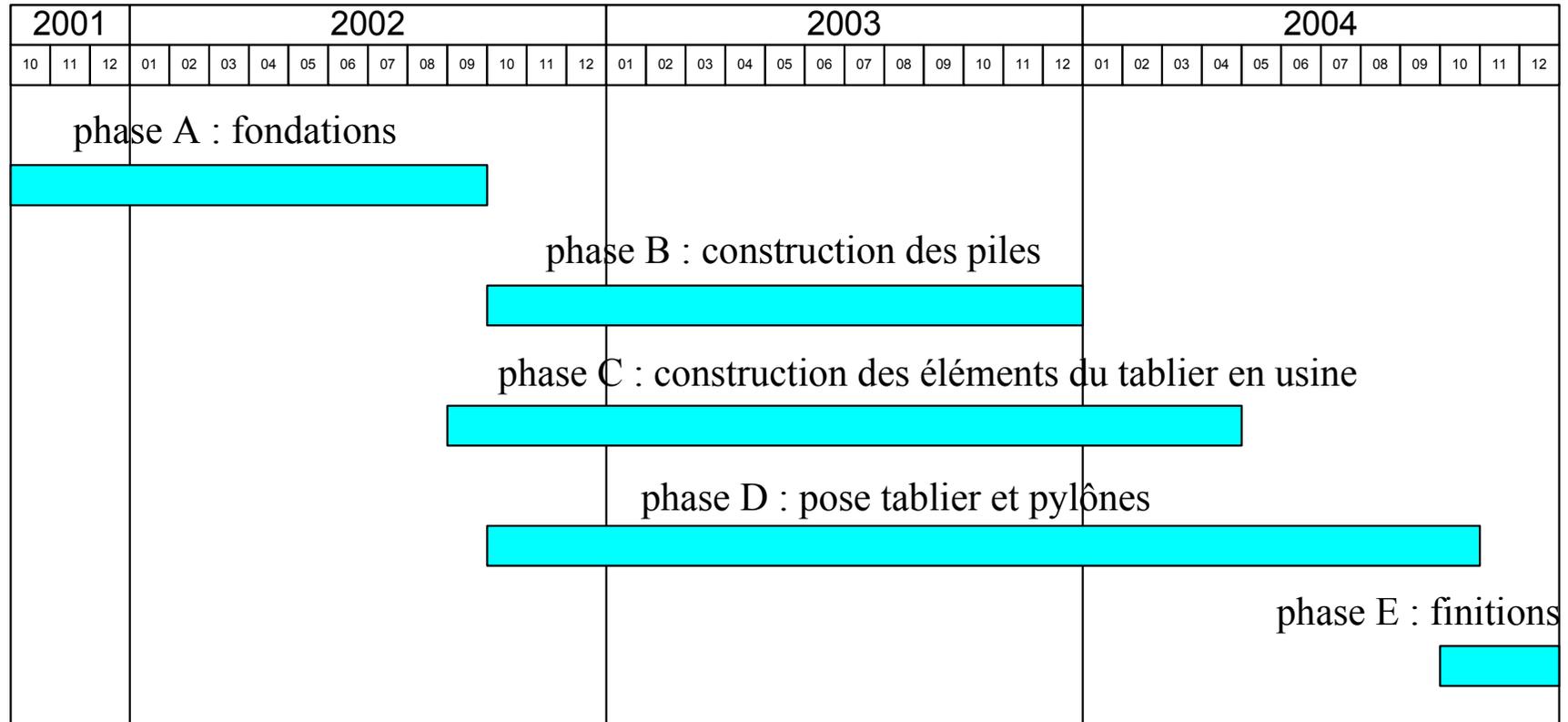
phase E : finitions :
octobre à décembre 2004



inauguration prévue le 17 décembre 2004



- Diagramme de Gantt



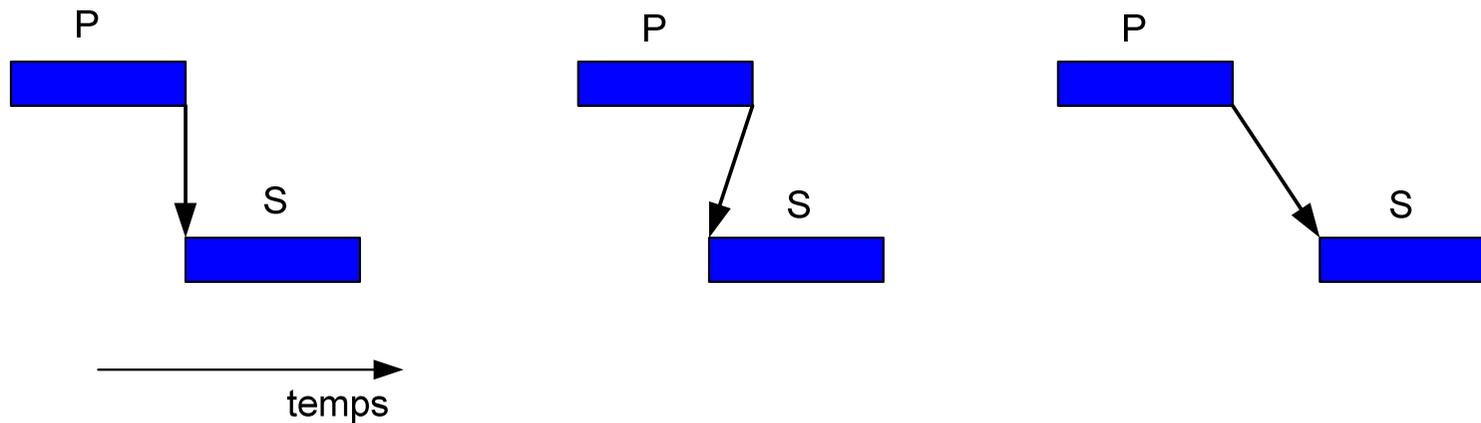
- Coût du projet : 400 millions d'euros



1-1- Le formalisme réseau

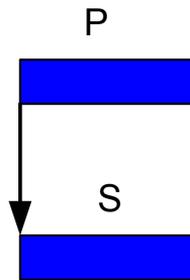
1-1-1- Les 4 types de liaisons

- a- liaison de type fin à début (FD)



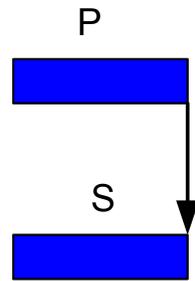
La tâche S (le successeur) peut débiter lorsque la tâche P (le prédécesseur) est terminée.

- b- liaison de type début à début (DD)



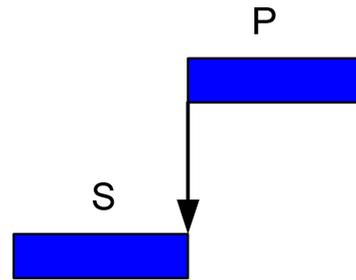
La tâche S (le successeur) peut débuter lorsque la tâche P (le prédécesseur) est commencée.

- c- liaison de type fin à fin (FF)



La tâche S (le successeur) peut se terminer lorsque la tâche P (le prédécesseur) est terminée.

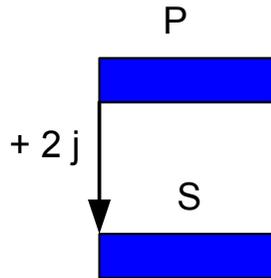
- d- liaison de type début à fin (DF)



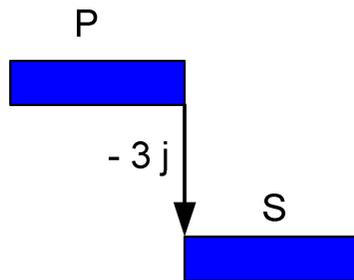
La tâche S (le successeur) peut se terminer lorsque la tâche P (le prédécesseur) est commencée.

1-1-2- Les délais

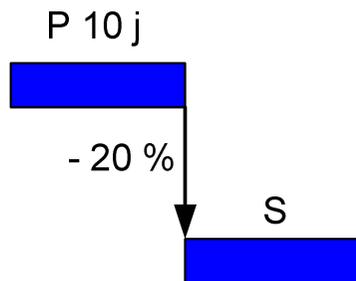
Exemples :



$DD + 2 j$: la tâche S peut débuter 2 jours *après* le début de la tâche P.



$FD - 3 j$: la tâche S peut débuter 3 jours *avant* la fin de la tâche P.



$FD - 20 \%$

$20 \% \text{ de } 10 j = 2 j$

1-1-3- Exemple de réseau

- Tableau des tâches

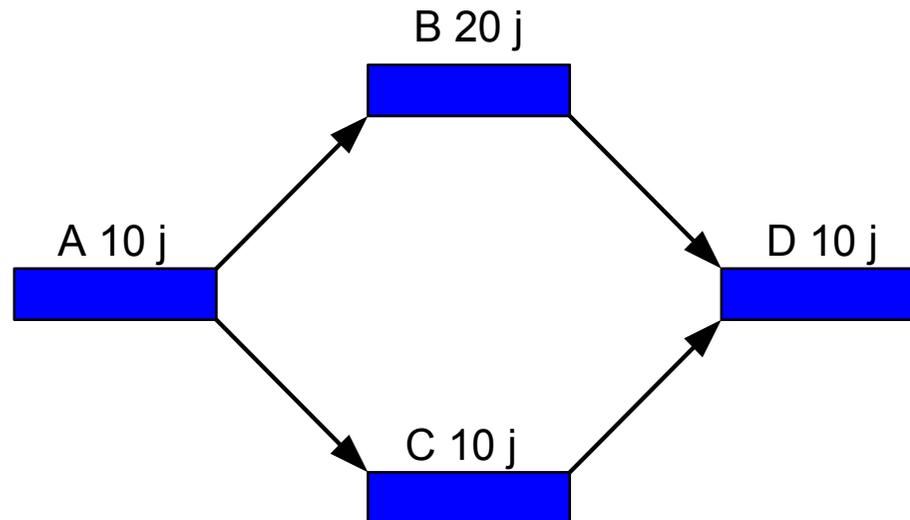
n°	nom de la tâche	durée	Prédécesseurs
1	A : conception du système	10 j	
2	B : réalisation du sous- système 1	20 j	1FD
3	C : réalisation du sous- système 2	10 j	1FD
4	D : intégration du système	10 j	2FD ; 3FD

- réseau

La tâche B peut débuter lorsque la tâche A est terminée.

La tâche C peut débuter lorsque la tâche A est terminée.

La tâche D peut débuter lorsque les tâches B **et** C sont terminées.



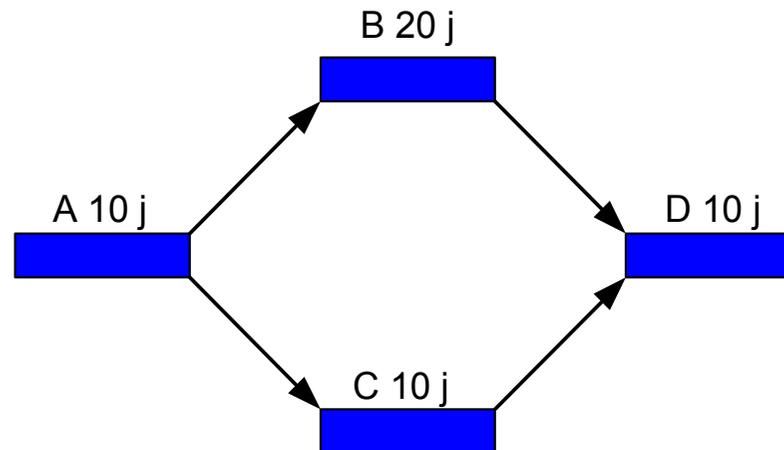
1-2- Techniques de planification par les durées

On organise les ressources par rapport aux tâches.

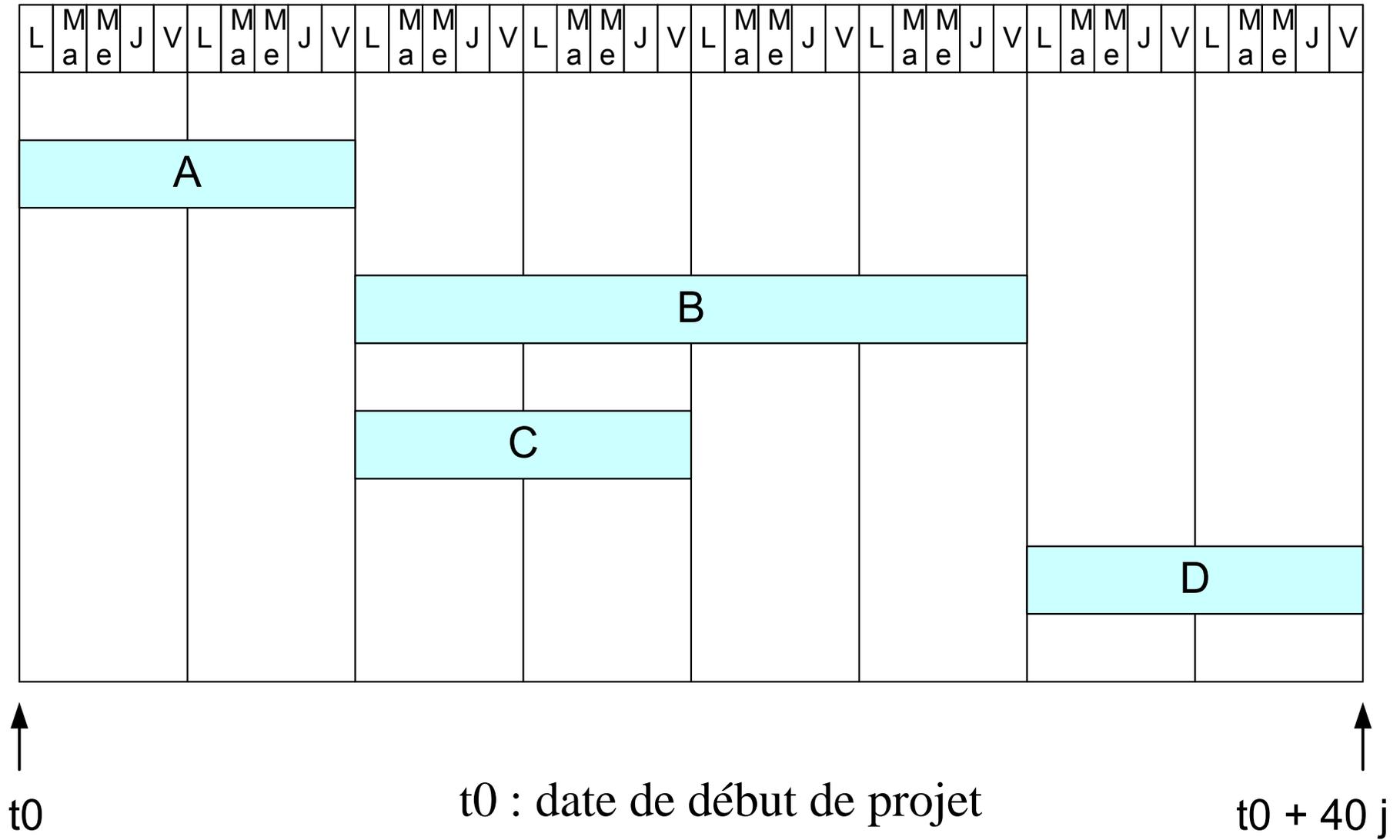
Technique PERT (Programm Evaluation and Review Technique - technique d'ordonnancement et de contrôle des programmes).

1-2-1- PERT-temps

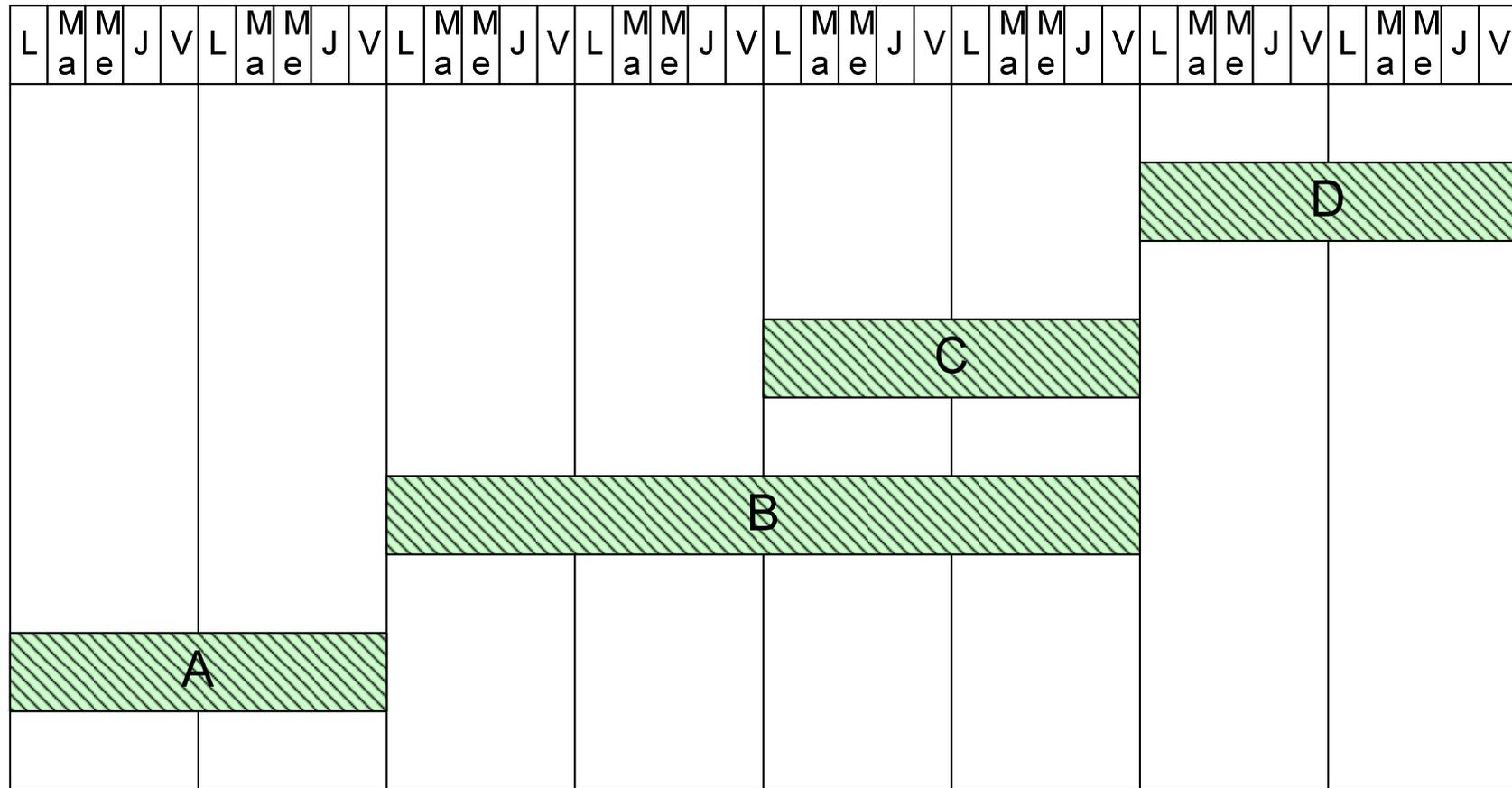
1-2-1-1- Exemple n°1



- Gantt des dates au plus tôt



- Gantt des dates au plus tard



↑
tf - 40 j

tf : date de fin de projet

↑
tf

- **Marge totale** = retard que peut prendre une tâche sans retarder la date de fin de projet.

= date de début au plus tard – date de début au plus tôt

- Une tâche avec une marge totale nulle est une **tâche critique**.

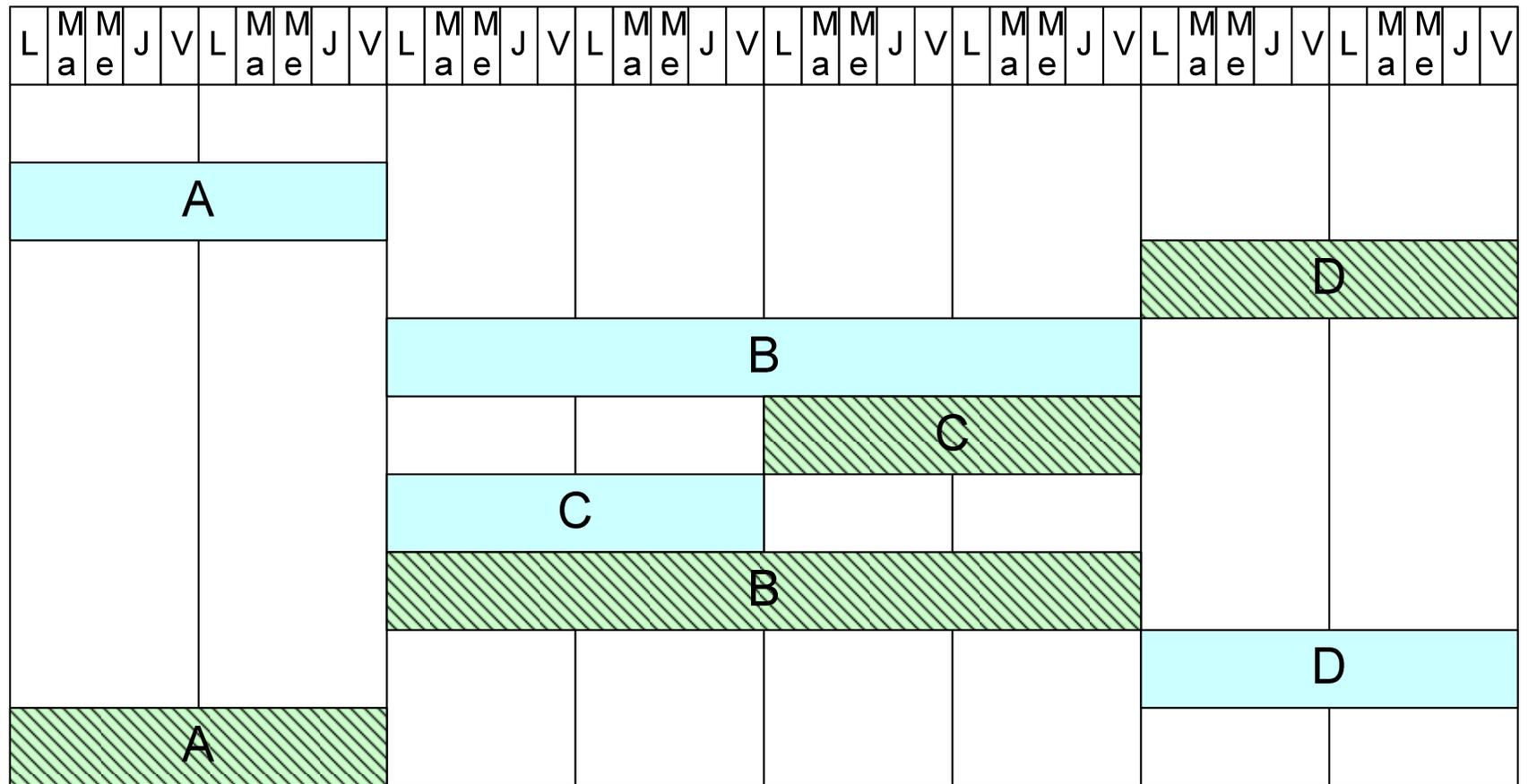
- **Si une tâche critique est retardée, la date de fin du projet peut également l'être.**

- **Marge libre** = marge de retard dont dispose une tâche sans retarder ses successeurs.

Si une tâche n' a pas de successeurs, c'est le retard que peut prendre une tâche sans retarder la date de fin du projet.

- Marge libre \leq Marge totale

- Rapprochement des échelles



t_0

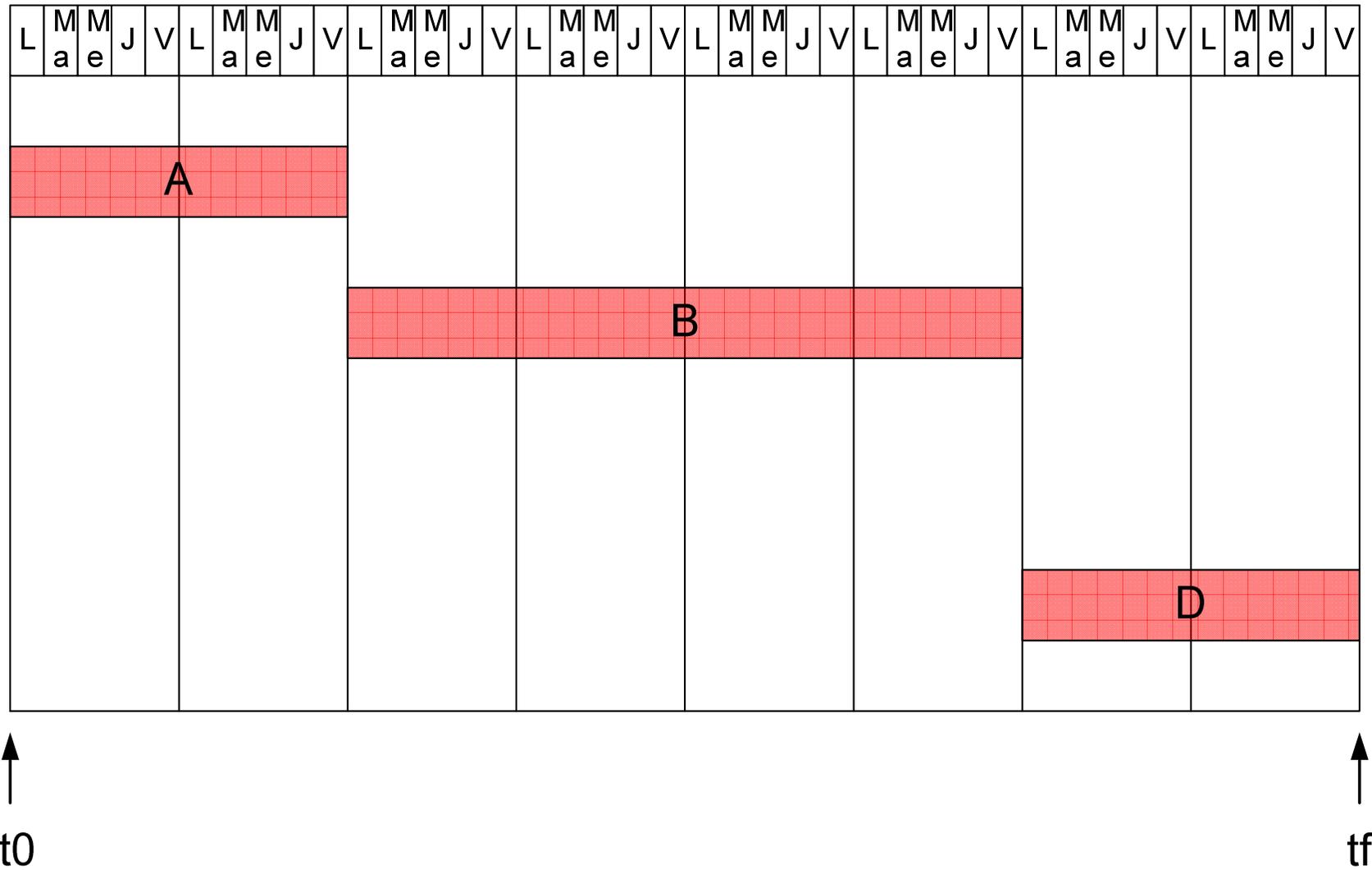
$t_f - 40j$

$t_0 + 40j$

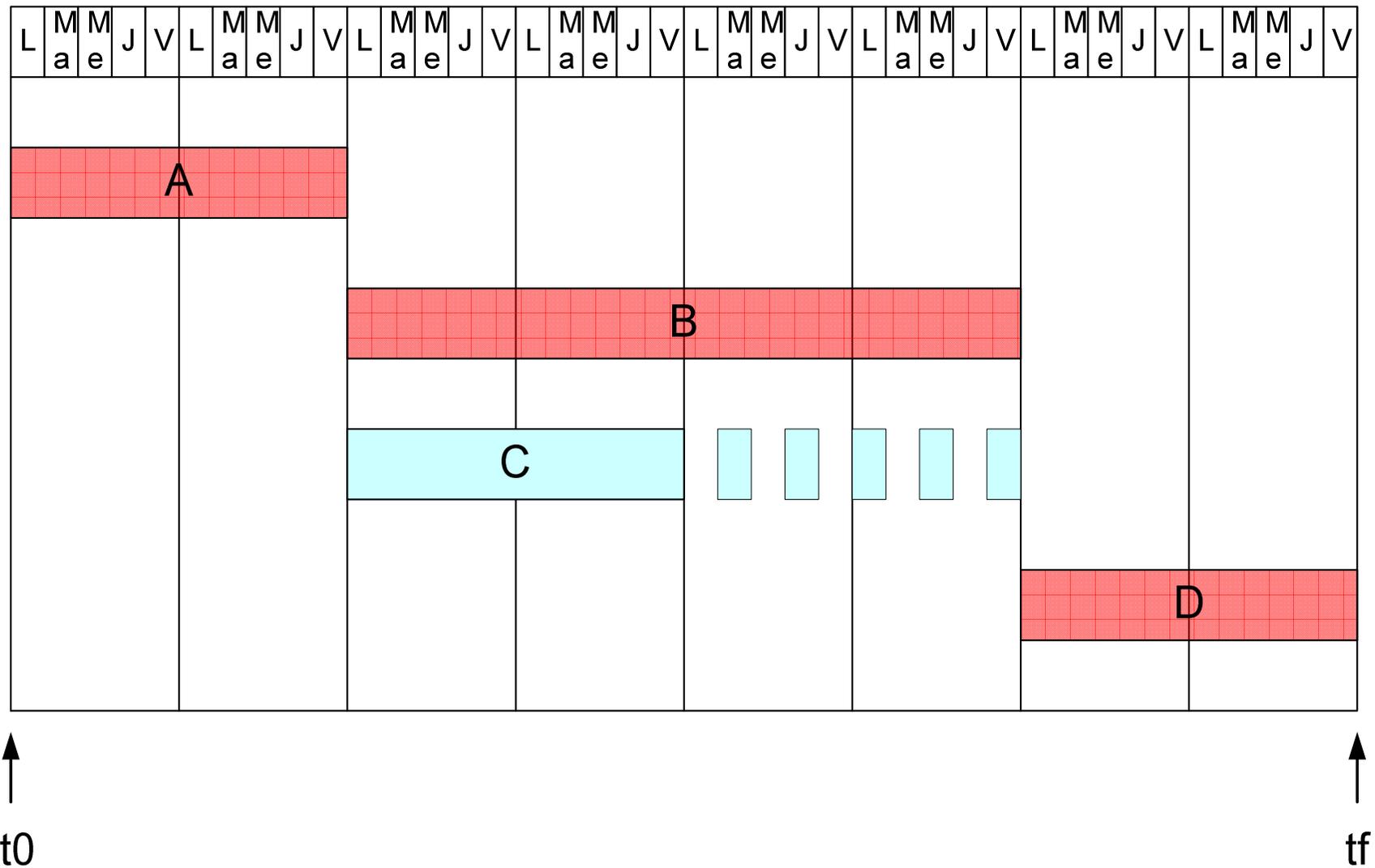
t_f

nom de la tâche	Marge totale	Marge libre	Tâche critique
A	0 j	0 j	Oui
B	0 j	0 j	Oui
C	10 j	10 j	Non
D	0 j	0 j	Oui

- Gantt des tâches critiques (en rouge)



- Gantt des marges libres (en pointillés)



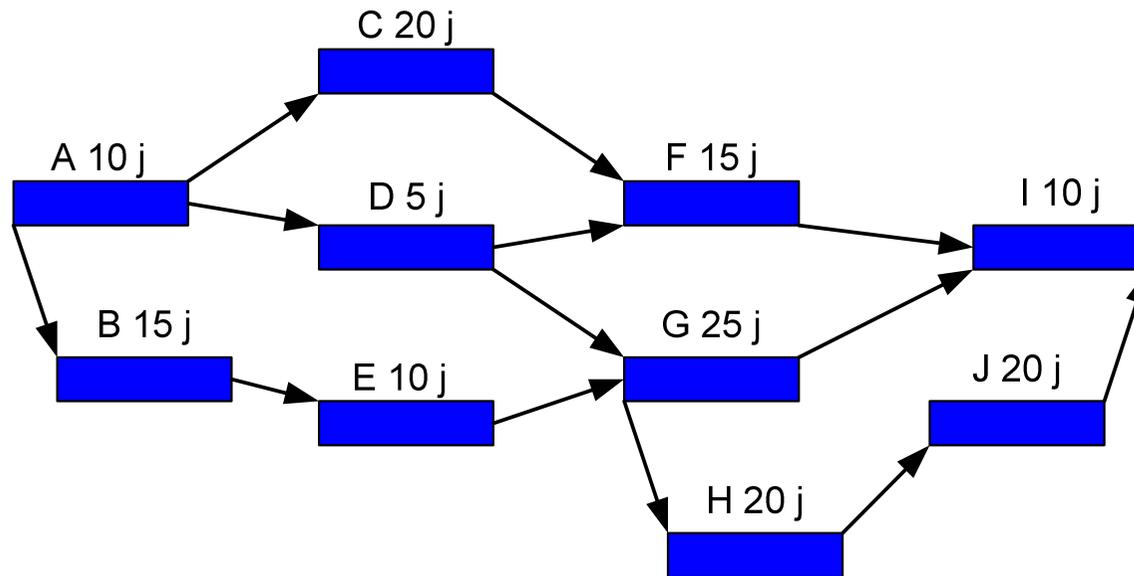
- Durée totale du projet = 40 jours ouvrés (8 semaines)

1-2-1-2- Exemple n°2

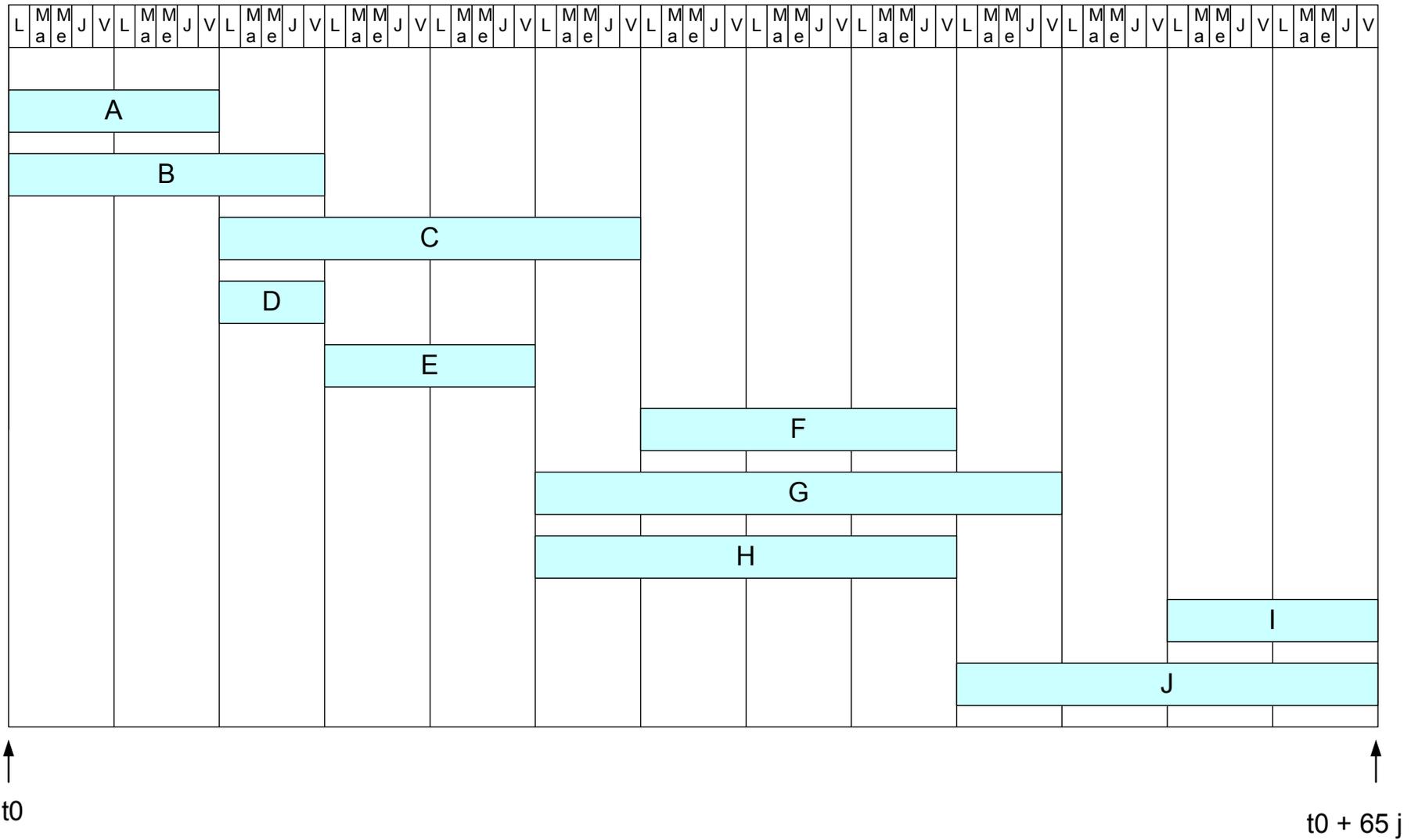
- Tableau des tâches

n°	nom de la tâche	durée	Prédécesseurs
1	A	10 j	
2	B	15 j	1DD
3	C	20 j	1FD
4	D	5 j	1FD
5	E	10 j	2FD
6	F	15 j	3FD ; 4FD
7	G	25 j	4FD ; 5FD
8	H	20 j	7DD
9	I	10 j	6FD ; 7FD ; 10FF
10	J	20 j	8FD

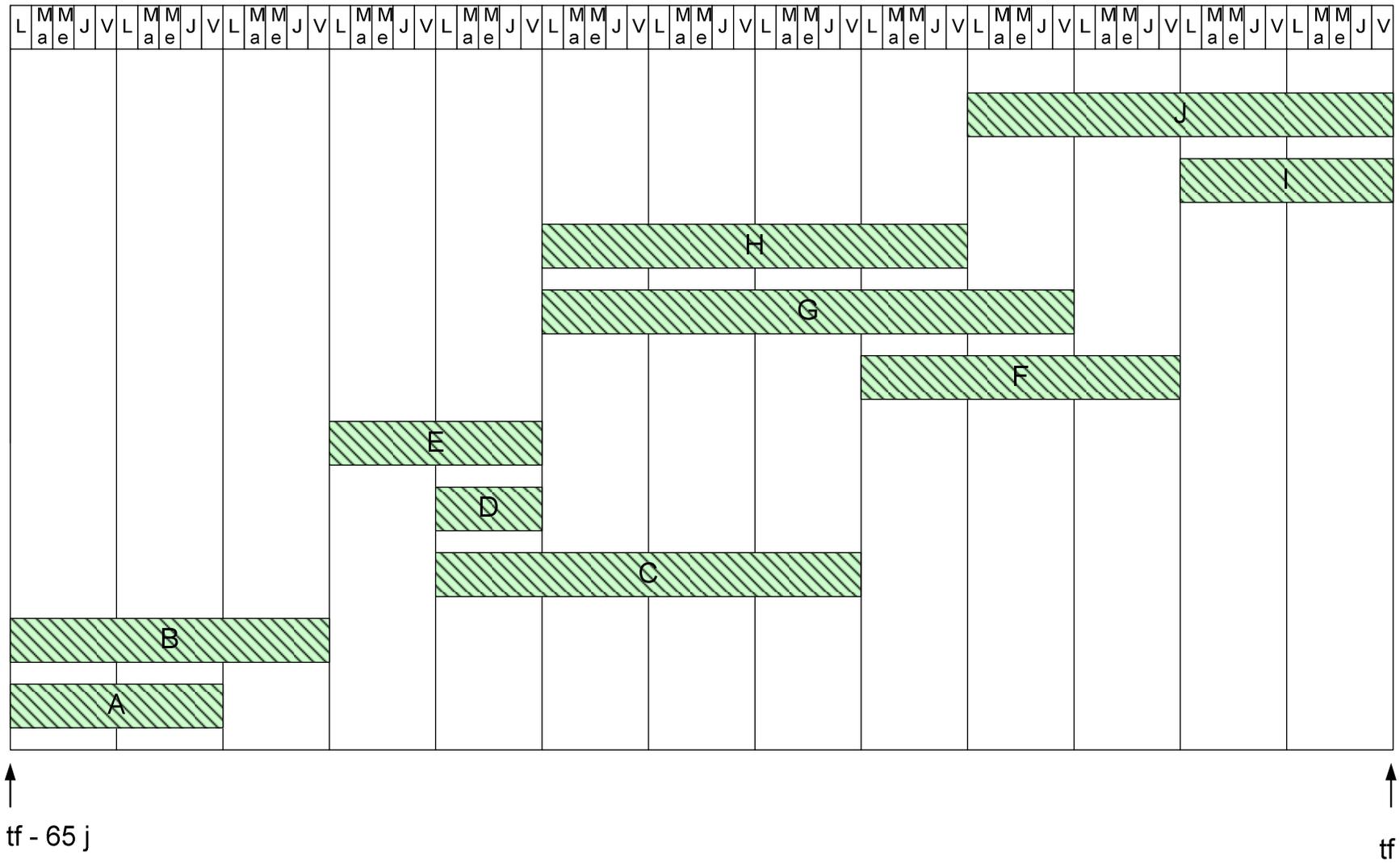
- réseau



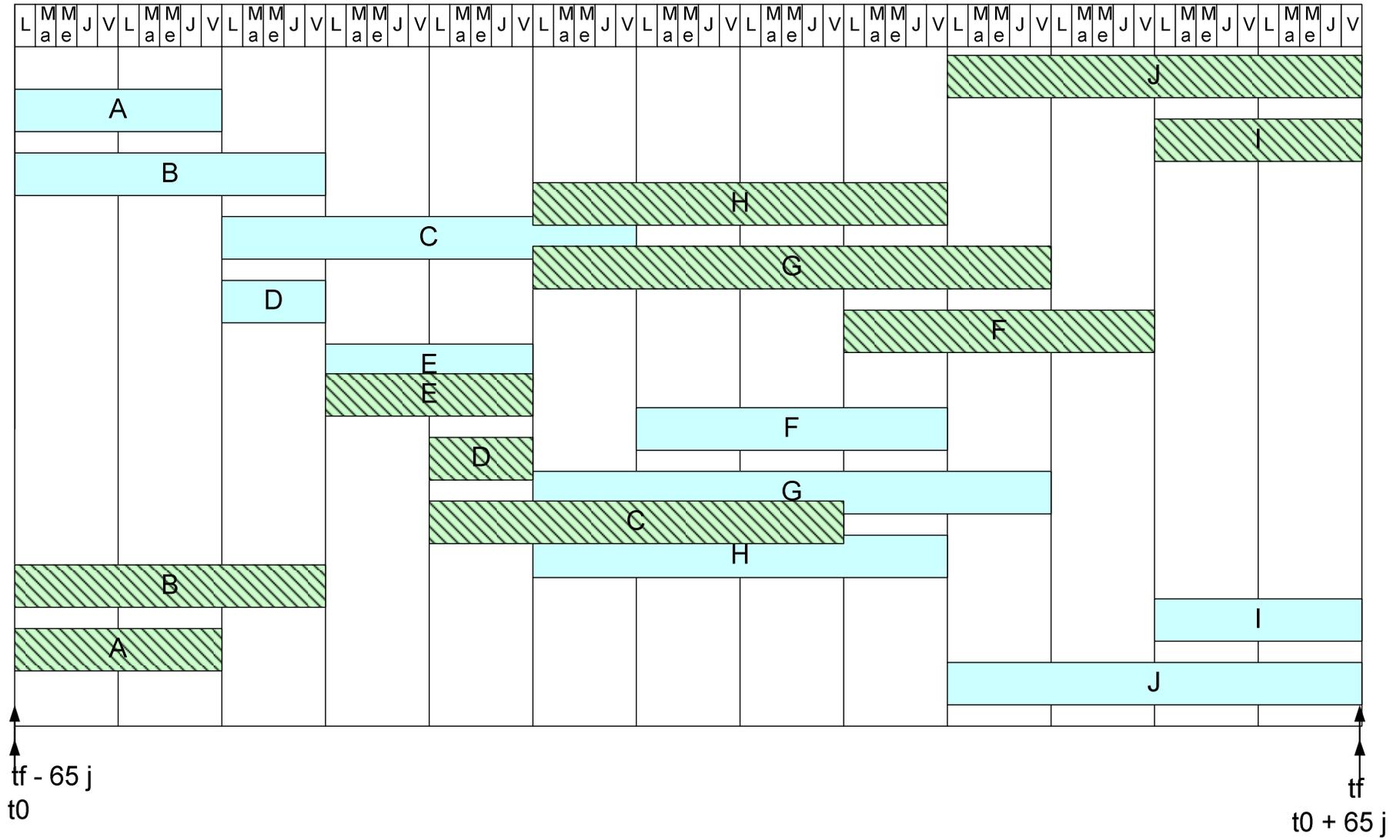
- Gantt des dates au plus tôt



- Gantt des dates au plus tard



- Rapprochement des échelles



nom de la tâche	Marge totale	Marge libre	Tâche critique
A	0 j	0 j	Oui
B	0 j	0 j	Oui
C	10 j	0 j	Non
D	10 j	10 j	Non
E	0 j	0 j	Oui
F	10 j	10 j	Non
G	0 j	0 j	Oui
H	0 j	0 j	Oui
I	0 j	0 j	Oui
J	0 j	0 j	Oui

- Calcul de la marge libre d'une tâche T

a = min (date de début au plus tôt des successeurs avec liaison DD)

b = min (date de fin au plus tôt des successeurs avec liaison DF)

c = min (date de début au plus tôt des successeurs avec liaison FD)

d = min (date de fin au plus tôt des successeurs avec liaison FF)

e = durée de la tâche T

marge libre de la tâche T =

min (a , b , c - e , d - e) - date de début au plus tôt de T

- Exemple : marge libre de la tâche G

G a deux successeurs :

- I (liaison FD)

- H (liaison DD)

$$a = t_0 + 25j$$

$$c = t_0 + 55j$$

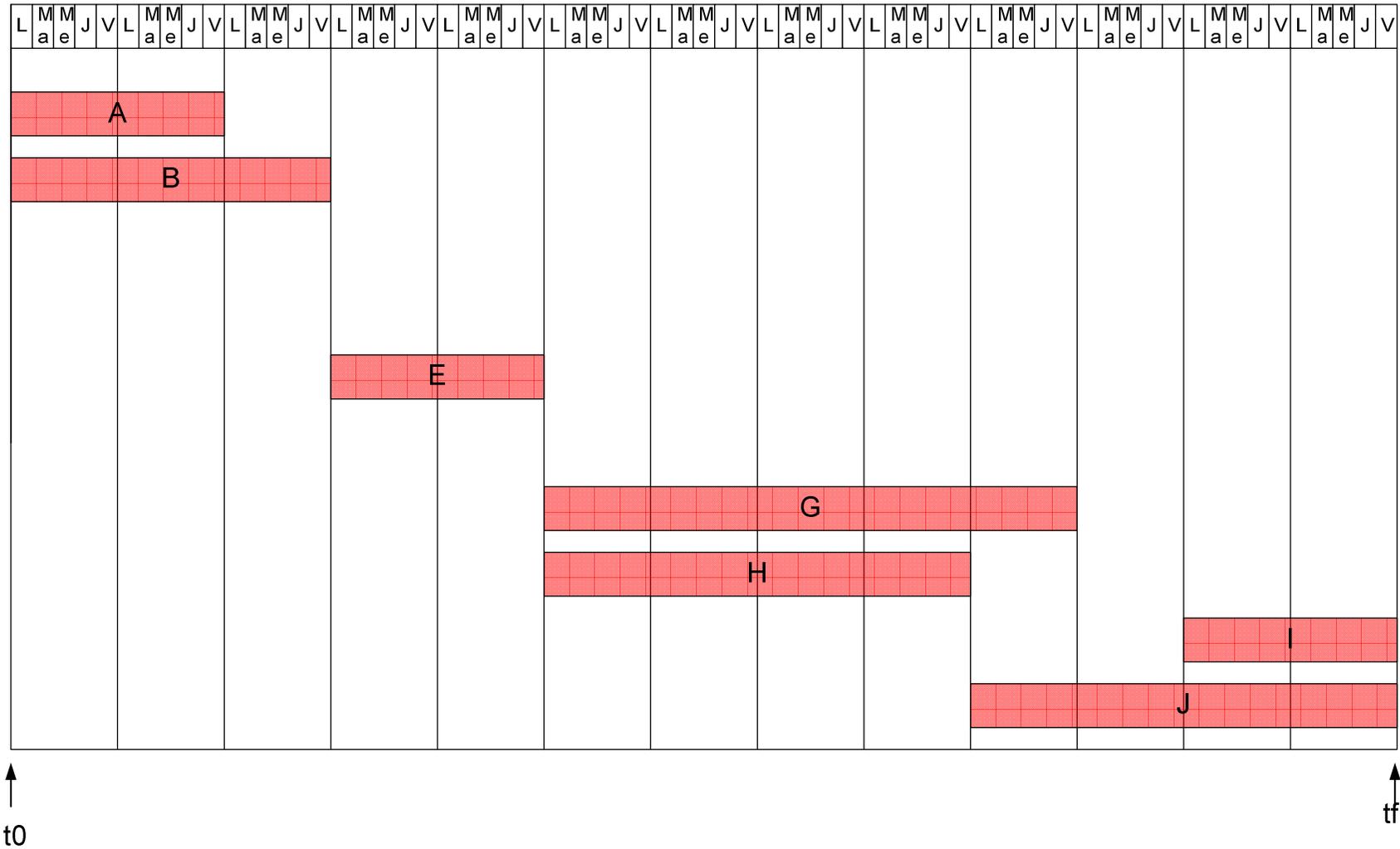
$$e = 25j$$

$$\min(a, c - e) = \min(t_0 + 25j, t_0 + 30j) = t_0 + 25j$$

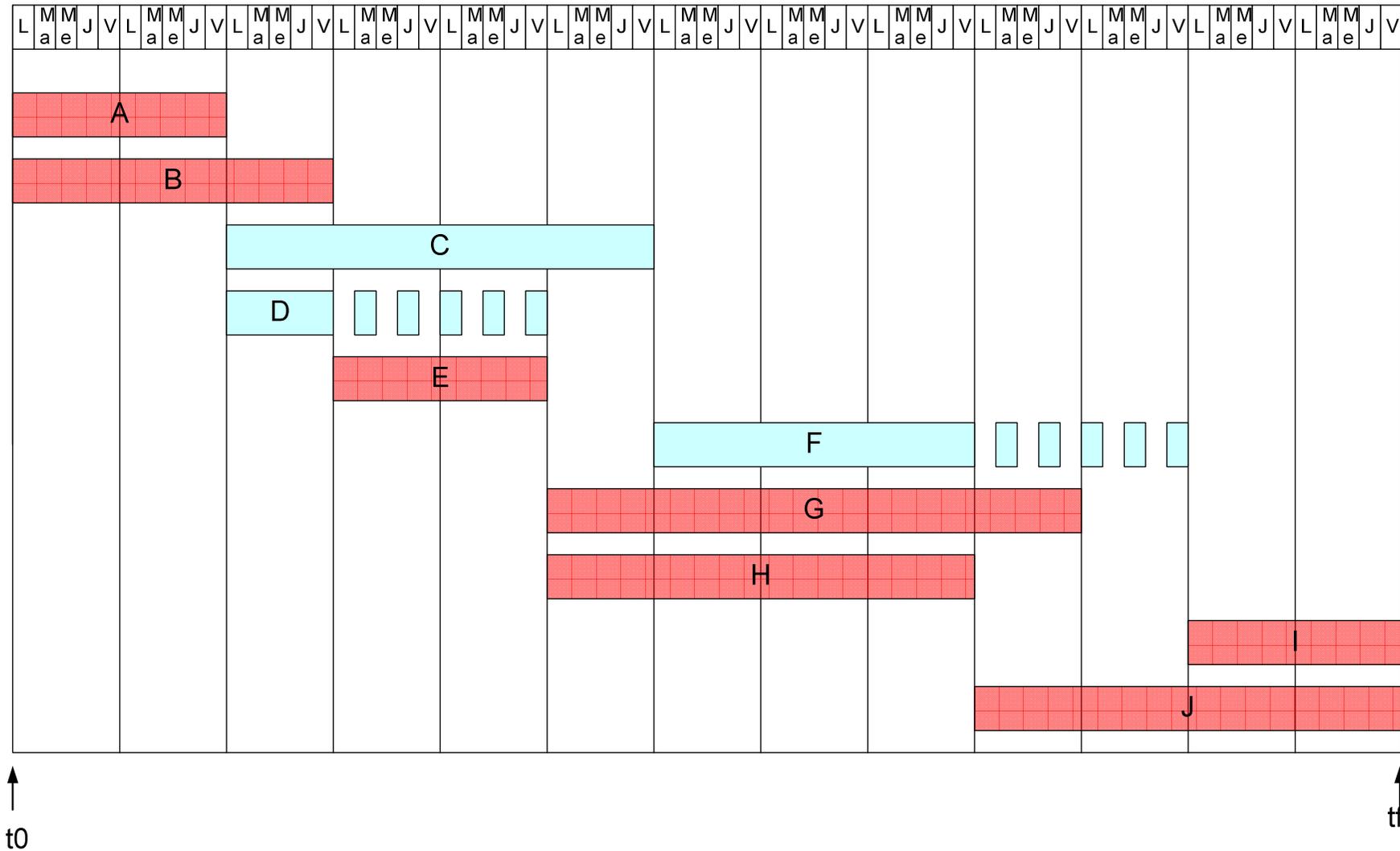
date de début au plus tôt de G = $t_0 + 25j$

\Rightarrow marge libre de la tâche G = 0 jour

- Gantt des tâches critiques



- Gantt des marges libres



- Durée totale du projet = 65 jours ouvrés (13 semaines)

1-2-1-3- Les contraintes de dates

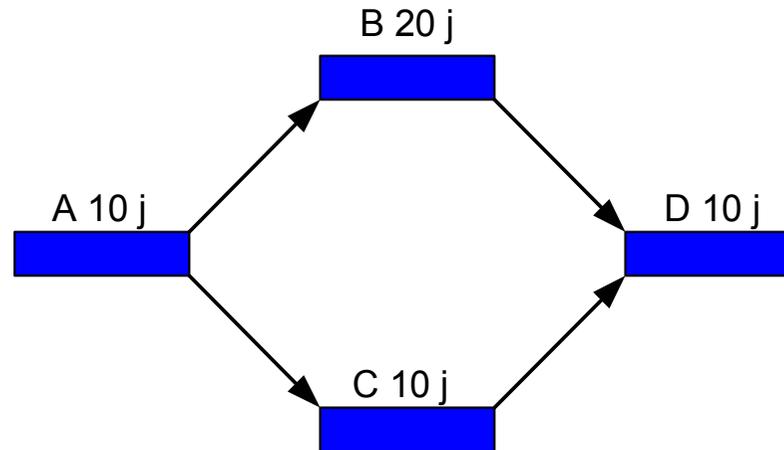
- Type de contraintes

- ** début au plus tôt le ...
- * début au plus tard le ...
- * fin au plus tard le ...
- ** fin au plus tôt le ...
- ** doit commencer le ...
- * doit finir le ...

* à prendre en compte dans le Gantt au plus tard, à ignorer dans le Gantt au plus tôt.

** à prendre en compte dans le Gantt au plus tôt, à ignorer dans le Gantt au plus tard.

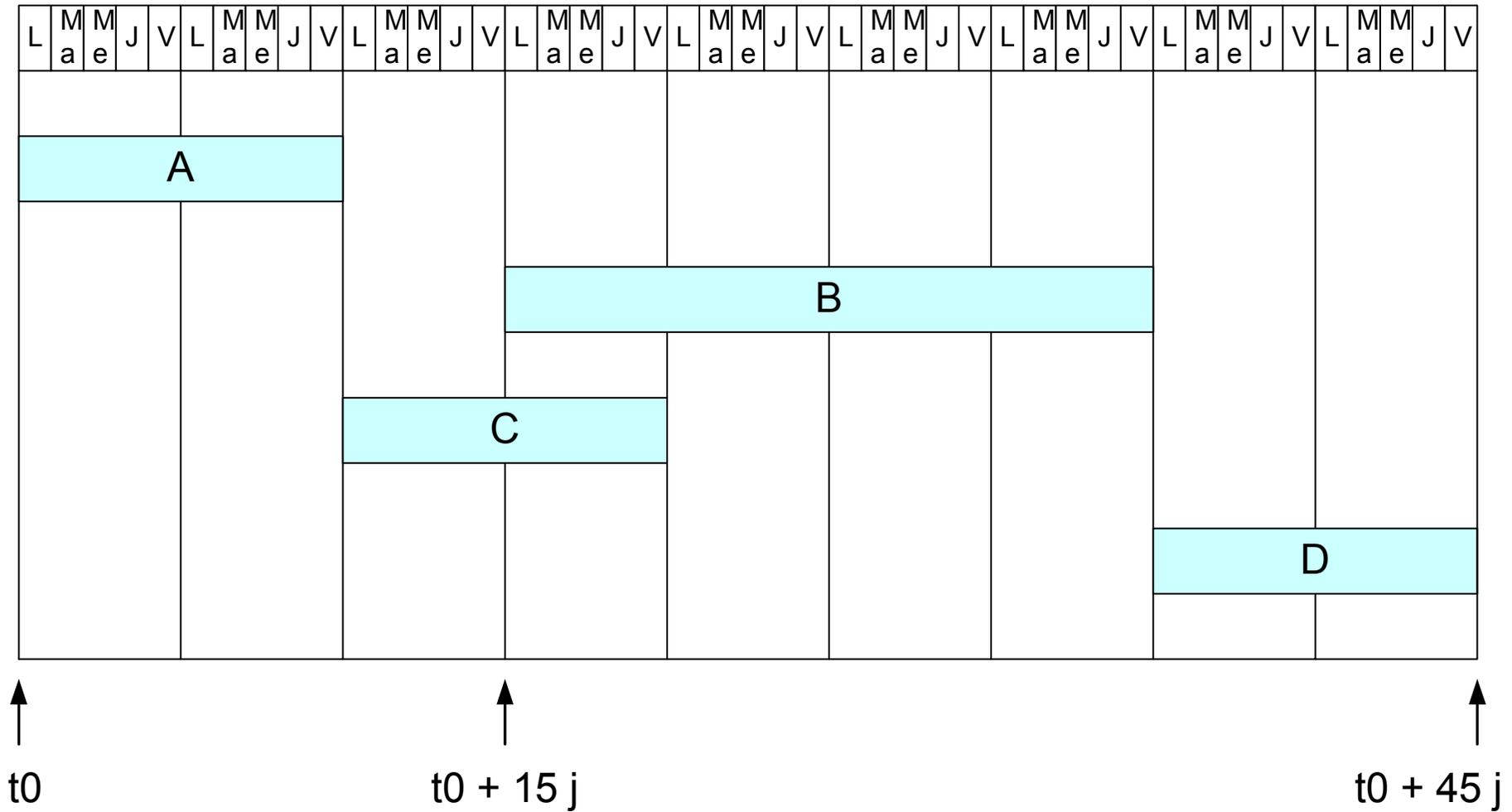
- Exemple n°1



On ajoute une contrainte sur la tâche B :

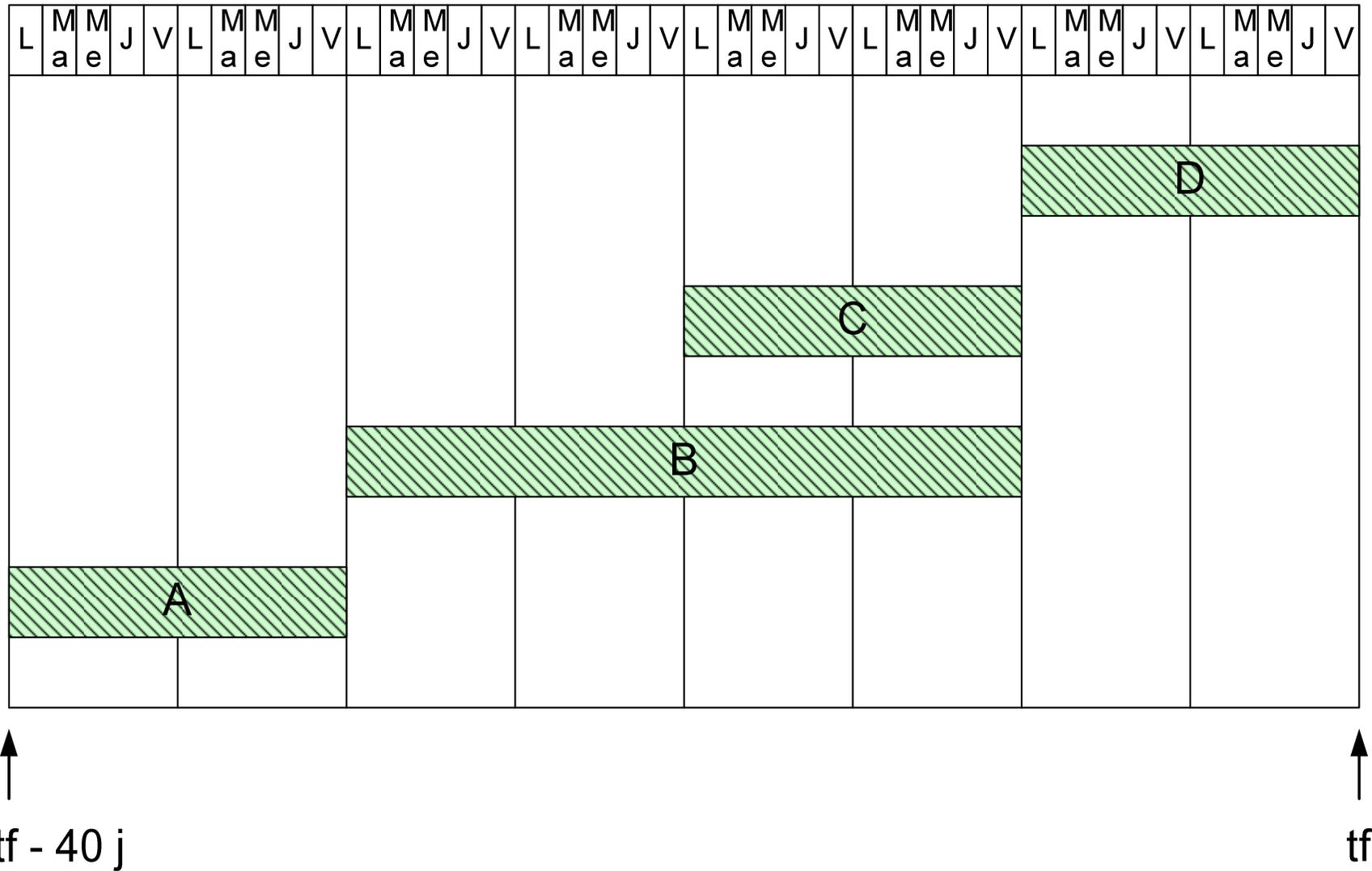
« début au plus tôt à $t_0 + 15 j$ »

- Gantt des dates au plus tôt

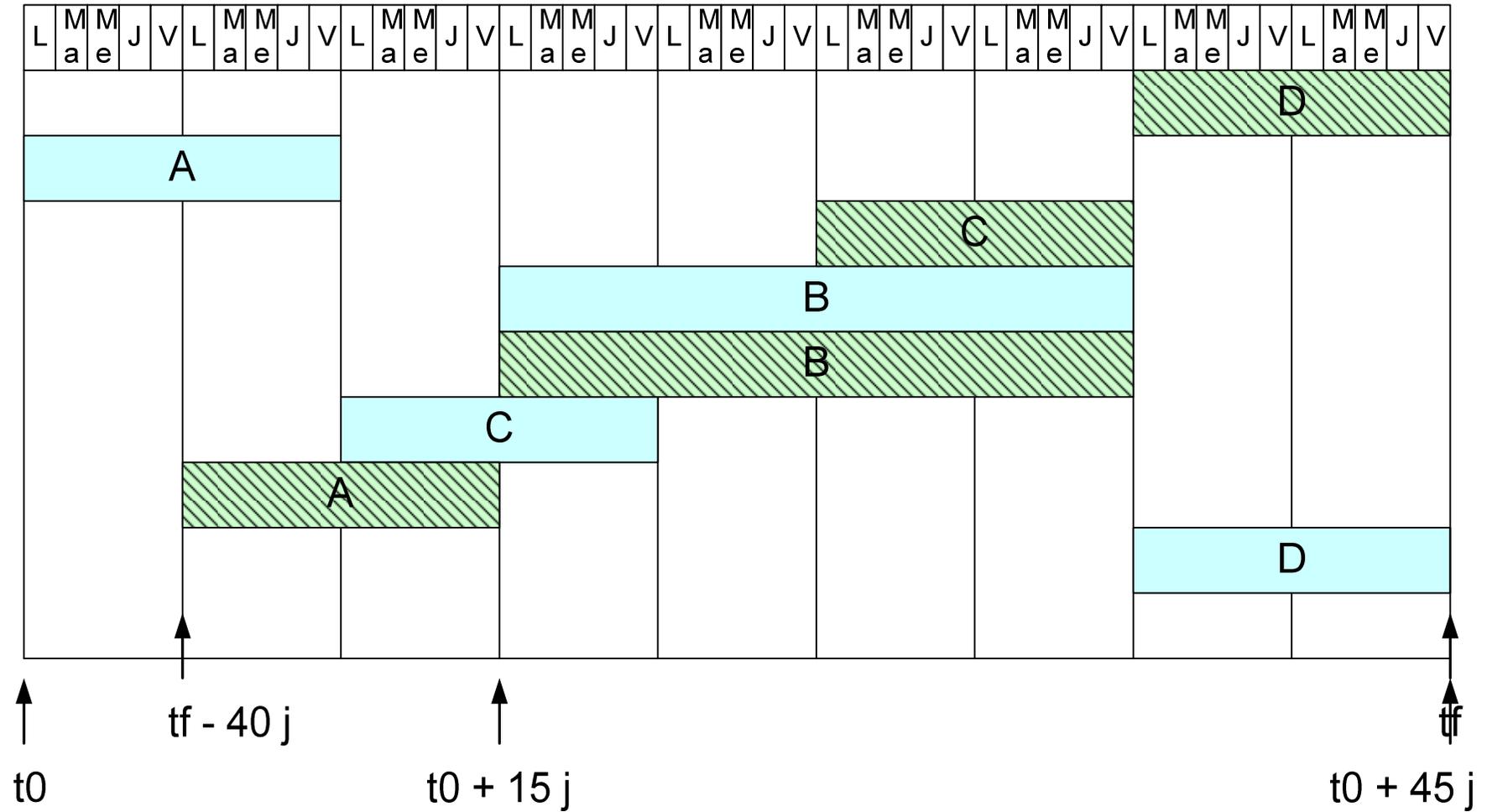


tâche B : « début au plus tôt à $t_0 + 15$ j »

- Gantt des dates au plus tard

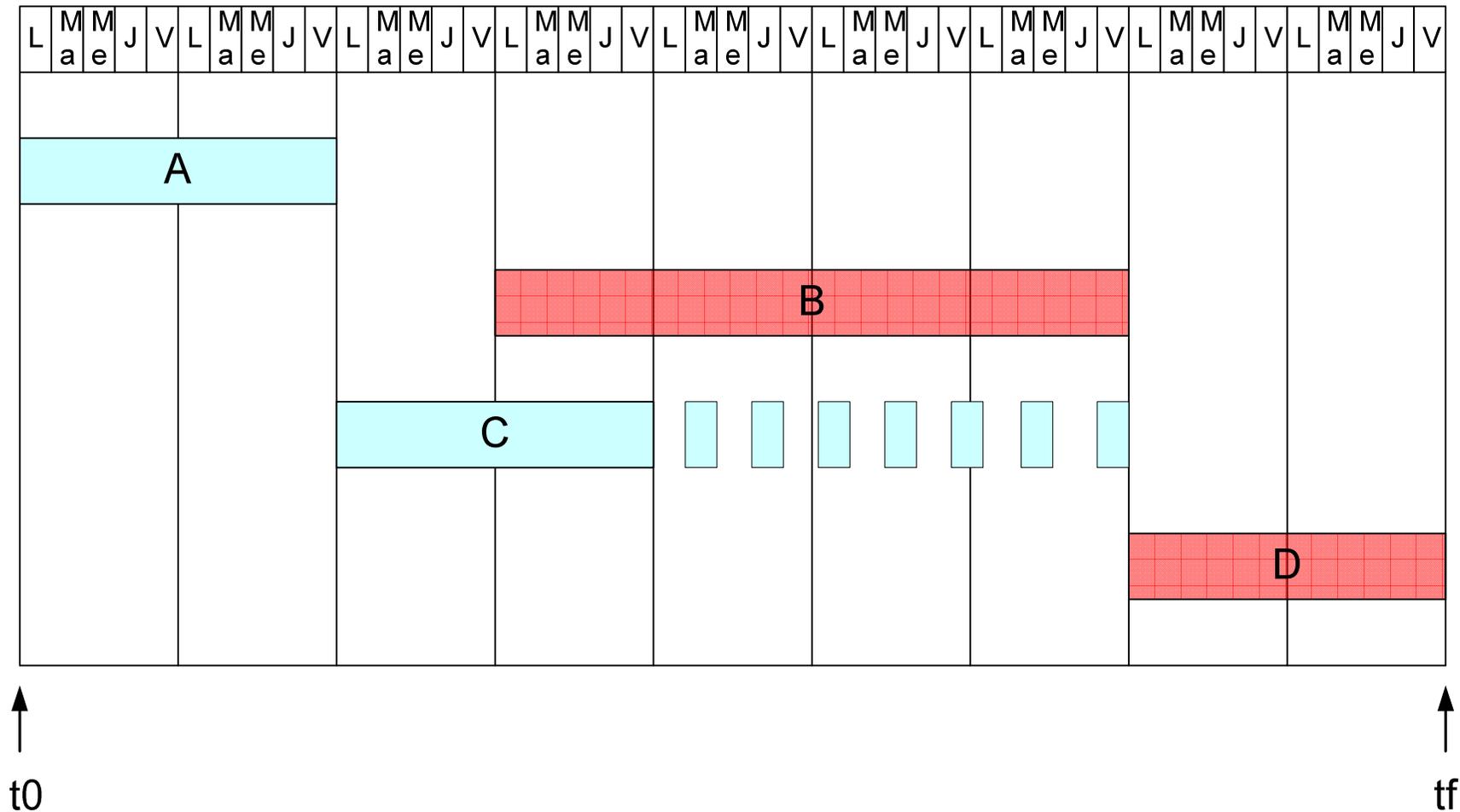


- Rapprochement des échelles



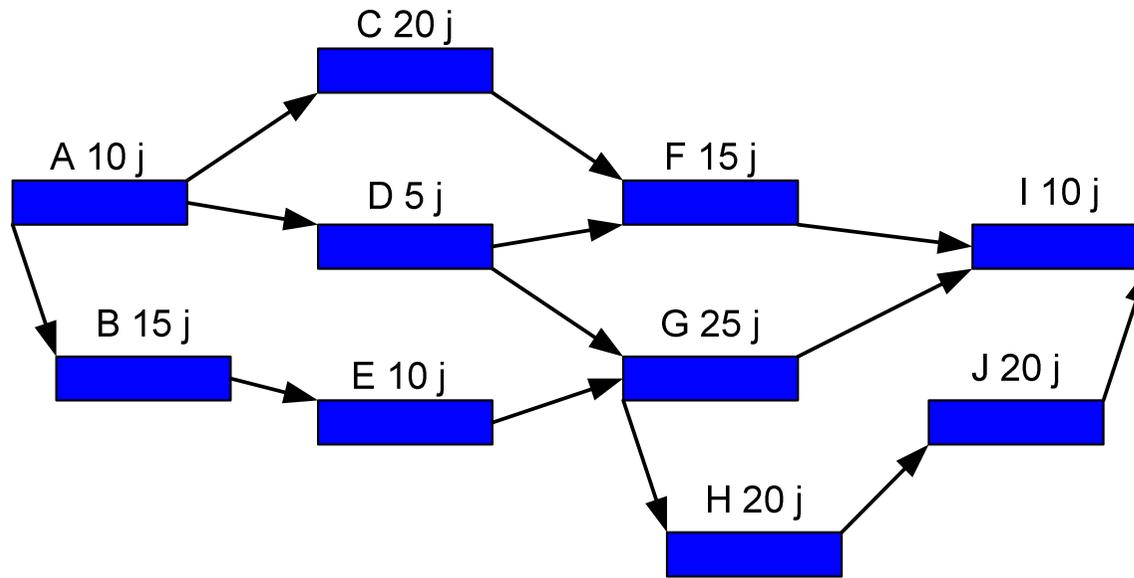
nom de la tâche	Marge totale	Marge libre	Tâche critique
A	5 j	0 j	Non
B	0 j	0 j	Oui
C	15 j	15 j	Non
D	0 j	0 j	Oui

- Gantt des marges libres



- Durée totale du projet = 45 jours ouvrés (au lieu de 40) : la contrainte allonge la durée du projet.

- Exemple n°2



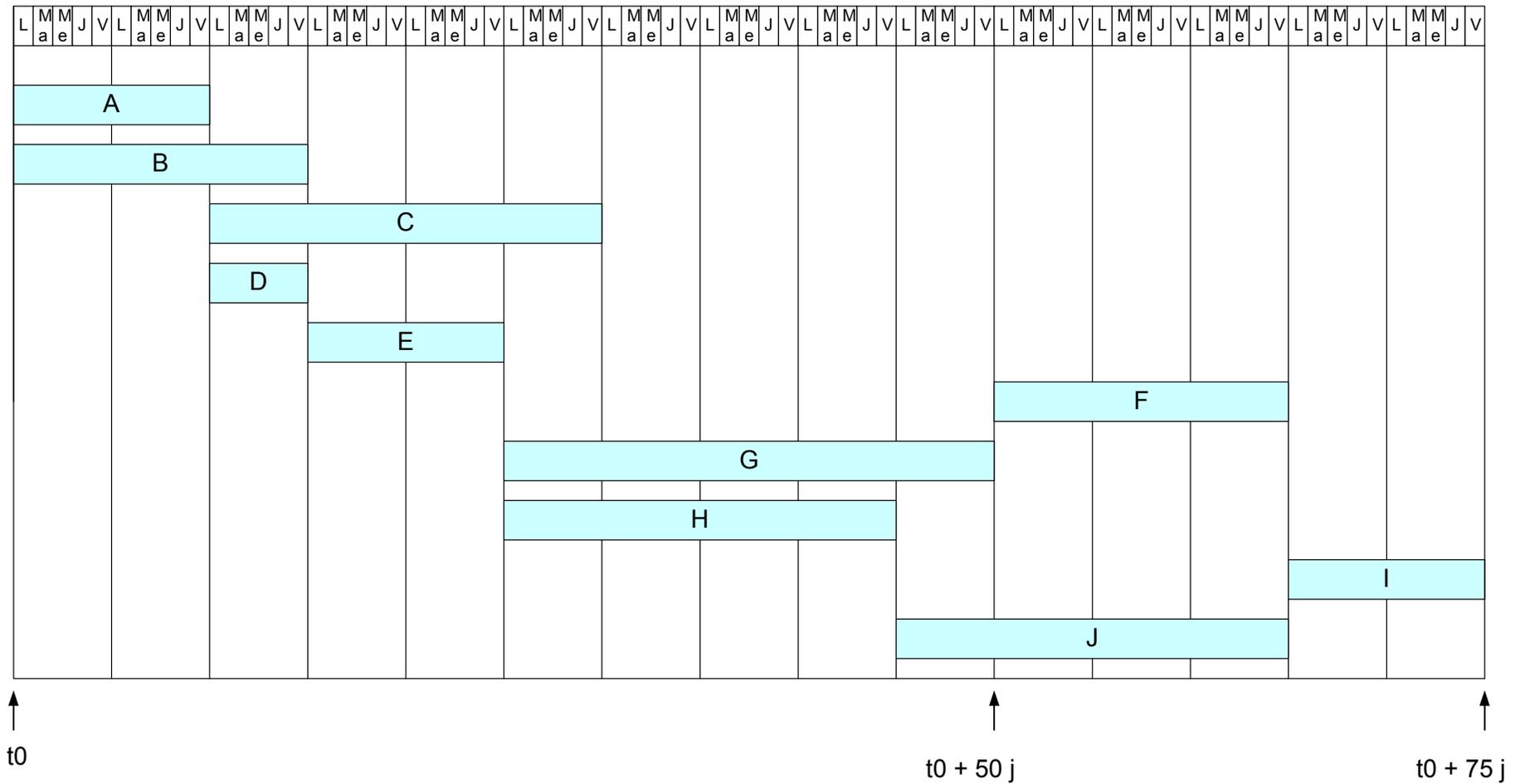
Avec une contrainte sur la tâche F :

« début au plus tôt à $t_0 + 50 j$ »

et une contrainte sur la tâche I :

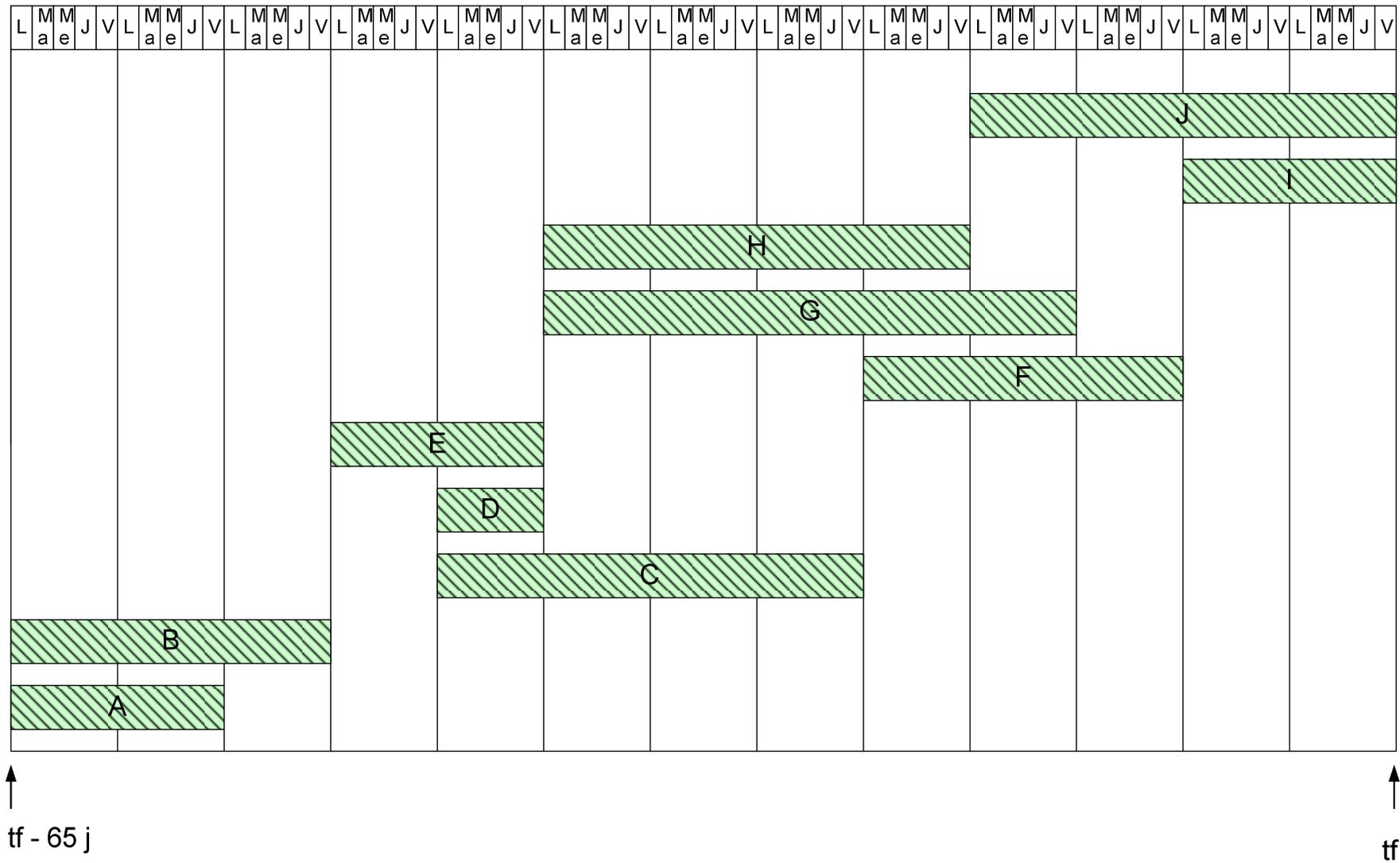
« fin au plus tard à $t_0 + 70 j$ »

- Gantt des dates au plus tôt

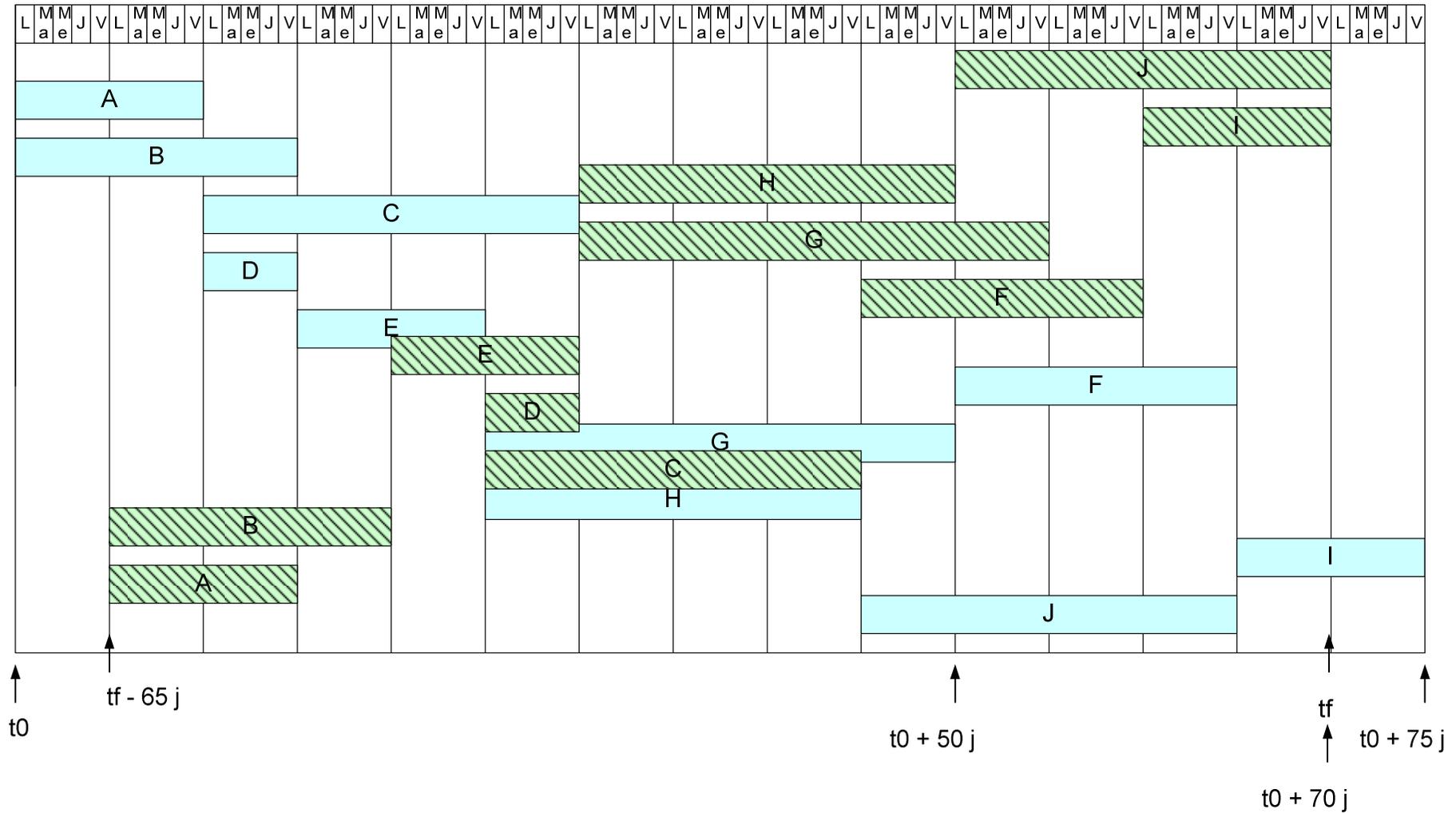


tâche F : « début au plus tôt à $t_0 + 50j$ »

- Gantt des dates au plus tard



- Rapprochement des échelles



tâche I : « fin au plus tard à $t_0 + 70j$ »

nom de la tâche	Marge totale	Tâche critique
A	5 j	Non
B	5 j	Non
C	15 j	Non
D	15 j	Non
E	5 j	Non
F	- 5 j	Oui
G	5 j	Non
H	5 j	Non
I	- 5 j	Oui
J	5 j	Non

Marges négatives \Rightarrow incompatibilité de dates

\Rightarrow il faut modifier le planning

Solutions :

- Modifier les contraintes de dates
- Avancer la date de début de projet t_0
- Modifier les liaisons entre tâches
- Modifier les durées des tâches ...

1-2-1-4- Conclusion

Technique PERT-temps :

Intérêt :

- Mise en évidence des incompatibilités de dates

Inconvénient :

- Ne tient pas compte des ressources (les ressources sont supposées infinies)

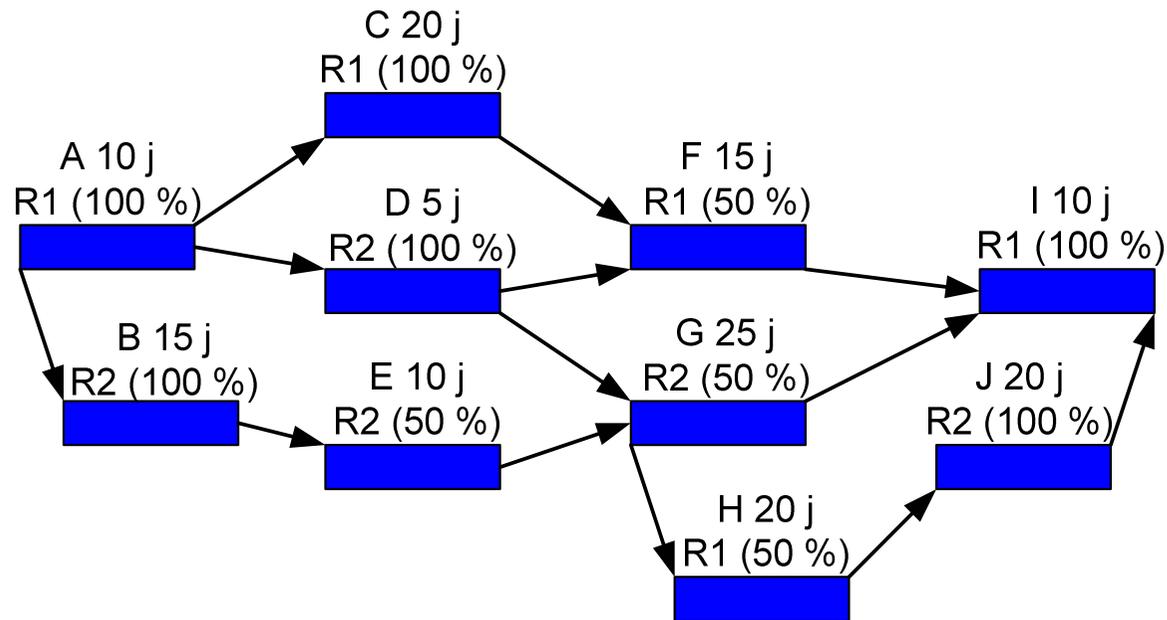
1-2-2- PERT-charge

C'est une extension du PERT-temps qui prend en compte les ressources affectées au projet.

Ressource = moyen nécessaire au bon déroulement d'une tâche

- deux types de ressources :
 - humaines
 - matérielles

1-2-2-1- Graphe des ressources



Deux ressources sont affectées au projet : Richard (R1) et Romain (R2).

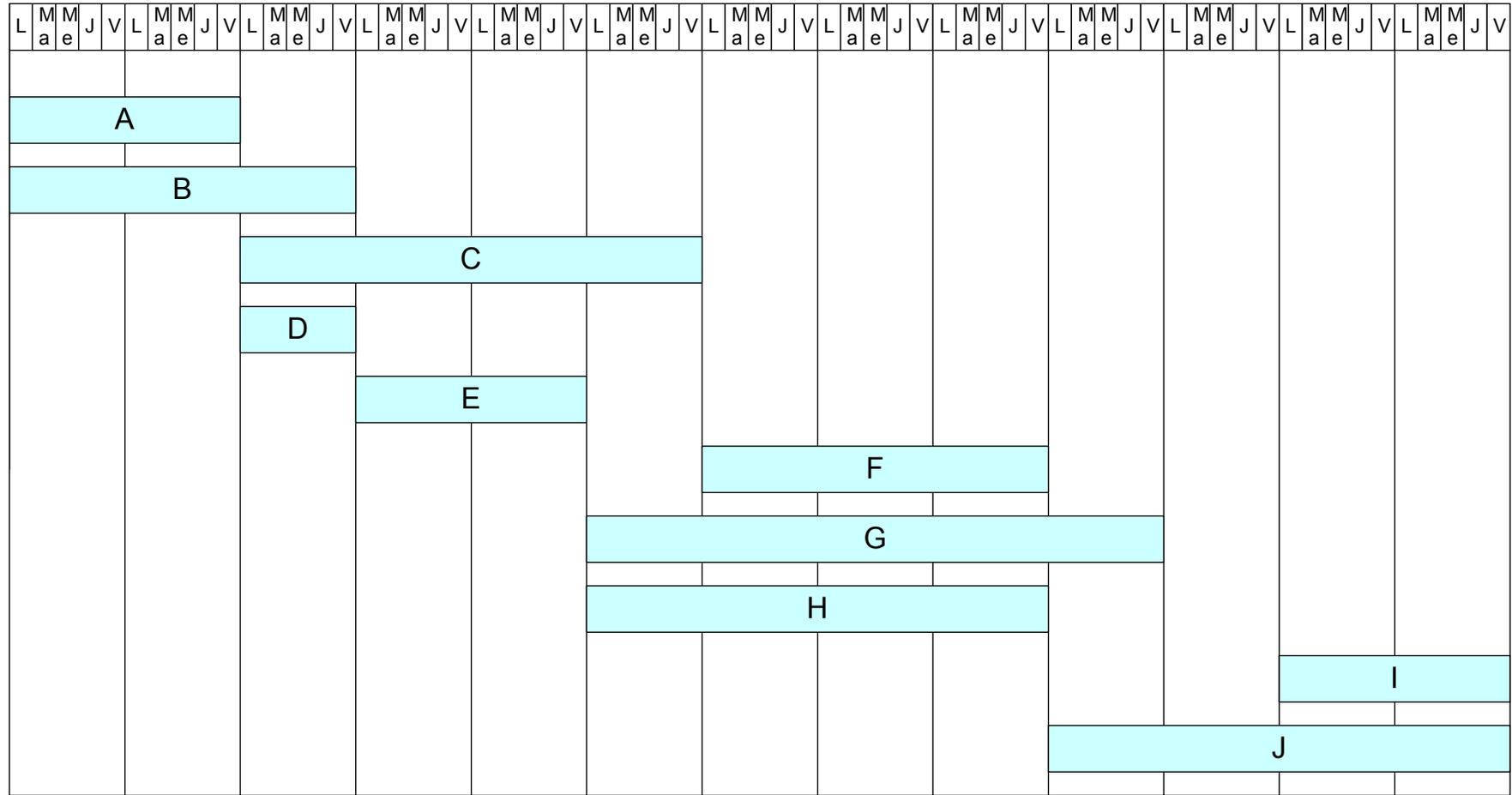
Calendrier des ressources : lundi au vendredi

(8h30-12h ; 13h30-17h)

100 % (= intensité de la charge) = 7 h / j = 35 h / sem

50 % = 3,5 h / j ...

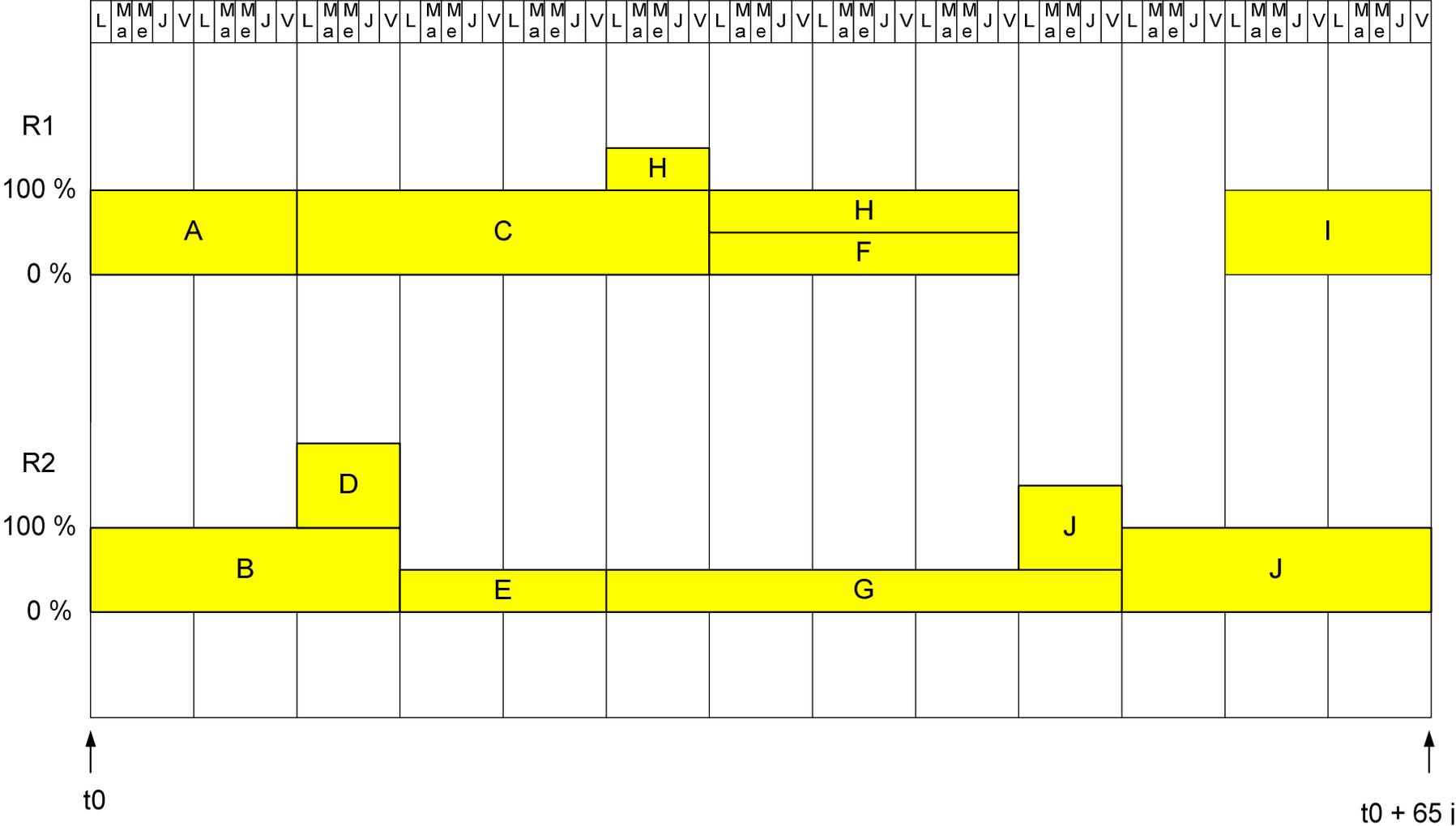
1ère étape : Gantt des dates au plus tôt (technique PERT-temps)



t_0

$t_0 + 65 \text{ j}$

Graphe des ressources



1-2-2-2- Nivellement

Le nivellement a pour but d'éliminer les surutilisations.

Pour cela, on décale des tâches vers l'avenir.

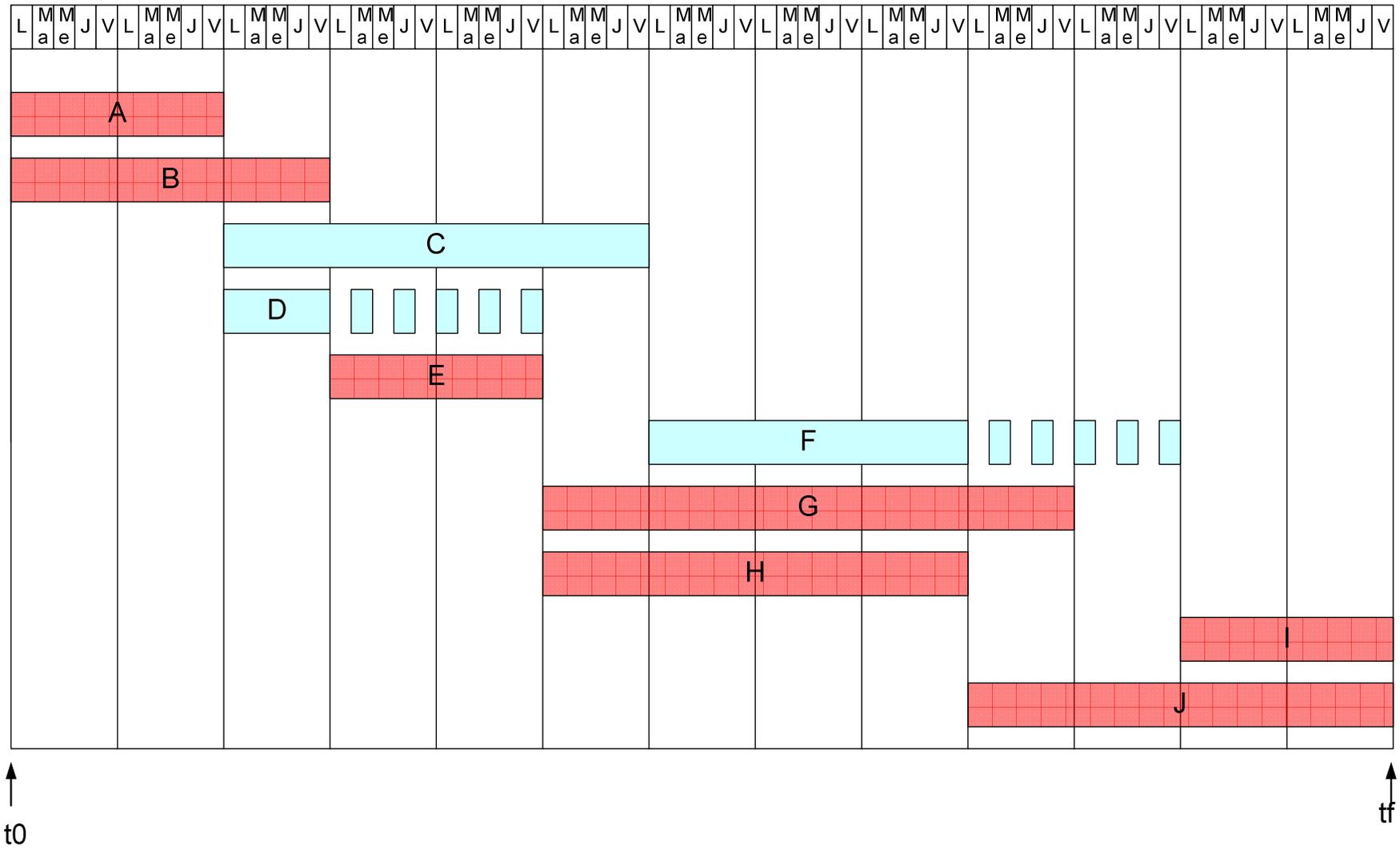
1-2-2-2-1- Nivellement par les durées

Ici, les durées des tâches ne sont pas modifiées par le nivellement.

1ère surcharge à $t_0 + 10$ j

Règle : on décale la tâche qui a la marge la plus grande.

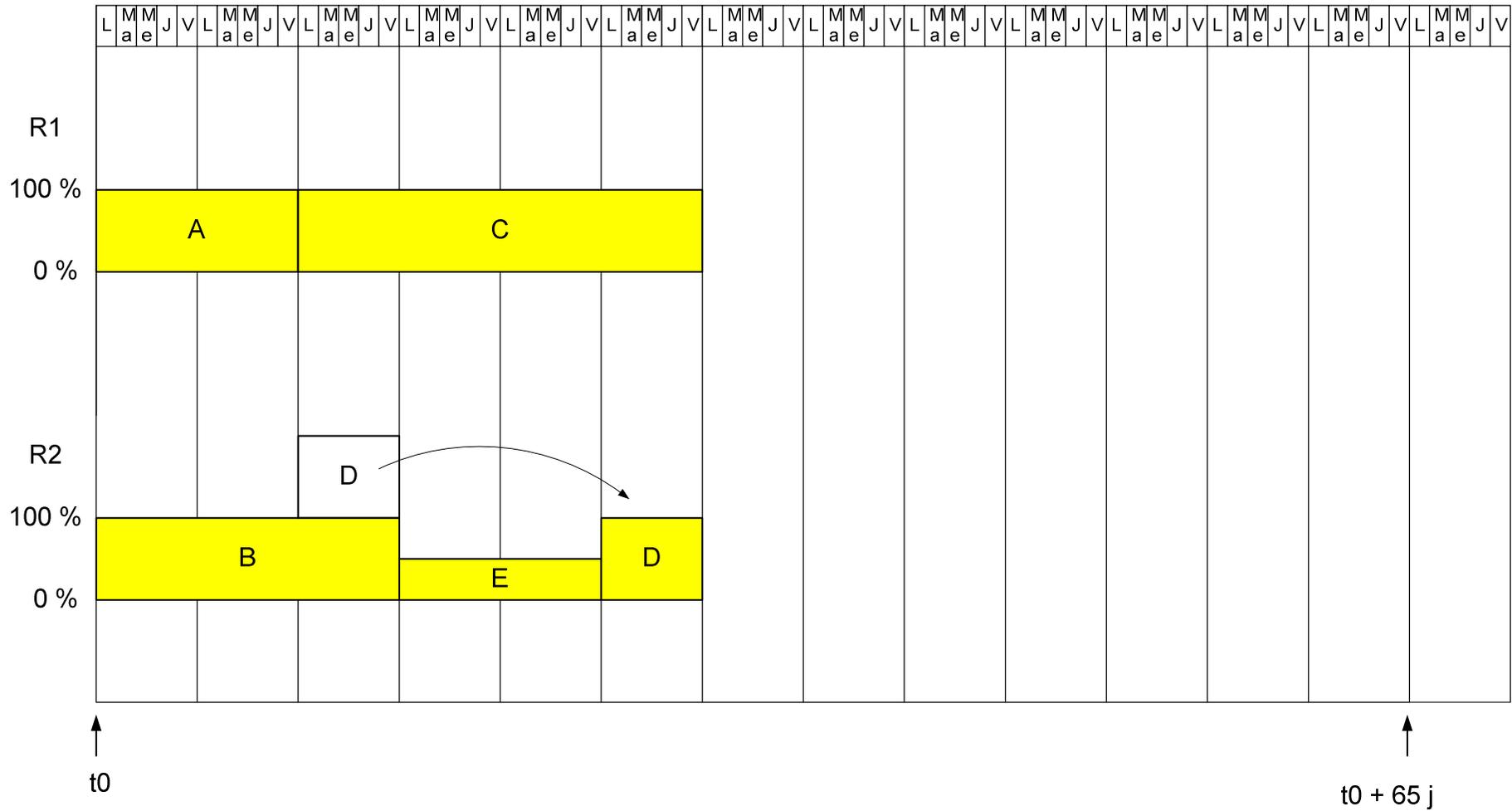
- Gantt des marges libres (rappel)



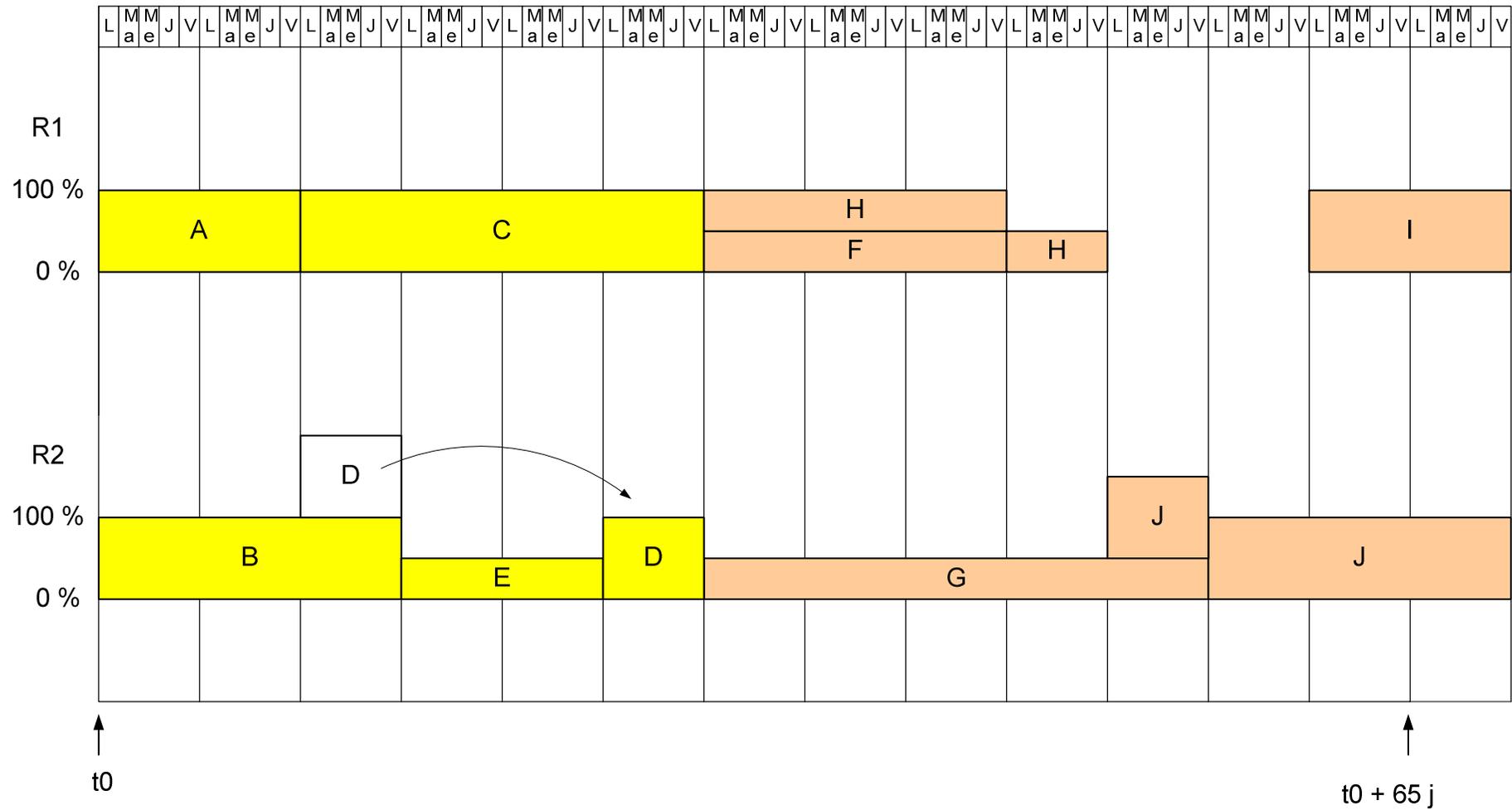
On décale D (et non B) :

- avant G (D est un prédécesseur de G, avec liaison FD)
- après E (tâche critique)

Décalage de D \Rightarrow décalage des successeurs : F , G , H , J , I

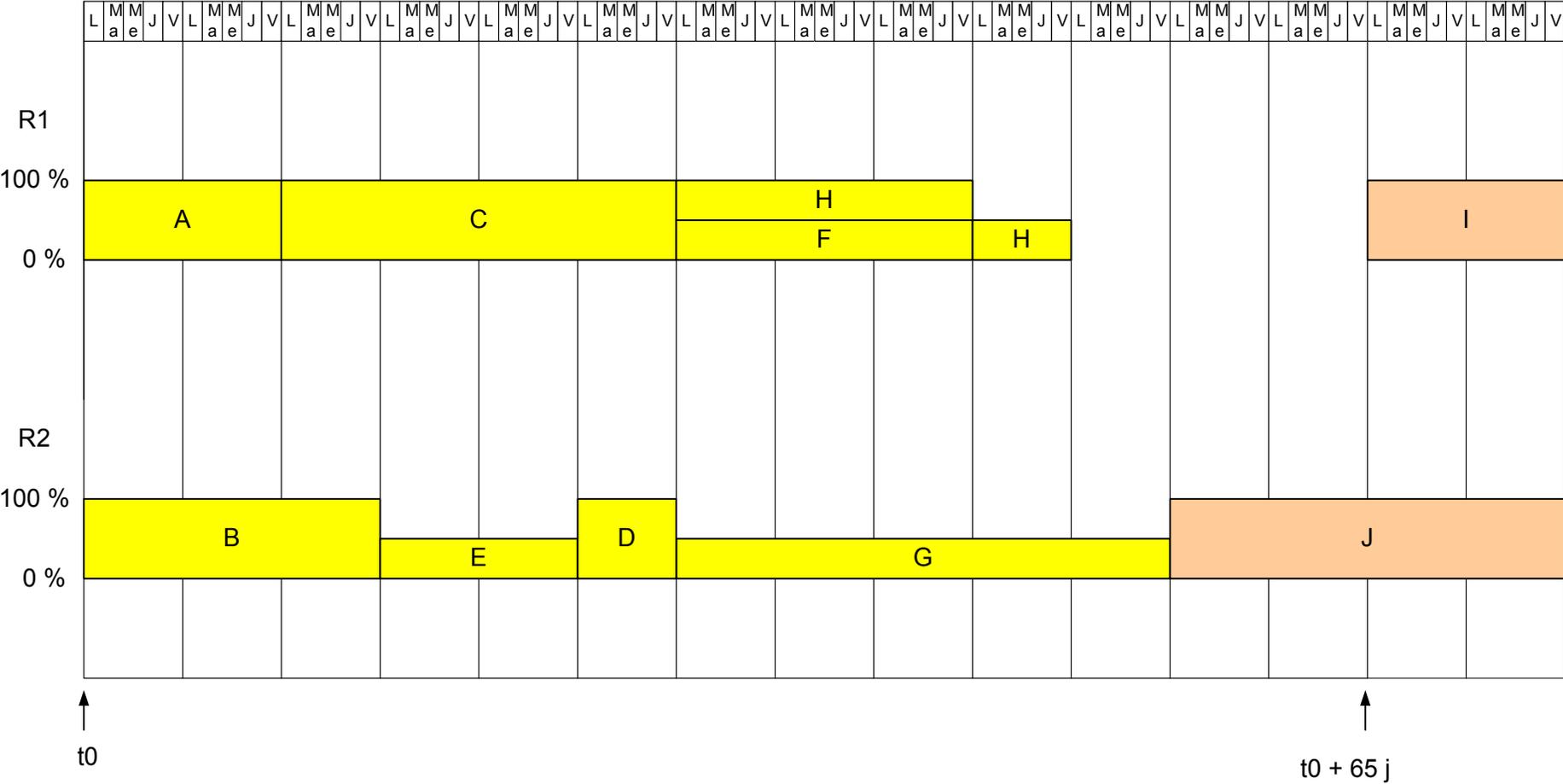


Décalage de D \Rightarrow décalage des successeurs : F , G , H , J , I

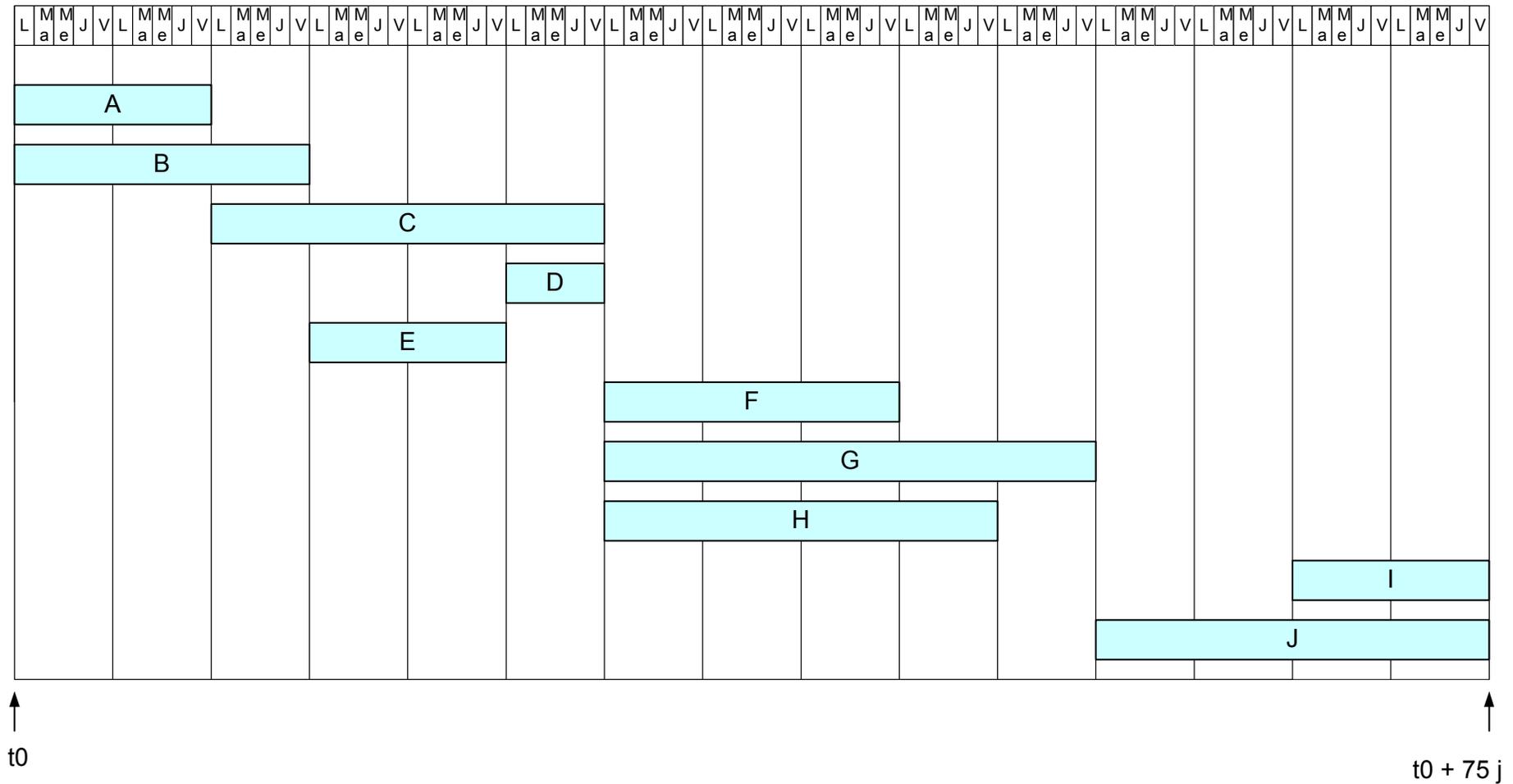


Elimination de la surcharge à $t_0 + 50$ j

On décale J de 5 j \Rightarrow décalage I de 5 j

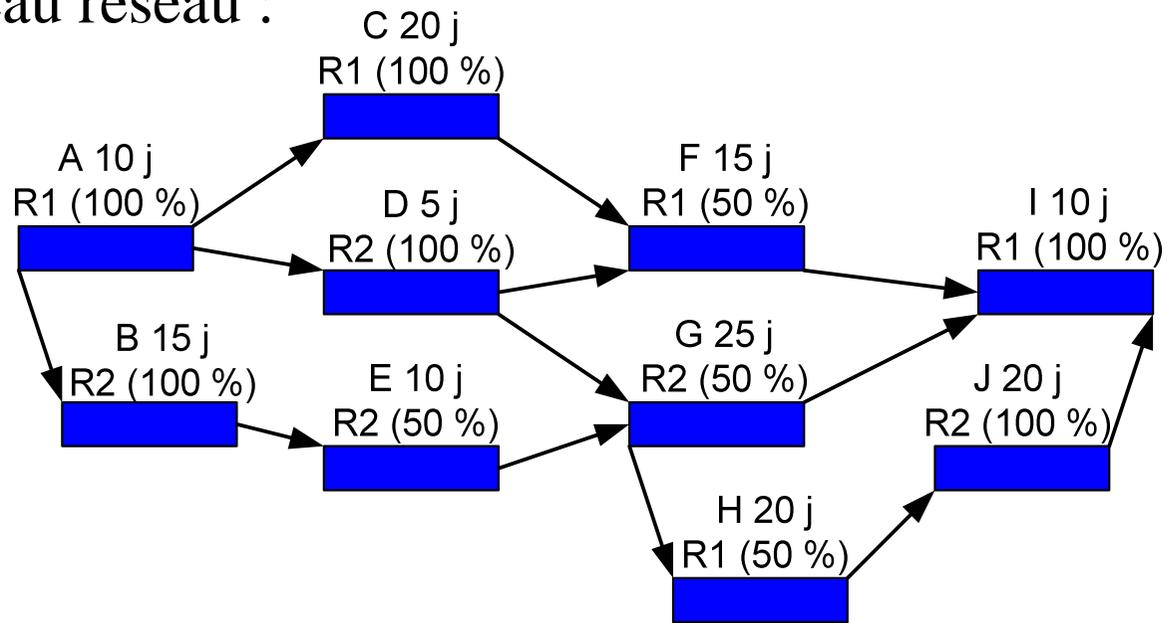


Nouveau planning après nivellement (Gantt des dates au plus tôt) :



- Durée totale du projet = 75 jours ouvrés (au lieu de 65)

Nouveau réseau :



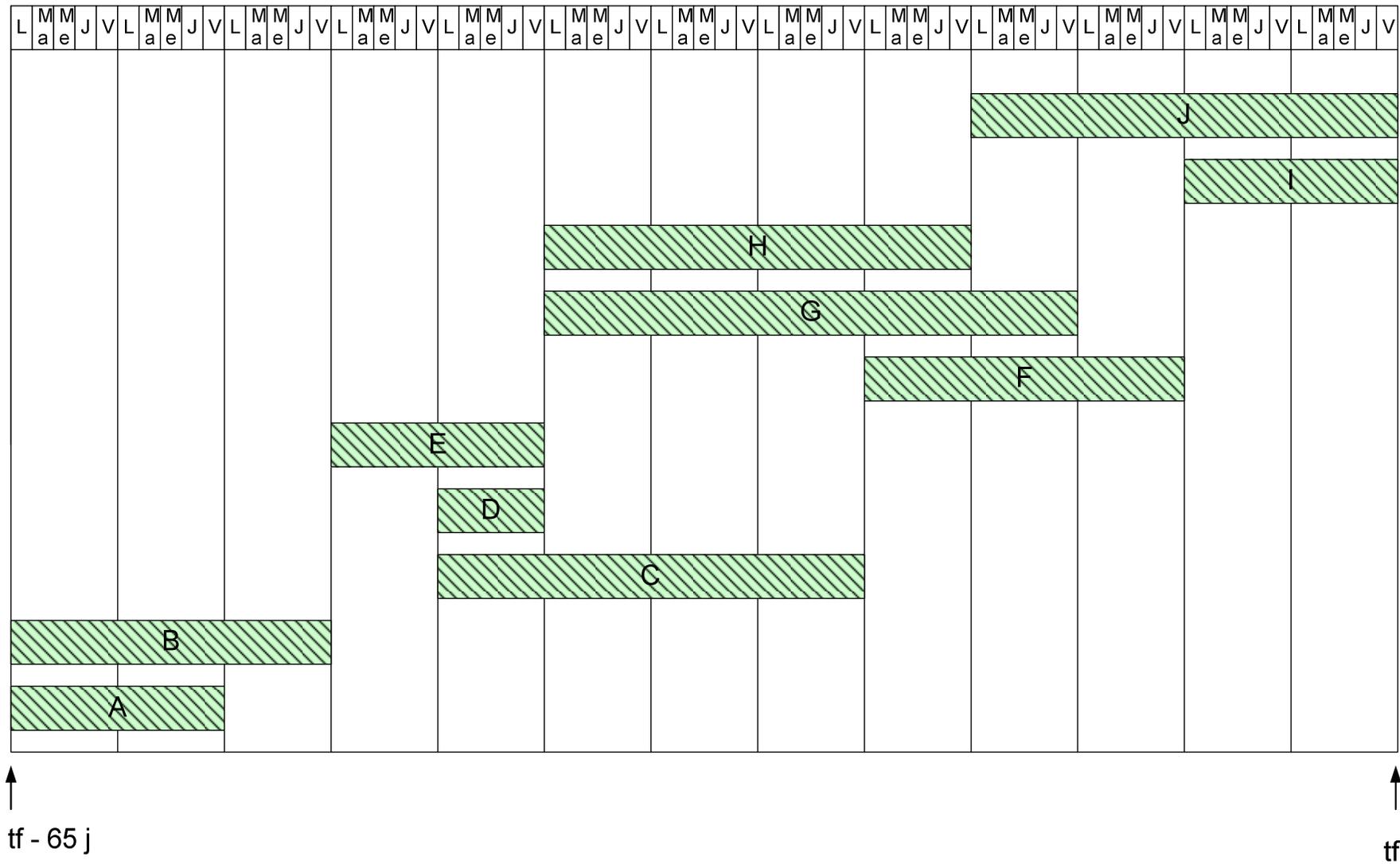
Avec une contrainte sur la tâche D :

« début au plus tôt à $t_0 + 25 j$ »

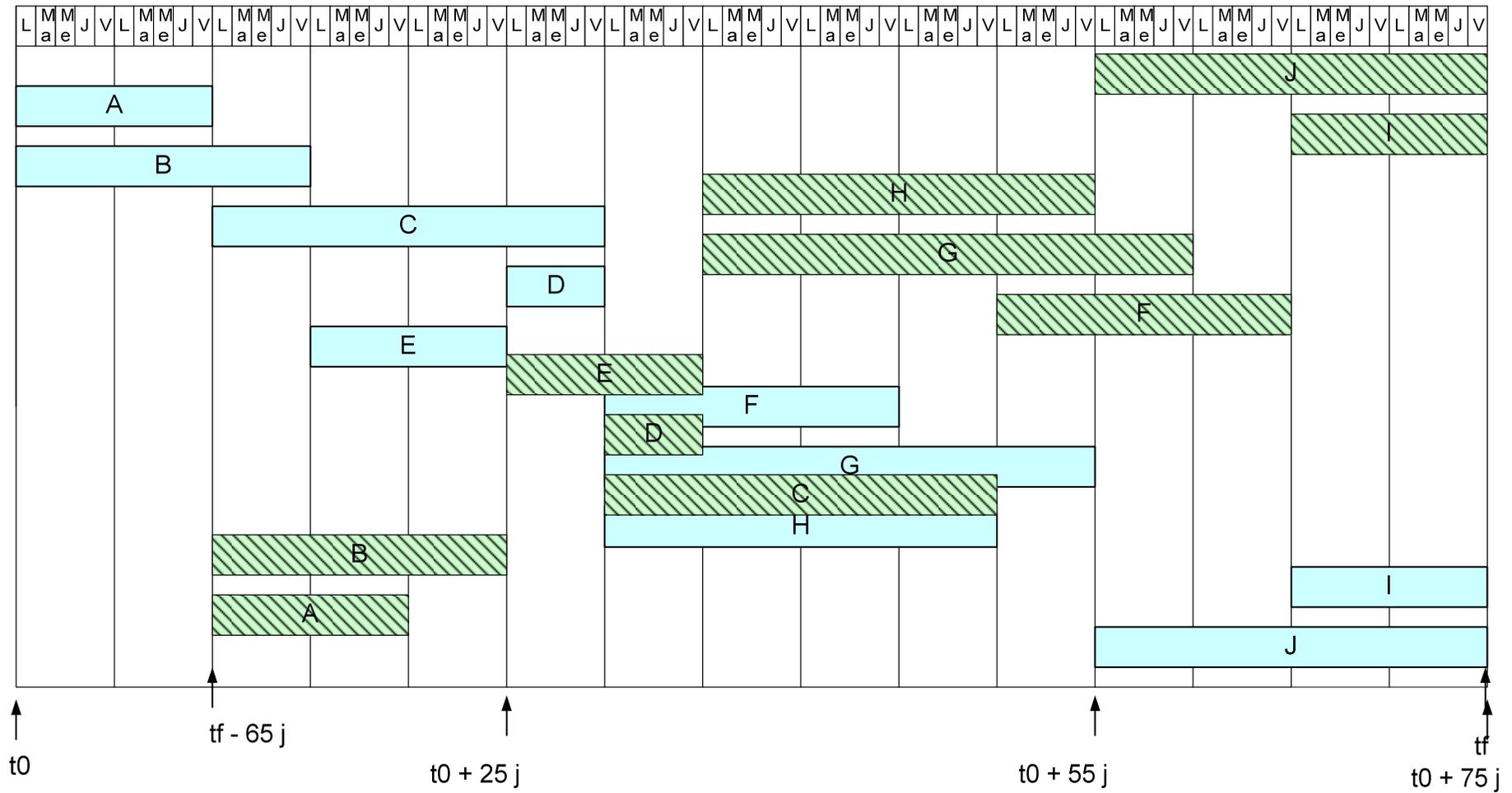
et une contrainte sur la tâche J :

« début au plus tôt à $t_0 + 55 j$ »

- Gantt des dates au plus tard (rappel)

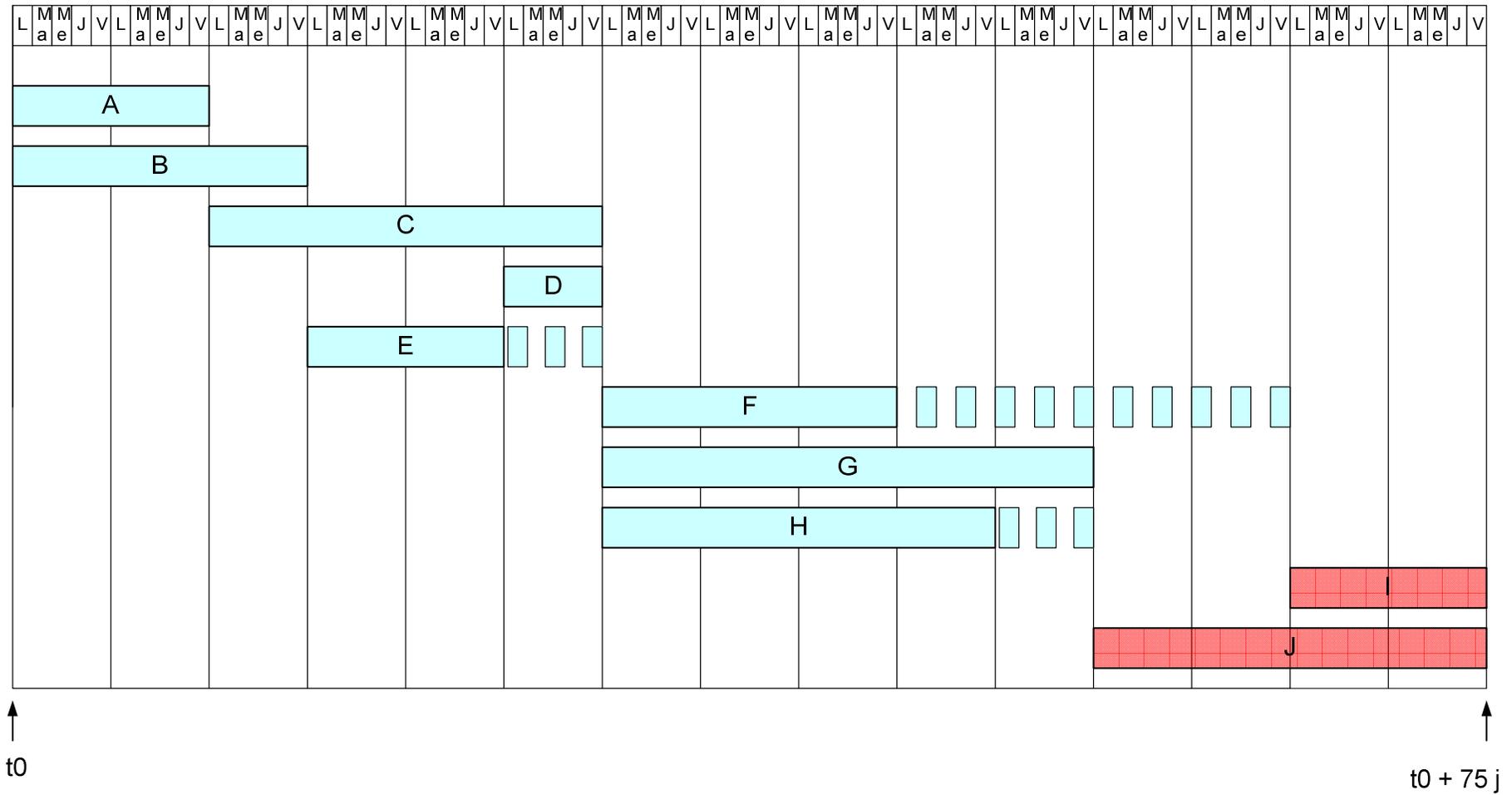


- Rapprochement des échelles



nom de la tâche	Marge totale	Marge libre	Tâche critique
A	10 j	0 j	Non
B	10 j	0 j	Non
C	20 j	0 j	Non
D	5 j	0 j	Non
E	10 j	5 j	Non
F	20 j	20 j	Non
G	5 j	0 j	Non
H	5 j	5 j	Non
I	0 j	0 j	Oui
J	0 j	0 j	Oui

- Gantt des marges libres



1-2-2-2-2- Nivellement par les charges

Ici, la durée d'une tâche peut augmenter, l'intensité diminuer.

1 semaine à 100 % \Leftrightarrow 2 semaines à 50 %

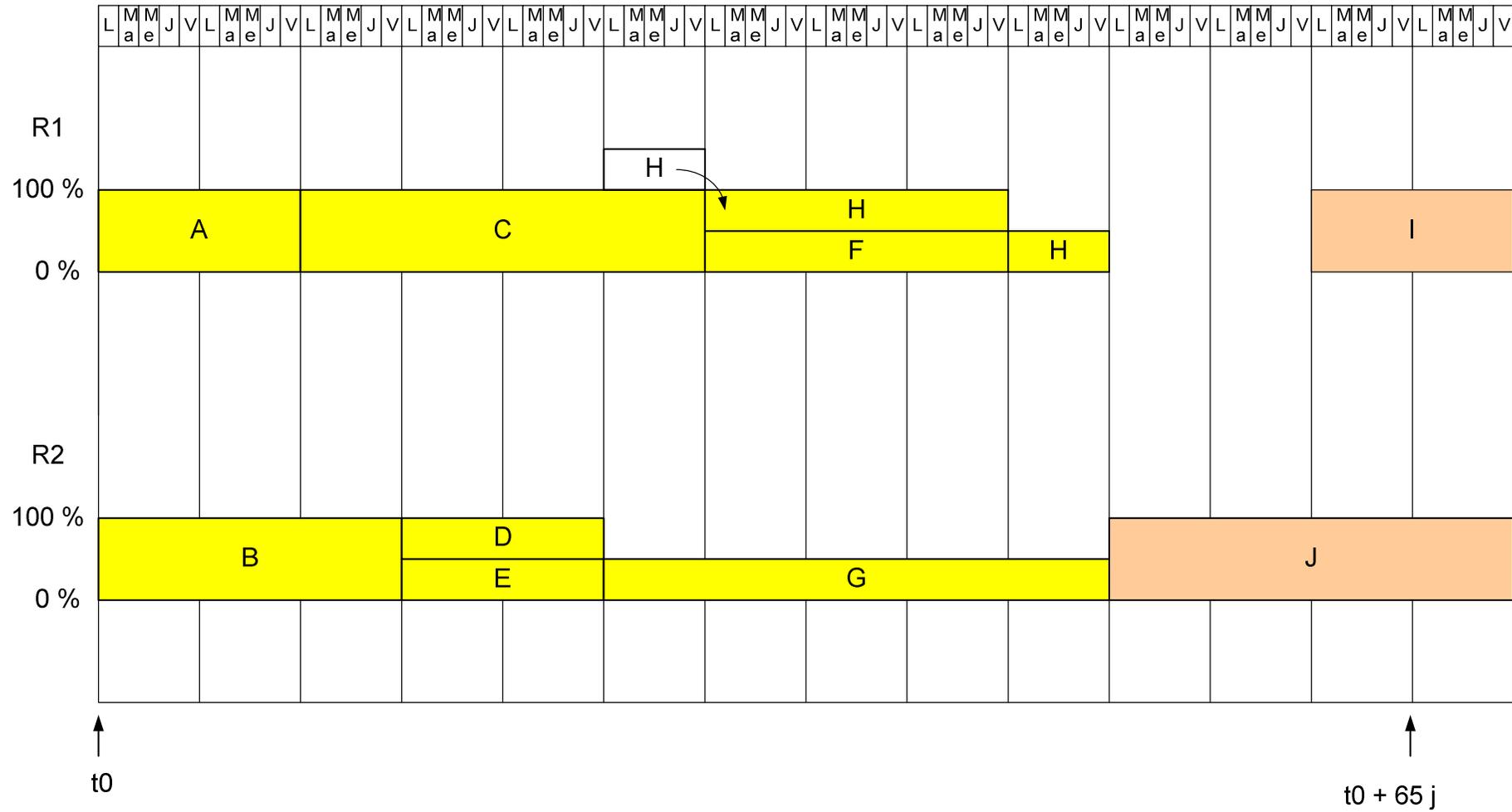
La charge reste la même (35 h).

Attention : cela n'est pas possible avec des tâches à « durée fixe » :

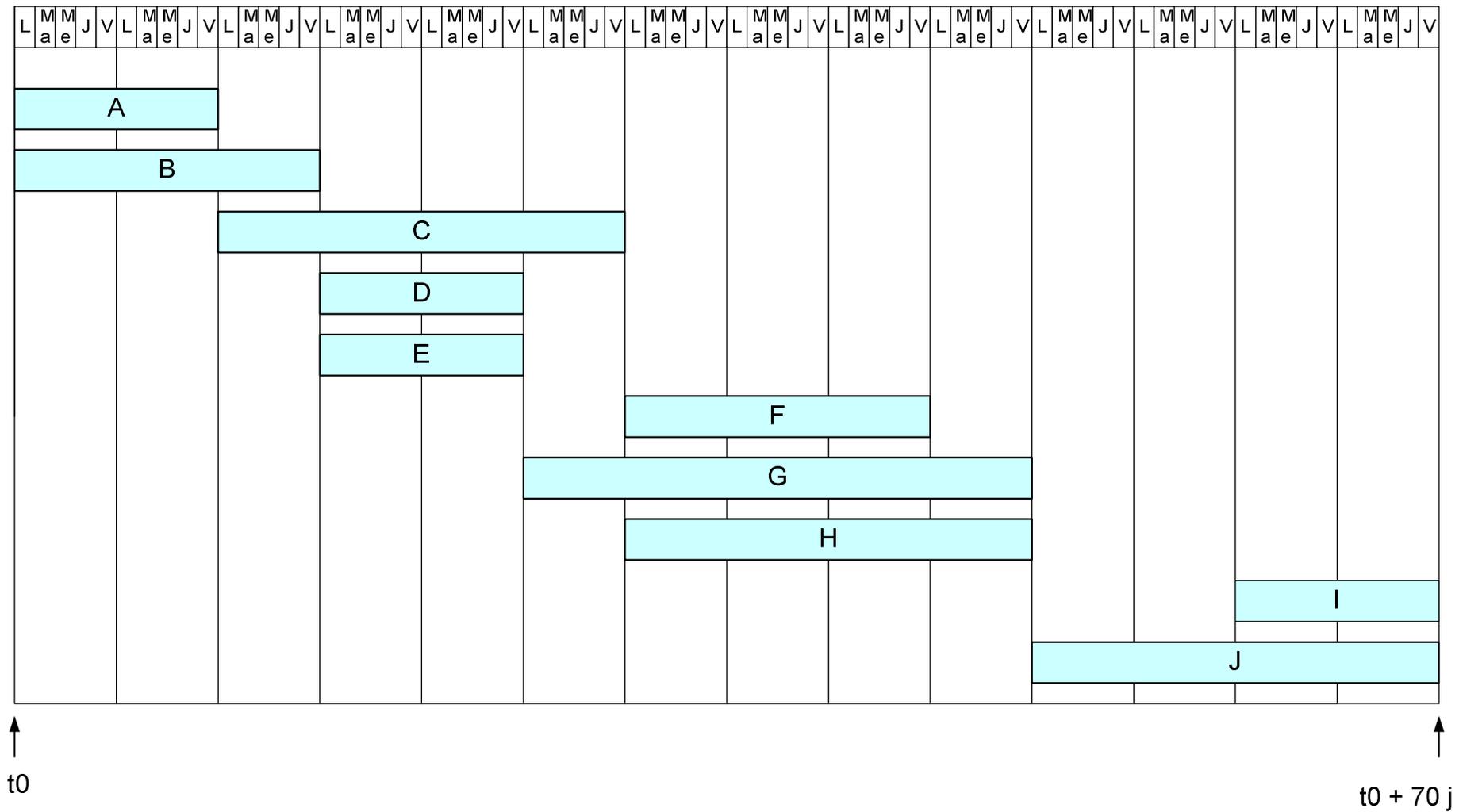
Exemple :

- séchage du béton
- traitement thermique
- transport ...

On décale H de 5 j \Rightarrow décalage de J et I de 5 j

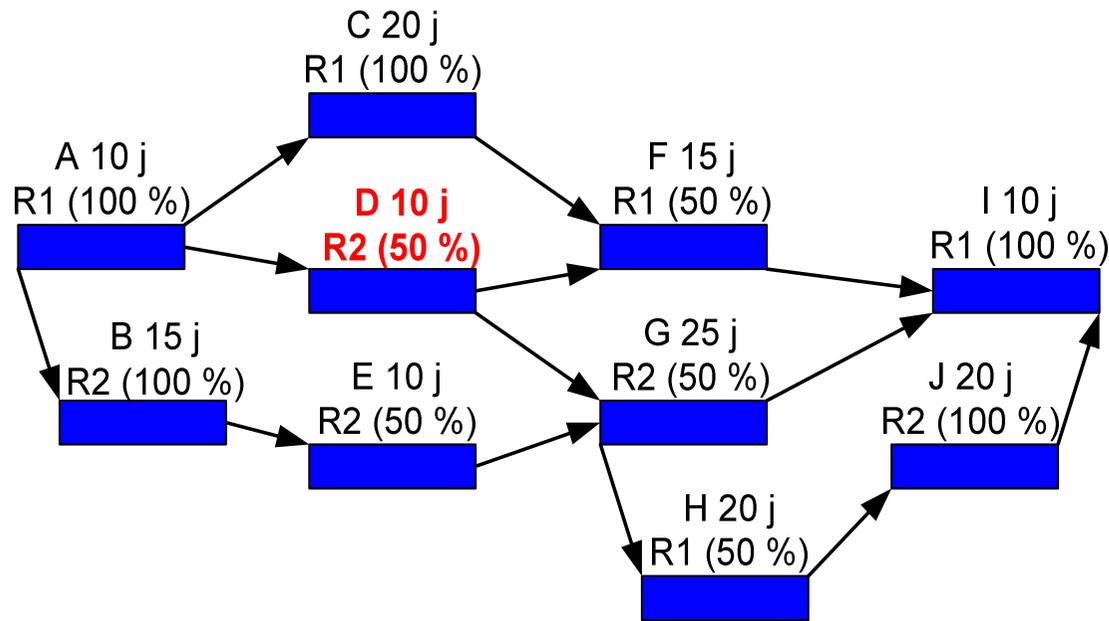


Nouveau planning après nivellement (Gantt des dates au plus tôt) :



- Durée totale du projet = 70 jours ouvrés (au lieu de 65)

Nouveau réseau :



Avec une contrainte sur la tâche D :

« début au plus tôt à $t_0 + 15 j$ »

et une contrainte sur la tâche H :

« début au plus tôt à $t_0 + 30 j$ »

1-3- Coût planifié du projet

Reprenons le dernier exemple :

Deux ressources sont affectées au projet :

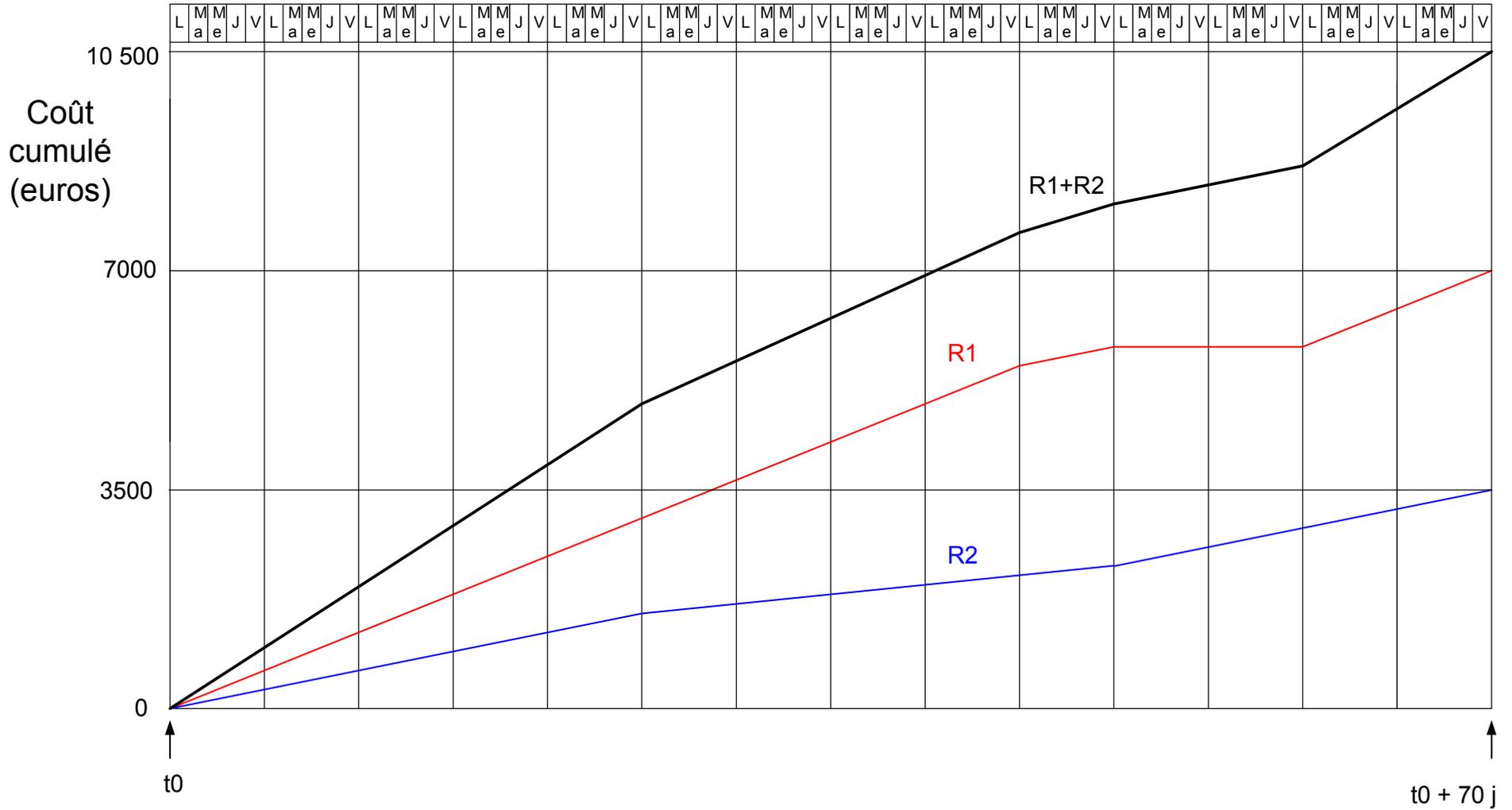
- Richard (R1) : 17,39 euros / h (taux horaire)
- Romain (R2) : 8,70 euros / h

Coût planifié du projet =

$$\begin{aligned} & 17,39 \times 402,5 \\ & + 8,70 \times 402,5 \\ & = \mathbf{10\ 501,22\ euros} \end{aligned}$$

Semaine n°	Coût R1	Coût cumulé R1	Coût R2	Coût cumulé R2	Coût cumulé du projet
1	608,65	608,65	304,50	304,50	913,15
2	608,65	1217,30	304,50	609,00	1826,30
3	608,65	1825,95	304,50	913,50	2739,45
4	608,65	2434,60	304,50	1218,00	3652,60
5	608,65	3043,25	304,50	1522,50	4565,75
6	608,65	3651,90	152,25	1674,75	5326,65
7	608,65	4260,55	152,25	1827,00	6087,55
8	608,65	4869,20	152,25	1979,25	6848,45
9	608,65	5477,85	152,25	2131,50	7609,35
10	304,32	5782,17	152,25	2283,75	8065,92
11	0,00	5782,17	304,50	2588,25	8370,42
12	0,00	5782,17	304,50	2892,75	8674,92
13	608,65	6390,82	304,50	3197,25	9588,07
14	608,65	6999,47	304,50	3501,75	10501,22

- Courbe du coût cumulé (courbe en S)



Bibliographie

- Gilles Vallet, *Techniques de planification de projets*, Dunod
- Gilles Vallet, *Techniques de suivi de projets*, Dunod
- Gilles Vallet, *Techniques d'analyse de projets*, Dunod
- Thierry Hougron, *La conduite de projets*, Dunod
- Site web du logiciel *Microsoft Project*