

## Exercices chapitre 9

### Exercice 1

Considérant l'ordonnancement basé sur RMA :

- a) Expliquez ce qu'on entend, lorsqu'on dit que la condition d'ordonnancement de *Liu et Layland* (eq. 1) est une condition suffisante, mais pas nécessaire.

$$\sum_{i=1}^N \left(\frac{C_i}{T_i}\right) \leq N(2^{1/N} - 1) \quad (\text{eq.1})$$

- b) En utilisant la condition de *Liu et Layland* et l'ordonnancement graphique, que peut-on dire des tâches de la Table 1.1 du point de vue ordonnancement?

Tâches	Période	Temps d'exécution
T1	50	10
T2	40	10
T3	30	15

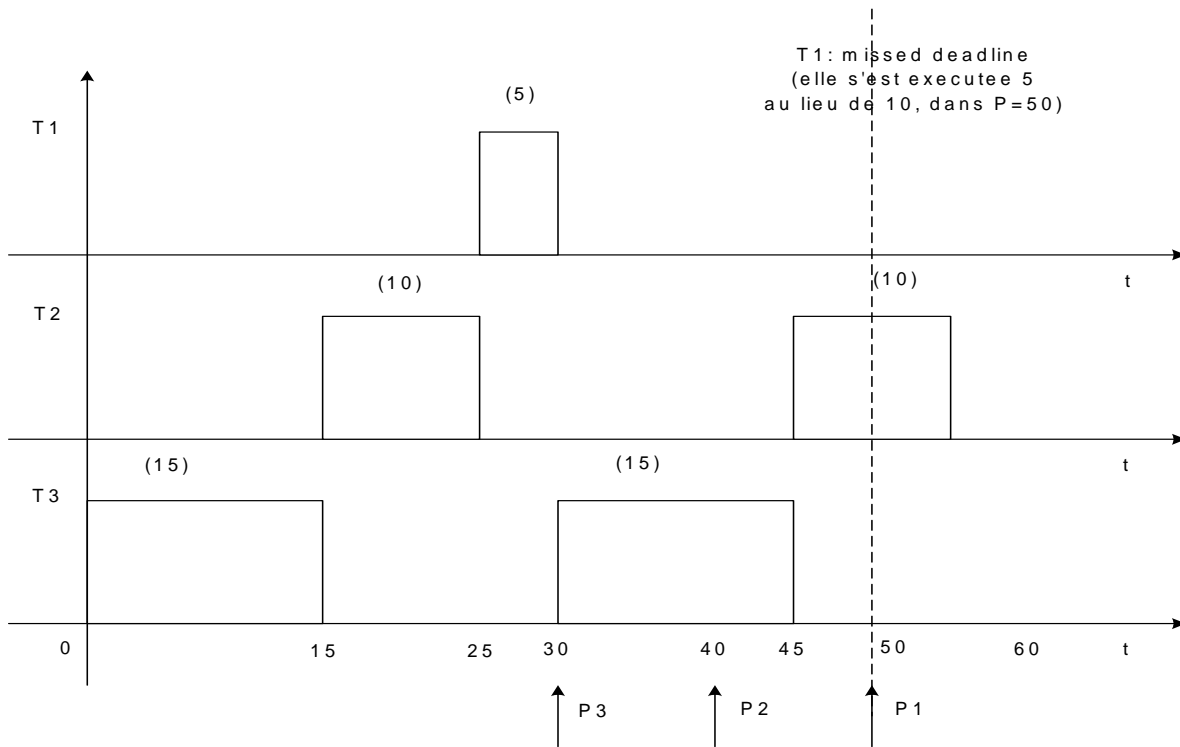
Table 1.1

### Solution :

- a) La condition Liu et Layland est suffisante, mais pas nécessaire : si elle est satisfaite, les tâches peuvent être ordonnancées, sinon, on ne peut rien conclure.
- b) La condition de Liu et Layland n'est pas satisfaite :

$$\frac{10}{50} + \frac{10}{40} + \frac{15}{30} = 0.95 > 0.78$$

,alors il faut vérifier sur le graphe d'exécution si les tâches peuvent être ordonnancées:



**Conclusion :** La tâche T1 dépasse son deadline lors de sa première période, donc les tâches ne peuvent pas être ordonnancées RMA.

## Exercice 2

Soit les 4 tâches périodiques suivantes utilisant un ordonnancement RMA (*Rate Monotonic Assignment*)

Tâches	Période	Temps d'exécution	Deadline ( $D_i$ )
T1	3	0.75	3
T2	3.5	1.5	3.5
T3	6	0.6	6
T4	10	1	10

Table 2.1

À l'aide de la condition d'ordonnancement de *Liu* et *Layland* et de la représentation graphique, démontrez que les tâches de la Table 2.1 peuvent être ordonnancées tout en respectant les contraintes. Expliquez vos calculs.

### Solution :

On applique la condition de Liu et Layland :

$$\frac{0.75}{3} + \frac{1.5}{3.5} + \frac{0.6}{6} + \frac{1}{10} = 0.88 < 0.757, \text{ alors on ne peut rien conclure.}$$

L'ordonnancement graphique montre que les tâches peuvent être ordonnancées RMA.

### Exercice 3

Soit le le tableau suivant :

Tâches	Temps d'exécution	Période	Deadline
T1	1	10	10
T2	18	100	100
T3	2	20	20
T4	5	50	50
T5	x	25	25

Table 3.1

Calculez le temps d'exécution maximal x de T5 afin d'avoir un ordonnancement faisable (pour T1 à T5), en considérant l'ordonnancement RMA (Rate Monotonic Assignment).

#### Solution :

On applique la condition de Liu et Layland, afin de calculer le temps d'exécution maximal x de T5 :

$$\frac{1}{10} + \frac{18}{100} + \frac{2}{20} + \frac{5}{50} + \frac{x}{25} \leq 0.743$$

On déduit que :

$$x \leq 6.575$$

### Exercice 4

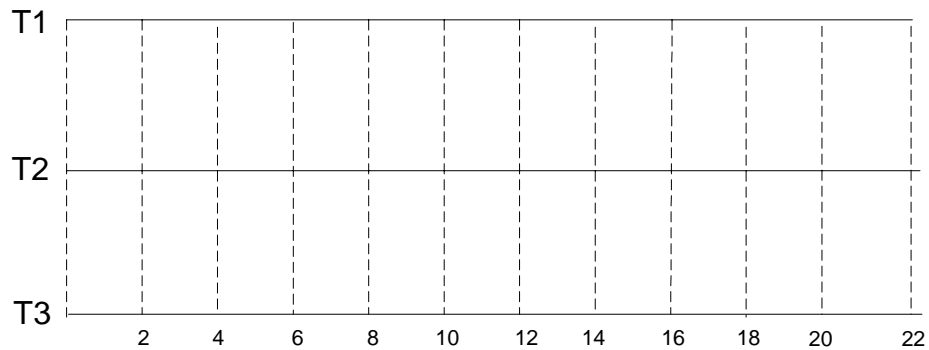
Soit les 3 tâches périodiques suivantes:

Tâches ( $T_i$ )	Période ( $P_i$ )	Temps d'exécution ( $C_i$ )	Deadline ( $D_i$ )
T1	9	3	9
T2	18	5	18
T3	12	4	12

Table 4.1

- a) En complétant la trace d'exécution pour les 18 premières périodes d'exécution de la figure 4.1, montrez que l'algorithme d'ordonnancement RMA (*Rate Monotonic Assignment*) ne respecte pas les contraintes de la Table 4.1 et donc ne permet pas un ordonnancement faisable.

Figure 4.1 À compléter



- b) En complétant la trace d'exécution pour les 36 premières périodes d'exécution de la figure 4.2, montrez que l'algorithme d'ordonnancement EDF (*Earliest Deadline First*) respecte les contraintes de la Table 4.1 et donc permet un ordonnancement faisable. Donnez aussi le pourcentage d'utilisation du CPU sur ces 36 périodes.

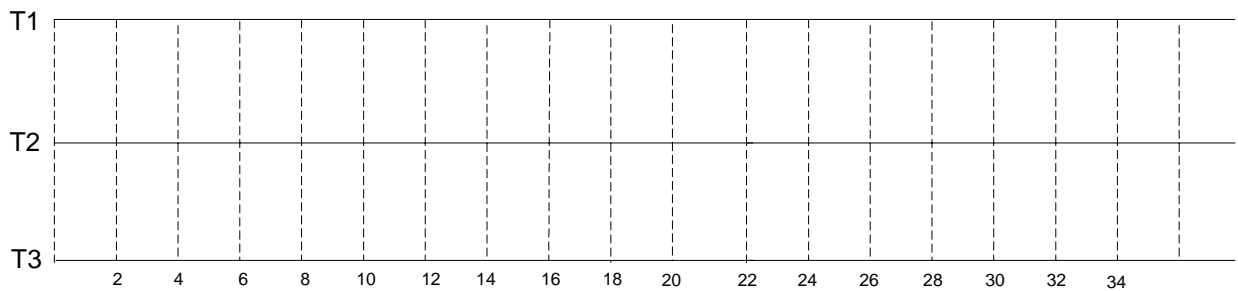
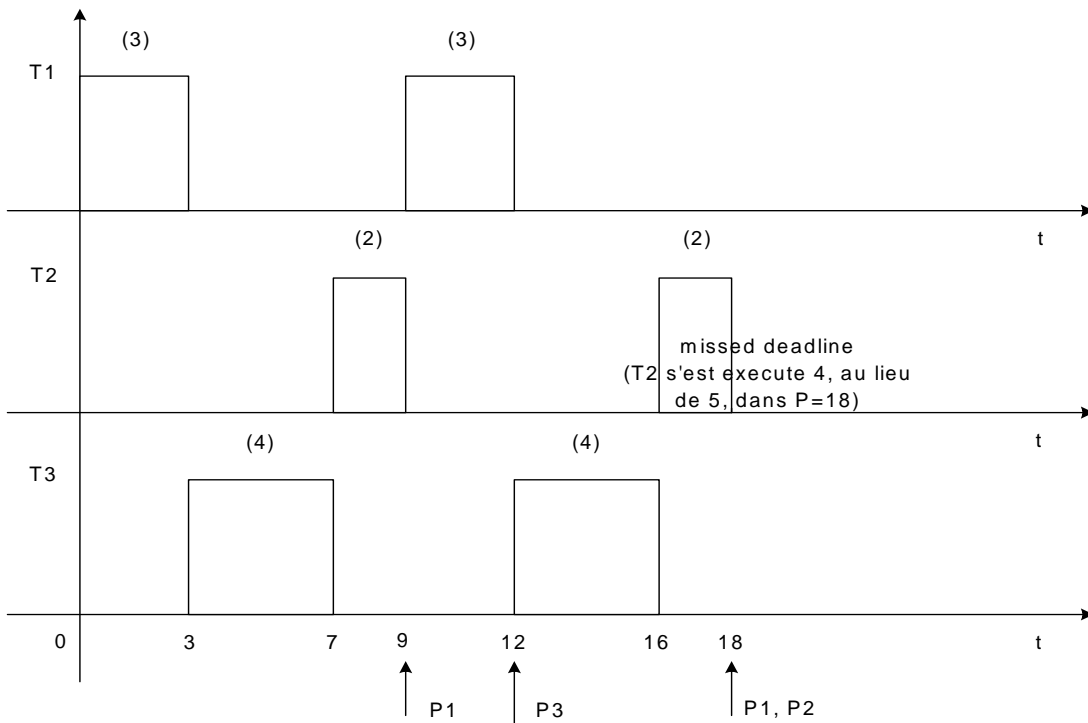


Figure 4.2 À compléter

**Solution :**

Graphiquement, on voit que RMA ne permet pas d'ordonnancement faisable (la tâche T2 dépasse son deadline lors de sa première période d'exécution).



### Exercice 5

Soit le tableau suivant :

Tâches ( $T_i$ )	Période ( $P_i$ )	Temps d'exécution ( $C_i$ )	Deadline ( $D_i$ )
T1	10	5	10
T2	40	20	40

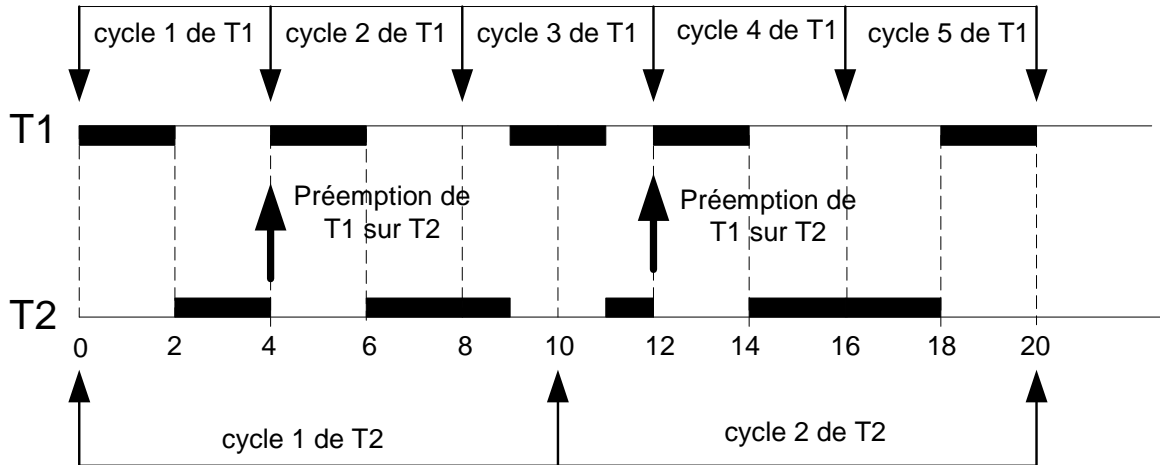
Table 5.1

- Calculez l'utilisation du processeur sur lequel ces 2 tâches seraient ordonnancées.
- Montrez qu'un ordonnancement est possible avec EDF.

### Solution :

- Condition Liu and Layland :  $2/4 + 5/10 = 1$ . Utilisation du processeur : 100%.

b) On ne peut rien conclure avec le test d'ordonnancement Liu and Layland. La Figure 4.1 illustre la trace d'ordonnancement selon l'algorithme EDF (ce qui prouve qu'un ordonnancement existe):



**Figure 4.1**

**Exercice 6**

Soit l'algorithme d'ordonnancement dynamique LST (non présenté en classe) très proche du EDF (présenté en classe).

L'idée derrière le LST (*least slack time*) est de calculer à chaque période d'ordonnancement le *slack time* de chaque processus (tâche). Le *slack time* d'un processus est défini comme suit :

$$(d-t) - c'$$

où  $d$  est le deadline,  $t$  est le temps réel depuis le début du cycle courant et  $c'$  est le temps d'exécution restant dans le cycle courant. Finalement, le processus avec le plus petit *slack time* se voit attribuer par l'ordonnanceur la plus grande priorité.

a) Verifier si un ordonnancement utilisant l'algorithme du LST serait faisable pour l'ensemble des tâches de la Table 6.1.

Tâches ( $T_i$ )	Période ( $P_i$ )	Temps d'exécution ( $C_i$ )	Deadline ( $D_i$ )
T1	4	2	4
T2	10	5	10

Table 6.1

**Solution :**

Algorithme LST :

$$\begin{aligned}\text{Tick0 : ST1} &= (4 - 0) - 2 = 2 \\ \text{ST2} &= (10 - 0) - 5 = 5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick1 : ST1} &= (4 - 1) - 1 = 2 \\ \text{ST2} &= (10 - 1) - 5 = 4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick2 : ST1} &= \text{N/A. T1 a fini son exécution.} \\ \text{ST2} &= (10 - 2) - 5 = 3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick3 : ST1} &= \text{N/A. T1 a fini son exécution.} \\ \text{ST2} &= (10 - 3) - 4 = 3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick4 : ST1} &= (4 - 0) - 2 = 2 \\ \text{ST2} &= (10 - 4) - 3 = 3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick5 : ST1} &= (4 - 1) - 1 = 2 \\ \text{ST2} &= (10 - 5) - 3 = 2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick6 : ST1} &= \text{N/A.} \\ \text{ST2} &= (10 - 6) - 3 = 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick7 : ST1} &= \text{N/A.} \\ \text{ST2} &= (10 - 7) - 2 = 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick8 : ST1} &= (4 - 0) - 2 = 2 \\ \text{ST2} &= (10 - 8) - 1 = 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick9 : ST1} &= (4 - 1) - 2 = 1 \\ \text{ST2} &= \text{N/A.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tick10 : ST1} &= (4 - 2) - 1 = 1 \\ \text{ST2} &= \text{N/A.}\end{aligned}$$

.....

**Exercice 7**

Vérifiez si les tâches suivantes peuvent être ordonnancées EDF:

$$\text{T1 : C1=3 D1=7 P1=20}$$

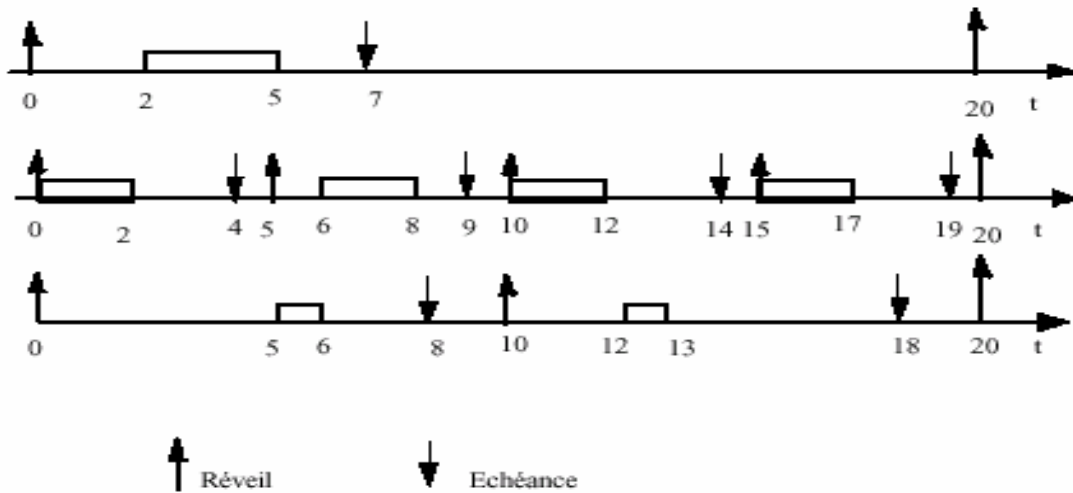
$$\text{T2 : C2=2 D2=4 P2 = 5}$$

$$\text{T3 : C3=1 D3=8 P3 = 10}$$

**Solution:**

La condition de Liu et Layland donne:  $3/7 + 2/4 + 1/8 = 1.05$  non  $< 1$ , alors on ne peut rien dire.

L'ordonnancement graphique montre que les tâches respectent leurs échéances.



### Exercice 8

En utilisant l'analyse du temps de réponse, vérifiez si les tâches suivantes peuvent être ordonnancées:

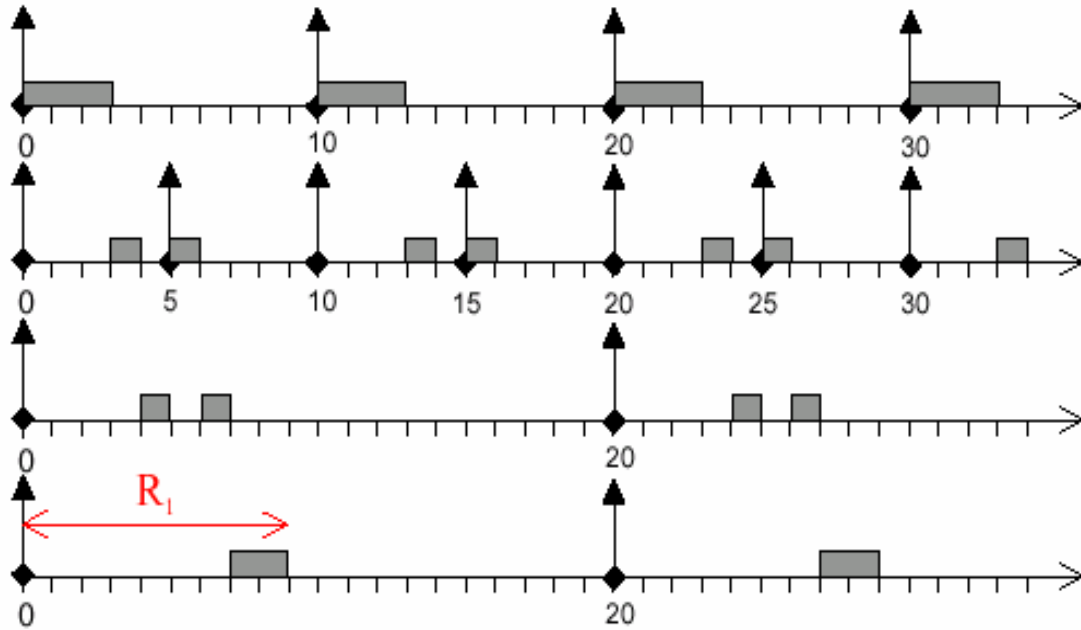
T1 : C1=2 P1=20                      T2 : C2=2 P2 = 20  
 T3 : C3=1 P3 = 5                      T4 : C4=3 P4=10

Prio(T1)<Prio(T2)<Prio(T3)<Prio(T4)

### Solution:

Ordonnancement graphique:





Analyse du temps de réponse :

$$w_1^0 = C_1 = 2$$

$$w_1^1 = C_1 + \sum_{j \in hp(1)} \left\lceil \frac{w_1^0}{P_j} \right\rceil C_j = 2 + \left\lceil \frac{2}{20} \right\rceil 2 + \left\lceil \frac{2}{5} \right\rceil 1 + \left\lceil \frac{2}{10} \right\rceil 3 = 8$$

$$w_1^2 = C_1 + \sum_{j \in hp(1)} \left\lceil \frac{w_1^1}{P_j} \right\rceil C_j = 2 + \left\lceil \frac{8}{20} \right\rceil 2 + \left\lceil \frac{8}{5} \right\rceil 1 + \left\lceil \frac{8}{10} \right\rceil 3 = 9$$

$$w_1^3 = C_1 + \sum_{j \in hp(1)} \left\lceil \frac{w_1^2}{P_j} \right\rceil C_j = 2 + \left\lceil \frac{9}{20} \right\rceil 2 + \left\lceil \frac{9}{5} \right\rceil 1 + \left\lceil \frac{9}{10} \right\rceil 3 = 9$$

$$R_1 = 9 \leq P_1 = 20$$

$$w_2^0 = C_2 = 2$$

$$w_2^1 = C_2 + \sum_{j \in hp(2)} \left\lceil \frac{w_2^0}{P_j} \right\rceil C_j = 2 + \left\lceil \frac{2}{5} \right\rceil 1 + \left\lceil \frac{2}{10} \right\rceil 3 = 6$$

$$w_2^2 = C_2 + \sum_{j \in hp(2)} \left\lceil \frac{w_2^1}{P_j} \right\rceil C_j = 2 + \left\lceil \frac{6}{5} \right\rceil 1 + \left\lceil \frac{6}{10} \right\rceil 3 = 7$$

$$w_2^3 = C_2 + \sum_{j \in hp(1)} \left\lceil \frac{w_2^2}{P_j} \right\rceil C_j = 2 + \left\lceil \frac{7}{5} \right\rceil 1 + \left\lceil \frac{7}{10} \right\rceil 3 = 7$$

$$R_2 = 7 \leq P_2 = 20$$

$$w_3^0 = C_3 = 1$$

$$w_3^1 = C_3 + \sum_{j \in hp(3)} \left[ \frac{w_3^0}{P_j} \right] C_j = 1 + \left[ \frac{1}{10} \right] 3 = 4$$

$$w_3^2 = C_3 + \sum_{j \in hp(3)} \left[ \frac{w_3^1}{P_j} \right] C_j = 1 + \left[ \frac{4}{10} \right] 3 = 4$$

$$R_3 = 4 \leq P_3 = 5$$

$$R_4 = 3 \leq P_4 = 10$$

→ Ordonnançable

### Exercice 9

En utilisant l'analyse du temps de réponse, vérifiez si les tâches suivantes peuvent être ordonnancées:

	Pi	Ci	Prioi	Ui
T1	80	40	1	0.50
T2	40	10	2	0.25
T2	20	5	3	0.25

Solution:

$$\sum_{i=1}^3 U_i = 1 > 0.78 \quad \rightarrow \text{On ne peut rien dire}$$

$$R_1 = 80 = P_1,$$

$$R_2 = 15 \leq P_2 = 40,$$

$$R_3 = 5 \leq P_3 = 20$$

→ Ordonnançable

### Exercice 10

Vérifiez si les tâches suivantes peuvent être ordonnancées RMA:

Tâche	Période	Temps d'exécution
1	15	5
2	30	10
3	60	15

**Solution :**

La condition de Liu et Layland donne:  $5/15 + 10/30 + 15/60 = 0.89 > 0.78$ , alors on ne peut rien dire.

L'ordonnancement graphique montre que les tâches respectent leurs échéances.