

**Programmation Temps Réel (PTR)**  
**Semestre automne 2020-2021**  
**Contrôle continu 1**  
**26.11.2020**

Prénom: Denis

Nom: Bourquin

- 
- Aucune documentation n'est permise, y compris la feuille de vos voisins
  - La calculatrice n'est pas autorisée
  - Aucune réclamation ne sera acceptée en cas d'utilisation du crayon
  - Ne pas utiliser de couleur rouge
- 

Question	Points	Score
1	6	6
2	8	8
3	8	8
4	5	5
5	10	8
6	10	10
Total:	47	41

Note: 5.4

## Formulaire

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{P_i} \leq U_{lub_{RM}}(n) = n(2^{\frac{1}{n}} - 1) = n(\sqrt[n]{2} - 1) \quad (1)$$

$$U_{lub} = \lim_{n \rightarrow \infty} n(2^{\frac{1}{n}} - 1) = \ln 2 \simeq 0.69 \quad (2)$$

$$\prod_{i=1}^n (U_i + 1) \leq 2 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{D_i} \leq n(2^{\frac{1}{n}} - 1) \quad (4)$$

$$I_i = \sum_{j=1}^{i-1} \left\lfloor \frac{D_i}{P_j} \right\rfloor C_j \quad (5)$$

$$R_i = C_i + \sum_{j=1}^{i-1} \left\lfloor \frac{R_i}{P_j} \right\rfloor C_j \quad (6)$$

$$R_i^0 = \sum_{j=1}^i C_j \quad (7)$$

$$R_i^{n+1} = C_i + \sum_{j=1}^{i-1} \left\lfloor \frac{R_i^n}{P_j} \right\rfloor C_j \quad (8)$$

Formule	Valeur
$2(\sqrt[2]{2} - 1)$	0.828
$3(\sqrt[3]{2} - 1)$	0.780
$4(\sqrt[4]{2} - 1)$	0.757
$5(\sqrt[5]{2} - 1)$	0.743

## Question 1: 6 points

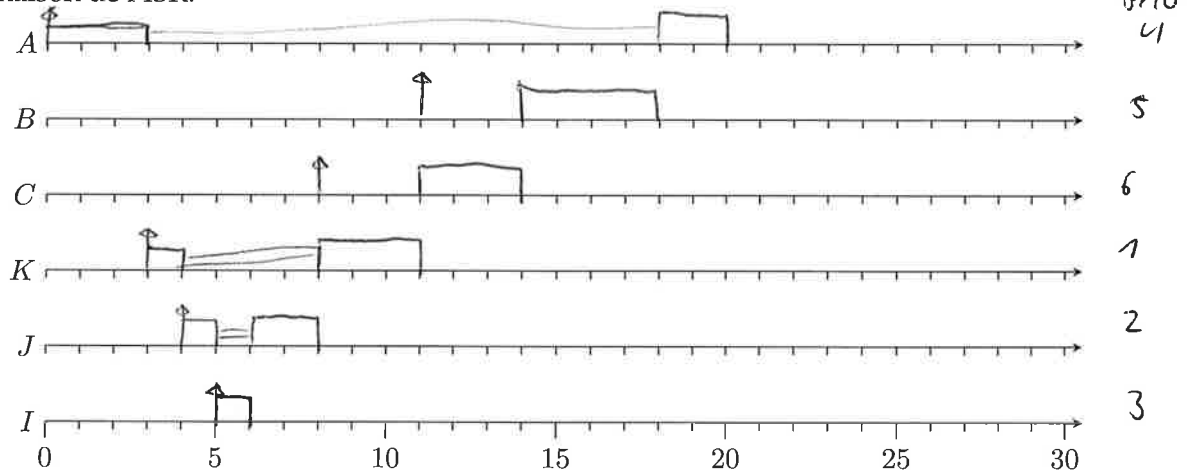
Soit le système composé des tâches apériodiques et des interruptions suivantes :

Tâche	Id.	Arrivée	Priorité	Durée (ms)
Tâche A	A	0	4	52
Tâche B	B	Différée	5	4
Tâche C	C	Différée	6	3
IRQ 1 → ISR I	I	5	3	1
IRQ 2 → ISR J	J	4	2	32
IRQ 3 → ISR K	K	3	1	33

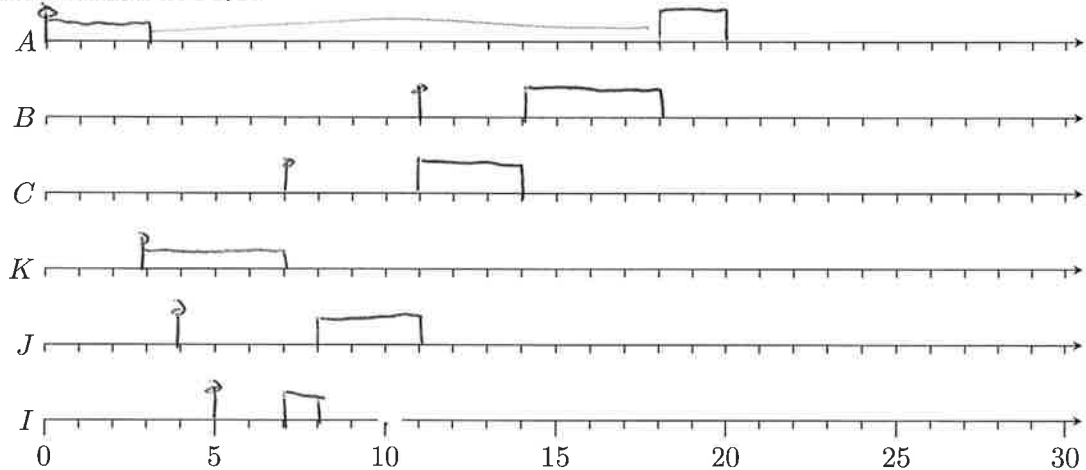
- Chaque IRQ possède une priorité et est associée à une routine d'interruption ISR d'une certaine durée.
- La tâche C représente le traitement différé de l'ISR K.
- La tâche B représente le traitement différé de l'ISR J.

Dessinez le chronogramme du système décrit ci-dessus.

1. Lors du traitement d'une interruption, la préemption est activée, et ce jusqu'à la terminaison de l'ISR.



2. Lors du traitement d'une interruption, la préemption est désactivée, et ce jusqu'à la terminaison de l'ISR.



---

**Question 2: 8 points**

---

Soit le système composé des tâches périodiques suivantes :

Tâche	Période (ms)	Durée (ms)	Délai critique (ms)
$T_1$	3	1	3
$T_2$	5	2	5
$T_3$	15	4	15

1. L'ensemble de tâches est-il ordonnançable selon EDF?
2. L'ensemble de tâches est-il ordonnançable selon Rate Monotonic?

Dans les deux cas justifiez mathématiquement votre réponse en détaillant votre démarche.

1) 
$$U = \frac{1}{3} + \frac{2}{5} + \frac{4}{15} = \frac{5}{15} + \frac{6}{15} + \frac{4}{15} = \frac{15}{15} \leq 1$$
  
oui ordonnançable.

2)  $T_1) I_1 = 0$   
 $R_1 = C_1 = 1 \leq D_1$  pire temps réponse de  $T_1$

$T_2) I_2 = \left\lceil \frac{5}{3} \right\rceil \cdot 1 = 2$

$R_2 = C_2 + I_2 = 2 + 2 = 4 \leq D_2$

$T_3) I_3 = \left\lceil \frac{D_3}{P_1} \right\rceil \cdot C_1 + \left\lceil \frac{D_3}{P_2} \right\rceil \cdot C_2 = \left\lceil \frac{15}{3} \right\rceil \cdot 1 + \left\lceil \frac{15}{5} \right\rceil \cdot 2$   
 $= 5 + 3 \cdot 2 = 5 + 6 = 11$

$R_3 = C_3 + I_3 = 4 + 11 = 15 \leq D_3 \quad \checkmark$

oui ordonnançable en RM

Question 3: 8 points

Soit le système composé des tâches périodiques suivantes :

Tâche	Période (ms)	Durée (ms)	Délai critique (ms)	Prio
$T_1$	5	1	3	3
$T_2$	10	2	5	2
$T_3$	20	7	13	1

1. L'ensemble de tâches est-il ordonnançable selon Deadline Monotonic?

Détaillez le cheminement amenant à votre réponse.

Test d'interférences:

$$T_1) \quad I_1 = 0 \\ R_1 = 1 = C_1 \leq D_1 \quad \text{ok}$$

$$T_2) \quad I_2 = \left\lceil \frac{5}{5} \right\rceil \cdot 1 = 1 \\ R_2 = C_2 + I_2 = 2 + 1 \leq D_2 = 5 \quad \text{ok}$$

$$T_3) \quad I_3 = \left\lceil \frac{13}{5} \right\rceil \cdot 1 + \left\lceil \frac{13}{10} \right\rceil \cdot 2 = 3 + 2 \cdot 2 = 7 \\ R_3 = C_3 + I_3 = 7 + 7 > D_3 \quad \text{alors pas bon}$$

Test en zone critique pour  $T_3$ )

$$R_3^0 = C_1 + C_2 + C_3 = 10$$

$$R_3^1 = C_3 + \left\lceil \frac{R_3^0}{P_1} \right\rceil \cdot C_1 + \left\lceil \frac{R_3^0}{P_2} \right\rceil \cdot C_2 = 7 + \left\lceil \frac{10}{5} \right\rceil \cdot 1 + \left\lceil \frac{10}{10} \right\rceil \cdot 2 = 7 + 2 + 2 = 11$$

$$R_3^2 = 7 + \left\lceil \frac{11}{5} \right\rceil + \left\lceil \frac{11}{10} \right\rceil \cdot 2 = 7 + 3 + 2 \cdot 2 = 14$$

$$R_3^2 > D_3 \quad \text{alors non ordonnançable}$$

#### Question 4: 5 points

Soit le système composé des tâches périodiques suivantes, ordonnées en Deadline Monotonic :

Tâche	Période (ms)	Durée (ms)	Délai critique (ms)
$T_1$	4	1	3
$T_2$	8	2	5
$T_3$	12	3	12

Les ingénieurs ayant travaillé sur l'implémentation de la tâche  $T_3$  sont encore en train de la modifier, et doivent notamment y ajouter du traitement. Ils vous demandent donc combien de ms supplémentaires ils peuvent se permettre d'utiliser.

A vous de leur répondre tout en étant sûr que les délais des tâches seront respectés.

Test en zone critique pour  $T_3$

$$R_3^0 = C_1 + C_2 + C_3 = 6$$

$$R_3^1 = C_3 + \left\lceil \frac{R_3^0}{P_1} \right\rceil \cdot C_1 + \left\lceil \frac{R_3^0}{P_2} \right\rceil \cdot C_2 = 3 + \left\lceil \frac{6}{4} \right\rceil + \left\lceil \frac{6}{8} \right\rceil \cdot 2 = 3 + 2 + 2 = 7$$

$$R_3^2 = 3 + \left\lceil \frac{7}{4} \right\rceil + \left\lceil \frac{7}{8} \right\rceil \cdot 2 = 3 + 2 + 2 = 7$$

$$R_3^1 = R_3^2$$

Le pire temps de réponse pour  $T_3$  est de 7ms

Oui, mais ça ne répond pas du tout à la question

Question 5: 10 points

Répondez de manière claire et précise aux questions suivantes :

1. Pourquoi la majorité des OS temps réel offrent la possibilité d'implémenter un ordonnancement selon Rate Monotonic, mais pas selon EDF?

Rate Monotonic fonctionne avec des Priorité fix est n'as donc pas besoin de recalculer les priorités à chaque T. ✓

2. Si le noyau temps réel que vous utilisez vous permet de mettre en place un ordonnancement Rate Monotonic, pourriez-vous également mettre en place du Deadline Monotonic? Justifiez.

RM ~~Echéance~~ = Période

Si on veut pouvoir avoir des différences entre Echéance et période non. ✓

3. Une majorité des systèmes informatiques offre un gestionnaire de mémoire virtuelle permettant à chaque processus d'avoir une grande plage mémoire à disposition. Commentez l'implication de l'utilisation de mémoire virtuelle dans un contexte temps-réel.

l'accès par les mmu à la mémoire peut avoir un temps variable (ça dépend si la traduction se trouve dans le TLB ou pas)

il faudra partir du fait qu'elle n'est pas, afin de calculer avec le pire temps de réponse ✓

4. Les algorithmes d'ordonnancement partent du principe que nous connaissons le coût d'une tâche. Que pouvons nous faire si une tâche périodique a un coût computationnel de 0.1 secondes 99.9% des cas, et un coût de 1 seconde 0.1% des cas?

Si il s'agit d'un système de temps réel stricte il faut partir du plus mauvais temps d'exécution possible. ✓

5. Dans un contexte temps-réel, pourquoi est-il préférable d'avoir un traitement le plus court possible dans une routine d'interruption?

Une ISR va préempter les tâches temps réel qui tournent sur le système. Leur arrivée est non connue → les algorithmes peuvent pas les prendre en compte. ✓

Plus la ISR est longue, plus y a'il de la chance que les tâches temps réels n'aient plus assez de temps de s'exécuter avant leur échéances.

# Question 6: 10 points

Soit le système composé des tâches périodiques suivantes :

Tâche	Période (ms)	Durée (ms)	Délai critique (ms)
$T_0$	6	1	6
$T_1$	10	3	7
$T_2$	11	6	11

$$\begin{array}{r} 6 \mid 2 \\ 3 \mid 3 \\ 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 10 \mid 2 \\ 5 \mid 5 \\ 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 11 \mid 11 \\ 1 \end{array}$$

$$2 \cdot 3 \quad 2 \cdot 5 \quad 11$$

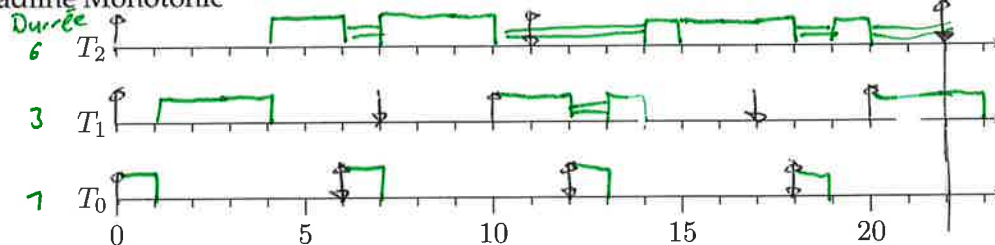
$$2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 11$$

Que vaut la période d'étude?

$$[0, \text{ppcm}(P_i)] = [0, 330 \text{ms}]$$

Proposez un ordonnancement selon DM, EDF et LLF, sur les 22 premiers quants de temps :

Deadline Monotonic

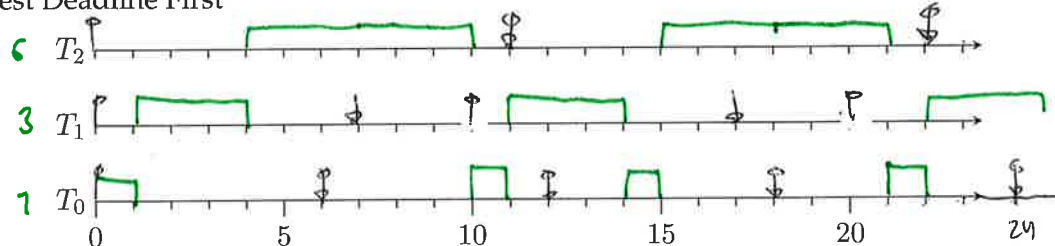


Prio 1

2

3

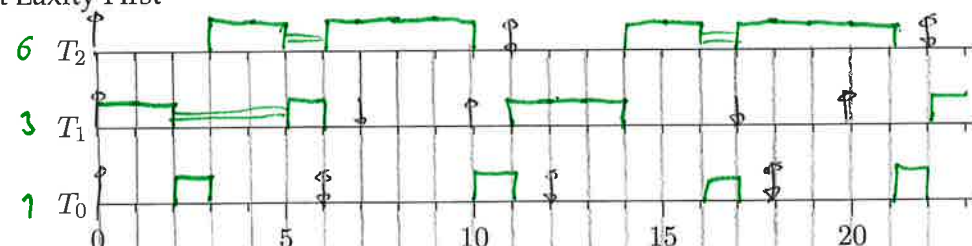
Earliest Deadline First



1 33

27

Least Laxity First



27

1 24

L2	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	/	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	/		
L1	4	4	4	3	<del>2</del>	1	1	/	/	/	/	4	3	3	3	<del>2</del>	1	/	/	/	/	4	3	2
L0	5	4	3	3	<del>2</del>	<del>2</del>	5	4	3	2	1	/	5	4	3	2	1	/	5	4	3	2	/	



Denis

$$2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 11$$

$$6 \cdot 5 \cdot 11$$

$$30 \cdot 11 \rightarrow$$

$$= 330$$

