

# Génie électrique

## Devoir Surveillé : N°1

Dans le cas où un(e) étudiant(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

- L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire est rigoureusement interdit.
- Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

## UNITE DE DÉCOUPAGE DE TUBES

### Exercice préliminaire (noté 4/20)

On donne le modèle équivalent de Thévenin ( $E, r$ ) et la caractéristique  $U=f(I)$  d'une batterie :

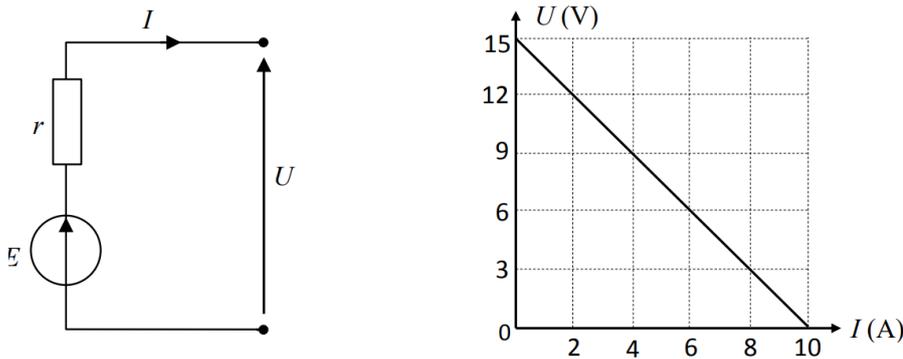
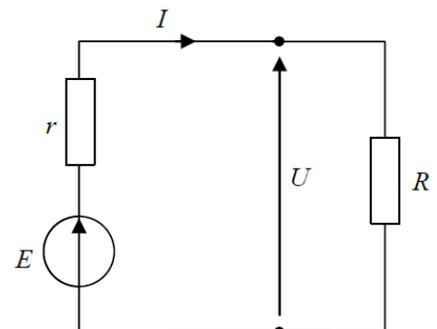


Figure 1 : Modèle de Thévenin pour la batterie

- **Question P1** : Donner la valeur du courant  $I$  si la tension aux bornes de la batterie  $U = 6$  V.
- **Question P2** : Déterminer la pente de la droite caractéristique de la batterie  $U = f(I)$ .
- **Question P3** : À vide l'intensité du courant  $I = 0$  A, donner la valeur de la tension  $U$  à vide.
- **Question P4** : En déduire l'équation de la droite caractéristique de la batterie  $U = f(I)$ .
- **Question P5** : À partir du modèle équivalent, trouver l'expression de  $U$  en fonction de  $E$ ,  $r$  et  $I$ . P.6)
- **Question P6** : En déduire les valeurs numériques des éléments ( $E$  et  $r$ ) du modèle de la batterie.

On branche une résistance  $R$  aux bornes de la batterie et On prend pour la suite :  $E = 15$  V,  $r = 1.5\Omega$  et  $R = 6\Omega$ .

- **Question P7** : Calculer les valeurs numériques de  $U$  et  $I$ .
- **Question P8** : En déduire la puissance consommée par  $R$ .



## Présentation du système :

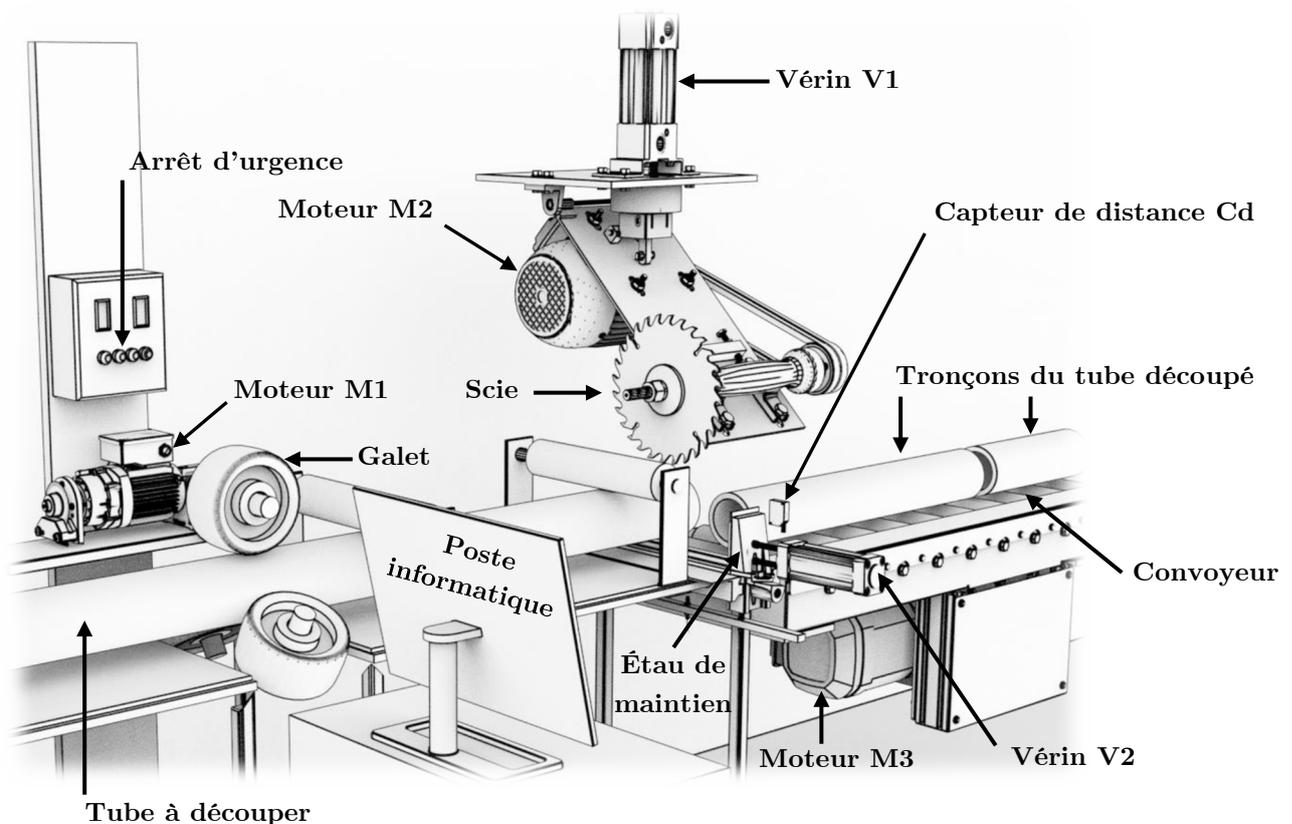
L'unité de découpage de tubes en PVC est un système industriel automatisé destiné à découper des tubes en polychlorure de vinyle (PVC) avec précision et rapidité. Elle comprend des capteurs pour détecter la longueur et la position des tubes, ainsi que des actionneurs pour actionner les lames de découpe. Un contrôleur programmable pilote l'ensemble du processus, assurant la coordination entre les différents éléments du système.



Ce type de machine permet non seulement d'améliorer l'efficacité et la productivité, mais également de garantir des découpes uniformes tout en minimisant les risques pour les opérateurs grâce à des dispositifs de sécurité intégrés.

## Description du système :

La figure ci-dessous illustre le schéma descriptif ainsi que la configuration de l'unité de découpage.



Le système se compose principalement des éléments suivants :

- Un moteur M1, avec réducteur, qui avance le tube à une longueur prédéfinie ;
- Trois galets assurant le guidage et l'avancement du tube ;
- Un moteur M2 qui entraîne la scie circulaire ;
- Un vérin pneumatique V1 commande la montée et la descente de la scie circulaire ;
- Un vérin pneumatique V2 immobilise le tube via un étau de maintien pendant le découpage ;
- Un moteur M3, également équipé d'un réducteur, entraîne un convoyeur pour l'évacuation des tronçons.
- Des capteurs TOR :
  - **Capteur Cp** : détecte la présence de tube à découper.
  - **Capteurs pour l'étau** : capteur tm tube maintenu et capteur tr tube relâché.
  - **Capteurs pour le vérin de scie** : Scie en position basse sb et Scie en position haute sh.
- Un capteur de distance optique analogique (CD) mesure la longueur du tronçon à découper ;

- Une armoire électrique de commande ;
- Un poste informatique (comprenant une unité centrale, un écran, un clavier et une souris) permet à l'opérateur de saisir et valider le nombre et la longueur des tronçons.
- La commande de l'unité de découpage est assurée par un contrôleur programmable (PLC).
- L'installation électrique de l'unité de découpage est alimentée par un réseau triphasé 220/380V- 50 Hz.

## **Partie A : fonctionnement séquentiel du système**

Le système de découpage de tubes en PVC fonctionne de manière automatisée, suivant une séquence précise d'opérations Il fonctionne en respectant des étapes séquentielles, garantissant ainsi une découpe précise et efficace des tubes selon les spécifications programmées suivant :

### **a. Étape initiale :**

- La scie circulaire est à l'arrêt en position haute ;
- Le convoyeur est à l'arrêt ;
- L'étau de maintien est ouvert ;

### **b. Étape de saisie des informations de tube :**

L'opérateur commence par positionner le tube à découper entre les galets, puis entre les informations sur le poste informatique, spécifiant le nombre  $N_t$  de tronçons à découper ainsi que la longueur  $L_i$  de chaque tronçon. Il valide ensuite ces paramètres. Le capteur de distance CD se charge de mesurer la longueur des tronçons, tandis qu'un compteur C, intégré au programme, enregistre le nombre total N de tronçons découpés.

### **c. Mise en marche de découpage**

L'opérateur presse le bouton de démarrage Dcy, déclenchant le cycle qui se déroule dans l'ordre suivant :

- Avancement du tube et mesure de la longueur  $L_i$  ;
- Serrage du tube par l'étau de maintien ;
- Descente de la scie pour effectuer la découpe ;
- Remontée de la scie ;
- Libération du tube par desserrage de l'étau de maintien.
- Initialisation de la mesure de longueur  $L_i$  ( $m_i=0$ ).

### **d. Déchargement des tubes découpé**

Le tronçon de tube découpé est déposé sur les rouleaux du convoyeur d'évacuation, où il est transporté automatiquement vers la zone de sortie, assurant ainsi un flux continu de production et facilitant l'élimination des pièces découpées.

**Remarque :** Le moteur est mis en marche pendant 5 s d'une vitesse de 0.5 m/s.

### **e. Arrêt d'urgence ou blocage de système**

En cas de blocage ou de risque imprévu, l'opérateur peut appuyer sur le bouton d'arrêt d'urgence. Cela met la machine en pause. L'opérateur dispose alors de 20 minutes pour relancer le processus, sinon la machine s'arrête complètement.

### **Hypothèses :**

On admet que la longueur du tube à découper est largement supérieure à la somme des longueurs des tronçons à découper.

Le graphe d'état (non complété) de système d'unité de découpage de tubes est fourni dans le document réponse N°1.

Tableau d'affectation des entrées :

Fonction de l'entrée	Capteur/Interface d'entrée
Départ cycle	Dcy
Présence tube	cp
Longueur Ln prédéfinie atteinte	
Tube maintenu	tm
Tube relâché	tr
Scie en position basse	sb
Scie en position haute	sh
Arrêt d'urgence	Ag
Reprise lors d'arrêt d'urgence	Reprise

Tableau d'affectation des sorties :

Action	Actionneur	Commande
Avance Tube	Moteur M1	En marche : M1=1, v= 0.25 m/s
		En Arrêt : M1=0
Scie de tube	Moteur M2	En marche : M2=1, n=1200 tr/min
		En Arrêt : M2=0
Avance de convoyeur	Moteur M3	En marche : M3=1, v= 0.5 m/s
		En Arrêt : M3=0
Maintenir le tub	Vérin double effet V2	V2=1, v= 0.25 m/s ,
Relâcher le tube		V2= - 1, v= 3 m/s ,
Remonter la scie	Vérin double effet V1	V1=- 1, v= 3 m/s ,
Descendre la scie		V1= 1, v= 0.15 m/s ,
Comptage des tronçon	Compteur C	Comptage : C := C+1
Lance la mesure de longueur Li	Case mémoire mi	Lance la mesure : mi=1 si non 0.

Dans cette étude, nous intéressons au cahier des charges fournit par un utilisateur :

- Nombre de tronçons du tube découpé : Nt= 20 tronçons
- Langueur des tronçons : Ln=2 m (mètre).
- **Question 1** : Compléter le diagramme d'état principal en remplissant les champs vides concernant les événements et les actions.
- **Question 2** : Expliquer brièvement la simultanéité entre les deux états « avance tube » et « mesure longueur ». Justifier ?
- **Question 3** : Décrivez en détail cet événement : [C < 20] / C++.
- **Question 4** : Compléter l'état composite « découper le tube » tel que présenté dans le document réponse.
- **Question 5** : Expliquer le rôle de l'état historique dans ce système et son impact sur le fonctionnement du système.

### Partie B : analyse interne et interaction des composante interne

Dans cette section, nous nous intéressons aux interactions et aux scénarios entre les composants internes du système. En annexe, un diagramme de séquence est fourni, détaillant tous les scénarios et interactions qui régissent le fonctionnement du système. Il est important de noter que le diagramme présenté ne couvre que la phase séquentielle du système et n'aborde pas la phase d'arrêt d'urgence.

- **Question 6** : Quel rôle joue de « Opérateur » dans ce diagramme de séquence, et quelles actions sont initiées par l'opérateur ?
- **Question 7** : Expliquez le processus qui se déroule entre le message 5 et le message 9. Comment le système gère-t-il les tubes dont la longueur est supérieure ou égale à 2 mètres ?

- **Question 8 :** Comment les composants « Carte de commande » et « Vérin V1 » interagissent-ils pour contrôler le mouvement du tube pendant les messages 13 à 19 ?
- **Question 9 :** Décrivez le processus de prise de décision qui a lieu dans le bloc alternatif (alt) lors des messages 14 et 15 lorsque la scie descend. Quelles sont les conditions qui déterminent si la scie doit s'arrêter ou continuer ?
- **Question 10 :** A partir du message 24, le système attend 2 secondes après l'arrêt du convoyeur. Quelle pourrait être la raison de ce délai et comment cela affecte-t-il le processus global ?
- **Question 11 :** Qu'est-ce qui signale la fin du processus de découpe du tube dans le diagramme de séquence ? Comment cela est-il lié au comptage du nombre de tubes découpés ?

### Partie C : étude du circuit de capteur de présence

Le capteur utilisé pour détecter la présence d'objets est de type infrarouge. Il fonctionne en émettant une onde lumineuse via un émetteur. Lorsqu'un objet se trouve devant le capteur, l'onde est réfléchie et détectée par le récepteur intégré au même capteur.

Dans notre étude, nous nous intéressons au récepteur, modélisé par un phototransistor, représenté par un générateur de courant  $I_o$  dont l'intensité varie en fonction de la lumière détectée. Ce capteur est équipé d'une chaîne de traitement, incluant une unité de conversion courant-tension qui sera abordée dans cette épreuve.



Le récepteur (phototransistor) est modélisé par une source de courant  $I_o$  (Figure 2), qui génère un courant  $I_o$  variant en fonction de l'état de l'objet placé devant lui (Figure 3).

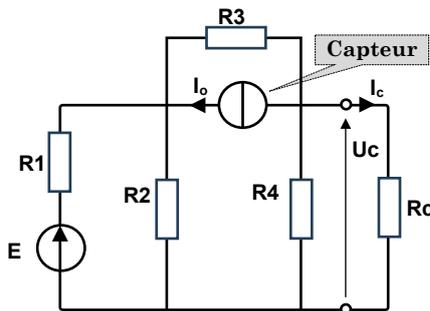


Figure 2 : Schéma de conversion courant tension

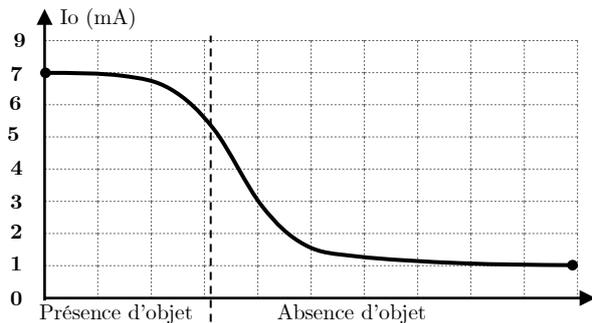


Figure 3 : Le courant généré par le récepteur selon l'état de présence

Données :  $E=10\text{ V}$ ,  $R1=10\ \Omega$ ,  $R2=5\ \Omega$ ,  $R3=150\ \Omega$ ,  $R4=15\ \Omega$  et  $Rc=5\ \Omega$ .

Objectif : simplification de schéma, et d'identification des niveaux de tension et de courant aux bornes de la charge  $Rc$

- **Question 12 :** à partir de la figure 3, déterminer le courant maximal  $I_{o\max}$  dans la phase présence d'objet et le courant minimal dans la phase d'absence d'objet  $I_{o\min}$ .

Pour les questions suivantes, prendre le courant  $I_o = I_{\max}$ .

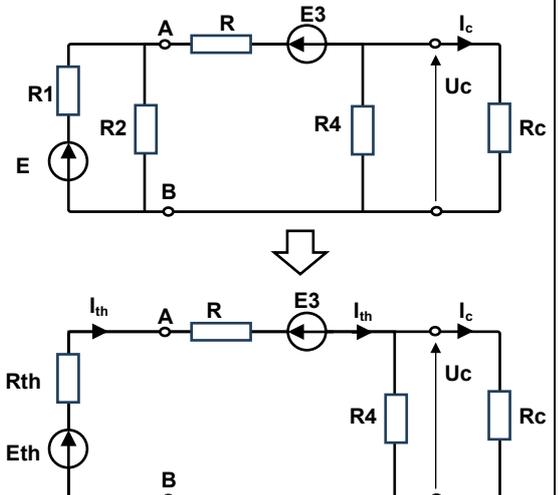
- **Question 13 :** en appliquant la loi de conversion des sources « Norton-Thévenin » au bronche «  $I_o, R3$  », exprimer puis calculer la valeur  $E3$  et  $R$  en fonction de  $I_o$  et  $R3$  du schéma de la figure 2.

- **Question 14 :** en appliquant le théorème de Thévenin entre A et B, calculer  $E_{th}$  et  $R_{th}$  en fonction  $E$ ,  $R1$  et  $R2$ .

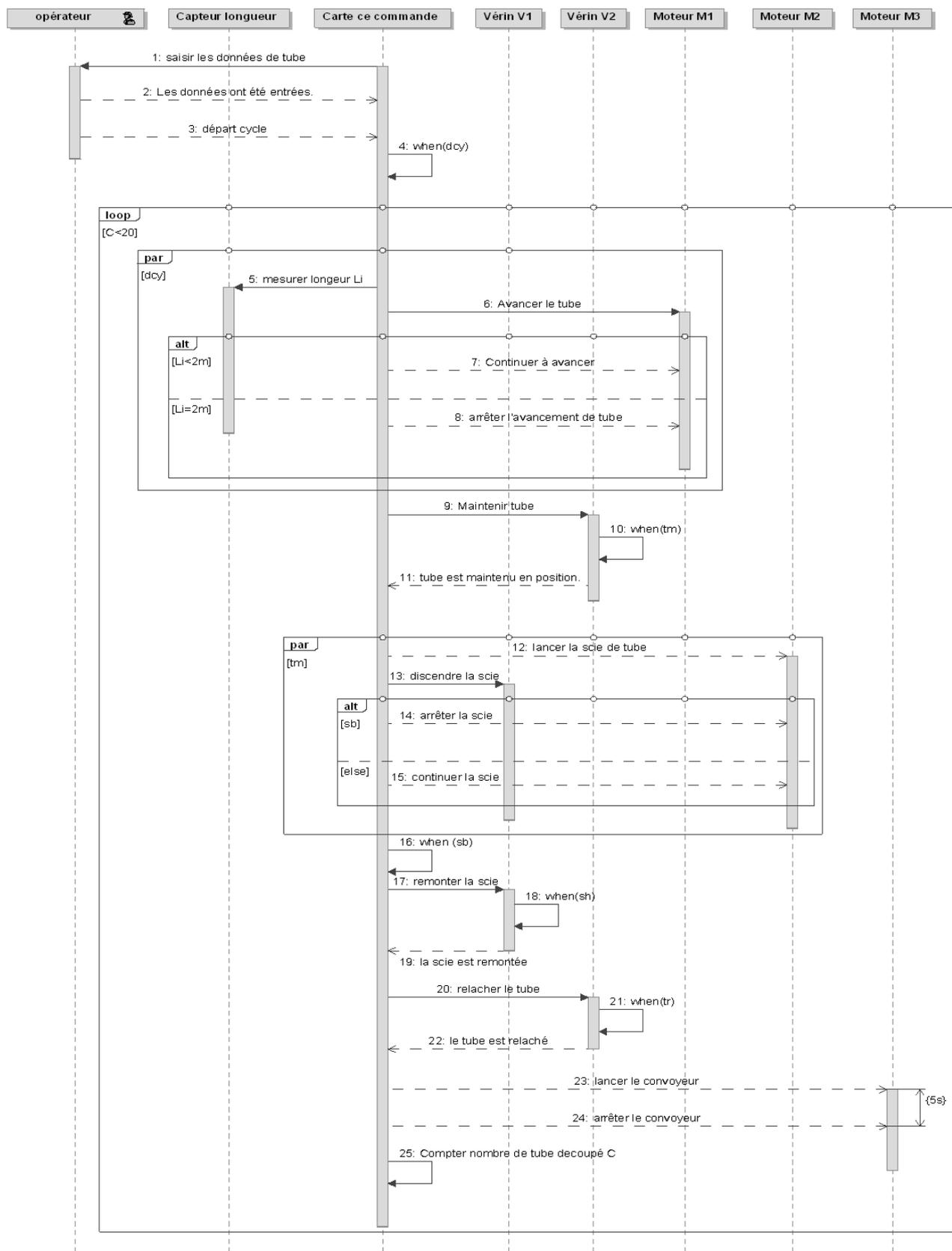
En déduire l'expression et la valeur de courant  $I_{th}$  puis le courant  $I_c$ .

**Question 15 :** Exprimer puis calculer la tension  $U_c$ .

En déduire la puissance dissipée dans la résistance  $Rc$ .



## Annexe : diagramme de séquence



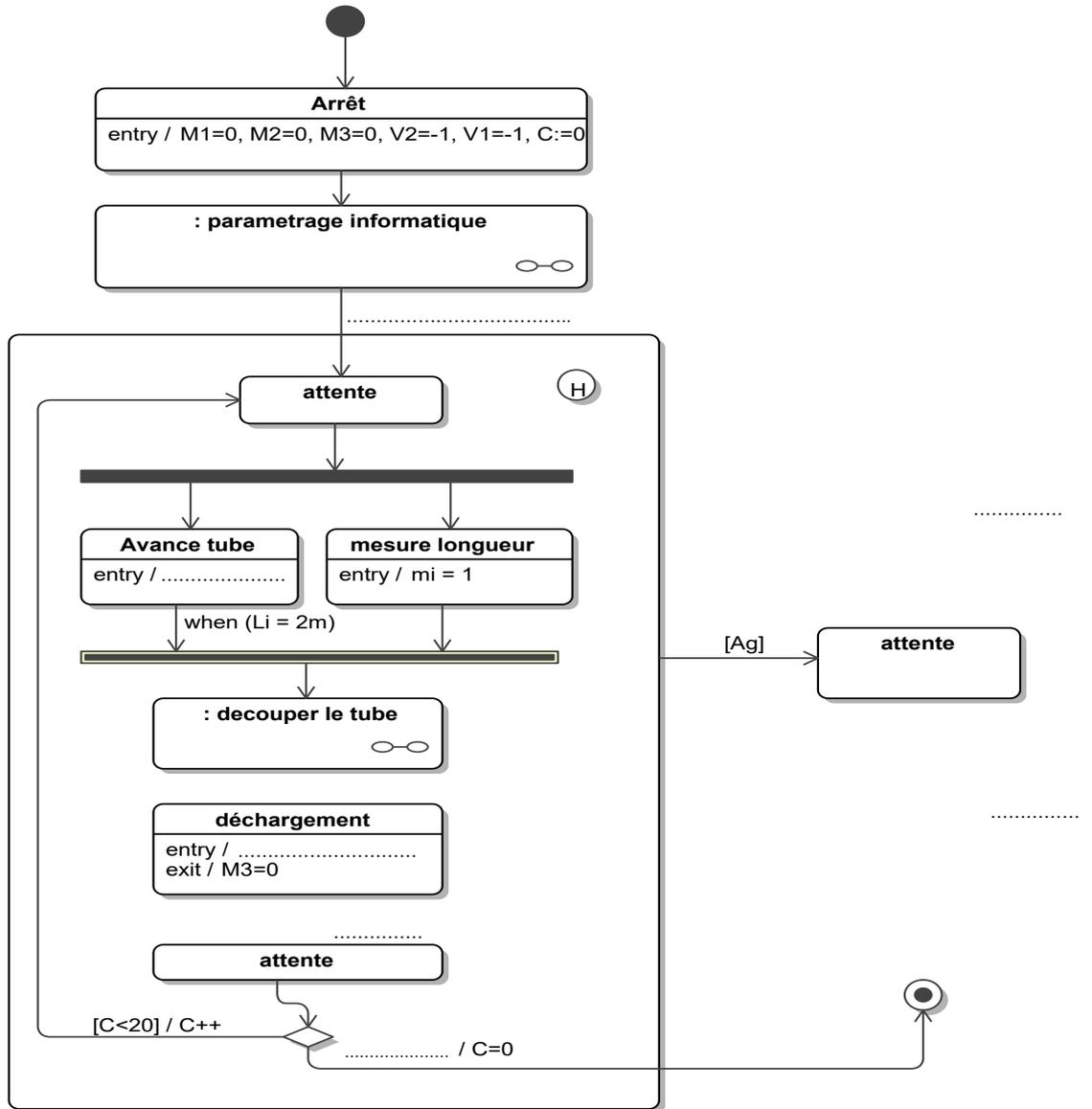
### Fragment combiné « Par » :

En SysML, le fragment combiné "Par" est utilisé pour représenter des actions qui s'exécutent en parallèle dans un diagramme d'interactions. Il permet de modéliser des comportements simultanés, illustrant comment plusieurs processus ou flux peuvent se diriger de façon simultanée.

Document réponse

Nom et prénom :

Question 9 :



Question 12 :

