

Test d'électrocinétique, électrotechnique, électronique de puissance, électronique et automatique

FIP Génie Electrique - Session 2025

L'épreuve est composée d'exercices et de problèmes indépendants.

Les calculatrices non pourvues d'imprimante sont autorisées.

Les réponses aux questions doivent être rédigées et numérotées conformément à l'énoncé. La rédaction doit être soignée et rédigée en respectant les règles de grammaire et d'orthographe. La syntaxe doit être claire. Les figures et tracés doivent être à l'échelle, les points particuliers doivent être indiqués sur les figures et les axes doivent être repérés. Sauf indication contraire, l'allure générale des courbes doit être tracée en indiquant les points caractéristiques.

De nombreuses questions au sein d'un même exercice ou problème sont des questions indépendantes. Il faut rendre votre copie rédigée proprement, avec des pages numérotées.

INDIQUER OBLIGATOIREMENT LES UNITÉS POUR LES RÉSULTATS NUMÉRIQUES. Dans le cas contraire, aucun point ne sera attribué.

Consignes strictes à respecter : les résultats (réponses aux questions posées) doivent être obligatoirement encadrés, les résultats intermédiaires et les calculs ne doivent pas être encadrés. La copie doit être organisée et rédigée de manière claire, structurée et cohérente. L'organisation générale de la copie et le respect des règles de grammaire et

d'orthographe sont des éléments pris en compte dans l'évaluation.

Première partie : étude d'une installation monophasée

Une installation monophasée alimentée sous une tension de 230V - 50 Hz comporte un ensemble de radiateurs de puissance totale $P_1 = 7 \text{ kW}$, un moteur de puissance utile $P_u = 11,5 \text{ kW}$, de rendement $\eta = 85\%$, de facteur de puissance $F_p = 0,7$ et un poste à soudure de puissance électrique $P_3 = 4 \text{ kW}$ et de facteur de puissance $F_p = 0,6$.

- 1.1 Calculer la puissance électrique P_2 absorbée par le moteur électrique.
- 1.2 Effectuer un bilan de puissance afin de déterminer la puissance active totale P lorsque tous les récepteurs sont en fonctionnement.
- 1.3 Calculer la puissance réactive totale Q lorsque tous les récepteurs sont en fonctionnement.
- 1.4 Calculer la puissance apparente totale S .
- 1.5 Calculer le facteur de puissance F_p de l'installation
- 1.6 Calculer le courant en ligne fourni par le réseau.
- 1.7 On désire relever le facteur de puissance F_p' à 0,93. Calculer la valeur de la capacité C du condensateur à brancher en parallèle sur cette installation.
- 1.8 Calculer l'intensité I' en ligne après le relèvement du facteur de puissance.
- 1.9 Commenter les résultats obtenus après l'installation du condensateur.

Deuxième partie : triphasé

Les trois résistances d'un chauffe-eau sont branchées en **triangle** sur le réseau triphasé 230/400 V.

- 2.1 Tracer le schéma électrique en représentant le couplage de la charge au réseau.

Déterminer :

- 2.2. La valeur d'une résistance sachant que la puissance totale du chauffe-eau est de 12kW.
- 2.3. La valeur efficace du courant I dans une ligne d'alimentation du réseau.
- 2.4. La valeur efficace du courant J traversant une résistance du chauffe-eau.

2.5. Suite à une surchauffe, la résistance connectée entre les phases 2 et 3 du réseau est en défaut. Ce défaut correspond à un circuit ouvert (la résistance en défaut est coupée).

2.5.1 Faire une figure du montage en indiquant les tensions réseaux, les tensions aux bornes des résistances du chauffe-eau et les courants.

2.5.2 Déterminer les valeurs efficaces des courants délivrés par les trois phases du réseau.

2.5.3 Déterminer la puissance totale du chauffe-eau.

2.5.4 Faire un diagramme de Fresnel qui représente les tensions composées du réseau, les tensions aux bornes des résistances du chauffe-eau et les courants dans les trois phases du réseau.

2.5.5 Quelle sont les conséquences de ce défaut ? Il y a-t-il un risque de destruction pour les deux résistances intactes ?

Troisième partie : asservissement d'un moteur à courant continu

Un moteur électrique à courant continu **de tension nominale 12V** est modélisé par une fonction de transfert du premier ordre. Cette fonction de transfert est établie entre la tension d'entrée du moteur (en volts) et la vitesse de rotation de l'arbre du moteur (en rad/s). Elle vaut :

$$\frac{\Omega_{moteur}(p)}{U_{moteur}(p)} = G(p) = \frac{20}{1 + 0,3p}.$$

3.1 En alimentant le moteur avec une tension de 12V, déterminer la vitesse de rotation de l'arbre du moteur, en rad/s, puis en tours par minute.

3.2 Pour mesurer la vitesse de rotation, on utilise un capteur qui délivre une tension proportionnelle à la vitesse de rotation, de gain statique $R = 0,1 V.s / rad$. Déterminer la tension que délivre le capteur lorsque le moteur tourne à sa vitesse nominale.

3.3 On réalise l'asservissement du moteur en insérant le capteur de vitesse précédent dans la boucle de retour. Faire un schéma de l'asservissement, en indiquant les valeurs numériques dans les fonctions de transfert.

- 3.4 En boucle fermée, déterminer la vitesse de rotation du moteur en appliquant une tension de consigne de 24 V.
- 3.5 Dans les conditions de la question 3.4, calculer l'erreur statique.
- 3.6 On veut accélérer le moteur. La consigne varie linéairement entre 0V et 24V en 24 secondes (autrement-dit, on applique une consigne en forme de rampe). Vers quoi ou vers quelle valeur tend l'erreur de vitesse (encore appelée erreur de trainage) ?
- 3.7 Commenter le résultat obtenu à la question 3.6.

Quatrième partie : électrocinétique

Le circuit représenté sur la figure 4.1 est constitué de deux condensateurs et d'une résistance R. A l'instant $t = 0$ où l'on ferme l'interrupteur K, l'armature du condensateur C_1 connectée au point A porte la charge initiale Q_0 . Le condensateur C_2 est complètement déchargé.

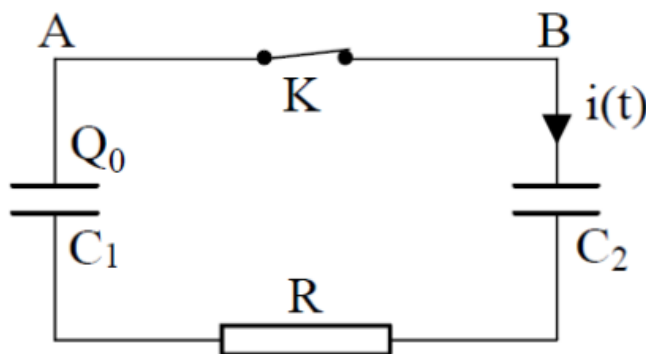


Figure 4.1 : montage à étudier

4.1 Le courant $i(t)$ dans le circuit est régi par l'équation différentielle suivante :

$$\tau \frac{di(t)}{dt} + i(t) = A$$

Question : déterminer A et τ .

4.2 Comment est appelé τ et interpréter sa signification.

4.3 Exprimer la valeur instantanée du courant $i(t)$ dans le circuit.

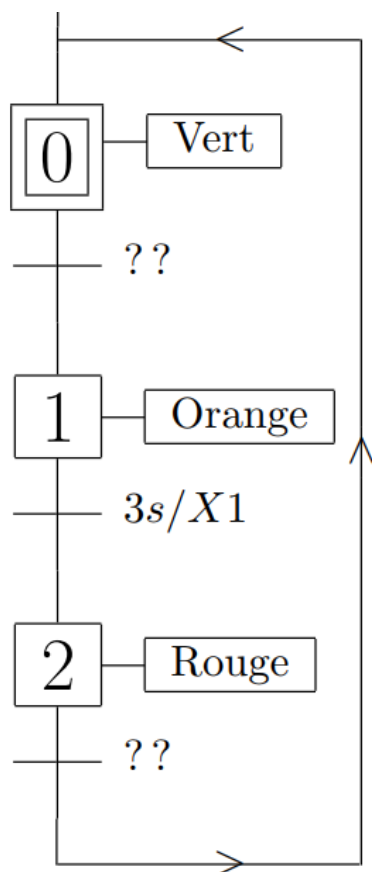
4.4 Calculer l'énergie W_R dissipée par effet Joule dans la résistance R lorsque le régime permanent est établi.

Cinquième partie : grafcet – commande d'un feu tricolore

Sur une route à sens unique et sans croisement, il a été décidé de coupler un radar et un feu de croisement. L'idée est de ralentir les voitures qui dépassent la vitesse autorisée (50 km/h) en les faisant attendre au feu rouge le temps qui aurait été gagné en roulant trop vite.

Si la voiture roule à 50 km/h, il faut 20 s pour parcourir la distance allant du radar au feu tricolore. Dans ce cas, le radar envoie au feu tricolore l'information appelée « vite ».

La commande du feu tricolore est composée d'un grafcet gestion du feu (partiellement représentés sur la figure 5.1) et d'un grafcet deuxième grafcet qui prendra en compte l'apparition des informations issues du radar (ce grafcet n'est pas représenté, il sera à déterminer dans la question 5.1)



5.1 On ne traite qu'une apparition de l'information « vite » du radar à la fois, à savoir que le radar ne peut détecter qu'un seul excès de vitesse à la fois (il faut au moins 30 secondes entre deux excès de vitesse pour que le deuxième excès de vitesse soit détecté).

Proposer un grafcet qui prenne en compte ces informations et compléter le grafcet du feu pour le synchroniser avec le vôtre (les deux grafquets sont à représenter sur votre copie, il ne faut pas compléter la figure 5.1 dans l'énoncé).

Figure 5.1 : grafcet de gestion du feu tricolore

5.2 Il peut y avoir plusieurs voitures rapprochées. Le feu ne repasse du rouge au vert que 20 secondes après que la dernière voiture roulant trop vite est passée devant le radar. Mais il y a deux règles prioritaires à prendre en compte :

- le feu rouge ne peut rester allumé plus de 45 s et moins de 5 s,
- le feu vert ne peut pas durer moins de 10 s.

Le chronogramme de la figure 5.2 illustre une des possibilités :

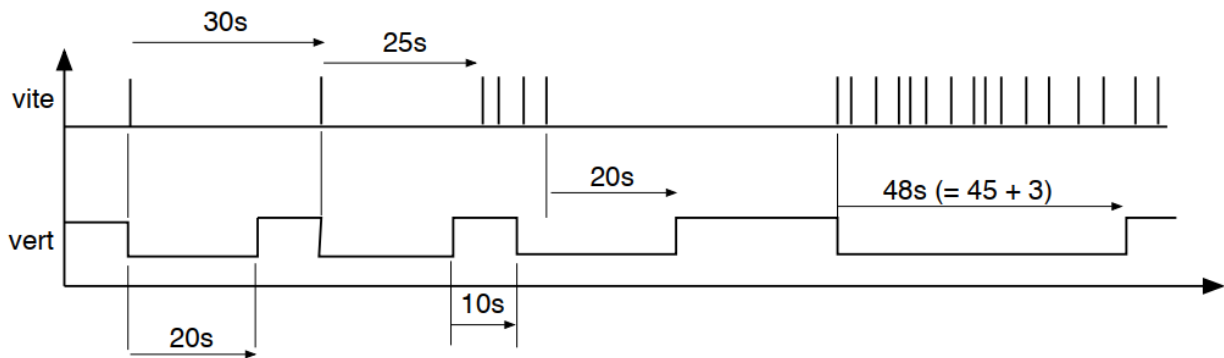
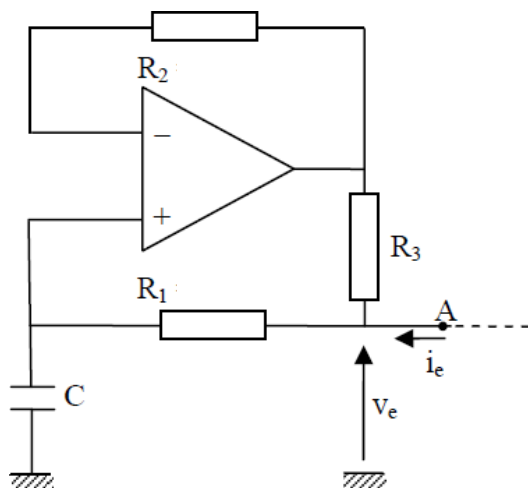


Figure 5.2 : chronogramme représentant l'information « vite » issue du radar et son effet sur le feu vert

Question : Représenter un grafcet ou un ensemble de grafkets qui permettent de gérer le feu tricolore comme expliqué précédemment.

Sixième partie : montage à amplificateur opérationnel



On étudie le montage de la figure 6.1. La tension d'entrée du montage est V_e et le courant d'entrée est i_e . L'amplificateur opérationnel est supposé parfait. Les grandeurs électriques sont sinusoïdales, on utilise la notation complexe : $\underline{V_e}$, $\underline{i_e}$, $\underline{Z_e}$, etc. La pulsation des grandeurs électriques est notée ω . L'opérateur complexe est noté j . Les résistances R_1 et R_2 sont beaucoup plus grande que la résistance R_3 .

Figure 6.1 : montage à amplificateur opérationnel

6.1 Indiquer les hypothèses que l'on peut faire pour l'étude du montage, sachant que l'amplificateur opérationnel est supposé parfait. Attention : toute réponse à cette question, mais qui est liée à une autre hypothèse que celle émise, sera considérée comme fausse. Les hypothèses demandées concernent les caractéristiques d'entrée, de sortie et le gain de l'amplificateur opérationnel.

6.2 Démontrer ou expliquer simplement que le montage impose un fonctionnement linéaire de l'amplificateur opérationnel.

6.3 Quelle hypothèse supplémentaire peut faire sachant que l'amplificateur opérationnel est en fonctionnement linéaire ?

6.4 Calculer l'impédance d'entrée complexe du montage, définie par $\underline{Z_e} = \frac{V_e}{I_e}$. Cette impédance doit être exprimée en fonction des éléments du montage (résistances, capacité) et de la pulsation ω . Le résultat doit être mis sous la forme suivante :

$$\underline{Z_e} = \frac{a + j \cdot b}{c + j \cdot d}$$

où a, b, c et d sont des constantes qui dépendent des éléments du montage et de ω .

6.5 Application numérique : on prend $R_1 = R_2 = 10 \text{ M}\Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ et $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$.

Calculer $\underline{Z_e} = A - j \cdot \frac{B}{\omega}$ où A et B sont à déterminer numériquement.

6.6 A partir de la question 6.6, montrer que le montage est équivalent à un circuit R' C' (un condensateur parfait C' en parallèle ou en série avec une résistance parfaite R', il est demandé d'indiquer également si c'est un montage parallèle ou série).

6.7 Quelle est la valeur numérique de la capacité du condensateur équivalent C' ?

6.8 Quelle est la fonction de ce montage ? Répondre en deux lignes au maximum.

Septième partie : système triphasé équilibré

La figure 7.1 représente trois tensions simples et les trois tensions composées qui en découlent. Les tensions simples forment un système triphasé équilibré direct de tensions.

La tension composée $u_{12}(t)$ s'écrit :

$$u_{12}(t) = U_M \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$$

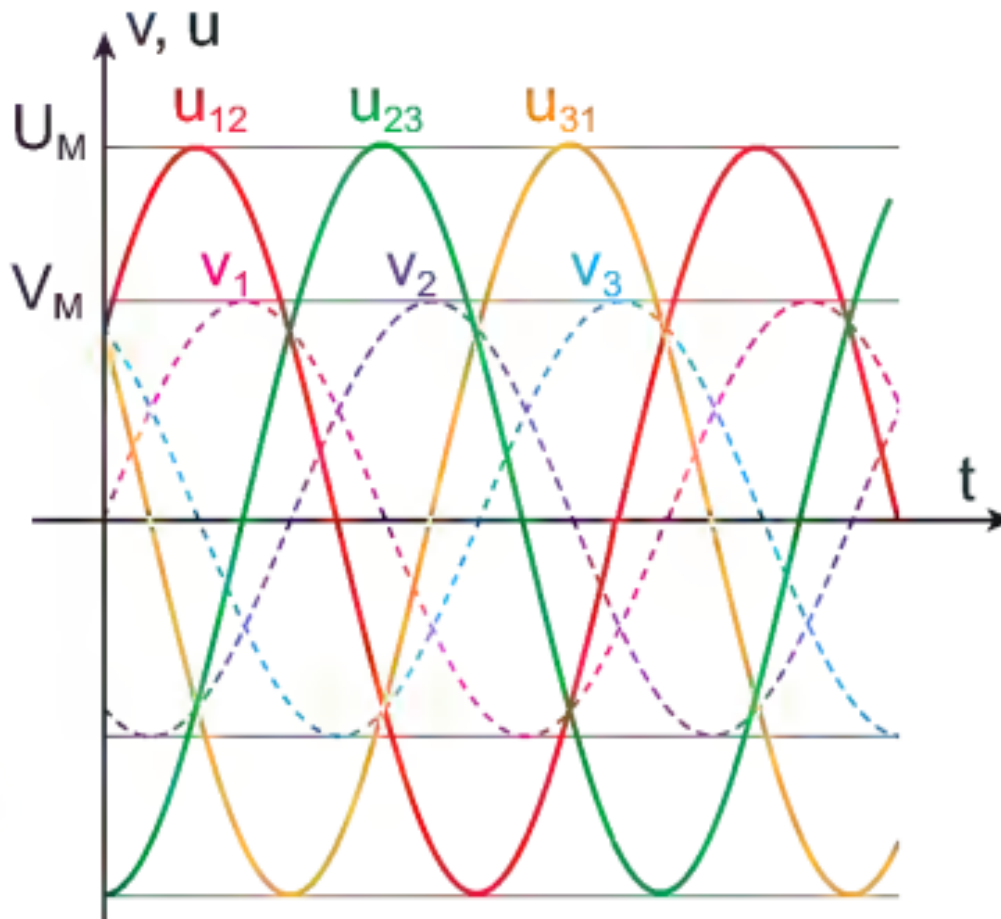


Figure 7.1 : système triphasé de tensions

7.1 Ecrire l'expression temporelle de la tension simple $v_1(t)$.

7.2 Ecrire l'expression temporelle de la tension composée $u_{23}(t)$.

Huitième partie : moteurs et bilan de puissance

Une installation électrique triphasé 230/400 V comporte 2 moteurs asynchrones M1 et M2, dont les plaques signalétiques sont reproduites ci-après.

Moteur M1 : (rd% correspond au rendement du moteur)

MOTEUR ASYNCHRONE - NFC 51.111 NOV. 79										
Type										
kW	5,5	cos ϕ	0.85	Δv	400	A				
		rd%	81	Yv	690	A				
tr/min	1430					amb ^{ce} C	40			
Hz	50	Ph	3	S ^{ce}	S1	FMC			84	

Moteur M2 : (rd% correspond au rendement du moteur)

MOTEUR ASYNCHRONE - NFC 51.111 NOV. 79										
Type										
kW	7,5	cos ϕ	0.84	Δv	230	A				
		rd%	83	Yv	400	A				
tr/min	1450					amb ^{ce} C	40			
Hz	50	Ph	3	S ^{ce}	S1	FMC			84	

- 8.1 Quel est le couplage du moteur M1 sur le réseau ? Justifier la réponse.
- 8.2 Quel est le couplage du moteur M2 sur le réseau ? Justifier la réponse.
- 8.3 Calculer la puissance active nominale P1 absorbée par le moteur M1.
- 8.4 Calculer la puissance réactive nominale Q1 absorbée par le moteur M1.
- 8.5 Calculer l'intensité du courant nominal I1 absorbée par le moteur M1.
- 8.6 Calculer l'intensité du courant nominal I2 absorbée par le moteur **M2**.

8.7 Déterminer la puissance active totale P absorbée par l'ensemble des deux moteurs lorsqu'ils fonctionnent à puissances nominales.

8.8 Déterminer la puissance réactive totale Q absorbée par l'ensemble des deux moteurs lorsqu'ils fonctionnent à puissances nominales.

8.9 Déterminer la puissance apparente totale S absorbée par l'ensemble des deux moteurs lorsqu'ils fonctionnent à puissances nominales.

8.10 Déterminer la valeur efficace I du courant dans une ligne du réseau qui alimente simultanément les deux moteurs lorsqu'ils fonctionnent à puissance nominale.

8.11 Afin d'obtenir un facteur de puissance total de valeur 0,94, on rajoute à l'installation trois condensateurs de capacités C , couplés en triangle. Déterminer la valeur de C .

8.12 Dans les conditions de la questions 8.11, déterminer la valeur efficace I' du courant dans une ligne du réseau électrique (le réseau électrique alimente simultanément les deux moteurs lorsqu'ils fonctionnent à puissance nominale, ainsi que les trois condensateurs couplés en triangle).