Concours National Commun (CNC), Maroc

Session 2026, filière TSI

Technologies et sciences industrielles : génie électrique

Ce que traite le sujet

- Exercice
- Partie 1 : étude préliminaire
- Partie 2 : motorisation asynchrone
- Partie 3 : onduleur de tension triphasé
- Partie 4 : redresseur PD3
- Partie 5 : chaîne d'acquisition et asservissement
- Partie 6 : initiation à l'IA

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/cnc/tsi/2026/genie-electrique

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

Exercice : (Barème : 4/20)

On étudie un système composé d'un pont diviseur figure (a) dont la sortie alimente un montage à amplificateur linéaire figure (b).

Partie A : Le diviseur de tension

Le circuit ci-dessous est alimenté par une tension continue **E = 12 V**.

Les résistances sont $\boldsymbol{R_1}$ **= 100 Ω** et $\boldsymbol{R_2}$ **= 300 Ω.**

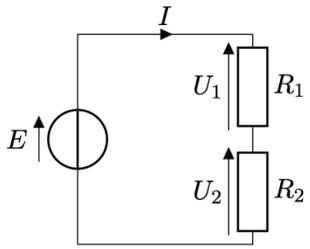


Figure a : Pont diviseur de tension

P1. Déterminer la résistance équivalente Req du circuit , calculer l'intensité I du courant.

P2. Donner l'expression littérale de la tension U_2 en fonction de E, R_1 et R_2, calculer la tension U_2 .

Partie B : L'amplificateur opérationnel

On utilise la tension U_2 comme tension d'entrée Ve d'un montage à A.L.I. idéal en régime linéaire. Données : R_e = 2 kΩ, R_f = 6 kΩ.

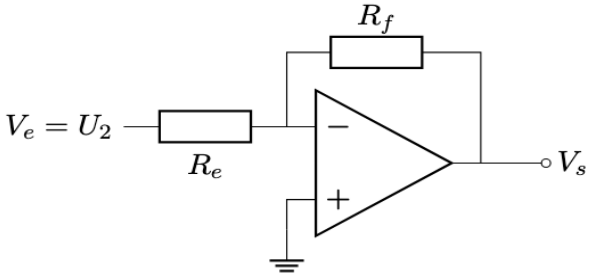


Figure b : Montage amplificateur inverseur

P3. Rappeler les deux propriétés d'un A.L.I. idéal en régime linéaire concernant les courants d'entrée (i+, i−) et la tension différentielle $\varepsilon = V^+ - V^-$

P4. Montrer que la tension de sortie s'exprime par : Vs = α Ve . Exprimer α en fonction des résistances

P5. En déduire la valeur numérique de Vs à partir de la valeur de U_2 trouvée en question 2.

CHAÎNE DE TRACTION ÉLECTRIQUE

Modélisation, Acquisition et Commande d'un Système de Levage

Partie 1 : Étude préliminaire

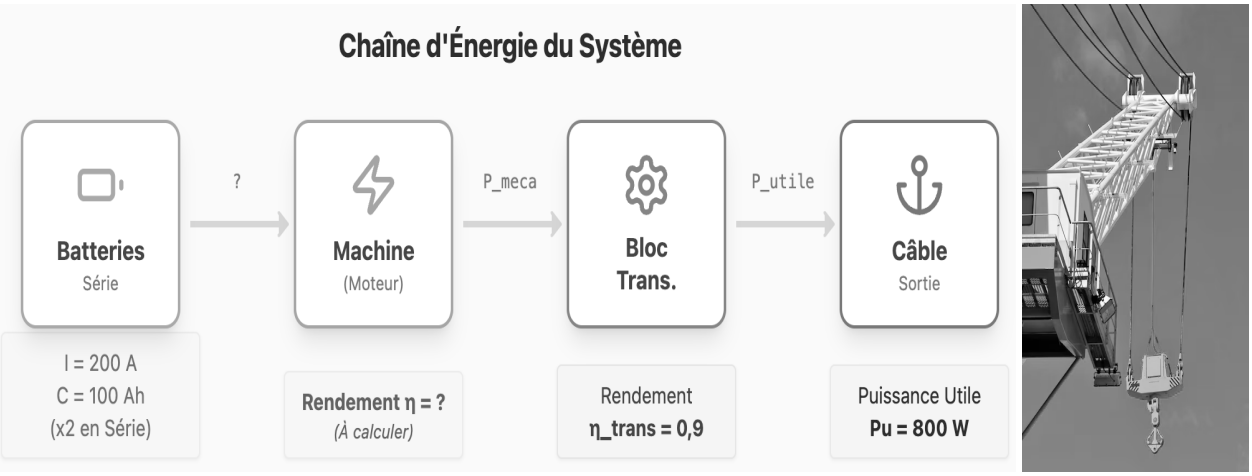


Figure 1 - Vue d'ensemble du système étudié

- Accélération de la pesanteur : $\boldsymbol{g = 10\, m/s^2}$.
- Les calculs doivent faire apparaître la formule littérale avant l'application numérique.

Q1. Le moteur du treuil est alimenté sous une tension continue de **U = 24 V**. Lors d'un essai en charge, on mesure une intensité **I = 50 A**.

Calculer la puissance électrique absorbée par le moteur à courant continu.

Q2. Le treuil soulève une charge de masse **M = 400 kg** à une vitesse constante de **v = 20 cm/s.**

Calculer d'abord la force de levage F , puis la puissance mécanique utile nécessaire.

Q3. La puissance mécanique utile disponible sur le câble est de **800 W.** Calculer le rendement η de la machine, sachant que le rendement du bloc de transmission mécanique est de **0,9**

Q4. Le système est alimenté par deux batteries montées en série de capacité **Q=100 Ah**. Lors d'un fonctionnement intensif, le courant consommé est de **200 A**.

Calculer l'autonomie théorique t (en heure) du système.

Sujet : Présentation du système

Le système étudié est un treuil industriel de grande puissance destiné aux applications de levage industriel. Il est entraîné par une machine asynchrone (MAS) pilotée par un variateur de vitesse. Ce variateur est constitué d'un redresseur et d'un onduleur. L'ensemble est complété par un système d'acquisition permettant la mesure et le suivi des grandeurs électriques et mécaniques du dispositif.

Données Techniques :

- **Réseau :** Triphasé 380 V (tension composée U_{res}), 50 Hz.
- **MAS** : $P_u = 11kW$, 4 pôles, $220V/380V$, $N_n = 1440tr/min$.
- **Vitesse maximale mécanique** : $N_{max} = 1500\,tr/min$.

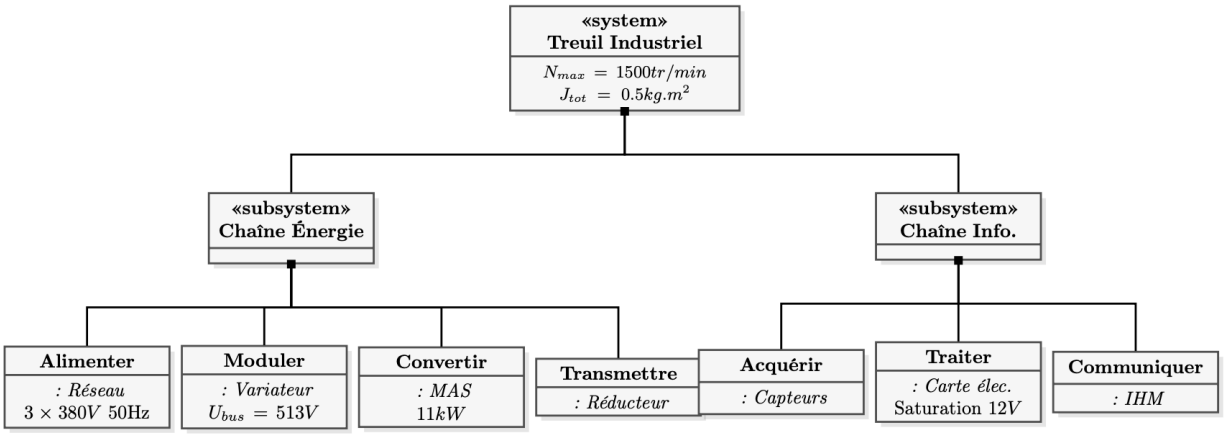


Figure 2 - Diagramme de Définition de Blocs (BDD)

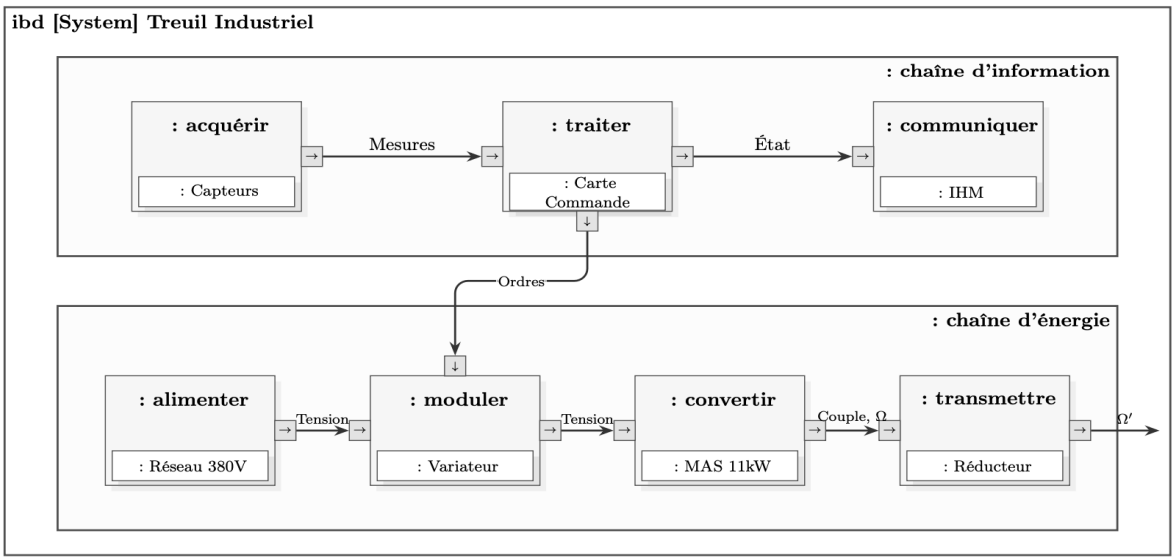


Figure 3 - Diagramme de Bloc Interne (IBD)

Partie 2 : Étude de la motorisation asynchrone

L'objectif de cette partie est d'établir le modèle de la machine pour prédire son couple maximal pour l'application de levage.

Le schéma équivalent par phase ramené au stator est donné ci-dessous (modèle simplifié) :

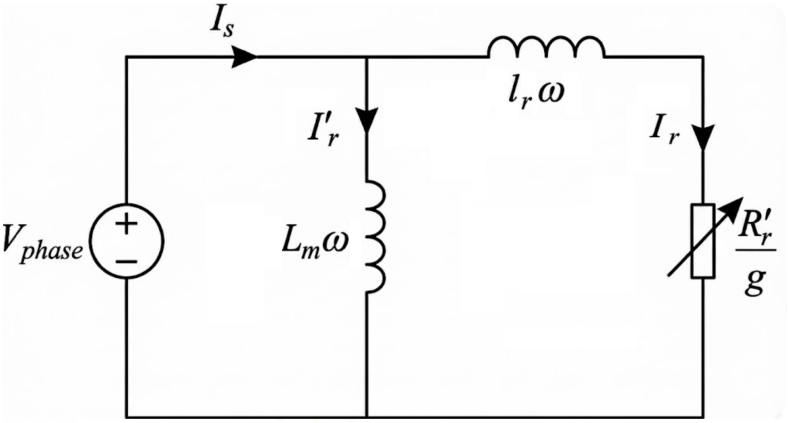


Figure 4 - Schéma équivalent par phase de la machine asynchrone

Avec : $V_{phase} = V$ la tension simple, $l_r\omega = 2.95\Omega$, $R'_r = 0.5\Omega$.

Q5. Pour le point nominal, calculer la valeur du glissement nominal g_n.

Q6. Calculer le couple utile nominal C_n développé par le moteur.

Q7. Exprimer la valeur efficace du courant rotorique I_r en fonction de la tension V.

Q8. Montrer que l'expression théorique du couple C_{em} est :

$$C_{em} = \frac{3V^2}{\Omega_s} \cdot \frac{\frac{R'_r}{g}}{(\frac{R'_r}{g})^2 + (l_r\omega)^2}$$

Q9. Exprimer le glissement g_{max} qui correspondant au couple max, en fonction de R'_r et $l_r w$.

Q10. Calculer la valeur numérique de ce glissement g_{max} et du couple maximal C_{max}

Partie 3 : Onduleur de tension triphasé

Le moteur asynchrone est alimenté par un onduleur à IGBT. Cette partie analyse la conversion de l'énergie continue en énergie alternative pour piloter la vitesse du moteur asynchrone.

La tension du bus continu est $V_{DC} = 513V$.

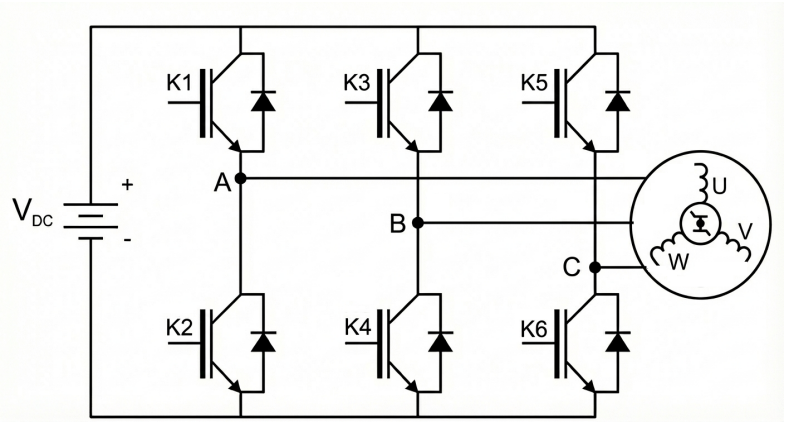


Figure 5 - Schéma de l'onduleur triphasé connecté à la machine asynchrone

Commande Pleine Onde :

K1 est fermé sur [0, T/2] , K2 est fermé sur [T/2, T].

Sachant que la commande de bras B est décalée de T/3 (120°).

Q11. Tracer dans le **document réponse 1** (page 12) l'allure des tensions simples v_{A0} et v_{B0}(référencées au 0V du bus qui correspond à la borne - de V_{DC}).

Q12. Tracer dans le **document réponse 1** (page 12) l'allure de la tension composée $u_{AB}(t)$

Q13. Exprimer la valeur efficace de la tension composée $U_{AB_{eff}}$ en fonction de V_{DC}.

Q14. Calculer cette valeur efficace pour $V_{DC} = 513V$.

Q15. Pour une commande par modulation de largeur d'impulsion. Quel est son intérêt vis-à-vis des harmoniques de courant ?

Partie 4 : Redresseur - Conversion AC/DC

Le variateur est alimenté par le réseau triphasé 380V entre phase via un redresseur en pont PD3.

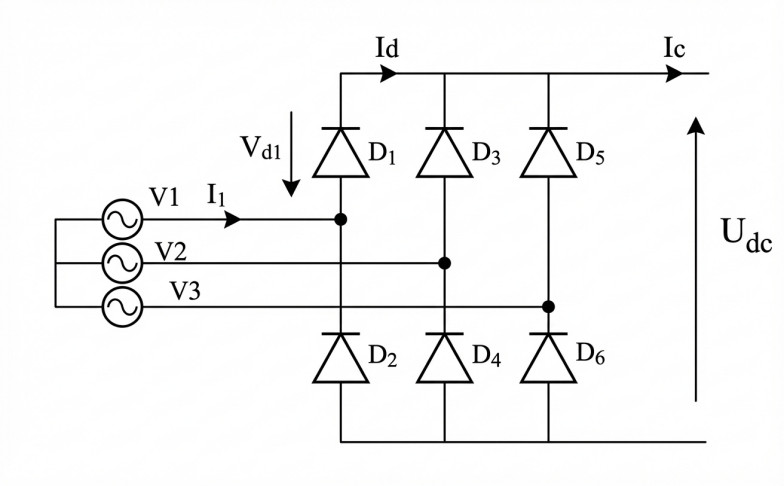


Figure 6 - Schéma de redresseur triphasé

Le pont est alimenté par les trois tensions simples suivantes :

$$V_1 = V_{max}\, sin(\theta) \qquad V_2 = V_{max}\, sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) \qquad V_3 = V_{max}\, sin(\theta - \frac{4\pi}{3})$$

Q16. Représenter sur le **document réponse 2**, (page 13) l'allure de la tension redressée U_{dc} en sortie du pont redresseur PD3.

Q17. Exprimer la tension moyenne $< U_{dc} >$ en fonction de la tension efficace composée du réseau U_{res}.

Q18. Calculer la valeur de la tension moyenne $< U_{dc} >$.

Q19. Si le moteur absorbe $11kW$, calculer la valeur moyenne du courant I_c débité par le redresseur, en supposant le rendement unitaire.

Q20. Représenter, sur le **document réponse 2**, (page 13) la tension V_{D1} aux bornes de la diode D1 et le courant qui traverse la diode D1.

Q21. Représenter sur le même **document réponse 2**, (page 13) l'allure de courant $i_1(t)$ et son fondamental $i_f(t)$ de valeur efficace $I_f = 0{,}78\, I_c$.

Partie 5 : Chaîne d'acquisition et asservissement

Cette partie concerne la régulation de vitesse du système. Elle aborde le choix du capteur, le conditionnement du signal et le réglage du correcteur.

L'électronique de commande est alimentée en $\pm 15V$ et sature si la tension d'entrée dépasse $12V$.

5.1 Choix du capteur de vitesse

Le bureau d'études hésite entre trois modèles de dynamos tachymétriques :

Référence	DT-Alpha	DT-Beta	DT-Gamma
Constante de FEM (k_E)	$60\,V/1000\,tr.min^{-1}$	$6\,V/1000\,tr.min^{-1}$	$20\,V/1000\,tr.min^{-1}$
Vitesse Max Mécanique	$4000\,tr/min$	$6000\,tr/min$	$1200\,tr/min$

Q22. Critère mécanique : Éliminer une référence qui ne convient pas pour la vitesse maximale du système. Justifier.

Q23. Critère électrique : Pour les deux références restantes, calculer la tension délivrée à la vitesse maximale $1500\,tr/min$. Pour éviter la saturation électrique, quelle référence qui convient au système.

Q24. Convertir la constante k_E du capteur choisi (en $V/1000tr.min^{-1}$) en constante k_t exprimée en $V \cdot s/rad$.

5.2 Conditionnement du signal (AOP)

On utilise le montage suivant pour adapter le signal du capteur $e = k_t \cdot \Omega$.

Avec $k_t = 0.057\,V \cdot s/rad$.

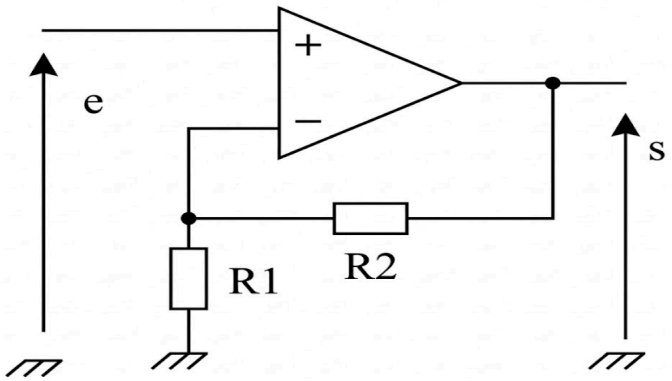


Figure 7 - Amplificateur opérationnel

Q25. Exprimer s en fonction de e et des résistances R_1, R_2.

Q26. On souhaite calibrer la sortie à $s = 10.0V$ pour $N = 1440\, tr/min$.

Calculer le gain $A = s/e$ nécessaire.

5.3 Boucle de régulation de vitesse

Le comportement dynamique du moteur est modélisé par une fonction de transfert du premier ordre :

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{K_m}{1 + \tau p}$$

Avec $\tau = 0.5\, s$ et $K_m \approx 6.25$.

La chaîne de retour est constituée du capteur et de l'amplificateur. On note K_r le gain global de cette chaîne, tel que. $V_{mesure}(p) = K_r \cdot \Omega(p)$. avec $K_r = 0.066$.

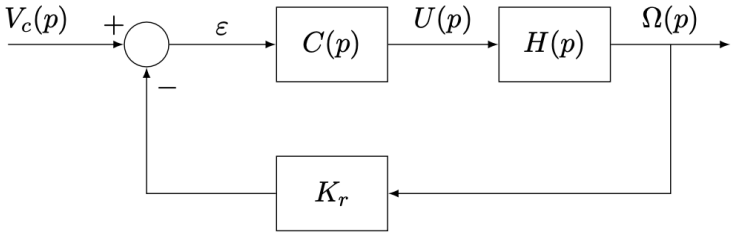


Figure 8 - Schéma fonctionnel de l'asservissement en vitesse

Q27. **Correcteur Proportionnel (P) :** On choisit $C(p) = K_p$. On applique une consigne de tension $V_c = 10\, V$ qui représente l'image de la vitesse nominale.

a. Exprimer l'erreur statique en régime permanent ε en fonction de V_c, K_p, K_m et K_r.

b. Le système est-il précis ? Justifier.

Q28. **Correcteur PI :** On adopte un correcteur $C(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p}\right)$. Avec $T_i = \tau = 0.5s$ pour compenser le pôle dominant. Donner l'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte $FTBO(p)$.

Q29. Que devient l'erreur statique avec ce correcteur PI ?

Q30. Donner l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée $FTBF(p)$.

Q31. **Réglage de la dynamique :** On souhaite en boucle fermée un temps de réponse à 5% de $t_{r5\%} = 0.15\, s$. Calculer la valeur du gain proportionnel K_p nécessaire.

Partie 6 : Initiation à l'IA Régression et Classification

Le variateur embarque un microcontrôleur IA pour surveiller la température du moteur. Pour prévenir les pannes d'une machine asynchrone, on analyse l'échauffement du stator ΔT en fonction du courant I, avec $\Delta T = T_{\text{mesurée}} - T_{\text{ambiante}}$, afin d'obtenir un modèle linéaire.

6.1 Estimation par Régression Linéaire - Capteur virtuel

On cherche à estimer l'échauffement du stator ΔT (difficile à mesurer directement) en fonction du courant I. Relevés expérimentaux :

Point	**Courant I**	**Échauffement ΔT**
A	10 A	18 °C
B	20 A	35 °C
C	30 A	53 °C
D	40 A	70 °C
E	50 A	88 °C

On suppose une relation linéaire : $\Delta T = a \cdot I + b$.

Q32. Sur le **document réponse 3**, (page 14) tracer le nuage de points et la droite d'ajustement. Déterminer les coefficients a et b.

Implémentation en Python - Apprentissage Supervisé

Un automaticien a rédigé le script ci-dessous pour intégrer ce modèle mathématique dans la supervision.

```
import numpy as np
from sklearn.linear_model import LinearRegression

# Donnees de la machine asynchrone
Courant = np.array([[10], [20], [30], [40], [50]])
Echauffement = np.array([18, 35, 53, 70, 88])

# Initialisation et apprentissage
modele_moteur = LinearRegression()
modele_moteur.fit(Courant, Echauffement)

# Affichage des parametres appris
print("Parametre 1 :", modele_moteur.coef_[0])
print("Parametre 2 :", modele_moteur.intercept_)
```

À l'aide du document annexe (page 11) :

Q33. Indiquer à quoi correspondent physiquement les termes informatiques coef_[0] et intercept_ pour notre machine.

Q34. Le variateur mesure un courant de $I = 45\text{A}$. Écrire la ligne de code qu'il faudrait ajouter à ce programme pour prédire l'échauffement correspondant.

6.2 Diagnostic par les K-Plus Proches Voisins (KNN)

On souhaite déterminer si le treuil est en état "Normal" ou en "Surcharge".
Base de données d'apprentissage :

- **P1 (Normal)** : $N = 1400$ tr/min, $I = 20$ A.
- **P2 (Normal)** : $N = 1410$ tr/min, $I = 22$ A.
- **P3 (Surcharge)** : $N = 1000$ tr/min, $I = 80$ A.

Nouveau point mesuré : $M(N = 1405, I = 21)$.

On utilise la distance Euclidienne simplifiée entre deux points de mesure :

$$d = \sqrt{(N_2 - N_1)^2 + (I_2 - I_1)^2}.$$

Q35. Calculer la distance d_1 entre le nouveau point M et le point $P1$.

Q36. Comparer qualitativement cette distance avec la distance entre M et $P3$ (Surcharge).

Q37. Quel est le "plus proche voisin" de M et quel est l'état du système ?

DOCUMENT ANNEXE

Guide d'utilisation de la librairie IA `scikit-learn`

Pour comprendre comment l'ordinateur crée un modèle mathématique, étudions un exemple totalement différent : **L'estimation de la distance de freinage (D) en fonction de la vitesse d'un chariot (V).**

L'équation mathématique cherchée est de la forme : $D = k \cdot V + D_0$ (où k est la pente et D_0 le point d'origine, à vitesse nulle).

Voici comment un programmeur code cette situation en Python :

```
# 1. Variables : X (la cause/entree) et Y (la consequence/sortie)
Vitesse_X = np.array([[10], [15], [20]])
Distance_Y = np.array([5, 8, 11])

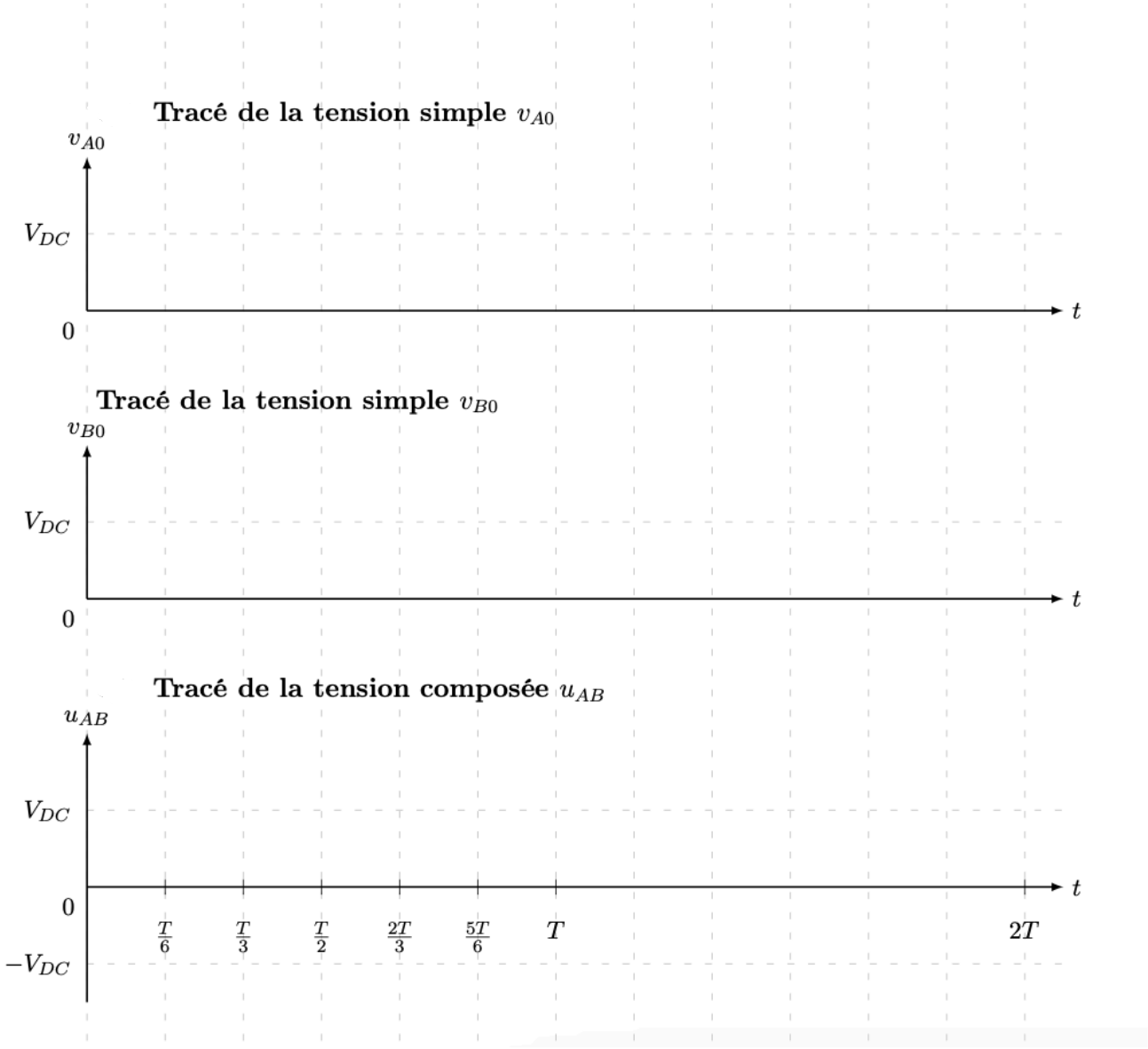
# 2. Apprentissage de la droite (Recherche du meilleur modele)
algorithme = LinearRegression()
algorithme.fit(Vitesse_X, Distance_Y)

# 3. Recuperation de l'equation mathematique D = k*V + D0
valeur_pente_k = algorithme.coef_[0]
valeur_origine_D0 = algorithme.intercept_

# 4. Utilisation du modele pour une nouvelle situation (Prediction)
nouvelle_vitesse = np.array([[18]])
distance_calculee = algorithme.predict(nouvelle_vitesse)
```

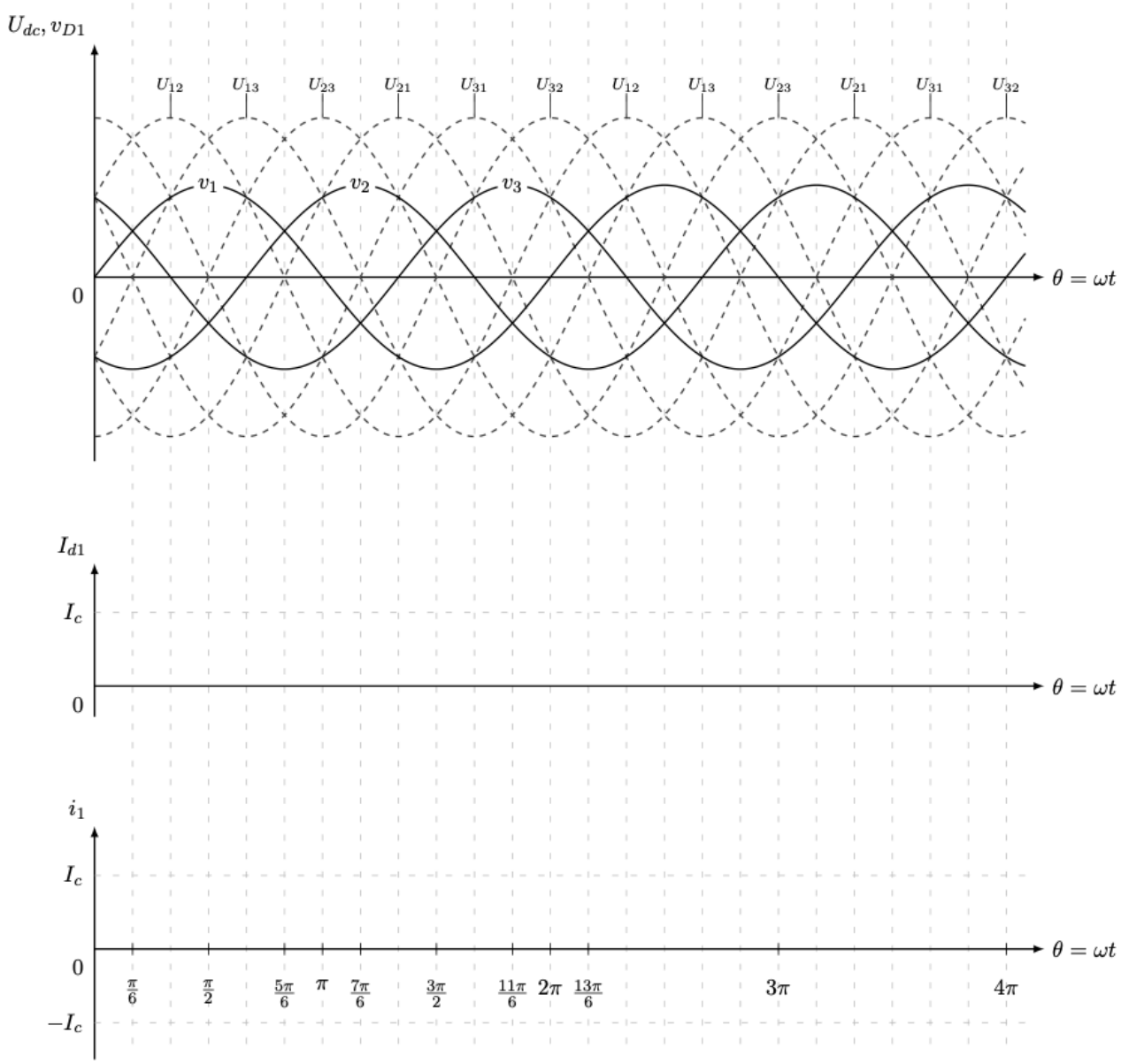
NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENT RÉPONSE 1



NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

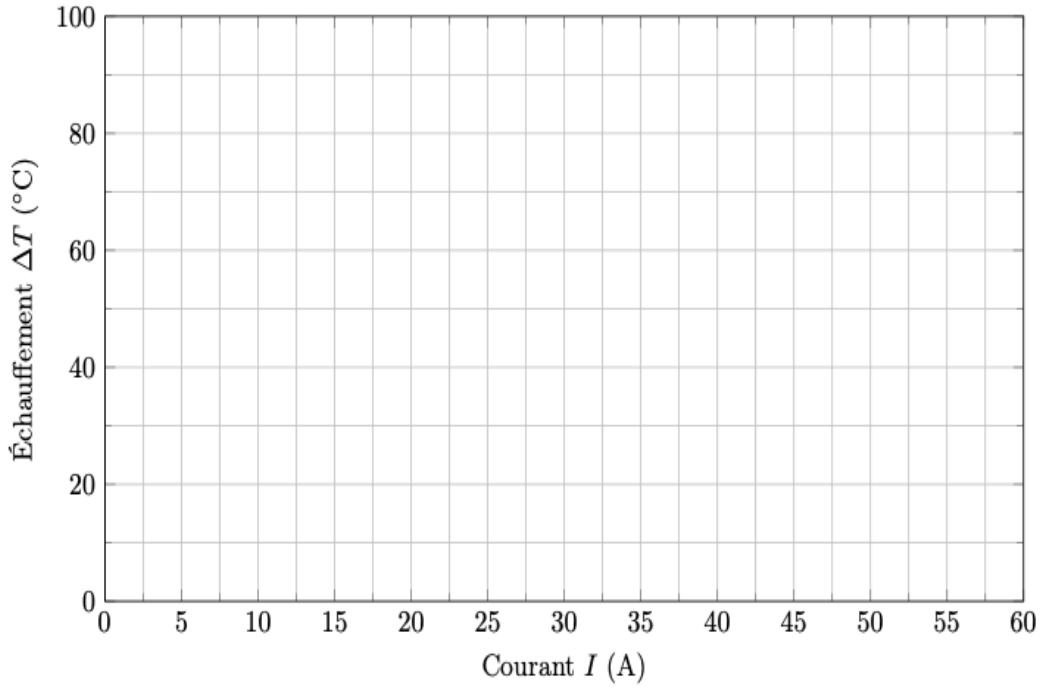
DOCUMENT RÉPONSE 2



NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENT RÉPONSE 3

GRAPHIQUE (Capteur virtuel) :



Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Alimentation en énergie et stockage de l'énergie
- Performances d'un système asservi
- Correction d'un système asservi et correcteur numérique

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/cnc/tsi