



الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة العادية 2016
- الموضوع -

NS 46

ⵜⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ
ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ
ⴰ ⵙⴱⵓⵔ ⵙⴱⵓⵔ



المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني

المركز الوطني للتقويم
والامتحانات والتوجيه

4	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الشعبة أو المسلك

USINE D'INCINÉRATION DE DÉCHETS

☞ Le sujet comporte au total 22 pages.

☞ Le sujet comporte 3 types de documents :

▪ Pages 02 à 12 : Socle du sujet comportant les situations d'évaluation (SEV) (Couleur **Jaune**).

▪ Pages 13 à 16 : Documents ressources portant la mention **DRES XX** (Couleur **Rose**).

▪ Pages 17 à 22 : Documents réponses portant la mention **DREP XX** (Couleur **Blanche**).

Le sujet comporte 3 situations d'évaluation (SEV) :

- **SEV1** : ANALYSE FONCTIONNELLE ET TRANSMISSION DE PUISSANCE (sur 24 points)
- **SEV2** : ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE (sur 28 points)
- **SEV3** : ÉTUDE DE L'ACQUISITION ET DU TRAITEMENT DE L'INFORMATION... (sur 28 points)

Les 3 SEV sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture des paragraphes I, II et III (pages 2 et 3).

La numérotation des questions est continue : de la question 1 (Q1) à la question 48 (Q48).

☞ Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses : **DREP XX**.

☞ Les pages portant en haut la mention **DREP XX** (Couleur **Blanche**) doivent être obligatoirement jointes à la copie du candidat même si elles ne comportent aucune réponse.

☞ Le sujet est noté sur 80 points.

☞ Aucun document n'est autorisé.

☞ Sont autorisées les calculatrices non programmables.

Usine d'incinération de déchets

I - INTRODUCTION

L'incinération est une technique de traitement de déchets (exemple : ordures ménagères), elle permet la récupération d'énergie (électricité et chaleur) et de matériaux utilisés dans les travaux publics.

La combustion se fait à une température supérieure à 850°C dans des fours spécialement conçus à cet effet (**Fig. 1**).

Grâce à la chaleur dégagée, l'eau est transformée dans une chaudière en vapeur sous pression. Cette vapeur sert à produire soit de l'énergie électrique grâce à un turbo-alternateur soit de l'énergie thermique pour chauffer des bâtiments.

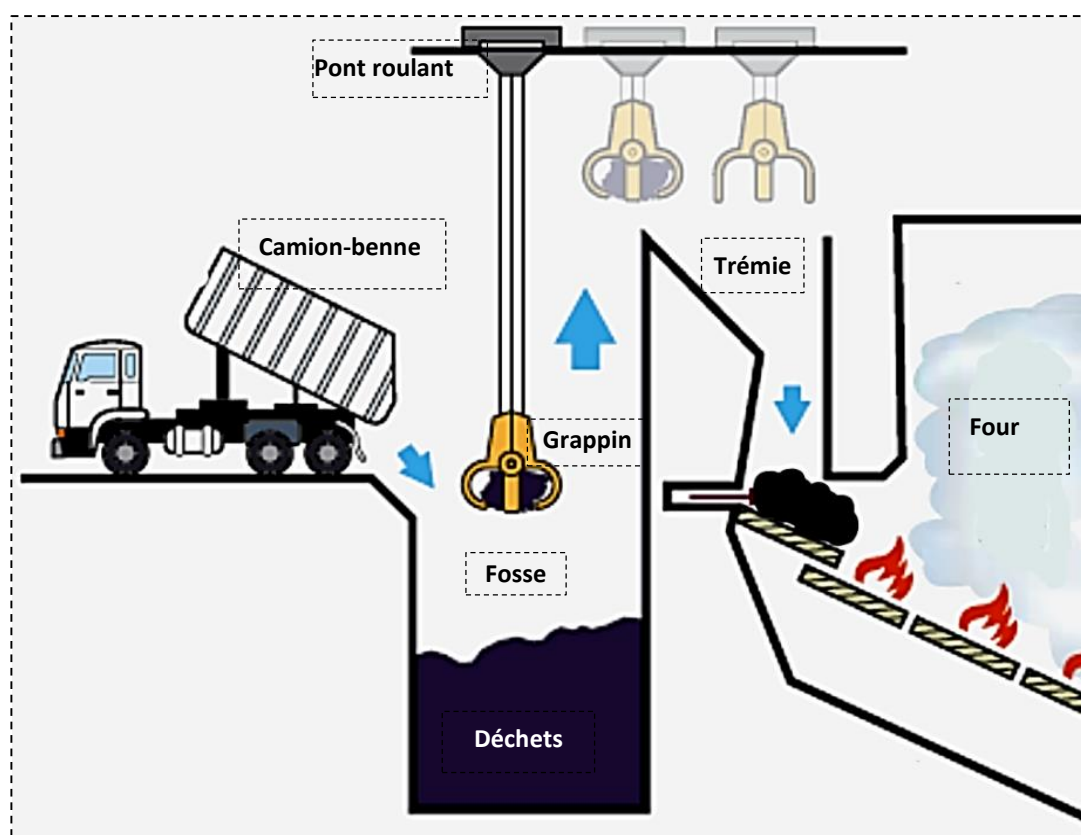


Fig. 1 : Schéma partiel d'une usine d'incinération de déchets

Les déchets sont déversés dans une fosse de réception et de stockage. Un grappin saisit ces déchets et les déverse dans une trémie puis ils sont dirigés vers le four où ils seront brûlés.

L'épreuve porte sur le **pont roulant** qui **permet d'alimenter la trémie en déchets** et sur **une partie de l'installation électrique de l'usine**.

II - DESCRIPTION DU PONT ROULANT (Fig. 2, page 3)

- Le moteur de direction **M1** déplace le chariot vers l'avant ou vers l'arrière (**l'axe Y**) ;
- Le moteur de levage **M2** permet la descente ou la montée du grappin (**l'axe Z**) ;
- Les moteurs de translation **M3** et **M4** déplacent le pont vers la gauche ou vers la droite (**l'axe X**) .

- Les moteurs **M1**, **M2**, **M3** et **M4** sont associés à des variateurs de vitesse et à des réducteurs et sont munis de freins à manque de courant.
- La commande du pont roulant se fait par l'opérateur grâce à deux **joysticks industriels** (Fig. 3).
- Un pupitre de commande (interface homme /machine) informe l'opérateur sur l'état du système.
- Un automate programmable industriel (**API**) gère le système.

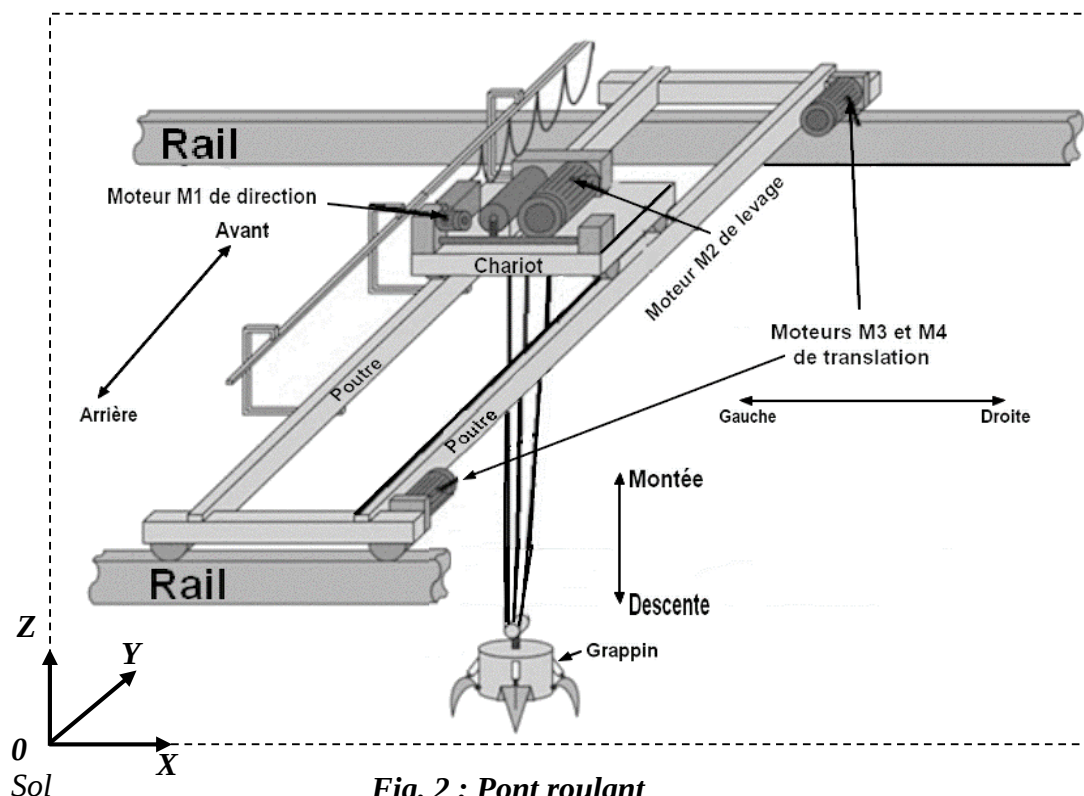


Fig. 2 : Pont roulant

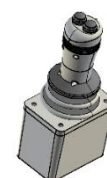


Fig. 3 : Joystick industriel

III - DIAGRAMME DES INTERACTIONS (Fig. 4).

Définition des fonctions de service.

- **FC1** : Respecter les normes de sécurité en vigueur.
- **FC2** : Être manœuvré par un opérateur.
- **FC3** : Être alimenté en énergie.

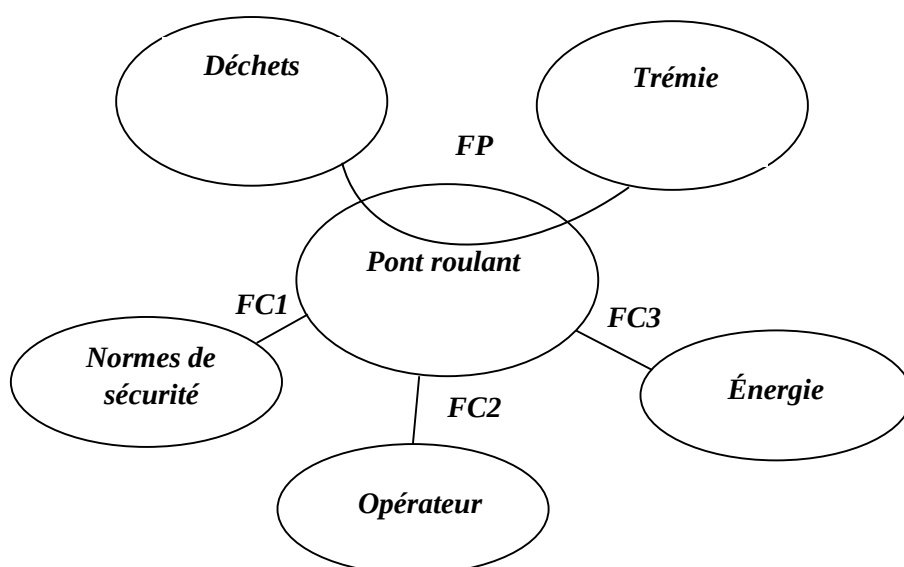


Fig. 4

IV - SITUATIONS D'ÉVALUATION (SEV)

SEV 1
Analyse fonctionnelle et transmission de puissance
24 points

On désire analyser le système, vérifier quelques caractéristiques du moto-réducteur-frein chargé de déplacer le grappin suivant l'axe Z et proposer des solutions qui permettent un fonctionnement correct du système.

Tâche 1 : Expression du besoin

Q1. Compléter le diagramme « bête à cornes »

1,5 pt

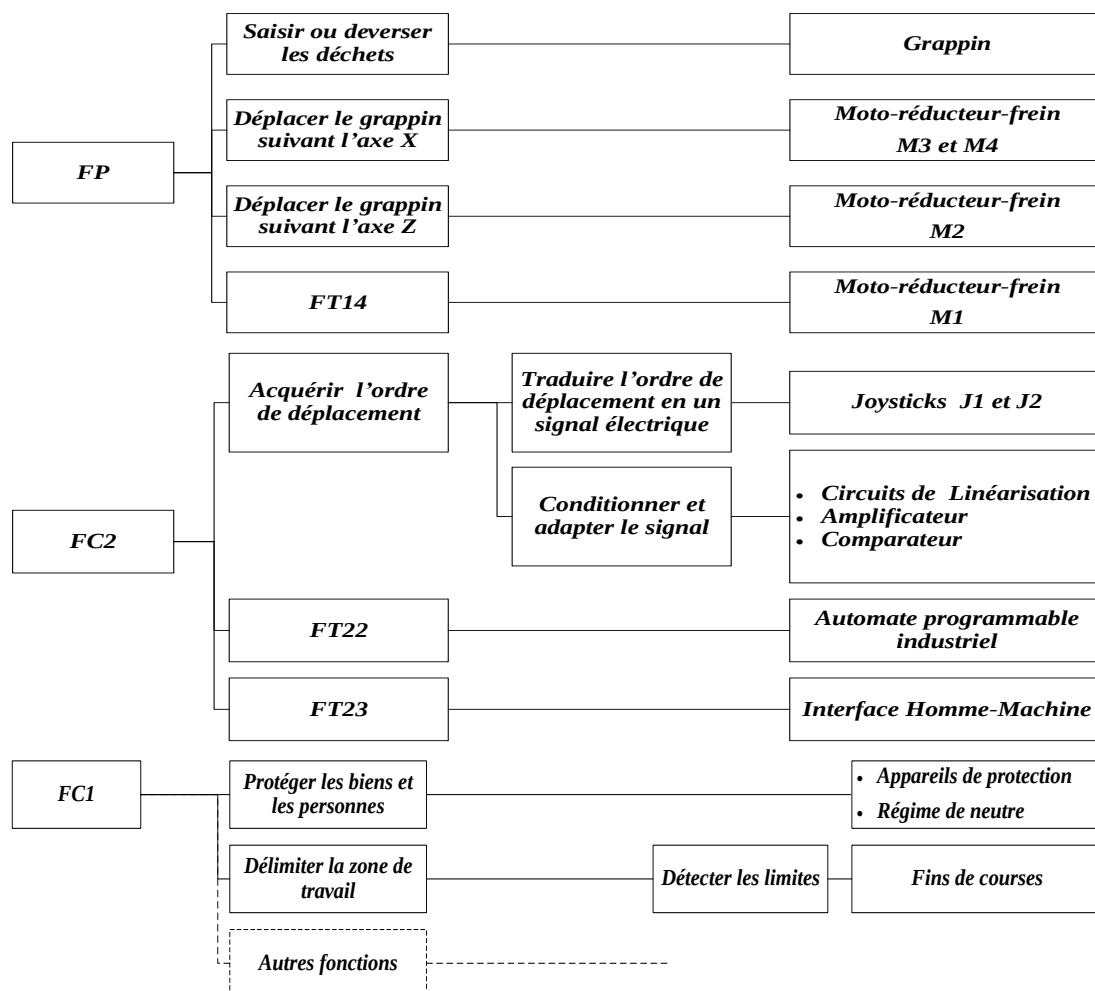
Tâche 2 : Définition des fonctions de services

A partir du diagramme des interactions (Fig. 4) :

Q2. Qu'appelle-t-on les fonctions FC1, FC2 et FC3 ?

0,5 pt

Q3. Préciser les fonctions techniques FT14, FT22 et FT23 du FAST partiel ci-dessous.

1,5 pt


Tâche 3 : Analyse et compréhension du moto-réducteur-frein

Le moteur de levage M2 est équipé d'un frein à manque de courant. En se référant au dessin d'ensemble du moto-réducteur-frein (Fig. 5, DRES 01) :

Q4. Compléter le schéma cinématique et les repères des engrenages.

3 pts

- Q5. Quel est l'intérêt de l'utilisation d'un frein à manque de courant ? 1 pt
- Q6. Quel est le rôle des **trois** ressorts 34 (disposés à 120 degrés) ? 0,5 pt
- Q7. Indiquer le nombre **n** de surfaces de contact du frein. 0,5 pt

Tâche 4 : Étude du moto-réducteur-frein M2

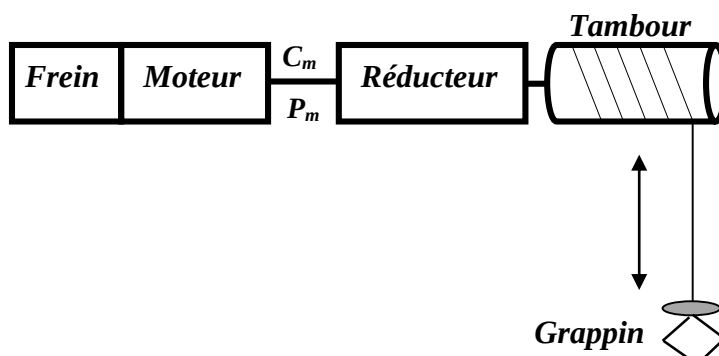
Le réducteur utilisé se compose de **trois** étages d'engrenages dont le module des deux premiers étages est $m = 1,5 \text{ mm}$.

- Q8. Sachant que l'entre-axe du 1^{er} étage (5 et 25) est $a_1 = 90 \text{ mm}$ et que le pignon 5 a un diamètre primitif $d_5 = 30 \text{ mm}$, calculer le diamètre primitif d_{25} du pignon 25. 1 pt
- Q9. Déduire le rapport de réduction r_1 de cet étage. 0,5 pt
- Q10. Sachant que la vitesse de rotation du moteur est $N_m = 1452 \text{ tr/min}$; calculer la vitesse de rotation N_{29} (en tr/min) à la sortie du 1^{er} étage. 0,75 pt
- Q11. Sachant que les nombres des dents de la roue 6 et du pignon 18 sont : $Z_6 = 105$ dents et $Z_{18} = 35$ dents. Déterminer alors le rapport de réduction r_2 du 2^{ème} étage (18 et 6). 0,75 pt
- Le 3^{ème} étage (10 et 16) est un engrenage à dentures hélicoïdales de module normal $m_n = 2 \text{ mm}$ et d'angle d'hélice $\beta = 19,75^\circ$. Le diamètre primitif du pignon 10 est $d_{10} = 34 \text{ mm}$ et le nombre de dents de la roue 16 est $Z_{16} = 32$ dents.
- Q12. Déterminer le rapport de réduction r_3 du 3^{ème} étage. 1,5 pt
- Q13. Déduire le rapport de réduction global r_g de ce réducteur (**prendre $r_3 = 0,5$**). 0,5 pt
- Q14. Calculer la vitesse de rotation N_t du tambour solidaire de l'arbre 12. 0,75 pt

Tâche 5 : Étude de la transmission de puissance

Données :

- Masse du grappin : $m_g = 1 \text{ tonne}$;
- Masse d'une prise de déchets : $m_d = 2 \text{ tonnes}$;
- Accélération de la pesanteur $g = 10 \text{ m/s}^2$;
- Le diamètre du tambour est $d = 52,60 \text{ cm}$;
- La vitesse de levage V_L du grappin varie entre $V_{L\text{mini}} = 40 \text{ m/min}$ et $V_{L\text{maxi}} = 80 \text{ m/min}$;
- Le rendement du réducteur est $\eta_r = 0,9$;
- Le rendement du tambour est $\eta_t = 0,78$.



- Q15. Calculer la puissance P_t nécessaire pour soulever la charge à la vitesse maximale ($V_{L\text{maxi}}$). 1pt
- Q16. Déterminer le couple C_m que le moteur M2 doit fournir. 1pt

Sachant que :

- L'expression du couple de freinage est la suivante : $C_f = \frac{2 \cdot n \cdot N \cdot f \cdot (R^3 - r^3)}{3 \cdot (R^2 - r^2)}$ où N est l'effort presseur produit par les **trois** ressorts sur le disque **31** ;
- L'effort exercé par un ressort est $F = 300 \text{ N}$;
- Le coefficient de frottement f entre l'ensemble de disques de friction et les garnitures est $f = 0,65$;
- Les rayons des surfaces de contact des disques sont les suivants :
 - Grand rayon $R = 300 \text{ mm}$;
 - Petit rayon $r = 100 \text{ mm}$.

Q17. Calculer le couple de freinage C_f exercé par le frein.

1 pt

Q18. Ce frein est-il convenable ? Justifier votre réponse.

0,75 pt

Q19. Citer deux éléments sur lesquels on doit agir pour modifier le couple de freinage.

1 pt

Tâche 6 : Travail graphique

La roue **16** est maintenue en position sur l'arbre **12** par un anneau élastique ; suite à une anomalie de fonctionnement, le constructeur envisage de remplacer cet anneau par un écrou hexagonal et une rondelle élastique (**Grower**).

Q20. Représenter la nouvelle solution en respectant les règles de dessin.

5 pts

SEV 2

Étude énergétique

28 points

On se propose d'étudier une partie de l'alimentation électrique et la motorisation du grappin.

Tâche 1 : Identification du réseau d'alimentation (Fig. 6, DRES 02).

Q21. Identifier le type de structure de l'alimentation et préciser la tension de service côté **HT**.

2 pts

Q22. Citer un avantage et un inconvénient de cette structure.

2pts

Q23. Quel est le rôle de la cellule **C2** ?

1 pt

Tâche 2 : Mise en évidence du danger de la tension de contact au cas où un deuxième défaut survient sans la suppression du premier défaut.

En vous aidant des **Fig. 6, DRES 02** et **Fig. 7, DRES 03** :

Q24. Préciser le type du régime de neutre utilisé dans l'installation. Quel est le rôle du **CPI** ?

2 pts

Un défaut est survenu au niveau du récepteur **1** (**Fig. 7, DRES 03**).

Q25. Compléter le schéma équivalent du circuit de défaut.

2 pts

Q26. Donner l'expression de **Id** en fonction de **V**, **R_n**, **R_u** et **Z_s**.

1 pt

Q27. Calculer la valeur de **Id** sachant que **R_n = R_u = 10 Ω**, **Z_s = 2500 Ω** et **V = 230 V**.

1 pt

Q28. En déduire la valeur de **U_c**.

1 pt

Q29. Sachant que la tension limite de sécurité $U_L = 25 \text{ V}$, la tension U_C est-elle dangereuse ? Justifier votre réponse. 1 pt

Un deuxième défaut est survenu au niveau d'un récepteur 2 (phase 3 en contact direct avec la masse) avant la suppression du premier défaut :

Q30. Que devient le courant de défaut ? Cocher la bonne réponse. 1 pt

Tâche 3 : Étude du transformateur triphasé TR1

Le transformateur triphasé étudié a pour caractéristiques :

- 2000 kVA ;
- 20 kV/400 V ;
- Dyn11 ;
- $U_{cc} = 6\% \cdot U_n$

Compléter :

Q31. Le tableau en précisant la signification de chacune des caractéristiques, 2 pts

Q32. Le diagramme des tensions. 2 pts

Q33. Le schéma de couplage des enroulements primaires et secondaires. 2 pts

Tâche 4 : Motorisation du grappin

Le problème à traiter se rapporte à la fonction technique qui permet de déplacer le grappin suivant l'axe Z.

L'étude mécanique préalable a donné : $P_m = 59 \text{ kW}$; $C_m = 375 \text{ N.m}$; $V_{L\max} = 80 \text{ m/min}$ et $V_{L\min} = 40 \text{ m/min}$.

Avec :

P_m : la puissance mécanique maximale imposée par la charge ramenée sur l'arbre moteur.

C_m : le couple mécanique maximal imposé par la charge ramenée sur l'arbre moteur.

V_L : la vitesse de déplacement du grappin suivant l'axe Z.

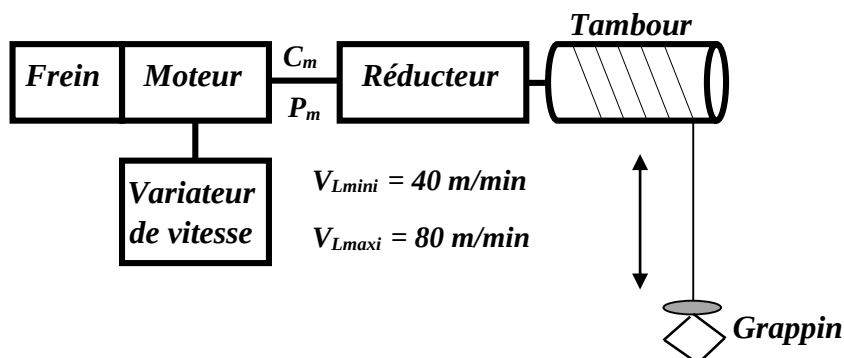


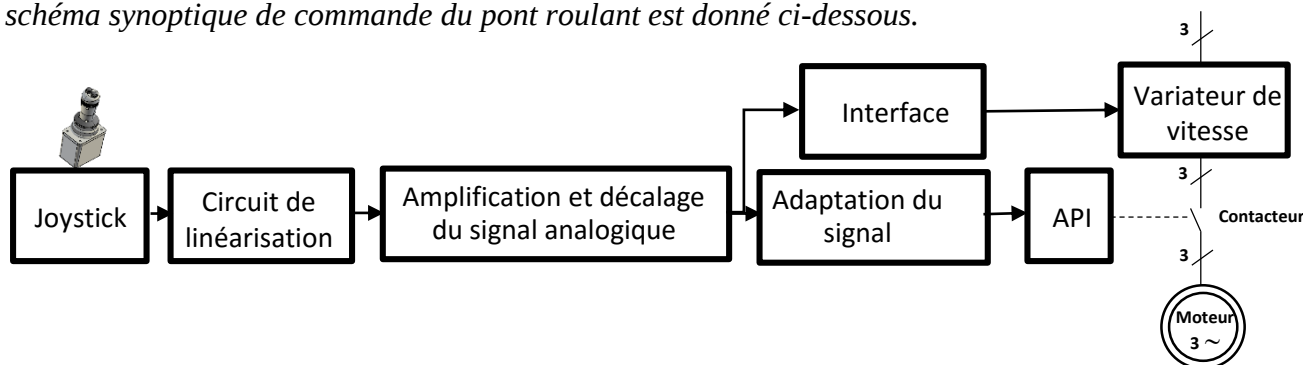
Fig. 8

- Q34. Quel élément assure-t-il la variation de vitesse ? 1 pt
- Q35. À partir du **DRES 03**, donner la référence du moteur de levage et préciser, le couple nominal C_n , l'intensité nominale I_N absorbée et la vitesse de rotation nominale N_N . 2 pts
- Q36. Donner la référence du variateur de vitesse permettant de moduler l'énergie du moteur de levage. L'application proposée est du type « à couple standard » **DRES 03**. 1 pt
- Q37. La vitesse de rotation du moteur est considérée proportionnelle à la fréquence de la tension de sortie du variateur. Déterminer alors la fréquence minimale $f_{\min}$ de la tension qui correspond à la vitesse minimale de levage (50 Hz correspond à V_{LMAXI}). 2 pts
- Q38. Sachant que le moteur est de type auto-ventilé (courbe 1), déterminer à l'aide du **DRES 04** (caractéristiques de couple) le couple disponible que peut fournir le groupe moto-variateur à la fréquence 25 Hz, comparer ce couple avec le couple C_m et conclure. 2 pts

SEV 3
Étude de l'acquisition et du traitement de l'information
28 points

Les déplacements du pont et du chariot ainsi que la descente et la montée du grappin sont effectués par l'opérateur grâce à deux « joysticks industriels J1 et J2 » ou manettes **Fig. 9**, **Fig. 10** et **Fig. 11**.

Le schéma synoptique de commande du pont roulant est donné ci-dessous.



Description de l'organe de commande :

- Un joystick de type à effet Hall à deux axes **Fig. 10** commande le déplacement du chariot suivant l'axe Y (Avant-Arrière) et le pont suivant l'axe X (Gauche-Droite).



Fig. 9 : Joystick

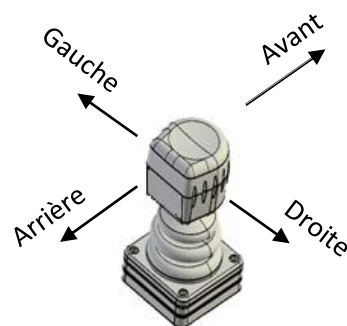


Fig. 10 : Joystick J1 à deux axes

- Un joystick de type à effet Hall à un seul axe **Fig. 11** commande le déplacement du grappin suivant l'axe **Z** (montée et descente du grappin). Ce joystick est muni de deux boutons poussoirs **F_G** et **O_G** qui commandent la fermeture et l'ouverture du grappin **Fig. 12** : L'action sur **F_G** ferme le grappin et l'action sur **O_G** l'ouvre.

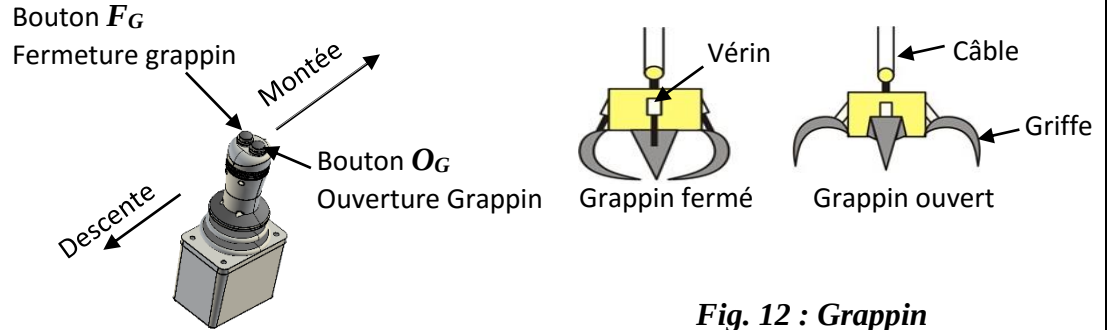


Fig. 11 : Joystick J2 à un seul axe

Fig. 12 : Grappin

En plus, le manche du joystick est poussé vers l'extrémité plus la vitesse du moteur correspondant augmente.

Par sécurité, un ressort conique de rappel ramène le manche du joystick à la position centrale lorsqu'il est relâché et provoque ainsi l'arrêt des moteurs.

Principe du joystick à effet Hall (Fig. 13)

Une plaquette mince en matériau conducteur ou semi-conducteur traversée par un courant électrique génère une différence de potentiels **V₀** à ses bornes latérales à chaque fois qu'elle est soumise à un champ magnétique **B** fourni par un aimant permanent. La valeur du champ magnétique, au niveau de la plaquette, est proportionnelle à l'angle d'inclinaison **α** du manche du joystick.

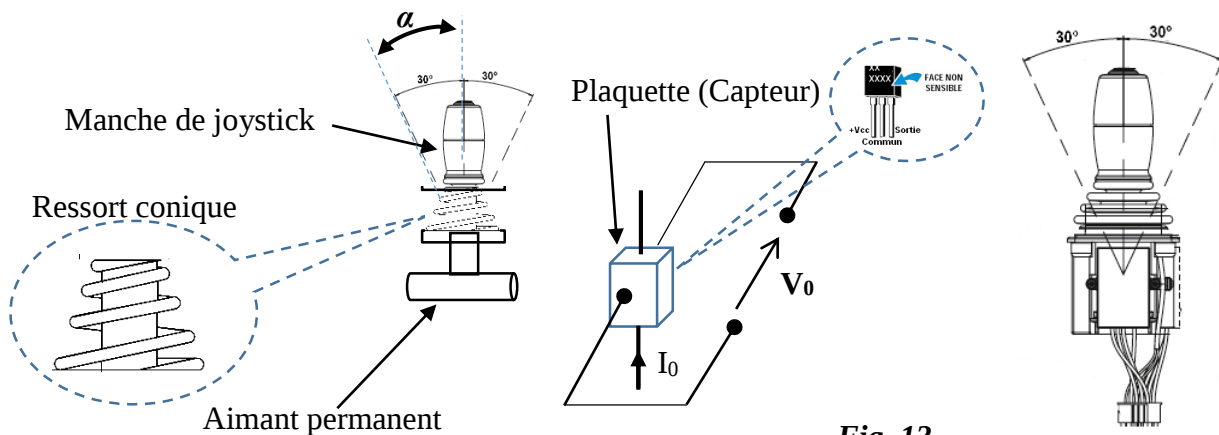


Fig. 13

Joystick J₁ à deux axes : Deux aimants et quatre plaquettes (Capteurs)	joystick J₂ à un seul axe : Un seul aimant et deux plaquettes (Capteurs)

La réponse du capteur est donnée par le graphe de la Fig.14.

On donne : $V_0 = 14,7 \cdot e^{(3 \cdot B - 5,68)}$ avec : V_0 : Tension en Volt et B : Champ magnétique en Tesla (T).

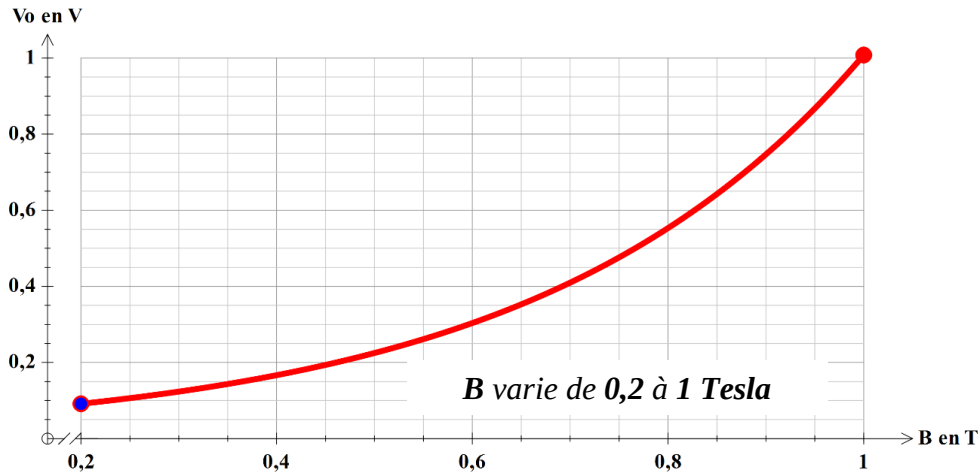


Fig. 14

Tâche 1 : linéarisation de la réponse du capteur

Pour corriger la non-linéarité de la réponse du capteur, on applique V_0 à un circuit de linéarisation Fig. 15.



Fig. 15

Ce circuit est un montage électronique qui fournit à sa sortie le logarithme népérien ($\ln$) de la tension appliquée à son entrée : $V_1 = \ln(V_0)$

- On rappelle que $\ln(a \cdot b) = \ln(a) + \ln(b)$ et $\ln(e^x) = x$
- Prendre $\ln(14,7) = 2,68$

Q39. Montrer que la fonction $V_1 = f(B)$ est linéaire en la mettant sous la forme de :

$$V_1 = 3 \cdot B - 3$$

2 pts

Q40. Calculer les valeurs limites V_{1min} et V_{1MAX} de V_1 :

$$V_{1min} \text{ pour } B = B_{min} = 0,2 \text{ Tesla et } V_{1MAX} \text{ pour } B = B_{MAX} = 1 \text{ Tesla}$$

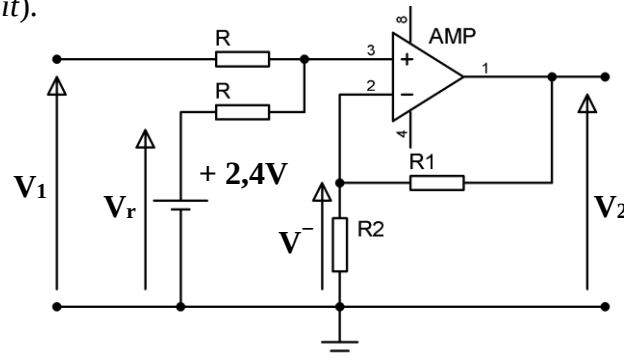
2 pts

Tâche 2 : Amplification et décalage du signal analogique

La tension V_1 qui varie entre - 2,4 V et 0 V est appliquée, à travers une interface, comme consigne pour le variateur de vitesse du moteur M2. Toutefois le variateur exige une tension de consigne variant entre 0V et 10V.

Le signal V_1 est appliqué à l'étage d'amplification et de décalage du signal **Fig. 16** (L'amplificateur opérationnel est considéré parfait).

Fig. 16



Q41. Exprimer V^- en fonction de V_2 , R_1 et R_2 .

2 pts

Q42. Exprimer V^+ en fonction de V_r et V_1 .

2 pts

Q43. Donner l'expression de V_2 en fonction de V_1 et V_r .

2 pts

Q44. Sachant que : $V_r = +2,4 \text{ V}$, $R_1 = 88 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$,

Calculer les valeurs :

1,5 pt

a) V_{2min} pour $V_1 = V_{1min} = -2,4 \text{ V}$ (manche du joystick en position centrale).

b) V_{2MAX} pour $V_1 = V_{1MAX} = 0 \text{ V}$ (manche du joystick en position extrême).

Tâche 4 : Adaptation du signal

Les consignes, de types analogiques, fournies par les deux joysticks J_1 et J_2 sont acheminées vers un automate programmable industriel pour ordonner le déplacement du grappin. Or les entrées utilisées sont de type **TOR** à deux niveaux logiques **0V** et **24V_{DC}**, ce qui nous amène à adapter les signaux de consignes. Dans le cas de circuit de commande de montée et de descente du grappin, cette opération est réalisée par le montage de la **Fig. 17**.

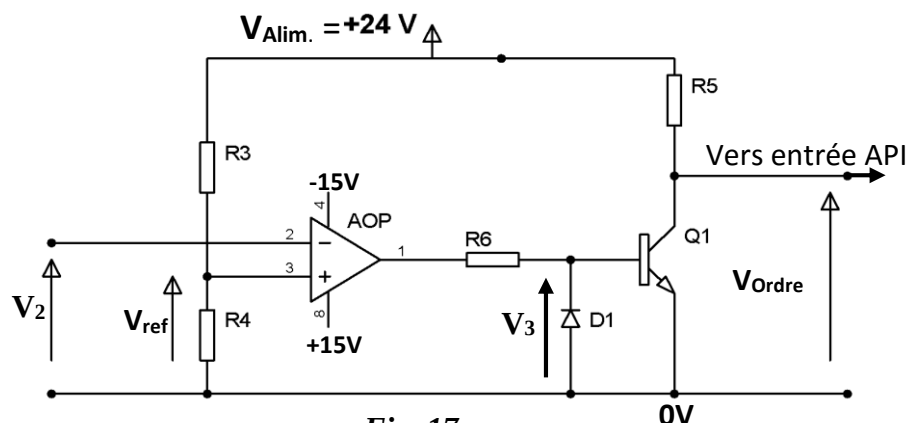


Fig. 17

L'amplificateur **AOP**, la diode **D1** et le transistor **Q1** sont considérés parfaits.

On donne : $\pm V_{sat} = \pm 15 \text{ V}$; $(R_3 + R_4) = 240 \text{ k}\Omega$; Tension d'alimentation $V_{Alim.} = +24 \text{ V}$.

Q45. Calculer les valeurs des résistances R_3 et R_4 pour avoir $V_{ref} = 5 \text{ V}$ qui correspond à la vitesse minimale de déplacement du grappin.

3 pts

Q46. Tracer, le graphe de V_{Ordre} en concordance de temps avec V_2 .

3 pts

Tâche 5 : Programmation d'un API en langage Ladder

Pour délimiter la zone de déplacement (**Zone de travail**) du pont roulant, on place quatre capteurs de fin de course (C_{AV} , C_{AR} , C_D et C_G) de type TOR sur les quatre cotés du chariot **Fig.18**.

D'autre part, deux capteurs de fin de course (C_H et C_B) limitent la course du grappin en montée et en descente.

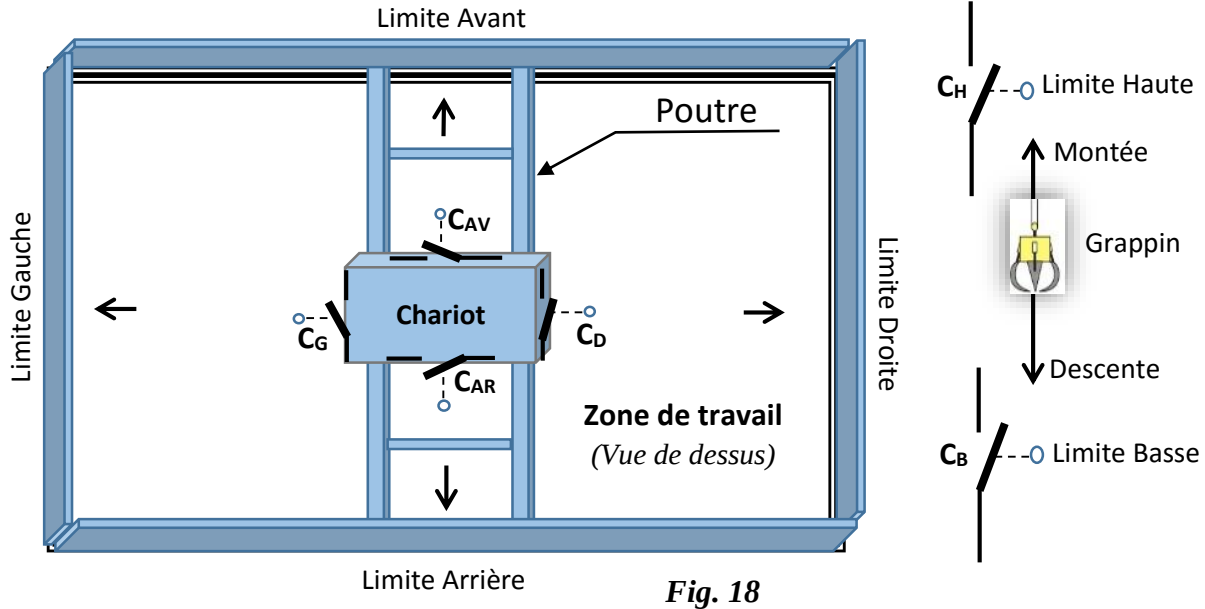
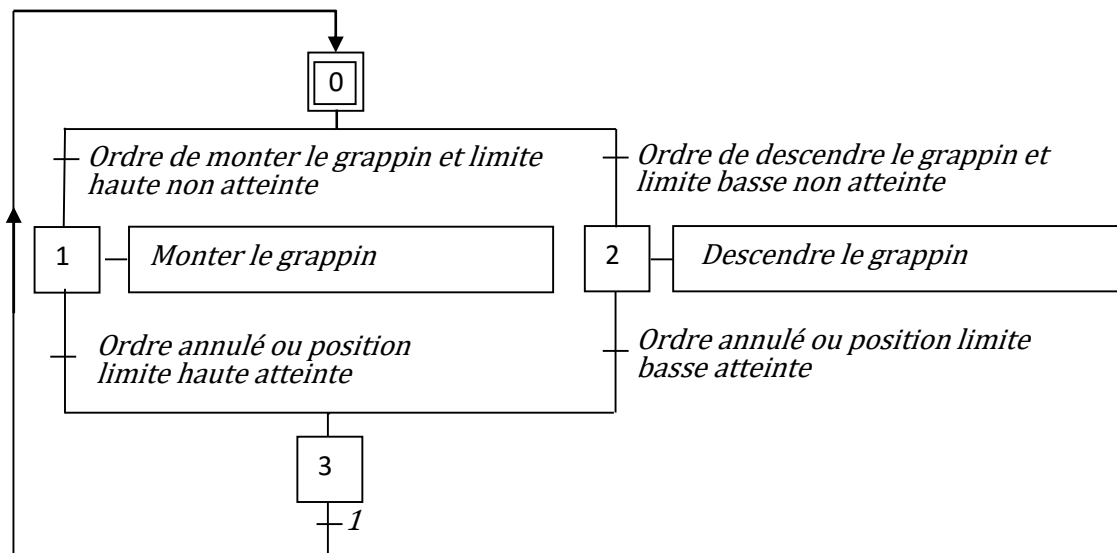


Fig. 18

La gestion du pont roulant est assurée par un automate programmable industriel API dont la configuration matérielle est donnée par le tableau du **DRES 04**.

Le GRAFCET fonctionnel de déplacement du grappin suivant l'axe Z (montée-descente) est donné ci-dessous :



Q47. Compléter le GRAFCET de point de vue automate.

5,5 pts

On rappelle au **DRES 04** le principe de traduction d'un GRAFCET en langage Ladder.

Q48. Compléter le programme Ladder correspondant aux étapes 1 et 2 uniquement.

5 pts

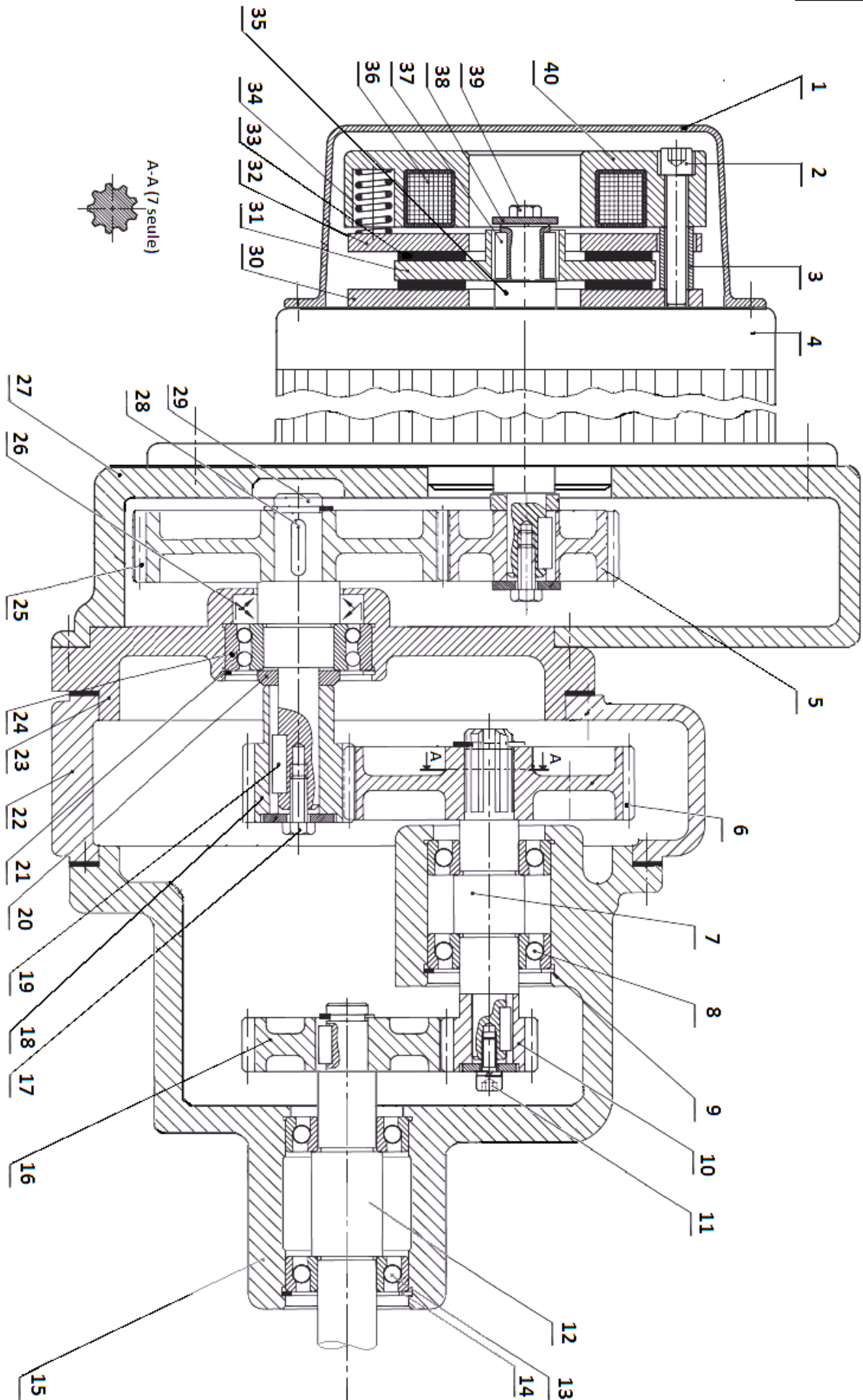


Fig. 5 : Dessin d'ensemble du moto-réducteur-frein

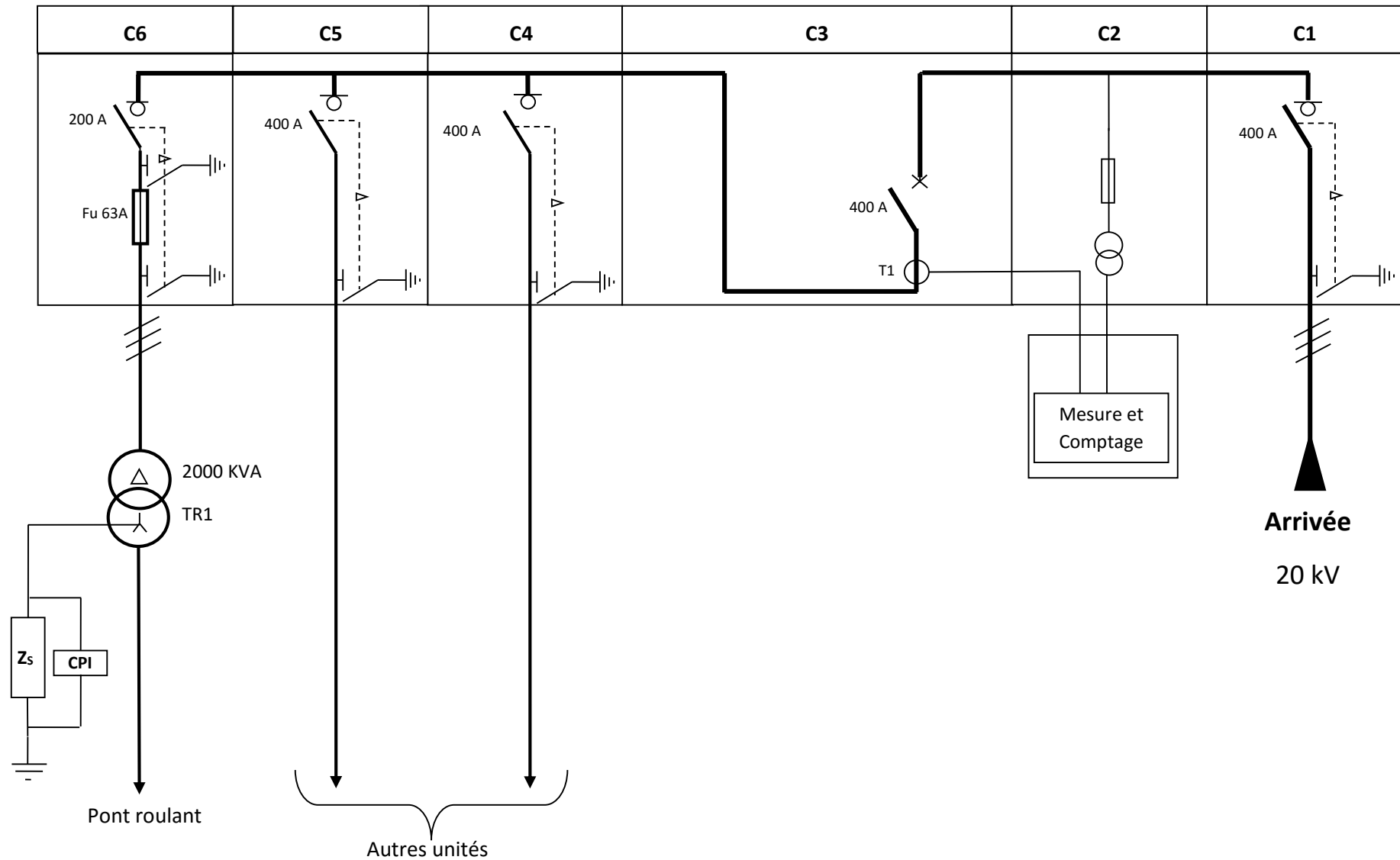


Fig. 6 : Schéma partiel du POSTE DE LIVRAISON HTA Tension de service 20 KV

TR1 : 20 KV/400V

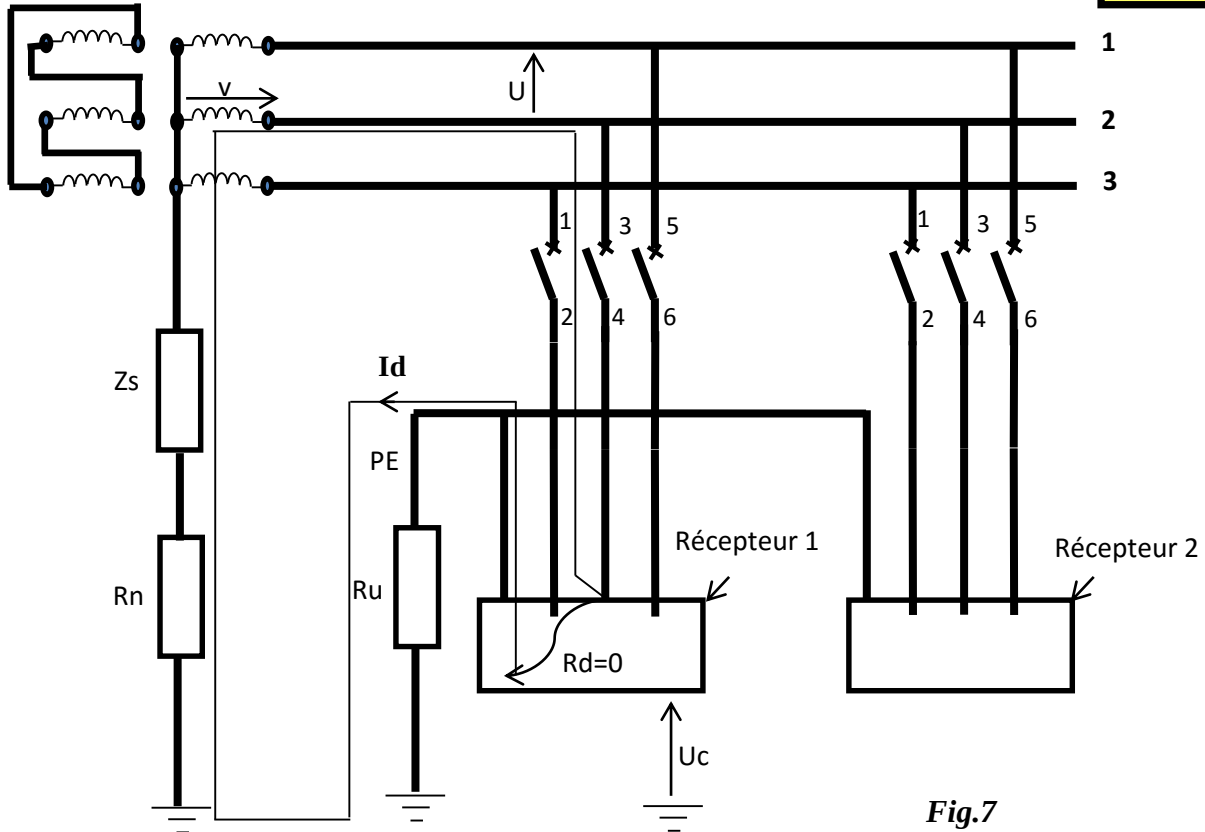


Fig.7

Moteurs asynchrones triphasés fermés – LS –Sélection

IP 55 – 50 Hz – Classe F – ΔT 80 K – 230 V Δ / 400 V Y – S1

4 pôles
1500 min⁻¹

	Puissance nominale 50 Hertz	Vitesse nominale	Moment nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance	Rendement	Courant démarrage / Courant nominal	Masse
	PN kW	N min⁻¹	CN N.m	IN 400V A	Cos φ 100%	η 100%	Io / IN	kg
LS 180 LR	22	1456	144	41,7	0,84	90,7	7,9	112
LS 200 LT	30	1460	196	56,3	0,84	91,5	6,6	165
LS 225 ST	37	1468	241	68,7	0,84	92,5	6,3	205
LS 225 MR	45	1468	293	83,3	0,84	92,8	6,3	235
LS 250 ME	55	1478	355	101	0,84	93,6	7	320
LS 280 SC	75	1478	485	137	0,84	94,2	7,2	380
LS 280 MD	90	1478	581	164	0,84	94,4	7,6	450
LS 315 SP	110	1484	708	197	0,85	94,8	7	670
LS 315 MP	132	1484	849	236	0,85	95	7,6	750

D'après la documentation Leroy Somer

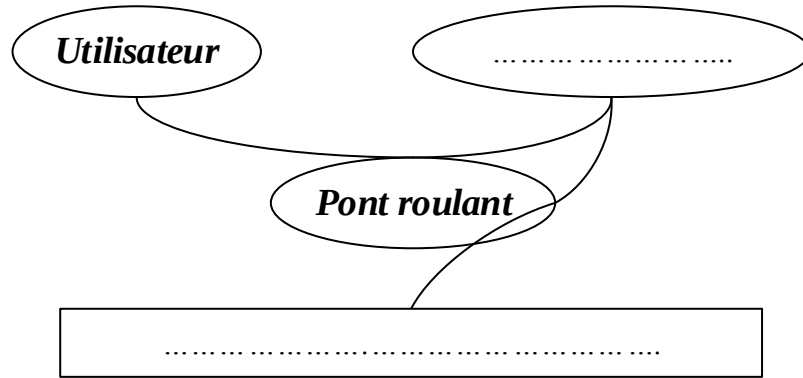
Variateurs de vitesse ATV 58

Applications à couple standard (120 % Cn)

Réseau			Moteur	Altivar 58			
courant de ligne		Icc maxi présumé	Puissance indiquée sur plaque	Courant de sortie perma- nent	Courant transitoire maxi	Puissance dissipée à la charge nominale	Référence à Compléter
à U mini A	à U maxi A			A	A	W	
Tension d'alimentation 380...500 V 50/60 Hz triphasé							
51	41	22	22	44	55	630	ATV 58HD28N4
67	53	22	30	60	66	750	ATV 58HD33N4
82	66	22	37	72	90	910	ATV 58HD46N4
99	79	22	45	85	108	995	ATV 58HD54N4
121	97	22	55	105	127	1205	ATV 58HD64N4
160	130	22	75	138	157	1675	ATV 58HD79N4

D'après la documentation Schneider Electric

Q1.

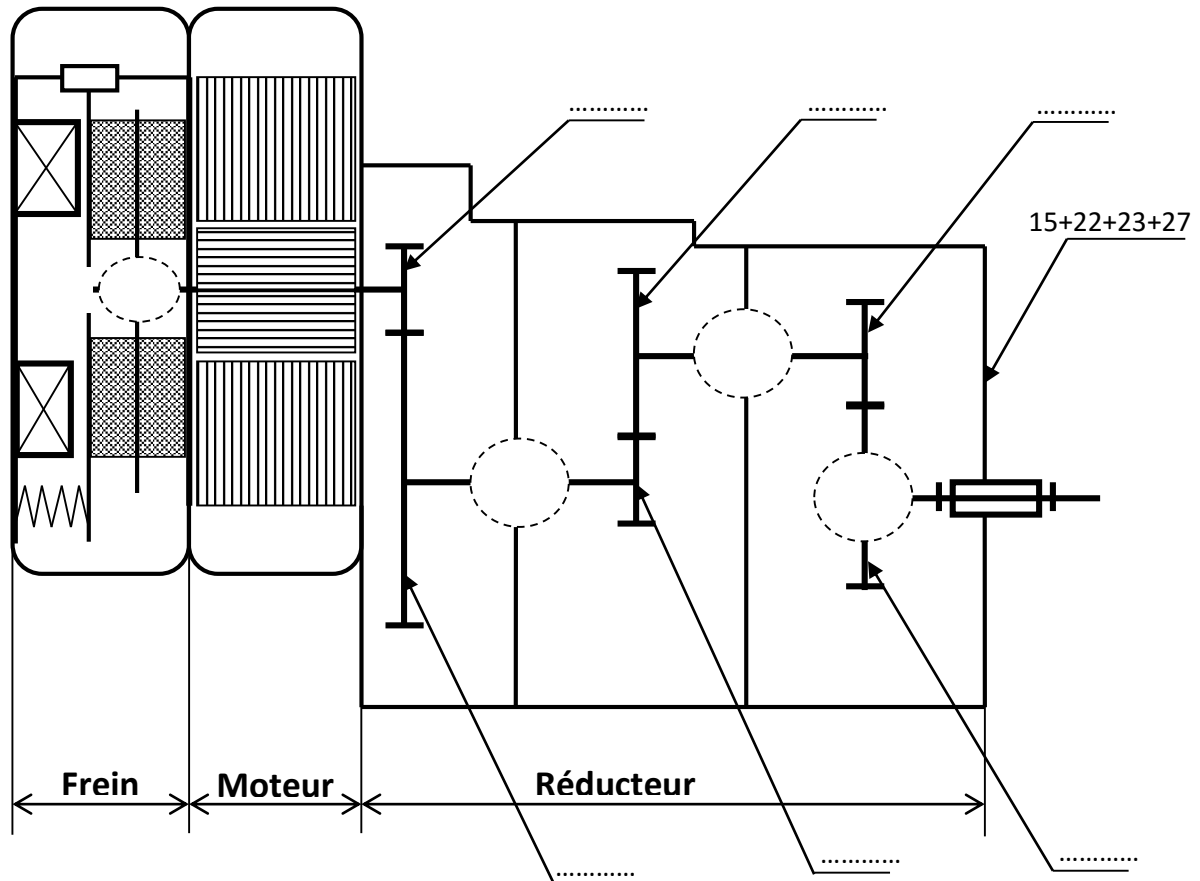


Q2.

Q3.

- FT14 :
- FT22 :
- FT23 :

Q4. Schéma cinématique :



Q5.

- Q6.
.....
- Q7.
.....
- Q8.
.....
.....
- Q9.
.....
.....
- Q10.
.....
.....
- Q11.
.....
- Q12.
.....
- Q13.
.....
- Q14.
.....
.....
- Q15.
.....
.....

Q16.

.....

.....

Q17.

.....

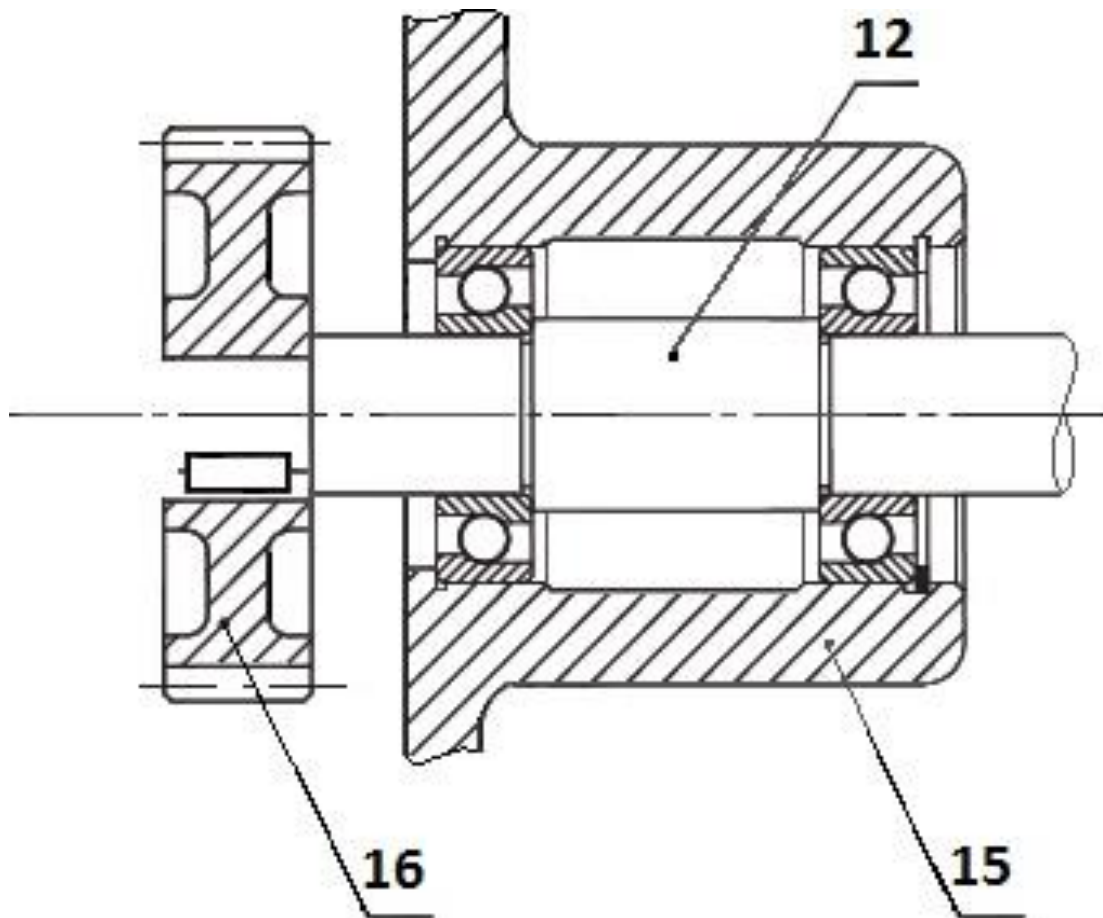
Q18.

.....

Q19.

.....

Q20. .



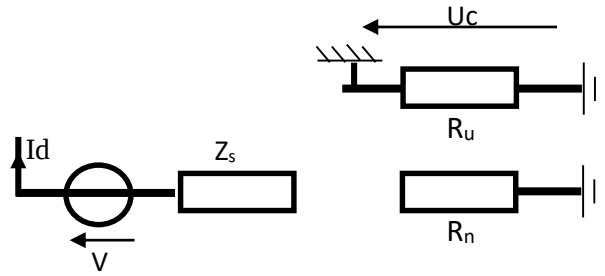
Q21.

Q22.

Q23.

Q24.

Q25.



Q26.

Q27.

Q28.

Q29.

Q30.

☐

Courant nominal

☐

Courant de court-circuit

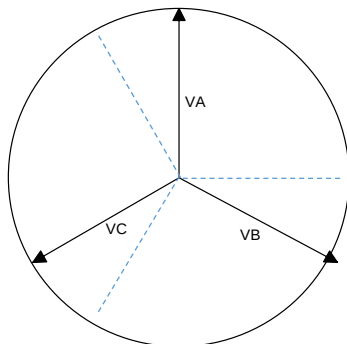
☐

Courant nul

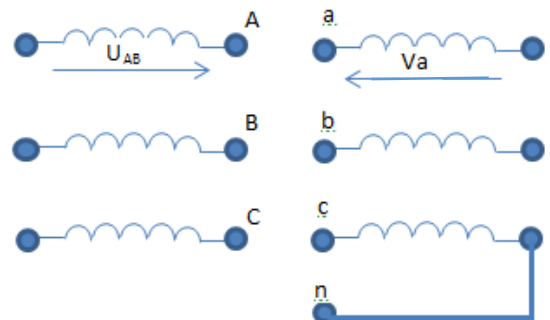
Q31. Tableau à compléter :

Caractéristique	Signification
2000 kVA	
20 kV	
400 V	
D	
y	
n	
11	
Ucc	

Q32.



Q33.



Q34.

Q35.

Référence moteur	C_N (N.m)	I_N (A)	N_N (tr/min)
.....			

Q36.

Q37.

Q38.

Q39.

Q40.

Q41.

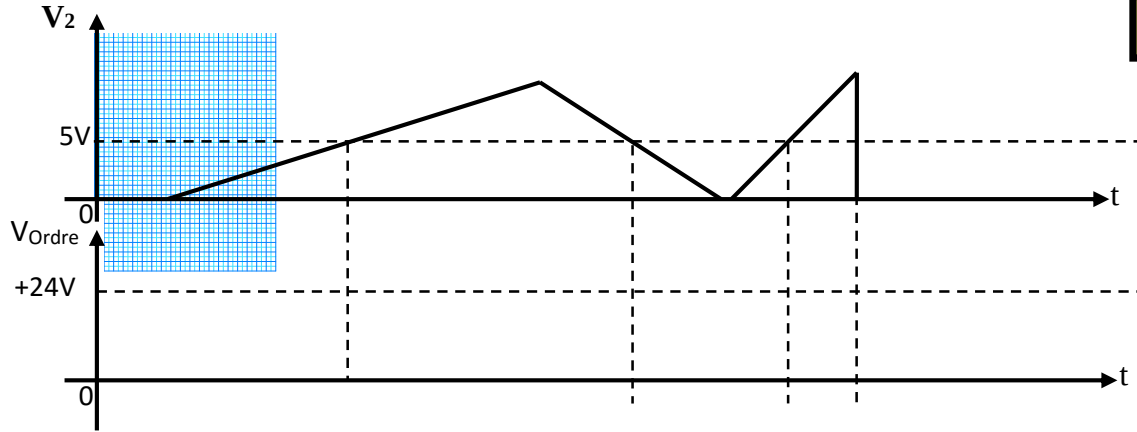
Q42.

Q43.

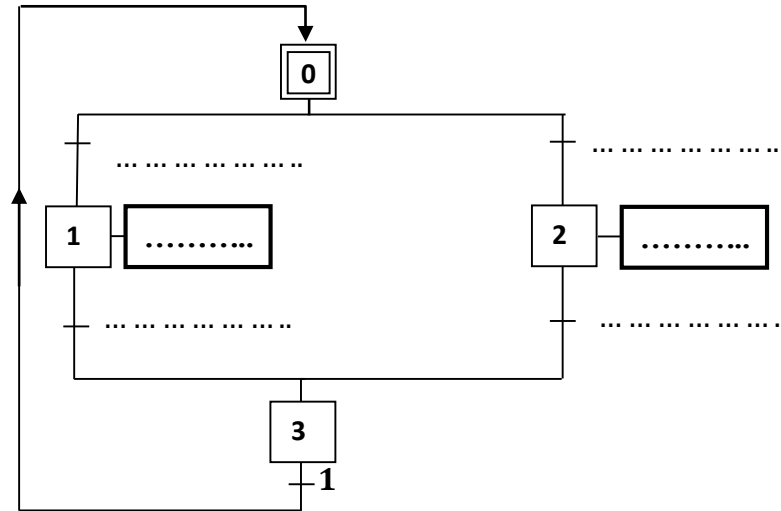
Q44.

Q45.

Q46.

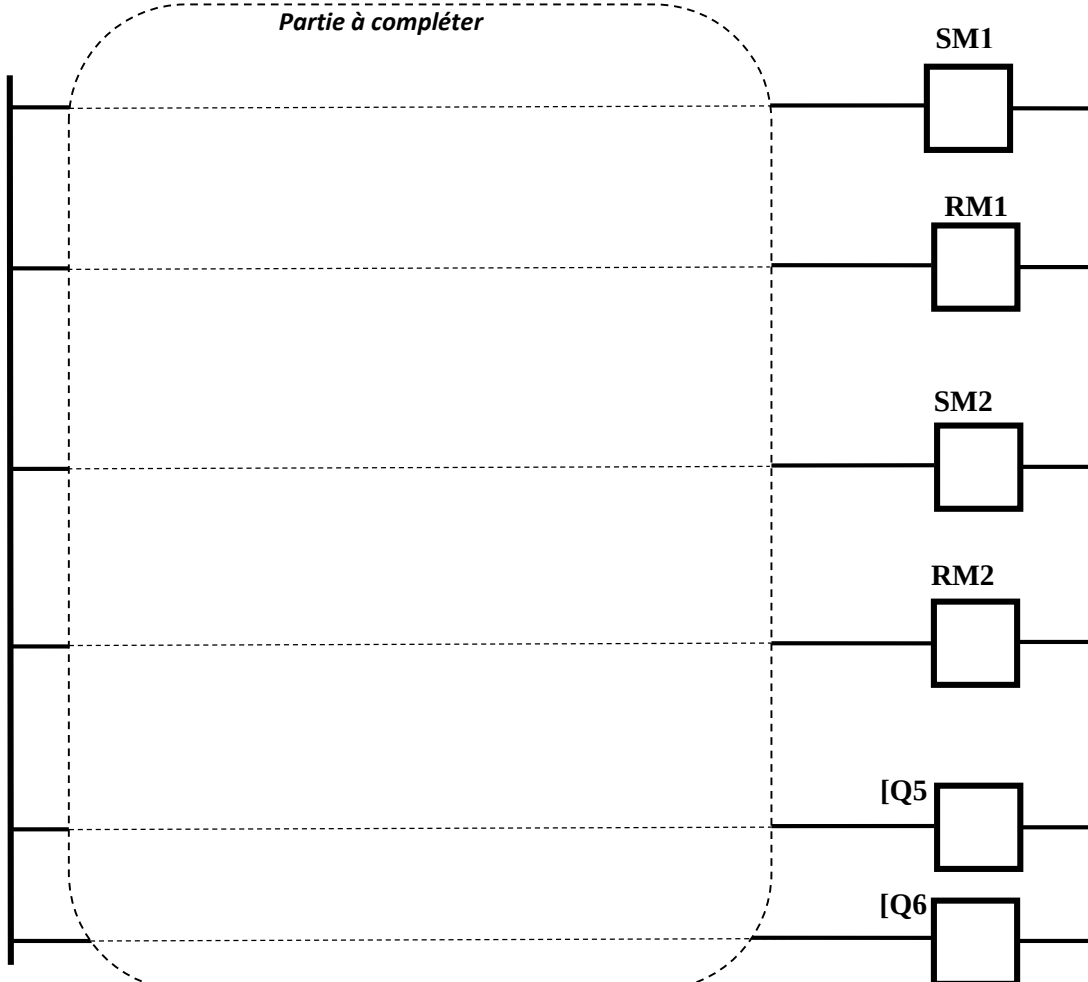


Q47.



Partie à compléter

Q48.



Q5. / 1 point

Assurer le freinage en cas de coupure de l'alimentation électrique.

Q6. / 0,5 point

Assurer l'effort presseur pour le freinage.

Les ressorts 34 poussent les plateaux 32, 31 et 30 contre le corps fixe (4) ; d'où freinage de l'arbre moteur.

Q7. / 0,5 point

02 surfaces (n=2)

Q8. / 1 point

$$a_1 = (d_5 + d_{25})/2 = 90 \text{ mm} \quad d_{25} = 2a - d_5 = 2 \times 90 - 30 = 150 \text{ mm}$$

Expression littérale (0,75 pt) et l'application numérique (0,25 pt)

Q9. / 0,5 point

$$r_1 = d_5/d_{25} = 30/150 = 1/5 \text{ Expression littérale (0,25 pt) et l'application numérique (0,25 pt)}$$

Q10. / 0,75 point

$$N_{29} = N_m \cdot r_1 = 1452 \times 1/5 = 290,4 \text{ tr/min} \text{ Expression littérale (0,5 pt) et l'application numérique (0,25 pt)}$$

Q11. / 0,75 point

$$r_2 = Z_{18}/Z_6 = 35/105 = 1/3 \text{ Expression littérale (0,5 pt) et l'application numérique (0,25 pt)}$$

Q12. / 1,5 point

$$d_{16} = m_t \cdot Z_{16} = m_n \cdot Z_{16} / \cos \beta = 2 \times 32 / \cos 19,75 = 68 \text{ mm} ; r_3 = d_{16}/d_{10} = 34/68 = 1/2$$

Expression littérale (1,25 pt) et l'application numérique (0,25 pt)

Q13. / 0,5 point

$$r_g = r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 = 1/5 \times 1/3 \times 1/2 = 1/30 \text{ Expression littérale (0,25 pt) et l'application numérique (0,25 pt)}$$

Q14. / 0,75 point

$$N_t = N_m \cdot r_g = 1452 \times 1/30 = 48,4 \text{ tr/min} \text{ Expression littérale (0,5 pt) et l'application numérique (0,25 pt)}$$

Q15. / 1 point

$$P_t = F \cdot V = (m_g + m_d) \cdot g \cdot V_{Lmaxi} = (1+2)10^3 \times 10 \times 80 / 60 = 40 \text{ kW}$$

Expression littérale (0,75 pt) et l'application numérique (0,25 pt)

Q16. / 1 point

$$P_m = P_t / (\eta_r \cdot \eta_t), C_m = P_t / (\omega_m \cdot \eta_r \cdot \eta_t) = P_t \cdot 60 / (2\pi N_m \cdot \eta_r \cdot \eta_t) \\ = 40 \times 10^3 \times 60 / (2\pi \times 1452 \times 0,9 \times 0,78) = 374,737 \text{ N.m}$$

Expression littérale (0,75 pt) et l'application numérique (0,25 pt)

Q17. / 1 point

$$C_f = (2/3) \cdot n \cdot N \cdot f \cdot ((R^3 - r^3) / (R^2 - r^2))$$

$$C_f = (2/3) \times 2 \times 3 \times 300 \times 0,65 \times ((300 \times 10^{-3})^3 - (100 \times 10^{-3})^3) / ((300 \times 10^{-3})^2 - (100 \times 10^{-3})^2) = 253,5 \text{ N.m}$$

Q18. / 0,75 point

0,5 pt

0,25 pt

Non car $C_f < C_m$

Q19. / 1 point

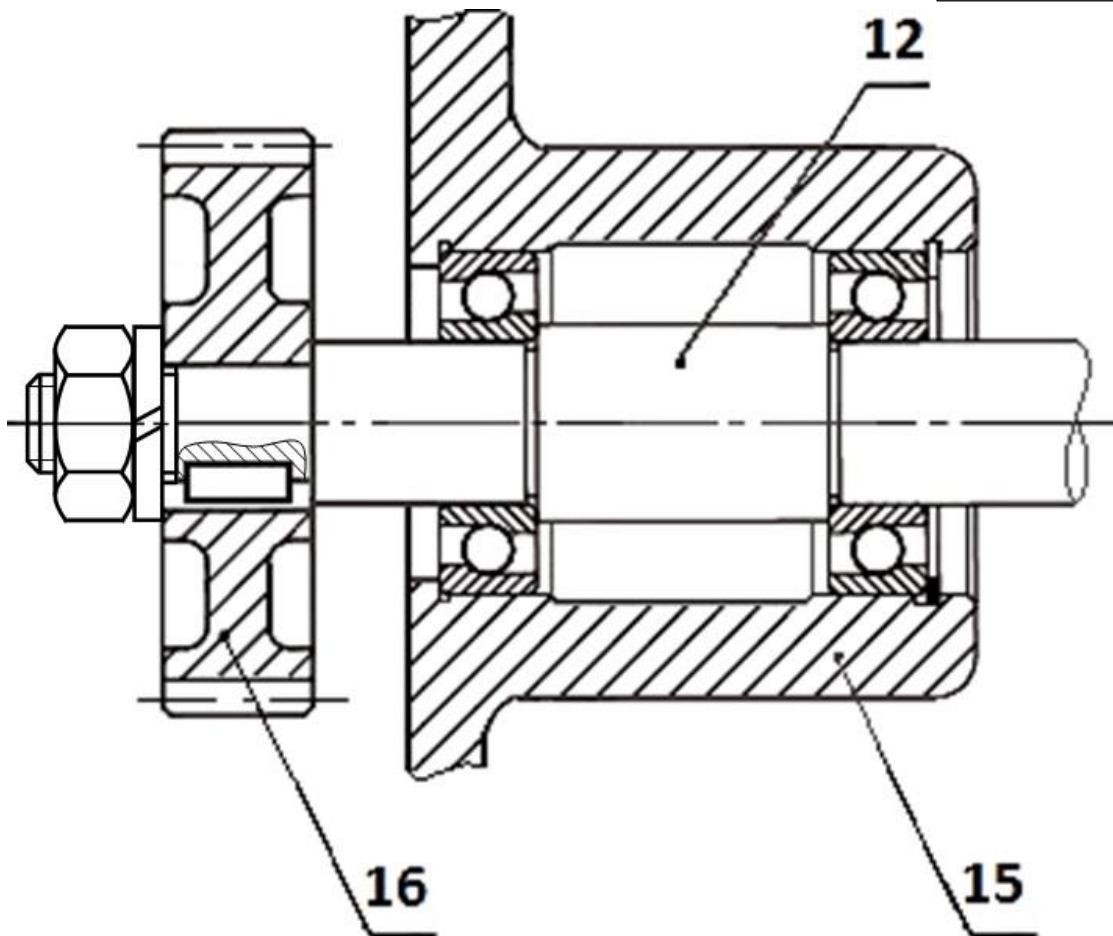
- Les dimensions des disques.
- Le nombre de disques.
- Le coefficient de frottement.
- L'effort presseur.

2x 0,5 pt

Remarque : Le correcteur prendra en considération deux bonnes réponses citées par l'élève.

Q20. / 5 points

- Écrou /1,5 pt
- Coupe partielle /0,5 pt
- Rondelle /1 pt
- Arbre /1pt
- Nette dessin /1 pt



Q21. /2 points

- C'est une alimentation en antenne ou simple dérivation ;
- La tension de service coté haute tension est de 20 kV.

1 pt

1 pt

Q22. /2 points

- Avantage : Installation peu couteuse ;
- Inconvénient : l'alimentation en antenne n'assure pas la continuité de service en cas de coupure.

1 pt

1 pt

Q23. /1 point

- Mesure et comptage en HT.

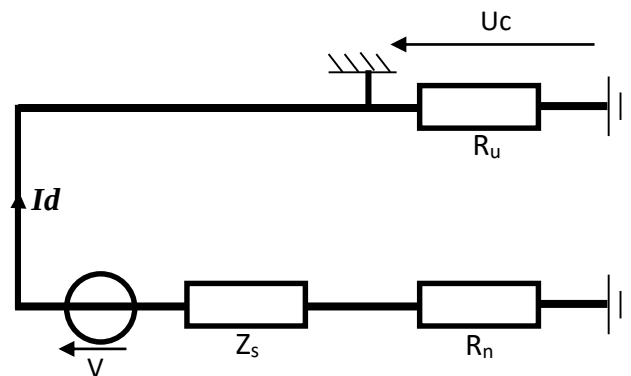
Q24. /2 points

- Régime de neutre IT.
- CPI : permet de contrôler en permanence l'isolement de l'installation.

1 pt

1 pt

Q25. /2 points



Q26. /1 point

$$I_d = V / (Z_s + R_n + R_u).$$

Q27. /1 point

$$I_d = 230 / (2500 + 10 + 10) = 91,27 \text{ mA}.$$

Q28. /1 point

0,5 pt

0,5 pt

$$U_c = R_u \cdot I_d = 91,27 \times 10 = 912,7 \text{ mV}.$$

Q29. /1 point

0,5 pt

0,5 pt

La tension U_c n'est pas dangereuse car U_c est inférieure à U_L .

Q30. /1 point

☐

Courant nominal

☒

Courant de court-circuit

☐

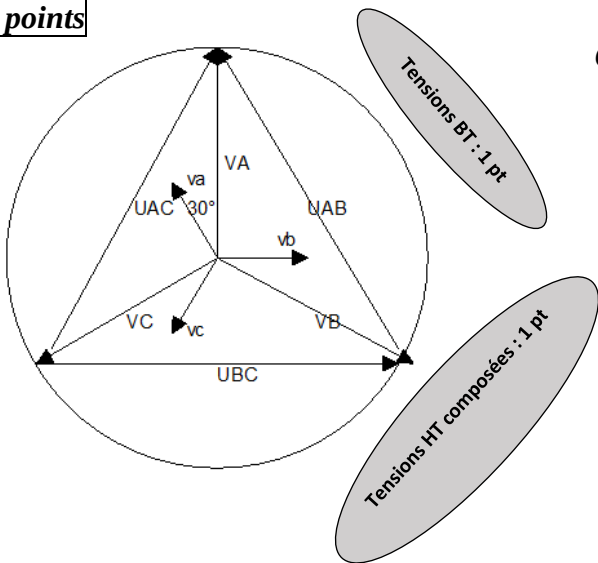
Courant nul

Q31. /2 points

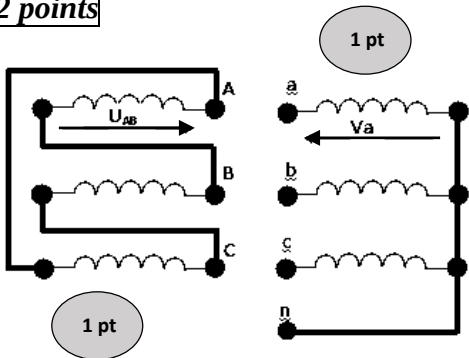
Caractéristiques	Signification
2000 kVA	Puissance apparente
20 kV	Tensions primaire
400 V	Tension secondaire
D	Enroulements primaires sont couplés en triangle
y	Enroulements secondaires sont couplés en étoile
n	Neutre sorti au secondaire
11	Indice horaire
Ucc	Tension de court-circuit.

8 x 0,25 pt

Q32. /2 points



Q33. /2 points



Q34. /1 point

Variateur de vitesse

Q35. /2 points

Référence moteur	C_N (N.m)	I_N (A)	N_N (tr/min)
LS280SC	485	137	1478

Q36. /1 point

Référence du variateur : ATV58HD79N4

Q37. /2 points

50Hz correspond à 80 m/min
 f_{min} correspond à 40 m/min } d'où $f_{min}=25\text{Hz}$

Q38. /2 points

À 25Hz $C=0,95.C_n = 0,95 \times 485 = 460,75 \text{ Nm}$ alors : $C > C_m$
Conclusion : fonctionnement possible à petite vitesse.

Q39. / 2 points

$$V_1 = \ln(14,7 \cdot e^{(3.B - 5,68)}) = (\ln(14,7) + \ln(e^{(3.B - 5,68)})) = 2,68 + (3.B - 5,68) = 3.B - 3$$

$$V_1 = 3.B - 3$$

Q40. / 2 points

1 pt

1 pt

$$V_{1min} = -2,4 \text{ V et } V_{1MAX} = 0 \text{ V}$$

Q41. / 2 points

$$V^- = V_2 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Q42. / 2 points

$$V^+ = \frac{V_1 + V_r}{2}$$

Q43. / 2 points

1 pt

1 pt

$$V^- = \frac{V_1 + V_r}{2} = V_2 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow V_2 = (V_1 + V_r) \cdot \frac{R_1 + R_2}{2 \cdot R_2}$$

Q44. / 1,5 point

- a) pour $V_{1min} = -2,4 \text{ V}$ on a $V_{2min} = 0 \text{ V}$;

b) pour $V_{1MAX} = 0 \text{ V}$ on a $V_{2MAX} = 10 \text{ V}$.

0,75 pt

0,75 pt

Q45. / 3 points

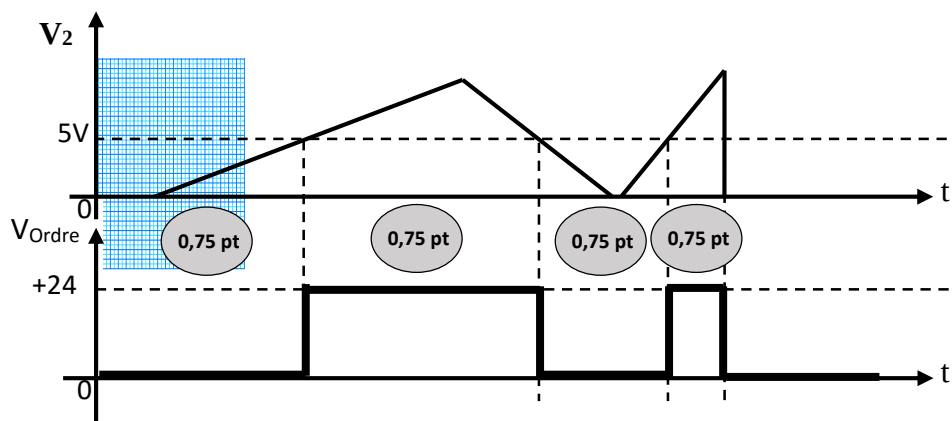
$$V_{ref} = V_{Alim} \frac{R_4}{R_3 + R_4} \Rightarrow R_4 = V_{ref} \frac{R_3 + R_4}{V_{Alim}} = 50 \text{ k}\Omega \text{ et } R_3 = (R_3 + R_4) - R_4 = 190 \text{ k}\Omega$$

1 pt

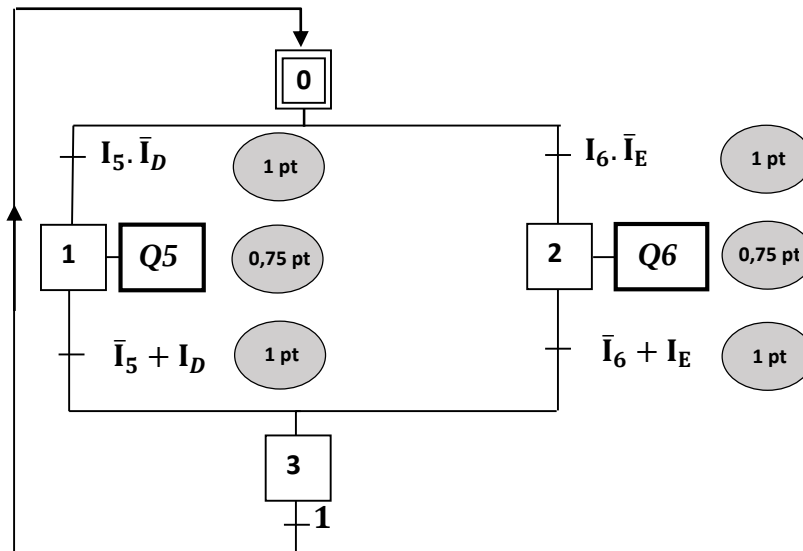
1 pt

1 pt

Q46. / 3 points



Q47. / 5,5 points



Q48. / 5 points

