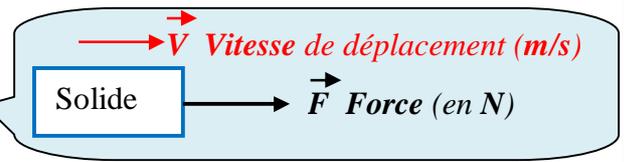


Rappels

Puissances :

Puissance électrique : $P = U.I$

Puissance mécanique (mouvement de translation) : $P = F.V$



Puissance mécanique (mouvement de rotation) : $P = C.\Omega$

Energie : $W = P.t$ ($W.s = j$)

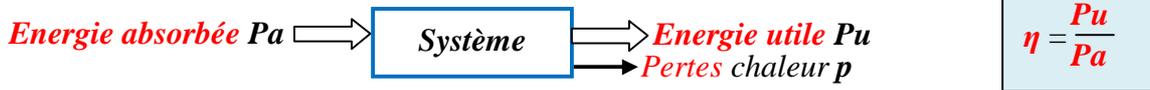


Rendement

Lors d'une transformation d'énergie par un système, il n'y a que deux formes d'énergies.

L'énergie consommée (absorbée) est la forme d'énergie qui se transforme en l'énergie utile.

Le rendement η est défini comme le rapport entre l'énergie utile que délivre un système et l'énergie totale fournie (énergie absorbée) à ce même système :



Activité 1

TD : Energies électriques

Exercice 1 :

1. Quelles sont les différentes sources de production d'énergie électrique ? Pour cela compléter le tableau suivant.

Centrales	Energie primaire
.....
.....
.....

2. Quelle est l'unité de mesure de la quantité d'énergie électrique ?

- Volt Watt Ampère Wattheure

3. La majorité de l'électricité produite au Maroc est issue du nucléaire : Vrai Faux

Exercice 2 : On utilise 6 piles identiques de 1,5 V chacune pour alimenter un radio-CD 9 V - 4,2 W.

1. Comment devra-t-on associer les 6 piles pour obtenir les 9 V souhaités ?

.....

2. Calculer l'intensité du courant I que doivent fournir les piles pour alimenter l'appareil « à plein régime ».

.....

3. Calculer la résistance interne r de l'appareil lorsqu'il fonctionne à sa puissance nominale.

.....

4. Chaque pile à une capacité de 2000 mAh. Calculer le temps t pendant lequel il est possible de faire fonctionner la radio-CD.

.....

Exercice 3 : Décharge anormale de la batterie (Feux qui restent en service)

En position feux de croisement, une voiture consomme :

- Lampe code **55W** x 2
- Veilleuses AV/AR **5W** x 4
- Plaque immatriculation **5W** x 2
- Voyants éclairage tableau de bord : **1,2W** x 6
- Boutons divers éclairés **1,2W** x 6



La tension nominale (tension batterie) est estimée à **12V**.

1/ calculer la puissance totale **P** consommée par l'ensemble des feux :

.....

2/ La capacité de la batterie est exprimée en Ampèreheure (Ah). Elle correspond à la quantité d'électricité qu'elle possède. En dessous de 50% de sa capacité nominale, la capacité de la batterie sera insuffisante pour démarrer le moteur thermique. On suppose que la batterie a ici une capacité nominale de **75 Ah**.

Si la décharge dure **2 h**, est-ce que le moteur va démarrer ?

.....

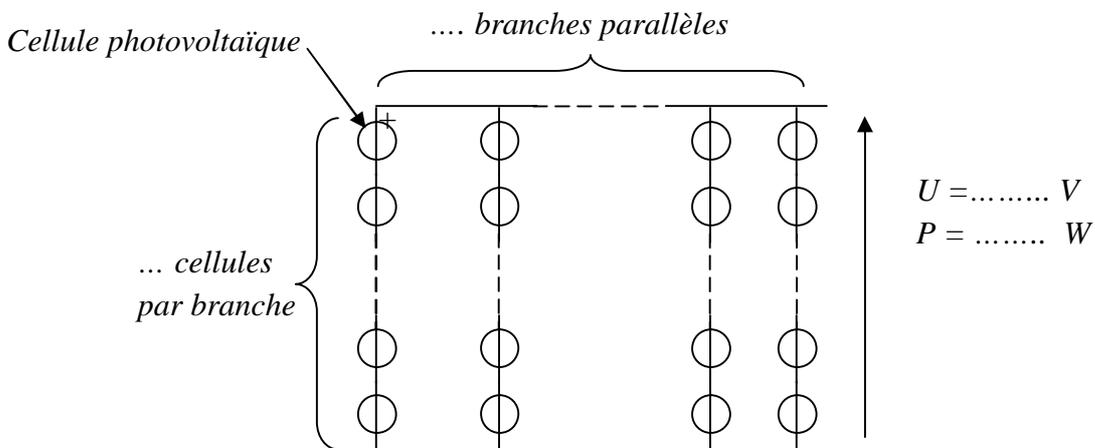
Exercice 4 : Une station d'irrigation est alimentée par cellules solaires. Sachant que la station est constituée par **deux pompes** dont la puissance de chacune est **3 kW** et de rendement **93 %**. La tension d'alimentation nominale est de **100 V** (c'est la tension à fournir au groupe pompe/convertisseur).

Sachant que chaque cellule élémentaire peut fournir une puissance **1W** avec une tension **1.25V** :

1. Quel est le nombre de cellules photovoltaïques à utiliser ?

.....

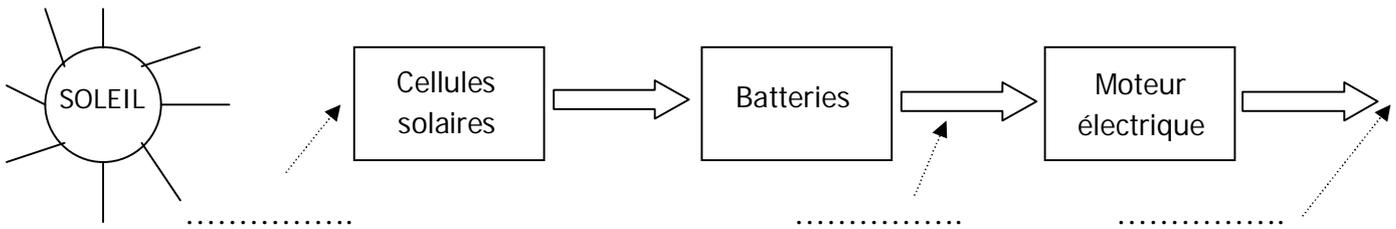
2. Donner un schéma de branchement de ces cellules.



3. Si l'aire d'une cellule est de **5 cm²**. Quelle est l'aire totale **S** en **m²** occupée par le panneau sol ?

.....

Exercice 5: On considère la chaîne de production d'énergie simplifiée suivante :



1. Indiquer sous les trois flèches en pointillé la forme que prend l'énergie.

2. On considère le moteur électrique seul. Sur sa plaque signalétique, on peut lire :

- puissance électrique : $P_e = 100 \text{ W}$.
- rendement : $\eta = 0,95$.

a) Calculer la puissance P_m présente à la sortie du moteur.

b) Sous quelle forme le moteur électrique perd-il de l'énergie ?

c) Calculer la puissance p_m perdue par le moteur électrique.

d) Le rendement de l'ensemble (cellules solaires + batteries) est de **0,6**. Calculer la puissance solaire nécessaire pour avoir une puissance à la sortie du moteur électrique de $P_m = 80 \text{ W}$.

Exercice 6: On se propose de calculer le nombre de panneaux solaires qu'il faut installer pour faire fonctionner une station solaire de pompage d'eau. Un réservoir est ainsi rempli quotidiennement. Cette eau sert à l'irrigation des cultures.

Données :

Volume du réservoir :

$$V_R = 10 \text{ m}^3 ;$$

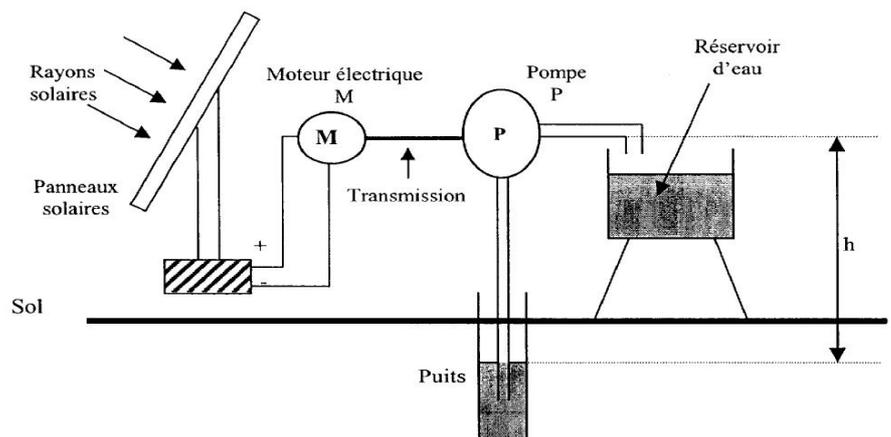
Masse volumique de l'eau :

$$1\,000 \text{ kg/m}^3 ;$$

Hauteur de pompage :

$$h = 9 \text{ m} ;$$

$$g = 10 \text{ N/kg}.$$



1. La masse totale d'eau à remonter vers le réservoir est de **10 tonnes**. Calculer l'énergie utile W_U à fournir (en joule) correspondant à ce déplacement. On donne la relation suivante : $W_U = m g h$. (la masse est exprimée en kg)

2. Sachant que la durée de fonctionnement de la pompe est de **8 heures par jour**, (ce qui correspond à la durée d'ensoleillement), calculer la puissance utile P_{pu} de la pompe.

3. En déduire son rendement η_p sachant que la puissance absorbée P_{pa} par la pompe est de **48 watts**.

.....

4. Calculer la puissance P_{ma} absorbée par le moteur, sachant que son rendement η_m est de 70% et que la puissance utile P_{um} est de **48 W**.

.....

5. Un panneau solaire délivre une puissance de **25 watts**. Calculer le nombre de panneaux N qu'il a fallu placer pour faire fonctionner ce système dans ces conditions.

.....

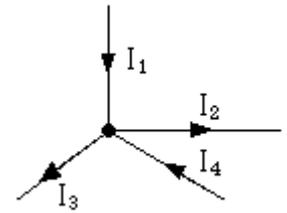
Rappels

Loi des nœuds :

Un nœud est une connexion, qui relie au moins trois fils.

Loi des nœuds : La somme des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des intensités des courants sortant du nœud.

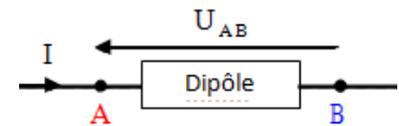
..... =



Généralités sur la tension entre deux points :

U_{AB} représente la tension entre les points A et B ; elle est schématisée par une flèche dont la pointe est tournée vers A.

V_A et V_B ont respectivement les potentiels des points A et B, par rapport à un potentiel de référence (généralement la masse : $V_M = 0V$)

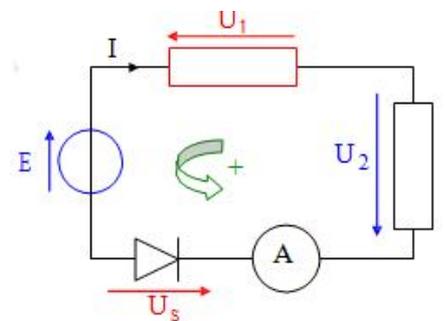


$U_{AB} = \dots\dots\dots$

Loi des mailles :

Une maille est un chemin fermé, passant par différents points d'un circuit électrique. Pour appliquer la loi des mailles, il faut respecter les règles suivantes :

- On choisit un sens de parcours arbitraire de la maille et un point de départ.
- On affecte du signe + les tensions dont la flèche indique le même sens.
- On affecte du signe - les tensions dont la flèche indique le sens contraire.



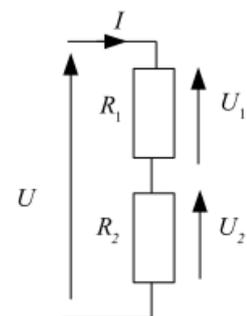
..... = 0

Remarque : La tension électrique aux bornes d'un ampèremètre est toujours faible ; on la considérera comme nulle

Loi du pont diviseur de tension :

L'association de résistances en série forme un pont diviseur de tension. La tension aux bornes d'une résistance est égale au produit de la résistance par la tension totale divisé par la somme des résistances.

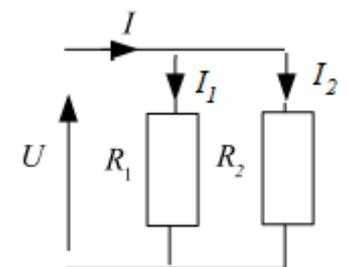
$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ $U_2 = \dots\dots\dots$



Loi du pont diviseur de courant :

L'association de résistances en parallèle forme un pont diviseur de courant. Le courant traversant une résistance est égale au produit de l'autre résistance par le courant total divisé par la somme des résistances.

$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ $I_1 = \dots\dots\dots$



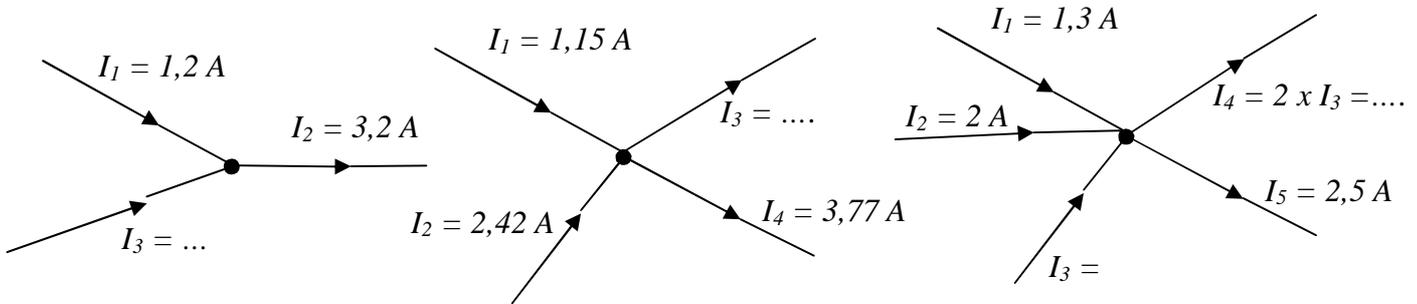
Exercice 1 : On considère une tension U mesurée avec un voltmètre en position mV . Donner la valeur de U en V , puis en μV dans le tableau ci-dessous :

	U en V	U en μV
U_1 mesuré en mV : 307,2
U_2 mesuré en mV : 0,5
U_3 mesuré en mV : $7777 \cdot 10^{-1}$

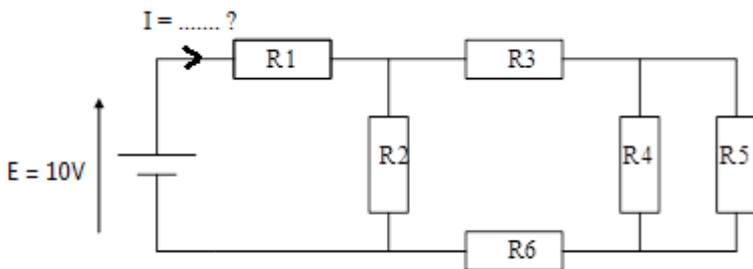
Convertir en mA les courants ci-dessous :

I en A	2 A	0,02 A	200 A
I en mA	.....	.....	.....

Exercice 2 : Dans chaque cas trouver la valeur des courants qui manquent :



Exercice 3 :



- $R1 = 2,5 \text{ k}\Omega$
- $R2 = 3 \text{ k}\Omega$
- $R3 = 1,5 \text{ k}\Omega$
- $R4 = 1,5 \text{ k}\Omega$
- $R5 = 6 \text{ k}\Omega$
- $R6 = 300 \Omega$

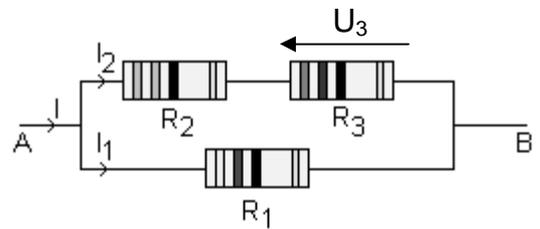
1. Vérifier que la résistance équivalente vue du générateur à l'association de toutes les résistances est $R_{eq} = 4 \text{ k}\Omega$.

2. calculer la valeur du courant I fourni par le générateur E .

Exercice 4 : On réalise le circuit ci-contre où $R_1 = 47 \Omega$,

$R_2 = 33 \Omega$ et $R_3 = 82 \Omega$.

On applique entre les bornes A et B une tension $U_{AB} = 12V$.



1/ Quelle est l'intensité I_1 du courant traversant R_1 ?

.....

2/ Quelle est l'intensité I_2 du courant traversant R_2 ?

.....

3/ En déduire la tension U_3 aux bornes de la résistance R_3 .

.....

4/ Calculer la valeur de l'intensité I du courant dans la branche principale.

.....

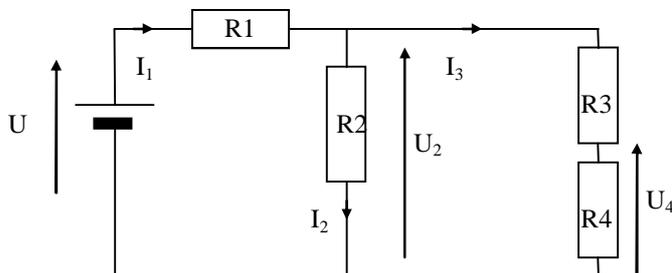
5/ En déduire la valeur de la résistance équivalente R_{eq} du circuit :

.....

6/ Retrouver la valeur de R_{eq} en utilisant les lois d'association des conducteurs ohmiques.

.....

Exercice 5 :



- $R_1 = 100 \Omega$
- $R_2 = 64 \Omega$
- $R_3 = 47 \Omega$
- $R_4 = 10 \Omega$
- $U = 20 V$

1. Calculer R_{234} la résistance équivalente au groupement R_2 , R_3 et R_4 .

.....

.....

.....

.....

.....

2. Exprimer U_2 en fonction de U , R_1 et R_{234} puis calculer U_2 .

.....

.....

.....

3. Exprimer U_4 en fonction de U_2 , R_3 et R_4 puis calculer U_4 .

.....

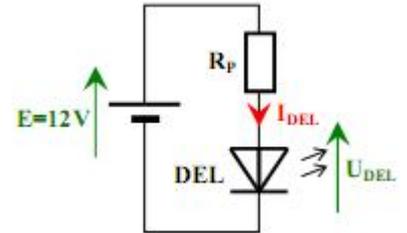
.....

4. Exprimer I_1 en fonction de U , R_1 et R_{234} puis calculer I_1 .

5. Exprimer I_3 en fonction de I_1 , R_2 , R_3 et R_4 puis calculer I_3 .

Exercice 6 : On désire alimenter une diode électroluminescente (LED ou DEL) avec une batterie de voiture (12V). Le régime de fonctionnement souhaité pour la DEL est $I_{DEL} = 10 \text{ mA}$ et $U_{DEL} = 2 \text{ V}$.

On utilisera une résistance R_P branchée en série pour limiter le courant dans la DEL (schéma ci-contre):



1) Calculer la valeur de R_P et la puissance P qu'elle dissipe :

2) Choisir R_P dans la série E_{12} et donner sa puissance normalisée :

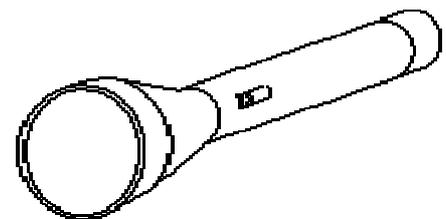
Valeurs normalisées

E_{12}	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82
----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

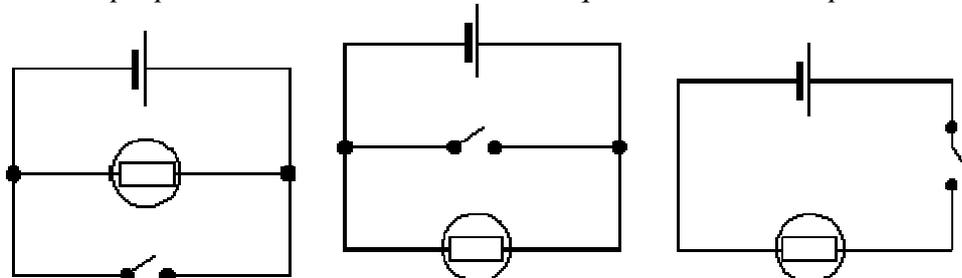
Puissances normalisées (W)	1/8	1/4	1/2	1	2	3	4
----------------------------	-----	-----	-----	---	---	---	---

Exercice 7 : On souhaite étudier le fonctionnement d'une lampe torche. On dispose pour cela :

- d'une pile,
- d'une lampe,
- de fils conducteurs,
- d'un interrupteur.



I. Parmi les trois schémas proposés ci-dessous, entourer celui qui modélise la lampe torche.



II. Une fois le circuit réalisé et l'interrupteur fermé, la lampe ne brille pas. On décide donc de tester le circuit pour expliquer ce dysfonctionnement.

I. Premier test : mesure de l'intensité

a) Quel appareil de mesure doit-on utiliser ?

b) Reproduire le schéma choisi précédemment en plaçant cet appareil de mesure.

2. Deuxième test : mesure de la tension

a) Quel appareil de mesure doit-on utiliser ?

b) Ajouter cet appareil sur le schéma précédent.

3. Résultat des mesures : intensité $I = 0,3 \text{ A}$ et tension $U = 1,2 \text{ V}$.

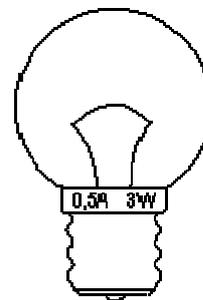
a) Calculer la puissance consommée P par la lampe lors des mesures.

b) En observant les caractéristiques de la lampe, dire pourquoi elle ne brille pas.

4. Remède : quelle solution peut être envisagée pour que la lampe brille normalement.

Cocher la bonne réponse.

- Changer l'interrupteur.
- Mettre une lampe de plus forte puissance.
- Changer les fils.
- Changer la pile.



Activité 3

Exercices à résoudre : Grandeurs électriques

Exercice 1 : Une installation électrique isolée est alimentée sous 220 V par un générateur électrique de courant continu. Elle comporte les appareils suivants :

- un fer à repasser de 800 W ;
- un sèche-cheveux de 650 W ;
- un moteur d'appareil électroménager de 350 W ;
- dix lampes marquées 60 W ;
- une machine à laver de 2 KW .

1- Calculer l'intensité du courant I qui passe dans la ligne si tous les appareils de l'installation fonctionnent en même temps.

2- Calculer le coût de 5 heures de fonctionnement, en admettant que 1 KWh est facturé $0,90 \text{ dirhams}$.

Exercice 2: Pour alimenter une lampe (6V , 100 mA), on utilise une alimentation stabilisée réglable de 0 à 30 V .

1. Faire un schéma du montage à réaliser pour relever la tension aux bornes de la lampe.

On dispose des calibres suivants : 100 mV , 200 mV , $0,5 \text{ V}$, 1 V , 5 V , 10 V , 20 V , 220 V .

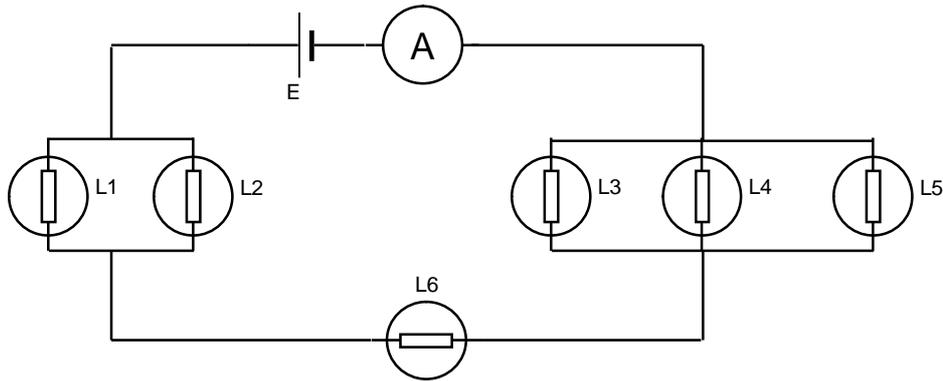
2. Quel calibre choisissez-vous ? Justifier.

3. L'alimentation stabilisée ne fonctionne pas. On se propose d'utiliser un générateur qui délivre une tension fixe de 15 volts . Calculer la valeur de la résistance de protection à mettre en série avec la lampe pour qu'elle fonctionne dans les conditions nominales ?

4. Choisir le conducteur ohmique le mieux adapté parmi les valeurs normalisées des résistances suivantes :

47 , $1\text{W} - 100 \Omega$, $0,5 \text{ W} - 100 \Omega$, $1\text{W} - 220 \Omega$, 1W .

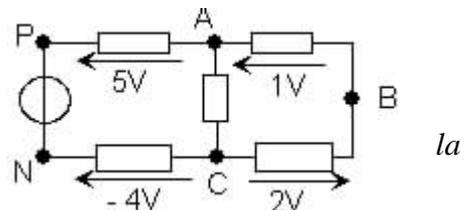
Exercice 3 : L'ampèremètre indique $0,3\text{ A}$ et toutes les lampes sont identiques.



1. Flécher sur le schéma le courant principal et les courants traversant chaque lampe.
2. Calculer la valeur de l'intensité du courant qui traverse chaque lampe.
3. Toutes les lampes éclaireront-elles de la même manière ?

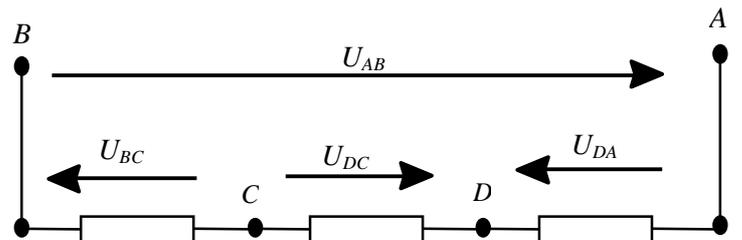
Exercice 4 : on considère le circuit du schéma ci-contre :

1. Ecrire U_{AC} en fonction de U_{AB} et U_{BC} . Calculer sa valeur.
2. Calculer la valeur de U_{PN} en utilisant la loi des mailles.
3. Représenter U_{PN} par une flèche. Vérifier la loi des mailles pour maille (PABCN)



Exercice 5 :

- 1/ Ecrire la loi des mailles et déterminer U_{AB} en fonction des autres tensions de la maille
- 2/ Si le point **B** est relié à la masse, quelle est la valeur du potentiel électrique au point **B** ?
- 3/ En déduire les valeurs des potentiels électriques de tous les points du circuit.



Données : $U_{DA} = -6\text{ V}$; $U_{DC} = 10\text{ V}$ et $U_{BC} = -8\text{ V}$

Exercice 6 : Soit le schéma structurel ci-dessous :

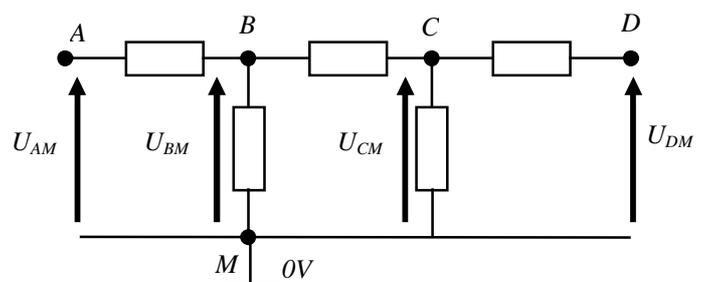
En déduire les tensions U_{AB} , U_{BC} et U_{CD} .

Données : $U_{AM} = 5\text{ V}$

$U_{BM} = 3\text{ V}$

$U_{CM} = 4\text{ V}$

$U_{DM} = 6\text{ V}$



Exercice 7 :

1. Indiquer à côté de chaque flèche la tension qu'elle représente.
2. Quelle est celle qui est nulle ?
3. Combien peut-on définir de mailles dans ce circuit ?
4. Ecrire la loi des mailles pour quatre d'entre elles.

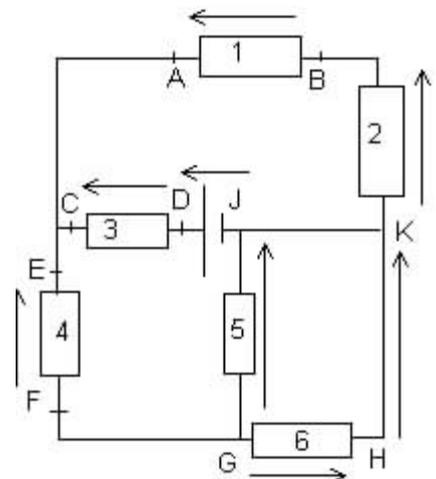
On donne : $U_{DJ} = 24\text{ V}$

$U_{CD} = -5\text{ V}$

$U_{AB} = 12\text{ V}$

$U_{HG} = -2\text{ V}$

5. Calculer les valeurs de toutes les autres tensions représentées.



Exercice 8 :

$E = 20 \text{ V}$

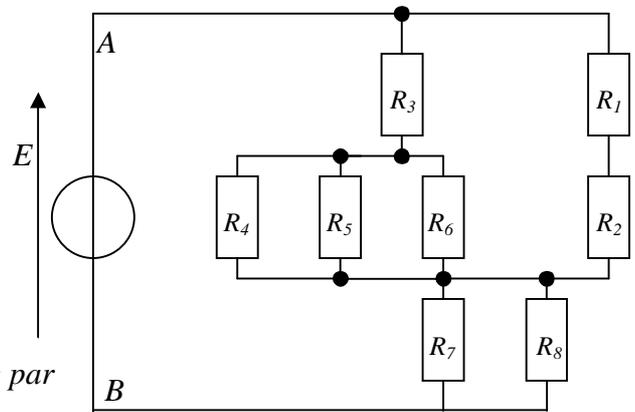
$R_1 = R_7 = 1 \text{ k}\Omega$

$R_2 = R_4 = 2.2 \text{ k}\Omega$

$R_3 = R_5 = R_8 = 3.3 \text{ k}\Omega$

$R_6 = 4.7 \text{ k}\Omega$

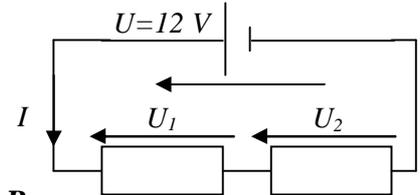
1. Calculer la résistance équivalente entre le point A et B.
2. En déduire, la valeur de l'intensité I du courant débitée par le générateur.



Exercice 9 : Soit le circuit ci-contre dont $R_1 = 20 \Omega$ et

$R_2 = 30 \Omega$

1. Calculer la résistance équivalente R_{eq} à R_1 et R_2 .
2. Exprimer l'intensité I du courant en fonction de R_{eq} et U , puis de R_1 et R_2 .
3. Calculer I .
4. Exprimer les tensions aux bornes de chaque résistance en fonction de U , R_1 et R_2 et calculer U_1 et U_2 .



Exercice 10 : Compléter le tableau :

$\rho (10^{-8} \Omega m)$	2.7	5.9	.....	1.7
L	3 km	.....	50 m	15 km
S	3 mm ²	2 mm ²	0.6 mm ²	1 cm ²
$R (\Omega)$	.....	17	80	.....

Exercice 11 : Quelle doit être la section s (en mm²) d'un fil de fer ($\rho = 8.5 \times 10^{-8} \Omega m$) pour que sa résistance soit de 0.5Ω par mètre ?

Exercice 12 : Un résistor bobiné est constitué par 25 m de fil en maillechort ($\rho = 30 \times 10^{-8} \Omega m$) de section $1 \times 10^{-6} m^2$. Calculer le courant I à travers ce résistor sous une tension de 48 V.

Exercice 13 : L'élément chauffant d'un radiateur de 1 kW, 220 V est un fil de diamètre 0.7 mm et de résistivité $100 \times 10^{-9} \Omega m$. Calculer :

- a) le courant dans le radiateur.
- b) la résistance de l'élément chauffant.
- c) la longueur de fil utilisé.

Exercice 14 : Une lampe à incandescence, de 150 W, 220 V, fonctionnant sous sa tension nominale, Calculer : a) l'intensité du courant dans cette lampe. b) la résistance de son filament.

Exercice 15 : Combien de temps a fonctionné un four de 3 kW en consommant 15 kWh ?

Exercice 16 : Compléter le tableau (vous devez détailler les calculs)

U	230 V	14V	.....
R	50 Ω	.....	47 Ω
P	.....	0.78 kW	2 W

R	.....	1 M Ω	15 Ω
I	0.1 A	2 mA	.....
P	10 W	.....	3 kW

4) Pour éviter un claquage intempestif du fusible **F1** à l'allumage de la lampe de projection, on calibre celui-ci à environ **10 fois** l'intensité du courant au primaire du transformateur. Parmi les valeurs suivantes, choisir celle qui convient : **0,5 A ; 1 A ; 5 A ; 10 A**.

.....

.....

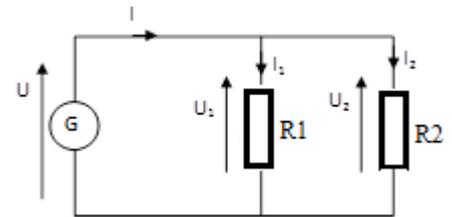
Activité 5 — TP : Appareils de mesure et mise en évidence de lois en électricité —

Le but de cette séance est de retrouver des lois simples qui existent entre les courants d'une part et les tensions d'autre part. Ce sera à vous de les retrouver à partir de l'expérience.

PARTIE 1 : Mesure de l'intensité du courant électrique

Soit le montage suivant, composé d'une alimentation, de conducteurs et de résistances.

1.1. Modifier le schéma ci-après en y intégrant les appareils de mesure permettant de mesurer les intensités indiquées sur le schéma.



.....

.....

.....

.....

.....

1.2. Réaliser le montage et compléter le tableau de mesures suivant.

I (mesuré)				I ₁ (mesuré)				I ₂ (mesuré)			
Lecture	Calibre	Echelle	Valeur	L	C	E	V	L	C	E	V

1.3. Comparer U₁ et U₂.

U₁ = U₂ = donc :

1.4. Comparer les valeurs des intensités mesurées I, I₁, et I₂ entre elles. Vérifier en particulier la relation qui existe entre I, I₁ et I₂.

.....

.....

.....

.....

PARTIE 2 : Mesure de la tension électrique

Soit maintenant le montage ci-contre.

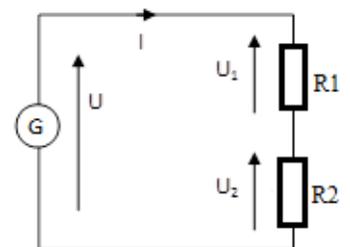
2.1. Modifier le schéma en y intégrant les appareils de mesure permettant de mesurer les grandeurs indiquées sur le schéma.

.....

.....

.....

.....



2.2. Réaliser le montage et compléter le tableau de mesures ci-dessous.

U (mesurée)				U_1 (mesurée)				U_2 (mesurée)			
L	C	E	V	L	C	E	V	L	C	E	V

2.3. Comparer les valeurs des tensions mesurées U , U_1 , U_2 entre elles. Vérifier en particulier la relation qui existe entre U , U_1 et U_2 .

PARTIE 3 : Mesure de résistance à l'aide d'un ohmmètre numérique :

3.1. Mesurer à l'aide du multimètre la valeur de la résistance à disposition.

Résistances	R_1	R_2	R_3	R_4
Couleurs

3.2. Quelle est la valeur nominale de cette résistance donnée par le code des couleurs (voir rappel sur le code des couleurs) ? Donner la valeur nominale de cette résistance sous forme d'un encadrement en tenant compte de la tolérance.

Résistances	R_1	R_2	R_3	R_4
Valeur nominale
Tolérance
Valeur réelle

3.3. La valeur mesurée à l'ohmmètre est-elle en accord avec la valeur nominale ?

Résistances	R_1	R_2	R_3	R_4
Valeur nominale
Valeur mesurée

PARTIE 4 : Mesure de la puissance électrique

4.1. Faire un schéma de montage permettant de mesurer I ; U ; P pour une lampe à incandescence aux bornes d'une source alternative 230 V.

4.2. Faire vérifier le montage. Mesurer U ; I ; P . (Compléter le tableau ci-dessous).

U (mesurée)				I (mesuré)				P (mesurée)			
L	C	E	V	L	C	E	V	L	C	E	V

4.3. Comparer P et UI

Activité 6

Questions de cours

1. Qu'est-ce qui fait que l'énergie électrique est dangereuse?

.....

2. Donner la définition d'une électrocution? D'une Electrification?

.....

.....

3. Quels sont les deux paramètres qui vont avoir une influence sur les conséquences d'un contact électrique?

.....

.....

4. Qu'est-ce qu'un contact direct? Un contact indirect?

.....

.....

5. Quelles sont les tensions de sécurité:

.....

.....

6. A quelle intensité se produit l'arrêt cardiaque?

.....

Activité 7

TD : protection des personnes

Exercice 1 : Dans une habitation avec locaux mouillés et une résistance de la prise de terre de 37Ω .

Quelle devra être la sensibilité du disjoncteur différentiel à utiliser ?

.....

.....

Exercice 2 : Dans une habitation avec locaux mouillés, on place un disjoncteur différentiel ayant une sensibilité de 500 mA . Quelle devra être la résistance de la prise de terre ? Peut-on augmenter cette résistance de terre ?

.....

.....

Exercice 3 : A l'arrivée d'une installation électrique, on observe la présence d'un disjoncteur différentiel de 650 mA . La tension de sécurité étant de 50 V (local sec), quelle peut être la valeur maximale de la résistance de terre de cette installation ?

.....

.....

Exercice 4 : Dans une boulangerie, la résistance de la prise de terre est de 40Ω et le disjoncteur à l'arrivée du secteur a une sensibilité du différentiel résiduel de 500 mA . Quelle sera la tension à laquelle seront portées les masses en cas de défaut.

.....

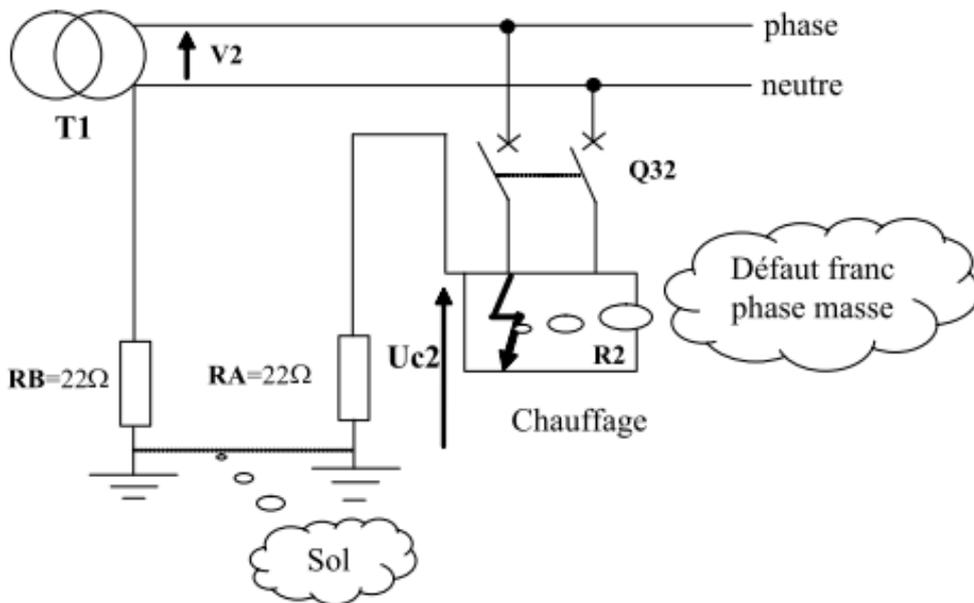
.....

Exercice 5 : A l'arrivée d'une installation électrique, on a placé un disjoncteur 320 mA (dispositif différentiel résiduel). Donner la valeur de la résistance maximale de la prise de terre en local humide.

.....

.....

Exercice 6 : Le schéma électrique peut être simplifié de la façon suivante :



1/ Flécher sur le schéma le parcours du courant de défaut i_d si $Q32$ est fermé. Établir l'expression littérale du courant de défaut I_d :

.....

2/ Calculer I_d :

.....

3/ Établir l'expression littérale de la tension de contact U_{c2} :

.....

4/ Calculer U_{c2} :

.....

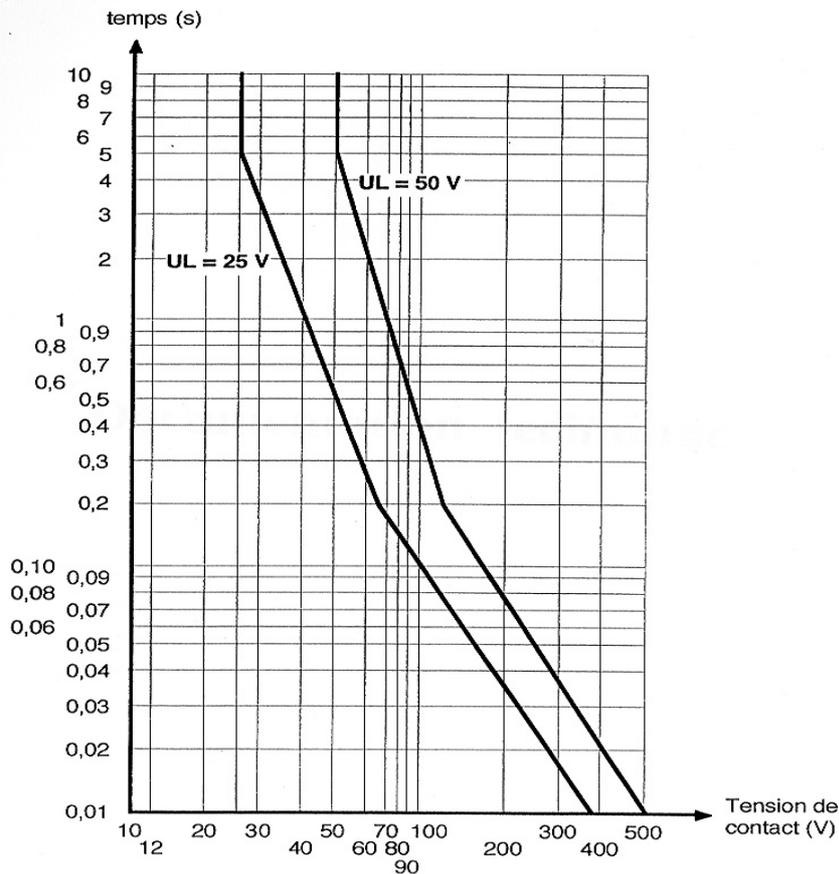
5/ Cette tension est-elle dangereuse sachant que nous sommes dans un local humide ? Justifier la réponse :

.....

6/ En vous aidant des courbes de sécurité sur la protection des personnes (ci-dessous), déterminer le temps maximum de contact :

.....

Courbes de sécurité



Exercice 7 : En manipulant une « rallonge » en mauvais état dans sa cave très humide, une personne « touche » l'un des conducteurs dénudés.

1. Y aura-t-il électrisation, électrocution, défaut de court-circuit, défaut d'écoulement à la terre ?

.....

2. Quelle serait la tension de contact ?

.....

3. Quel devrait être le temps de coupure de l'appareil de protection ?

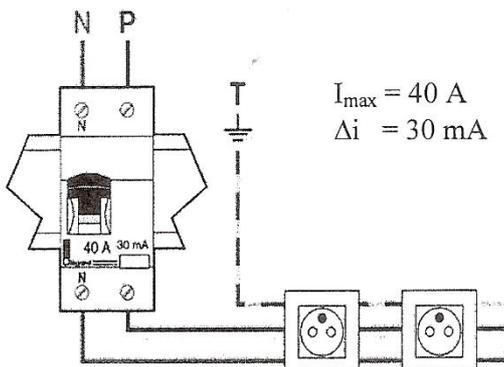
.....

4. Quelles seraient les caractéristiques de l'appareil de protection qui serait nécessaire ?

.....

Exercice 8 : Sur le schéma, les 2 prises sont protégées par un disjoncteur différentiel.

Parmi les affirmations suivantes, cocher celles qui sont correctes.

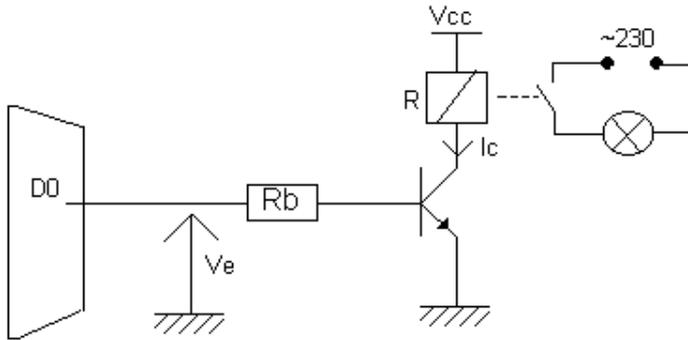


- Un disjoncteur coupe le courant en cas de court-circuit
- Le disjoncteur différentiel nécessite une installation triphasée.
- Le disjoncteur différentiel détecte les courants de fuite.
- Le disjoncteur différentiel coupe le courant s'il détecte un courant de fuite de plus de 30 mA.
- Un disjoncteur 40 A coupe le courant s'il est traversé par un courant de plus de 40 A.

Activité 8

TD : Transistor en commutation

Exercice 1 : On souhaite commander une lampe à partir de la sortie parallèle du PC



On donne :

- $V_{cc} = 10 \text{ V}$
- $R = 100 \Omega$ (résistance du relais)
- $V_{cesat} = 0.1 \text{ V}$
- $V_{besat} = 0.7 \text{ V}$
- $V_e = 5 \text{ V}$
- $\beta = 100$

1- Placer V_{be} , V_{ce} et I_b sur le schéma.

2- Calculer la valeur de I_c (sachant que $I_c = \beta \cdot I_b$)

3- En déduire la valeur de I_b

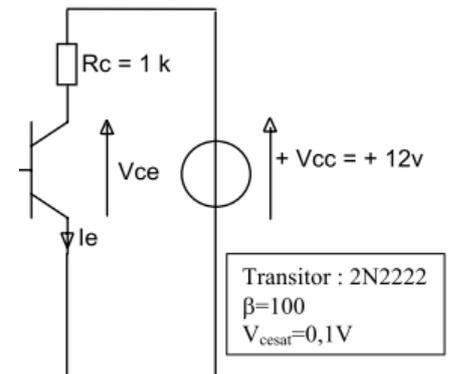
4- Calculer R_b .

5- Justifier le rôle du transistor sachant que le courant délivré par la sortie du port parallèle ne peut excéder une quinzaine de milliampère.

Exercice 2 :

1. Flécher les courants I_b et I_c .

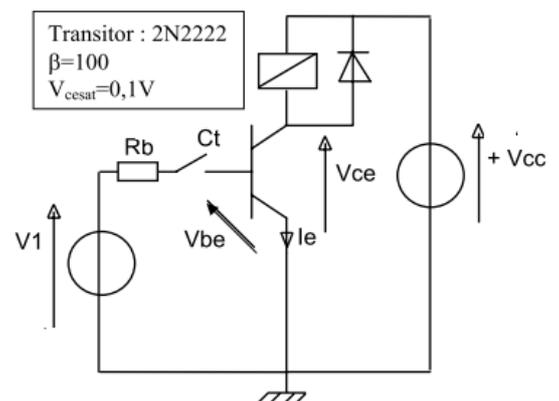
2. Calculer l'intensité de courant de base minimale, I_b mini, qui permet de saturer le transistor en rappelant dans un premier temps la condition de saturation :



Exercice 3 : Le transistor du montage ci-contre fonctionne en commutation. ($V_1 = 5\text{V}$ et $V_{cc} = 24\text{V}$).

Dans son circuit de collecteur est placée la bobine d'un relais NO de résistance $R = 100 \Omega$.

1. Calculer le courant circulant dans la bobine du relais lorsqu'elle est alimentée sous 24 V .



2. Quel est alors l'état de fonctionnement du transistor ?

3. Le contact C_t est-il ouvert ou fermé ?

4. Quel est l'état du contact du relais ?

5. Déterminer le courant I_b nécessaire pour saturer le transistor. En déduire la valeur de la résistance de base R_b .

Exercice 4 : Sachant que $V_1 = 5\text{ V}$ et $V_{cc} = 15\text{ V}$.

1. Exprimer I_c en fonction de V_{cc} , V_{cesat} et R_c . En déduire la valeur de I_{csat} .

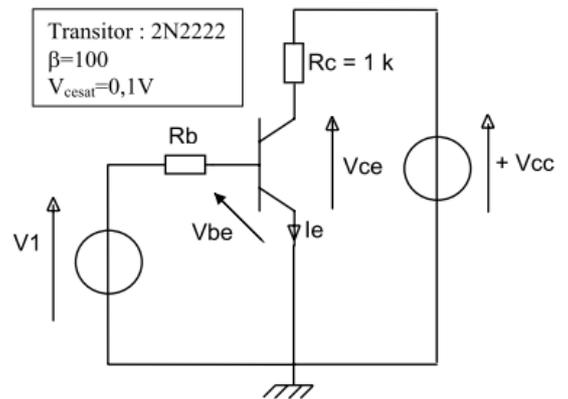
2. En déduire $I_{b_{mini}}$.

3. Exprimer $R_{b_{maxi}}$ en fonction de V_1 , V_{besat} et $I_{b_{mini}}$.

4. En déduire la valeur de R_b .

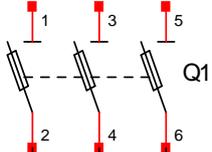
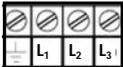
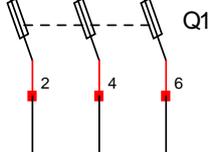
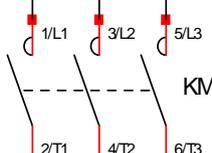
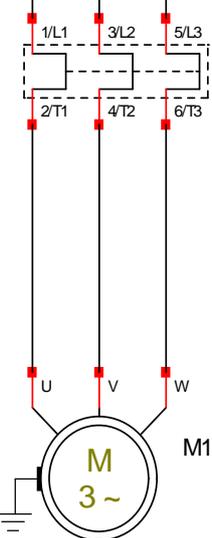
5. A l'aide du tableau de valeurs normalisées donner la valeur normalisée de R_b dans la série **E12**.

6. Le transistor est-il bloqué ou saturé? En déduire le schéma équivalent.



Rappels

Départ moteur

CIRCUIT DE PUISSANCE	APPAREILLAGES	FONCTION
		<p>Réseau électrique triphasé : 400V – 50Hz</p> <ul style="list-style-type: none"> Fonction : alimenter en énergie électrique le moteur.
		<p>Sectionneur</p> <ul style="list-style-type: none"> Fonction : séparer l'équipement de la source. Il est muni de cartouches fusibles afin de protéger l'équipement contre les surintensités. Pouvoir de coupure nul (se manœuvre uniquement à vide). Choix en fonction du courant de ligne.
		<p>Contacteur</p> <ul style="list-style-type: none"> Fonction : commander la puissance (en tout ou rien) Choix en fonction : <ul style="list-style-type: none"> La catégorie d'emploi. Du courant de ligne. Catégories d'emploi, les plus utilisées : <ul style="list-style-type: none"> AC1 : alternatif, $\cos \varphi \geq 0,95$ (exemple chauffage par résistances). Pouvoir de fermeture I_N, pouvoir de coupure I_N AC3 : alternatif, MAS à cage arrêt moteur lancé. Pouvoir de fermeture $7 I_N$, pouvoir de coupure I_N.
		<p>Relais thermique</p> <ul style="list-style-type: none"> Fonction : protéger le moteur contre les surcharges. <ul style="list-style-type: none"> Si le relais thermique est différentiel, il protège aussi contre les déséquilibres (absence d'une phase) Si le relais thermique est compensé, alors il est insensible à la température ambiante. Choix en fonction du courant nominal du moteur. Réglage : courant nominal du moteur. Remarque : le relais thermique est obligatoirement associé à un contacteur, il coupe l'alimentation de la bobine du contacteur en cas de surcharge du moteur. L'ensemble contacteur relais thermique s'appelle discontacteur.
		<p>Moteur asynchrone triphasé</p> <p>C'est l'actionneur électrique.</p> <ul style="list-style-type: none"> Fonction : permet de donner l'action à l'effecteur.

Activité 9

TD - Choix de l'appareillage pour départ moteur

OBJECTIF TERMINAL :

Être capable de déterminer et choisir tous les composants nécessaires au circuit électrique permettant le démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé.

Le choix des composants du circuit de puissance dépend du matériel pour lequel l'installation est prévue :

I. MOTEUR ET LES DONNEES IMPORTANTES :

Sur la plaque signalétique, différents éléments sont importants pour déterminer et choisir les composants du circuit de puissance de l'installation :

La tension avec laquelle le moteur va être alimenté (réseau disponible dans l'atelier dans lequel se trouvera le moteur) ; le couplage à déterminer en fonction de la tension d'alimentation du moteur ; l'intensité nominale du moteur en fonction du couplage et de sa tension d'alimentation.

II. CIRCUIT DE PUISSANCE :

La méthode choisie pour déterminer les composants du circuit de puissance permet en fonction des éléments recueillis sur la plaque signalétique de choisir les composants dans l'ordre suivant :

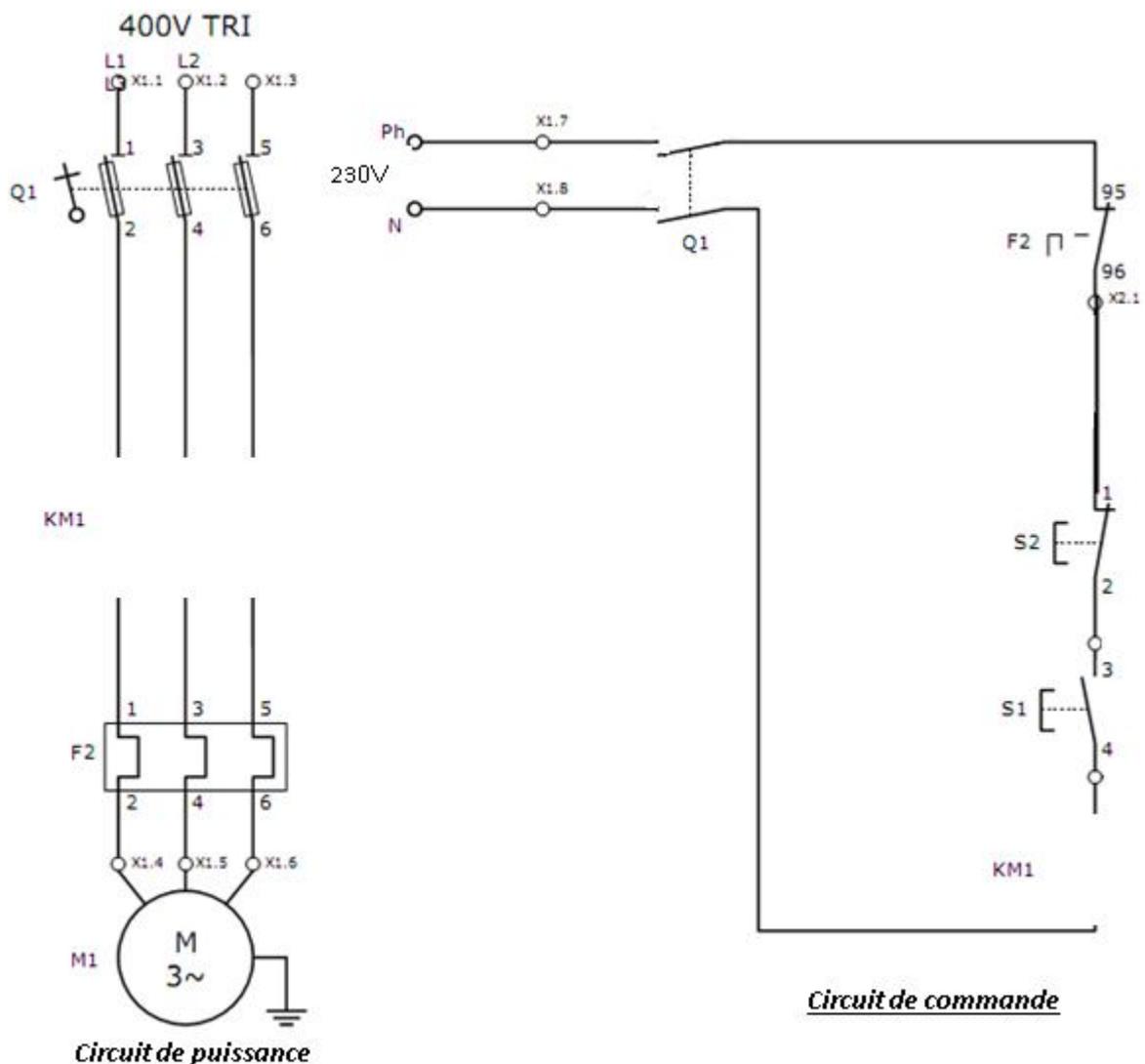
- relais thermique ;
- contacteur ;
- fusibles et sectionneur porte-fusibles.

III. ÉTUDE DE CAS :

Il faut réaliser les circuits de puissance et de commande permettant le démarrage direct à un sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé.

Le réseau d'alimentation de l'atelier dans lequel va être installé le moteur est : **triphase 400V**.

2) Compléter les schémas électriques ci-dessous (en insérant les éléments du contacteur) :



1) Plaque signalétique du moteur :

LS	LEROY	MOT. 3~	LS80 L	T	
	SOMER	N° 734570	BJ 002	kg 9	
IP 55	I cl.F	40°C	S1		
V	Hz	min ⁻¹	kW	cosφ	A
Δ 220	50	2780	0,75	0,86	3,3
Y 380					1,9
Δ 230	50	2800	0,75	0,83	3,3
Y 400					1,9
Δ 240	50	2825	0,75	0,80	3,3
Y 415					1,9

IV. CHOIX DU RELAIS THERMIQUE :

Le relais thermique est prévu pour protéger le moteur contre des surcharges en régime établi et des déséquilibres ou coupures de phase.

Le choix du relais thermique s'effectue à partir de l'intensité nominale de fonctionnement du moteur et des données constructeurs (Schneider).

Indiquer le couplage du moteur

Indiquer l'intensité nominale du moteur

.....



.....

1) Surligner la ligne correspondant au relais thermique correspondant à l'installation :

Relais de protection thermique différentiels à associer à des fusibles

Relais de protection thermique : - compensés, à réarmement manuel ou automatique,
- avec visualisation du déclenchement,
- pour courant alternatif ou continu.

Zone de réglage du relais	Fusibles à associer au relais choisi			Pour montage sous contacteur		Référence	Masse kg
	Type	aM	gG	BS88	LC1			LP1
A	A	A	A				
Classe 10 A (1)							
0,10...0,16	0,25	2	-	D09...D38	D09...D32	LR2-D1301 (2)	0,165
0,16...0,25	0,5	2	-	D09...D38	D09...D32	LR2-D1302 (2)	0,165
0,25...0,40	1	2	-	D09...D38	D09...D32	LR2-D1303 (2)	0,165
0,40...0,63	1	2	-	D09...D38	D09...D32	LR2-D1304 (2)	0,165
0,63...1	2	4	-	D09...D38	D09...D32	LR2-D1305 (2)	0,165
1...1,6	2	4	6	D09...D38	D09...D32	LR2-D1306 (2)	0,165
1,6...2,5	4	6	10	D09...D38	D09...D32	LR2-D1307 (2)	0,165
2,5...4	6	10	16	D09...D38	D09...D32	LR2-D1308 (2)	0,165
4...6	8	16	16	D09...D38	D09...D32	LR2-D1310 (2)	0,165
5,5...8	12	20	20	D09...D38	D09...D32	LR2-D1312 (2)	0,165
7...10	12	20	20	D09...D38	D09...D32	LR2-D1314 (2)	0,165
9...13	16	25	25	D12...D38	D12...D32	LR2-D1316 (2)	0,165
12...18	20	35	32	D18...D38	D18...D32	LR2-D1321 (2)	0,165
17...25	25	50	50	D25...D38	D25 et D32	LR2-D1322 (2)	0,165
23...32	40	63	63	D25...D38	D25 et D32	LR2-D2353 (2)	0,320
30...40	40	80	80	D32 et D38	D32	LR2-D2355 (2)	0,320
17...25	25	50	50	D40...D95	D40...D80	LR2-D3322	0,510
23...32	40	63	63	D40...D95	D40...D80	LR2-D3353	0,510
30...40	40	100	80	D40...D95	D40...D80	LR2-D3355	0,510
37...50	63	100	100	D50...D95	D50...D80	LR2-D3357	0,510
48...65	63	100	100	D50...D95	D50...D80	LR2-D3359	0,510
55...70	80	125	125	D65...D95	D65 et D80	LR2-D3361	0,510
63...80	80	125	125	D80 et D95	D80	LR2-D3363	0,510
80...104	100	160	160	D95	-	LR2-D3365	0,510
80...104	125	200	160	D115 et D150	-	LR2-D4365	0,900
95...120	125	224	200	D115 et D150	-	LR2-D4367	0,900
110...140	160	250	200	D150	-	LR2-D4369	0,900



LR2-D13ii



LR2-D23ii

2) Indiquer la référence du relais thermique ainsi choisi:

LR2 -

Une fois le relais thermique choisi, le tableau nous permet aussi de déterminer la série de contacteur moteur à associer ainsi que les fusibles.

3) Indiquer la série de contacteurs associables au relais thermique choisi pour le type indiqué :

LCI :

LPI :

V. CHOIX DU CONTACTEUR MOTEUR :

Le contacteur moteur se détermine en fonction :

- de la série de contacteurs possibles (relatif au relais thermique) ;
- de la puissance du moteur ;
- du nombre de contacts auxiliaires nécessaires :

Nombre de contacts auxiliaires :

- de la tension d'alimentation de la bobine :

Tension d'alimentation de la bobine :

1) Déterminer le contacteur à associer, surligner la référence de base :

Contacteurs tripolaires avec raccordement pour câbles avec ou sans embout

Puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3								Courant assigné d'emploi en AC-3 440V jusqu'à	Contacts auxiliaires instantanés	Référence de base à compléter par le repère de la tension (2) Fixation(1)	Masse	
220V kW	380V kW	415V kW	440V kW	500V kW	660V kW	1000V kW	A					Tensions usuelles	kg
2,2	4	4	4	5,5	5,5	-	9	-	-	<u>LC1-D0900</u>	B7 E7 F7 P7 V7	0,340
								1	-	LC1-D0910	B7 E7 F7 P7 V7	0,340
								-	1	LC1-D0901	B7 E7 F7 P7 V7	0,340
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5	-	12	-	-	<u>LC1-D1200</u>	B7 E7 F7 P7 V7	0,345
								1	-	LC1-D1210	B7 E7 F7 P7 V7	0,345
								-	1	LC1-D1201	B7 E7 F7 P7 V7	0,345
4	7,5	9	9	10	10	-	18	-	-	<u>LC1-D1800</u>	B7 E7 F7 P7 V7	0,355
								1	-	LC1-D1810	B7 E7 F7 P7 V7	0,365
								-	1	LC1-D1801	B7 E7 F7 P7 V7	0,365
5,5	11	11	11	15	15	-	25	-	-	<u>LC1-D2500</u>	B7 E7 F7 P7 V7	0,400
								1	-	LC1-D2510	B7 E7 F7 P7 V7	0,530
								-	1	LC1-D2501	B7 E7 F7 P7 V7	0,530
7,5	15	15	15	18,5	18,5	-	32	-	-	<u>LC1-D3200</u>	B7 E7 F7 P7 V7	0,545
								1	-	LC1-D3210	B7 E7 F7 P7 V7	0,555
								-	1	LC1-D3201	B7 E7 F7 P7 V7	0,555
9	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	-	38	1	-	<u>LC1-D3810</u>	B7 E7 F7 P7 V7	0,555
								-	1	LC1-D3801	B7 E7 F7 P7 V7	0,555
11	18,5	22	22	22	30	22	40	1	1	<u>LC1-D4011</u>	B5 E5 F5 P5 V5	1,400
15	22	25	30	30	33	30	50	1	1	<u>LC1-D5011</u>	B5 E5 F5 P5 V5	1,400
18,5	30	37	37	37	37	37	65	1	1	<u>LC1-D6511</u>	B5 E5 F5 P5 V5	1,400
22	37	45	45	55	45	45	80	1	1	<u>LC1-D8011</u>	B5 E5 F5 P5 V5	1,590
25	45	45	45	55	45	45	95	1	1	<u>LC1-D9511</u>	B5 E5 F5 P5 V5	1,610
30	55	59	59	75	80	75	115	-	-	<u>LC1-D11500</u>	B5 E5 F5 P5 V5	2,420
40	75	80	80	90	100	90	150	-	-	<u>LC1-D15000</u>	B7 E7 F7 P7 V7	2,440

2) Compléter la référence de base avec la référence des tensions usuelles déterminées par la tension d'alimentation de la bobine :

Volts	24	42	48	110	115	220	230	240	380	400	415	440	500	660
LC1-D09...D115														
50 Hz	B5	D5	E5	F5	-	M5	P5	U5	Q5	V5	N5	R5	S5	Y5
60 Hz	B6	D6	E6	F6	-	M6	-	U6	Q6	-	-	R6	-	-
LC1-D09...D150 (bobines D115 et D150 antiparasitées d'origine)														
50/60 Hz	B7	D7	E7	F7	FE7	M7	P7	U7	Q7	V7	N7	R7	-	-

Autres tensions de 24 à 660 V, voir pages 24017/2 à 24017/5.

LCI.....

VI. CHOIX DES FUSIBLES ET DU SECTIONNEUR PORTE-FUSIBLES :

Les fusibles imposent le choix du sectionneur porte-fusibles dans lequel ils vont être installés, de par :

- le calibre des fusibles ;
- la taille des fusibles.
- Les fusibles et le sectionneur porte-fusibles vont donc être choisis en parallèle.

VI.1. Fusibles

Le fusible est prévu pour protéger le moteur contre les court-circuits, les fortes surcharges de courte durée

Type aM : protection des appareils à fortes pointes d'intensité (moteur, électro de frein, etc.)

Type gl/gG : protection des circuits sans pointe de courant importante (chauffage, etc.).

Cartouches fusibles sans percuteur

Cartouches fusibles Type aM		Type gl/gG	
Tension assignée maximale	Calibre en A Référence unitaire	Masse kg	Calibre en A Référence unitaire Masse kg

Cartouches fusibles cylindriques 8,5 x 31,5 pour porte-fusibles DF6-AB08 (1)

~ 380 V	1	DF2-BA0100	0,010	1	DF2-BN0100	0,010
	2	DF2-BA0200	0,010	2	DF2-BN0200	0,010
	4	DF2-BA0400	0,010	4	DF2-BN0400	0,010
	6	DF2-BA0600	0,010	6	DF2-BN0600	0,010
	8	DF2-BA0800	0,010	8	DF2-BN0800	0,010
	10	DF2-BA1000	0,010	10	DF2-BN1000	0,010
				12	DF2-BN1200 (4)	0,010
				16	DF2-BN1600 (4)	0,010
				20	DF2-BN2000 (4)	0,010

Cartouches fusibles cylindriques 10 x 38 pour sectionneurs LS1-D et porte-fusibles DF6-AB10 (1)

~ 500 V	0,16	DF2-CA001	0,010				
	0,25	DF2-CA002	0,010				
	0,50	DF2-CA005	0,010				
	1	DF2-CA01	0,010				
	2	DF2-CA02	0,010	2	DF2-CN02	0,010	
	4	DF2-CA04	0,010	4	DF2-CN04	0,010	
	6	DF2-CA06	0,010	6	DF2-CN06	0,010	
	8	DF2-CA08	0,010	8	DF2-CN08	0,010	
	10	DF2-CA10	0,010	10	DF2-CN10	0,010	
	12	DF2-CA12	0,010	12	DF2-CN12 (4)	0,010	
	16	DF2-CA16 (4)	0,010	16	DF2-CN16 (4)	0,010	
	20	DF2-CA20 (4)	0,010	20	DF2-CN20 (4)	0,010	
	~ 400 V	25	DF2-CA25 (4)	0,010	25	DF2-CN25 (4)	0,010
					32	DF2-CN32 (4)	0,010

Cartouches fusibles cylindriques 14 x 51 pour sectionneurs et porte-fusibles GK1-E (1)

~ 660 V	0,25	DF2-EA002	0,020			
	0,50	DF2-EA005	0,020			
	1	DF2-EA01	0,020			
	2	DF2-EA02	0,020			
	4	DF2-EA04	0,020	4	DF2-EN04	0,020
	6	DF2-EA06	0,020	6	DF2-EN06	0,020
	8	DF2-EA08	0,020			
	10	DF2-EA10	0,020	10	DF2-EN10	0,020
	12	DF2-EA12	0,020			
	16	DF2-EA16	0,020	16	DF2-EN16	0,020
~ 500 V	20	DF2-EA20	0,020	20	DF2-EN20	0,020
	25	DF2-EA25	0,020	25	DF2-EN25	0,020
	32	DF2-EA32 (4)	0,020	32	DF2-EN32 (4)	0,020
	40	DF2-EA40 (4)	0,020	40	DF2-EN40 (4)	0,020
~ 400 V	50	DF2-EA50 (4)	0,020			

1) Indiquer le type de fusibles à associer à un moteur :

2) Préciser le calibre du fusible indiqué dans le tableau de choix du relais thermique :

3) Indiquer le nombre de fusibles à associer ainsi que la référence :

Nombre : Référence :

VI.2. Sectionneur porte-fusibles :

Le sectionnement sépare et isole un circuit ou un appareil du reste de l'installation électrique. Ceci permet de garantir la sécurité des personnes ayant à intervenir sur l'installation électrique pour entretien ou réparation.

1) Indiquer le calibre du sectionneur porte-fusibles à associer (voir tableau) :

2) Donner la référence du sectionneur porte-fusibles :

Blocs nus tripolaires

Calibre	Taille des cartouches fusibles	Nombre de contacts de pré coupure (1)	Dispositif contre la marche en monophasé (2)	Référence	Masse kg
25 A	10 x 38	1	Sans	LS1-D2531A65 (3)	0,240
		2	Sans	LS1-D253A65 (3)	0,240
50 A	14 x 51	1	Sans	GK1-EK (4)	0,430
			Avec	GK1-EV (4)	0,470
		2	Sans	GK1-ES (4)	0,470
			Avec	GK1-EW (4)	0,510
80 A	22 x 58	1	Sans	DK1-FB23	1,200
			Avec	DK1-FB28	1,200
		2	Sans	DK1-FB13	1,200
			Avec	DK1-FB18	1,200
125 A	22 x 58	1	Sans	DK1-GB23	1,250
			Avec	DK1-GB28	1,250
		2	Sans	DK1-GB13	1,250
			Avec	DK1-GB18	1,250

Activité 10

Exercices - Choix de l'appareillage pour départ moteur

Catégories d'emploi :

La catégorie d'emploi tient compte de la valeur des courants à établir et à couper lors des manœuvres en charge. Il y a 10 catégories d'emploi, 5 en courant continu et 5 en courant alternatif. Le courant alternatif est plus facile à couper du fait qu'il s'annule spontanément 100 fois par seconde.

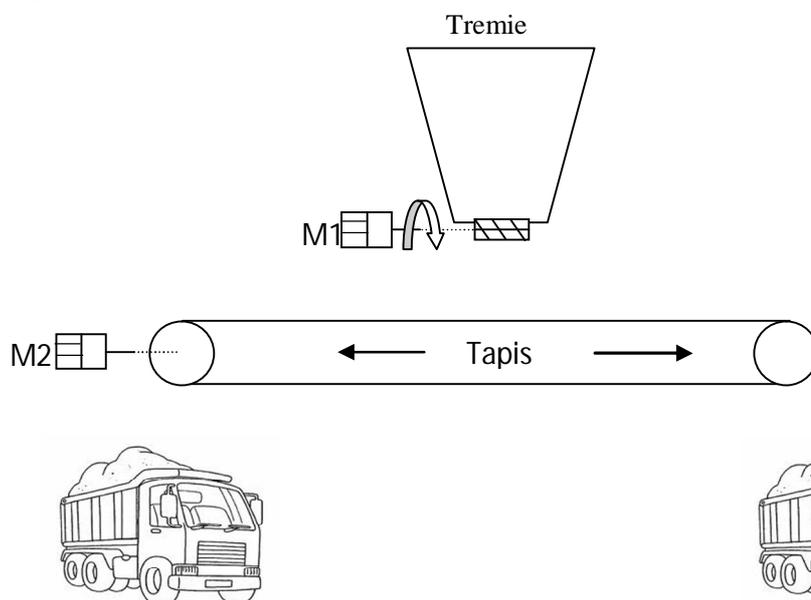
Elles fixent les valeurs de courant que le contacteur doit établir ou couper.	Catégorie		Récepteur	Fonctionnement
	Alternatif	AC - 1	Four à résistances	Charges non inductives ou faiblement inductives
		AC - 2	Moteur à bagues	Démarrage, inversion de marche
		AC - 3	Moteur à cage	Démarrage, coupure du moteur lancé
		AC - 4	Moteur à cage	Démarrage, inversion, marche par à-coups
Continu	DC - 1	Résistance	Charges non inductives	
	DC - 2	Moteur shunt	Démarrage, coupure	
	DC - 3	Moteur shunt	Démarrage, inversion, à-coups	
	DC - 4	Moteur série	Démarrage, coupure	
	DC - 5	Moteur série	Démarrage, inversion, à-coups	

Exercice 1 : On vous demande de choisir les contacteurs correspondants aux cahiers des charges.

Cas N°	Catégorie d'emploi	Courant d'emploi	Référence	Nombres de pôles
1. Moteur à cage asynchrone triphasé (coupure moteur lancé) de 15 KW et de $\cos \varphi=0,8$ sous 400V, 50 Hz. Commande sous 24 V, 50 Hz.
2. Four triphasé de 75 KW sous 400 V, 50 Hz. Commande sous 24 V, 50 Hz.
3. Moteur à cage asynchrone triphasé de 15 KW et de $\cos \varphi = 0,8$ sous 400 V, 50 Hz. Commande sous 48 V, 50 Hz.

Exercice 2 : Trémie tapis

Cahier des charges :



Fonctionnement :

Une entreprise de concassage dispose d'une trémie et d'un tapis pour alimenter ses camions. La trémie à sable est commandée par deux boutons poussoirs (marche, arrêt). Le tapis permet de distribuer la marchandise dans les camions soit à droite soit à gauche. Le tapis est commandé par trois boutons poussoirs (droite, gauche, arrêt) :

- droite : gravier fin
- gauche : gros gravier

La trémie ne doit fonctionner que si le tapis fonctionne. On dispose aussi de deux voyants qui nous indiquent le sens de rotation du tapis.

Description :

Partie puissance :

- Réseau (3 x 400V + N + PE)
- La trémie sera équipée d'un moteur (M1) asynchrone triphasé à rotor en court-circuit.
- Le tapis sera équipé d'un moteur (M2) asynchrone triphasé à rotor en court-circuit.
- M1 : triphasé 50Hz 400/ 690V avec une puissance de 4 KW et un $\cos \varphi = 0.8$ et $\eta = 0.8$.
- M2 : triphasé 50Hz 230/ 400V avec une puissance de 11 KW et un $\cos \varphi = 0.8$ et $\eta = 0.75$.
- Un sectionneur porte-fusibles tétrapolaire général assurera la protection et la mise en service de l'installation QF1.

Partie commande :

- La partie commande sera alimentée sous 24 V~.
- Une impulsion sur S1 commandera l'ouverture de la trémie.
- Une impulsion sur S2 commandera l'arrêt de la trémie.
- Une impulsion sur S3 commandera le déplacement du tapis vers la droite.
- Une impulsion sur S4 commandera le déplacement du tapis vers la gauche.
- Une impulsion sur S5 commandera l'arrêt du tapis.
- Un voyant H1 indiquant déplacement vers la droite.
- Un voyant H2 indiquant déplacement vers la gauche.
- Un voyant H3 signale le défaut des moteurs M1 et M2.

Etude et choix des appareillages :

1) Questions sur le montage.

1.1) Quelle est l'utilité de faire fonctionner la trémie que lorsque le tapis fonctionne ?

.....

1.2) Si j'actionne S5 que se passe-t-il ?

.....

2) Le relais thermique

2.1) Quelle est la valeur de réglage du relais thermique du moteur M1 ?

.....

2.2) Quelle est la valeur de réglage du relais thermique du moteur M2 ?

.....

3) les protections :

Appareils	Protection assurée (Rôle)	Eléments protégés
Sectionneur
Fusible
Relais-thermique
transformateur

4) Le choix :

4.1) *Quelle référence de sectionneur peut convenir pour cette installation ?*

.....

4.2) *Indiquer les références des contacteurs pour cette installation.*

.....
.....
.....
.....

4.3) *Déterminer la référence des relais thermiques.*

.....

Schéma :

A partir du cahier des charges, réaliser les schémas de commande et de puissance de l'installation décrite en respectant la normalisation des schémas en vigueur.

Circuit de puissance

Circuit de commande



Activité 11

TP : Démarrage direct - un sens de marche - Moteur triphasé

La plupart des systèmes automatisés comportent des moteurs électriques permettant de réaliser des déplacements :

- rotation : tapis, convoyeurs à chaînes, convoyeurs à palettes, ...
- montée descente élévateur (roue dentée engrenage) ;
- ventilation de four ;
- entraînement de pompe hydraulique ;
- ...

L'alimentation de moteurs peut s'effectuer sous des tensions relativement importantes (ex. : 400 V triphasés).

Pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de séparer et de protéger la partie alimentant le moteur appelée : **partie puissance**, du circuit avec lequel l'opérateur va commander le démarrage ou l'arrêt de ces moteurs appelé **partie commande**.

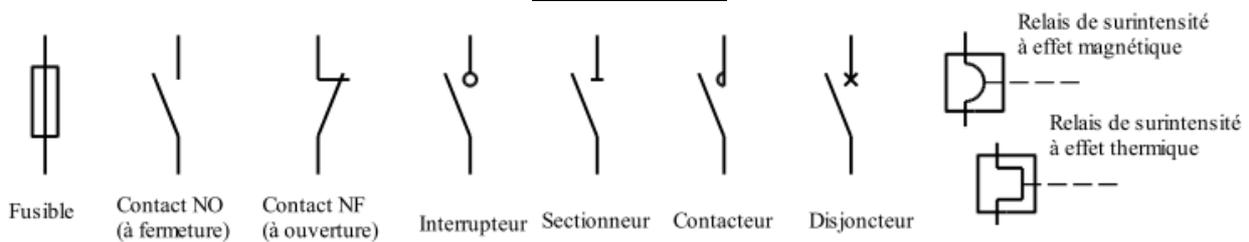
1. Le câblage de ces moteurs comporte donc 2 parties principales :

- **Partie commande** : boutons poussoirs, bobine de contacteur. Alimentation : Très Basse Tension Sécurité (TBTS) : généralement 24V~
- **Partie puissance** : alimentation de moteurs, résistances de chauffage, Alimentation : 240V~, 400V TRI, et au-delà.

I- Préparatif

Dessiner ci-dessous, le schéma des circuits de puissance et de commande d'un démarrage direct un sens de marche.

Symbolisation



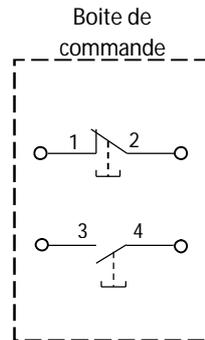
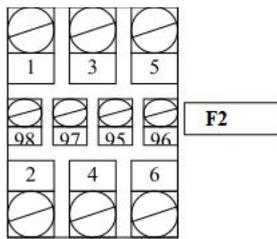
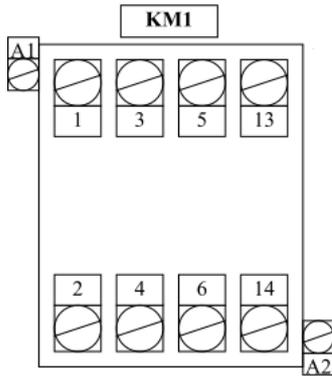
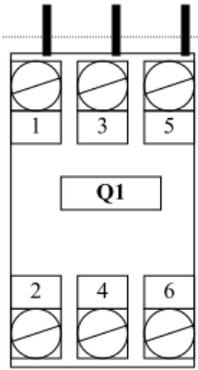
Circuit de puissance

Circuit de commande



II. Compléter le schéma multifilaire ci-dessous

circuit puissance → couleur noire
 et circuit de commande → couleur bleue



III. Partie pratique

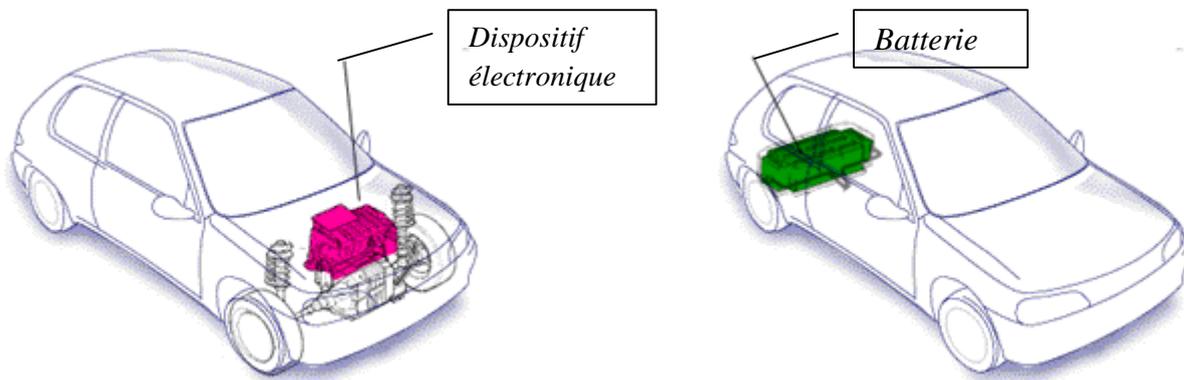
On vous demande de réaliser le câblage dans les règles de l'art du démarrage direct un sens de rotation du moteur sur la platine perforée.

Activité 12

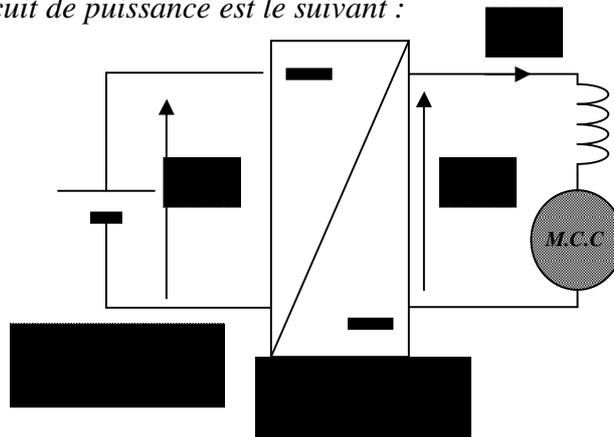
TD : hacheur série

Exercice 1 :

Le moteur est alimenté par l'intermédiaire d'un convertisseur continu-continu. L'énergie électrique est stockée dans une batterie placée à l'arrière du véhicule.



Le schéma de principe du circuit de puissance est le suivant :



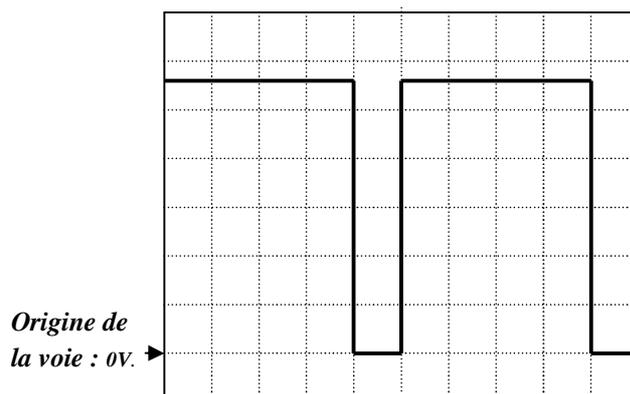
1°) Quel est le nom de ce convertisseur continu-continu ?

.....

2°) Quel est le rôle de la bobine ?

.....

3°) On observe la tension u aux bornes de la charge. L'oscillogramme de la tension u aux bornes de la charge est donné ci-contre :



Base de temps : $10 \mu\text{s}$ par division.
Calibre tension : 50 V par division.

Déterminer :

a) la fréquence f de la tension u ;

.....

b) le rapport cyclique α ;

.....

c) la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de la tension u .

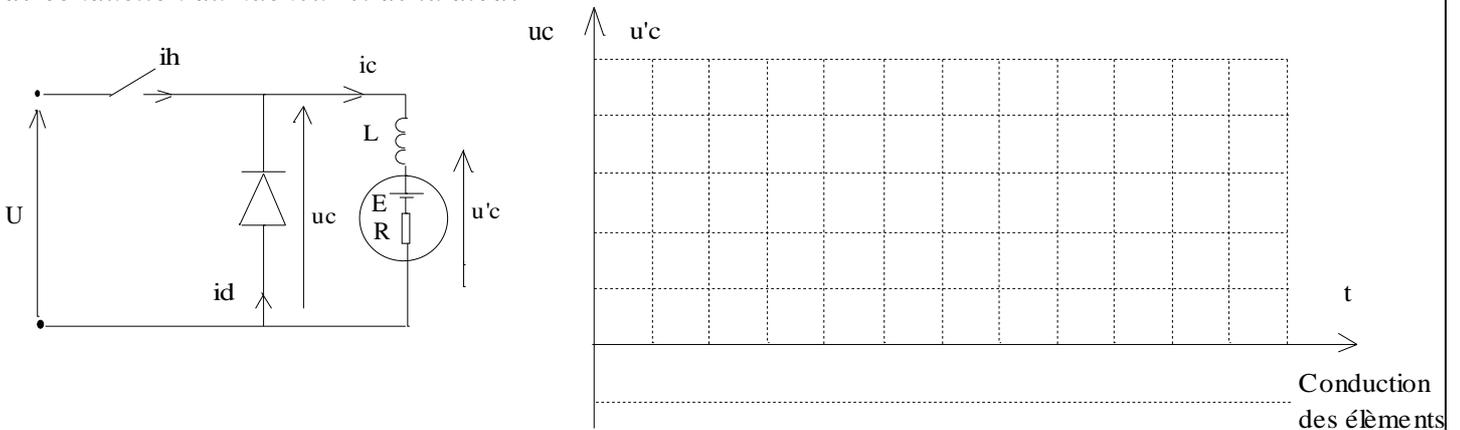
.....

d) Quel appareil de mesure peut-on utiliser pour mesurer la valeur moyenne de la tension u (préciser le nom et le type) ?

.....

Exercice 2 : Un hacheur série est alimenté par une tension continue $U = 20 \text{ V}$ et alimente un moteur à courant continu. Le courant dans le moteur est parfaitement lissé et sa valeur moyenne vaut $i_{c\text{moy}} = 2 \text{ A}$. Le rapport cyclique $\alpha = 0.6$, la fréquence de hachage $f = 1000 \text{ Hz}$.

1. Tracer $i_c(t)$, $u_c(t)$ et $u'c(t)$ sur une période (5V/div , 1A/div et $0,1\text{ms/div}$). Préciser les intervalles et temps de conduction du hacheur et de la diode



2. Calculer $u_{c\text{moy}}$ et la puissance fournie par le hacheur.

.....

3. Justifier par des considérations énergétiques le rôle de L et D . Préciser comment on améliore le lissage du courant.

.....

.....

Exercice 3 : Un hacheur série parfait est alimenté sous une tension $U = 220 \text{ V}$.

1. La charge du hacheur est une résistance de 55Ω dans laquelle le courant peut être considéré comme constant.

1.1. Calculer l'intensité du courant qui traverse la résistance ainsi que la puissance dissipée dans la résistance en fonction du rapport cyclique α :

.....

.....

1.2. Application numérique : $\alpha = 0,50$.

.....

.....

2. Le hacheur alimente, maintenant, un moteur à excitation indépendante dont la f.é.m. vaut $E = 140 \text{ V}$ pour $\alpha = 2/3$ et dont la résistance de l'induit est égale à $1,2 \Omega$. On admet que le courant dans le moteur est pratiquement constant. Quelle est l'intensité de ce courant ?

.....

Exercice 4 : Un hacheur série, parfait, alimente un moteur de traction électrique. La tension aux bornes du moteur se confond avec sa f.é.m. E . Le hacheur est commandé par un système périodique à la fréquence $f = 600 \text{ Hz}$. Une tension continue $U = 750 \text{ V}$ est appliquée à l'entrée du hacheur.

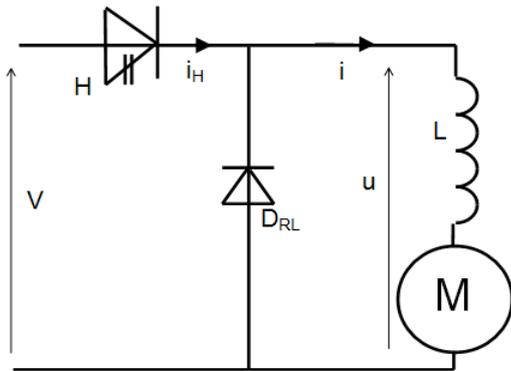
Pour la valeur $\alpha = 2/3$ du rapport cyclique :

1. Donner l'allure des courbes $v(t)$ et $u_H(t)$.

2. Quelle est la valeur de la f.é.m. E du moteur ?

.....

Exercice 5 : On alimente l'induit d'un moteur à l'aide du hacheur série dont le schéma est représenté ci-dessous :



H : Interrupteur électronique commandé à l'ouverture et à la fermeture.
 D_{RL} : Diode supposée idéale.
 L : Bobine d'inductance L supposée parfaite.
 V : Tension continue délivrée par une source idéale de tension.

1. Quel est le rôle de la diode D_{RL} ?

2. Quel est le rôle de la bobine d'inductance L ?

Les allures de la tension u et du courant i sont représentées respectivement sur les figures 1 et 2.

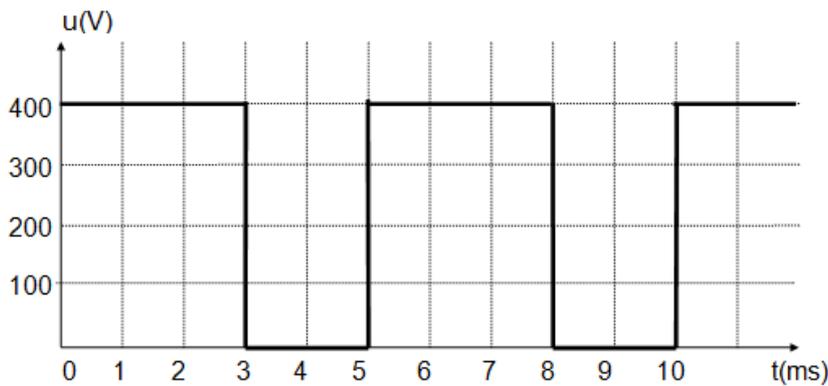


figure n°1

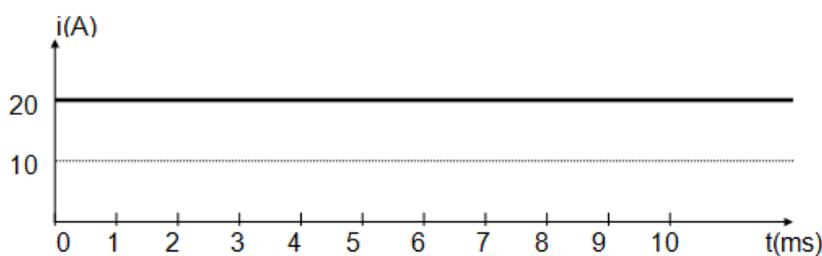


figure n°2

3. Déterminer la fréquence f de la tension u .

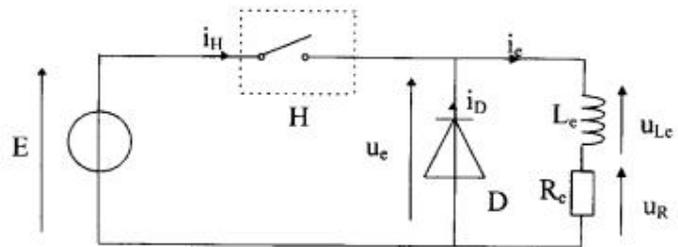
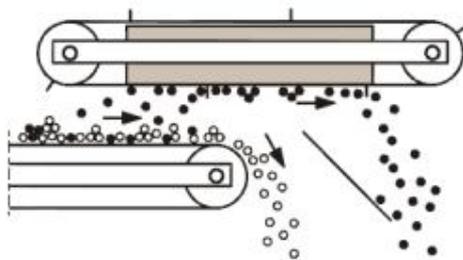
4. Déterminer la valeur du rapport cyclique α .

5. Montrer que la valeur moyenne $\langle u \rangle$ de la tension u peut s'exprimer : $\langle u \rangle = \alpha V$, et en donner la valeur.

Activité 13

Exercices à résoudre – hacheurs série

Exercice 1 : On étudie ici un séparateur magnétique utilisé pour séparer les matériaux ferreux des déchets déroulant sur une bande convoyeuse.



L'aimantation du séparateur se fait grâce à un électroaimant, assimilable à une bobine en série avec une résistance. Les concepteurs ont prévu que l'aimantation du séparateur puisse être variable en fonction du type de déchets à traiter. Cette variation d'aimantation est réalisée grâce à un hacheur série.

On donne les valeurs suivantes : $E = 140 \text{ V}$, $R_c = 50 \Omega$ et $L = 0,001 \text{ H}$.

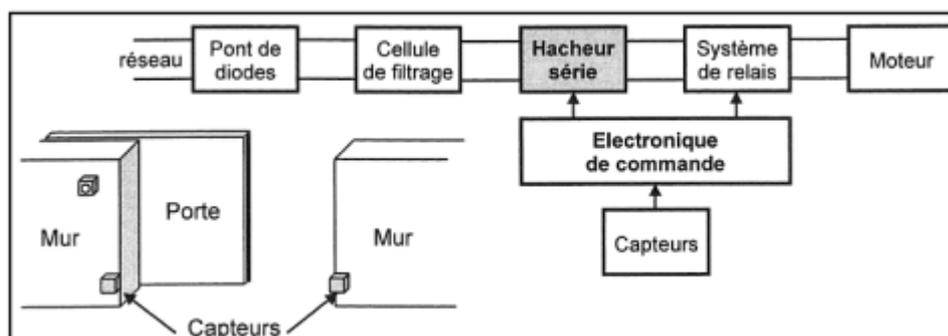
H est fermé entre $t = 0$ et $t = \alpha T$; H est ouvert entre $t = \alpha T$ et $t = T$. $T = 0,1 \text{ ms}$

1. Quel est le rôle de la diode D ? Est-elle utile ici ?
2. Représenter l'allure de $u_e(t)$. Calculer sa valeur moyenne, $\langle u_e \rangle$,
3. Calculer la valeur moyenne de i_e .

L'utilisateur du séparateur a besoin d'une force magnétique correspondant à un courant de 2 A , quel rapport cyclique doit-il appliquer ?

4. Donner l'expression du courant $i_e(t)$ dans les différentes phases. Représenter son allure.
5. Calculer l'ondulation du courant dans la charge définie par Δi_e en fonction de α .
6. Calculer pour H et D les courants moyens et efficaces. D'après ces valeurs, quel type de transistor utiliseriez-vous réaliser H ?

Exercice 2 : Le support de cet exercice est un portail automatique de garage collectif dans un immeuble. Le synoptique concernant la partie électrique et une vue d'ensemble sont donnés.

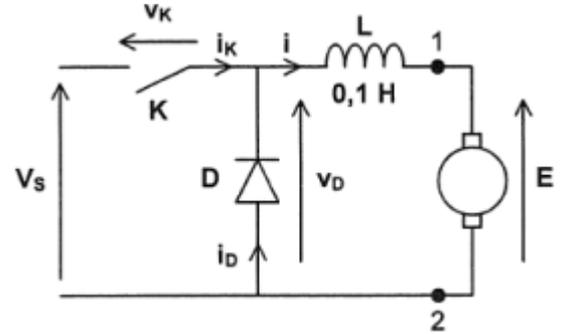


La tension d'alimentation est constante et vaut $V_s = 210 \text{ V}$.

D est une diode idéale sans seuil. K est un interrupteur parfait commandé par une tension.

On note α le rapport cyclique de commande de ce hacheur et $T = 0,1 \text{ ms}$ est la période de fonctionnement.

- pour $t \in [0 ; \alpha T]$, K est fermé
- pour $t \in [\alpha T ; T]$, K est ouvert.



On considère (c'est une hypothèse simplificatrice) que la tension aux bornes du moteur est égale à sa f.é.m. E qui est proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur : $E = k.N$ avec $k = 5,25.10^{-2} \text{ V/(tr.min}^{-1}\text{)}$.

On suppose que l'intensité i du courant ne s'annule jamais et varie entre les valeurs minimale et maximale I_m et I_M .

1/ Déterminer l'expression de $i(t)$ pour $t \in [0 ; \alpha T]$ puis $t \in [\alpha T ; T]$.

2/ Représenter les allures de $v_D(t)$ et $i(t)$ sur le document réponse.

3/ Exprimer la valeur moyenne de la tension $v_D(t)$ en fonction de α et V_s . En déduire la relation entre E , α et V_s .

4/ Exprimer l'ondulation de courant $\Delta i = I_M - I_m$ en fonction de α , V_s , L et T .

5/ Représenter l'allure de Δi en fonction de α .

6/ Pour quelle valeur de α l'ondulation de courant est-elle maximale ? Calculer Δi_{max} .

7/ Déterminer la valeur de α qui permet de régler la vitesse de rotation à $N = 1000 \text{ tr.min}^{-1}$.

8/ Représenter les allures de $i_D(t)$ et $i_K(t)$ et exprimer leurs valeurs moyennes respectives en fonction de α , I_m et I_M .

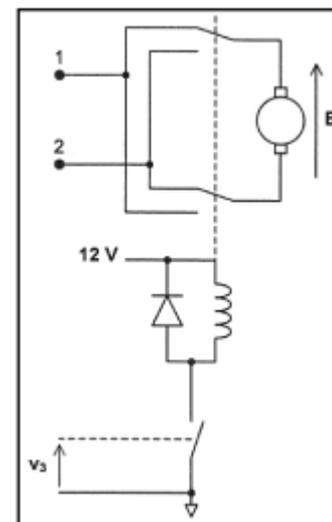
Systeme de relais

En réalité, le hacheur n'alimente pas directement le moteur : on intercale comme indiqué sur la figure ci-dessous un système de relais piloté par une tension v_3 .

Au repos, lorsque la tension aux bornes de la bobine est nulle, les interrupteurs sont dans la position représentée sur la figure.

Lorsque la tension aux bornes de la bobine est égale à 12 V , les interrupteurs sont dans l'autre position.

9/ Quelle est l'utilité de ce système de relais ?



Activité 14 — TD - Fonction génération des signaux : Montage ASTABLE —

Présentation

Pour commander un hacheur à transistor, on a besoin d'un générateur des signaux appelé astable.

La fonction ASTABLE =

La sortie de cette fonction ne possède pas d'état stable, et commute périodiquement entre les états bas et haut.

<p>On distingue 3 temps :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la période $T = t_{on} + t_{off}$ • t_{on} : durée de l'état haut • t_{off} : durée de l'état bas 		<p>On appelle rapport cyclique α : le rapport entre la durée de l'état haut et la période</p> $\alpha = \frac{t_{on}}{T}$
--	--	---

On peut réaliser cette fonction à partir des solutions :

- A base de circuits spécialisés (ex : NE555).
- A base d'amplificateur opérationnel intégré
- A base de CI logiques

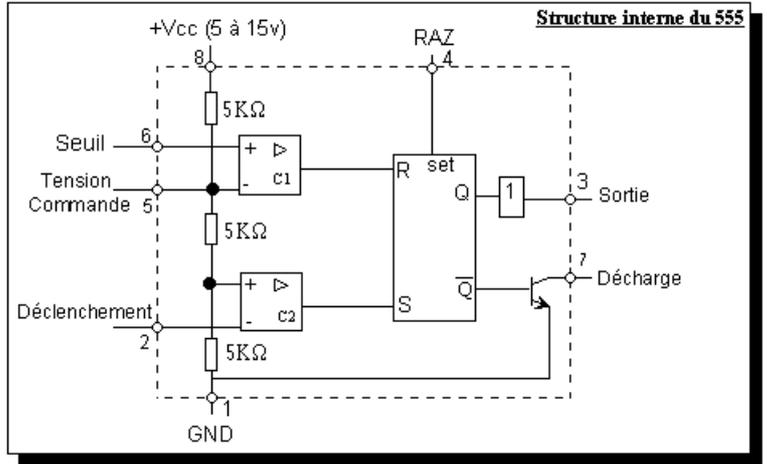
Le timer NE 555

Présentation du 555

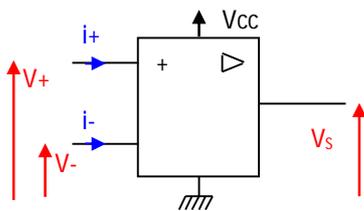
Le circuit 555 est un circuit intégré de 8 broches spécialisé dans la production de signaux. Il permet la réalisation de temporisation, d'horloge, etc...

Il est composé par :

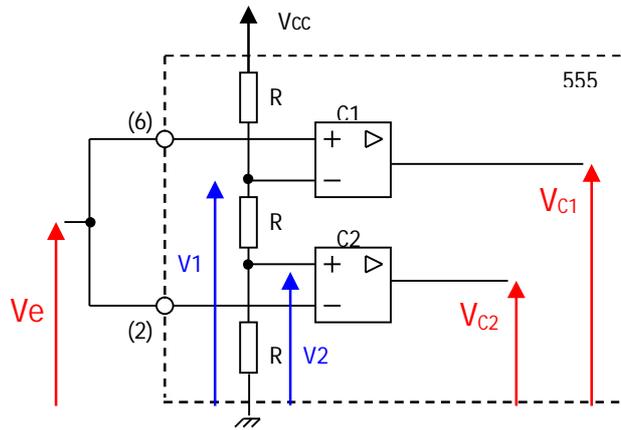
- un pont diviseur
- deux comparateurs C1 et C2
- une bascule RS
- un transistor de décharge (interrupteur commandé)
- un circuit tampon chargé de fournir ou d'absorber le courant de sortie.



Etude de l'étage de comparaison



Si $V_+ > V_-$ alors $V_s = \dots$
 Si $V_- > V_+$ alors $V_s = \dots$
 $i_+ = i_- = 0$ car $R_e = \infty$



On considère l'étage d'entrée du 555, composé par le pont diviseur et les deux comparateurs C1 et C2. On relie les entrées (2) et (6). On se propose d'étudier l'évolution de V_{C1} et V_{C2} dans ce cas-là.

1) Donner l'expression de V_1 et de V_2 en fonction de V_{cc} .

$V_1 = \dots$ $V_2 = \dots$

2) Donner les valeurs prises par V_{C1} et V_{C2} suivant les valeurs de V_e .

Pour le comparateur C1: si $V_e > V_1 \Rightarrow V_{C1} = \dots$ et si $V_e < V_1 \Rightarrow V_{C1} = \dots$

Pour le comparateur C2: si $V_e > V_2 \Rightarrow V_{C2} = \dots$ et si $V_e < V_2 \Rightarrow V_{C2} = \dots$

3) Compléter alors les chronogrammes de $V_{C1}(t)$ et de $V_{C2}(t)$ suivant l'évolution de $V_e(t)$.

Etude de la bascule RS

En plus des entrées R et S, la bascule comprise dans le 555 possède une entrée RAZ de remise à zéro active sur un niveau haut.

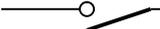
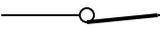
1) Rappeler la table de vérité d'une bascule RS en tenant compte de l'entrée RAZ.

2) Compléter alors les chronogrammes de Q, \bar{Q} et V_s en fonction de ceux trouvés précédemment.

R	S	Q	\bar{Q}
0	0	...	...
1	0	...	...
0	1	...	...
1	1	...	...

L'interrupteur commandé.

Le transistor de décharge fonctionne comme un interrupteur commandé par la sortie \bar{Q} de la bascule RS. C'est à dire que :

si $\bar{Q} = 0$, l'interrupteur est ouvert.  ouvert.
 si $\bar{Q} = 1$, l'interrupteur est fermé.  fermé.

\bar{Q}	Etat du transistor
0
1

1) Consigner dans le tableau ci-contre l'état pris par la sortie (7) suivant les valeurs de \bar{Q} .

Synthèse du fonctionnement du circuit 555

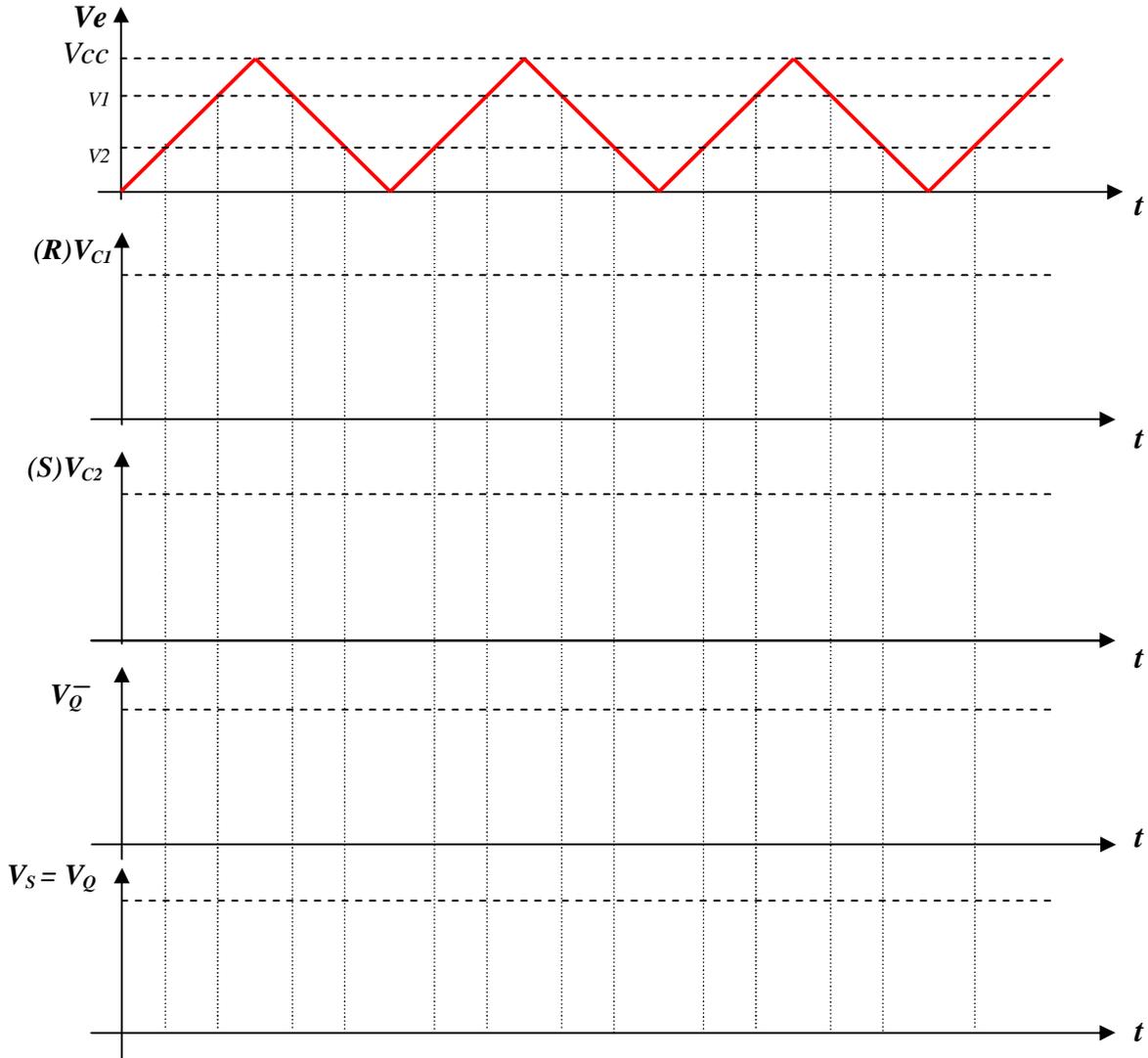
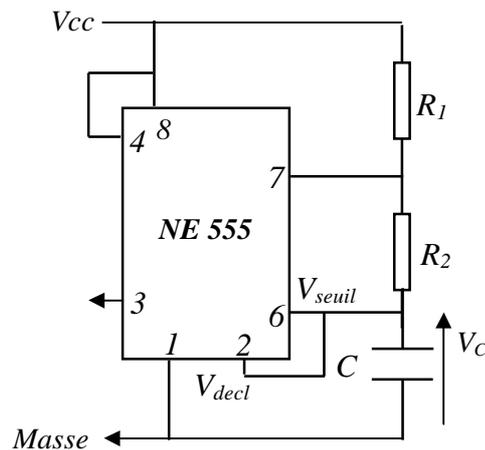


Schéma du montage astable

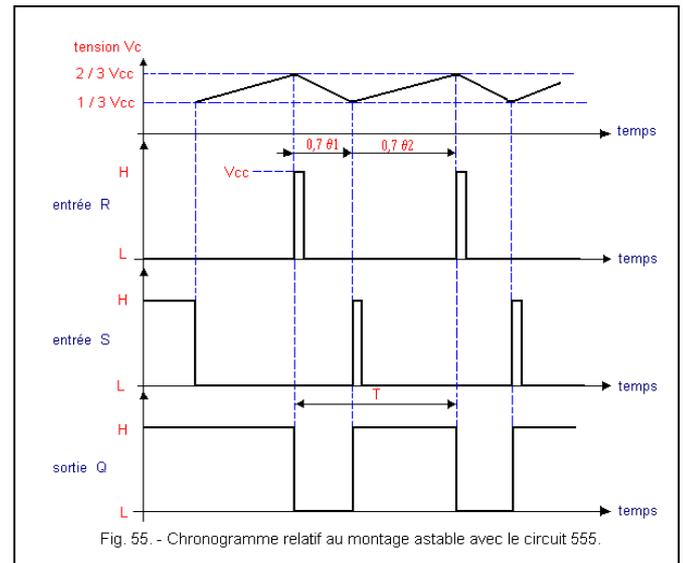
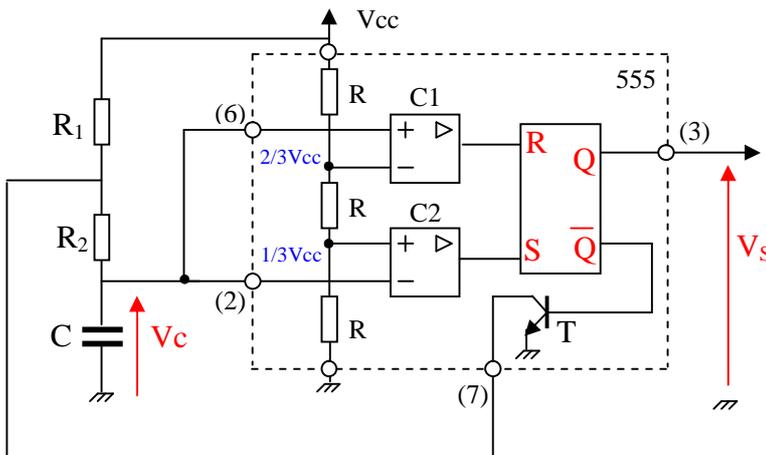
$V_c = V_{seuil} = V_{decl}$



Fonctionnement du montage

Hypothèse : Le condensateur est supposé initialement déchargé : $V_c = 0 \text{ V}$. On a donc V_{seuil} et V_{decl} nulles, ce qui implique $V_s = V_{cc}$.

Evolution temporelle de V_c et de V_s



- A la mise sous tension, le condensateur C se à travers les résistances en série ... et ... puisque le transistor est (Q est au niveau ...).
- Lorsque la tension V_c atteint, l'entrée R passe au niveau, donc la sortie Q passe au niveau Ceci rend le transistor T
- Le condensateur C se à travers la résistance La constante de décharge vaut $\tau_1 = R_2 \cdot C$. Lorsque V_c atteint le seuil, l'entrée S passe au niveau et Q repasse au niveau Le condensateur C se avec une constante de temps $\tau_2 = (R_1 + R_2) \cdot C$ et le cycle continue ainsi indéfiniment.

Calcul de la période T et du rapport cyclique

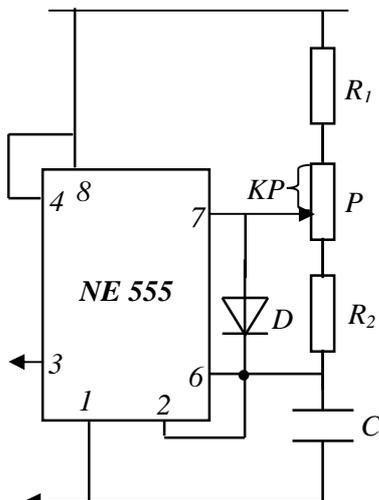
- On observe une oscillation périodique de V_s et de V_c entre 0 V et V_{cc} (ou entre $1/3 V_{cc}$ et $2/3 V_{cc}$ pour V_c). Le montage ne parvient pas à trouver un état d'équilibre, il est
- La période d'oscillation T est égale à la somme de la durée de charge du condensateur (V_c variant de $1/3 V_{cc}$ à $2/3 V_{cc}$) et de la durée de décharge (V_c variant de $2/3 V_{cc}$ à $1/3 V_{cc}$).

$$T = (R_1 + R_2) \cdot C \cdot \ln 2 + R_2 \cdot C \cdot \ln 2$$

$$T = 0,7 \cdot C \cdot (R_1 + 2 R_2)$$
 T est indépendant de la tension d'alimentation.
- Le rapport cyclique est : $\alpha = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2 R_2)$

Montage astable à rapport cyclique variable

Pour avoir un rapport cyclique variable, on utilise le montage ci-dessous :



Charge :

$t_{on} = \dots\dots\dots$

Décharge :

$T_{off} = \dots\dots\dots$

Donc la période:

$T = \dots\dots\dots$

Le rapport cyclique :

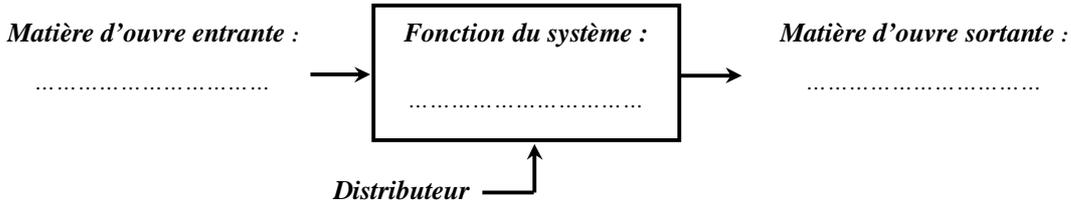
$\alpha = \dots\dots\dots$

Activité 15

TD : Distributeurs pneumatiques

Exercice 1 : Expliquer par une phrase concise la fonction d'un distributeur. Compléter la boîte fonctionnelle ci-dessous.

.....



Exercice 2 :

1. Colorier sur la **figure 2** en bleu foncé les espaces occupés par l'air comprimé et en bleu clair les espaces occupés par l'air à pression atmosphérique.

2. La tige du vérin sort-elle ou rentre-t-elle ?

.....

3. Dessiner la tige du vérin dans cette position.

4. Tracer sur le distributeur 5/2 **figure 2**, en reliant les orifices concernés, le passage :

- de l'air comprimé en bleu foncé.
- de l'air à pression atmosphérique en bleu clair

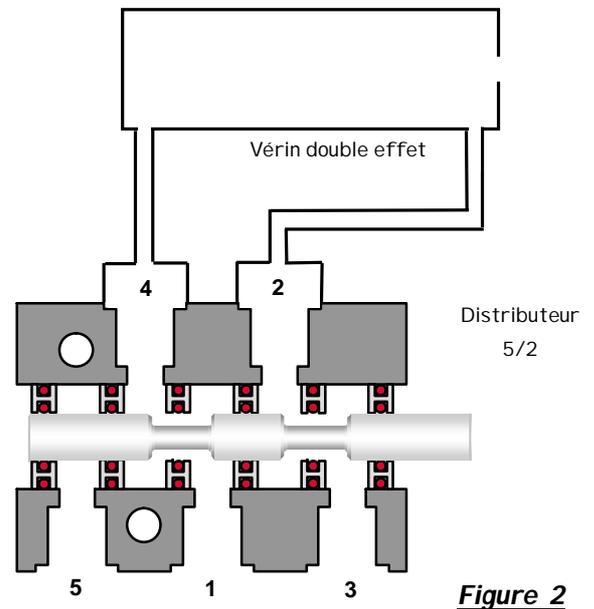


Figure 2

DISTRIBUTEUR 5/2 Monostable à commande électrique

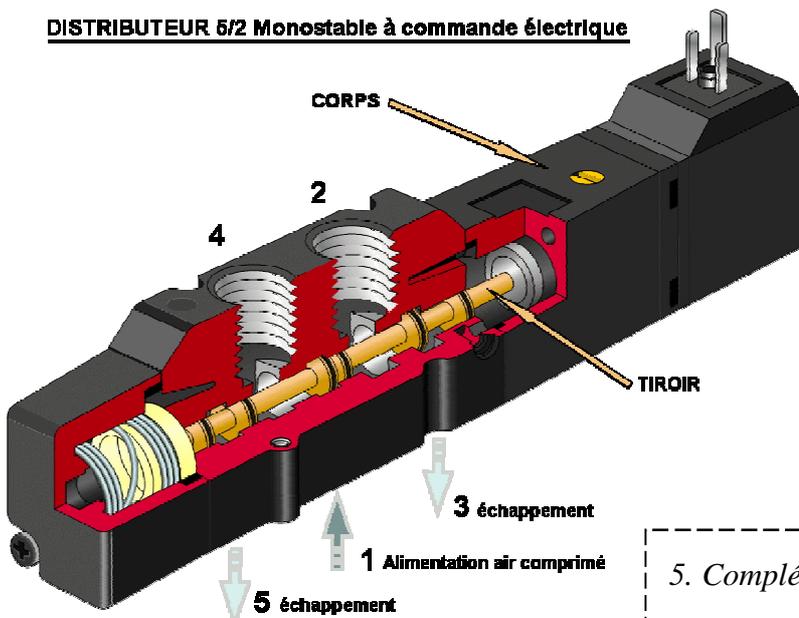
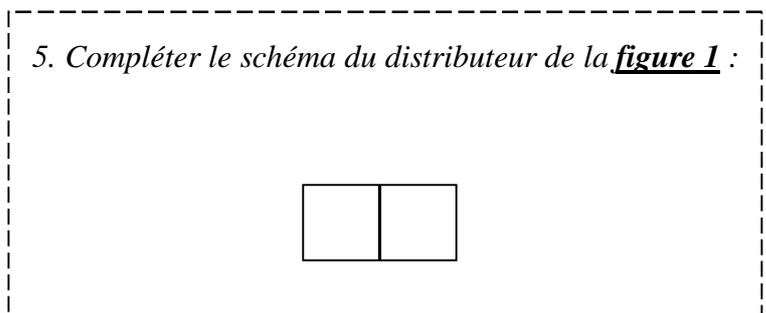


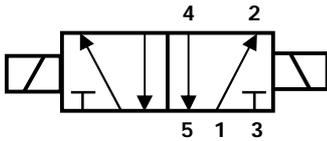
Figure 1

5. Compléter le schéma du distributeur de la **figure 1** :



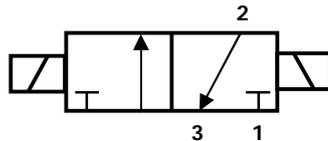
Exercice 3 :

Donner les désignations des distributeurs suivants :



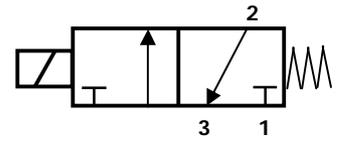
Désignation :

.....



Désignation :

.....



Désignation :

.....

Exercice 4 :

a) Représenter sur les deux figures ci-dessous le symbole d'un distributeur 5/2 bistable de façon à ce que :

- la tige du vérin soit sortie **figure 1**.
- la tige du vérin soit rentrée **figure 2**.

b) Colorier :

- en bleu foncé les canalisations d'air comprimé.
- en bleu clair les canalisations à pression atmosphérique.
- en rouge les fils électriques traversés par du courant **après les avoir prolongés**

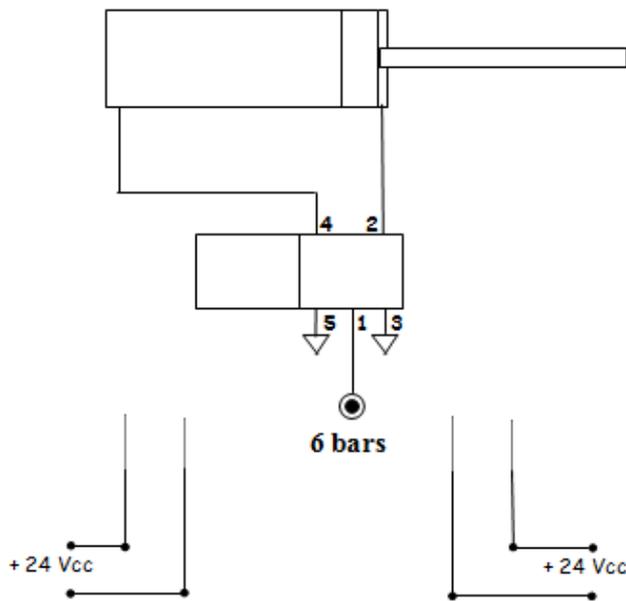


Figure 1 : tige sortie du vérin

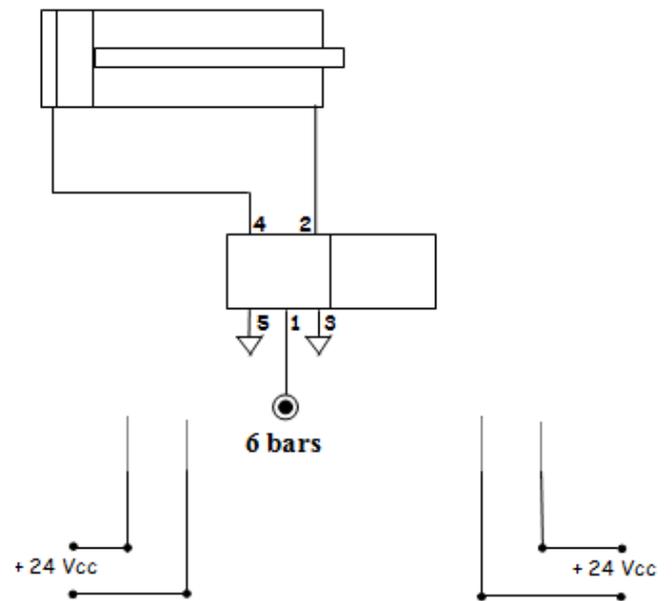


Figure 2 : tige rentrée du vérin

Activité 16

TD : moteurs électriques à courant continu

Exercice 1 : La plaque signalétique d'un moteur à courant continu indique : $P_u = 26,3 \text{ kW}$, $n = 1150 \text{ tr/min}$, $U = 440 \text{ V}$ et $I = 68,5 \text{ A}$. Calculer :

1- le couple utile C_u ,

.....

2- la puissance absorbée P_a ,

.....

3- le rendement η .

.....

Exercice 2 : Un moteur, alimenté sous 300 V continu, a une f.é.m. $E = 284 \text{ V}$ en fonctionnement normal.

La résistance de l'induit est $R_i = 0,5 \Omega$. Calculer :

1- La chute de tension U_i (R_i) dans l'induit.

.....

2- L'intensité I_a du courant absorbé.

.....

3- L'intensité I_d qui serait absorbée au démarrage si le moteur était dépourvu de rhéostat.

.....

4- La résistance R_h du rhéostat de démarrage pour que l'intensité au démarrage soit limitée à 1,8 fois l'intensité en charge nominale.

.....

.....

Exercice 3 : Un moteur de puissance utile 3 kW tourne à 1500 tr/min . Calculer le couple utile en Nm .

.....

Exercice 4 : Une machine à courant continu à excitation indépendante. La force électromotrice d'une machine à excitation indépendante est de 210 V à 1500 tr/min .

Calculer la f.é.m. E pour une fréquence de rotation de 1000 tr/min , le flux étant constant.

.....

.....

Exercice 5 : Un moteur à excitation indépendante alimenté sous 220 V possède une résistance d'induit de $0,8 \Omega$. A la charge nominale, l'induit consomme un courant de 15 A .

1- Calculer la f.é.m. E du moteur.

.....

2- La machine est maintenant utilisée en génératrice (dynamo). Elle débite un courant de 10 A sous 220 V . En déduire la f.é.m.

.....

Exercice 6 : Une génératrice à excitation indépendante fournit une f.é.m. de **220 V** pour un courant d'excitation de **3,5 A**. La résistance de l'induit est de **90 mΩ**.

Calculer la tension d'induit **U** lorsqu'elle débite **56 A** dans le circuit de charge.

.....

Exercice 7 : La plaque signalétique d'un moteur à courant continu à excitation indépendante indique : **1,12 kW - 1200 tr/min** ; induit : **220 V-5,7 A** ; excitation : **220 V- 0,30 A** et Masse : **57 kg**

1- Calculer le couple utile nominal **C_{u_n}** (en Nm).

.....

2- Calculer le rendement nominal **η_n**.

.....

Activité 17 — Exercices à résoudre : moteurs électriques à courant continu —

Exercice 1 : La plaque signalétique d'une génératrice à courant continu à excitation indépendante indique : **11,2 Nm 1500 tr/min** induit : **220 V- 6,8 A** excitation : **220 V- 0,26 A** masse : **38 kg**.

1. Calculer la puissance mécanique consommée au fonctionnement nominal.
2. Calculer la puissance consommée par l'excitation.
3. Calculer la puissance utile.
4. En déduire le rendement nominal.

Exercice 2 : Un moteur à courant continu à excitation indépendante et constante est alimenté sous **240 V**. La résistance d'induit est égale à **0,5 Ω**, le circuit inducteur absorbe **250 W** et les pertes collectives s'élèvent à **625 W**.

Au fonctionnement nominal, le moteur consomme **42 A** et la vitesse de rotation est de **1200 tr/min**.

1- Calculer :

a/ la f.é.m.

b/ la puissance absorbée, la puissance électromagnétique et la puissance utile

c/ le couple utile et le rendement

2- Quelle est la vitesse de rotation du moteur quand le courant d'induit est de **30 A** ?

3- Que devient le couple utile à cette nouvelle vitesse (on suppose que les pertes collectives sont toujours égales à **625 W**) ?

4- Calculer le rendement.

Exercice 3 : La plaque signalétique d'un moteur à excitation indépendante porte les indications suivantes : **U = 240 V ; I = 35 A ; P = 7 kW** et **n = 800 tr/min**.

Calculer (à la charge nominale) :

1. Le rendement du moteur sachant que les pertes Joule inducteur sont de **150 W**.

2. Les pertes Joule induit sachant que l'induit a une résistance de **0,5 Ω**.

3. La puissance électromagnétique et les pertes « constantes ».

4. Le couple électromagnétique, le couple utile et le couple des pertes « constantes ».

Exercice 4 : Un moteur à excitation indépendante alimenté sous **U = 220 V** possède une résistance d'induit **R = 0,8 Ω**.

1- A la charge nominale, l'induit consomme un courant **I = 15 A**. Calculer la f.é.m. **E** du moteur.

2- La machine est maintenant utilisée en génératrice (dynamo). Elle débite un courant **I = 10 A** sous **U = 220 V**. En déduire la f.é.m. **E**.

Exercice 5 : La plaque signalétique d'un moteur à courant continu à excitation indépendante indique :

1,12 kW, 1200 tr/min Induit : 220 V - 5,7 A Excitation : 220 V - 0,30 A - 57 kg

1- Calculer le couple utile nominal C_{Un} (en Nm).

2- Calculer le rendement nominal η_n .

Exercice 6 : Un moteur à courant continu à excitation indépendante et constante est alimenté sous

$U = 240$ V. La résistance d'induit est égale à $R = 0,5 \Omega$, le circuit inducteur absorbe $P_e = 250$ W et les pertes collectives s'élèvent à $p_c = 625$ W. Au fonctionnement nominal, le moteur consomme $I = 42$ A et la vitesse de rotation est de $n = 1200$ tr/min.

1- Calculer :

- la f.é.m. E .
- la puissance absorbée P_a , la puissance électromagnétique P_{em} et la puissance utile P_u .
- le couple utile C_u et le rendement η .

2- Quelle est la vitesse de rotation du moteur n quand le courant d'induit est de $I = 30$ A ? Que devient le couple utile C_u à cette nouvelle vitesse (on suppose que les pertes collectives sont toujours égales à 625 W) ? Calculer le rendement η .

Exercice 7 : La plaque signalétique d'un moteur à excitation indépendante porte les indications suivantes :

$U = 240$ V	$I = 35$ A
$P = 7$ kW	$n = 800$ tr/min

Calculer (à la charge nominale) :

1- Le rendement η du moteur sachant que les pertes Joule inducteur sont de $p_{je} = 150$ W.

2- Les pertes Joule induit p_j sachant que l'induit a une résistance de $R = 0,5 \Omega$.

3- La puissance électromagnétique P_{em} et les pertes « constantes » p_c .

4- Le couple électromagnétique C_e , le couple utile C_u et le couple des pertes « constantes » C_p .

Exercice 8 : Une machine d'extraction est entraînée par un moteur à courant continu à excitation

indépendante. L'inducteur est alimenté par une tension $u = 600$ V et parcouru par un courant d'excitation d'intensité constante : $i = 30$ A.

L'induit de résistance $R = 12$ m Ω est alimenté par une source fournissant une tension U réglable de 0 V à sa valeur nominale : $U_N = 600$ V. L'intensité I du courant dans l'induit a une valeur nominale : $I_N = 1,50$ kA.

La fréquence de rotation nominale est $n_N = 30$ tr/min.

N.B. Les parties 1, 2, 3 sont indépendantes.

1- Démarrage

1-1- En notant Ω la vitesse angulaire du rotor, la f.é.m. du moteur a pour expression : $E = K \cdot \Omega$ avec Ω en rad/s. Quelle est la valeur de E à l'arrêt ($n = 0$) ?

1-2- Dessiner le modèle équivalent de l'induit de ce moteur en indiquant sur le schéma les flèches associées à U et I .

1-3- Ecrire la relation entre U , E et I aux bornes de l'induit, en déduire la tension U_d à appliquer au démarrage pour que $I_d = 1,2 I_N$.

1-4- Citer un système de commande de la vitesse de ce moteur.

2- Fonctionnement nominal au cours d'une remontée en charge

2-1- Exprimer la puissance absorbée par l'induit P du moteur et calculer sa valeur numérique.

2-2- Exprimer la puissance totale absorbée par le moteur P_a et calculer sa valeur numérique.

2-3- Exprimer la puissance totale perdue par effet Joule p_{joule} et calculer sa valeur numérique.

2-4- Sachant que les autres pertes valent 27 kW, exprimer et calculer la puissance utile P_u et le rendement du moteur η .

2-5- Exprimer et calculer le moment du couple utile C_u et le moment du couple électromagnétique C_e .

Sujet 1 :

l'étude d'un mini quad électrique destiné aux enfants.

Celui-ci est équipé d'un moteur électrique avec réducteur.

L'étude du réducteur ne sera pas abordée.



A- Etude du moteur à courant continu

Le moteur à courant continu qui équipe le mini quad est d'une puissance de 250 W. Ce moteur fonctionnant à flux constant (flux noté Φ) présente les caractéristiques suivantes :

- *Tension nominale d'induit : $U_N = 24 \text{ V}$*
- *Intensité nominale du courant d'induit : $I_N = 12,9 \text{ A}$*
- *Résistance d'induit : $R = 0,20 \Omega$*
- *Fréquence de rotation nominale : $n_N = 2750 \text{ tr/min}$*

- 1) On désigne par :
- U : tension d'alimentation de l'induit
 - I : intensité du courant d'induit
 - E : force électromotrice

Dessiner le modèle équivalent électrique de l'induit du moteur en fléchant toutes les tensions et le courant et en utilisant uniquement la convention récepteur.

.....

.....

.....

.....

.....

2) *En déduire la relation liant U à E , R et I .*

.....

.....

3) *Calculer la f.é.m. E_N au point de fonctionnement nominal.*

.....

.....

4) *Rappeler les relations liant la f.é.m. E à la vitesse angulaire Ω , et Ω à la fréquence de rotation n en tr/min. Justifier alors la proportionnalité entre E et n .*

.....

.....

5) *On se place au fonctionnement nominal et on suppose que les pertes collectives p_C sont égales à 27 W.*

a) *A quoi correspondent physiquement ces pertes collectives ?*

.....

.....

b) Calculer la puissance absorbée P_a par le moteur,

.....
.....

c) Calculer les pertes dissipées par effet joule P_J dans l'induit,

.....
.....

d) Retrouver par le calcul la puissance mécanique utile P_u de 250 W indiquée au début de l'énoncé.

.....
.....

e) Calculer le rendement η ,

.....
.....

f) Calculer le couple utile C_u .

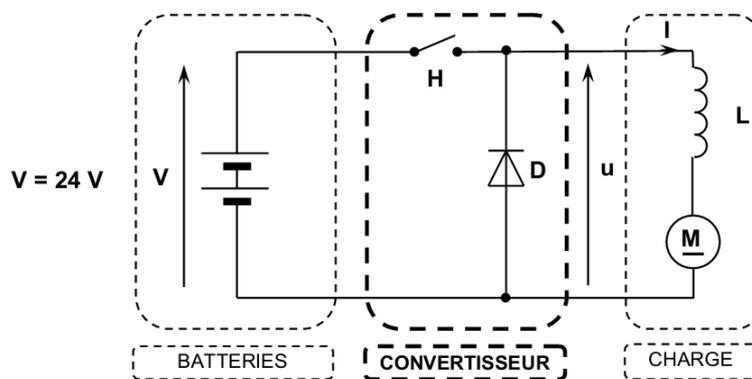
.....
.....

B- Etude de la commande du moteur à courant continu

Le réglage de la vitesse du mini quad est obtenu en faisant varier la vitesse du moteur électrique. Ceci est réalisé par l'intermédiaire d'un convertisseur qui alimente l'induit du moteur à courant continu à aimants permanents.

Un ensemble de deux batteries constitue la source d'énergie.

Le schéma de principe est le suivant :



H Interrupteur électronique (supposé parfait) commandé à l'ouverture et à la fermeture

Pour ce convertisseur, on définit :

- α le rapport cyclique,
- T la période de fonctionnement.

La commande de l'interrupteur électronique **H** est la suivante :

- **H** ferme pour $0 < t < \alpha.T$
- **H** ouvert pour $\alpha.T < t < T$

1) Quelle conversion réalise ce convertisseur ?

.....
.....

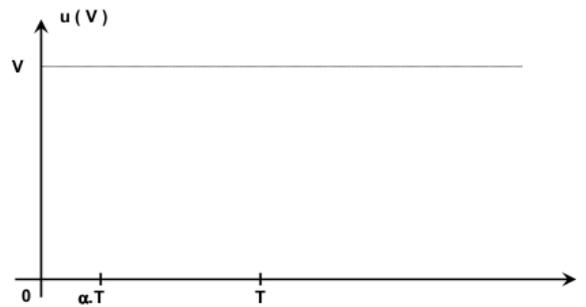
2) Quel nom donne-t-on à ce convertisseur ?

.....
.....

3) Quel est le rôle de la diode **D** ?

.....
.....

4) Sur la figure ci-dessous, tracer les variations de la tension u en fonction du temps sur une période T .



5) En appliquant la méthode des aires, déterminer l'expression de la valeur moyenne u_{moy} de la tension u en fonction de α et V .

.....

6) Pour quelle valeur de α , la vitesse du véhicule est-elle maximale ?

.....

Sujet 2 :

On se propose d'étudier quelques éléments constituant un vélo à assistance électrique (V.A.E.).

Le moteur de ce vélo est un moteur à courant continu placé au niveau du pédalier par l'intermédiaire d'un réducteur qui augmente considérablement le couple. Ce moteur est commandé par un hacheur série.

Le hacheur est alimenté par un ensemble de batteries rechargeables Nickel Cadmium placé sur le vélo.



A- Etude du moteur

Le moteur est un moteur à courant continu à aimants permanents. Les données fournies par le fabricant du moteur sont les suivantes :

Régime nominal : $U_N = 24 \text{ V}$; $I_N = 9,6 \text{ A}$; $n_N = 2660 \text{ tr/min}$ et La résistance de l'induit du moteur $R = 0,25 \Omega$.

1- Questions préparatoires

11- Donner le schéma équivalent de l'induit du moteur en fléchant le courant I et les tensions E , RI et U . En déduire la relation entre U , E , R et I .

.....

12- Calculer la force électromotrice E_N pour le fonctionnement nominal.

.....

13- Montrer que l'on peut écrire $E = kn$. Calculer la constante k en V/tr.min^{-1} .

.....

14- Montrer que $C_{em} = a.I$ et déterminer la valeur numérique de la constante a et préciser son unité.

.....

15- Compléter le bilan des puissances en charge figure ci-dessous en nommant les puissances mises en jeu.

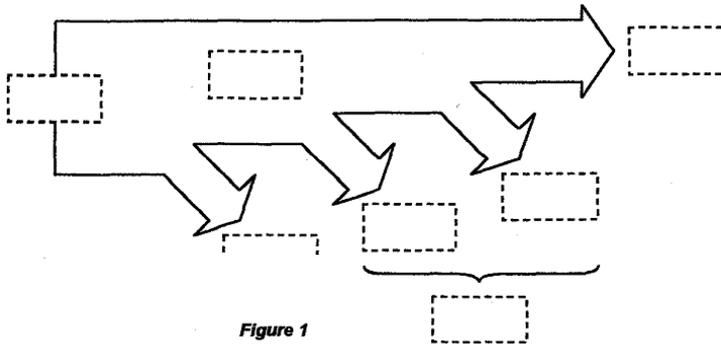


Figure 1

P_J	Pertes Joule
P_f	Pertes fer
P_c	Pertes collectives
P_m	Pertes mécaniques
P_u	Puissance utile
P_a	Puissance absorbée
P_{em}	Puissance électromagnétique

2- Étude en charge nominale

Pour le point de fonctionnement nominal, on donne $P_c = 20 \text{ W}$.

21-Rappeler les origines physiques des pertes collectives.

22-Calculer la puissance absorbée P_{aN} du moteur.

23-Calculer les pertes par effet Joule P_{JN} dans l'induit du moteur.

24-Calculer la puissance utile P_{uN} fournie par le moteur.

25-Calculer la vitesse de rotation Ω_N de l'arbre du moteur.

26-Calculer le moment du couple utile C_{uN} développé par le moteur.

27-Calculer le rendement η_N du moteur.

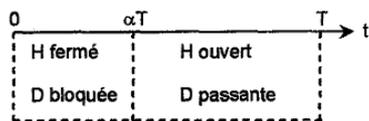
B- Etude du hacheur alimentant le moteur

L'alimentation de l'induit du moteur est assurée par un accumulateur électrochimique composé de deux batteries de 12 V (soit $V = 24 \text{ V}$) et d'un hacheur série comme l'indique la figure ci-dessous.

L'interrupteur électronique H et la diode D sont supposés parfaits.

On note α le rapport cyclique du hacheur.

On donne le bandeau de conduction suivant :

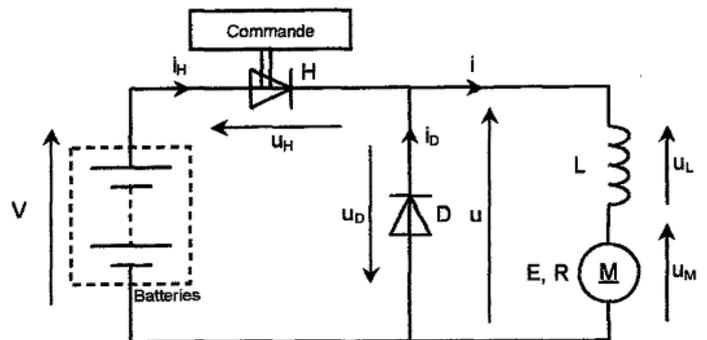


L'inductance parfaite L est suffisamment grande pour considérer que le courant dans le moteur est constant

$i = I = 9,6 \text{ A}$.

On donne pour le moteur $E = 8 \cdot 10^{-3} n$ (n en tr/min et E en V) et $R = 0,25 \Omega$.

1- Quel composant électronique peut-on utiliser comme interrupteur commandé H ?



2- Quel est le rôle de la diode **D** ? Quel nom lui donne-t-on ?

.....

.....

3- Quel est le rôle de la bobine associée au moteur ?

.....

4- On considère l'intervalle de temps où $0 < t < \alpha T$

41- Compléter la **figure 4** du document ci-dessous en remplaçant les éléments **H** et **D** par un interrupteur ouvert ou fermé.

42- Déterminer les valeurs numériques prises par les grandeurs u , u_D , u_H et i_D .

.....

.....

.....

43- Donner une relation liant i_H et i

.....

5- On considère l'intervalle de temps où $\alpha T < t < T$

51- Compléter la **figure 5** du document ci-dessous en remplaçant les éléments **H** et **D** par un interrupteur ouvert ou fermé.

52- Déterminer les valeurs numériques prises par les grandeurs u , u_D , u_H et i_D .

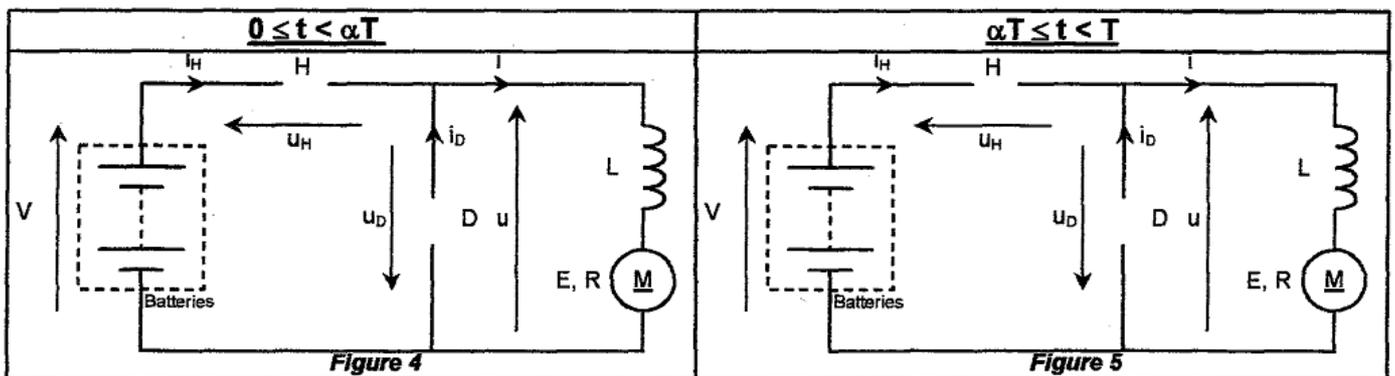
.....

.....

.....

53- Donner une relation liant i_D et i .

.....



6- Représenter en concordance de temps les tensions $u(t)$, $u_H(t)$ et $u_D(t)$ ainsi que les courants $i(t)$, $i_H(t)$ et $i_D(t)$ pour $\alpha = 0,75$ et $T = 4 \text{ ms}$ sur la **figure 7** du document ci-dessous :

Tracé des chronogrammes en concordance de temps

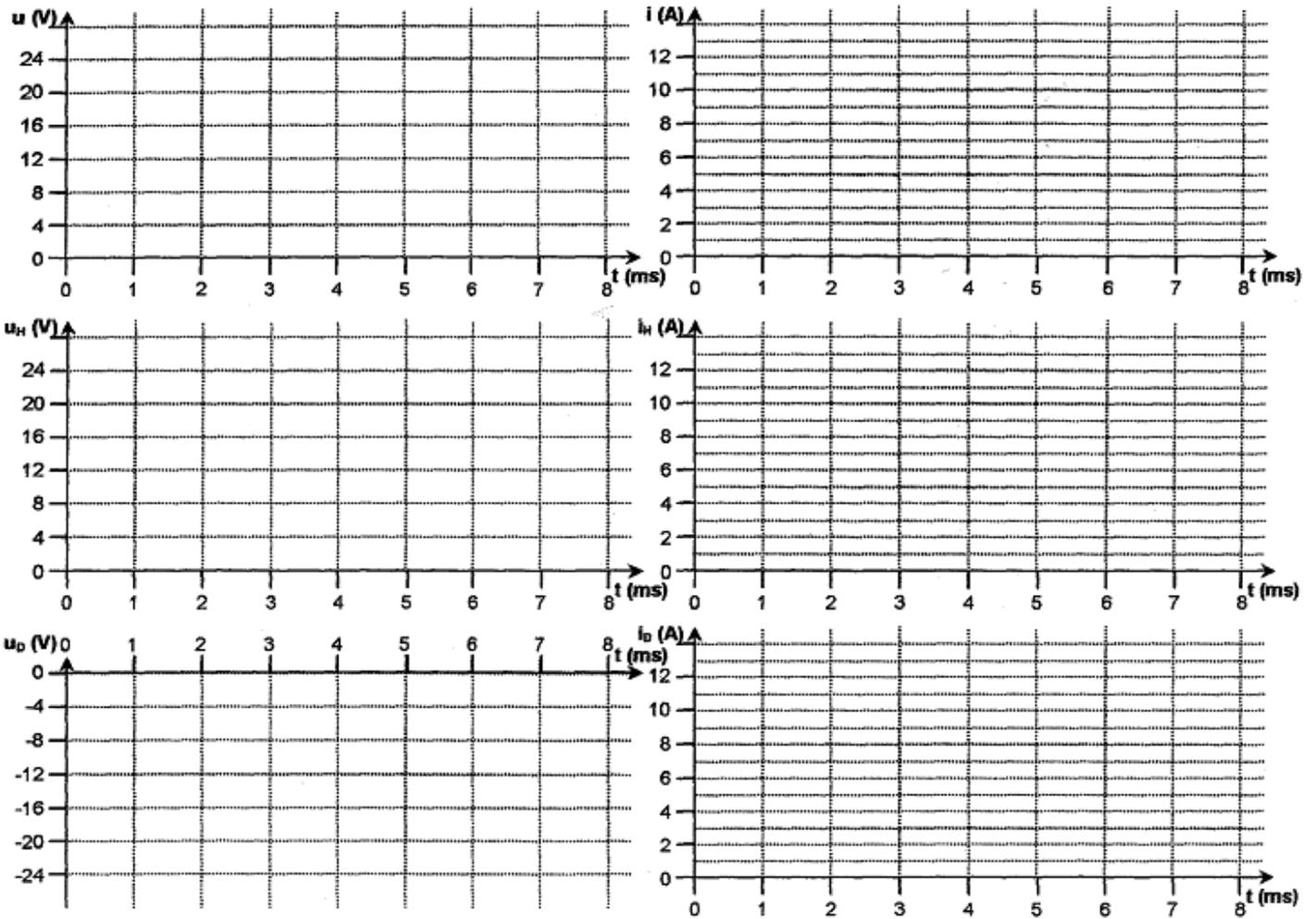


Figure 7

7- Montrer que la valeur moyenne u_{moy} de la tension u peut s'écrire $u_{moy} = \alpha V$.

.....

.....

8- Calculer u_{moy} pour $\alpha = 0,75$.

.....

9- Écrire la relation entre $u(t)$, $u_L(t)$ et $u_M(t)$. Exprimer u_{Mmoy} en fonction de V et de α , puis exprimer E en fonction de V , de α et de RI .

.....

.....

10- Montrer que l'on peut écrire $n = 3000 \alpha - 300$ où n s'exprime en tr/min .

.....

.....

.....

11- Déterminer la valeur α_0 du rapport cyclique au démarrage du moteur

.....

.....

Sujet 3 :

Dans un lycée, pour déplacer les matériels, on utilise un monte-charge équipé d'un moteur à courant continu alimenté en courant continu.

La partie A du problème concerne l'étude du moteur à courant continu à excitation indépendante et la partie B l'étude du hacheur permettant de faire varier la tension aux bornes du moteur.



A - Étude du moteur à courant continu :

Un moteur à courant continu à excitation indépendante, à flux constant, possède les caractéristiques nominales suivantes :

- Tension d'alimentation de l'induit $U_n = 116 \text{ V}$
- Courant d'induit $I_n = 10 \text{ A}$
- Résistance de l'induit $R = 1 \Omega$
- Fréquence de rotation $n_n = 50 \text{ tr/s}$

1/ Dessiner le schéma électrique équivalent de l'induit du moteur en fléchant le courant et les tensions, en utilisant la convention des électromoteurs récepteurs.

.....

.....

.....

.....

.....

2/ A l'aide du modèle précédent, exprimer la force électromotrice E en fonction de U , R et I .

.....

.....

3/ Calculer E dans les conditions nominales.

.....

.....

4/ Donner l'expression de la force électromotrice E en fonction du flux Φ et de la vitesse de rotation Ω (rad/s). En déduire l'expression de E en fonction du flux Φ et de la fréquence de rotation n en tr/s. Mettre cette expression sous la forme $E = k.n$.

.....

.....

5/ Calculer k et préciser son unité.

.....

.....

6/ Calculer la puissance électromagnétique nominale P_{e_n} .

.....

.....

7/ Exprimer le moment du couple électromagnétique C_e en fonction de la puissance électromagnétique P_e et de la vitesse de rotation Ω . Calculer le moment du couple électromagnétique nominal C_{e_n} .

.....

.....

8/ Ce moteur entraîne une charge qui impose un moment du couple électromagnétique égale à la moitié de la valeur nominale calculée précédemment. Sachant que l'intensité du courant dans l'induit est proportionnelle au moment du couple électromagnétique, calculer la nouvelle valeur de l'intensité du courant que l'on notera I' .

.....

.....

9/ U étant constante et égale à 116 V , calculer la valeur de la force électromotrice E' et en déduire la fréquence de rotation n' .

.....

.....

B - Étude du hacheur :

M est un moteur à courant continu à excitation indépendante et à flux constant. On supposera que le courant I_C qui le traverse est parfaitement continu. L'interrupteur H et la diode de roue libre D_{RL} sont supposés parfaits.

L'interrupteur H est alternativement fermé ou ouvert à la fréquence f . Sur la durée d'une période T , H est fermé sur l'intervalle de temps $[0 ; \alpha T]$ et ouvert sur $[\alpha T ; T]$.

α est compris entre 0 et 1 et $T = 20\ \mu\text{s}$.

1/ Quel nom porte α ? Calculer sa valeur.

.....

2/ Sur l'intervalle de temps $[0 ; \alpha T]$,

a) quelle est la valeur de la tension aux bornes de l'interrupteur H ?

.....

b) Donner la valeur $u_C(t)$ au cours de cet intervalle de temps,

.....

c) donner l'état de la diode D_{RL} (passante ou bloquée).

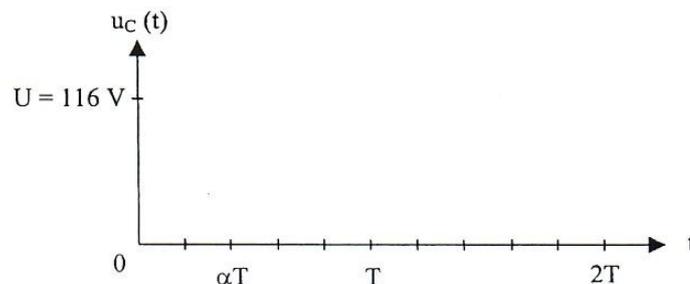
.....

3/ Sur l'intervalle de temps $[\alpha T ; T]$, donner l'état de la diode D_{RL} (passante ou bloquée) ainsi que la valeur de la tension à ses bornes ; pourquoi $u_C(t) = 0$?

.....

.....

4/ Compléter le document ci-dessous en traçant la courbe représentant $u_C(t)$.

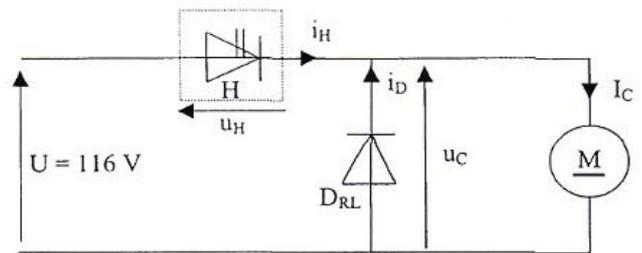


5/ Donner l'expression de $u_{C\text{moy}}$ valeur moyenne de $u_C(t)$ et la calculer lorsque $\alpha = 0,4$.

.....

.....

.....



C – Eude énergétique

On donne :

- Masse de la cage du monte-charge $M_{mc} = 70 \text{ kg}$.
- Masse d'un chariot $M_c = 5 \text{ kg}$.
- Intensité de la pesanteur $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

Dans le cas d'un monte-charge, la puissance P mise en jeu par la force F est égale au produit du module de cette force multipliée par v , le module de la vitesse du monte-charge : $P = F.v$.

La vitesse moyenne de déplacement du monte-charge est de $0,8 \text{ m/s}$

Il est utilisé en moyenne **40 minutes par jour** avec un chariot à l'intérieur.

1/ Calculer P_{oids} le poids de l'ensemble chariot et monte-charge.

.....

2/ Calculer la puissance nécessaire au déplacement de l'ensemble

.....

3/ Quelle est l'énergie consommée pendant une journée d'utilisation ?

.....

Activité 19

TD : Vérins pneumatiques

Exercice 1 :

1. Parmi les caractéristiques citées, laquelle ne caractérise pas un vérin ?

- La pression de l'air la course le débit d'air le diamètre

2. Pour commander un vérin double effet quel type de distributeur utilise-t-on ?

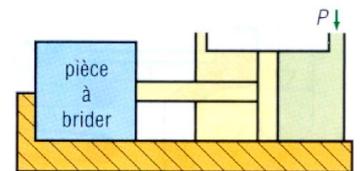
- 3/2 4/2 5/2 5/3

3. Pour faire varier la vitesse d'un vérin, on utilise :

- Un régulateur ? Un clapet anti-retour ? Un distributeur ? Un réducteur de débit ?

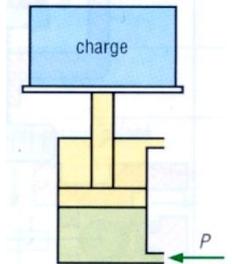
Exercice 2 : L'effort de serrage que doit exercer le vérin de bridage est de **6500 N**. Si le diamètre d'alésage D est de **125 mm**, déterminer la pression théorique nécessaire :

.....



Exercice 3 : La masse de la charge à soulever est de **700 kg** (avec l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$). La pression d'alimentation en air est de **600 kPa (6 bars)**. Si les forces d'inertie et la contre-pression sont négligées, déterminer le diamètre du piston.

.....



Exercice 4 : Calculer les efforts théoriquement développables, en poussant et en tirant, d'un vérin ($D = 100 \text{ mm}$ et $d = 25 \text{ mm}$) si la pression d'utilisation est de **500 kPa (5 bars)**.

.....

Exercice 5 : Déterminer le diamètre d'un vérin capable de soulever une charge de **100 daN** lorsque la pression d'air utilisée est de **700 kPa (7 bars)**. Choisir un diamètre normalisé :

Diamètre normalisé: 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 mm.

.....

Activité 20

TD : Eclairage et chauffage

Exercice 1 : Compléter le texte ci-dessous par les mots suivants : *interne – fluorescence – vapeur de mercure – lumière*.

Dans une lampe à fluorescence la décharge électrique dans la.....à basse pression crée une.....qui excite la.....des matières qui tapissent les parois..... du tube.

Exercice 2 : Sachant que le coefficient d'efficacité lumineuse d'une source est donné par la relation : $f_e = \Phi / P$. Il s'exprime en **lm/W**. Avec :

- P : puissance de la source en **Watt (W)**.
- Φ : flux lumineux en **lumen (lm)**.

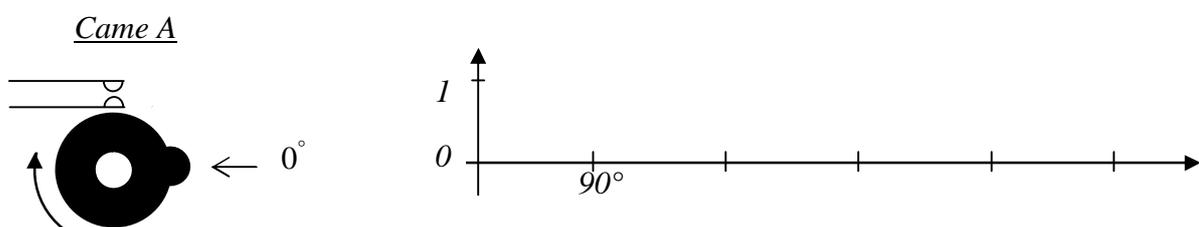
Une lampe porte les indications suivantes : **75 W - 220 V - 970 lm**. Calculer son coefficient d'efficacité f_e lumineuse.

Exercice 3 : Une plaque électrique de diamètre **145 mm** possède **2** résistances de **250 W** chacune et une résistance de **500 W**. Calculer la puissance la plus faible et la puissance la plus élevée dans le cas d'un commutateur à **6 positions** (tension du secteur **220 V**).

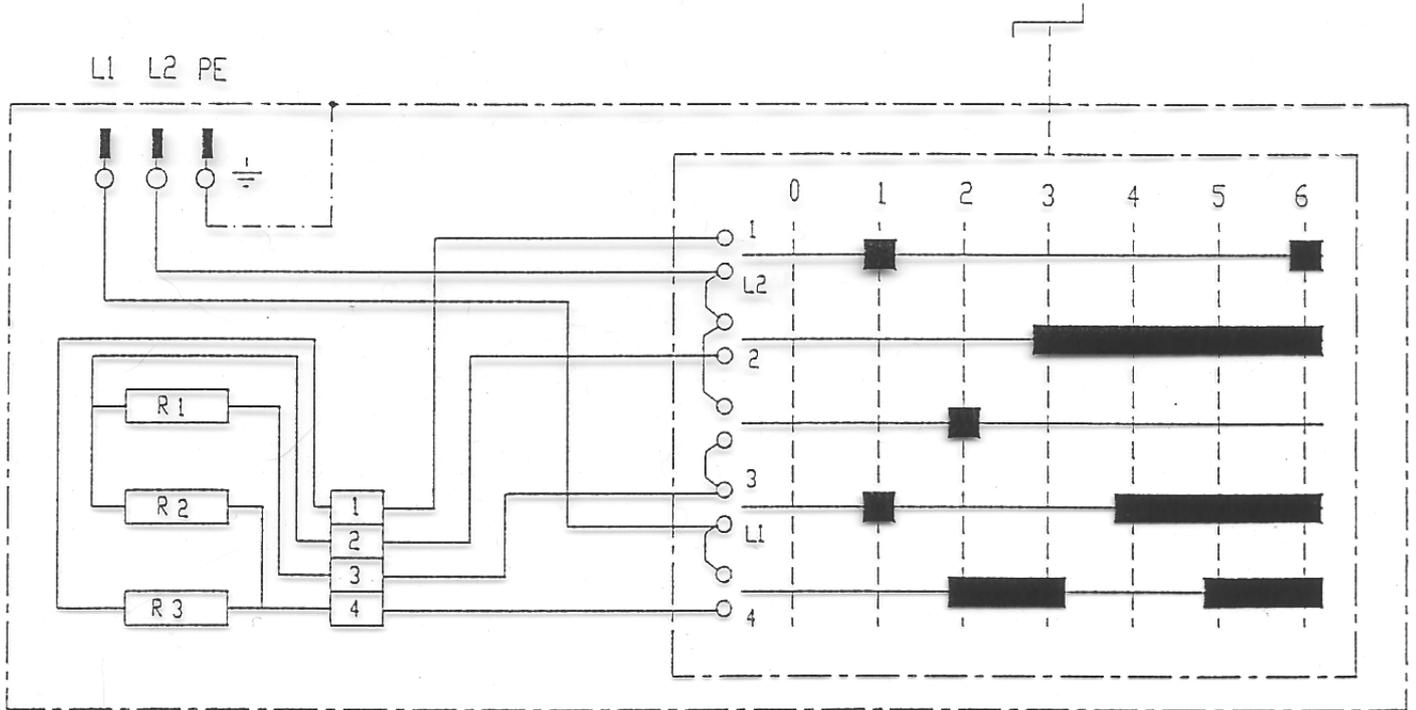
Exercice 4 : Une plaque électrique de diamètre **145 mm** est composée de trois résistances : **250W, 500W** et **750W**. Calculer les puissances pour chaque allure de chauffe avec un commutateur à 6 positions (tension **220 V**).

Position	Groupement des résistances	Puissance de chauffe (W)
1	Aucun	0
2	R_1 seule	.....
3	R_2 seule	.....
4	R_3 seule	.....
5	R_1 et R_3 en parallèle	.....
6	R_1, R_2 et R_3 en parallèle	.....

Exercice 5 : Représenter l'état des contacts 1-2 pour une rotation de 360° de la came A.



Exercice 6 : Compléter le tableau en déterminant le couplage pour chaque position du commutateur à cames.



Position	couplage des résistances R_1 , R_2 et R_3
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Exercice 7 : Compléter le schéma électrique du montage ci-dessous : Tube fluorescent 230 V – 58 W avec allumage par starter.

