

# Onduleur

## Moteur asynchrone

**Objectifs :**

- Mettre en œuvre une structure comportant un onduleur et un moteur asynchrone.
- Visualiser et analyser les oscillogrammes de tensions et courants dans un circuit onduleur et charge.
- Comparer deux commandes d'onduleur (adjacente et M.L.I).
- Commander en vitesse un moteur asynchrone par onduleur.
- Mettre en évidence la nécessité de commande U/f constant avec compensation.
- Etudier le comportement de l'ensemble onduleur - moteur.
- Lire et suivre les instructions d'une notice technique.

**Matériels utilisés :**

- Redresseur - commutateur de tension universel 3x230 V (convertisseur) **735 295**.
- Entrée/sortie redresseur - commutateur de tension universel (Entrée/Sortie convertisseur).
- Unité de raccordement monophasé, 230 V, 10 A.
- Unité de commande de caractéristique PWM (MLI).
- Ampli séparateur 4 canaux.
- Indicateur vectoriel.
- Deux appareils de mesure Voltmètre - Ampèremètre.
- Oscilloscope bicourbes
- Sondes de tension
- Sonde de courant
- Moteur asynchrone 230/400 V 0.3 kW
- Tachymètre numérique à main



## II - Etude du convertisseur pour divers modes de modulation.

### II- 1- Commande par onde purement rectangulaire (adjacente)

#### II- 1- a- Réglages :

Pour obtenir un système triphasé symétrique à l'aide de l'unité de commande dans le type de modulation "**modulation par créneaux**", procédez comme suit :

- Mettre le convertisseur en service avec l'unité de commande PWM. Il est ici important de procéder dans l'ordre suivant :
  1. l'interrupteur de puissance = unité de raccordement au secteur du convertisseur 726 71,
  2. l'interrupteur de l'électronique du convertisseur.

***Résultats** : après une brève phase de test au cours de laquelle tous les segments de l'affichage et tous les LEDs sont allumées, il apparaît sur l'affichage la première des 17 lignes : "U0" et en dessous, les modes d'entrée (Reference input mode) -10 V ... +10 V.*

- Réglages de base de l'unité de commande : Entrez les données suivantes avec les boutons poussoirs et contrôles les valeurs pré-réglées :
  1. Entrez le mode d'entrée "**manuel**" par le biais du bouton poussoir **2a** aux boutons poussoirs **2e** ou **2f** pour changer les valeurs.
  2. Par le biais du bouton poussoir de l'affichage **1a**, faites les réglages suivants:

Ligne 0 :	$U_{NOM}$	= 230 V (tension nominale)
Ligne 2 :	$f_{NOM}$	= 50 Hz (fréquence nominale)
Ligne 5 :	$f_{LIM}$	= 100 Hz.
Ligne 8 :	$I \cdot R$	= 0 V.
Ligne 9 :	$U_{START}$	= 0 V.
Ligne b :	MODUL	= 42 (modulation par créneaux demi f)
Ligne F ou Ligne 3 :	$f_M$ ou $f_{Ref}$	= 83 Hz.

- Réglez l'ampli séparateur comme suit :
  1. **O<sub>A</sub>**, **O<sub>B</sub>**, **O<sub>C</sub>** réglés sur **-U<sub>Z</sub>**.
  2. Les 3 canaux sont visualisés sur l'oscilloscope en mode multiplex : Multiplexeurs **A**, **B**, **C** "**ON**", amplitude **1**
  3. Réglez le commutateur ((23)) sur **MULTIPLEXER**.
  4. Reliez la sortie **Y** vers l'oscilloscope
  5. Réglez **Y-POS** de façon à ce que les canaux **A**, **B** et **C**, soit les tensions **u<sub>1</sub>**, **u<sub>2</sub>** et **u<sub>3</sub>**, soient affichés de haut en bas sur l'écran. (sur trois niveaux).
- Réglez l'oscilloscope
  - Entrée Y : CC, 2 V / div
  - Temps : 2 ms / div
  - Déclenchement : externe (sortie **TRIG** de l'unité de commande par rapport à **AGND**)

#### II- 1- b- Relevé des courbes :

➡ Visualisez à l'oscilloscope les trois tensions de sortie du convertisseur par rapport au pôle négatif de la tension du circuit intermédiaire **-U<sub>Z</sub>** : **u<sub>1</sub>**, **u<sub>2</sub>**, **u<sub>3</sub>**.

- Réajustez la fréquence sur l'unité de commande jusqu'à ce qu'une période s'élève le plus exactement possible à **6 DIV**, soit **12 ms**.
- Observez et relevez l'oscillogramme, sur document repense 1-a, commentez les déphasages entre les tensions.
- Diminuez la fréquence jusqu'à apparition de l'affichage "**F - 86**" à la place de l'ancien affichage "**F 86**", et observez à nouveau l'oscilloscope. Relevez, sur document repense 1-b, et commentez les oscillogrammes.

↪ Tracez le diagramme vectoriel du vecteur flux.

- Réglez l'ampli séparateur comme suit ::
  1. Commutez l'ampli séparateur dans le mode **SPACE VECTOR INDICATOR** (Indicateur vectoriel). Il y a maintenant le signal X et le signal Y, disponibles aux douilles BNC ((22)) et ((24)) pour le vecteur flux..
  2. Appliquez le signal X à l'entrée CH1 de l'oscilloscope.
  3. Appliquez le signal Y à l'entrée CH2 de l'oscilloscope.
- Réglez l'oscilloscope :
  - Entrée Y : CC, 1 V/div.
  - Entrée X : CC, 1 V/div.
  - Mode : X-Y.
- Observez et relevez, sur document repense 1-c, le vecteur flux sur l'oscilloscope tout en augmentant lentement la fréquence du convertisseur de 50 à 100 Hz..
- Commentez.

↪ Visualisez le courant dans le moteur. Procédez comme suit :

- Reliez le courant  $i_1$  du moteur de la **phase 1** de la douille **I<sub>1</sub>** de l'Entrée/Sortie par rapport à **AGND** sur **Ch1** de l'oscilloscope.
- Pour visualisez la tension étoilée :
  - Réglez l'ampli séparateur : réglez le canal D sur
 

Math. Function	: L <sub>1N</sub> (A,B,C)
Filtre	: Off.
  - Reliez le canal D sur **Ch2** de l'oscilloscope.
- Réglez l'oscilloscope :
  - Ch1 : 0.5 V / dv
  - Ch2 : 1 V / div
  - Temps : 5 ms / div
  - Déclenchement : externe, par TRIG de l'unité de commande
- Observez et relevez, sur document repense 1, le courant et la tension étoilée pour différentes fréquences (ex :  $f_M = 33$  Hz ;  $f_M = 50$  Hz ;  $f_M = 67$  Hz). Interprétez.

↪ Conclure.

## **II-2- Commande de largeur d'impulsion (MLI ou PWM)**

L'unité de commande est maintenant réglée sur M.L.I (ligne b: MODUL = 11).

Comparez le fonctionnement du convertisseur en cas de modulation rectangulaire, **mode b = 42** de l'unité de commande PWM, et en cas de modulation de largeur d'impulsion (modulée sinusoidalement), **mode b = 11**.

↪ Visualisez à l'oscilloscope les trois tensions de sortie du convertisseur par rapport au pôle négatif de la tension du circuit intermédiaire  $-U_z$  :  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $u_3$ . Afin d'obtenir une image stable, observez les trois tensions une à une.

- Reliez le canal A de l'ampli séparateur ( $u_1$ ) à l'entrée **Ch1** de l'oscilloscope (à la place de la sortie Y MUX). Refaire le même travail pour  $u_2$  et  $u_3$ .
- Observez et relevez, sans filtre, l'oscillogramme pour  $f = 40$  Hz, sur document repense 2-a, commentez.
- Utilisez le filtre 1 KHz de l'ampli séparateur
  1. Appliquez " la tension  $u_1$  entre les points **PH1** et  $-U_z$  aussi au canal E.
  2. Réglez le canal E sur : **1/100**.
  3. Réglez le canal D sur : **MATH.FUNCTION: E**.
  4. Filtre : **1 kHz**.
  5. Visualisez le canal D sur l'oscilloscope.
- Observez et relevez l'oscillogramme pour  $f = 40$  Hz, sur document repense 2-b, commentez.

↪ Tracez le diagramme vectoriel du vecteur flux.

- Réglez l'ampli séparateur comme suit :
  1. Commutez l'ampli séparateur dans le mode **SPACE VECTOR INDICATOR** (Indicateur vectoriel).
  2. Appliquez le signal X à l'entrée **Ch1** et Y à l'entrée **Ch2** de l'oscilloscope.
- Réglez l'oscilloscope :
  - Entrée Ch2 : **CC**, 1 V/div.
  - Entrée Ch1 : **CC**, 1 V/div.
  - Mode : **X-Y**.
- Observez et relevez, sur document repense 2-c, le vecteur flux sur l'oscilloscope pour une fréquence  $f_M = 15$  Hz.
- Observer le vecteur flux sur l'oscilloscope tout en augmentant lentement la fréquence du convertisseur de 15 à 50 Hz. Conclure.

↪ Visualisez le courant dans le moteur.

- Reliez le courant  $i_1$  du moteur de la **phase 1** de la douille **I<sub>1</sub>** de l'Entrée/Sortie par rapport à **AGND** sur **Ch1** de l'oscilloscope.
- Pour visualisez la tension étoilée :
  - Réglez l'ampli séparateur : réglez le canal D sur
    - Math. Function : **L<sub>IN</sub> (A,B,C)**
    - Filtre : **1 kHz**.
  - Reliez le canal D sur **Ch2** de l'oscilloscope.
- Réglez l'oscilloscope :
  - Ch1 : **0.5 V / dv**
  - Ch2 : **1 V / div**
  - Temps : **5 ms / div**
  - Déclenchement : **externe, par TRIG de l'unité de commande**
- Observez et relevez, sur document repense 2-d, le courant et la tension étoilée pour différentes fréquences (ex :  $f_M = 33$  Hz ;  $f_M = 50$  Hz ;  $f_M = 65$  Hz). Interprétez.

↪ Comparez avec la commande précédente et conclure.

### III - Convertisseur et moteur.

#### III- 1 - U/f constante linéaire

↳ Mesurez le courant à vide du moteur (courant magnétisant) et la vitesse du moteur à vide en fonction de la fréquence.

- Réglez l'unité de commande :

Ligne 0 - $U_{NOM}$	= 230 V
Ligne 2 - $f_{NOM}$	= 50Hz
Ligne 5 - $f_{LIM}$	= 100 Hz
Ligne 8 - $I \cdot R$	= 0 V
Ligne 9 - $U_{start}$	= 0V
Ligne b - MODUL	= 21

Variez la fréquence  $f_{REF}$ , mesurez le courant  $I_{L0}$  et la vitesse  $N_0$  du moteur, complétez le tableau et tracez les caractéristiques  $I_{L0}(f_M)$  et  $N_0(f_M)$ , sur document réponse 3. Interprétez.

#### III- 2 - Amélioration de la commande U/f constante

Afin d'atteindre le plein flux à basse fréquence malgré la chute de tension ohmique (à vide et à faible fréquence), la tension doit être augmentée par rapport à la caractéristique U/f linéaire, d'une valeur correspondante à cette chute ( $U_{start}$ ). De même une compensation de la chute ohmique en charge doit être prévue  $R \cdot I$ .

↳ Calculez la chute de tension à la résistance du stator de la machine pour le courant à vide nominal [résistance étoilée (résistance par enroulement divisée par 3 : montage triangle) multipliée par le courant de ligne multiplié par  $\sqrt{3}$  (chute entre phases)].

↳ Mesurez le courant à vide du moteur (courant magnétisant) et la vitesse du moteur à vide en fonction de la fréquence.

- Réglez l'unité de commande :

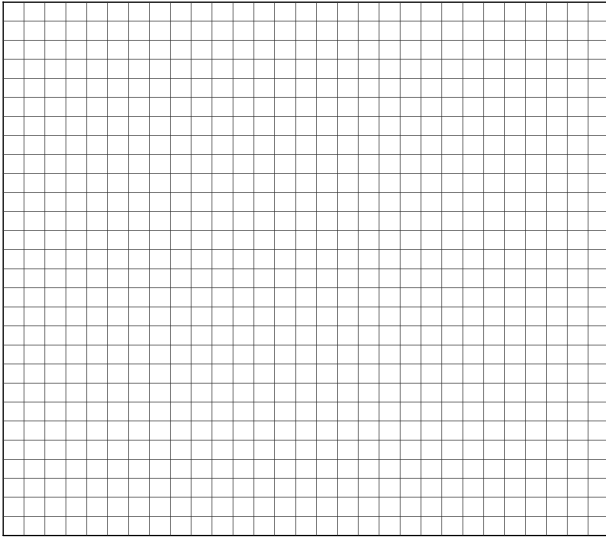
Ligne 0 - $U_{NOM}$	= 230 V
Ligne 1 - $I_{NOM}$	= 1.05 A
Ligne 2 - $f_{NOM}$	= 50 Hz
Ligne 5 - $f_{LIM}$	= 120 Hz
Ligne 8 - $I \cdot R$	= 10 V
Ligne 9 - $U_{START}$	= 13 V
Ligne b - MODUL	= 21
Ligne c - $I_{MAGN}$	= 0.95 A
- Variez la fréquence  $f_{REF}$ , mesurez le courant  $I_{L0}$  et la vitesse  $N_0$  du moteur, complétez le tableau et tracez les caractéristiques  $I_{L0}(f_M)$  et  $N_0(f_M)$ , sur document réponse 4. Interprétez.

### IV- CONCLUSIONS

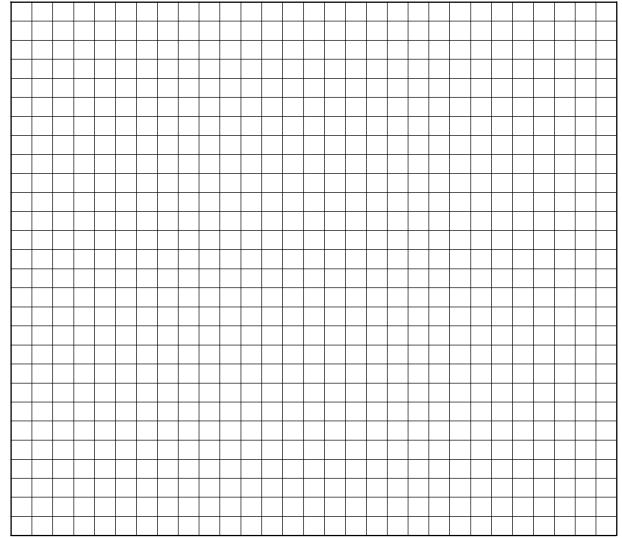
Conclure sur toutes les manipulations effectuées sous forme de récapitulation comparative entre les différents types de commandes étudiées.

**II- 1 Modulation rectangulaire**

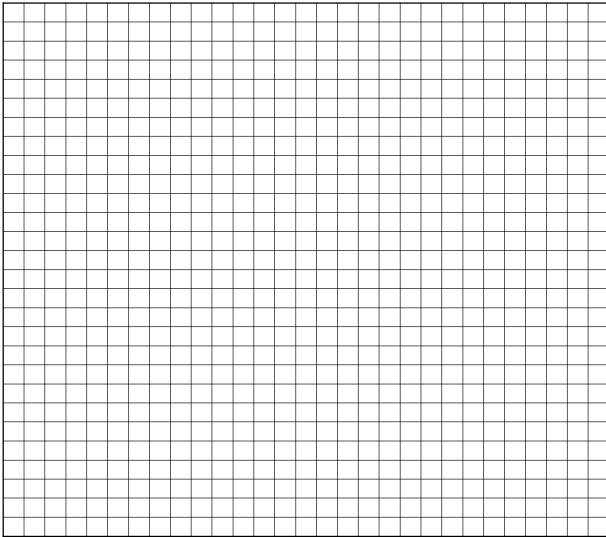
Document réponse 1-a



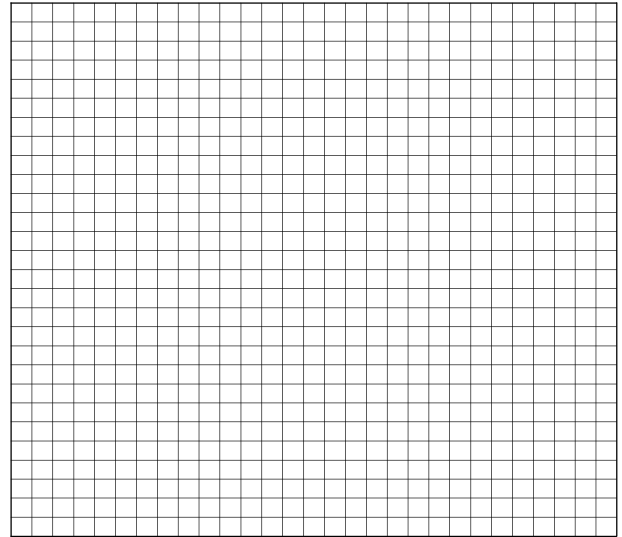
Document réponse 1-b



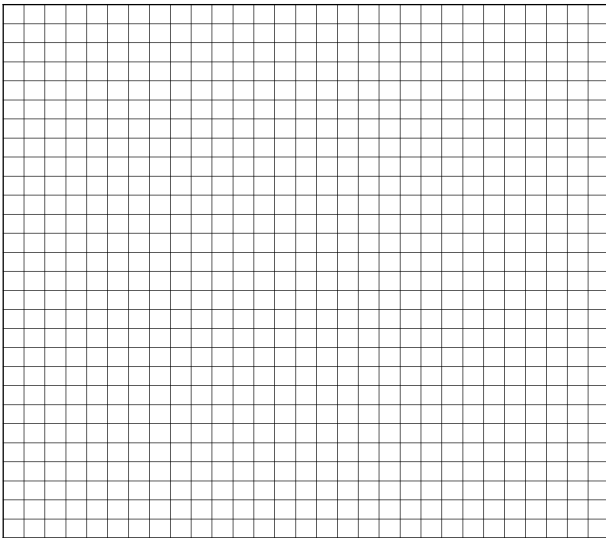
Document réponse 1-c



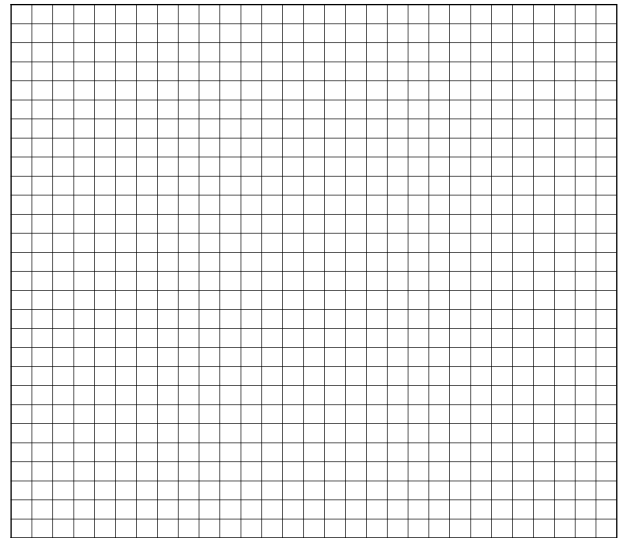
Document réponse 1-d (33 Hz)



Document réponse 1-d (50 Hz)

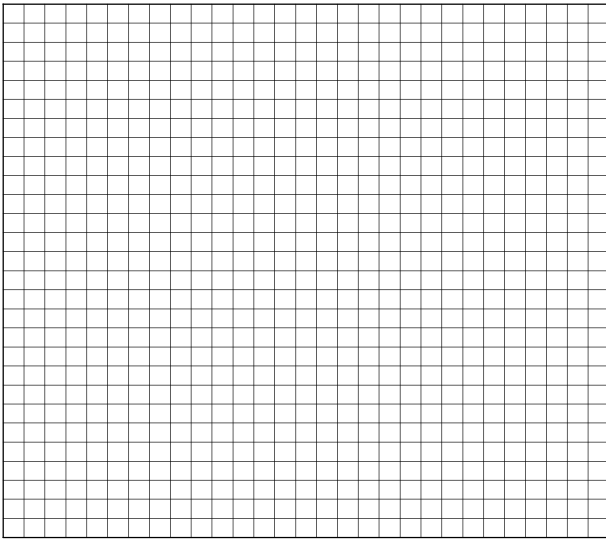


Document réponse 1-d (67 Hz)

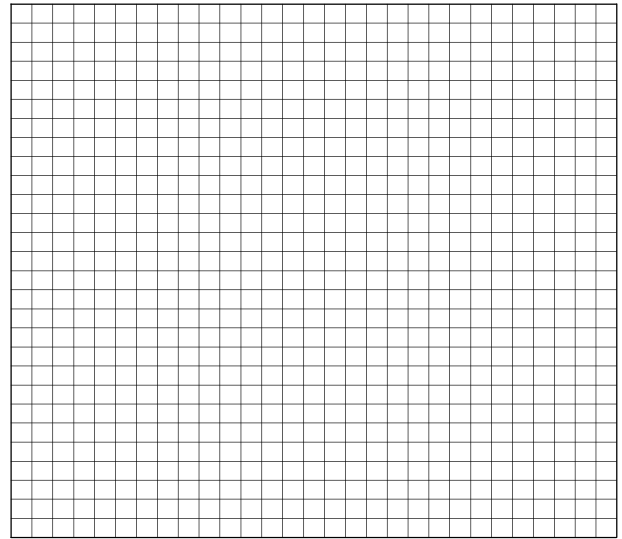


**II- 2 Modulation M.L.I**

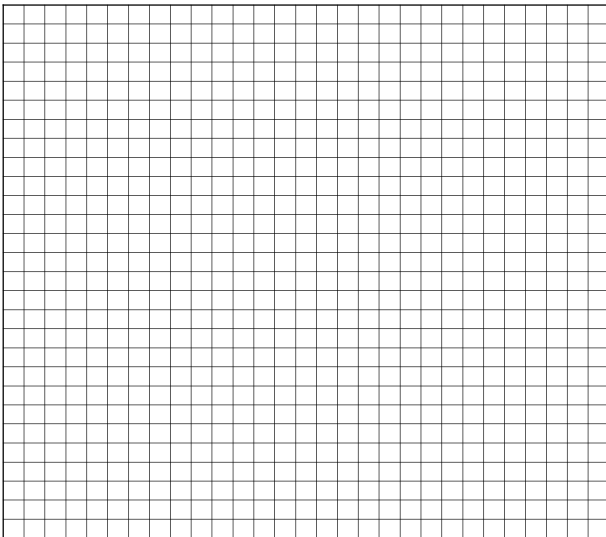
Document réponse 2-a



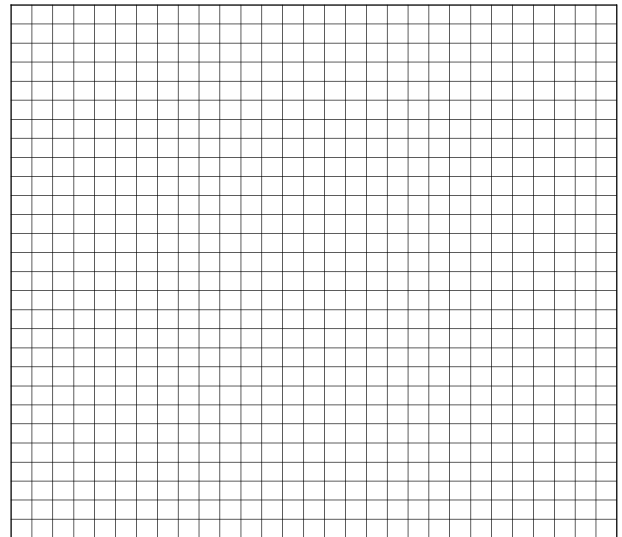
Document réponse 2-b



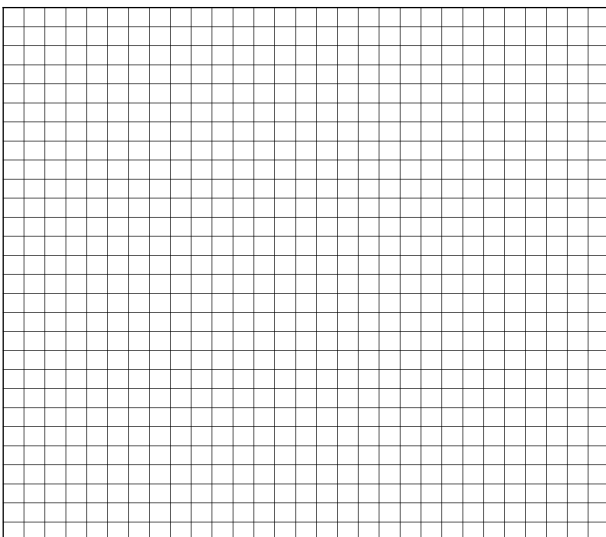
Document réponse 2-c



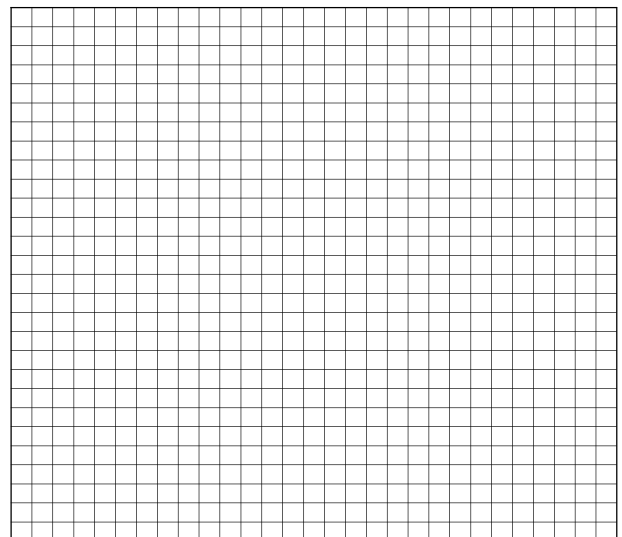
Document réponse 2-d (33 Hz)



Document réponse 2-d (50 Hz)

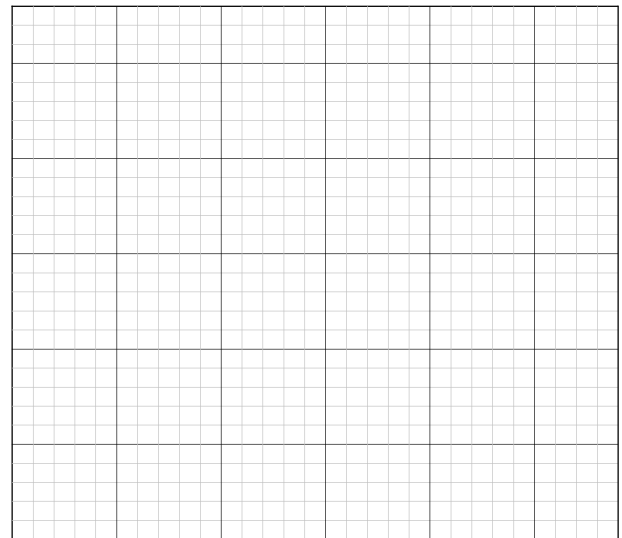
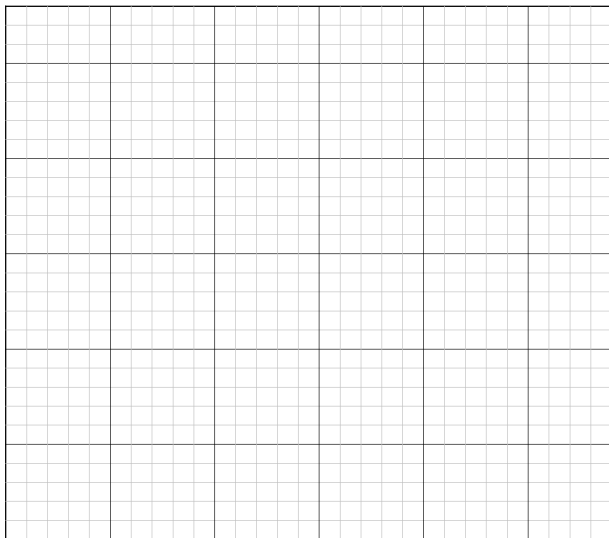


Document réponse 2-d (67 Hz)



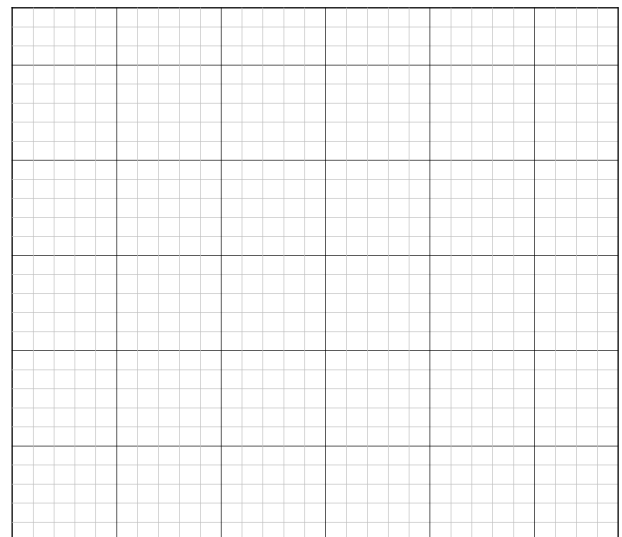
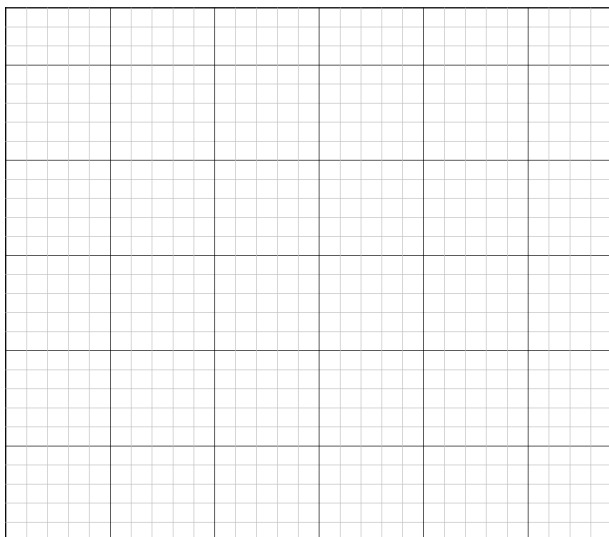
**III- 1 - U/f constante linéaire** (document réponse 3)

$f_M$ (HZ)	10	15	20	30	40	45	50	55	60	70	80	90	100
$I_{L0}$ (A)													
$N_0$ (tr/min)													



**III- 2 - Amélioration de la commande U/f constante** (document réponse 4)

$f_M$ (HZ)	5	10	15	20	30	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
$I_{L0}$ (A)																
$N_0$ (tr/min)																



Annexe 1 (TP N°6)

Disposition du matériel

Annexe 2 (TP N°6)

Unité de commande