

GÉNIE ÉLECTRIQUE

Manuel d'Activités

3^{ème} année de l'enseignement secondaire **Sciences Techniques**

Les auteurs

Sadok MAYEL
Inspecteur Général

Zouhaier SBAI
Inspecteur

Mourad HAJJI
Inspecteur

Walid BRAÏEK
Professeur PE

Fredj HMIDI
Professeur PE

Wassim BAHRI
Professeur PE

Les évaluateurs

Ahmed BEN CHEIKH
Inspecteur Général

Anis SELLAMI
Professeur Universitaire

Abdelhakim MANOUBI
Inspecteur Général

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

SOMMAIRE

Thème n°1	Réseau électrique monophasé	6
Thème 1-1	Courant électrique monophasé	
Thème 1-2	Sécurité électrique	
Thème 1-3	Énergies renouvelables	
Thème n°2	Conception et réalisation de carte de commande	36
Thème n°3	Logique combinatoire	45
Thème 3-1	Fonctions combinatoires	
Thème 3-2	Résolution de problèmes de logique combinatoire	
Thème n°4	Logique séquentielle	71
Thème 4-1	Systèmes séquentiels	
Thème 4-2	Applications à base de bascules	
Thème n°5	Automates programmables industriels	113
Thème 5-1	Capteurs	
Thème 5-2	Automates programmables industriels	
Thème n°6	Microcontrôleurs	133
Thème 6-1	Microcontrôleurs	
Thème 6-2	MikroC pour PIC	
Thème n°7	Technologies de communication des objets connectés	146
Thème n°8	Moteurs électriques	157
Thème n°9	Moteur pas à pas à aimant permanent	167

AVANT-PROPOS

Cet ouvrage de génie électrique est conforme au curriculum officiel de 3^{ème} année de l'enseignement secondaire, section sciences techniques. Il est publié en deux volumes : manuel numérique de cours et manuel d'activités. Ces deux manuels sont destinés principalement à être utilisés par les élèves. Ils sont composés de 9 thèmes basés sur l'Automatique, l'Électrotechnique et l'Électronique.

Les contenus du manuel d'activités sont construits dans l'esprit de permettre à l'apprenant, seul ou en groupes réduits, une expérimentation et manipulation de matériels et moyens pédagogiques mis à sa disposition pour essayer, vérifier et découvrir des nouveaux concepts dans une démarche pédagogique appropriée.

Les contenus du manuel numérique sont construits dans l'esprit de permettre à l'élève une exploitation optimale en utilisant les nouvelles technologies dans le but de consolider ses acquis.

Dans le but de former et pas seulement d'informer, ces deux manuels associent étroitement des activités pratiques, portant sur une grande variété de technologie, à la théorie. Dans cette perspective, les contenus sont construits dans une démarche d'investigation, une démarche de résolution de problèmes ou démarche de projets.

Le thème n°8 (moteurs électriques) est abordé par des projets réalisés par les apprenants en petits groupes.

Les autres thèmes sont composés de séquences d'apprentissages. A fin d'adopter la démarche d'investigation ou la démarche de résolution de problèmes, chaque séquence débute par une situation déclenchante intitulée activité n°1. Celle-ci est proposée par l'enseignant qui présente un système en fonctionnement ou un problème. Dans les deux cas :

Les apprenants, en petits groupes, formulent une problématique ou un problème, des hypothèses et choisissent un plan d'action.

Ensuite, les apprenants réalisent les autres activités destinées à la vérification de hypothèses et, leur permettent, en conséquence, d'acquérir des nouveaux savoirs et savoir-faire. A chaque activité est associée une aide pédagogique que les apprenants consultent en scannant un code QR ou en utilisant URL.

Dans la page de garde un URL permettant l'accès à toute la séquence d'apprentissage dans le manuel numérique. A la fin de chacune d'elle un résumé et un code QR pour l'évaluation. Les aides pédagogiques sont en formats PDF, ou des vidéos.

Nous adressons un merci spécial à tous les enseignants pour leurs commentaires instructifs et leurs idées constructives.

Les réactions, commentaires et critiques concernant cet ouvrage sont attendus à l'adresse suivante: lesauteurs.3stge@gmail.com

Les Auteurs

STRUCTURE DU MANUEL

Présentation d'un chapitre

- L'objet du thème →
- Séquence d'apprentissage n°1 →
- Séquence d'apprentissage n°2 →
- Séquence d'apprentissage n°3 →
- Projets et activités de recherche →

THEME 1

Le thème "Réseau électrique monophasé" permettra aux apprenants de s'approprier des savoirs et savoir-faire relatifs au courant alternatif monophasé, à la sécurité électrique et aux énergies renouvelables conformément aux composantes des compétences disciplinaires suivantes:

CD1.2 : déterminer les caractéristiques d'une machine ou d'un montage électrique.
 CD2.2 : mettre en œuvre une machine ou un montage électrique et analyser les grandeurs électriques ou mécaniques mises en jeu.
 CD3.2 : décrire une machine électrique ou un montage électrique et en rendre compte.
 CD1.1 : s'initier aux règles de sécurité électrique.
 CD2.1 : appliquer les règles de sécurité électrique.
 CD3.1 : lire et décoder des schémas et symboles relatifs à la sécurité électrique et en rendre compte.

A- COURANT ALTERNATIF MONOPHASÉ

Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Act. n°1		Communication	Prise monophasé; batterie; lampe.
Apprentissage	Act. n°2 Act. n°3	CD1.2 CD2.2	Résolution de problèmes	Appareils de mesure; Transformateur mono. 230V /
Evaluation	Projet n°1	CD3.2	Communication	48V, 50Hz Récepteurs.

B- SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Act. n°1		Communication	
Apprentissage	Act. n°2 Projet 1	CD1.1 CD2.1	Résolution de problèmes	Photos d'illustrations; appareils; accessoires; vidéos; schémas; schémas; devis.
Evaluation	Projet 2 Projet 3 et 4	CD3.1	Communication	

C- ÉNERGIES RENOUVELABLES

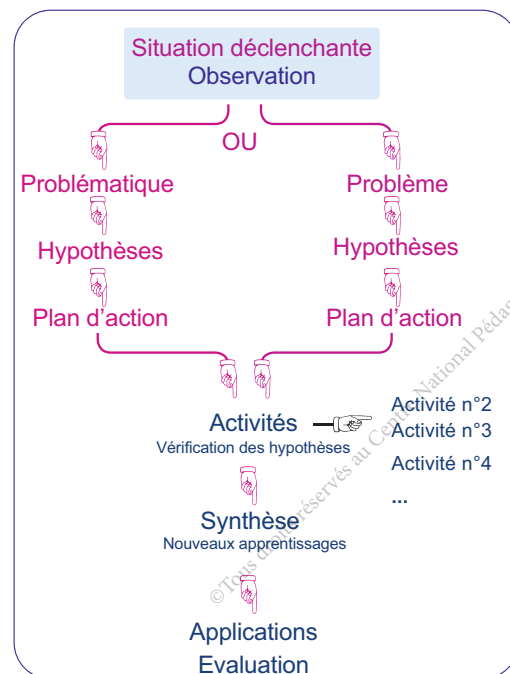
Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Act. n°1		Communication	
Apprentissage	Act. n°2 Act. n°3	CD1.2 ; CD2.2; CD3.2 ;	Résolution de problèmes	Photos d'illustrations; appareils; accessoires; vidéos; schémas; imprimé de Compte rendu.
Evaluation	Projet	CD1.1 ; CD2.1 ; CD3.1	Communication	

Les cahiers des charges des projets et activités de recherche

A	B	C	D
Recherche (AR1)	Projet n° 1	Projet n° 2	Projet n° 3
Projet n° 4			

Démarches pédagogiques

Les démarches pédagogiques consistent à mettre l'apprenant en situation d'observation, d'expérimentation, d'analyse et de réalisation. Elles permettent d'émettre des hypothèses, de suivre un plan d'action réfléchi afin de vérifier ces hypothèses et d'acquérir des nouveaux apprentissages.

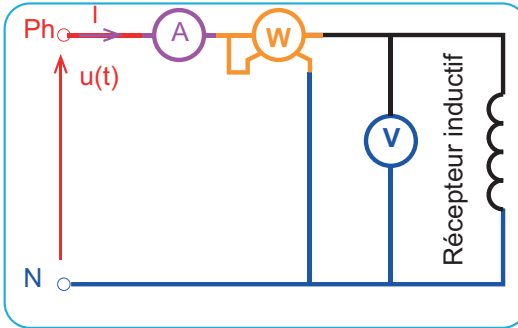
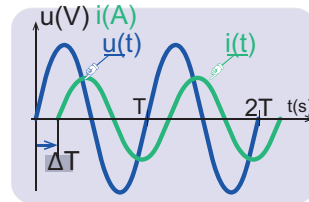


Résumés

A la fin de chaque séquence d'apprentissage, un résumé aide les apprenants à retenir les informations essentielles.

Réseau Électrique Monophasé

Schéma

Oscillogrammes $u(t)$ et $i(t)$ 

$$\varphi^\circ = \frac{\Delta T}{T} \times 360$$

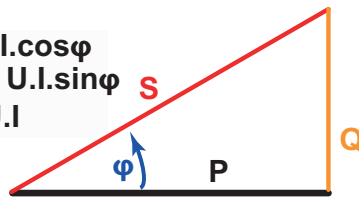
$$\varphi(\text{rad}) = \frac{\Delta T}{T} \times 2\pi$$

Triangle des puissances

$$P(\text{W}) = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

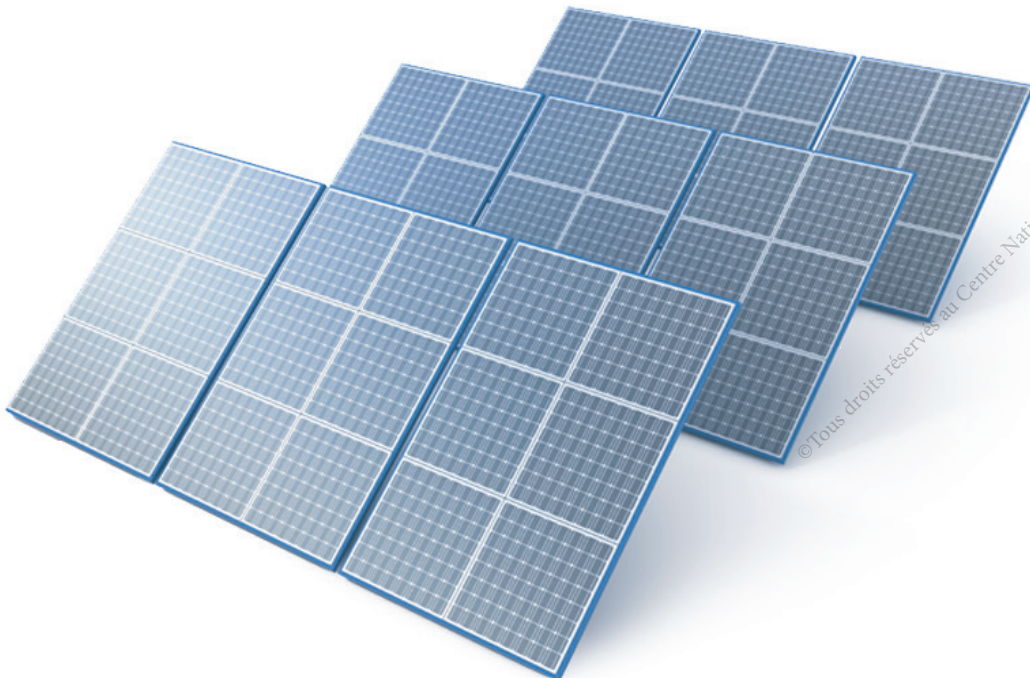
$$Q(\text{VAR}) = U \cdot I \cdot \sin\varphi$$

$$S(\text{VA}) = U \cdot I$$



Facteur de puissance

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Le thème «Réseau électrique monophasé» permettra aux apprenants de s'approprier des savoirs et savoir-faire relatifs au courant alternatif monophasé, à la sécurité électrique et aux énergies renouvelables conformément aux composantes des compétences disciplinaires suivantes:

- CD1.2:** déterminer les caractéristiques d'une machine ou d'un montage électrique.
- CD2.2:** mettre en œuvre une machine ou un montage électrique et analyser les grandeurs électriques ou mécaniques mises en jeu.
- CD3.2:** décrire une machine électrique ou un montage électrique et en rendre compte.
- CD1.1:** s'initier aux règles de sécurité électrique.
- CD2.1:** appliquer les règles de sécurité électrique.
- CD3.1:** lire et décoder des schémas et symboles relatifs à la sécurité électrique et en rendre compte.

A- COURANT ALTERNATIF MONOPHASÉ

Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Act. n°1		Communication	Prise monophasé; batterie; lampe.
Apprentissage	Act. n°2 Act. n°3	CD1.2 CD2.2	Résolution de problèmes	Appareils de mesure; Transformateur mono. 230V / 48V, 50Hz
Évaluation	Projet n°1	CD3.2	Communication	Récepteurs.

B- SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Act. n°1		Communication	Photos d'illustrations; appareils; accessoires; vidéos; schémas; devis.
Apprentissage	Act. n°2	CD1.1	Résolution de problèmes	
	Projet 1	CD2.1		
Évaluation	Projet 2 Projet 3 et 4	CD3.1	Communication	

C- ÉNERGIES RENOUVELABLES

Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Act. n°1		Communication	Photos d'illustrations; appareils; accessoires; vidéos; schémas; Comptes rendus.
Apprentissage	Act. n°2	CD1.2 ; CD2.2;	Résolution de problèmes	
	Act. n°3	CD3.2 ;		
Évaluation	Projet	CD1.1 ; CD2.1 ; CD3.1	Communication	

Les cahiers des charges des projets et activités de recherche

Recherche (AR1)	Projet n° 1	Projet n° 2	Projet n° 3	Projet n° 4
				

A- COURANT ALTERNATIF MONOPHASÉ

<https://tech3elec.education.tn/CourantAlternatif.html>

ACTIVITÉ N°1

problème d'éclairage

Au cours d'une séquence d'apprentissage, les apprenants ne peuvent pas voir ce qui s'écrit au tableau, car celui-ci est mal éclairé. L'enseignant a décidé de les faire participer à la résolution de ce problème. Il leur a montré une lampe, une batterie et une prise électrique (figure 1), puis il a posé le problème suivant : Quelle source d'alimentation électrique utilise-t-on pour allumer la lampe (figure 1)? Justifier la réponse.



Prise murale
230V, 50Hz



Lampe électrique



Fig. 1

1 En petits groupes :

a- Compléter les questions suivantes par : électrique ; courant ; électrique ; la différence ; alternatif ; source ; courant ; caractéristiques.

- Quelle est entre le courant et le continu?
- Quelles sont les grandeurs électriques en alternatif ?
- Quelles sont les d'une grandeur ?
- Comment choisir une ? d'alimentation à un récepteur ?

b- Proposer d'autres questions si celles, déjà, posées en (a) sont insuffisantes.

.....

.....

c- Compléter les hypothèses suivantes par :

caractéristiques; électrique; récepteur électrique ; identifiée.

- Chaque grandeur électrique est par des caractéristiques spécifiques;
- Chaque récepteur est identifié par des caractéristiques spécifiques;
- Le choix d'une source d'alimentation pour un est dépendant des de celui-ci et de celles de la source d'alimentation.

2 Le plan d'action, ci-dessous, aide à la recherche des réponses argumentées aux questions posées et à la vérification des hypothèses.

- Réalisation des activités, recherche d'informations, cours,
- Vérification des hypothèses;
- Formulation des nouveaux apprentissages et évaluations.

ACTIVITÉ N°2

Grandeurs électriques



Les éléments de la figure 2 sont utilisés pour mesurer et visualiser des grandeurs électriques.

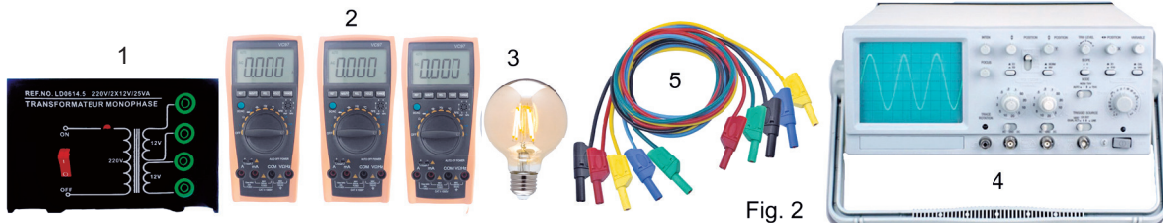


Fig. 2

1 Indiquer dans le tableau, ci-après, le nom et la fonction de chaque élément.

1 : Transformateur	2 :	3 :	4 :	5 : Cordons électriques
..... la tension électrique	Relier électriquement les.....

2 Compléter le schéma du montage (figure 3) afin :

- a- de mesurer la tension aux bornes du secteur et celle délivrée par le transformateur (U_{AB});
- b- d'alimenter la lampe par une tension alternative de 24V ;
- c- de mesurer le courant traversant la lampe (H);
- d- de visualiser la tension appliquée à cette lampe.

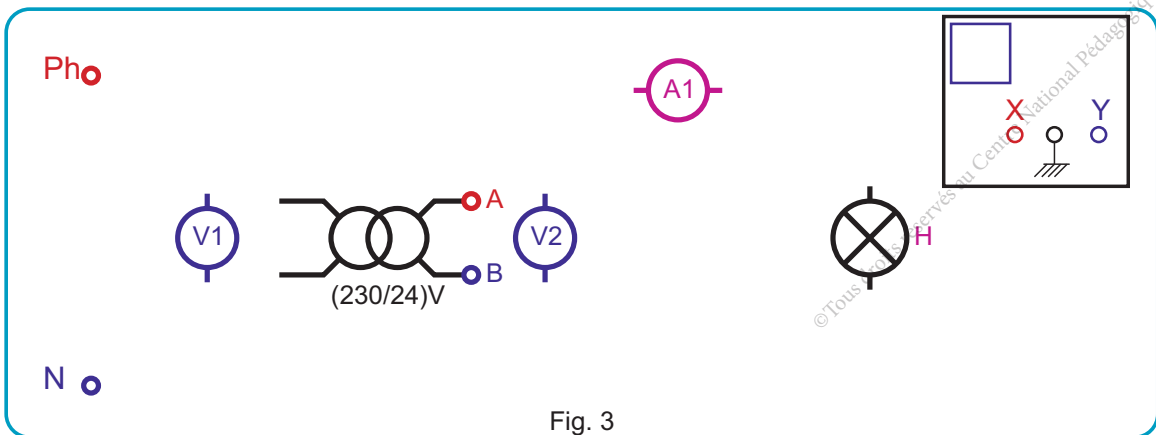


Fig. 3

3 Utilisation des appareils de mesure

- a- Mesure de la tension du secteur :

Le voltmètre est branché en Calibre :

b- Mesure de la tension d'alimentation aux bornes de la lampe :

Le voltmètre est branché en Calibre :

c- Mesure de l'intensité du courant traversant la lampe :

L'ampèremètre est branché en Calibre :

4 Utilisation d'un oscilloscope

a- Comment doit-on brancher l'oscilloscope sur un montage?

.....

b- Quel calibre vertical doit-on choisir? .

.....

c- Quel calibre horizontal doit-on choisir?

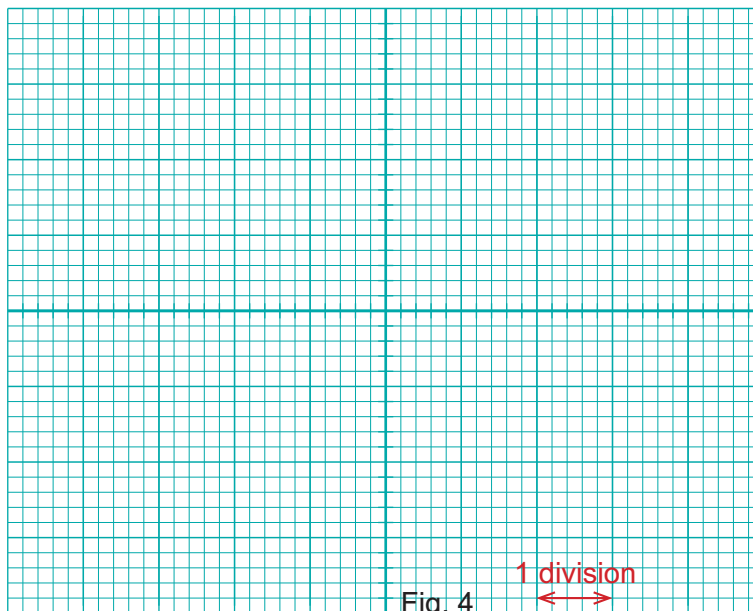
.....

5 En présence de l'enseignant, alimenter le montage. Relever et indiquer ci-dessous les valeurs mesurées ?

Tension du secteur	Tension de la source d'alimentation de la lampe	Courant traversant la lampe
..... = = =

6 Interprétation de l'oscillogramme

a- Reproduire sur la feuille graduée (figure 4) l'oscillogramme de la tension aux bornes de la lampe, déjà visualisé, en respectant les mêmes calibres.



Consigne : relever et indiquer les calibres utilisés .

Calibre vertical :

.....

Calibre horizontal :

.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

b- Déterminer le nombre de divisions correspondant à la valeur extrême du signal visualisé.

.....

Activité n° 3 Les puissances électriques



Les éléments électriques (figure 5) sont utilisés dans un circuit électrique afin de déterminer les différentes puissances électriques mises en jeu, de mesurer, de visualiser et d'en déduire les grandeurs électriques.

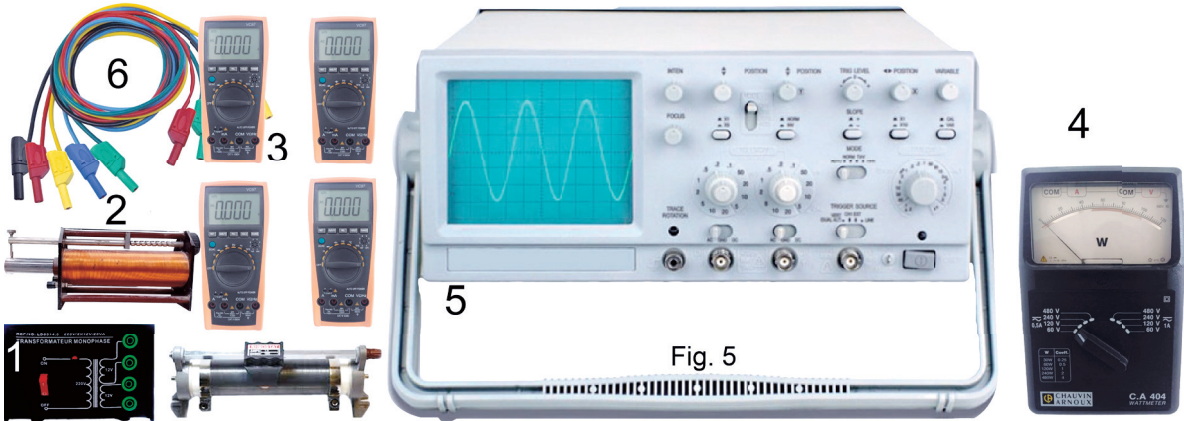


Fig. 5

1 Identifier les éléments électriques présentés dans la figure 5.

.....

.....

.....

.....

2 Compléter le schéma de montage (figure 6) afin :

- a- d'alimenter la bobine (L) montée en série avec le rhéostat (R);
- b- de mesurer l'intensité du courant absorbé par les récepteurs, la tension aux bornes de la source d'alimentation (U_{AB}), la tension aux bornes de chaque récepteur et la puissance totale consommée;
- c- de visualiser la tension aux bornes du rhéostat (R) et celle aux bornes de la source d'alimentation (U_{AB}).

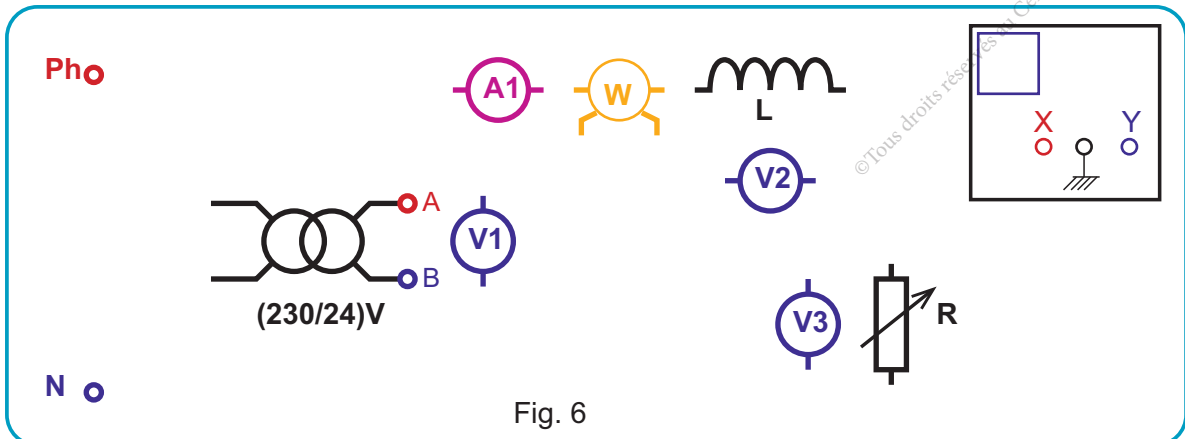


Fig. 6

- 3 Réaliser le câblage du circuit conformément au schéma du montage (figure 6);
- 4 En présence de l'enseignant, mettre le montage électrique sous tension.

N.B: en cas de la non disponibilité d'un transformateur (220/24V), changer le par un autre délivrant une tension inférieure ou égale à 48V, 50Hz.

- 5 Indiquer les valeurs mesurées sur le tableau ci-dessous.

Tableau de mesures

Tension aux bornes du générateur	Tension aux bornes de la bobine	Tension aux bornes du rhéostat	Courant en ligne	Puissance totale consommée
$U_{AB} = \dots\dots\dots$	$U_L = \dots\dots\dots$	$U_R = \dots\dots\dots$	$I = \dots\dots\dots$	$P = \dots\dots\dots$

- 6 Comparer la tension U_{AB} à la somme ($U_R + U_L$) .

- 7 Reproduire sur la feuille graduée (figure 7) les oscillogrammes déjà visualisés.

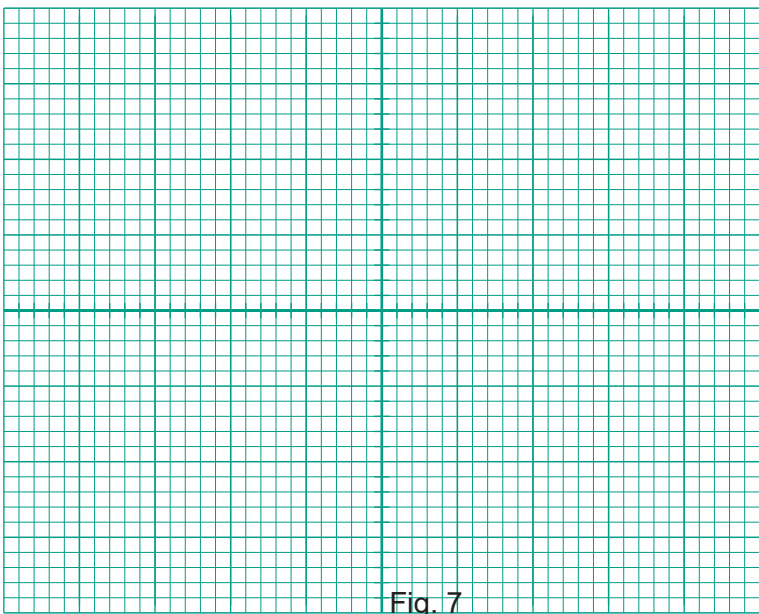


Fig. 7

Calibres verticaux:

Calibres horizontaux:

- 8 Dédurre l'oscillogramme de $u_L(t)$. sachant que $u_L(t) = u_{AB}(t) - u_R(t)$.
- 9 Déterminer le déphasage (φ) de la tension $u_L(t)$ par rapport à $u_R(t)$.

- 10 Déterminer les expressions instantanées des tensions $u_R(t)$, $u_L(t)$ et $u_{AB}(t)$.

- 11 Vérifier, en utilisant les valeurs mesurées, que : $U_{AB}^2 = U_R^2 + U_L^2$.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

12 Calculer la valeur de la puissance consommée par les récepteurs en appliquant la formule suivante : $P = U_{AB} \cdot I \cdot \cos\varphi$

13 Comparer la puissance calculée à celle mesurée.

14 Qu'appelle-t-on cette puissance?

15 Calculer le produit ($U_{AB} \cdot I$).

16 Qu'appelle-t-on cette grandeur ? Donner son unité.

17 Calculer le produit ($U_{AB} \cdot I \cdot \sin\varphi$).

18 Qu'appelle-t-on cette grandeur ? Donner son unité.

19 Montrer que : $S^2 = P^2 + Q^2$

20 Tracer sur la feuille graduée (figure 8), à une échelle convenable, un triangle des puissances.

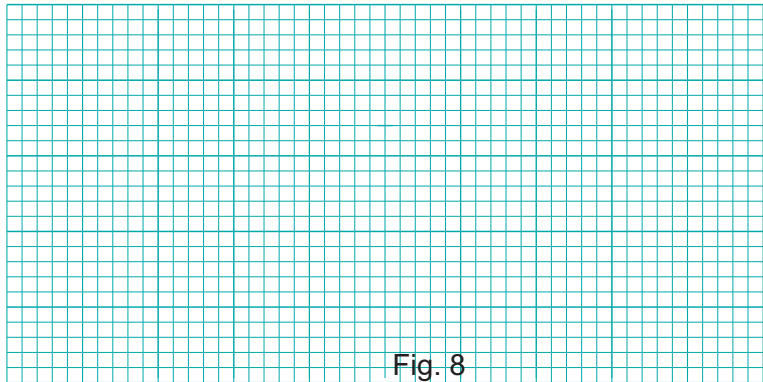


Fig. 8

21 Formuler une synthèse de vos résultats.

Consigne : cette synthèse évoque les trois puissances et les relations entre-elles.

© tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Le Réseau de Distribution Basse Tension (RDBT) de la STEG est composé de deux fils conducteurs nommés phase et neutre. Ce réseau distribue l'énergie électrique à une tension alternative sinusoïdale monophasé de 230V, 50Hz.

La tension du réseau RDBT est définie par une expression instantanée :

$$u(t) = U_{Max} \cdot \sin(\omega t + \varphi u)$$

- $u(t)$: expression instantanée ;
- $\omega = 2 \pi f$: pulsation (rad/s) ;
- $T = 1/f =$ période (s : secondes) ;
- $f = 1/T$: fréquence (Hz) ;
- U_{Max} : Tension maximale (V)
- $U = U_{Max} / \sqrt{2}$: Tension efficace (V)
- φu : phase initiale (à l'origine).

La valeur efficace d'une tension électrique alternative sinusoïdale est mesurée à l'aide d'un voltmètre.

L'intensité du courant électrique débitée par un réseau électrique monophasé est sinusoïdale d'expression instantanée :

$$i(t) = I_{Max} \cdot \sin(\omega t + \varphi i)$$

- $i(t)$: expression instantanée ;
- I_{Max} : Intensité maximale (A) ;
- $I = I_{Max} / \sqrt{2}$: Intensité efficace (A) ;
- $\omega = 2 \pi f = 2 \pi / T$: la pulsation (rad/s) ;
- T : période en (s) ;
- f : fréquence en (Hz) ;
- φi : la phase initiale (à l'origine).

La valeur efficace de l'intensité du courant est mesurée à l'aide d'un ampèremètre.

Les puissances électriques

Une puissance électrique est une quantité d'énergie fournie ou reçue pendant une seconde.

Les puissances mises en jeu sont :

- puissance active en (W),
 $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$
- puissance réactive en (VAR),
 $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$
- puissance apparente en (VA)
 $S = U \cdot I$ et $S^2 = P^2 + Q^2$
- $\cos \varphi$: facteur de puissance;
- φ : déphasage.

Évaluation

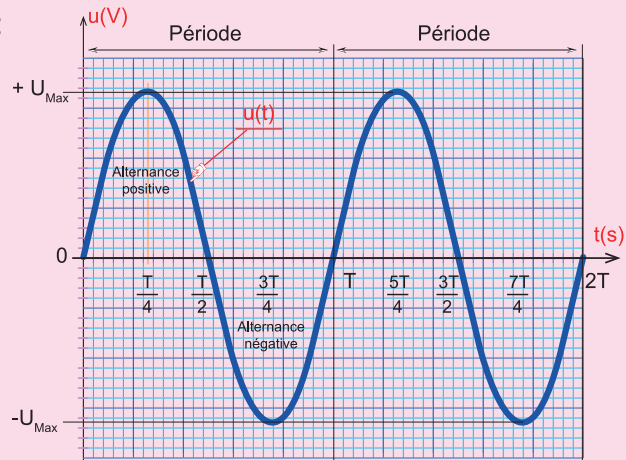


Fig. 9

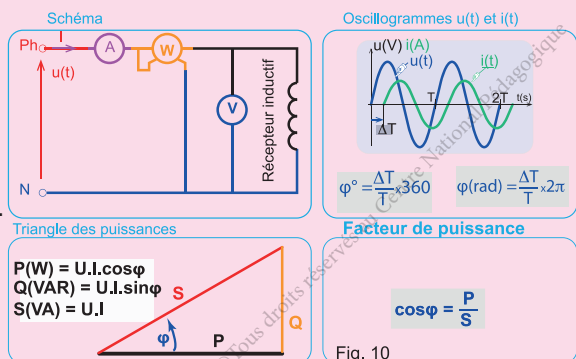


Fig. 10



B- SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

<https://tech3elec.education.tn/SecuriteElectrique.html>

Activité n° 1 Dangers électriques

Dans un centre de formation professionnelle, un formateur a présenté aux apprenants une photo composée de deux illustrations (figure 1) :

- La première illustration montre une dame électrisée mais pas électrocutée ;
- Heureusement, la seconde illustration montre qu'elle est encore de ce monde.

Prochainement, cette dame ne sera ni électrisée ni électrocutée grâce aux dispositifs de sécurité électrique qu'un électricien de bâtiment a installés.

Ensuite, le formateur a proposé aux apprenants d'expliquer comment ces dispositifs assurent-ils la sécurité des biens et des personnes.

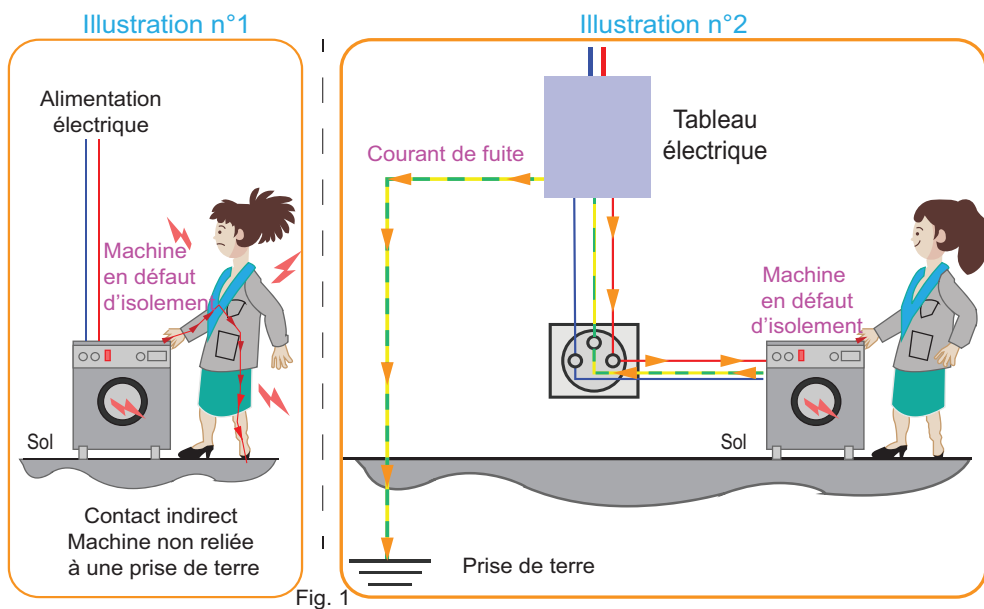


Fig. 1

En petits groupes :

- 1 Compléter la problématique suivante par : électriques; appareils de protection; personnes.
 - Comment les assurent-ils la sécurité des biens et des contre les dangers.....?
- 2 Compléter les hypothèses suivantes par : courts-circuits ; appareils ; intensité ; dangers ; les défauts d'isolement ; protection ; intensité ; les défauts d'isolement.
 - Une prise de terre protège les personnes contre
 - L'..... du courant électrique est à l'origine des électriques.
 - Les de commande et de protection des installations électriques protègent contre les surintensités
 - Les appareils de commande et de protection des biens et des personnes protègent contre les surintensités et les courts-circuits.

3 Compléter les questions suivantes par : installer; choisir, prise; électriques; dispositifs ; protection; choisir;

- Quels sont les dangers
- Quels sont les de protection contre les dangers électriques ?
- Comment fonctionne un dispositif de contre les dangers électriques?
- Comment un dispositif de protection ?
- Comment un dispositif de protection contre les dangers électriques?
- Contre quel danger électrique une de terre protège-t-elle?

4 Proposer un plan d'action pour chercher des réponses à ces questions.

.....

.....

.....

Activité n° 2

Prise de terre

Un électricien de bâtiment a installé une prise de terre conformément à l'illustration de la figure 2.

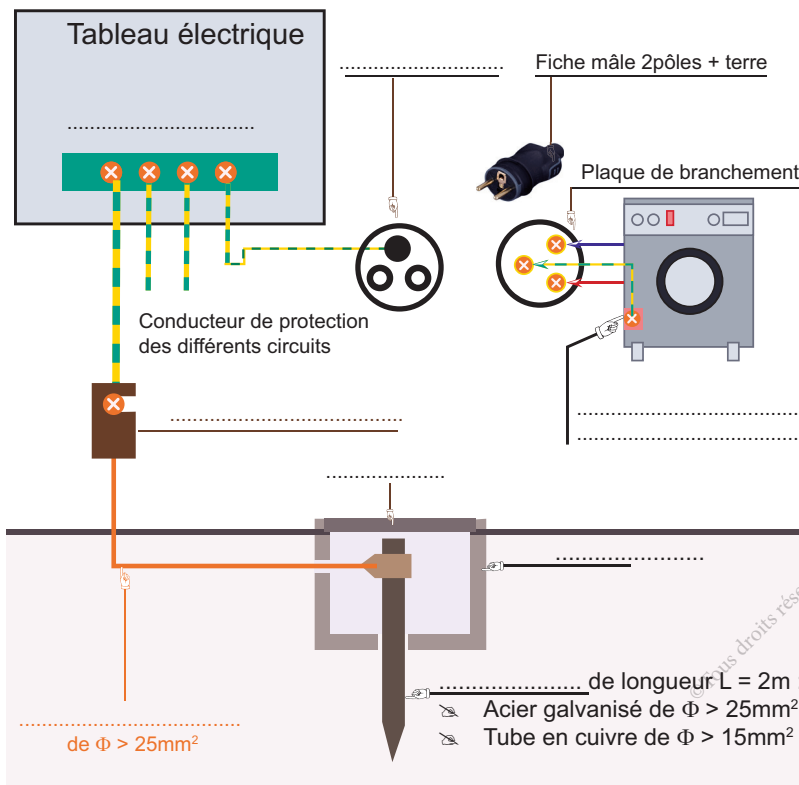


Fig. 2

1 Compléter la figure 2 par le nom de chaque élément.

2 Indiquer les éléments à utiliser pour installer une prise de terre.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3 Comment une prise de terre protège-t-elle contre les défauts d'isolement?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



1- Dangers électriques

Le contact entre un matériau conducteur sous tension électrique et une personne engendre un choc électrique ressenti par une intensité du courant. Ce dernier est, donc, à l'origine des dangers électriques. Un choc est une électrisation ou une électrocution.

2- Corps humain

Le corps humain est conducteur du courant électrique. Sa résistance varie en fonction de la peau (humide, sèche, mouillée)

3- Dangers d'origine électrique

Choc électrique ; Courts-circuits ; Les surcharges ; défauts d'isolement, etc.

4- Précautions

- Éviter de manipuler un appareil électrique à mains nues ou mouillées ;
- Ne pas manipuler les fils électriques sous tension ;
- Couper le courant avant de changer une pièce dans un équipement ;
- Ne pas laisser des équipements non utilisés sous tension.

5- Dispositifs de protection

On distingue essentiellement :

- les coupe-circuits à fusible ;
- la prise de terre ;
- les disjoncteurs magnétothermiques ;
- les disjoncteurs différentiels magnétothermiques ;
- les parafoudres.

6- Disjoncteur différentiel

Les disjoncteurs différentiels magnétothermiques sont des appareils de commande et de protection placés à l'intérieur des tableaux électriques. Ils assurent la protection des personnes contre les défauts d'isolement et les équipements électriques contre les surintensités et les courts-circuits. Ils sont caractérisés par :

- la tension assignée d'emploi (U_e) ;
- le courant assigné d'emploi (I_n) ;
- le courant de réglage des déclencheurs protection ;
- le pouvoir de coupure en (Ampère ou en kilo Ampère) ;
- la sensibilité, exprimée en milliampères (mA).

7- panneaux de sécurité électrique

- Les panneaux de prévention ;
- Les panneaux d'obligation ;
- Les panneaux de secours.

8- Habilitation électrique

Une habilitation électrique est une certification attribuée à un électricien suite à une formation continue.

9- Évaluation



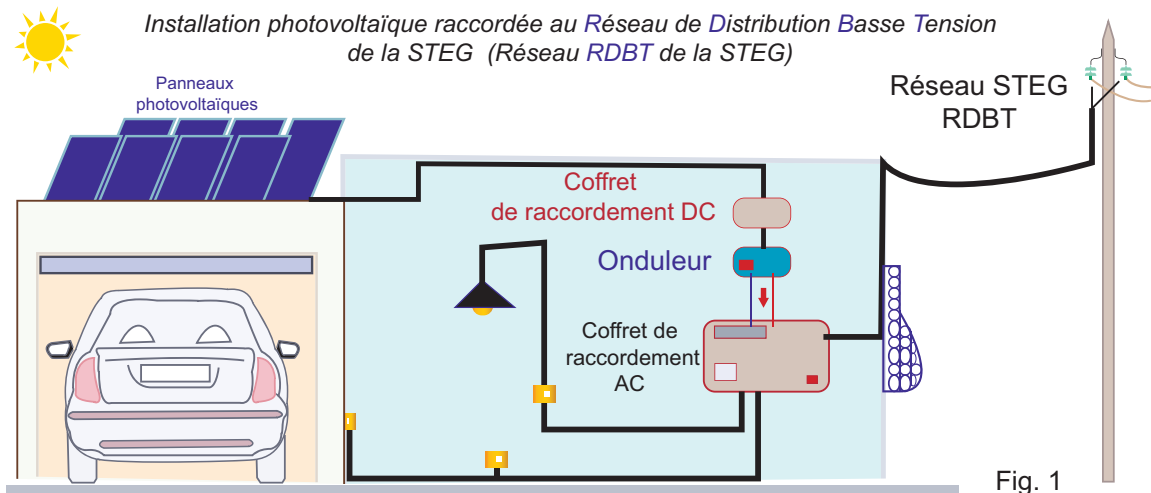
C- ENERGIES RENOUVELABLES

<https://tech3elec.education.tn/EnergiesRenouvelables.html>

Activité n° 1

Choix du photovoltaïque

Dimensionner une installation photovoltaïque raccordée au réseau RDBT pour une maison orientée plein sud (figure 1). La toiture du garage, où vont être fixés les panneaux, est plane ayant une surface de 35m^2 . La façade avant de celui-ci a une largeur de 5m. Son toit a une bordure de 1m de hauteur. Les arbres proches ne font pas d'ombre à la toiture. La consommation moyenne mensuelle d'électricité est de $172\text{kWh}/\text{mois}$.



1 En petits groupes :

a- Compléter les questions suivantes par le vocabulaire technique suivant : nombre de panneaux PV; réseau ; l'énergie électrique ; branchés; installation photovoltaïque; panneau photovoltaïque.

- En plus des panneaux photovoltaïques, quelles sont les appareils et accessoires utilisés dans une ?
- Comment un panneau PV produit-il ?
- Comment choisir ?
- Comment déterminer le pour une installation donnée ?
- De quelle manière plusieurs panneaux PV sont-ils ? En série ou en ?

b- Proposer d'autres questions si celles posées en (a) sont insuffisantes.

.....

.....

.....

.....

.....

- c- Compléter la formulation des hypothèses suivantes par le vocabulaire technique et les mots suivants : éléments constitutants; facilite ; des charges fonctionnel; caractéristiques électriques et techniques spécifiques; identifié; concepteur; d'eux.
- Chaque panneau PV est par des caractéristiques spécifiques;
 - Chaque appareil utilisé dans une installation PV est identifié par des
 - Le choix des une installation PV exige une adaptation exacte des caractéristiques de chacun
 - Un cahier d'un projet d'une installation PV clairement rédigé la tâche du d'installations photo voltaïques.

d- Proposer d'autres hypothèses si celles posées en (c) sont insuffisantes.

.....

.....

.....

- 2 Le plan d'action, ci-dessous, aide à la recherche des réponses argumentées aux questions posées et à la vérification des hypothèses.
- Recherche d'informations, réalisation des activités, cours,
 - Vérification des hypothèses ;
 - Formulation des nouveaux apprentissages et évaluations ;
 - Proposition d'une solution au problème posé.



Activité n° 2

Panneaux photovoltaïques

La figure 2 illustre le principe de fonctionnement d'une cellule d'un panneau photovoltaïque.

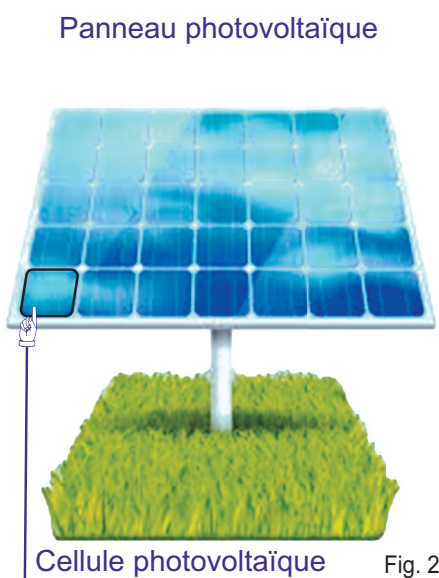
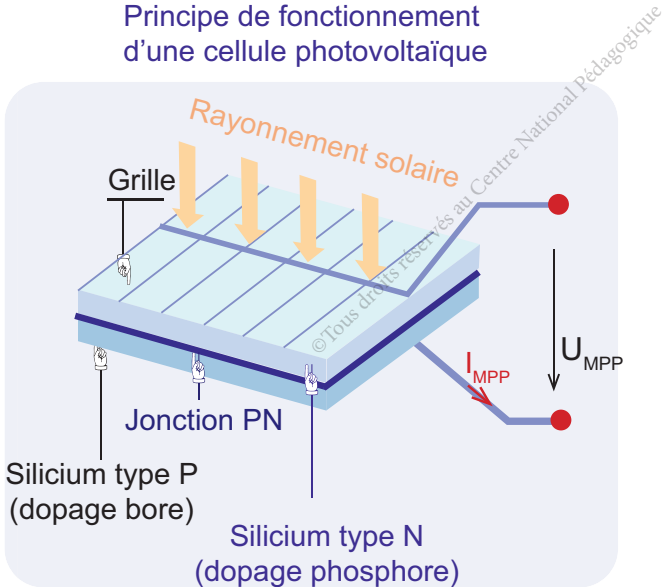


Fig. 2



1 De combien de cellules le panneau photovoltaïque (figure 2) est-il composé?

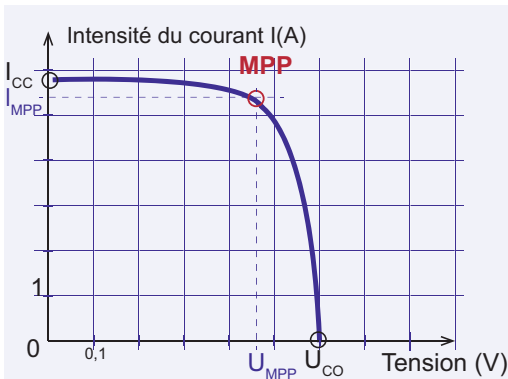
.....

2 Quel est le principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque?

.....

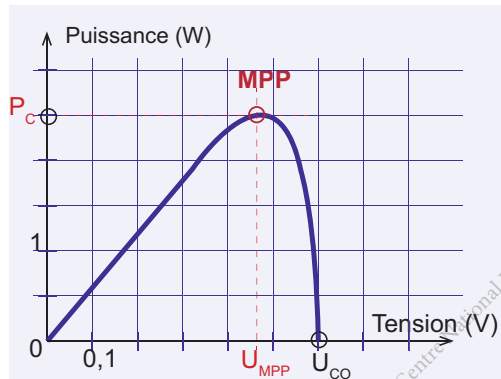
3 Tracer le symbole d'un panneau photovoltaïque.

4 On donne les caractéristiques I(U) (figure 3) et P(U) (figure 4) d'une cellule du panneau photovoltaïque (figure 2).



MPP : Point de Puissance Maximale;
 U_{MPP} : Tension au Point de Puissance Maximale;
 U_{CO} : Tension à vide (Circuit Ouvert);
 I_{MPP} : Intensité du courant à Puissance Maximale;
 I_{CC} : Intensité du courant de Court-Circuit.

Fig. 3



MPP : Point de Puissance Maximale;
 P_M : Puissance Maximale (P_M : puissance crête);
 U_{MPP} : Tension à Puissance Maximale;
 U_{CO} : Tension à vide (Circuit Ouvert).

Fig. 4

a- En se référant aux figures 3 et 4, déterminer les caractéristiques électriques d'une cellule de ce panneau photovoltaïque.

- $U_{MPP} = 0,46V$;

- $U_{CO} = \dots\dots\dots$;

- $I_{MPP} = 5,5A$;

- $I_{CC} = \dots\dots\dots$;

- $P_{MPP} = \dots\dots\dots W$;

b- Sachant que les cellules sont branchées en série, déduire les caractéristiques électriques du panneau photovoltaïque (figure 2).

- $U_{MPP} = 35 \times 0,46 = \dots\dots\dots$;
- $I_{CC} = 5,7A$;
- $U_{CO} = 35 \times \dots\dots = \dots\dots\dots$;
- $P_{MPP} = 35 \times \dots\dots = \dots\dots\dots$
- $I_{MPP} = \dots\dots\dots$

c- Les cellules de ce panneau photovoltaïque sont branchées en série et protégées par deux diodes by-pass (figure 5).

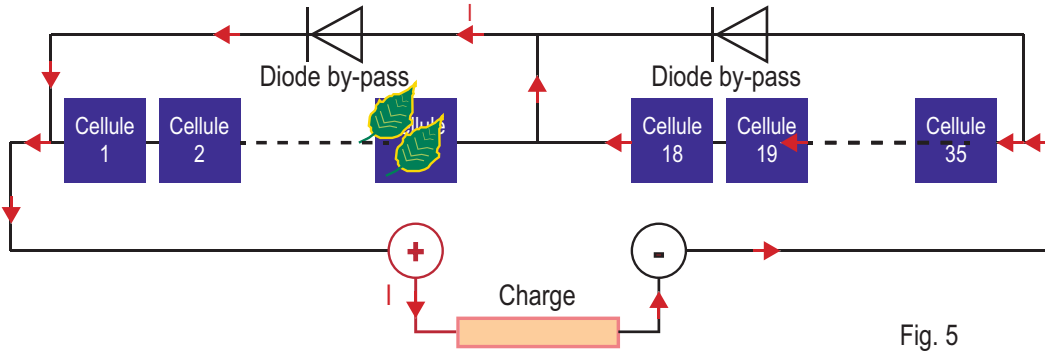


Fig. 5

d- Pourquoi les 17 premières cellules ne sont pas productrices d'énergie électrique ?

e- Déterminer la tension électrique produite par le panneau ombragé (figure 5) dans cet état de fonctionnement.

f- En utilisant le logiciel PvSyst (version démo), déterminer les trois paramètres de localisation de votre maison, l'orientation et l'inclinaison des panneaux photovoltaïques.

5

Formuler une synthèse récapitulant vos retentions sur les caractéristiques électriques, l'orientation et l'inclinaison des panneaux photovoltaïques.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

2 Compléter les caractéristiques électriques de chaque appareil de la figure 7.

a- Panneaux photovoltaïques

- U_{MPP} (V) ;
- $U_{\dots\dots\dots}$ (V) ;
- $I_{\dots\dots\dots}$ (A) ;
- $I_{\dots\dots\dots}$ (V) ;
- P_{MPP} (W) ;

b- Interrupteur sectionneur

- $\dots\dots\dots$;
- $\dots\dots\dots$;
- $\dots\dots\dots$;
- Tension d'isolement ;
- Dimensions aux bornes ;
- Robustesse.

c- Parafoudre DC photovoltaïque

- $\dots\dots\dots$;
- Nombre de pôles ;
- Courant en ligne maximal.

d- Câblerie

- $\dots\dots\dots$;
- Intensité admissible ;
- Chute de tension ;
- Mode de pose.

e- Onduleur

Côté DC

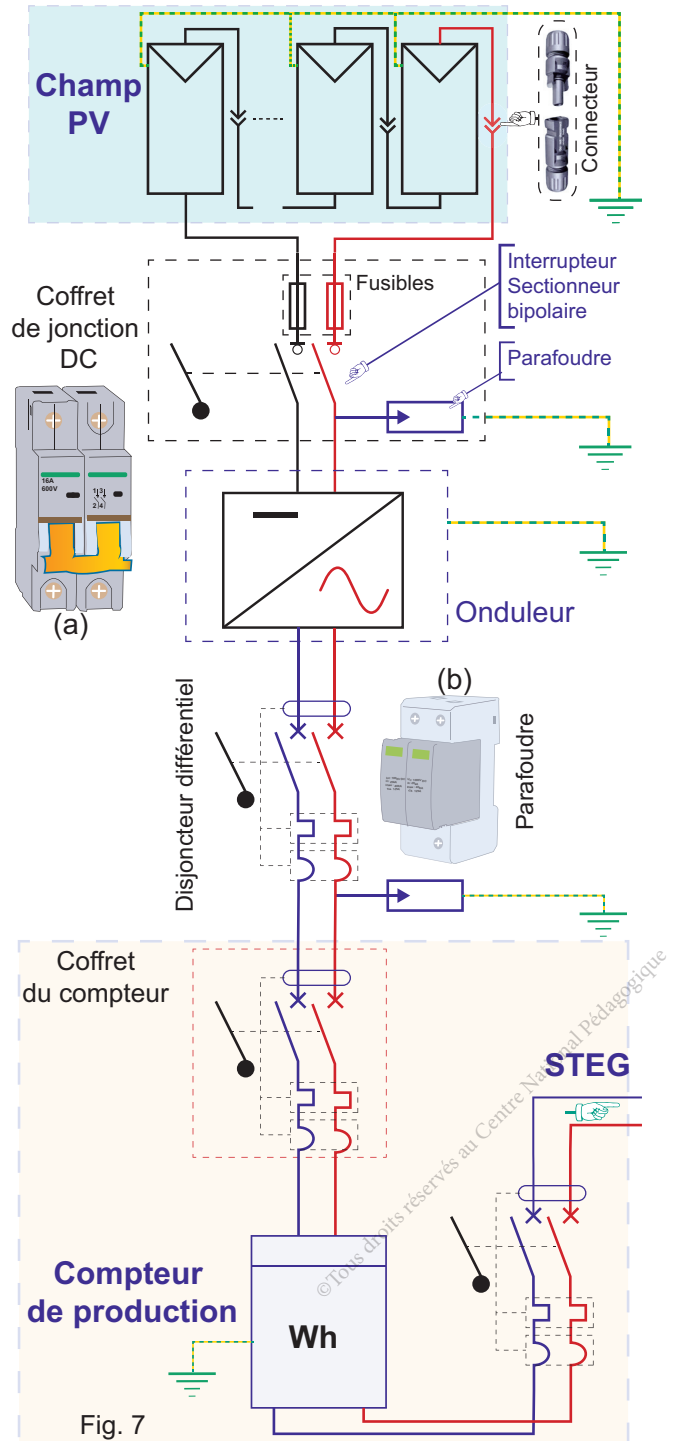
- $\dots\dots\dots$;
- $\dots\dots\dots$;
- $(U_{DCMin} ; U_{DCMax})$
- $(U_{NMin} ; U_{NMax})$
- I_{DCMax}

Côté AC

- $\dots\dots\dots$;
- $\dots\dots\dots$;
- I_{CMax} (A) ;
- $P_{ACNominale}$ (W) ;
- $P_{ACMaximale}$ (W).

f- Disjoncteur différentiel magnéto thermique

- Tension d'emploi/fréquence ;
- Courant d'emploi en Ampères ;
- $\dots\dots\dots$ en milliampères ;
- Pouvoir de coupure.



Activité n° 4

Choix technologique

La puissance crête (PC) du champ photovoltaïque (CV), déjà calculée, est (PC=1740Wc). On donne un extrait du document constructeur de quatre panneaux photovoltaïques de référence (A, B, C et D).



N.B: Les références A, B, C et D remplacent des références réelles indiquées sur les panneaux photovoltaïques.

Référence	P (W)	U _{MPP} (V)	I _{MPP} (A)	U _{CO} (V)	I _{CC} (A)	Long (mm)	larg (mm)	Prix Unitaire
A	90	19,6	4,59	24,06	5,03	780	668	240 ^{DTHT}
B	115	19	6,04	23,32	6,61	1015	668	250 ^{DTHT}
C	175	19,24	9,03	23,7	9,89	1485	668	280 ^{DTHT}
D	215	37,04	5,75	45,82	6,30	1580	808	400 ^{DTHT}

a- Déterminer le nombre de panneaux du champ photovoltaïque et la largeur nécessaire à l'emplacement de ces panneaux placés dans une seule rangée.

R.	Nbre théorique de PV	Nb PV	Largeur du champ PV
A	$\frac{P_{C(C,PV)}}{P_{C(PV)}} = \frac{1740}{90} = 19,3 \text{ PV}$	Nb _{PV} = 20	$l = \text{Nb}_{PV} \times l_{PV} = 20 \times 0,668 = 13,36 \text{ m}$
B	.....	.....	.....
C	.....	.....	.....
D	.....	.....	.....

b- Classer les références en fonction du nombre de panneaux.

.....

c- Classer les en fonction de la largeur totale de ce champ photovoltaïque.

.....

a- Calculer le prix des propositions B, C et D.

R.	Coût PV en DTHC
A	$20 \times 240 = 4800 \text{ DTHC}$
B	.....
C	.....
D	.....

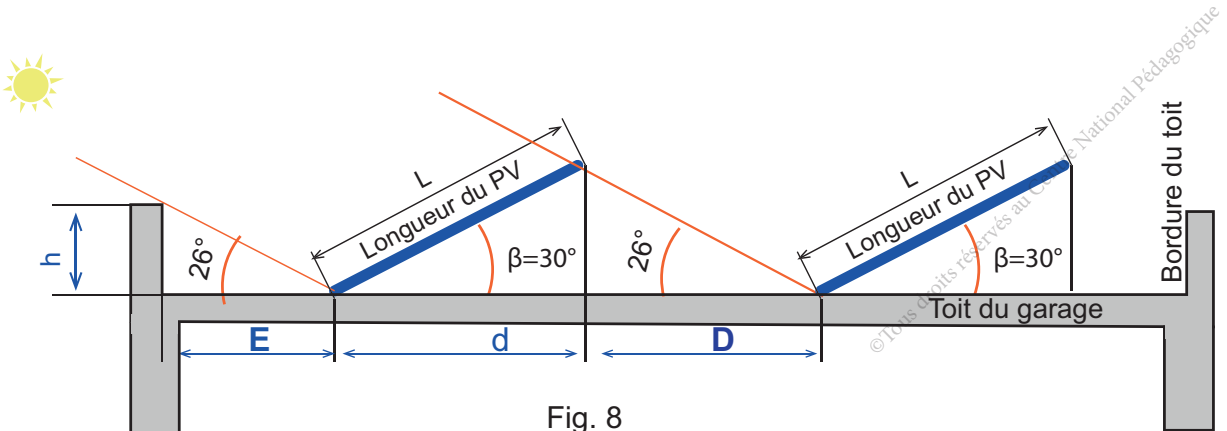
2 Choisir la référence et le nombre de panneaux à utiliser. Justifier ?

.....

.....

.....

3 Les 10 panneaux du champ photovoltaïque sont répartis en deux rangées. Calculer les espacements E et D.



4 Déterminer les caractéristiques électriques du champ photovoltaïque (CV):

<ul style="list-style-type: none"> U_{CO(CV)} = 10.U_{COPV} = = V U_{MPP(CV)} = 10.U_{MPPV} = = V I_{MPP(CV)} = I_{MPPV} = A I_{CC(CV)} = I_{CCPV} = A P_{C(CV)} = 10.P_{MPPV} = = W 	<ul style="list-style-type: none"> U_{CO(CV)} = V U_{MPP(CV)} = I_{MPP(CV)} = I_{CC(CV)} = P_{C(CV)} =
---	---

5 La température d'un panneau photovoltaïque varie de -10°C à 70°C selon les conditions climatiques. Sachant que :

- C_{θP} : Coefficient de température de la puissance PC : C_{θP} = (-0,35% /°C) ;
- C_{θU} : Coefficient de température de la tension UCO : C_{θU} = (-0,30% /°C) ;
- C_{θI} : Coefficient de température de l'intensité IMPP : C_{θI} = (+0,05% /°C).

Calculer les grandeurs caractéristiques maximales et minimales du champs :

Expression et calcul	Valeur
a- U _{CO(CV)} (-10°C) = U _{CO(CV)Max} U _{CO(CV)} (-10°C) = (θ _{Min} - 25).C _{θU} . U _{CO(CV)} (25°C) + U _{CO(CV)} (25°C) U _{CO(CV)} (-10°C) = (-35).(-.....). + =V	U _{CO(CV)} (-10°C) =V
b- U _{CO(CV)} (70°C) = U _{CO(CV)Min} U _{CO(CV)} (70°C) = (θ _{Max} - 25).C _{θU} . U _{CO(CV)} (25°C) + U _{CO(CV)} (25°C) U _{CO(CV)} (70°C) = (45). (-.....). 237 + =V	U _{CO(CV)} (70°C) =V
c- U _{MPP(CV)} (-10°C) = U _{MPP(CV)Max} U _{MPP(CV)} (-10°C) = (θ _{Min} - 25).C _{θU} . U _{MPP(CV)} (25°C) + U _{MPP(CV)} (25°C) U _{MPP(CV)} (-10°C) = (-35).(-0,003). 192,4 + 192,4 = 212,6V	U _{MPP(CV)} (-10°C) =V
d- U _{MPP(CV)} (70°C) = U _{MPP(CV)Min} U _{MPP(CV)} (70°C) = (θ _{Max} - 25).C _{θU} . U _{MPP(CV)} (25°C) + U _{MPP(CV)} (25°C) U _{MPP(CV)} (70°C) = (45). (.....). + 192,4 =V	U _{MPP(CV)} (70°C) =
e- I _{MPP(CV)} (70°C) = I _{MPP(CV)Max} I _{MPP(CV)} (70°C) = (θ _{Max} - 25).C _{θI} . I _{MPP(CV)} (25°C) + I _{MPP(CV)} (25°C) I _{MPP(CV)} (70°C) = (45).(0,0005). 9,03 + 9,03 =	I _{MPP(CV)} (70°C) =
f- I _{CC(CV)} (70°C) = I _{CC(CV)Max} I _{CC(CV)} (70°C) = (θ _{Max} - 25).C _{θI} . U _{CC(CV)} (25°C) + I _{CC(CV)} (25°C) I _{CC(CV)} (70°C) = (45).(0,0005).	I _{CC(CV)} (70°C) =
g- P _{C(CV)} (-10C) = P _{C(CV)Max} P _{C(CV)} (-10°C) = (θ _{Min} - 25).C _{θP} . P _{C(CV)} (25°C) + P _{C(CV)} (25°C) P _{C(CV)} (-10°C) =	P _{C(CV)} (-10°C) =
h- P _{C(CV)} (70°C) = P _{C(CV)Min} P _{C(CV)} (70°C) = (θ _{Max} - 25).C _{θP} . P _{C(CV)} (25°C) + P _{C(CV)} (25°C) P _{C(CV)} (70°C) =	P _{C(CV)} (70°C) =

6 Ques sont les cinq critères fondamentaux de choix d'un onduleur PV?

- Adaptation en
- Adaptation en
- Adaptation en
- Adaptation en nombre de panneaux

7 Choix d'un onduleur photovoltaïque

On donne les caractéristiques du champ photovoltaïque de cette installation:

- $P_{C(CV)} = 1750Wc$
- $U_{MPP(CV)} = 192,4V$
- $I_{MPP(CV)} = 9,03A$
- $U_{CO(CV)} = 237V$
- $I_{CC(CV)} = 9,89A$

En fonction des caractéristiques électriques et du nombre de panneaux de ce champ photovoltaïque, identifier les critères de choix pour un onduleur qui convient à ce champ photovoltaïque.

a- Condition d'adaptation en puissance (P_{DCMax})

$$0,8 \cdot P_{MPPCV} < P_{DCMax} < P_{MPPCV}$$

$$0,8 \dots \dots \dots < P_{DCMax} < \dots \dots \dots W$$

b- Condition d'adaptation en tensions maximales (U_{DCMin} et U_{DCMax})

$$U_{DCMin} < U_{COMin}$$

$$U_{DCMax} > U_{COMax}$$

$$U_{DCMin} < \dots \dots \dots$$

$$U_{DCMax} > \dots \dots \dots$$

c- Condition d'adaptation en tensions nominales (U_{DCNMin} ; U_{DCNMax})

$$U_{DCNMin} < U_{MPPMin}$$

$$U_{DCNMax} > U_{MPPMax}$$

$$U_{DCMin} < \dots \dots \dots$$

$$U_{DCMax} > \dots \dots \dots$$

d- Condition d'adaptation en courant (I_{CCMax})

$$I_{CCMax} < I_{DCMax}$$

$$\dots \dots \dots < I_{DCMax}$$

e- Condition sur le nombre de panneaux (PV) du champ photovoltaïque (N_{PV})

$$N_{PVMin} < \dots \dots \dots < N_{PVMax}$$

$$N_{PVMin} < \dots \dots \dots < N_{PVMax}$$

8 On donne un extrait d'un document constructeur d'onduleurs photovoltaïques.

Réf	Caractéristiques coté DC (entrée)					Caractéristiques coté AC (sortie)				
	Puissance DC Maximale	Tension DC Maximale	Plage de tension DC d'entrée (Min - Max)	Plage de tension DC de fonctionnement Nominal	Courant DC Maximal	Raccordement au réseau	Puissance AC Nominale	Puissance AC Maximale	Courant AC assigné	Courant AC Maximal
	P_{DCMax} (kW)	U_{DCMax} (V)	U_{DCMin} ; U_{DCMax} (V)	U_{MPPMin} ; U_{MPPMax} (V)	I_{DCMax} (A)	Tension, F	P_{ACN} (kW)	P_{ACMax} (kW)	I_{ACN} (A)	I_{ACMax} (A)
O1	1,54	450	75 → 450	75 → 360	13	1N~, 230V, 50 Hz	1,5	1,5	6,6	12
O2	2,05	450	75 → 450	75 → 360	13	1N~, 230V, 50 Hz	1,85	2	8,7	12
O3	2,56	450	75 → 450	75 → 360	13	1N~, 230V, 50 Hz	2,4	2,5	10,09	14
O4	3,07	750	75 → 750	75 → 600	13	1N~, 230V, 50 Hz	2,9	3	13,1	14

- 10 Compléter le rapport de synthèse des travaux sur l'installation photovoltaïque déjà étudiée. Indiquer dans chaque case l'information demandée.

Rapport : Installation photovoltaïque raccordée au réseau

Type Connectée au réseau Isolée avec Batteries Pompage

Site géographique Région : Pays :

Situation Latitude : Longitude: Altitude :

Temps Fuseau Horaire :

Paramètres

Inclinaison: Azimut : Ombrage proche : OUI NON

Choix technologique

Panneaux photovoltaïques

Fabricant	Type	Modèle	Nombre	En série	En réseau
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Caractéristiques d'un panneau photovoltaïque

P_c	U_{MPP}	U_{CO}	I_{MPP}	I_{CC}
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Caractéristiques du champ photovoltaïque

P_c	U_{MPP}	U_{CO}	I_{MPP}	I_{CC}
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Onduleur

Fabricant	Modèle	Nombre	Trackers
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Caractéristiques DC : coté champ photovoltaïque

P_{DCMax}	U_{DCMax}	U_{DCMin}	U_{DCMax}	U_{MPPMin}	U_{MPPMax}	I_{DCMax}	Nb. Min. PV	Nb. Max. PV
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Caractéristiques AC: coté réseau RDBT

P_{ACN}	P_{ACMax}	U_{ACN}	Fréquence	I_{ACN}	I_{ACMax}
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Accessoires

Coffret DC

Interrupteur/Sect.	Parafoudre	Section/Long. câble	Connecteurs
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Coffret AC

Disjoncteur diff.	Parafoudre	Section/Long. câble
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Sécurité PV

P. de Prévention P. d'obligation P. de terre

Groupe n° : Classe : Date : / /

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

1- Panneaux photovoltaïques

Un panneau photovoltaïque est caractérisé par : I_{CC} ; U_{MPP} ; U_{CO} ; I_{MPP} et P_c .

Influence de la température sur les grandeurs caractéristiques

Les caractéristiques à des températures extrêmes (-10° ; 70°C) sont :

- $U_{CO}(\text{température min : } \Theta_{Min}) = (\Theta_{Min} - 25) \times (\text{coef température}) \times U_{CO(25^\circ C)} + U_{CO(25^\circ C)}$
- $U_{CO}(\text{température max : } \Theta_{Max}) = (\Theta_{Max} - 25) \times (\text{coef température}) \times U_{CO(25^\circ C)} + U_{CO(25^\circ C)}$
- $I_{CC}(\text{température max : } \Theta_{Max}) = (\Theta_{Max} - 25) \times (\text{coef température}) \times I_{CC(25^\circ C)} + I_{CC(25^\circ C)}$
- $I_{MPP}(\text{température max : } \Theta_{Max}) = (\Theta_{Max} - 25) \times (\text{coef température}) \times I_{MPP(25^\circ C)} + I_{MPP(25^\circ C)}$
- $P_c(\text{température min : } \Theta_{Min}) = (\Theta_{Min} - 25) \times (\text{coef température}) \times P_{c(25^\circ C)} + P_{c(25^\circ C)}$

2- Installation photovoltaïque raccordée au réseau

Un champ photovoltaïque est constitué d'un nombre (n) de panneaux photovoltaïques, d'un interrupteur sectionneur bipolaire, d'un onduleur, d'un disjoncteur différentiel magnétothermique et d'un compteur de production d'énergie ou d'un compteur réversible.

Un champ photovoltaïque est caractérisé par :

- $P_{MPP(CV)}$
- $U_{MPP(CV)}$
- $I_{MPP(CV)}$
- $U_{CO(CV)}$
- $I_{CC(CV)}$

Les caractéristiques d'un champ PV dépendent du branchement des panneaux PV (branchement en série ou en réseau).

3- Interrupteur sectionneur

Un interrupteur sectionneur est caractérisé par :

- Tension d'emploi (U_e) ;
- Courant d'emploi (I_e) ;
- Nombre de pôles (bipolaire) ;
- Tension d'isolement (U_i) ;
- Dimensions aux bornes.

Critères de choix d'un interrupteur sectionneur

- $U_{\text{emploi}} > 1,15 \times U_{COMax}$
- $I_{\text{emploi}} > 1,25 \times I_{CCMax}$
- $U_i \geq U_e$

4- Parafoudre DC PV

Un parafoudre DC photovoltaïque est caractérisé par :

- Tension maximale ;
- Nombre de pôles ;
- Courant en ligne maximal.

Critères de choix d'un parafoudre sont les caractéristiques électriques, le coût et la robustesse.

5- Câbles PV

Les câbles photovoltaïques sont définis par la section, l'intensité du courant admissible, la chute de tension et le mode de pose.

6- Connecteurs PV

Les connecteurs sont caractérisés par le courant en A , le diamètre, la tension de service et la tension d'isolement.

Les critères de choix sont essentiellement, en plus des caractéristiques électriques; le coût et la robustesse.

7- Onduleur PV

Les conditions de branchement sur le réseau RDBT sont : mêmes valeurs maximales de la tension du réseau monophasé et de la tension à la sortie de l'onduleur; mêmes fréquences; mêmes déphasages.

a- Caractéristiques d'un onduleur PV

Coté DC

- Puissance maximale admissible (P_{DCMax});
- Plage de tension DC admissible (U_{DCMin} ; U_{DCMax});
- Plage de tension DC nominale (U_{NMin} ; U_{NMax});
- Courant maximal I_{DCMax} .

Coté AC

- Tension AC du réseau en V;
- Fréquence en Hz ;
- Courant maximal AC (I_{CMax}) ;
- Puissance nominale AC (P_N) ;
- Puissance maximale AC (P_{Max}).

b- Critères de choix d'un onduleur PV

- Critères de choix en entrée DC
- Adaptation en puissance ;
- Adaptation en tension ;
- Adaptation en courant ;
- Nombre maximal et nombre minimal de panneaux à l'entrée.

Puissance maximale admissible en entrée

$$0,8 \times P_{C(CV)} \leq P_{DC}(\text{entrée onduleur}) \leq P_{C(\text{champ PV})}$$

$P_{C(C.PV)}$ est la puissance crête de champ photovoltaïque

Tension maximale

$$U_{C0(CV)} \leq U_{(DCMax \text{ onduleur})}$$

Intensité maximale

$$(\text{Nombre de chaînes du champ}) \times I_{MPP} \leq I_{(MPPMax \text{ onduleur})}$$

Nombre maximal de panneaux photovoltaïques N_{PVMMax}

$$N_{PVMMin} \equiv \frac{U_{MPPMin}}{U_{MPP} \times 0,85} \text{ avec } \left\{ \begin{array}{l} N_{PVMMin} : \text{nombre minimal de panneaux PV par entrée de l'onduleur.} \\ \text{Ce nombre est la partie entière du résultat calculé.} \\ U_{MPPMin} : \text{tension nominale minimale de l'onduleur.} \\ U_{MPP} : \text{tension au point MPP d'un panneau PV.} \\ 0,85 : \text{coefficient de minoration spécifique aux onduleurs.} \end{array} \right.$$

Nombre minimal de panneaux photovoltaïques N_{PVMMin}

$$N_{PVMMin} \equiv \frac{U_{MPPMin}}{U_{MPP} \times 0,85} \text{ avec } \left\{ \begin{array}{l} N_{PVMMin} : \text{nombre minimal de panneaux PV par entrée de l'onduleur.} \\ \text{Ce nombre est la partie entière du résultat calculé.} \\ U_{MPPMin} : \text{tension nominale minimale de l'onduleur.} \\ U_{MPP} : \text{tension au point MPP d'un panneau PV.} \\ 0,85 : \text{coefficient de minoration spécifique aux onduleurs.} \end{array} \right.$$

8- Disjoncteur différentiel

Voir résumé sécurité électrique.

9- Compteurs d'énergie électrique

- Un compteur de production et un compteur de consommation ;
- Un compteur réversible.

10- Orientation et inclinaison des panneaux PV

Angle d'orientation (plein Sud en Tunisie) ;

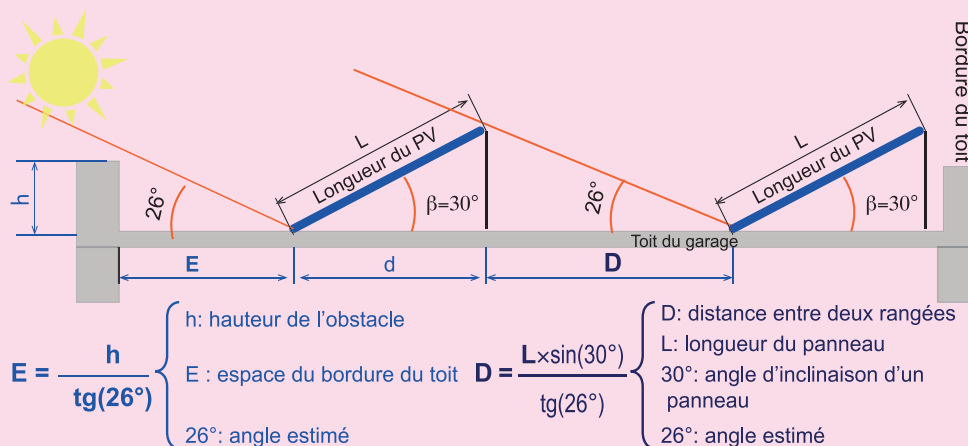
Angle d'inclinaison (30° en Tunisie) déterminé en fonction de la localisation géographique.

Localisation géographique :

- longitude ;
- latitude ;
- altitude.

11- Espacement entre les panneaux PV

26° est un angle estimé optimal dans toute la Tunisie.



30° est l'angle d'inclinaison optimal des panneaux en Tunisie.

Irradiation solaire

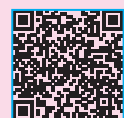
L'irradiation solaire E_i (kWh/m²/jour) est la quantité d'énergie provenant du soleil et reçue par un panneau photovoltaïque d'une surface de 1m².

12- Énergie à produire par jour

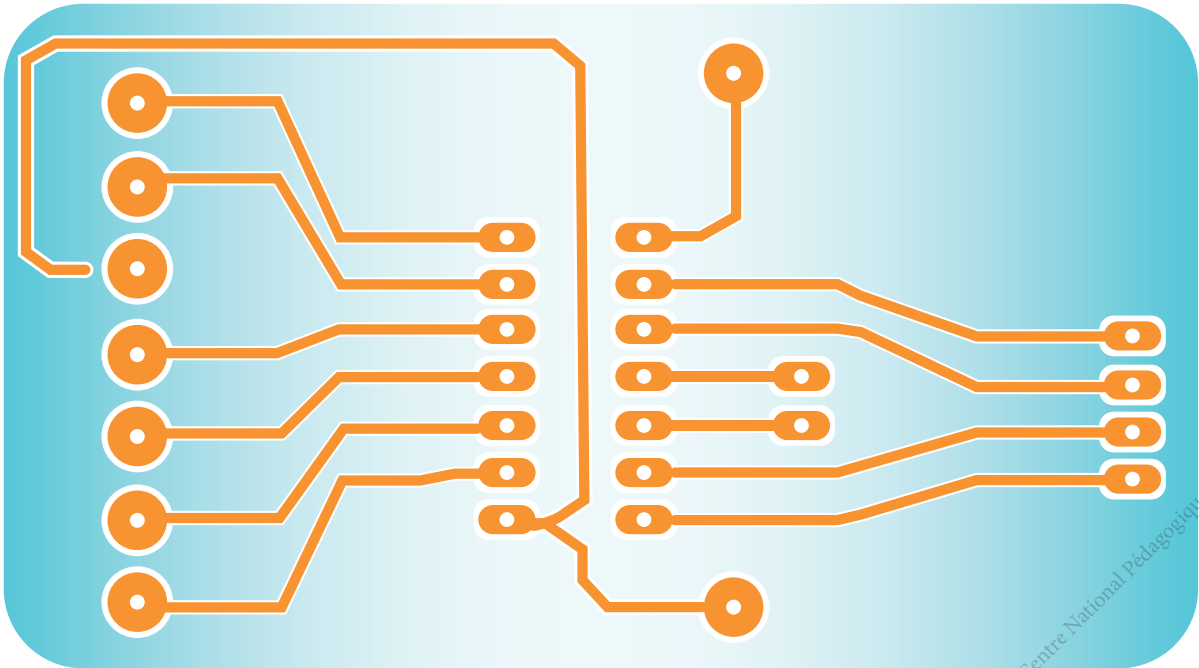
L'énergie $E_{c/jour}$ par jour est obtenue en divisant ($E_{c/mois}$) sur 30 jours
Puissance crête

$$P_c = \frac{E_p \cdot P_i}{E_i} \text{ avec } \begin{cases} P_c : \text{puissance crête en (kWc) produite par un champ photovoltaïque.} \\ E_p : \text{énergie produite par un champ CV en (kWh/jour).} \\ E_i : \text{irradiation solaire en (kWh/m}^2\text{/jour).} \\ P_i : \text{puissance d'éclairement sous conditions STC} \\ P_i = 1\text{kW/m}^2. \end{cases}$$

13- Évaluation



CIRCUITS IMPRIMES



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Le thème "Circuits imprimés" permettra aux apprenants de s'approprier des savoirs et savoir-faire relatifs aux étapes de réalisation de circuits imprimés et, également, d'acquérir des habiletés relatives à la réalisation de cartes électroniques. Les composantes des compétences disciplinaires visées sont :

CD1.4 : s'initier aux méthodes de réalisation de circuits imprimés.

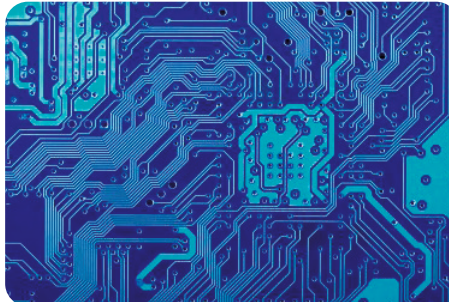
CD2.4 : réaliser une carte électronique et tester son fonctionnement.

CD3.4 : présenter une méthode de réalisation et d'exploitation de cartes électroniques .











TABLEAU DES ACTIVITES

Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Act. n°1	CD1.4	Communication	Logiciels, plaque présensibilisée, produits chimiques ou machine CNC.
Apprentissage	Act. n°2	CD2.4	Coopération	
	Act. n°3	CD3.4	Créativité	
Évaluation	Projets		Communication	

Cours : <https://tech3elec.education.tn/CircuitsImprimes.html>



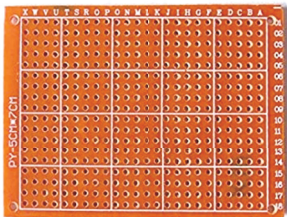
Cahiers des charges fonctionnel des projets communs encadrés

Logique combinatoire		Logique séquentielle		
Projet n°1	Projet n°2	Projet n° 1	Projet n° 2	Projet n° 3
				
Logique séquentielle				
Projet n°4	Projet n°5	Projet n° 6	Projet n° 7	Projet n° 8
				

Pendant l'utilisation d'un mini-simulateur logique à base de 4 portes logiques NAND, les apprenants ont remarqué que celui-ci est en panne et que son circuit imprimé est irrécupérable.

Trois types de plaques pour circuits imprimés sont disponibles (figure 1).

Plaques perforées



Plaques en cuivre



Plaques présensibilisées

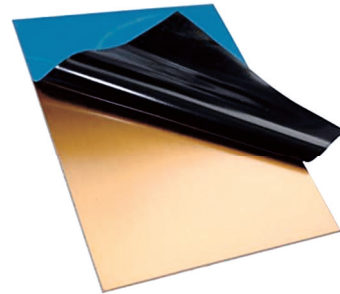


Fig. 1

PROBLÈME

Comment fabriquer un circuit imprimé afin de réparer ce simulateur ?

En petits groupes :

- 1 Compléter les questions suivantes par : fabrication; différence; typon ; fabrication de circuits imprimés.
 - Quelles sont les étapes de ?
 - Quel est le moyen qui permet de tracer soigneusement et avec précision un d'un circuit imprimé? Comment l'utiliser?
 - Quelle est la entre les trois plaques disponibles ?
 - Quels sont les différents procédés de de circuits imprimés?
- 2 Proposer d'autres questions si celles, déjà, posées en (a) sont insuffisantes.

.....

.....
- 3 Compléter la formulation des hypothèses suivantes par : d'obtenir ; conception; imprimé ; insolée; logiciel ; fabrication ; satisfaisants ; procédé.
 - A chaque plaque pour circuit imprimé correspond un de fabrication;
 - Le typon tracé avec un est très précis ;
 - Une plaque présensibilisée est à l'aide d'une lampe Ultraviolet.
 - Le respect des étapes de la et de la d'un circuit permet des résultats
- 4 Le plan d'action, ci-dessous, aide à la recherche des réponses argumentées aux questions posées et à la vérification des hypothèses.
 - Réalisation des activités, recherche d'informations, cours.....;
 - Vérification des hypothèses ;
 - Formulation des nouveaux apprentissages et évaluations.

Activité n° 2

Fabrication d'un circuit imprimé par la gravure chimique

Le schéma du circuit (figure 2) est à base du circuit intégré logique 7400. Il permet la simulation du fonctionnement des circuits électroniques simples ayant deux variables d'entrée, deux variables de sortie et au plus 4 fonctions logiques universelles "NAND".

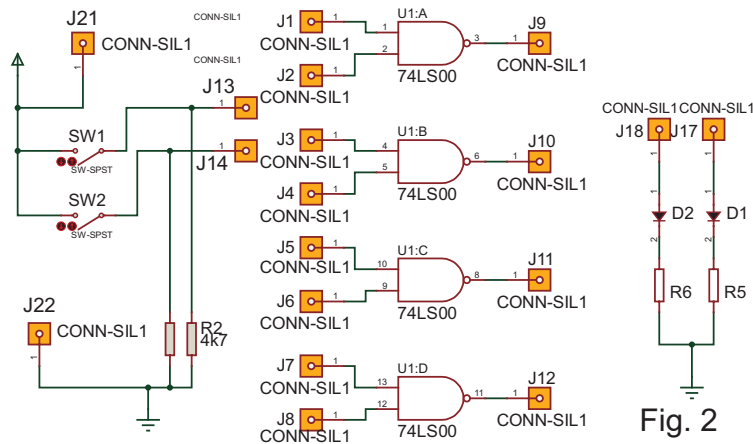


Fig. 2

- 1 Saisir le schéma du circuit (figure 2) en utilisant le logiciel "Proteus ISIS", "version démo".
- 2 Préparer le typon en appliquant les étapes données ci-dessous :
 - a- saisir le schéma du circuit en choisissant des composants ayant chacun une empreinte.
 - b- conception et réalisation du typon
 - Cliquer sur "ARES" dans la barre de menu ;
 - Choisir "défaut" ;
 - Dans la barre de menu, cliquer sur "technologie" ;
 - Choisir "propriétés du circuit" ;
 - Choisir "dimensions de la carte" (exemple : 100mm sur 100mm) ;
 - Cliquer sur "Mode rectangle graphique 2D" ;
 - Cliquer, en bas à gauche, sur "sélecteur de couche" ;
 - Choisir "Board Edge" (contour de la carte du circuit imprimé) ;
 - Tracer un rectangle dans la page de la saisie de dimensions égales à celles du rectangle bleu tracé.
 - c- emplacement des composants
 - Choisir un composant de la liste donnée "C COMPONENT" ;
 - Cliquer au centre du rectangle jaune, ainsi l'empreinte du circuit intégré est placée ;
 - Placer, de la même manière, les autres composants aux endroits désirés.
 - d- routage
 - Cliquer sur "Technologie" ;
 - Choisir "règles de conception" en Anglais "Design Rules Manager" ;
 - Dans la nouvelle fenêtre, choisir "classes de liens" en Anglais "Net Classes" ;

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

THEME 2

- Sous le menu déroulant "POWER" :
 - Dans Pair 1, choisir pour (Hoz) "Top Copper" et pour (Vert) "Top Copper" ;
 - Choisir piste "T40" (exemple : T40 = 1mm) , Rétrécissement "T30" et traversée "V80" (les empreintes des strappes) ;
 - Refaire la même configuration "SIGNAL" dans la classe des liens;
 - Lancer routage en Anglais "Begin Routing" ;
 - Le routage apparaît.
- e- Impression du typon sur papier transparent
- Cliquer sur "Sorties" du menu principal ;
 - Choisir "Imprimer" ;
 - Une fenêtre apparaît, Cocher les cases :
 - "Top Copper" ;
 - "Board Edge" ;
 - Paramétrer l'imprimante laser (choisir résolution maximale) ;
 - Utiliser un transparent pour l'impression ;
 - Valider par le bouton "OK". Le typon est imprimé (figure 3).

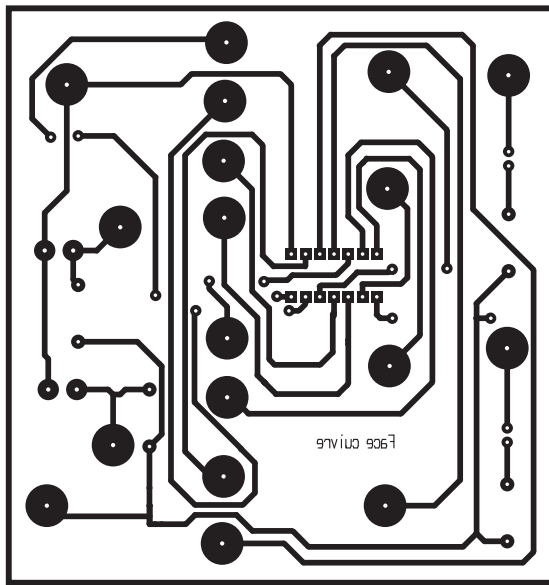


Fig. 3

3 Gravure chimique

- Couper la plaque selon les dimensions du typon ;
- Décoller, dans un milieu sombre, le film de protection de la plaque présensibilisée;
- Superposer rapidement et correctement le typon sur la plaque en choisissant la face cuivre ;
- Supprimer les bulles d'air entre le typon et la plaque;
- Mettre l'ensemble dans l'insoleuse du côté lumière Ultraviolet ;
- Faire fonctionner l'insoleuse pendant un temps de 120 secondes ;
- Prendre la plaque de l'insoleuse puis la mettre dans une cuvette contenant la solution du révélateur pendant un temps de 3 à 5 min;

- Agiter légèrement la cuvette contenant la solution du révélateur ;
- Le tracé du typon apparaît sur la plaque, nettoyer le à l'aide d'une éponge ;
- Vérifier le tracé du typon à l'aide d'une loupe, utiliser un stylo marqueur permanent fin pour retracer les pistes présentant des coupures ou des microcoupures ;
- Mettre la plaque dans la machine à graver en utilisant un bac et le perchlorure de fer pendant un temps de 10 min environ ;
- Le routage du typon apparaît clairement sur la face cuivre de la plaque ;
- Nettoyer le typon.
- Percer les pastilles ;
- Placer les composants ;
- Souder ;
- Tester le fonctionnement.

Activité n° 3

Fabrication d'un circuit imprimé avec une machine CNC

Utiliser le typon déjà réalisé dans l'activité n°2.

Réaliser la gravure de ce même circuit imprimé en utilisant une machine CNC tout en appliquant les étapes suivantes :



a- des fichiers "Gcode"

- Ouvrir le fichier du typon, déjà réalisé avec le logiciel ISIS;
- Dans la page ARES, sélectionner "sortie" ;
- Sorties "Gerber/Excellon Files";
- Valider par "OUI";
- En cas d'absence d'erreurs, cliquer "Fermer" ;
- Cocher les icônes :
 - "Sortie vers fichier .ZIP?";
 - "Top Copper";
 - "Drill";
 - "Métrique (mm).

- Décocher l'icône "mech 1" ;
- Un fichier ".ZIP" est créé dans le même dossier;
- Décompresser ce fichier.

b- Création des fichiers "Gcode" compatible à la machine CNC

- Télécharger et installer le logiciel "CopperCAM" ;
- Ouvrir ce logiciel "CopperCAM" ;
- Sélectionner :
 - Fichier ;
 - Ouvrir ;
 - Nouveau circuit.
- Ouvrir le dossier déjà décompressé ;
- Sélectionner le fichier "CAMCAD Top Copper.TXT" ;
- Cliquer sur "Ouvrir" ;
- Une fenêtre s'ouvre ;
- Confirmer le détournage des pistes par action sur le bouton "Oui" ;

c- Détermination de la face d'usinage

- Cliquer sur :
 - Fichier ;
 - Inversion horizontale.

d- Préparation du perçage

- Cliquer sur Fichier :
 - Ouvrir le fichier "CDCAM Drill.TXT" ;
 - « Perçage ».

e- Fixation du point d'origine

- Cliquer sur :
 - Fichier ;
 - Origine, la fenêtre "Point origine" apparaît ;
 - Fixer les coordonnées de l'origine de la plaque : $X = 0$; $Y = 0$;
 - "OK".

f- Paramétrage des outils d'usinage

- Choisir "Paramètres" puis "Bibliothèque d'outils" ;
La fenêtre magasin d'outils s'ouvre.
Choisir :
 - "Diamètre de l'outils" ;
 - "Vitesse de rotation" ;
 - "Vitesse de plongée" ;
 - "Profondeur maximale par passe si nécessaire".
- Après modifications valider par "OK".

NB : définir toujours la pointe à graver, la fraise à rainurer et les forets de perçage des trous.

g- Calcul des contours

- Cliquer sur :
 - Raccourci "Calcul contour" ;
 - Choisir 0,2mm de profondeur ;
 - Valider par "OK".

Le dessin du circuit imprimé, déjà paramétré, apparaît.

h- Calcul des hachures

- Cliquer sur :
 - "Calcul des hachures" ;
 - Cocher "le contour de découpe (dessin)" ;
 - Valider par "OK".

- Patienter.

Le dessin du circuit imprimé apparaît.

- Cocher "zone à sélectionner" et patienter ;
- Valider par "OK".
- Génération des fichiers "code"
- Cliquer sur l'icône "Fraisage" ;
- Sélectionner :
 - La section n°1 ;

- Valider "Gravure couche n°1" ;
- Valider par "OK" afin de créer le fichier "Gcode" du routage "Gravure couche1.iso".

N.B : Cette opération permet la création d'un fichier "Gcode" a extension ".TXT" ou ".ISO" à utiliser pour la gravure.

- Refaire les mêmes tâches pour créer les fichiers "Gcode" :
 - "Hachurage.iso" ;
 - "Détourage.iso" ;
 - "Perçage diam 0,8.iso" ;
 - "Perçage diam1.iso".

N.B : le diamètre de perçage est choisi en fonction des broches des composants ou borniers à installer dans le circuit imprimé.

j- Génération des fichiers "Gcode"

- Cliquer sur l'icône "Perçages" ;
- Choisir le diamètre des forets selon la taille des composants électronique à souder dans la carte;
- Valider par "OK".

On obtient un nombre de fichiers "Gcode" correspondant au nombre de diamètres choisis.

N.B : en utilisant la machine CNC, si l'importation du fichier ".iso" pose un problème, on change son extension par ".TXT".

k- Configurer la machine CNC

- Réalisation de la carte avec la machine CNC :
 - Installer et configurer le logiciel "Mach3" ;
 - Brancher le câble "USB" avec une machine CNC puis faire la configuration nécessaire ;
- Lancer le logiciel "Mach3" ;
- Agir sur :
 - Fichier ;
 - Charger un programme ;
 - Spécifier le chemin des fichiers "Gcode" à extension ".iso" ;
 - Ouvrir.

Le fichier "Couche_gravure.iso" est ouvert.

- Régler l'origine du programme :
 - X = 0 ;
 - Y = 0 ;
 - Z = 0.
- Le tracé du routage apparaît ;
- Pointer l'outils tangente à la plaque "Z = 0".
Pour simuler le fonctionnement activer l'icône "Tool Path (Alt-4)".
- Agir sur le bouton "Simulate Program Run" ;
- Puis commencer l'usinage par action sur le bouton " Cycle Start (Alt-R) " ;
Le foret revient à sa position initiale X=0, Y=0, et Z=5 lorsqu'il termine l'usinage de la carte pour changer l'outil.

- l- Perçage des trous des pastilles du circuit imprimé
 - Changer l'outil ;
 - Recharger le premier programme de perçage diamètre 1mm ;
 - Régler le foret sur la plaque à Z=0 puis le remonter à Z=5mm ;
 - Lancer l'usinage en actionnant sur le bouton "Cycle Start".

Pour le perçage des autres trous ayant des diamètres différents, refaire la même procédure du perçage.

- m- Soudure des composants et vérification du fonctionnement
 - Placer les composants ;
 - Souder ces composants;
 - Tester le fonctionnement.

N.B: plus d'informations et d'illustrations avec des images sont dans le manuel de cours, TH2: "circuits imprimé".

Résumé

1- Procédés de fabrication des circuits imprimés

- Tracé avec logiciel et gravure chimique ;
- Tracé avec logiciel et gravure avec machine CNC pour circuits imprimés.

2- Gravure chimique

Les moyens matériels utilisés sont : une insoleuse ; un révélateur ; une graveuse; du perchlorure de fer.

3- Gravure avec une machine CNC

Le typon du circuit imprimé est déjà préparé. Les étapes sont :

- Génération des fichiers «Gcode» ;
- Création des fichiers «Gcode» compatible à la machine CNC avec un logiciel ;
- Détermination de la face d'usinage ;
- Préparation du perçage ;
- Fixation du point d'origine ;
- Paramétrage des outils d'usinage ;
- Calcul des contours ;
- Calcul des hachures ;
- Génération des fichiers «code» ;
- Génération des fichiers «Gcode» ;
- Configuration de la machine CNC en utilisant le logiciel « Mach3» ;
- Usinage ;
- Perçage des trous des pastilles (choisir l'outil en fonction du diamètre de trou);
- Montage et soudure des composants électroniques ;
- Vérification du fonctionnement du circuit déjà réalisé.

LOGIQUE COMBINATOIRE

Le thème "Logique combinatoire" permettra aux apprenants de s'approprier des savoirs et savoir-faire relatifs aux fonctions combinatoires, à la résolution de problèmes et à la réalisation et l'exploitation de systèmes combinatoires. Les composantes des compétences disciplinaires sont :

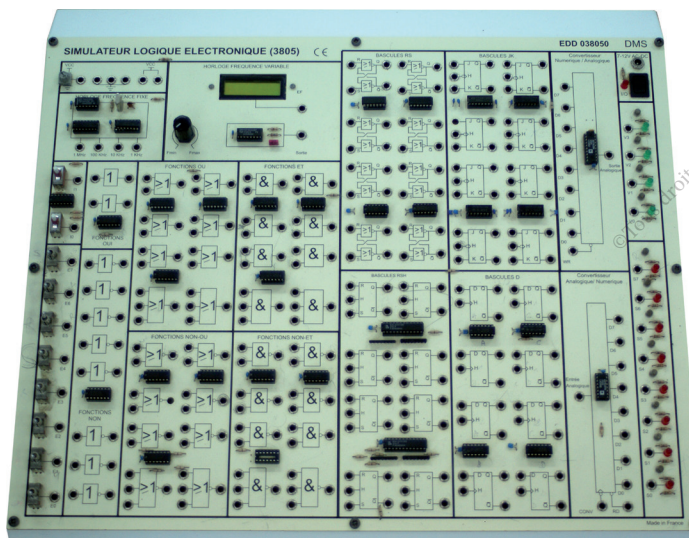
- CD1.5 :** Résoudre un problème de logique combinatoire ou de logique séquentielle.
- CD2.5 :** Réaliser un montage à base de circuits combinatoires ou de circuits séquentiels et analyser le fonctionnement.
- CD3.5 :** Lire et représenter le schéma du circuit de commande d'un système combinatoire ou d'un système séquentiel et en rendre compte.

TABLEAU DES ACTIVITÉS

Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Act. n°1	CD1.5 CD2.5 CD3.5	Communication	Séquence animée, Diapos.
Apprentissage	Act. n°2		Coopération	Logiciels Plaques d'essai Simulateurs Maquettes
	Act. n°3			
	Act. n°4			
	Act. n°5			
	Act. n°6			
	Act. n°7			
Act. n°8	Communication			
Évaluation	Act. n°9			

<https://tech3elec.education.tn/FonctionsCombinatoires.html>

<https://tech3elec.education.tn/SystemeCombinatoire.html>



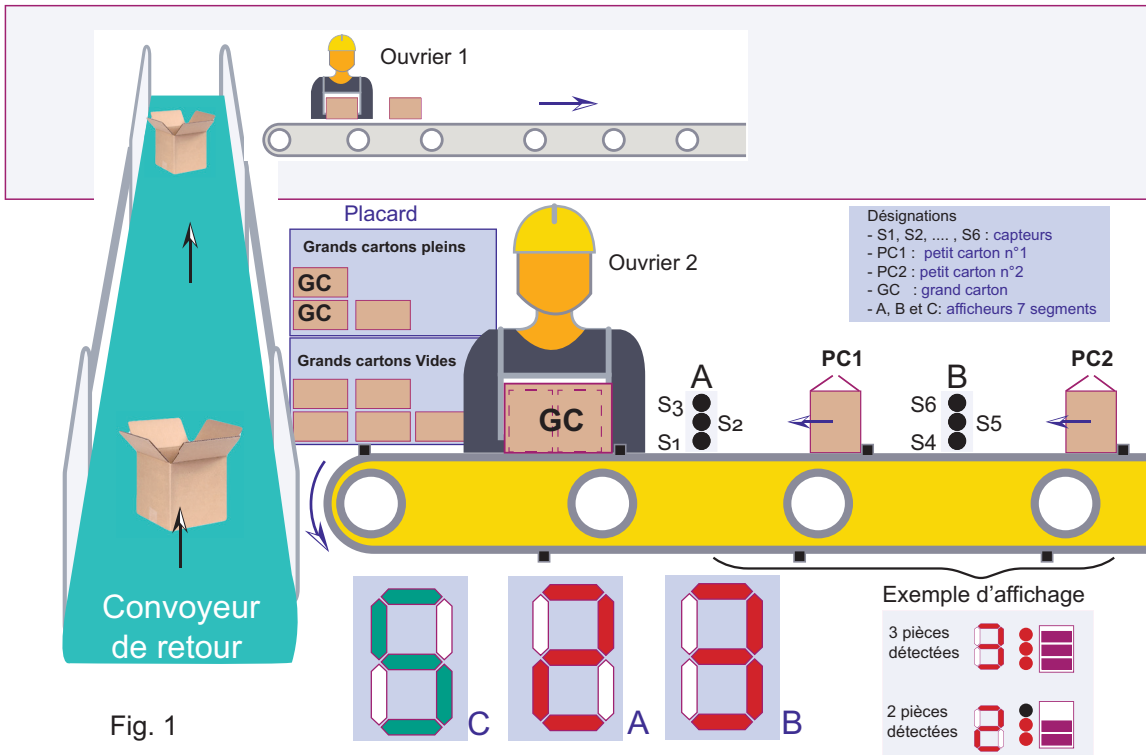
© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



Activité n° 1

Étude d'une unité d'emballage

Le dossier technique décrit le fonctionnement d'une unité d'emballage de pièces de forme cubique (figure 1).



Cette unité est commandée par une carte électronique à base de circuits intégrés.
Tâche des deux ouvriers :

Tâche de l'ouvrier n°1 :

- remplir trois pièces par petit carton ;
- placer le petit carton sur le tapis roulant afin de l'amener pour l'emballage.

Tâche de l'ouvrier n°2 :

- amener un grand carton vide (GC) du placard ;
- actionner un bouton poussoir à pédale pour alimenter le moteur du tapis roulant afin d'amener les petits cartons ;
- indiquer sur l'afficheur A le nombre de pièces placées dans le premier petit carton (CP1);
- indiquer sur afficheurs B le nombre de pièces placées dans le second petit carton (CP2);
- indiquer sur l'afficheur C la somme totale de ces pièces ;
- placer deux petits cartons pleins dans le grand carton ;
- ranger les grands cartons pleins en haut du placard;
- envoyer chaque petit carton ne contenant pas 3 pièces au magasin grâce au convoyeur de retour.



- 1 Le logigramme (figure 2) illustre une fonction combinatoire.

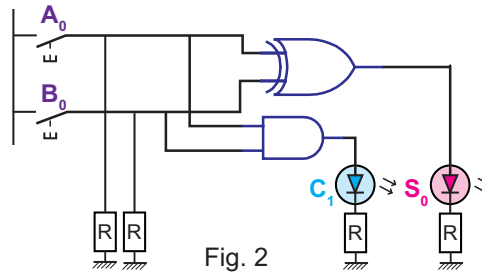


Fig. 2

En petits groupes:

- a- Réaliser le câblage de ce logigramme sur un simulateur logique.
 b- Alimenter le simulateur et compléter dans la table de vérité les colonnes de C_1 et S_0 .

Table de vérité

B_0	A_0	C_1	S_0	Équivalent décimal de $(C_1 S_0)$
0	0			
0	1			
1	1			
1	0			

- c- Dans chaque ligne de cette table de vérité, convertir en décimal le mot binaire composé par $(C_1 S_0)$. Indiquer le résultat dans la dernière case de chaque ligne.
 d- Qu'appelle-t-on la fonction combinatoire illustrée par ce montage?

 e- Déterminer l'expression logique des variables de sortie:
 - S_0 en fonction des variables d'entrée A_0 et B_0 .
 - $S_0 = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$
 - C_1 en fonction des variables d'entrée A_0 et B_0 .
 - $C_1 = \dots\dots\dots$
 f- Tracer un modèle fonctionnel décrivant cette fonction combinatoire.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

2 Étude d'un additionneur complet

Le logigramme (figure 3) illustre la fonction addition de deux nombres à un terme chacun avec une retenue précédente.

En petits groupes:

a- Réaliser le câblage de ce logigramme sur un simulateur logique.

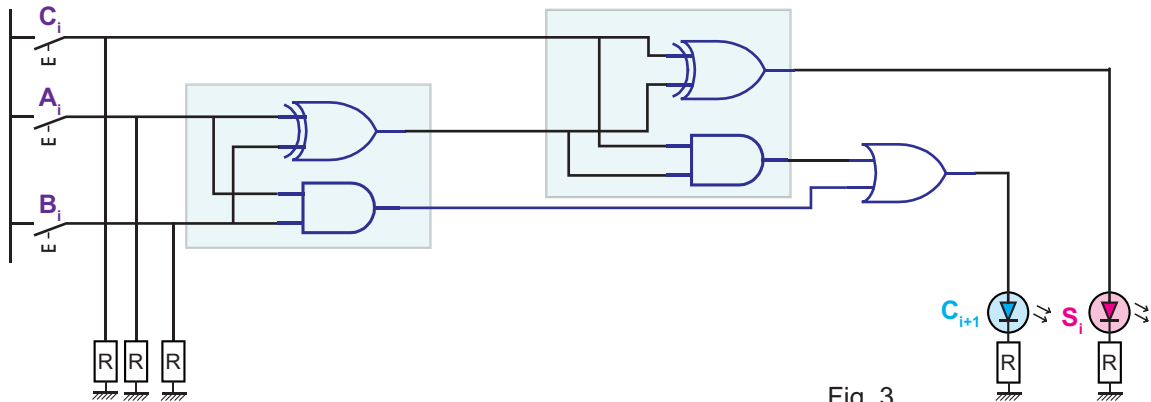


Fig. 3

b- Alimenter le simulateur et compléter, ci dessous, la table de vérité

Table de vérité

B_i	A_i	C_i	C_{i+1}	S_i	Équivalent décimal de $(C_{i+1} S_i)$
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

c- Le circuit déjà étudié réalise-t-il la fonction addition binaire ?

d- Tracer un modèle fonctionnel décrivant cette fonction combinatoire.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



Activité n° 3

Fonction addition binaire en logique programmée

Le schéma du circuit (figure 4) illustre un additionneur de deux nombres binaires NA et NB ayant chacun un format de 4 bits :

- Le port B reçoit les bits des deux nombres binaires NA et NB ;
- Le port C reçoit le bit de la retenue précédente ;
- Le port A fournit le résultat de l'addition.

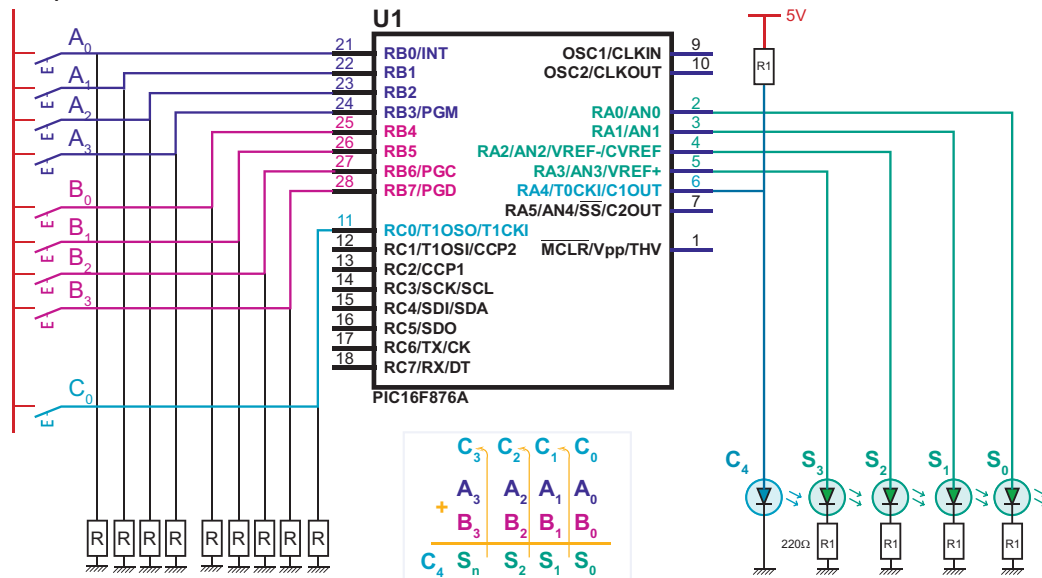


Fig.4

En petits groupes:

- Compléter le programme en mikroC pour PIC de l'additionneur en appliquant les consignes données dans l'algorithme ci-dessous.

Structure	Algorithme	Programme
Déclaration	Déclarer 4 variables du type octet non signé : NA et NB sont deux nombres à 4 bits chacun, C0 représente la retenue précédente et NS représente la somme.	unsigned char ..., ..., ...,
DÉBUT	Mot clé du début du programme() {
Orientation des ports et initialisation des variables de sortie	Configurer le port B en entrées	trisB =0b.....;
	Configurer le port C en entrées	trisC =0b.....;
	Configurer le port A en sorties	trisA =0b.....;
	Configurer le port A en numérique	adcon1 =0x06;
	Initialiser NS à 0=.....;

Corps du programme	Boucle TANT QUE (vraie)	..... (1)
	DÉBUT	{
	NA ← port B	NA = PortB;
	Masquer 4 bits (B7 ...B4)	NA=NA & 0x0F;
	NB ← port B	NB =
	Décalage à droite de 4 bits	NB = NB >> 4;
	C0 ← RC0	C0 = PortC.B0;
	NS ← NA + NB + C0	NS =
Port A ← NS	PortA = NS;	
Fin du programme	.....
FIN		.....

- Saisir le programme sur le logiciel mikroC pour PIC.
- Compiler ce programme. Implanter le fichier *.hex dans le microcontrôleur.
- Réaliser le câblage conformément au schéma du circuit de la figure 4 ;
- Alimenter la maquette de simulation. Vérifier le fonctionnement.
- Compléter la récapitulation, ci-dessous, par les termes convenables.

La fonction débute par les bits de poids
 Lorsque la somme de deux bits de même poids dépasse la valeur de l'unité, elle sera reportée sur le bit de poids

Activité n° 4

Fonction codage décimal/BCD



La figure 5 montre le symbole logique du codeur de priorité décimal/BCD 74147 et un schéma à base de ce circuit intégré.

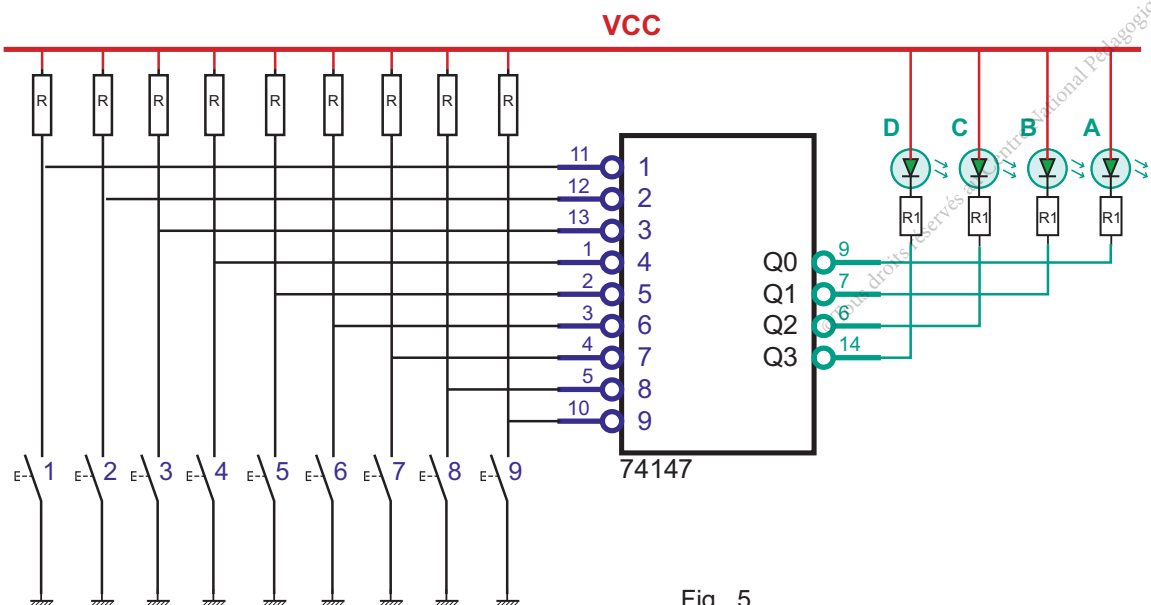
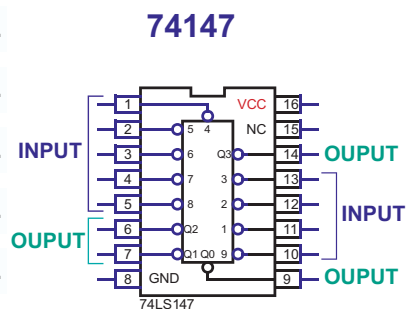


Fig. 5

En petits groupes:

- 1 Réaliser le câblage du schéma du circuit (figure 5) sur un simulateur logique.
- 2 Alimenter le simulateur logique. Manipuler les boutons-poussoirs pour vérifier le fonctionnement du circuit intégré et des variables de sortie.
- 3 Compléter le tableau (figure 6) par les états des variables de sortie en fonction des variables d'entrée (1, 2, 3, ..., 9).

Variables d'entrée									Sortie			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	C	B	A
0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...
X	X	X	X	X	X	X	X	1	...	...	...	...
X	X	X	X	X	X	X	1	0	...	...	...	...
X	X	X	X	X	X	1	0	0	...	...	...	...
X	X	X	1	0	0	0	0	0	...	...	...	...
1	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...



1 : bouton appuyé
 0 : bouton non appuyé
 X : bouton appuyé ou non

1 : LED allumée
 0 : LED éteinte

Fig. 6

- 4 Comparer le résultat obtenu à celui donné dans la datasheet du circuit intégré 74147. Donner une justification.

.....

.....

.....

- 5 Le schéma du circuit d'un codeur Décimal/BCD (figure 7) est à base du microcontrôleur 16F628A.

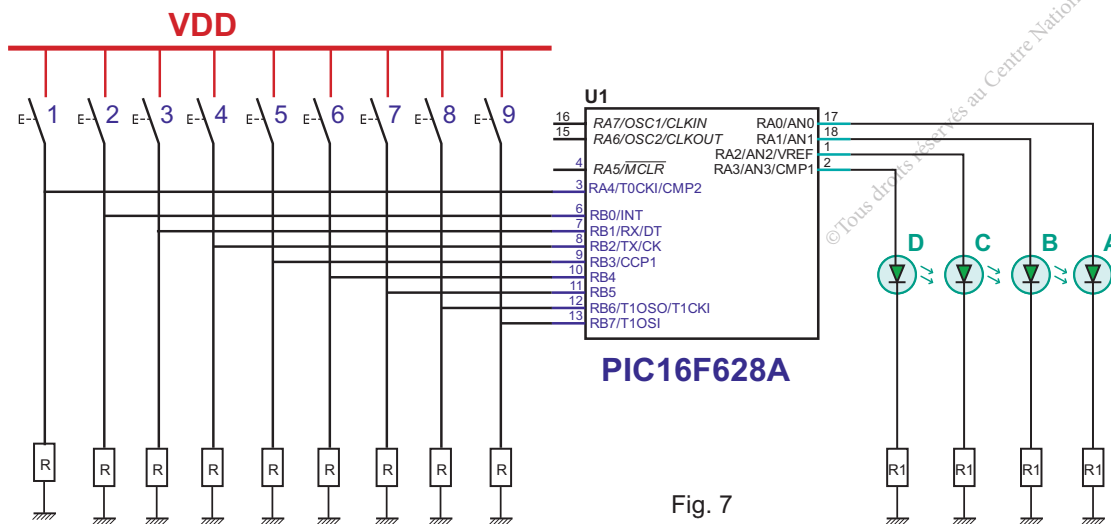


Fig. 7

- a- En se référant à la figure 7, compléter, ci-après, le programme en mikroC pour PIC du codeur Décimal/BCD en appliquant les informations et les consignes données dans l'algorithme.

Structure	Algorithme	Programme
Déclaration	Déclarer une variable d'entrée S1 du type bit branchée sur RA4. Déclarer une variable S2 du type byte.	sbit S1 at RA4_bit; S2 ;
DÉBUT Programme	Mot clé du début du programme {
Orientation des ports et initialisation des variables de sortie	Configurer le port A en sorties	trisA = 0xF0;
	Configurer le port B en entrées	trisB = 0x.....;
	Désactiver les comparateurs analogiques	CMCON =0x07;
	Initialiser S2 à 0;
Corps du programme	Boucle TANT QUE (vraie) DÉBUT {
	SI portB.B7 ALORS S2 ← 9	if (portb.b7) S2 = 9 ;
	SINON SI portB.B6 ALORS S2 ← 8	else if (.....) S2 = 8 ;
	SINON SI portB.B5 ALORS S2 ← 7	else if (.....) S2 = 7 ;
	SINON SI portB.B4 ALORS S2 ← 6	else if (.....) S2 = 6 ;
	SINON SI portB.B3 ALORS S2 ← 5	else if (.....) S2 = .. ;
	SINON SI portB.B2 ALORS S2 ← 4	else if (.....) S2 = .. ;
	SINON SI portB.B1 ALORS S2 ← 3	else if (.....) S2 = .. ;
	SINON SI portB.B0 ALORS S2 ← 2	else if (.....) S2 = .. ;
	SINON SI portA.A4 ALORS S2 ← 1	else if (.....) S2 = .. ;
	SINON S2 ← 0	else S2 = ..;
	PORTA ← S2	portA = S2;
Fin TANT QUE	.....
FIN Programme	Fin du programme	.....

- b- Saisir le programme sur le logiciel mikroC pour PIC.
c- Compiler ce programme. Simuler le fonctionnement.
d- Implanter le fichier *.hex dans le microcontrôleur.
e- Réaliser le câblage conformément au schéma du circuit de la figure 7.
f- Alimenter la maquette de simulation. Vérifier le fonctionnement.
g- Comparer la solution programmée à la solution câblée



La figure 8 représente un schéma à base du décodeur BCD/Décimal 7442.

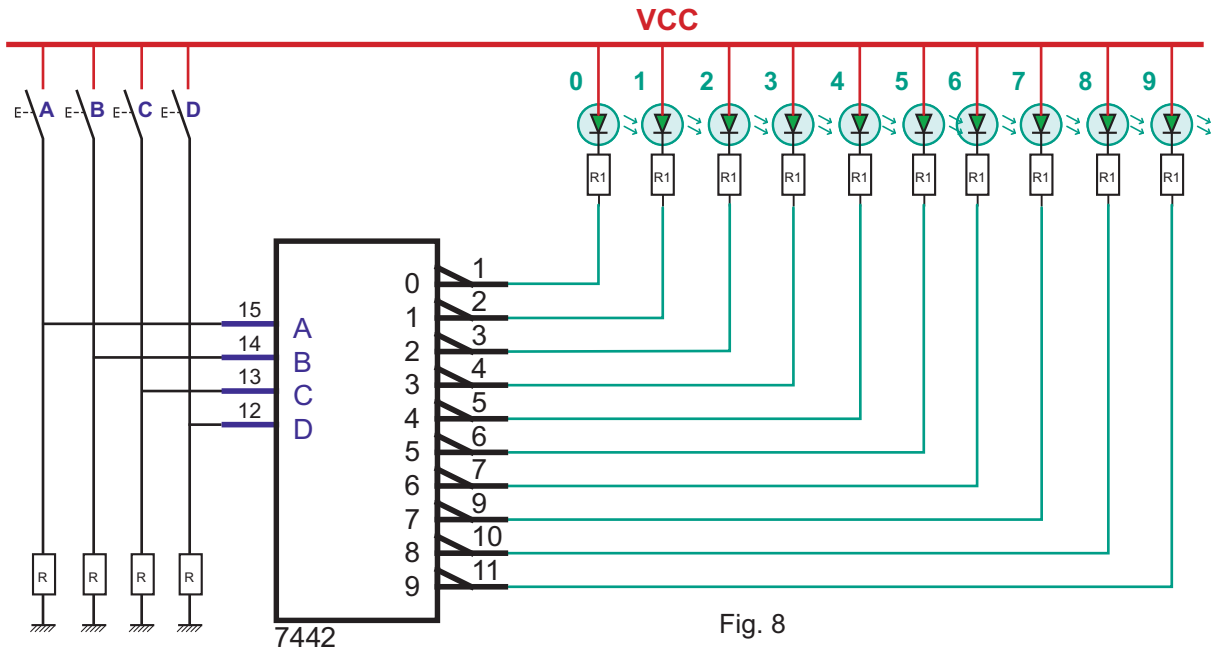


Fig. 8

En petits groupes :

- 1 Réaliser le câblage du schéma du circuit (figure 8) sur un simulateur logique.
- 2 Alimenter le simulateur logique. Vérifier le fonctionnement.
- 3 Compléter le tableau (figure 9) par les états des variables de sortie en fonction des variables d'entrée (A, B, C et D).

INPUT				OUPUT													
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
0	0	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0	0	0	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0	1	1	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	0	0	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	0	1	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Invalide
1	0	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	1	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

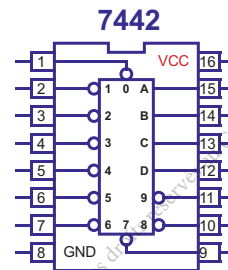


Fig. 9

4 Comparer le résultat obtenu à celui donné dans la datasheet du circuit intégré 7442.

5 Le schéma du circuit d'un décodeur BCD/Décimal (figure 10) est à base du microcontrôleur 16F876A.

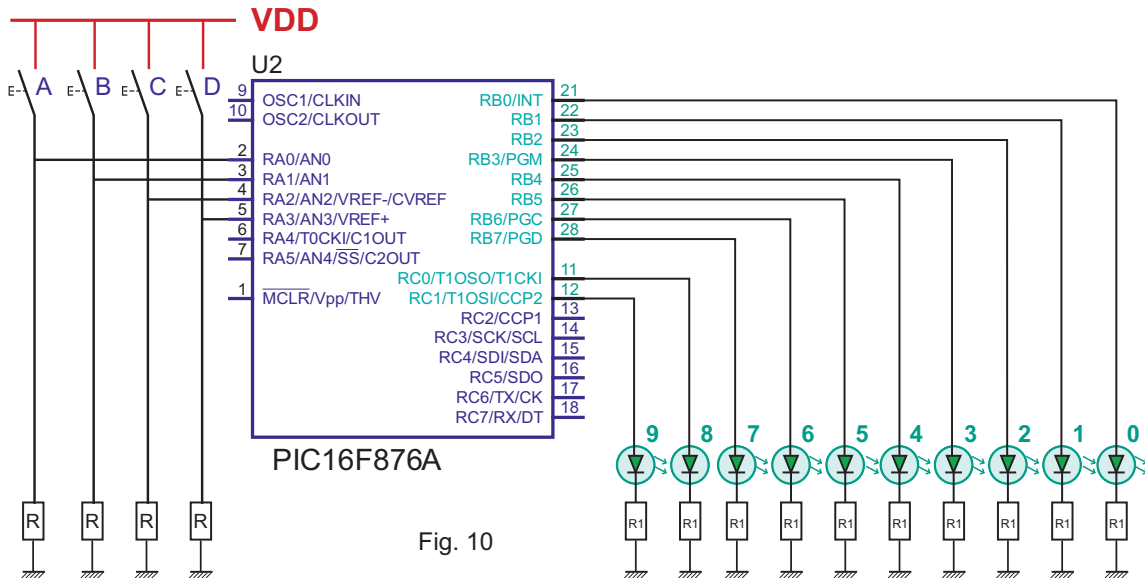


Fig. 10

6 Solution programmée

a- En se référant à la figure 10, compléter, ci-après, le programme en mikroC pour PIC du décodeur BCD/Décimal conformément à l’algorithme donné.

Algorithme	Programme
Mot clé du début du programme DÉBUT DU PROGRAMME	..........
Configurer le port A en entrées	..... = 0x.....;
Configurer le port B en sorties	..... = 0x.....;
Configurer RC0 et RC1	..... = 0x.....;
Configurer le port A en numérique	ADCON1 = 6;
Initialiser les sorties =;
 =;
 =;
TANT QUE (vraie) DÉBUT	.....
SELON (PORT A) DÉBUT (.....)
Cas portA → 0 : PortB ← 1, PortC ← 0, Sauter,	case (0x00) : portb = 1; portC = 0; break;
Cas portA → 1 : PortB ← 2, PortC ← 0, Sauter,	case (0x01) : portb = 2; portC = 0; break;
Cas portA → 2 : PortB ← 4, PortC ← 0, Sauter,	case (0x02) :;;
Cas portA → 3 : PortB ← 8 , PortC ← 0, Sauter,	case (0x03) :;;

Cas portA →4: PortB ← 16, PortC ← 0, Sauter,	case (0x04) :;;
Cas portA →5: PortB ← 32, PortC ← 0, Sauter,	case (0x05) :;;
Cas portA →6: PortB ← 64, PortC ← 0, Sauter,	case (0x06) :;;
Cas portA →7: PortB ← 128, PortC ← 0, Sauter,	case (0x07) :;;
Cas portA →8 : PortB ← 0 , PortC ←1, Sauter,	case (0x08) :;;
Cas portA → 9 : PortB ← 0, PortC ← 2, Sauter,	case (0x09) :;;
Défaut : PortB ← 0 , PortC 0, Sauter,	default :;;
Fin SELON	.....
Fin TANT QUE	.....
Fin du programme	.....

- b- Saisir le programme sur le logiciel mikroC pour PIC.
- c- Compiler ce programme. Simuler son fonctionnement.
- d- Implanter le fichier *.hex dans le microcontrôleur.
- e- Réaliser le câblage conformément au schéma du circuit de la figure 10.
- f- Mettre en oeuvre la maquette de simulation.
- g- Vérifier le fonctionnement.

Activité n° 6

Fonction transcodage BCD/7 segments



La figure 11 représente un schéma de deux afficheurs 7 segments.

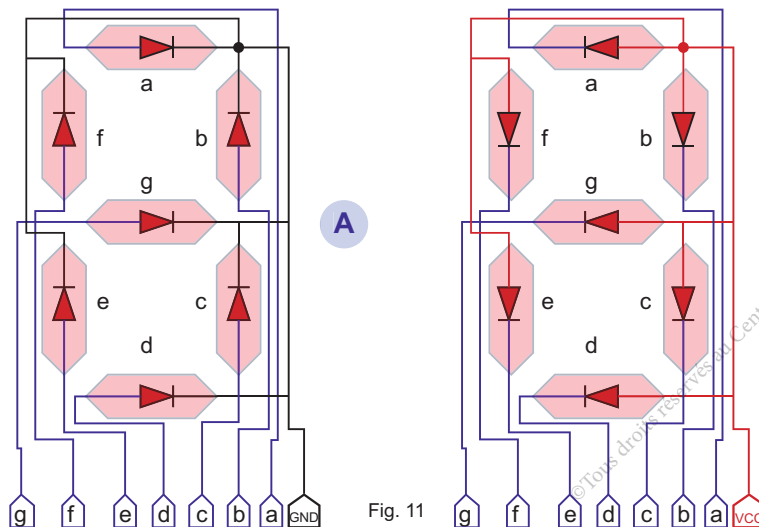


Fig. 11

1 Quelle est la différence entre ces deux afficheurs?

.....

2 Quel est l'afficheur dit à Anodes communes ? Qu'appelle-t-on le second afficheur ?

.....

3 Câbler sur un simulateur le schéma du circuit de la figure 12. Mettre en oeuvre.

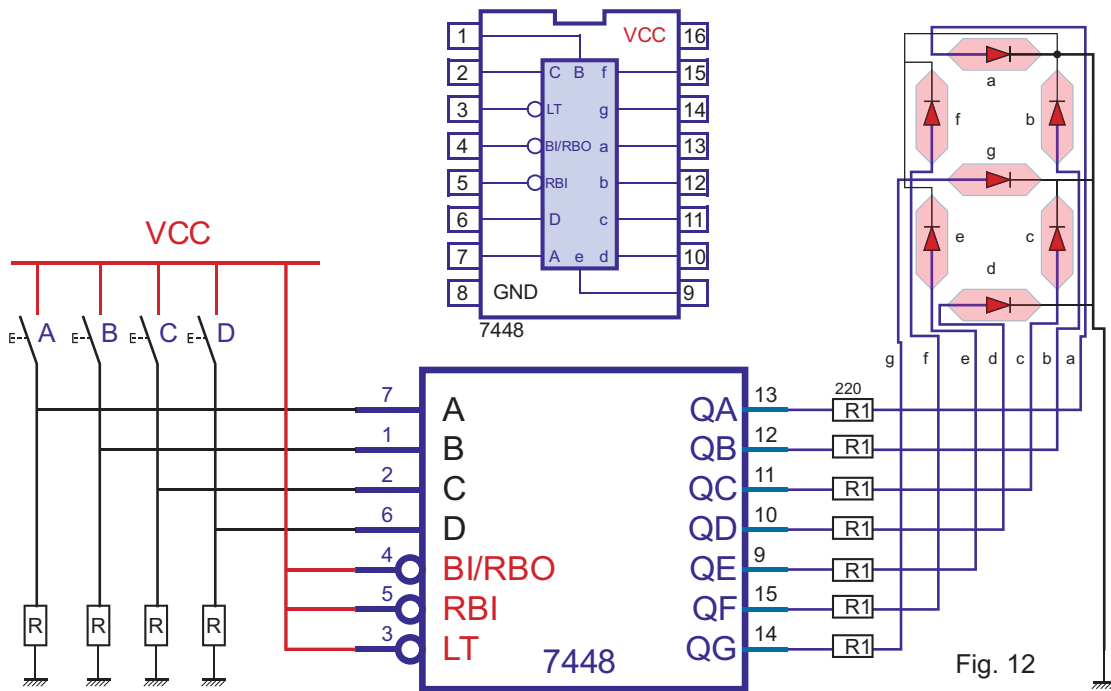
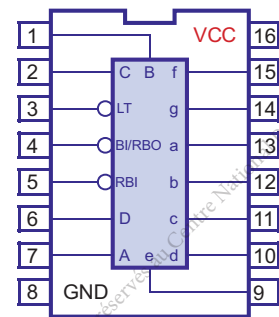


Fig. 12

4 Compléter le tableau (figure 13) par les états des variables de sortie en fonction des variables d'entrée (A, B, C et D).

INPUT				OUPUT						
D	C	B	A	g	f	e	d	c	b	a
0	0	0	0	...	...	...	...	...	...	...
0	0	0	1	...	...	...	...	...	...	...
0	1	1	0	...	...	...	...	...	...	...
1	0	0	1	...	...	...	...	...	...	...
1	0	1	0	...	...	...	...	...	...	...
1	0	1	1	...	...	...	...	...	...	...
1	1	0	0	...	...	...	...	...	...	...



74LS48

Fig. 13

5 L'afficheur 7 segments, à cathodes communes, convient-il à ce circuit intégré ? Justifier.

.....

.....

.....

6 Câbler sur un simulateur le schéma du circuit de la figure 14. Mettre en oeuvre .

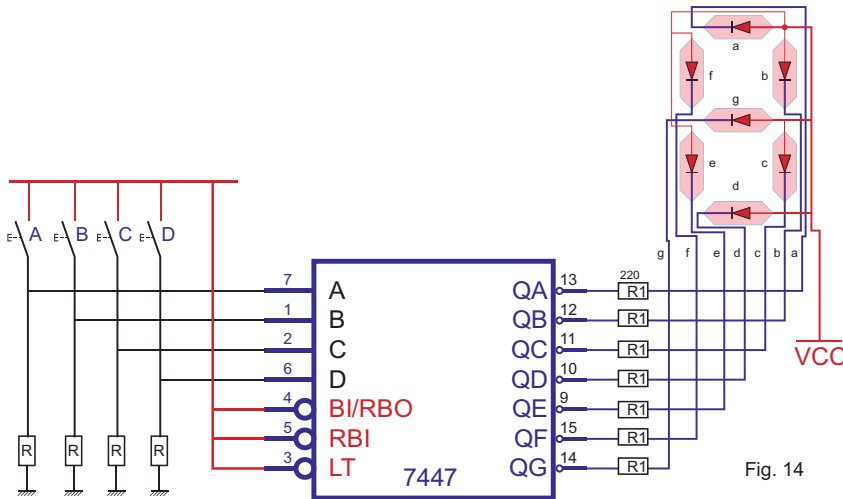


Fig. 14

7 Compléter le tableau suivant par les états des variables de sortie en fonction des variables d'entrée (A, B, C et D).

INPUT				OUPUT						
D	C	B	A	g	f	e	d	c	b	a
0	0	0	0	...	...	...	...	...	...	...
0	0	0	1	...	...	...	...	...	...	...
0	1	1	0	...	...	...	...	...	...	...
1	0	0	1	...	...	...	...	...	...	...
1	0	1	0	...	...	...	...	...	...	...
1	0	1	1	...	...	...	...	...	...	...
1	1	0	0	...	...	...	...	...	...	...

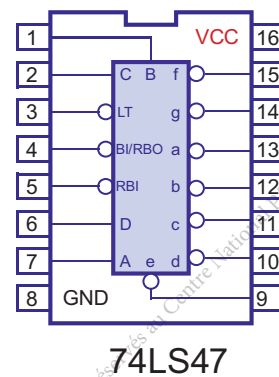


Fig. 15

8 Justifier le choix d'un afficheur 7 segments à anodes communes?

.....

.....

.....

.....

9 Solution programmée

La figure 16 représente le schéma d'un circuit à base du microcontrôleur PIC 16F876A et d'un afficheur à cathodes communes.

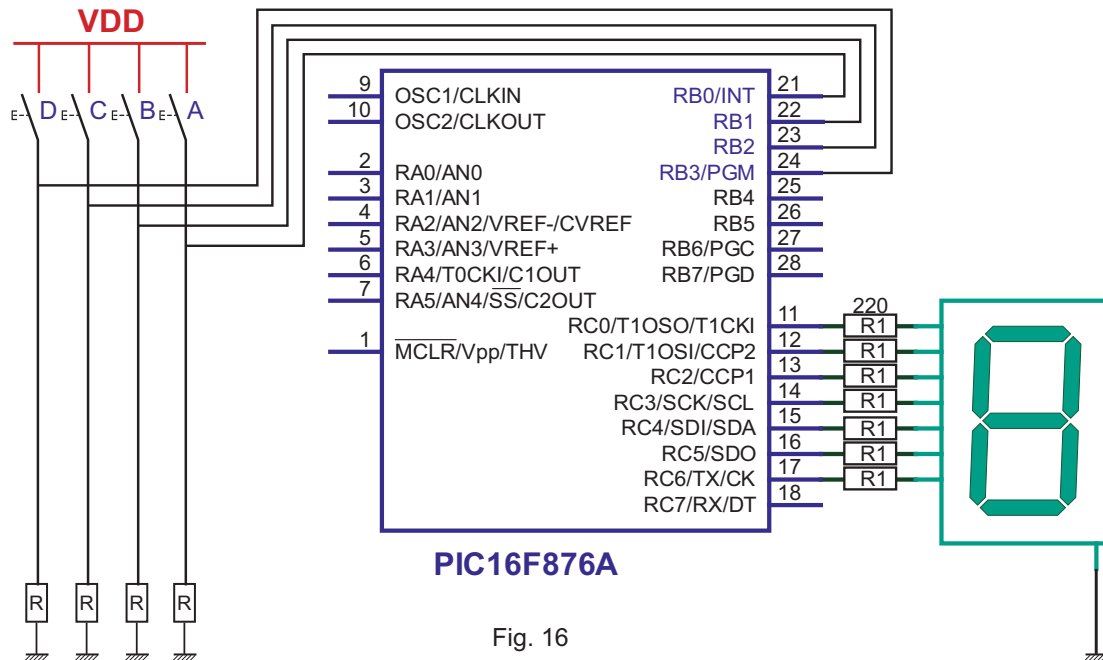


Fig. 16

- b- Compléter le programme en mikroC pour PIC du décodeur BCD / Décimal conformément à l'algorithme ci-dessous.

Algorithme	Programme
Variable d'entrée i reliée au port b Tableau de 10 cases du type constantes: début Case 1 ← 0 en fonction de gfedcba codé en Hex Case 2 ← 1 en fonction de gfedcba codé en Hex Case 3 ← 2 en fonction de gfedcba codé en Hex Case 4 ← 3 en fonction de gfedcba codé en Hex Case 5 ← 4 en fonction de gfedcba codé en Hex Case 6 ← 5 en fonction de gfedcba codé en Hex Case 7 ← 6 en fonction de gfedcba codé en Hex Case 8 ← 7 en fonction de gfedcba codé en Hex Case 9 ← 8 en fonction de gfedcba codé en Hex Case 10 ← 9 en fonction de gfedcba codé en Hex fin	<pre> char i at portb ; const afficheur[...] = { 0x3f, 0x....., 0x....., 0x....., 0x66, 0x....., 0x7d, 0x....., 0x....., 0x6f, } </pre>
Mot clé du début du programme DÉBUT DU PROGRAMME	..... .....
Configurer le port B en entrées	..... =0x.....;

Configurer le port C en sorties	..... =0x.....;
Initialiser port C à 0	portc=.....;
Initialiser i à 0 =.....;
TANT QUE (vraie)	.....
DÉBUT	.....
PortC ← contenu du tableau	..... = afficheur[i];
Fin TANT QUE	.....
Fin du programme	.....

Remarque : le chiffre 0 correspond à : $gfedcba = (011\ 1111)_2 = (3F)_{16}$. On écrit dans la case numéro 1 du tableau : 0x3F.

- b- Saisir le programme sur le logiciel mikroC pour PIC.
- c- Compiler ce programme. Simuler son fonctionnement.
- d- Implanter le fichier *.hex dans le microcontrôleur.
- e- Réaliser le câblage conformément au schéma du circuit de la figure 16.
- f- Mettre en oeuvre la maquette de simulation et vérifier le fonctionnement.
- g- Rédiger un paragraphe récapitulant les nouvelles connaissances relatives aux deux types d'afficheurs et leurs branchements.

La fonction affichage est matérialisée par des afficheurs

Un afficheur est un ensemble de diodes LED, disposées de sorte qu'on visualise les chiffres décimaux en activant les segments

Un afficheur 7 segments est soit à communes soit à communes.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

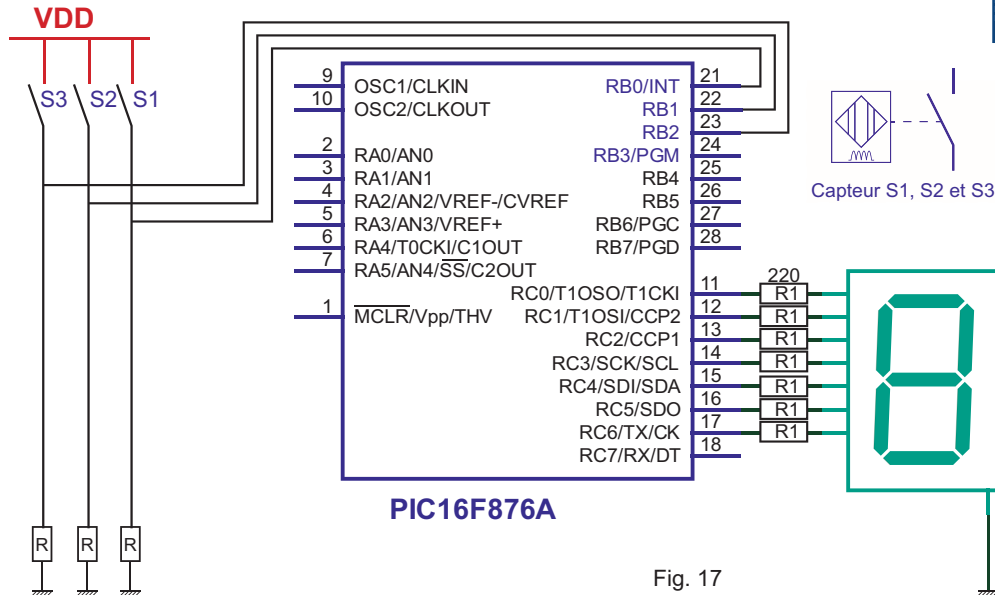
.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Activité n° 7

Affichage du nombre de pièces par petit carton

La figure 17 représente un schéma d'un circuit à base du microcontrôleur PIC 16F876A et d'un afficheur 7 segments à cathodes communes. Ce circuit illustre l'affichage du nombre de pièces par petit carton (activité n°1).



- 1 Compléter le programme en mikroC pour PIC du décodeur BCD / Décimal en appliquant les consignes données dans l'algorithme ci-après.

Algorithme	Programme
Variable i et k du type octet non signé Tableau de 4 cases du type constantes	unsigned char i, k ; const afficheur[4] = {0x3f,0x06,0x5b,0x4f};
Mot clé du DÉBUT DU PROGRAMME	void main() {
Configurer le port B et port C	trisb =0x.....; trisc =0x.....;
Initialiser port C à 0	portc=.....;
Initialiser i à 0	i=.....;
TANT QUE (vraie) DÉBUT {
k ← port B	k =
SELON (k) début	switch(.....) {
cas 1 : i ← 1 sauter	case 0x01 : i = 1; break;
cas 3 : i ← 2 sauter	case 0x03 : i = 2;
cas 7 : i ← 3 sauter	case 0x.... : i = 3;
défaut : i ← 0 sauter	default : =; break ;
FIN SELON	}
PortC ← contenu du tableau	..... = afficheur[i];
Fin TANT QUE	.....
Fin du programme	.....

- 2- Saisir le programme sur le logiciel mikroC pour PIC.
- 3- Compiler ce programme. Simuler son fonctionnement.
- 4- Implanter le fichier *.hex dans le microcontrôleur.
- 5- Réaliser le câblage conformément au schéma du circuit de la figure 17.
- 6- Mettre en oeuvre la maquette de simulation.
- 7- Vérifier le fonctionnement.

RÉSOLUTION DE PROBLÈMES DE LOGIQUE COMBINATOIRE

Activité n° 8

Étude d'un problème de logique combinatoire



Porte coulissante

La porte coulissante (figure 18) sépare deux magasins. Elle est commandée de deux endroits différents (magasin n°1 et magasin N°2).



Fonctionnement

La porte est entraînée par un moteur électrique à courant continu (24V, 120W). Ce moteur est commandé par deux relais désignés par KA1 pour la fermeture de la porte et KA2 pour la l'ouverture de la porte (figure 19). Les caractéristiques des relais sont : 5VDC-10A - 5 pins .

Dans chaque magasin, deux boutons poussoirs sont installés : F (fermeture) et O (ouverture). Un interrupteur A placé dans le bureau du chef de travaux.

L'ouverture ou la fermeture de la porte coulissante ne sont effectuées que si le chef de travaux ferme l'interrupteur A. Tout autre action déclenche une alarme sonore S.

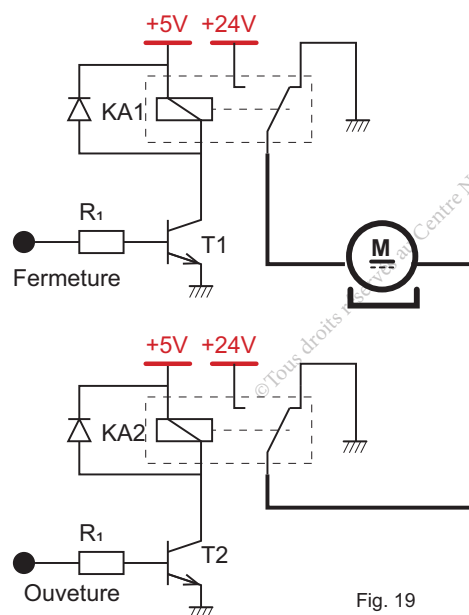


Fig. 19

1 Identifier les variables d'entrée et les variables de sortie :

a- Variables d'entrée :

.....

b- Variables de sortie :

.....

2 Table de vérité et équations logiques

a- Compléter, ci-dessous, la table de vérité.

A	O	F	KA1	KA2	S
0	0	0	..	..	..
0	0	1	..	..	..
0	1	0	..	..	..
0	1	1	..	..	..
1	0	0	..	..	..
1	0	1	..	..	..
1	1	0	..	..	..
1	1	1	..	..	..

3 Déterminer les équations logiques de KA1 et de KA2.

.....

b- Simplifier l'équation logique de l'alarme S par la méthode graphique

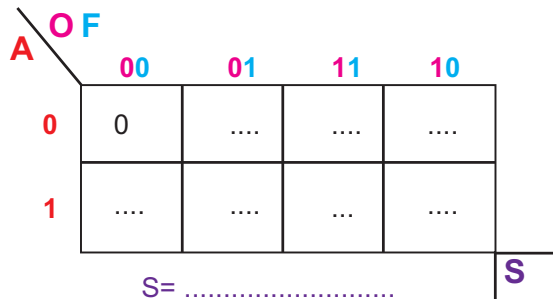


Fig. 20

c- Exprimer les variables de sortie KA1, KA2 et S en utilisant uniquement des opérateurs NAND.

$$KA1 = A \cdot F \cdot \bar{O}$$

$$KA1 = \dots\dots\dots$$

$$KA2 = A \cdot O \cdot \bar{F}$$

$$KA2 = \dots\dots\dots$$

$$S = O.F + \bar{A}.(O + F)$$

$$S = \dots\dots\dots$$

$$S = \dots\dots\dots$$

Fig. 21

d- Tracer le logigramme de la variable de sortie S. Simuler son fonctionnement.

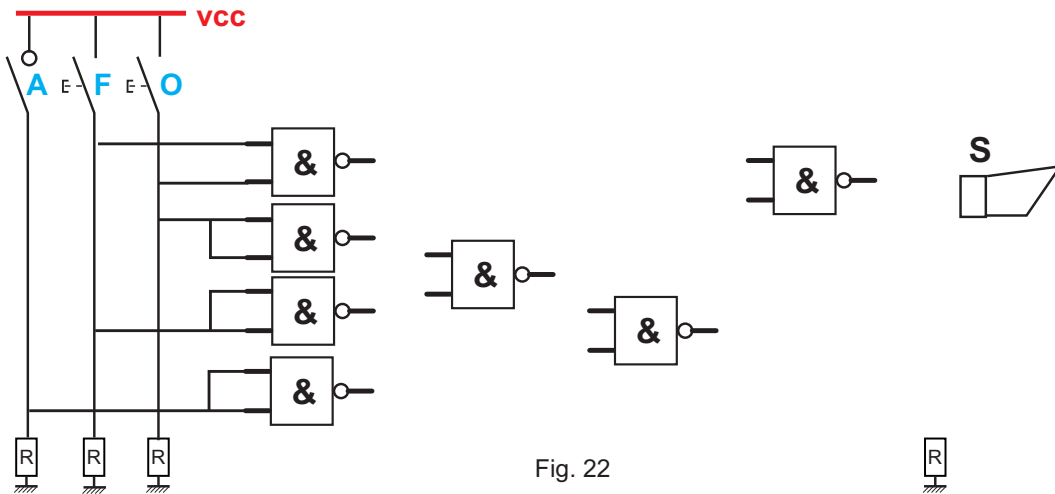


Fig. 22

4 Réaliser le schéma du circuit (figure 23) sur simulateur . Vérifier le fonctionnement de la variable de sortie S.

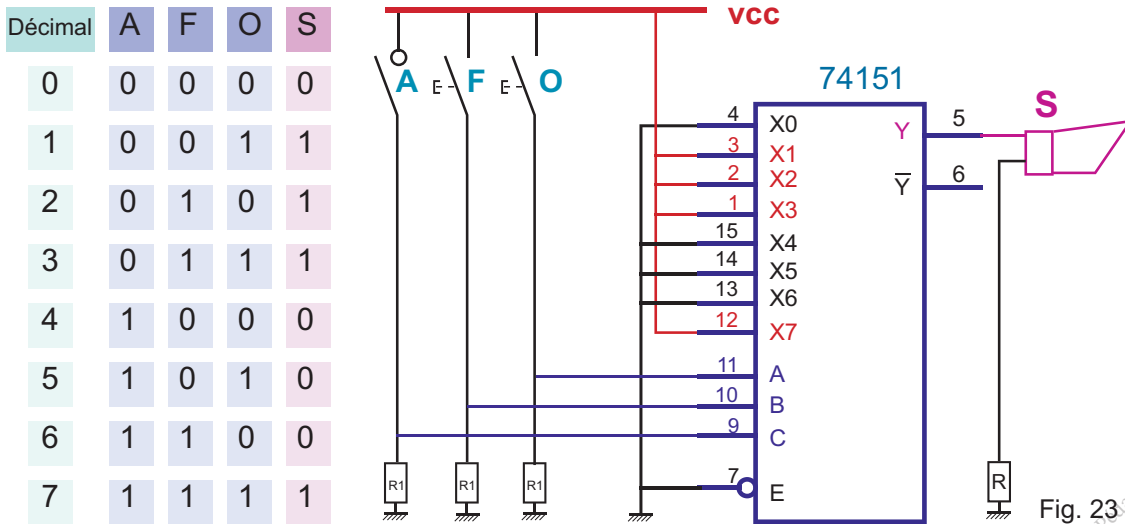


Fig. 23

5 Quelle est la fonction assurée par le circuit intégré 74151?

6 La fin de l'ouverture et la fin de la fermeture sont limitées par deux capteurs FF et FO (figure 24).

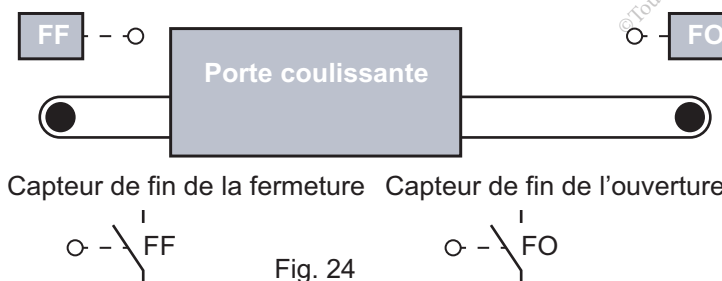


Fig. 24

a- Réaliser sur une maquette ou sur un logiciel approprié le logigramme de KA1 et KA2. Simuler son fonctionnement.

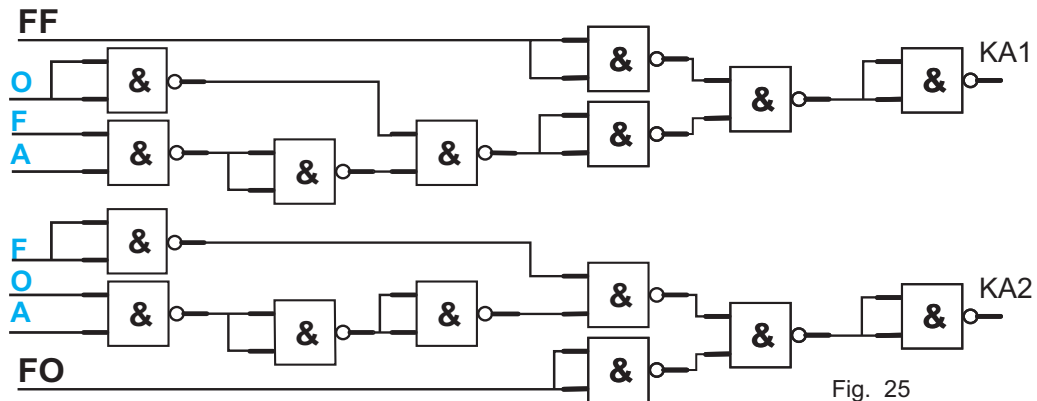


Fig. 25

b- Dédurre les équations logiques de KA1 et de KA2.

.....

.....

.....

.....

7 La carte électronique (figure 26) est destinée à la commande de la porte coulissante. Tracer ce schéma sur un logiciel de simulation.

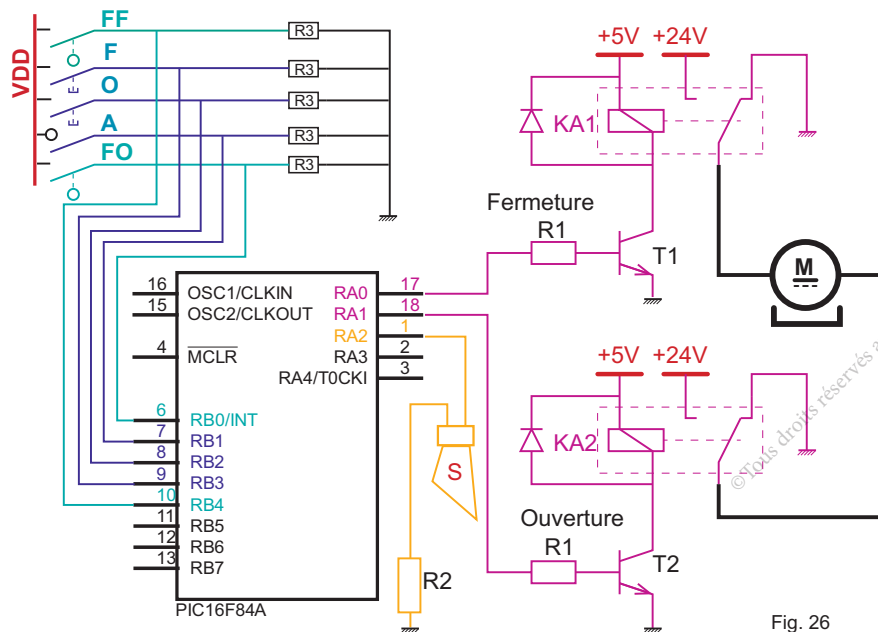


Fig. 26

a- Compléter le programme en mikroC pour PIC de la carte de commande en appliquant les consignes données dans l'algorithme ci-dessous.

Algorithme	Programme
Mot clé du début du programme DÉBUT DU PROGRAMME	void main() {
Configurer le port B et port A	trisb =.....; trisa =.....;
Initialiser port A à 0	RA0=.....; RA1=.....; RA2=.....;
TANT QUE (vraie) DÉBUT {
$RA0 \leftarrow A \cdot F \cdot \overline{O} \cdot \overline{FF}$	RA0=.....;
$RA1 \leftarrow A \cdot O \cdot \overline{F} \cdot \overline{FO}$	RA1=.....&& RB2 && !..... && !RB0;
$RA2 \leftarrow F \cdot O + \overline{A} \cdot (F + O)$	RA2=
Fin TANT QUE	.....
Fin du programme	.....

- b-** Saisir le programme sur le logiciel mikroC pour PIC.
- c-** Compiler ce programme. Simuler son fonctionnement.
- d-** Implanter le fichier *.hex dans le microcontrôleur.
- e-** Réaliser le câblage conformément au schéma du circuit de la [figure 26](#).
- f-** Mettre en oeuvre la maquette de simulation.
- g-** Vérifier le fonctionnement.

8 Compléter la récapitulation par les termes convenables.

Tableau de Karnaugh

Le tableau de Karnaugh est un outil de simplificationdes équations logiques .

Étapes de résolution d'un problème de logique combinatoire

- Identification des variableset de
- Table de
- Tableaux de
- Équations Logiques
- Choix de la logique de commande : câblée ou
- Choixdes composants et appareils de commande;
- Schéma ou logigramme;
- Programme et/ou Simulation;
- Câblage du schéma du circuit et mise en

Fonction Multiplexage

La fonction multiplexage assure l'orientation d'une seule donnée parmi vers une même.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Activité n° 9

Étude d'un problème de logique combinatoire

Soutes de Navire

Le navire (figure 27) est destiné au transport de produits liquides.

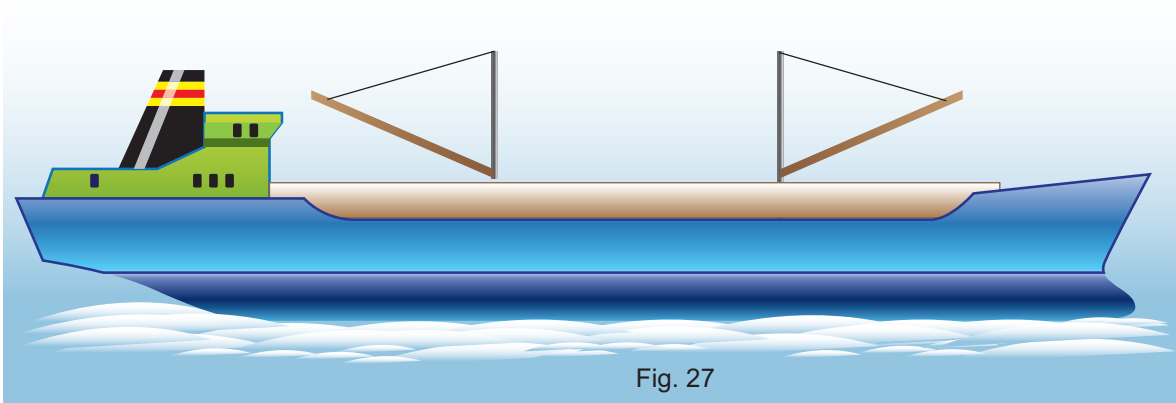


Fig. 27

Il comporte dans sa cale quatre soutes S1 , S2 , S3 et S4 (voir dessin en coupe transversale): Le remplissage des soutes S1 , S2 , S3 et S4 est contrôlé respectivement par les capteurs a, b, c et d (figure 28).

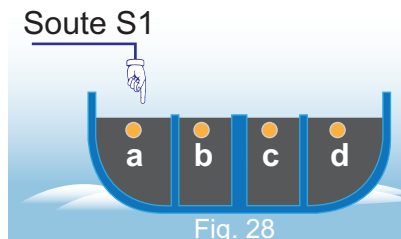


Fig. 28



Fonctionnement

Dans la salle de commande de ce navire, deux voyants AE et AD sont utilisés pour la signalisation:

- le voyant (AE) s'allume quand le navire est en position d'équilibre, c'est-à-dire quand
- les charges sont bien réparties;
- le voyant (AD) s'allume en cas de déséquilibre, c'est à dire en cas de mauvaise répartition des charges.

Remarques :

- une soute est soit PLEINE soit VIDE;
- on utilise des boutons poussoirs pour simuler le fonctionnement du montage correspondant à cette étude.

1 Identifier les variables binaires d'entrée et les variables binaires de sortie:

- Variables d'entrée:
- Variables de sortie:

- 5 Vérifier le fonctionnement en manipulant les boutons poussoirs selon les combinaisons de la table de vérité.
- 6 Peut-on remplacer le multiplexeur destiné à la commande de la variable de sortie (AD) par une seule fonction logique? Laquelle? Justifier.
-
-

Résumé



1- Systèmes de numération

a- Définition

Un système de numération est une méthode permettant la représentation des nombres. Il est défini par une base et un symbole. On distingue essentiellement :

- le système décimal utilisant des chiffres de (0,1,..., 9) ;
- le système binaire utilisant les bits (0 et 1) ;
- le système BCD (Binaire Codé Décimal) composé de codes binaires ayant chacun un format de 4 bits correspondant à un chiffre décimal ;
- le système hexadécimal composé de signes de (0 , 1 , ..., 9 , A, B, C, D, E, F) avec $A = (10)_{10}$, $B = (11)_{10}$, $C = (12)_{10}$, $D = (13)_{10}$, $E = (14)_{10}$, $F = (15)_{10}$.

b- Conversion des nombres

Codage

Le codage est la conversion d'un nombre décimal en un nombre de base non décimale. Coder un nombre décimal dans une base cible grâce à :

- la division successive ;
- l'addition successive.

Décodage

Le décodage est la conversion d'un nombre de base non-décimale vers un nombre décimal.

Transcodage

Le transcodage est la conversion d'un nombre entre deux bases non-décimales. Dans certains cas le passage par la base décimale est essentielle.

2- Fonctions combinatoires

a- Définition

Les fonctions combinatoires, issues directement des mathématiques, sont des outils de l'électronique logique, l'électronique numérique et l'informatique. On distingue essentiellement :

- la fonction addition binaire ;
- la fonction codage ;
- la fonction décodage ;
- la fonction transcodage.

b- Addition binaire

L'addition de deux nombres binaires est réalisée exactement comme l'addition en décimal.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Exemple

- $(1)_2 + (0)_2 = (1)_2$
- $(1)_2 + (1)_2 = (10)_2$

La fonction addition binaire est matérialisée par un circuit intégré à base de fonction logique ou un additionneur intégré.

Exemple de circuits intégrés additionneurs binaires : 7483.

c- Fonction codage Décimal / BCD

La fonction codage décimal / BCD consiste à convertir chaque chiffre d'un nombre décimal $(N)_{10}$ en binaire dans un formant de 4 bits chacun. Le résultat obtenu est $(N)_{BCD}$.

Exemple : $(1961)_{BCD} = (0001\ 1001\ 0110\ 0001)_{BCD}$.

La fonction codage décimal / BCD est matérialisée par un circuit intégré à base de fonction logique ou par un codeur décimal / BCD intégré ou par un circuit intégré programmable.

Exemple : 74LS147.

Fonction Décodage BCD / Décimal

La fonction décodage BCD / Décimal consiste à convertir chaque quartet du nombre codé en BCD $(N)_{BCD}$ en un chiffre décimal en commençant par la droite. Le résultat obtenu est $(N)_{10}$.

La fonction décodage BCD / décimal est matérialisée par un circuit intégré à base de fonction logique ou par un décodeur BCD / décimal intégré ou par un circuit intégré programmable. Exemple circuit intégré : 74LS42A.

e- Fonction Transcodage BCD / 7 segments

La fonction transcodage BCD / 7 segments consiste à convertir chaque quartet d'un nombre codé en BCD en un nombre codé dans un format de 7 bits appelé 7 segments.

La fonction transcodage BCD / 7 segments est matérialisée par un circuit intégré ou par un microcontrôleur.

Exemple de circuits intégrés transcodeur BCD / 7 segments : 7448 ; 7447.

f- Fonction multiplexage

La fonction multiplexage consiste à commuter les données présentes à l'une de ses entrées vers sa sortie unique. Elle est matérialisée par un circuit intégré appelé multiplexeur (MUX). Ce dernier est un circuit logique de 2^n entrées de données, n lignes de sélection et une sortie.

La fonction multiplexage est matérialisée par un circuit intégré à base de fonction logique ou par un multiplexeur intégré ou par un circuit intégré programmable.

Exemples de circuits intégrés Multiplexeurs : 74HC158; 74HC151 ; 4067.

3- Évaluation



Logique Séquentielle

LOGIQUE SÉQUENTIELLE

La séquence d'apprentissage «Systèmes séquentiels» permettra aux apprenants de s'approprier des savoirs et savoir-faire relatifs à la découverte des fonctions séquentielles, à la résolution de problèmes et à la réalisation et l'exploitation des systèmes séquentiels. Les composantes de ces compétences disciplinaires sont :

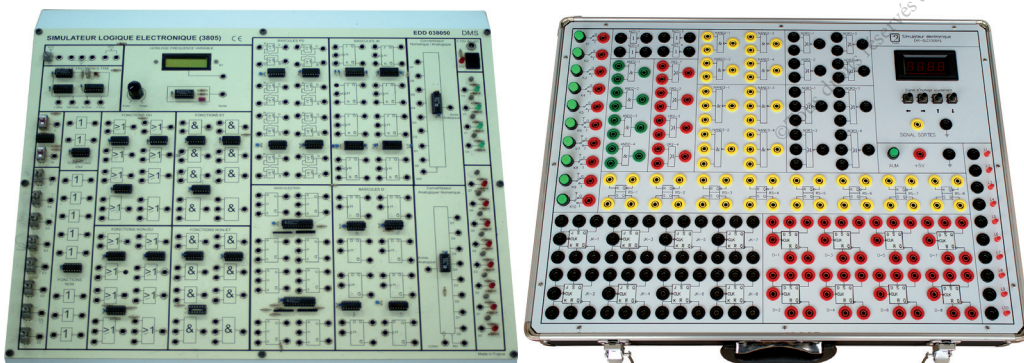
CD1.5 : Résoudre un problème de logique combinatoire ou de logique séquentielle

CD2.5 : Réaliser un montage à base de circuits combinatoires ou de circuits séquentiels et analyser le fonctionnement.

CD3.5 : Lire et représenter le schéma du circuit de commande d'un système combinatoire ou système séquentiel et en rendre compte.

Tableau des activités

Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports	
Déclenchante	Activité n°1	CD1.5 CD2.5 CD3.5	Communication	Diapos, maquette didactique .	
Apprentissage	Activité n°2		Résolution de problèmes		Logiciels Maquettes didactiques .
	Activité n°3				
	Activité n°4				
	Activité n°5				
	Activité n°6				
	Activité n°7				
Évaluation	Activité n°8		Communication		
	Activité n°9				
	Activité n°10				
	Activité n° 11				



© Centre National Pédagogique

SYSTÈMES SÉQUENTIELS

<https://tech3elec.education.tn/FonctionsSequentielles.html>

Activité n° 1

Système séquentiel

Au cours d'une activité, une voiture jouet a été utilisée (figure 1).

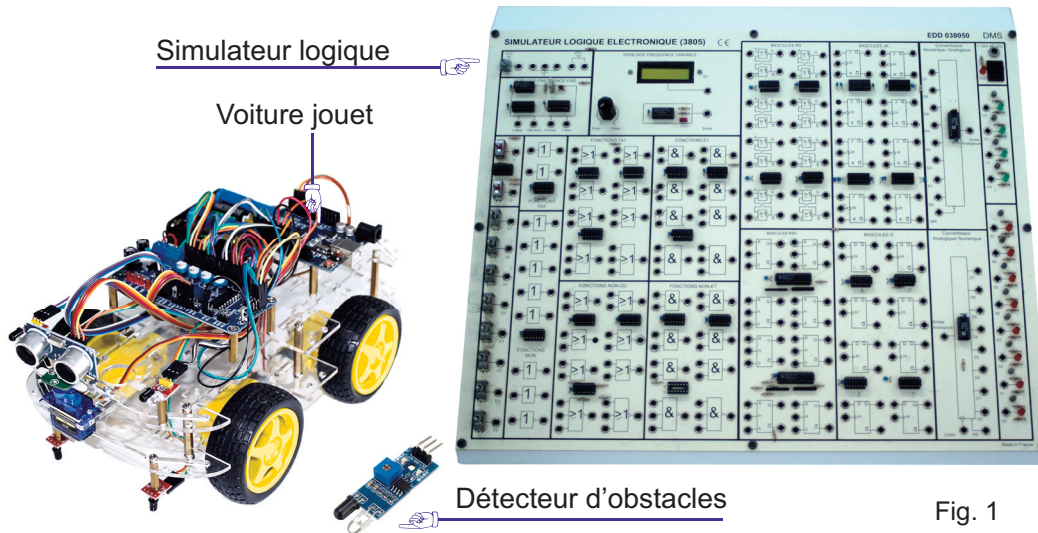


Fig. 1

Un apprenant a posé cette voiture sur une table entourée d'une bordure l'empêchant de chuter. Ensuite, il a appuyé sur un bouton-poussoir de mise en marche. La voiture s'est déplacée, malgré que ce bouton ait été relâché. Dès qu'elle s'est rapprochée de la bordure, elle a reculé. Cette opération s'est répétée 5 fois, puis la voiture s'est arrêtée.

En petits groupes :

1 Compléter la problématique suivante par : prescrit ; séquentielle ; commande .

La maîtrise de la logique facilite au concepteur le développement d'un programme permettant lad'un système séquentiel selon un mode de fonctionnement

2 Compléter les hypothèses suivantes par : basé ; fonction ; séquentiel ; mémoire; fonctions séquentielles ;

- Un système séquentiel est sur la fonction
- La fonction comptage est un système
- La comptage est composée de plusieurs

3 Proposer des questions relatives aux savoirs et savoir-faire à acquérir pour vérifier, confirmer ou nier ces hypothèses.

.....

4 Proposer un plan d'action pour cette séquence d'apprentissage.

.....

Activité n° 2

Bascule RS



1 Câbler le logigramme de la figure 2 sur un simulateur logique ou sur une plaque d'essai.

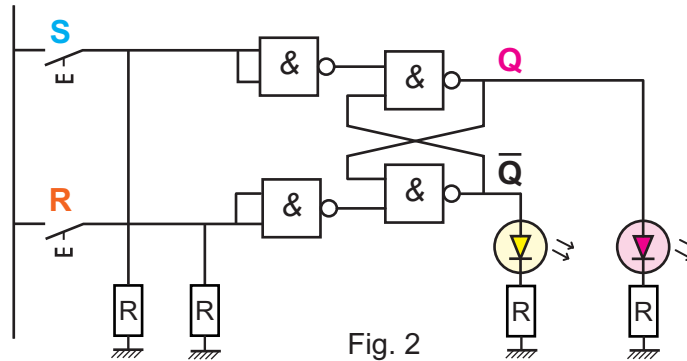


Fig. 2

2 Compléter le tableau de fonctionnement ci-dessous par l'état de Q_{n+1} correspondant à chaque combinaison donnée.

S	R	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	...
0	0	1	...
0	1	0	.....
0	1	1	.....
1	0	0	.....
1	0	1	.....
1	1	0	.....
1	1	1	.....

3 Répondre aux questions suivantes:

a- Quelle est la fonction du bouton S?

.....

b- Quelle est la fonction du bouton R?

.....

c- La bascule RS, mémorise-t-elle son état antérieur?

.....

d- Quels sont les états des sorties Q et \bar{Q} obtenus en actionnant simultanément S et R?

.....

e- Pourquoi appelle-t-on cet état de fonctionnement un «état indéfini»?

.....

Dans chaque ligne du tableau, appliquer les deux étapes suivantes :

Etape 1 : ouvrir S et R ; vérifier si l'état de Q_n est différente de celle indiquée, fermer puis ouvrir S ou R afin d'avoir la valeur désirée de Q_n et ($S = R = 0$) ;

Etape 2 : mettre les boutons-poussoirs S et R aux états indiqués dans cette ligne et relever l'état de Q_{n+1} . Refaire les mêmes étapes pour chaque ligne.

4 Compléter le paragraphe suivant par les termes convenables:

La bascule RS son état antérieur. Elle est commandée par S pour et pour le déclenchement. L'action simultanée sur ET engendre un

Activité n° 3

Étude d'une bascule JK



La figure 3 présente un extrait du document technique du circuit intégré 74111. Ce dernier est constitué de deux bascules identiques nommées bascules JK.

Circuit intégré

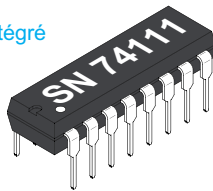
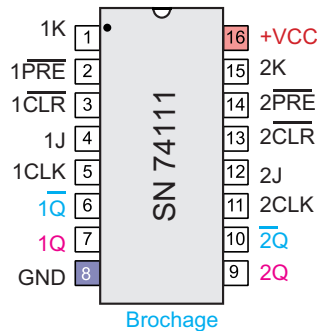


Tableau de fonctionnement

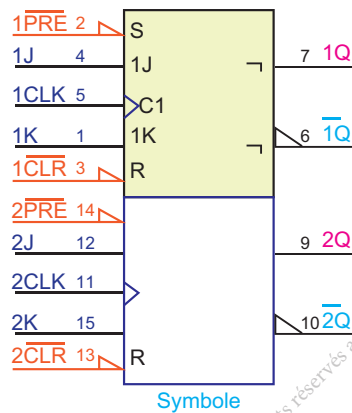
PRE	CLR	CLK	J	K	Q	Q̄
L	H	X	X	X	H	L
H	L	X	X	X	L	H
L	L	X	X	X	H*	H*
H	H	↑	L	L	Q ₀	Q̄ ₀
H	H	↑	H	L	H	L
H	H	↑	L	H	L	H
H	H	↑	H	H	Bascule	
H	H	0	H	H	Q ₀	Q̄ ₀

* : instable

↑ : instant de passage de 0 à 1 de l'entrée CLK



Brochage



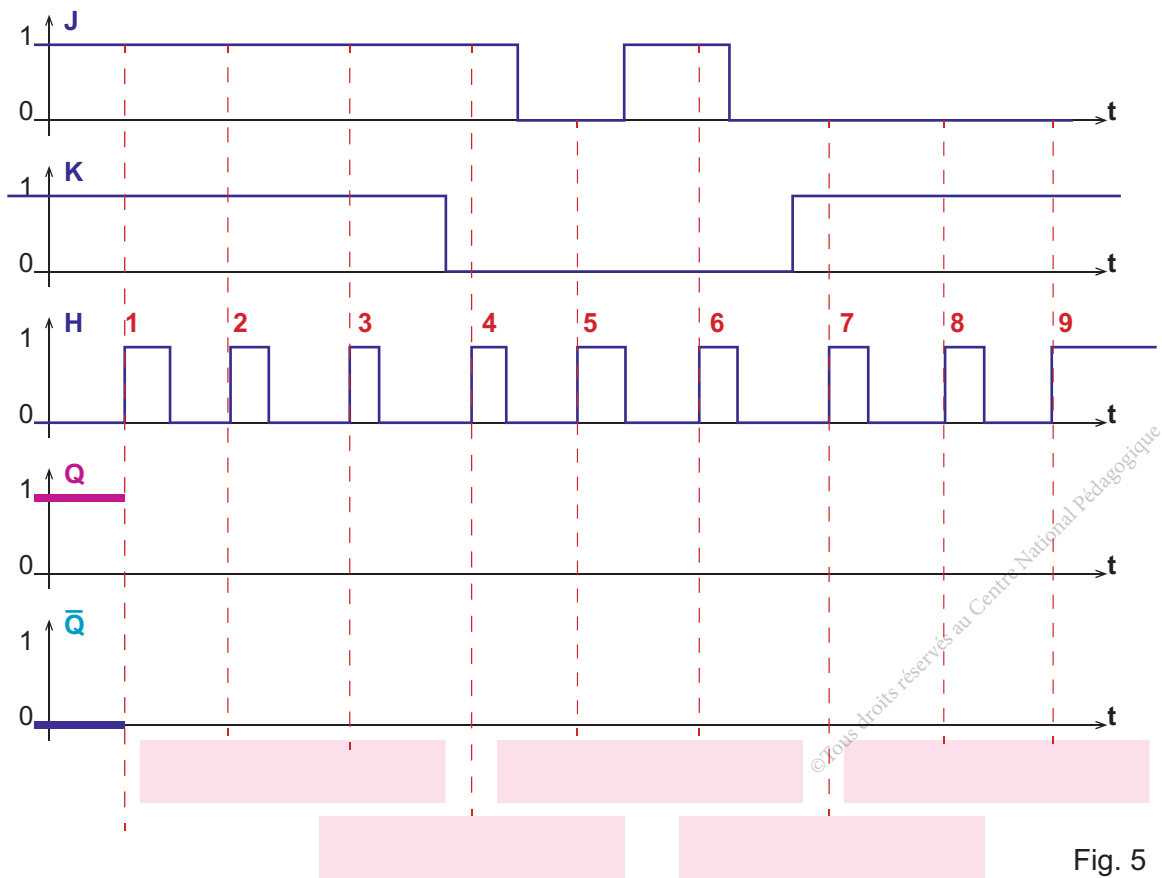
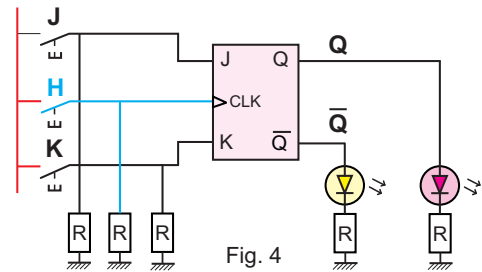
Symbole

Fig. 3

1 La bascule JK identifiée par 1J et 1K ne fonctionne que si deux entrées sont inactives. Lesquelles? A quel niveau logique sont-elles inactives?

📁 Dans cette partie d'étude, les entrées PRE et CLR sont inactives.

- Câbler le logigramme de la figure 4.
- Agir sur les boutons $J = K = 1$ puis fermer H.
Est ce que (Q) changent d'état?
- Ouvrir H. Est ce que (Q) a changé d'état.
.....
- Qu'appelle-t-on l'entrée H (CLK)?
.....
- Est ce que les entrées J et K agissent sur les sorties sans la présence de H?
.....
- Qu'appelle-t-on ce mode de fonctionnement?
.....
- Manipuler les boutons J, K, et H jusqu'à ce que la sortie Q prend la valeur 1 (LED rouge allumée). Compléter le chronogramme (figure5)



□ Analyser le fonctionnement de cette bascule en répondant aux questions suivantes:

a- Quelles sont les conditions de basculement ?

b- Quelles sont les conditions de déclenchement ?

c- Quelles sont les conditions d'enclenchement ?

d- Quelles sont les conditions de mémorisation de 0 logique?

e- Quelles sont les conditions de mémorisation de 1 logique?

f- Compléter les rectangles en bas du chronogramme (figure 5) par les termes convenables?

4 Compléter le paragraphe suivant par les termes convenables:

La bascule JK est une mémoire bistable. Elle est commandée par J pouret K pour le L'enclenchement ou le déclenchement sont effectués au niveau d'un front d'horloge.

Si J=K=1 Cette bascule à chaque front

Activité n° 4

Étude d'une bascule □



La figure 6 présente un extrait de la datasheet du circuit intégré 4013. Ce dernier est constitué de deux bascules identiques nommées bascules D.

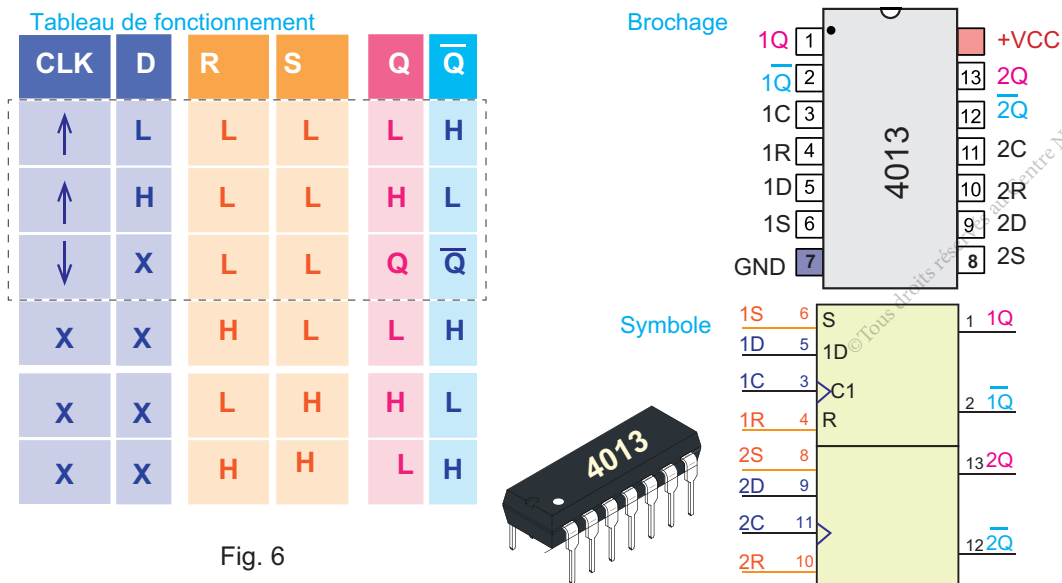


Fig. 6

- 1 En se référant à la partie encadrée de cet extrait, la première bascule D identifiée par 1D ne fonctionne que si deux entrées de forçage sont inactives. Lesquelles?

- 2 Câbler le logigramme de la figure 7 sur un simulateur logique.

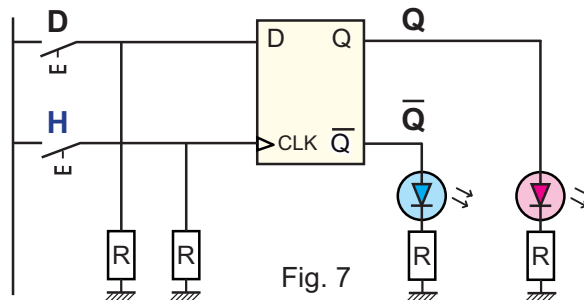


Fig. 7

- 3 Mettre les entrées de forçage au niveau logique (0). Agir sur les boutons D et H et compléter le tableau suivant:

$^{\circ}n$	H	D	Q_n	Q_{n+1}	\overline{Q}_{n+1}
0	0	0	0	...	...
1	0	0	1	...	...
2	0	1	0	...	...
3	0	1	1	...	...
4	↑	0	0	...	...
5	↑	0	1	...	...
6	↑	1	0	...	...
7	↑	1	1	...	...

- 4 Répondre aux questions suivantes:

a- Quelles sont les conditions d'enclenchement ?

b- Quelles sont les conditions de déclenchement ?

c- Débrancher le bouton D. Brancher l'entrée D à sa sortie \overline{Q} . Agir sur le bouton H plusieurs fois. Observer la sortie Q. Comment se comporte la bascule D?

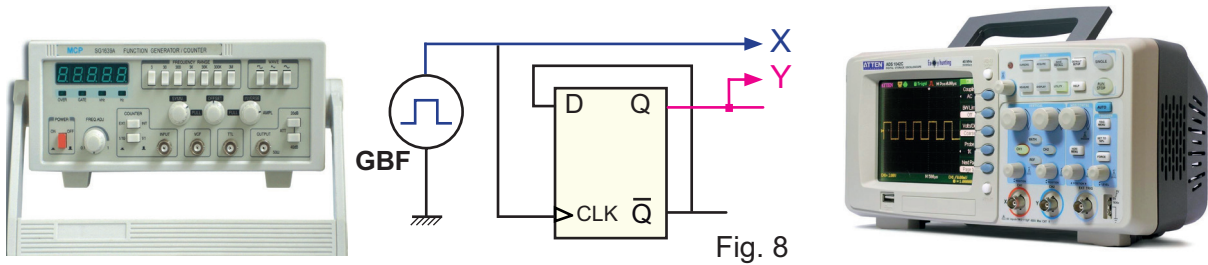
- 5 Compléter le paragraphe suivant par les termes convenables:

La bascule D est une bistable. Elle est commandée par une seule entrée (D). A chaque front d'horloge, La sortie Q prend la valeur de l'entrée Si $D = \overline{Q}$, la sortie Q à chaque front



1 Bascule D équivalente à la bascule T

- a- Câbler le logigramme de la **figure 8** sur une plaque d'essai ou un simulateur logique. Positionner le commutateur du «GBF» sur le signal carré ayant une tension de 5 V crête à crête de 0 et 5 V, choisir une fréquence $f = 400$ Hz. Brancher l'oscilloscope. Mettre en œuvre le montage.

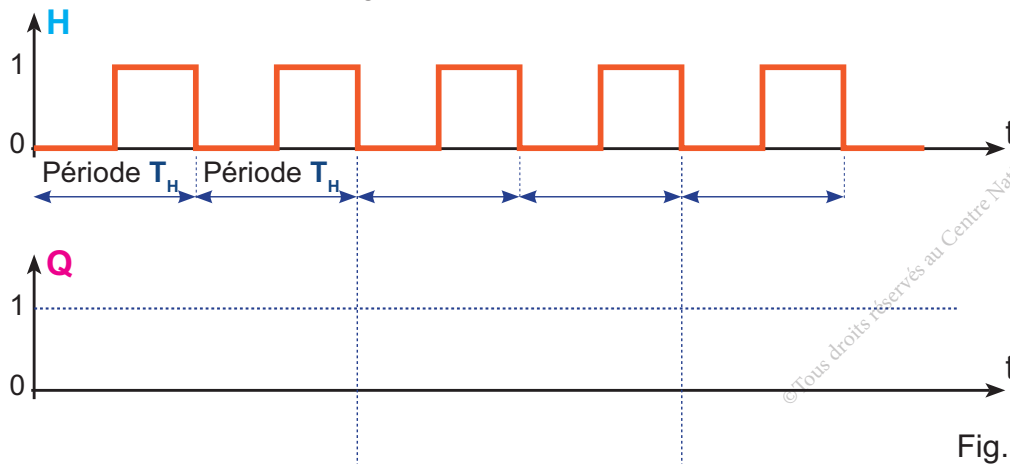


- b- Selon l'oscillogramme de la sortie Q, comment se comporte la bascule D à chaque front montant d'horloge?

- c- Compléter la phrase suivante:

Si ($D = \bar{Q}$) alors la bascule D est équivalente à la bascule

- d- Visualiser les chronogrammes $H(t)$ et $Q(t)$, reproduire ci-dessous $Q(t)$:

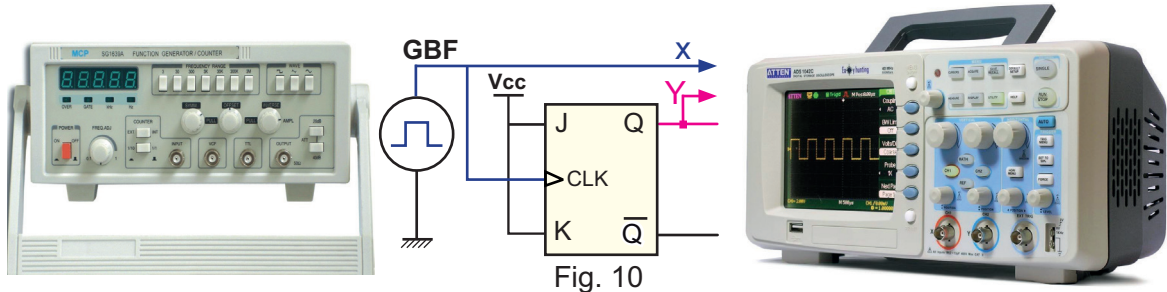


- Sachant que $f_H = 400$ Hz et $f_Q = 200$ Hz, compléter le paragraphe suivant :

La fréquence du signal de sortie de la bascule D équivalente à T est la de celle du signal

3 Bascule JK équivalente à la bascule T

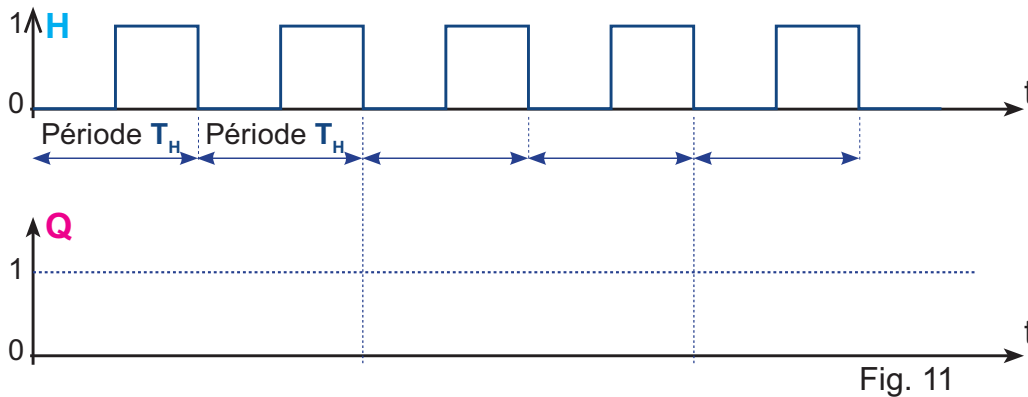
- a- Câbler le logigramme de la figure 10 sur une plaque d'essai ou un simulateur logique. Positionner le commutateur du «GBF» sur le signal carré ayant une tension de 5 V crête à crête de 0 à 5 V, choisir une fréquence $f = 400$ Hz. Brancher l'oscilloscope. Mettre en œuvre.



- b- Selon l'oscillogramme de la sortie Q déjà visualisé, comment se comporte la bascule JK à chaque front montant d'horloge?

4 Quelle est la fonction réalisée par la bascule JK?

5 Reproduire, sur la figure 11, le chronogramme $C_Q(t)$.



6 Sachant que $f_H = 400$ Hz et $f_Q = 200$ Hz, compléter par ce qui convient:

La fréquence du signal de sortie de la bascule JK équivalente à la bascule T est la de celle du signal

7 Compléter la phrase suivante:

La bascule T est un diviseur de

8 Représenter le symbole de la bascule T.

Activité n° 6



□ Câbler le logigramme de la figure 12 sur un simulateur ou une maquette.

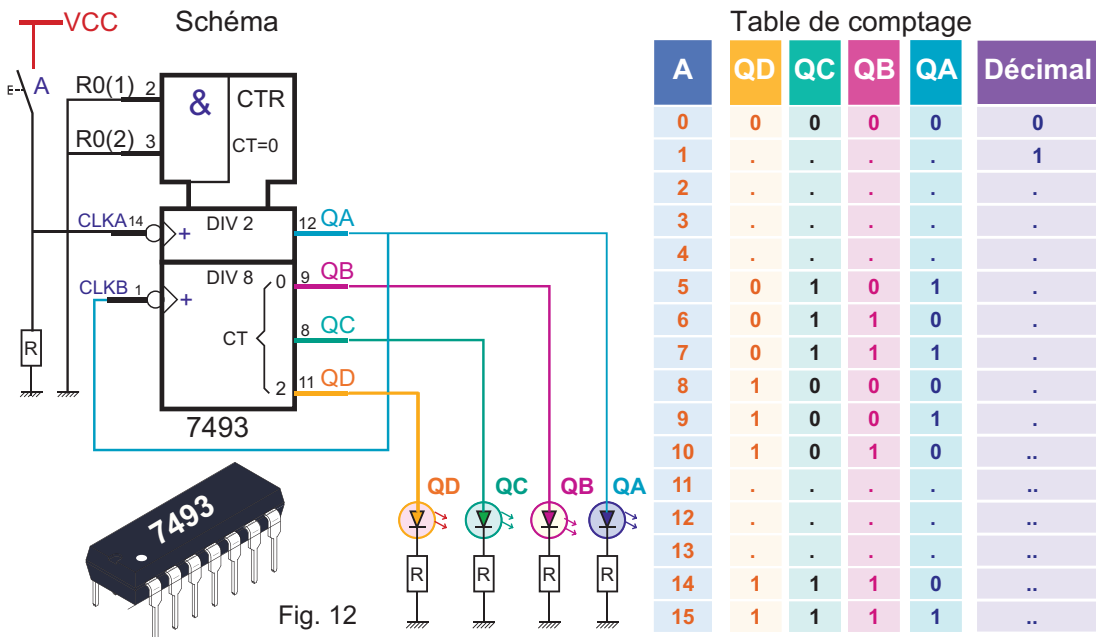


Fig. 12

□ Mettre en œuvre le montage. Manipuler le bouton poussoir (A) jusqu'à ce que les quatre diodes LED soient éteintes ($Q_D Q_C Q_B Q_A = 0000$). Fermer puis ouvrir (A) et indiquer les états des sorties sur le tableau (figure 12).

a- Quel est l'équivalent décimal de la combinaison de fin du cycle de comptage?

.....

b- Quel est le nombre de combinaisons des sorties pendant un cycle ? Qu'appelle-t-on ce nombre?

.....

c- Écrire le modulo M sous la forme de puissance de (2) :

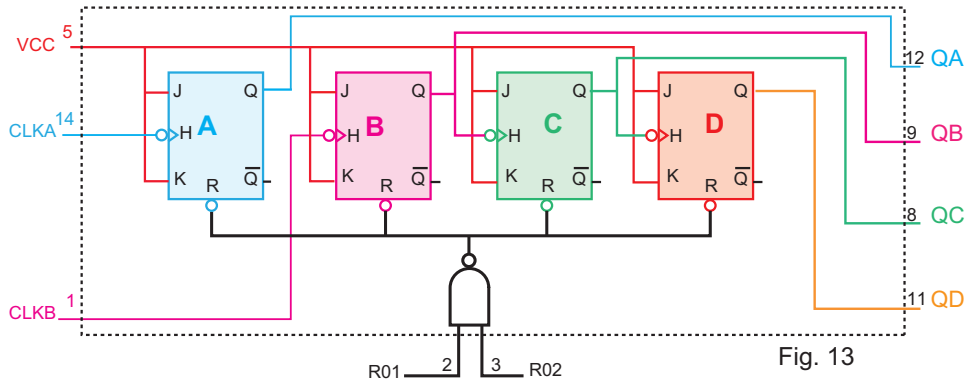
.....

3 Compléter cette phrase par les termes convenables.

Le circuit intégré 7493 illustre la fonction Il compte impulsions appliquées à l'entrée CLK1 (de 0 jusqu'à). Il est dit Modulo

- a- Comparer vos résultats à ceux donnés dans l'extrait du document technique fourni dans le manuel de cours.

- b- Le schéma interne du CI 7493 (figure 13) est-il conforme à celui du datasheet?



- c- A partir de ce schéma interne, à quelle source d'informations les entrées d'horloge des bascules D et C sont-elles reliées?

- d- A quelle source d'informations l'horloge de la bascule B est-elle reliée?

- e- Qu'appelle-t-on ce mode d'association de trois bascules (B, C et D)?

- f- Le circuit intégré 7493 est un compteur modulo 16. Est-il un compteur synchrone ou asynchrone? Justifier.

- g- Compéter le paragraphe de récapitulation des connaissances acquises.

La fonction comptage étudiée est matérialisée par un compteur asynchrone Modulo Il est composé de bascules ($16 = 2^4$). il compte de jusqu'à (.....-1) .

Activité n° 7



□ Câbler le logigramme de la figure 14 sur un simulateur ou une maquette.

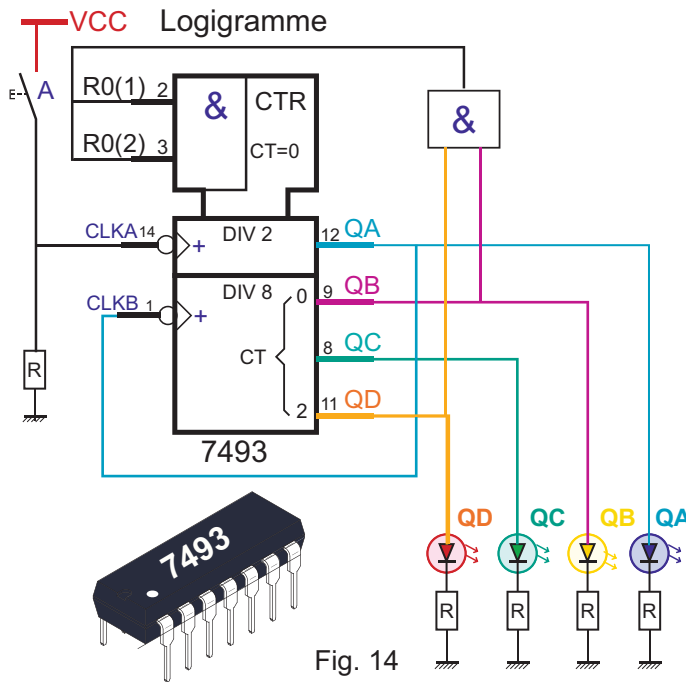


Fig. 14

Table de comptage

A	QD	QC	QB	QA	Décimal
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	0	1	1	3
4	0	1	0	0	4
5	0	1	0	1	5
6	0	1	1	0	6
7	0	1	1	1	7
8	1	0	0	0	8
9	1	0	0	1	9
10	0	0	0	0	0
11	.	.	.	.	.
12	.	.	.	.	..
13	.	.	.	.	..
14	.	.	.	.	..
15	.	.	.	.	..

□ Mettre en œuvre le montage. Compléter la table de fonctionnement et déduire le modulo de ce compteur?

3 Peut-on câbler le circuit intégré (figure 15) afin de réaliser un compteur modulo 8 tout en gardant inactives les entrées R0(1) et R0(2)? Si oui, compléter le schéma du circuit sur la figure 15. Tester le fonctionnement.

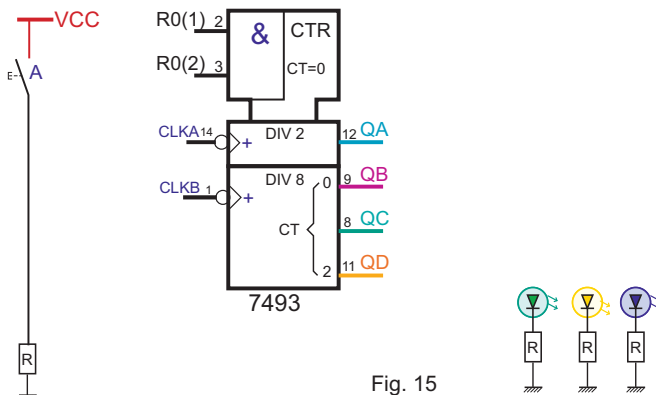


Fig. 15

Activité n° 8



- 1 Câbler le schéma du circuit (figure 16) sur une plaque d'essai ou sur un simulateur logique.

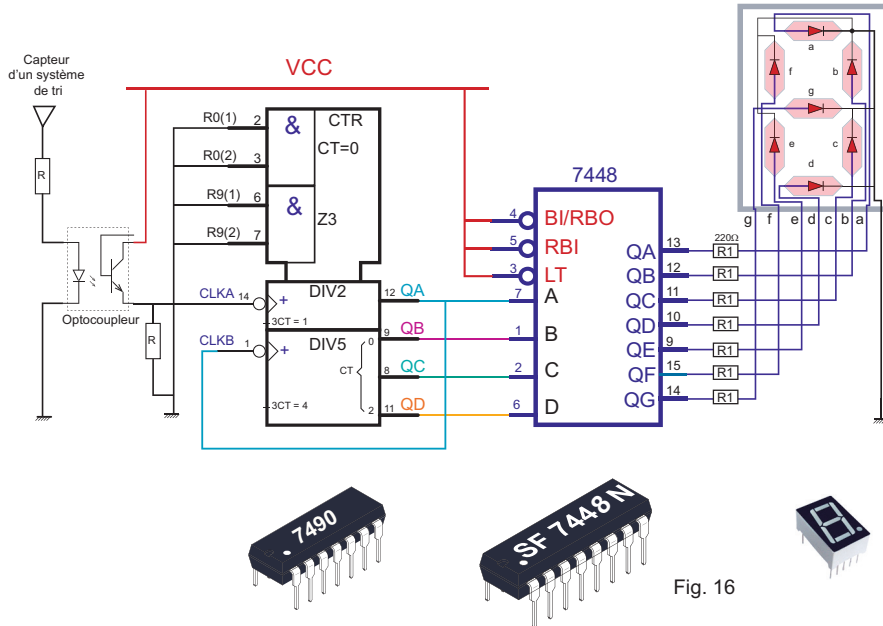


Fig. 16

- 2 Mettre le système de tri en fonctionnement. Choisir un des capteurs du convoyeur comme source d'informations, relier le à la plaque d'essai ou au simulateur sur lequel est câblé le schéma (figure 16). Alimenter le montage. Vérifier le fonctionnement.

N.B: Relier la masse du simulateur à celle du système de tri. Remplacer le capteur et l'optocoupleur par un bouton poussoir en cas de non disponibilité d'un système de tri.

- 3 Proposer un schéma d'un compteur modulo 5 tout en gardant les entrées R0 et R9 inactives. Compléter le sur la figure 17. Simuler son fonctionnement.

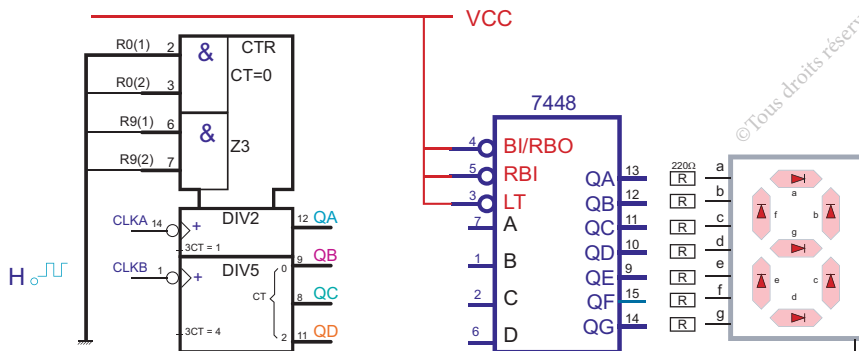


Fig. 17

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



Utiliser dans cette activité un logiciel de simulation.

Saisir le logigramme de la figure 19.

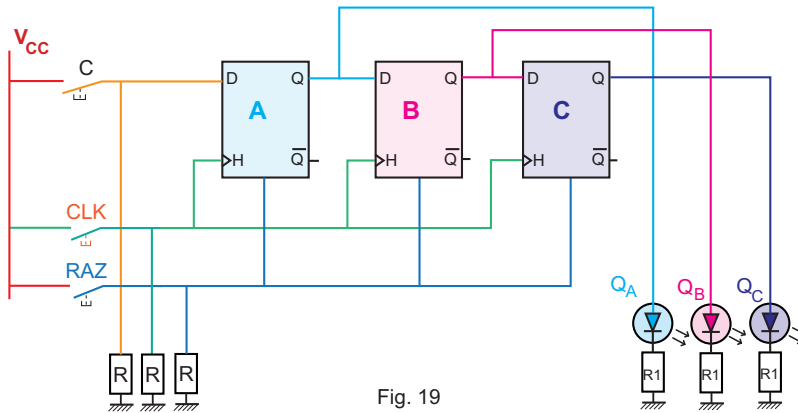


Fig. 19

Manipuler les boutons poussoirs C , CLK et RAZ dans l'ordre du tableau de fonctionnement ci-dessous. Indiquer les valeurs des sorties Q:

ÉTAPE	RAZ	C	CLK	Q _A	Q _B	Q _C
Remise à 0	1	x	x	.	.	.
	0	0	0	.	.	.
Charger le bit 1	0	1	↑	.	.	.
Charger le bit 2	0	0	↑	.	.	.
Charger le bit 3	0	1	↑	.	.	.

3 Quelle est la fonction de ce montage ? Justifier.

4 Quel est le mode de chargement de ce circuit? Quel est son mode de transfert ?

5 Quel est le type de ce décalage ? Justifier.

© Tous droits réservés Centre National Pédagogique

PIC 16f84A utilisé en compteur des impulsions appliquées sur la broche RA4.

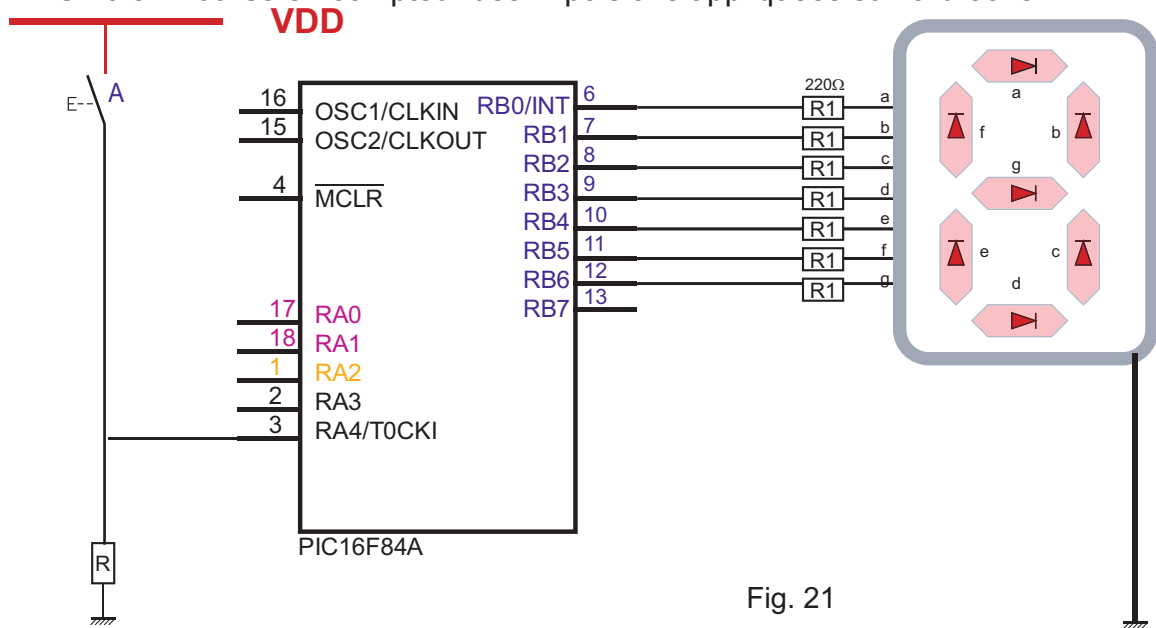


Fig. 21

5 Compléter le programme en respectant l'algorithme associé.

Algorithme	Programme
Déclaration Afficheur du type constante sous forme de tableau de 10 cases ← (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9)	const afficheur[10] = {0x3f,0x06,0x5b,0x4f,0x66,0x6d,..... ,,, 0x6f};
Mot clé DEBUT	void main() {
Configurer le portB PORTA en entrée PORTB ← 0 TMR0 ← 0 mode compteur sur RA4 , front montant et sans prédivison	trisb =.....; trisA =.....; portb=.....; TMR0 = 0; OPTION_REG.F5 =.....; OPTION_REG.F4 =.....; OPTION_REG.F3 =.....;
TANT QUE (vraie) FAIRE si TMR0 > 7 TMR0 ← 0 PORTB ← afficheur FIN TANT QUE	..... { if (TMR0.....) TMR0=.....; portb= afficheur[.....];
FIN	.....

6 Compiler le programme. Saisir et simuler le fonctionnement du schéma.

7 Réaliser le câblage.

8 Transférer le programme sur la valise et mettre en œuvre le montage.

I- Systèmes séquentiels

Un système séquentiel dépend, simultanément, de ses variables d'entrée et de l'état antérieur de chacune de ses sorties.

Un système séquentiel est constitué d'une ou de plusieurs fonctions. On distingue :

- la fonction mémoire ;
- la fonction bascule ;
- la fonction comptage ;
- la fonction registre ;

II- Fonction Bascule

Cette fonction est illustrée par une mémoire bistable appelée bascule disposant d'une ou plusieurs entrées de commande et d'une ou deux sorties. Les bascules sont classées en deux types :

- les bascules asynchrones ;
- les bascules synchrones.

1- Bascule RS asynchrone

Une bascule RS asynchrone est un système séquentiel dont l'élément de base est une mémoire. Cette bascule est commandée par deux entrées S (Set : mise à 1) et R (Reset : remise à 0). L'action simultanée sur S et R engendre un état indéfini.

Exemple de bascule RS en circuit intégré 74279.

2- Bascules synchrones

Une bascule synchrone change d'état soit au front montant soit au front descendant du signal d'horloge. On distingue :

- bascules à front montant ;
- bascules à front descendant.

3- Bascule JK synchrone

Une bascule JK est un système séquentiel synchrone. Elle est commandée par les deux entrées J pour l'enclenchement et K pour le déclenchement. L'action simultanée sur J et K engendre un changement d'état des sorties à chaque front d'horloge H. Exemple de circuits intégrés : 74111.

4- Bascule D

La bascule D est un système séquentiel synchrone commandé par une seule entrée de données D. Elle recopie la valeur D sur sa sortie Q à chaque front d'horloge. Exemple de circuits intégrés : 4013.

5- Bascule T

La bascule T est commandée uniquement par une entrée H. Elle change d'état à chaque front d'horloge. Malgré son utilisation dans plusieurs fonctions de logique séquentielle, la bascule T n'est pas commercialisée, elle est obtenue à partir des bascules JK ou D.

6- Les bascules équivalentes

Une bascule est dite équivalente à la bascule T si elle change d'état à chaque front du signal d'horloge. Deux solutions d'équivalences sont adoptées :

- une bascule JK équivalente à la bascule T si $J=K=1$
- une bascule D équivalente à T si $D=\bar{Q}$

III- Fonction comptage

Un compteur asynchrone est à base d'un nombre (n) de bascules JK ou D équivalentes à la bascule T. Ces (n) bascules sont branchées en cascade asynchrone.

1- Le branchement en cascade

Dans un même compteur toutes les bascules ont le même front d'horloge. Le branchement d'un nombre (n) de bascules T en cascade asynchrone est obtenu en reliant l'horloge (CLK) à la première bascule, pour les autres bascules :

- Si elles sont à front descendant, l'entrée d'horloge de chaque bascule est reliée à la sortie Q de la bascule immédiatement précédente ;
- Si elles sont à front montant, l'entrée d'horloge de chaque bascule est reliée à la sortie \bar{Q} de la bascule immédiatement précédente.

2- Modulo d'un compteur asynchrone

Le modulo d'un compteur asynchrone est désigné par la lettre M représentant le nombre d'états stables correspondant au nombre de périodes d'horloge. Un compteur modulo M compte de 0 jusqu'à M-1. Il est composé d'un nombre (n) tel que $2^{n-1} < M \leq 2^n$.

3- Les compteurs asynchrones intégrés

Les compteurs asynchrones intégrés sont à base de bascules JK ou D équivalentes à la bascule T. Ils ont chacun un document technique spécifique fourni par les constructeurs offrant les renseignements nécessaires à chaque circuit intégré.

On distingue :

- Les compteurs binaires sont des compteurs modulo 16, encore appelés compteurs hexa décimaux ;
- Les compteurs décimaux sont des compteurs modulo 10 encore appelés compteurs BCD.

4- Références de quelques compteurs asynchrones intégrés.

7490, 7493, 74290, 4020, 4024, etc.

IV- Fonction registre

Un registre est un circuit séquentiel à base de bascules (D). Sa fonction consiste à recevoir, mémoriser et transférer à sa sortie une information binaire composée de n bits correspond aux nombres de bascules utilisées.

La réception et le transfert en sortie des informations peuvent être soit en série soit en parallèle. En conséquence, les registres sont classés en :

- registre à entrées série et sorties série ;
- registre à entrées série et sorties parallèle ;
- registre à entrées parallèle et sorties parallèle ;
- registre à entrées parallèle et sorties série.

V- Évaluation



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

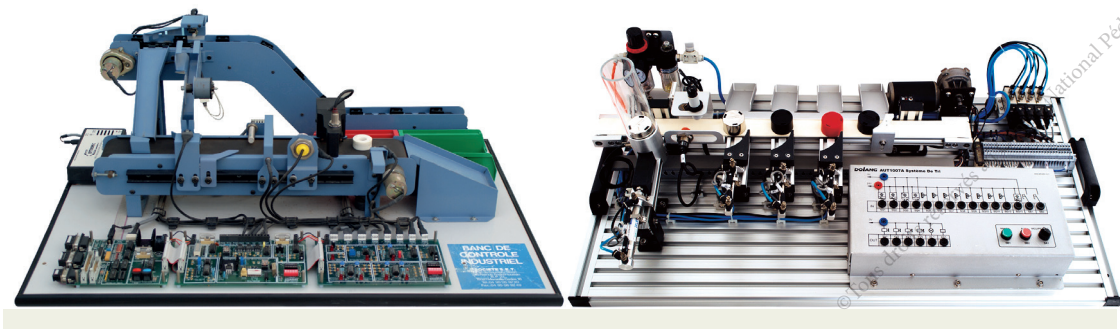
Logique Séquentielle

Le thème «logique séquentielle» permettra aux apprenants de s'approprier des savoirs et savoir-faire relatifs à la découverte des fonctions séquentielles, à la description du fonctionnement d'un système technique par le GRAFCET et à la réalisation et l'exploitation de systèmes séquentiels. Les composantes de compétences disciplinaires sont :

- CD1.5 :** Résoudre un problème de logique combinatoire ou de logique séquentielle
- CD1.5 :** Réaliser un montage à base de circuits combinatoires ou de circuits séquentiels et analyser le fonctionnement.
- CD1.5 :** Lire et représenter le schéma du circuit de commande d'un système combinatoire ou système séquentiel et en rendre compte.

Tableau des activités

Situation	Activités	C.D	C. de vie	Supports	
Déclenchante	Activité n°1	CD1.5 CD2.5 CD3.5	Communication	Diapos, maquette didactique .	
Apprentissage	Activité n°2		Résolution de problèmes		Logiciels Maquettes didactiques
	Activité n°3				
	Activité n°4				
	Activité n°5				
	Activité n°6				
	Activité n°7				
Évaluation	Activité n°8		Communication		
	Activité n°9				
	Activité n°10				
	Activité n° 11				



GRAF CET

<https://tech3elec.education.tn/Grafcet.html>

Activité n° 1

Commande d'un système technique

Un enseignant a débuté sa séance par la présentation de la maquette didactique (figure 1). Celle-ci est destinée au tri des pièces en fonction de la couleur de du type de chaque pièce.

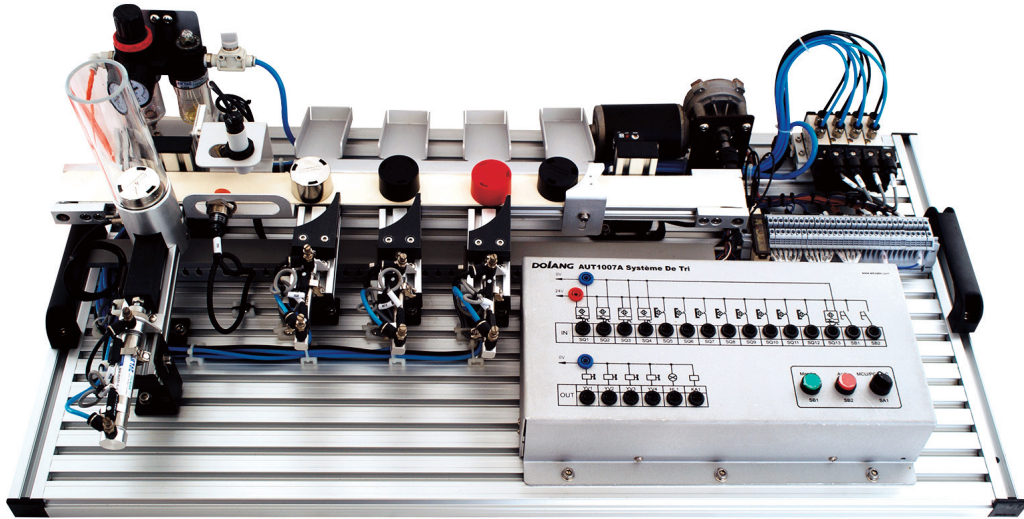


Fig. 1

Puis, il a montré les différents effecteurs, actionneurs et capteurs de cette maquette en utilisant le schéma d'illustration (figure 2).

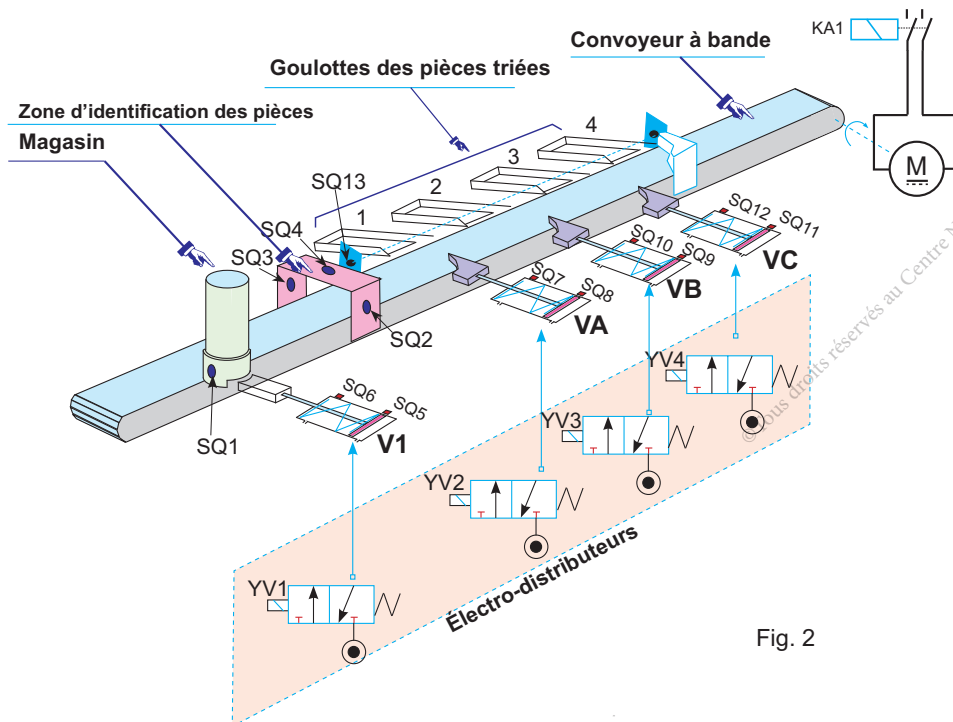


Fig. 2

Ensuite, il a évoqué les modes de commande de cette maquette didactique. Parmi ceux-ci, le mode de commande par un ordinateur équipé d'un logiciel nommé « EDUGRAF ». Ce logiciel est destiné à la saisie, la simulation, la compilation et la commande des systèmes techniques par GRAFCET.

Enfin, il a demandé d'utiliser le logiciel EDUGRAF afin d'établir trois grafcets PC pour commander ce système de tri conformément aux trois cas suivants :

- 1- **1er cas** : identifier, uniquement, les pièces rouges puis les amener vers la goulotte n°1
- 2- **2ème cas** : identifier, uniquement, les pièces noires puis les amener vers la goulotte n°2 ;
- 3- **3ème cas** : identifier chaque pièce selon sa couleur puis choisir une destination:
 - si la pièce identifiée est rouge, elle est amenée vers goulotte n°1 ;
 - si la pièce identifiée est noire, elle est amenée vers goulotte n°2.

En petits groupes :

- 1 Compléter la formulation de la problématique suivante par : logiciel ; GRAFCET; fonctionnement ; GRAFCET PC ; commander .

La maîtrise des connaissances relatives au et au EDUGRAF permettra-t-elle de un système technique par un décrivant un mode de prescrit ?

- 2 Compléter les hypothèses suivantes par : exclusive ; traduit ; simultanément ; GRAFCET décrit le fonctionnement; d'évolution.

- Le d'un système technique.
- Le GRAFCET se en une logique de commande.
- La maîtrise des règles facilite la conception, la lecture et l'utilisation du GRAFCET.
- Le GRAFCET commande un système technique exécutant plusieurs tâches.....
- Le GRAFCET commande un système technique exécutant une unique tâche parmi plusieurs si une condition..... est établie.

- 3 Formuler des questions sur les savoirs et savoir-faire nécessaires afin de devenir capable de confirmer ou nier ces hypothèses.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 4 Proposer des étapes à respecter afin de devenir capable de confirmer ou nier ces hypothèses.

.....

.....

.....

Activité n° 2

Identification des variables



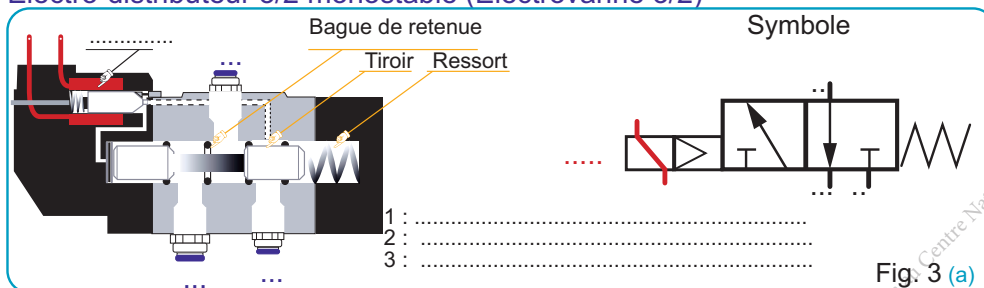
Le système de tri (figure 1) est équipé de plusieurs vérins et d'un moteur à courant continu.

- 1 Compléter le tableau ci-dessous par le symbole et la fonction de chacun de ces actionneurs.

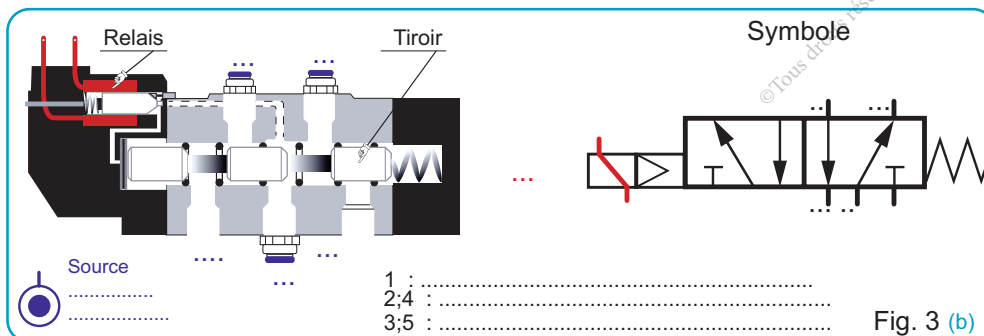
Désignation	Symbole	Fonction
Vérin		
Moteur à courant continu		

- 2 Les électro-distributeurs monostables (figure 3) sont du type 3/2 et 5/2, compléter les deux schémas et symboles par les repères et les identifications manquants.

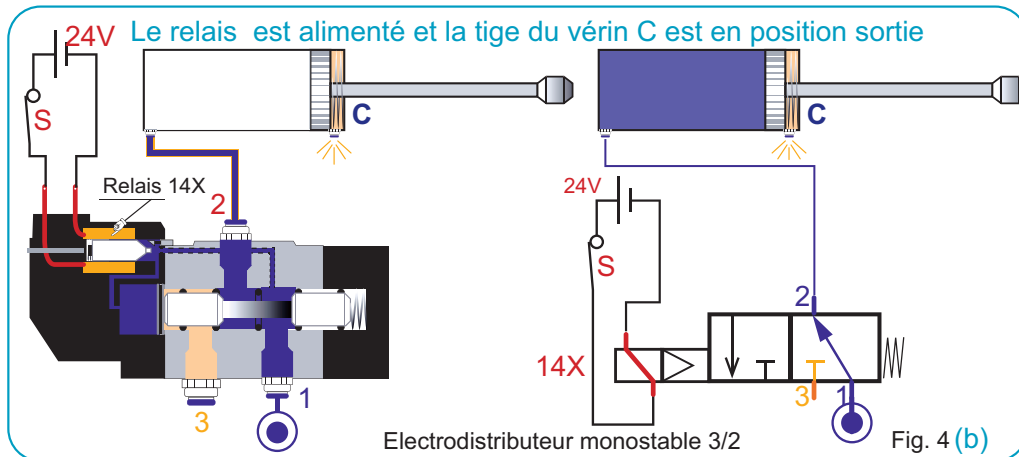
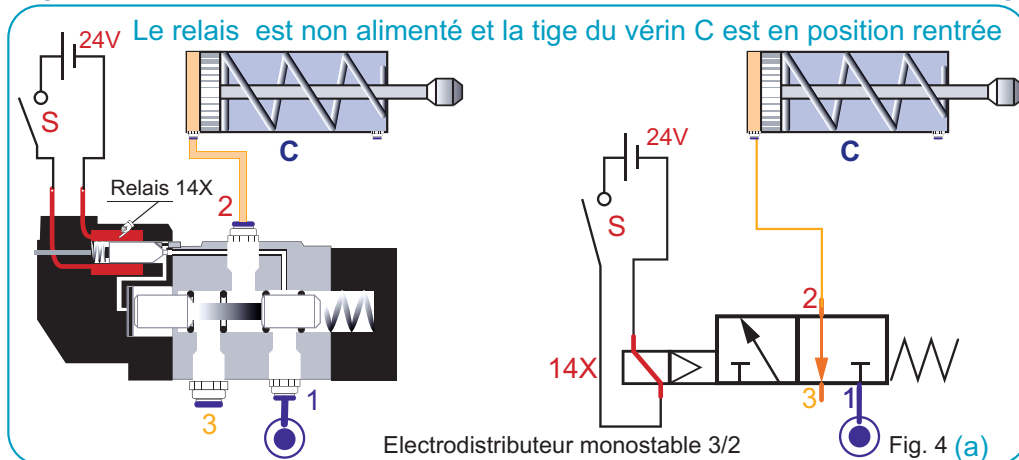
Electro-distributeur 3/2 monostable (Electrovanne 3/2)



Electro-distributeur 5/2 monostable



3 Les figures (4a et 4b) montrent deux états de fonctionnement d'un même montage.



- a- Colorier en bleu le chemin du circuit d'air sous pression.
Justifier la position de la tige du vérin C dans les deux cas (figures 4a et 4b).

.....

.....

.....

.....

.....

- b- Présenter en plénière le résultat de vos travaux. Indiquer ci-dessous les mots techniques utilisés pendant la présentation orale.

.....

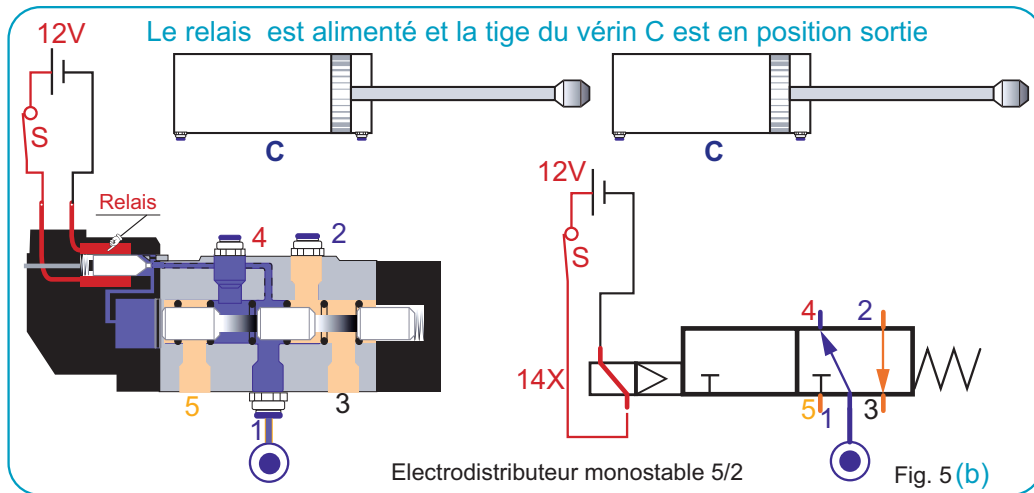
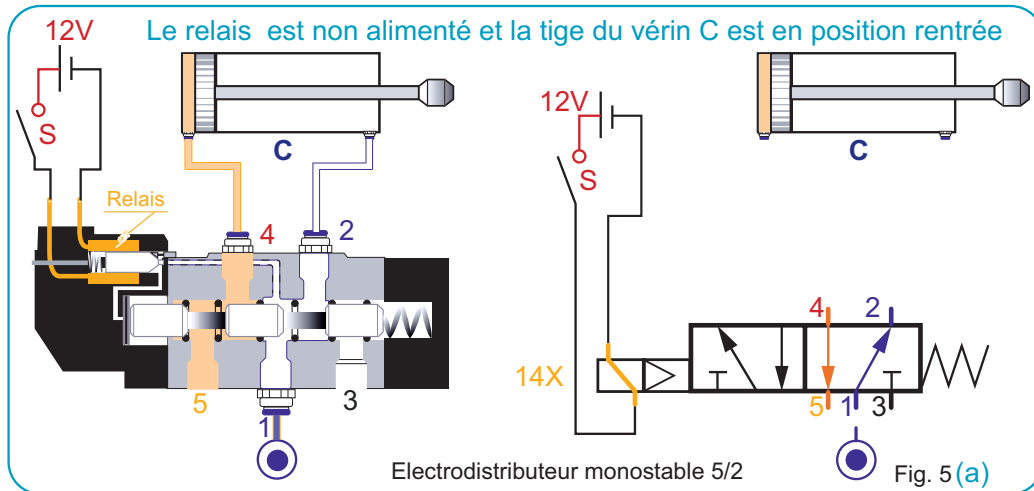
.....

.....

.....

.....

4 Compléter la figure 5 par les liaisons manquantes.



5 Compléter le paragraphe ci-dessous par les mots techniques suivants: vérins à double effet ; des vérins ; vérins à simple effet ; PC/PO ;

Un électro-distributeur est un préactionneur. Il est un élément de l'interface..... Il est destiné à la commande

Un électro-distributeur 3/2 est utilisé pour la commande des.....

Un électro-distributeur 5/2 est utilisé pour la commande

- 6 Le choix technologique des actionneurs, préactionneurs et variables d'entrée du système technique (figure 1) est donné dans le tableau ci-dessous.

Vérins			Électro-distributeur	Capteurs		
Désignation	Type	Fonction		Désignation	Type	Fonction
V1	Simple effet	Amener une pièce du magasin au tapis	YV1	SQ5	ILS	Fin de la rentrée
				SQ6	ILS	Fin de la sortie
VA	Simple effet	Amener les pièces vers goulotte 1	YV2	SQ8	ILS	Fin de la rentrée
				SQ7	ILS	Fin de la sortie
VB	Simple effet	Amener les pièces vers goulotte 2	YV3	SQ9	ILS	Fin de la rentrée
				SQ10	ILS	Fin de la sortie
VC	Simple effet	Amener les pièces vers goulotte 3	YV4	SQ11	ILS	Fin de la rentrée
				SQ12	ILS	Fin de la sortie
M	Moteur à courant continu	Entraîner le tapis roulant	KA1			
				SB1, SB2		boutons poussoirs
Identification des pièces						
pièces rouges			SQ3. $\overline{\text{SQ2}}$. SQ4			
pièces noires			$\overline{\text{SQ2}}$. $\overline{\text{SQ3}}$. SQ4			
pièces métalliques chromées			SQ3. SQ2. SQ4			

- a- Quels sont les éléments de la partie opérative et de la partie commande utilisés dans le 1^{er} cas de l'activité n°1?
- Variables d'entrée

.....

.....

.....

- Variables de sortie

b- Quels sont les éléments de la partie opérative et de la partie commande utilisés dans le deuxième cas de l'activité n°1?

c- Quels sont les éléments de la partie opérative et de la partie commande utilisés dans la troisième cas de l'activité n°1?

Activité n° 3

GRAFCET à sélection de séquence



1 En se référant aux activités 1 et 2 :

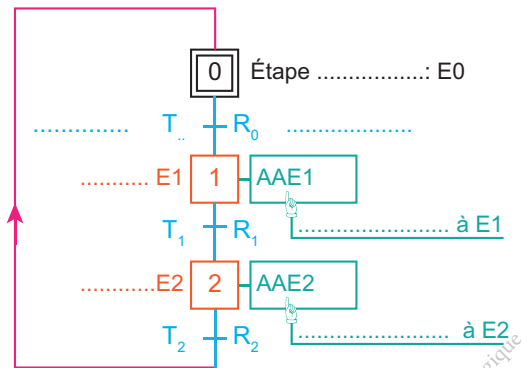
a- Proposer, en groupes réduits, un GRAFCET du point de vue partie commande (GRAFCET PC) qui répond à la première situation de l'activité n°1.



Fig. 6

b- Compléter la figure 7 par les termes techniques utilisés dans le GRAFCET.

Vocabulaire du GRAFCET



Étape E2 → AAE2 =
 Étape E2 → T₂ est
 Étape E2 → AAE1 =

Fig. 7

c- Saisir le GRAFCET sur le logiciel «EDUGRAF».

d- Compiler ce GRAFCET. Simuler son fonctionnement. Brancher le câble USB relié au système de tri sur l'ordinateur utilisé. Mettre en œuvre ce système de tri.

e- Présenter les résultats des travaux en plénière. Est-ce que la solution obtenue a répondu exactement à la question 3 de l'activité n°1? Justifier.

- 2** En se référant aux activités 1 et 2 :
- a- Proposer, en groupes réduits, un GRAFCET PC qui répond à la deuxième situation de l'activité n°1.
 - b- Saisir le GRAFCET sur le logiciel «EDUGRAF».
 - c- Compiler ce GRAFCET. Simuler le puis mettre en œuvre le système de tri.
 - d- Est-ce que votre solution a répondu exactement au besoin attendu de cette situation? Quels sont vos arguments.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Fig. 8

- 3** Le grafcet PC (figure 9) décrit le cycle de fonctionnement du système de tri demandé dans la troisième situation de l'activité n°1.
- a- Compiler ce GRAFCET. Simuler son fonctionnement.
 - b- Brancher le câble USB relié au système de tri sur l'ordinateur utilisé. Mettre en œuvre ce système de tri.
 - c- Est-ce que le cycle décrit a répondu exactement au besoin attendu de cette situation ? Quels sont vos arguments.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

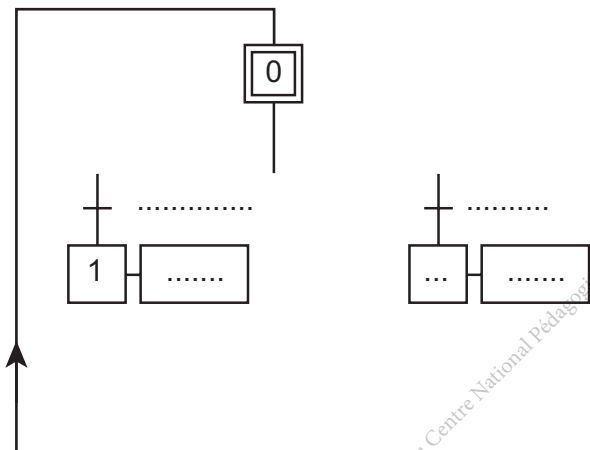
.....

.....

.....

.....

.....



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Fig. 9

- 4 Copmler le paragraphe récapitulant les connaissances essentielles sur le GRAFCET à sélection de séquence en utilisant les termes techniques convenables (vocabulaire du GRAFCET).

Un GRAFCET à sélection de séquence est un GRAFCET à convergence et divergence en

Dans un GRAFCET à sélection de séquence, les réceptivité exclusives permet de une unique séquence parmi plusieurs.

Activité n° 4

GRAFCET à séquences simultanées



A terme des activités précédentes, l'enseignant a demandé aux apprenants répartis en groupes réduits de saisir, sur le logiciel EDUGRAF, le grafcet PC de la figure 10. Ensuite, il a donné la consigne suivante : Pendant la mise en œuvre, placer, uniquement, des pièces rouges dans le magasin.

- 1 Décrire le fonctionnement du système de tri commandé par le grafcet PC ci-contre.

.....

- 2 Les étapes 1 et 6 sont-elles activées simultanément ?

.....

- 3 Quelle est la condition d'activation de l'étape 5?

.....

- 4 Qu'appelle-t-on ce grafcet?

.....

- 5 Compléter le paragraphe récapitulant les connaissances essentielles sur ce type de GRAFCET en utilisant les termes techniques convenables.

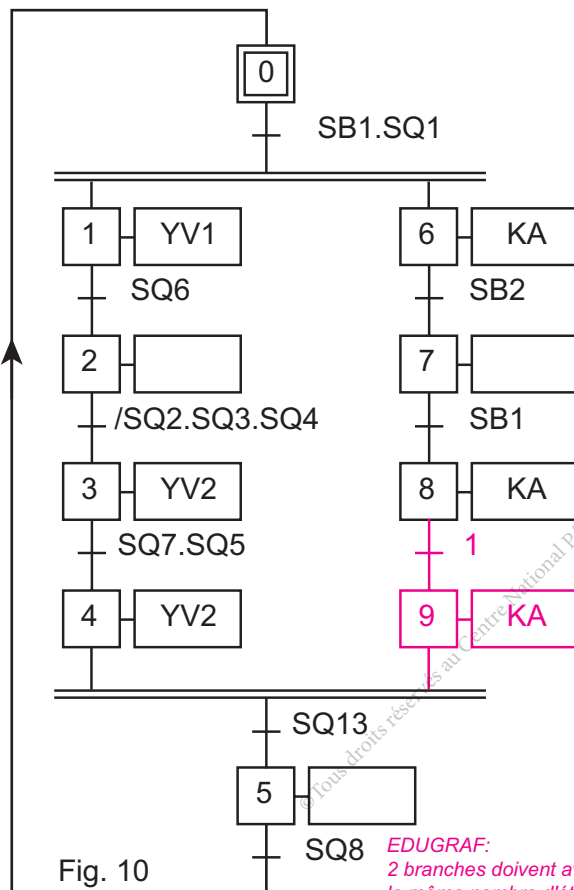


Fig. 10

EDUGRAF:
 2 branches doivent avoir
 le même nombre d'étapes

Un GRAFCET à séquences est un GRAFCET à convergence et divergence en

Dans un GRAFCET à séquences deux ou plusieurs séquences sont enclenchées et achevées simultanément.

Activité n° 5

Règles d'évolution du GRAFCET



L'enseignant a dit à ses élèves : le GRAFCET est géré par des règles d'évolution. Lesquelles? Donner, pour chaque règle, un exemple d'illustration.

1 Règles d'évolution du GRAFCET

a- Règle n°1

La situation initiale correspond à l'étape active au début de fonctionnement appelée étape initiale.

exemple

b- Règle n°2

Une transition n'est validée que lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne peut être franchie que lorsqu'elle est validée ET que la réceptivité qui lui est associée est vraie.

exemple

c- Règle n°3

Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

exemple

d- Règle n°4

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

exemple

e- Règle n°5

Si, au cours du fonctionnement, une même étape doit être simultanément désactivée et activée, elle reste ACTIVE.

exemple

2 Présenter vos résultats en plénière.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Activité n° 6

Saut d'étape(s) et reprise de séquences dans un GRAFCET

L'enseignant a présenté un GRAFCET PC et un GRAFCET saisi sur le logiciel EDUGRAF (figure 11) destiné à la commande du système de tri (figure 1). Il a mis en œuvre le système de tri. Pendant le fonctionnement de ce système, les apprenants ont remarqué que l'enseignant a écarté toutes les pièces noires. Il n'a utilisé que des pièces rouges et d'autres métalliques.

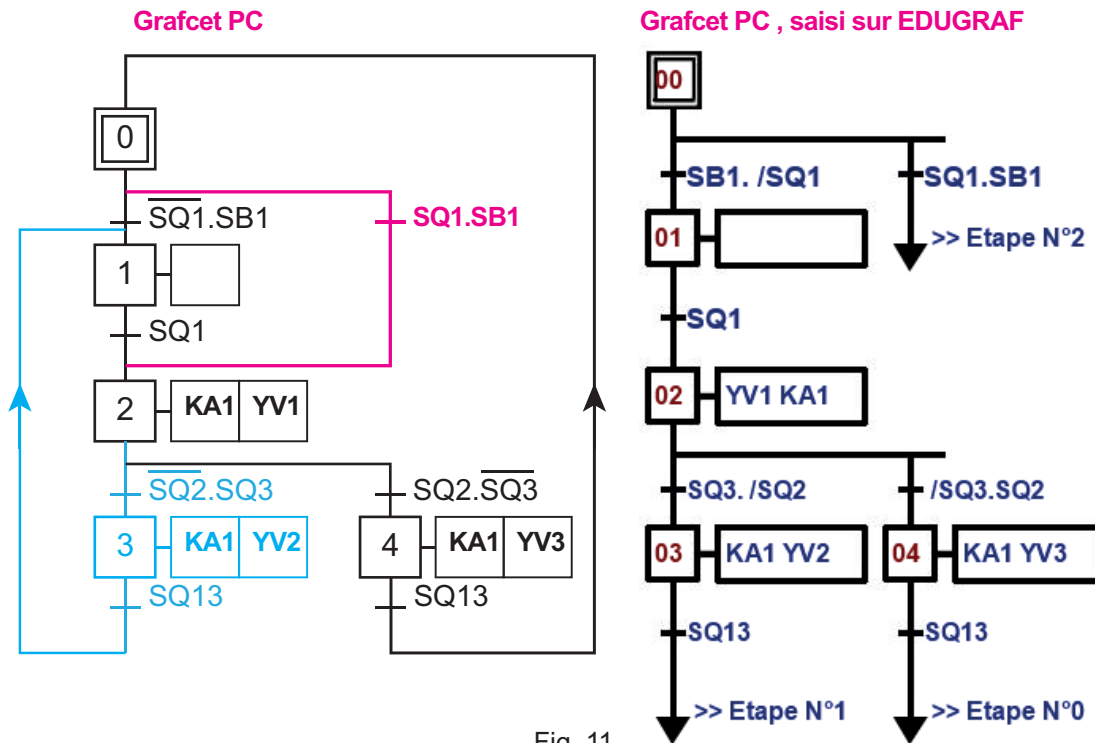


Fig. 11

1 A quelle condition l'étape n°1 est-elle sauté?

.....

2 Qu'appelle-t-on le GRAFCET ayant une ou plusieurs étapes qui pourraient être sautées?

.....

3 A quelle condition les étapes 1, 2 et 3 pourraient être reprises sans avoir passé par l'étape initiale?

.....

4 Qu'appelle-t-on le GRAFCET ayant une séquence qui pourrait être répétée sans faire intervenir l'étape initiale?

.....

5 Compléter le paragraphe ci-dessous par les termes convenables.

Le saut et la reprise de sont des cas du GRAFCET à

Le saut d'étapes permet de sauter une ou étapes lorsque les actions associées à celles-ci sont inutiles à La figure ... illustre le principe de la

La reprise de permet d'exécuter plusieurs fois une même séquence tant qu'une est La figure..... illustre le principe de la

Activité n° 7

Carte électronique programmée en mikroC pour PIC



Dossier technique

Système de tri de pièces assemblées

Présentation

Le système de tri didactique (figure 12) est destiné à assembler et à trier des pièces métalliques et des pièces plastiques (figure 13) tout en éjectant dans un bac les pièces non assemblées.

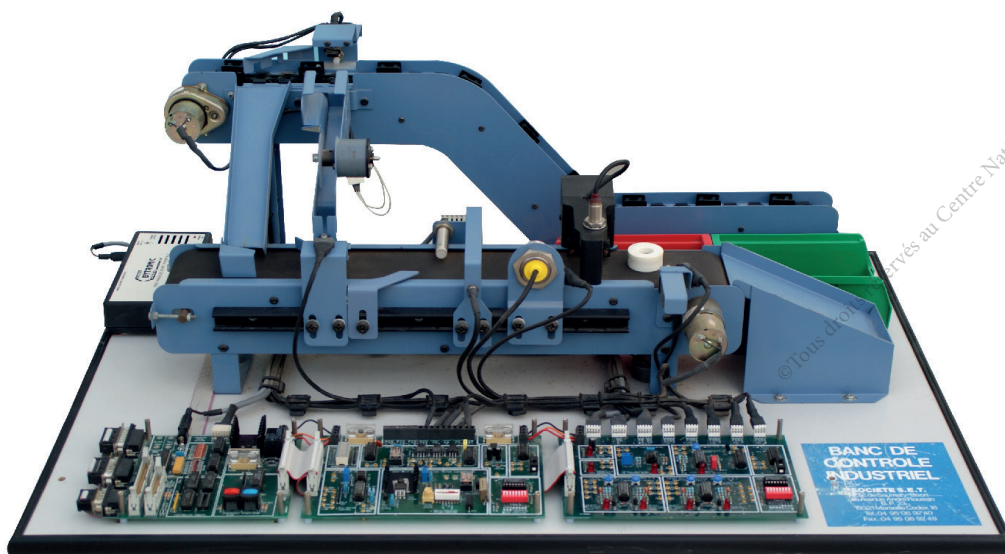
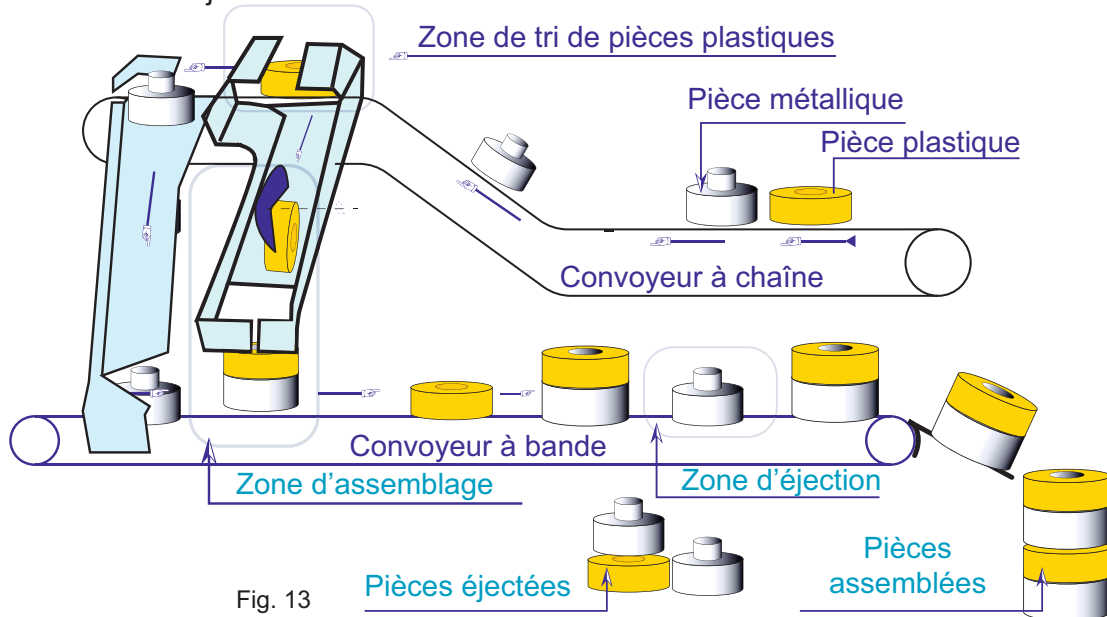


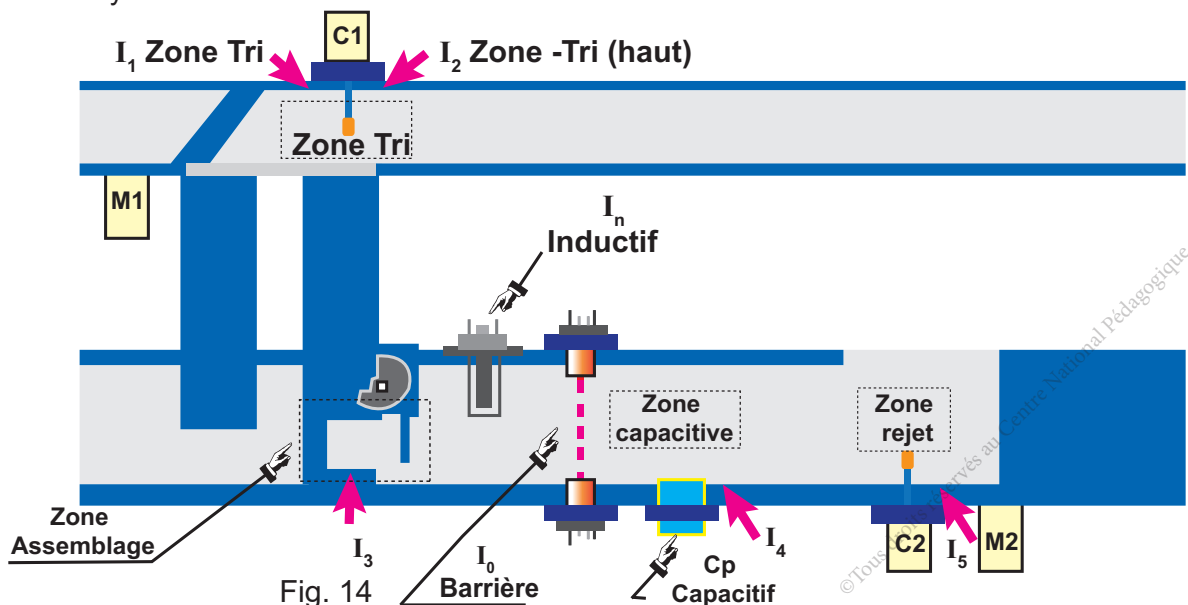
Fig. 12

Constitution

Le schéma d'illustration de ce système (figure 13) montre trois zones : une zone de tri de pièces plastiques ; une zone d'assemblage ; une zone d'éjection où les pièces non assemblées sont éjectées dans un bac.



Le schéma (figure 14) indique l'emplacement des différents capteurs et actionneurs dans ce système de tri.



Actionneurs et préactionneurs

- Les deux moteurs M1 et M2 sont commandés continuellement dès l'action sur le bouton de mise en marche du système de tri;
- Le vérin C1 est alimenté par un électro-distributeur 3/2 monostable (1X14) ;
- Le vérin C2 est alimenté par un électro-distributeur 3/2 monostable (2X14) ;

Fonctionnement

On se limite dans cette activité à la zone de tri et la zone d'éjection (de rejet) :

- Zone de tri de pièces plastiques

La figure 15 montre l'emplacement des deux capteurs de proximité I1 et I2. Ainsi installés, en cas où (I2 = 1) ET (I1= 0), le vérin C1 éjecte un bouchon vers la goulotte.

- Zone de rejet

La zone de rejet (figure 16) est composée de cinq capteurs et un vérin d'éjection C2. Le cycle est décrit par le GRAFCET PC (figure 17).

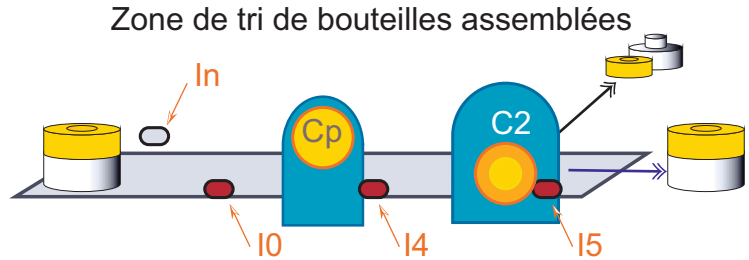


Fig. 16

Grafcet PC

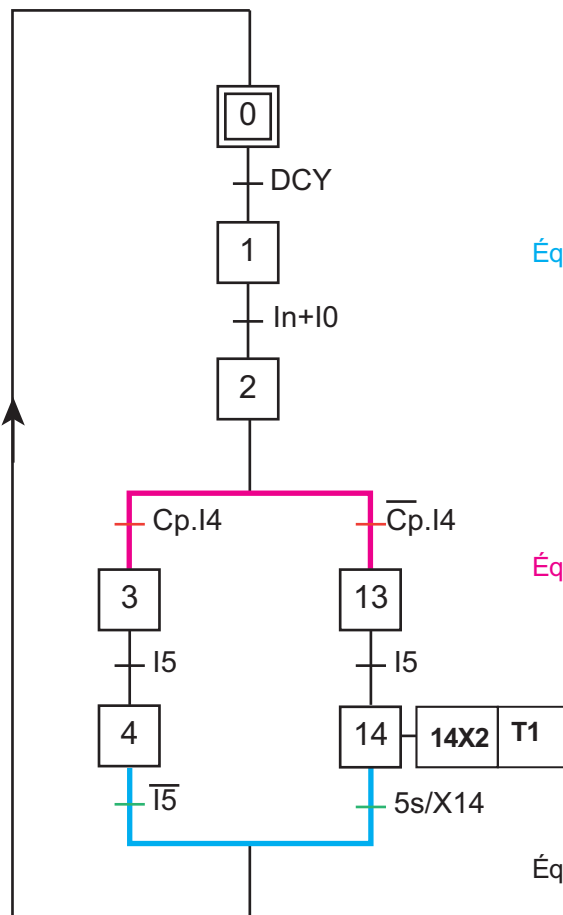


Fig. 17

Équations d'activation des étapes

- AE1 =
- AE3 =
- AE4 =
- AE13 =
- AE14 =
- AE2 =
- AE0 =

Équations de désactivation des étapes

- DE1 =
- DE3 =
- DE4 =
- DE13 =
- DE14 =
- DE2 =
- DE0 =

Équations des étapes

- E1 =
- E3 =
- E4 =
- E13 =
- E14 =
- E2 =
- E0 =

Équations des actions associées

- 14X2 =
- T1 =

Compléter les équations demandées dans la figure 17.



Le système de tri, déjà étudié au cours de l'activité n°7, est susceptible d'être commandé par une carte électronique à base de microcontrôleur de la famille PIC programmé à l'aide du logiciel mikroC pour PIC. La figure 18 représente le schéma du circuit de commande de la zone de rejet.

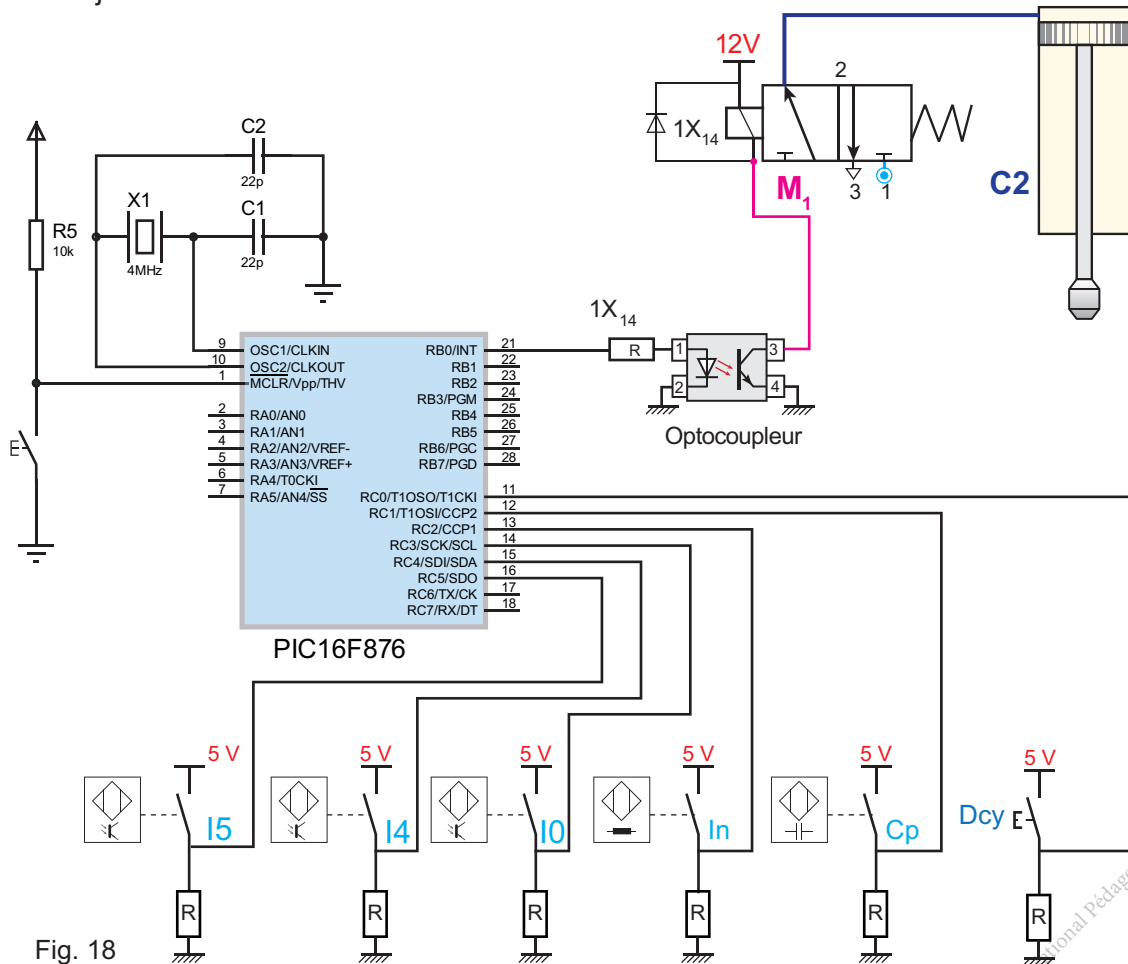


Fig. 18

1 Consignes

- Brancher les capteurs au microcontrôleur indiqué dans la figure 18 ou à un autre microcontrôleur de la même famille;
- Garder les mêmes broches si vous avez changé de microcontrôleur;
- Vérifier si les capteurs fonctionnent correctement;
- Vérifier si le vérin C2 est fonctionnel quand le relais 1X14 est alimenté.

- Établir un programme en mikroC for PIC correspondant à l'éjection des pièces non assemblées uniquement et utilisant les équations des étapes déjà obtenues dans l'activité n°7.

- Compiler, simuler, implanter ce programme dans le microcontrôleur choisi .
- Mettre en œuvre le système de tri.
- Vérifier le fonctionnement attendu.
- Présenter en plénière le résultat de vos travaux.

Activité n° 9



La maquette (figure 19) présente un robot pneumatique destiné à déplacer une pièce de forme cylindrique d'une position A à une position B.

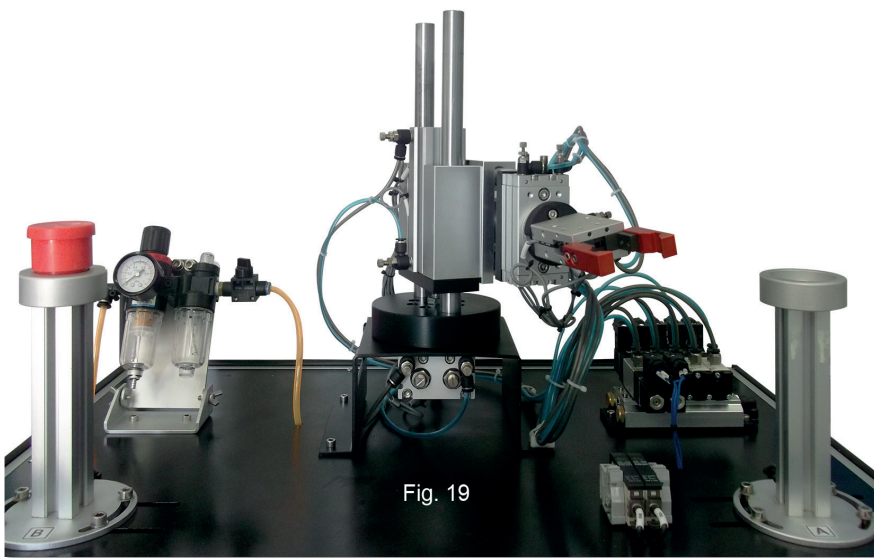


Fig. 19

La figure 20 montre que ce robot commandé par un ordinateur équipé du logiciel nommé «EDUGRAF».

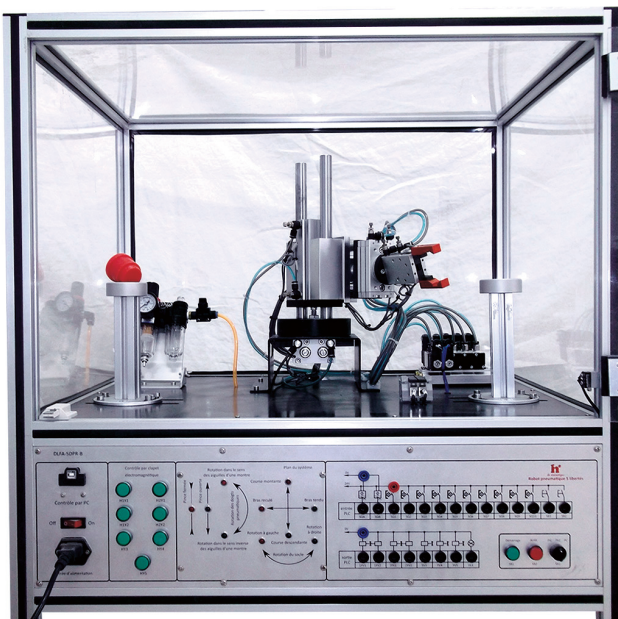


Fig. 20



© Tous droits réservés Centre National Pédagogique

Ce robot est équipé des composants suivants:

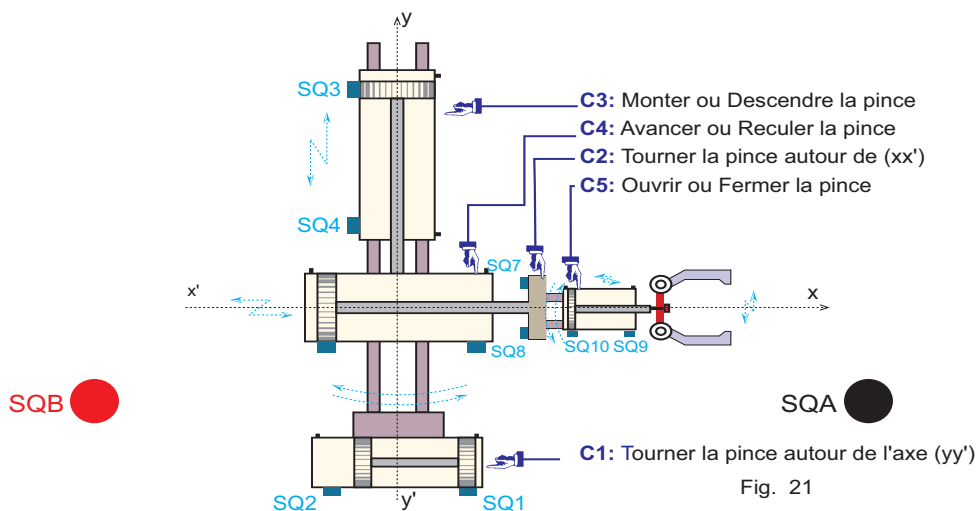
- 3 vérins à double effet (C3, C4 et C5) commandés chacun d'eux par un électro-distributeur monostable (3/2) ;
- 2 vérins rotatifs à double effet (C1 et C2) commandés chacun d'eux par n électro-distributeur bistable (5/2);
- 10 capteurs de fin de mouvements des 5 vérins (2 capteurs du type ILS pour chaque vérin);
- 1 capteur optique SQA détecte la présence de la pièce en position A;
- 1 capteur optique SQB détecte la présence de la pièce en position B;
- 1 bouton poussoir de mise en marche désigné par SB1;
- 1 bouton poussoir d'arrêt désigné par SB2.

Les composants sont donnés dans la table suivante :

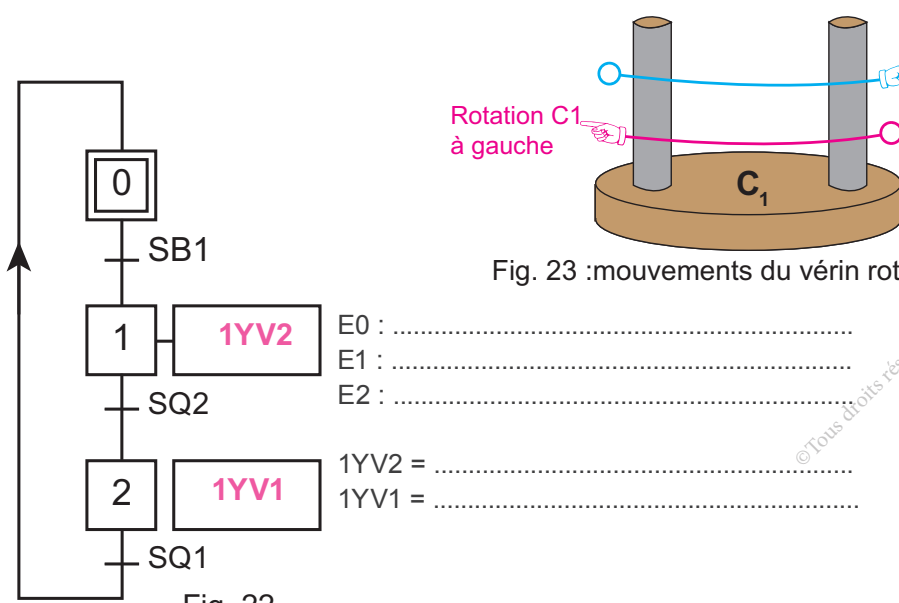
Vérins			Électro-distributeurs	Capteurs		
Désignation	Type	Fonction		Désignation	Type	Fonction
C3	Double effet	Montée		SQ ₃	ILS	Fin de la montée
		Descente	YV3	SQ ₄	ILS	Fin de la descente
C4	Double effet	Avance	YV4	SQ ₅	ILS	Fin de la sortie
		Recul		SQ ₆	ILS	fin de la rentrée
C2	Rotatif	Rotation de la pince en sens Horaire	2YV1	SQ ₇	ILS	Fin de la rotation dans le sens horaire
		Rotation pince en sens trigonométrique	2YV2	SQ ₈	ILS	Fin de la rotation dans le sens trigonométrique
C1	Rotatif	Rotation base vers la position A	1YV1	SQ ₁	ILS	Fin du déplacement vers la position A
		Rotation base vers la position B	1YV2	SQ ₂	ILS	Fin du déplacement vers la position B

C5	Double effet	Fermeture pince	YV5	SQ ₉	ILS	fin de la rentrée (pince fermée)
		Ouverture pince		SQ ₁₀	ILS	fin de la sortie (pince ouverte)

Le schéma simplifié, figure 21, montre les différents mouvements effectués par le robot:



1 Le grafcet PC (figure 22) décrit les mouvements effectués par le vérin rotatif C1:



E0 :
 E1 :
 E2 :
 1YV2 =
 1YV1 =

- a- Mettre en équation les étapes et les actions associées de ce grafcet.
- b- Saisir ce grafcet sur EDUGRAF, compiler le et mettre en œuvre le robot.



Activité n° 11



Le robot pneumatique (figure 19) est commandé par un ordinateur équipé du logiciel «EDUGRAF». Ce robot décrit le cycle donné ci-dessous:

- 1ère action : avance de la pince;
- 2ème : descente de la pince;
- 3ème : montée de la pince ;
- 4ème : descente de la pince;
- 5ème : montée de la pince;
- 6ème : descente de la pince;
- 7ème : montée de la pince;
- 8ème : recul de la pince.

Le cycle est décrit par le grafcet ci-dessous. Les variables d'entrée et de sortie sont données dans le logiciel «EDUGRAF»

- 1 Saisir le grafcet.
- 2 Compiler ce grafcet.
- 3 Mettre en œuvre le robot.
- 4 Présenter le résultat de vos travaux en plénière.
- 5 Rédiger un paragraphe récapitulant vos nouveaux savoirs et savoir-faire.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

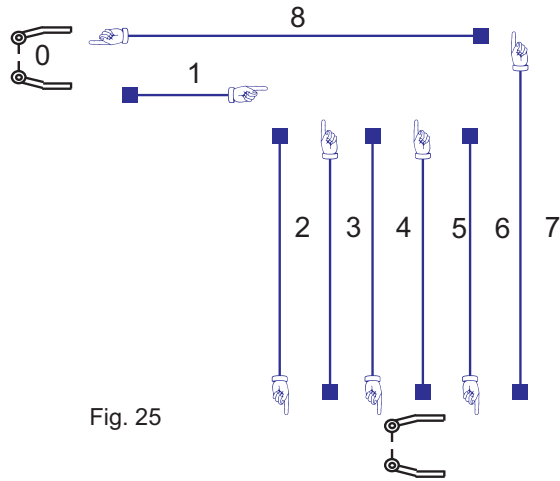


Fig. 25

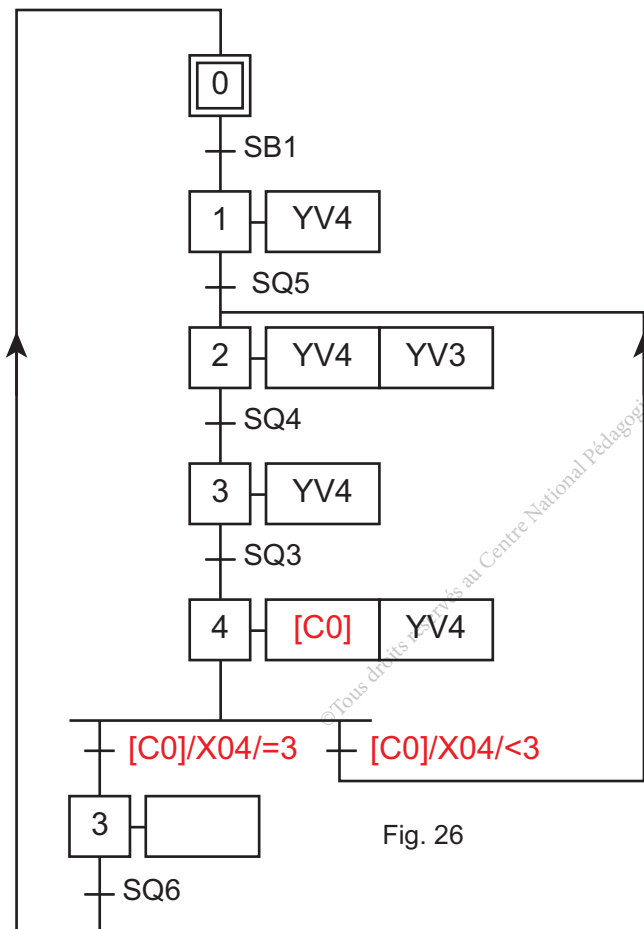


Fig. 26

Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



I- Termes techniques

Le GRAFCET utilise les termes techniques suivants :

- Étapes ;
- Transitions ;
- Réceptivités ;
- Actions associées;
- Liaisons orientées.

II- Différents points de vue d'un GRAFCET

- GRAFCET PS ;
- GRAFCET PO ;
- GRAFCET PC.

1- Le GRAFCET du point de vue système

(GRAFCET PS) est un graphe qui traduit un cahier des charges sans avoir évoqué la technologie adoptée.

2- Le GRAFCET du point de vue Partie Opérative

(GRAFCET PO) spécifie la technologie de la partie opérative et celle des capteurs installés dans la partie opérative.

3- GRAFCET du point de vue partie commande

Le GRAFCET du point de vue Commande (GRAFCET PC) est établi en spécifiant la technologie des éléments de dialogue entre : PC et PO ; PC et opérateur ; PC et autre système. Le GRAFCET PC est établi par un spécialiste. Il lui permet d'établir les équations et éventuellement les schémas de réalisation en fonction du choix technologique :

- Technologie câblée (électrique, pneumatique ...) ;
- Technologie programmée (automate, microcontrôleur et logiciel).

III- Règles d'évolution

1- Règle n°1 : Situation initiale

La situation initiale caractérise le comportement initial de la partie commande vis à vis de la partie opérative, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement.

2- Règle n°2 : Franchissement d'une transition

Une transition est soit validée soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne peut être franchie que lorsqu'elle est validée ET que la réceptivité associée est vraie.

3- Règle n°3 : Évolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

4- Règle n°4 : Évolution simultanée

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

5- Règle n°5: Activation et désactivation simultanées

Si, au cours du fonctionnement, une même étape doit être simultanément désactivée et activée, elle reste ACTIVE.

IV- GRAFCET à séquences simultanées

Un GRAFCET est dit à divergence et à convergence en ET lorsque le franchissement d'une transition conduit à activer simultanément plusieurs étapes.

IV- GRAFCET à sélection de séquence

Un grafcet est dit à sélection de séquence lorsqu'à partir d'une étape donnée plusieurs évolutions sont possibles. On distingue :

- Le GRAFCET à divergence et convergence en OU ;
- Le GRAFCET à saut d'étape et reprise de séquences.

IV- Mise en équation d'un GRAFCET

1- Condition d'activation d'une étape du GRAFCET

Pour qu'une étape d'un grafcet soit activée il faut que :

- L'étape immédiatement précédente soit active ;
- La réceptivité immédiatement précédente soit vraie ;
- L'étape immédiatement suivante soit non active;
- Après activation, l'étape mémorise son état.

2- Équation logique d'une étape de rang (n)

D'après la règle d'évolution N°5, le type de mémoire est à marche prioritaire.

$$X_n = X_{n-1} \cdot R_{n-1} + X_n \cdot \bar{X}_{n+1}$$

3- Équation d'activation

L'équation d'activation de l'étape n est désignée par A_n :

$$A_n = X_{n-1} \cdot R_{n-1}$$

4- Équation de désactivation

L'équation de désactivation de l'étape n est désignée par D_n :

$$D_n = X_{n+1}$$

5- Équation logique de l'action associée

L'équation de l'action associée à l'étape n est désignée par Ac_n :

$$Ac_n = X_n$$

6- Évaluation

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

Le Thème «Automates Programmables Industriels» permettra aux apprenants de s'approprier des savoirs et savoir-faire relatifs aux choix des capteurs, à la programmation et à la mise en œuvre d'un automate programmable afin de commander des objets et systèmes techniques. Les composantes des compétences disciplinaires sont :

CD1.6 : Programmer un automate programmable industriel.

CD2.6 : Mettre en œuvre un système technique ou une maquette didactique pilotés par un automate programmable industriel.

CD3.6 : Décrire, en utilisant les outils et langages adaptés, le comportement d'un système commandé par un Automate Programmable Industriel.

CD1.3 : Choisir un capteur adéquat pour répondre à un besoin.

CD2.3 : Mettre en œuvre un capteur dans une application.

CD3.3 : Lire et décoder des informations issues d'un document constructeur à propos des capteurs et en rendre compte.

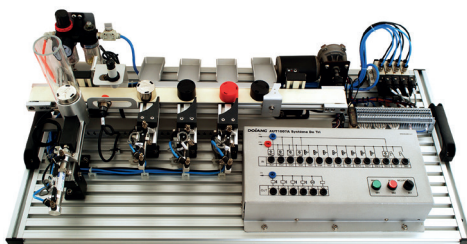
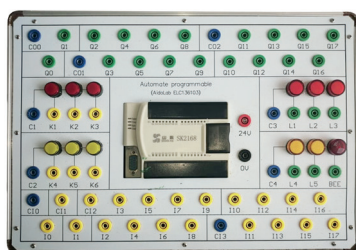


Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Activité n°1	CD1.3 CD2.3 CD3.3	Communication	Diapos, maquette didactique .
Apprentissage	Activité n°2		Résolution de problèmes	Logiciels, Appareils Capteurs
	Activité n°3		Esprit critique	
Évaluation	Activité n°4		Communication	



Situation	Activité(s)	.C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Activité n°1	CD1.6 CD2.6 CD3.6	Communication	Diapos, maquette didactique .
Apprentissage	Activité n°2		Résolution de problèmes	Logiciels, A.P.I Maquettes
	Activité n°4		Esprit critique	
Évaluation	Activités 5;6		Communication	

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



□ Quels sont les savoirs et savoir-faire à acquérir pour devenir capable de confirmer ou de nier ces hypothèses ?

.....

.....

□ Proposer un plan d'action en trois étapes essentielles permettant d'acquérir les connaissances et les habiletés attendues.

.....

.....

Activité n° 2



- 1 Mettre le système de tri (figure 1) sous tension.
- 2 Brancher un voltmètre entre les bornes du capteur SQ1 (figure 2).

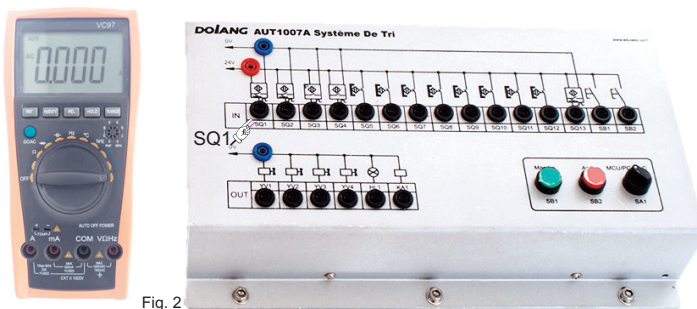


Fig. 2

a- Mesurer la tension délivrée entre les bornes SQ1 et GND (masse).

b- Placer une pièce dans le magasin. Relever la tension aux bornes de SQ1.

.....

□ Identifier le type et la famille de chaque capteur en mettant une croix dans la case correspondante du tableau ci-après.

Capteur	Type de détection		Famille		
	A contact	Sans contact	Logique	Analogique	Numérique
SQ1					
SQ2					
SQ3					
SQ4					
SQ5					
SQ7					

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



Activité n° 3



Une maquette d'asservissement de position (figure 3) dispose d'un capteur destiné à la détection d'angle de rotation. Ce capteur délivre une tension électrique entre ses bornes Vf+ et GND.

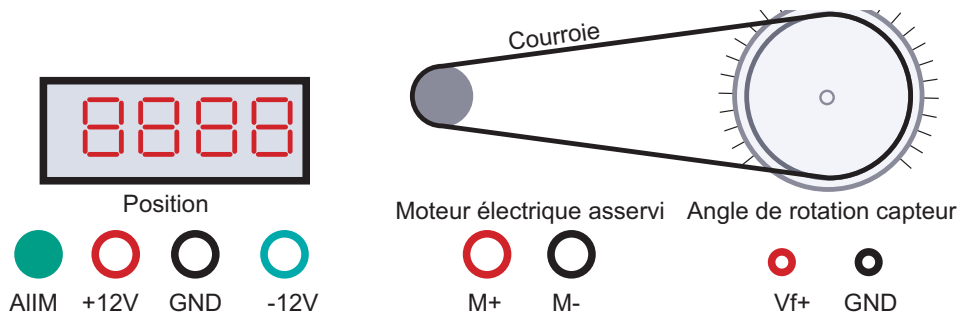


Fig. 3

1 Enlever la courroie. Brancher un voltmètre digital entre la borne Vf+ et la masse. Alimenter la maquette. Faire varier manuellement l'angle de rotation. Compléter le tableau, ci-dessous, par la valeur de la tension correspondante à chaque position (angle).

(°)Angle	-135°	-90°	-30°	0°	30°	90°	135°
+VF							

2 Tracer la caractéristique Vf+ en fonction de l'angle désigné par θ_s .

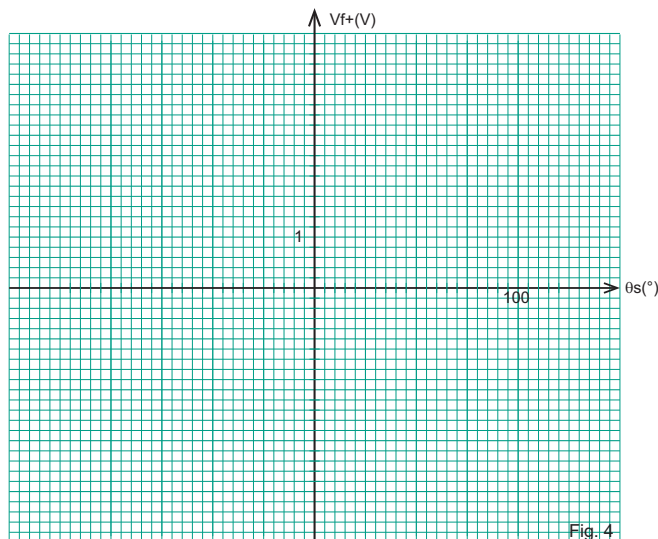


Fig. 4

□ Compléter la phrase : Vf+ varie à l'angle θ_s .

□ Déduire la famille de ce capteur.
.....

□ Quels sont les critères de choix d'un capteur ?
.....
.....
.....
.....
.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Activité n° 4



Le schéma d'un circuit à base d'une carte Arduino Uno (figure 5) illustre la fonction « mesure de la température ambiante dans un local ».

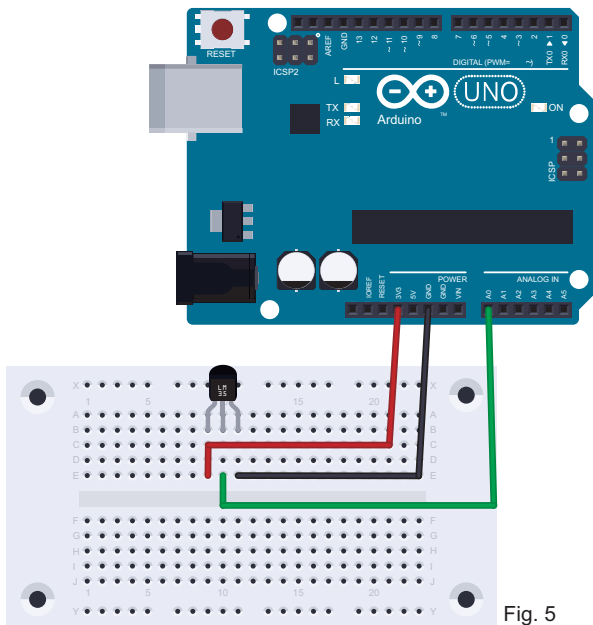


Fig. 5

En petits groupes:

- 1 Télécharger le fichier «TH5_1_Aid_Act3.txt» à partir du lien suivant
- 2 Câbler le schéma sur une plaque d'essai. Programmer la carte Arduino en téléversant le programme déjà téléchargé.
- Ouvrir le moniteur série et relever deux valeurs consécutives de la tension en mV et de la température en °C.

.....

- Déduire la relation entre la tension (V) délivrée par le capteur LM35 en mV et la température (T) mesurée en °C.

.....

- Tracer la courbe de tension de ce capteur en fonction de la température mesurée. A quelle famille appartient ce capteur?

.....

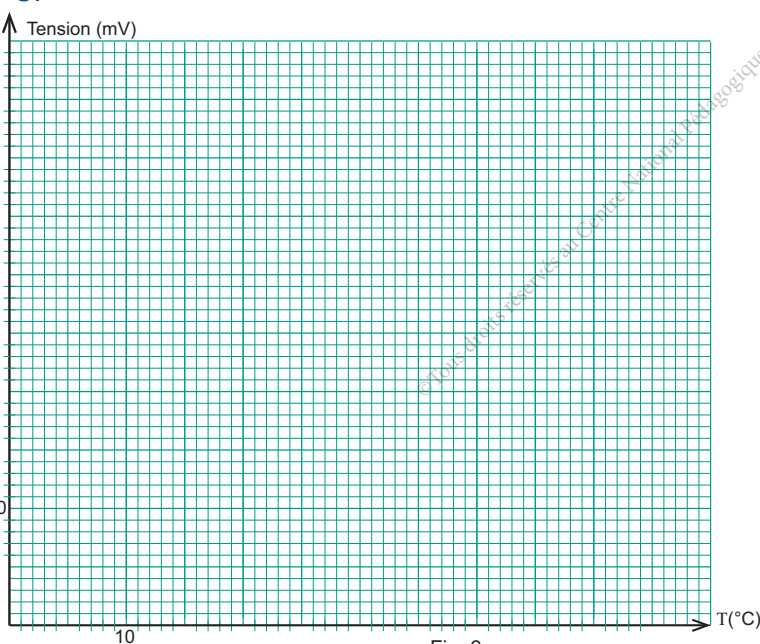


Fig. 6

III- Définition

Un capteur électrique est un dispositif destiné à la détection d'une grandeur physique et à la transformation de celle-ci en une grandeur électrique utilisable.

IV- Familles de capteurs

- Capteur logique encore dit capteur Tout Ou Rien (T.O.R) ;
- Capteur analogique ;
- Capteur numérique.

Dans ce qui suit on se limite à l'étude des capteurs logiques et des capteurs analogiques.

V- Symboles normalisés des capteurs les plus fréquents

Les capteurs Logiques sont très utilisés dans le secteur industriel. Ils sont classés selon le type de détection.







Capteur à galet		Capteur capacitif		Capteur inductif	
Symbole	Fonction	Symbole	Fonction	Symbole	Fonction
	Détecter la fin de course d'un vérin.		Détecter les matériaux solides.		Détecter les pièces métalliques.
Capteur ILS capteur à lames souples		Capteur de proximité		Capteur à effleurement	
Symbole	Fonction	Symbole	Fonction	Symbole	Fonction
	Détecter les pièces aimantées.		Sensible à une proximité.		Sensible à l'effleurement (contact direct).

Fig. 7

VI- Caractéristiques d'un capteur

- Tension d'utilisation;
- Courant maximal;
- Etat au repos;
- Mécanisme de commande;
- Dimensions.

VII- Critères de choix d'un capteur

- La grandeur physique à détecter ou à mesurer ;
- Type de la détection ou de la mesure ;
- L'étendue de mesure et la sensibilité ;
- La forme et les dimensions ;
- La tension d'emploi et le courant nominal.

VIII- Choix d'un capteur

Identifier l'état de la grandeur physique puis choisir le capteur convenable

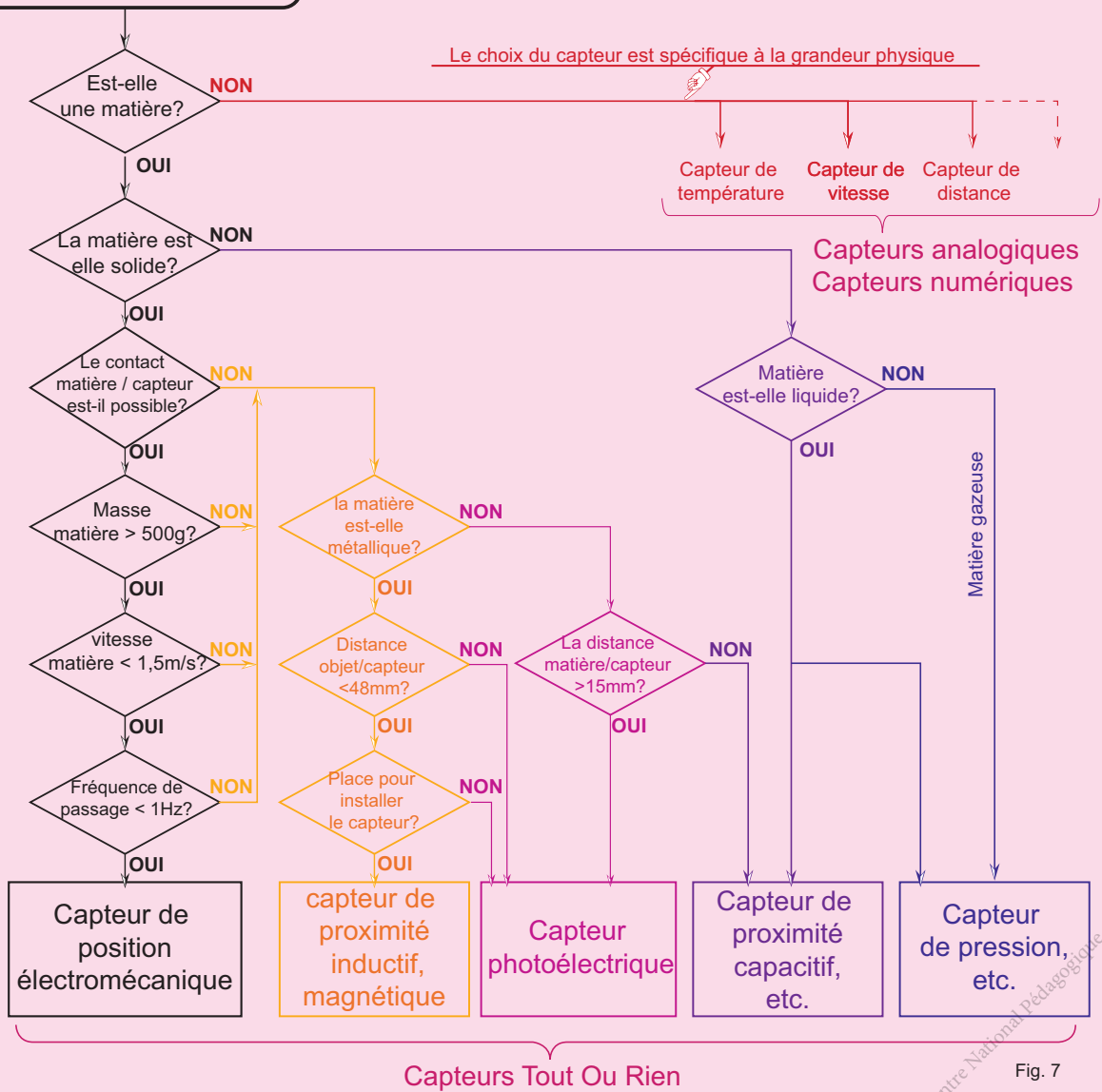


Fig. 7

IX- Évaluation



Activité n° 1

Dans un laboratoire de technologie, un enseignant a mis en œuvre un système didactique automatisé (**figure 1**). Il a utilisé un PC équipé du logiciel EDUGRAF. Il a appuyé sur le bouton SB1, le système de tri a effectué un cycle de fonctionnement puis, il s'est arrêté. A chaque nouvelle action sur SB1, le même cycle se reproduit.

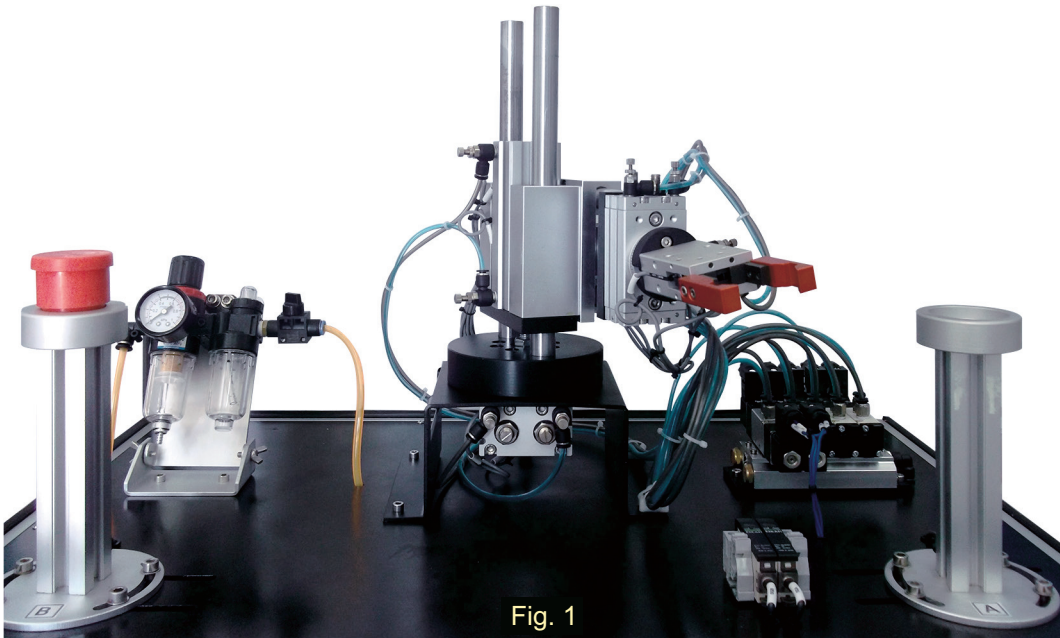


Fig. 1

Ensuite, l'enseignant a présenté un automate programmable (**figure 2**) et a rappelé que celui-ci est destiné à la commande des systèmes techniques par programme.

Enfin, il a énoncé que chaque groupe est invité à programmer cet automate et à le brancher sur le système didactique afin qu'il puisse reproduire le même cycle de fonctionnement déjà observé.

En petits groupes :

- 1 Compléter les questions suivantes par : traduction ; installer ; fonctionnement ; programmation ; programmer ; programme.
 - a- La description du cycle de déjà observé par un un GRAFCET est-elle possible?
 - b- La d'un GRAFCET PC en un nécessite-elle la maîtrise du langage de ?
 - c- Comment un automate programmable industriel ?
 - d- Comment un automate programmable industriel dans un système technique?

- 2 Compléter les hypothèses suivantes par : saisie ; câblage ; compilé ; variables ; graphique ; entrées ; sortie ; logiciel ; symboles ; l'implantation.
- a- Le logiciel de programmation des automate programmable industriel utilise des standards pour représenter les
- b- L'identification des et des d'un automate programmable facilite son dans un système technique.
- c- Un programme en langage graphique, et se prête à dans un automate programmable industriel.
- Proposer une autre hypothèse si les trois précédentes paraîtront insuffisantes.
- Quels sont les savoirs et savoir-faire à acquérir pour devenir capable de confirmer ou de nier ces hypothèses ?
- Quelles sont les étapes à respecter pour aboutir à cette finalité ?

Activité n° 2



L'enseignant a mis à la disposition de chaque groupe un automate programmable didactique (figure 2). Il leur a demandé, en groupes réduits, de le programmer afin d'illustrer la fonction logique OU en utilisant l'expression $L = a + b$.

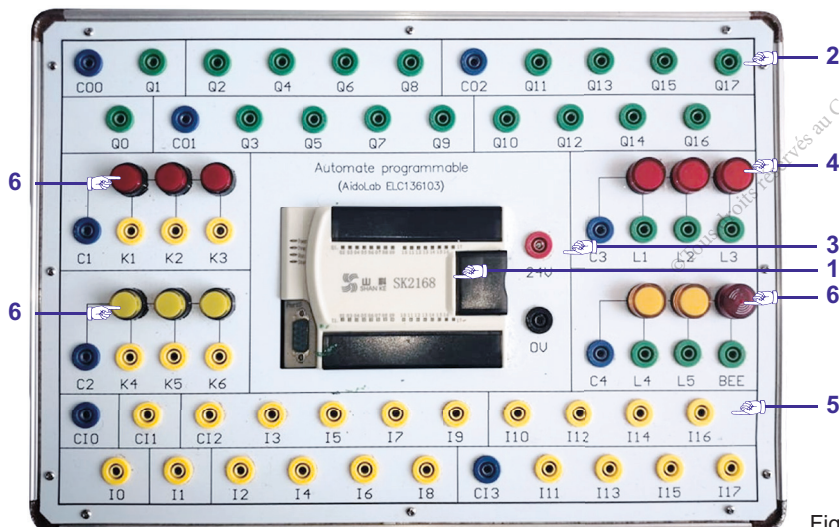


Fig. 2

1 Quelle est la référence de l'automate programmable à votre disposition?

2 Combien d'entrées et de sorties comporte cet API?

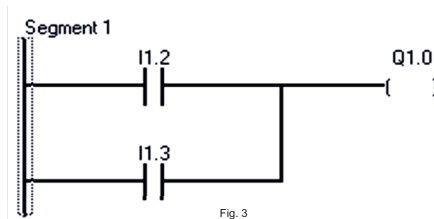
☐ Identifier les différents éléments de la face avant de l'automate programmable (figure 2).

Désignations	PLC	Sorties	Sorties 24V	Voyants	Ronfleur	Entrées	Boutons
Repère							

☐ La table d'affectations ci-dessous fait correspondre les variables d'E/S I1.2, I1.3 et Q1.0 aux variables énoncées dans l'équation logique a, b et L.

Variables en langage API	I1.3	I1.2	Q1.0
Variables du montage	a	b	L

☐ Saisir le schéma à contacts (figure 3) sur le logiciel spécifique.



☐ Brancher les variables d'entrée/sortie.

☐ Téléverser le programme dans l'automate programmable.

☐ Mettre en œuvre l'API.

☐ Compléter la table de fonctionnement suivante.

I1.3	I1.2	Q1.0
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

b- Saisir le schéma à contacts du grafcet (figure 6) sur le logiciel spécifique.

2 Mettre en œuvre le système technique et vérifier son fonctionnement.

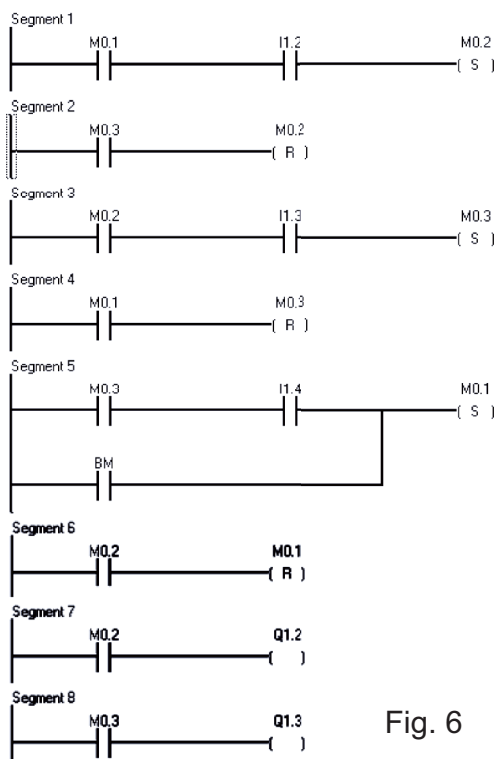


Fig. 6

Activité n° 4

GRAF CET avec temporisation

Le robot pneumatique figure 1 est programmé pour effectuer, suite à une impulsion sur le bouton «marche», une descente de la pince, une attente de 5 secondes puis une montée de la pince. Le GRAFCET PC est donné (figure 7).



Grafcet PC

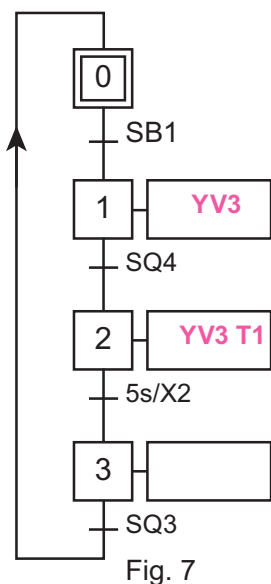


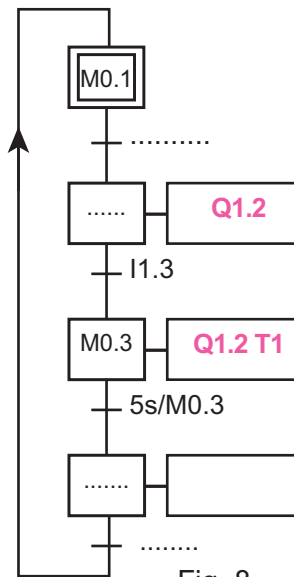
Fig. 7

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

Entrées système	Entrées PLC	Sorties système	Sorties PLC
SB1	I1.2	YV3	Q1.2
SQ3	I1.3		
SQ4	I1.4		
T1	T1	T1	T1

1 Compléter le GRAFCET codé automate Spécifique (figure 8)

Grafcet codé API



2 Déterminer les équations d'activation.

Etape	Équation d'activation
0	
1	
2	
3	

3 Déterminer les équations de désactivation .

Etape	Équation de désactivation
0	
1	
2	
3	

4 Déterminer les équations des actions associées.

Action associée	Équation

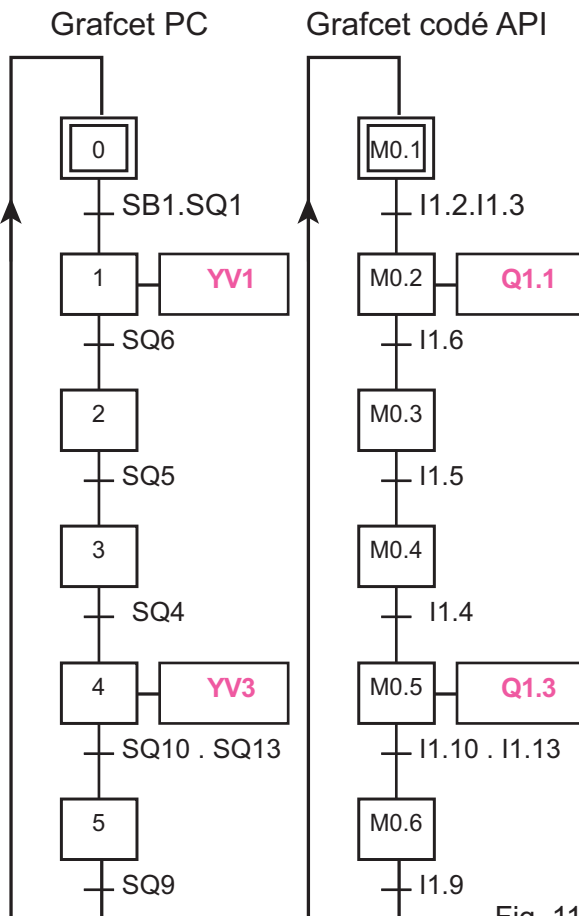
- Sur une feuille (Format A3), établir le grafcet en langage LD en utilisant les équations logiques déjà déterminées.
- Saisir ce programme sur le logiciel Spécifique en langage LD.
- Implanter le dans l'API.
- Bancher l'API sur le robot.
- Mettre en œuvre le robot.
- Communiquer vos résultats en plénière.

Autoévaluation : cocher ci-dessous les points qui correspondent à vos acquis.

- J'étais clair à l'oral. Je m'exprime sans faire des fautes.
- J'ai des difficultés à l'oral, je ne peux pas m'exprimer sans faire des fautes.
- Mes idées sont organisées, j'étais convaincant à l'oral.
- J'ai des difficultés d'organiser mes idées pendant la présentation orale de mon travail.

3 On donne la table des affectations, le GRAFCET PC et le GRAFCET codé API spécifique (figure 11).

Entrée système	Entrée PLC	Sortie système	Sortie PLC
SB1	I1.2	YV1	Q1.1
SQ1	I1.3	YV3	Q1.3
SQ4	I1.4		
SQ5	I1.5		
SQ6	I1.6		
SQ9	I1.9		
SQ10	I1.10		
SQ13	I1.13		



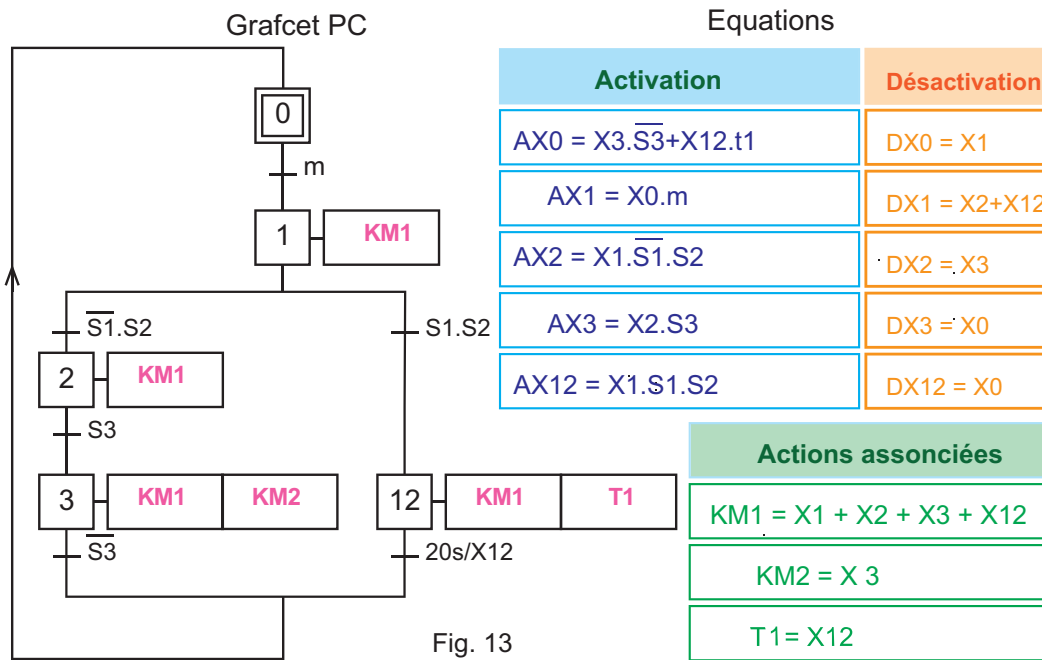
a- Compléter le tableau ci-dessous par les équations demandées.

Fig. 11

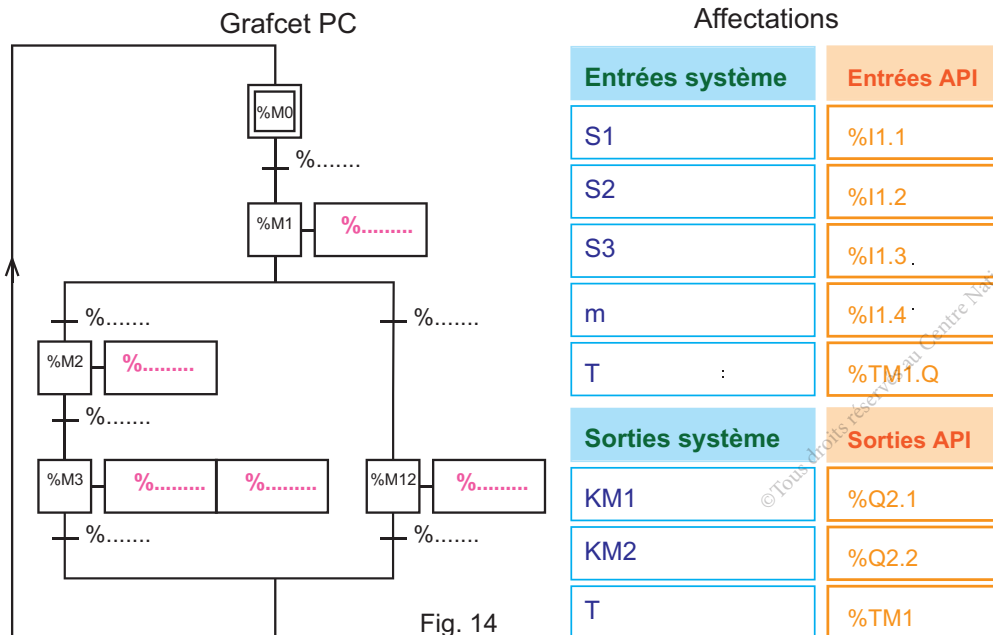
Etape	Équation d'activation	Équation de désactivation	Équation des actions associées
0			
1			
2			
3			
4			
5			

- b- Établir le programme en langage LD sur une feuille format A3.
- c- Saisir ce programme sur le logiciel Spécifique.
- d- Implanter le dans l'API.
- e- Brancher l'automate sur le système de tri.
- f- En présence de l'enseignant, mettre en œuvre le système de tri.

- Le fonctionnement du convoyeur à bande est décrit par le grafcet PC (figure 13).



- L'automate programmable est du type TSX 3721, compléter le GRAFCET codé automate (figure 14).



□ Compléter la figure 15 par les données manquantes au programme en langage LD.

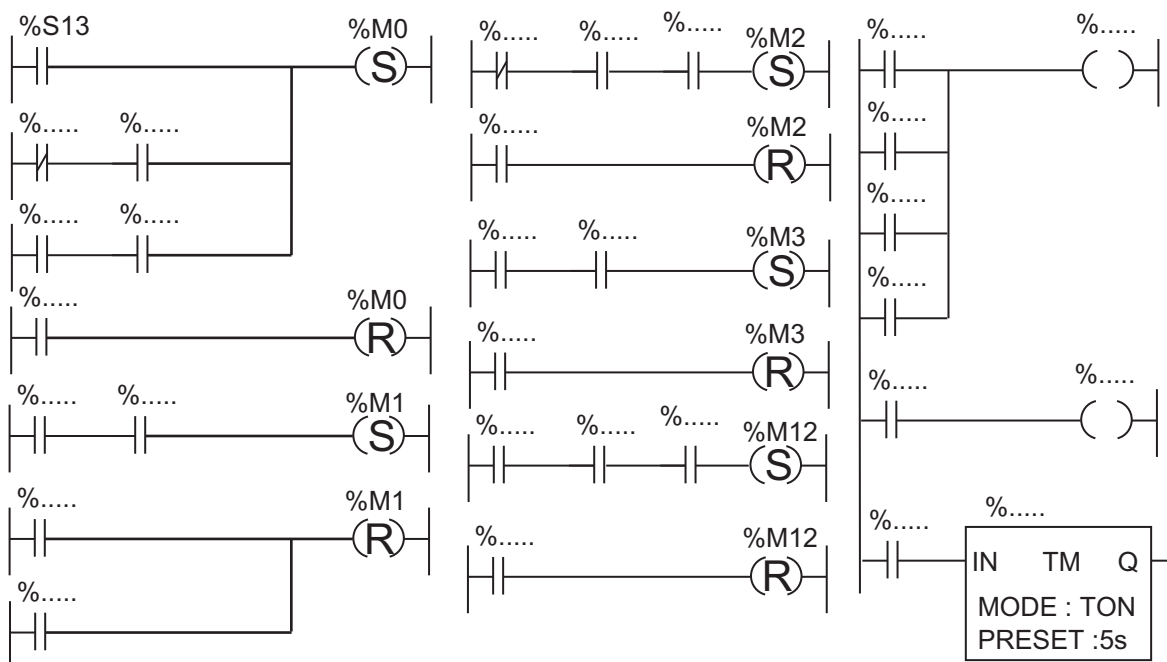


Fig. 15

3 Brancher le convoyeur à Bande sur l'API.

□ Mettre en œuvre.

□ Vérifier le fonctionnement.



I- Définition

Un automate programmable industriel (API) est un dispositif électronique numérique programmable destiné à la commande des systèmes techniques industriels par programme. Un API traite les informations logiques, les informations analogiques et les informations numériques.

II- Architecture de l'automate

- Les mémoires du programme et des données ;
- Le processeur ;
- Une interface d'entrée ;
- Une interface de sortie ;
- Une console de programmation ou un PC.

III- Automates connectés et Protocole de communication

Le contrôle à distance des automates programmables connectés au réseau internet est assuré via des protocoles de communication. Parmi lesquels :

- Profinet ;
- EtherCAT ;
- CC-Link....

IV- Interface Homme Machine IHM

L'IHM est un tableau de bord (console) qui permet à un utilisateur de communiquer avec un système technique via un API connecté au réseau.

V -Critères de choix d'un API

Le choix d'un automate programmable est généralement basé sur :

- la simplicité de programmation ;
- les possibilités de simulation et de visualisation ;
- le nombre d'entrées/sorties ;
- le nombre de compteurs et de temporisateurs ;
- la fonctions ou modules spéciaux ;
- le rapport qualité/prix;
- la fonction communication.

VI -Alimentation électrique

Tous les automates actuels sont équipés d'une alimentation (240 V 50/60 Hz/ 24 V DC). Les entrées sont en 24 V DC. Une mise à la terre est prévue. Un API est équipé d'une interface d'entrée et d'une interface de sortie.

VII- Langage de programmation

Deux types de langages sont adoptés par les automates programmables :

- les langages graphiques ;
- les langages textuels.

Dans ce qui suit, on utilise le langage graphique (Ladder Diagram).

VIII- Symboles et branchements en langage graphique

Les variables

Symbole Désignation	Symbole LD	Signification
		Variable d'entrée à fermeture (ouvert au repos)
		Variable d'entrée à ouverture (fermé au repos)
Set		Sortie de mise à un d'une mémoire
Reset		Sortie de mise à zéro d'une mémoire
Variable de sortie		Variable de sortie positive : enclenché à la présence d'une alimentation
Variable de sortie		Variable de sortie négative: enclenché à l'absence d'une alimentation
		Front montant d'horloge
		Front descendant d'horloge
		Connexion horizontale
		Connexion verticale

Fig. 16

IX- Évaluation



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Le Thème «Microcontrôleurs» permettra aux apprenants de s'approprier des savoirs et savoir-faire relatifs à : la programmation en langage évolué et enrichissent leurs habiletés relatives à l'implantation d'un programme dans un microcontrôleur et sa mise en œuvre pour commander un système technique. Les composantes des compétences disciplinaires sont :

CD1.7 : programmer un microcontrôleur.

CD2.7 : mettre en œuvre un système technique ou une maquette didactique pilotés par une carte électronique à base de microcontrôleur.

CD3.7 : traduire un cahier des charges de fonctionnement d'un système en algorithme et/ou en programme et en rendre compte

Tableau des activités

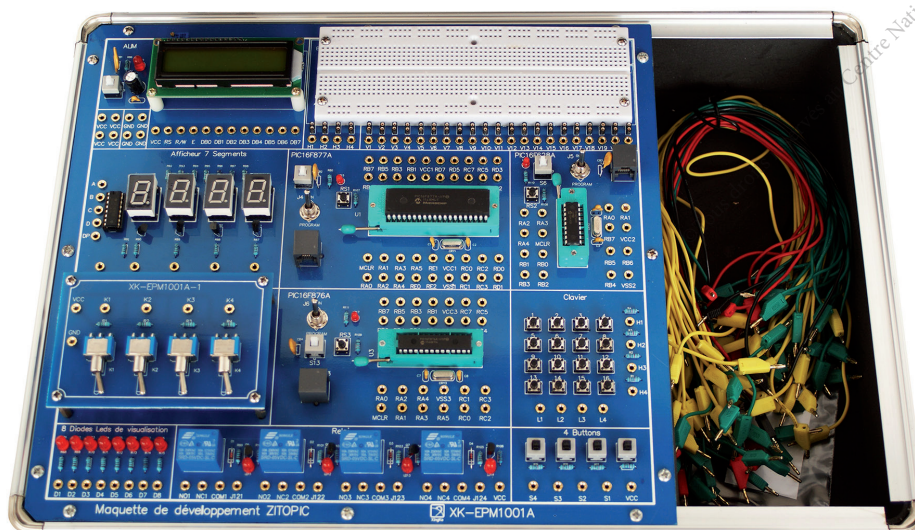
Situation	Activités	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Activité n°1		Communication	Diapos, maquette didactique
Apprentissage	Activité n°2	CD.1.7	Résolution de problèmes	Logiciels Microcontrôleurs
	Activité n°3	CD.2.7		
Évaluation	Activité n°4	CD.3.7	Communication	Maquettes

Microcontrôleurs

<https://tech3elec.education.tn/Microcontroleur.html>

MikroC pour PIC

<https://tech3elec.education.tn/MikroCPIC.html>

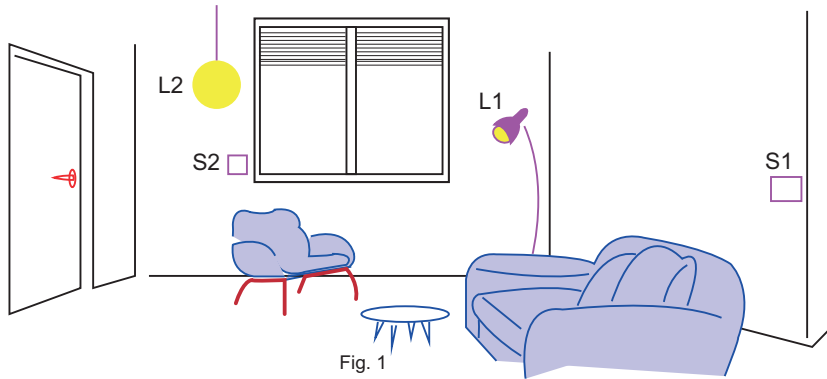


MICROCONTRÔLEURS

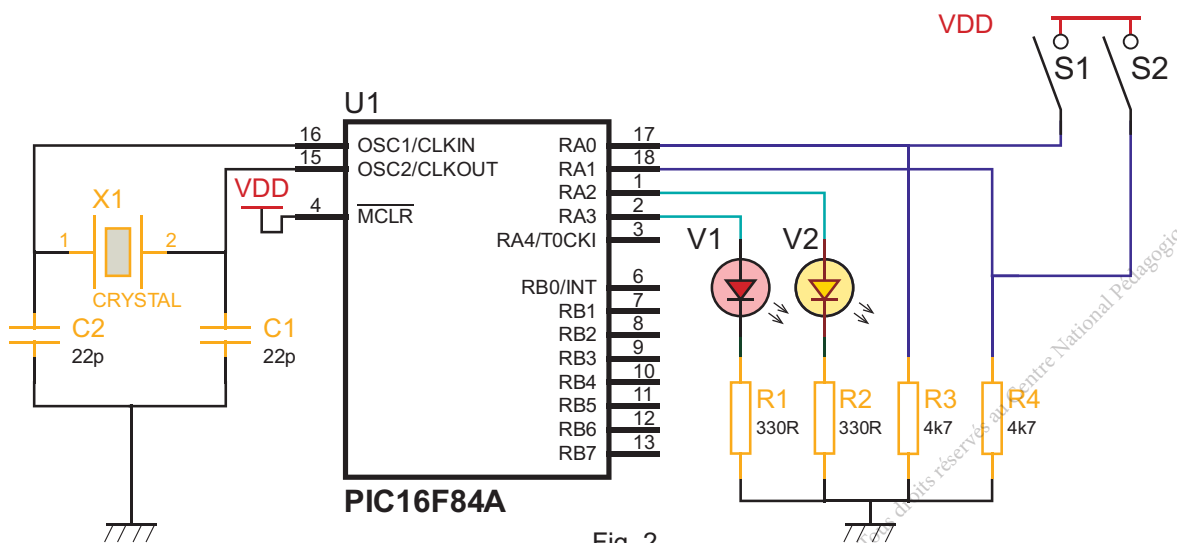
Activité n° 1



L'éclairage d'un salon (figure 1) est assuré par un montage composé de deux lampes L1 et L2 commandées respectivement par deux interrupteurs S1 et S2. Le montage électrique est alimenté par une tension 230V, 50HZ.



La carte électronique à base de microcontrôleur, dont le schéma est représenté par la figure 2, est composée de deux diodes LED (V1 et V2) commandées par deux switches (S1 et S2). Pendant une activité, après la mise en œuvre de cette carte électronique, les apprenants ont remarqué que le fonctionnement est exactement le même que celui de l'installation d'éclairage.



Après implantation d'un nouveau programme dans ce microcontrôleur sans modification du câblage, le mode de fonctionnement des deux LED n'est plus le même.

- Le schéma (figure 5) comporte des éléments intégrés dans les microcontrôleurs du type PIC. Ces éléments participent à l'exécution des instructions d'un programme stocké dans la mémoire programme (1).

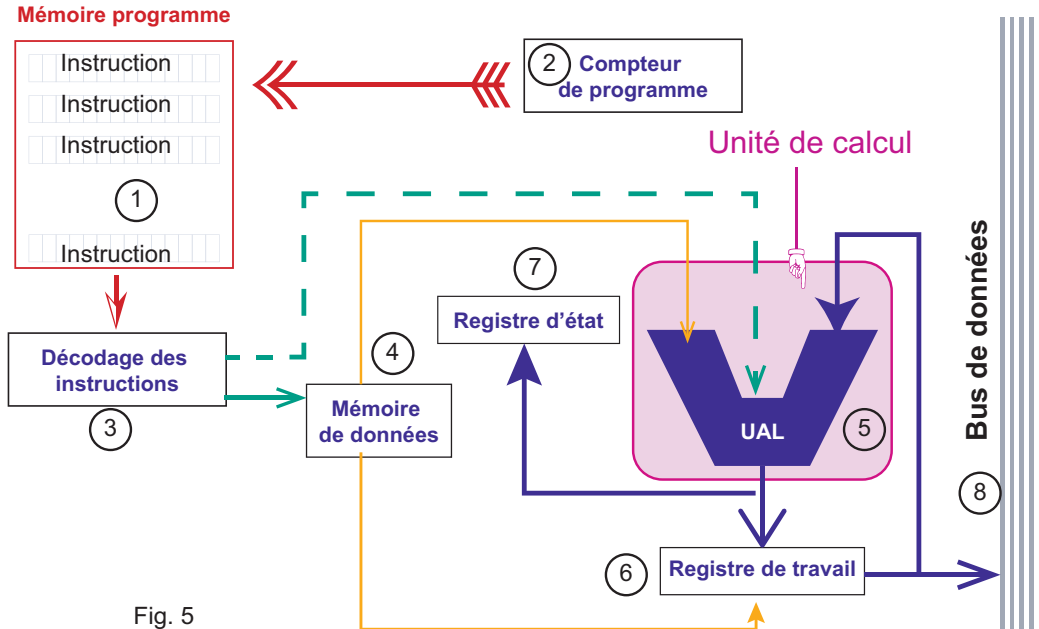


Fig. 5

- a- Donner, dans l'ordre, les repères des éléments (figure 5) qui participent à l'exécution d'une instruction de calcul d'arithmétique.
- b- Compléter l'architecture interne du microcontrôleur PIC16F84A (figure 6) par les noms manquants.

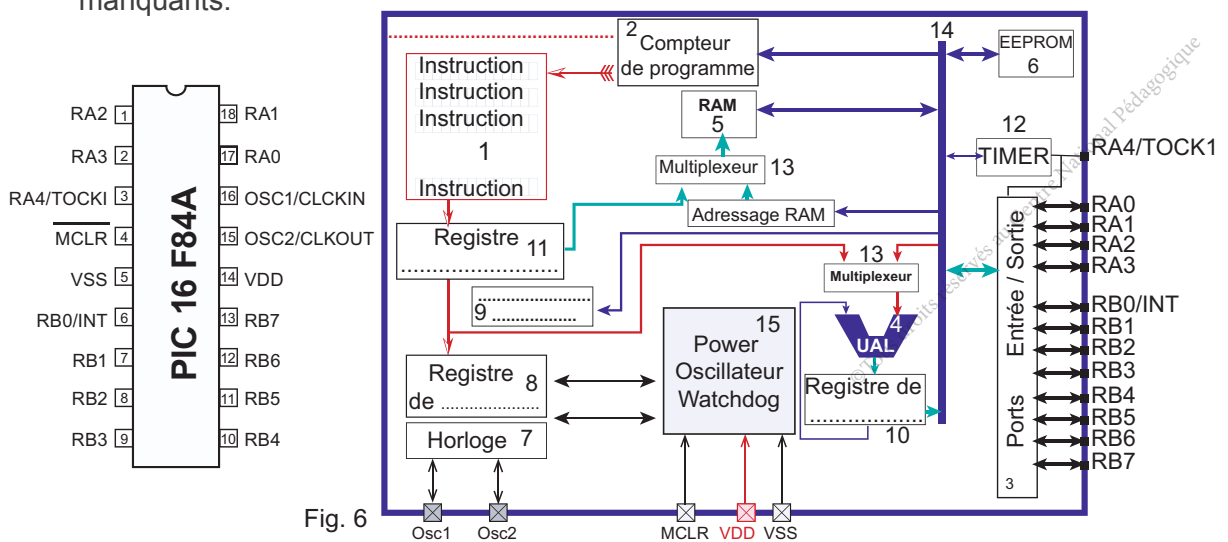


Fig. 6

- c- Compléter le tableau suivant par le nom et la fonction de chaque élément donné.

Nom	Fonction
-	Stocker le programme
- Compteur du programme	Choisir à exécuter (pointeur)
-	Pour la communication des informations
- Unité de calcul	.....
- Horloge	..... le cycle d'exécution du microcontrôleur
- Registre de décodage	..... une instruction
- Registre d'état	..... le dernier état du calculateur
- Registre de travail	..... le dernier résultat de calcul
- Registre d'instruction	Stocker une à exécuter
- Timer	Fournir ou recevoir le résultat de comptage
- BUS interne	Nappe conductrice pour des informations
- Reset	Initialiser le

3 Quel est le rôle du quartz associé aux deux condensateurs C1 et C2 (figure 3).

.....

.....

.....

□ Compléter le paragraphe ci-dessous par : fréquence; étapes; horloge; externe; mémoires; de calcul; bus internes.

Les microcontrôleurs du type PIC sont composés chacun d'une unité et de périphériques. Parmi ces périphériques des pour enregistrer le programme, des registres et des pour le transfert des données entre les périphériques.

Une instruction est exécutée en plusieurs au rythme d'une interne ou moyennant un quartz et deux condensateurs par exemple. Le quartz permet d'augmenter la vitesse d'exécution du microcontrôleur en augmentant la de l'horloge.

La **figure 7** illustre un projet, réalisé par une municipalité, destiné à l'organisation de la circulation de voitures au niveau d'un croisement d'une route principale avec une route secondaire.

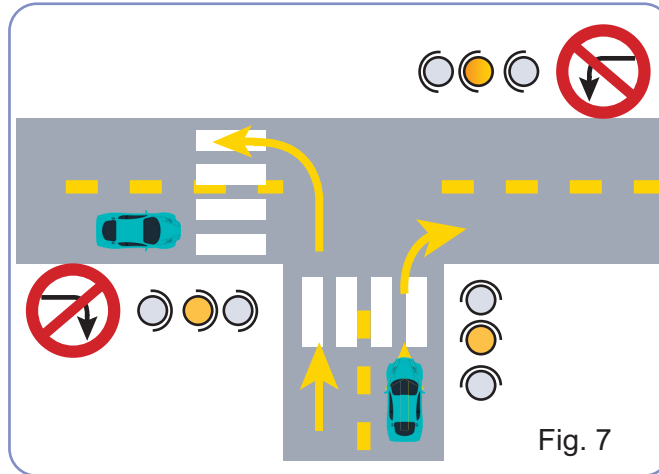


Fig. 7

Le cahier des charges fonctionnel de ce projet exige que l'organisation de la circulation soit assurée par un feu tricolore fonctionnant en deux modes (**figure 8**) :

- Mode jour utilisant les trois feux fonctionnant en alternance à des durées fixes ;
- Mode nuit utilisant uniquement le feu jaune clignotant.

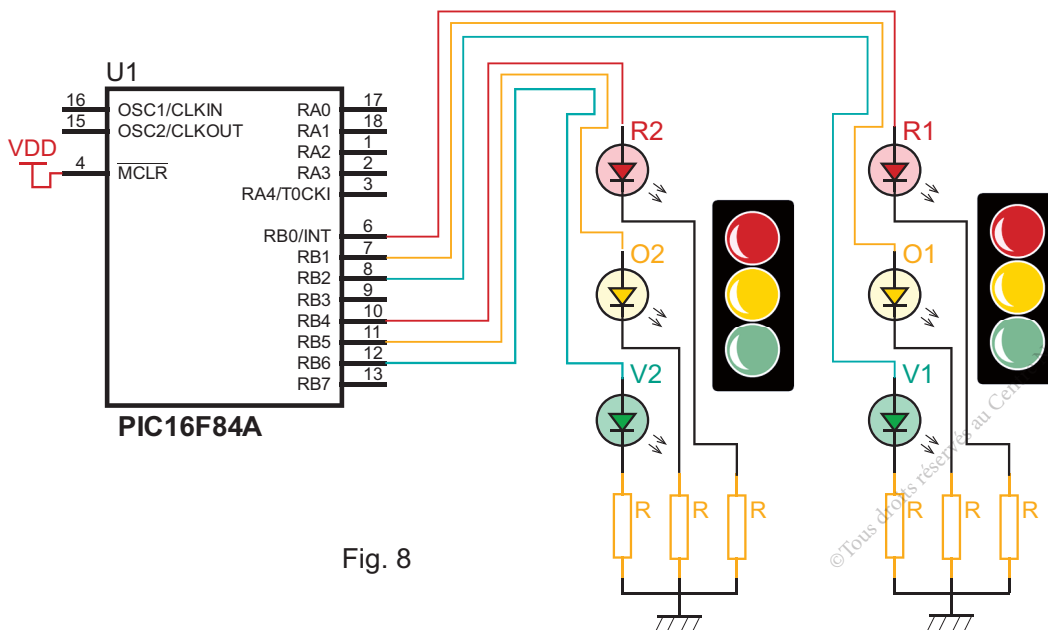


Fig. 8

Un sélecteur (S1), non représenté, est destiné au choix d'un mode de fonctionnement.

- Compléter, ci-dessous, le programme de commande du feu tricolore fonctionnant en mode nuit.

Algorithme	Programme
<pre> O1 type bit → RB1 O2 type bit → RB5 PROGRAMME DEBUT Configurer le portB RB0 ← 0 O1 ← 0 RB2 ← 0 RB4 ← 0 O2 ← 0 RB6 ← 0 TANT QUE DEBUT O1 ← 1, O2 ← 1, Délai (1S) O1 ← 0, O2 ← 0, Délai (1S) FIN TANT QUE FIN PROGRAMME </pre>	<pre> sbit O1 at RB1_bit; sbit O2 at RB5_bit; void main() { TRISB=0b.....; PortB.0=0; O1=0; PortB.2=0; PortB.4=0; O2=0; PortB.6=0; while(1) { O1 =; ; Delay_ms(1000); ; ; } } </pre>

Fig.9

- Saisir et compiler ce programme sur le logiciel mikroC pour PIC.
- 3 Saisir le schéma du circuit (figure 8) sur le logiciel "Proteus ISIS". Simuler son fonctionnement.
- Implanter ce programme sur le microcontrôleur et mettre en œuvre une maquette précâblée. Vérifier son fonctionnement.
- L'état du sélecteur S1 du choix du mode de fonctionnement du feu tricolore est identifié par un voyant lumineux (J : jaune) dont le fonctionnement est décrit par le tableau suivant:

Mode de fonctionnement	S1	Voyant J
Mode jour	Fermé	Allumé
Mode nuit	Ouvert	Éteint

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

6 Le schéma du circuit (figure 10) indique le branchement du sélecteur (S1) et du voyant d'identification (J).

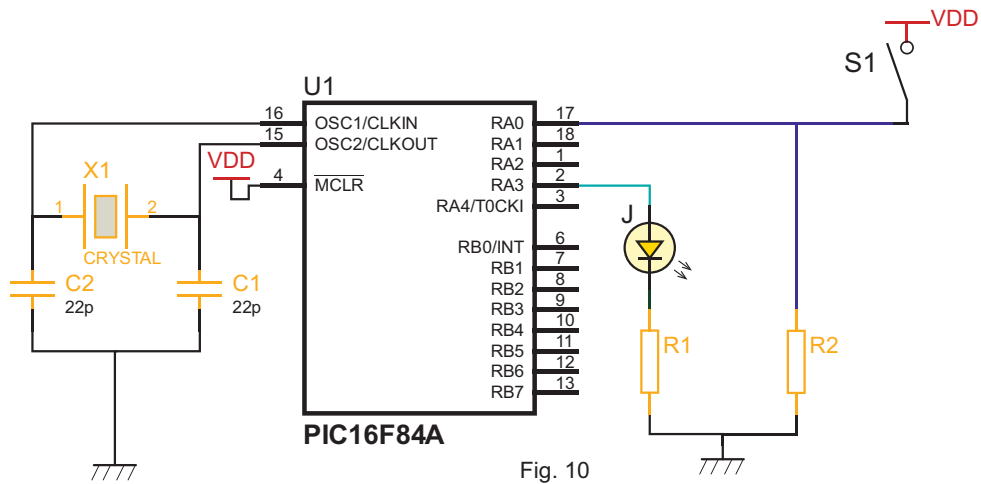


Fig. 10

a- Compléter la table des affectations des variables d'entrée/sortie

Variable	Affectation	Type de variable : entrée ou sortie	Configuration du registre
S1
J

b- Câbler le schéma du circuit (figure 10) sur la maquette didactique (figure 11).

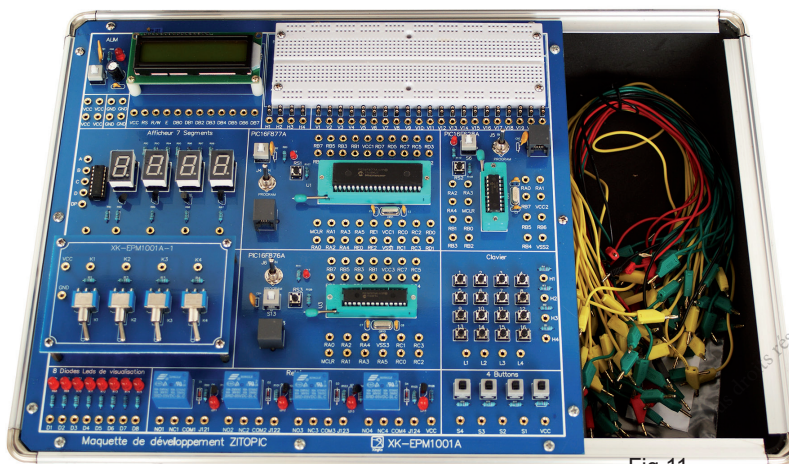


Fig.11

réservés au Centre National Pédagogique

d- Compléter, ci-dessous, le programme en mikroC conformément à l'algorithme donné.

Algorithme	Programme
<p>S1 type bit → RA0 J type bit → RA3 PROGRAMME PRINCIPAL DEBUT Configurer le portA J ← 0 TANT QUE DEBUT SI (S1=1) DEBUT J ← 1 FIN SINON DEBUT J ← 0 FIN FIN TANT QUE FIN PROGRAMME PRINCIPAL</p>	<pre> sbit S1 at RA0_bit; sbit J at RA3_bit; void main() { TRISA=0b.....; J=0; while(1) { (S1==.....) { J =; } { ; } } } </pre>

Fig.12

- e- Saisir le schéma du circuit (figure 10) sur un logiciel de simulation. Simuler son fonctionnement.
 - f- Implanter ce programme sur le microcontrôleur et mettre en œuvre la maquette d'expérimentation. Vérifier le fonctionnement.
- Compléter le paragraphe, ci-dessous, par les termes suivants : configurées ; bidirectionnel ; programmable ; RA0 ...RA4, RB0...RB7 ; sorties ; entrées ; TRISA ; TRISB ; PORTA ; PORTB.

Le microcontrôleur PIC16F84A est un circuit intégré constitué de deux ports nommés et

Le port A est constitué de 5 broches nommées :

Les broches du portA peuvent être soit en soit en

Il est un port

Cette configuration est effectuée dans le programme par un registre de direction nommé

- Le PortB est, lui aussi, un port Il est constitué de 8 broches nommées : Ces broches peuvent être configurées en ou en à l'aide du registre

Activité n° 4



Dans une maison, l'installation électrique d'une chambre d'enfant (figure 13) est équipée d'une prise électrique (P), d'une lampe du plafond (LP) et d'une lampe veilleuse (LV).

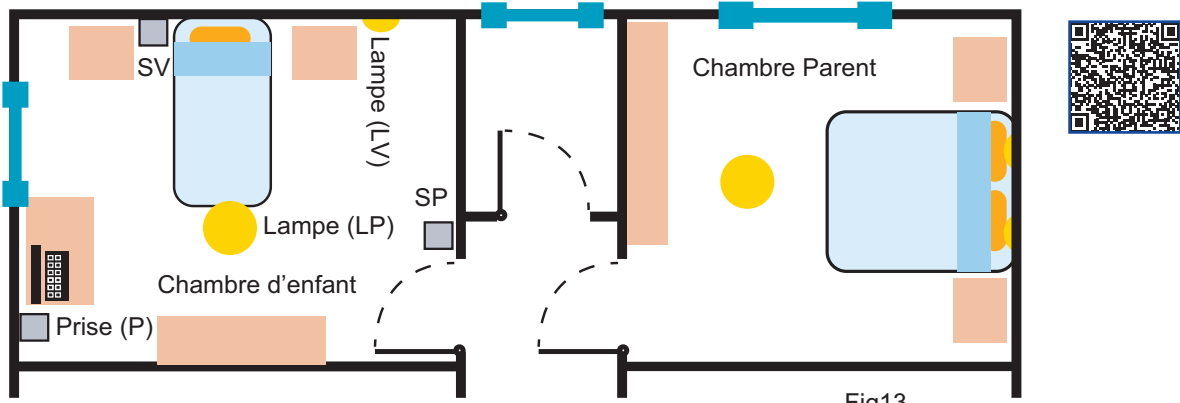
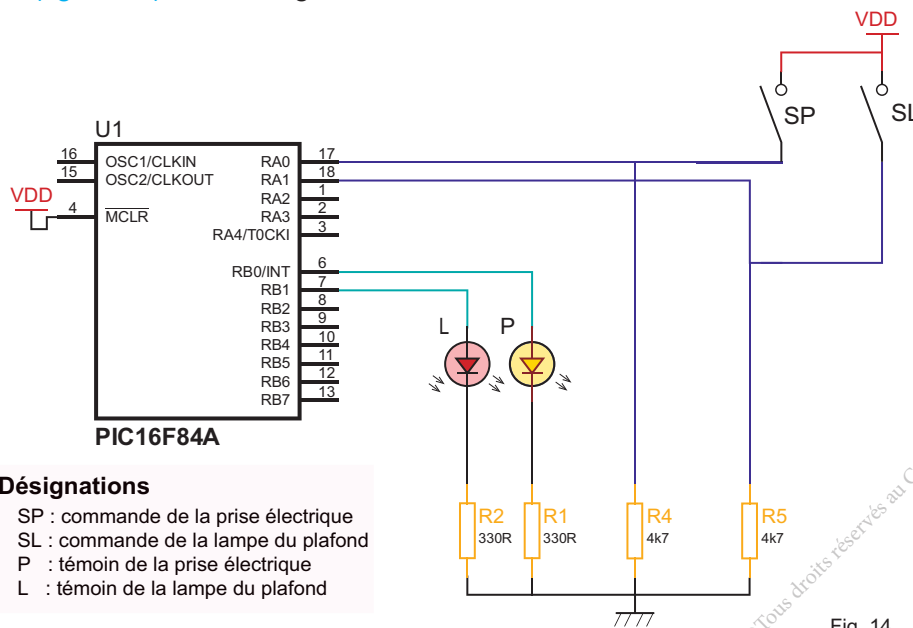


Fig13

Ces trois équipements sont commandés par des interrupteurs installés dans la chambre des parents placés successivement en série avec ceux installés dans la chambre d'enfant. Le père, autorise à son fils d'utiliser son ordinateur et d'éclairer sa chambre, comme il peut couper le courant sur la prise électrique et éteindre la lampe.

Le schéma (figure 14) illustre la gestion de cette chambre d'enfant.



Désignations

- SP : commande de la prise électrique
- SL : commande de la lampe du plafond
- P : témoin de la prise électrique
- L : témoin de la lampe du plafond

Fig. 14

SP	SL	P	L	Commentaires
RB1	RB0	RA1	RA0	L'enfant ne peut utiliser son PC ou éclairer sa chambre qu'après l'autorisation de son père:
0	0	1	1	Il peut allumer la lampe et utiliser la prise.
0	1	1	0	Il ne peut pas allumer la lampe mais il peut utiliser la prise.
1	0	0	1	Il ne peut pas utiliser la prise mais il peut allumer la lampe.
1	1	0	0	Il ne peut rien commander.

- Compléter le programme correspondant au tableau de fonctionnement en utilisant la structure «selon-faire».

Algorithme	Programme
<p>PROGRAMME DEBUT Configurer le portA Configurer le portB Initialiser à (0) les sorties</p> <p>TANT QUE SELON (PORTA) FAIRE DEBUT cas 1 : RB0 ← 0, RB1 ← 1, sortir cas 2 : RB0 ← 1, RB1 ← 0, sortir cas 3 : RB0 ← 0, RB1 ← 0, sortir défaut : RB0 ← 1, RB1 ← 1, sortir FIN FIN TANT QUE FIN PROGRAMME PRINCIPAL</p>	<pre>void main() { TRISA=0b.....; TRISB=0x.....; PORTB.B0 =; PORTB.B1 =; while (1) { (PORTA) { case 1 : PORTB.B0=.....; PORTB.B1=..... ; break; case ... : PORTB.B0=.....; PORTB.B1=..... ; break; case : PORTB.B0=.....; PORTB.B1=..... ; break; default : PORTB.B0=.....; PORTB.B1=..... ; break; } } }</pre>

Fig. 15

- Saisir et compiler ce programme sur le logiciel MikroC.
- Tracer le schéma du circuit (figure 14) sur un logiciel de simulation. Tester son fonctionnement.



□□ □□ □□ □□ □□ □□ □□ □□ □□ □□

Un microcontrôleur est un circuit intégré programmable destiné à la commande des systèmes et des objets techniques.

I- Boîtiers d'un microcontrôleur

- Boîtier DIP ;
- Boîtier SOIC;
- etc.

II- Choix d'un microcontrôleur

- Nombre des entrées/sorties et de Timers/compteurs ;
- Modules intégrés ;
- Fréquence d'horloge ;
- Outils de développement ;
- La possibilité de simuler le fonctionnement;
- Le programmeur;
- Contraintes économiques ;
- Coût des outils de développement.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

I- Programme en mikroC pour PIC

Composantes d'un programme sont :

- Partie réservée à la déclaration ;
- Partie réservée à la suite séquentielle des instructions du programme.

II- Données en langage mikroC

En MikroC, quatre types de données numériques de base sont utilisées : Bit ; Char ; Int ; "Float".

III- Déclaration des constantes

- `const Type NomConstante = Valeur ;`

IV- Les variables

- Les variables locales ;
- Les variables globales.

V- Registres TRIS et Ports

- `TRISXn = 1` → La broche RXn du port X est configurée en entrée ;
- `TRISXn = 0` → La broche RXn du port X est configurée en sortie.

VI- Opérateurs et expressions en mikroC

- Un opérateur d'égalisation ;
- Des opérateurs logiques ;
- Un opérateur de bits (bit à bit) ;
- Des opérateurs d'arithmétiques binaires ;
- Des opérateurs d'affectation ;
- Des opérateurs de comparaison ;
- Des opérateurs d'incrémentatation et de décrémentation.

VII- Boucles et instructions de répétition

- La boucle "while" ;
- La boucle "For" ;
- La boucle "do" ;
- La boucle "goto, continue et break" .

VIII- Structures de contrôle

- Structure de sélection "if else" et ses possibilités d'utilisation ;
- Structure de sélection "switch".

IX- Evaluations

- Microcontrôleurs
- MikroC pour PIC



Activité n° 1

□ □

Un enseignant de génie électrique a débuté sa séance par une application sur son smartphone qu'il a manipulé et a montré aux apprenants la commande à distance d'un robot placé au centre du laboratoire de technologie (figure 1). Il leur a demandé d'expliquer ce mode de commande et d'appliquer leurs acquisitions sur un exemple.



Fig. 1

En petits groupes:

□ Compléter la formulation de la problématique suivante par : commander; objet ; technologies.

a- La maîtrise des de communication permettra-t-elle de à distance un connecté?

b- Compléter les hypothèses suivantes par : commande ; technologie ; objet connecté; objet connecté; connectés; commande ; objet ; objet.

■ Un..... technique qui dispose d'un ou de plusieurs préactionneurs est susceptible d'être commandé à distance.

■ La technologie Bluetooth permet la commande à distance d'un

■ La Wi-Fi permet la à distance d'un connecté.

■ La technologie Internet des objets permet la d'un

c- Formuler des questions relatives aux savoirs et savoir-faire à acquérir pour devenir capable de confirmer ou nier ces hypothèses.

.....

.....

.....

.....

□ Proposer des étapes à suivre pour vérifier ces hypothèses.

Activité n° 2

La figure 2 représente un montage d'un module HC-05 et d'une carte Arduino Uno.

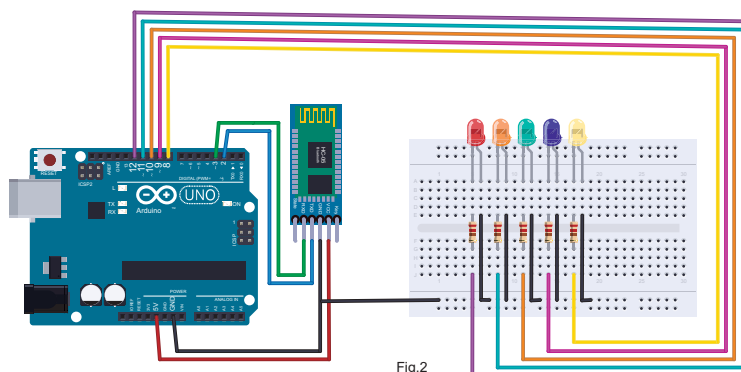


Fig.2



- Reproduire le câblage en utilisant une plaque d'essai, une carte Arduino Uno, un module HC-05, une diode LED et un résistor de résistance 220Ω.
- Télécharger le fichier "Cmd_Bt.txt" en utilisant l'URL suivant : https://tech3elec.education.tn/TH7_cours/TH7_Prog/Cmd_Bt.txt
 - a- Copier le programme et coller le dans l'IDE "Arduino";
 - b- Téléverser le programme dans la carte "Arduino Uno".
- A partir du play store, télécharger et installer l'application "3ST_GE_IoT". La figure 3 illustre cette interface graphique.

- Configurer cette interface graphique :
 - a- sélectionner l'onglet "Bluetooth" (figure 4);
 - b- activer "Bluetooth"; cliquer sur "Lister" pour
 - c- afficher les périphériques associés;
 - d- sélectionner la ligne contenant le module Bluetooth "HC-05"; Une fenêtre de saisie du mot de passe s'ouvre.
 - e- entrer un mot de passe ("1234" ou "0000"); si la connexion est établie confirmer par "OK"; Une nouvelle fenêtre est affichée;



Fig. 3

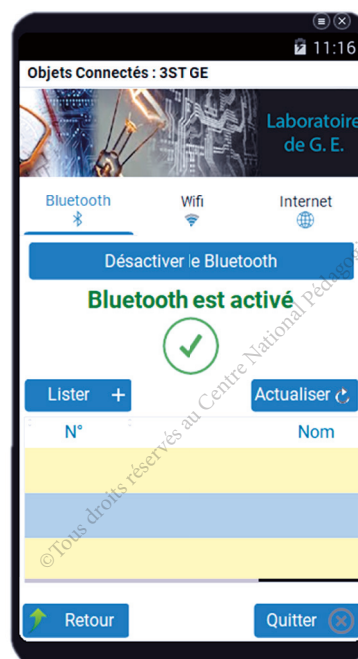


Fig. 4

g- manipuler le bouton et commander la diode LED.

La LED est commandée à partir du smartphone.

Utiliser cette interface graphique :

a- identifier l'infrastructure matérielle de l'IdO.

b- identifier l'infrastructure numérique.

c- identifier la technologie de communication utilisée dans cette application.

d- compléter le tableau par "Oui" ou "Non" en fonction de la distance qui sépare le smartphone de la carte Arduino.

Distance (m)	1	5	10	15
Connexion établie				

e- quelle est la portée fonctionnelle de la technologie Bluetooth?

f- la portée de la technologie Bluetooth est-elle une portée courte ou moyenne ou longue? Justifier.

g- la technologie Bluetooth appartient-elle au réseau public ou réseau privé ? Justifier.

6 Compléter la phrase par les termes convenables : connectés; commander ; deux systèmes; Bluetooth; courte; le transfert.

La technologie permet d'informations entre distants à une portée Avec cette technologie, on peut des objets

Activité n° 3



La **figure 5** représente un montage du module ESP32.

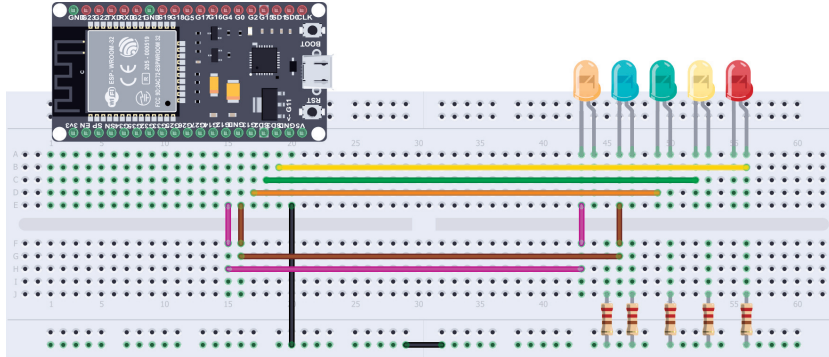


Fig.5

- Reproduire le câblage en utilisant une plaque d'essais, un module ESP32 et une diode LED.
N.B : Le module ESP32 est configuré comme un point d'accès WI-FI autonome. On n'utilise aucune liaison à un réseau WI-FI existant. Dans cette activité, pour se connecter, le smartphone devra être connecté au point d'accès à créer.

□ Programmation du module "ESP32" :

- ouvrir l'IDE "Arduino";
- cliquer sur "Fichier "
- sélectionner "Exemples";
- sélectionner "WiFi";
- sélectionner "WiFiAccesPoint";
- téléverser le programme dans le module "ESP32".

Une nouvelle interface est ouverte.

□ Utilisation de l'interface graphique

a- Identifier l'infrastructure matérielle du l'IdO.

b- Identifier l'infrastructure numérique.

c- Identifier la technologie de communication utilisée dans cette application.

d- Compléter le tableau par "Oui" ou "Non" en fonction de la distance qui sépare le smartphone de la carte Arduino.



Fig. 6

Distance (m)	5	10	30	60
Connexion établie				

- e- Quelle est la portée fonctionnelle de la technologie WI-FI.
- f- La portée de la technologie WI-FI est-elle une portée courte ou moyenne ou longue? Justifier

- g- La technologie WI-FI appartient-elle au réseau public ou réseau privé? Justifier.

Activité n° 4

Commande d'un récepteur via Internet



Dans cette activité, on utilise le montage de la [figure 5](#).

Mode d'utilisation

- Ouvrir l'application déjà installée sur un smartphone connecté à Internet ;
- Sélectionner "Internet";
- Appuyer sur le bouton "Se connecter au serveur Cloud";
- Copier sur une feuille le code "API KEY" ([figure 8](#));
- Valider.
Une fenêtre de commande est ouverte.

Programmer le module ESP32 :

- télécharger le fichier commande code pour ouvrir le fichier "Cmd_Int.txt" en utilisant le lien ci-après :

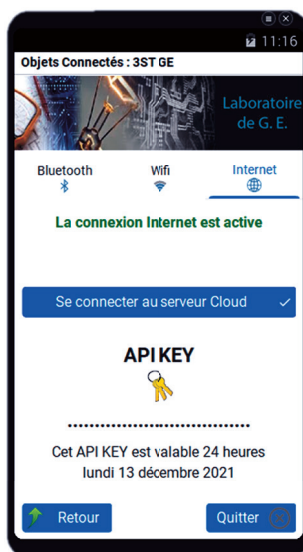


Fig. 7

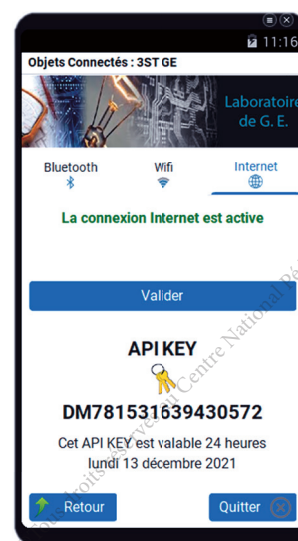


Fig. 8

https://tech3elec.education.tn/TH7_cours/TH7_Prog/Cmd_Int.txt

- copier le programme et coller le dans l'IDE "Arduino"
- remplacer dans ce programme "YourSSID" par le nom du réseau Internet disponible dans le laboratoire de technologie.

- d- remplacer dans ce même programme "YourPassword" par le mot de passe du réseau Internet;
- e- remplacer "Your_API_KEY" par le "API KEY" déjà obtenu;
- f- téléverser le programme dans le module "ESP32".

N.B : Le service "SSID" désigne "Service Set Identifier". Il est le nom du réseau WI-FI sur lequel on peut établir une connexion Internet au moyen d'un mot de passe.

- g- manipuler le bouton et commander la diode LED1. La LED est commandée à partir de votre smartphone via Internet.

□ Utiliser l'interface graphique (figure 9) :

- a- Identifier l'infrastructure matérielle du l'IdO.

.....

- b- identifier l'infrastructure numérique.

.....

- c- identifier la technologie de communication utilisée dans cette application .

.....

- d- quelle est la portée fonctionnelle de la technologie WI-FI via Internet.

.....

- e- quelle est la différence entre un réseau privé et un réseau public?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

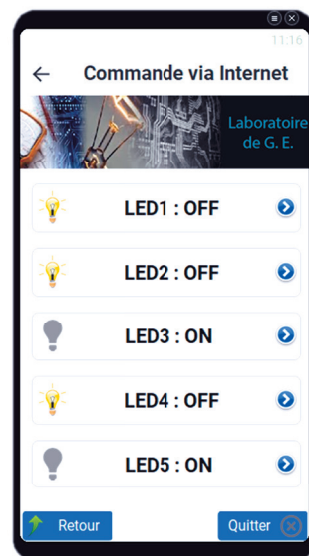


Fig. 9

- Compléter la phrase par les termes convenables : privé ; communication; local; connectés ;

Les objets se prêtent à une connexion via un réseau ou via un réseau moyennant des protocoles de spécifiques.

- relever l'adresse IP de l'interface groomy;
 - ouvrir le navigateur Internet;
 - dans la barre d'adresse du navigateur, entrer l'adresse IP déjà relevée;
- On obtient l'interface (figure 13).

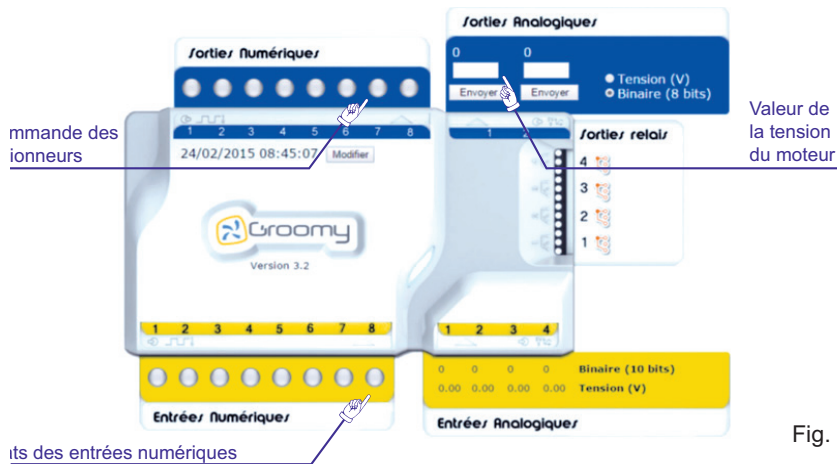


Fig. 13

Utilisation des données

- a- Identifier, dans le tableau suivant, les capteurs actifs en mettant une croix dans la case correspondante.

N° du capteur	1	2	3	4	5	6	7	8
Capteur actif								

- b- Le système de tri est-il connecté au PC? Au moyen de quelle technologie cette connexion est-elle établie?

.....

.....

- c- Qu'appelle-t-on ce type d'acquisition de ces données?

.....

- d- Cliquer, dans la partie commande des actionneurs (figure 13), sur le bouton 8 . Saisir (2) dans la zone "valeur de la tension";

- e- Décrire le comportement du système suite à ces données.

.....

.....

Compléter la phrase par les termes convenables.

Les systèmes techniques considérés comme des objets se prêtent à une commande à via une adresse Le système de tri déjà étudié en est un exemple.

© Tous droits réservés au Centre National Français

I- Définition

L'Internet des Objets IdO (IoT en anglais) est une infrastructure numérique, matérielle et logicielle destinée essentiellement à la commande à distance des objets techniques connectés. L'IdO est basé sur la technologie de l'information et de la communication et un identifiant unique de chaque objet connecté.

II- Utilisateurs de l'IdO

Humains ; professionnels de métiers ; etc.

III- La domotique

La domotique désigne l'ensemble des techniques et des technologies de communication destinés à la commande des objets connectés au sein d'un domicile.

IV- Objets connectés

Un objet connecté est un appareil, un instrument, un préactionneur, ou une machine ayant un identifiant unique et est connecté à un réseau via un protocole de communication.

V- Installation d'un interrupteur connecté

Une notice d'utilisation est fournie avec chaque Kit d'interrupteurs connectés. Il suffit d'appliquer exactement le mode d'utilisation indiqué dans cette notice.

VI- Réseaux informatiques

Dans les technologies de l'information, un réseau est défini par la mise en relation de deux ou plusieurs systèmes informatiques à des fins de partage et d'échange d'informations et de ressources. Exemples : LAN; MAN; WAN.

VII Protocole de communication IdO

Ensemble des conventions destiné à faire coopérer des objets connectés distants. Un protocole de communication fixe essentiellement :

- La manière d'indiquer qu'un appareil est prêt à recevoir de l'information ;
- Le contexte de la communication;
- La façon de s'assurer que le message a été bien reçu et traité ;
- Les procédures en cas d'anomalies ou de ruptures de la communication ;
- La procédure de fin de communication.

VIII- Technologies de communication pour l'IdO

- Technologie WI-FI; technologie Bluetooth; technologie Internet.

IX- Objets connectés

Un objet connecté interagit, à distance, via une technologie de communication.

X- Internet des objets

L'Internet des objets signifie l'interaction grâce à une adresse IP.

XI- Périphériques

On considère un périphérique chaque système technique qui exécute, à distance, des ordres via une technologie de communication.

XII- Évaluation





Moteurs Électriques

Le Thème «Moteurs électriques» permettra aux apprenants de construire des connaissances relatives aux moteurs électriques et de développer des habiletés leur facilitant le choix et la mise en œuvre d'un moteur électrique en vue d'entraîner une charge mécanique. Les composantes des compétences disciplinaires sont :

CD1.2: Déterminer les caractéristiques d'une machine ou d'un montage électrique.

CD2.2: Mettre en œuvre une machine ou un montage électrique et analyser les grandeurs électriques ou mécaniques mises en jeu.

CD3.2: Décrire une machine électrique ou un montage électrique et en rendre compte

Remarque : Ce thème fait l'objet d'une recherche réalisée par les élèves en groupes et présentée en plénière.

Activités de recherche et projets communs

1) Moteur à courant continu Groupe n° ... Classe : ... ■ ■ ■ ■	2) Moteur monophasé Groupe n° ... Classe : ... ■ ■ ■ ■	3) Moteur pas à pas Groupe n° ... Classe : ... ■ ■ ■ ■
4) Moteur universel Groupe n° ... Classe : ... ■ ■ ■ ■	5) Moteur Brushless Groupe n° ... Classe : ... ■ ■ ■ ■	6) Servomoteur Groupe n° ... Classe : ... ■ ■ ■ ■

Manuel de cours : <https://tech3elec.education.tn/MoteursElectriques.html>



Cahier Des Charges Fonctionnel d'un projet commun

Questions auxquelles un projet commun devrait répondre :

- Le cahier des charges fonctionnel d'un projet commun encadré par un enseignant :
 - a- exprime-t-il clairement le besoin demandé ?
 - b- permettra-t-il aux membres des groupes de le traduire, en termes de fonctions, de services, de contraintes, d'étapes et des tâches ?

- Le projet :
 - offrira-t-il des occasions pour construire des nouveaux apprentissages?
 - construira-t-il le collectif?

- Préparation à l'exposé :

Au cours des séances d'apprentissage, a-t-on donné des occasions aux apprenants pour :

 - a- la prise de parole ?
 - b- l'initiation à la clarté
 - c- l'exercice de la communication ?
 - d- le débat et l'argumentation ?
 - e- l'éducation à la sécurité ?
 - f- la formation à la citoyenneté ?
 - g- la découverte du monde professionnel ?

- La recherche de l'information L'utilisation du numérique pour la recherche documentaire est-elle suivie ?

- Outils d'évaluation
 - Quels sont les outils utilisés pour évaluer les avancements dans les projets ?

Fiche de candidature à un projet

La fiche de la candidature, ci-dessous, est à remplir par chaque membre d'un même groupe d'apprenants. Une copie doit être rendue à l'enseignant.

Exemple	Fiche de candidature
1- Nom & Prénom (responsable) 2 - Nom & Prénom (Rapporteur) 3- Nom Prénom (Membre)	Noms et Prénoms des membres du groupe : - - -
Exemple Servomoteur pour orienter les roues d'une voiture radio com- mandée	Projet :
Étapes -Recherche documentaire sur le fonctionnement du servomoteur; -Choix technologiques ; - Conception : dessins ; schémas ; programmes ; -Réalisations.	Présentation des étapes de réalisation - - - - -
Les travaux devraient être parta- gés d'une manière équitable ou effectués en collaboration.	Partage des tâches - - -
Indiquer sur le portfolio l'objet de chaque rencontre, les avance- ments acquis, les difficultés ren- contrées, les solutions proposées, l'entente entre le groupe, etc.	Bilan des actions Dates et objets des rencontres présentiels : - - Dates des réunions à distance : - - -
Le choix de l'outil de communi- cation doit être réfléchi et argu- menté.	Outils de communication Power point; Posters; Vidéo; autre.....

Le portfolio est manuscrit et est individuel. Il contient : La fiche de candidature, les activités, les difficultés rencontrées, les solutions, les recommandations de l'enseignant ainsi que les composantes du projet (dessins, les schémas, les programmes , etc.). Chaque élève doit tenir une copie de la candidature dans son portfolio.

Projet n°1

Maquette d'illustration du principe d'un moteur à courant continu



Cahier des charges fonctionnel (CDCF)

Concevoir et réaliser une maquette d'illustration du principe d'un moteur à courant continu à aimant permanent en respectant les exigences suivantes :

- Ce projet devrait être réalisé par un groupe de trois apprenants au moins.
- Une copie de la fiche de la candidature devra être rendue à l'enseignant.
- Portfolio de chaque apprenant
 - a- Les composantes scientifiques du portfolio
 - Le principe d'un moteur à courant continu;
 - La constitution;
 - Le domaine d'utilisation;
 - Le choix d'un moteur pour une application donnée ;
 - Le respect des points mentionnés dans la fiche de la candidature.
 - b- Les tâches
 - Le partage des tâches ;
 - Les avancements dans le projet ;
 - La participation de chaque membre du groupe ;
 - Les rencontres (dates, l'objet de chaque rencontre, etc.).
 - c- La conception La communication et l'esprit de groupe :
 - Les arguments de choix des outils de communication (Power Point, vidéo, etc.).
 - d- La conception
 - Dessins;
 - Schémas;
 - Photos;
 - Vidéos.
 - e- Réalisation
 - Choix technologique;
 - Coût;
 - Difficultés rencontrées;
 - Solutions.
- Exposé
 - Rôle de chaque membre du groupe au cours de l'exposé.
- Délais
 - Fixés et imposés par l'enseignant : le respect de la date de livraison de la fiche de la candidature et de la date de l'exposé.

Projet n°2

Principe d'un moteur Asynchrone monophasé



Cahier des charges fonctionnel (CDCF)

Expliquer le principe d'un moteur à courant alternatif monophasé en respectant les exigences suivantes :

- Ce projet devrait être réalisé par un groupe de trois apprenants au moins.
- Une copie de la fiche de la candidature devra être rendu à l'enseignant au bon délais.

Préparer un portfolio.

- a- Les composantes scientifiques du portfolio
 - Le principe du moteur étudié ;
 - La constitution;
 - Le domaine d'utilisation;
 - Le choix d'un moteur pour une application donnée.
 - Le respect des points mentionnés dans la fiche de la candidature.
- b- Les tâches
 - Le partage des tâches;
 - Les avancements dans chaque rencontre ;
 - La participation de chaque membre du groupe;
 - les rencontres (dates, l'objet de chaque rencontre, les points discutés, les problèmes, les solutions, recommandations de votre enseignant).
- c- La communication et l'esprit de groupe :
 - Les arguments du choix d'outil de communication (Power Point, vidéo, etc.).
- d- La conception
 - Dessins;
 - Schémas;
 - Programmes.
 - Photos;
 - Vidéos.
- e- Réalisation
 - Choix technologique;
 - Coût;
 - Temps mis;
 - Les difficultés rencontrées;
 - Solutions.

- Exposé : rôle de chaque membre du groupe au cours de l'exposé.

Projet n°3

Principe d'un Moteur universel



Cahier des charges fonctionnel (CDCF)

Expliquer le principe d'un moteur universel en respectant les exigences suivantes :

- Ce projet devrait être réalisé par un groupe de trois apprenants au moins.
- Une copie de la fiche de la candidature devra être rendu à l'enseignant au bon délais.
- Préparer un portfolio.
 - a- Les composantes scientifiques du portfolio
 - Le principe du moteur étudié ;
 - La constitution;
 - Le domaine d'utilisation;
 - Le choix d'un moteur pour une application donnée.
 - Le respect des points mentionnés dans la fiche de la candidature.
 - b- Les tâches
 - Le partage des tâches;
 - Les avancements dans chaque rencontre ;
 - La participation de chaque membre du groupe;
 - Les rencontres (dates, l'objet de chaque rencontre, les points discutés, les problèmes, les solutions, recommandations de votre enseignant).
 - c- La communication et l'esprit de groupe :
 - Les arguments du choix d'outil de communication (Power Point, vidéo, etc.).
 - d- La conception
 - Dessins;
 - Schémas;
 - Programmes.
 - Photos;
 - Vidéos.
 - e- Réalisation
 - Choix technologique;
 - Coût;
 - Temps mis;
 - Les difficultés rencontrées;
 - Solutions.
- Exposé : rôle de chaque membre du groupe au cours de l'exposé.

Projet n°4

Principe Brushless

Cahier des charges fonctionnel (CDCF)



Expliquer le principe d'un moteur Brushless en respectant les exigences suivantes :

- Ce projet devrait être réalisé par un groupe de trois apprenants au moins.
- Une copie de la fiche de la candidature devra être rendu à l'enseignant au bon délais .
- Préparer un portfolio.
 - a- Les composantes scientifiques du portfolio
 - Le principe du moteur étudié ;
 - La constitution;
 - le domaine d'utilisation;
 - le choix d'un moteur pour une application donnée.
 - Le respect des points mentionnés dans la fiche de la candidature.
 - b- Les tâches
 - Le partage des tâches;
 - Les avancements dans chaque rencontre ;
 - La participation de chaque membre du groupe;
 - les rencontres (dates, l'objet de chaque rencontre, les points discutés, les problèmes, les solutions, recommandations de votre enseignant).
 - c - La communication et l'esprit de groupe :
 - Les arguments du choix d'outil de communication (Power Point, vidéo, etc.).
 - d - La conception
 - Dessins;
 - Schémas;
 - Programmes.
 - Photos;
 - Vidéos.
 - e - Réalisation
 - Choix technologique;
 - Coût;
 - Temps mis;
 - Les difficultés rencontrées;
 - Solutions.
- Exposé
 - Rôle de chaque membre du groupe au cours de l'exposé.

Projet n°5

Principe d'un moteur

PAS A PAS A AIMANT PERMANENT



Cahier des charges fonctionnel (CDCF)

Expliquer le principe d'un moteur pas à pas à aimant permanent en respectant les exigences suivantes :

- Ce projet devrait être réalisé par un groupe de trois apprenants au moins.
- Une copie de la fiche de la candidature devra être rendu à l'enseignant au bon délais .
- Préparer un portfolio.
 - a- Les composantes scientifiques du portfolio
 - Le principe du moteur étudié ;
 - La constitution;
 - Le domaine d'utilisation;
 - Le choix d'un moteur pour une application donnée.
 - Le respect des points mentionnés dans la fiche de la candidature.
 - b- Les tâches
 - Le partage des tâches;
 - Les avancements dans chaque rencontre ;
 - La participation de chaque membre du groupe;
 - Les rencontres (dates, l'objet de chaque rencontre, les points discutés, les problèmes, les solutions, recommandations de votre enseignant).
 - c- La communication et l'esprit de groupe :
 - Les arguments du choix d'outil de communication (Power Point, vidéo, etc.) .
 - d- La conception
 - Dessins;
 - Schémas;
 - Programmes.
 - Photos;
 - Vidéos.
 - e- Réalisation
 - Choix technologique;
 - Coût;
 - Temps mis;
 - Les difficultés rencontrées;
 - Solutions.
- Exposé : rôle de chaque membre du groupe au cours de l'exposé.

Projet n°6

APPLICATION A BASE D'UN SERVOMOTEUR

Cahier des charges fonctionnel (CDCF)



Concevoir et réaliser un robot (voiture radio commandée, etc.) utilisant un servo moteur classique tout en respectant les exigences suivantes :

- Ce projet devrait être réalisé par un groupe de trois apprenants au moins.
- Une copie de la fiche de la candidature devra être rendu à l'enseignant au bon délais .
- Préparer un portfolio.
 - a- Les composantes scientifiques du portfolio
 - Le principe du moteur étudié ;
 - La constitution;
 - le domaine d'utilisation;
 - le choix d'un moteur pour une application donnée.
 - Le respect des points mentionnés dans la fiche de la candidature.
 - b- Les tâches
 - Le partage des tâches;
 - Les avancements dans chaque rencontre ;
 - La participation de chaque membre du groupe;
 - les rencontres (dates, l'objet de chaque rencontre, les points discutés, les problèmes, les solutions, recommandations de votre enseignant).
 - c- La communication et l'esprit de groupe :
 - Les arguments du choix d'outil de communication (Power Point, vidéo, etc.).
 - d- La conception
 - Dessins;
 - Schémas;
 - Programmes.
 - Photos;
 - Vidéos.
 - e- Réalisation
 - Choix technologique;
 - Coût;
 - Temps mis;
 - Les difficultés rencontrées et les solutions proposées.
- Exposé.

FICHE DE LA CANDIDATURE AUX PROJETS

La fiche de la candidature, ci-dessous, est à remplir par les membres de chaque groupe. Elle doit parvenir avant la date limite fixée par l'enseignant.

Fiche de candidature

Noms et Prénoms des membres du groupe :

- (Responsable)
- (Rapporteur)
- (Membre)

Projet :

.....

.....

.....

Présentation des étapes de réalisation

-
-
-
-
-
-

Partage des tâches

-
-
-

Bilan des actions

Dates et objets des rencontres présentiels :

.....

.....

.....

Dates et objets des réunions à distance :

.....

.....

.....

Outils de communication:

Power point; Posters; Vidéo; autre

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Le contenu du portfolio est manuscrit : indiquer les dates des rencontres, les activités, les difficultés, les solutions, les recommandations et remarques de l'enseignant ainsi que les composantes du projets (dessins, les schémas, les programmes, etc.). Chaque élève doit tenir une copie de la candidature dans son portfolio. Un portfolio d'un projet ne doit dépasser, en aucune manière, 12 pages.



Moteur pas à pas à aimant permanent

Le Thème «Moteur pas à pas à aimant permanent» permettra aux apprenants de s'approprier des savoirs et savoir-faire relatifs aux choix et à la commande d'un moteur pas à pas en vue d'entraîner un effecteur d'un système technique. Les composantes des compétences disciplinaires sont :

CD1.2 : Déterminer les caractéristiques d'une machine ou d'un montage électrique.

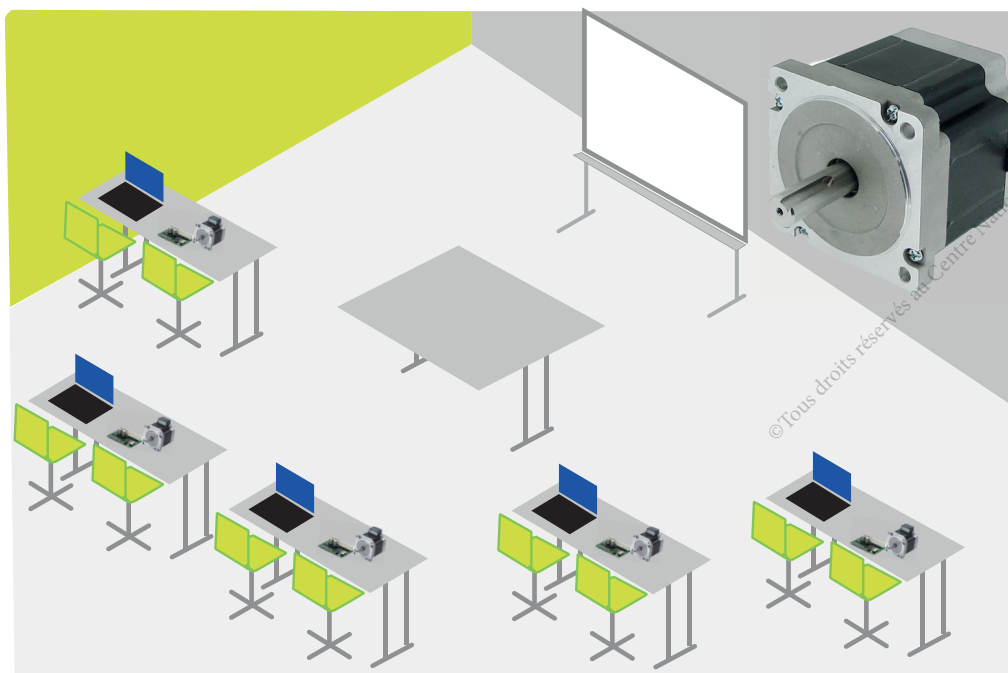
CD2.2 : Mettre en œuvre une machine ou un montage électrique et analyser les grandeurs électriques ou mécaniques mises en jeu.

CD3.2 : Décrire une machine électrique ou un montage électrique et en rendre compte .



Situation	Activité(s)	C.D	C. de vie	Supports
Déclenchante	Activité n°1		Communication	Diapos, maquette didactique .
Apprentissage	Activité n°2	CD1.2	Esprit critique	Maquette;
	Activité n°3	CD2.2	Prise de décision	Valise d'expérimentation;
Évaluation	Activité n°4	CD3.2	Communication	Logiciels.

Cours : <https://tech3elec.education.tn/MPP.html>



Activité n° 1

Les apprenants ont observé une machine CNC à écrire (**figure 1**) en fonctionnement. Celle-ci est entraînée par des moteurs pas à pas à aimants permanents.

Ils ont remarqué que :

- ces moteurs sont à deux sens de rotation et à vitesses variables;
- la commande de ces moteurs est effectuée par une carte électronique à base de microcontrôleur du type PIC programmée en langage mikroC pour PIC.

Le matériel disponible est :

- un moteur pas à pas à aimant permanent;
- une carte électronique à base de microcontrôleur du type PIC 16F84A;
- un circuit intégré ULN2803a.

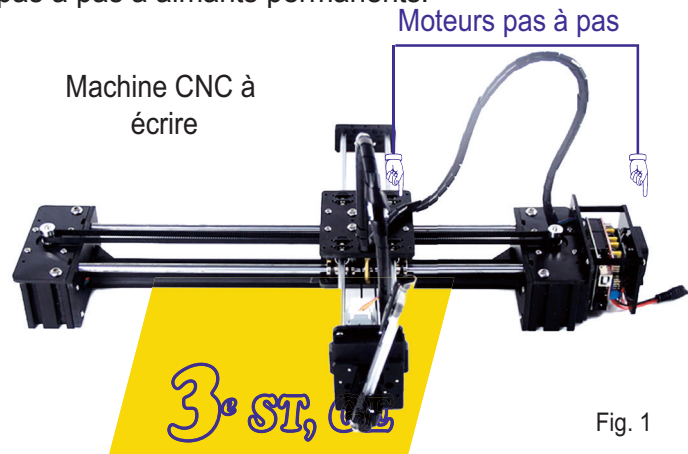


Fig. 1

La **figure 2** représente le schéma du circuit de commande d'un moteur pas à pas à aimant permanent.

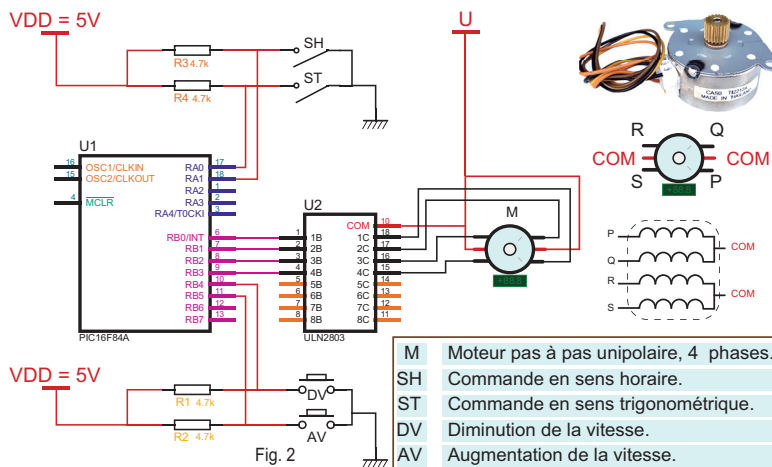


Fig. 2

En petits groupes :

- Compléter la formulation de la problématique suivante par : programmable ; commandé ; moteur pas à pas.

Comment unest-il par une carte électronique ?

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

- Compléter les hypothèses suivantes par : identification; inversion ; microcontrôleur ; interfaces ; choix.
 - L'..... des bornes de chaque bobine statorique d'un moteur pas à pas permet une commande dans un sens de rotation prescrit.
 - Les variables d'entrée assurent l'..... du sens de rotation du moteur pas à pas.
 - Le d'un..... est une étape nécessaire à la programmation.
 - Le choix des est une étape nécessaire à la mise en œuvre d'un moteur pas à pas.
- Quelles sont les savoirs et savoir-faire à acquérir pour devenir capable de vérifier, confirmer ou nier ces hypothèses.

.....

.....

.....

- Proposer un plan d'action correspondant à cette étude

.....

.....

.....

Activité n° 2



La figure 3 présente les moyens matériels destinés à la commande d'un moteur pas à pas dans le sens horaire à une vitesse d'un pas par seconde.

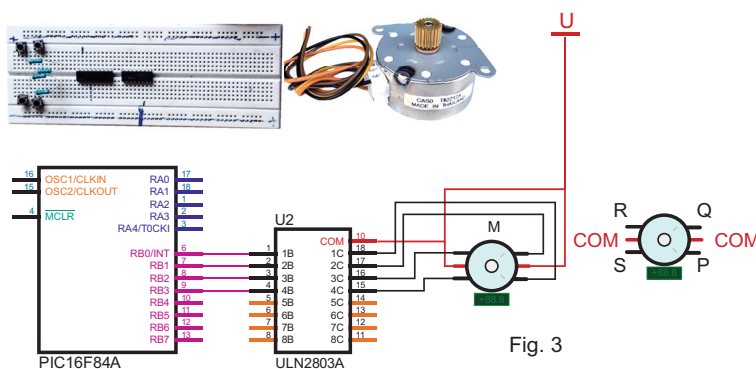


Fig. 3

- Quel est le nombre de phases?
-
- Identifier et repérer les bornes de ces phases à l'aide d'un multimètre.
-
- Déterminer la séquence de commutation permettant une rotation dans le sens horaire.
-
-

Quelle est la fonction du circuit intégré ULN2803A?

Câbler le schéma (figure 4) en utilisant les moyens matériels disponibles.

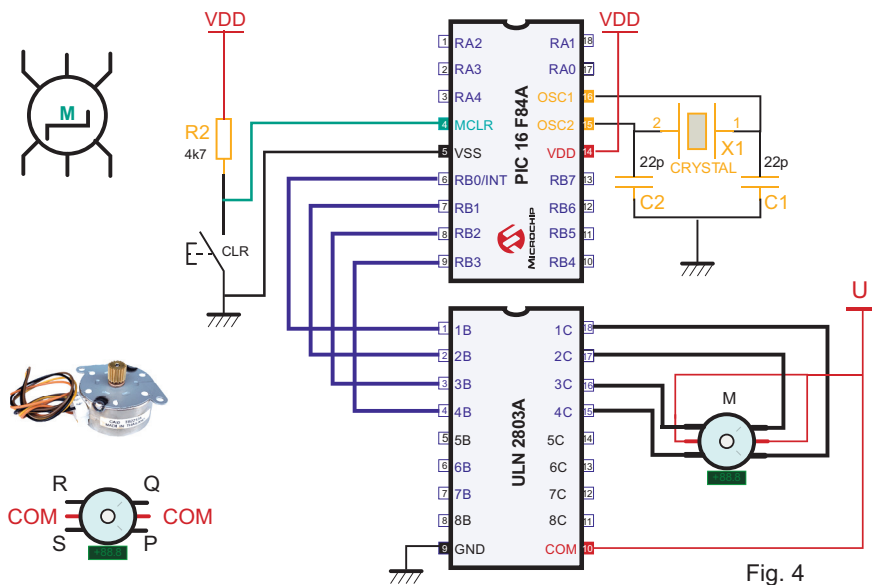


Fig. 4

Compléter le programme ci-dessous. Saisir et compiler ce programme.

```
void main()
{
    trisb=0xf0;
    portb.B3=0;portb.B2=0;portb.B1=0;portb.B0=0;
    while(1)
    {
        Portb.B3=1; Portb.B2=0; Portb.B1=0; Portb.B0=1; delay_ms(1000);
        Portb.B3=...; Portb.B2=...; Portb.B1=...; Portb.B0=...; delay_ms(1000);
        Portb.B3=...; Portb.B2=...; Portb.B1=...; Portb.B0=...; delay_ms(1000);
        Portb.B3=...; Portb.B2=...; Portb.B1=...; Portb.B0=...; delay_ms(1000);
    }
}
```

Fig. 5

Saisir le schéma (figure 4) sur un logiciel. Simuler son fonctionnement.

Dans le tableau ci-dessous, indiquer, par une croix, chaque phase excitée.

Pas	Rotation horaire			
	P	Q	R	S
1	X			X
2				
3				
4				

- 9 Implanter le programme dans le microcontrôleur PIC 16F84A. Mettre en œuvre le moteur pas à pas.
- 10 Modifier le temps mis par pas pendant un tour (3s au lieu d'une seconde).
- 11 Compléter le chronogramme (figure 6) décrivant une séquence de commutation.

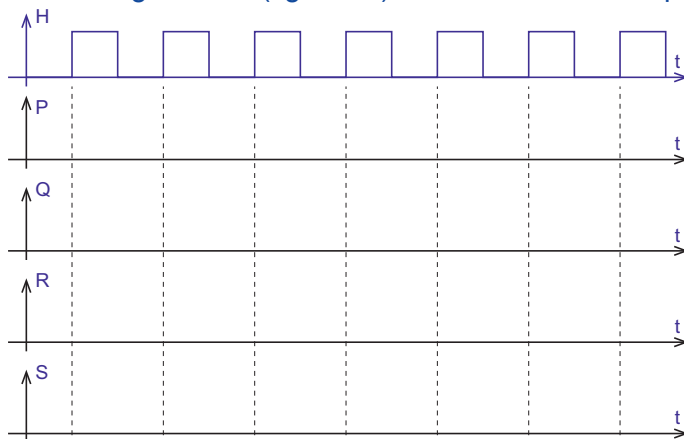


Fig. 6

12 Comment a-t-on procédé pour identifier ce moteur ?

13 L'hypothèse n°1 évoquée dans l'activité n°1 est-elle confirmée ou niée? Justifier.

Sans avoir identifié les, il est impossible d'établir un programme permettant de commander pas à pas dans le sens de rotation

Activité n° 3

Inversion du sens de rotation d'un moteur pas à pas



L'objet de cette activité est d'améliorer le programme de l'activité n°2, afin de commander le moteur pas à pas dans le sens horaire ou dans le sens trigonométrique au moyen de deux switches branchés sur RA0 et RA1 du microcontrôleur (figure 7).

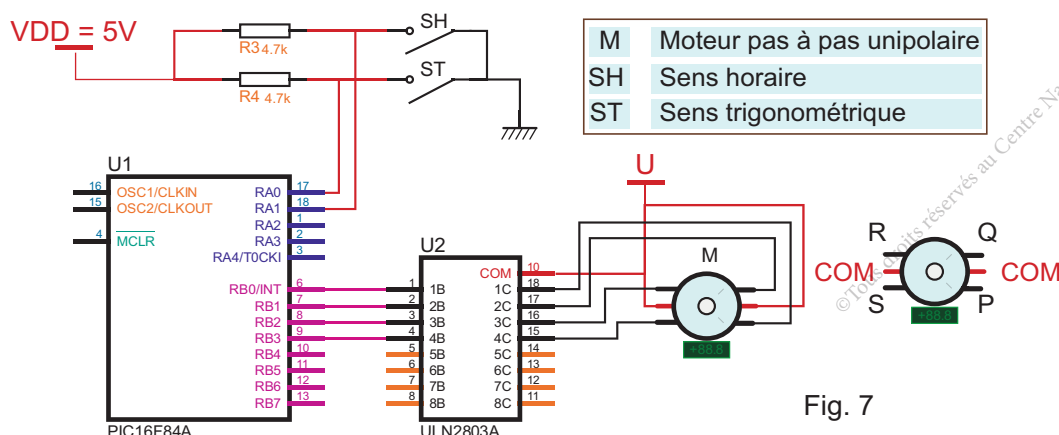


Fig. 7

1 Câbler le schéma sur une plaque d'essais ou sur un support d'expérimentation disponible.

2 Compléter le programme (figure 8) en utilisant :

- a- Une procédure « sensHoraire » rassemblant les actions de cette tâche pendant un cycle du rotor;
- b- Une procédure «sensTrigonometrique» rassemblant les actions de cette tâche pendant un cycle du rotor;
- c- Une procédure «Arret» qui attribue 0 à toutes les phases du rotor;
- d- La structure «switch case» afin d'avoir :
 - Le sens horaire si les switches SH =0 et ST = 1;
 - Le sens trigonométrique si les switches SH =1 et ST =0;
 - En cas de défaut arrêter le moteur.

```

void sensHoraire() // Déclaration d'une procédure nommée sens horaire
{
    Portb.B3=1; Portb.B2=0; Portb.B1=0; Portb.B0=1; delay_ms(1000);
    Portb.B3=1; Portb.B2=1; Portb.B1=0; Portb.B0=0; delay_ms(1000);
    Portb.B3=0; Portb.B2=1; Portb.B1=1; Portb.B0=0; delay_ms(1000);
    Portb.B3=0; Portb.B2=0; Portb.B1=1; Portb.B0=1; delay_ms(1000);
}

void sensTrigonometrique() // Déclaration d'une procédure nommée sens trigonométrique
{
    Portb.B3=1; Portb.B2=0; Portb.B1=0; Portb.B0=1; delay_ms(1000);
    Portb.B3=0; Portb.B2=0; Portb.B1=1; Portb.B0=1; delay_ms(1000);
    Portb.B3=0; Portb.B2=1; Portb.B1=1; Portb.B0=0; delay_ms(1000);
    Portb.B3=1; Portb.B2=1; Portb.B1=0; Portb.B0=0; delay_ms(1000);
}

void arret() {portB.B3=0;portB.B2=0;portB.B1=0;portB.B0=0;}

void main()
{
    TRISA =.....;
    TRISB=.....;
    portb.b3=.....;portb.b2=.....;portb.b1=.....;portb.b0=.....;

    .....(1)
    {
        .....(.....)
        {
            .....:.....(); .....;
            .....:.....(); .....;
            .....:.....(); .....;
        }
    }
}
    
```

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Fig. 8

- 3 Saisir le programme puis le compiler.
- Saisir le schéma du circuit et simuler son fonctionnement.
- Implanter le programme dans le microcontrôleur.
- Mettre en œuvre la maquette ou le support d'expérimentation disponible.
- Présenter en plénière le résultat de vos travaux de groupes en expliquant le déroulement du programme.
- L'hypothèse n°2 évoquée dans l'activité n°1 est-elle confirmée ou niée? Justifier.

.....

.....

.....

.....

.....

Activité n° 4 □ aquette dida□ti□ue du moteur pas à pas □□□□ 9103

La maquette d'expérimentation (figure 12) permet la commande d'un moteur pas à pas à l'aide de son logiciel spécifique.

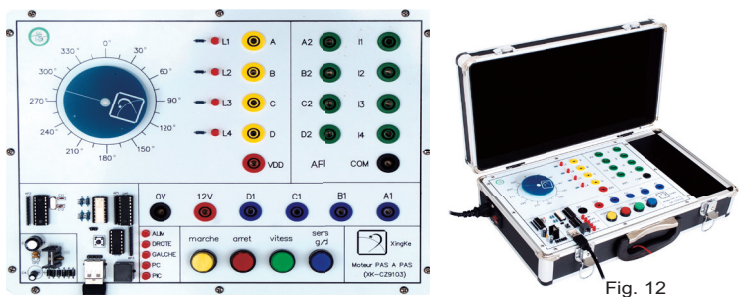


Fig. 12

Ouvrir le logiciel :

- Choisir «PC MODE» en appuyant sur le bouton “MODE” du logiciel.
- Le voyant “PC” s’allume.
- Choisir 5 dans la case “FREQUENCE”.
- Dans la case “Nbre DE PAS”, mettre les valeurs figurées sur le tableau et appuyer sur le bouton “GAUCHE” puis sur le bouton “DROITE”. Le rotor tourne en sens choisi sous une fréquence réglée.
- Compléter le tableau, ci-dessous, par l'angle balayé pendant un pas du rotor correspondant à chacune des vitesses données.

Nombre d'impulsions ou pas	12	24	48	72	96	120
(Angle réalisé (en degrés	...	...	...	...	...	...

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

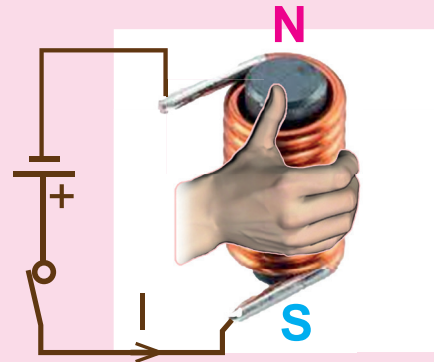
I- Types de moteurs pas à pas

- Moteurs pas à pas à aimants permanents ;
- Moteurs pas à pas à réluctances variables ;
- Moteurs pas à pas hybrides.

Ce qui suit est consacré aux moteurs pas à pas à aimants permanents.

II- Principe d'un moteur pas à pas

Chaque bobine du stator, parcourue par un courant électrique, produit un pôle Nord et un pôle Sud. Ces pôles sont déterminés par la règle de la main droite. Le rotor aimanté vient présenter un pôle opposé à celui créé par la bobine excitée. La succession d'excitation des bobines statoriques engendre des rotations du rotor à des angles égaux. Chaque angle correspond à un pas.



III- Nombre de pas par tour (Np/t)

Le nombre de pas par tour du rotor est donné par l'expression suivante:

$$Np/t = m \cdot p \cdot K1 \cdot K2$$

Np/t : nombre de pas par tour ;
m : nombre de phases (bobines du stator) ;
p : nombre de paires de pôles du rotor ;
K1 : Commutation en courant :

- ⊗ **K1=1** : la commutation est unidirectionnelle si le courant est unidirectionnel par phase par pas pendant un tour du rotor ;
- ⊗ **K1=2** : la commutation est bidirectionnelle si le courant est bidirectionnel par phase par pas pendant un tour du rotor.

K2 : Commutation des phases :

- ⊗ **K2=1** : la commutation est symétrique si le même nombre de phases est utilisé par pas pendant un tour du rotor ;
- ⊗ **K2=2** : la commutation est asymétrique si le nombre de phases utilisé est différent entre deux pas consécutifs.

IV- Pas angulaire

Pas angulaire en (°)

$$\alpha_p(^{\circ}) = \frac{360}{Np/t}$$

Pas angulaire en (rad)

$$\alpha_p(\text{rad}) = \frac{2\pi}{Np/t}$$

V- Commande d'un moteur pas à pas par une carte électronique programmée

La conception d'une carte de commande d'un moteur pas à pas nécessite l'identification :

- du moteur pas à pas en déterminant le nombre de phases et les grandeurs électriques assignées (courant et tension) ;
- du type de commutation :

Commutation en courant

→ Si la commutation en courant est unidirectionnelle, il suffit de repérer la borne commune à toutes les phases du moteur pas à pas et de classer dans l'ordre les autres bornes afin d'obtenir le sens de rotation désiré ;

→ Si la commutation en courant est bidirectionnelle, il suffit de repérer chaque borne des phases du moteur pas à pas, et d'identifier lesquelles vont être utilisées en entrées et celles en sorties afin d'obtenir le sens de rotation désiré.

Commutation des phases

La commutation symétrique est utilisée dans ce thème. La commutation asymétrique pose un problème de non-stabilité du couple moteur.

- du type de microcontrôleur

Le microcontrôleur est choisi en fonction du nombre de ses broches.

- de l'interface de sortie (du microcontrôleur vers le moteur pas à pas) :

Coté entrée

Les caractéristiques du coté entrée de l'interface sont choisies en fonction des grandeurs électriques d'une broche du microcontrôleur (5V et un courant de 25mA).

Coté sortie

Les sorties de l'interface doivent délivrer les grandeurs électriques capables d'entraîner le moteur pas à pas.

Exemple : circuit intégré ULN2803A.

VI- Programme en mikroC pour PIC

En se référant au cahier des charges ou à un problème posé:

- Identifier :
 - les variables d'entrées de commande du moteur pas à pas;
 - les variables de sortie;
 - le mode de commande;
 - la vitesse de rotation en nombre de pas par seconde;
- Choisir :
 - un microcontrôleur;
 - une structure la plus convenable au programme à établir;
 - établir le programme, compiler le et simuler son fonctionnement.

VII- Évaluation



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



- Circuits logiques et séquentiels, M Hichem Trabelsi
- Les automatismes logiques séquentiels SCM, C.LAURGEAU
- Manuel de cours, 3ème année de l'enseignement secondaire, Centre National Pédagogique
- Manuel d'activités, 3ème année de l'enseignement secondaire, Centre National Pédagogique
- L'électroniques et ses fonctions, Pierre SALETTE, André BIANCIETTO, Pierre BOYE, DELAGRAVE.
- LE GRAFCET, Groupe de rédaction (appelé G7W), AFCET-ADEPA.
- MEMOTECH, Claude Barlier, R. BOURGEOIS, R. COGNET, ELEDUCALIVRE.
- Electricité, collection Jean NIARD, M. NIARD, P. NIARD, J. NIARD, J. CLAUDE GALLOIS, GUY SAVEL, M. SYBILENSKY
- MEMOTECH ELECTRONIQUE COMPOSANTS, 3ème édition, G; CHEVALIER, J. C. CHAVEAU, B. CHEVALIER, ELEDUCALIVRE
- Les activités de maintenance, P. DENIS, D. MURAIL, A. BIANCIETTO, P. BOYE, DEELAGRAVE.
- Electronique, DUNOD, Série coeur d'acier, ancien élève de l'E.N.S.E.T.
 - 1 ■ les composants discrets non linéaires,
 - 2 ■ amplification basse fréquence,
 - 3 ■ amplification haute fréquence



- <https://conseils-thermiques.org/contenu/onduleur-photovoltaïque.php>
- http://vincent.boitier.free.fr/photovoltaïque/Notice%20PV%20Syst/notice_PVSyst.pdf
- <https://www.youtube.com/watch?v=9GCZ6EukIMk>
- <http://www.cours.polymtl.ca/ele1300>
- <https://www.orma.fr/les-objets-connectes-presentation-exemples-et-risques/>
- www.gecif.net
- <http://www.ac-orleans-tours.fr/>
- http://www.aurel32.net/elec/codes_barres.php.fr
- <http://www.premiumorange.com/daniel.robert9/>
- <http://sitelec.org/index.php>
- <http://automafip.e-monsite.com/pages/cours/logique-sequentielle/logique-sequentielle-1-la-modelisation-des-systemes-sequentiels.html>
- http://desvigne.org/cours/NSY-103/biblio/Modelisation_Sys_Sequentiel_threads--LinxMag_N50--mai_2003.pdf
- <http://fritzing.org/>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Grafcet>
- <http://www.fabricant-verins.com/>
- <http://geea.org.pagesperso-orange.fr/PNEUM/Distributeurs.htm>
- <http://www.alldatasheet.com/>

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique