

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REpubLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلكايد  
تلمسان  
Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : **Electronique**

Spécialité : **INSTRUMENTATION**

Par : **SEBBAGH OUSSAMA & BENNI MOHAMED AMINE**

**Sujet**

**Etude, conception et réalisation d'un compte-tours**

Soutenu en juin 2022, devant le jury composé de :

<b>M ZOUGAGH Nabil</b>	<b>MCB</b>	<b>Université de Tlemcen</b>	<b>Président</b>
<b>Mme GHEFIR Fatiha Djazia</b>	<b>MAA</b>	<b>Université de Tlemcen</b>	<b>Examineur</b>
<b>M NEMMICHE Ahmed</b>	<b>MCB</b>	<b>Université de Tlemcen</b>	<b>Encadreur</b>

Année universitaire : 2021/2022

# *Remerciements*

*Du fond du cœur, nous tenons à témoigner notre reconnaissance à Monsieur **Nemmiche Ahmed** pour avoir accepté de nous encadrer. Enseignant rigoureux et attentionné, ses remarques et suggestions nous ont permis d'avancer dans notre travail.*

*Nous remercions vivement Monsieur **Zougagh Nabil** de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Nous remercions également Mme **Ghefir Fatiha Djazia** de nous avoir fait l'honneur d'être parmi les membres de jury.*

*Nous réservons cependant le meilleur de notre reconnaissance à nos parents respectifs pour leurs soutiens et leurs encouragements sans limites ainsi qu'à toute personne ayant participé de près ou de loin à ce modeste travail.*

# *Dédicaces*

*Avant tout, je tiens à remercier le bon Dieu, et l'unique qui m'offre le courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes difficultés de la vie.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mes chers parents Mohammed et Attoum Ncera, pour tous leurs sacrifices, leur amour et leurs prières tout au long de mes études.*

*A mes grands-parents El Hadj Mohhamed et El Hadj Lakhder et à ma grand-mère El Hadja Fatna.*

*A mon cher frère : Hammidou.*

*A mes soeurs : Abir & maryam.*

*A mon-beau frère : Bilel*

*Mes chers amis : Sami & Samir & Alilou & walid & Mousab & Fodil & Ayoub & Moumen & Abed Anour & Chouaib & Abed Alfatah & Abed Anour.*

*A tous mes connaissances.*

*A tous mes amis.*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

**SEBBAGH OUSSAMA**

# *Sommaire*

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

## **Chapitre I. Généralités**

I.1. Introduction .....	3
I.2. Les capteurs .....	3
I.2.1. Définition .....	3
I.3. Capteurs de déplacement et vitesse .....	3
I.3.1. Capteurs de déplacement.....	3
I.3.1.1. Introduction .....	3
I.3.1.2. Principaux types des capteurs de déplacement .....	4
I.3.1.2.1. Capteurs pneumatiques .....	4
I.3.1.2.2. Les capteurs mécaniques.....	5
I.3.1.2.3. Les capteurs résistifs .....	5
I.3.1.2.4. Les capteurs inductifs .....	6
I.3.1.2.5. Les détecteurs inductifs.....	6
I.3.1.2.6. Capteur à effet Hall.....	7
I.3.1.2.7. Les capteurs capacitifs .....	8
I.3.1.2.8. Les capteurs à ultrasons .....	8
I.3.1.2.9. Les capteurs optiques.....	9
I.3.1.2.10. Les codeurs.....	10
I.3.2. Capteurs de vitesse.....	12
I.3.2.1. Tachymètres linéaires à fil .....	12
I.3.2.2. Tachymètres électromagnétiques .....	12
I.3.2.3. Capteurs à impulsions .....	15

I.3.2.4. Capteur à réluctance variable .....	15
I.3.2.5. Capteur optique.....	15
I.4. Conclusion.....	15

## **Chapitre II : Présentation et description des composants du projet**

II.1. Introduction .....	17
II.2. Les microcontrôleurs .....	17
II.2.1. Définition.....	17
II.2.2. Composants intégrés d'un microcontrôleur .....	17
II.3. Les microcontrôleurs ATMega.....	18
II.3.1. Introduction .....	18
II.3.2. Le microcontrôleur ATMega328P .....	18
II.3.2.1. Définition.....	18
II.3.2.2. Présentation Physique .....	20
II.3.2.2.1. Brochages .....	20
II.3.2.2.2. Descriptions des broches.....	20
II.3.2.2.3. Fonctionnement de l'ATMEGA328P.....	23
II.3.2.2.4. Les différents modules .....	24
II.4. Afficheur LCD .....	26
II.4.1. Présentation de l'afficheur LCD.....	26
II.4.2. Présentation d'un écran LCD .....	27
II.4.3. Brochage.....	27
II.4.4. Fonctionnement .....	28
II.4.5. L'afficheur LCD 16 x 2 .....	28
II.4.5.1. Caractéristiques de l'afficheur LCD :.....	29
II.5. Conclusion.....	29

## Chapitre III: Conception et simulation

III.1. Introduction .....	31
III.3. Logiciel PROTEUS ISIS.....	32
III.4. Analyse du circuit .....	32
III.4.1. Principe de fonctionnement.....	32
III.4.2. Le schéma électrique.....	32
III.5. Parties de circuit.....	33
III.5.1. Partie de (émission –réception) .....	33
III.5.1.1. Fonction de vitesse du compte-tours .....	33
III.5.1.2. Partie de (émission –réception) sous ISIS .....	35
III.5.1.2.1. Signal d’entrée :.....	36
III.5.1.2.2. Le signal du phototransistor :.....	37
III.5.1.2.3. Le signal de la sortie :.....	38
III.5.2. Partie de programmation et d’affichage .....	39
III.5.2.1. Le programme.....	40
III.5.2.1.1. AVR Timer programming .....	40
III.5.2.1.2. Organigrammes .....	42
III.5.2.2. Chargement de programme .....	43
III.6. Résultats .....	44
III.7. Les étapes de réalisation sous circuit imprimé.....	46
III.8. Conclusion.....	47
Conclusion générale.....	48
Référence.....	49
Annexes.....	50
Résumé.....	54

## *Listes des figures*

Figure I. 1 : Capteur pneumatique .....	4
Figure I. 2: Capteur mécanique .....	5
Figure I. 3: Capteur résistif .....	6
Figure I. 4 : Détecteur inductif .....	7
Figure I. 5 : Capteur à effet Hall .....	7
Figure I. 6 : Capteur capacitif .....	8
Figure I. 7 : Capteur à ultrasons .....	9
Figure I. 8 : Capteurs optiques .....	10
Figure I. 9 : Codeur absolu .....	11
Figure I. 10 : Codeurs incrémentaux .....	11
Figure I. 11 : Tachymètres de vitesse linéaire .....	12
Figure I. 12 : Tachymètres électromagnétiques .....	13
Figure I. 13 : Tachymètre à courant continu .....	14
Figure II. 1 : Atmega 328P- 28 broches double ligne paquet (DIP)...	19
Figure II. 2 : Brochage typique d'un Atmega 328P en boîtier PDI....	20
Figure II. 3 : Architecture de l'Atmega 328P .....	23
Figure II. 4 : Photo d'un afficheur LCD. ....	27
Figure II. 5 : schéma d'un afficheur LCD .....	27
Figure III. 1 : La structure de compte-tours.....	31
Figure III. 2 : circuit du compte-tours.....	33
Figure III. 4 : Partie de (émission et réception) le cas qui les rayons infrarouge pénètre dans les trous du cylindre .....	34
Figure III. 5 : Partie de (émission et réception) : Le cylindre a quatre trous. ....	35
Figure III. 6 : simulation de la partie (émission-réception).....	36

Figure III. 7 : Fenêtre du programme pour choisir la valeur de la période. ....	36
Figure III. 8 : Le signal envoyé par la LED infrarouge.....	37
Figure III. 9 : le signal sortant du phototransistor.....	37
Figure III. 10 : le signal sortant de le Trigger de schmitt.....	38
Figure III. 11 : le circuit de compte-tours : partie d’affichage .....	39
Figure III. 12 : Schéma fonctionnel de la minuterie (Timer). ....	41
Figure III. 13 : Organigramme global du programme.....	42
Figure III. 14 : l Interruption externe et interruption Timers du programme .....	43
Figure III. 15 : La fenêtre pour charger le programme.....	44
Figure III. 16 : Tests de notre compte-tours .....	45
Figure III. 17 : Tests de notre compte-tours .....	45
Figure III. 18 : Circuit de compte-tours sous ARES.....	46
Figure III. 19 : Circuit imprimé de compte-tours.....	46
La Figure III. 20 montre une représentation 3D de notre compte-tours que nous avons obtenu sous l’environnement ARES-PROTEUS.....	47

## *Liste des tableaux*

Tableau II.1 : Les paramètres de l’Atmega 328P.....	19
Tableau II. 2 Description des Brochages de l’Atmega 328P.....	22
Tableau II.3 : Atmega 328P Registre générale .....	24
Tableau II. 4 : Brochage d'un afficheur LCD .....	28
Tableau III.1 : Broches et connexion du notre circuit électronique. ..	40

# *Introduction générale*

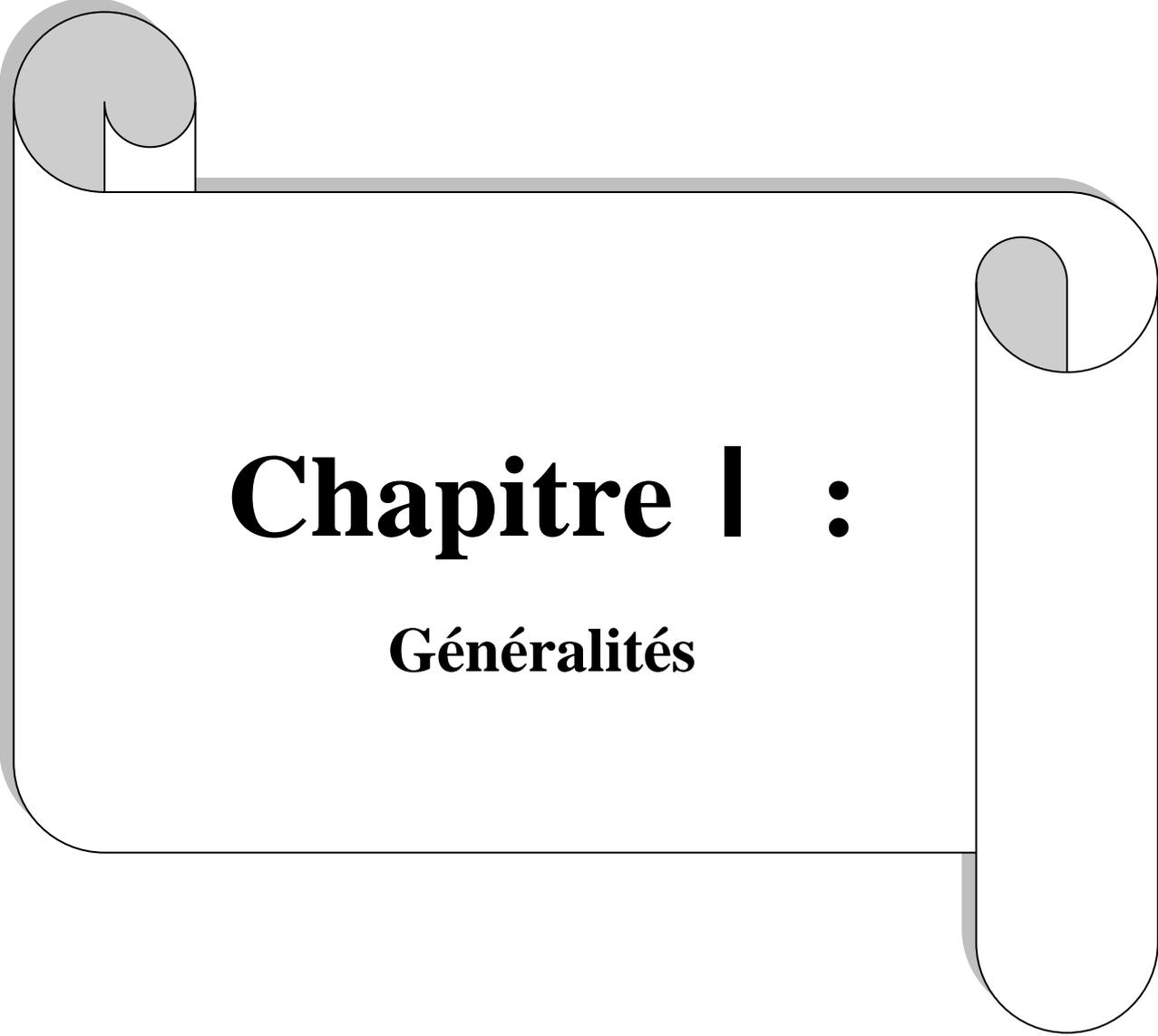
Un compte-tours est un instrument de mesure permettant d'indiquer la fréquence de rotation d'un arbre. Le capteur peut être mécanique, optique ou à courants de Foucault. Il est couramment utilisé dans le transport parce que chaque voiture, camion ou tout type de véhicule possède un compteur de rotation afin de déterminer sa vitesse et de surveiller l'efficacité du véhicule et il est également utilisé dans l'industrie, parce qu'il fournit le contrôle et la surveillance des machines rotatives.

Bien que son nom ne l'indique pas, le compte-tours ne totalise pas les tours d'un moteur, mais compte le nombre de tours par unité de temps (généralement des tours par minute). C'est dans ce cadre que se situent les travaux présentés dans ce mémoire de fin d'études consacrés à la conception d'un compte-tours.

Notre mémoire est composé de trois chapitres. Le premier est une étude qui présente les différents types des capteurs de vitesse et leurs conditions de fonctionnement.

Le deuxième chapitre s'intéresse à l'étude d'un microcontrôleur, ainsi qu'à la présentation du ATMEGA 328P et l'afficheur LCD.

Enfin nous avons présenté dans le dernier chapitre nos résultats concernant l'étude et la simulation d'un compte-tours.

A decorative graphic of a scroll with a grey shadow, framing the central text. The scroll is unrolled in the middle, with the ends curling upwards and outwards.

# Chapitre I :

## Généralités

## Chapitre I : Généralités

### I.1. Introduction

Les capteurs sont une partie importante dans le domaine de la mesure de la vitesse car, comme nous le savons, pour mesurer la vitesse de tout objet, il faut savoir de connaître son emplacement à différents moments et les capteurs sont ceux qui jouent ce rôle, et bien sûr il existe plusieurs types de capteurs et chaque type a une certaine façon de travailler.

### I.2. Les capteurs

#### I.2.1. Définition [1]

Les capteurs permettent de transformer des valeurs physiques en valeur électriques. Selon leur mode de fonctionnement, on distingue les capteurs actifs et les capteurs passifs. La définition de ces deux qualificatifs n'est pas clairement définie et fait l'objet de discussion entre experts.

- Les capteurs dont les éléments électroniques « passive » sont en permanence reliés à l'alimentation électrique, par exemple les « bobine, capacité ou résistance », sont appelés des capteurs passives.
- Les capteurs non alimentés par une tension permanente telle que les thermocouples sont appelés des capteurs actifs.

### I.3. Capteurs de déplacement et vitesse [2]

#### I.3.1. Capteurs de déplacement

##### I.3.1.1. Introduction

Les capteurs de déplacement et de position sont d'usage très général, d'une part, parce que le contrôle de position et de déplacement est un élément important pour le bon fonctionnement d'une machine, et d'autre part, parce qu'un certain nombre de grandeurs physiques peuvent être évaluées par mesurer le déplacement qu'ils exercent sur un objet : force, pression, accélération.

## I.3.1.2. Principaux types des capteurs de déplacement

### I.3.1.2.1. Capteurs pneumatiques

Du fait de leur utilisation limitée, les capteurs pneumatiques sont souvent associés à des détecteurs électroniques. Souvent appelés "capteurs à fuites", ils sont principalement utilisés pour détecter des pièces sur de courtes distances, sans contact et donc sans usure. Le port **A** est relié à un distributeur pneumatique, tandis que le port **B** est associé à un capteur électrique.

En l'absence de pièces, l'air comprimé est évacué et aucune pression résiduelle n'est renvoyée par **B**. La pression résiduelle est restituée par le micro rupteur actionné par **B** lorsque la pièce est présente.

- Précision de la détection
- Choix en fonction de la distance à détecter, de la pression maximale et minimale et de l'encombrement
- Indice de protection
- Ils nécessitent un réglage
- Ils nécessitent une source d'énergie pneumatique
- Ils sont bruyants

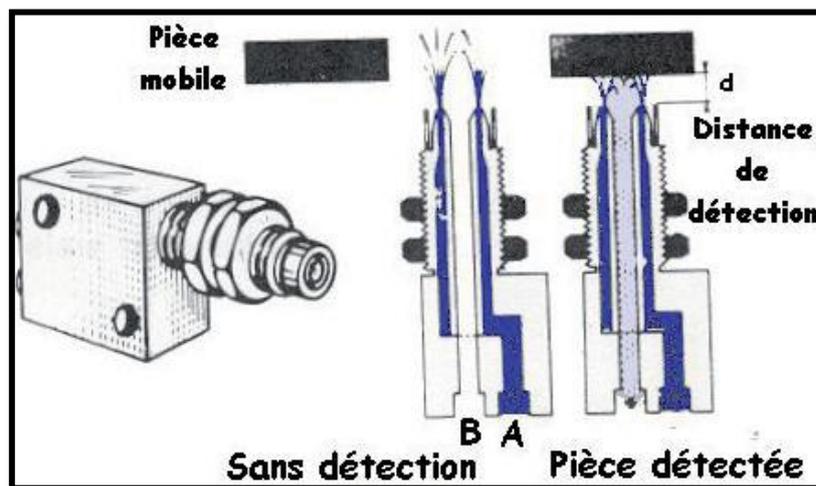


Figure I. 1 : Capteur pneumatique [3]

## I.3.1.2.2. Les capteurs mécaniques

En termes de perte de vitesse, les capteurs mécaniques à contact sont les seuls encore largement répandus. Une action mécanique sur les pièces mobiles du capteur peut établir ou rompre des contacts électriques.

- Taux moyen de bon fonctionnement
- Encombrement
- Indice de protection

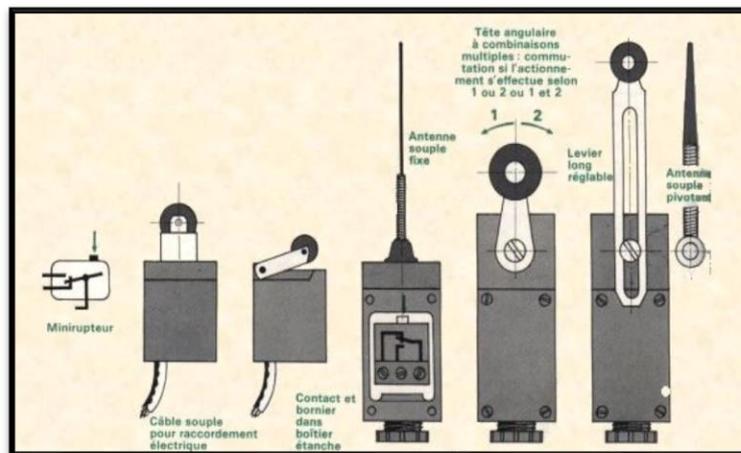


Figure I. 2: Capteur mécanique [4]

## I.3.1.2.3. Les capteurs résistifs

Principalement utilisé pour mesurer le déplacement ou la rotation. Ils ont utilisé le principe de l'installation potentiométrique pour obtenir une relation directe entre le déplacement et la tension.

- Longueur ou angle de la course
- Résistance totale
- Linéarité
- Force de déplacement
- Durée de vie
- Répétabilité

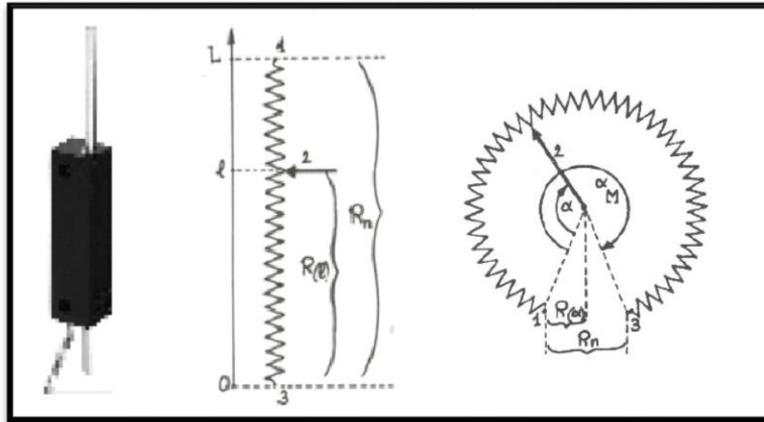


Figure I. 3: Capteur résistif [5]

### I.3.1.2.4. Les capteurs inductifs

Les capteurs inductifs sont l'un des capteurs les plus utilisés dans les systèmes d'automatisation. Plusieurs types de capteurs coexistent, mais ils reposent tous sur des phénomènes magnétiques.

### I.3.1.2.5. Les détecteurs inductifs

Ces capteurs sont constitués d'un oscillateur dont la fonction est de générer un champ magnétique avec une fréquence de 100 à 600 Hz. Lorsqu'une pièce métallique pénètre dans ce champ, elle abrite un courant induit circulaire qui se développe à sa périphérie.

Ces courants créent une surcharge sur le système oscillatoire, provoquant ainsi une diminution de l'amplitude des oscillations à l'approche d'un objet métallique jusqu'à ce qu'il se bloque complètement. La détection est valide lorsque la réduction de l'amplitude d'oscillation est suffisante pour provoquer un changement d'état en sortie du détecteur.

- Tension d'alimentation
- Consommation
- Courant de sortie
- Portée nominale de détection
- Ils ne peuvent détecter que des matériaux métalliques

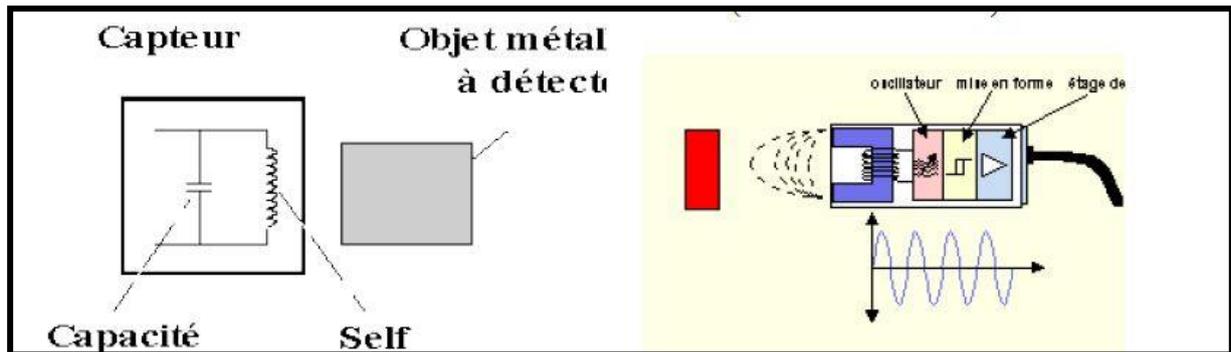


Figure I. 4 : Détecteur inductif [6]

### I.3.1.2.6. Capteur à effet Hall

Lorsqu'un matériau semi-conducteur est parcouru par un courant ( $I_{ch}$ ) et est généralement affecté d'un champ magnétique  $\mathbf{B}$  sur une grande facette, on remarque qu'entre les deux faces parallèles au sens du courant existe une tension appelée tension de Hall ( $V_h$ ).

L'amplitude de cette tension dépend du courant, du champ  $\mathbf{B}$ , d'une constante qui dépend des propriétés du semi-conducteur et de l'angle entre le champ  $\mathbf{B}$  et la normale à la surface. Les capteurs à effet Hall fonctionnent sur cette base.

$$V_h = B \cdot I_{ch} \cdot l \cdot \sin \alpha$$

Pour sa mise en œuvre, soit fixer la sonde Hall sur l'aimant et détecter la présence de pièces mécaniques, soit détecter directement la présence de l'aimant. Les capteurs à effet Hall sont largement utilisés en raison de leur facilité de mise en œuvre, de leur petite taille et de leur grande précision.

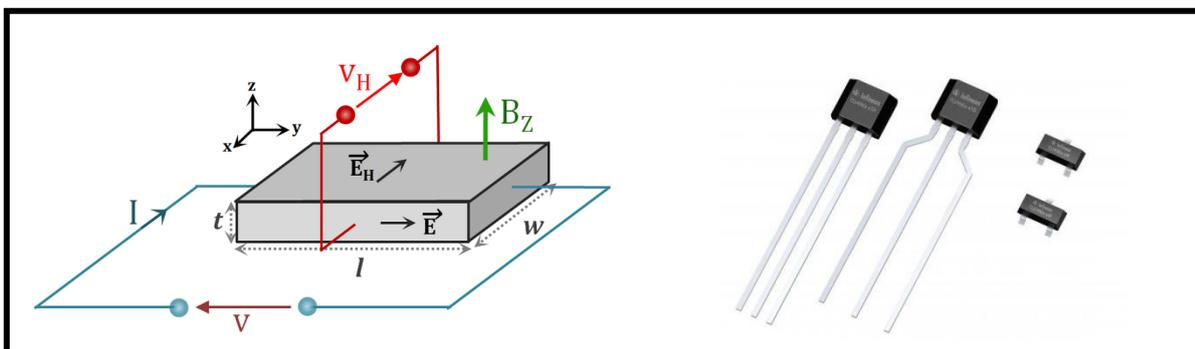


Figure I. 5 : Capteur à effet Hall [7]

## I.3.1.2.7. Les capteurs capacitifs

Les capteurs capacitifs peuvent détecter la présence ou l'absence d'objets métalliques. Il en résulte une modification du couplage capacitif ( $C_1$ ) lorsque tout type d'objet ( $\epsilon_r > 2$ ) s'oppose à la face sensible du détecteur. Ce changement de capacité ( $C_1 > C_0$ ) provoque le démarrage de l'oscillateur. Après mise en forme, le signal de sortie est délivré.

- Pas de contact physique avec l'objet à détecter.
- Cadences de fonctionnement élevées.
- Portée nominale 2 à 5 mm
- Détection d'objets de toutes natures, conducteurs ou non conducteurs, tels que : métaux, minerais, bois, plastique, verre, carton, cuir, céramique, fluides...

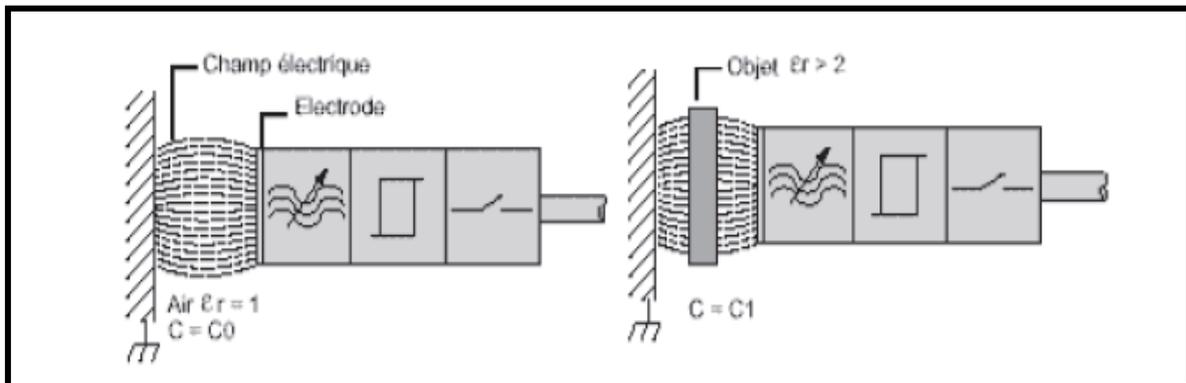


Figure I. 6 : Capteur capacitif [8]

## I.3.1.2.8. Les capteurs à ultrasons

L'ultrason est une onde acoustique dont la fréquence est trop élevée pour être entendue par les humains. Dans certaines applications, il peut avantageusement remplacer des capteurs inductifs ou capacitifs et détecter des objets distants de plusieurs mètres.

L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier. L'émetteur envoie une rafale d'ondes qui va se réfléchir sur l'objet à détecter puis revenir à la source. Le temps pris pour un aller-retour détermine la distance de l'objet à la source. Plus l'objet est éloigné, plus le signal mettra de temps à revenir.

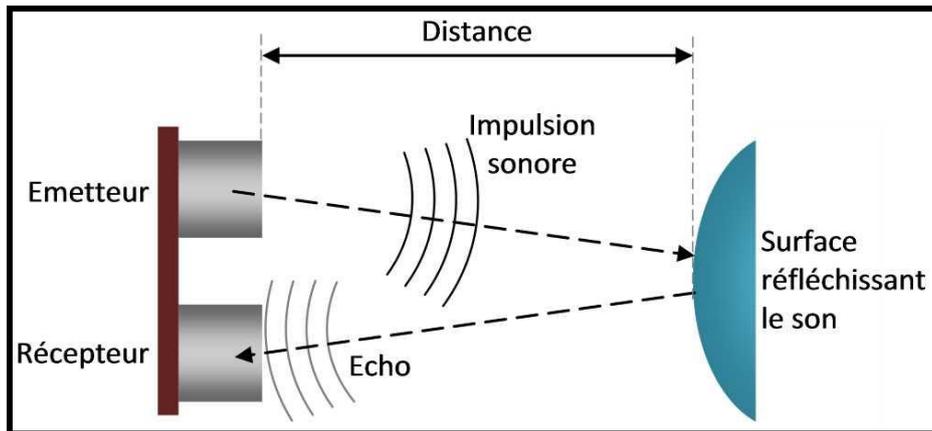


Figure I. 7 : Capteur à ultrasons [9]

- **Caractéristiques**

Le capteur peut détecter tout type de matériau autre que les objets absorbant les ondes sonores, tels que la ouate, le feutre... Le signal est transmis en raison de la présence d'air, il est donc nécessaire d'éviter les flux d'air pour détourner le signal de sa destination. Le signal est insensible à la poussière et aux environnements brumeux. Évitez de détecter des objets trop inclinés, car le signal risque de ne plus revenir, rendant toute détection impossible.

### I.3.1.2.9. Les capteurs optiques

Ces capteurs sont basés sur l'émission et la réception de faisceaux lumineux. L'émetteur et le récepteur sont séparés. Particulièrement adapté à la détection de matériaux opaques, d'environnements pollués (pluie, poussière...) et de longues distances.

- **Système barrage**

Ces capteurs reposent sur l'émission et la réception d'un faisceau lumineux.

Émetteur et récepteur sont séparés. Particulièrement adapté pour la détection des matériaux opaques, les environnements pollués (pluie, poussière...) et les longues distances.

- ✓ **Contrainte** : La détection de matériaux opaques nécessite un alignement minutieux.

- **Système reflex**

L'émetteur et le récepteur sont dans le même boîtier. L'objet empêche le faisceau de revenir. Idéal pour les applications où l'inspection ne peut être effectuée que d'un côté et les environnements relativement propres

- ✓ **Contrainte** : Ne convient pas aux objets réfléchissants.

- **Système de proximité**

L'émetteur et le récepteur sont dans le même boîtier. L'objet permet au faisceau de revenir. Idéal pour les applications où la détection ne peut se faire que d'un côté et les objets transparents et translucides.

- Dépend de la capacité d'un objet à réfléchir la lumière et à l'éviter dans un environnement pollué.

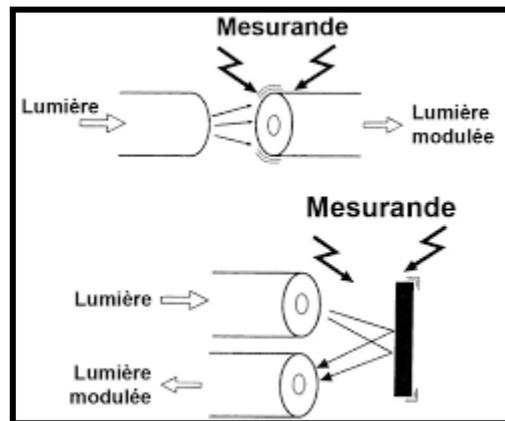


Figure I. 8 : Capteurs optiques [10]

### I.3.1.2.10. Les codeurs

Les codeurs sont des capteurs rotatifs, placés sur l'axe de la pièce tournante, récupèrent le code numérique en fonction de la position. Fondamentalement, il existe deux types d'encodeurs disponibles.

- **Les codeurs absolus**

Grâce au circuit perforé associé au capteur optique, il peut récupérer un code numérique précisant l'angle de rotation de l'arbre en parallèle ou en série. Le nombre de bits détermine la précision de la mesure.

Par exemple : codeur 10bits donne 1024 positions soit une précision de  $360/1024=0,35^\circ$

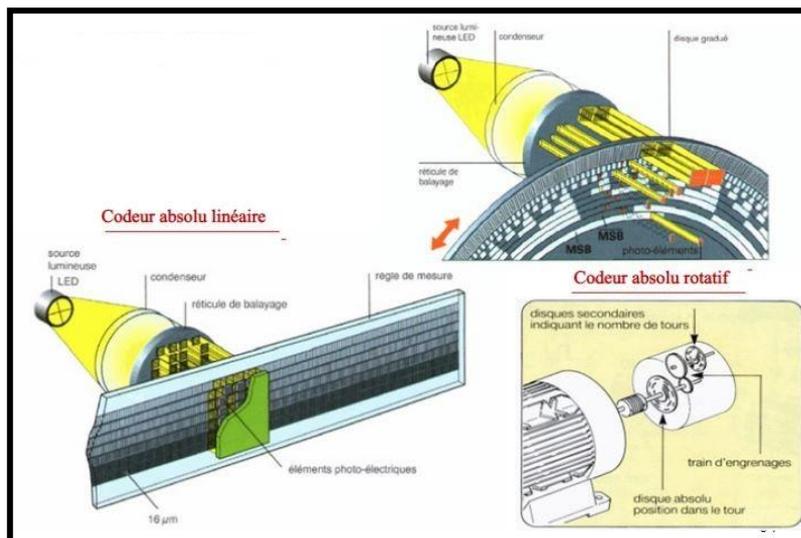


Figure I. 9 : Codeur absolu [11]

- Les codeurs incrémentaux

Ces codeurs fournissent 3 signaux logiques qui caractérisent la rotation angulaire

- ✓ **A** : signal impulsionnel de n impulsions par tour (ou n caractérise la précision)
- ✓ **B** : signal impulsionnel de n impulsions par tour déphasé de  $90^\circ$  par rapport à A
- ✓ **top (ou z)** : signal actif une fois par tour lors du passage par le  $0^\circ$ . Ce signal dure  $1/4$  de période du signal A

Le déphasage entre A et B permet de déterminer le sens de rotation. Dans un sens, lors du front montant de A, B est à "0", dans l'autre sens pendant le front montant de A, B est à 1 .

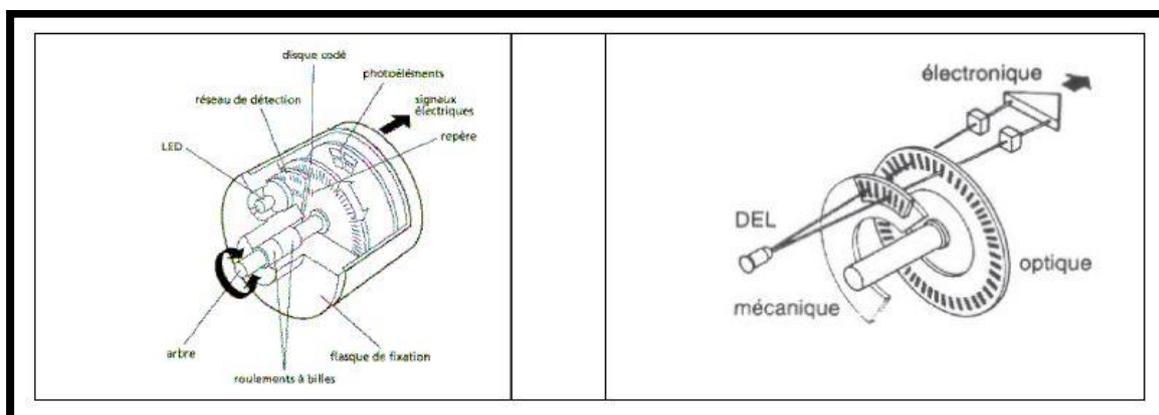


Figure I. 10 : Codeurs incrémentaux [12]

## I.3.2. Capteurs de vitesse

Les capteurs de vitesse portent également le nom plus industriel de tachymètres. Le type de déplacement est soit rectiligne, soit angulaire ; la sortie est analogique ou numérique.

### I.3.2.1. Tachymètres linéaires à fil

Ce type de capteur se présente sous l'aspect d'un boîtier muni à son extrémité d'un fil ou câble que l'on doit fixer à l'objet dont on veut mesurer la vitesse.

Ce câble s'enroule sur un tambour, muni d'un ressort de rappel, à l'intérieur du boîtier. Le tambour entraîne en rotation une génératrice tachymétrique. On mesure alors une vitesse angulaire.

- Pas de source de tension extérieure
- Bonne fiabilité
- Précision moyenne
- Course moyenne

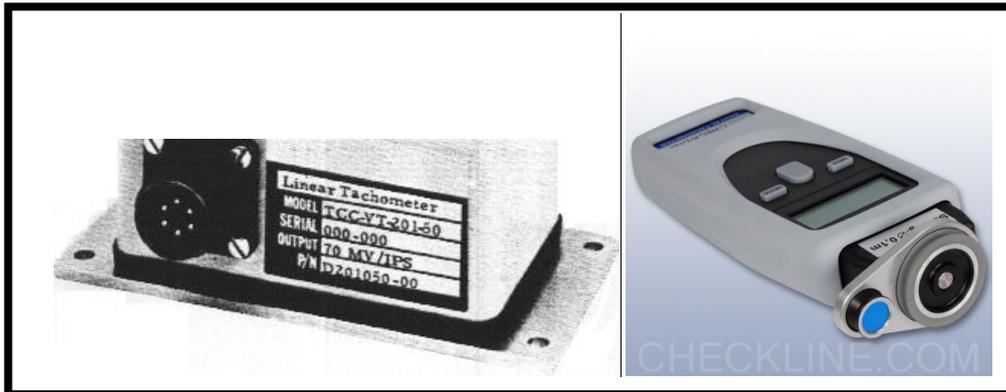


Figure I. 11 : Tachymètres de vitesse linéaire

### I.3.2.2. Tachymètres électromagnétiques

Ce type de capteur comporte un noyau magnétique (aimant permanent) mobile dans une bobine fixe. L'aimant, entraîné par l'objet à mesurer, induit dans la bobine une tension proportionnelle à la vitesse de celui-ci.

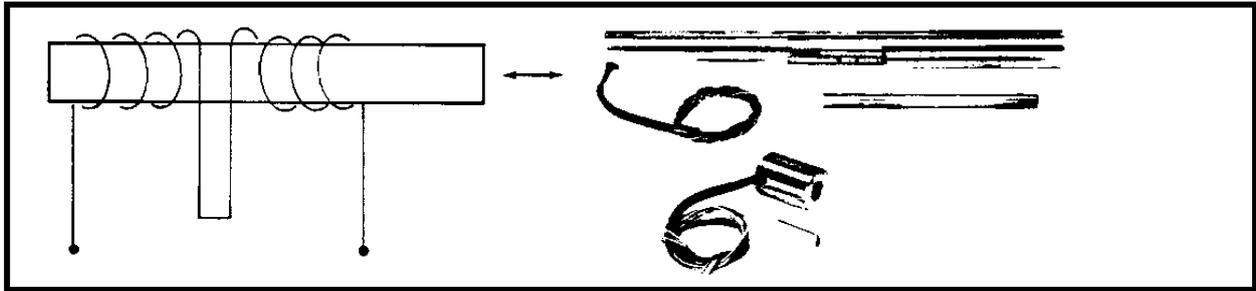


Figure I. 12 : Tachymètres électromagnétiques

Ils sont basés sur la loi de Faraday :  $e = \frac{d\Phi}{dt}$  (1) Ils peuvent être à courant continu (les plus courants) ou à courant alternatif (synchrone ou asynchrone).

### • Génératrice tachymétrie à courant continu

Le principe de fonctionnement est le même que celui d'une machine à courant continu. L'inducteur est le plus souvent un aimant permanent (pas d'alimentation) et l'induit (siège de la force électromotrice est un bobinage).

L'expression de la force électromotrice  $E$  en fonction de la vitesse  $n$  est :  $E = K \cdot n$  (2)

Ce procédé de mesure permet de détecter le sens de rotation. Si le courant prélevé est très faible, il n'y a pas de réaction magnétique d'induit et c'est une fonction quasi linéaire de la vitesse.

Pour ces capteurs, on rencontre trois types d'induits: le rotor bobiné (comme dans une machine à CC classique), le rotor en cloche (un fil bobiné sur un rotor creux tournant autour d'un noyau fixe) ou le rotor discoïdal (c'est est un disque sur lequel sont collés des fils). Ces capteurs sont anciens et sont remplacés par les tachymètres à courant alternatif.

- ✓ Large gamme d'étendue de mesure
- ✓ Donne le sens de rotation
- ✓ Niveau de signal élevé
- ✓ Bonne linéarité
- ✓ Bonne précision
- ✓ Haute fiabilité
- ✓ Usure au collecteur
- ✓ Pièce a vie limitée
- ✓ Risque de parasites de commutation



Figure I. 13 : Tachymètre à courant continu [13]

- **Génératrice tachymétrique à courant alternatif**

Le tachymètre de courant alternatif peut être construit avec un enroulement fixe et un champ tournant des aimants permanents. Ils génèrent la tension et fréquence qui sont proportionnelles à la vitesse de rotation. Le principal intérêt est de ne pas avoir de collecteur et de balais. L'entretien est donc moindre et la durée de vie plus importante. Les deux types de machines sont utilisés (synchrone et asynchrone). Dans les deux cas, on ne connaît pas le sens de rotation sauf en triphasé où on peut le retrouver par l'ordre de succession des phases.

Pour les génératrices synchrones la valeur de la vitesse peut être obtenue à partir de :  
L'amplitude du signal prélevé sur la machine après redressement et filtrage  
la fréquence des signaux prélevés sur la machine.

Pour les génératrices asynchrones, il faut une excitation extérieure sinusoïdale de fréquence fixe. La valeur de la vitesse est obtenue après redressement et filtrage.

- ✓ Caractéristiques générales moyennes
- ✓ Bonne durée de vie
- ✓ Signal de sortie de plusieurs types
- ✓ Gamme d'étendue de mesure limitée
- ✓ Linéarité moyenne
- ✓ Circuits associés complexes
- ✓ Pas d'informations sur le sens de rotation

### I.3.2.3. Capteurs à impulsions

Le corps d'épreuve est constitué d'un disque solidaire de l'arbre dont on veut mesurer la vitesse de rotation. La surface (ou la circonférence) de ce disque porte un certain nombre de repères disposés périodiquement (trou, fente, denture). A chaque passage de l'un de ces repères devant un détecteur approprié (détection de proximité), celui-ci délivre une impulsion électrique.

- La simplicité
- La robustesse Immunité du signal aux bruits et parasites
- Facilite de la conversion et du traitement sous forme numérique
- Sensibilité à l'environnement (vibrations, poussières, températures, champs magnétiques...) selon les types.
- Encombrement pour étendue de mesure élevée:

### I.3.2.4. Capteur à réluctance variable

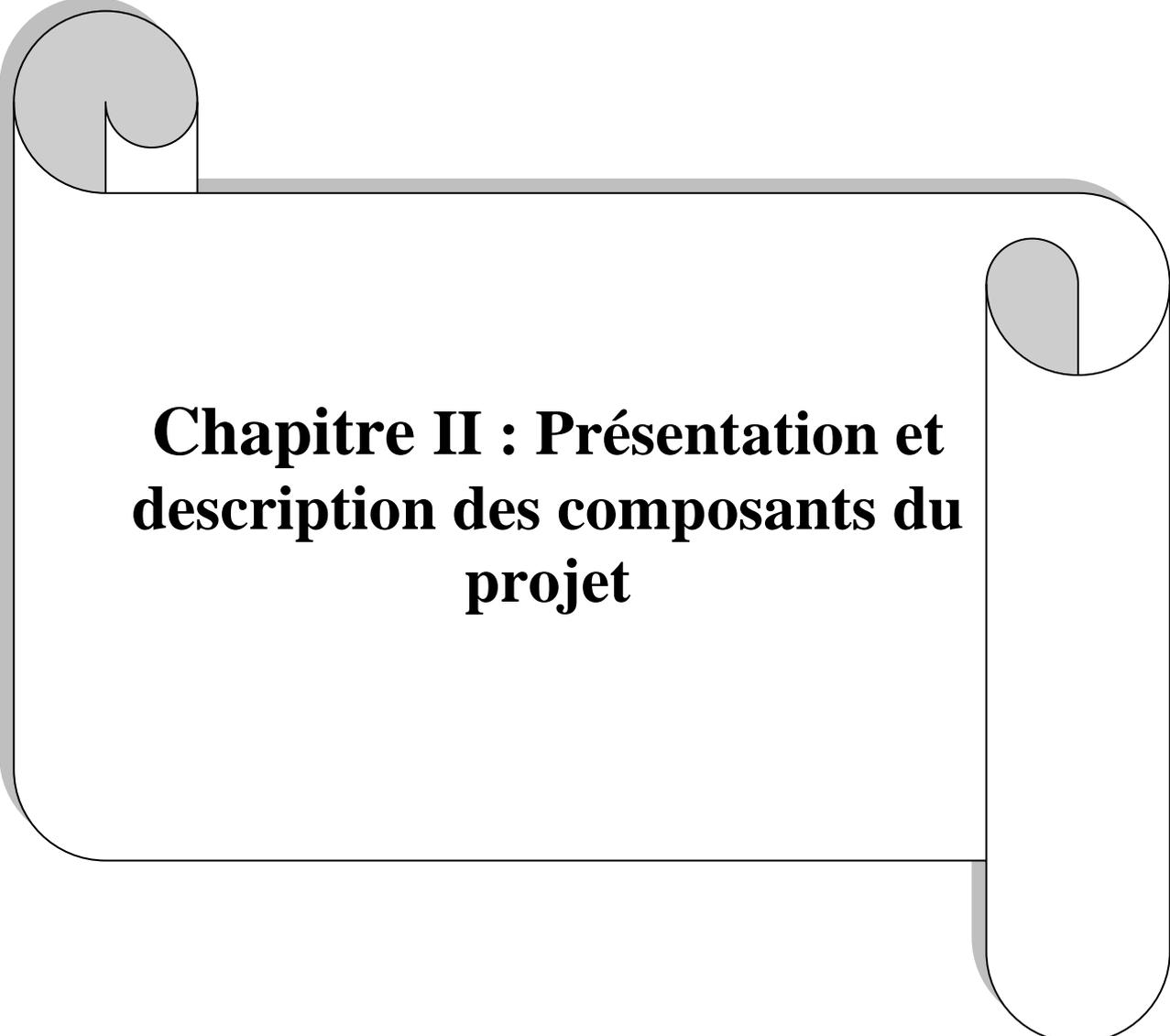
La variation de la réluctance par la variation du circuit magnétique (passage des dents) entraîne des variations de flux et donc l'apparition d'une force électromotrice sous forme impulsionnelle (succession d'impulsions positives et négatives). Plus la vitesse est grande, plus les variations de flux sont rapides. La force électromotrice est donc plus importante.

### I.3.2.5. Capteur optique

Le principe est le même que celui des codeurs incrémentaux. Pour faire la mesure, une piste est suffisante. La différence est dans l'utilisation de l'information obtenue.

## I.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini les capteurs actifs et passifs, et nous avons parlé de quelques capteurs utilisés dans le domaine de la mesure de la vitesse, de leurs caractéristiques et leurs fonctionnements.

A decorative graphic of a scroll with a grey shadow, framing the central text. The scroll is unrolled in the middle and has rounded ends.

**Chapitre II : Présentation et  
description des composants du  
projet**

## Chapitre II : Présentation et description des composants du projet

### II.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous allons parler de certains des composants qui entrent dans notre projet, qui sont les microcontrôleurs et les afficheurs LCD, et nous allons parler d'eux en général sur leurs caractéristiques et leur fonctionnement.

### II.2.Les microcontrôleurs [14]

#### II.2.1. Définition

Un microcontrôleur (en abrégé  $\mu c$ , ou uc, ou encore MCU) est un circuit intégré qui regroupe les éléments de base d'un ordinateur : processeur, mémoire (mémoire morte pour les programmes, mémoire vive pour les données), unité périphérique et entrée et les interfaces de sortie.

Par rapport aux microprocesseurs à usage général utilisés dans les ordinateurs personnels, les microcontrôleurs se caractérisent par une intégration plus élevée, une consommation d'énergie plus faible et un coût inférieur. Les microcontrôleurs réduisent la taille du produit, la consommation d'énergie et le coût par rapport aux systèmes électroniques basés sur des microprocesseurs et d'autres composants discrets.

Les microcontrôleurs sont souvent utilisés dans les systèmes embarqués tels que les contrôleurs de moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, les appareils ménagers, les jouets, les téléphones portables, etc.

#### II.2.2. Composants intégrés d'un microcontrôleur

Le microcontrôleur est un circuit intégré constitué :

- Un processeur (CPU) avec des largeurs de bus de données allant de 4 bits dans les modèles les plus basiques à 32 ou 64 bits dans les modèles les plus avancés ;
- mémoire vive (RAM) pour stocker les données et les variables ;
- mémoire morte (ROM) pour stocker le programme. Différentes technologies peuvent être utilisées : EPROM, EEPROM, mémoire flash ;
- généralement un oscillateur pour la synchronisation. Il peut être réalisé avec du quartz, des circuits RC ou même des PLL ;
- des périphériques, capables d'effectuer une tâche spécifique. On peut citer :

- ✓ Analog-to-Digital Converter (ADC) (donnant un nombre binaire à partir de la tension).
- ✓ Convertisseur numérique-analogique (DAC) (effectue l'opération inverse).
- ✓ Générateur de signal modulé largeur d'impulsion (MLI, ou en anglais, PWM pour modulation de largeur d'impulsion),
- ✓ temporisateur/compteur (compteur d'impulsions d'horloge interne ou d'événements externes), chien de garde, (watchdog).
- ✓ Comparateur (comparaison de deux tensions),
- ✓ contrôleur de bus de communication (UART, I<sup>2</sup>C, SSP, CAN, FlexRay, USB, Ethernet, etc.).

### **II.3. Les microcontrôleurs ATMega**

#### **II.3.1. Introduction**

Les microcontrôleurs ATMega font partie de la famille de microcontrôleurs AVR et sont fabriqués par Atmel Corporation.

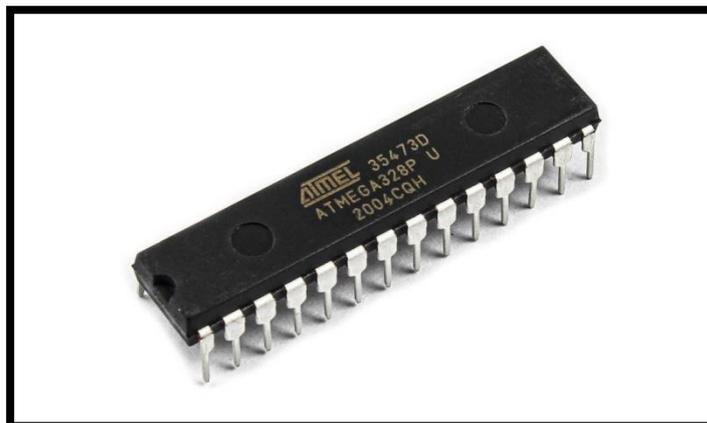
Ce sont des microcontrôleurs 8 bits avec une architecture RISC (Harvard) qui ont des fonctionnalités standard comme ROM, RAM, EEPROM Minuterie et ports d'entrée/sortie, et périphériques supplémentaires tels que les convertisseurs analogique-numérique (ADC), les ports d'interface série, etc. Ils ont une taille de programmes dans des répertoires allant de 4K à 256K octet.

#### **II.3.2. Le microcontrôleur ATMega328P [15]**

##### **II.3.2.1. Définition**

Le microcontrôleur ATMega 238P est basé sur l'architecture Harvard, c'est-à-dire une mémoire de données séparée de la mémoire de programme. La mémoire de programme, est également appelée mémoire de code. Le programme fait 32 Ko en lecture et en écriture, c'est une mémoire de type flash. La mémoire de données est divisée en trois parties : 32 registres à usage général, 23 mémoire d'entrée / sortie et mémoire de 2 Ko vive statique (SRAM). Trois temporisateurs/compteurs flexibles avec modes de comparaison, interruptions internes et USART programmable série externe, interface série à 2 fils orientée octet, port série SPI, convertisseur A/N avec 6 canaux 10 bits (8 canaux dans les packages TQFP et QFN/MLF), horloge Chien de garde programmable avec oscillateur interne et cinq modes d'économie d'énergie Le logiciel est facultatif. L'appareil fonctionne sur une tension de 1,8 à 5,5 volts. En

outre, il possède certaines fonctionnalités qui consistent en une architecture RISC Compteur avancé en temps réel hautes performances avec oscillateur indépendant, 6 Broche PWM pour verrou de programmation de sécurité logicielle. En exécutant des instructions puissantes en un seul cycle d'horloge, l'appareil atteint des vitesses proches de 1 MIPS par MHz, équilibrant la consommation d'énergie et la vitesse traitée.



**Figure II. 1 : Atmega 328P- 28 broches double ligne paquet (DIP)**

En résumé les paramètres de l'Atmega 328P dans le **tableau II.1** suivant :

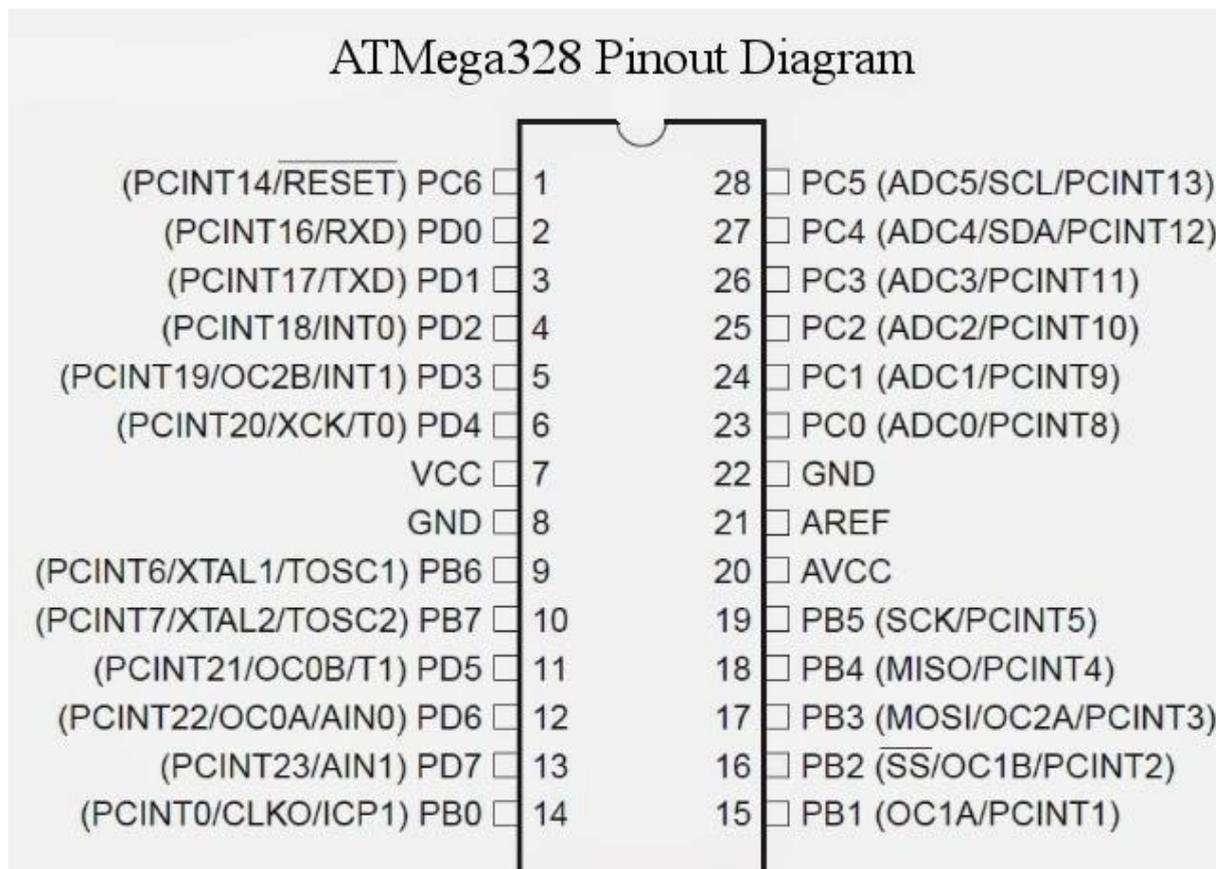
Nom	Value
Type de CPU AVR	8-bits
Type de mémoire de programme	Flash
Taille de mémoire de programme	32 KB
CPU Speed (MIPS/DMIPS)	20
SRAM	2,048 Bytes
Data EEPROM/HEF	1024 Bytes
Digital Communication Peripherals	1-UART, 2-SPI, 1-I2C
Capture/Compare/PWM Peripherals	1 Input Capture, 1 CCP, 6PW
M	
Timers	2 x 8-bit, 1 x 16-bit
Number of Comparators	1
Temperature Range (C)	-40 to 85
Operating Voltage Range (V)	1.8 to 5.5
Pin Count	32

**Tableau II.1 : Les paramètres de l'Atmega328P**

### II.3.2.2. Présentation Physique

#### II.3.2.2.1. Brochages

L'ATMEGA se présente sous la forme d'un circuit intégré à 28 broches pour le modèle ATMEGA 328P en boîtier PDIP.



**Figure II. 2 : Brochage typique d'un Atmega 328P en boîtier PDI**

#### II.3.2.2.2. Descriptions des broches

- **Port B (PB [7:0]) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2**

Le port B est un port d'entrée / sortie bidirectionnel 8 bits avec des résistances pull-up internes. Les broches du port B sont déclarées triples lorsqu'une condition de réinitialisation est déclenchée, même si l'horloge ne fonctionne pas. Selon le réglage du fusible du sélecteur d'horloge, le PB6 peut être utilisé comme entrée d'un oscillateur inverseur d'amplificateur et dans le circuit d'horloge interne. Selon le réglage du fusible du sélecteur d'horloge, le PB7 peut être utilisé comme sortie d'un amplificateur oscillateur inverseur.

- **Port C (PC [5:0])**

Le port C est un port d'E/S bidirectionnel 7 bits avec des résistances pull-up internes (sélectionnées pour chaque bit). Les tampons de sortie PC[5:0] ont des caractéristiques de commande symétriques avec une capacité de source et de dissipation élevés. En entrée, si la résistance de pull-up est activée, la broche du port C qui est tirée vers le bas génère du courant en externe.

- **PC6/RESET**

Déclenché par un front descendant maintenu plus de 50 ns, il va générer un reset microcontrôleur, même si l'horloge ne tourne pas.

- **Port D (PD [7:0])**

Le port D est un port d'E/S bidirectionnel 8 bits avec des résistances pull-up internes (sélectionnées pour chaque bit). Le tampon de sortie du port D a une caractéristique d'attaque symétrique avec des capacités de source et de dissipation élevés. En entrée, si la résistance de pull-up est activée, la broche du port D tirée en externe vers le bas fournira du courant. Lorsqu'une condition de réinitialisation devient active, la broche du port D est activée trois fois, même si l'horloge ne fonctionne pas.

- **XTAL1**

Entrée oscillateur externe ou horloge interne

- **XTAL2**

Production de l'amplificateur de l'oscillateur.

- **AVCC**

Est la broche de tension d'alimentation du convertisseur A/D, elle doit être connectée à VCC via un filtre passe-bas pour éviter le bruit.

- **AREF**

Est l'entrée de référence analogique du convertisseur A/D, la plage de tension AVCC est de 2 V, avec filtre passe-bas.

- **VCC**

Broches d'alimentation du microcontrôleur (+3 à +5V).

- **GND**

La masse de l'alimentation.

<b>Le nombre de Pin</b>	<b>Description</b>	<b>Fonction</b>
1	PC6	REST
2	PD0	Digital Pin (RX)
3	PD1	Digital Pin (TX)
4	PD2	Digital Pin
5	PD3	Digital Pin (PWM)
6	PD4	Digital Pin
7	VCC	Positive voltage (power)
8	GND	Ground
9	XTAL 1	Crystall oscillator
10	XTAL 2	Crystall oscillator
11	PD5	Digital Pin (PWM)
12	PD6	Digital Pin (PWM)
13	PD7	Digital Pin
14	PB0	Digital Pin
15	PB1	Digital Pin (PWM)
16	PB2	Digital Pin (PWM)
17	PB3	Digital Pin (PWM)
18	PB4	Digital Pin
19	PB5	Digital Pin
20	AVCC	Positive voltage for ADC (power)
21	AREEF	Refernce voltage
22	GND	Ground
23	PC0	Analog Input
24	PC1	Analog Input
25	PC2	Analog Input
26	PC3	Analog Input
27	PC4	Analog Input
28	PC5	Analog Input

**Tableau II. 2 Description des Brochages de l'Atmega 328P**

### II.3.2.2.3. Fonctionnement de l'ATMEGA328P

Le synoptique suivant présente le fonctionnement général du microcontrôleur ATMEGA 328P.

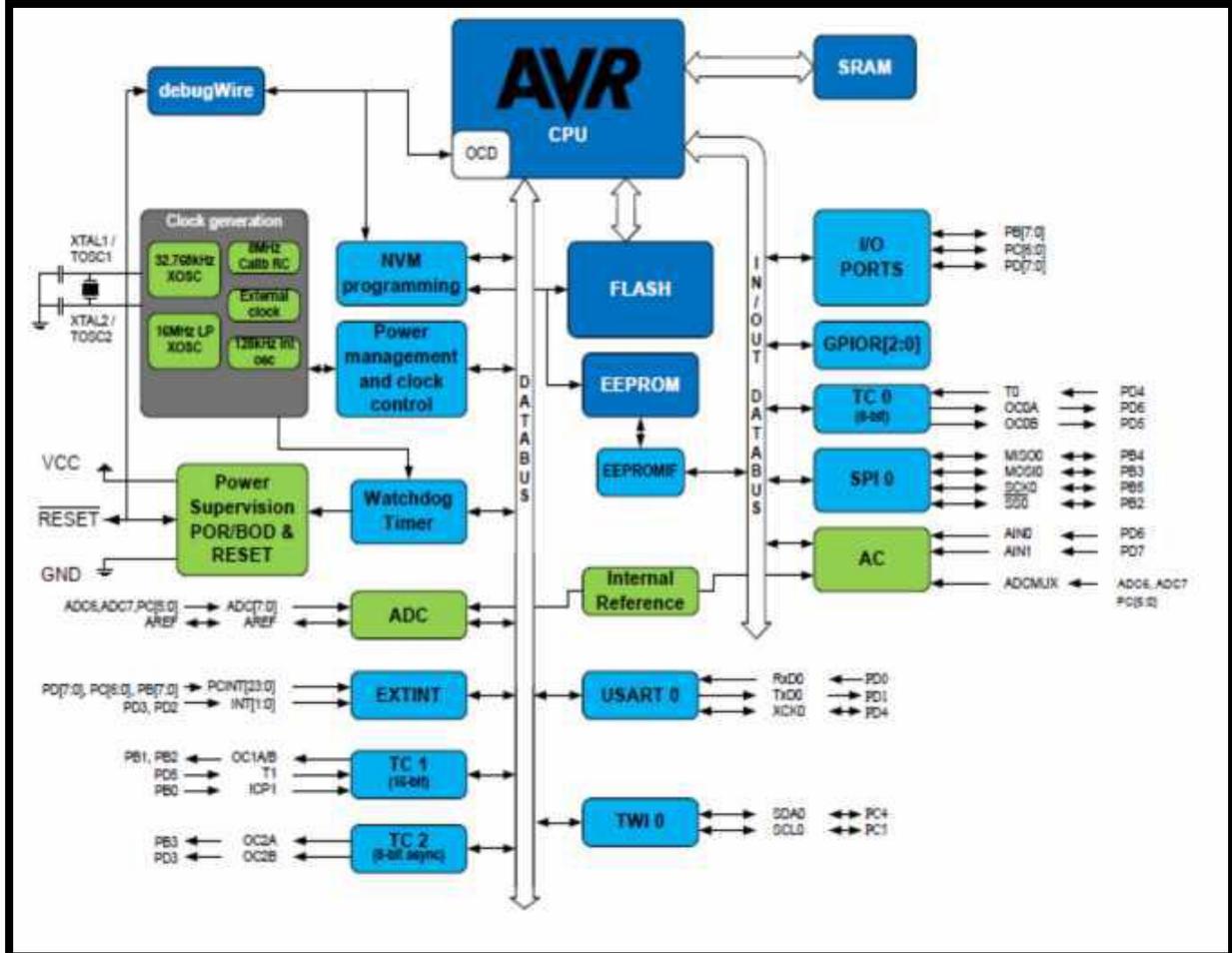


Figure II. 3 : Architecture de l'Atmega 328P

Le cœur AVR combine un riche jeu d'instructions 131 et 32 registres spéciaux, travaillant directement avec l'unité logique arithmétique ALU (représentant le registre d'accumulateur dans les microcontrôleurs classiques). Ces registres spéciaux permettent à une seule instruction d'accéder directement à deux registres distincts et de s'exécuter en un seul cycle d'horloge. Cela signifie qu'en un seul cycle d'horloge, l'unité logique arithmétique ALU effectue l'opération et stocke le résultat dans le registre de sortie, le tout en un cycle d'horloge. L'architecture résultante effectue des opérations jusqu'à 10 fois plus efficacement que les microcontrôleurs CISC traditionnels. Les adresses 16 bits sont utilisées pour l'adressage indirect de l'espace de données (X, Y & Z). Le troisième Z est également utilisé comme indicateur d'adresse pour la fonction de consultation de table des constantes.

Les 32 registres sont détaillés dans le tableau qui suit avec l'adresse effective dans la mémoire SRAM.

Bit 7 à 0	Adresse	Registre Spéciaux
R0	\$00	
R1	\$01	
Rn	\$xx	
R26	\$1A	Registre X Partie Basse
R27	\$1B	Registre X Partie Haute
R28	\$1C	Registre Y Partie Basse
R29	\$1D	Registre Y Partie Haute
R30	\$1 <sup>E</sup>	Registre Z Partie Basse
R31	\$1F	Registre Z Partie Haute

**Tableau II.3 : Atmega 328P Registre générale**

Les informations sont diffusées sur un bus de données 8 bits dans tout le circuit. Le microcontrôleur dispose également d'un mode veille qui arrête le processeur en permettant à la SRAM, au temporisateur/compteur et à l'interface SPI d'interrompre la veille du système pour reprendre le fonctionnement. Lorsque l'alimentation est coupée, le mode Eco enregistre le contenu des registres et gèle l'oscillateur, désactivant toutes les autres fonctions du circuit jusqu'à ce que des interruptions logicielles ou matérielles soient émises. En mode Eco, l'oscillateur de la minuterie continue de fonctionner, permettant à l'utilisateur d'entretenir la minuterie RTC pendant que le reste de l'appareil dort. L'appareil est fabriqué à l'aide de la technologie de mémoire haute densité non volatile d'ATMEL. La mémoire flash peut être reprogrammée par un système avec une interface SPI ou par un programmeur de mémoire non volatile traditionnel.

#### **II.3.2.2.4. Les différents modules**

- **Registres à usage général :**

Les microcontrôleurs ATmega ont une architecture basée sur les registres, c'est-à-dire les opérandes et les résultats d'opération sont stockés dans des registres, colocalisés avec l'unité centrale de traitement (CPU). Les registres à usage général sont couplés à l'unité

logique arithmétique (ALU) du processeur. Ces registres sont utilisés pour stocker temporairement des informations pendant l'exécution du programme. Ceux-ci occupent 32 octets de mémoire de données et occupent les emplacements d'adresse \$00 à \$FF. Les registres sont nommés R0 à R31 et chaque registre a une largeur de 8 bits

- **Mémoire d'entrée / sortie :**

Cette mémoire est également appelée mémoire SFR (Special Function Register) car elle est dédiée à des fonctions spéciales telles que les registres d'état, les temporisateurs, les communications série, les ports d'E/S, les compteurs analogiques-numériques (ADC), etc. Le nombre d'emplacements occupés par cette mémoire dépend du nombre de broches et Fonctions périphériques prises en charge par la puce. Alors que toutes les puces ont des emplacements d'E/S fixes de 64 octets, certains microcontrôleurs ATmega ont une mémoire d'E/S étendue qui contient des registres liés à d'autres ports et périphériques.

- **SRAM interne:**

Également connu sous le nom de bloc-notes, il est utilisé pour stocker les données et les paramètres du programmeur et du compilateur. Accessible depuis n'importe quel endroit directement à son adresse. Ceci est utilisé pour stocker les données des entrées/sorties et des ports série dans le CPU.

- **EEPROM Flash:**

Il s'agit de la mémoire programmable intégrée du système pour stocker les programmes. Il est effaçable et programmable comme une unité. Comme il est non volatile, le contenu de la mémoire est conservé même lorsque l'alimentation est coupée. Pour chaque microcontrôleur ATmega, le numéro à la fin du nom indique la capacité de la mémoire flash.

- **Ports:**

Les microcontrôleurs ATmega contiennent quatre ports 8 bits - Port A, Port B, Port C et Port D. Chaque port est associé à trois registres - Registre de données (écrit les données de sortie sur le port), Registre de direction des données (définit une broche de port spécifique en sortie ou entrée) et l'adresse de la broche d'entrée (lit les données d'entrée du port).

- **Clock:**

L'horloge du microcontrôleur est utilisée pour fournir une base de temps aux sous-systèmes périphériques. Nous pouvons régler l'horloge en interne en utilisant le condensateur de résistance sélectionnable par l'utilisateur ou en utilisant des oscillateurs externes.

- **Timers et compteurs:**

Les microcontrôleurs ATMega contiennent généralement 3 Timers/ Compteurs. Bien que deux timer de 8 bits puissent également être utilisés comme compteurs, le troisième est un compteur de 16 bits. Ils sont utilisés pour générer des signaux de sortie de précision, compter des événements externes ou mesurer des paramètres du signal numérique d'entrée.

- **Systèmes de communication série:**

La puce du microcontrôleur ATMega contient un récepteur et un transmetteur série synchrone et asynchrone universel (USART), une interface périphérique série (SPI) et une interface série à deux fils (TWI).

- **Convertisseurs analogique-numérique:**

Les microcontrôleurs ATMega contiennent un sous-système ADC (Convertisseurs analogique-numérique:) multi canal. L'ADC a une résolution de 10 bits et fonctionne selon le principe de l'approximation successive. Il est associé à trois registres: registre de sélection de multiplexeur ADC, contrôle ADC et registre d'état, et registre de données ADC.

- **Interruptions :**

Il y a 21 périphériques d'interruption dans les microcontrôleurs ATMega. Alors que 3 sont utilisés pour des sources externes, les 19 restants sont utilisés pour les sous-systèmes internes. Ceux-ci sont utilisés pour interrompre la séquence normale des événements en cas d'urgence de haute priorité.

## **II.4. Afficheur LCD**

### **II.4.1. Présentation de l'afficheur LCD**

Les écrans à cristaux liquides, également connus sous le nom d'écrans à cristaux liquides, sont des modules intelligents et compacts qui nécessitent peu de composants externes pour fonctionner correctement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bon marché et sont très faciles à utiliser.

Il existe plusieurs types de moniteurs sur le marché, qui se différencient non seulement par leur taille (de 1 à 4 lignes, 6 à 80 caractères par ligne), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leur tension de fonctionnement. Certains ont un rétroéclairage de l'écran. Cette fonctionnalité utilise des LED montées derrière l'écran du module, cependant, cette intensité d'éclairage est élevée (de 80 à 250 mA).

### II.4.2. Présentation d'un écran LCD

Ils sont largement utilisés dans les composants de microcontrôleurs et présentent une excellente convivialité. Ils peuvent également être utilisés lors de la phase de développement d'un programme, où l'on peut facilement afficher les valeurs de différentes variables.

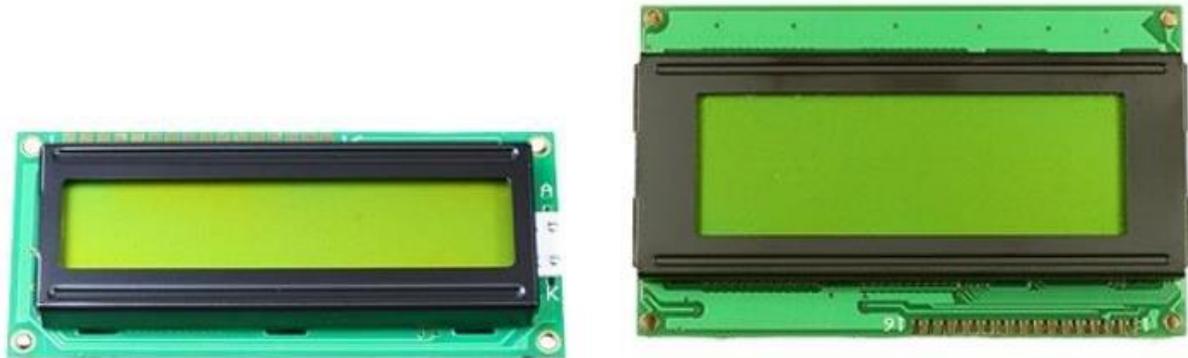


Figure II. 4 : Photo d'un afficheur LCD.

### II.4.3. Brochage

Tout d'abord, le brochage des écrans LCD est "standardisé", il y a 14 broches (ou 16 si l'écran est rétro-éclairé) pour le "petit format" :

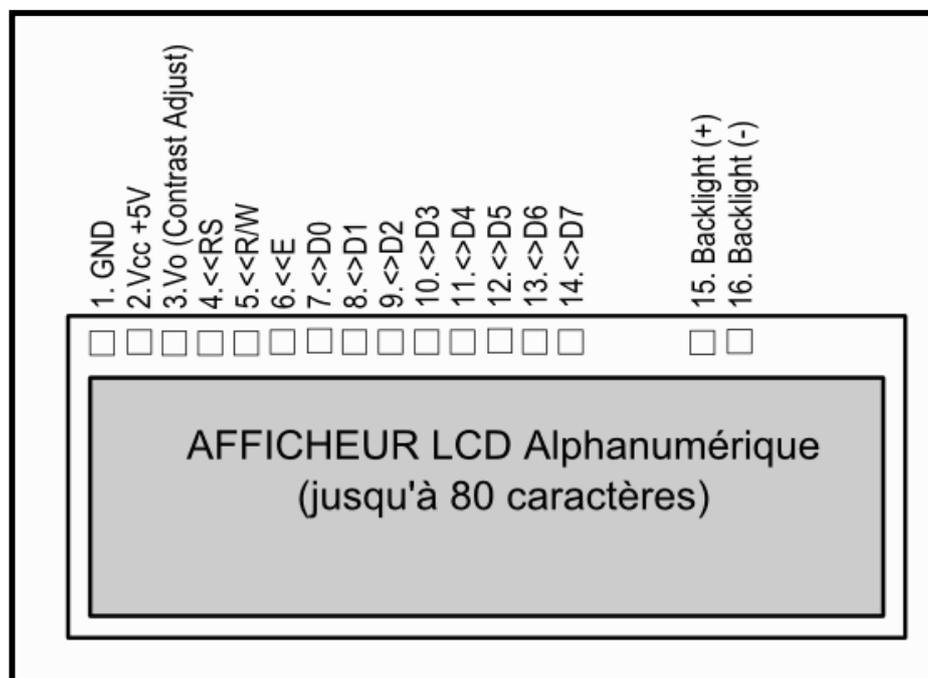


Figure II. 5 : schéma d'un afficheur LCD [13]

NO	Nom	Rôle de broche
1	Masse	Masse
2	Vcc	Alimentation positive +5V de l'afficheur
3	Vo	Réglage du contraste de l'afficheur entre 0 et +5V (plus proche de la masse)
4	RS	Commutation de registre entre les instructions « 0 » et les données « 1 »
5	R/W	Commutation entre lecture « 1 » (Read) et écriture « 0 » (Write)
6	E	Entrée de validation (Enable) active sur front descendant
7	D0	Bus de données bidirectionnel 3 états (haute impédance lorsque E=0)
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	
12	D5	
13	D6	
14	D7	
15	A	Anode rétro-éclairage (+5V)
16	K	Cathode rétro-éclairage (masse)

**Tableau II. 4 : Brochage d'un afficheur LCD**

#### II.4.4. Fonctionnement

L'écran LCD est capable d'afficher tous les caractères alphanumériques courants et quelques symboles supplémentaires. Pour certains moniteurs, il est même possible de créer votre propre personnage. Chaque caractère est identifié par son code ASCII et doit être envoyé sur les broches 7 A 14 sur les lignes D0 à D7. Ces lignes servent aussi à la gestion de l'affichage, envoyer des commandes comme effacer l'écran, écrire sur la ligne 1 ou 2, le sens de défilement du curseur.

#### II.4.5. L'afficheur LCD 16 x 2 [16]

Les écrans LCD 16x2 sont des modules très basiques et très couramment utilisés dans divers appareils et circuits. Ces modules valent mieux que sept segments et autres LED multi-segments. Les raisons sont les suivantes : les écrans LCD sont économiques ; faciles à programmer ; aucune restriction sur l'affichage de caractères spéciaux ou même personnalisés, d'animations, etc.

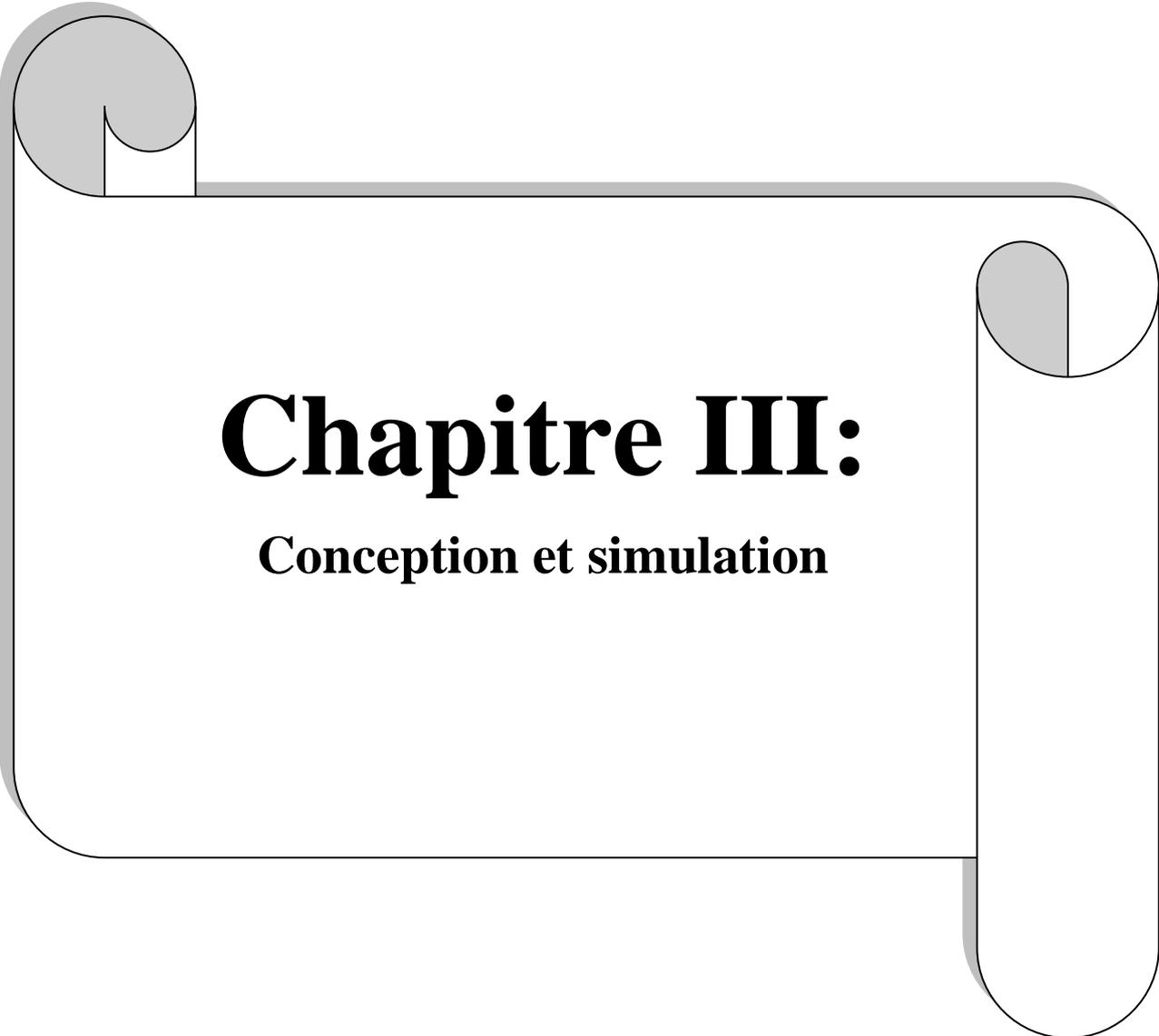
### II.4.5.1. Caractéristiques de l'afficheur LCD :

L'afficheur dispose de :

- 2 lignes de 16 caractères (Matrice de 5 colonnes 7 lignes).
- Une RAM (DDRAM : Display Data RAM) constituée de 80 caractères. L'afficheur LCD reçoit les codes caractères (8 bits par caractères) provenant d'un microcontrôleur, mémorise les codes dans sa DDRAM, transforme chaque caractère en un dessin de caractère en matrice 5×7 points et affiche les caractères sur son écran à cristaux liquides.
- Une RAM (CGRAM : Character Graphic Ram) permettant de créer de nouveaux caractères. L'utilisateur peut définir jusqu'à 8 dessins de caractères supplémentaires en matrice 5×7 point selon les besoins d'une application.
- De 2 registres internes IR et DR :
- Le registre d'instruction IR : (Instruction Register) : registre de contrôle, suivant la valeur que l'on écrit dedans, l'afficheur exécute des opérations de configuration. Il permet aussi de positionner le curseur parmi les 80 adresses de DDRAM, la ou les 16 adresses de la CGRAM.
- Le registre de données DR : (Data Register) Suivant la valeur que l'on met dedans l'afficheur peut, afficher un caractère (Code ASCII ou spécifique), créer une ligne d'une matrice d'un nouveau caractère.

### II.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu voir les caractéristiques électriques du microcontrôleur Atmega328p et de l'afficheur LCD 16×2 que nous avons utilisé dans notre projet.

A decorative frame resembling a scroll, with a grey shaded area on the left side and a grey shaded area on the right side, framing the chapter title.

# Chapitre III:

## Conception et simulation

## Chapitre III: Conception et simulation

### III.1. Introduction

Ce chapitre consiste à simuler un compte tours. Cette simulation se décompose en trois parties principales :

- Partie simulation en utilisant le logiciel (ISIS / ARES).
- Partie programmation en utilisant le logiciel d'arduino.
- Test et résultat.

Notre circuit comporte deux parties (partie pour l'émission et réception des rayons IR, partie de lecture de la fréquence de transmission à travers le microcontrôleur et l'affichage de la vitesse dans l'afficheur LCD de notre compte-tours).

Après la simulation, nous interpréterons les différents signaux que nous avons obtenus et testerons les résultats du circuit.

### III.2. La structure de compte-tours

Cet organigramme dans la **Figure III.1** présente la structure de notre compte-tours

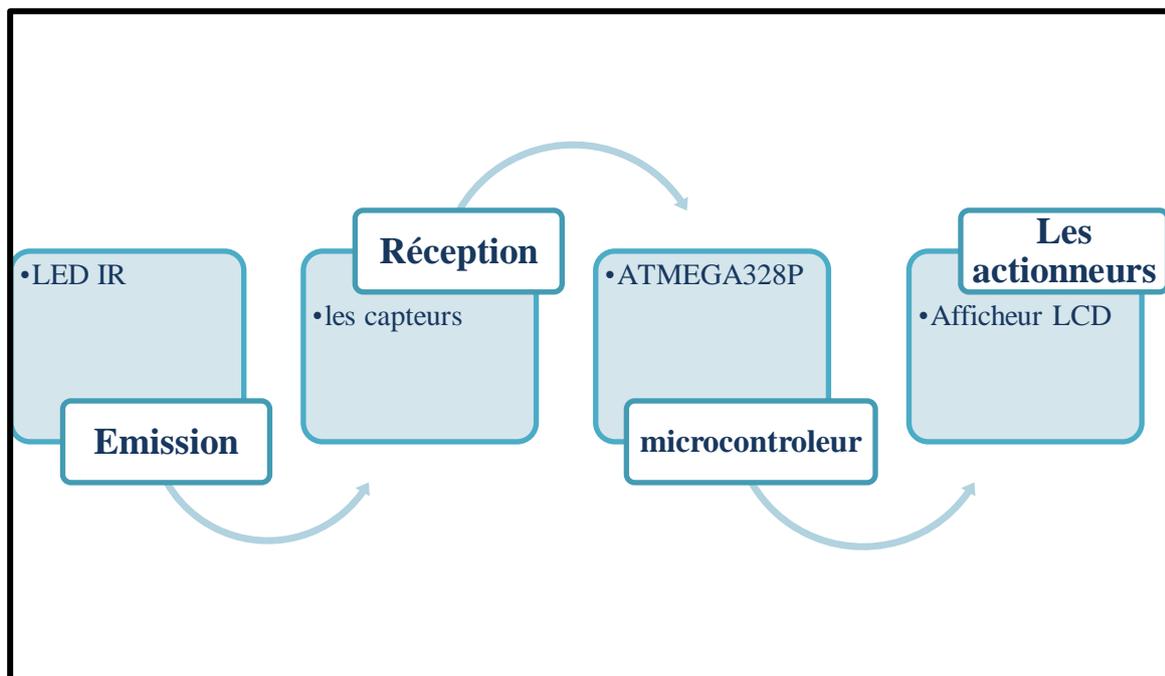


Figure III. 1 : La structure de compte-tours

### III.3. Logiciel PROTEUS ISIS

Les logiciels de simulation de circuits électroniques incluent Workbench, PROTEUS, Tina...etc.

Les premiers tests de simulation du circuit compte-tours ont été effectués sur le logiciel bien connu de simulation de composants électroniques Proteus ISIS. En plus de pouvoir simuler des montages basés sur des microcontrôleurs, il peut également fournir plus d'idées pour la réalisation des matériaux et la conception de circuits imprimés. Avec des modules complémentaires, ISIS est également capable de simuler le comportement d'une ATMEGA328 et son interaction avec les composants environnants (capteurs, écrans LCD, ...etc.)

### III.4. Analyse du circuit

#### III.4.1. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement de notre compteur est très simple mais très pratique. Le dispositif constitué d'une LED IR, cette LED envoie des signaux infrarouges, ces impulsions pénètrent dans une fixation cylindrique avec un certain nombre de trous, il est connecté à l'arbre du moteur, du côté opposé de ce cylindre il y a un capteur infrarouge qui capture le nombre d'impulsions à travers lesquelles nous déterminons la vitesse du moteur en le traitant par un microcontrôleur.

#### III.4.2. Le schéma électrique

Sur la **figure III.2** nous présentons le circuit électrique global de notre compte-tours. Il est constitué d'un optocoupleur, trigger de schmitt, microcontrôleur (ATMEGA328p) et un affichage LCD.

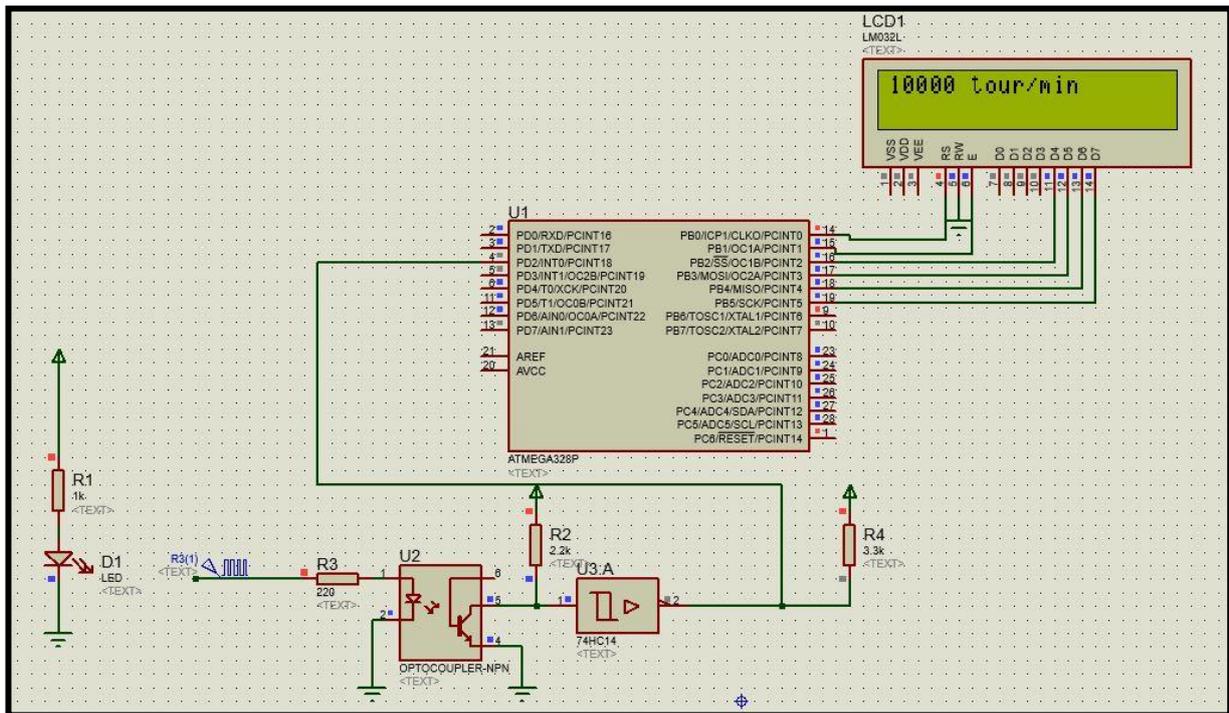


Figure III. 2 : circuit du compte-tours.

Nous avons simulé ce cercle sur l’environnement ISIS pour observer les différents résultats.

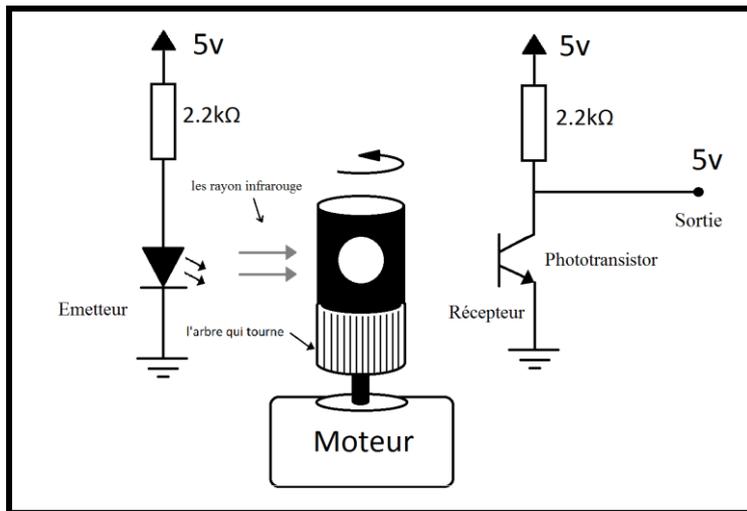
### III.5. Parties de circuit

#### III.5.1. Partie de (émission –réception)

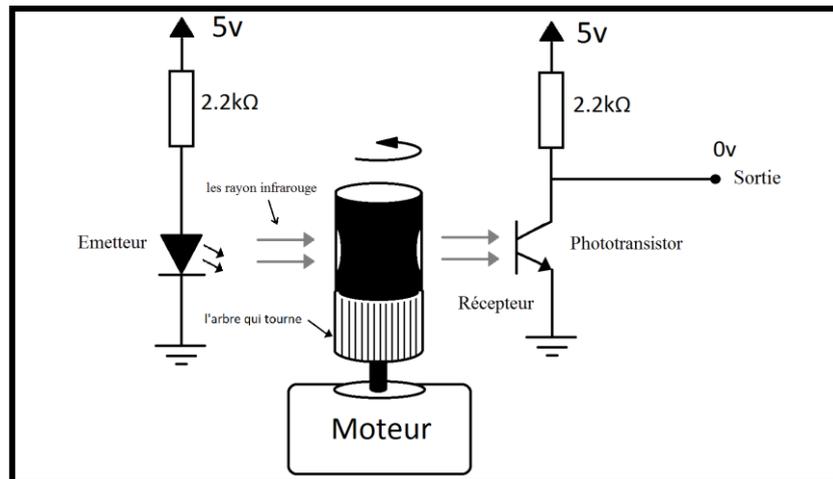
##### III.5.1.1. Fonction de vitesse du compte-tours

Le graphique suivant montre le fonctionnement de la partie (émission-réception), grâce à laquelle nous connaissons la vitesse de rotation du moteur.

On remarque que le cylindre contient deux trous opposés, lorsqu’une impulsion les traverse, ce qui signifie que le cylindre a fait un demi-cycle.



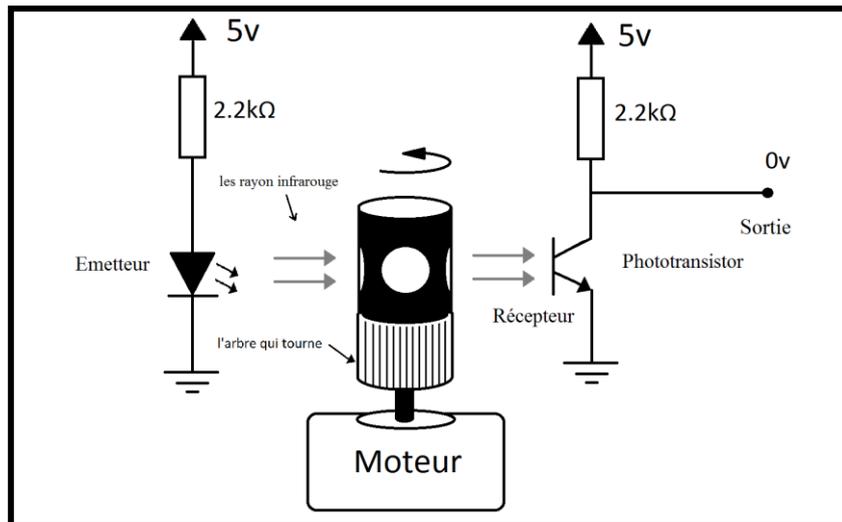
**Figure III. 3 : Partie de (émission et réception) : le cas où le cylindre intercepte les rayons infrarouges.**



**Figure III. 4 : Partie de (émission et réception) le cas qui les rayons infrarouge pénètre dans les trous du cylindre**

D'après le graphique illustré à la **figure III.3**, nous concluons le nombre d'impulsions capturées par le phototransistor est deux fois plus élevé que le nombre des rotations effectués par le moteur.

$$\text{Nombre des rotations} = \frac{\text{Nombre d'impulsions capturées}}{2} \quad (3)$$



**Figure III. 5 : Partie de (émission et réception) : Le cylindre a quatre trous.**

Dans cet exemple illustré à la **Figure III.5**, nous notons qu'il y a quatre trous dans le cylindre, de sorte que le nombre des rotations du moteur est un quart du nombre d'impulsions capturées par le phototransistor.

$$\text{Nombre des rotations} = \frac{\text{Nombre d'impulsions capturées}}{4} \quad (4)$$

A la suite de ces expériences précédentes, nous arrivons à l'équation suivante :

$$Nr = \frac{fs}{Nt} \quad (5)$$

$Nr$  : Nombre des rotations/seconde.

$fs$  : fréquence de sortie.

$Nt$  : Nombre des trous dans le cylindre.

### III.5.1.2. Partie de (émission –réception) sous ISIS

Le schéma électrique suivant représente le circuit de (émission-réception) qui donne la fréquence de sortie que nous traitons pour obtenir la vitesse de rotation. On remarque que le circuit contient un optocoupleur et nous l'avons choisi comme simulation du processus de transmission et de réception car il n'y a pas de composant spécifique pour cette expérience dans le programme (ISIS) donc nous supposons que le cylindre attaché au moteur fait partie de l'optocoupleur.

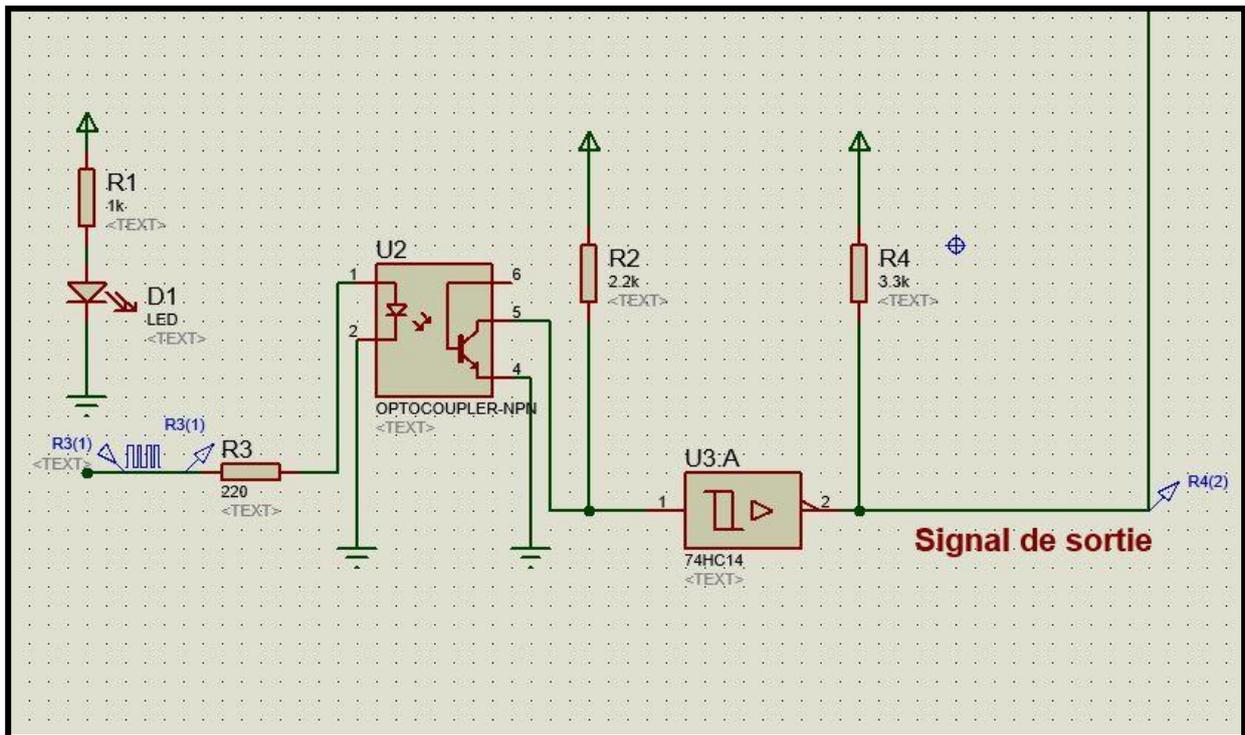


Figure III. 6 : simulation de la partie (émission-réception)

### III.5.1.2.1. Signal d'entrée :

La Figure III. 8 représente le signal d'entrée ou bien le signal envoyé par la Led IR, qui est une fréquence qui contient une seule impulsion de durée **10us** dans un période de durée **100us**. Ces durées peuvent être changées.

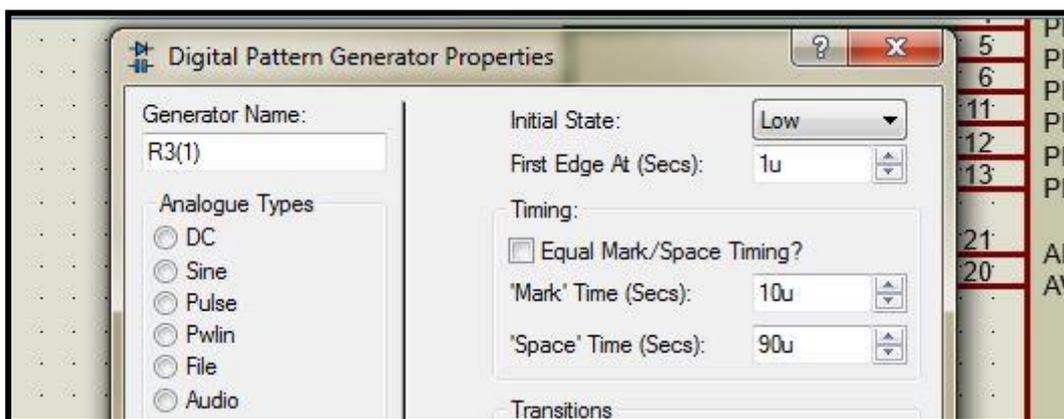


Figure III. 7 : Fenêtre du programme pour choisir la valeur de la période.

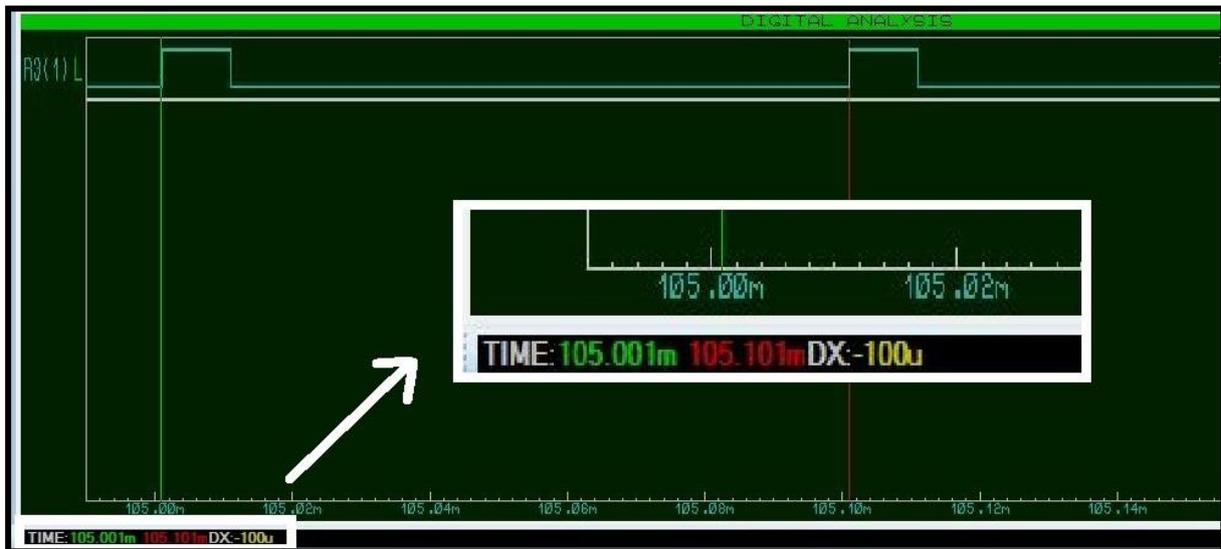


Figure III. 8 : Le signal envoyé par la LED infrarouge

### III.5.1.2.2. Le signal du phototransistor :

La **Figure III.9** représente le signal envoyé par le phototransistor, et lorsque le signal est à la valeur la plus élevée signifie que les rayons infrarouge n'atteint pas le phototransistor parce qu'il est bloqué par le cylindre connecté au moteur, mais dans le cas où le signal est à la valeur minimale, cela signifie que les rayons infrarouge a traversé les trous et a été capté par le phototransistor.



Figure III. 9 : le signal sortant du phototransistor.

On remarque dans la **Figure III. 9** que le signal a du bruit et qu'il n'y a pas de bonne transition d'un niveau à l'autre. C'est pourquoi nous avons mis en place le composant (**trigger de schmitt**). Le principal avantage des trigger de schmitt ici est qu'ils nettoient le signal bruyant.

Les déclencheurs de Schmitt sont couramment trouvés dans les circuits qui ont besoin d'une forme d'onde avec des transitions de bord lentes pour être traduite en une forme d'onde avec des transitions de bord rapides et propres. Les déclencheurs Schmitt peut également transformer presque n'importe quelle forme d'onde analogique - comme une onde sinusoïdale ou une forme d'onde en dents de scie - en un signal numérique ON-OFF avec des transitions de front rapides.

### III.5.1.2.3. Le signal de la sortie :

La **Figure III. 10** figure montre le signal de sortie après son traitement par le trigger de Schmidt, que nous enverrons au le microcontrôleur pour montrer la vitesse du moteur.



Figure III. 10 : le signal sortant du Trigger de schmitt

### III.5.2. Partie de programmation et d'affichage

À cette partie, nous avons ajouté un microcontrôleur afin de traduire le signal de sortie en données qui peuvent être facilement lues par un afficheur LCD.

Le Microcontrôleur (en notation abrégée  $\mu\text{c}$ , ou uc ou encore MCU en anglais) est un circuit programmable capable d'exécuter un programme et qui possède des circuits d'interface intégrés avec le monde extérieur et sont fréquemment utilisés dans les systèmes embarqués, comme les contrôleurs des moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, l'électroménager, les jouets, la téléphonie mobile, etc.

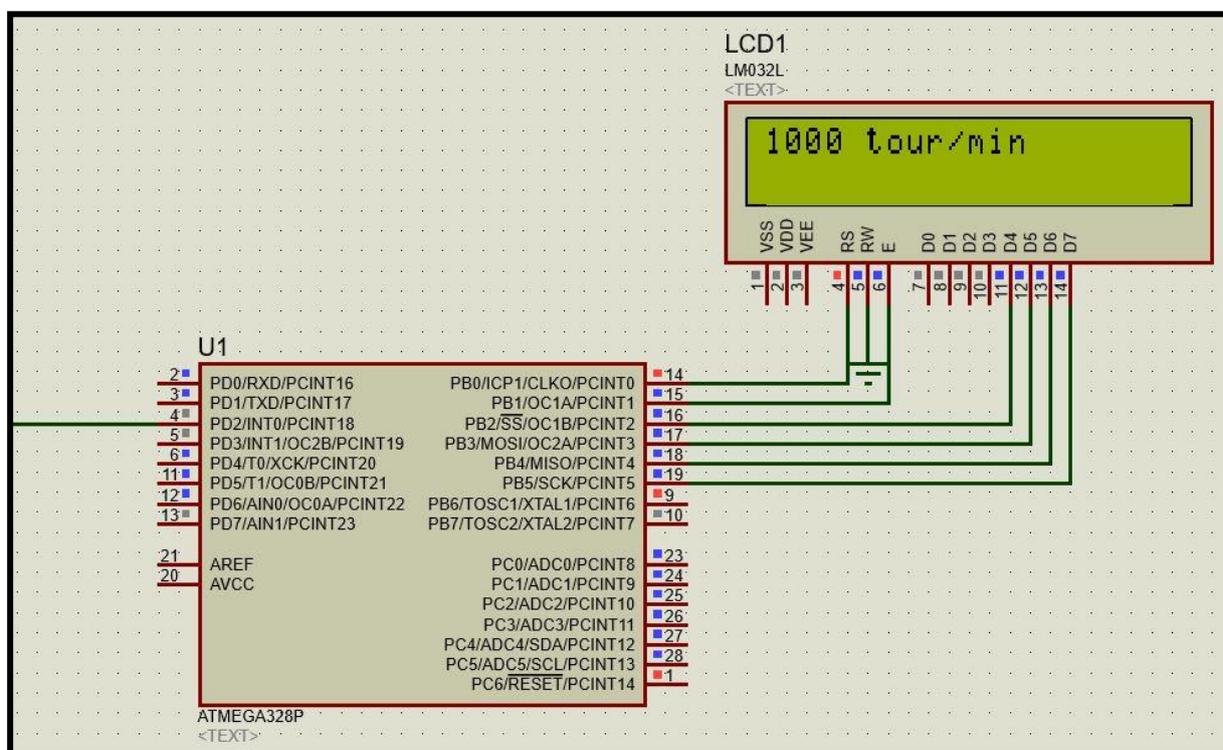


Figure III. 11 : le circuit de compte-tours : partie affichage

Les différentes connexions et numéro des pins de circuit sont présentés par le tableau suivant :

Composant	Pin composant	Pin ATMEGA328
Afficheur LCD	RS pin	0
	Enable pin	1
	D4	2
	D5	3
	D6	4
	D7	5
	RW	GND
Trigger de schmitt	2	18

**Tableau III.1 : Broches et connexion du notre circuit électronique.**

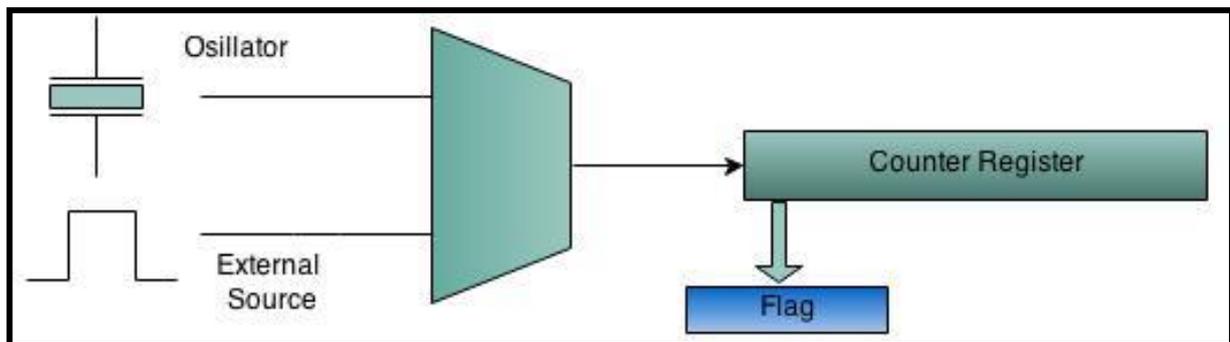
### III.5.2.1. Le programme

#### III.5.2.1.1. AVR Timer programming [17]

**Timer/Counter** est une partie essentielle de tout microcontrôleur moderne. N'oubliez pas qu'il s'agit de la même unité matérielle à l'intérieur du microcontrôleur qui est utilisée comme minuterie ou compteur. Les minuteries/compteurs sont une unité indépendante à l'intérieur d'un microcontrôleur. Ils s'exécutent essentiellement indépendamment de la tâche effectuée par le processeur. Par conséquent, ils sont très utiles et sont principalement utilisés pour les éléments suivants:

- Minuterie interne: En tant que minuterie interne, l'unité coche la fréquence de l'oscillateur. La fréquence de l'oscillateur peut être directement transmise à la minuterie ou pré-mise à l'échelle. Dans ce mode, il est utilisé pour générer des retards précis. Ou comme machine à compter le temps précis.
- Compteur externe : dans ce mode, l'appareil est utilisé pour compter les événements sur une broche externe spécifique sur un microcontrôleur.

- Générateur de modulation de largeur d'impulsion (PWM): PWM est utilisé dans le contrôle de la vitesse des moteurs et de diverses autres applications.



**Figure III. 12 : Schéma fonctionnel de la minuterie (Timer).**

L'Atmega328p a 3 unités de minuterie, **Timer0**, **Timer1** et **Timer2** respectivement. La fréquence du CPU atmega328p est 16 Mhz, nous choisirons donc **Timer1**. **Timer1** est de 16 bits, ce qui signifie qu'il peut compter de 0 à  $2^{16} = 65536$ . Par conséquent, le **Timer/counter1** est un 16 bits enregistré formé à partir de TCNT1H et TCNT1L.

Le délai maximum qu'il génère avec un pré-scalaire de 1024 c'est 4 secondes

$$F_{\text{timer}} = \text{CPU Fréquence} / \text{Prescaler (6)}$$

$$F_{\text{timer}} = 16\text{MHz}/1024 = 15.625\text{KHz} \quad T_{\text{tick}} = 1/15.625\text{K} = 64\mu\text{s}$$

$$\text{Le temps totale} = 64\mu\text{s} \times 65536 = 4 \text{ seconds}$$

Pour notre compte-tours, nous n'avons besoin que de 1 seconde ou bien 0,1 seconde.

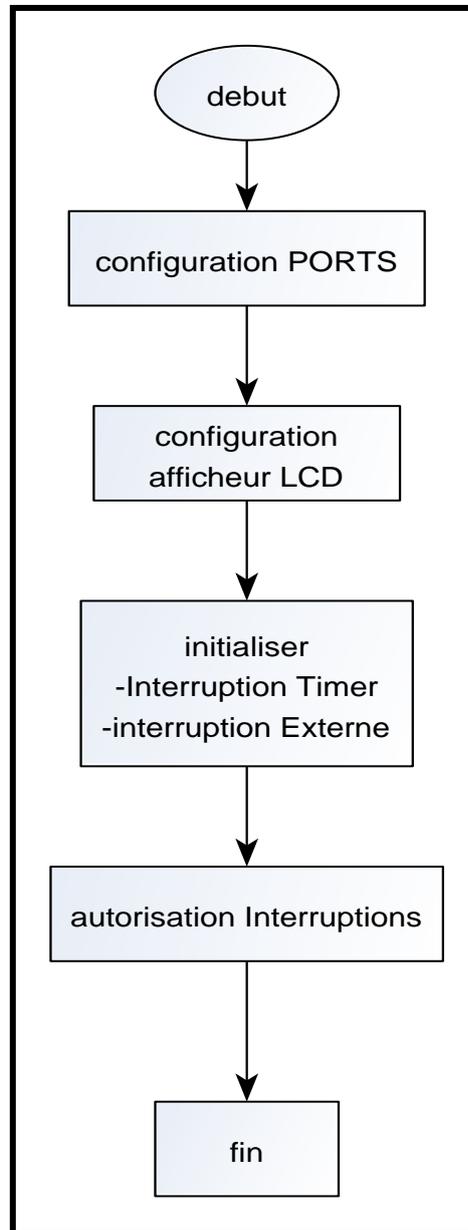
$$\text{Pour 1seconde} : 1000\text{ms}/64\mu\text{s} = 15620 \rightarrow \text{TCNT1} = 49916 ;$$

$$\text{Pour 0.1seconde} : 100\text{ms}/64\mu\text{s} = 1562 \rightarrow \text{TCNT1} = 63974 ;$$

### III.5.2.1.2. Organigrammes du programme

- Organigramme global du programme :

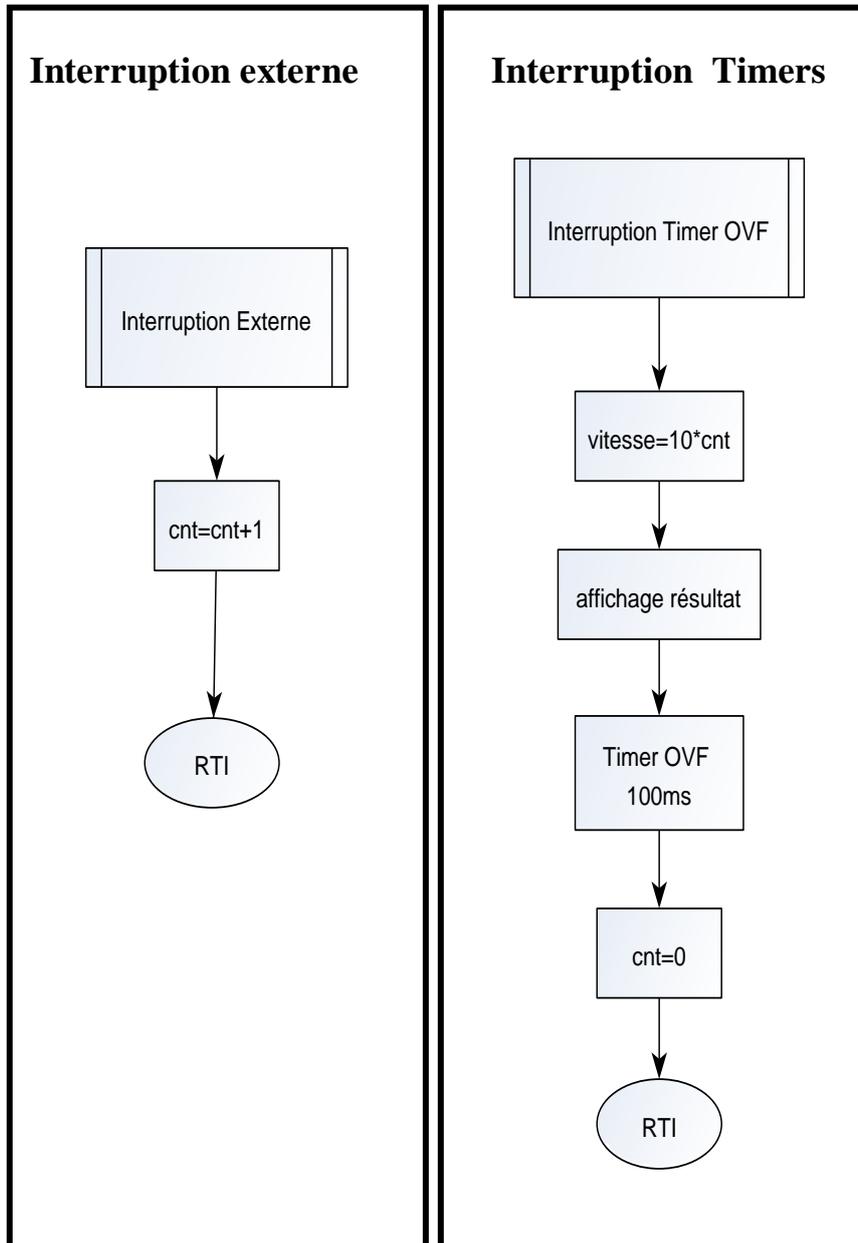
cet organigramme du **Figure III. 13** représente les étapes globales de notre programme



**Figure III. 13 : Organigramme global du programme.**

• **Organigrammes d'interruptions :**

cet organigramme du **Figure III. 14** représente les deux étapes , Interruption externe et interruption Timers .



**Figure III. 14 : l Interruption externe et interruption Timers du programme**

**III.5.2.2. Chargement de programme**

Après avoir connecté les pins du microcontrôleur avec les pins de l'afficheur LCD, nous chargeons le programme dans le microcontrôleur.

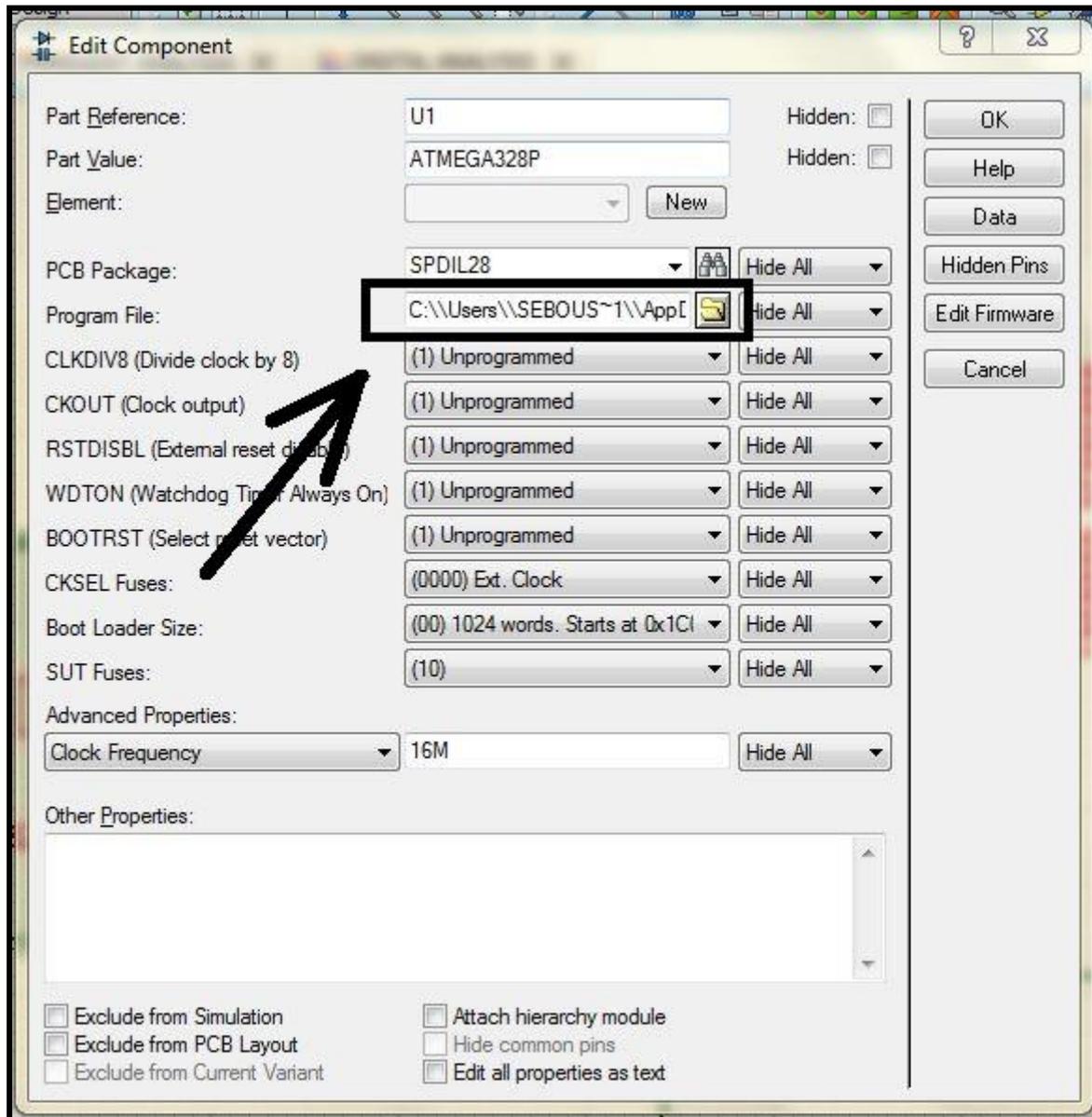


Figure III. 15 : La fenêtre pour charger le programme.

### III.6. Résultats

Pour vérifier que le circuit fonctionne, nous essayons notre compte-tours. Supposons que le capteur reçoit un signal de 100Hz et que le cylindre connecté au moteur ait deux trous, de sorte que le régime moteur sera le suivant:

$$\text{la vitesse du moteur} = \frac{f_s}{N_t} \times 60 = \frac{100}{2} \times 60 = 3000 \text{tour}/\text{min}$$

$f_s$  : fréquence de sortie

$N_t$  : nombre de trous

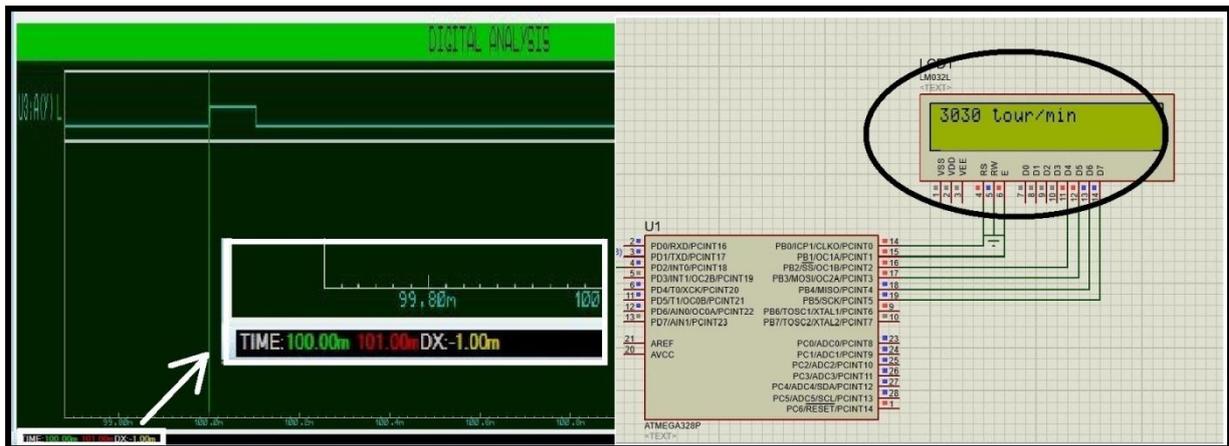


Figure III. 16 : Tests de notre compte-tours

Un autre test :

Supposons que le capteur ait capté 500Hz par seconde et que le cylindre connecté au moteur ait quatre trous, de sorte que le régime moteur sera le suivant:

$$\frac{500}{4} \times 60 = 7500 \text{ tour/min}$$

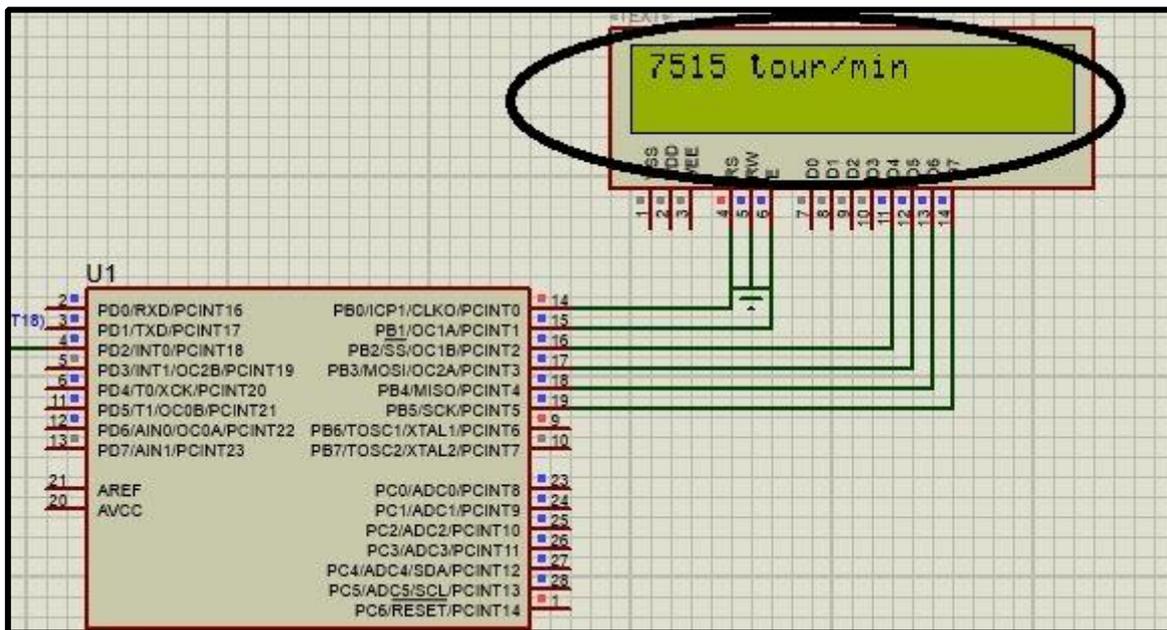


Figure III. 17 : Tests de notre compte-tours

### III.7. Les étapes de réalisation du circuit imprimé

Le schéma de notre circuit imprimé que nous avons confectionné pour notre GBF est représenté sur les figures III.18 et figures III.19

- Circuit d'implantation

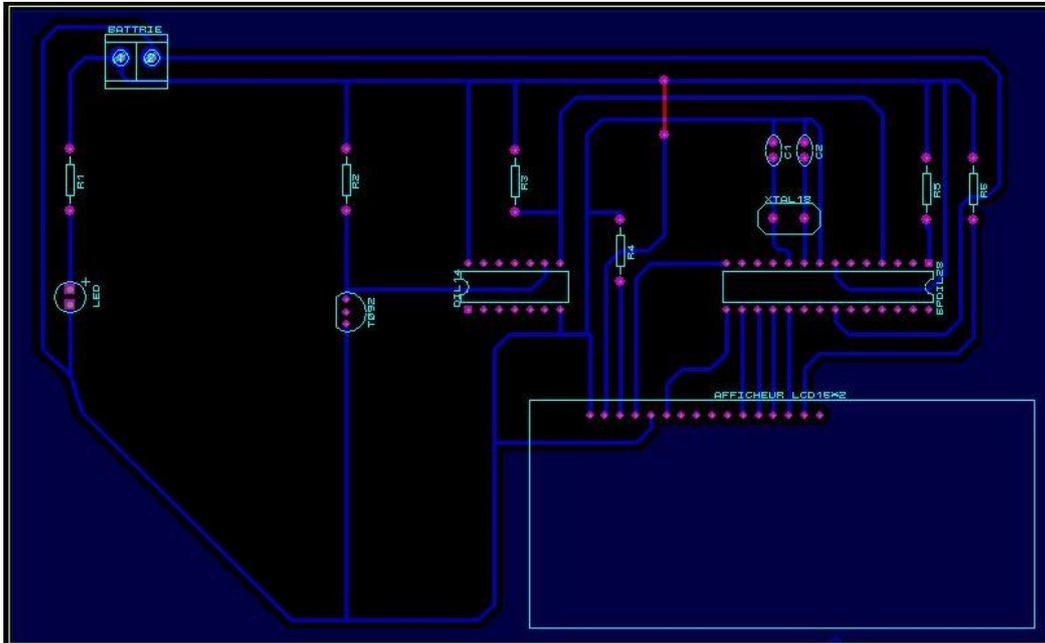


Figure III. 18 : Circuit de compte-tours sous ARES

- Circuit imprimé

La figure III.19 illustre le dessin du circuit imprimé avant l'insertion des composants.

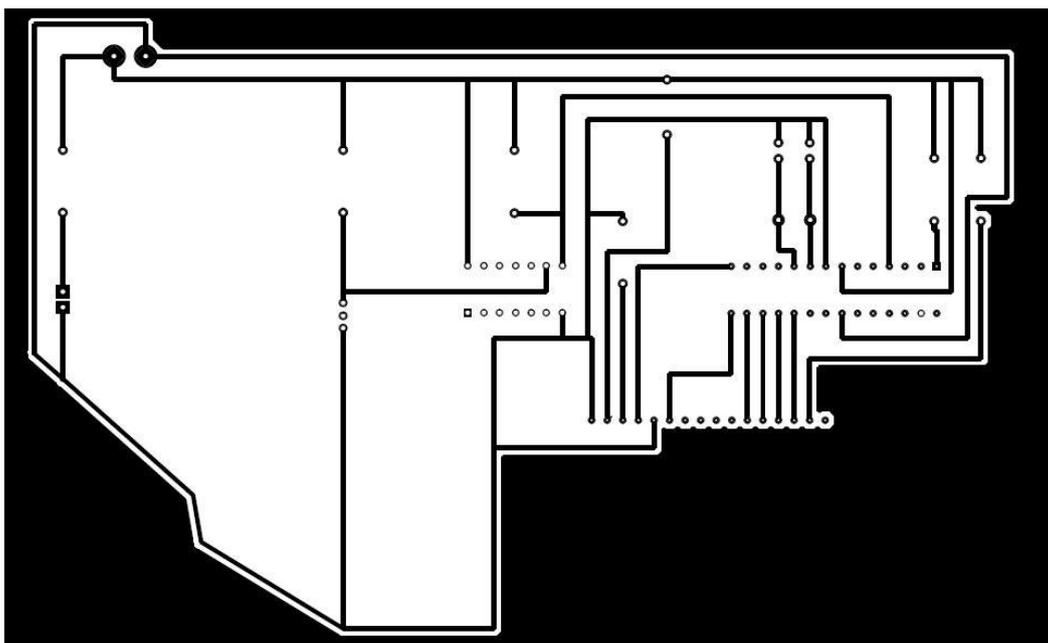
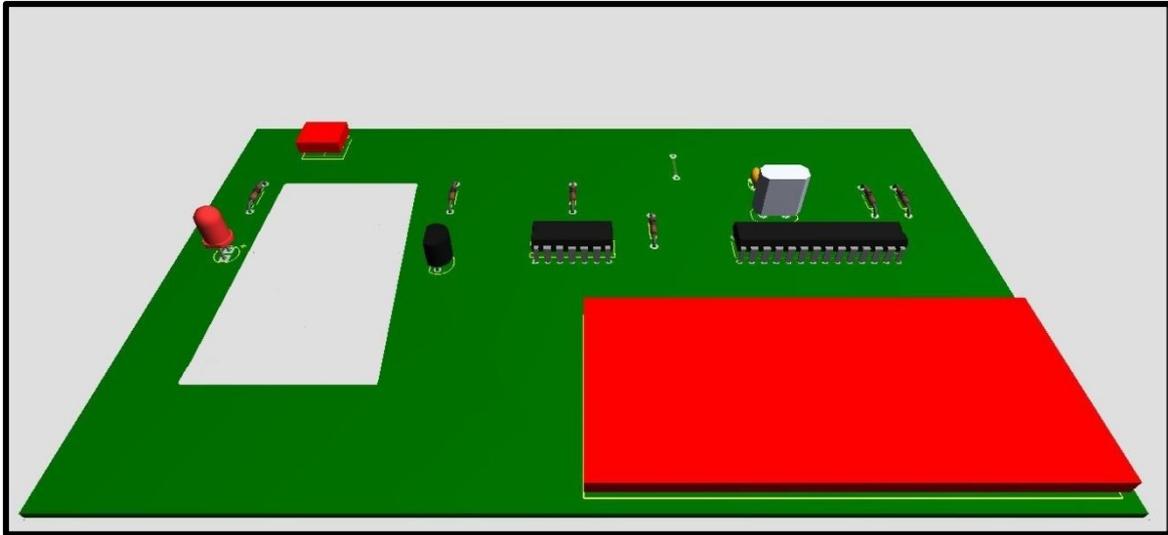


Figure III. 19 : Circuit imprimé de compte-tours

- **Vue en 3D**

La **Figure III. 20** montre une représentation 3D de notre compte-tours que nous avons obtenu sous l'environnement ARES-PROTEUS.



**Figure III. 20: Visualisation 3D du circuit imprimé.**

### **III.8. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons expliqué comment fonctionne notre compte-tours et simuler un compte-tours basé sur le microcontrôleur Atmega328p et avons pu faire quelques tests dessus, et il a donné des résultats corrects.

# *Conclusion générale*

En conclusion, ce mémoire nous a permis d'atteindre des nouveaux objectifs. En effet, ce projet nous a permis de comprendre le fonctionnement d'un compte-tours.

Ensuite, nous avons appris beaucoup sur les caractéristiques de L'atmega328p et ses usages.

Ensuite, nous avons utilisé le programme ISIS, dont nous avons découvert bon nombre de ses caractéristiques et comment faire des simulations professionnelles.

Enfin, le plus important est de maîtriser les bases nécessaires pour travailler avec le programme Arduino.

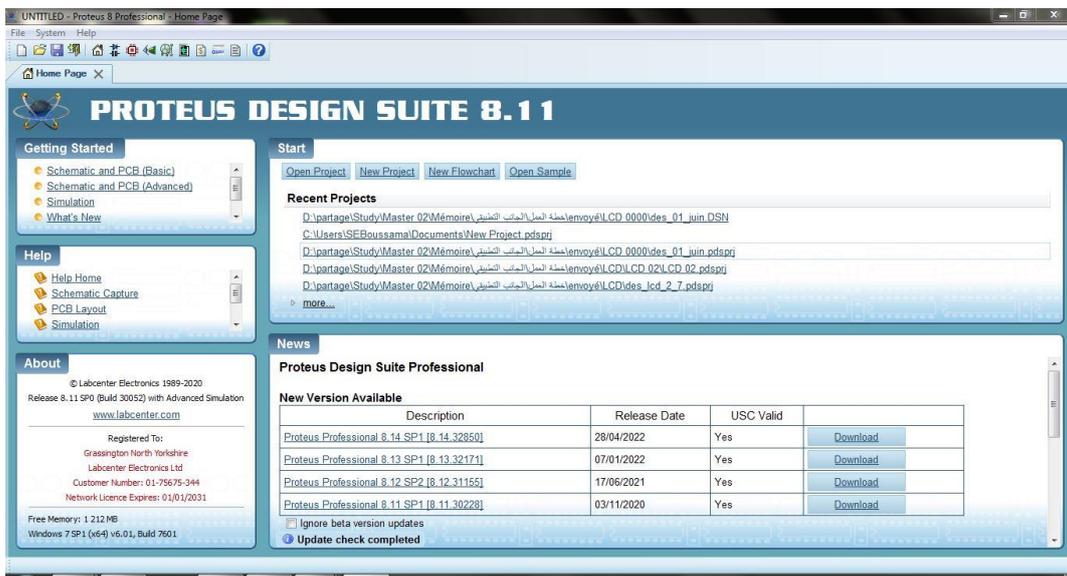
## Références

- [1] MOKHTAR, HAMED HICHAM & ZITOUNI. «Simulation et réalisation d'une alarme-auto.» Mémoire pour l'obtention du diplôme de MASTER . Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen, Année Universitaire , 2019/2020.
- [2] HAFSAOUI, I. «Capteurs.» Cours de Capteurs et instrumentation.
- [3] [http://ressource.elec.free.fr/docs/capteurs/les\\_capteurs.htm](http://ressource.elec.free.fr/docs/capteurs/les_capteurs.htm)
- [4] <http://hu.jean-louis.pagesperso-orange.fr/systeme/capteur/positions.html>
- [5] <https://www.google.dz/url?sa=i&url=http>
- [6] <https://studylibr.com/doc/277560/codeur-rotatif-incr%C3%A9mental>
- [7] [https://www.researchgate.net/figure/Principe-de-fonctionnement-dune-sonde-a-effet-Hall\\_fig85\\_303366352](https://www.researchgate.net/figure/Principe-de-fonctionnement-dune-sonde-a-effet-Hall_fig85_303366352)
- [8] <http://bts.mai.chez-alice.fr/Cours/Materiels/Interrupteur/D%E9tecteur%20capacitif.htm>
- [9] [http://arduino.blaise-pascal.fr/wp-content/uploads/2016/01/Principe\\_Ultrasons\\_1](http://arduino.blaise-pascal.fr/wp-content/uploads/2016/01/Principe_Ultrasons_1)
- [10] MARIN, EMMANUEL. «Capteurs à fibres optiques et composants fibrés.»
- [11] <https://slideplayer.fr/slide/1195728/>
- [12] CI9\_I4\_Capteur\_num. Codeurs incrémentaux et absolus.
- [13] [https://jeulin.com/jeulin\\_fr/352005.html](https://jeulin.com/jeulin_fr/352005.html)
- [14] HOUSSEM, Mr : DEHABA. «Réalisation d'un cardiofréquence-mètre.» Mémoire de Master. 2014.
- [15] AMMI ADEL, KHELIF MOHAMED. «Fréquence-mètre basé sur.» Mémoire de Projet de Fin d'Études master. Université SAAD DAHLAB de BLIDA, 2017/2018.
- [16] Mohamed, Melle AMIAR Faiza Mr Tahanout. «Etude d'un appareil de photothérapie intensive 360° et réalisation d'une carte de surveillance de température à base de microcontrôleur ATmega328p.» Mémoire de Fin d'Études De MASTER ACADEMIQUE. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2016/2017.
- [17] [https://exploreembedded.com/wiki/AVR\\_Timer\\_programming](https://exploreembedded.com/wiki/AVR_Timer_programming)

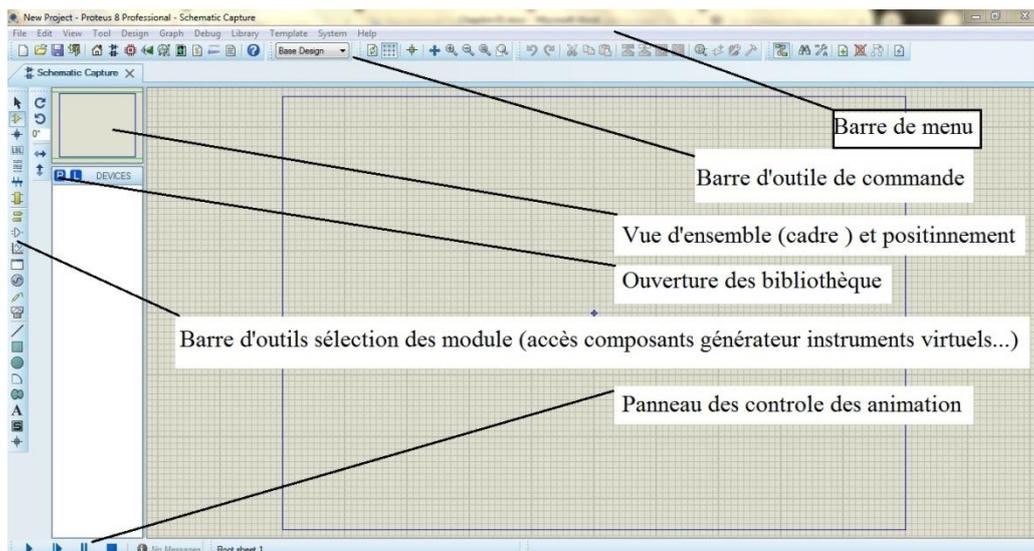
# Annexe

## Présentation de l'interface d'ISIS PROTEUS 8.11

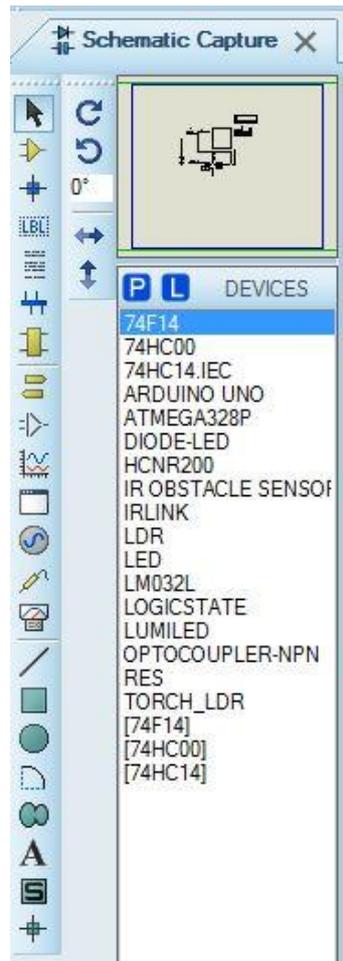
Le logiciel ISIS de Proteus représenté par les **Figure 1,2 et 3** est principalement connu pour l'édition de schémas électriques. De plus, le logiciel peut simuler ces schémas afin de détecter certaines erreurs dès la conception. Indirectement, les circuits conçus à l'aide de ce logiciel peuvent être utilisés pour la documentation, car le logiciel contrôle la plupart des aspects graphiques du circuit.



**Figure 1:** Fenêtre principale du logiciel Proteus professionnel 8.11.



**Figure2 :** Fenêtre principale du logiciel ISIS.



**Figure 3 :** Barre d’outils du logiciel ISIS.

## **Logiciel ARES :**

Le logiciel ARES est un outil d’édition et de routage parfaitement complémentaire d’ISIS (Figure 1). Les schémas électriques créés dans ISIS peuvent ensuite être facilement importés dans ARES pour fabriquer des circuits imprimés. Bien que l’édition de PCB soit plus efficace lorsqu’elle est effectuée manuellement, le logiciel permet le placement automatique des composants et le routage automatique.

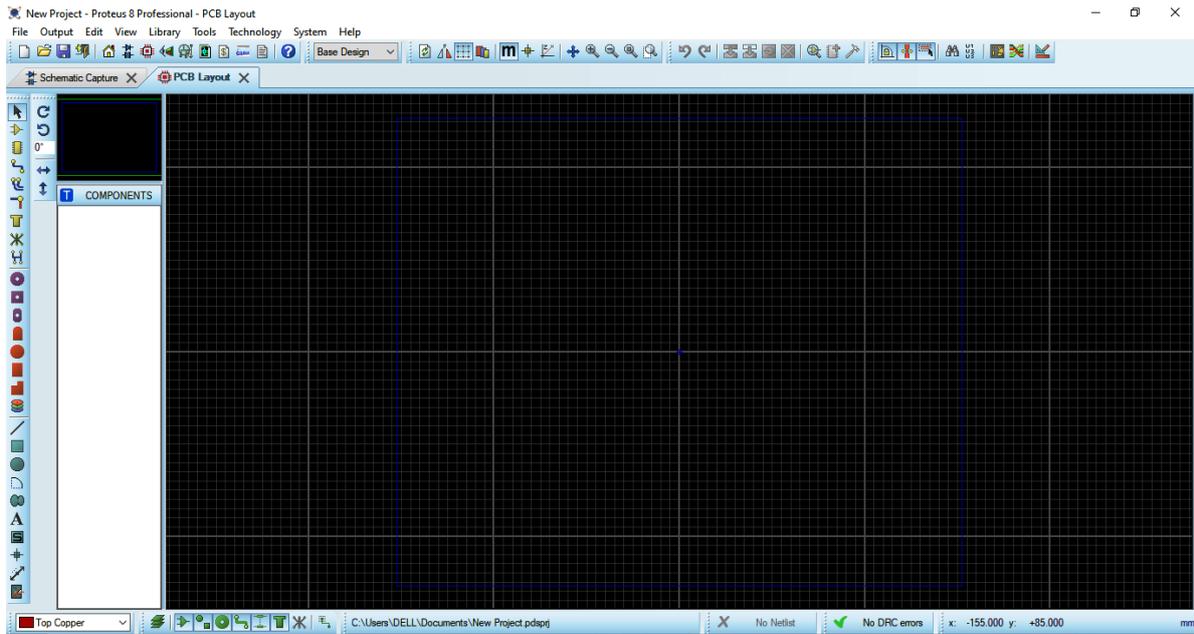


Figure 4 : Fenêtre principale du logiciel ARES.

## Timer 1 Basics

The Timer 1 is 16 bit, that means it can count from 0 to  $552^{(16)} = 65536$ . Hence the Timer/Counter 1 is a 16 bit register formed out of TCNT1H and TCNT1L as shown below.

Timer/Counter 1															
TCNT1H								TCNT1L							
D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Timer 1 also has 2 control registers which allow us to configure it and use it in any mode you wish.

Timer Counter Control Register 1A							
TCCR1A							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10

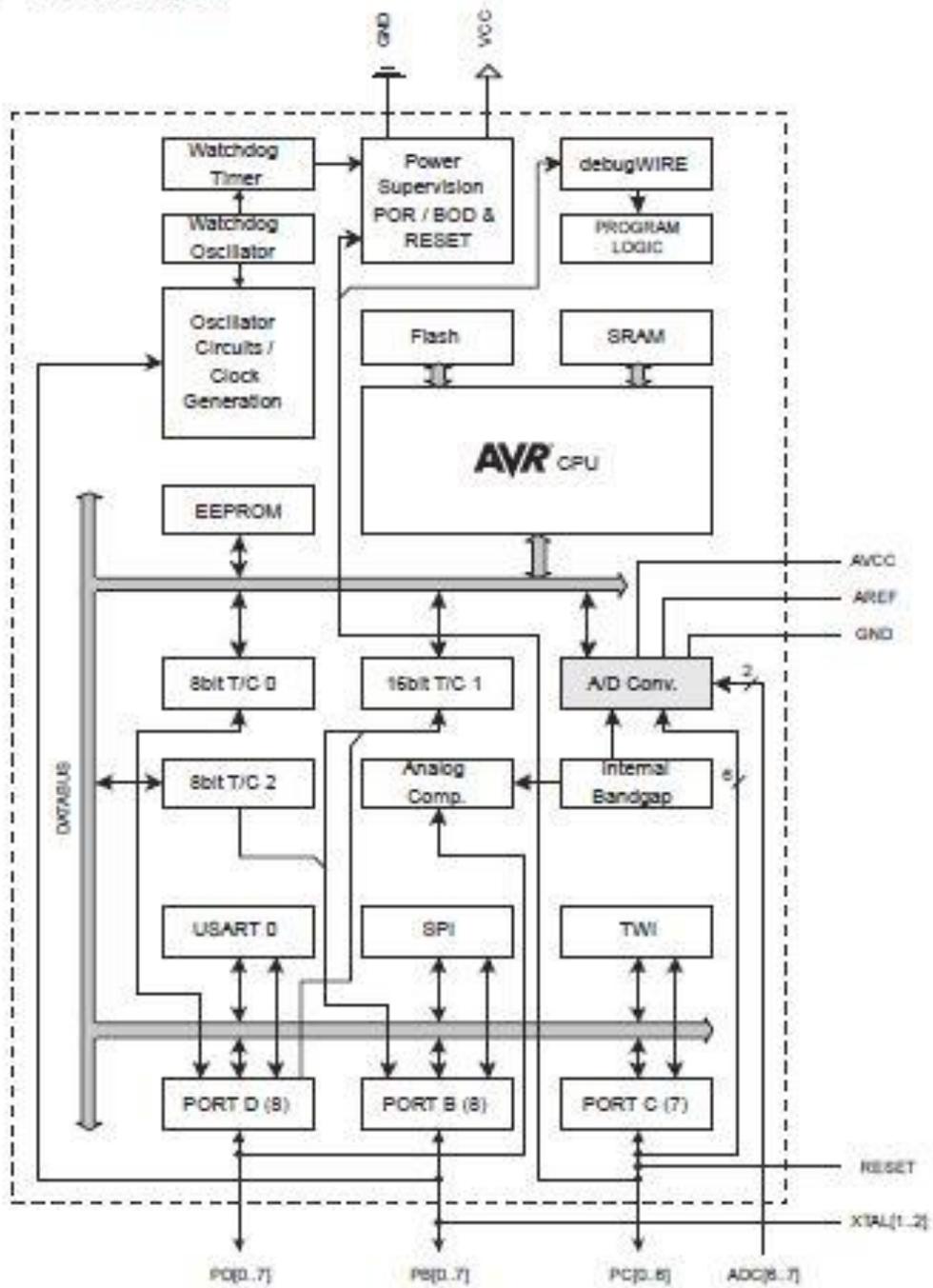
Timer Counter Control Register 1B							
TCCR1B							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ICNC1	ICES1	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	

D2	D1	D0	Clock Source
CS12	CS11	CS10	Freq
0	0	0	No Clock (Stopped)
0	0	1	Clk
0	1	0	Clk/8
0	1	1	Clk/64
1	0	0	Clk/256
1	0	1	Clk/1024
1	1	0	Clk/T1-Falling edge
1	1	1	Clk/T1-Rising Edge

Yes, and indeed we have a Flag register which will tell us the status of Timer 1 as shown below.

Timer/Counter 1 Flag Register							
TIFR							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0

Figure 2-1. Block Diagram



## Résumé

Dans ce mémoire, nous avons étudié et simulé un compteur de rotation, un dispositif composé d'un émetteur infrarouge et d'un récepteur qui capture des signaux à travers lesquels nous déterminons la vitesse de rotation.

Le compteur de rotation est un dispositif important et indispensable, en particulier dans les voitures et divers véhicules mobiles.

**Mots clés:** Microcontrôleur – infrarouge – codage – émission- réception.

## ملخص

في هذه الأطروحة قمنا بدراسة و محاكاة عداد دوران و هو عبارة عن جهاز يتكون من مرسل للأشعة تحت الحمراء و مستقبل يلتقط الإشارات التي من خلالها نحدد سرعة دوران الجسم الذي نقوم بدراسته

عداد الدوران يعتبر جهازا مهما لا يمكن الاستغناء عنه خاصة في السيارات و مختلف المركبات المتنقلة

الكلمات المفتاحية . متحكم دقيق- أشعة تحت الحمراء- ترميز-إرسال –استقبال

## Abstract

In this thesis, we studied and simulated a rotation counter, a device consisting of an infrared emitter and a receiver that captures signals through which we determine the speed of rotation.

The rotation counter is an important and indispensable device, especially in cars and various mobile vehicles.

**Keywords :** Microcontroller- Infrared -transmitting -reception –coding.