



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العلمي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed  
معهد الصيانة والأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

**Département Maintenance en Instrumentation**

## **MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière : Génie Industriel**

**Spécialité : Génie Industriel**

### **Thème**

**Etude et réalisation d'une alarme Anti-Intrusion  
utilisant un capteur infrarouge**

Présenté et soutenu publiquement par :

Nom : **KHELF**

Prénom : **Oussama**

Nom : **BOUSMAHA**

Prénom : **Zin El Abiddine**

Devant le jury composé de :

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Etablissement</b>	<b>Qualité</b>
<b>GUENDOZ Djillalia</b>	IMSI-Univ Oran 2	<b>Présidente</b>
<b>BENAYAD Ahmed</b>	IMSI-Univ Oran 2	<b>Encadrant</b>
<b>TITAH Mouloud</b>	IMSI-Univ Oran 2	<b>Examinateur</b>

**Année 2020/2021**

## TABLE DES MATIERES

<b>Matière</b>	<b>Page</b>
<b>Introduction Générale</b>	<b>1</b>
<b>Partie Théorique</b>	<b>3</b>
<b>Rappels Sur Les Rayons Infrarouges</b>	<b>4</b>
<b>I. Généralités sur l'infrarouge</b>	<b>4</b>
<b>II. Capteurs de mouvements</b>	<b>6</b>
<b>III. Principe de fonctionnement de l'infrarouge</b>	<b>8</b>
<b>IV. Technologies des détecteurs</b>	<b>9</b>
<b>Alimentation</b>	<b>12</b>
<b>I. Introduction</b>	<b>12</b>
<b>II. Transformateur</b>	<b>13</b>
<b>III. Redresseur</b>	<b>13</b>
<b>IV. Filtrage</b>	<b>16</b>
<b>V. Stabilisation</b>	<b>17</b>
<b>Relais</b>	<b>20</b>
<b>I. Historique</b>	<b>20</b>
<b>II. Introduction</b>	<b>20</b>
<b>III. Constitution d'un relais</b>	<b>21</b>
<b>IV. Relais électromécanique</b>	<b>21</b>
<b>V. Différents types de relais</b>	<b>23</b>
<b>VI. La Protection des éléments d'un relais</b>	<b>25</b>
<b>Portes Logiques</b>	<b>27</b>
<b>I. Introduction</b>	<b>27</b>
<b>II. Portes</b>	<b>27</b>
<b>Bascules</b>	<b>31</b>
<b>I. Introduction</b>	<b>31</b>
<b>II. Définition</b>	<b>31</b>
<b>III. Caractéristiques des entrées asynchrones ou synchrones</b>	<b>32</b>
<b>IV. Bascules à base de transistor</b>	<b>33</b>
<b>V. Bascule couplée croisée bistable avec des portes</b>	<b>36</b>
<b>Circuits intégrés</b>	<b>45</b>
<b>I. Introduction</b>	<b>45</b>
<b>II. Circuits intégrés linéaires (analogiques)</b>	<b>45</b>
<b>III. Circuits intégrés logiques (numérique)</b>	<b>45</b>
<b>IV. Circuit intégré CMOS</b>	<b>46</b>
<b>V. Circuit intégré CMOS 4093</b>	<b>47</b>
<b>VI. Régulateur de tension</b>	<b>48</b>
<b>Partie Pratique</b>	<b>50</b>
<b>Première réalisation</b>	<b>50</b>
<b>I. Alimentation</b>	<b>51</b>
<b>II. Détection</b>	<b>55</b>
<b>III. Circuit de commande</b>	<b>59</b>
<b>IV. Bascule (SET-RESET)</b>	<b>61</b>
<b>V. Amplification-Alarme</b>	<b>62</b>
<b>VI. Conclusion</b>	<b>64</b>

	<b>Deuxième réalisation</b>	<b>65</b>
<b>I. Introduction</b>		<b>65</b>
<b>II. Détecteur de présence infrarouge PIR</b>		<b>65</b>
<b>II.1. Présentation</b>		<b>65</b>
<b>II.2. Principe de la détection</b>		<b>66</b>
<b>II.3. Lentille de Fresnel</b>		<b>67</b>
<b>II.4. Champ couvert par la lentille du détecteur infrarouge PIR</b>		<b>69</b>
<b>II.5. Schéma du module détecteur PIR HC-SR501</b>		<b>70</b>
<b>II.6. Mode avec réenclenchement</b>		<b>71</b>
<b>II.7. Mode sans réenclenchement</b>		<b>71</b>
<b>II.8. Choix du mode de fonctionnement</b>		<b>72</b>
<b>II.9. Caractéristiques</b>		<b>72</b>
<b>II.10. Photos du module détecteur PIR</b>		<b>73</b>
<b>II.11. Réglages</b>		<b>74</b>
<b>III. Amplification-Alarme</b>		<b>75</b>
<b>Cartes de réalisation – Première réalisation</b>		<b>78</b>
<b>Cartes de réalisation – Deuxième réalisation</b>		<b>80</b>
<b>Interprétations des résultats</b>		<b>82</b>
<b>Conclusion</b>		<b>85</b>
<b>Annexes</b>		<b>86</b>
<b>Biobibliographie</b>		<b>87</b>

## INTRODUCTION GENERALE

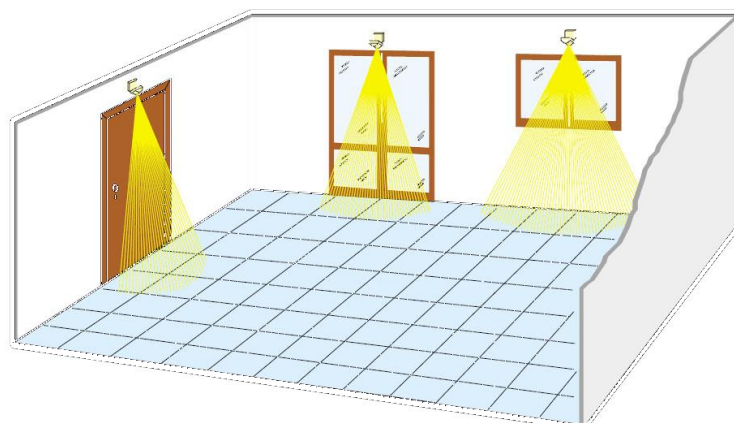
Au cours de ces dernières années, l'électronique a transformé tous les secteurs de l'activité humaine, qu'il s'agisse des télécommunications, des automatismes, de l'audiovisuel, etc....

Les circuits intégrés remplacent de nombreux appareils électroniques des parties importantes qui comportaient auparavant des composants discrets tels que les transistors, les résistances, les diodes, etc....

Tous ces composants existent, mais en circuits intégrés et ceci tient principalement à leur grande fiabilité, à leur faible encombrement, à leur performance, à leur rapidité, à leur faible coût, etc....

Parmi leurs multiples applications, nous retenons leurs emplois dans les dispositifs de surveillance.

Une réalisation d'une « **Alarme anti intrusion utilisant un capteur très sensible uniquement au rayonnement infrarouge émis par un être humain** » est étudiée dans cette étude.



**Fig.1. Système anti-intrusion**

Ce système est très touché par ce développement.

Son principe de fonctionnement est basé sur la variation des radiations infrarouges émises par le corps humain et d'autant plus que celui-ci qui comporte une lentille de Fresnel qui augmente la sensibilité du capteur. Ce système est composé d'éléments de détection, de signalisation et d'alimentation pour être efficace en toute circonstance.

Le montage permet d'activer la sirène dès que l'intrus entre dans le champ de détection du détecteur infrarouge.

L'essentiel dans cette application est que celle-ci reste active dans la maison ou n'importe quel local, même en la présence des propriétaires. Cette réalisation sera en mesure de détecter toute intrusion étrangère d'entrer abusivement par tous les issues qui mènent au local qui est mis sous surveillance.

L'application est essentiellement la surveillance des garages, des magasins, des pièces dans une maison.

Comme tout système de protection, ces derniers en tant que dispositif de protection antivol ne sont en général dissuasifs.

Ce système d'alarme anti intrusion nous a été confié pour notre projet de fin d'étude. Le travail de ce projet nous l'avons scindé en deux parties:

- une partie théorique, dans laquelle nous présentons tous les éléments nécessaires pour la réalisation de cette alarme.

- une partie pratique, dans laquelle il est question des choix des circuits intégrés, des montages, etc....

# **Partie Théorique**

## RAPPELS SUR LES RAYONS INFRAROUGES

### I. Généralités sur l'infrarouge

#### I.1. Historique

Les infrarouges furent découverts en 1800 par William Herschel, un astronome anglais d'origine allemande. Herschel plaça un thermomètre à mercure dans le spectre obtenu par un prisme de verre afin de mesurer la chaleur propre à chaque couleur.

Il trouva que la chaleur était la plus forte du côté du rouge du spectre, y compris là où il n'y avait plus de lumière.

C'était la première expérience montrant que la chaleur pouvait se transmettre par une forme invisible de lumière.

#### I.2. Principe de l'infrarouge

Tous les objets de la vie quotidienne émettent de l'énergie thermique, y compris les glaçons. Plus un sujet est chaud, plus il émet d'énergie thermique. Cette énergie thermique émise est appelée une « signature thermique ». Ainsi, deux objets placés côte à côte peuvent présenter de subtiles différences au niveau de leurs signatures thermiques.

Certains sujets, comme les animaux, les moteurs et les machines par exemple, créent leur propre chaleur, de façon biologique ou mécanique. D'autres sujets, comme la terre, les pierres, la végétation, absorbent la chaleur du soleil en journée et la renvoient durant la nuit.

Étant donné que différents matériaux absorbent et renvoient l'énergie thermique à des vitesses différentes, une zone dont la température semble en apparence uniforme est en fait constituée d'une mosaïque de subtiles différences thermiques.

Le rayonnement infrarouge (**IR**) est un rayonnement électromagnétique de même nature que la lumière visible. Toutefois, ses longueurs d'onde sont trop grandes pour être visibles par l'œil humain. En effet, notre vision est limitée à une très petite portion du spectre électromagnétique, tandis que l'énergie thermique possède une longueur d'onde plus longue que celle de la lumière visible. Il est ainsi possible de « voir » tous les objets possédant une température au-dessus du zéro absolu car ils émettent de la chaleur naturellement.

La détection infrarouge permet donc de « voir au-delà du visible ». C'est-à-dire de former des images lorsque la lumière dans la partie visible du spectre est rare ou absente.

#### I.3. Le spectre

Le rayonnement infrarouge (**IR**) est un rayonnement électromagnétique d'une longueur d'onde supérieure à celle de la lumière visible mais plus courte que celle des micro-ondes.

Le spectre du rayonnement infrarouge peut être divisé en trois grandes bandes dont les limites de découpages peuvent légèrement varier, selon le domaine d'application.

En thermographie infrarouge, on travaille généralement dans une bande spectrale qui s'étend de  $0.9$  à  $16\mu\text{m}$ , et plus particulièrement dans les fenêtres  $0-5\mu\text{m}$  et  $7-15\mu\text{m}$ .

.

Les infrarouges sont souvent subdivisés en IR proches ( $0,7-5\mu\text{m}$ ), IR moyens ( $5-30\mu\text{m}$ ) et IR lointains ( $30-1000\mu\text{m}$ ).

Toutefois cette classification n'est pas précise, chaque domaine d'utilisation ayant sa propre idée de la frontière entre les différents types.

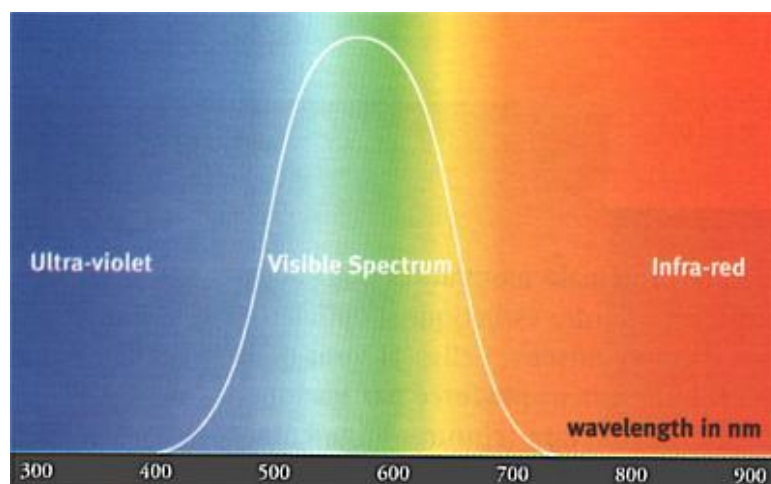


Fig.1. Différentes longueurs

#### I.4. Utilisation

Les infrarouges sont utilisés dans les équipements de vision de nuit quand la quantité de lumière visible est insuffisante pour voir les objets. Le rayonnement est détecté puis affiché sur un écran, les objets les plus chauds devenant aussi les plus lumineux. Il faut également ajouter comme utilisation, en plus de la vision de nuit, tout le domaine de la thermographie infrarouge permettant de mesurer à distance et sans contact la température d'objet cible.

Une utilisation plus commune est leur usage dans les commandes à distance (télécommandes), où ils sont préférés aux ondes radio, car ils n'interfèrent pas avec les autres signaux électromagnétiques comme les signaux de télévision. Dans ce domaine, il existe plusieurs codages des informations (RC5 pour Philips, SIRSC pour Sony, etc.). Les infrarouges sont aussi utilisés pour la communication à courte distance entre les ordinateurs et leurs périphériques. Les appareils utilisant ce type de communication sont généralement conformes aux standards publiés par l'Infrared Data Association (IrDA).

La lumière utilisée dans les fibres optiques est généralement de l'infrarouge. Pour cette application, on exploite les longueurs d'onde où l'absorption propre du matériau constituant la fibre est minimale:  $1,3\mu\text{m}$  et  $1,55\mu\text{m}$ .

Ils sont très utilisés dans le domaine de la robotique ou dans les appareils nécessitant des transmissions de données à courtes distances sans obstacles.

En outre, la spectroscopie infrarouge est une des méthodes les plus efficaces (et une des plus répandues) pour l'identification des molécules organiques et inorganiques à partir de



leurs propriétés vibrationnelles. En effet, le rayonnement infrarouge excite des modes de vibration (déformation, élongation) spécifiques de liaisons chimiques. La comparaison entre rayonnement incident et transmis à travers l'échantillon suffit par conséquent à déterminer les principales fonctions chimiques présentes dans l'échantillon.

### Remarque

Un capteur infrarouge est un détecteur mesurant le rayonnement infrarouge de la zone qu'il couvre. Si ce rayonnement vient à varier comme cela arrive sous l'effet d'un corps humain en mouvement, le capteur infrarouge réagit instantanément, ce qui permet de détecter la présence d'un intrus même dans l'obscurité.

Le détecteur infrarouge réagit en fonction du rayonnement infrarouge des objets qui l'entourent. Tant que le rayonnement qu'il mesure est constant, il considère qu'il n'y a pas de mouvement dans la zone et il ne se passe rien. En revanche, s'il perçoit des variations inhabituelles, c'est qu'un être humain passe dans le champ du capteur infrarouge ; il déclenche alors un signal d'alerte.

## II. Capteurs de mouvements

### II.1. Introduction

Les capteurs de mouvement font partie intégrante du monde qui nous entoure. Ce sont des appareils contenant des composants électroniques qui détectent les mouvements dans une zone d'opération précise afin de permettre le déclenchement d'un autre dispositif.

Les capteurs de mouvement remplacent divers types de commutateurs. Une de leurs premières applications a été de déclencher une alarme lorsqu'un intrus a été détecté dans une pièce.

Les détecteurs de mouvement et de présence sont équipés pour détecter des sources de chaleur en mouvement dans leur zone de détection. Chaque objet, en particulier le corps humain, émet un rayonnement thermique dont l'intensité est fonction de sa température de surface. Le rayonnement thermique, aux températures habituelles, fait partie du domaine des rayons infrarouges, invisibles pour l'œil humain.

**Un capteur pyroélectrique adapté au domaine infrarouge reçoit ce rayonnement et le convertit en tension électrique. Comme le capteur n'émet pas lui-même de rayonnement, on l'appelle capteur infrarouge passif (ou capteur PIR, de Passive InfraRed).**

Ils ont désormais trouvé place dans le contrôle de l'éclairage, de la climatisation et de nombreux autres appareils ménagers.

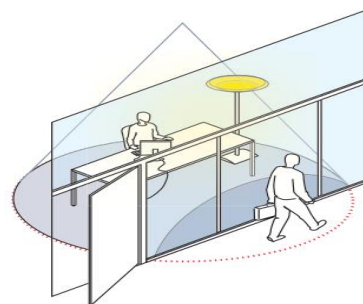
L'utilisation de capteurs de mouvement augmente non seulement le confort mais aussi la sécurité.

Ils utilisent plusieurs technologies différentes et offrent de nombreuses possibilités d'application. Retrouvez à travers ce guide, le fonctionnement des capteurs de mouvement.

**Remarque****\* Une vue dégagée pour le détecteur**

Le détecteur doit toujours avoir une vue dégagée sur les personnes à détecter.

Des objets comme des parois en verre ou des parois mobiles, des meubles, luminaires et appareils suspendus limitent la zone de détection.

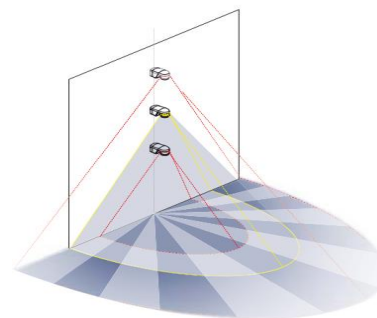


**Fig.2. Zone de détection**

**\* Importance de la hauteur d'installation**

La hauteur d'installation influence également la densité des zones actives et inactives et donc fortement la sensibilité et la zone de détection.

Certes la portée augmente si la hauteur d'installation augmente, mais en revanche la sensibilité diminue fortement, ce qui peut conduire à des résultats indésirables ou imprévisibles. Les hauteurs de montage recommandées devraient si possibles toujours être respectées.



**Fig.3. Hauteur d'installation**

**II.2. Composition et fonctionnement d'un capteur de mouvement**

Le détecteur de mouvement infrarouge se compose d'un capteur thermique, d'une centrale électronique et d'un puissant système d'éclairage. Lorsque le capteur détecte un mouvement suspect, la partie électrique du système analyse les données et commande l'activation de la lumière.

C'est un dispositif énergétiquement économique puisqu'il ne nécessite pas l'utilisation d'interrupteurs. Vous paramétrez la durée d'éclairage au moment de l'installation pour gérer efficacement votre consommation.

Dans certains cas, le détecteur à infrarouge est relié à une sirène et éventuellement à un centre de télésurveillance.

De nombreux modèles de nouvelle génération disposent d'une caméra ou un appareil photo intégré. Les individus détectés sont alors immédiatement filmés ou pris en photo, permettant la confirmation du danger et l'appréhension des intrus.

Le capteur est constitué par deux éléments :

**\* Alimentation du détecteur**

Certains modèles sur le marché sont alimentés à la fois par le secteur et par la batterie. L'alimentation électrique est optimale pour les systèmes fixes où il est possible de faire fonctionner le câblage approprié.

Les capteurs sans fil sont idéaux pour les pièces qui n'ont pas la possibilité de connecter l'appareil au secteur.

**\* Angle de détection**

L'angle de détection définit la portée maximale du capteur, par exemple 180° ou 360°, et la zone dans laquelle il va fonctionner. Plus l'angle de détection est grand, plus la zone de détection du capteur est grande.

La portée maximale du capteur, en plus de l'angle de détection, dépend bien sûr de la hauteur d'installation de l'appareil.

Chaque capteur de mouvement doit avoir une hauteur d'installation maximale spécifiée par le fabricant.

La distance doit être choisie en fonction de l'endroit où vous souhaitez installer le capteur et de vos propres préférences. Si le lieu de montage du capteur se trouve à proximité de la chaussée et que l'appareil a une longue portée, il allume la lumière presque tout le temps.

Dans ce qui suit, nous donnons un historique sur l'infrarouge et ce dans le but de mieux se familiariser avec les capteurs qui utilisent l'infrarouge.

**III. Principe de fonctionnement de l'infrarouge**

Dans le jargon des professionnels, un détecteur de mouvements se différencie d'un détecteur de présence par sa grande sensibilité.

Différentes technologies existent sur le marché. **La technologie à infrarouge (IR) est la plus répandue dans le domaine de l'éclairage.** Cependant, quelques applications de gestion d'éclairage, comme dans les sanitaires par exemple, font appel aux technologies ultrasoniques (US), combinées **IR** et **US** ou encore sonore.

En général, l'électronique des détecteurs permet de développer des logiques de gestion de l'éclairage en détection de présence ou d'absence. En d'autres termes :

\* Pour une gestion de présence, le détecteur peut travailler seul. Dès qu'une personne entre dans la zone de détection, l'éclairage est allumé. Ce principe est applicable dans les locaux où les détections sont fréquentes, mais de courte durée.

\* Pour une gestion d'absence, le détecteur doit être combiné avec un système de commande volontaire (type bouton-poussoir). Une personne entrant dans un local avec accès à la lumière naturelle peut choisir d'allumer ou pas l'éclairage en fonction du niveau d'éclairage régnant dans le local. Si elle choisit d'allumer, le détecteur ne coupera l'éclairage qu'après un délai réglable d'absence de la personne. Ce principe permet, en général, de responsabiliser les occupants.

\* Ces détecteurs permettent en réalité d'imaginer toute sorte de fonctionnement. Par exemple, pour des couloirs : en cas d'absence la lumière est diminuée (intensité réduite) et dès détection de présence, l'éclairage est remis à 100%. L'extinction arrive seulement en cas d'absence plus longue.

## IV. Technologies des détecteurs

### IV.1. Détecteur à infrarouge (IR)

Ils détectent le mouvement du corps humain par la mesure du rayonnement infrarouge (**chaleur**) émis par le corps humain.

Ils sont dits “passifs” car ils n’émettent aucune radiation, contrairement aux détecteurs à infrarouge actif de type “barrière”. Ils mesurent le rayonnement infrarouge émis par les surfaces chaudes.

Ils fournissent une indication de changement d’occupation d’un lieu : absence ou présence. Ils ne permettent pas de connaître le taux d’occupation d’un local ou le nombre d’occupants.

Plus précisément, les détecteurs de mouvement à infrarouge comportent un certain nombre de facettes sensibles. Leur rayon d’action est ainsi découpé en une série de segments. C’est le passage d’un corps (et donc de chaleur) du rayon de vision d’une facette vers celui d’une autre facette qui permet de détecter le mouvement.

La sensibilité d’un détecteur dépend donc du nombre de segments sensibles. Par exemple, un détecteur dont le rayon de détection est découpé en peu de segments risque de ne pas détecter une personne se dirigeant vers lui.

Pour certains modèles perfectionnés, cette sensibilité est réglable. Le réglage sera différent selon le type de local: dans un bureau où les mouvements sont parfois minimes (travail sur ordinateur, par exemple) on le réglera sur une forte sensibilité, tandis que dans un local sujet à des courants d’air, on le réglera sur une sensibilité plus faible.

La limite d’utilisation des détecteurs **IR** réside dans son incapacité à effectuer une détection au travers d’une paroi par exemple. C’est le cas dans les sanitaires ou les bureaux paysagers aménagés avec des cloisons antibruit ou des armoires hautes.

Les détecteurs de mouvement **IR** sont aussi caractérisés par leur orientation :



Fig.4. Détecteur à infrarouge

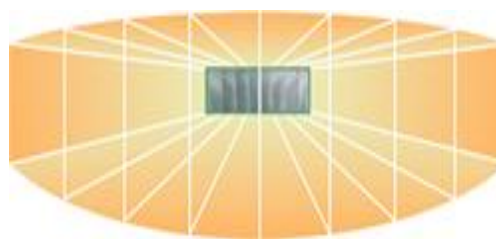


Fig.5. Sensibilité du détecteur

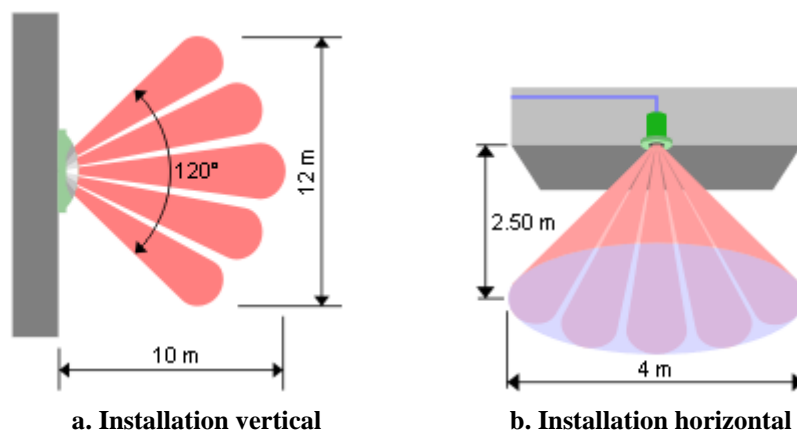


Fig.6. Orientation des détecteurs

Il faut savoir que plus la hauteur diminue, plus sa sensibilité augmente mais la zone de couverture diminue (Rayon d'action). **Les détecteurs IR ne traversent pas de murs ou de surfaces.** Il faut donc les installer dans un champ « vide » de tout obstacle pour avoir les meilleures conditions possibles.

Très important, il faut tenir compte des propriétés de votre détecteur. Chaque détecteur a ses propres caractéristiques (Portée, précision...) ce qui fait que deux détecteurs différents peuvent ne pas être aussi efficaces au même endroit.

Une bonne connaissance de votre environnement (Obstacle, cloison..) est importante pour que votre détecteur soit le plus efficace possible. Il est également important de les éloigner au maximum d'une source de chaleur ou de lumière importante afin que les fausses alertes n'aient pas lieu.

Les détecteurs de mouvement IR qui distinguent les animaux des humains analysent la quantité de chaleur émise puisque de par sa taille, un animal rayonnera moins qu'un humain.

Les détecteurs **IR** fonctionnent mieux lorsqu'une personne marche parallèlement au capteur, et non pas frontalement. A vous donc d'essayer d'optimiser le placement de votre détecteur pour une meilleure efficacité.

### Remarque

Pour tester votre détecteur, une fois qu'il est installé, activez le et faites des mouvements dans la zones la plus lointaines à couvrir. Si il ne détecte aucune présence, c'est soit qu'il est mal orienté, soit qu'il ne peut pas capter des mouvements trop éloignés.

Une fois que la présence est détectée, il coupe sa détection pendant un certain temps (afin de ne pas remonter trop d'informations). Après ce laps de temps, il se remet en mode détection et si vous bougez à nouveau, il enverra une nouvelle fois l'information.

Si cela fonctionne comme indiqué, votre détecteur est alors opérationnel.

## IV.2. Détecteurs ultrasoniques (US)

Les détecteurs US sont de type émetteur/récepteur et fonctionnent sur le principe de l'effet Doppler.

Toute onde ultrasonique ( $32\text{kHz}$  à  $45\text{kHz}$ ) émise par le détecteur qui rencontre un objet sur son parcours, "rebondit" en direction inverse avec une fréquence différente.

Le détecteur est capable de mesurer l'écart de fréquence et de générer ainsi un signal de présence.

Les détecteurs US ont une **portée limitée** mais peuvent détecter des mouvements mineurs et ce même autour de certains obstacles.



Fig.7. Détecteur à ultrasoniques

## IV.3. Détecteurs à double technologie

Les détecteurs de présence à infrarouges risquent de ne pas détecter les mouvements légers.

Par contre des détecteurs à ultrasons peuvent être trop sensibles et risquent de déclencher l'allumage de l'éclairage lors du passage "d'une mouche".

Pour éviter cet inconvénient tout en gardant une sensibilité importante, certains détecteurs, appelés "détecteurs à double technologie" combinent ultrasons et infrarouge.

Cette combinaison permet d'augmenter la fiabilité des détecteurs et élimine les détections indésirables.



Fig.8. Détecteur à double technologie

## IV.4. Détecteurs sonores

Comme son nom l'indique les détecteurs sonores réagissent au bruit. Cette technologie pourra être utilisée dans les sanitaires par exemple. Pratiquement, on n'utilisera qu'un seul détecteur de ce type dans les communs des sanitaires sans être obligé d'en placer un dans chaque WC. Le moindre bruit émis au travers des parois des WC permettrait de pouvoir prolonger la lecture de son journal en toute quiétude ("pour les amateurs de sieste au WC, dorénavant s'abstenir").

## IV.5. Détecteurs "intelligents"

Ce type de détecteur à double technologie enregistre pendant plusieurs mois le mode d'occupation du local et adapte automatiquement sa sensibilité.

On se limite uniquement à ces données, car la théorie est très vaste.

# ALIMENTATION

## I. Introduction

L'électronique en général que nous utilisons fonctionne avec du courant continu et le réseau électrique nous fournit du courant alternatif « 230v/50Hz ». Il va donc falloir transformer ce courant alternatif en continu et modifier la valeur fournie en valeur désirée. C'est pour cela qu'une alimentation est nécessaire.

Cette dernière transforme les caractéristiques de l'énergie livrée par le réseau (secteur) pour les adapter aux conditions souhaitées.

Dans la pratique il existe d'innombrables possibilités pour réaliser ce transfert énergétique avec toutes les variantes possibles et imaginables. Chacune a ses avantages, ses inconvénients, ses limitations, sa complexité, son coût, son domaine de prédilection, etc.

Une alimentation comprend en générale les parties suivantes:

- \* Un transformateur
- \* Un redresseur
- \* Un filtre
- \* Un stabilisateur

Le schéma synoptique général d'une alimentation est le suivant :

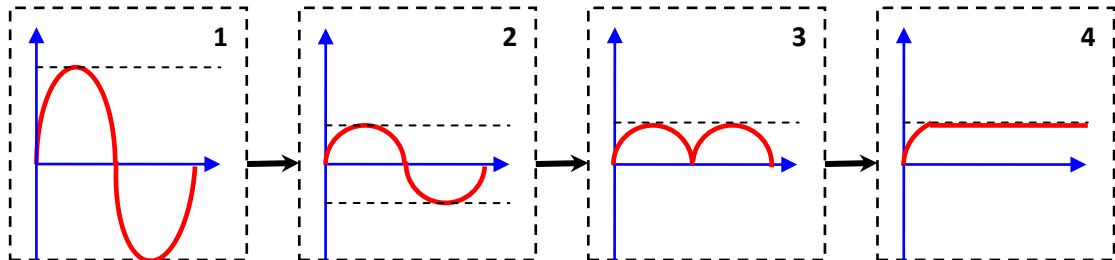


Fig.1 : Schéma synoptique

On peut le schématiser par le synoptique suivant :

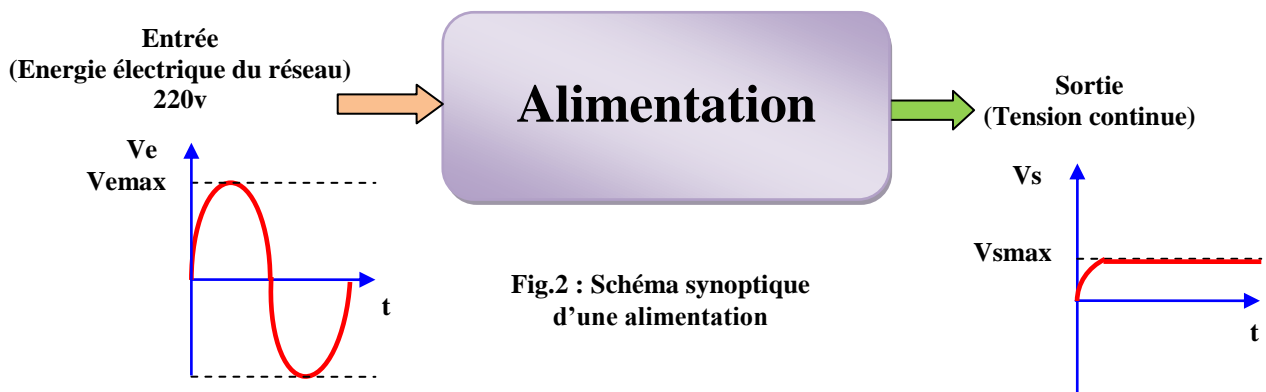


Fig.2 : Schéma synoptique d'une alimentation

## II. Transformateur

C'est un appareil statique à induction électromagnétique destiné à transformer un système de courants variables en un ou plusieurs autres systèmes de courant variable d'intensité et de tension généralement différentes et de même fréquence.

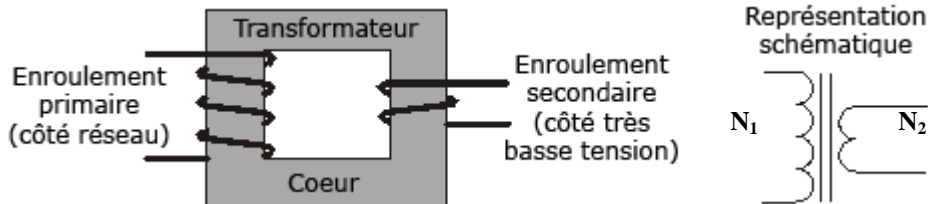


Fig.3 : Schéma synoptique d'un transformateur

Le transformateur remplit deux fonctions:

\* Isoler le récepteur et le secteur Le transfert d'énergie se fait par le champ magnétique.

\* Transformation de la tension alternative du réseau, déterminé par le rapport entre le nombre de spire de la bobine du secondaire et celui du primaire c'est à dire soit d'abaisser ou d'élever la tension.

$N_1$  : Nombre de spire du primaire branché directement sur le secteur

$N_2$  : Nombre de spire du secondaire relié généralement à la charge

$$K = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \begin{cases} K > 1 \text{ Transformateur éleveur} \\ K < 1 \text{ Transformateur abaisseur} \end{cases}$$

Le rendement est donné par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_S}{P_e} \Rightarrow \begin{cases} P_e \text{ puissance au primaire du transformateur.} \\ P_s \text{ puissance au secondaire du transformateur.} \end{cases}$$

## III. Redresseur

Le redressement du courant alternatif est l'opération qui consiste à appliquer une tension alternative à un organe de conductibilité unilatérale. Ce détecteur ne se laisse traverser que par les alternances de même sens (positives ou négatives, selon le sens de connexion du détecteur).

L'organe le plus utilisé comme détecteur des alternances est la diode. Il y a deux types de redressement :

- \* le redressement simple alternance
- \* le redressement double alternance



### III.1. Redressement simple alternance

C'est le redressement le plus simple. Quand la tension aux bornes du transformateur  $V_e$  dépasse la tension de seuil de la diode, celle-ci conduit, laissant passer le courant direct dans la charge  $R_C$ . La tension aux bornes de la charge  $R_C$  est  $V_S$ .

Le montage redresseur employé pour ce type de redressement simple alternance est représenté par la figure ci-contre.

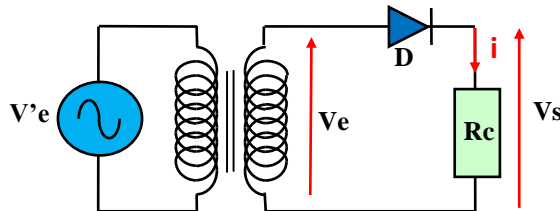


Fig.4 : Montage redresseur simple alternance

Le montage comporte :

- \* Un générateur de tension sinusoïdale qui a pour équation :

$$V_e - V_d = (R_C + R_d)i$$

$$V_e = V_{e \max} \sin \omega t$$

- \* Une diode  $D$

- \* Une charge  $R_C$

Quand la tension aux bornes du transformateur devient inférieure à la tension de seuil, la diode est bloquée; il ne subsiste que le courant de fuite, qui est négligeable en comparaison avec le courant direct.

La forme des signaux obtenus et recueillis à l'entrée ( $V_e$ ) et à la sortie ( $V_S$ ) sont représentées à la figure 4.

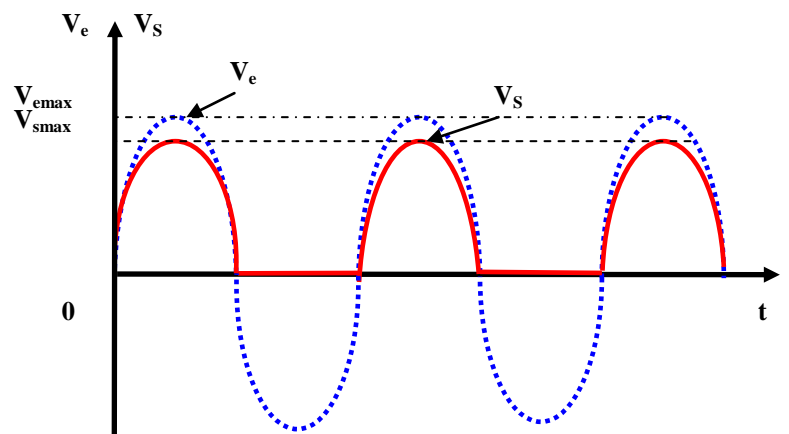


Fig.5. Forme des signaux

#### Remarque :

- \* La différence entre  $V_e$  et  $V_S$  est dû à la tension du seuil, pour les diodes au silicium  $V_d = 0,7v$  et pour les diodes au germanium  $V_d = 0,3v$ .

- \* Quand la tension d'entrée est négative, la diode se trouve bloquée (interrupteur ouvert) et le courant traversant la charge est nul.

\* Dès que la tension devient positive, cette tension est appliquée aux bornes de la diode et elle se met à conduire (interrupteur fermé).

La diode se comporte comme un interrupteur parfait qui se ferme quand la tension à ses bornes est positive et s'ouvre dès que le courant cesse de circuler.

Dans ce cas (redressement simple alternance), la tension moyenne ou tension redressée  $V_{smoy}$  est liée à la tension de crête ou tension maximale  $V_{smax}$  par la relation :

$$V_{smoy} = \frac{V_{smax}}{\pi} = 0,318 V_{smax}$$

La valeur efficace de ce signal est:

$$V_{seff} = \frac{V_{smax}}{2} = 0,5 V_{smax}$$

### III.2. Redressement avec pont

Le transformateur à point milieu est un appareil encombrant et coûteux c'est pour cette raison qu'on évite son emploi.

Le montage redresseur avec pont est le plus utilisé est représenté à la figure 6.

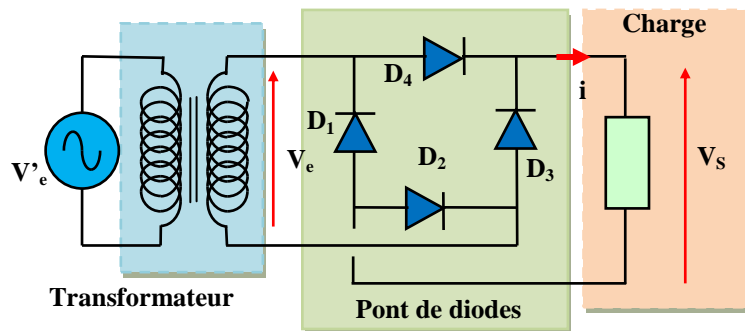


Fig.6. Redresseur avec pont de diode

On remarque que pendant l'alternance positive de la tension d'entrée  $V_e$  les deux diodes  $D_2$  et

$D_4$  conduisent et ils se comportent comme un interrupteur ouvert, tandis que les diodes  $D_1$  et  $D_3$  se comportent comme un interrupteur fermé.

Le rôle s'inverse pendant l'alternance négative du signal d'entrée  $V_e$ .

La forme des signaux d'entrées et de sortie est donnée par la figure 7.

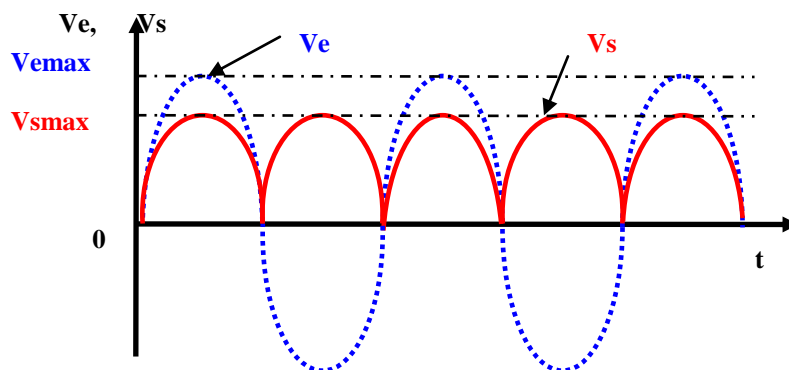


Fig.7. Forme des signaux d'entrée et de sortie

La valeur moyenne du signal redressée :

$$I_{smoy} = 2 \times \frac{I_{smax}}{\pi} = 0,637 I_{smax}$$

La valeur moyenne :

$$V_{smoy} = 2 \times \frac{V_{smax}}{\pi} = 0,637 V_{smax}$$

Dans tout redressement, il est nécessaire de connaître le rendement  $\eta$ , le facteur de forme  $F$ , le taux d'ondulation  $\tau$ .

Ces différents paramètres sont donnés par les relations suivantes :

\* Le rendement du redressement  $\eta$  :

$$\eta = \frac{P_{moy}}{P_{eff}} = \frac{V_s^2{}_{moy}}{V_s^2{}_{eff}}$$

\* Le facteur de forme  $F$  :

$$F = \frac{I_{seff}}{I_{smoy}} = \frac{V_{seff}}{V_{smoy}}$$

\* Le taux d'ondulation  $\tau$  :

$$T = \sqrt{F^2 - 1}$$

### III. Filtrage

Le filtrage a pour rôle de faire disparaître l'ondulation de la tension de sortie. Cette ondulation d'amplitude plus ou moins importante est un grand inconvénient lors de son utilisation dans les étages amplificateurs (car elle sera amplifiée). C'est pour cela on utilise un circuit de filtrage pour l'éliminer ou au moins pour l'affaiblir.

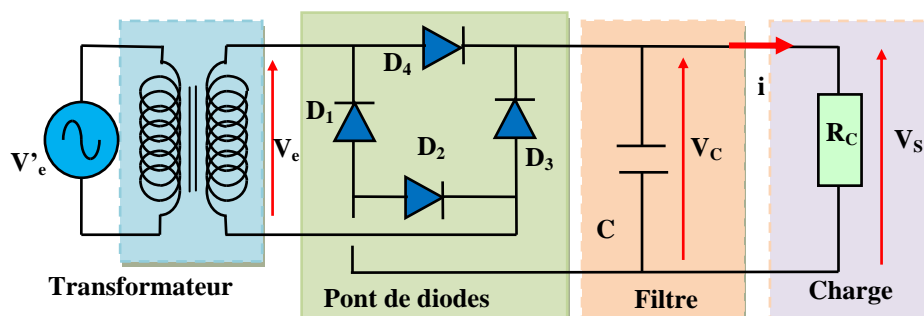


Fig.8. Redresseur avec Filtrage

Le principe du fonctionnement repose essentiellement sur le phénomène de la charge et la décharge d'un condensateur à travers une résistance.

\* Le condensateur est déchargé à l'instant ( $t=0$ ), pendant la première demi alternance, le condensateur va se charger à la valeur crête, et pendant l'autre demi alternance la capacité se décharge à travers la charge  $R_C$ .

\* Au cours de la seconde demi-alternance, le condensateur se charge de nouveau à la valeur crête récupérant ainsi le courant cédé.

Donc le condensateur joue le rôle d'un accumulateur ou réservoir car il est capable de se charger puis restituer (récupérer) une partie ou la totalité de sa charge.

La courbe de la figure 9 résume ce fonctionnement.

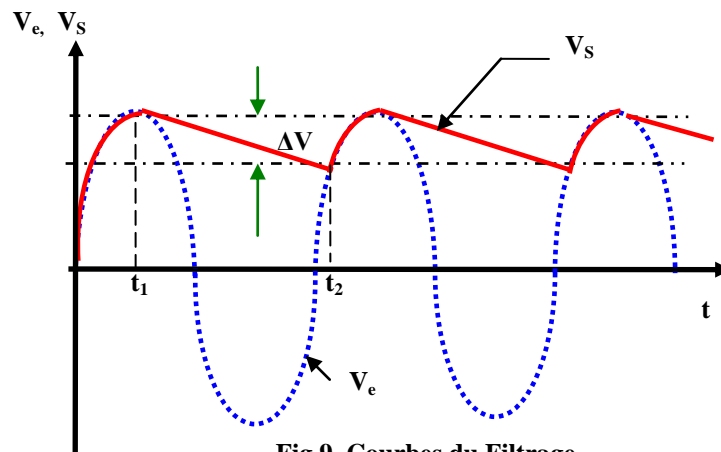


Fig.9. Courbes du Filtrage

Pour ce type de redressement, il est nécessaire de connaître la tension d'ondulation ou la valeur efficace de cette tension qui est donnée par la relation suivante :

$$\Delta V = \frac{V_{S\max} T}{2R_C C}$$

Avec :

$\Delta V$  : La valeur efficace de la tension d'ondulation.

$R_C$  : La charge.

$C$  : La capacité.

$T$  : La période du signal de l'ondulation.

#### IV. Stabilisation

Une alimentation stabilisée est un dispositif destinée à délivrer une tension constante quelque soit les variations de la tension d'entrée ou de la charge. Nous citons dans ce qui suit quelques stabilisateurs élémentaires.

##### IV.1. Régulation par diode Zener

Le montage régulateur par diode Zener le plus souvent utilisé est représenté par la figure ci-contre.

Le moyen le plus simple de la régulation consiste à employer une référence délivrée par une diode Zener, celle-ci à la propriété de conserver à ses bornes une différence de potentiel constante pour un débit dans la diode variant de façon assez importante. Cette méthode est valable pour des tensions continues relativement faibles.

### Remarque

Il faut que le courant  $I_Z$  de la diode Zener soit compris à l'intérieur des limites ( $I_{\min}$  et  $I_{\max}$ ) fixé par le constructeur.

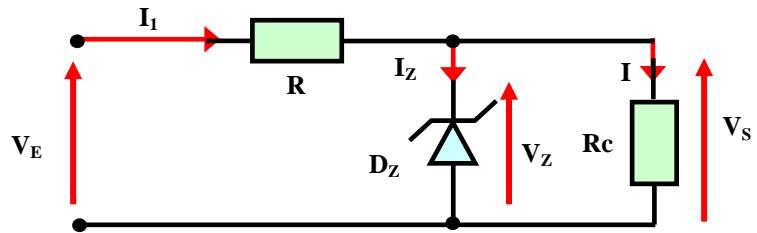


Fig.10. Montage régulateur par diode Zener

### IV.2. Régulation par transistor et diode Zener

La régulation par transistor et diode Zener est donnée par la figure 11.

La tension à la base du transistor est maintenue à une valeur donnée par chute de tension aux bornes de la diode Zener. On constate deux cas :

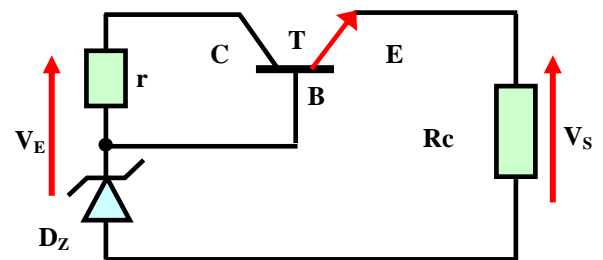


Fig.11. Montage stabilisateur de tension avec diode Zener et Transistor

#### \* Si la résistance $R_C$ diminue

La tension en sortie diminue, cela se traduit par une élévation de la tension aux bornes du transistor, ce dernier conduit d'avantage, ce qui augmente la chute de tension dans  $R_C$ . Dans ce cas la tension de sortie est maintenue à une valeur stable.

#### \* Si la résistance $R_C$ augmente

Ceci diminue la chute de tension aux bornes du transistor et rend l'intensité du courant à travers le transistor et la charge  $R_C$  moins élevée. Cette diminution se traduit par une baisse de tension aux bornes de  $R_C$ .

#### \* Si $R_C$ augmente ou diminue,

La tension de sortie est stabilisée.

### IV.3. Régulation par circuit intégré

Le circuit de base d'un régulateur, il utilise un amplificateur opérationnel pour porter une tension de référence à une fraction de la tension de sortie et pour contrôler un élément série qui règle la tension de sortie.

L'élément de sortie, qui est constitué du transistor intégré limite le courant de la sortie.

La figure 12 représente un circuit intégré d'un régulateur de tension.

Ces régulateurs intégrés ont l'avantage d'avoir :

- \* Un faible bruit.
- \* Un fort taux de filtrage avec un bon rendement.
- \* Un montage relativement simple avec une haute stabilité.
- \* Une réponse rapide aux transitoires de la charge et du secteur.
- \* Une possibilité d'avoir une tension de sortie positive ou négative.

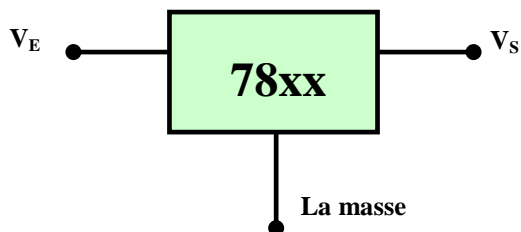


Fig.12a. représentation d'un circuit régulateur de tension positive

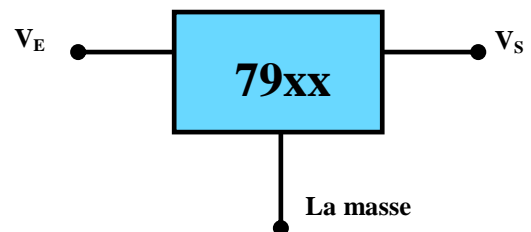


Fig.12b. représentation d'un circuit régulateur de tension négative

# RELAIS

## I. Historique

Le premier relais réellement "pratique" a vu le jour en 1837, grâce à l'inventeur américain Samuel F.B. Morse (oui, celui qui a inventé le fameux alphabet de même nom), qui lui-même s'est appuyé sur les travaux du physicien britannique Charles Wheatstone (oui, celui à qui l'on doit le fameux pont de mesure qui porte son nom).

## II. Introduction

Comme son nom l'indique, il sert en tout premier lieu à "relayer", c'est à dire à faire une transition entre un courant faible et un courant fort. Mais il sert également à commander plusieurs organes simultanément grâce à ses multiples contacts synchronisés. Il permet également la transition entre deux sources différentes en isolant ces dernières. Il autorise des temporisations, des verrouillages, des impulsions... bref, les fonctions d'un relais sont aussi nombreuses que différentes.

Un relais est un appareil dans lequel un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la commutation **On / Off** d'un élément mécanique (on se trouve alors en présence d'un relais électromécanique) ou d'un élément électronique (on a alors affaire à un relais statique).

C'est en quelque sorte un interrupteur que l'on peut actionner à distance, et où la fonction de coupure est dissociée de la fonction de commande. La tension et le courant de commande (partie "**Commande**"), ainsi que le pouvoir de commutation (partie "**Puissance**") dépendent du relais, il faut choisir ces paramètres en fonction de l'application désirée.

Ainsi, il faut choisir des relais différents selon qu'il faut commuter des signaux audio ou des tensions ou courants importants. Comme la Commande peut être réalisée sous faible puissance (faible tension, faible courant), et que la partie Coupure peut commuter des puissances importantes, on peut dire que ce composant est un amplificateur de courant.

C'est en quelque sorte un interrupteur que l'on peut actionner à distance, et où la fonction de coupure est dissociée de la fonction de commande.

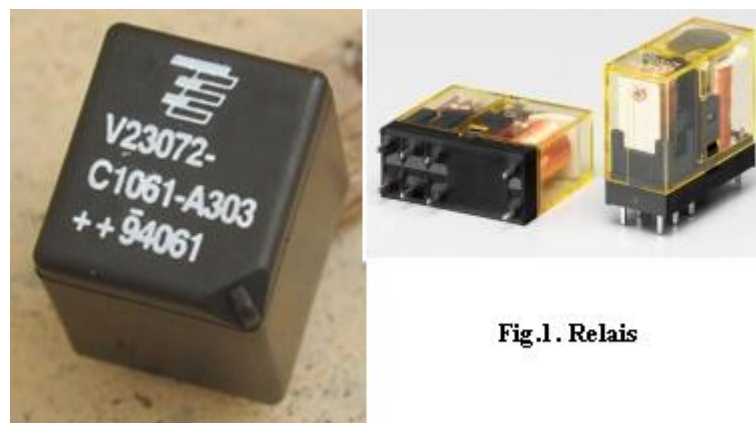


Fig.1. Relais

La symbolisation d'un relais est comme suit

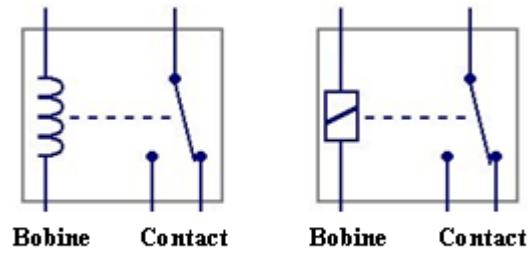


Fig.2. Symbole d'un Relais

### III. Constitution d'un relais

Un relais " standard " est constitué d'une bobine ou **solénoïde** qui lorsqu'elle est sous tension attire par un phénomène **électromagnétique** une armature ferromagnétique qui déplace des contacts, voir figure 3.

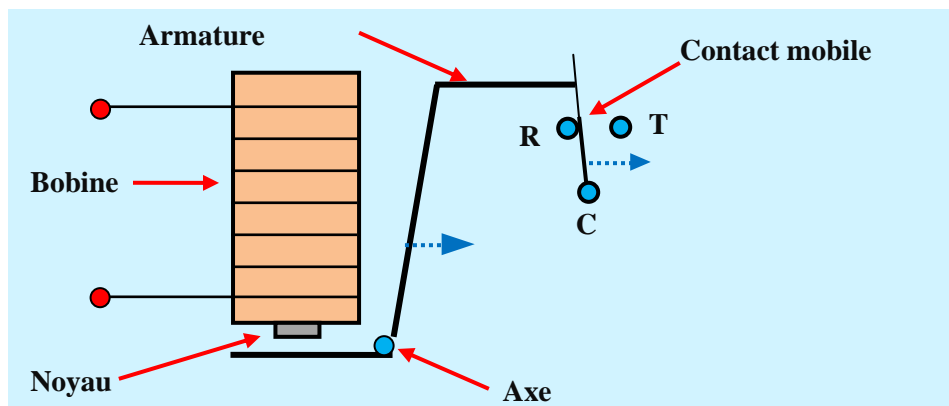


Fig.3 constitution d'un relais standard

### IV. Relais électromécanique

#### IV.1. Définition

Un relais électromécanique est doté d'un bobinage en façon d'organe de commande.

La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce courant produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (il ne s'agit ni plus ni moins que d'un électro-aimant).

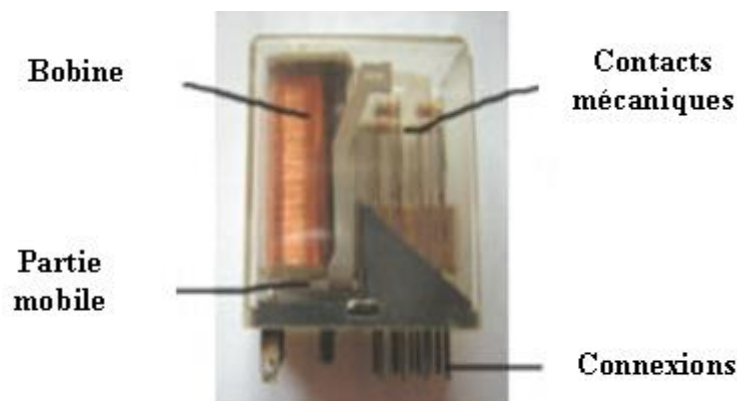


Fig.4. Relais électromécanique



Ce champ magnétique va être capable de faire déplacer un élément mécanique métallique monté sur un axe mobile, qui déplacera par la suite des contacts mécaniques.

Quand il y'a aucun courant qui circule dans la bobine, les contacts reprennent leur position de repos grâce à un ressort de rappel.

## IV.2. Symbolisation

La figure 5, montre nettement la bobine, constituée d'un très grand nombre de spires d'un fil de cuivre très fin.

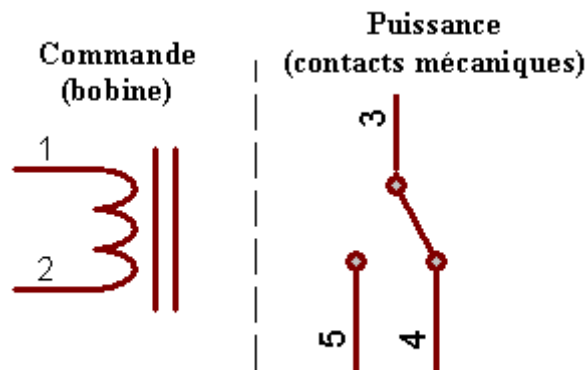


Fig.5. Symbolisation d'un relais électromécanique

Quand cette bobine est parcourue par un courant suffisant, un champ magnétique attire la partie mobile vers lui (sur la photo, l'élément marqué Partie mobile se soulève), et déplace par le biais d'un axe, les contacts mécaniques situés à côté (sur la photo, les contacts mécaniques se déplacent vers la droite).

Quand plus aucun courant ne circule dans la bobine, les contacts reprennent leur position de repos grâce à un ressort de rappel.

Les connexions extérieures permettent simplement d'avoir accès aux fils de la bobine et aux contacts électriques solidaires des parties mécaniques mobiles.

La représentation symbolique d'un relais électromécanique est représentée par la figure suivante :

## IV.3. Utilisation des relais électromécaniques

La fonction première des relais est de **séparer** les circuits **de commande** des circuits **de puissance** à des fins **d'isolement** et bien souvent **d'amplification** des **tensions** et des **courants**.

On peut les utiliser aussi pour créer des **fonctions logiques** adaptées, comme ce fut le cas pour les premiers **ordinateurs**.

Les relais sont utilisés en très grande quantité dans les systèmes de **commutation téléphonique** électromécanique **RTC** (Réseaux Téléphoniques Commutés).

## V. Différents types de relais

### V.1. Relais monostables

C'est le plus courant des relais, lorsque sa bobine est sous tension, l'armature mobile actionne les contacts qui changent d'état.

Lorsque le courant cesse, l'armature revient à la position initiale ainsi que les contacts.



Fig.6. Relais monostable

### V.2. Relais de puissance

Les relais de puissance permettent de commander des systèmes de génération et de traitement de signaux ayant de très fortes tensions et puissances.

Ces derniers sont utilisés dans l'électricité haute-tension et l'industrie lourde.

Si le relais possède plusieurs contacts et que l'on a besoin d'une seule commutation, les différents contacts peuvent être montés en parallèle pour augmenter le pouvoir de coupure.

Il faut savoir que certains relais de puissance nécessitent un courant minimal de passage pour conserver une bonne fiabilité.



Fig.7. Relais de puissance

### V. 3. Relais bistables

Un relais bistable est un relais dont les contacts conservent leur position même après coupure de l'alimentation dans la bobine de commande.



Fig.8. Relais bistables

Ce type de relais présente comme avantages principaux de ne consommer du courant que lors des commutations et de conserver en mémoire sa position même en cas de coupure inopinée d'alimentation.

Il est très utilisé dans des systèmes d'automatisme industriel.

Il existe plusieurs types de relais bistables :

\* ceux qui possèdent deux bobinages de commande : un premier bobinage pour activer le relais en position « **Travail** » et un autre bobinage pour le ramener en position « **Repos** »;

\* ceux qui ne possèdent qu'un seul bobinage de commande et où la fonction « **Travail** » et « **Repos** » dépendent de la polarité de la tension continue appliquée à la bobine.

Il convient donc de les "respecter" lors de leur première mise sous tension après déplacement ou choc.

#### V.4. Relais miniatures

La taille du relais est avant tout proportionnelle au courant maximal pouvant circuler dans les contacts.

Quand ce courant doit être important, les pièces mécaniques en mouvements sont grosses, et comme elles sont grosses l'élément de commande doit fournir plus de champ magnétique pour faire bouger les armatures.

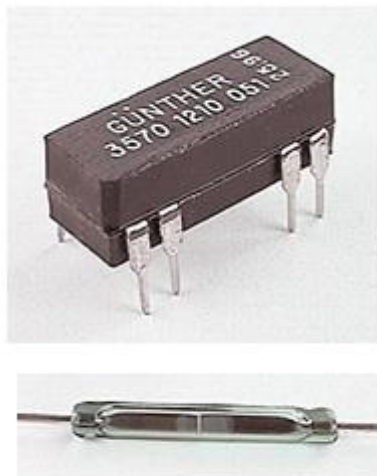


Fig.9. Relais miniatures

Pour des petits besoins en courant, et quand on ne cherche que la fonction d'isolement électrique, il suffit d'utiliser les relais miniatures.

#### V.5. Relais HF

Il s'agit des relais spécifiques, destinés uniquement aux applications de hautes fréquences.

On en trouve à souder sur circuit imprimé, et d'autres qui possèdent déjà une connectique de type HF (BNC ou N), et que l'on appelle plus volontiers des relais coaxiaux.



Fig.10. Relais HF

## V.6. Relais statiques (ou relais à état solide)

D'un emploi particulier, ce type de relais entièrement électronique contrairement au relais électromécanique, il ne possède pas de pièce en mouvement.

La partie "Commande" est généralement constituée d'une source lumineuse (LED), et la partie "Puissance" est élaborée autour d'un ou de plusieurs éléments photosensibles, tel que photo-triac, photo-transistor ou photo-diode associée à un circuit de contrôle.

Un relais statique peut être tout petit et tenir dans un petit boîtier DIL à 6 pattes ou être gros et prévu pour être monté sur un dissipateur thermique.

Ce type de relais est généralement étanche, ce qui n'est pas toujours le cas des relais électromécaniques, qui peuvent prendre la poussière et subir une corrosion importante au fil du temps.

## VI. La Protection des éléments d'un relais

### VI.1. Protection des contacts d'un relais électromécanique

Les contacts mécaniques des relais électromécaniques peuvent subir une érosion, un encrassement ou une brûlure si le type des signaux commutés n'est pas adapté au type de contact.

Ainsi, un relais prévu pour commuter de fortes puissances, ne conviendra pas pour commuter des signaux audio, car les contacts s'encrasseront rapidement, du fait de l'absence d'un courant suffisant pour assurer un "auto-nettoyage".

De même, un petit relais utilisé pour commuter des courants importants risque de voir ses contacts fondre et se souder entre eux dans ce cas-là le relais ne fonctionne pas.

Une attention particulière doit être aussi portée sur la commutation des courants importants, qui génèrent presque toujours un arc électrique (étincelle) entre les contacts, au moment de la commutation.

Il est primordial d'éviter ces arcs afin de ne pas diminuer inutilement la durée de vie du composant.

En général, la mise en parallèle d'un condensateur sur les contacts qui arquent suffit, une cellule  $RC$  série étant cependant conseillée.

Comme c'est montré sur le schéma de la figure 12, les contacts de puissance numérotés 3 et 4 sont exploités.

Ce sont donc eux qui sont protégés par la cellule  $R/C$ .



Fig.11. Relais statiques

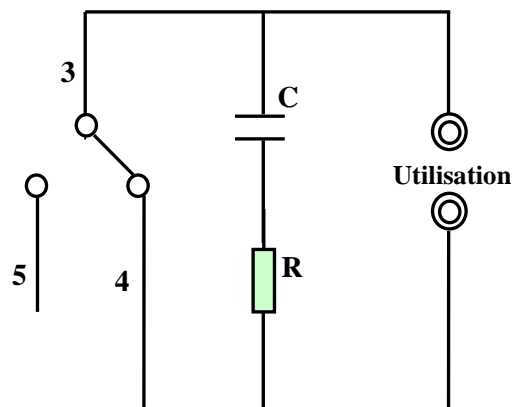


Fig.12. Schéma de protection du brochage du relais

Sur le schéma de la figure 12 comme exemple, les contacts de puissance numérotés 3 et 4 sont exploités. Ce sont donc eux qui sont protégés par la cellule *RC*.

Cette cellule RC n'est pas du tout nécessaire (elle est même non recommandée) pour un relais moyen utilisé pour commuter des signaux audio.

## VI.2 Protection de la commande d'un relais électromécanique

Dans le cas des relais électromécaniques, la bobine peut générer de fortes surtensions où le courant cesse de la traverser.

Cette surtension (qui peut atteindre plusieurs dizaines de volts ou plus de 100v, même avec une alimentation de 12v) peut détruire le transistor ou la porte logique qui la commande.

Pour éviter tout risque de destruction de la commande électronique qui précède le relais, il est d'usage de placer une diode en parallèle de la bobine du relais.

Cette diode doit être câblée en inverse, c'est à dire cathode vers le pôle le plus positif de l'alimentation.

Sur le schéma de la figure 13 le transistor est l'élément de commande qui commute le courant dans la bobine du relais.

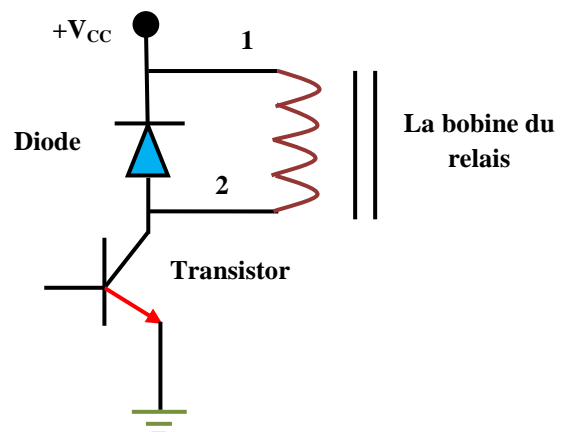


Fig.13 schéma de protection de la commande d'un relais électromécanique

Ce transistor sera détruit si aucune diode n'est placée en parallèle de la bobine du relais.

# PORTES LOGIQUES

## I. Introduction

Dans notre étude, nous utilisons des portes électroniques, il est bon de rappeler le traitement des informations binaires de quelques portes les plus utilisées.

## II. Portes

### II.1. Amplification

L'amplification restitue la même information, elle est souvent utilisée en électronique digitale pour régénérer des signaux dont la tension aurait tendance à s'affaiblir. Le symbole d'amplification est présenté par la figure suivante :

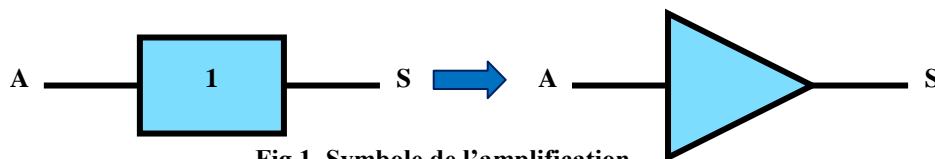


Fig.1. Symbole de l'amplification

### II.2. Inversion

La première porte fondamentale est la porte NON, qui agit sur un seul bit : la sortie d'une porte NON est exactement le contraire de l'entrée.

L'inversion c'est la transformation de l'information en son complément (complément à 1). Le symbole de l'inversion est représenté par la figure suivante :

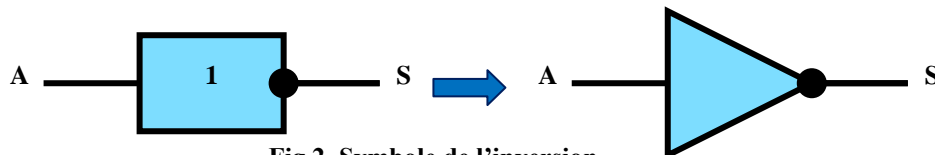


Fig.2. Symbole de l'inversion

La table de vérité de cette porte est :

Entrée A	Sortie S	$S = \bar{A}$
0	1	
1	0	

Tableau 1: Table de vérité

### II.3. Portes «OU» ou «OR»

La loi d'association de la porte « OU » est que si A ou B (A et B sont des variables binaires) prennent la valeur 1, alors la sortie S vaut 1 ceci se résume par la table de vérité du tableau 2 suivant :

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$S = A + B$

Tableau 2: Table de vérité

La porte **OU** est une porte dont la sortie vaut **1** si et seulement si au moins une entrée vaut **1**. Dit autrement, sa sortie est à **0** si toutes les entrées sont à **0**. Dans le cas le plus simple, la porte **OU** possède deux entrées, ainsi qu'une seule sortie.

Cette porte logique met sa sortie à **1** quand au moins une de ses entrées vaut **1**. Là encore, il existe des portes **OU** ont plus de deux entrées. Là encore, leur sortie est à **0** si et seulement si toutes les entrées sont à **0** : si une seule entrée est à **1**, alors la sortie vaut **1**.

Cette porte est symbolisée comme suit :



Fig.3. Symbole de la porte « OU » ou « NOR »

#### II.4. Porte «ET» ou «AND»

La loi d'association de A et B peut être exprimée de la manière suivante. La sortie S ne peut prendre 1 que si A et B sont les deux égaux à **1**, qui se traduit par la table de vérité suivante :

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$S = A.B$

Tableau 3: Table de vérité

La porte « **ET** » possède plusieurs entrées, mais une seule sortie. Cette porte logique met sa sortie à 1 quand toutes ses entrées valent **1**. Dans le cas le plus simple, une porte « **ET** » possède deux entrées.

Il existe des portes « **ET** » qui ont plus de deux entrées, et peuvent en avoir 3, 4, 5, 6, 7, etc. Là encore, leur sortie ne vaut **1** que si toutes les entrées valent **1** : dans le cas contraire, la sortie de la porte « **ET** » vaut **0**. Dit autrement, si une seule entrée vaut **0**, la sortie de la porte « **ET** » vaut **0**.

Le symbole de cette porte et de la manière suivante :

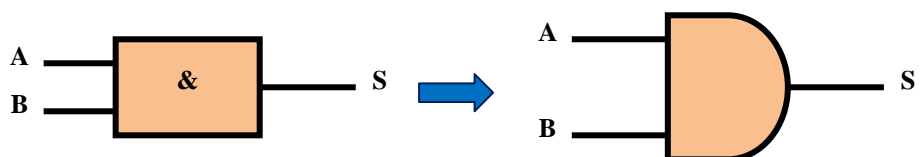


Fig.4. Symbole de la porte « ET » ou « AND »

## II.5. Porte «ET NON» ou «NAND»

Cette porte est obtenue tout simplement en inversant les opérations de la porte « ET ». La table de vérité de cette porte est la suivante:

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$S = \overline{A.B}$$

Tableau 4: Table de vérité

La porte « NAND » donne l'exact inverse de la sortie d'une porte « ET ». En clair, sa sortie ne vaut 1 que si au moins une entrée est nulle. Dans le cas contraire, si toutes les entrées sont à 1, la sortie vaut 0. Dans le cas le plus simple, une porte « NAND » a deux entrées.

Là encore, il existe des portes « NAND » ont plus de deux entrées : elles peuvent en avoir 3, 4, 5, 6, 7, etc. Là encore, leur sortie ne vaut 1 que si au moins une entrée est nulle : dans le cas contraire, la sortie de la porte « NAND » vaut 0. Dit autrement, si toutes les entrées sont à 1, la sortie vaut 0.

Cette porte symbolisée de la manière suivante :

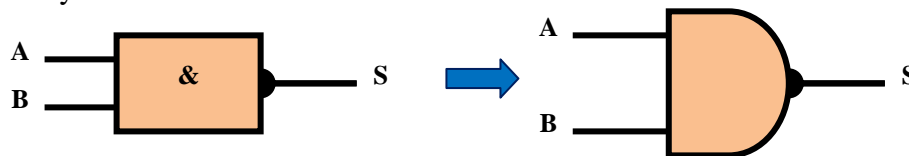


Fig.5. Symbole de la porte « NON ET » ou « NAND »

## II.6. Porte «OU NON» ou «NOR»

Cette porte est obtenue tout simplement en inversant les opérations de la porte « OU ». La table de vérité de cette porte est représenté par le tableau suivant

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

$$S = \overline{A + B}$$

Tableau 3: Table de vérité

La porte NOR donne l'exact inverse de la sortie d'une porte OU. Là encore, il en existe une version avec deux entrées, et des versions avec plus de deux entrées. Les tableaux et symboles qui suivent sont ceux d'une porte NOR à deux entrées.

Cette porte symbolisée par le schéma suivant :



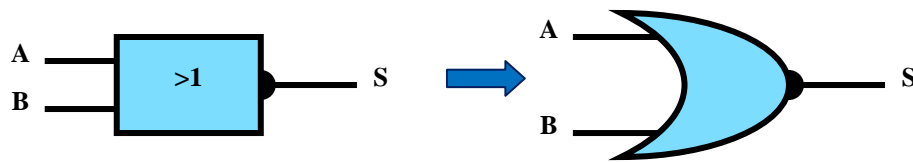


Fig.6. Symbole de la porte « NON OU » ou « NOR »

### Remarque

Ces portes logiques sont présentées dans le marché sous forme de circuit intégré.

A partir de ces portes et par combinaison on peut réaliser toute de montage comme des monostables, des bascules, des oscillateurs, des multivibrateurs, des Triggers de Schmitt astables.....

## BASCULES

Dans ce chapitre, nous donnons uniquement le principe fonctionnement et schémas de quelques bascules les plus usuelles.

### I. Introduction

Les bascules sont des éléments bistables, c'est-à-dire que chacune des deux sorties possède deux états stables, le passage d'un état à l'autre est provoqué par des signaux de commande, en général les états des deux sorties sont complémentaires.

Une bascule constitue une cellule mémoire élémentaire car l'état de sortie reflète l'état des entrées.

La mémoire est une fonction de base de l'électronique appliquée. Elle est utilisée dans les séquenceurs industriel, les automates programmables, les systèmes à microprocesseurs, les calculateurs, etc.

Dans les opérateurs booléens l'état de sortie ne dépend que de l'état présent des entrées, c'est à dire que pour chaque état d'une combinaison d'entrée correspond une valeur toujours la même à la sortie.

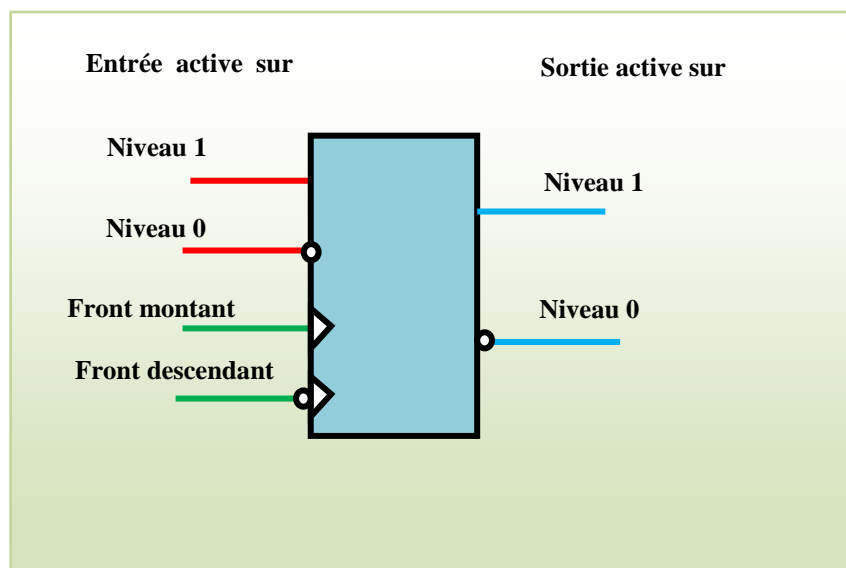


Fig.1 Schéma significatif des symboles des entrées et des sorties d'une bascule

### II. Définition

On désigne par bascule une microstructure séquentielle qui, pour une combinaison d'états de ses entrées, présente sur ses sorties deux Etats Stables complémentaires l'un de l'autre.

Une **bascule** ou un **basculeur** est un circuit intégré logique doté d'une sortie et d'une ou plusieurs entrées. La sortie peut être au niveau logique **0** ou **1**. Les changements d'état de la sortie sont déterminés par les signaux appliqués aux entrées.

Ce qui différencie les bascules des circuits logiques combinatoires (portes ET, OU, OU Exclusif, etc.), c'est que la sortie maintient son état même après disparition du signal de commande.

La bascule est l'élément de base de la logique séquentielle. En effet, en assemblant des bascules, on peut réaliser des compteurs, des registres, des registres à décalage, des mémoires.

Certaines bascules, appelées à fonctionner dans des systèmes synchrones possèdent une entrée d'horloge de synchronisation. Il existe donc des bascules asynchrones et des bascules synchrones.

Il existe plusieurs types de bascules : RS, RS-T, JK, D, verrous transparents (latches), T. Citons également la bascule de Schmidt, qui est commandée par une tension analogique appliquée à son entrée.

Il existe deux grandes familles de bascules :

**\* Bascules asynchrones**

Ce sont des bascules dont la sortie ou l'état de mémorisation dépend à tout instant de l'état simultané des entrées

**\* Bascules synchrones**

Ici, l'action des entrées sur l'état de mémorisation ne sera effective que si l'entrée de l'horloge est active. L'activation de l'entrée d'horloge pourra se faire soit sur un niveau logique (0 ou 1) soit sur un front (montant ou descendant).

Il existe plusieurs types de bascules qui se distinguent par le nombre, la nature et le rôle de leurs entrées.

**III. Caractéristiques des entrées asynchrones ou synchrones**

Dans un circuit numérique (compteur, bascules...), des entrées de remise à zéro ou mise à un, permettent d'initialiser le composant, ces entrées sont prioritaires sur le fonctionnement du circuit.

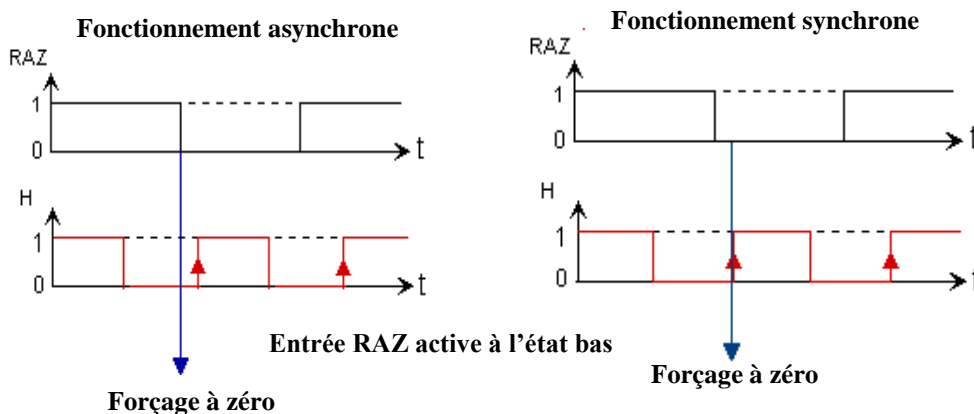
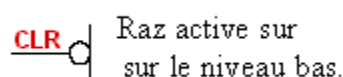
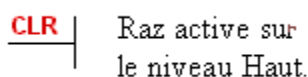


Fig.2. Caractéristiques des entrées asynchrones et synchrones

Exemples : entrées repérées CLR (Clear) ou R (Reset)



Ces entrées peuvent être active sur le niveau haut, ou active sur le niveau bas Cette caractéristique figure directement sur la représentation schématique de l'entrée.

Quel que soit le niveau qui rend cette entrée active le forçage à zéro des sorties peut-être indépendant du signal d'horloge, dans ce cas la remise à zéro est dite asynchrone ; ou dépendant du signal d'horloge dans ce cas la remise à zéro est dite synchrone.

Dans ce dernier cas le forçage à zéro des sorties devient effectif si les deux conditions sont réunies : niveau actif du signal de RAZ et présence du front montant ou descendant suivant le circuit, du signal d'horloge.

#### IV. Bascules à base de transistor

Une bascule est un circuit qui permute entre deux états (marche et arrêt), à certains intervalles. Ce circuit passe à un état, revient à l'autre, repasse au premier, etc. Dans ce circuit de bascule, on utilise deux transistors.

Ce sont des bascules qui changent d'état quand la tension de commande dépasse une certaine valeur qui est la tension de seuil. Le modèle le plus utilisé est le trigger de Schmitt. Seule l'entrée du second étage est couplée à la sortie du premier qui reçoit les signaux de commande.

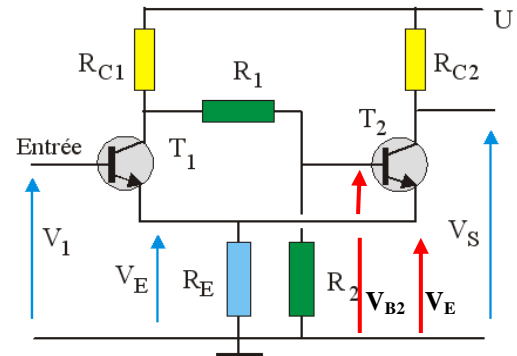


Fig.3. Bascule à bas de transistors

Le fonctionnement de ce montage est comme suit :

Les résistances  $R_1$  et  $R_2$  constituent un pont de base pour le transistor  $T_2$  .

Les valeurs des résistances  $R_{C1}$  ,  $R_{C2}$  et  $R_E$  sont choisies pour que  $T_2$  soit fortement saturé quand  $T_1$  est bloqué (le potentiel de collecteur de  $T_1$  est alors voisin de  $U$  ).

Dans l'état initial, qui est l'état stable du système, le transistor  $T_1$  est bloqué et  $T_2$  est saturé. La valeur de la résistance  $R_{C1}$  est nettement plus petite que celles de  $R_1$  et  $R_2$  .

Soit  $V_E$  le potentiel commun des deux émetteurs. Dans cet état, la tension de sortie (collecteur de  $T_2$  qui est saturé) est égale à  $U_0 = V_E$

avec :

$$V_E = V_{B2} - V_{BE} \approx \frac{U R_2}{R_1 + R_2} - V_{BE}$$

Quand la tension d'entrée  $V_1$  dépasse la valeur  $U_0 + V_E$  , le transistor  $T_1$  se met à conduire et le potentiel de son collecteur diminue tandis que le potentiel des émetteurs varie jusqu'à une

valeur  $U_1 \approx \frac{U_{R_E}}{R_{C1} + R_E}$ . Le potentiel de base du transistor  $T_2$  diminue ainsi que ses courants collecteur et émetteur.

Le potentiel  $V_E$  diminue ce qui contribue à augmenter la conduction de  $T_1$ . Il y a un effet cumulatif qui entraîne le basculement définitif du système. La diminution de la tension d'entrée en-dessous de la valeur  $U_1 + V_E$  produira l'effet inverse.

**IV.1. Bascule RS à transistor**

Dans ce qui suit, nous donnons la description du principe de fonctionnement de cette bascule à l'aide de transistor.

La figure 4 montre le schéma de fonctionnement d'une bascule RS à base des transistors.

L'un des deux transistors est toujours bloqué pendant que l'autre est saturé. On va supposer au premier lieu  $T_1$  bloqué.

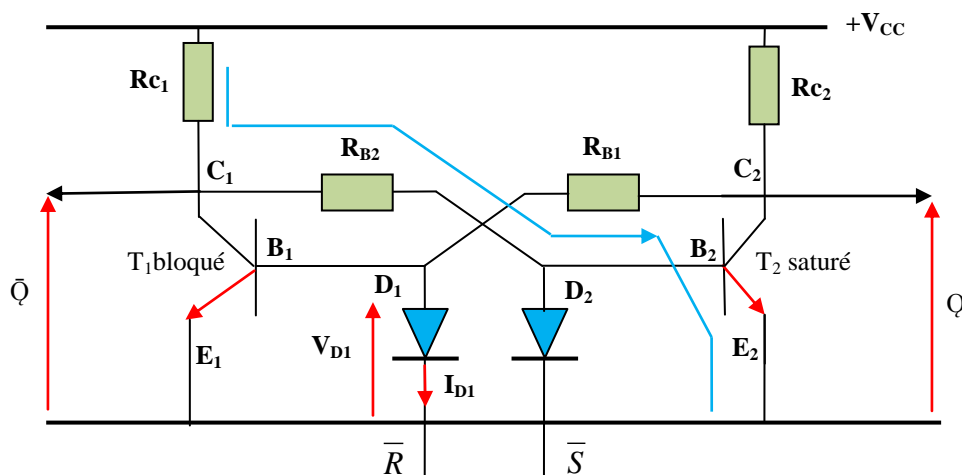


Fig.4. Bascule  $\overline{RS}$  à transistor pour le cas  $\overline{R} = 0$  et  $\overline{S} = 1$

Le fonctionnement de ce circuit est le suivant :

Lorsque l'on applique 0v sur l'entrée  $\overline{R}$  ( $\overline{S}$  est à  $V_{CC}$ ), la diode  $D_1$  est traversée par un courant  $I_{D1}$  et il apparaît une tension  $V_{D1}$  très faible à ses bornes.

Le transistor  $T_1$  est alors bloqué (base insuffisamment positive pour qu'il conduise).  $T_1$  étant bloqué, aucun courant ne le traverse et  $\overline{Q}$  monte à environ  $V_{CC}$ .

Cette tension est alors renvoyée à travers  $R_{B2}$  sur la base de  $T_2$  qui se sature (courant  $I_{B2}$ ).  $Q$  tombe alors à pratiquement  $0V$ . Cette tension ramenée à travers  $R_{B1}$  sur la base de  $T_1$  vient maintenir le blocage de celui-ci, et ce même si l'entrée  $\bar{R}$  repasse à  $V_{CC}$ .

Nous obtenons un premier état stable :  $T_1$  est bloqué,  $T_2$  est saturé. Ainsi, la sortie  $\bar{Q}$  passe à  $V_{CC}$  (niveau **H**) et la sortie  $Q$  passe à  $0V$  (niveau **L**). L'application d'un «0» sur l'entrée  $\bar{R}$  entraîne donc  $Q=0$  et  $\bar{Q}=1$ . C'est l'état **RESET** de la bascule.

Si maintenant l'entrée  $\bar{S}$  passe à l'état 0 et  $\bar{R}$  à l'état 1 comme le montre la figure 4, de la même façon  $T_2$  se bloque ( $0V$  sur la base) et la sortie  $Q$  passe à l'état 1 (niveau H). Le transistor  $T_1$  se sature, donc la sortie  $\bar{Q}$  passe au niveau L.

C'est le second état stable de la bascule  $T_2$  est bloqué et  $T_1$  saturé.

Donc  $\bar{S}=0$  entraîne  $Q=1$  et  $\bar{Q}=0$  donc c'est l'état **SET** de la bascule

Lorsque, comme représenté par la figure 5, les entrées  $\bar{R}$  et  $\bar{S}$  sont tous les deux à l'état zéro, les deux transistors  $T_1$  et  $T_2$  se bloquent car leur base est maintenue à l'état 0 ( $0V$ ). Dans ce cas les sorties sont à l'état 1 ( $Q=\bar{Q}=1$  soit le niveau H).

Le sens des courants dans les diodes sont indiqués par les flèches bleue et rouge sur la figure 5. Les entrées  $\bar{R}=0$  et  $\bar{S}=0$  entraîne  $Q=\bar{Q}=1$

Lorsque, les entrées  $\bar{R}$  et  $\bar{S}$  sont tous les deux à l'état 1, les deux diodes  $D_1$  et  $D_2$  sont bloquées et les deux entrées  $\bar{R}$  et  $\bar{S}$  n'ont pas d'influence sur le montage.

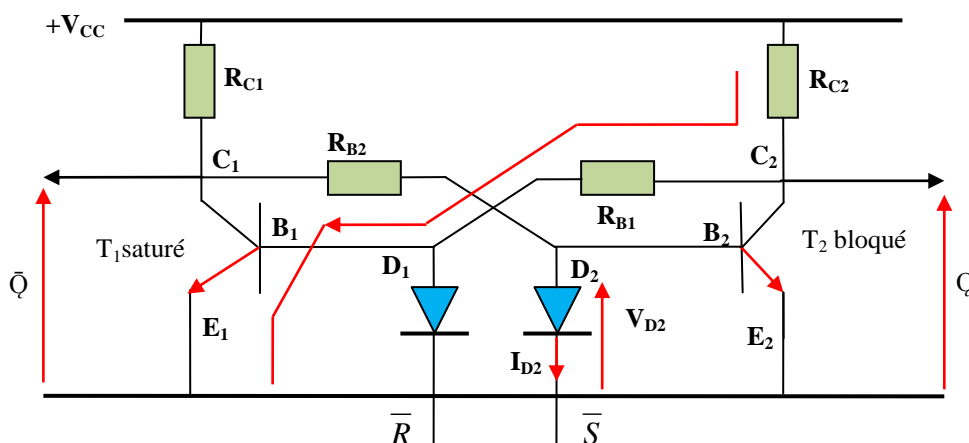


Fig.5. Bascule  $\bar{R}\bar{S}$  à transistor pour le cas  $\bar{R}=1$  et  $\bar{S}=0$

Les deux transistors  $T_1$  et  $T_2$  restent dans l'état où ils se trouvaient précédemment. Ce sont donc les états antérieurs  $Q_{n-1}$  et  $\bar{Q}_{n-1}$  qui sont observés sur  $Q$  et  $\bar{Q}$ .

On peut dire que la position  $\bar{R}=1$  et  $\bar{S}=1$  est la position du montage.

Tout ceci peut se résumer dans la table de vérité du tableau 1, les états à l'instant  $n$  étant  $Q_n$  et  $\bar{Q}_n$  et les états à l'instant antérieur  $n-1$  notés  $Q_{n-1}$  et  $\bar{Q}_{n-1}$

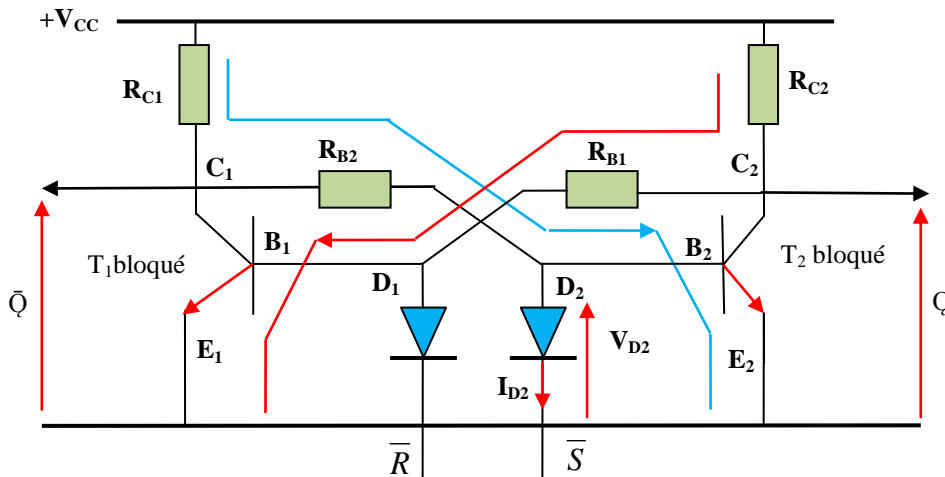


Fig.6. Bascule  $\bar{R}\bar{S}$  à transistor pour le cas  $\bar{R}=1$  et  $\bar{S}=0$

Tout ceci peut se résumer dans la table de vérité du tableau 1, les états à l'instant  $n$  étant  $Q_n$  et  $\bar{Q}_n$  et les états à l'instant antérieur  $n-1$  notés  $Q_{n-1}$  et  $\bar{Q}_{n-1}$

$\bar{R}$	$\bar{S}$	$Q_n$	$\bar{Q}_n$	$T_1$	$T_2$
0	1	0	1	bloqué	saturé
1	0	1	0	saturé	bloqué
0	0	1	1	bloqué	bloqué
1	1	$Q_{n-1}$	$\bar{Q}_{n-1}$	Bloqué ou saturé	Saturé ou bloqué

Tableau 1 : Table de vérité de la bascule  $\bar{R}\bar{S}$

Dans la suite de ce chapitre, nous allons résumés quelques bascules existant dans les différents montages de base.

La théorie des bascules est très vaste, nous donnons uniquement les principes de fonctionnement des bascules de base et ce dans le but de leurs compréhensions.

Dans la suite, on va présenter les bascules les plus utilisées.

## V. Bascule couplée croisée bistable avec des portes

### V.1. Bascule Flip-Flop

La bascule la plus simple est la bascule Flip-Flop, encore appelée bistable. Elle mémorise l'état d'un bit (une valeur binaire) et on la retrouve dans les mémoires statiques.

Son architecture est extrêmement simple et consiste en l'interconnexion de deux inverseurs. Cette bascule est représentée à la figure 7.

On peut facilement vérifier la stabilité de ce dispositif : supposons que la sortie  $Q$  de l'inverseur du haut soit à la valeur logique  $0$ . Cette valeur est propagée à l'entrée de l'inverseur du bas qui génère alors la valeur  $1$  sur sa sortie notée  $\bar{Q}$ . Une valeur  $1$  en entrée de l'inverseur du haut produit bien la valeur logique  $0$  sur la sortie  $Q$ . On peut faire exactement le même raisonnement en considérant la valeur logique  $1$  sur la sortie  $Q$ .

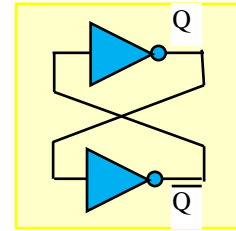


Fig.7. Schéma d'une bascule Flip-Flop

Ce dispositif est donc stable et s'auto-entretient. Cependant, le problème est d'initialiser ce dispositif dans un état donné, puis de le faire évoluer.

**V.2. Bascule RS**

La bascule  $RS$  est une évolution de la bascule Flip-Flop pour remédier au problème pointé précédemment.

Deux entrées sont ajoutées :  $R$  (pour Reset) et  $S$  (pour Set).

**V.2.1. Bascules RS avec les portes NOR (NON OU)**

Deux entrées sont ajoutées :  $R$  (pour Reset) et  $S$  (pour Set). Un niveau logique  $1$  sur l'entrée  $R$  positionne la sortie  $Q$  à  $0$ .

En supposant que  $S$  est également à  $0$ ,  $\bar{Q}$  passe à  $1$  et maintient donc  $Q$  à la valeur  $0$  quand  $R$  repasse à  $0$ .

De la même façon, un niveau logique  $1$  sur l'entrée  $S$  positionne la sortie  $\bar{Q}$  à  $0$  et donc la sortie  $Q$  à  $1$ .

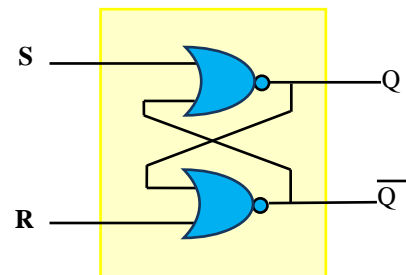


Fig.8. Schéma d'une bascule RS à base des portes NOR

La bascule est donnée par le schéma ci-contre. Cette bascule  $RS$  réalisée à l'aide des portes NOR réagit aux fronts montants (impulsions positives).

La table de vérité de cette bascule est représentée par le tableau ci-dessous

$S$	$R$	$Q$	$\bar{Q}$	Remarque
0	0	$Q$	$\bar{Q}$	Mémoire (sorties inchangées)
0	1	0	1	Mise à 0
1	0	1	0	Mise à 1
1	1	0	0	Etat interdit

Tableau 2 : Table de vérité de la bascule RS avec les portes NOR

Ce système permet donc d'initialiser la bascule dans un état voulu, puis de la faire évoluer en agissant sur les entrées  $R$  et  $S$ . On récupère l'état sur la sortie  $Q$  et son complément sur la sortie  $\bar{Q}$ .



Il y a cependant une exception : lorsque les entrées  $R$  et  $S$  sont toutes les deux au niveau  $1$ , les sorties  $Q$  et  $\bar{Q}$  ne sont plus complémentées. On interdit donc, dans les spécifications sur l'usage de cette bascule, cette configuration sur les entrées.

Une solution pourrait être de cacher la sortie complémentée et de décider que la configuration  $R=S=1$  exécute aussi une remise à zéro de la bascule. En réalité, cette configuration est dangereuse lorsqu'on considère la transition de  $R=S=1$  vers  $R=S=0$ .

En électronique, le temps de propagation des signaux est difficilement maîtrisable et on ne peut absolument pas affirmer que les valeurs sur les entrées  $R$  et  $S$  changeront d'état simultanément. Fatalement, une des deux entrées basculera vers le niveau  $0$  avant l'autre, mais on ne peut prédire laquelle.

La bascule se retrouvera donc dans un des deux états possibles, sans qu'on puisse le déterminer à l'avance.

Cette caractéristique de la bascule  $RS$  introduit donc **un indéterminisme** fâcheux qui motive l'interdiction de cette configuration  $R=S=1$ .

La symbolisation logique de la bascule  $RS$  est donnée par la figure suivante:

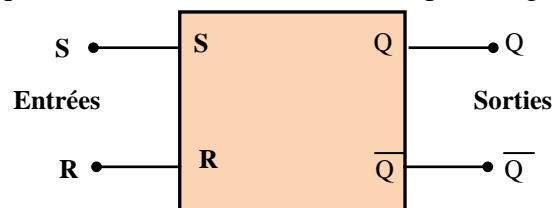


Fig.9. Symbolisation d'une bascule  $RS$

### V.2.2.. Bascules $RS$ avec les portes NAND (NON ET)

La bascule  $RS$  appelé aussi multivibrateur bistable. C'est une bascule à deux entrées nommées  $S$  (pour *SET* et qui correspond à une mise à  $1$  de la sortie) et  $R$  (pour *RESET* et qui correspond à une mise à  $0$  de la sortie).

La figure 10 représente une bascule  $RS$  avec des portes « NAND »

La bascule réagit aux fronts descendants (impulsions négatives). Si l'on souhaite travailler avec des impulsions positives il est alors nécessaire de placer un inverseur logique en amont de chacune des deux entrées.

Les bornes d'entrée de cette unité de mémoire fondamentale sont identifiées par les lettres  $S$  (*Set* = mise à  $1$ ) et  $R$  (*Re set* = mise à  $0$ ) d'où l'appellation bascule " $RS$ ".

La bascule " $RS$ " produit deux sorties inversées l'une par rapport à l'autre : si l'une d'entre elles est à l'état logique  $0$ , l'autre sortie est à l'état logique  $1$ . Ces deux sorties sont notées  $Q$  et  $\bar{Q}$ .

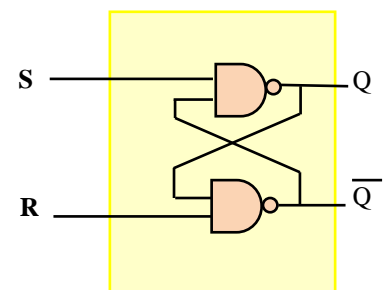


Fig.10. Schéma d'une bascule  $RS$  à base des portes NAND

La table de vérité de cette bascule est représentée par le tableau ci-dessous

$S$	$R$	$Q$	$\bar{Q}$	Remarque
0	0	1	1	Etat interdit
0	1	1	0	Mise à 1
1	0	0	1	Mise à 0
1	1	$Q$	$\bar{Q}$	Mémoire

Tableau 3 : Table de vérité de la bascule RS avec les portes NAND

### V.3. Bascule RS – T

Cette nouvelle bascule synchronise le changement d'état sur une horloge.

Lorsque le signal d'horloge  $Clock$  ( $T$ ) est au niveau logique 1, le comportement du système est équivalent au schéma précédent : les portes NAND en entrée peuvent être assimilées à des inverseurs et on se retrouve avec une bascule RS standard.

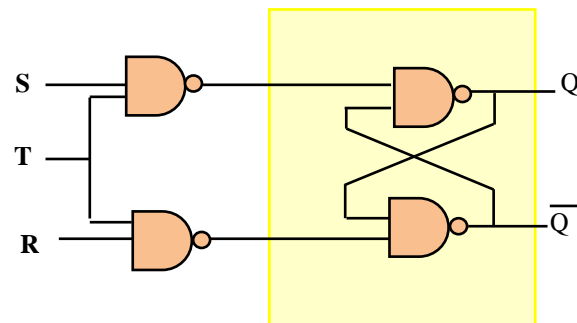


Fig.11. Schéma d'une bascule RS-T

Par contre, lorsque  $Clock$  est au niveau logique 0, les sorties des deux NAND d'entrées sont bloquées à 1 quel que soit le niveau logique de  $R$  et  $S$ . L'étage Flip-Flop est alors figé.

L'usage d'un tel dispositif peut d'avérer indispensable dès lors que les entrées  $R$  et  $S$  d'une bascule RS sont connectées à une logique combinatoire qui, comme nous l'avons déjà vu, peut engendrer des états transitoires.

Ces états transitoires peuvent alors provoquer des changements d'état non désirés sur la bascule. L'idée est alors d'effectuer les calculs combinatoires pendant que l'horloge est au niveau logique 0. Lorsque les calculs sont terminés et que les sorties deviennent stables, les résultats peuvent être pris en compte en faisant coïncider le passage au niveau logique 1 de l'horloge.

Notez que ce dispositif ne résout en rien le problème de la configuration  $R = S = 1$ . Quand l'horloge transite du niveau bas vers le niveau haut et que les deux entrées  $R$  et  $S$  sont à 1, les deux portes d'entrées NAND vont logiquement basculer « ensemble » vers un niveau logique bas.

Mais, encore une fois, d'un point de vue électronique, la notion de simultanéité n'existe pas et on ne peut pas prédire quelle sera la porte la plus rapide. On aura un état transitoire imprédictible en entrée du Flip-Flop qui peut faire basculer dans un sens ou un autre.

Le symbole logique d'une bascule RS – T est donné par la figure 12:

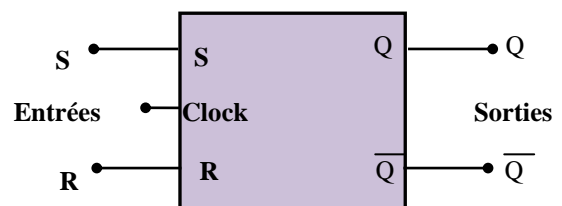


Fig.12. Symbolisation d'une bascule RS – T

**V.4. Bascule JK**

La bascule *JK* est une bascule synchrone à deux entrées de données *J* et *K*.

La bascule *JK* présente :

- Deux entrées *J* et *K*
- Une entrée d'horloge *H*
- Deux sorties complémentaires *Q* et  $\bar{Q}$

En entrée de la bascule RS-T sont ajoutées deux portes « ET » qui augmentent le niveau de **rétroaction** des sorties sur les entrées.

Les entrées *J* et *K* de ce type de bascule ont le même rôle que les entrées *S* et *R* de la bascule RS-T à la différence que la condition  $J = K = 1$  n'est pas une condition ambiguë sur l'état de *Q* et  $\bar{Q}$ .

L'état  $J = K = 1$  provoque le changement d'état de la sortie *Q* ou il se produit un basculement successif à chaque front montant d'horloge.

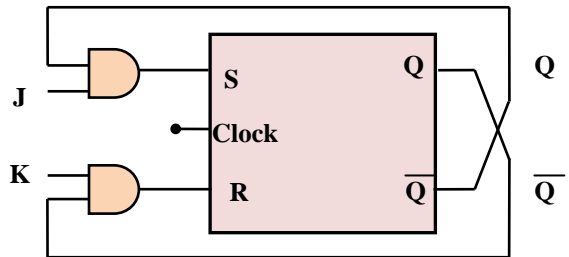


Fig.13. Montage d'une bascule *JK*

**Remarque :**

La bascule JK lève l'**ambiguïté** de la bascule RS sur la configuration  $R = S = 1$ .

La table de vérité d'un tel système est indiquée ci-dessous.

<i>J</i>	<i>K</i>	$Q_n$	<i>S</i>	<i>R</i>	$Q_{n+1}$
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0

Tableau 4 : Table de vérité d'une bascule *JK*

Pour tout  $n$ ,  $Q_n$  indique l'état à l'instant  $n$ . On remarque alors que la configuration  $R = S = 1$  n'existe plus et qu'on peut simplifier la table de vérité.

<i>J</i>	<i>K</i>	$Q_{n+1}$	Remarques
0	0	$Q_n$	Sortie inchangée
0	1	0	Remise à zéro
1	0	1	Mise à 1
1	1	$\bar{Q}_n$	Inversion de la sortie

Tableau 5 : Table de vérité d'une bascule *JK* simplifiée

Ainsi, la configuration  $R = S = 1$  provoque un changement d'état systématique de la bascule. L'architecture en portes **NAND** d'une bascule  $JK$  est la suivante :

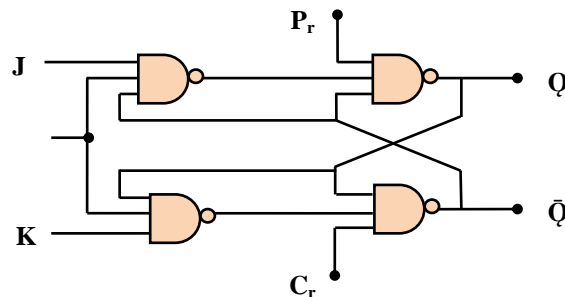


Fig.14. Schéma d'une bascule  $JK$  avec des portes NAND

Deux commandes ont été rajoutées pour initialiser la bascule dans un état connu, les entrées  $P_r$  et  $C_r$ .

Elles sont actives lorsqu'elles sont au niveau logique **0**. Il est en effet extrêmement important qu'à la mise sous tension, ou sous l'action d'une procédure de réinitialisation, un système numérique soit dans un état bien défini et cohérent.

Ces deux commandes sont donc maintenues à un niveau logique **1** pendant le fonctionnement normal d'un système et activées seulement dans les phases d'initialisation.

- Soit  $P_r$  sera maintenu temporairement à zéro pour initialiser la bascule à **1**,
- soit  $C_r$  sera maintenu temporairement à zéro pour initialiser la bascule à **0**.

La configuration  $P_r = C_r = 0$  est **interdite** et n'a pas de sens (la bascule ne peut être initialisée à **0** et **1** simultanément).

Le symbole logique d'une bascule  $JK$  est :

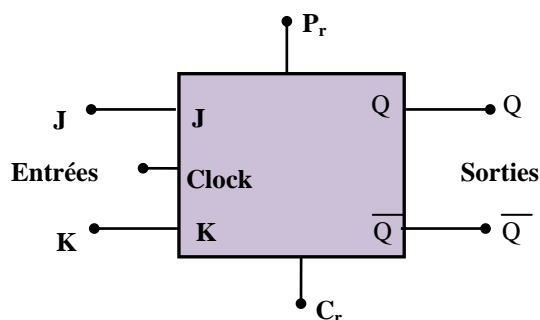


Fig.15. Symbolisation d'une bascule  $JK$

Le comportement de la bascule  $JK$  n'est cependant pas encore exempt de tous défauts. Il existe une configuration qui engendre **une instabilité** se traduisant par une oscillation du système. Ce dysfonctionnement se produit quand  $J = K = 1$  et quand l'horloge transite du niveau **0** vers le niveau **1**.

En omettant les commandes  $P_r$  et  $C_r$ , on se retrouve avec un circuit équivalent à :

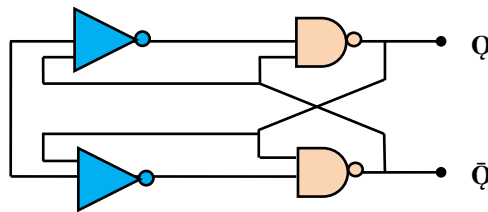


Fig.16. Bascule JK . Montage quand  $J = K = 1$

Dans ce cas, les portes NAND se comportent comme des inverseurs et on obtient alors un circuit instable.

**V.5. Bascule JK maître/esclave**

La bascule JK maître/esclave pallie le défaut de la bascule JK en mettant en série deux bascules commandées sur des niveaux d'horloge différents. On évite ainsi que la rétroaction des sorties sur les entrées conduise à un comportement instable.

Lorsque l'horloge est au niveau logique 0, la première bascule est bloquée. Les sorties  $Q_M$  et  $\bar{Q}_M$  sont donc dans un état stable est cohérent. Le second étage peut alors changer d'état sans être perturbé.

Lorsque l'horloge est au niveau logique 1, le second étage est bloqué. Les sorties  $Q$  et  $\bar{Q}$  ne peuvent donc pas changer et procurent des niveaux logiques stables sur l'étage d'entrée.

Lorsqu'on parle de bascule JK, c'est en général à cette dernière qu'on fait référence.

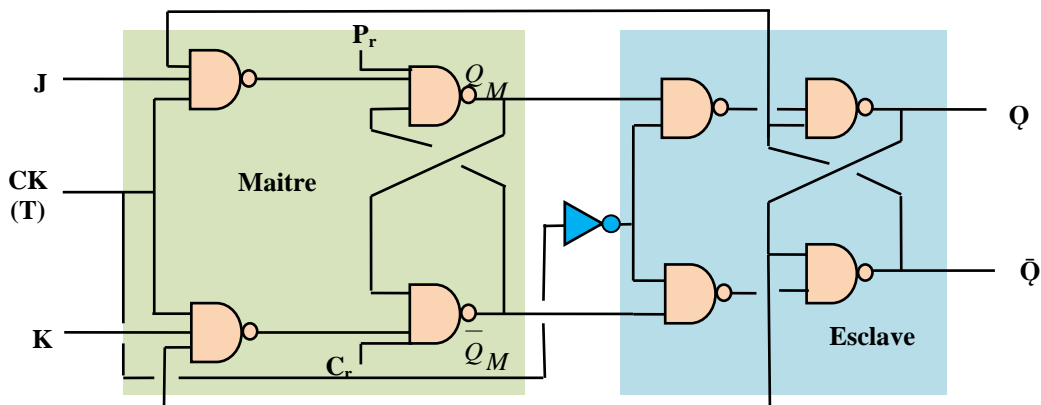
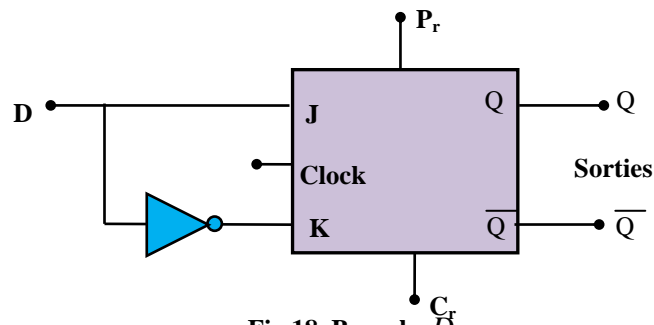


Figure 17. Bascule JK / ME

**V.6. Bascule D**

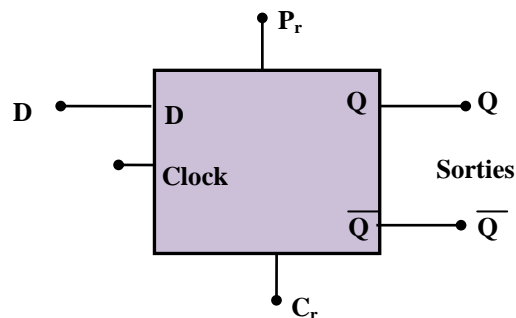
Une bascule D est une bascule JK sur laquelle les entrées J et K sont inversées.

Fig.18. Bascule  $D$ 

Le comportement de la bascule  $D$  est immédiatement déduit de la table de vérité de la bascule  $JK$  :

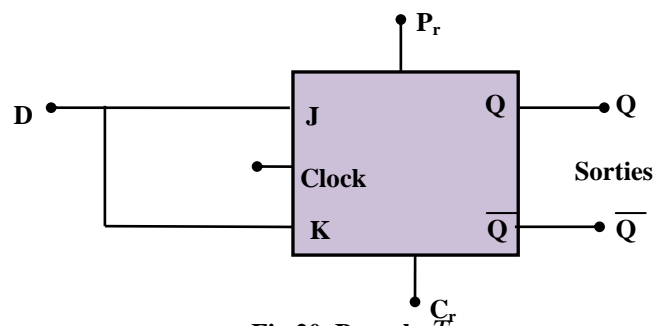
- Si  $D=1$  alors  $J=1$  et  $K=0$  donc  $Q_{n+1}=1$
- Si  $D=0$  alors  $J=0$  et  $K=1$  donc  $Q_{n+1}=0$

La bascule  $D$  agit donc comme une unité de retard par rapport au signal d'horloge. Le symbole logique d'une bascule  $D$  est :

Fig.19. Symbolisation de la bascule  $D$ 

### V.7. Bascule $T$

Une bascule  $T$  est une bascule  $JK$  dont les deux entrées sont connectées ensemble.

Fig.20. Bascule  $T$ 

Tout comme la bascule  $D$ , son comportement peut être déduit de la table de vérité de la bascule  $JK$ .

- Si  $T = 1$  alors  $J = K = 1$  donc  $Q_{n+1} = \overline{Q}_n$
- Si  $T = 0$  alors  $J = K = 0$  donc  $Q_{n+1} = Q_n$

Cette particularité est utilisée, pour réaliser des compteurs asynchrones.

Le symbole logique de la bascule  $T$  est :

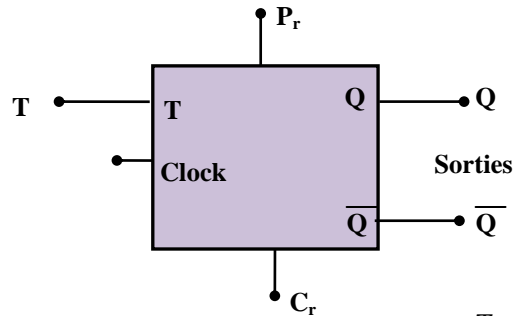


Fig.19. Symbolisation de la bascule  $T$

Dans cette théorie, nous avons donné uniquement un petit aperçu sur les bascules.

Car dans la théorie, il existe les **bascules asynchrones**, c'est-à-dire la **bascule RS** et ses dérivées, ainsi que les **bascules D** commandées par un niveau logique. Les **bascules D** commandées par une **horloge** et les **bascules JK** sont des circuits **synchrones**.

# CIRCUITS INTEGRES

## I. Introduction

Le circuit intégré est un composant actif, possédant un certain nombre de patte (deux à plusieurs centaines), et qui intègre en son sein un certain nombre de composants tels que transistors, résistances, diodes, ..., etc.

Certains circuits intégrés ne possède que quelques dizaines de composants, alors que d'autres, comme les micro-processeurs, peuvent en intégrer plusieurs millions.

La technologie des circuits intégrés numériques a subie une évolution importante partant de l'intégration à petite échelle (SSI) à l'intégration à ultra échelle (ULSI). Ces circuits intégrés offrent de nombreux avantages:

- Encombrement.
- Faible coût.
- Fiable car le nombre d'interconnexion réduite.

Il existe plusieurs familles de circuit intégré numériques donc les plus importantes sont:

- **RTL**: Résistance Transistor Logic
- **DTL**: Diode Transistor Logic
- **TTL**: Transistor TransistorLogic
- **ECL**: Emitter Transistor Logic (Logique à Emetteur Couplé)
- **CMOS**: Complementy Metal Oxyde Semi-conducteur

Les familles les plus rependues sont les familles **TTL** et **CMOS**

Certains circuits intégrés ne possède que quelques dizaines de composants, alors que d'autres, comme les micro-processeurs, peuvent en intégrer plusieurs millions.

## II. Circuits intégrés linéaires (analogiques)

Il s'agit de circuits travaillant avec des tensions pouvant prendre différentes amplitudes : régulateurs de tension genre *LM7812*, amplificateurs opérationnels genre *LM741* ou *NE5532*, amplificateurs BF de type *LM386* ou *TDA2030*.

## III. Circuits intégrés logiques (numérique)

Il s'agit de circuits travaillant en tout ou rien, généralement avec des tensions d'entrée et de sorties égales à ou proche de leur tension d'alimentation.

Les circuits intégrés numériques (logiques) sont classés suivant leur technologie de fabrication.

Les familles logiques principales sont :

✓ **Les familles bipolaires** : elles sont fabriquées à base de transistors bipolaires. La plus répandue d'entre elles est la famille **TTL** (Transistor TransistorLogic) qui possède de nombreuses variantes.



- ✓ Les familles **CMOS** : elles sont fabriquées à base de transistor **CMOS**.
- ✓ Les familles **BICMOS** : ces familles combinent les avantages des technologies Bipolaires et CMOS.
- ✓ Les familles **Low Voltage** : se sont des familles **CMOS** ou **BICMOS** fonctionnant avec une faible tension d'alimentation.

La raison de l'existence d'un nombre important de familles logiques et qu'il est difficile de concevoir une porte logique qui a, à la fois, de très bonnes performances en consommation, vitesse et immunité au bruit.

#### IV. Circuit intégré CMOS (CMOS: Complementary Metal Oxyde Semi-conducteur)

Ces circuits sont réalisés à partir de transistors à effet de champ de type **MOS**.

Les **CMOS** présentent la caractéristique que chaque étage est constitué d'un **MOSFET** canal N et d'un **MOSFET** canal P.

Leur vitesse de travail est inférieure à celle des transistors bipolaire.

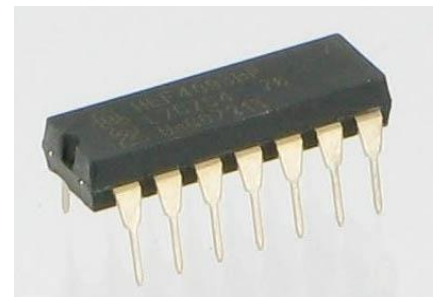


Fig.1. Photo du circuit intégré CMOS4093

##### IV1. Transistors MOSFET canal N et canal P

Le transistor **MOSFET** désigne un transistor à effet de champ à enrichissement à canal N ou P à grille isolée.

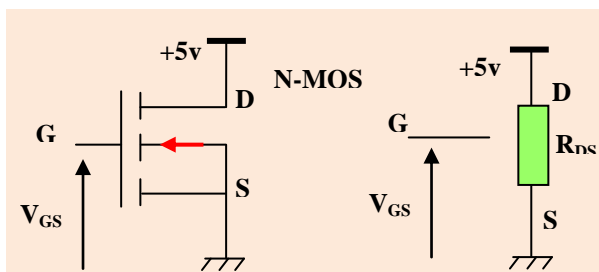


Fig.2. Fonctionnement d'un transistor N-MOS

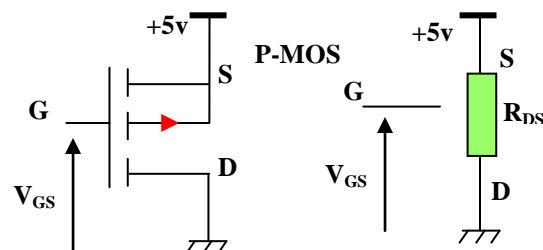


Fig.3. Fonctionnement d'un transistor P-MOS

On distingue trois électrodes appelées Grille, Drain et Source.

Le passage de l'état bloqué à l'état passant du composant est réalisé par polarisation de la grille (équivalence à un condensateur entre la Grille et la Source).

La tension entre le Drain et la Source est proportionnelle au courant.

Ce facteur de proportionnalité est appelé résistance à l'état passant  $R_{DS(on)}$ .

- \* Si  $V_{GS} = 0V$ ,  $R_{DS(off)}$ , le transistor est bloqué
- \* Si  $V_{GS} = +5V$ ,  $R_{DS(on)}$ , le transistor est passant

\* Si  $V_{gs} = +5v$ ,  $R_{ds}(off)$ , le transistor est bloqué.

\* Si  $V_{gs} = 0v$ ,  $R_{ds}(on)$ , le transistor est passant.

## V. Circuit intégré CMOS 4093

### V.1. Introduction

Il existe plusieurs "familles" de circuits intégrés logiques, d'où une grande variété de préfixes (HCC, HCF, HCT, HEC, HEF, etc.) pour un modèle donné. Les différences portent en général sur quelques paramètres, dont la tension d'alimentation ou la température de service. Les modèles sont numérotés à partir de 4000. Voici un extrait de la fiche technique des HE4000B.

La série 4000 a été longtemps utilisée dans les applications nécessitant une certaine autonomie ou une bonne immunité au bruit.

La technologie **CMOS** utilise les transistors **CMOS** par paire complémentaire,

La série 4000 a été longtemps utilisée dans les applications nécessitant une certaine autonomie ou une bonne immunité au bruit.

La technologie CMOS utilise les transistors CMOS par paire complémentaire,

### V.2. Description générale

Le CMOS4093 permet d'utiliser une large plage de tension ; il se compose de quatre circuits trigger de Schmitt qui fonctionnent comme une porte **NON-ET** à 2 entrées avec une action trigger de Schmitt sur les deux entrées. La différence entre la borne positive ( $V_+$ ) et la tension négative ( $V_-$ ) est définie comme la tension d'hystérésis (VH). Toutes les sorties ont la même source et courants d'évier et d'entraînement.

La tension d'alimentation de ces circuits est spécifiée par le constructeur elle est généralement comprise entre 3v à 18v.

### V.3. Caractéristiques

En général, le circuit intégré CD4093BE est constitué de quatre circuits de trigger de Schmitt.

Chaque circuit fonctionne comme une grille **NAND** à deux entrées avec trigger de Schmitt sur les deux entrées.

Les commutateurs de grille à différents points pour les signaux positifs et négatifs.

La différence entre la tension positive (VP) et la tension négative (VN) est définie comme la tension d'hystérésis (VH).

- Large gamme de tension d'alimentation: 3v à 15v
- Les entrées ont une très haute impédance (résistance), ceci signifie qu'elles n'affecteront pas la partie du circuit où elles sont connectées.
- Les sorties peuvent alimenter 1mA, maximum 5mA avec une alimentation de 6v, ou 10mA avec une alimentation de 9v. Pour la commutation de courants plus importants, vous pouvez connecter un transistor.

- Temps de propagation de la porte: typiquement 30ns pour qu'un signal traverse une porte avec une alimentation de 9v .
- La consommation d'énergie (du CI lui-même) est très faible, quelques  $\mu W$  .

Chaque circuit fonctionne comme

- Trigger de Schmitt sur chaque entrée avec aucun composant externe
- Action de trigger de Schmitt sur chaque entrée sans composants externes
- Tension d'hystérésis typique de 0,9v pour  $V_{CC} = 5v$  et de 2,3v pour  $V_{CC} = 10v$
- Immunité au bruit supérieure à 50%
- Pas de limitation sur les temps de montée/descente
- Caractéristiques de sortie symétriques, standardisées
- 100% testé pour un courant de repos à 20v
- Courant d'entrée maximum de  $1\mu A$  à 18v sur toute la gamme de température ; 100nA à 18v et 25°C

### V.4. Applications

- Les systèmes de haut-bruit et l'environnement
- des multivibrateurs monostables
- des multivibrateurs astables
- logique NAND

### V.5. Schéma de brochage

Le brochage de ce circuit est donné par 'un des schémas de la figure 4

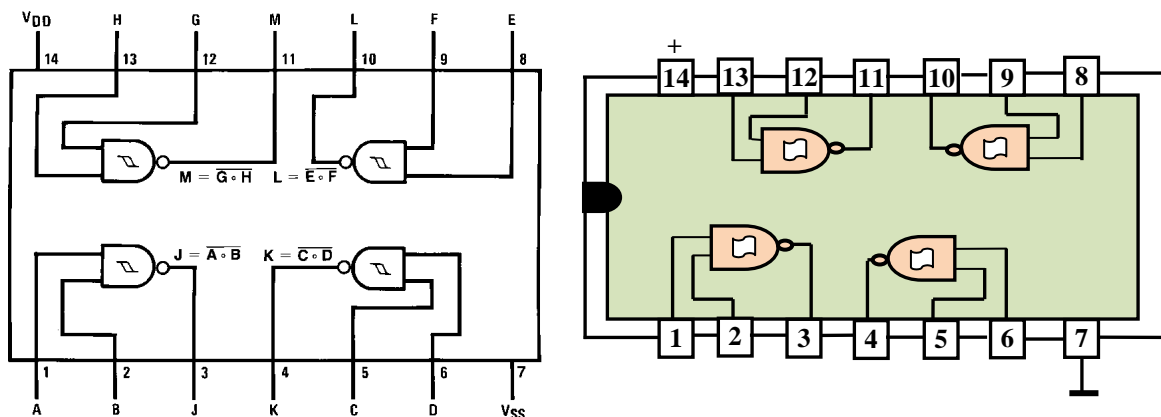


Fig.4. Schéma du circuit intégré CMOS 4093

## VI. Régulateur de tension

Un régulateur de tension, est un organe électrotechnique ou un composant électronique qui maintient à sa sortie, dans certaines limites, une tension constante, indépendamment de la charge et de la tension d'entrée.

Un régulateur linéaire est un régulateur de tension basé sur un composant actif, travaillant dans sa zone linéaire, ou sur un composant passif, comme une diode Zener, travaillant dans sa zone inverse.

Ils sont destinés à assurer une correction de **tension électrique** de manière automatisée, les **régulateurs de tension** sont la garantie d'une parfaite protection de vos équipements électriques contre des problèmes tels que les **variations de tension** ou les **surcharges électriques**, les **pics de tension** (courant électrique).

Le régulateur de tension linéaire 12V d'ON Semi-conducteur est fourni sous la famille MC7812.

Ces produits sont des circuits intégrés monolithiques conçus comme régulateurs à tension fixe pour une large gamme d'applications, y compris la régulation locale sur carte.

Le régulateur de tension positif 7812 ne nécessite aucun composant externe et intègre une protection contre les surcharges thermiques internes et une limitation de courant, ainsi qu'une compensation de zone sûre. Aucun besoin de composants externes, bien qu'il soit possible de régler la tension et le courant avec les dispositifs externes.

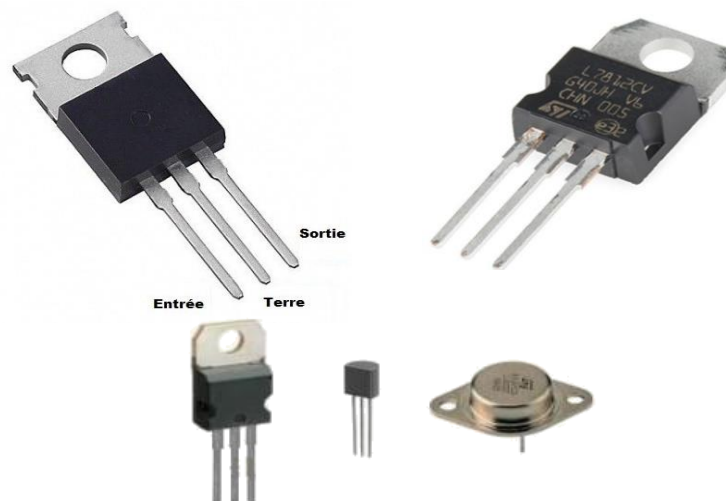


Fig.5. Régulateur de tension

Il s'agit de circuits travaillant avec des tensions pouvant prendre différentes amplitudes : régulateurs de tension genre LM7812

Le Transistor régulateur de tension 12V LM7812, en boîtier TO-220 3 broches. Ce régulateur LM7821 de tension est un des composants les plus utilisés dans l'univers.

# **Partie Pratique**

## I. ALIMENTATION

### I.1. Introduction

Le travail qui nous a été soumis dans le cahier de charge est la réalisation d'une alarme anti intrusion.

Dans la pratique, ils existent plusieurs montages qui réalisent cette fonction, notre choix a porté sur le montage que nous allons vous décrire par la suite et ceci pour sa simplicité d'utilisation et de réalisation.

Pour ce projet, nous avons utilisé un détecteur spécial très sensible aux radiations infrarouges émises par le corps humain.

### I.2. Alimentation

Pour le fonctionnement de tous les composants électroniques, il était nécessaire de réaliser une alimentation.

Il nous a été recommandé pour l'alimentation de tous les circuits et composants de réaliser une alimentation permettant de délivrer en sortie une tension de 12V.

Après, plusieurs essais de montages notre choix s'est porté sur le montage ci-dessous pour sa simplicité et aussi que toutes les parties composant cette alimentation ont été déjà vues dans le cours d'électronique.

Cette étude, nous a permis de faire la liaison entre cours et réalisation et aussi de voir toutes les difficultés rencontrées dans la réalisation et conception d'un montage.

L'alimentation réalisée ci-dessous comporte trois blocs. La description de ces derniers est faite ci-dessous.

#### I.2.1. Abaisseur de tension

La tension à la sortie du secteur est très élevée en amplitude pour être utilisée directement. Une diminution de l'amplitude de ce signal est nécessaire. Pour abaisser cette tension, on a utilisé un transformateur abaisseur de tension: 220 / 15V.

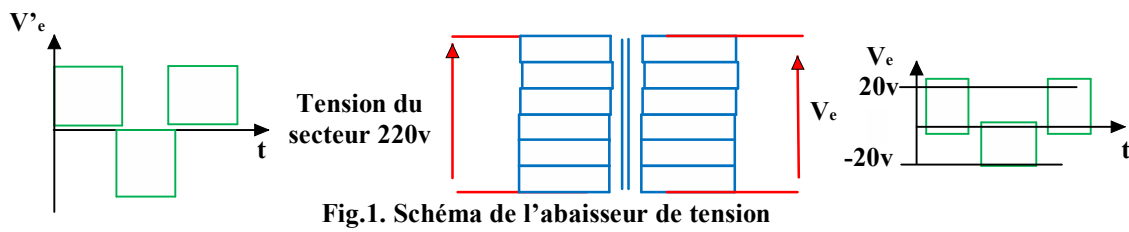
La tension obtenue à la sortie du transformateur a pour équation

$$V_e = V_{e \max} \sin \omega t = V_{e \max} \sin 2\pi f t$$

A.N. :  $V_{e \max} = 21,15\text{V}$

$$V_{e \text{eff}} = 15\text{V}$$

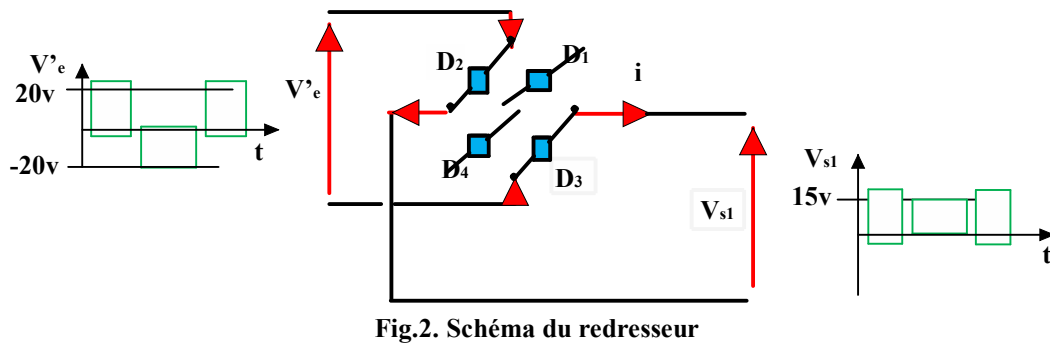
La forme des signaux d'entrée et de sortie est représentée au niveau de la figure 2.



### I.2.2. Redresseur

Pour le redressement de ce signal, notre choix s'est porté sur le pont de diode uniquement parce que ce composant est le plus employé et aussi de sa disponibilité sur le marché.

La forme des signaux obtenus à l'entrée et à la sortie de ce pont de diode sont représentés sur la figure 2.



### I.2.3. Filtrage

Le signal redressé doit être remis sous la forme continue, pour cela un filtrage s'impose.

réalisation

Pour notre application, nous avons utilisé uniquement un condensateur  $C_1$  de grande capacité pour éliminer au maximum les ondulations.

La forme du signal obtenu est représentée par la figure 3.

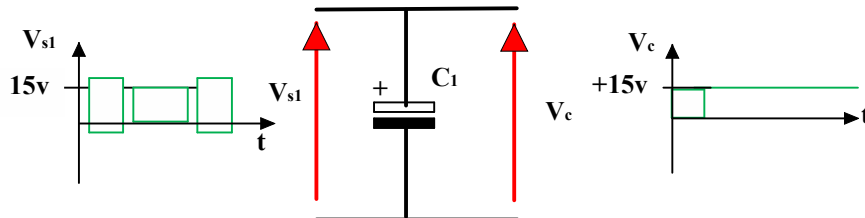


Fig.3. Schéma du filtrage

Le condensateur a pour rôle d'éliminer toutes les ondulations, pour cela il est nécessaire d'utiliser un condensateur de grande capacité.

Le signal obtenu est continu sans la charge, c'est pour cela que nous avons jugé utile d'ajouter un régulateur de tension.

#### I.2.4. Régulateur

La tension électrique n'est pas uniforme : il arrive qu'elle fluctue plus ou moins, créant ainsi des situations de surtension ou de sous tension. Or ces variations peuvent se révéler néfastes pour vos équipements électriques. Le **régulateur de tension** est une solution pour les protéger.

On appelle tension électrique la différence de potentiel qui existe entre deux points d'un circuit électrique.

Il arrive que la tension électrique varie : c'est un phénomène bref, qui ne stoppe pas le fonctionnement des appareils branchés sur le secteur.

On peut parfois identifier le problème grâce à l'éclairage, qui semblera plus fort ou plus faible par instant.

Il peut aussi arriver qu'une baisse de tension soit assimilée à une microcoupure de courant.

A l'inversion, il peut y avoir des instants de surtension, durant lesquels vos équipements sous tension, c'est-à-dire branchés sur le secteur, reçoivent une tension supérieure à la normale.

Qu'elles proviennent de vos appareils eux-mêmes ou d'un phénomène extérieur (la foudre par exemple ou une fluctuation de tension sur le réseau), ces variations de tension peuvent à la longue s'avérer nuisibles pour le bon fonctionnement des appareils électriques.

Pour la protection de nos équipements, il est nécessaire d'installer un **régulateur de tension**, aussi appelé **stabilisateur de tension**.



réalisation

A la sortie de celui-ci, il est utile de placé un condensateur  $C_2$  pour éliminer tout les bruits qui peuvent influencer sur cette tension.

Dans notre cas, on a utilisé le régulateur 7812.

La forme des signaux obtenus sont représentés par la figure 4.

Le régulateur 7812 utilisé a l'avantage d'avoir :

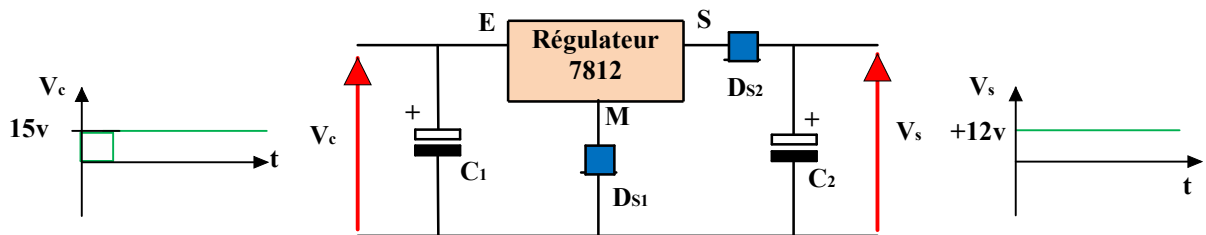


Fig.4. Schéma de la régulation de tension

Le régulateur 7812 utilisé a l'avantage d'avoir :

- \* un faible bruit.
- \* un fort filtrage avec un bon rendement.
- \* une possibilité d'avoir une tension de sortie positive.

Les diodes  $D_{S1}$  et  $D_{S2}$  (1N4148) se sont des diodes de commutation standard et fabriqué à base de silicium et la plus produite actuellement.

Cette diode est fonctionnelle jusqu'à des fréquences de commutation d'environ 100 MHz avec un temps de recouvrement inverse inférieur à 4ns . Elle est produite dans un boîtier en verre pour un montage traversant. Elle est utilisée dans les montages réalisés en composants discrets et sur les plaques de prototypes.

**I.2.5. Alimentation**

L'alimentation réalisée servant à l'alimentation des circuits et aussi du capteur est représentée par le circuit suivant :

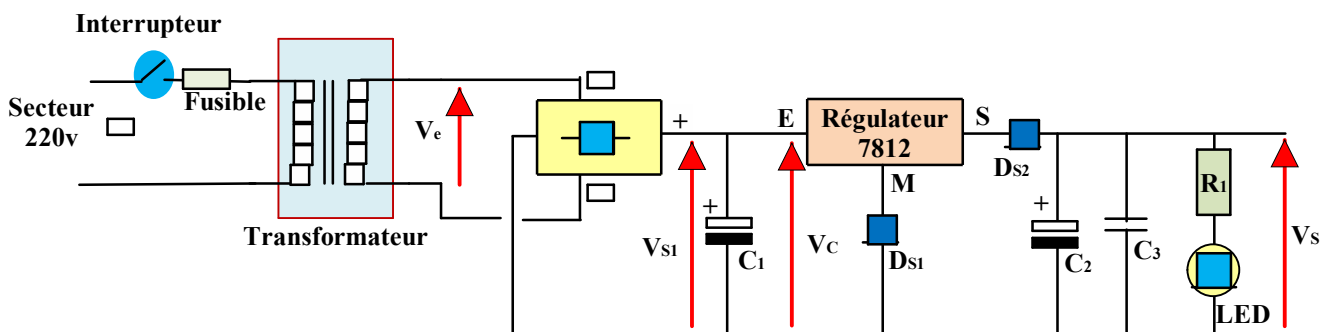


Fig.5. Alimentation

Pour la marche/arrêt de cette alimentation, on a mis à l'avant un interrupteur et un fusible de protection et en sortie une LED a été inséré pour indiquer l'état de marche ou arrêt.

Pour un fonctionnement même en absence d'électricité du secteur, il est jugé utile d'ajouter sur le montage une alimentation par pile de 12v .

**Remarque**

Pour un fonctionnement même en absence d'électricité du secteur, nous avons jugé utile d'ajouter sur notre montage une alimentation par pile de 12v le schéma de ce fonctionnement est indiqué par la figure 6. La batterie de 12v n'est nécessaire que si l'on craint une du réseau 220v .

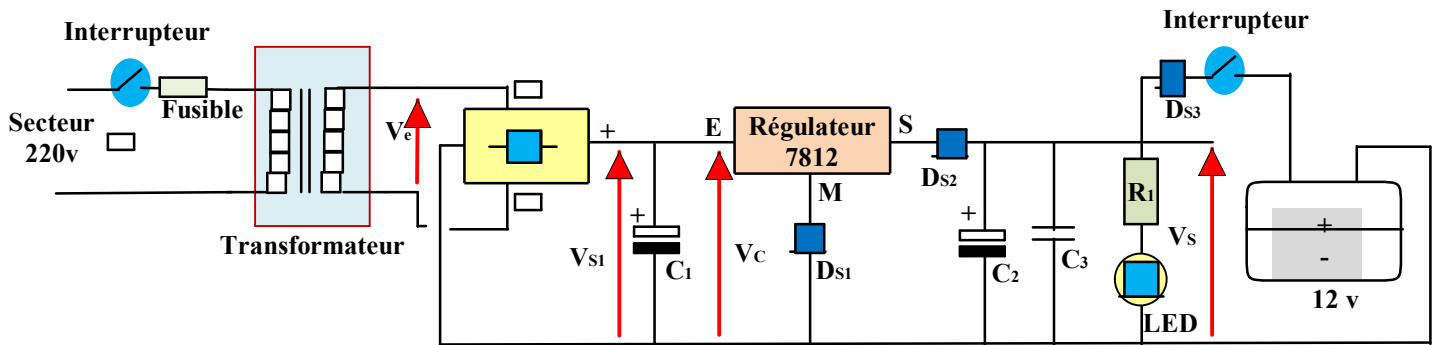


Fig.6. Alimentation avec batterie

## II. DETECTION

### II.1. Capteur

Pour la détection de la présence ou non d'un être humain, nous avons utilisé un détecteur infrarouge.

Ces détecteurs reçoivent la chaleur infrarouge émise par le corps de l'intrus. Lorsqu'un intrus pénètre dans le champ de "vision" du détecteur, celui-ci détecte une augmentation de l'énergie infrarouge présente dans la pièce.



Fig.7. Capteur de détection infrarouge utilisé

C'est la **lentille de Fresnel** qui permet au détecteur de capter les rayons infrarouges émis par le corps humain, même à une distance de dix mètres.

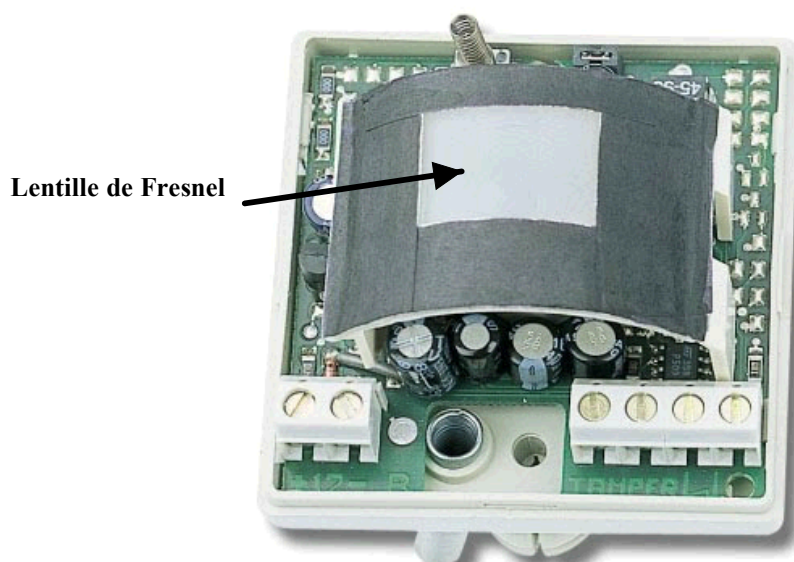


Fig.8. Lentille de Fresnel du capteur

réalisation

Cette lentille est située au centre du détecteur infrarouge qu'on peut limiter son champ de vision en cachant les parties qu'on veut éliminer. Cette lentille de Fresnel est montrée sur la figure 9

Pour restreindre le rayon d'action des détecteurs à quelques mètres carrés, il faut réduire la fenêtre de la lentille de Fresnel en la couvrant partiellement avec du ruban adhésif noir utilisé en électricité.

Ce détecteur est constitué de deux borniers, un à deux pôles et un autre à quatre pôles; comme l'indique le schéma de la figure 9

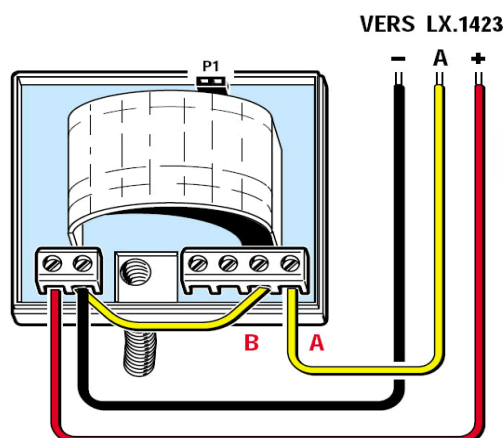


Fig.9. Schéma du détecteur infrarouge et de son connecteur sans le couvercle

Sur le bornier à deux pôles, seront appliqués les 12v nécessaire pour alimenter les composants du circuit détecteur, en respectant bien la polarité  $+/-$ .

Ce circuit permet aussi de transformer l'énergie thermique capté par la cellule de Fresnel en une énergie électrique qui pourra être exploité par le circuit de commande.

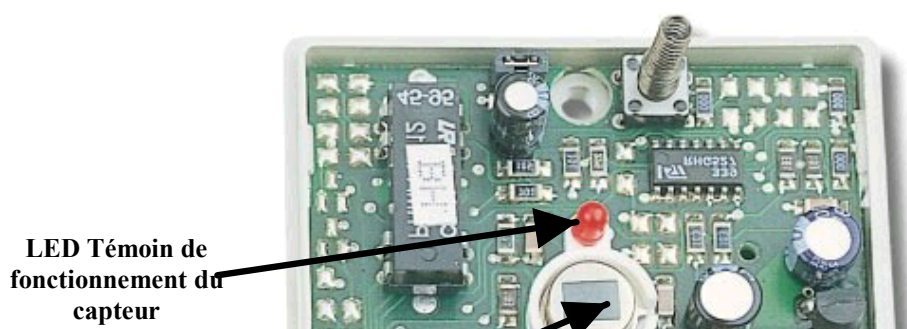
Le circuit électrique interne de ce capteur est représenté par le schéma suivant  
Sur le bornier à quatre pôles les deux pôles situés sur la droite sont reliés à un contact.

Si aucune présence n'est détectée dans la pièce, le contacteur reste dans la position fermé.

Dans le cas contraire, il s'ouvre immédiatement dès que le détecteur capte les radiations émises par le corps humain.

Les deux pôles présents sur la gauche de ce bornier ne sont pas utilisés car ils sont reliés à un minuscule poussoir interne  $P_1$ .

Une LED électroluminescente est monté sur ce capteur pour indiquer le fonctionnement de celui-ci.



réalisation

La diode s'allume chaque fois que le détecteur relève la présence d'un corps humain en mouvement.

Pour un bon fonctionnement, le détecteur infrarouge doit être relié au montage par l'intermédiaire des trois fils comme indiqué sur la figure 9 et ce dans le but de déclencher l'alarme.

Les fils marqués par les polarités « + » et « - » sont les sorties du borniers à deux pôles.

Sur le schéma, le constructeur nous conseille que le fil « A » doit être relié sur la droite du bornier à quatre pôles et le fil « B » de celui-ci au bornier à deux pôles sur la borne comportant le fil négatif « - ».

Pour une meilleure assimilation, nous avons réalisé notre travail en plusieurs parties et ce dans le but de mieux cerner tous les problèmes.

## II.2. Détection de la présence ou non d'une personne

Pour mieux comprendre le fonctionnement de ce système de détection, il est nécessaire de montrer les deux états de détection.

- \* Absence de personne
- \* Présence d'une personne

### \* Absence de personne

Le schéma électrique montrant cette absence de détection est donné est illustré par la figure 11.

Au repos les deux contacts « A » et « B » du détecteur infrarouge sont reliés c'est-à-dire maintenus en contact et ceci grâce à un relais incorporé à l'intérieur du schéma électrique du capteur.

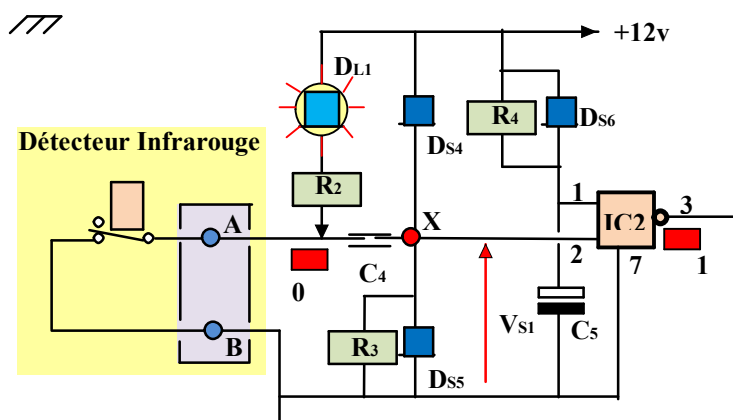


Fig.11. Schéma électrique de l'influence thermique.  
(Absence d'une personne sur le point X)

La diode électroluminescente  $D_{L1}$  reste allumée tant que les deux contacts sont reliés.

réalisation

La capacité  $C_4$  existante sur le schéma est reliée à la masse par l'intermédiaire du détecteur infrarouge et les diodes  $D_{S4}$  et  $D_{S5}$  servent à protéger les entrées des circuits CMOS qui sera utilisés à la sortie de ce dernier.

La forme du signal obtenu est représentée par la figure 12.

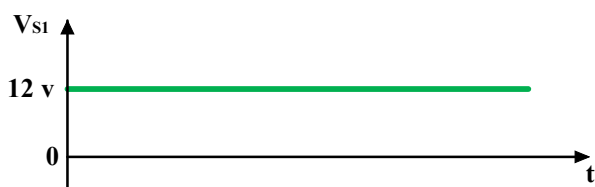


Fig.12. Forme du signal (Détection absence d'une personne)



Fig.13. Forme du signal obtenue (Contacts A et B sont reliés : pas de détection)

**Par contre sur la broche de sortie 3 nous avons un niveau logique 1**

**\* Présence de personne**

Dès que le capteur détecte la présence des rayons thermique (ceci montre qu'il a présence d'une personne aux alentours du détecteur) le relais se désactive ouvrant le contact « A » et « B », la diode  $D_{L1}$  s'éteint et le condensateur  $C_4$  se charge par l'intermédiaire de la diode  $D_{L1}$  et la résistance  $R_2$  comme l'indique la figure 14. Le condensateur  $C_4$  envoie une impulsion positive à la broche 2 de IC2.

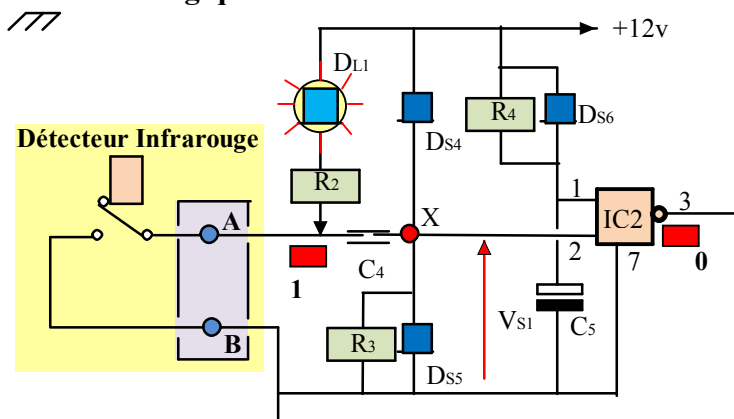


Fig.14. Schéma électrique de l'influence thermique. (Présence d'une personne sur le point X)

**En conséquence, sur la broche de sortie 3 nous aurons une brève impulsion au niveau logique 0**

Instantanément au point X sur ce schéma, on a une impulsion positive. Cette tension est représentée par le graphe suivant :

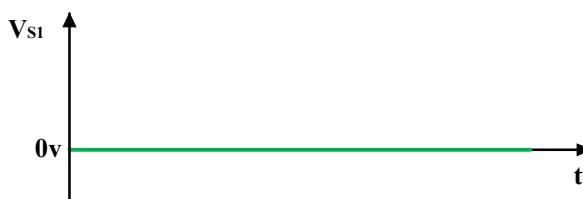


Fig.15. Forme du signal obtenue (Détection de présence d'une personne)

### III. Circuit de commande

#### III.1. Circuit de commande

réalisation

Pour commander notre alarme, il était nécessaire de réaliser un circuit de commande qui s'actionnera en fonction des deux états du détecteur cité dans le chapitre « **Détection** ».

Pour commander cette alarme, on utilise un seul circuit intégré 4093 CMOS comprenant quatre (04) portes « **NAND** » comme indiqué par la figure 16.

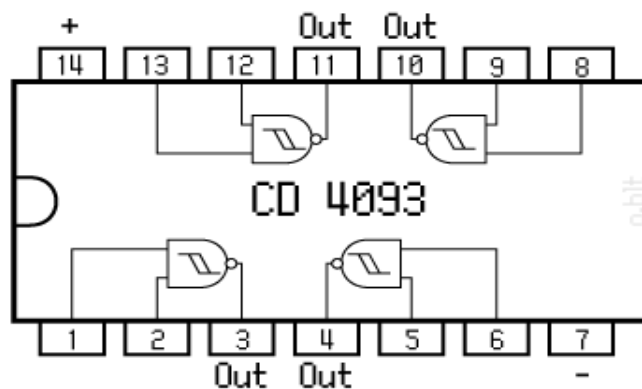


Fig.16. Schéma de brochage du circuit intégré 4093

Il se compose de 14 broches et possède quatre blocs CMOS intégrés en interne dans son boîtier. Ces blocs sont appelés portes, ici on les appelle portes **NAND**.

Nos donnons le schéma d'une porte **NAND** ci-contre :

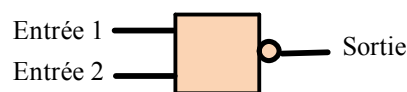


Fig.17. Porte **NAND**

Le schéma de commande est représenté par le schéma suivant :

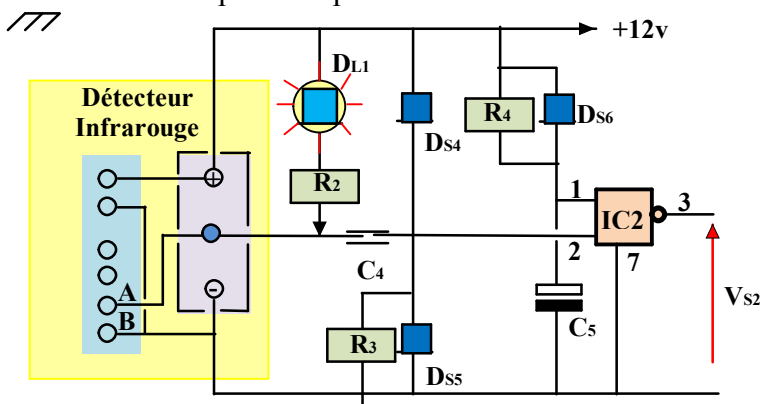


Fig.18. Schéma électrique de l'influence de la détection Sur la sortie 3 de la porte **NAND**

A l'aide de l'oscilloscope, on a testé la sortie 3 de la porte **NAND** et nous avons en déduit la table de vérité suivante et ceci suivant les cas que nous envoyons sur les entrées 1 et 2 de cette porte :

Entrées		Sortie
Broche 1	Broche 2	Broche 3
1	0	1
1	1	0

Tableau 1 : Table de vérité

On remarque sur le schéma que l'entrée 1 de la porte **NAND** se trouve forcée au niveau logique « **Haut** » par la présence de la résistance  $R_4$  et ceci pendant que l'entrée 2 de celle-ci se trouve elle forcée au niveau logique « **Bas** » par la résistance  $R_3$ .

Avec l'association de cette porte au schéma va permettre au capteur de détecter la présence ou non d'une personne.

## réalisation

En effet, si le capteur détecte une personne les deux contacts «A» et «B» s'ouvrent. Le condensateur  $C_4$  qui était déchargé se charge à travers la diode électroluminescente (LED)  $D_{L1}$  et la résistance qui se trouve en série avec cette dernière.

La sortie du condensateur sort une impulsion positive de niveau logique « 1 ». Les deux entrées de la porte NAND sont aux niveaux logiques « 1 » ce qui donne un niveau logique « 0 » en sortie sur la broche 3.

Les graphes des figures 4 et 5 représentent la forme du signal au niveau de la de la sortie 3 de la porte NAND :

\* en l'absence de personne



Fig.19. Signal de sortie sur la broche 3 de la porte NAND (Absence d'une personne)

\* en la présence d'une personne



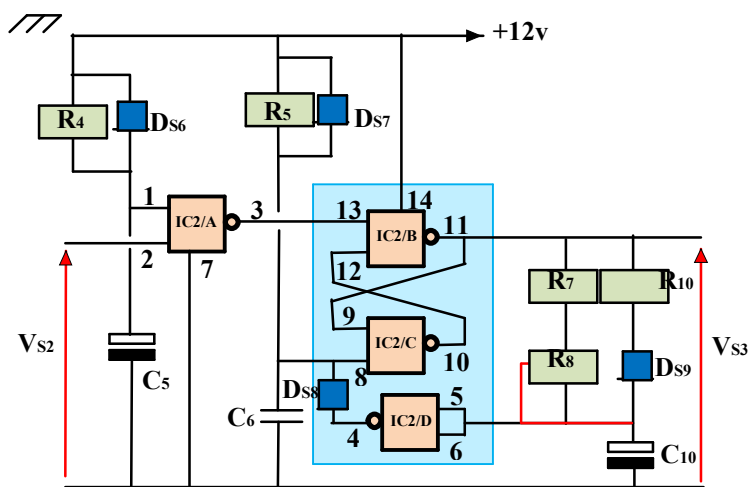
Fig.20. Signal de sortie sur la broche 3 de la porte NAND (Présence d'une personne)

Le condensateur  $C_5$  sert à activer l'alarme avec le relais désactivé à chaque mise sous tension, tandis que la diode  $D_{S6}$  sert à le décharger rapidement chaque fois que l'alarme est désactivée.

#### IV. Bascule (SET-RESET)

Le signal obtenu à la sortie de cette porte NAND (broche 3) est envoyé vers une bascule « SET-RESET » de niveau 0 sur sa sortie broche 3.

Cette impulsion rejoint la broche d'entrée 13 (voir figure 21) de la bascule (Set-Reset) composée des deux portes NAND IC2/B et IC2/C qui est constitué uniquement elle-même formé par deux portes NAND. Pour cela, nous avons pris les portes 2 et 3 du circuit intégré 4093.



61 Fig.21. Schéma de la Bascule SET-RESET



Dans cette partie, on va étudier l'influence du signal de sortie de la broche 3 de la porte **NAND** sur la bascule **SET-RESET** de notre montage.

La table de vérité de cette bascule **SET-RESET** est résumée dans le tableau suivant :

Entrées		Sortie
Broche 13	Broche 8	Broche 11
1	1	0
0	1	1
1	1	1
1	0	0
1	1	0

Tableau 2 : Table de vérité de la bascule

On remarque si sur la broche 13 (IC2/B) se présente une brève impulsion de niveau logique 0, la broche de sortie commute immédiatement sur le niveau logique 1.

Dès que l'état de la bascule broche 11 commute à l'état logique « 1 », même si la broche d'entrée 13 retourne sur le niveau logique « 1 », sa sortie ne change pas d'état et dans ces conditions elle reste à l'état logique « 1 ».

Pour que la sortie commute à l'état logique « 0 » c'est-à-dire la broche 11 de la bascule, il est nécessaire de porter l'entrée de la broche 8 (RESET) de la porte (IC2/C) au niveau logique « 0 ». De même, une fois que la sortie de la bascule se retrouve au niveau logique « 0 », même si l'entrée 8 repasse au niveau logique « 0 », la sortie ne change pas d'état. Elle va rester toujours au niveau logique « 0 ».

Comme on le constate sur la figure 1 que la broche 8 de cette bascule est forcée au niveau logique « 1 » et ce grâce à la résistance  $R_5$ . Etant donné que sur la la broche 13 a un niveau logique « 1 » fourni par la sortie de la broche 3 de la première porte **NAND** (IC2/A), sur la sortie de la broche 11 de la bascule on a un niveau logique « 0 ».

Quand sur la broche 13 de la porte NAND IC2/B parvient une impulsion rapide de niveau logique 0 fournie par la porte NAND IC2/A, la bascule commute sa sortie 11 à un niveau logique 1. **Cette tension positive rejoint alors la base du transistor TR1.**

Les formes des signaux obtenus sur les broches 11 et 13 sont représentées par les figures suivantes en l'absence et présence d'un intrus.

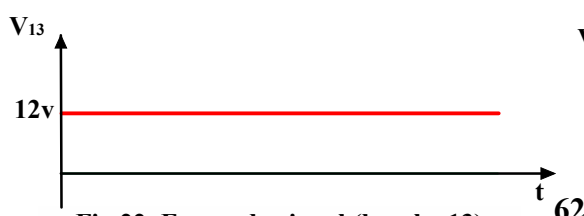


Fig.22. Forme du signal (broche 13)  
En l'absence de la détection

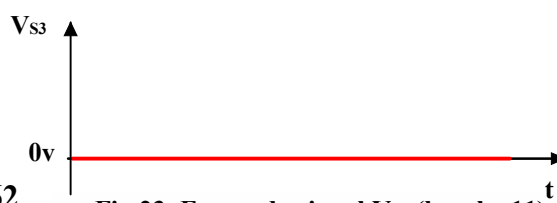


Fig.23. Forme du signal Vs3 (broche 11)  
En l'absence de la détection





Dans ce cas il faut trouver un moyen pour la désactiver. La sirène est désactivée lorsque la broche 11 aura un niveau logique « 0 ».

Pour porter au niveau logique « 0 » la broche de sortie 11, nous avons une seule possibilité, celle de faire parvenir sur la broche 8 un niveau logique « 0 ».

**Pour obtenir cette condition**, nous avons utilisés un circuit composé de la porte **NAND (IC2/D)** du circuit intégré 4093, des résistances  $R_7$ ,  $R_8$  et du condensateur  $C_{10}$  come indiqué sur le schéma 1 (de la bascule RS vu précédemment).

Lorsque la broche 11 sortie de la bascule commute au niveau logique « 1 », la tension positive qui permet de polariser la base du transistor  $T_1$ , passe à travers les deux résistances  $R_7$  et  $R_8$  et charge, plus au moins le condensateur  $C_{10}$ .

Quand la tension aux borne du condensateur  $C_{10}$  atteint un niveau logique « 1 » (environ  $8v$ ), tension qui pour une porte CMOS alimentée en  $12v$  correspond à un niveau logique « 1 », sur la sortie de la porte NAND (IC2/D) de la broche 4 (câblée en inverseur) nous retrouvons un niveau logique « 0 ».

Dans cette condition, la diode  $D_{S8}$  dérive la tension positive présente sur la broche 8 de la bascule vers la sortie 4 de l'inverseur (IC2/D)

En effet, comme on peut le constaté sur la table de vérité du tableau 1 (Circuit de commande), lorsque la broche 8 passe au niveau logique « 0 », la broche de sortie 11 passe également au niveau logique « 0 ».

La tension de polarisation de la base du transistor  $T_1$  est alors coupée (transistor se bloque), le relais se désactive et la sirène s'arrête de fonctionner.

### Remarques

\* La résistance  $R_8$  (potentiomètre) permet de maintenir le relais activé entre 5 et 30s . Pour obtenir l'une de ces valeurs, il suffit de faire changer la valeur du potentiomètre. Pour augmenter le temps, **il suffit d'augmenter la constante de temps c'est-à-dire en changeant la valeur du condensateur  $C_{10}$  (Exemple :  $C_{10} = 47\mu F$ ).**

\* Les diodes au silicium  $D_{S4}$  et  $D_{S5}$  servent à protéger l'entrée de la porte **NAND (IC2/A)** du circuit intégré 4093 contre d'éventuelles surtensions.

\* Les diodes  $D_{S6}$ ,  $D_{S7}$  et  $D_{S9}$  servent à décharger rapidement les condensateurs  $C_5$ ,  $C_6$  et  $C_{10}$ .

\* Les condensateurs  $C_5$  et  $C_6$  servent à activer l'alarme avec le relais désactive à chaque mise sous tension.

---

réalisation

\* L'alarme ne devient active que 30s après sa mise sous tension. C'est le temps nécessaire à la charge du condensateur  $C_5$ .

\* La batterie de 12v n'est nécessaire que si l'on craint la coupure du réseau 220v.

## VI. Conclusion

Pour ce projet, nous avons utilisé un détecteur spécial très sensible aux radiations infrarouges émises par le corps humain. Le couvercle en plastique transparent à facettes disposé sur la partie avant du capteur est une lentille de Fresnel qui en augmente la sensibilité. En fait, cette lentille permet au détecteur de capter les rayons infrarouges émis par le corps humain, même à une distance de dix mètres.

Malheureusement, on n'a pas reçu ce capteur à ce jour de l'étranger et aussi de la non disponibilité de ce produit sur le marché local, nous étions dans l'obligation de changer de capteur et qui a la même fonction que le précédent.

Après des recherches, nous avons trouvé un capteur de mouvement qui a pratiquement les mêmes caractéristiques que le précédent.

## I. Introduction

Nous allons toujours réaliser un système de détection pour surveillance d'une habitation.

Le capteur trouvé sur le marché est un capteur pyroélectrique est en fait un détecteur de **mouvements de chaleur**. Il est sensible aux ondes infra-rouges lointaines, c'est-à-dire qu'il est capable de percevoir les radiations de chaleur émises dans son environnement.

Il s'équilibre lentement par rapport à la configuration de température qu'il perçoit dans son champ d'action.

réalisation

Il est activé par toute variation de température rapide, même infime, par rapport à cette configuration de repos. Ce capteur ne mesure pas de distance, cette information est donnée par les proximètres ou télémètres.

Dans la vie quotidienne, on rencontre ce genre de capteurs dans les systèmes d'alarme, les allumages automatiques de lampes de jardin, les ouvertures de portes automatiques.

Ce type de capteur peut être utilisé en **extérieur** pour détecter le passage de personnes ou de voitures. Utilisé en **intérieur** il peut être un capteur d'appoint pour confirmer les informations données par un autre capteur, ou encore pour réagir aux mouvements d'êtres vivants.

Son principe de fonctionnement en fait un détecteur de **mouvement uniquement et non pas de présence immobile**.

En effet, il s'agit d'une détection de variation de chaleur par rapport à un état de repos.

Or le capteur s'équilibre en permanence par rapport à son environnement.

Par exemple, si une personne arrive devant le capteur, il réagit et envoie un signal. Si cette personne ensuite s'immobilise et si rien ne paraît bouger devant le capteur, ce dernier finit par la considérer comme faisant partie de son environnement de référence, s'équilibre rapidement sur la configuration de température qu'il perçoit et cesse donc de la détecter.

Ensuite, lorsque la personne s'en va, le capteur perçoit son départ (variation par rapport à la nouvelle configuration de repos) et s'active à nouveau.

## II. Détecteur de présence infrarouge PIR

### II.1. Présentation

Un capteur PIR (Passive InfraRed sensor = Capteur infrarouge passif) utilise l'**effet Pyroélectrique**.

La pyroélectricité (du pyrus grec, du feu et de l'électricité) est la propriété de certains cristaux qui sont naturellement polarisés électriquement, et ont la capacité de générer une tension lorsqu'ils sont chauffés ou refroidis.

Le changement de température modifie légèrement la position des atomes à l'intérieur de la structure cristalline, de sorte que la polarisation du matériau change.

Ce changement de polarisation provoque une tension à travers le cristal.

Si la température reste constante à sa nouvelle valeur, la tension pyroélectrique disparaît progressivement à cause du courant de fuite.

Le capteur est dit passif car il n'y a pas de diode infrarouge pour éclairer la zone de détection, le capteur fonctionne de façon autonome.

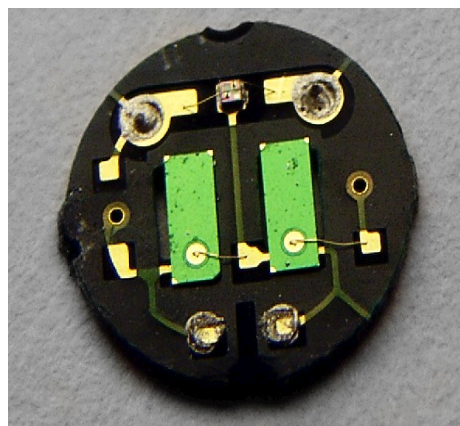


Fig.1. Capteur PIR

**réalisation**

Ce capteur pyroélectrique détecte le rayonnement infrarouge que vous émettez constamment, que vous le vouliez ou non. Voilà pourquoi on parle de capteur à infrarouge "passif": le capteur se contente de détecter le rayonnement infrarouge émis par son environnement.

Sur l'image figure, représentant un capteur Pyroélectrique démonté, on voit distinctement les deux plaquettes du détecteur.

Ce genre de capteur est typiquement utilisé dans des systèmes d'alarme, ou encore dans des systèmes d'éclairage qui s'allument automatiquement lorsque quelqu'un entre dans la pièce et qui s'éteignent lorsqu'il n'y a plus personne.

Ces capteurs ont :

- \* Son excellente stabilité thermique est également un facteur déterminant garantissant une intégration simple et fiable dans des luminaires intelligents et les ampoules à LED.

- \* Grâce à une sensibilité exceptionnelle, ce capteur à infrarouge passif est parfaitement adapté aux environnements tels que les bureaux, salles de réunion ou salles d'attente.

**II.2. Principe de la détection**

Vu de dessus, le capteur monté dans son boîtier a une forme circulaire.

Une fenêtre bloque la lumière visible et laisse passer le rayonnement infrarouge vers les deux plaquettes à effet pyroélectrique (en rouge sur la vue de dessus).

Sur le schéma situé à droite, on voit le boîtier cylindrique et les broches de connexion.

La fenêtre infrarouge est représentée en gris. Elle se trouve au-dessus de l'élément sensible, comportant les deux plaquettes pyroélectriques.

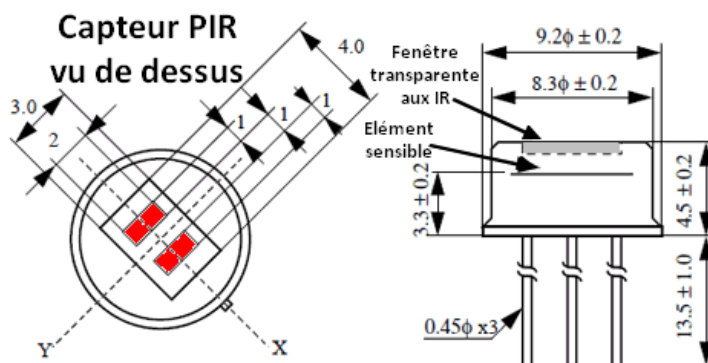


Fig.2. Capteur PIR vu de dessus

Représentation capteur. Le infrarouge arrive traverse et

schématique du rayonnement sur la fenêtre, la

provoque une variation de tension au niveau des plaquettes pyroélectriques.

Le capteur PIR est muni de deux plaquettes faites d'un matériau spécial sensible à l'IR.

La fenêtre ne fait pas grand-chose à part arrêter la lumière visible et laisser passer le rayonnement infrarouge.

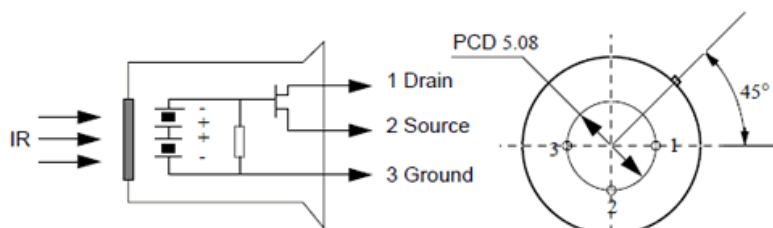


Fig.3. Représentation schématique du capteur

Les deux plaquettes sensibles peuvent “voir” jusqu’à une certaine distance (essentiellement liée à la sensibilité du capteur).

Lorsque les deux plaquettes détectent la même quantité d’IR, le capteur est inactif.

Il s’agit de la quantité d’IR ambiante rayonnée dans la pièce ou par des murs à l’extérieur.

Lorsqu’un corps chaud comme un humain ou un animal passe, il modifie d’abord la quantité d’IR sur la moitié du capteur PIR, ce qui crée une différence entre les deux plaquettes du capteur et une impulsion positive.

Lorsque le corps chaud quitte la zone de détection, l’inverse se produit et le capteur génère une variation négative. Ce sont ces impulsions générées lors des changements qui sont détectées.

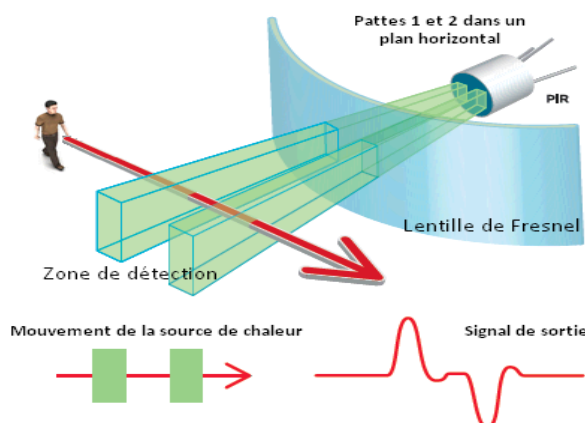


Fig.5. Détection à l’aide du capteur PIR

### II.3. Lentille de Fresnel

Pour améliorer la détection du capteur de base, on v rayonnement IR sur le capteur.

#### II.3.1. Lentille classique (loupe)

La première solution serait de placer un objectif devant le capteur, comme dans un appareil photographique.

On utilise alors une lentille convexe, appelée également loupe.

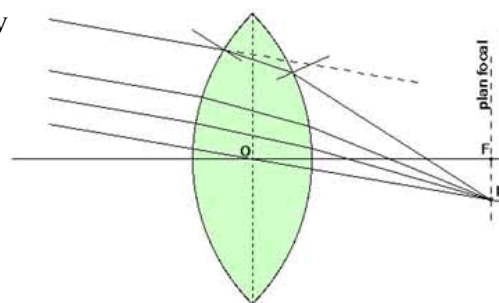


Fig.6. Lentille classique (Loupe)

Les inconvénients de cet objectif sont son épaisseur et son poids (s’il est en verre).

#### II.3.2.Principe de la lentille de Fresnel

La lentille de Fresnel a été inventé 1822.

Son idée a été de créer des zones annulaires présentant les mêmes caractéristiques que chaque partie correspondante de la loupe.

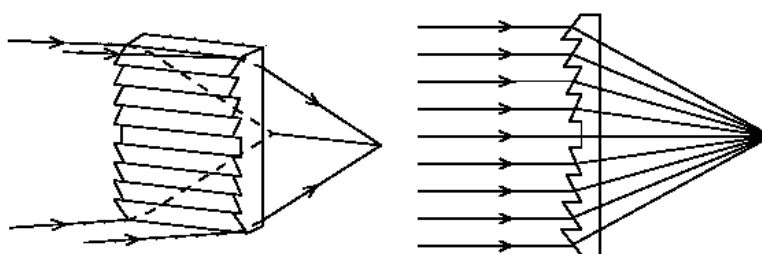


Fig.7. Principe de la Lentille de Fresnel

réalisation

On obtient alors une lentille bien plus légère et mince.

Cette invention était destinée à remplacer les miroirs des phares qui occasionnaient d'importantes pertes de lumière (jusqu'à 50%).

L'allègement par rapport à des lentilles conventionnelles a permis de réaliser des phares ayant une très longue portée.

Lentille de Fresnel sur un phare – exposée au Musée National de la Marine.



### II.3.3. Lentille de Fresnel et le PIR

Si on place une lentille de Fresnel devant un capteur IR passif, le rayonnement IR est concentré sur le capteur et la distance de détection est améliorée. L'inconvénient qui subsiste est que la détection va se faire dans une seule direction, dans l'axe du capteur.

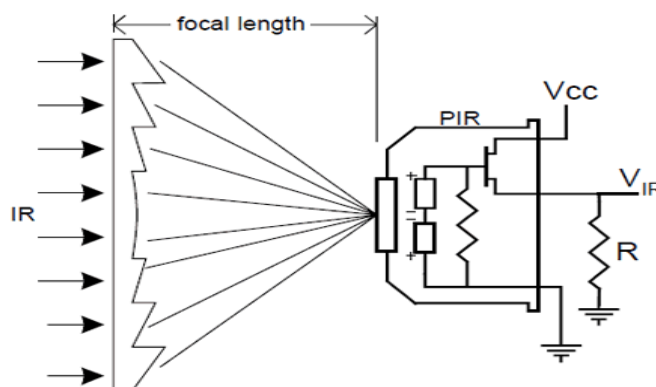


fig.7. Lentille et le PIR

### II.3.4. Lentille de Fresnel multiple

Les fabricants de capteur ont développé des lentilles de Fresnel multiples, réalisés en matière plastique par moulage.

Sur cette lentille prélevée sur un détecteur PIR du commerce, on voit les différentes zones, correspondant à autant de lentilles individuelles. Chaque zone envoie l'image de sa "région" sur le capteur.



Fig.10. Lentille de Fresnel

Sur cet agrandissement, on voit bien les anneaux de chaque lentille de Fresnel.

Sur des modèles plus simples comme celui que nous avons utilisées, ce sont des lentilles classiques qui renvoient le rayon IR sur le capteur.



Fig.11. Lentille de Fresnel agrandissement



### II.4. Champ couvert par la lentille du détecteur infrarouge PIR

Chacune des lentilles correspond à une zone de détection. La forme sphérique de l'ensemble permet de réaliser un capteur capable de détecter un mouvement dans un angle de 100°, voir plus.

L'image ci-dessus indique les zones de détection en vue de dessus, un équivalent existe pour la détection en vertical :

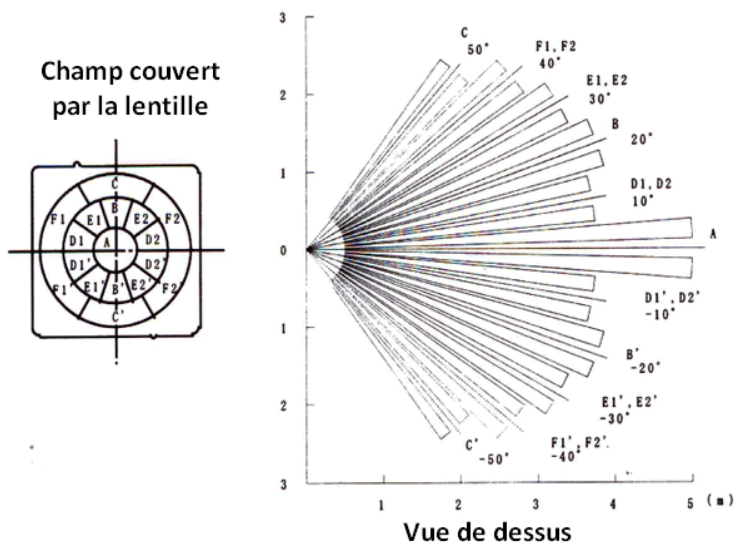


Fig.12. Champ couvert par une lentille

C'est cette multitude de zones qui fait qu'un capteur situé à 2 ou 3 mètres de hauteur (sous un projecteur extérieur par exemple) est à même de détecter une personne qui s'aventure dessous.

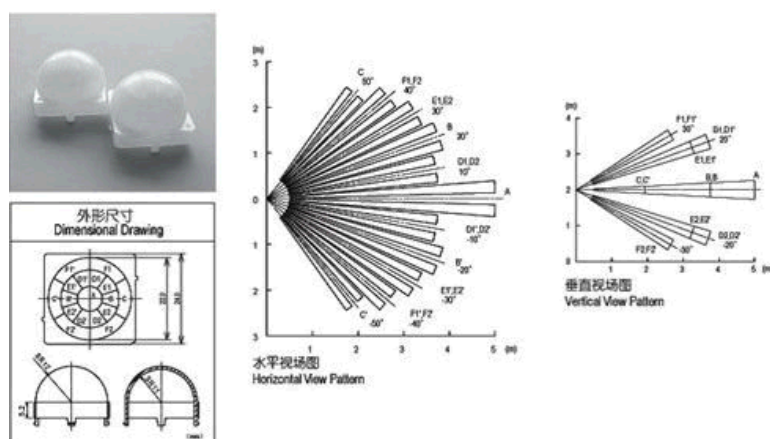


Fig.13. Champ de couverture par une lentille

### II.5. Schéma du module détecteur PIR HC-SR501

Le capteur IR passif fournit un schéma de mise en œuvre du capteur (fournit par la notice technique de capteur), avec un circuit destiné à détecter les variations et à activer une sortie. C'est en général un circuit intégré **BISS0001** qui est utilisé.

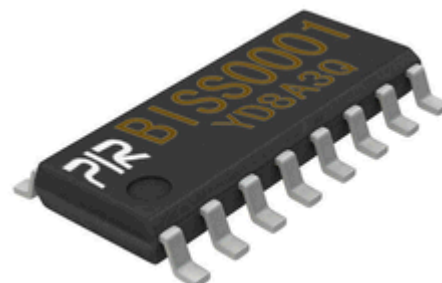
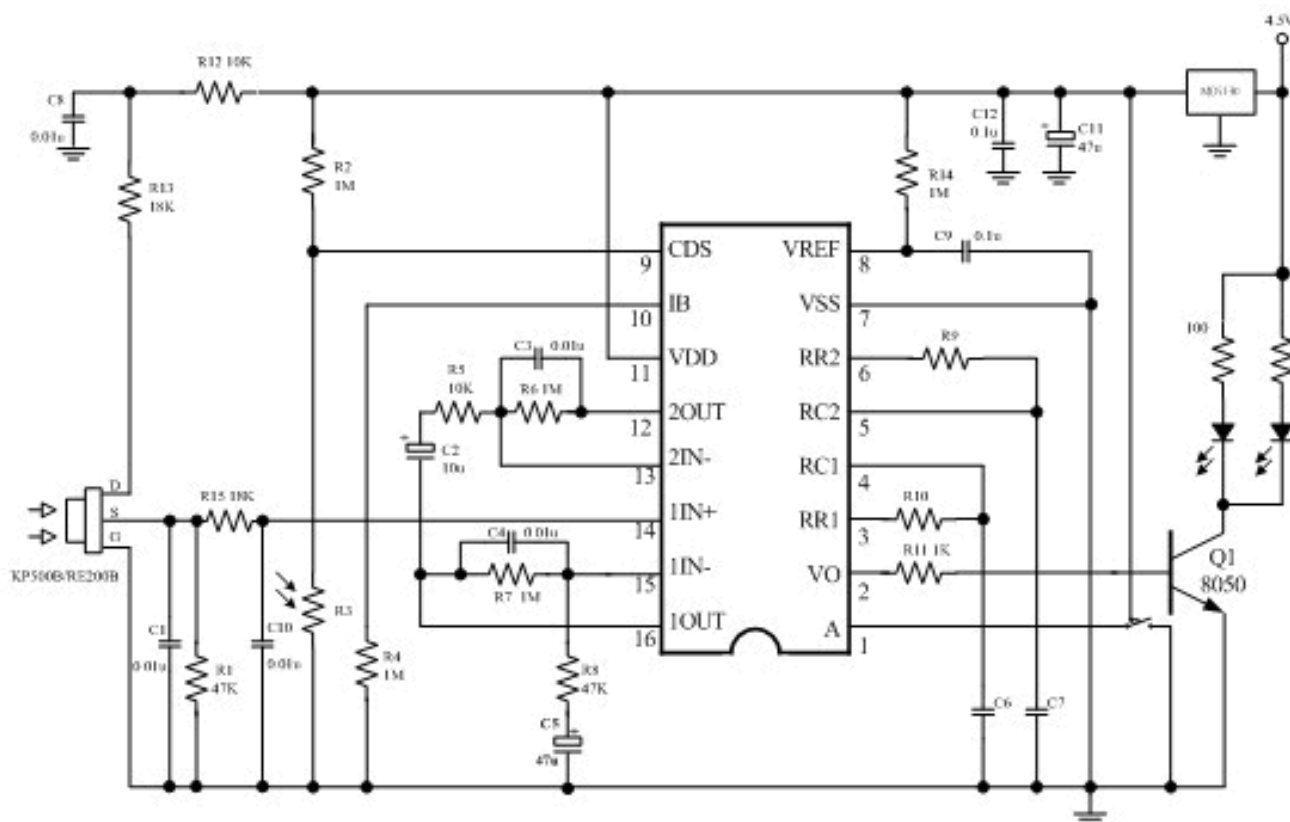


Fig.14. Circuit Intégré BISS0001

## réalisation

Ce circuit intègre les composants nécessaires à la détection des variations fournies par le capteur. Il permet également de choisir (en déplaçant un cavalier) un mode de fonctionnement avec redéclenchement, ou sans redéclenchement.



## II.6. Mode avec réenclenchement

Dans ce mode de fonctionnement, lorsqu'une détection est faite par le capteur, le signal de sortie dure un certain temps  $T_X$ .

Si pendant que le signal  $T_X$  est à 1 le capteur détecte un mouvement, le temps  $T_X$  est allongé.

### Remarque

\* A la limite si quelqu'un bouge pendant plusieurs minutes devant le capteur, la sortie reste à 1 pendant tout ce temps.

\* A noter qu'il existe un temps  $T_i$  après la retombée de la sortie  $T_X$  à 0. Ce temps  $T_i$  est d'environ 3 secondes. C'est le temps pendant lequel le détecteur ne réagira pas en cas de nouveau mouvement détecté par le capteur ( $T_i$  = Temps d'Inactivité).

réalisation

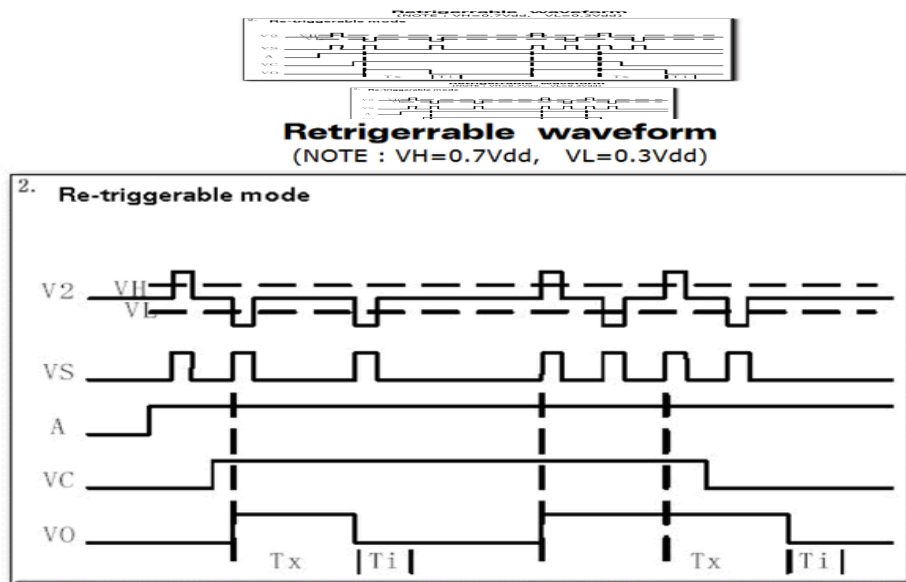


Fig.16. Les signaux obtenus

**II.7. Mode sans réenclenchement**

Dans ce mode de fonctionnement, lorsqu'une détection est faite par le capteur, le signal de sortie dure un temps fixe  $T_X$ .

Même si pendant que le signal  $T_X$  est à 1 le capteur détecte un mouvement, le temps  $T_X$  ne sera pas allongé.

Tous les créneaux  $T_X$  ont la même largeur.

Si quelqu'un bouge pendant plusieurs minutes devant le capteur, la sortie passe à 1 chaque fois que le capteur détecte un mouvement, après le passage à 0 de  $T_X$ .

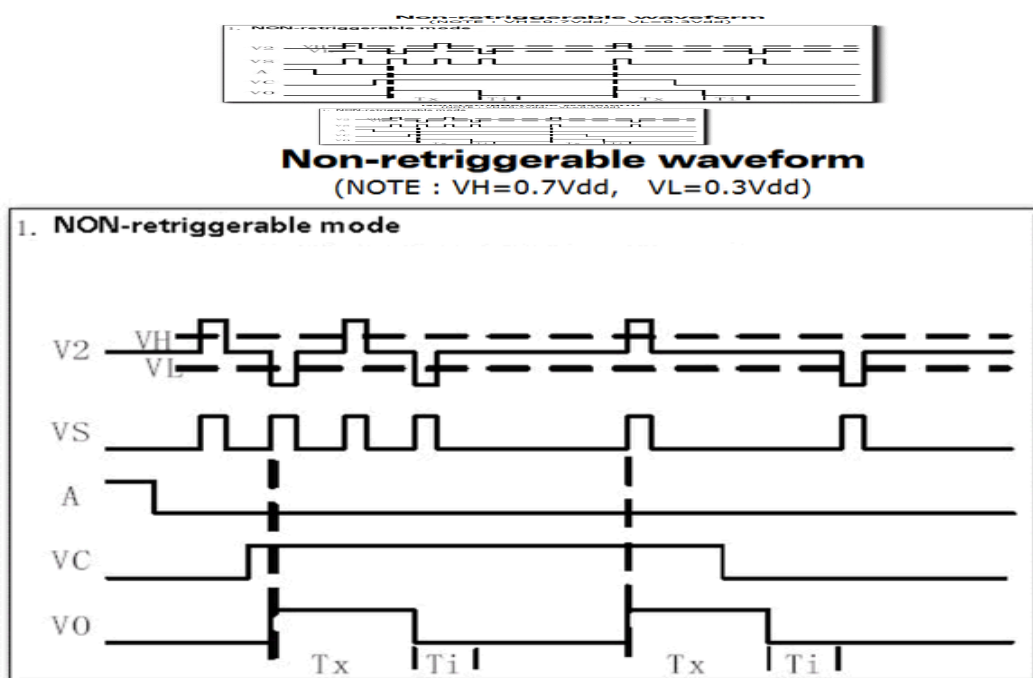


Fig.17. Les signaux obtenus

## II.8 Choix du mode de fonctionnement

Il n'est pas possible de conseiller un mode de fonctionnement plutôt qu'un autre. Tout dépendra de l'utilisation que vous ferez du signal, donc de vos choix lors de la conception du montage.

## II.9. Caractéristiques

Les caractéristiques de ce capteur sont résumées dans le tableau suivant

Tension d'alimentation	5v – 20v
Consommation	65 mA
Sortie TTL	3,6v, 0v
Temps pendant lequel la sortie est à 1	Ajustable (3s à 5ms)
Temps de verrouillage $T_i$	$\sim \cong 0,2s$ à 3s selon fabricant
Déclenchement	avec redéclenchement, sans redéclenchement
Sensibilité	moins de 120°, jusque 7m
Température	-15 à + 70°C
Dimension	32*24 mm, distance entre trous de montage 28mm, vis M2 Diamètre de la lentille : 23mm

**Tableau 1. Caractéristiques de ce capteur**

### Remarque

réalisation

Certains détecteurs de présence PIR, notamment ceux qui équipent les projecteurs, sont munis d'une cellule photoélectrique (généralement photorésistance CdS) qui bloque le fonctionnement dans la journée, quand la lumière ambiante est suffisante. Ce n'est pas le cas de ce modèle.

## II.10. Photos du module détecteur PIR

La photo ci-dessous montre un détecteur PIR avec et sans la lentille sur le capteur.



Fig.17. Photo du capteur PIR

La photo, montre une vue de dessus du capteur, sans la lentille. On ne voit que la fenêtre IR.

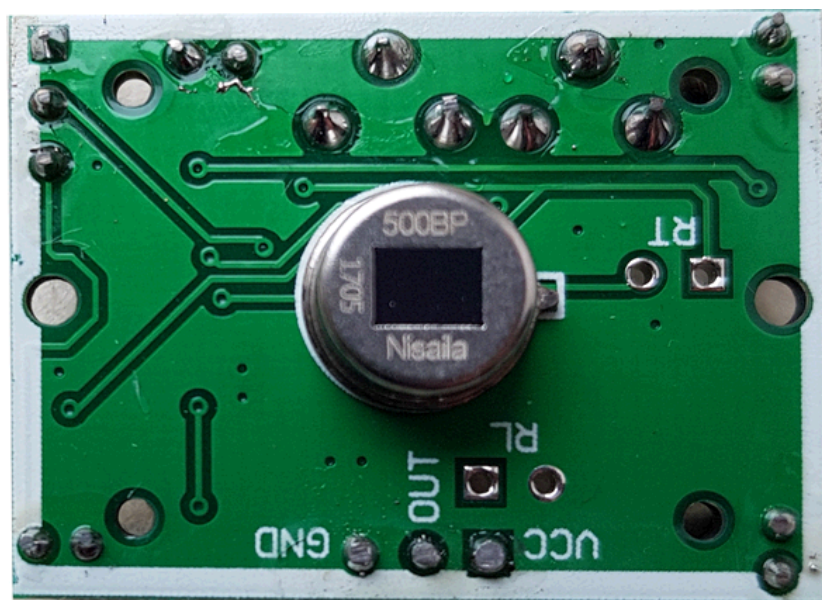
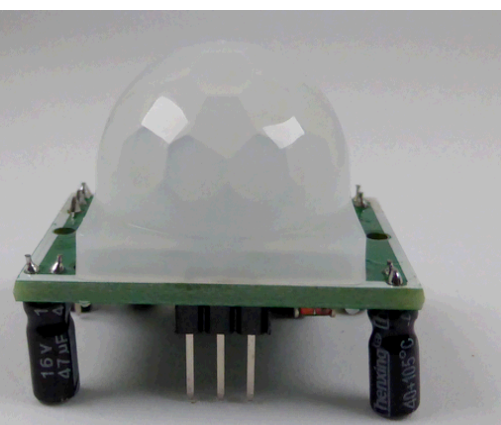


Fig.18. Capteur PIR sans la lentille

La photo suivante, elle nous montre un gros plan du capteur. On ne distingue pas l'intérieur du boîtier à travers la fenêtre opaque aux rayons visib



La photo suivante, elle nous montre le potentiomètre de réglage de la distance et le déclenchement.

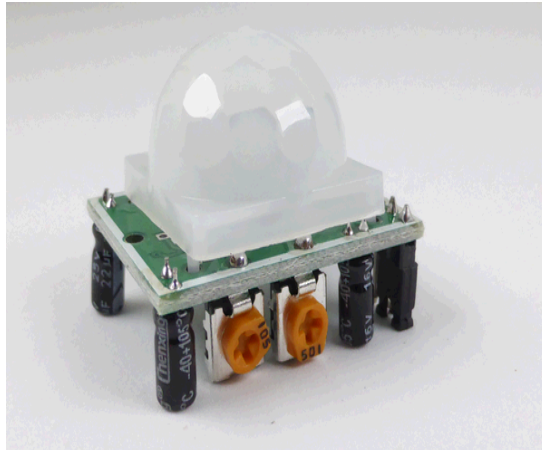


Fig.19. Capteur PIR coté potentiomètres de réglage

## II.11. Réglages

Sur cette image du détecteur de présence infrarouge HC-SR501 vu de dessous, les différents éléments sont indiqués.

Pour régler le fonctionnement vous disposez d'un cavalier (jumper) pour régler le mode de fonctionnement (avec ou sans redéclenchement).

Le module est alimenté en +5v, mais un régulateur de tension ramène cette tension à 3,3v.

La sortie du module se fait également en 3,3v, ce qui permet de relier directement la sortie à une entrée GPIO.

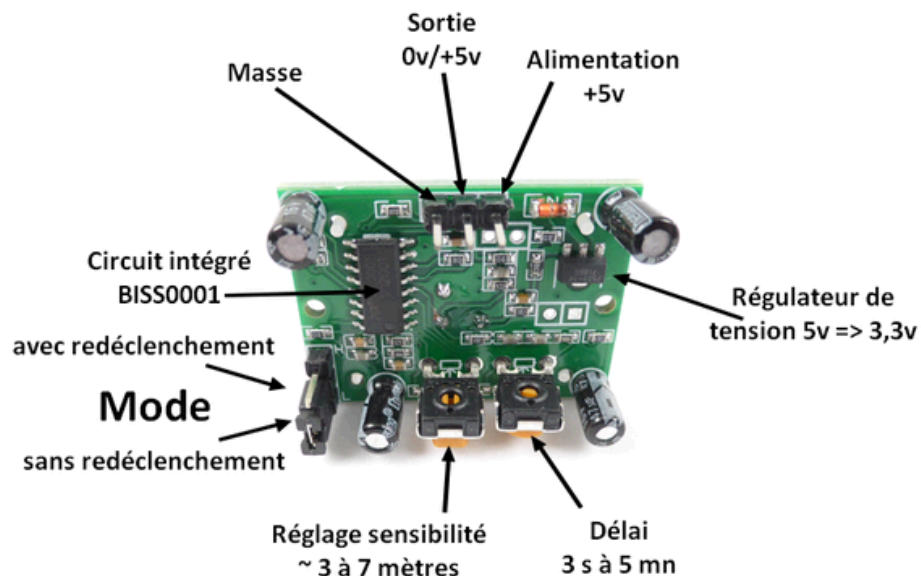


Fig.20. Capteur PIR et les différents réglages

Les deux potentiomètres permettent de régler la sensibilité du détecteur et le temps pendant lequel la sortie reste à 1 en cas de détection.

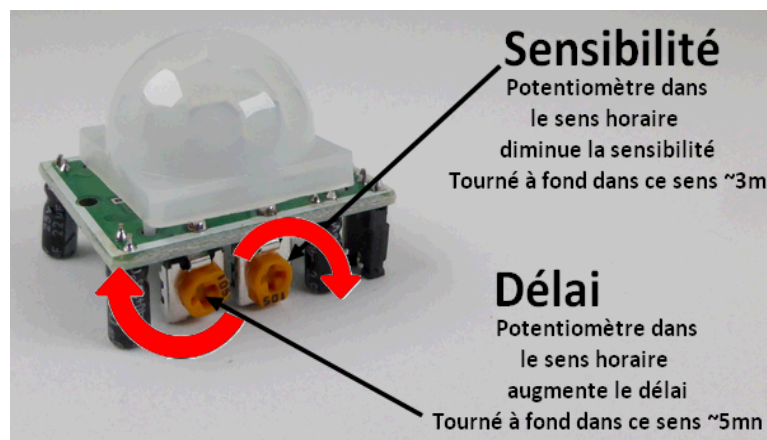


Fig.21. Réglage des potentiomètres

\* Le **potentiomètre de sensibilité** (celui de gauche sur la photo ci-dessus)

Il nous permet de modifier l'ampleur du mouvement qui sera nécessaire pour déclencher la sortie du capteur.

On augmente la sensibilité en tournant le potentiomètre dans le sens horaire.

Lorsque la sensibilité est réglée à un niveau élevé, le capteur est en mesure de détecter des mouvements plus subtils, situés plus loin du capteur (sans excéder 7 m environ), mais le risque de "faux positifs" est plus élevé.

\* Le **potentiomètre de durée** (celui de droite sur la photo)

Il nous permet de vous contrôler le temps pendant lequel le signal de sortie du capteur demeurera élevé suite à la détection du mouvement.

Si votre signal est traité par un microcontrôleur, un signal très court est suffisant (ça permettra à votre capteur de se remettre immédiatement aux aguets, pour la détection d'un prochain mouvement).

Mais si le capteur commande directement un système d'éclairage, vous ne voulez peut-être pas que la lampe s'éteigne aussitôt que vous demeurez immobile pendant quelques secondes...

Vous augmentez le temps en tournant le potentiomètre dans le sens horaire (à la position maximale, le signal demeure haut pendant quelques minutes).

### III. Amplification-Alarme

Le signal de sortie du capteur  $V_{OUT}$  servira à enclencher une alarme ou une LED pour indiquer la présence d'une personne.

Le circuit réalisé pour le déclenchement de cette sirène est représenté par la figure 22.

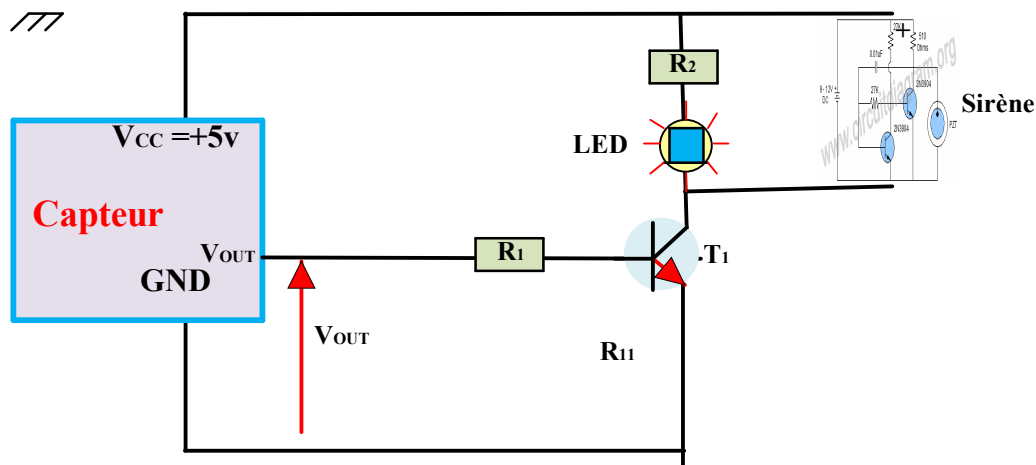


Fig.22. Schéma de fonctionnement de la sirène en cas de détection

La tension positive résultant à la sortie  $V_{OUT}$  a deux tensions ( $V_{OUT} = 3,3v$  et  $V_{OUT} = 0v$ ) selon la présence ou non d'un intrus dans le lieu à surveiller.



---

réalisation

\* La présence d'une personne, on a  $V_{OUT} = 3,3v$ , ce qui correspond à un niveau logique **1**.

\* La non présence d'une personne, on a  $V_{OUT} = 0v$ , ce qui correspond à un niveau logique **0**.

Le fonctionnement de ce montage est très simple, on a deux cas

\* Quand la sortie du capteur est égale à  $V_{OUT} = 3,3v$ , elle va activé une LED et le Buzzer dans le cas d'une intrusion de personne dans la pièce.

\* Quand la sortie du capteur est égale à  $V_{OUT} = 0v$ , elle n'active ni la LED et ni le Buzzer dans se cas pas d'intrusion de personne dans la pièce.

Dans ce montage très simple, nous avons utilisé un transistor qui va fonctionne en commutation.

Le mode de fonctionnement du transistor s'apparente à un interrupteur.

On dit encore qu'un **transistor** fonctionne en **commutation**, lorsqu'il passe de l'état saturé à l'état bloqué ou inversement

Dans ce cas, le passage d'un état à l'autre, doit se faire très rapidement, donc transition très rapide.

Dans tous les cas, le **transistor** ne peut prendre que 2 états (0 ou 1), cela s'appelle le binaire.

Le fonctionnement de ce montage est comme suit :

Lorsque la sortie du capteur est à l'état haut à savoir  $V_{OUT} = 3,3v$ , le transistor va devenir passant et va éclairer une LED et activer le Buzzer.

On remarque sur le montage que la LED est en série avec une résistance, car la LED que nous avons utilisée fonctionne avec une tension de 2v.

**Remarque**

\* Il est prudent d'activer la LED et le Buzzer à travers un transistor, car la sortie du capteur n'est pas faite pour nous fournir en sortie des gros courants.

\* Pour le réglage de la durée et la sensibilité, il suffit de faire tourner les potentiomètres dédiés à ses fonctions de la figure 21.

### Carte 1 : Schéma de l'Alimentation de l'alarme Anti-Intrusion

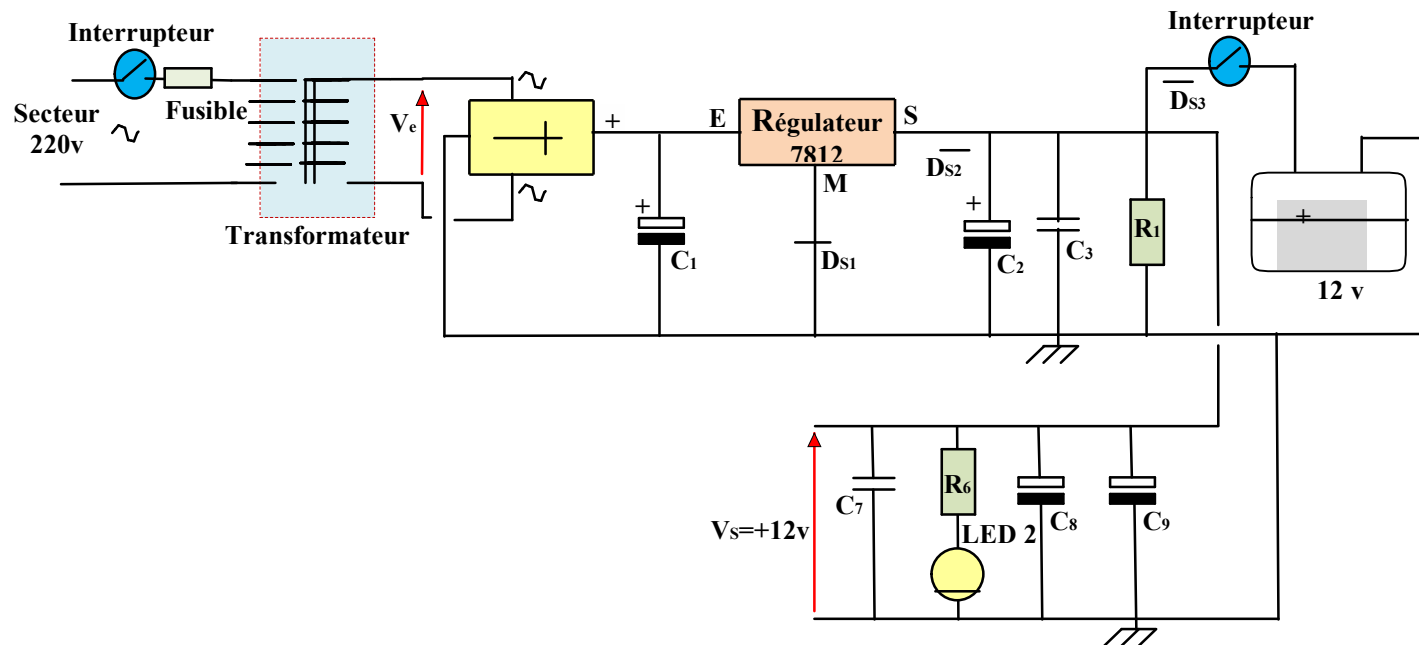


Fig.1. Carte 1 : Carte de l'alimentation avec batterie

## Carte 2 : Schéma global de l'Alarme Anti-Intrusion

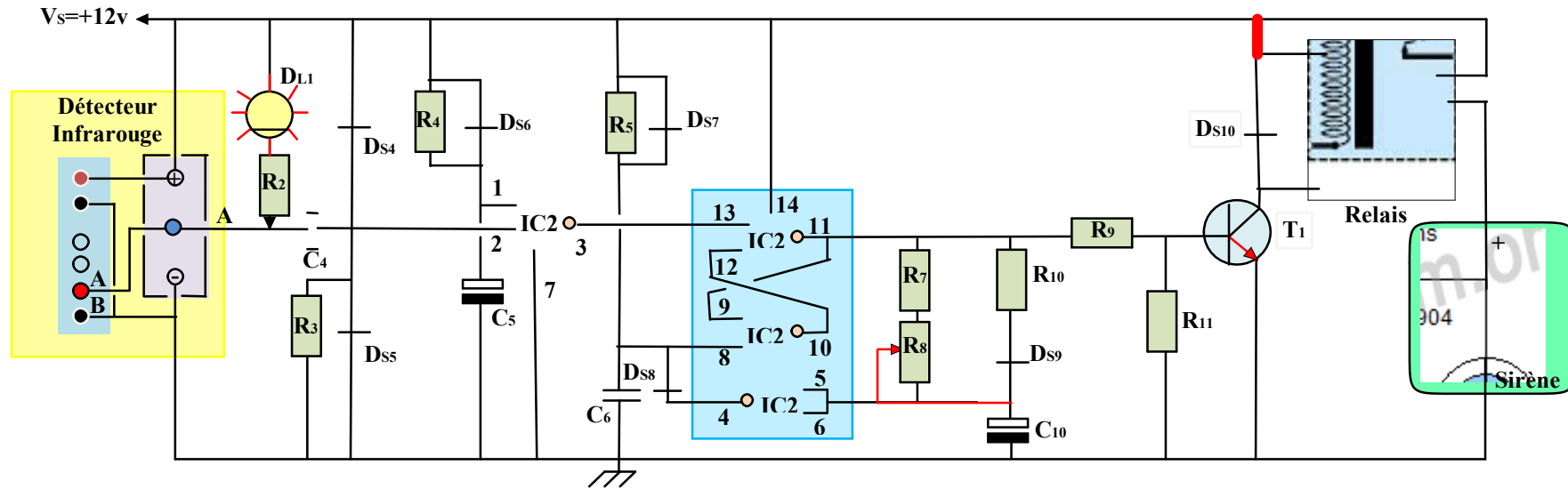


Fig.2. Carte 2 : Schéma global de l'alarme anti-intrusion

### Carte 1 : Schéma de l'Alimentation de l'alarme Anti-Intrusion

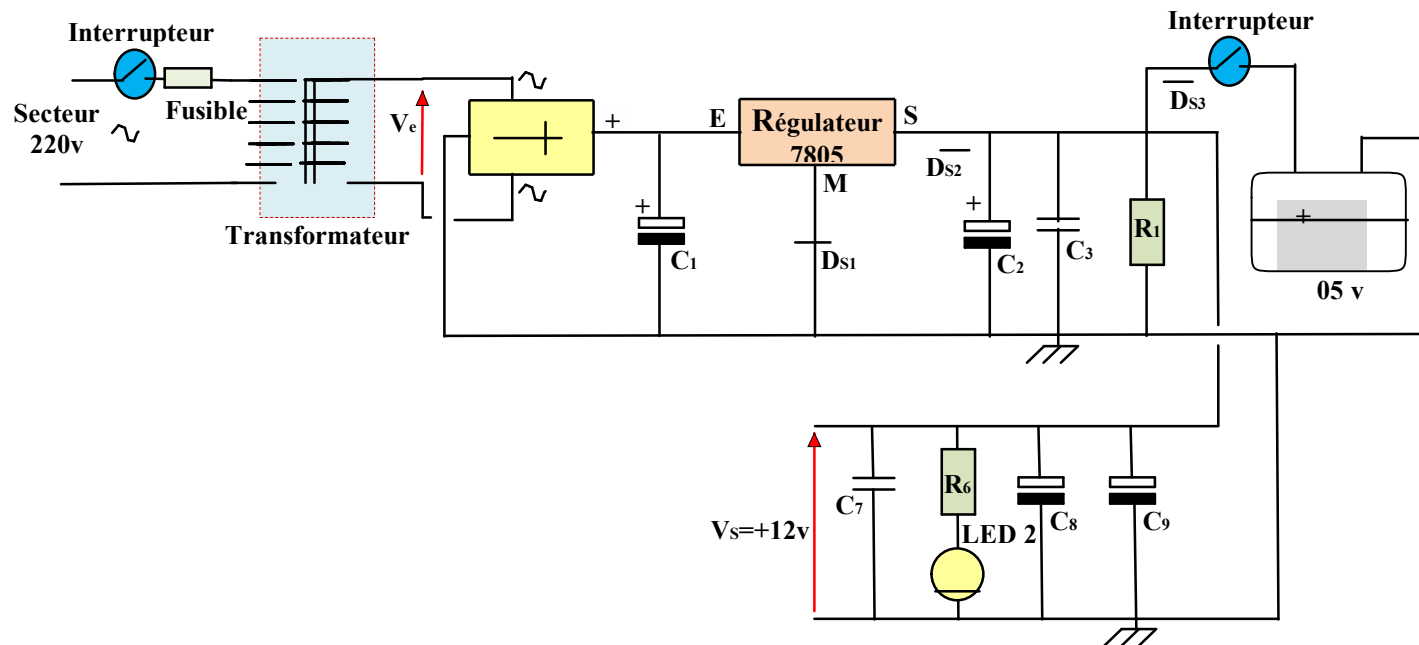


Fig.1. Carte 1 : Carte de l'alimentation avec batterie

## Carte 2 : Schéma global de l'Alarme Anti-Intrusion

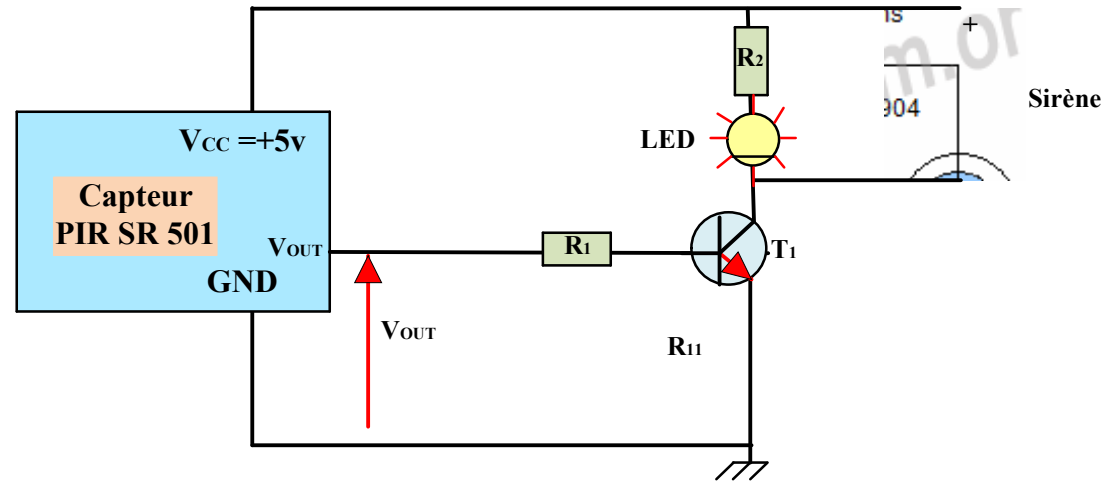


Fig.2. Carte 2 : Schéma de fonctionnement de la sirène en cas de détection

# **Interprétations et Résultats**

**Résultats**

Après la réalisation de cette alarme anti-intrusion, on a procédé à plusieurs tests de réglage de la distance et de la durée d'enclenchement de l'alarme.

Dans un premier temps, on a réglé la durée de l'alarme et ensuite la portée du capteur (distance).

Après plusieurs réglages d'affinité de la mesure, les tests ont été concluants sur les différents échantillons d'individu.

**Premier Test :**

On a placé le capteur à une distance de **1 mètre** de l'être humain.



**Fig.1. Premier Test : Capteur à 1m**

**Deuxième Test :**

On a placé le capteur à une distance de **3 mètres** de l'être humain.



**Fig.2. Deuxième Test : Capteur à 3m**

Résultats**Troisième Test :**

On a placé une barrière du côté droit du capteur



Fig.3. Troisième Test : Pour limiter le champ de vision du côté droit (Angle de vision)

**Quatrième Test :**

On a placé une barrière du côté gauche du capteur



Fig.4. Quatrième Test : Pour limiter le champ de vision du côté gauche (Angle de vision)

Les tests réalisés au laboratoire ont été concluant que ce soit pour la distance ou l'angle de vision de la lentille Fresnel.

Nous l'avons aussi testé pour l'entrée et la sortie du laboratoire, les tests étaient concluant. Lors de l'intrusion d'une personne au laboratoire, l'enseignant entend l'alarme se déclenchée. Cela lui indique qu'une s'est introduite au laboratoire.





## Conclusion générale

Dès l'aube de l'humanité, l'homme cherche à se protéger et à protéger ses propriétés contre les risques de cambriolages et de vols. Nous nous sommes intéressés à travers ce projet à développer un système d'alarme permettant la protection contre l'intrusion à des endroits spécifiques.

Dans ce travail, nous avons essayé de réaliser une application dont l'objectif de la détection de mouvement (présence de personne) en se servant d'un capteur infrarouge pour prévenir contre toute intrusion.

Nous espérons que ce système soit affiné en termes de design afin qu'il soit commercialisé sur le marché algérien par d'autres étudiants.

Cette réalisation a développé notre curiosité sur le plan pratique tout en complétant nos connaissances qui étaient très réduite sur le fonctionnement des différents composants et aussi celui de la réalisation d'une maquette.

L'étude théorique que nous avons développée dans ce manuscrit vous donne un aperçu général sur tous les éléments nécessaires à cette réalisation de ce mémoire, en faisant des choix judicieux entre les différentes technologies existantes dans la théorie et notamment dans le choix des capteurs dont leurs gammes sont très variées et aussi en fonction des composants disponible sur le marché local.

En général, le montage théorique n'est pas fonctionnel du premier coup.

Dans la pratique plusieurs ajustements ont été nécessaires car les composants ne sont pas de bonne qualité et ceci entraîne parfois des petites modifications des schémas électriques.

Une fois que notre antivol devenu fonctionnel sur maquette, nous avons réalisé le circuit imprimés et ce dans le but de l'intégrer dans un boîtier pour le rendre plus accessible au public.

Cette démarche adoptée dans ce projet, nous a permis de nous sentir que nous avons reçu une formation assez complète que possible.

Nous espérons que ce travail va apporter une aide précieuse aux futurs étudiants en électronique et en informatique industrielle, et à toute personne qui désire étudier, comprendre ou réaliser un système d'alarme modernes.

## LISTES DES COMPOSANTS

### Première Réalisation

#### CARTE 1 : Alimentation et Alarme Anti-intrusion

R1=2,2 k $\Omega$   
R2=1 k $\Omega$   
R3=47 k $\Omega$   
R4=470 k $\Omega$   
R5=470 k $\Omega$   
R6=1 k $\Omega$   
R7=100 k $\Omega$   
R8=1M $\Omega$  trimmer  
R9=8,2 k $\Omega$   
R10=1 k $\Omega$   
R11=47 k $\Omega$   
C1=1000 $\mu$ F électrolytique  
C2=470 $\mu$ F électrolytique  
C3=100 nF polyester  
C4=10 nF polyester  
C5=100 $\mu$ F électrolytique  
C6=100 nF polyester  
C7=100 nF polyester  
C8=470 $\mu$ F électrolytique  
C9=220 $\mu$ F électrolytique  
C10=22 $\mu$ F électrolytique  
DS1=Diode 1N4148  
DS2=Diode 1N4007  
DS3=Diode 1N4007  
DS4=Diode 1N4148  
DS5=Diode 1N4148  
DS6=Diode 1N4148  
DS7=Diode 1N4148  
DS8=Diode 1N4148  
DS9=Diode 1N4148  
DS10=Diode 1N4007  
DL1=Diode LED  
DL2=Diode LED  
TR1=Transistor NPN BC547  
RS1=Pont redresseur 100 V / 1 A  
S1=Double interrupteur  
IC1=Régulateur L7812  
IC2=Intégré CMOS 4093  
Décteur = Infrarouge mod. SE2.05  
Sirène=Piézoélectrique mod.AP01.115  
Relais 1 = Relais 12 V 1 RT  
T1=Transformateur sec. 15 V/ 0,8 A (T013.01)

## **Deuxième réalisation**

### **CARTE 2 : Alimentation et Alarme Anti-intrusion**

R1 = 100k $\Omega$

R2=100 k $\Omega$

IC1=Régulateur L7805

TR1=Transistor NPN BC547

DL1=Diode LED

DL2=Diode LED

T1=Transformateur sec. 06 V/ 0,8 A

Capteur : Détecteur de présence infrarouge PIR

Sirène=Piézoélectrique

## CIRCUITS INTEGRES

### I. Circuit Intégré CMOS

#### I.1. Caractéristique de la logique CMOS

- \* Très grande immunité de bruit, 20% de l'alimentation.
- \* Tension d'alimentation comprise entre 3 et 15v .
- \* Faible consommation:  $5\mu A$  sous 1,5v
- \* Impédance d'entrée  $10^{12}\Omega$ .
- \* Temps de propagation  $20nS$ .
- \* Sortance très élevée, jusqu'à 50.
- \* La vitesse de commutation très faible  $1\mu S$ .

#### I.2. Avantages et inconvénients :

Les CMOS permettent une forte densité d'intégration, une très faible consommation, une bonne tenue aux parasites.

Ils présentent un seul inconvénient: leur vitesse de fonctionnement plus faible que les TTL.

#### I.3. Précautions d'emploi

Ces circuits peuvent être détruits par tensions statiques si on les manipule sans précaution.

Ne pas appliquer les signaux d'entrée tant que l'alimentation n'est pas raccordée et branchée.

Raccorder les entrées inutilisées aux entrées employées ou à l'alimentation par l'intermédiaire d'une résistance de  $220k\Omega$ .

Ne jamais laisser une entrée en l'air.

Eviter les vêtements en nylon, le plastique, sources de charge statiques.

#### I.4. Circuit intégrée CMOS4093

Il s'agit d'un boîtier de quatorze broches contenant quatre triggers de Schmitt.

Les applications sont multiples. Le CD4093 est alimenté par une tension continue pouvant aller de 3 à 18 V, pour une consommation de quelques microampères.

Le courant de sortie, comme sur tous les boîtiers CMOS non « bufférisés », est limité à quelques milliampères.

Le CD 4093 comporte quatre triggers totalement indépendants les uns des autres. Chaque trigger possède deux entrées et une sortie.

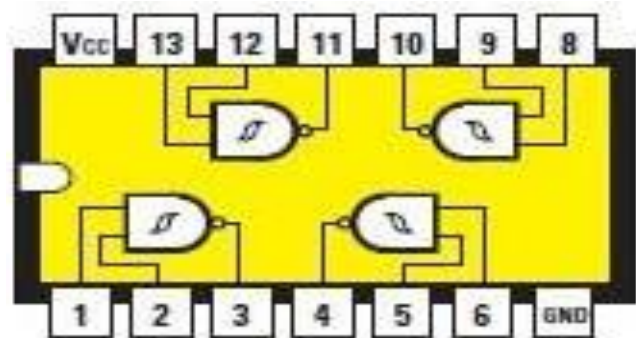


Fig.3. Circuit Intégré 4093

## II. Régulateur

Un régulateur de tension est un élément qui permet de stabiliser une tension à une valeur fixe, et est nécessaire pour les montages électroniques qui ont besoin d'une tension qui ne fluctue pas, ne serait-ce que peu.

Un régulateur de tension peut être composé d'un ensemble de composants classiques (résistances, diodes zener et transistor par exemple), mais il peut aussi être de type "intégré" et contenir tout ce qu'il faut dans un seul et même boîtier, pour faciliter son usage.

Les régulateurs existent sous différentes formes dans le commerce comme la figure 1.



Fig.1. Différents types de régulateurs

Le brochage des régulateur 78XX et 79XX est donné par la figure 2

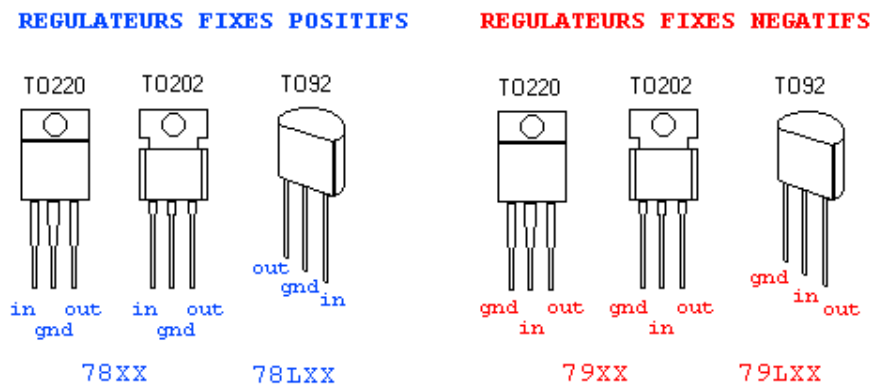


Fig.2. Brochage

**Remarque**

Il faut faire très attention, le brochage des régulateurs négatifs n'est pas le même que le brochage des régulateurs positifs.

**III. Transistor BC547**

C'est un transistor à jonction bipolaire. Le brochage de ce transistor est donné par la figure suivante :

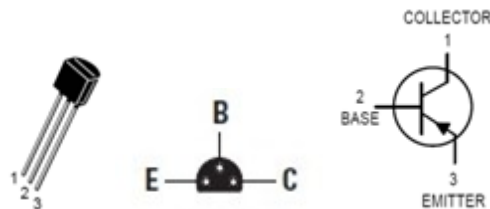
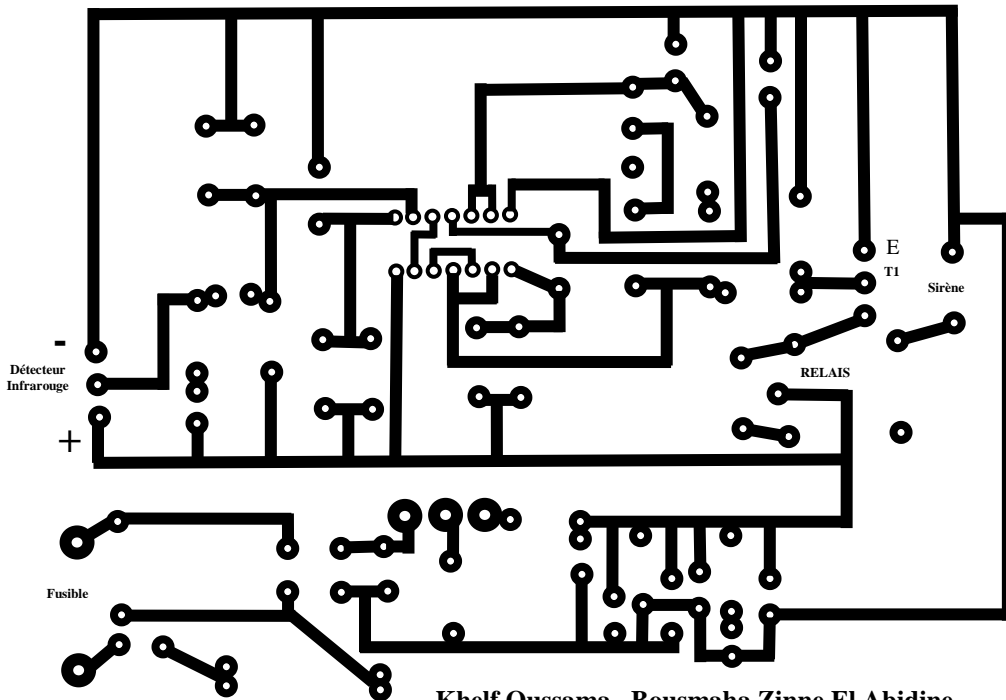


Fig.4. Brochage du BC 547

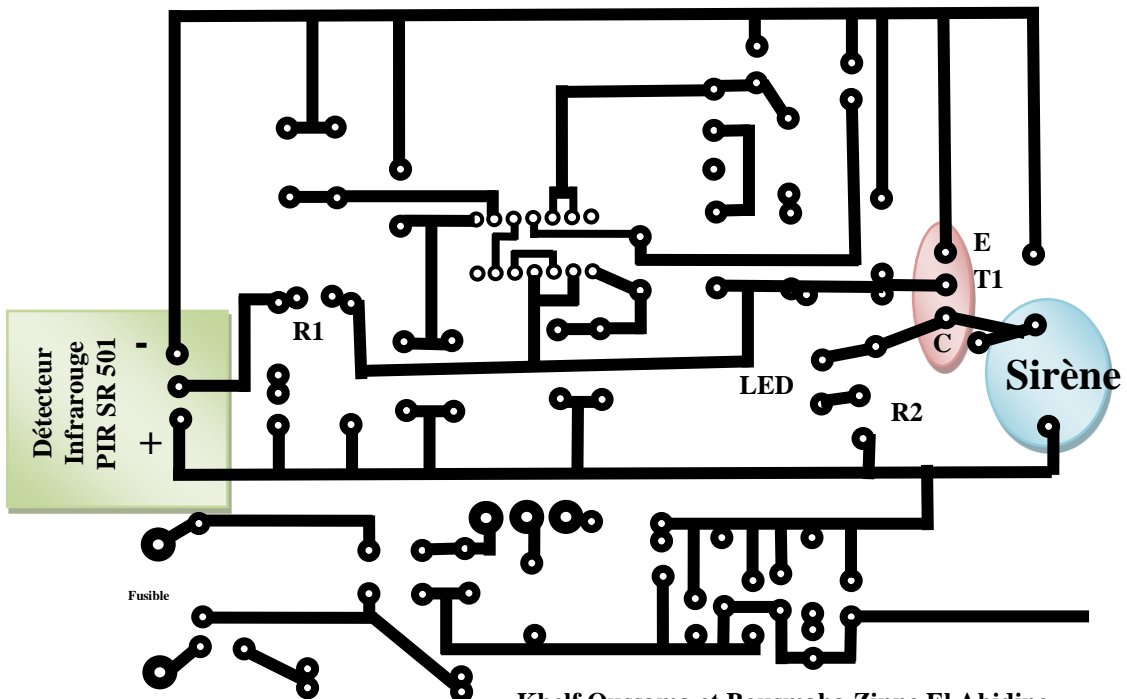
# CIRCUITS IMPRIMÉS

## Première Réalisation



Khelf Oussama Bousmaha Zinne El Abidine

## Deuxième Réalisation



Khelf Oussama et Bousmaha Zinne El Abidine

## REGLAGES

Pour le réglage de la distance et de la durée du son de la sirène, on doit agir sur les potentiomètres du capteur.

\* Le **potentiomètre de sensibilité** (celui de gauche sur la photo ci-dessus)

Il nous permet de modifier l'ampleur du mouvement qui sera nécessaire pour déclencher la sortie du capteur.

On augmente la sensibilité en tournant le potentiomètre dans le sens horaire.

Lorsque la sensibilité est réglée à un niveau élevé, le capteur est en mesure de détecter des mouvements plus subtils, situés plus loin du capteur (sans excéder 7 m environ), mais le risque de "faux positifs" est plus élevé.

\* Le **potentiomètre de durée** (celui de droite sur la photo)

Il nous permet de vous contrôler le temps pendant lequel le signal de sortie du capteur demeurera élevé suite à la détection du mouvement.

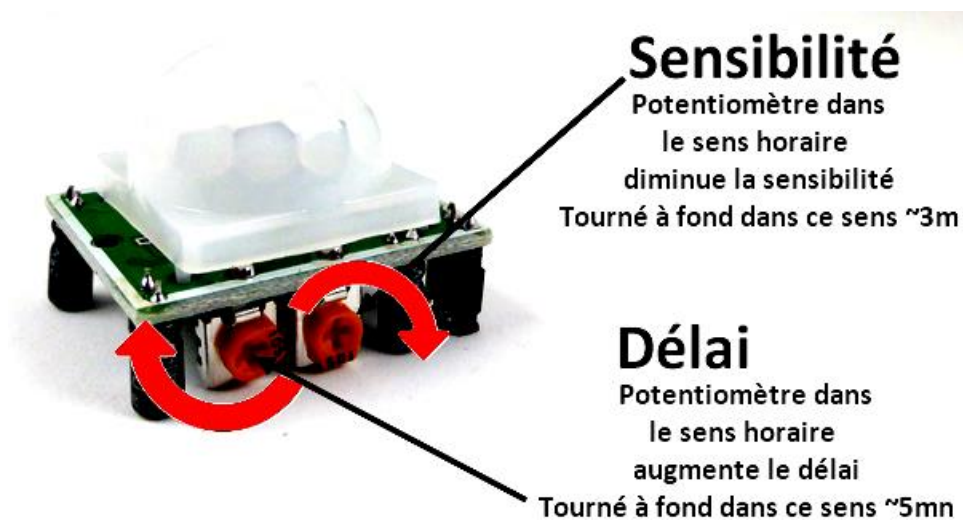


Fig.3. Réglage des potentiomètres



## Bibliographie

- [1] **Fraudet, H., Milsant, F.**(1978). *Cours d'électricité tome I*. Paris: Eyrolles.
- [2] **Chappert, R., Cojean, J., Campa, A.** (1969). *L'automatisme par les problèmes, tome I* Paris: Foucher.
- [3] **Heiser, T.** (2006). *Cours d'Electronique Analogique*. France : Institut d'Electronique du Solide et des Systèmes (InESS), Campus Cronenbourg. Tiré dans <http://www-iness.c-strasbourg.fr/~heiser/EA/>consultéen Juin 2015
- [4] **Léger, V.** (2010). *Physique Appliquée BTS électrotechnique - les bases et l'électronique de puissance*. France: Ellipses.
- [5] **Millsant, F.** (1993). *Cours d'électronique : Composants électroniques*. Paris : Eyrolles.
- [6] **Boittiaux, B.** (2004). Tiré dans [www.polytech-lille.fr/cours-atome-circuit-integre/bip/bip360.html](http://www.polytech-lille.fr/cours-atome-circuit-integre/bip/bip360.html)
- [7] **Blumeau, M., Bourdais, J., Duboc, J.** (1989). *Physique TC et E*. Paris: Bordas.
- [8] [http://users.polytech.unice.fr/~pmasson/Enseignement/Bipolaire%20 Cours %20-%20 Impression %20- %20 MASSON. pdf](http://users.polytech.unice.fr/~pmasson/Enseignement/Bipolaire%20Cours%20-%20Impression%20-%20MASSON.pdf)
- [9] **A. BENAYAD, D. GUENDOOUZ** : *Electronique Générale « Cours et Exercices »* : OPU, année 2006.
- [10] **ALAIN PELAT** : « *Circuits de l'électronique* »: Edition Marketing, Année 1991.
- [11] **CHRISTIAN GROSSETETE**: « *Electronique-2-operateurs analogique et amplificateur opérationnel réel* », Edition Marketing, année 1987.
- [12] **FRANCIS-MILSANT** : « *Electronique et électronique de base* » ; Edition Marketing, année 1995.
- [13] « **Encyclopédie des sciences industrielles** » ; Librairie aristi de quillet, année 1973  
9- **HENRY NEY** : « *Eléments d'automatismes* » ; Edition nathan, année 1985
- [14] **Battesti, R., Brisse, G., Delva, J.-M., Leclervo, J., Terrier, G., Trannoy, R., & Martin, P.** (Eds) (1994). *Physique Appliquée 1<sup>ère</sup> STI*. Paris: Hachette.
- [15] **Masson, P.** (2009). *Le transistor bipolaire*. France: Ecole Polytechnique Universitaire de Nice Sophia Antipolis Parcours des écoles d'ingénieurs polytech (Peip). Tirédans
- [16] **Pierron Théo**, *Architecture système*, ENS Ker Lann

*Bibliographie*