République **A**lgérienne **D**émocratique
Ministre de l'**E**nseignement **S**upérieur et de **R**echerche **S**cientifique
UNIVERSITE **M**OULOUD **M**AMMERI DE **T**IZI-**O**UZOU

Facultés de Génie Electrique et Informatique
Département d'Electronique

Mémoire de fin d'Etude
De MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **science et technologie**
Filière : **Génie Electrique**

Spécialité : **Electronique Biomédicale**

Thème

Conception et réalisation d'un système de suivi du comportement d'une vache

Présenter par :

AISSIOUENE Razika

DJAOUI Dyhia

Proposé par :

Pr. M. LAGHROUCHE

Année universitaire 2016 /2017

REMERCIEMENTS

Nous remercions d'abord le bon Dieu qui nous a donné le courage, La patience, la santé et la volonté d'arriver à la fin de ce travail.

Nos respectueux remerciements et profonde reconnaissance à

Mr LAGHEROUCHE.M, notre promoteur, pour sa présence, pour nous avoir orientés et nous avoir dirigés tout au long de ce projet.

Nos remerciements aussi **Mr Mouloudj.K**, notre encadreur pour sa présence, pour l'aide et le soutien qu'il nous a toujours apporté.

Nous remercions l'ensemble de fonctionnaire de La CABINET Vétérinaire de **Mme.Abdout**, pour leur efforts et conseilles.

Nous tenons vivement à remercier notre encadreur **Mr oudiai.K** pour leur précieux conseilles.

Nous voudrions également remercier vivement les membres de jury qui ont aimablement accepté de juger notre travail et leurs critiques fructueuses.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Celle qui m'a donnée naissance

- ***Mes <u>très chers parents</u> afin de les remercier de leur soutien, leur affection, leurs encouragements, leur indulgence, leurs conseils et leur amour ;***
- ***Mes très chères sœurs ;***
- ***Malika,Nadia,Aldjia,Sonia,sabrina,Hakima;***
- ***A:Ahcen,Mohsaid,Mourad,Nabil;***
- ***Mon cher frère karim ;***
- ***Mes chères copines : Djidji,Naziha;***
- ***la famille Izourar ;***
- ***a tout ma famille en particulier :Na farida ;***
- ***Tous mes amis(es) en particulier :Aghilas,Zahir,Nacer,youcef,m'heni ;***
- ***A tous ceux qui me sont chers.***

Razika

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Celle qui m'a donnée naissance

- ***Mes <u>très chers parents</u> afin de les remercier de leur soutien, leur affection, leurs encouragements, leur indulgence, leurs conseils et leur amour ;***
- ***Ma très chère sœur Tassadit ;***
- ***Mon cher frère : Ghani ;***
- ***Mes chères copines : samira, souad, tassadit, souad, ouiza, kamilia ;***
- ***A ma toute ma famille et la famille Benlalli ;***
- ***Tous mes amis(es) en particulier : ghiles, Nacer, zahir, M'heni, youcef ;***
- ***A tous ceux qui me sont chers.***
- ***A toute la promotion Master II Biomédicale (2016/2017)***

Dyhia

Sommaire

Introduction générale..... 1

Chapitre I : généralité sur l'appareil génital de la vache

I. Introduction.....2
I.1.L'anatomie de l'appareil génital de la vache 2
I.1.1. Les ovaires 2
I.1.2.Les oviductes ou trompe de Fallope 3
I.1.3. L'utérus 3
I.1.4. Le vagin 3
I.1.5. La vulve 4
I.2. La physiologie de l'activité sexuelle chez la vache 4
I.2.1. Les hormones 4
I.2.2. Les prostaglandines.....7
I.2.3. L'cytocine 7
I.2.4. La folliculogénése et l'ovogénès.....7
I.2.5.Le corps jaune 9
I.2.6. La puberté 9
I.2.7. Régulation du cycle hormonale 9
I.2.8. Le cycle œstral 10
I.2.9.La fécondation 12
I.3. La détection des chaleurs chez la vache.....13
I.3.1. Le comportement sexuel 13
I.3.2. Les chaleurs 13
I.3.3. Les méthodes de détection des chaleurs 15
I.3.4. Insémination artificielle 16
I.4.Les outils spécifiques d'aide à la détection des chaleurs 17
I.4.1. Le planning d'élevage 18

I.4.2. Les détecteurs de chevauchement 19
I.4.3. Les systèmes d'enregistrement de l'activité physique.....21
I.4.4 .Les animaux détecteur 21
I.4.5. La mesure de la résistance électrique vaginale.....21
I.4.6. Les autres outils.....22
I.5.Conclusion 23

Chapitre II : Description générale du système

Introduction.....24
II.1.Description de la carte ARDUINO UNO 25
II.1.1.-La carte Arduino Nano.....25
II.1.2-Caractéristiques principales.....26
II.1.3. Alimentation de la carte Arduino Nano.....26
II.1.4.Protection du port USB contre la surcharge en intensité.....26
II.1.5. Gestion des mémoires dans la carte ARDUINO 26
II.1.6.Les entrées /sorties numériques.....26
II.1.7. Les entrées analogiques.....27
II.1.8.ARDUINO et la communication avec l'extérieur 28
II.2.Le microcontrôleur ATMega 328.....28
II.2.1. Les principales caractéristiques de l'ATMega328 29
II.3..Bloc de détection 30
II.3.1.1.Les grandes familles d'accéléromètre 30
II.3.1.2.Principaux paramètres propres à un accéléromètre 30
II.3.1.3.Les différentes applications d'un accéléromètre 30
II.3.2.Gyro-accéléromètre 3 axes 31
II.3.2.1.Caractéristiques techniques du gyro-accéléromètre MPU 6050..... 31
II.4. L'horloge temps réel.....32
II.5.Les cartes SD 33

II.6. L'afficheur LCD 34

II.7..Buzzer 34

II.8. Conclusion ..... ….34

Chapitre III : Conception logiciel et Réalisation pratique

III.1. Introduction 35

III.2.Réalisation du système 35

III.2.1.Environnement logiciel 35

III.2.1.1.Description du logiciel Arduino 36

a. Description de la barre des boutons 38
b. Description de la barre des menus.....39

III.2.1.2. Du côté de l'ordinateur.....39

III.2.1.3. Les bonnes raisons de choisir Arduino 41

III.2.2. Réalisation matérielle.....42

III.2.2 .1.Le brochage de la carte Arduino avec l'accéléromètre MPU6050 44

III.2.2.2.Le Brochage de la carte Arduino avec l'horloge DS1302.....45

III.2.2.3.Le Brochage de l'Arduino avec la carte SD.....47

III.2.2.4.Branchement de l'afficheur LCD avec la carte Arduino.....49

III.2.3. Circuit électrique 50

III.2.4. Le typon.....51

III.2.5.Les Résultats 52

III.2.6.Conclusion.....54

Conclusion générale 55

Annexes

Bibliographie

Tables de figures

Figure 1 : Le tractus génital de la vache (vue dorsale) 2

Figure 2 : Le tractus génital de la vache (vue latérale) 2

Figure 3 : Les étapes de développement ovarien Folliculaire, de l'ovulation et de la fonction Lutéinique **8**

Figure 4 : Ovogénèse 8

Figure 5 : Contrôle hormonal du cycle ovarien chez la vache 10

Figure 6 : cycle sexuel de la vache 11

Figure 7 : La fécondation chez la vache 12

Figure 8 : deux vaches en chaleurs 13

Figure 9 : Planning d'élevage rotatif 19

Figure 10 : capsule KAMAR 20

Figure 11 : capsule kamar fixée sur la croupe, avant et après chevauchement 20

Figure 12 : Sonde ovactec 21

Figure 13 : Le schéma synoptique de système 24

Figure 14 : Les composants de la carte Arduino Nano 25

Figure 15 : Le microcontrôleur ATMega328 29

Figure 16: le gyro-accéléromètre MPU6050 31

Figure 17:caractéristiques techniques du gyro-accéléromètre MPU 6050 33

Figure18: L'horloge 33

Figure 19 : Un Shield SD 34

Figure 20: l'afficheur LCD 2*16 34

Figure 21 : fenêtre principale de l'environnement de programmation ARDUINO39 36

Figure 22 : les différentes parties de la fenêtre principale du logiciel ARDUINO 37

Figure 23 : fenêtre associe au moniteur série 38

Figure 24 : structure de la barre des boutons 38

Figure 25 : la barre des menus 39

Figure 26: le moniteur série 40

Figure 27 : Terminal série..... 40

Figure 28 : Vitesse de communication..... 41

Figure 29 : L'organigramme principal de système 43

Figure 30 : Le sous programme de capteur MPU 6050 44

Figure 31 : le brochage de gyro-accéléromètre avec la carte Arduino nano.....45

Figure 32 : le brochage de l'horloge RTC DS1302 avec la carte Arduino nano 45

Figure 33 : Organigramme de l'horloge 46

Figure 34 : l'organigramme de la carte SD.....48

Figure 35 : Le sous programme initialisation 49

Figure 36 : Le branchement de l'afficheur LCD avec la carte Arduino nano 50

Figure 37 : Le circuit électrique de système 51

Figure 38 : Le typon.....52

Figure 39 : Les variations de module en fonction de temps 54

Tables des Tableaux

Tableau1 : Hormones de reproduction : applications zootechniques et thérapeutiques.....5

Tableau 2 : Les principaux signes des chaleurs 15

Tableau 3: Principe général d'un outil de détection de l'œstrus chez la vache laitière 18

Tableau 4 : les valeurs enregistré par la carte SD 53

Notifications

GnRH : hormone de libération des gonadotrophin hypaphysaires.

LH : hormone lutéisante.

FSH : hormone folliculo-stimilante.

UART : universel Asunchronous receiver transmitter, en français émetteur-récepteur universel asynchrone.

RTC : real-time clock.

I^2C : inter-integrated circuit.

SPI : Serial peripheral interface.

SD : Secure digital.

Résumé

Dans notre travail mené tout au long de ce mémoire, nous avons conçu et réalisé un système de suivi de comportement d'une vache à base de deux cartes Arduino nano.

Ce système se compose d'une unité de capteur, d'une carte de traitement, d'un circuit de visualisation, et d'unité de stockage.

Mots clés :

Arduino, accéléromètre, horloge, carte SD, vache, surveillance.

Introduction générale

Introduction générale

Notre pays a connu un développement global relativement important, mais insuffisant pour supporter les besoins de la population, surtout dans le domaine de la production laitière qui est un domaine important des pays développés. L'Algérie paye une facture de 600 millions de dollars pour importer plus de la moitié de notre consommation (soit 5 milliards de litres) malgré les ressources de pays.

Dans le but d'améliorer la production de la race bovine, notamment celle des jeunes veaux mâles, l'état, a depuis le début de l'année 2010, créé de nouvelles mesures d'encouragement propres à inciter les fellahs à élever leurs veaux pour la fécondation des vaches et non pour être vendu aux bouchers dès leur cinquième ou dixième mois de leur vie . Des nouvelles mesures qui, selon la DSA (direction des services agriculture), vont permettre :

- d'améliorer la production,

- de privilégier la fécondation naturelle à l'insémination artificielle qui consiste en l'introduction de sperme dans les voies génitales de la vache sans qu'il y ait accouplement, une opération qui revient trop chère, jusqu'à 3000 da pour chaque insémination.

En période de chaleurs, l'activité physique des vaches laitières augmente significativement. Cette activité peut être mesurée par différents types de capteurs et alerter l'éleveur des qu'une forte augmentation est détectée.

A cet effet nous allons réaliser un système capable de détecter la chaleur des vaches, ce système sera gérer par une carte Arduino nano et un accéléromètre qui détecte l'activité d'une vache selon 3axes. Notre travail est structuré en 3chapitres :

- Introduction générale
- Chapitre 1 : Généralités sur l'appareil génital de la vache
- Chapitre 2 : Description générale du système
- Chapitre 3 : Réalisation pratique
- Et on finira ce travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur l’appareil génital de la vache

I. Introduction:

L'appareil génital assure différentes fonctions ;il élabore ces gamètes (cellules reproductrices), sécrète les hormones sexuelles et abrite le produit de conception , le fœtus , et assure sa nutrition pendant la gestation.

I.1.L'anatomie de l'appareil génital de la vache :

L'appareil génital compte plusieurs organes en allant de l'intérieur vers l'extérieur (Figure 1 et 2**) (Hanzen, 2000).**

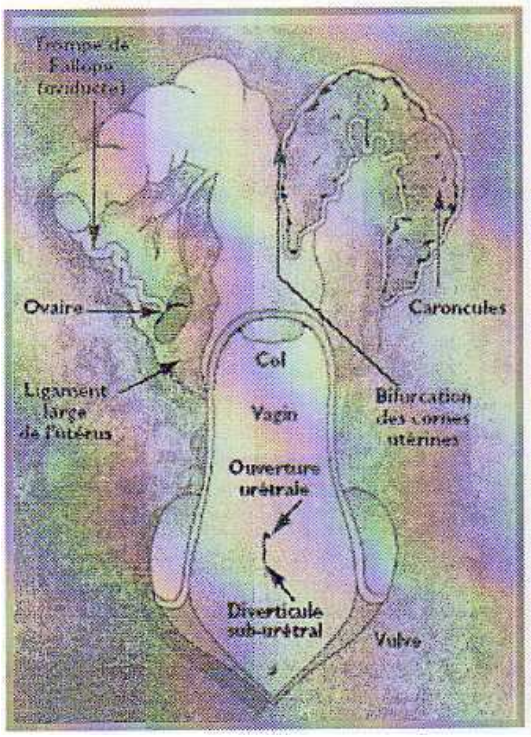


Figure 1 : Le tractus génital de la Vache (vue dorsale) (Hanzen, 2000).

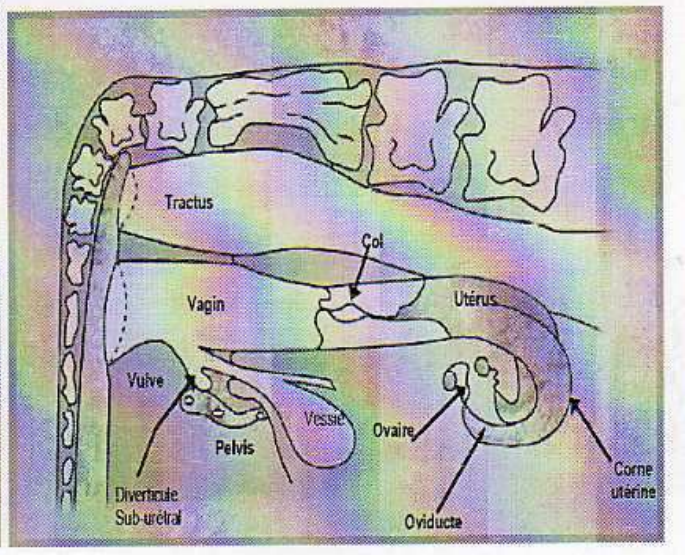


Figure 2 : Le tractus génital de la Vue latérale) (Hanzen, 2000).

I.1.1. Les ovaires :

Les ovaires sont au nombre de deux, situés dans la cavité abdominale, ils sont de forme d'amande de volume d'une noix. Leur longueur est de 35 à 40mm, leur hauteur de 20 à 25 mm et leur épaisseur comprise entre 15et 20 mm. L'ovaire comporte une zone vasculaire centrale (medulla) et une zone parenchymateuse périphérique (cortex). La coupe de l'ovaire permet d'observer les gamètes à différents stades évolutifs depuis le follicule primordial jusqu'au follicule mur qui produira l'ovocyte (Deletang, 1997a). Ces structures coexistent tout au long du cycle et interviennent dans sa régulation.

I.1.2.Les oviductes ou trompe de Fallope :

Ce sont deux tubes longs (plus de 20cm) et larges convolutés (**selon Bressous, 1987)** et un diamètre de 3 à 4mm. Ils constituent la partie initiale des voies génitales femelles. L'oviducte reçoit l'ovocyte, la fécondation et les premiers stades (J1 à j4 de gestation) du développement embryonnaire se déroulent au niveau de l'isthme.

La structure de l'oviducte comporte 3 tuniques à savoir : la séreuse, la musculeuse et la muqueuse.

I.1.3. L'utérus :

L'utérus supporte et protège l'embryon tout au long de la gestation **(Hanzen, 2000)**. Sur le plan anatomique, on distingue y trois parties dans l'utérus :

a. Les cornes utérines :

Au nombre de deux, longue et recourbées vers le bas. Le ligament large s'insère au niveau de la petite courbure .elles sont édifiées à leurs extrémités antérieures et soudées sur une certaine étendu à leur partie postérieure ou elles sont réunies, dans l'angle de bifurcation, par deux replis musculo-séreux superposés ; c'est les ligaments intercorniens dorsale et ventrale **(Derivaux et Ectors, 1980).**

b. Le corps de l'utérus :

Le corps est un peu aplati dorso-ventralement, on lui reconnaît donc deux faces (dorsale et ventrale), deux bords (mésométrial et libre) et deux extrémités (crâniale et caudale).l'extrémité caudale se rétrécît pour se continuer par le col, il est de moins de 5cm de longueur **(Thierry et al, 1999).**

c. Le col de l'utérus ou cervix :

C'est un tube à paroi rigide et épaisse, de 10 à 30 cm de long. Il est traversé par un canal cervical irrégulier qui fait communiquer l'utérus et le vagin, il est ferme et dense au toucher, et de nature cartilagineuse. Pour la même vache, la taille et la consistance du col de l'utérus peuvent changer en fonction de l'état physiologique **(Hanzen, 2010)**.

En fin de gestation, le col est plus doux au toucher et d'un diamètre plus grand, après le vêlage, il sera bien plus grand et très doux au toucher.

I.1.4. Le vagin :

C'est un conduit cylindrique de plus au moins 30 cm de longueur **(Derivaux et Ectors, 1980)**. Il est recouvert d'une membrane rigide faite de plis dans le sens de la longueur. Pendant les chaleurs il est bien lubrifié par un mucus clair. Outre le fait qu'il offre un

Passage vers le col de l'utérus, la partie postérieure du vagin conduit l'urine en provenance de l'urètre vers l'extérieur.

La frontière entre le vagin et la vulve est déterminée par l'hymen qui est moins prononcé chez la vache **(Vaissaire, 1977)**.

I.1.5. La vulve :

Elle est la seule partie visible de l'appareil reproducteur, et a l'apparence de deux lèvres extérieures déparées par une fente verticale. Elle est située immédiatement sous l'anus. La partie intérieure de la fente « vestibule »connecte la vulve au vagin .la commissure supérieure des lèvres est séparée de l'anus par le périnée.

Au niveau de la commissure ventrale se trouve le clitoris **(Thierry, 1999).**

La fonction reproductrice chez les bovins est régit par un ensemble d'hormones faisant intervenir l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadotrophe.

I.2. La physiologie de l'activité sexuelle chez la vache :

I.2.1. Les hormones :

Divers types d'hormones interviennent dans l'endocrinologie de la reproduction (Tableau 1)

Organe sécrétant et hormone secrétée	**Rôle (s) physiologique (s)**	**Applications zootechniques et thérapeutiques**
Hypothalamus gonadolibérine=GnRH	Libération FSH, LH	Follicules kystiques
Hypophyse Folliculotropine=FSH Lutropine=LH	Croissance folliculaire ovulation	FSH : super ovulation PMSG : maitrise des cycles ; anoestrus follicules kystiques
Ovaires œstrogènes (œstradiol) progestérone	Modification de l'appareil génital, Chaleurs, divers métabolismes Maintien de la gestation	Progestérones : maitrise des cycles, anoestrus Follicules kystiques
Utérus Prostaglandines	Disparitions du corps jaune	Maîtrise des cycles (femelles cyclées) Anoestrus cyclique Métrite Avortement provoqué

Tableau 1 : Hormones de reproduction : applications zootechniques et thérapeutiques (Vallet et al. 1994).

a. Les hormones hypothalamiques « releasing factor » : dont le rôle consiste à la libération et la synthèse d'harmones hypophysaires.

GnRH : Gonadotrophine Releasing Hormone, est une hormone de décharge ou de libération d'autre hormones, elle provoque la synthèse et la libération rapide des gonadotrophines FSH et LH par l'antéhypophyse **(Bonnes et al. 1988**). On admet l'existence de 9 GnRH dont 6possédent une fonction stimulatrice et 3 une fonction inhibitrice **(Derivaux 1980)**.

b. Les hormones gonadotropes d'origine hypophysaire dont dépendent la maturation gamétique et la sécrétion d'hormones stéroïdes. Il ya deux hormones de nature protidique à action directe et unique sur les glandes, ce sont des hormones gonadostimulines FSH et LH

- **FSH** : c'est une glycoprotéine synthétisée par l'hypophyse (l'antéhypophyse), son rôle est de contrôler le développement de l'ovaire et la croissance des follicules, elle stimule la sécrétion folliculaire et prépare l'action de LH par la fragilisation de la membrane de follicule **(Rieutort, 1995)** et stimule la synthèse des œstrogènes par les follicules **(Bosio ,2006 ; Grandis, 2008)**.

- **LH** : c'est une glycoprotéine sécrétée par l'antéhypophyse, son rôle est de :
  -assure la maturation finale des follicules avec la FSH,
  -provoque l'ovulation,
  -induit la formation du corps-jaune et la synthèse de progestérone par les cellules lutéales **(Derivaux et Ectors, 1980)**. Chez la vache, le pic pré-ovulatoire de LH dure 6h et précède de 24h l'ovulation **(Fieni 1995)**.

- **La prolactine :** cette hormone provoque et maintien la sécrétion de lait par les glandes mammaires (Gérard ,2010). Elle a une action lutéotrope peut favoriser le maintien de corps jaune et retarde la reprise de l'activité sexuelle cyclique **(Boichard, 1986)**.

c. Les hormones stéroïdes : d'origine gonadique, elles sont responsables de la modification comportementale et des organes génitaux au cours du cycle, de la régulation de ce dernier et de la gestation.

- **Les stéroïdes ovariens :**

o **Les œstrogènes** : ce sont des hormones stéroïdes qui sont formées du cholestérol,

Sont sécrétées par les cellules de la thèque interne du follicule dominant mais aussi par les cellules du cortex surrénalien. Ils ont plusieurs actions telles que :
-induction du pic pré-ovulatoire de LH et de FSH au début de l'œstrus par la mise en jeu d'une rétroaction positive sur l'axe hypothalamo-hypophysaire.
-déclenchement du comportement sexuel femelle avant l'ovulation.
-contrôle de la synthèse et de la libération de la prostaglandine F2α par l'utérus avant la lutéolyse.
- stimule la lutéolyse en augmentant le nombre de récepteurs d'ocytocine (PGF2α) **(Brassard, 1997).**
Les œstrogènes sont avant tout les hormones de croissance du tractus génital ils entrainent la congestion, l'œdème et la croissance cellulaire **(Fontaine, 1995)**.

o La **progestérone :** est la principale hormone secrétée par les cellules lutéiniques du corps-jaune, elle est également synthétisée dans la corticosurrénale et dans le placenta de certaines espèces **(Derivaux et Ectors, 1980)**. Elle aussi est douée de plusieurs activités physiologiques :

- ✓ Son effet essentiel rétroactif (Feedback) négatif sur la sécrétion gonadolibérine et donc anovulatoire **(Fontaine, 1995)**.
- ✓ Elle freine la production d'œstradiol d'ou l'effet inhibiteur indirecte qu'exerce localement le corps-jaune ovarien sur la croissance folliculaire **(Dupoul, 1993).**
- ✓ Préparation de l'utérus à l'implantation de l'embryon.
- ✓ Régule la motricité des trompes utérines permettant la progression de l'œuf fécondé

I.2.2. Les prostaglandines :

Elles sont nombreuses et ont des effets sur tous les organes sexuels de la vache. La prostaglandine F2α à un effet lutéolytique sur les corps-jaune fonctionnels et provoque la contraction des muscles lisse de l'utérus. La PGF2α est synthétisée par les cotylédons de l'utérus (**Bruyas, 1991 ; Grandis, 2008)**.

La première propriété est mise à profit dans le traitement de l'anoestrus des trois premiers mois de gestation.les deux effets sont recherchés dans le traitement des métrites.

Les spécialités disponibles sont la prostaglandine naturelle ou des analogues structurels.

Ceux-ci ont généralement un puissant effet lutéolytique.

La voie d'administration est généralement intramusculaire.

I.2.3. L'cytocite :

On réserve le nom d'ocytocique aux substances capables d'augmenter le tonus, la force, ou le rythme des contractions de l'utérus. L'ocytocine est un nonapetide secrété par l'hypothalamus et libéré par la post hypophyse **(Vaissaire, 1977).** Elle stimule la contractilité des muscles lisses ; agit sur le myométre au moment de la mise-bas et sur les cellules myoépithéliales de la mamelle au moment de l'éjection du lait **(Gayrard, 2007).**

I.2.4. La folliculogénése et l'ovogénèse :

La folliculogénése : est l'ensemble des phénomènes qui participent à la croissance et la maturation des follicules. Cette croissance se déroule en différents phénomènes :

-Une Augmentation de la taille de l'ovocyte ;

-Une Multiplication des cellules de la granulosa ;

-Une Augmentation de la taille de l'antrum.

La folliculogénése est caractérise par des stades primordiaux, primaires, et secondaires.

- Le follicule primordial : après la formation vers le 90ème jour, l'ovocyte I serait entouré par des cellules endotheliformes de type aplati et une membrane basale, future membrane de Slavjansky qui constitue de petits follicules d'un diamètre de 0.5nm **(Thibault et Levasseur, 2001).**
- Le follicule secondaire : il est caractérisé par la présence de deux ou trois couches de cellules cubiques entourant l'ovocyte, ces cellules constituent la granulosa.
- Le follicule mur : ou follicule de « DE GRAAF »il atteint sa taille maximale chez la vache ; il comprend la thèque interne, la thèque externe et la granulosa qui est séparé de la thèque interne par une membrane basale.

L'ovocyte reste toujours enfermé dans un massif cellulaire constitué de la corona radiata et du cumulus oophorus **(Hanzen, 2000)**,(Figure 3)

L'ovogénèse est la formation des ovules, elle se déroule en quatre phases.

a. Plusieurs mitoses avec production d'ovogonies

b. accroissement donnant ovocytes primaire (Figure 4).

c.Mélose qui contribue à la formation d'ovocytes secondaires (II aires) puis ovotides

d .des Pseudo-Cytodifférentiations donnant des gamètes mûrs ou ovules.

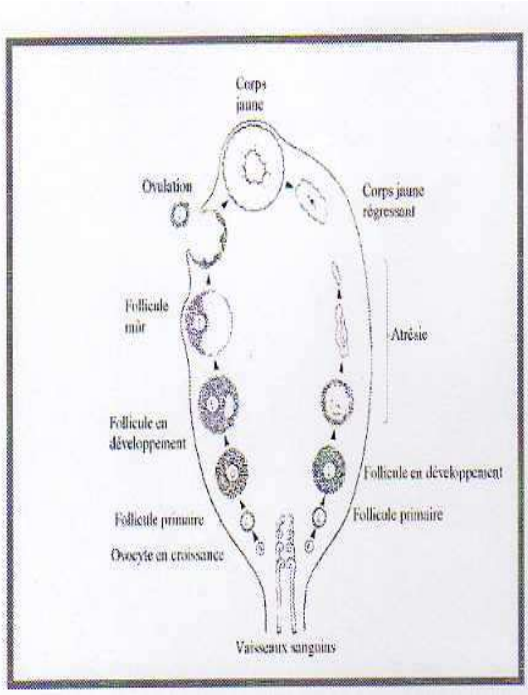


Figure 3 : Les étapes de développement ovarien Folliculaire, de l'ovulation et de la fonction Lutéinique (**d'après Petter et Ball, 1987).**

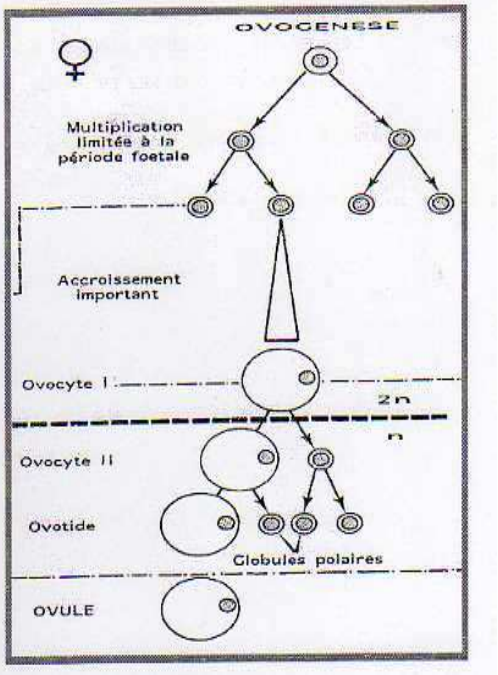


Figure 4 : Ovogénèse.

I.2.5.Le corps jaune :

Lors de l'ovulation, le follicule diminue de volume, sa paroi se plisse et sa cavité se remplit d'un exsudat serofibrineux qui ne tarde pas à coaguler.il s'ensuit une importante néoformation capillaire d'une part et une importante multiplication et transformation des cellules de lagranulosa en cellules lutéales (litéocytes) d'autre part. Progressivement deux types de cellules se multiplient, les unes dérivées de la granulosa (grandes cellules lutéales), les autres dérivées de la thèque (petites cellules lutéales).après quelques jours, ces cellules refoulent en tout ou en partie le coagulum vers le centre ou il persiste sous la forme d'une simple traînée ou sous la forme d'une cavité ou moins importante telle que celle observée dans les corps jaunes cavitaires. La lutéine donnant au corps jaune pleinement développé sa teinte orange voir jaune caractéristique. Le corps jaune atteint alors une taille de 20 à 25 mm de large et de 25 à 30 voire 35mm de long. Vers la fin du dioestrus. Le corps jaune rentre progressivement en régression.il prend une teinte plus rouille, sa saillie en surface (stigma) se réduit progressivement.

I.2.6. La puberté :

La puberté est caractérisée par un ensemble de manifestations qui ont pour origine les sécrétions d'hormones sexuelles, l'œstradiol chez la femelle. Ces hormones sexuelles provoquent à partir de la puberté l'apparition ou l'accentuation des caractères sexuels secondaires.

Elle se traduit aussi par le début d'activité de la gamétogénèse chez la femelle,
L'apparition des chaleurs et l'ovulation. Toutes ces manifestations sont régulées par les sécrétions hormonales de l'hypophyse : avant la puberté l'hypophyse secrétait surtout des hormones sexuelles, ce qui explique que parfois la puberté puisse s'accompagner d'un léger ralentissement de croissance. L'âge de la puberté varie selon la race, le niveau de l'alimentation (un niveau plus élevé rend l'animal plus précoce), et le mode d'élevage (les veaux élevés longtemps sous la mère sont plus tardifs que ceux issus de troupeaux laitiers mais l'âge à la puberté (75% de poids adulte) ne signifie pas bien sûr l'âge de leur mise à la production.

I.2.7. Régulation du cycle hormonale :

Les hormones hypophysaires et ovariennes interagissent les unes avec les autres sous le contrôle de l'hypothalamus, assurant ainsi la régulation du cycle sexuel. En prenant comme point de départ la fin de la phase lutéale, les principales actions hormonales sont les suivantes : vers la fin de la phase lutéale et en absence d'embryon in utero, l'utérus entraîne la lutéolyse par l'intermédiaire de la prostaglandine F2 alpha, ce qui permet à un nouveau cycle de se développer.

Les hormones gonadotropes FSH et LH, principalement la FSH, assurent la croissance folliculaire. Les follicules mûrs sécrètent une forte quantité d'œstrogènes. Ces derniers permettent l'apparition du comportement d'œstrus et exercent un rétrocontrôle positif sur

Le complexe hypothalamo-hypophysaire. L'autosensibilisation d'hypothalamus à des quantités croissantes d'œstrogènes permet une production massive de GnRH. L'hypophyse réagit par une production massive de FSH et LH, le pic de LH provoque l'ovulation.

Sous l'action de LH, après la libération de l'ovocyte, le corps jaune se forme, croît et sécrète la progestérone qui exerce une rétroaction négative sur le complexe hypothalamo-hypophysaire, bloquant toute production de GnRH. Elle a pour conséquence d'empêcher toute libération massive des gonadotrophines au niveau hypothalamo-hypophysaire et entraver toute croissance finale des follicules. Ainsi l'appareil génital reste au repos tant que la production de progestérone persiste. En cas De non fécondation, il y'aura chute de progestérone due à la lyse de corps-jaune par la PGF2 et on aura la levée de l'inhibition de la sécrétion de GnRH et des gonadotrophines qui vont préparer les follicules du prochain cycle **(Petter et Ball ,1994)** (Figure 5).

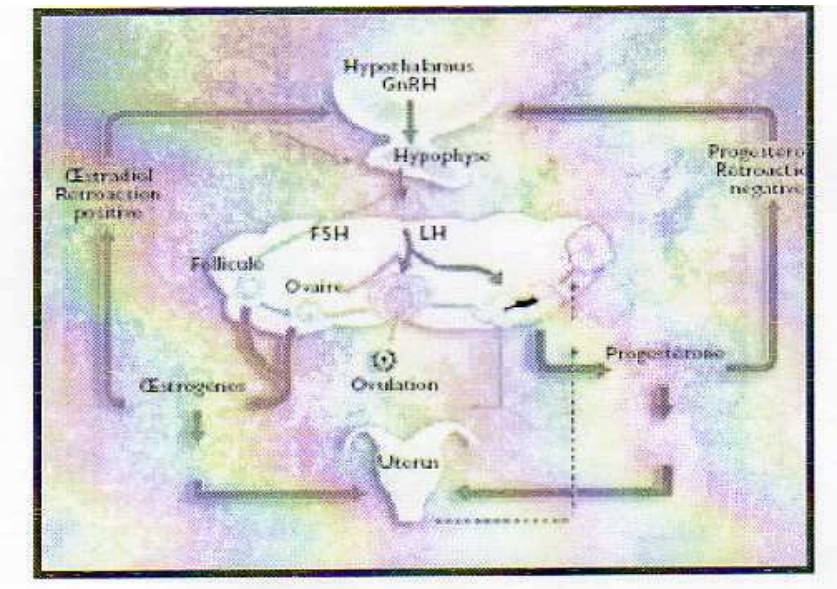


Figure 5 : Contrôle hormonal du cycle ovarien chez la vache (**Petter et Ball, 1994, cités par Roche, 2003)**

I.2.8. Le cycle œstral :

Le cycle œstral est caractérisé par l'apparition d'un comportement d'œstrus ou l'acceptation du male pendant la période qui précède l'ovulation (**Dudouet ,2004 ; Gayrard ,2007**).La durée de cycle sexuel est de 21 jours chez les femelles bovines.

a. L'œstrus ou chaleurs (j0) : cette phase est caractérisée par la réceptivité sexuelle de la vache qui accepte le chevauchement par un taureau ou une autre vache du troupeau. Pendant l'œstrus, le follicule continue sa croissance et se prépare à ovuler.

Au niveau de l'utérus, la cogestion s'accentue, la muqueuse vaginale est fortement congestionnée, le col est ouvert et permet le passage des spermatozoïdes ; la glaire cervicale liquéfiée apparait à l'extérieur des lèvres vulvaires. Pendant cette phase, la femelle recherche, attire, accepte le male (chevauche et se laisse chevaucher par ses congénères).

b. Le méta œstrus ou post œstrus (j1 à j3) : le follicule finit sa maturation puis l'ovulation a lieu. Il y a formation du jeune corps jaune qui commence à sécréter de la progestérone. Durant cette phase les glandes utérines secrètent un liquide blanchâtre : le lait utérin, le col se ferme et la glaire s'épaissie.

c. Le dioestrus ou anoestrus (j4 à j18) : Le corps jaune sécrète alors des concentrations significatives de progestérone. Le dioestrus se termine lorsque la lutéolyse débute ou période de repos sexuel. Le dioestrus dure 10 à 11 jours (6éme-17éme jour du cycle) mais cette durée est très variable puisque elle détermine la durée du cycle œstral selon **(Michel et wattiaux, 1995).** Pendant cette phase on a une régression de l'endomètre due à la chute du taux de progestérone le col est fermé hermétiquement grâce à un bouchon muqueux très épais **(Derivaux et Ectors, 1980).**

La Figure 6 montre les différentes phases de cycle œstral de la vache.

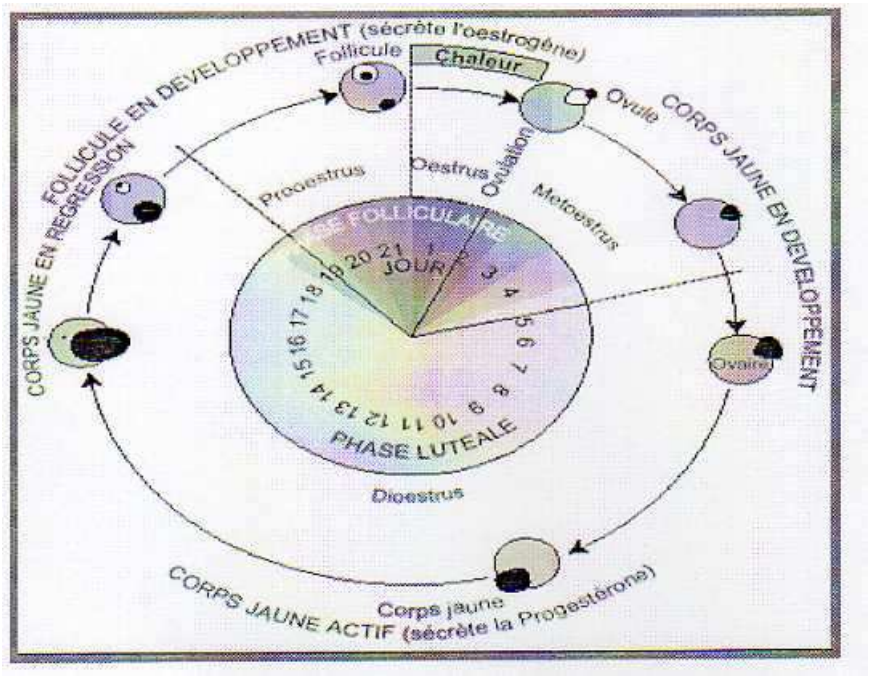


Figure 6 : Cycle sexuel de la vache (Wattiaux, 1995).

d. Le pro œstrus (j19 à j21) : cette phase de préparation à l'œstrus est caractérisée par la chute du taux de progestérone et par l'émergence d'un nouveau follicule dominant. La vulve est rosée et laisse échapper un peu de mucus. La vache commence ensuite à monter les autres vaches mais celles-ci ne se laisse pas faire à moins d'être elles-mêmes en chaleurs **(Guy Lacert et al. 2003).**

L'œstrus est donc une période relativement courte par rapport à la durée du cycle œstral ce qui en rend la détection difficile.

D'après **Hanzen (2010),** c'est une période du cycle œstrale d'une durée de 2 à 3 jours correspondant à la régression du corps jaune.

I.2.9.La fécondation

C'est essentiellement la pénétration du spermatozoïde dans l'ovule, phénomène qui a été établi pour la première fois par (**Spalanzani en 1787).**

L'ovocyte expulsé de l'ovaire, arrive par le pavillon dans la portion ampullaire de l'oviducte. Il est entouré par les spermatozoïdes et la fécondation à lieu (figure 7).

L'œuf ne va pas tarder à se diviser et à se diviser et à migrer vers l'isthme de l'oviducte **(Vaissaire, 1977).**

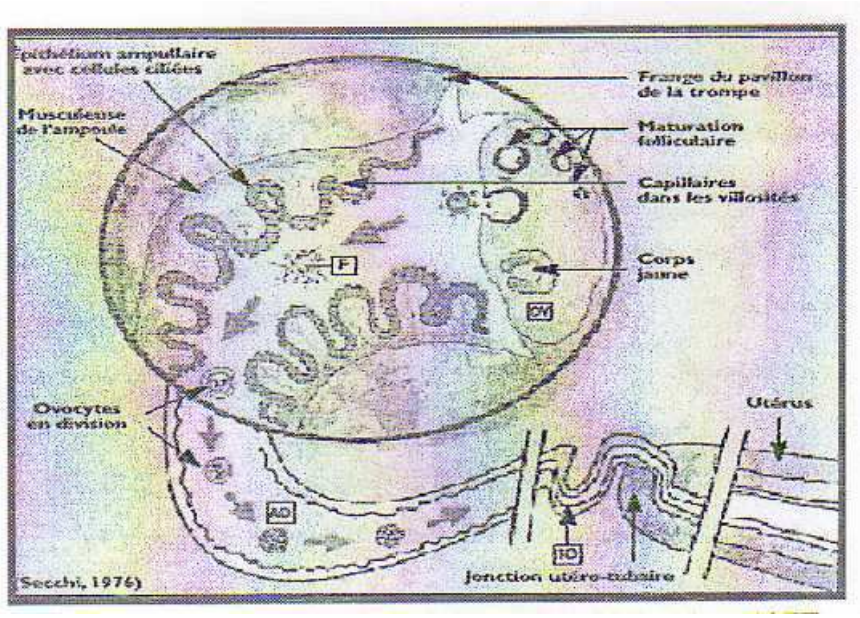


Figure 7 : La fécondation chez la vache (Vaissaire ,1977).

Les progrès réalisés dans le domaine de la biotechnologie permettent à l'éleveur d'aujourd'hui la bonne maitrise de la reproduction de ces animaux par les techniques suivantes : la maitrise du cycle sexuel, l'insémination artificielle et le diagnostic de gestation.

La détection des chaleurs est le premier facteur qui affecte les résultats de la fécondité et de la fertilité **(Disenhaus, 2005).**

I.3. La détection des chaleurs chez la vache

I.3.1. Le comportement sexuel :

L'œstrus correspond à la période pendant laquelle se manifestent des modifications comportementales précédant l'ovulation (**Saint-Dizier, 2005**). Cette définition doit donc être précisée en fonction des manifestations comportementales observées comme :

a)L'acceptation de la vache aux chevauchements : cette acception permet le rapprochement sexuel, le coït et l'émission des gamètes males dans le tractus génital femelle (figure 8).

b) L'agitation : une vache est plus agitée le jour de l'œstrus et passe moins de temps à s'alimenter et à boire.la période d'œstrus dure 18 à 24 h chez la vache.

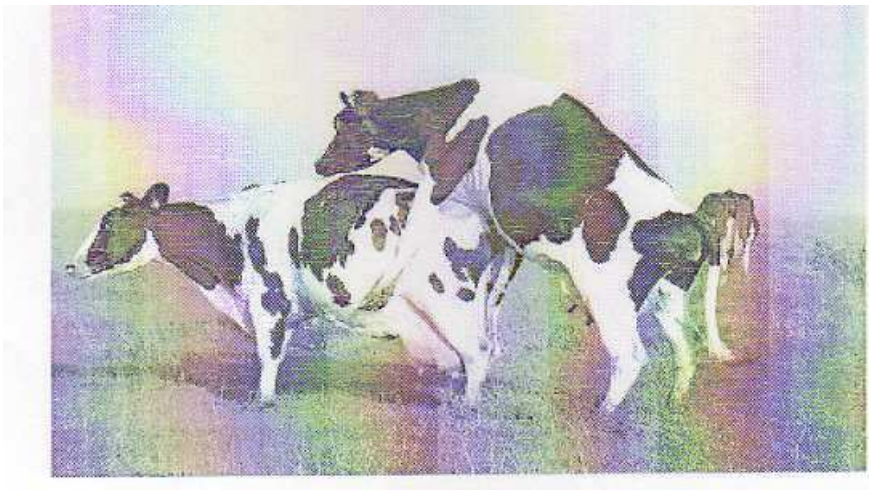


Figure 8 : Deux vaches en chaleurs

I.3.2. Les chaleurs :

On peut distinguer des chaleurs naturelles et des chaleurs induites.

a. Les chaleurs naturelles :

Ces chaleurs surviennent naturellement sans aucune influence de l'homme. Elles sont reconnues grâce à l'extériorisation des signes anatomorphologiques et psychosexuels appelés signes des chaleurs, ces signes se divisent en deux groupes :

- **Les signes externes :**

Ils se reconnaissent à l'œil par observation directe sur la femelle, ce sont :

-

-La congestion et la tuméfaction de la vulve.

-Les écoulements filants et clairs du mucus à travers la vulve.

- Les beuglements répétés, l'inquiétude, la baisse de l'appétit et de la lactation chez les laitières.

-La femelle flaire ses congénères, chevauche et se laisse chevaucher par celles-ci ou par un taureau de l'étable.

Les signes internes :

Ils sont perceptibles grâce à un examen interne des voies génitales, à l'aide du spéculum et la fouille rectale .les principaux sont :

-L'ouverture du cervix de l'utérus ;

-La congestion de la muqueuse vulvaire ;

-La contraction de l'utérus et la présence de follicule déhiscent, de consistance élastique.

Le tableau 2 montre les principaux signes à rechercher :

Début des chaleurs (6-10h)	**Chaleurs proprement dites (16-18h)**	**Fin des chaleurs**
La vache renfle les autres vaches	Se laisse monter	Nr se laisse plus monté.
Elle chevauche ces compagnes.	Beugle et nerveuse	Flaire encore les autres.
La vulve est rouge et légèrement gonflée	Diminution de la production laitière	Décharge du mucus toujours clair.
	Monte les autres.	
	Vulve rouge.	
	Décharge du mucus clair et pupille dilatée.	

Tableau 2 : Les principaux signes des chaleurs

b. Chaleurs induites :

Ce sont des chaleurs artificielles obtenues grâce à l'utilisation des substances biochimiques appelés synchronisant ou par l'énucléation manuelle du corps jaune.

I.3.3. Les méthodes de détection des chaleurs :

Que la saillie soit naturelle ou artificielle, la détection des chaleurs est importante pour planifier la reproduction et détecter les anomalies chez les reproducteurs males et femelles ; le non détection d'une période de chaleurs conduit à un retard systématique de la durée d'un cycle, soit environ trois semaines **(INRA ,1984)**

Il ya des méthodes non visuelles et des méthodes visuelles :

a. Les méthodes visuelles :

L'observation visuelle de l'œstrus reste la méthode la plus ancienne et la plus fréquemment utilisé. Elle se base essentiellement sur l'observation du troupeau et le comportement des vaches, l'efficacité de la détection des signes de chaleurs dépend de la fréquence des observations : rien ne peut se substituer à cela (**Guy Lacerte, 2003**) et aussi en fonction de certaines caractéristiques :

- **Le lieu d'observation :** la stabulation libre offre des conditions optimales pour la détection des chaleurs (chaque vache peut identifiée de loin) **(Haskouri ,2001).**
- **Le moment d'observation :** il a été rapporté que le maximum d'entrées en chaleurs a eu lieu vers 6 heures du matin et il y a donc intérêt à surveiller le troupeau une ou deux fois plus tard au cours de la journée et en fin de soirée. Les résultats de nombreuses recherches indiquent que plus au moins 70%des montes se produisent entre 7 heures du soir et 7 heures du matin **(Wattiaux, 2004),** soit entre 18h et 24h selon **(Amyot** et **Hurnik ,1987).**
- **La fréquence et le nombre d'observation.**

b. Les méthodes non visuelles :

Quand les animaux ne peuvent pas être observés par l'éleveur, on utilise les méthodes non visuelles qui ne nécessitent pas un contrôle des mesures, elles sont basées sur :

- ✓ L'élévation de la température rectale.
- ✓ L'accélération du pouls.
- ✓ La diminution de PH vaginale.
- ✓ Le dosage de la progestérone (lait ou sérum).

La détection peut être réalisée par d'autres moyens à savoir :

- Utilisation d'un taureau détecteur : Différentes méthodes peuvent être utilisées pour atteindre ce résultat **(Hanzen, 1999).**
- ❖ Suppression de la spermatogénèse par castration chirurgicale.
- ❖ Déviation de pénis.

- Utilisation des vaches androgenèses ; Selon **Lacerte et al. (2003),** cette méthode est peu utilisée.
- Utilisation des marqueurs de chevauchement.

I.3.4. Insémination artificielle

a. Définition :

C'est une biotechnologie de la reproduction la plus largement utilisée dans le monde.

L'insémination artificielle est appliquée principalement pour assurer l'amélioration génétique rapide sur des animaux domestiques.

Elle consiste à déposer la semence d'un taureau, dans le tractus génital femelle, au moment le plus opportun des chaleurs.

b. Les avantages de l'insémination artificielle

Les avantages multiples de l'insémination sont :

- **Les avantages génétiques :**

L'insémination artificielle donne l'occasion de choisir des taureaux testés qui transmettent des traits désirables à leur descendance **(Michel et wattiaux, 1995).**

- **Les avantages sanitaires :**

  Le choix des males reproducteurs ainsi que la réalisation de l'insémination avec du matériel jetable, permet d'éviter la transmission des maladies vénériennes, ou contagieuses telles que la tuberculose et la brucellose.

- **Les avantages techniques :**

  La diffusion rapide dans le temps et dans l'espace du progrès génétique, une grande possibilité pour l'éleveur de choisir des caractéristiques du taureau qu'il désire utiliser en fonction de son type d'élevage et l'option de reproduction animale à développer.

c. Le moment idéal de l'insémination :

Traditionnellement, les inséminations artificielles suivent la loi du <<matin-soir>>établie par **(Hanzen, 2010 ; Saumande, 2001)** toute vache vue en chaleur le soir est inséminée le lendemain matin et toute vache vue en chaleur le matin est inséminée le soir.

La détection des chaleurs revêt une grande importance dans les programmes d'insémination, car les secrétions (mucus) cervicale et utérine possèdent des propriétés bactéricides très puissantes, de plus ces sécrétions augmentent la vigueur et durée de vie des spermatozoïdes, les chaleurs terminées, les secrétions diminueront rapidement, le moment de l'insémination en fonction des paramètres suivants :

-Le moment de l'ovulation de la femelle (14 heures après la fin des chaleurs).

-La durée de la fécondité de l'ovule (environ, 5h)

-Temps de montée des spermatozoïdes dans les voies génitales femelles (de 2 à 8 heures).

-Durée de la fécondité des spermatozoïdes (environ 20h).

d. La technique de l'insémination :

- Vérification et préparation de matériel : il faut vérifier qu'il y'a suffisamment de matériel propre et hygiénique ;
- Identification de la vache ;
- Décongélation de la semence ;
- Le montage de paillète ;
- L'insémination : selon **Hanzen, (2000)** il y a deux méthodes pour inséminer :

➢ **Par voie vaginale**

➢ **Par voie recto vaginale :**

C'est la plus utilisée car c'est la plus rapide et la plus hygiénique, elle consiste à :

✓ Vider le contenu de rectum, et par la main droite est saisit le col
✓ Introduire le pistolet d'insémination dans la vulve par l'inséminateur
✓ Mobiliser le col pour que celui-ci vienne entourer le tube.
✓ L'index de la main droite contrôle à travers les tissus **(William, 1990)**
✓ Retirer lentement l'instrument pour éviter les blessures

e. Les facteurs d'échec de l'insémination

Plusieurs facteurs peuvent influencer la reproduction, de même pour l'échec de l'insémination, beaucoup de facteurs peuvent être à l'origine.

I.4.Les outils spécifiques d'aide à la détection des chaleurs

Avant toute chose, il est nécessaire de préciser les qualités d'un outil de détection à savoir la sensibilité, la spécificité et l'exactitude. Pour ce faire, le tableau 4 résume le principe général d'un outil de détection.

	Test positif	**Test négatif**
Animal en œstrus	Vrai positif(VP)	Faux Positif(FP)
Animal en phase lutéale	Faux Négatif(FN)	Vrai Négatif(VN)

Tableau 3: Principe général d'un outil de détection de l'œstrus chez la vache laitière.

- La sensibilité d'un test est égal à : VP/ (VP+FN)

- La spécificité est égal à : VN/ (VN+FP)
- L'exactitude est égal à : (VP+VN)/ (FP+FN)

Il existe actuellement de nombreux outils ne permettant pas de s'affranchir de l'observation du troupeau mais offrant une aide à la détection de l'œstrus.

Le système de détection idéal devrait (SENGER 1994) :

- Permettre une surveillance continue du troupeau ce qui inclut une source d'énergie fiable et un moyen de fixation correct pour permettre une bonne sensibilité
- Permettre une identification automatique et précise de l'animal en œstrus. Les animaux doivent donc être identifiés électroniquement de façon permanente
- Etre utilisable tout au long de la vie de l'animal. Ceci pourrait être permis par des dispositifs implantés chirurgicalement
- Nécessiter un travail minimal voire nul
- Permettre une détection précise de la modification comportementale ou physiologique recherchée pour permettre une bonne spécificité

I.4.1. Le planning d'élevage :

Le planning d'élevage est un planning de reproduction permettant la visualisation de l'état physiologique de l'ensemble des vaches du troupeau (figure 6). Il s'agit le plus souvent d'un planning rotatif dont l'utilisation est un peu complexe mais dont le principe est relativement simple : chaque vache est représentée par une épingle sur laquelle figure son numéro (le plus souvent numéro du DAC) et cette épingle migre sur le tableau en fonction de l'état physiologique de la vache en question.

Figure 6 : Planning d'élevage rotatif

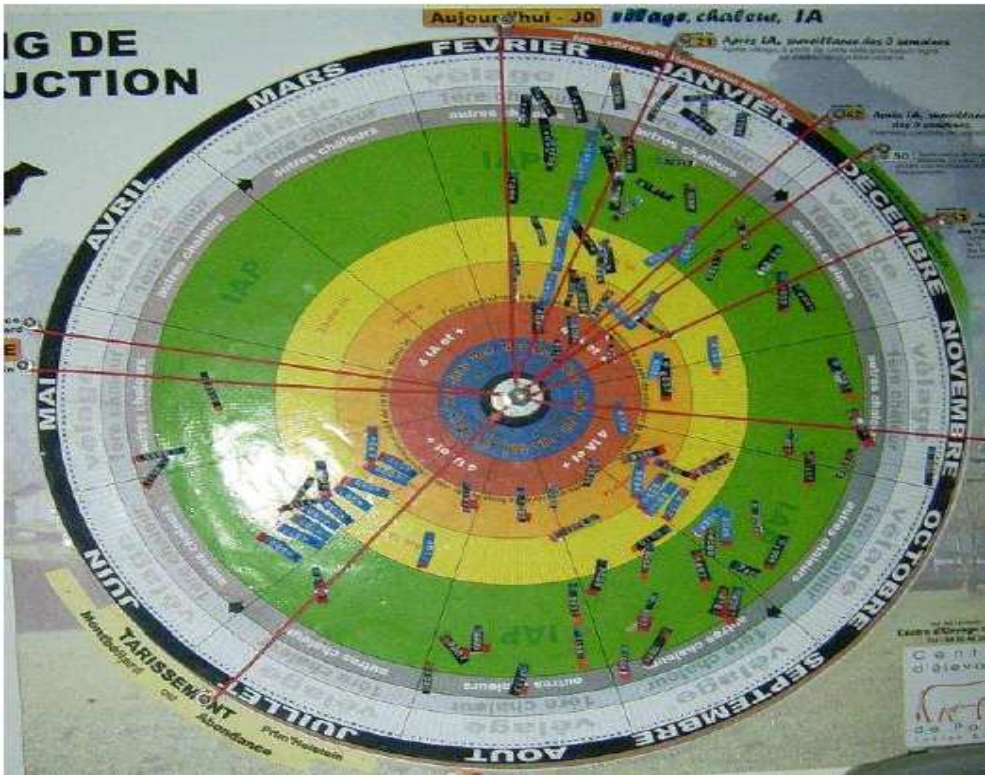


Figure 9: Planning d'élevage rotatif

I.4.2. Les détecteurs de chevauchement:

De nombreux détecteurs de chevauchement existent, du simple crayon marqueur au détecteur de chevauchement électronique à distance.

a. Les crayons marqueurs :

Les crayons marqueurs sont utilisés afin de réaliser une bande de couleur (souvent 20cm de long et 5cm de large) en avant de la base de la queue où elle peut être effacée par un éventuel chevauchement. Une vache est ainsi considérée en chaleur lorsque la bande colorée est Largement enlevée ou étalée. Il s'agit d'un dispositif peu onéreux mais dont la durée de vie est relativement courte. Les bandes doivent ainsi être fréquemment refaites.

b. Les détecteurs mécaniques de chevauchement :

Les détecteurs mécaniques de chevauchement sont des dispositifs contenant une poche transparente englobant un réservoir opaque rempli d'encre rouge. Sous la pression d'un chevauchement, le réservoir éclate et l'encre diffuse dans la poche transparente qui devient alors colorée voire luminescente.

Figure 10 : Capsule KAMAR

Figure 11 : Capsule kamar fixée sur la croupe, avant et après chevauchement (d'après SAINT-DIZIER 2005)

c. Les détecteurs électroniques de chevauchement :

Il existe enfin des détecteurs électroniques de chevauchement. Il s'agit de capteurs de pression placé dans une pochette résistant à l'eau fixée à un support textile en nylon, lui-même collé sur la croupe de l'animal à proximité de la queue.

Lorsque ce capteur enregistre une pression d'une intensité et d'une durée déterminées, l'éleveur est averti par l'intermédiaire d'un logiciel livré avec le dispositif ou d'une lumière présente celui-ci.

I.4.3. Les systèmes d'enregistrement de l'activité :

Il s'agit d'un dispositif contenant un réservoir d'encre que l'on colle sur la croupe de la femelle. Lorsqu'elle accepte le chevauchement, le réservoir éclate et l'encre diffuse dans toute la capsule qui ainsi se colore. La coque du réservoir est relativement résistante, ce qui évite les déclenchements par excès. L'encre est fluorescente pendant une douzaine d'heures ce qui permet de bien visualiser l'Oestruflash® dans l'obscurité. Après ces 12 heures, l'encre devient plus rouge terne, ce qui indique que la vache a été chevauchée depuis plus de douze heures. Cette indication peut avoir un impact sur la décision d'appel de l'inséminateur

L'activité d'une vache augmente au cours des chaleurs. La quantification des déplacements de la vache est également un signe exploité pour la détection de l'œstrus. L'augmentation de la marche et la diminution des couchages peuvent être les témoignages d'une certaine fébrilité œstrale. Elle a tendance à être plus nerveuse, à aller plus aux contacts des autres. Elle peut marcher sur un cercle ou suivre une congénère « à la trace ». Elle se note soit par l'appréciation globale de l'éleveur, soit par l'utilisation des podomètres.

I.4.5. La mesure de la résistance électrique vaginale :

Comme vu précédemment, l'un des signes classiques de l'œstrus est une vulve humide et enflée (SENGER 1994). Ceci est dû à des changements dans l'hydratation du mucus et du tractus vaginal sous l'effet des œstrogènes (SAUMANDE 2000).

Il en présente des modifications de la résistance électrique des tissus et des sécrétions de l'appareil génital. Ainsi la résistance électrique des sécrétions vaginales est très élevée lors de la phase lutéale puis diminue lors de la phase folliculaire pour atteindre un minimum lors de l'œstrus (SENGER 1994) et plus précisément lors du pic pré-ovulatoire de LH (RORIE te al.2002).

Figure 12 : Sonde ovactec (SAINT-DIZIER 2005)

I.4.6. Les autres outils :

a. Mesure des variations de température autour de L'œstrus (SAUMANDE 2000) :

Des variations péri-œstrales de la température corporelle des vaches ont été décrites. Quelques jours avant le début de chaleurs, une baisse de la température est observée avant que ne survienne un pic (augmentation de 0.3 à 1°c) généralement concomitant du début des acceptations de chevauchement. Comme ce pic peut être de courte durée, il est nécessaire d'assurer un suivi régulier des variations de température qui peut être réalisé par :

- Un système implanté dans le vagin : il a permis de détecter 17 œstrus sur 21 avec 3 faux positifs lors d'une étude réalisée sur des vaches laitières.
- Un système implanté dans l'oreille : les essais n'ont pas donné de résultats probants.
- Le dispositif CowTemp placé à vie dans le réseau de l'animal : ce système enregistre la température de l'animal toutes les 30 minutes et est en cours d'évaluation.

b. les informations recueillies pendant la trait (SAUMANDE 2000) :

- Variation de la quantité du lait produit : comme vu précédemment, une vache produit moins de lait en période d'œstrus. Toutefois, la conclusion de la plupart des études qui se rapportent à ce critère est que cette baisse de production laitière ne permet pas une identification fiable d'un animal en chaleur. En effet, les mammites subcliniques peuvent potentiellement induire une baisse de production équivalente et sont relativement fréquentes. Une variation de la quantité de lait produit peut toutefois servir d'indice et attirer l'attention de l'éleveur.

- Elévation de la température du lait : au moment de l'œstrus, une augmentation de la température du lait (0.2-0.4°C) est observée dans 35 à 75% des cas. Mais pour un taux de détection de 50%, l'exactitude est seulement 55% ce qui montre les limites de cette approche.
- Modification de la conductivité du lait : aucune donnée chiffrée n'existe sur cette méthode qui est pourtant avancée par les fournisseurs de matériel de traite.

c. Dosage de la concentration en progestérone dans le lait (NEBEL 1988) :

En comparant le niveau de progestérone au jour de l'I.A. avec celui au jour 22-24 après l'I.A., on peut savoir avec 95 % de certitude si l'animal est en chaleur. Le niveau de progestérone est alors bas. Si la vache ne manifeste pas de chaleur, il peut y avoir eu une chaleur silencieuse, chaleur détectable avec la progestérone. Il faut se méfier si le taux de progestérone est élevé, car cela ne veut pas nécessairement dire que la vache est gestante, mais qu'elle est présumée gestante, une anomalie pouvant bloquer le cycle. Un test E.L.I.S.A. (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay), le plus rapide, prend environ 10 minutes, mais ne peut être utilisé en élevage pour d

I.5.Conclusion :

On a vu dans ce chapitre que le cycle œstral est l'ensemble des modifications de l'appareil génital qui interviennent à l'intervalle de temps régulier et à un rythme fixe selon les espèces.

On a vu aussi que les bases physiologiques comportent 3 aspects :

- Les comportements sexuels (composante de l'éleveur)

-Les événements sexuels ovariens (composante du clinicien)

-Les aspects hormonaux (composante de laboratoire).

Chapitre II

Description générale du système

II. Introduction :

Après que nous avons introduit la description de l'appareil génital, la physiologie et les outils de détection de chaleurs, nous allons décrire la conception de notre système de surveillance du comportement de la vache. Ce système est composé :

D'un détecteur de mouvement et de déplacement qui est un accéléromètre. Ce capteur sera géré par un système a microcontrôleur de faible consommation et encombrement. Dans notre système nous avons choisir la carte Arduino nano que nous allons décrire dans ce chapitre.

Les éléments principaux de ce système sont présentés dans la figure13

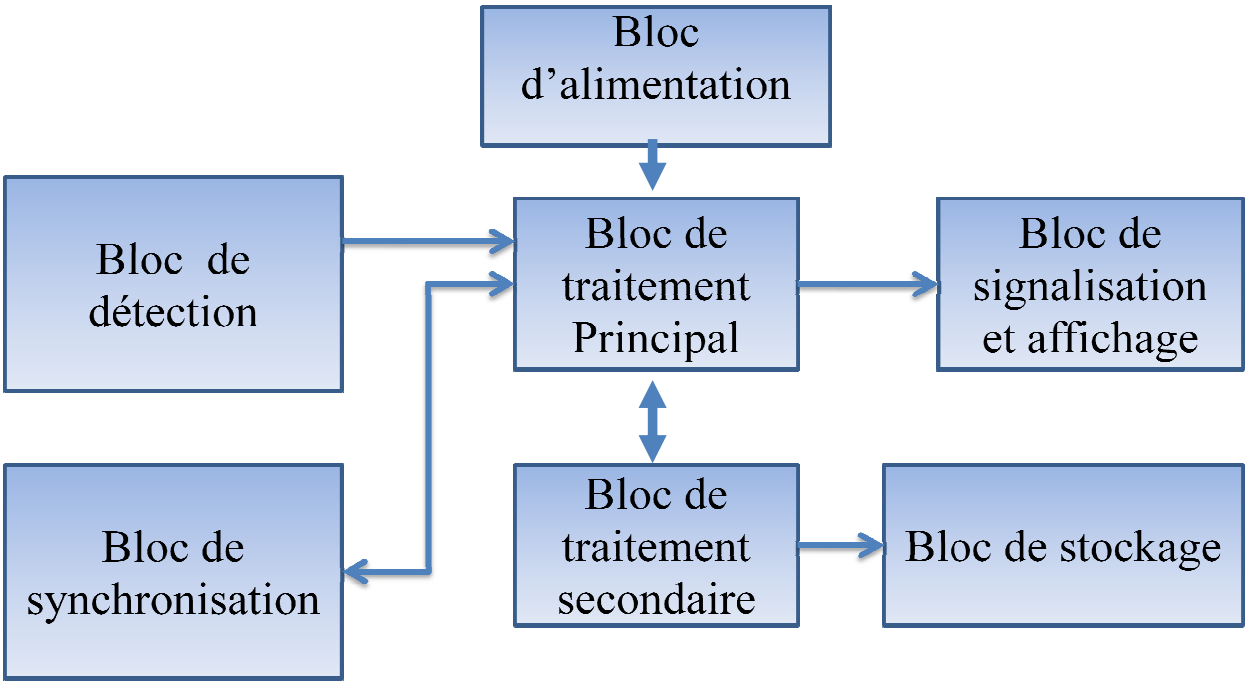


Figure 13 : Le schéma synoptique du système

Notre système s'occupe de l'acquisition des donnés en temps réel de l'activité physique d'une vache.

Une fois les donnés acquirent, un bloc de traitement dit principal permet :

L'affichage des différentes informations ainsi qu'une signalisation sonores au cas au le moment opportun de l'insémination artificiel se présente.

Le stockage des donnés pour une utilisation ultérieurs via un deuxième bloc de traitement.

Le système est alimenté via le bloc de traitement principal par un bloc d'alimentation.

II.1.Description de la carte ARDUINO UNO :

C'est une plate-forme basée sur une interface entrée/sortie simple. Il était destiné à l'origine principalement mais pas exclusivement à la programmation multimédia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques, ce qui explique en partie la descendance de son environnement de développement de Processing, lui-même inspiré de l'environnement de programmation Wiring (l'un pensé pour la production d'applications impliquant des graphismes et l'autre pour pilotage de salles de spectacles).

Arduino peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels (ex. : Macromedia Flash, Processing, Max/MSP, Usine Hollyhock, Pure Data, SuperCollider). En 2011, les versions vendues sont pré-assemblées. Des informations sont fournies pour ceux qui souhaitent assembler ou construire une carte Arduino eux-mêmes.

II.1.1.-La carte Arduino Nano :

La carte Arduino Nano propose plus ou moins les mêmes fonctionnalités que la carte Arduino Duemilanove mais dans un design plus compact. Par rapport à la carte Arduino Duemilanove, la carte Arduino Nano ne propose pas de prise jack pour l'alimentation et la prise USB est une prise mini-USB plutôt qu'une prise USB standard.

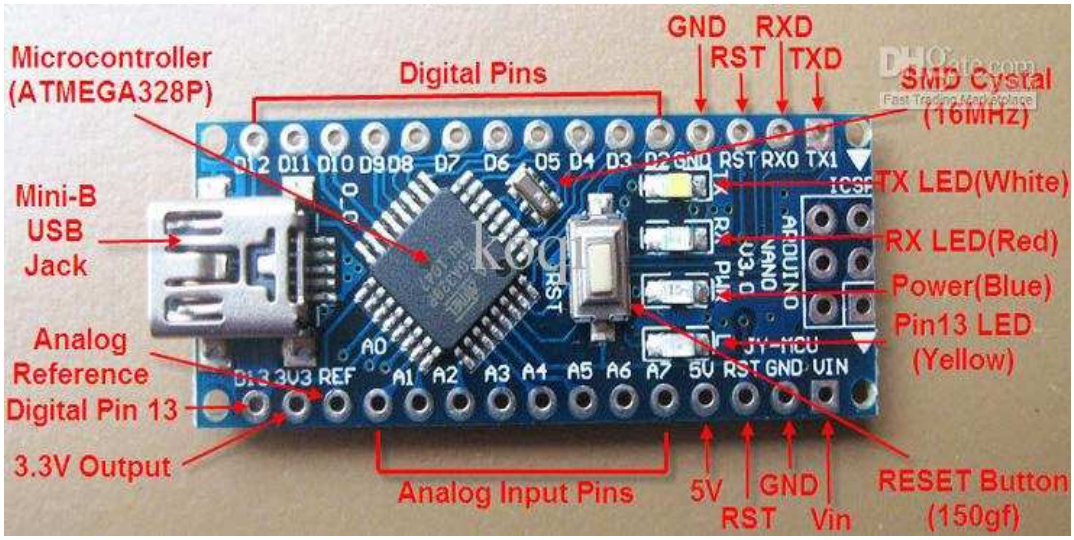


Figure 14 : Les composants de la carte Arduino Nano

L'intérêt principal des cartes ARDUINO est leur facilité de mise en œuvre. ARDUINO fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open-source. Le chargement du programme dans la mémoire du microcontrôleur se fait de façon très simple par port USB. En outre, des bibliothèques de fonctions ''clés en main '' sont également fournies pour l'exploitation d'entrées-sorties courantes : gestion des E/S, gestion des convertisseurs ADC,

génération de signaux PWM, exploitation de bus 12C, exploitation de servomoteurs, émission / réception série…

II.1.2-Caractéristiques principales:

- alimentation: via port USB ou 5 Vcc régulée sur broche 27 ou 6 à 20 V non régulée sur broche 30.
-microprocesseur: ATMega328
- mémoire flash: 32 kB
- mémoire SRAM: 2 kB
- mémoire EEPROM: 1 kB
- 14 broches d'E/S dont 6 PWM
- 8 entrées analogiques 10 bits
- intensité par E/S: 40 mA
- cadencement: 16 MHz
- bus série, I2C et SPI
- gestion des interruptions
- fiche USB: mini-USB B
- boîtier DIL30
- dimensions: 45 x 18 x 18 mm

Version d'origine fabriquée en Italie.

II.1.3. Alimentation de la carte Arduino Nano :

La carte peut être alimentée par la prise mini-USB ou bien par une source d'énergie externe non régulée, à 6-20V (pin 30), ou bien encore par une source d'énergie externe non régulée à 5V (pin 27). La source d'énergie est automatiquement sélectionnée en selon le voltage le plus important.

II.1.4.Protection du port USB contre la surcharge en intensité :

La carte Arduino UNO intègre un poly-fusible réinitialisable qui protège le port USB de votre ordinateur contre la surcharge en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité). Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliquées au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé.

II.1.5. Gestion des mémoires dans la carte ARDUINO :

L'ATmega 328 a 32Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 0.5Ko également utilisés par le bootloader).l'ATmega 328 a également 2Ko de mémoire SRAM (volatile) et 1Ko d'EEPROM (non volatile – mémoire qui peut être lue à l'aide de la librairie EEPROM).

II.1.6.Les entrées /sorties numériques :

Chacune des 14 broches numériques de la carte UNO (numérotées des 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions **pinMode ()**, **digitalWrite ()** et **digitalRead ()** du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en

5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne ''résistance de rappel'' (pull-up) (déconnecter par défaut) de 20-50KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction **digitalWrite** (broche, **HIGH**).

Il y a entre ces broches celles qui ont des fonctionnalités en plus :

- ✓ Communication série : broches 0(RX) et 1(TX).utilisées pour recevoir (RX) et transmettre (TX) les données série de niveau TTL. Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série de la carte (composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur). On fait
- ✓ Appel à la transmission série a travers ces broches avec l'instruction Serial.print (), à condition que le câble USB soit déconnecté, sinon il va y avoir un chevauchement.
- ✓ Interruptions externes : broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur. Voir l'instruction **attachInterrupt ()** pour plus de détails.

- ✓ Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée) : Broches 3, 5, 6,10, et 11. fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction **analogWrite ().**
- ✓ SPI (Interface Série Périphérique) : broches 10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP.
- ✓ I2C : broches 4(SDA) et (SCL), Supportent les communications de protocole I2C, disponible en utilisant la librairie **Wire/I2C.**
- ✓ LED : broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.

II.1.7. Les entrées analogiques :

La carte dispose de 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (c.à.d. sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction **analogRead ()** du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche ARFF et l'instruction **analogReference ()** du langage Arduino.

NB : les broches analogiques peuvent être utilisées en tant que broches numérique : elles sont numérotées en tant que broches numériques de 14 à 19, aux cas ou le nombre de broches numériques n'est suffisant.

-Autre broches :

Il y a deux autres broches disponibles sur la carte :

- ✓ **AREF** : tension de référence pour les entrées analogiques (si différent du 5V), utilisée avec l'instruction **analogReference ().** Elle s'utilise pour réduire.

- ✓ **Reset** : mettre cette broche au niveau BAS entraîne la réinitialisation (=le redémarrage) du microcontrôleur. Typiquement, cette broche est utilisée pour ajouter un bouton de réinitialisation sur le circuit qui bloque celui présent sur la carte.

II.1.8.ARDUINO et la communication avec l'extérieur :

La carte Arduino dispose de toute une série de facilités pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou avec d'autres microcontrôleurs.

L'ATmega 328 dispose d'une UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter ou émetteur-récepteur universel asynchrone en français) pour communication série de niveau TTL (5V) et qui est disponible sur les broches 0 (RX) et 1 (TX).

Le logiciel Arduino (dont l'on va parler dans le chapitre suivant) inclut une fenêtre terminal série (ou moniteur série) sur l'ordinateur et qui permet d'envoyer des textes simples depuis et vers la carte Arduino. Les LED RX et TX sur la carte clignote lorsque les données sont transmises via le circuit intégré USB-vers-série et la connexion USB vers l'ordinateur (mais pas pour les communications série sur les broches 0 et 1) .une librairie Série Logicielle permet également la communication série (limitée cependant) sur n'importe quelle broche numérique de la carte UNO.
L'ATMega 328 supporte également la communication par protocole I2C et SPI :

- Le logiciel Arduino inclut la librairie Wire qui simplifie l'utilisation du bus I2C.
- Pour utiliser la communication SPI (Interface Série Périphérique), la librairie pour communication SPI est disponible, il suffit de la faire inclure dans le programme au niveau du logiciel Arduino lors de la programmation.

II.2.Le microcontrôleur ATMega 328 :

Le microcontrôleur utilisé sur la carte ARDUINO UNO est un microcontrôleur ATMega328. C'est un microcontrôleur ATMEL de la famille AVR 8 bits.

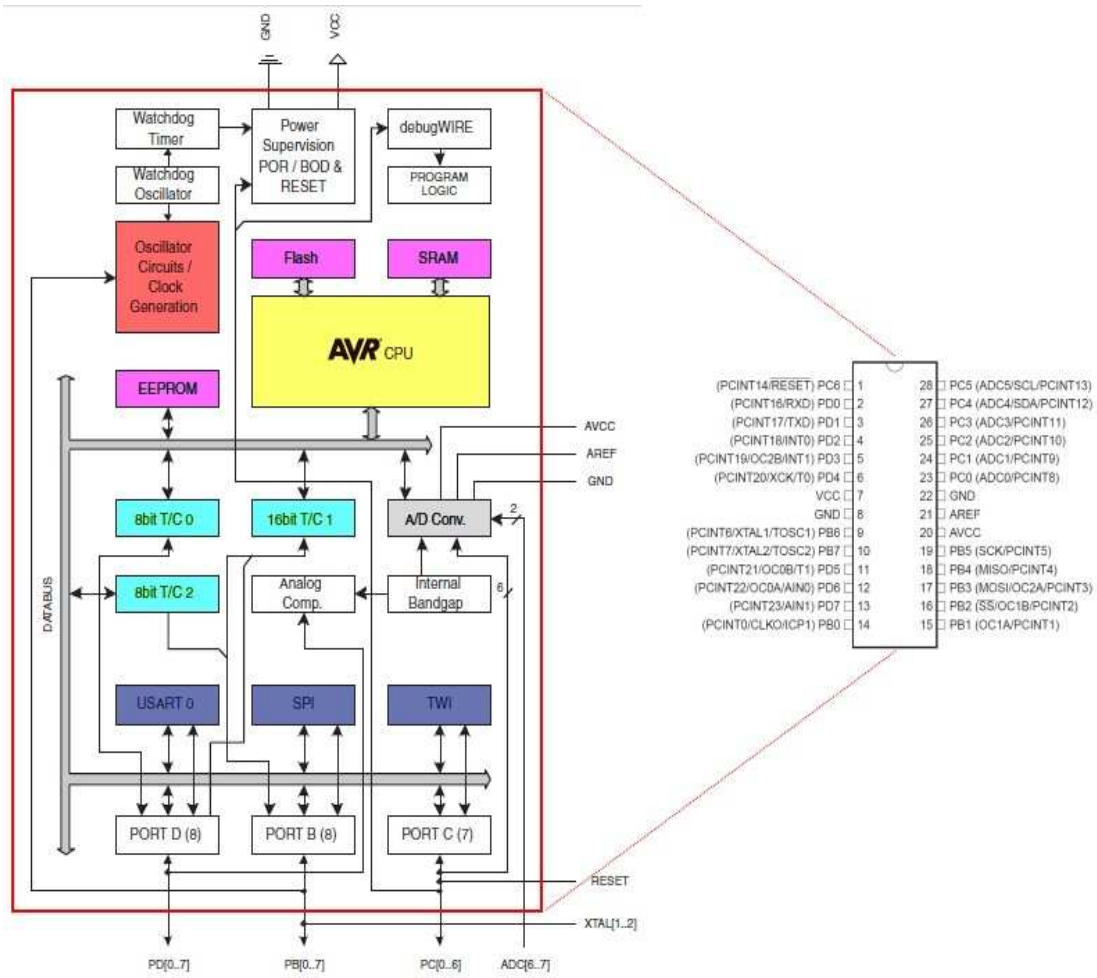


Figure 15: Le microcontrôleur ATMega328

II.2.1. Les principales caractéristiques de l'ATMega328 :

- un processeur 8 bits à architecture RISC ;
- de la mémoire avec des espaces physiques séparés :
  - mémoire Flash (32 Ko) pour les programmes,
  - mémoire vive SRAM (2 Ko) pour les données,
  - mémoire EEPROM (2 Ko) pour les données de sauvegarde ;

- toute la logique d'horloge (16 MHz) ;
- des circuits d'interface et des périphériques d'entrée-sortie permettant au processeur d'accéder au monde extérieur :

  - des Timers/Counters (T/C) 8 et 16 bits
  - génération des signaux PWM,
  - des interfaces de communication série (UART, SPI, TWI compatible I2C…),
  - un convertisseur Analogique-Numérique (A/D Conv.),
  - etc.

II.3.Bloc de détection :

II.3.1.Détection de mouvement :

Dans notre système, on a choisi pour la détection de mouvement le gyro-accéléromètre MPU 6050

Cette accéléromètre est un capteur qui sera fixé sur la vache, et qui permettra de mesurer l'accélération linéaire selon 3axes.

Cette accélération est définie en m /s^2 (SI), mais la majorité des documentations sur ces captures exprime en « g » (environ 9,81 m/s^2) l'accélération (comme celle causée par la gravitation terrestre), son principe est basé sur la loi fondamentale de la dynamique :

$$F= m.a$$

F: force (N),

m=masse (Kg),

a=accélération (m/s^2), aussi note γ.

Plus précisément, l'accéléromètre consiste en l'égalité entre la force d'inertie de la masse sismique du capteur et une force de rappel appliquée à cette masse.

II.3.1.1.Les grandes familles d'accéléromètre :

- ✓ Accéléromètre non asservis
- ✓ Accéléromètre piézoélectrique
- ✓ Accéléromètre piézorésistif
- ✓ Accéléromètre capacitif
- ✓ Accéléromètre à asservissement

II.3.1.2.Principaux paramètres propres à un accéléromètre :

L'accéléromètre peut être caractérisé par les données suivantes :

- ✓ Son étendue de mesure est exprimée en g =9,806m/s^2
- ✓ Sa masse du capteur, la finesse (terme technique correct correspondant)
- ✓ Sa sensibilité transversale
- ✓ Son nombre d'axes (1 à 3 axes)
- ✓ Sa construction mécanique

- ✓ La présence d'une électronique intégrée

II.3.1.3.Les différentes applications d'un accéléromètre :

Les applications de ce capteur sont très diverses :

- ✓ La mesure de vitesse (par intégration)

- ✓ La mesure de déplacement (par double intégration)
- ✓ Le diagnostic de machine (par analyse vibratoire)
- ✓ La détection de défaut dans les matériaux (en mesurant la propagation d'une vibration à travers les matériaux)

II.3.1.4.Les différentes catégories d'un accéléromètre :

Néanmoins, il est généralement classé en trois grandes catégories

- ✓ Les chocs
- ✓ L'accélération vibratoire
- ✓ L'accélération de mobiles

II.3.2.Gyro-accéléromètre MPU 6050 :

- **Définition :**

Le gyro-accéléromètre 3 axes est un composant combinant un gyroscope 3 axes et un accéléromètre 3 axes, il est très utile pour détecter la vitesse angulaire pour pouvoir calculer l'angle de rotation.

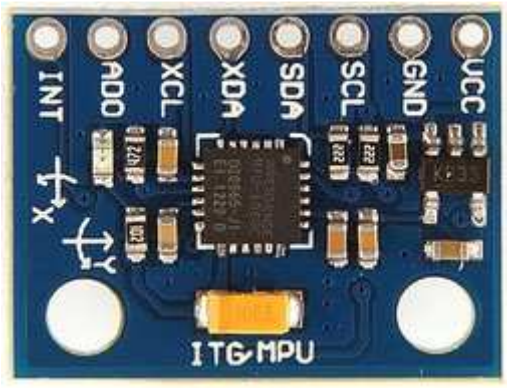


Figure 16 : le gyro-accéléromètre MPU6050

Le gyroscope est un capteur de position angulaire, il donne la position angulaire selon deux ou trois axes de son référentiel par rapport à un référentiel inertiel (galiléen).

II.3.2.1.Caractéristiques techniques du gyro-accéléromètre 3 axes :

- ➢ Capteur de vitesse angulaire tri-axiale (gyroscope) avec une sensibilité allant jusqu'à 131 LSB/dps et une gamme a pleine échelle de +-250,+-500,+-1000, et +-2000dps.
- ➢ Accéléromètre tri-axiale pleine échelle programmable de +-2g,+-4g, +-8g,+-16g
- ➢ Capteur de température à sortie numérique.
- ➢ Algorithmes embarqués pour la calibration de la boussole sans besoin d'intervention de l'utilisateur.

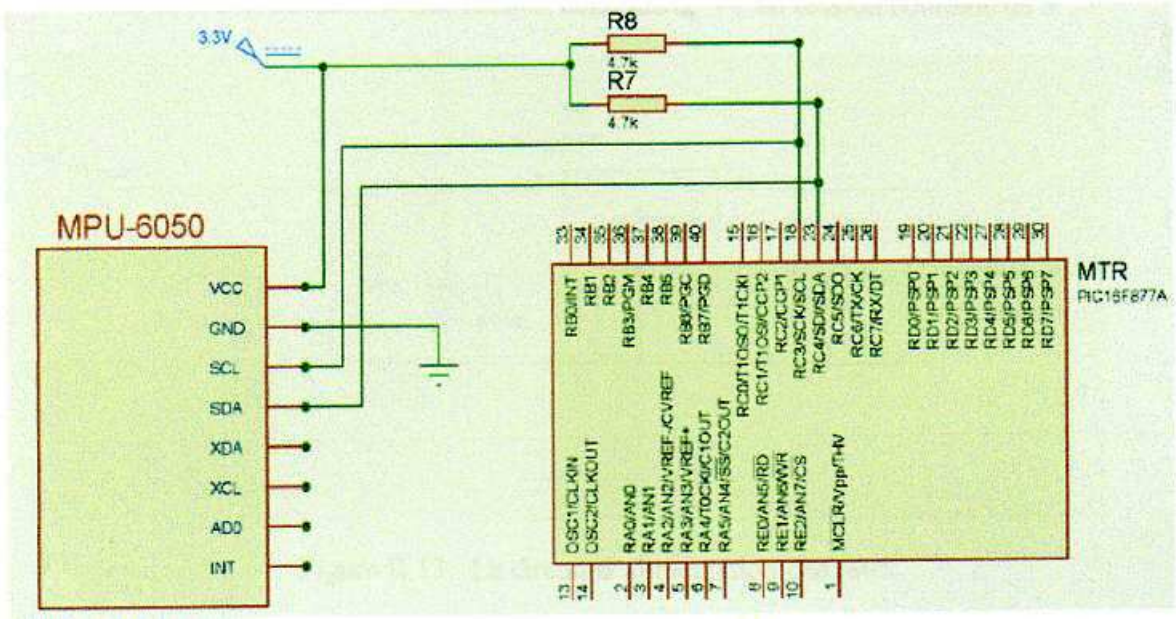


Figure 17: caractéristique technique du gyro-accéléromètre MPU 6050.

II.4. L'horloge temps réel :

Une **horloge temps réel** (terme parfois abrégé en **HTR**, en anglais *real-time clock* ou *RTC*), est une horloge permettant un décompte très précis du temps (par exemple en nanosecondes) pour un système électronique, en vue de dater ou déclencher des évènements selon l'heure.

Un circuit RTC peut servir à de nombreuses choses :

- Afficher l'heure sur un écran
- Lancer des actions à des heures précises (idem taches planifiées sous Windows ou Cron sous Linux)
- Horodater des lignes d'un log

De façon très simpliste un circuit RTC est composé de :

- La puce RTC (exemple DS1307, DS1302), elle gère le temps. En bonus, elle dispose même d'un espace de stockage pour quelques octets lorsque vous éteignez votre Arduino.

- Un quartz cadencé à 32.768kHz, il va donner la cadence à votre RTC.
- Deux résistances de 1KΩ.
- Et une pile type LIR2032 qui va permettre de faire fonctionner la puce RTC pendant de nombreuses années lorsque votre carte sera éteinte.

  Alors avant de commencer à faire notre montage, il est important de préciser quelque chose. Il existe de nombreux shield RTC disponible sur internet, vous en trouverez même à moins de 3€. Tout dépend de votre projet, personnellement je ne fait mon propre circuit RTC que dans le cas où je l'inclue dans un circuit imprimé complet, dans le cas contraire, j'achète directement un shield.

Figure 18 :l'horloge RTC

II.5.Les cartes SD :

L'Arduino offre la possibilité de lire et d'écrire des fichiers sur une carte SD, il faut cependant lui brancher un shield ayant ce fameux lecteur. Mais après cela, il vous sera facile de créer par exemple une station de capteur qui enregistre ses résultats pendant quelques jours et pouvoir récupérer toutes les données après. Bref les possibilités sont grandes et bien pratiques.

Il existe dans le commerce de nombreuses cartes filles compatibles Arduino disposant d'un emplacement pour carte SD ou micro SD. On appelle couramment ces cartes filles des "shields".

La photographie ci-dessus montre trois shields SD classiques que l'on peut trouver un peu partout. La plus connue est sans aucun doute la shield Arduino Ethernet officielle (carte bleue à gauche). Les shield SD de Adafruit (au centre) et de Sparkfun (à droite) sont deux autres grands noms dans le milieu Arduino. Pour les amateurs d'eBay, n'ayez crainte, vous trouverez votre bonheur sans soucis

Techniquement, toutes ces shields font usage des broches D11, D12 et D13. Ces trois broches forment un bus SPI. C'est via ce bus SPI que le microcontrôleur de la carte Arduino communique avec la carte SD.

PS Les shields compatibles Mega, comme la shield Ethernet officielle, utilisent les broches D50, D51 et D52 quand elles sont connectées à une carte Arduino Mega. Il est très simple de savoir si une shield SD est compatible Mega. Il suffit de regarder si la shield en question dispose du petit connecteur 2x3 broches que l'on peut voir juste à côté du connecteur micro SD de la carte bleue.

Figure 19 : Un Shield SD

II.6.L'afficheur LCD 16x2 :

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display), sont des modules compact intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu(de 1 à 5mA).

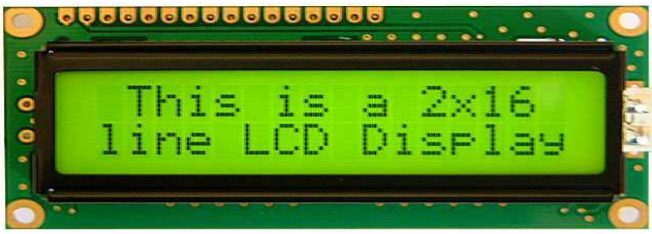


Figure 20 : l'afficheur LCD 2*16.

II.7.Buzzer :

- **Définition :**

Un Buzzer ou un signaleur est un dispositif de signalisation audio, qui peut être mécanique, électromécanique, ou piézoélectrique. Les utilisations typiques des Buzzer et des signaleurs incluent des dispositifs d'alarme, des temporisateurs, et la confirmation de l'utilisateur entrée comme un déclic ou une frappe de souris.

II.8. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons mis en œuvre la description générale de notre système, ainsi, nous avons décrit l'unité de traitement, l'unité de capteur, l'unité de synchronisation et l'unité de stockage.
Dans le chapitre suivant, nous allons passer à la conception logicielle de notre système et la réalisation pratique ainsi que les résultats de mesure.

Chapitre III

Conception logiciel et réalisation pratique

III.1. Introduction :

Dans ce présent chapitre, nous allons installer les outils nécessaires pour le fonctionnement de notre système.

Le programme de gestion de notre système de suivi de vache est formé d'un ensemble de sous-programmes qui assurent la gestion des différents modules qui le constituent.

Les principales fonctions exécutées par ce programme sont :

- La séquence d'acquisition des données (acquisition des mouvements en temps réel)
- Le stockage et la transmission des données vers l'afficheur.
  Ces différentes fonctions sont gérées par un programme principal.

III.2.Réalisation du système :

III.2.1. Environnement logiciel :

- **L'environnement de programmation Arduino :**

La carte Arduino présente le noyau de notre système, et pour qu'on puisse la programmer on doit disposer du logiciel compatible avec cette carte, ce logiciel est **Arduino EDI (Espace de développement Intégré),** qui porte le nom même de la carte Arduino.

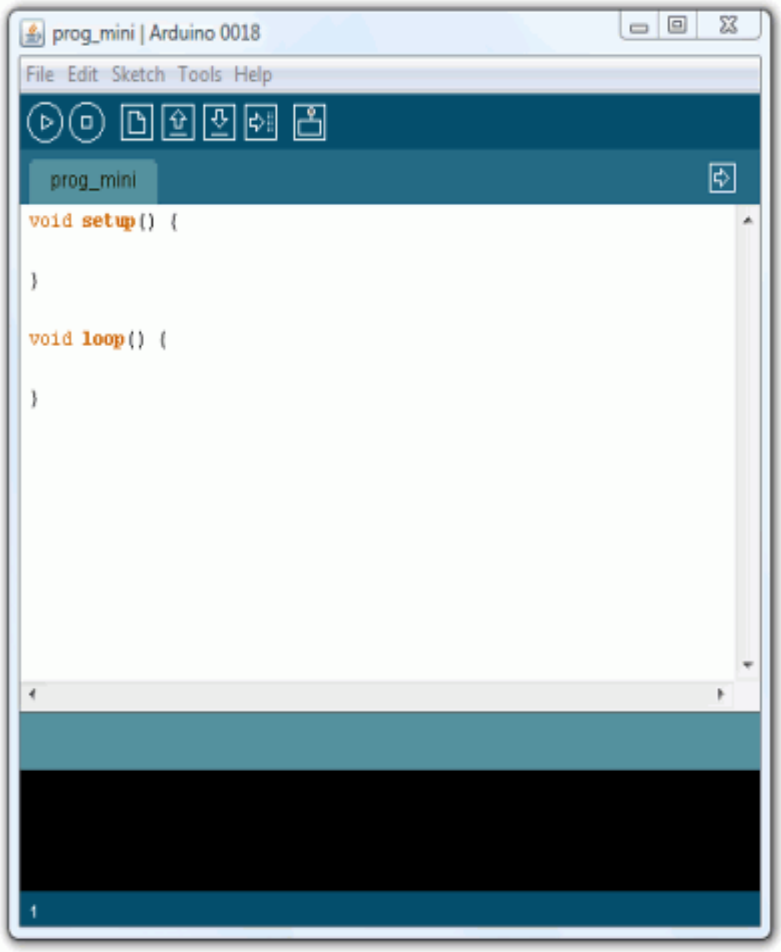


Figure 21 : fenêtre principale de l'environnement de programmation ARDUINO.

III.2.1.1.Description du logiciel Arduino :

Le logiciel Arduino a pour fonctions principales :

- de pouvoir écrire et compiler des programmes pour la carte Arduino
- de se connecter avec la carte Arduino pour y transférer les programmes
- de communiquer avec la carte Arduino

Cet espace de développement intégré (EDI) dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino comporte :

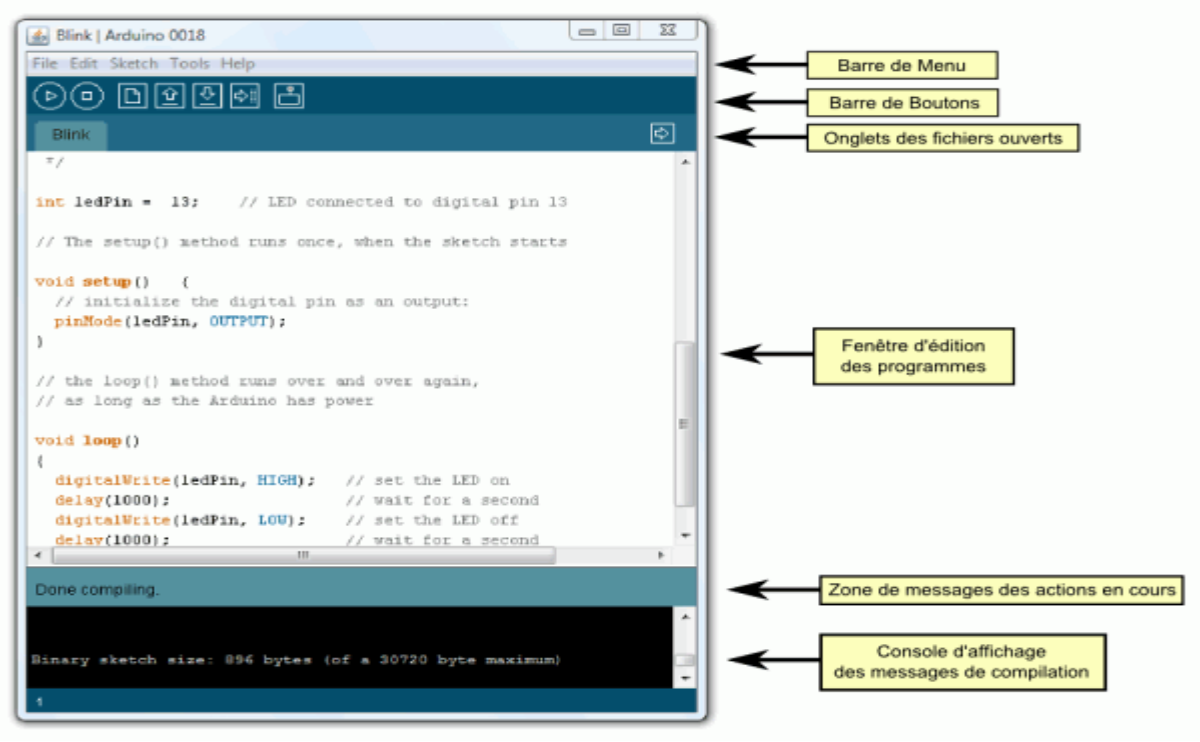


Figure 22 : Les différentes parties de la fenêtre principale du logiciel ARDUINO.

- une **BARRE DE MENUS** comme pour tout logiciel une interface graphique (GUI),

- une **BARRE DE BOUTONS** qui donne un accès direct aux fonctions essentielles du logiciel et fait toute sa simplicité d'utilisation,

- un **EDITEUR** (à coloration syntaxique) pour écrire le code de votre programme, avec onglets de navigation,

- une **ZONE DE MESSAGES** qui affiche indique l'état des actions en cours,

- une **CONSOLE TEXTE** qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme.

- Le logiciel Arduino intègre également un **TERMINAL SERIE** (fenêtre séparée) qui permet d'afficher des messages textes reçus de la carte Arduino et d'envoyer des caractères vers la carte Arduino. Cette fonctionnalité permet une mise au point facilitée des programmes, permettant d'afficher sur l'ordinateur l'état de variables, de résultats de calculs ou de

conversions analogique-numérique : un élément essentiel pour améliorer, tester et corriger ses programmes.

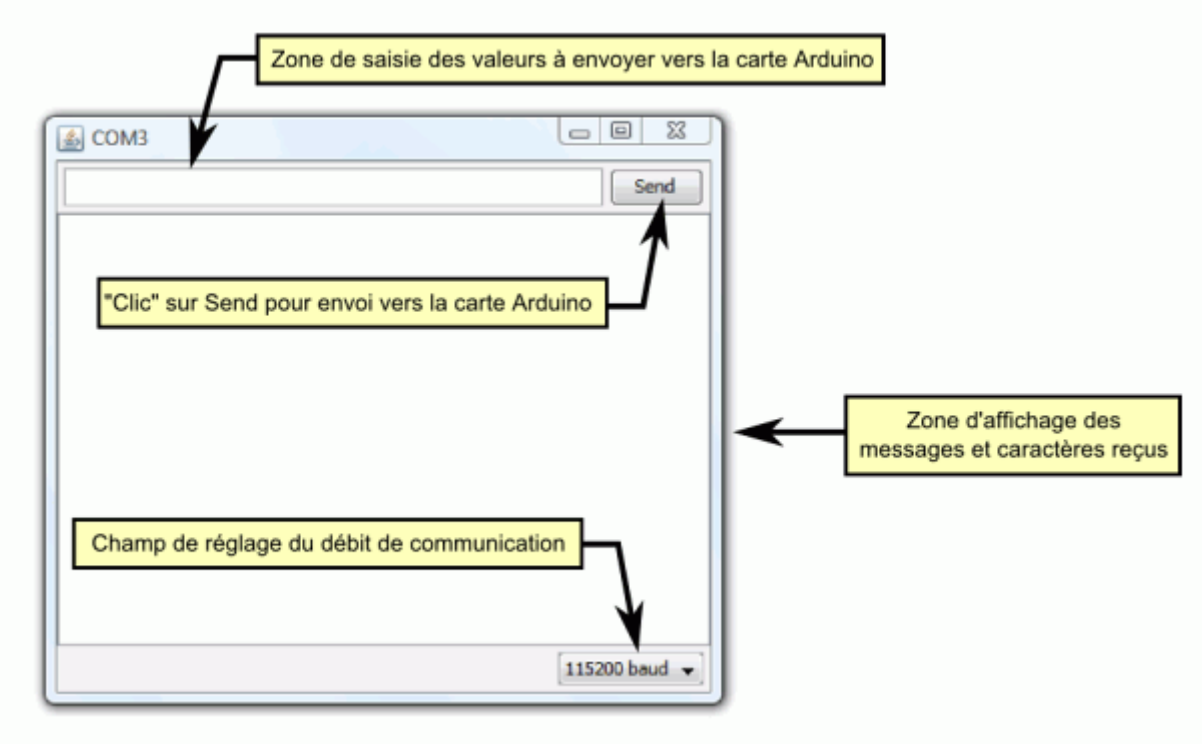


Figure 23 : fenêtre associe au moniteur série.

a. Description de la barre des boutons :

La barre des boutons nous permet de vérifier la syntaxe, le transfère des programmes, aussi la création, l'ouverture et la sauvegarde d'un code écrit, elle permet aussi d'ouvrir le moniteur série. Elle dispose de sept bouton ou icones.

Figure 24 : structure de la barre des boutons.

Vérifier/compiler : Vérifie le code à la recherche d'erreur.

Stop : Stoppe le moniteur série ou les autres boutons activés.

Nouveau : Crée un nouveau code (ouvre une fenêtre d'édition vide)

Ouvrir : Ouvre la liste de tous les programmes dans votre "livre de programmes". Cliquer sur l'un des programmes l'ouvre dans la fenêtre courante.

Sauver : Enregistre votre programme.

Transférer vers la carte : Compile votre code et le transfère vers la carte Arduino. Voir ci-dessous "Transférer les programmes" pour les détails.

Moniteur Série : Ouvre la fenêtre du moniteur (ou terminal) série.

b. Description de la barre des menus :

Le logiciel Arduino est équipé d'une barre dit des menus qui contient un ensemble de menus (d'où le nom « Barre des menus ») permettant de faire la gestion du programme.

Figure 25 : la barre des menus

Des commandes complémentaires sont disponibles dans cinq menus :

- **File** (Fichier),
- **Edit** (Editer),
- **Sketch** (Programme ou Séquence),
- **Tools** (Outils),
- **Help** (Aide),

III.2.1.2.. Du côté de l'ordinateur :

Serial monitor utilisé pour la communication entre la carte Arduino et un ordinateur ou d'autre appareils. Toutes les cartes Arduino ont au moins un port série.

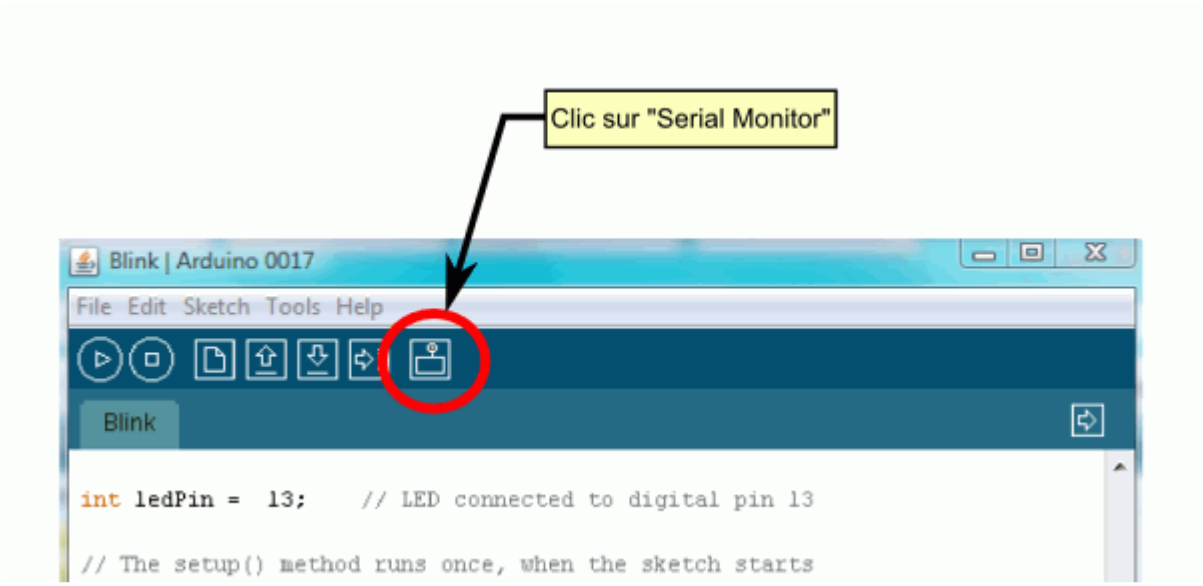


Figure 26 : le moniteur série

- Quand on clique sur le bouton serial monitor une nouvelle fenêtre s'ouvre :c'est le terminal
- série.

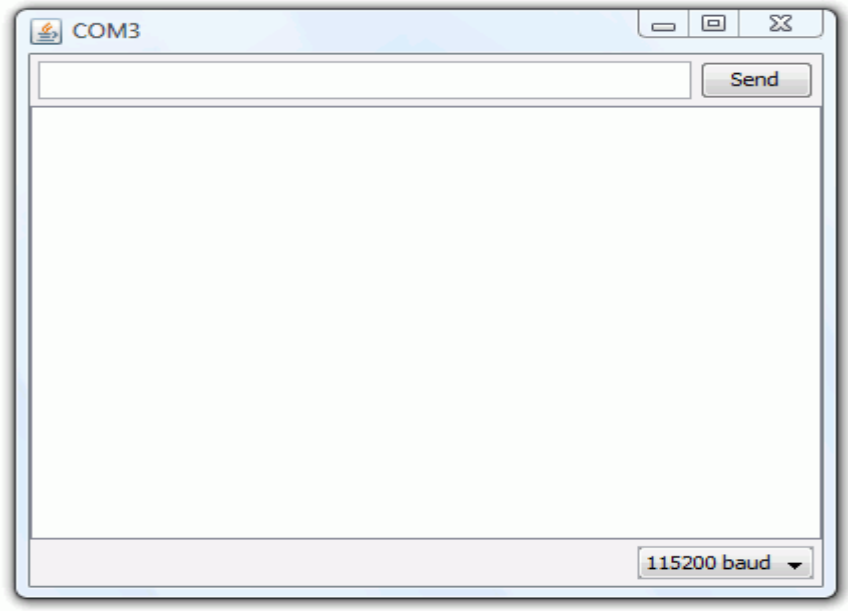


Figure 27 : Terminal série

- Il faut alors régler le débit de communication sur la même valeur que celle utilisée par le programme avec lequel nous allons programmer la carte Arduino :

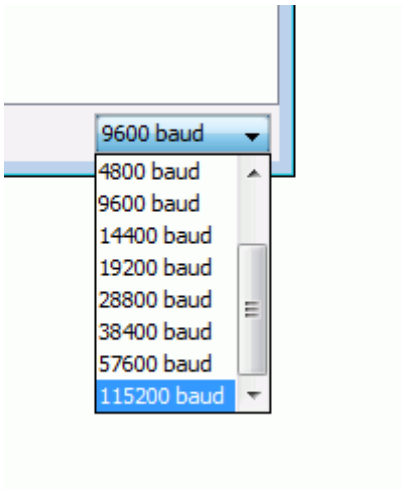


Figure 28 : Vitesse de communication

III.2.1.3. Les bonnes raisons de choisir Arduino :

Il existe pourtant dans le commerce, une multitude de plateformes qui permettent de faire la même chose. Notamment le microcontrôleur « PIC » du fabricant Microchip.

Nous allons voir pourquoi choisir l'Arduino.

a. Le prix

En vue des performances qu'elles offrent, les cartes Arduino sont relativement peu couteuses, ce qui est un critère majeur pour le débutant.

b. La liberté

C'est un bien grand mot, mais elle définit de façon assez concise l'esprit de l'Arduino elle constitue en elle-même deux choses :

c. Le logiciel

Gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir cliquer sur la souris.

d. Le matériel

Cartes électroniques dont les schémas sont en libre circulation sur internet.

Cette liberté a une condition : le nom « Arduino » ne doit être employé que pour les cartes « officielles ».en somme, vous ne pouvez pas fabriquer votre propre carte sur le modèle Arduino et lui assigner le nom »Arduino ».

Les cartes non officielles, on peut les trouver et les acheter sur internet et sont pour la quasi-totalité compatibles avec les cartes officielles Arduino.

e. La compatibilité

Le logiciel, tout comme la carte, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac), contrairement aux autres outils de programmation du commerce qui ne sont, en général, compatibles qu'avec Windows

f .La communauté

La communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet. De plus, on trouve les références du langage Arduino ainsi qu'une page complète de tutoriels sur le site Arduino.

g .Afficheur :

Pour afficher les résultats de nos expériences on utilise un ordinateur portable ou bien un téléphone portable (afficheur) qui est relié directement à la carte Arduino à l'aide d'un câble USB.

Pour affiche les résultats mesurées on clique sur serial monitor et ce dernier nous permet d'afficher la fenêtre terminal série et affiche les résultats obtenues après avoir fait nos tests.

III.2.2. Réalisation matérielle :

La réalisation matérielle est faite en premier lieu, chaque partie est réalisée et testée séparément. Les montages sont d'abord construits sur des « breadboard » ou Lab d'essai.

Après les avoir expérimentés et adoptés séparément, nous les avons regroupés et réalisés sur un circuit imprimé qui se connecte parfaitement sur la carte Arduino Nano. La figure –29- représente l'organigramme principal de notre système.

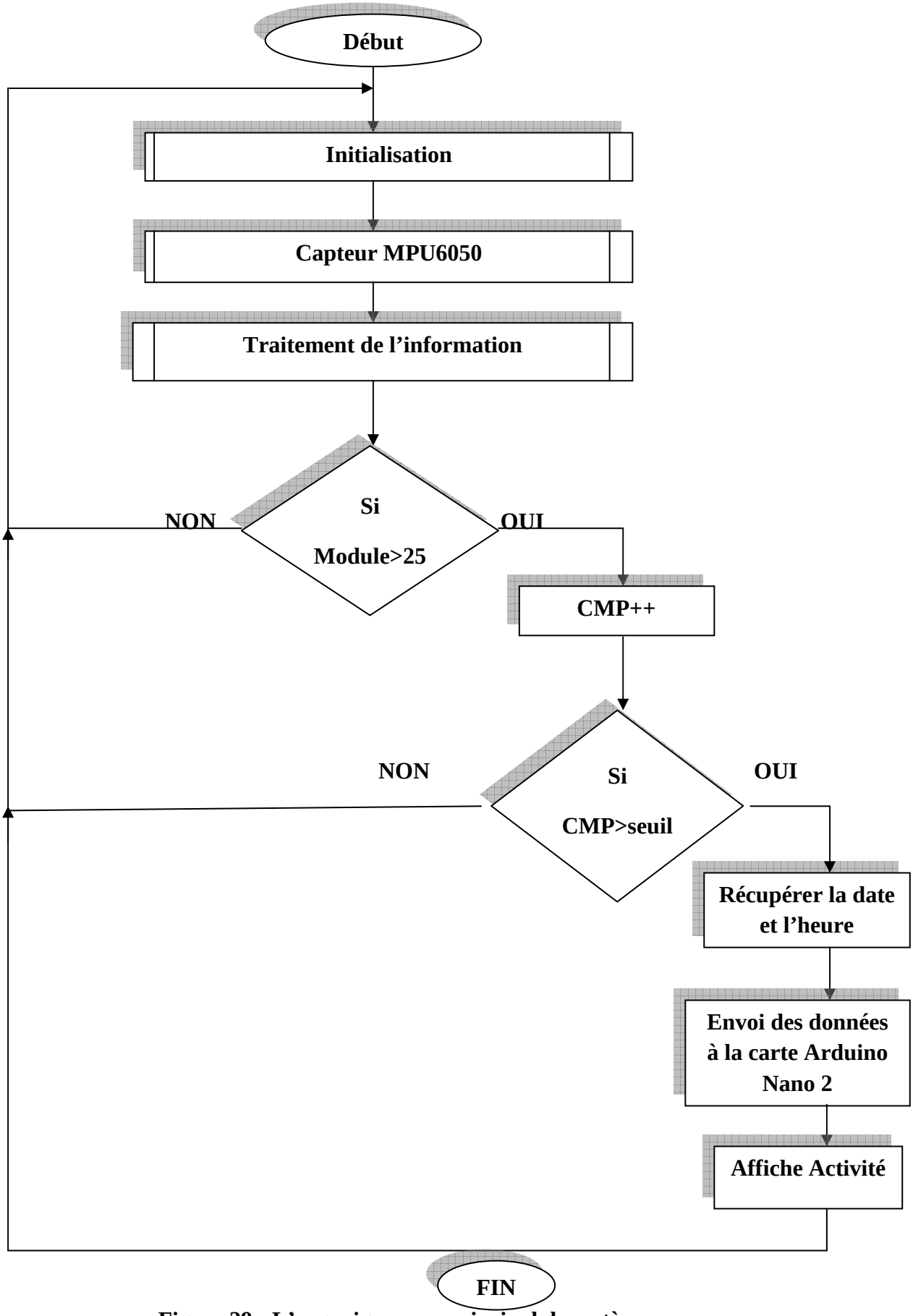


Figure 29 : L'organigramme principal de système

III.2.2 .1. Le brochage de la carte Arduino avec l'accéléromètre MPU6050 :

- ✓ VCC avec la broche 5V de l'Arduino
- ✓ GND avec la broche GND de l'Arduino
- ✓ La broche A6 de l'Arduino avec la broche SDA
- ✓ La broche A7 de l'Arduino avec la broche SCL

Et son fonctionnement est expliqué par cet organigramme :

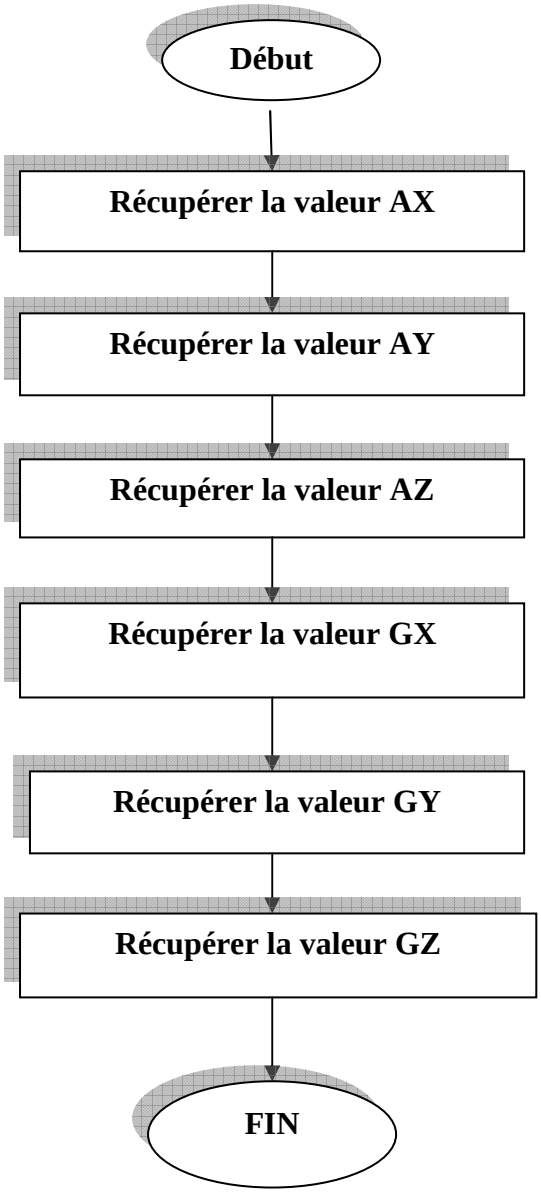


Figure 30 : Le sous programme de capteur MPU 6050

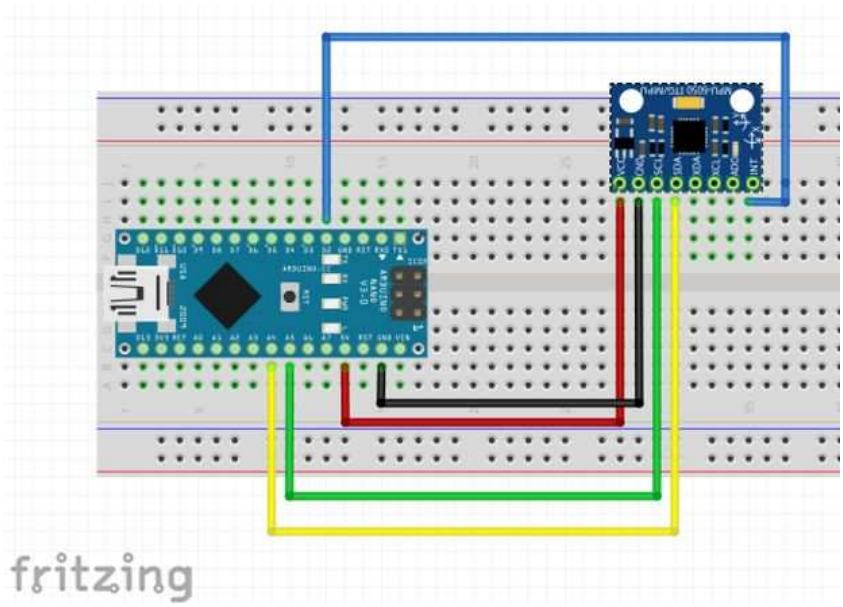


Figure 31 : le brochage de gyro-accéléromètre avec la carte Arduino nano

III.2.2.2.Le Brochage de la carte Arduino avec l'horloge DS1302 :

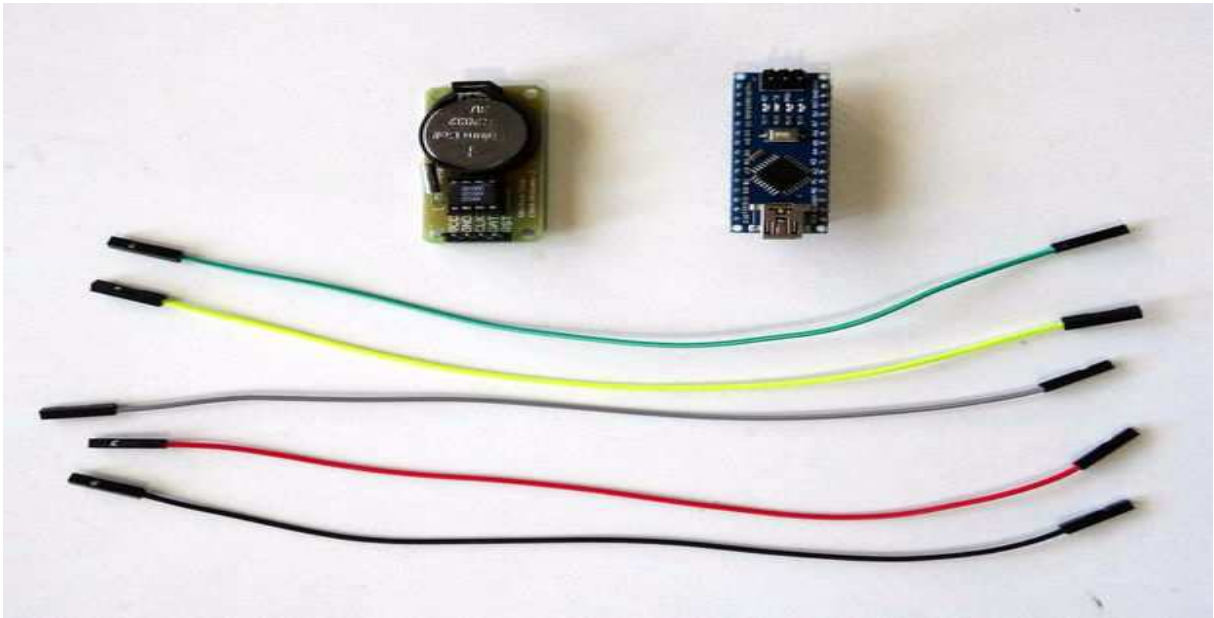


Figure 32 : le brochage de l'horloge RTC DS1302 avec la carte Arduino nano.

Un DS1302 Module d'horloge temps réel

5 fils de raccordement Femelle-femelle

- ✓ Raccorder l'alimentation avec Vcc de l'Arduino
- ✓ GND avec la broche GND de l'Arduino

- ✓ CLK avec la broche A2 de l'Arduino
- ✓ DAT avec la broche A1 de l'Arduino
- ✓ RST avec la broche A0.

Et son fonctionnement est expliqué par cet organigramme :

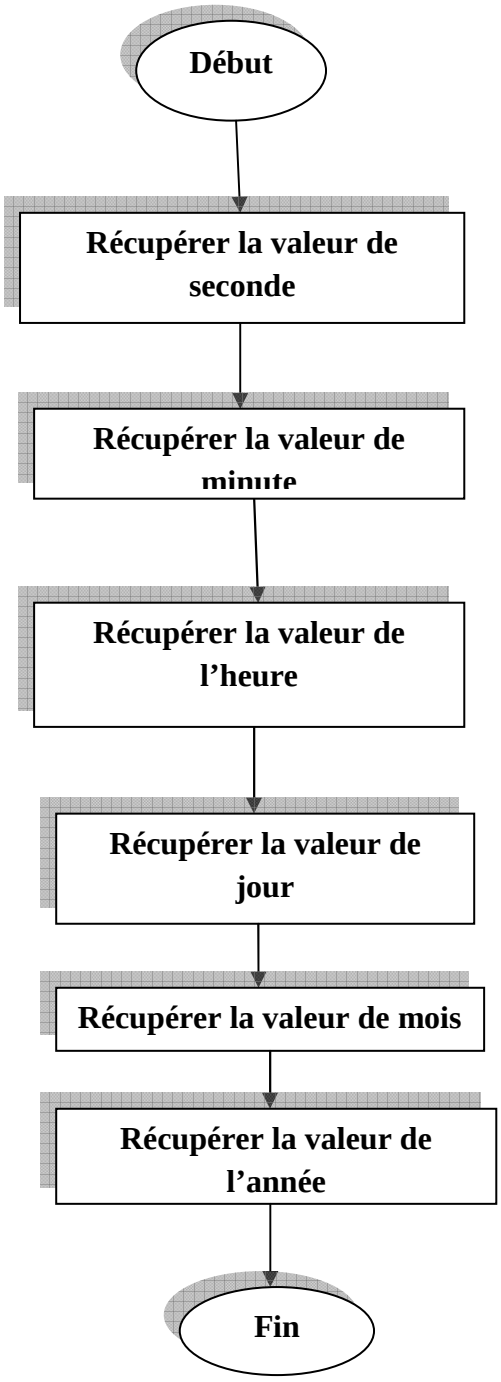


Figure 33 : Organigramme de l'horloge

III.2.2.3.Le Brochage de l'Arduino avec la carte SD :

Il vous faut en premier lieu connecter votre shield à votre carte Arduino, ces branchements varient en fonction des différents shield et de la différente carte. Si vous possédez un shield classique qui vient se brancher directement sur l'Arduino (pensez à vérifier la compatibilité au moment de l'achat) alors pas de soucis, branchez le normalement puis trouvez ensuite le pin Cs dans la documentation du shield, ce numéro nous servira pour la programmation. En revanche, si vous avez une petite plaque avec quelques connecteurs dessus, ça se complique, mais pas beaucoup.

Sur chacun des pins de la carte, il y a un nom de marqué normalement. Il vous faut donc relier les différents pins du shield (+5v, GND, SCK, MOSI ou DO, MISO ou DI) au pin Arduino correspondant de votre carte :

Brancher GND ⟶ GND de la carte Arduino

Brancher VCC ⟶ l'alimentation de la carte 5v

Brancher MISO ⟶ le pin D12

Brancher MOSI ⟶ le pin D11

Brancher CSK ⟶ le pin D13

Brancher CS ⟶ le pin D4

Et son fonctionnement est expliqué par l'organigramme suivant :

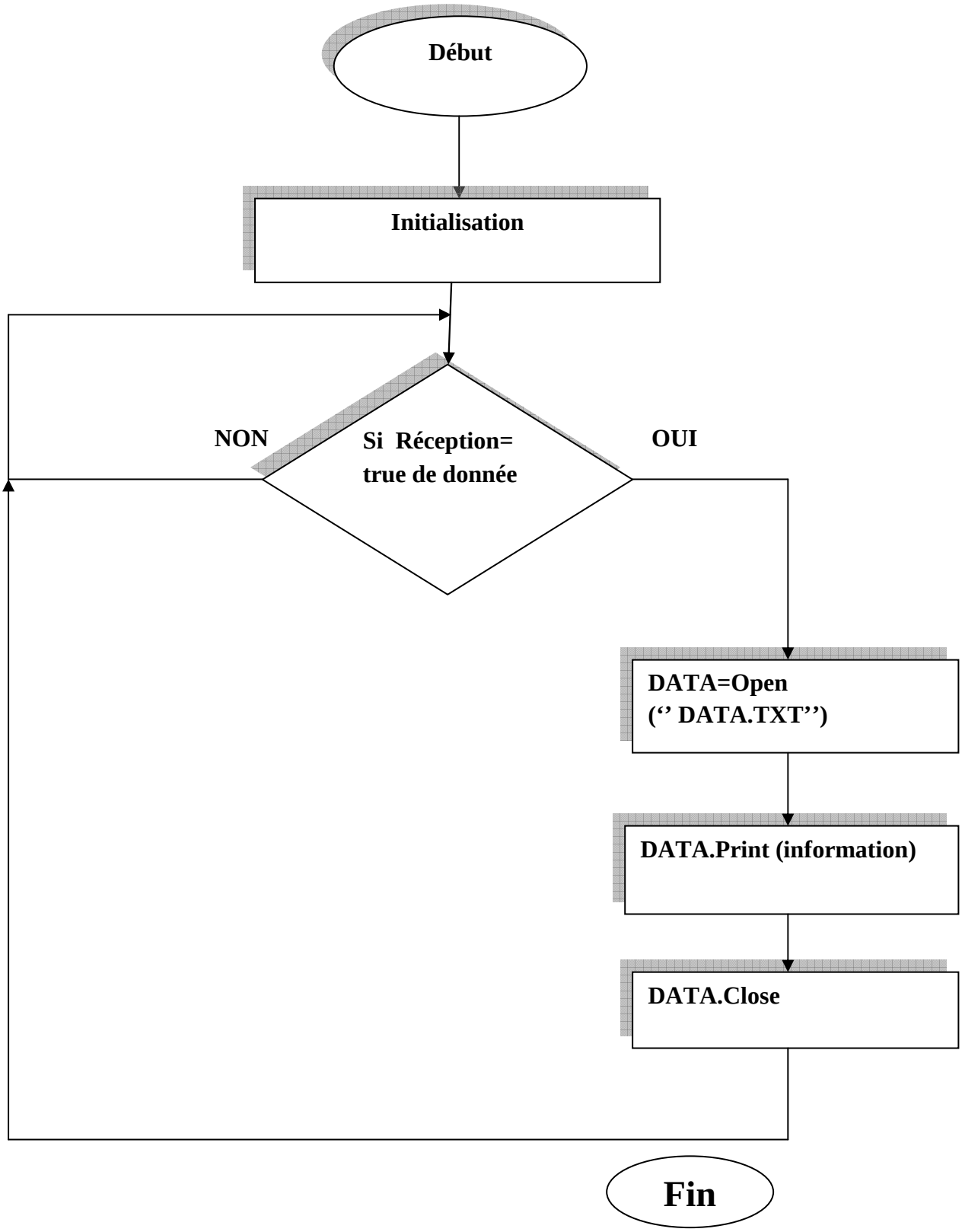


Figure 34 : l’organigramme de gestion de la carte SD

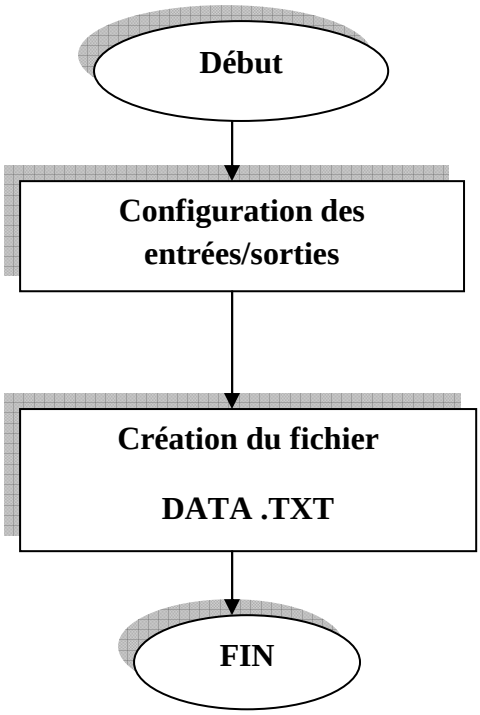


Figure 35 : Le sous programme initialisation

III.2.2.4.Branchement de l'afficheur LCD avec la carte Arduino :

L'afficheur LCD utilise 6 à 10 broches de données ((D0 à D7) ou (D4 à D7) + RS + E) et deux d'alimentations (+5V et masse). La plupart des écrans possèdent aussi une entrée analogique pour régler le contraste des caractères. Nous brancherons dessus un potentiomètre de 10 kOhms. Les 10 broches de données peuvent être placées sur n'importe quelles entrées/sorties numériques de l'Arduino. En effet, nous indiquerons ensuite à la librairie LiquidCrystal qui est branché où.

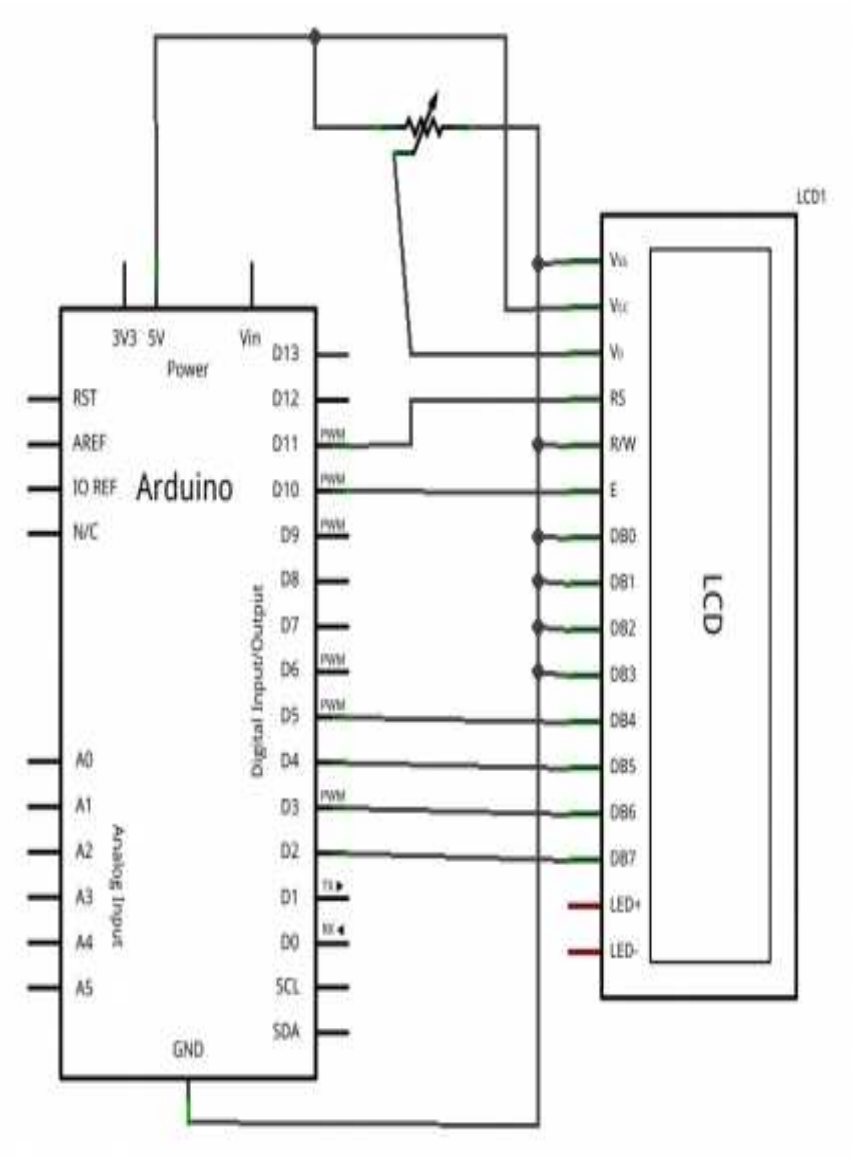


Figure 36 : Le branchement de l'afficheur LCD avec la carte Arduino nano.

III.2.3. Circuit électrique :

Un circuit électrique est un ensemble simple ou complexe de conducteurs et de composants électrique ou électronique parcourus par un courant électrique. Notre circuit électrique est composé de :

- Deux cartes ARDUINO NANO
- Un accéléromètre gyroscope MPU6050
- L'horloge RTC 1302
- L'afficheur LCD
- Une carte SD
- Buzzer
- Alimentation

La figure -37- représente le circuit électrique réalise.

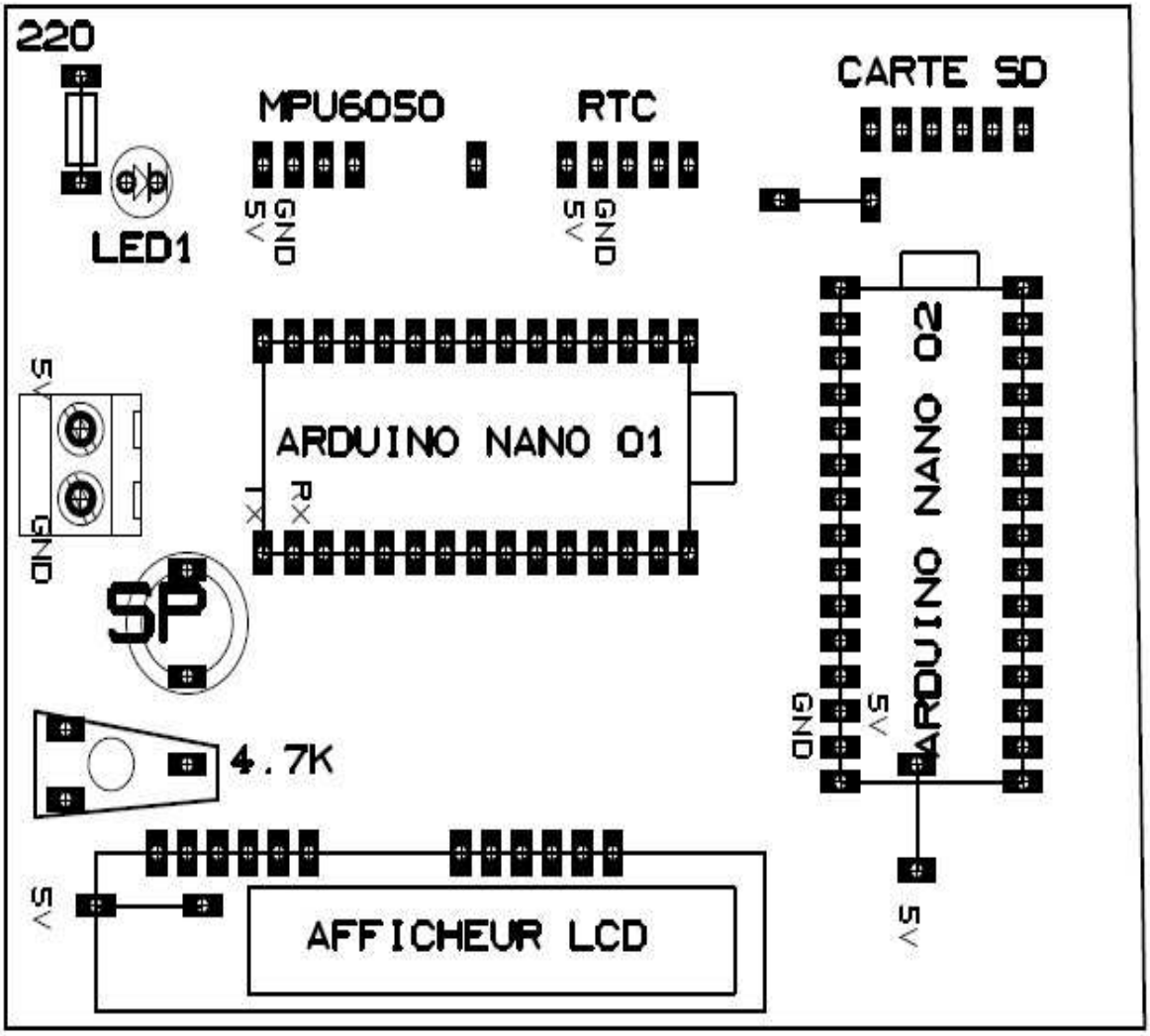


Figure 37 : Le circuit électrique de notre système

III.2.4. Le typon :

Un typon désigne le masque transparent sur lequel sont imprimées les pistes, dans une encre opaque aux ultraviolets, permettant de réaliser un circuit imprimé par photogravure soustractive. Le typon sert lors de l'insolation de la plaque pré-sensibilité.

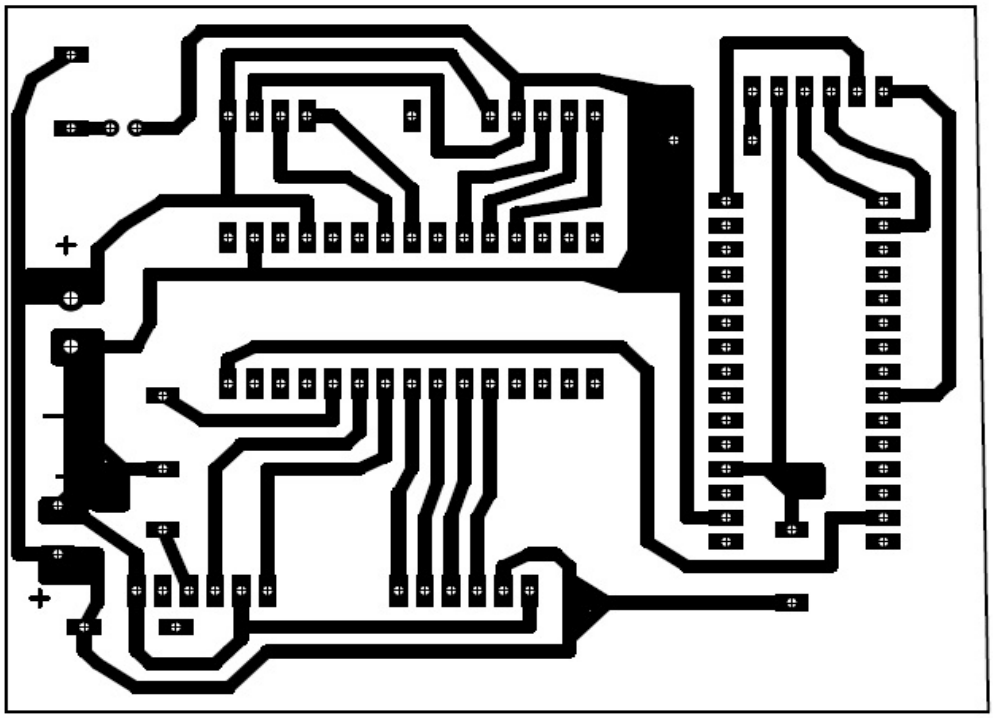


Figure 38 : Le typon de système

III.2.5.Résultats :

Dans notre cas, l'activité sur une plage horaire de comportement de la vache de 10h a 12h est enregistrée. Nous remarquons que dans cette plage horaire. L'activité de la vache dépasse le seuil fixée donc une suractivité est identifiée. Les seuils peuvent souvent être ajustés en fonction des animaux et des conditions de logement. Dans certains cas, l'activité individuelle peut être corrigé par un facteur troupeau permettant de prendre en compte par exemple l'augmentation générale d'activité liée a la sortie des animaux de pâturage. Une alerte est en général produite lorsqu'une suractivité se reproduit sur 2 ou 3plage horaire successives (Figure 38).

Nous avons mis en services notre système de surveillance et nous avons fini donc par obtenir les résultats enregistrés sur la carte SD dans le tableau suivant suivants :

- On a calibré l'accéléromètre comme suit :

Un seuil =10 mouvements
Un module >25

Le coup	La date	L'heure	ax	ay	az	Le module
N : 1	14/09/2017	14:32:7	25628	15920	-32768	28.54
N : 2	14/09/2017	14:32:10	22684	15620	-30812	25.33
N : 3	14/09/2017	14:32:11	24168	19228	-32768	29.03
N : 4	14/09/2017	14:32:11	25992	16112	-32768	28.82
N : 5	14/09/2017	14:32:13	23512	21268	-32768	29.59
N : 6	14/09/2017	14:32:13	23664	23376	-32768	30.69
N : 7	14/09/2017	14:32:14	21628	24620	-32768	30.34
N : 8	14/09/2017	14:32:15	19520	15528	-32768	25.18
N : 9	14/09/2017	14:32:16	29432	24708	-32768	34.50
N : 10	14/09/2017	14:32:17	21756	19248	-32768	27.79
N : 11	14/09/2017	14:32:18	23080	15176	-32768	26.86
			### ACTIVITE OK ###			

Tableau 4 : les valeurs enregistrées par la carte SD

La figure suivante, illustre les résultats obtenus de la variation des mouvements en fonction du temps.

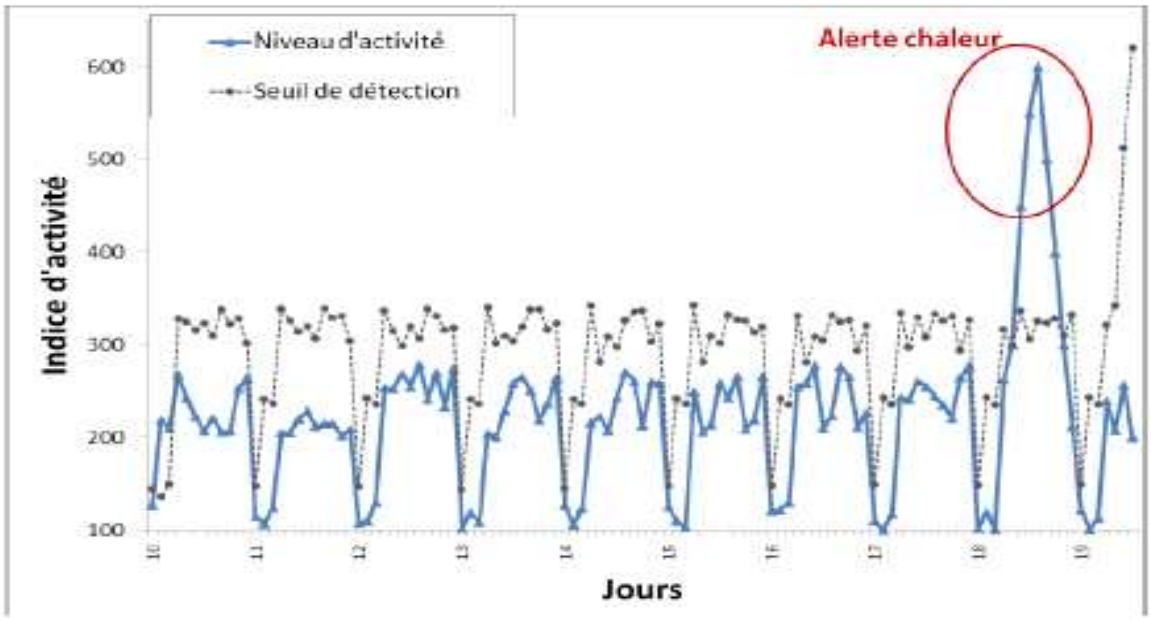


Figure 39 : Les variations de l'activité en fonction de temps

III.2.6.Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé les différentes étapes logicielles qui nous ont permis de réaliser notre système de suivi de comportement d'une vache

En effet nous avons pu crée notre programme de traitement et nous avons réaliser notre maquette finale et obtenue des résultats après voir fait les tests.

Nous allons donc passer à la conclusion générale.

Conclusion générale

Dans les différents chapitres de ce mémoire, nous avons essayé d'expliquer les différentes étapes de réalisation de notre projet. Des généralités sur l'appareil génital de la vache ainsi que les différents matériels et logiciels utilisés dans notre système.

Dans notre travail mené tout au long de ce mémoire, nous avons conçu et réalisé un système de détection de chaleur chez la vache à base d'une carte Arduino et un accéléromètre gyroscope a 3axes.

Après avoir acquis les données, nous avons les enregistrer dans une carte SD qui nous permettra d'analyser les données.et on utilisera un afficheur LCD pour afficher le message d'alerte et déclencher la signalisation sonore avec un Buzzer et toute ces composants est commandé par une carte Arduino nano.

Ce système a été réalisé sous deux aspects ; matériel et logiciel. Apres sa mise en marche, ce système a donné une bonne performance en terme de qualité de détection et avec un coût de fabrication réduit comparé à autre type de système existant sur le marché.

Tenant en compte de tous ces aspects, nous pensons que notre système peut devenir un produit finit pour faculté aux utilisateurs de suivre le comportement d'une vache et d'optimiser la production bovine.

Notre projet certainement perfectible. Nous avons donc pensé à des perspectives d'amélioration et à d'autres idées permettant de l'améliorer.

Par exemple, on ajoutant la transmission des données a un serveur Web qui va les traités et les analysés pour envoyer un message a l'éleveur en lui citant le numéro et le graphe de l'activité physique de la vache.

L'élaboration de ce travail nous a permis, d'une part d'approfondir nos connaissances et le savoir-faire acquis durant les années de notre formation à l'université MOULOUD MAMMERI, et d'autre part de préparer notre intégration à la vie professionnelle.

Nous souhaitons que ce modeste travail trouve une opportunité de mise en œuvre pratique chez nos éleveurs qui ont grandement besoin d'outils de ce type leur permettant d'améliorer la production bovine.

Bibliographie :

[1] Koceila Douki, Ramdane Cherik « Conception et réalisation d'un système de surveillance d'une serre agricole avec une carte Rosebery P12 », MEMOIRE fin d'étude à L'UMMTO, LAGHROUCHE .M ,2017.

[2] Bellal Kherkour, Zaid Zerioul « conception et réalisation d'un système domotique à base Arduino », MEMOIRE fin d'étude à L'UMMTO, LAGHROUCHE .2016.

[3]Cylia Djouadi, Wahiba Merabti « Conception et réalisation d'un kit pour une téléassistance aux personnes âgées », MEMOIRE fin d'étude à L'UMMTO, AMIROU.2016

[4] Nachef Mhenna « Conception et réalisation d'un système de télésurveillance médicale à base d'une carte ARDUINO ‘'Transmission Bluetooth'' », MEMOIRE fin d'étude, LAGHROUCHE.2013.

[5]GUY Lacerte « La détection des chaleurs et le moment de l'insémination »

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 30 /10/2003.

[6]Pierre Bruyere « Mise en évidence des signes secondaires de chaleur chez la vache laitière par vidéo surveillance », présentée par l'école nationale vétérinaire de Lyon, 2009.

[7]Chebbi Salima, Medanne leila « Analyse de résultats reproduction. Obtenue sur des vaches soumises à la synchronisation des chaleurs »à L'UMMTO, 2009.

[8] Theirry.F « la thermographie chez le chien sain : étude expérimentale », thèse de doctorat vétérinaire ALFORT, 1999-2009.

[9] prof.ch.Hanzen « propédeutique de l'appareil génital mâle des ruminants », faculté de médecine vétérinaire, 2000.

[10] DERIVAUX J., ECTORS F, 1980Les organes génitaux de la femelle zébu », Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux

[11]Fieni.F « étude des conséquences de l'utilisation des solvants organiques dans la cryoconservation de l'embryon caprin »Toulouse, 1995

[12]Grandis, 2008 « cyclicité post-partum chez

[13] Gayrard V., 2007 « les cycles de croissance folliculaire », Lyon.

[14] M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur « étude d'opportunité et axes de développement de l'ACV.....95. », THESE. Pour le. DOCTORAT VETERINAIR

[15] VAISSAIRE, 1977 « UTERINES CHEZ LA SOURIS », DOCTORAT VETERINAIRE

[16]Thibault.charles, Marie-claine Levasseur « la production chez les mammifères et l'homme », Editions Quae, 2001.

SITE INTERNET :

[1] www.arduino.cc le 27/05/2017.

[2]www.instructables.com le 2/06/2017

[3]www.invensense.com/priducts/motion-tracking/6axis/mpu6050 le 6/06/2017

[4]htt://gilles.thebault.free-fr//spip-php?article32 le 09/06/2017

[5]htt://tiptopboars.free.fr/arduino-froum le 09/06/2017

[6]www.wordofgz.com/electronique/gerer-l'heure-date-arduino-rtc/ le 11/07/2017

[7]www.tubefr.com/horloge-en-temps-reel-ds1302.html le 02/07/2017

Annexes

Tableau comparatif des différentes cartes Arduino

Cartes Arduino / Caractéristiques	UNO R3 (classique & CMS)	UNO R3 Ethernet (classique & POE)	Leonardo	Mega 2560	Mega ADK	DUE	Esplora	Mini	Nano	Yun (classique & POE)	Zero PRO
Microcontrôleur	ATmega328P	ATmega328P	ATmega32u4	ATmega2560	ATmega2560	AT91SAM3X8E	ATmega32u4	ATmega328P	ATmega328P	ATmega32u4	ATSAMD21G18
Cadencement Horloge	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	84 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	48 Mhz
Tension d'entrée	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 9V	7 - 9V	5V	5V
Tension de fonctionnement	5V	5V	5V	5V	5V	3,3V	5V	5V	5V	5V	3,3V
Entrée/Sortie Numérique	14/6	14/4	20/7	54/15	54/15	54/12	✗	14/6	14/6	20/7	14/12
Entrée-Sortie (PWM) Analogique	6/0	6/0	12/0	16/0	16/0	12/2 (DAC)	✗	8/0	8/0	12/0	6/1 (DAC)
Mémoire vive (Flash)	32 Ko	32 Ko	32 Ko	256 Ko	256 Ko	512 Ko	32 Ko	32 Ko	32 Ko	32 Ko	256 Ko
Mémoire vive (SRAM)	2 Ko	2 Ko	2,5 Ko	8 Ko	8 Ko	96 Ko	2,5 Ko	2 Ko	2 Ko	2,5 Ko	32 Ko
Mémoire morte (EEPROM)	1 Ko	1 Ko	1 Ko	4 Ko	4 Ko	✗	1 Ko	1 Ko	1 Ko	1 Ko	16 Ko
Interface USB	USB-B mâle	USB-B mâle	Micro-USB	USB-B mâle	USB-B mâle & USB-A pour Androïd	2 ports micro-USB (Native et programming)	Micro-USB	✗	Mini-USB	Micro-USB	2 ports micro-USB (Native et programming)
Port UART	1	1	1	4	4	4	✗	✗	1	1	2
Carte SD	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Ethernet	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Wi-Fi	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Dimensions	68x53mm	68x53mm	68x53mm	101x53mm	101x53mm	101x53mm	165x60mm	30x18mm	45x18mm	68x53mm	68x53mm

Comme on peut le voir sur le tableau ci dessus, certaines cartes sortent du lot. **Les caractéristiques en rouge** sont les paramètres clés pour affiner votre choix sur la carte Arduino à choisir.

Tout d'abord, si vous voulez commencer **à programmer à moindre coût**, alors la UNO est idéale. Si vous préférez brancher **une multitude de capteurs, utiliser plusieurs périphériques en série**, alors la Mega est parfaite pour ça, si vous voulez les mêmes propriétés que la Mega mais avec **une puissance de calcul supérieure** alors c'est plutôt la DUE qu'il vous faut ! Si vous cherchez à **miniaturiser votre système**, optez pour une Mini ! Enfin, si vous cherchez un véritable **ordinateur embarqué** comparable à une Raspberry™, la Yun est le choix le plus évident.

Remarque : Attention, presque toutes cartes Arduino fonctionnent en 5V sauf l'Arduino DUE et l'Arduino Zero PRO qui fonctionnent en 3.3V.

6 Electrical Characteristics

6.1 Gyroscope Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, T_A = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
GYROSCOPE SENSITIVITY						
Full-Scale Range	FS_SEL=0		±250		°/s	
	FS_SEL=1		±500		°/s	
	FS_SEL=2		±1000		°/s	
	FS_SEL=3		±2000		°/s	
Gyroscope ADC Word Length			16		bits	
Sensitivity Scale Factor	FS_SEL=0		131		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=1		65.5		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=2		32.8		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=3		16.4		LSB/(°/s)	
Sensitivity Scale Factor Tolerance	25°C	-3		+3	%	
Sensitivity Scale Factor Variation Over Temperature			±2		%	
Nonlinearity	Best fit straight line; 25°C		0.2		%	
Cross-Axis Sensitivity			±2		%	
GYROSCOPE ZERO-RATE OUTPUT (ZRO)						
Initial ZRO Tolerance	25°C		±20		°/s	
ZRO Variation Over Temperature	-40°C to +85°C		±20		°/s	
Power-Supply Sensitivity (1-10Hz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V		0.2		°/s	
Power-Supply Sensitivity (10 - 250Hz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V		0.2		°/s	
Power-Supply Sensitivity (250Hz - 100kHz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V		4		°/s	
Linear Acceleration Sensitivity	Static		0.1		°/s/*g*	
SELF-TEST RESPONSE						
Relative	Change from factory trim	-14		14	%	1
GYROSCOPE NOISE PERFORMANCE	**FS_SEL=0**					
Total RMS Noise	DLPFCFG=2 (100Hz)		0.05		°/s-rms	
Low-frequency RMS noise	Bandwidth 1Hz to10Hz		0.033		°/s-rms	
Rate Noise Spectral Density	At 10Hz		0.005		°/s/ √ Hz	
GYROSCOPE MECHANICAL FREQUENCIES						
X-Axis		30	33	36	kHz	
Y-Axis		27	30	33	kHz	
Z-Axis		24	27	30	kHz	
LOW PASS FILTER RESPONSE						
	Programmable Range	5		256	Hz	
OUTPUT DATA RATE						
	Programmable	4		8,000	Hz	
GYROSCOPE START-UP TIME	**DLPFCFG=0**					
ZRO Settling (from power-on)	to ±1°/s of Final		30		ms	

1. Please refer to the following document for further information on Self-Test: *MPU-6000/MPU-6050 Register Map and Descriptions*

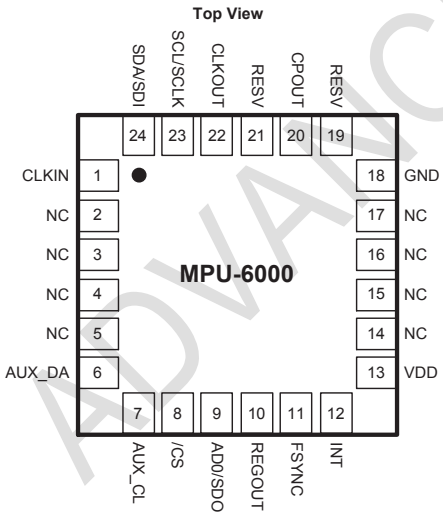
ADVANCE INFORMATION

7 Applications Information

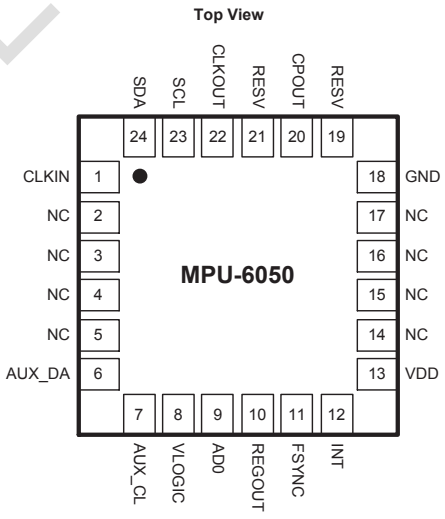
7.1 Pin Out and Signal Description

Pin Number	MPU-6000	MPU-6050	Pin Name	Pin Description
1	Y	Y	CLKIN	Optional external reference clock input. Connect to GND if unused.
6	Y	Y	AUX_DA	I^2C master serial data, for connecting to external sensors
7	Y	Y	AUX_CL	I^2C Master serial clock, for connecting to external sensors
8	Y		/CS	SPI chip select (0=SPI mode)
8		Y	VLOGIC	Digital I/O supply voltage
9	Y		AD0 / SDO	I^2C Slave Address LSB (AD0); SPI serial data output (SDO)
9		Y	AD0	I^2C Slave Address LSB (AD0)
10	Y	Y	REGOUT	Regulator filter capacitor connection
11	Y	Y	FSYNC	Frame synchronization digital input. Connect to GND if unused.
12	Y	Y	INT	Interrupt digital output (totem pole or open-drain)
13	Y	Y	VDD	Power supply voltage and Digital I/O supply voltage
18	Y	Y	GND	Power supply ground
19, 21	Y	Y	RESV	Reserved. Do not connect.
20	Y	Y	CPOUT	Charge pump capacitor connection
22	Y	Y	CLKOUT	System clock output
23	Y		SCL / SCLK	I^2C serial clock (SCL); SPI serial clock (SCLK)
23		Y	SCL	I^2C serial clock (SCL)
24	Y		SDA / SDI	I^2C serial data (SDA); SPI serial data input (SDI)
24		Y	SDA	I^2C serial data (SDA)
2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17	Y	Y	NC	Not internally connected. May be used for PCB trace routing.

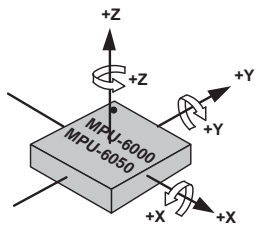
ADVANCE INFO



QFN Package
24-pin, 4mm x 4mm x 0.9mm

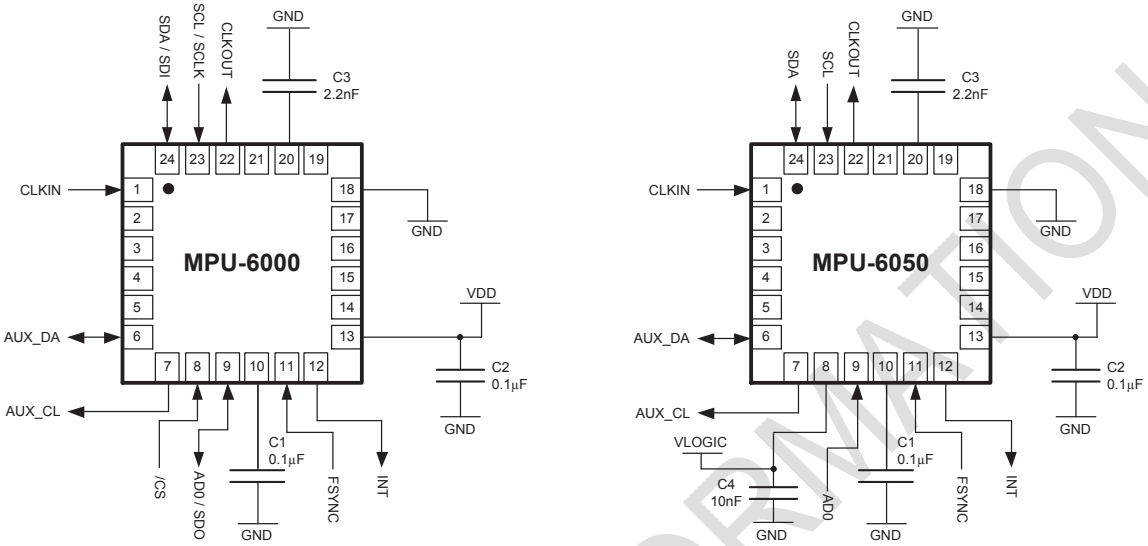


QFN Package
24-pin, 4mm x 4mm x 0.9mm



Orientation of Axes of Sensitivity and Polarity of Rotation

7.2 Typical Operating Circuit



Typical Operating Circuits

7.3 Bill of Materials for External Components

Component	Label	Specification	Quantity
Regulator Filter Capacitor (Pin 10)	C1	Ceramic, X7R, 0.1µF ±10%, 2V	1
VDD Bypass Capacitor (Pin 13)	C2	Ceramic, X7R, 0.1µF ±10%, 4V	1
Charge Pump Capacitor (Pin 20)	C3	Ceramic, X7R, 2.2nF ±10%, 50V	1
VLOGIC Bypass Capacitor (Pin 8)	C4*	Ceramic, X7R, 10nF ±10%, 4V	1

* MPU-6050 Only.

ADVANCE INFORMATION

DS1302
Trickle Charge Timekeeping Chip

www.dalsemi.com

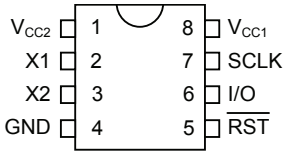
FEATURES

- Real time clock counts seconds, minutes hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap year compensation valid up to 2100
- 31 x 8 RAM for scratchpad data storage
- Serial I/O for minimum pin count
- 2.0–5.5V full operation
- Uses less than 300 nA at 2.0V
- Single–byte or multiple–byte (burst mode) data transfer for read or write of clock or RAM data
- 8–pin DIP or optional 8–pin SOICs for surface mount
- Simple 3–wire interface
- TTL–compatible (V_{CC} = 5V)
- Optional industrial temperature range –40°C to +85°C
- DS1202 compatible
- Recognized by Underwriters Laboratory

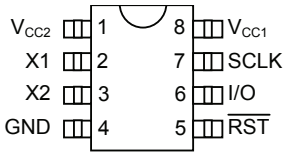
ORDERING INFORMATION

PART #	DESCRIPTION
DS1302	8–Pin DIP
DS1302N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1302S	8–Pin SOIC (200 mil)
DS1302SN	8–Pin SOIC (Industrial)
DS1302Z	8–Pin SOIC (150 mil)
DS1302ZN	8–Pin SOIC (Industrial)
DS1302S-16	16-Pin SOIC (300 mil)
DS1302SN-16	16-Pin SOIC (Industrial)

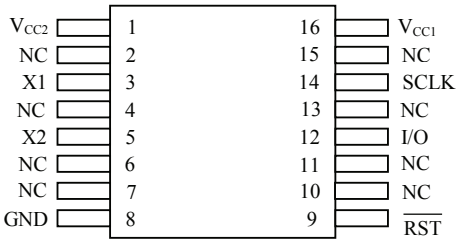
PIN ASSIGNMENT



DS1302
8-Pin DIP (300 mil)



DS1302S 8-Pin SOIC (200 mil)
DS1302Z 8-Pin SOIC (150 mil)



16-Pin SOIC

PIN DESCRIPTION

X1, X2	– 32.768 kHz Crystal Pins
GND	– Ground
$\overline{RST}$	– Reset
I/O	– Data Input/Output
SCLK	– Serial Clock
V_{CC1}, V_{CC2}	– Power Supply Pins

DESCRIPTION

The DS1302 Trickle Charge Timekeeping Chip contains a real time clock/calendar and 31 bytes of static RAM. It communicates with a microprocessor via a simple serial interface. The real time clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with less than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24–hour or 12–hour format with an AM/PM indicator.

CAPACITANCE

(t_A = 25ºC)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Capacitance	C_I		10		pF	
I/O Capacitance	$C_{I/O}$		15		pF	
Crystal Capacitance	C_X		6		pF	

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0ºC to 70ºC or -40°C to +85°C; V_{CC} = 2.0 to 5.5V*)

PARAMETER	SYMBOL		MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Data to CLK Setup	t_{DC}	V_{CC}=2.0V	200			ns	7
		V_{CC}=5V	50				
CLK to Data Hold	t_{CDH}	V_{CC}=2.0V	280			ns	7
		V_{CC}=5V	70				
CLK to Data Delay	t_{CDD}	V_{CC}=2.0V			800	ns	7, 8, 9
		V_{CC}=5V			200		
CLK Low Time	t_{CL}	V_{CC}=2.0V	1000			ns	7
		V_{CC}=5V	250				
CLK High Time	t_{CH}	V_{CC}=2.0V	1000			ns	7
		V_{CC}=5V	250				
CLK Frequency	t_{CLK}	V_{CC}=2.0V			0.5	MHz	7
		V_{CC}=5V	DC		2.0		
CLK Rise and Fall	t_R, t_F	V_{CC}=2.0V			2000	ns	
		V_{CC}=5V			500		
$\overline{RST}$ to CLK Setup	t_{CC}	V_{CC}=2.0V	4			µs	7
		V_{CC}=5V	1				
CLK to $\overline{RST}$ Hold	t_{CCH}	V_{CC}=2.0V	240			ns	7
		V_{CC}=5V	60				
$\overline{RST}$ Inactive Time	t_{CWH}	V_{CC}=2.0V	4			µs	7
		V_{CC}=5V	1				
$\overline{RST}$ to I/O High Z	t_{CDZ}	V_{CC}=2.0V			280	ns	7
		V_{CC}=5V			70		
SCLK to I/O High Z	t_{CCZ}	V_{CC}=2.0V			280	ns	7
		V_{CC}=5V			70		

*Unless otherwise noted.