

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou**



**Faculté de Génie Electrique et d'Informatique**  
**Département d'Electronique**

## **Mémoire de Fin d'Etudes**

**Présenté en vue de l'obtention**

**Du Diplôme de Master 2 en Electronique**  
**Biomédicale**

**Thème :**

**Commande électronique pour une couveuse**

**Dirigés par :**

**M<sup>r</sup>:ZIRMI**

**M<sup>me</sup>: GRAINE**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> : LAMRAOUI RABIHA**

**M<sup>r</sup> : SID OTMANE ANIS**

**Promotion 2017**

## Remerciements

*On remercie tout d'abord, dieu tout puissant qui nous adonné la force et la motivation pour mener à bien notre présent travail.*

*Nous sommes très honorées que Monsieur **ZIRMI** ait accepté la charge de nous encadré. On lui exprime notre immense gratitude pour tout le savoir qu'il nous a transmis, pour sa patience et sa disponibilité à tout moment.*

*Ontient aussi à remercier les membres du jury qui, par leurs connaissances, ont accepté de juger notre travail.*

*On ne saurait terminer nos remerciements sans oublier de mentionner toutes les personnes qui ont participé à l'évolution de notre mémoire en particulier Mr **Talem Hand** ainsi Melle **MAMMAR LAMIA**, Mr **Mme GRAINE**, M r **CHEBBAH** et **Mohammed khallou***

# SOMMAIRE

Introduction générale .....	7
Chapitre I -définition des prématurées	
I.Introduction:.....	9
II- La prématurité : .....	9
II .1-Rappel du développement « normal » in utéro :.....	9
II .2- La définition de prématurée.....	10
II .3- Taux de naissances prématurées.....	12
II.4 Les types des prématurés. ....	13
II .4.1- La prématurité spontanée .....	13
II .4.2- La prématurité provoquée .....	13
II.5- Les causes de prématuré .....	13
II .6-Pourquoi s'en inquiéter ?:.....	14
II .7 - Aspect clinique du prématuré .....	15
II .7.1 Complications de la prématurité.....	15
III Les conditions climatiques pour le développement d'un prématuré.....	16
III.1La température .....	16
III-1-1 Maintien de la température corporelle.....	16
III-2.Le taux d'humidité dans l'air .....	18
III-3.Le taux d'oxygène dans l'air .....	18
Chapitre II présentation de la couveuse	
I-Introduction .....	21
II- Régulation thermique chez le prématuré.....	21
II-1. Les incubateurs ouverts .....	24
II-2. L'incubateur fermé: .....	24
III-Analyse fonctionnelle du système d'un incubateur de transport.....	25
III-1 Fonction d'usage.....	25
III-2 Elargissement de l'étude .....	26
III-2-1 Fonction globale du système .....	26
IV-Analyse fonctionnelle de l'o.t (incubateur de transport) .....	28

IV-1-Cahier des charges du constructeur .....	28
IV-2- Les messages d'alarme générés par l'afficheur LCD.....	29
V-Analyse fonctionnelle de 1er degre de l'o.t(incubateur de trasport).....	30
V-1- 1- Schema fonctionnel de 1er degre de l'o.t .....	30
V-1-4-Role de fonctions principales .....	32
V-2-Analyse fonctionnelle de degre 2 de fp3.....	34
V-2-1-Schema fonctionnel de degre 2 de fp3.....	34
V-2-2 Definition des liaisons de fp3 .....	35
V-2-3 role des fonctions secondaires fp3.....	35

### Chapitre III les panneaux solaires

I. Introduction.....	38
II-Les panneaux solaires : .....	38
II-1-Les differents panneaux solaires photovoltaïques.....	39
II-1-1 Panneau avec cellules en silicium monocristallin : .....	39
II-1-2 Panneau avec cellules en silicium poly cristallin : .....	39
II-1-3-Panneau avec cellules en couche-mince ou en silicium amorphe :.....	39
II-1-4 Panneau solaire hybride:.....	40
III-Les panneaux hybrides (photovoltaïques/thermiques).....	40
III-1 Fonctionnement des capteurs hybride .....	40
III-1-1 Partie thermique: .....	40
III-1-2 Partie électrique:.....	40
IV- Les batteries .....	44
IV -1 Les differents types de batteries.....	44
IV-1-1 Batterie plomb-acide .....	44
IV-1-2-Batterie Lithium-ion .....	46
IV-1-3-Batterie Nickel métal-hydrures .....	47
IV-2 Comparatif des batteries.....	48
IV-3 -La regulation de charge et la decharge .....	49
IV4-Régimes et tensions de recharge en technique photovoltaïque.....	50

## Chapitre : IV Conception et réalisation d'une couveuse

I- Introduction :	53
II-Analyse fonctionnelle du système :	53
II-1-Présentation du système technique.....	53
II-2- fonctionnement .....	54
II.3.présentation du système :	54
II-4 Régulation température .....	55
II-4-1 Mode Air .....	56
II-4-2 Mode cutanée.....	58
II .5. Affichage défauts .....	60
III. Matériels et logiciel utilisés :	60
III.1 Le matériel.....	60
III.1.1 sonde pt1000: .....	60
III.1.2 Le relais.....	63
III.1.3 Les resistences .....	63
III-1.4 Le circuit.....	64
IV- Les outils :	64
IV.1 Partie hard (arduino) :	64
IV-2 Partie soft(matlab).....	65
IV.3 Installation des packages.....	67
V-Les resultats .....	71
Conclusion .....	74
Bibliographie.....	76

## Listed figures

### Chapitre I

Figure 1:développement .....	10
Figure 2:Les catégories des prématurées.....	11
Figure 3: Âge gestationnel à la naissance.....	14
Figure 4:Taux de survie selon l'âge gestationnel de naissance .....	15
Figure 5: températures corporelle du nouveau-né(en c°) .....	16
Figure 6:Un équilibre thermique fragile.....	17

### Chapitre II

Figure 1: l'incubateur néonatal (couveuse).....	21
Figure2:les pertes de chaleur d'un bébé prématuré et d'un adulte en fonction du temps à unetempérature ambiante de 22°C.....	21
Figure3 : Schéma représentant le mode de fonctionnement d'un incubateur ouvert. ....	24
Figure4 : Schéma représentant le mode de fonctionnement d'un incubateur ferme. ....	24
Figure :5 Fonction d'usage .....	26
Figure : 6 Schéma fonctionnel de niveau I.....	26
Figure : 7 Schéma fonctionnel de niveau II.....	27
Figure :8 Représentation du flux d'air dans le système.....	27
Figure :9 Schema fonctionnel de 1er degre de l'o.t .....	30
Figure :10 Schema fonctionnel de degre 2 de fp3 .....	34

### Chapitre III

figure1:Panneau solaire a plan vitre .....	38
Figure2:Panneau avec cellules en silicium.....	29
Figure3:Panneau avec cellules en silicium poly cristallin.....	29
Figure4:Panneau avec cellules en couche-mince ou en silicium amorphe.....	40
Figure5:Panneau solaire hybride .....	40
figure6:Panneau solaire hybride .....	41
Figure7:schéma de fonctionnement du panneau hybride(thermique) .....	41
Figure8: Schéma des bandes de valence et de conduction .....	42

Figure9:Schéma d'une batterie au plomb .....	45
Figure10:Schéma d'une batterie déchargée .....	46
Figure:11Schéma d'une batterie en charge .....	46
Figure:12 Schéma d'une batterie en activité.....	47
Figure :13 la régulation de charge et la décharge .....	49

## Chapitre IV

Figure 1 : Fonctionnement de l'incubateur .....	54
Figure2 : schéma du système.....	55
Figure3 : température en mode air.....	56
Figure4 : température en mode cutané .....	58
Figure5 : sonde pt1000 mode air    Figure5 : sonde pt1000 mode cutanée.....	61
Figure6 : emplacement de la sonde cutanée .....	62
figure7 : emplacement de la sonde à l'intérieur de l'habitable.....	62
Figure8 : la résistance .....	63
Figure9 : le circuit .....	64
Figure10 :schémas de bronchement carte Arduino	
Figure 11 : comparatif entre  Arduino Uno  et maga .....	65
Figure12: synoptique d'une carte Arduino Méga 2560.....	65
Figure 13 : commande GUIDE.....	66
Figure 14: interface DUIDE sous Matlab .....	66
Figure15: Installation du  support packages.....	67
Figure16: les supports packages convenables.....	68
Figure17 : accepter le contrat de licence.....	68
Figure18: le port et le model de carte  Arduino.....	69
Figure19: commande d'installation d'Arduino (install_arduino).....	70
Figure 20 : schéma montrant la température réel en mode cutanée.....	71
Figure21 : schéma montrant la température supérieur à la norme (>37.5°C).....	71
Figure22 : schéma montrant la température et inferieur a la norme (<36.5°C).....	72
Figure23 : schéma montrant la température supérieur à la norme (>28°C).....	72
Figure24 : schéma montrant la température et inferieur a la norme (<27°C).....	73



# Liste des tableaux

## Chapitre I

Tableau 1: Taux de prématurité exprimé en pourcentage du total des naissances.....	11
Tableau 2: Taux de naissances prématurées dans divers pays.....	12

## Chapitre II

Tableau :1 Tableau de messages d'alarme généré par l'afficheur LCD.....	29
Tableau :2 les Valeur de la CTN de FP3 et FP4 en fonction de T°amb.....	33

## Chapitre IV

Tableau 1 : tableau d'indication d'erreur.....	60
Tableau 2 : tableau de variation de résistance de la pt1000 en fonction de la température.....	61

# Introduction

---

## INTRODUCTION

De nos jours le développement scientifique et particulièrement dans le domaine médical a atteint le sommet et entraîné une ascension fulgurante dans les équipements médicaux dont les hôpitaux ne peuvent s'en passer, de ce fait ces derniers (les équipements médicaux) sont devenus partie intégrante dans toutes les étapes du service hospitalier.

Toutes ses propriétés propres aux équipements ont pour seul et unique but la préservation et la bonne santé des personnes. Parmi ces équipements on a choisi l'incubateur néonatal (couveuse) comme projet de fin d'étude.

Les conditions dans lesquelles naissent et vivent les nourrissons ont nettement évolué et continuent à évoluer pour permettre le confort de l'enfant. En effet, dans les pays industrialisés, plus particulièrement en France, les mortalités néonatales – taux de décès infantile de moins de 28 jours – et post-néonatales – taux de décès infantiles de 28 jours ont vu leurs taux considérablement diminués.

Cette amélioration de l'espérance de vie chez les nourrissons est avant tout due au développement et à l'amélioration des dispositifs médicaux dédiés à la néonatalogie. Par ailleurs, le ministère de la santé publie « l'arrêté du 25 avril 2000 » relatif « aux locaux, dispositifs médicaux et examens pratiqués en néonatalogie et en réanimation néonatale », ce qui souligne l'intérêt du gouvernement pour la mise en place des structures adaptées.

Cet arrêté, en l'article 13 et 17, stipule que le « secteur de surveillance et de soins de l'unité de néonatalogie » doit être doté des dispositifs médicaux nécessaires :

- à la photothérapie,
- à l'oxygénothérapie et au contrôle de la teneur en oxygène du mélange gazeux administré,
- au contrôle continu de la saturation en oxygène,
- au maintien de l'équilibre thermique,
- à la ventilation artificielle de longue durée ...

Dans un souci de clarté, ce rapport distingue trois familles de dispositifs médicaux parmi l'ensemble du parc d'équipements de néonatalogie. Il liste les techniques associées aux pathologies les plus fréquentes chez le nouveau-né. Ainsi, ce projet développe le thème l'équilibre thermique

## I-Introduction

La prématurité est définie à partir de la durée de la grossesse. Une grossesse dure en moyenne 40 semaines (du 1er jour des dernières menstruations jusqu'au jour de la naissance). Lorsque le bébé naît avant la 37<sup>e</sup> semaine accomplie, on dit qu'il est prématuré. Si son corps semble tout à fait formé, il est cependant de petit poids et certains organes sont immatures, particulièrement les poumons, le système digestif, le cerveau. Plus le bébé est prématuré, plus il aura besoin de soins spécialisés.

## II- La prématurité

### II.1-Rappel du développement « normal » in utéro

Les Grandes Etapes : Une naissance menée à terme est de 40 SA (semaines d'aménorrhée). Et au cours de cette période, l'enfant grandit et se développe chaque jour qui passe.

#### -Au cours du premier mois

Le futur enfant est à l'état d'embryon. La segmentation vertébrale s'établit, le système vestibulaire se met en place et la sensibilité cutanée est fonctionnelle pour la région péribuccale. Les terminaisons nerveuses nociceptives de la peau s'activent.

#### -Au cours du deuxième mois

On observe la formation de la moelle épinière, le système nerveux commence à se développer : la prolifération neuronale permet la formation du tube neural avec le capital de neurones nécessaires et la formation des cellules gliales, qui jouent un rôle majeur dans la migration neuronale. La tête se redresse et les membres se différencient. Les premiers mouvements sont visibles à l'échographie.

#### -Au cours du troisième mois

Le futur bébé est à présent un fœtus. La main est bien formée, la tête prend un tiers du corps. Le système nerveux continue sa progression avec le début de la migration neuronale : le cortex se forme, dirigé par les cellules gliales.

#### -Au cours du quatrième mois

Le fœtus peut mettre son pouce à la bouche : c'est le premier mouvement précis et observé.

#### -Au cours du cinquième mois

Le fœtus se recouvre de lanugo, les membres supérieurs se développent. Bébé déglutit et le réflexe de succion apparaît. C'est à ce stade que débute la myélinisation des neurones, rôle actif dans l'accélération de l'influx nerveux. Mais les processus de prolifération et de migration neuronale, la croissance axonale, dendritique et synaptique continuent après la naissance (jusqu'à dix ans environ). Le fœtus commence à pousser avec ses pieds pour changer de position.

#### -Au cours du sixième mois

La peau se forme et se couvre de vernix (enduit gras). La sensibilité cutanée s'achève. Il pédale et bâille, effectue 20 à 60 mouvements par demi-heure d'éveil et dort 18 à 20 heures par jour. A la fin du sixième mois, les cellules alvéolaires dans le poumon commencent à sécréter le

surfactant (substance phospholipidique capable d'abaisser la tension superficielle au niveau de la membrane alvéolaire). Il commence à percevoir la lumière à travers la paroi abdominale de la maman.

#### -Au cours du septième mois

Les nerfs s'étendent. Il peut ouvrir les yeux, il entend des bruits à l'extérieur de la paroi utérine.

#### -Au cours du huitième mois

Le lanugo disparaît et la peau s'épaissit et devient rose. La maturation du poumon s'achève. Le fœtus se retourne dans le ventre de sa mère.

#### -Au cours du neuvième et dernier mois

Le lanugo est tombé et le vernix se dissipe. La concentration en surfactant augmente. L'enfant prend du poids et remue de moins en moins, faute de place. L'enfant est alors prêt à naître.



Figure 1: développement du bébé

## II .2-La définition de prématurée

Définition Une grossesse humaine menée à terme dure 40 semaines. Toute naissance avant le terme de 37 semaines révolues mais au moins 22 semaines, quel que soit le poids (mais au moins 500 g) est considérée comme prématurée (Organisation mondiale de la Santé). Bien que toutes les naissances ayant lieu avant 37 semaines de gestation soient définies comme prématurées, la plupart des séquelles et des décès du nourrisson surviennent lorsque l'accouchement a lieu avant 34 semaines. Il est par conséquent souvent pratique de diviser les naissances prématurées: très grande prématurité, grande prématurité, prématuré moyenne.

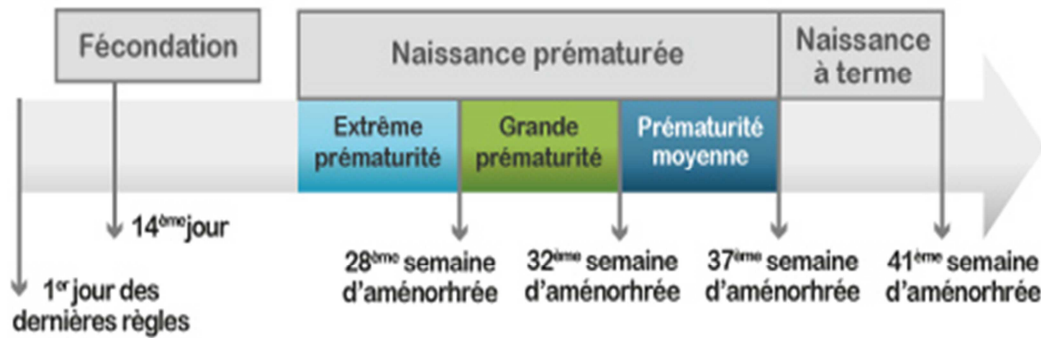


Figure 2: Les catégories des prématurés

- **Nés avant la 28ème semaine** : très grands prématurés ou prématurité. Toutes les fonctions vitales du très grand prématuré sont formées, mais ne sont pas autonomes. Il ne peut pas respirer ou manger seul. Il ne sait pas non plus gérer sa température corporelle, il est très sensible aux microbes et ses organes ont des difficultés à fonctionner correctement. Le plus grand risque concerne le développement de son cerveau. Le bébé est pris en charge par un service de réanimation néonatale.
- **Entre 28 et 32 semaines** : grands prématurés. A ce stade, les difficultés respiratoires sont présentes, mais nettement moins préoccupantes. Le bébé n'est pas capable de manger seul (les réflexes de succion et de déglutition ne seront coordonnés que vers 7 mois et demi de grossesse). Il a besoin d'une grande surveillance. Le principal risque est la constitution de séquelles cérébrales. Selon ses besoins respiratoires, il est pris en charge par une unité de réanimation néonatale ou un service de soins intensifs.
- **De 32 à 37 semaines** : prématurés qui en règle générale présentent moins de difficultés du fait de leur âge plus avancé. A ce stade, le bébé est généralement capable de respirer sans assistance.

Cependant, comme certains bébés nés à terme, il se peut qu'il ait une détresse respiratoire à la naissance. Dans ce cas, il recevra les soins adaptés à ses besoins respiratoires.

	1971	1981	1988	1994_1995	1998_1999	2000_2001	2002_2003
Très grand prématuré < 28 SA				0.04%	0.23%	0.26%	0.33%
Grande prématuré < 32 SA	1.3%		1%	0.5%	1.1%	1%	1.2%
Prématuré moyenne < 37 SA	8.2%	5.7%	4.8%	4.5%	5.3%	5.5%	5.7%

Tableau 1: Taux de prématurité exprimé en pourcentage du total des naissances.

### II .3- Taux de naissances prématurées

Une naissance sur dix est prématurée. Chaque année, environ 13 millions d'enfants naissent prématurément dans le monde.

L'incidence de la prématurité est d'environ 11 % en Amérique du Nord, 5,6 % en Océanie et 5,8 % en Europe (Tableau 1)

Aux États-Unis, en moyenne un bébé prématuré naît chaque minute. Depuis 1990, pour des raisons encore mal comprises, le taux mondial de naissances prématurées a augmenté d'environ 14 %. Cette augmentation peut s'expliquer en partie par le nombre plus important de naissances prématurées provoquées, l'amélioration de l'efficacité des techniques de réanimation des grands prématurés, la hausse de l'âge maternel moyen, l'augmentation du recours à la procréation médicalement assistée (PMA) et les gestations multiples liées à ces techniques. Les grossesses simples après fécondation in-vitro Présentent également un risque accru d'accouchement prématuré. Cette augmentation est très inquiétante, car les naissances prématurées sont associées à un risque significatif d'affections et de décès néonataux. Le taux des naissances prématurées n'est pas homogène chez les femmes fertiles. Aux États-Unis, la prévalence des naissances prématurées est deux fois plus élevée chez les femmes afro-américaines que chez les femmes caucasiennes ou hispaniques. Aux États-Unis et au Royaume-Uni, ce taux est compris entre 16 et 18 % chez les femmes d'origine africaine contre 5 à 9 % chez les femmes d'origine caucasienne. Les femmes d'origine africaine courent également trois à quatre fois plus de risques d'accoucher très prématurément que les femmes appartenant à d'autres groupes ethniques .En outre, les causes des naissances prématurées diffèrent en fonction des groupes ethniques. Elles sont le plus souvent dues à un travail prématuré chez les femmes d'origine caucasienne alors que la RPM est la cause la plus fréquente chez les femmes d'origine africaine

<b>Pays</b>	<b>Taux de naissances prématurées</b>	<b>Réf.</b>
États-Unis	12,7 %	[6]
Canada	7,6 %	[7]
Royaume-Uni	7,6 %	[8]
Allemagne	7,6 %	[9]
France	6,2 %	[9]
Finlande	5,2 %	[10]
Suède	5,6 %	[11]
Norvège	8,5 %	[12]
Danemark	6,1 %	[207]
Australie	7,9 %	[206]
Mozambique	15,4 %	[13]

*Tableau 2: Taux de naissances prématurées dans divers pays*

## II.4 Les types des prématurés.

### II .4.1- La prématurité spontanée

C'est le déclenchement du travail aboutissant à la naissance entre les limites de la viabilité et la fin de la 36ème semaine. Elle est souvent due à une rupture prématurée de la poche des eaux ou à un travail prématuré spontané.

### II .4.2- La prématurité provoquée

C'est lorsque l'accouchement est induit, sur indication médicale. Le Retard de Croissance Intra-utérin peut être un motif de prématurité spontanée, provoquée par ordre médical

## II.5- Les causes de prématuré

Il existe un grand nombre de raisons connues qui expliquent pourquoi certains bébés sont prématurés. Certaines sont associées à l'état de la mère et d'autres à l'état du fœtus.

Parmi les causes d'origine maternelles, ou celles associées à l'état général de la mère, on retrouve :

- l'hypertension artérielle
- une infection
- un abus d'alcool ou d'autres drogues
- un traumatisme
- une maladie chronique

La naissance prématurée peut aussi être le résultat de complications associées à l'utérus ou au placenta, par exemple :

- une béance cervico-isthmique, ou une ouverture prématurée du col de l'utérus
- une malformation de l'utérus
- une surabondance du liquide amniotique, ce qui peut causer de la pression dans l'utérus entraînant des contractions et une naissance prématurées
- malformations ou décollement prématuré du placenta

La naissance prématurée peut également être le résultat de causes d'origine fœtales, par exemple :

- une infection
- une malformation fœtale
- des anomalies chromosomiques

Les naissances prématurées peuvent également se produire pour des raisons inconnues. Alors que certaines savent qu'elles risquent d'accoucher prématurément et peuvent s'y préparer, la majorité des femmes accouchent prématurément de façon non planifiée et inattendue

## II .6-Pourquoi s'en inquiéter ?:

La naissance prématurée pose un problème de santé grave. Elle est associée à un risque significatif d'affections et de décès néonataux. En 2001, les naissances prématurées sont devenues la première cause de mortalité infantile, devant les malformations congénitales .Si les améliorations des soins néonataux ont permis d'augmenter le taux de survie des grands prématurés, les prématurés restent beaucoup plus exposés aux problèmes de santé ou de développement que les nourrissons à terme. Les risques sont plus élevés lorsque l'âge gestationnel est bas. (Figure). D'après une étude récente, la survie néonatale est largement inférieure lorsque la naissance prématurée est due à une RPM plutôt qu'à un travail prématuré ou à un accouchement provoqué.

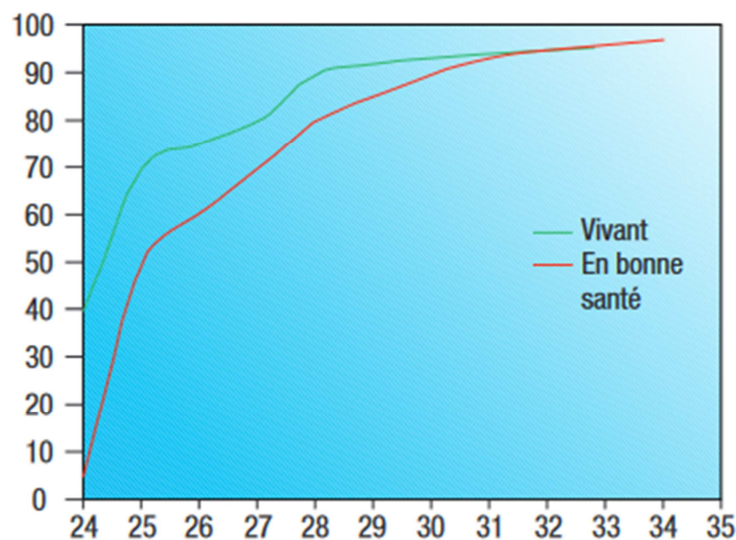


Figure 3: Âge gestationnel à la naissance

Nombre de bébés vivants et en bonne santé en fonction de leur âge gestationnel. À la naissance Données issues de l'impact émotionnel sur la famille confrontée à cette situation est très important. Très souvent, le bébé est admis dans un hôpital éloigné du domicile familial. Les parents et les frères et sœurs sont très anxieux et doutent de la survie et du rétablissement complet du bébé.

Les prématurés courent plus de risques de souffrir de complications et d'handicaps permanents, tels qu'une déficience mentale, une infirmité motrice cérébrale (IMC), des problèmes gastro-intestinaux et pulmonaires ou encore une perte de la vue et de l'audition (Tableau). Les bébés prématurés de seulement quelques semaines présentent également six fois plus de risques de décéder au cours de leur première semaine de vie que les bébés nés à terme, et trois fois plus de risques de décéder avant leur premier anniversaire. À long terme, les prématurés présentent un risque plus élevé de développer une maladie cardiovasculaire, de l'hypertension, du diabète, voire un cancer.

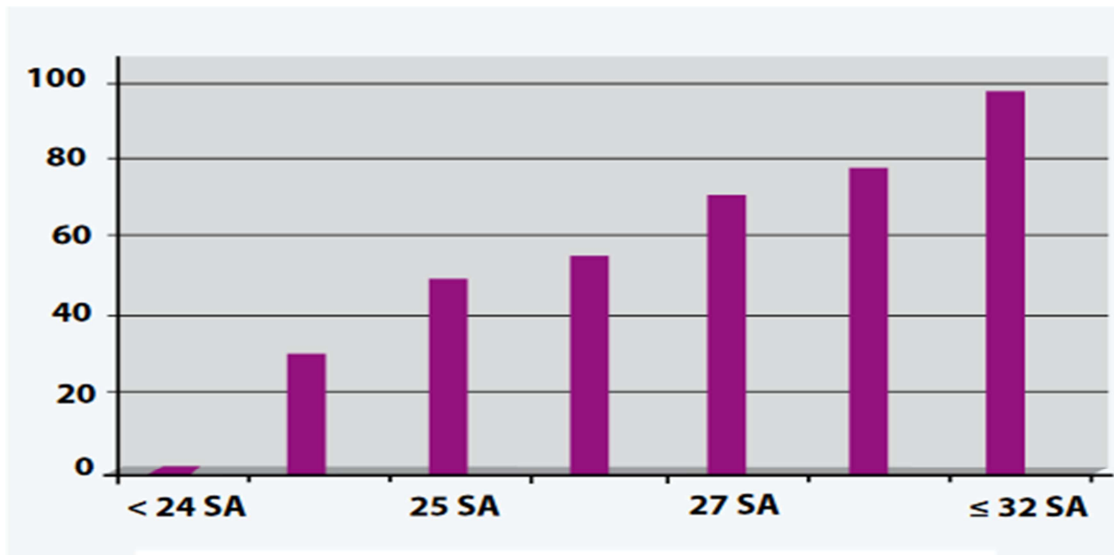


Figure 4: Taux de survie selon l'âge gestationnel de naissance

## II .7 - Aspect clinique du prématuré

Le prématuré est un petit enfant bien proportionné, au visage menu et gracieux. Il est recouvert de vernix caseosa. Sa peau est fine et érythrodermie, parfois rouge-vive. Elle est douce et de consistance gélatineuse. Il existe parfois un œdème au niveau d'extrémités. Le lanugo plus ou moins important recouvre ses épaules et son dos. L'absence de relief et la mollesse du pavillon de l'oreille de même que l'absence de striation plantaire, la petite taille des mamelons et l'aspect des organes génitaux-externes sont des critères importants de prématurité. Ils sont à comparer aux critères de maturation neurologique (tonus passif, les mouvements spontanés, les réflexes archaïques et les réflexes oculaires).

### II .7.1 Complications de la prématurité

Elles sont pour l'essentiel liées à l'immatunité de certains organes de l'enfant né prématurément quel que soit la cause de la naissance prématurée. Les complications respiratoires et vasculaires, neurologiques sont les plus importantes à connaître d'un point de vue de santé publique.

#### ➤ Les complications respiratoires

Essentiellement la maladie de la membrane hyaline.

#### ➤ Les complications vasculaires, neurologiques

En situation de risque (grande prématurité) elles doivent être dépistées systématiquement par l'échographie. Elles se composent de deux types :

### - la pathologie veineuse

L'hémorragie sous *épendymaire* et intra-ventriculaire en est la traduction clinique la plus typique. Son taux d'incidence augmente avec l'importance de la prématurité ; globalement il avoisine les 25% au-dessous de 32 semaines. Seules les formes les plus étendues, c'est-à-dire avec dilatation ventriculaire ou « lésion parenchymateuse » associée comportent un risque évolutif mais elles sont rares.

### - La pathologie artérielle

La leuco malacie péri ventriculaire en est la traduction la plus typique. Il s'agit d'une lésion de nature ischémique de la substance blanche péri ventriculaire proche, mais susceptible de s'étendre plus ou moins à distance du toit du ventricule, son taux d'incidence qui croît avec l'incidence de la prématurité, est aux environs de 10% au-dessous de 32 semaines d'aménorrhée, donc plus faible que celui de l'hémorragie sous épendyme et intra ventriculaire.

## III Les conditions climatiques pour le développement d'un prématuré

### III.1 La température

Elle est contrôlée plusieurs fois le 1er jour puis au moins 1 fois par jour, les jours suivants. Ceci permet de vérifier l'efficacité des actions mises en place pour le maintien de la T° corporelle normale : 36,5 ° C à 37,5 ° C. Les nouveau-nés ont besoin d'un environnement plus chaud qu'un adulte. Ils perdent 0,25 ° C/min à 24 ° C, si aucune précaution n'est prise. L'hypothermie est donc un risque important. Mais, un environnement trop chaud est aussi néfaste pouvant entraîner une hyperthermie.

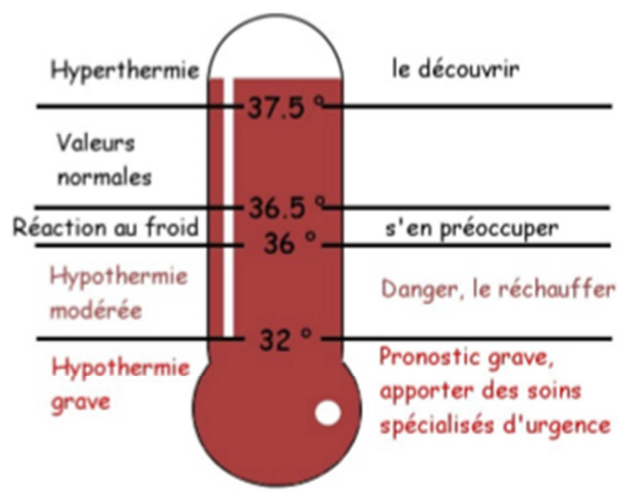


Figure 5: températures corporelle du nouveau-né(en c°)

#### III-1-1 Maintien de la température corporelle

Le maintien de la température chez le nouveau-né est un phénomène encore peu connu. C'est une fonction vitale, comme pour tous les mammifères, car ses principaux organes ne peuvent fonctionner correctement qu'en équilibre thermique. La régulation de cet équilibre est

assurée par un thermostat central, situé au niveau de l'hypothalamus. Celui-ci réagit en fonction d'un certain nombre de données, notamment température de la peau et du sang. Cette régulation est extrêmement précise puisqu'elle porte sur le 37°C moyen, plus ou moins 1°C. Au-delà de ces chiffres, l'organisme est en état de fonctionnement pathologique.

➤ **L'organisme du tout petit n'a pas de marge de manœuvre**

La normo thermie est une condition nécessaire au bon développement cardio-respiratoire du nouveau-né. S'il se refroidit, le nouveau-né présente des troubles d'adaptation à son nouveau milieu, l'obligeant à accélérer son rythme respiratoire pour augmenter ses combustions énergétiques. Les transformations de ses circuits cardiaques sont retardées, retard pouvant aggraver ses difficultés respiratoires. L'urgence de se réchauffer consomme en quelques instants toute son énergie disponible, et l'on voit des hypoglycémies, avec parfois des signes de souffrances cérébrales, uniquement parce qu'il à froid.

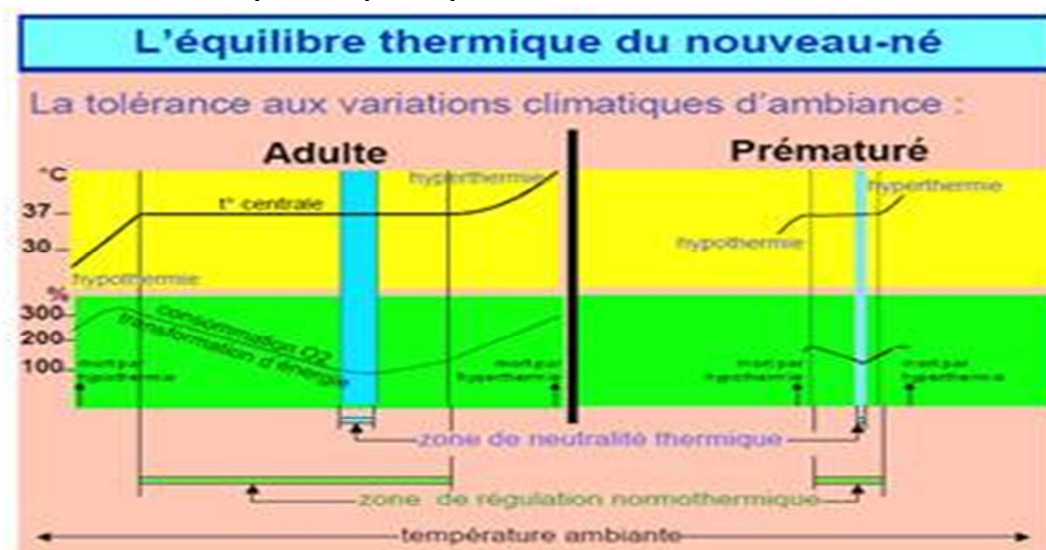


Figure 6: Un équilibre thermique fragile.

La neutralité thermique (zone de températures pour laquelle l'individu n'a pas à fournir d'effort pour maintenir sa température) à équilibre est bien plus délicate chez le nourrisson. De même, la zone de normo thermie (zone de températures dans laquelle l'individu arrive à maintenir sa température) est bien plus étroite chez le bébé.

Il faut 3 jours pour qu'un bébé atteigne un équilibre thermique. Au-delà de ce délai, il est pratiquement inutile de surveiller la température.

La naissance représente un choc thermique important. Le premier geste est alors de le mettre sous une lampe chauffante pour éviter un trop rapide refroidissement. Par contre, on oublie trop souvent le geste le plus urgent, à savoir de le sécher.

➤ **Comment le nouveau-né se refroidit-il ?**

A la naissance, il arrive dans un univers radicalement différent : non seulement il fait brutalement froid de 10 à 15°C, mais, de plus, l'eau a disparu et la peau est en contact avec de l'air, ce qui augmente considérablement tous les échanges : thermiques et hydriques.

La perte de chaleur va se situer à ces deux niveaux : échanges thermiques aériens directs et pertes d'eau réchauffée à 37°.

La peau est une large surface exposée brutalement au froid et au sec. Chez le nouveau-né, elle est très fine et perméable. C'est pourquoi la température descend vite. Le temps nécessaire aux premiers soins et à l'habillage suffit pour mettre le bébé en déséquilibre grave, même si ces gestes sont effectués sous rampes chauffantes. En effet, en chauffant, les rampes déshydratent le nourrisson.

La respiration participe aussi à la perte de chaleur et d'eau. L'air qui entre froid et plus ou moins sec dans les narines ressort chaud et humide. Le nouveau-né perd ainsi beaucoup d'eau et de chaleur : d'autant plus que l'air inspiré est plus sec et plus froid

### **III-2.Le taux d'humidité dans l'air**

Les variations de température et /ou l'introduction d'oxygène peuvent faire varier considérablement le taux d'humidité dite dans l'air .Or il est très dangereux de déshydrater un bébé, en particulier si c'est un prématuré Le maintien du taux d'humidité ou delà certaine valeur est donc extrêmement important ;

Dans l'appareil étudié, ce taux est réglable en dix paliers, de la valeur d'humidité relative régnant dans la pièce contenant l'incubateur jusqu'à 85%environ

### **III-3.Le taux d'oxygène dans l'air**

Il peut être utile, dans certains cas, d'augmenter le taux d'oxygène dans l'aire. Dans l'incubateur étudié, il existe une option permettant de réguler ce taux d'oxygène dans l'habitacle par action sur une électrovanne.

## I-Introduction



Figure 1: l'incubateur néonatal (couveuse)

L'incubateur néonatal aussi appelé couveuse dans le langage courant est un appareil permettant de réchauffer le prématuré de par un environnement thermique stable. Celui-ci concentre différentes machines permettant la prise en charge et la survie d'un prématuré. Cependant sa fonction première est de réguler la température du nouveau-né.

En effet, par définition une *protection thermique* d'un prématuré correspond à l'ensemble des mesures prises dès sa naissance afin de s'assurer que celui-ci maintienne une température corporelle normale en générale proche de 37° C. Ainsi la couveuse assure une protection thermique au nouveau-né prématuré, afin d'assurer son besoin de chaleur supérieur à un bébé né à terme et lutter contre les différents phénomènes de perte de chaleur auxquels il peut faire face. En effet un bébé prématuré exposé à une température ambiante de 22° C perd 0,1°C/minutes soit les mêmes pertes thermique d'un adulte à 0°C.

## II-Régulation thermique chez le prématuré

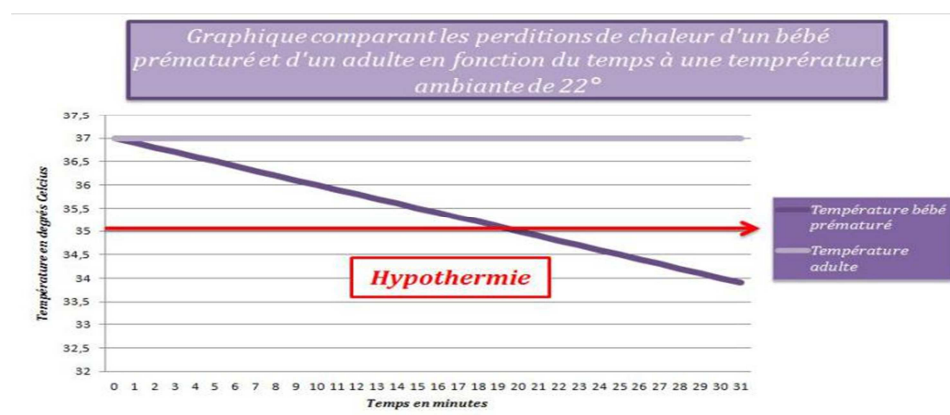


Figure2: les pertitions de chaleur d'un bébé prématuré et d'un adulte en fonction du temps à une température ambiante de 22°c

Nous pouvons alors observer que si le bébé est mal protégé ou placé dans un environnement à 22° C, au bout de 20 minutes celui-ci peu très vite arriver en état d'hypothermie.

Ainsi, une couveuse fait partie des soins préventifs ou curatifs visant à assurer la thermorégulation d'un nouveau-né prématuré afin de réduire les risques d'hypothermie, ces risques sont dus à l'immaturation de son mécanisme de production de chaleur (réserves énergétiques faibles, frissons et activités musculaire presque inexistante) ainsi qu'une quantité de graisse insuffisante et une peau très mince favorisant une perte de chaleur.

Cependant avant d'arriver en état d'hypothermie, un bébé prématuré est exposé à de nombreux transferts thermiques abaissant alors sa température corporelle. Des transferts que nous allons alors découvrir !

*Sachant que :*

*$F_{int}$  = flux dissipé par le corps vers l'environnement*



- $F_{ext}$  = flux dissipé par l'environnement vers le corps

*Ainsi, si que lorsque :*

- $F_{int} < F_{ext}$ ; l'organisme se refroidit.
- $F_{int} > F_{ext}$ ; l'organisme se réchauffe.
- $F_{int} = F_{ext}$ ; l'organisme est en équilibre thermique.

Les flux thermiques  $F_{int}$  ou  $F_{ext}$  peuvent alors être dus;



- à des modes de transfert par *conduction*: ***Fcd***

En effet, la perte de chaleur par conduction se produit lorsque la peau entre en contact direct avec un corps froid, autant de l'air que de l'eau ou tout autre matière, ainsi si;

- ***Fcdint*** > ***Fcdext***, l'organisme se refroidit par conduction et inversement
- ***Fcdint*** < ***Fcdext***, l'organisme se réchauffe par conduction.

Cela peut s'expliquer par le fait que l'énergie cinétique microscopique des particules constituant un corps est plus importante dans les régions chaudes que dans les régions froides. En effet, plus la température d'un corps est élevée, plus l'agitation thermique des particules le constituant est importante et plus leur énergie cinétique microscopique est grande. Ainsi lorsque deux corps de température différentes sont mis en contact, le corps le plus froid reçoit de l'énergie du corps le plus chaud par un transfert thermique grâce aux molécules qui vont se heurter vivement entre elles et transmettent leur énergie aux molécules voisines, ainsi la chaleur captée sera répartie dans toute la masse du corps. Un raisonnement analogue indique qu'à l'inverse lors d'une perte de chaleur le phénomène inverse se produit, le corps chaud (corps) dissipe sa chaleur vers les zones froides (air).

- Il existe aussi des modes de transfert par convection (***Fcv***) pouvant aboutir à des pertes de chaleur très intenses même dans des salles particulièrement bien chauffées. La perte thermique par convection se produit lorsque la chaleur corporelle est transférée à de l'air ou de l'eau en contact direct avec la peau. Par exemple, dans une salle d'accouchement à une température constante de 22°C, les molécules d'air entrant en contact avec le bébé (37°C) vont se réchauffer, se dilater et s'alléger tandis que de nouvelles molécules plus froides viendront remplacer les molécules chaudes. Ainsi les molécules d'air « absorberont » la chaleur du nouveau-né.

Ce pendant il ne faut pas confondre le transfert par conduction avec le transfert par convection. En effet lors d'un transfert thermique par conduction, il n'y a pas de déplacement moléculaire; c'est l'énergie cinétique qui entre en jeu. Alors que lors d'un transfert thermique par convection, il y a un déplacement moléculaire notamment les molécules d'air qui s'allègent.

Ainsi de par toutes ses pertes thermiques les néonatalogies installent directement le nouveau-né dans sa couveuse après l'avoir nettoyé afin d'éviter une trop grande perte thermique. La couveuse permettant de maintenir le prématuré au chaud, il existe différents modes de chauffage utilisant alors différents mécanismes.

## II-1. Les incubateurs ouverts

Ceux-ci utilisent deux systèmes de chauffage

- **Le chauffage par radiation.** En effet de thermique est transférée depuis une lampe source de chaleur vers le bébé prématuré placée au-dessus du nourrisson et dont la hauteur et l'intensité sont variables. Sous la forme d'une onde électromagnétique d'une longueur d'ondes appartenant aux infrarouges (entre 750 nm et 1 000 000 nm). Là l'onde lui parvient sous forme de rayonnement et réchauffe le bébé sans réel danger pour sa peau contrairement à ce que nous pouvons penser.
- **Le chauffage par conduction,** en effet le bébé est posé sur un matelas recouvert d'un gel à forte capacité thermique qui est chauffé par une résistance interne.

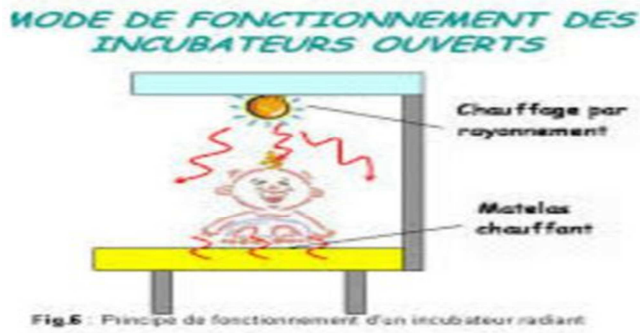


Figure3 : Schéma représentant le mode de fonctionnement d'un incubateur ouvert.

### II-2. L'incubateur fermé

- Celui-ci utilise un système de **chauffage par convection**. En effet l'air est chauffé par une résistance puis un ventilateur brasse l'air chauffé au sein de l'incubateur. Et l'air est humidifié grâce à un humidificateur qui diffuse de la vapeur d'eau en minime quantité.

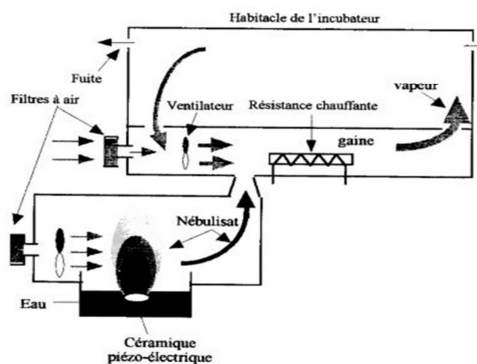


Figure 4 : Schéma représentant le fonctionnement d'un incubateur fermé.

Lorsque les néonatalogies utilisent un incubateur, fermé ou non, ils ont besoins de connaître, de calculer la chaleur à fournir au bébé prématuré afin qu'il s'échauffe et maintienne une température constante. Ainsi nous pouvons utiliser la formule de la quantité de chaleur nécessaire.

- $Q = C \times m \times (Tf - To)$

Avec:

- $Q$  = quantité de chaleur nécessaire, s'exprime en **Joule (J)**
- $C$  = chaleur massique ou capacité thermique massique d'un corps. Cela correspond à l'énergie interne nécessaire pour augmenter sa température de 1°C et s'exprime en **J/(kg.C) ou J.kg-1.C-1**. La capacité thermique d'un corps humain est de **3500 J/(kg.C)**.
- $m$  = masse en **kg**
- $To$  = température initial en **degré Celsius (°C)**
- $Tf$  = température final en **degré Celsius (°C)**

Ainsi, considérons que notre incubateur néonatal fermée, possède une résistance électrique d'une puissance de 100 Watts (valeur du marché) et qu'il est alimenté sous une tension de 230 Volt. Nous cherchons alors à connaître la Quantité de chaleur nécessaire pour chauffer un bébé prématuré de 2,0 kg afin qu'il passe d'une température de 22°C à 37°.

Ainsi

$$Q = C \times m \times (T_f - T_o) = 3500 \times 2,0 \times (37-22) = 105000 \text{ J}$$

Sachant que dans ce cas, nous pouvons considérer que le bébé a eu une perte de température, ainsi afin de lui redonner une température de 37°C les néonatalogues devront régler une énergie de 105000 Joules.

Cependant si le bébé n'avait pas eu une perte de température, il aurait simplement fallu le mettre dans l'incubateur et lui fournir une température de 37°C afin qu'il reste dans un milieu constant semblable à lorsqu'il était dans le ventre de sa mère.

### III-Analyse fonctionnelle du système d'un incubateur de transport

#### III-1 Fonction d'usage

Produire une atmosphère dégagee de toutes impuretés par filtrage de l'air ambiant, réguler automatiquement la température d'un milieu clos par chauffage en prenant pour référence une température de consigne, humidifier l'air par léchage de l'air chaud sur l'eau préalablement stockée et réguler le flux d'oxygène à l'aide d'un débitmètre.

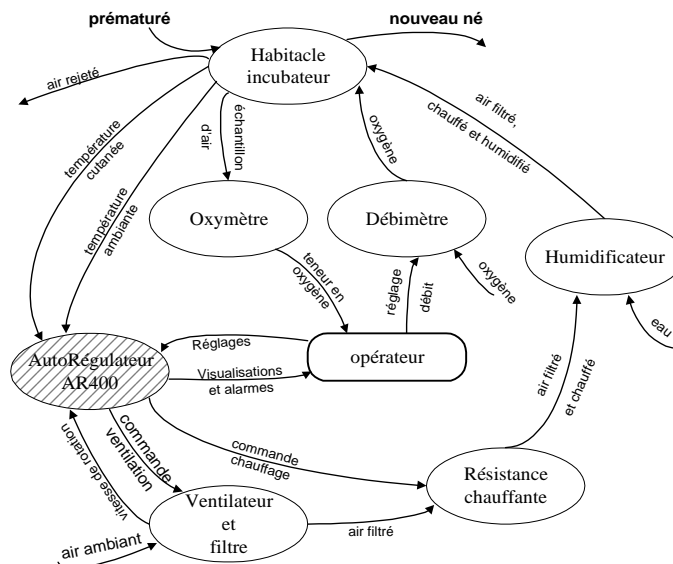


Figure : 5 Fonction d'usage d'un incubateur

II-2 Elargissement de l'étude

III-2-1 Fonction globale du système

Produire une atmosphère contrôlée à partir de l'air ambiant.

Schéma fonctionnel d'un système de régulation

Le schéma représente les différentes étapes de traitement d'aire à l'intérieur de l'habitacle

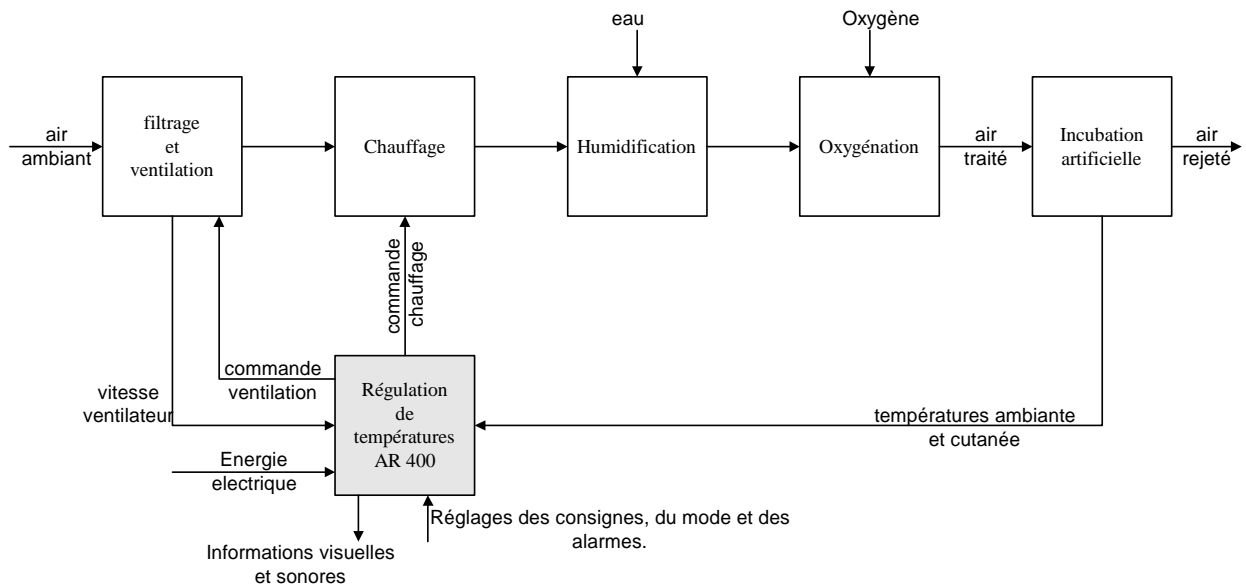


Figure : 6 Schéma fonctionnel

➤ Représentation du flux d'air dans le système

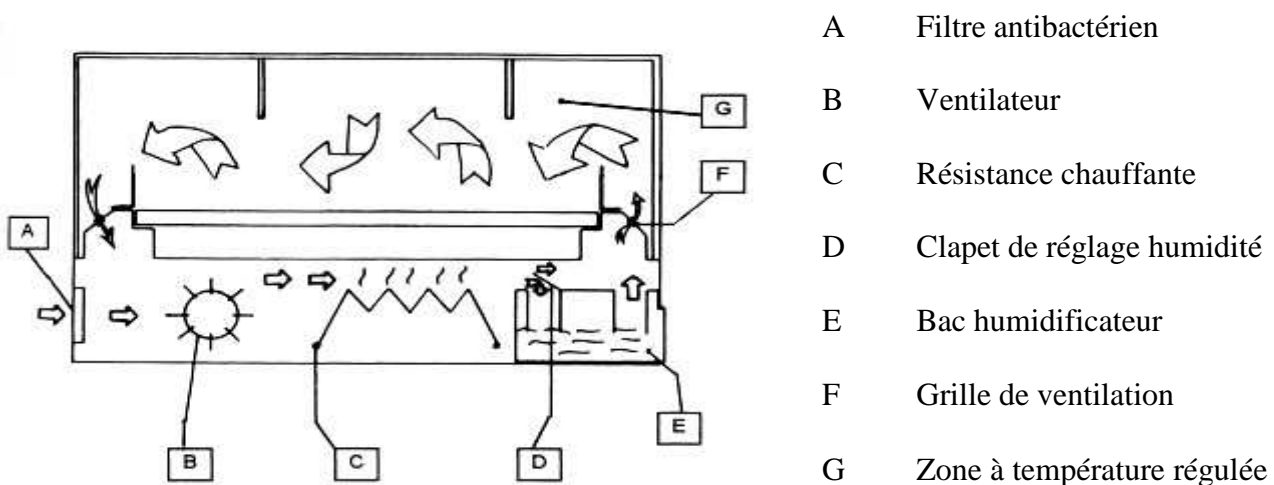


Figure : 7 Représentation du flux d'air dans le système

L'objet technique « **Régulateur de températures AR 400** » servira de support  
Et plus particulièrement la fonction FP3 *Contrôle température ambiante et défaut sonde* sera  
détaillée sous forme d'expérimentations et en étude structurelle.

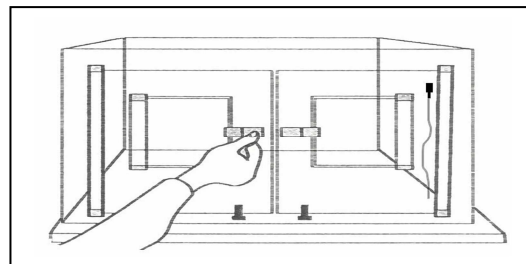
#### IV-Analyse fonctionnelle de l'incubateur de transport

Réguler la température de l'habitacle de l'incubateur à partir d'une température de consigne et d'une température mesurée, suivant le mode<sup>(1)</sup> sélectionné.

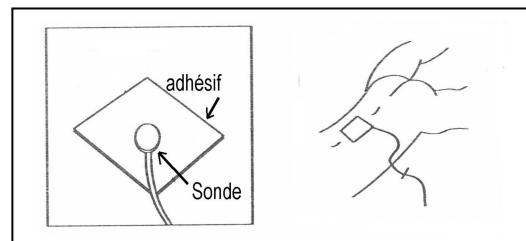
Afficher les températures de consigne et les températures mesurées, suivant le mode déterminé, ainsi que des alarmes visuelles et sonores déclenchées par un mauvais fonctionnement (défauts de *sonde*, de *ventilateur*, de *températures* ...).

Il existe deux modes de régulation :

**-Mode ambiant:** Régulation de la température De l'habitacle de l'incubateur par rapport à la Température mesurée dans cet habitacle (Température ambiante) à côté du ventilateur.



**Mode cutané:** Régulation de la température De l'habitacle de l'incubateur par rapport à la Mesure de la température cutanée (prise sur La peau) du prématuré.



##### IV-1-Cahier des charges du constructeur

Milieu technique : L'appareil doit être mis sous tension 24 heures avant l'utilisation, ceci afin de charger la batterie qui a pour rôle de signaler l'absence d'alimentation secteur.

Comme dans tous les appareils à usage médical, les composants utilisés ont fait l'objet d'une sélection rigoureuse quant à leur précision et leur fiabilité. La mesure de la température ambiante  $T^{\circ}\text{amb}$  est réalisée par 2 fonctions indépendantes. L'une fournit l'information destinée à être affichée, alors que l'autre la compare en permanence aux seuils maximum et minimum autorisés. Les deux mesures de  $T^{\circ}\text{amb}$  sont ensuite comparées, si elles ne sont pas identiques (à 0,8 °C près), une procédure d'alarme est engagée. Afin de répondre aux normes de sécurité en vigueur, l'AR 400 est capable de détecter et de signaler les défauts du système par des alarmes. Toute alarme se manifeste par :

L'allumage du **voyant** d'alarme rouge

L'émission d'un signal **sonore** (qui peut être inhibé)

L'affichage d'un **message** d'alarme sur l'écran LCD

## IV-2- Les messages d'alarme générés par l'afficheur LCD

MESSAGE	DEFAUT PROBABLE
TROP FROID CUTANE	La température cutanée est inférieure à la limite fixée (T° consigne cutanée - seuil de trop froid cutané)
TROP CHAUD CUTANE	La température cutanée dépasse la limite fixée (T° consigne cutanée + seuil de trop chaud cutané).
TROP CHAUD AMBIANT	1) La température ambiante est supérieure à la limite fixée (T° consigne ambiante + seuil de trop chaud ambiant). 2) La température ambiante dépasse le seuil de 37°C (ou 40°C) qui est le seuil de sécurité absolu.
DEFAUT SYSTEME (DIFF AMB) PREVENIR TECHNICIEN	Anomalie : l'écart de température entre la sonde de sécurité et la sonde de régulation est supérieur ou égal à 0,8 °C
VERIFIER BRANCHEMENT DEFAUT SONDE CUTANE	Température cutané > 45°C(sonde en court-circuit).
DEFAUT SONDE SECURITE PREVENIR TECHNICIEN	La Température ambiante relevée par le module de sécurité est > 45 °C ou < 10 °C.
DEFAUT SONDE AMBIANTE PREVENIR TECHNICIEN	La Température ambiante mesurée est > 45 °C ou < 10 °C.
DEFAUT VENTILATION PREVENIR TECHNICIEN	Vitesse de ventilation < 1200tr/mn ou > 3000tr/mn.
TROP FROID AMBIANT	Absence de chauffage (vérifier fermeture des portes).

Tableau :1 Tableau de messages d'alarme généré par l'afficheur LCD

PANNE SECTEUR : l'alarme sonore et visuelle est activée, à condition que la batterie soit chargée. Il ne peut pas y avoir de message dans ce cas, car toutes les autres fonctions sont désactivées.

V-Analyse fonctionnelle de 1er degré de l'incubateur de transport.

V-1-1-schéma fonctionnel de 1<sup>er</sup> degré de l'incubateur de transport

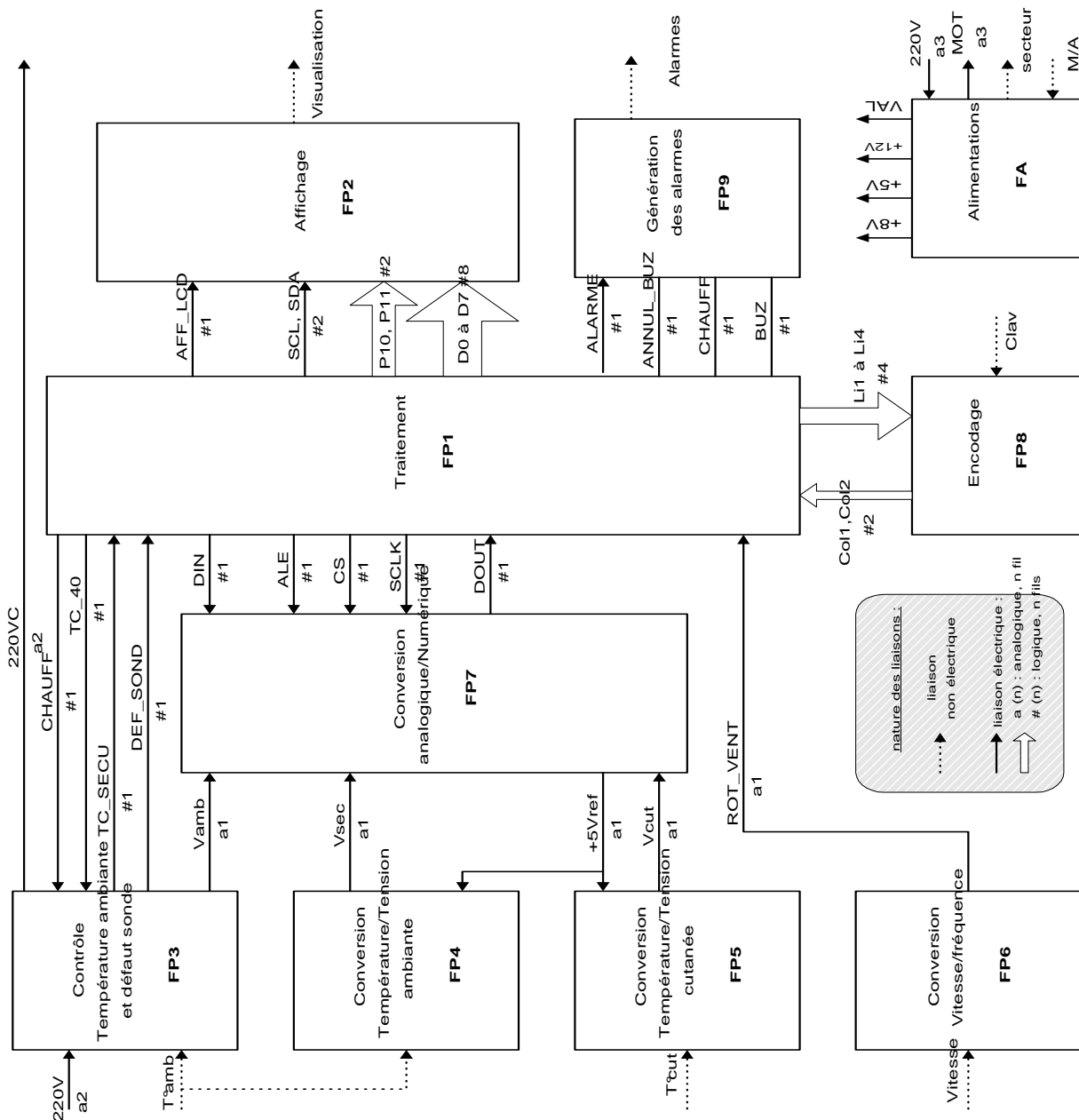


Figure : 8 Schéma fonctionnel de 1er degré de l'o.t (incubateur de transport)

V-1-4-ROLE DE FONCTIONS PRINCIPALES

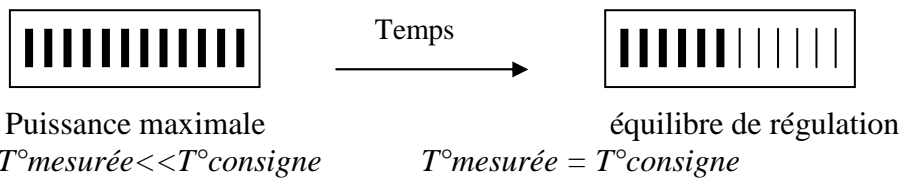
Rôle de **FP1**: TRAITEMENT.

- Guider la programmation des paramètres par le personnel soignant : [Température de consigne], [trop chaud ambiant], [trop chaud et trop froid cutané], [arrêt alarme] etc.
- Générer la commande de chauffage à partir de la comparaison numérique entre la température de consigne et la température mesurée.
- Générer les signaux de commande d'affichage, d'alarme et de TROP CHAUD 40°C.

- Générer les signaux de demande de conversion analogique-numérique et de sélection de la tension image de la température à convertir.
- Vérifier le bon fonctionnement du ventilateur et des sondes de température.
- Stocker les programmes et les données (consignes, modes, affichage ...)

**Rôle de FP2: AFFICHAGE.**

- Elaborer l'affichage digital des températures de consigne et mesurée (ambiante ou cutanée).
- Visualiser le mode de régulation (pavé «ambient » allumé si on est en mode ambient ou pavé «cutané» allumé si on est en mode cutané)
- Visualiser le type d'affichage (pavé «ambient » ou pavé «cutané») en cours
- Elaborer l'affichage des messages d'alarme et d'aide à la programmation sur LCD.
- Elaborer l'affichage du paragraphe, image de la puissance de chauffage sur LCD. Cette puissance est proportionnelle à l'écart entre la température mesurée et la température de consigne.



**Rôle de FP3: CONTROLE TEMPERATURE AMBIANTE ET DEFAUT SONDE.**

- Effectuer la conversion de la température de l'habitacle en une ddp proportionnelle (Vsec).
- Effectuer la comparaison entre cette tension et un seuil minimum 1,0V (soit 10°C), afin de détecter si la sonde est déconnectée (en effet il est impossible d'avoir une  $T^{\circ} < 10^{\circ}C$  en utilisation normale de l'incubateur dans une salle d'hôpital), et produire un signal logique résultant de cette comparaison (DEF\_SOND).
- Effectuer la comparaison entre cette tension et un seuil maximum 3.7V (soit 37°C), afin de détecter si la sonde est en court-circuit ou si la température est trop élevée, avec la possibilité de programmer ce seuil à 4,0V (soit 40 °C), et produire un signal logique résultant de cette comparaison (TC\_SECU).
- Assurer la mise sous et hors tension de la résistance chauffante sur ordre de FP1 (CHAUFF).
- Couper l'alimentation de la résistance chauffante dans le cas d'un défaut de sonde ou d'une température trop élevée : cette décision est autonome. FP3 à un rôle de sécurité puisqu'elle empêche de chauffer l'habitacle de l'incubateur à plus de 37°C (ou 40°C), même en cas de défaillance de FP1.

T°amb (°C)	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Rctn (ohms)	5000	4787	4584	4390	4206	4030	3863	3703	3551
T°amb (°C)	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Rctn (ohms)	3406	3268	3136	3010	2890	2775	2665	2560	2461

Tableau :2 les Valeur de la CTN de FP3 et FP4 en fonction de T°amb

**Rôle de FP4: CONVERSION TEMPERATURE/TENSION AMBIANTE**

- Effectuer la conversion température/tension de la température ambiante et la mise en forme de la tension qui en résulte (Vamb).

**Rôle de FP5: CONVERSION TEMPERATURE/TENSION CUTANEE.**

- Effectuer la conversion température/tension de la température cutanée du prématuré et la mise en forme de la tension qui en résulte ( $V_{cut}$ ).

**Rôle de FP6 : CONVERSION VITESSE/FREQUENCE.**

- Effectuer la conversion de la vitesse de rotation du ventilateur en un signal logique (ROT\_VENT) de fréquence proportionnelle à cette vitesse, ce qui permettra de détecter si la vitesse de rotation du ventilateur est trop importante, trop basse ou même nulle.

**Rôle de FP7 : CONVERSION ANALOGIQUE-NUMERIQUE**

- Effectuer le multiplexage analogique des différentes tensions images des températures mesurées.
- Effectuer la conversion analogique-numérique de la tension délivrée par FP3, FP4 ou FP5, et transmet le resultat à FP1 sous forme de données série.

**Rôle de FP8 : ENCODAGE**

- Convertir la pression sur une des 7 touches du clavier, en code numérique destiné à FP1.

**Rôle de FP9 : GENERATION DES ALARMES**

- Emettre un signal lumineux d'alarme (pavé de Led rouge)
- Emettre un signal sonore (buzzer).
- Visualiser l'état d'inhibition du buzzer : désactivé (Led allumée) ou normal (Led éteinte).
- Visualiser l'état du chauffage : actif (Led jaune allumée) ou inactif (Led éteinte)

**Rôle de FA: ALIMENTATIONS**

- Génère une alimentation régulée +5V en position "MARCHE".
- Génère une alimentation régulée +8V (pour alimenter FP2) en position "MARCHE".
- Génère une tension régulée +12V dès que l'O.T. est raccordé au réseau EDF
- Assure la charge de la batterie de secours (même lorsque l'O.T. est en position "ARRET")
- Génère une tension d'alimentation flottante spécifique (VAL) destinée à FP9
  - Cette ddp est égale à 8,7V en fonctionnement normal.
  - Cette ddp est égale à 5,1V en cas de panne secteur, puis tend vers 0V quand la batterie se décharge.
- Assure la commutation de puissance du ventilateur (MOT).
- Assure la mise sous tension des cartes de régulation et d'affichage.
- Visualise la présence secteur par une Led verte.

*NB : Pour plus de sécurité, FP3 possède ses propres alimentations.*

FP3 est alimenté en 220V si l'interrupteur M/A est en position "MARCHE".

**V-2-Analyse fonctionnelle de degré 2 de fp3.**

**V-2-1-Schéma fonctionnel de degré 2 de fp3**

Ce schéma représente la régulation de l'aire ambiante et les alarmes

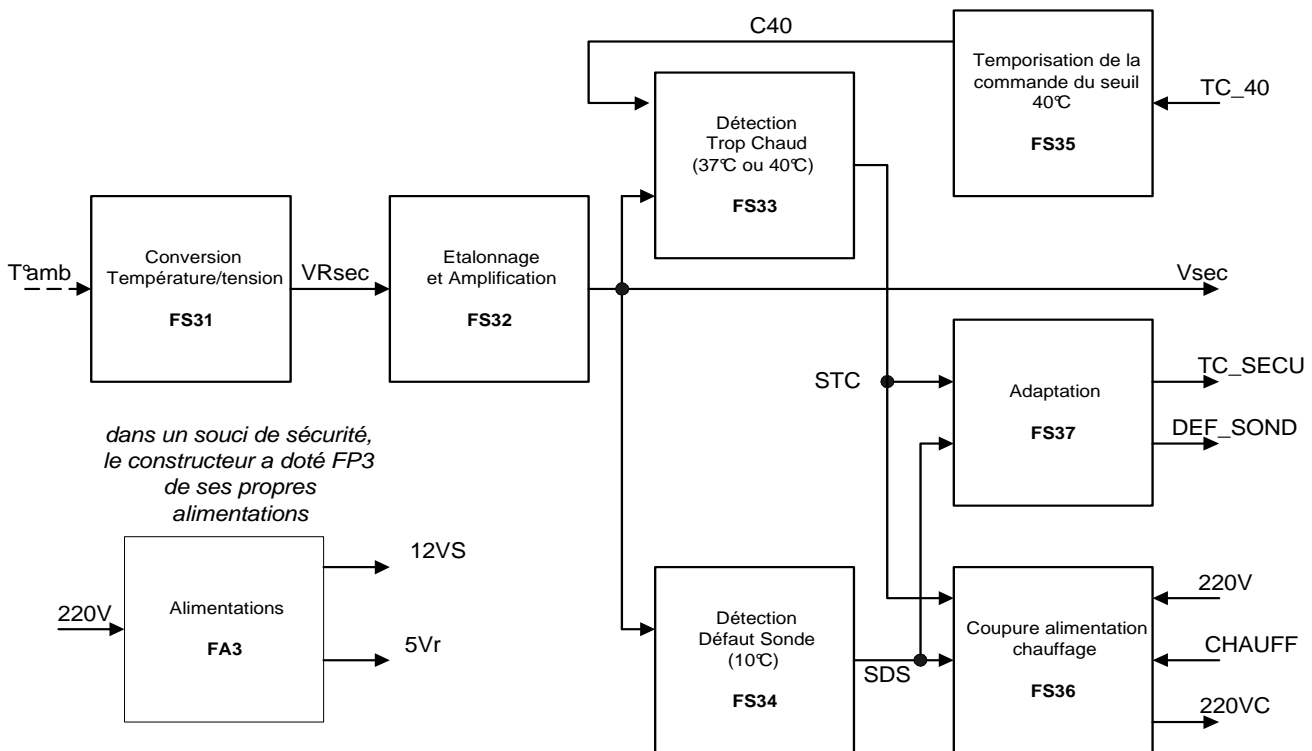


Figure : 9 Schéma fonctionnel de degré 2 de fp3

**V-2-2 Définition des liaisons de fp3**

- T°amb** : Température ambiante (intérieur de l'habitable)
- 220V** : Alimentation 220V, destinée à la résistance chauffante
- 220VC** : Alimentation 220V commuté, destiné à la résistance chauffante
- Vsec** : Tension analogique image de la température ambient (T°amb)
- TC\_40** : Commande commutation trop chaud 40°C
- CHAUFF** : Commande alimentation chauffage
- TC\_SECU** : Information logique TROP CHAUD SECURITE (T°amb > 37 ou 40°C)
- DEF\_SOND** : Information DEFAULT SONDE SECURITE (Sonde en court-circuit)

Liaisons internes :

- VRsec** : ddp, image de la température ambiante T°amb
- STC** : Information logique résultat de la comparaison de T°amb avec 37 ou 40°C
- SDS** : Information logique résultat de la comparaison de T°amb avec 10°C
- C40** : Information logique de commande de seuil à 40°C
- 12VS, 5Vr** : FA3 délivre une tension d'alimentation interne +12V et une tension de Référence interne +5V00 utilisées par FP3 uniquement.

## V-2-3 rôle des fonctions secondaires de fp3

FS31 : « Conversion température /tension »

Capte la température de l'intérieur de l'habitacle grâce à une CTN (voir abaque page 13)

- Effectue la conversion de la température de l'habitacle de l'incubateur en tension (VRsec) image de cette température selon la relation :

$$1. \quad VRsec = -11,1 (T^{\circ}amb) + 995 \quad [VRsec \text{ en } mV \text{ et } T^{\circ}amb \text{ en } ^{\circ}C]$$

FS32 : « Etalonnage et Amplification »

- Amplifie VRsec avec un décalage de tension, selon la relation :

$$Vsec = -9,07 (VRsec) + 9,00 \quad [VRsec \text{ et } Vsec \text{ en } V]$$

(On obtient ainsi Vsec proportionnelle à T°amb selon la relation :  $Vsec = 0.1 T^{\circ}amb$  )

- Permet l'étalonnage très précis de cette fonction de transfert

FS33 : « Détection Trop Chaud (37°C ou 40°C) »

- Elabore une tension (3V7 ou 4V) image du seuil maximum (correspondant à la trop chaude sécurité) en fonction de la commande (C40) délivrée par FS35 :  
C40 = 0 (soit 0V) correspond à la demande d'un seuil à 37°C.  
C40 = 1 (soit 5V) correspond à la demande d'un seuil à 40°C.
- Effectue la comparaison entre ce seuil et la tension Vsec issue de FS32 et élabore un niveau logique STC correspondant au résultat de cette comparaison :  
STC = 0 (soit 0V) dans le cas où la tension Vsec est supérieure à ce seuil (Sonde en court-circuit ou température trop élevée)  
STC = 1 (soit 12 V) dans le cas contraire.

FS34 : « Détection Défaut Sonde (10°C) »

- Elabore une tension (1V) image du seuil minimum (10°C).
- Effectue la comparaison entre ce seuil et la tension Vsec issue de FS32 et élabore un niveau logique SDS correspondant au résultat de cette comparaison :  
SDS = 0 (soit 0V) dans le cas où la tension Vsec est inférieure à ce seuil (Sonde déconnectée ou T°amb < 10°C)  
SDS = 1 (soit 12 V) dans le cas contraire.

FS35 : « Temporisation de la commande du seuil 40°C »

- Maintient un niveau logique « 1 » de commande du seuil maximum à 40°C, en fonction de la commande (TC\_40, actif sur front descendant) issue de FP1, pendant une durée déterminée d'environ 700 ms, durée qui est réinitialisée à chaque commande de FP1.

**NB** : Cette fonction joue un rôle de "chien de garde" : si FP1 est en défaut, la réinitialisation ne se fait plus, et FS35 désactive la commande du seuil haut à 40°C. Autrement dit, pour que cette commande de seuil à 40°C soit prise en compte par FS33, elle doit être demandée par FP1 au moins toute les 0,7 s.

FS36 : « Coupure Alimentation chauffage »

- Coupe l'alimentation de la résistance chauffante lorsque FS33 ou FS34 délivre un "0" logique

- Met sous tension la résistance chauffante lorsque FP1 en donne l'ordre (CHAUFF = 1).
- Il faut donc trois conditions pour que la résistance chauffante soit alimentée :  
SDS = 1, STC = 1 et CHAUFF = 1.

FS37 : « Adaptation de niveau »

- Effectue l'adaptation de niveau électrique entre le 0-12V délivré par FS33 et FS34 et le 0-5V attendu par la fonction FP1.

## I. Introduction

Pour sauver le monde de la crise climatique, l'homme est contraint de trouver des solutions efficaces pour continuer à s'approvisionner en énergie tout en réduisant fortement l'impact de ces dernières sur la planète, notamment en termes de pollution. Parmi toutes les solutions envisageables, il existe une énergie inépuisable et encore sous-exploitée de nos jours : l'énergie solaire. En effet les panneaux photovoltaïques, qui ont vu le jour il y a une vingtaine d'années, constituent une véritable promesse pour l'avenir. Certains pays l'ont bien compris, c'est le cas de l'Allemagne et de la Belgique, alors que d'autres nations, comme la France, commencent seulement à s'intéresser réellement à cette forme d'énergie. La question suivante s'impose alors d'elle-même : Les atouts environnementaux et économiques des panneaux solaires sont-ils de cette énergie la meilleure voie pour l'avenir ? En 1839, Antoine-César Becquerel constate les effets électriques que produisent les rayons solaires dans une pile.

En 1905, Einstein découvrit que l'énergie de ces quanta de lumière est proportionnelle à la fréquence de l'onde électromagnétique. L'utilisation des cellules solaires débute dans les années quarante. Le domaine spatial a besoin d'une énergie sans combustible embarqué. La recherche s'intensifie sur le photovoltaïque.

En 1954 est créée par les laboratoires BELL la première cellule photovoltaïque avec un rendement de 4%. Le spatial devient le banc d'essai de la technologie photovoltaïque. Les coûts de fabrication élevés des cellules et leurs rendements médiocres ne leur permettent pas encore une exploitation à grande échelle. Il faudra attendre les années 70 pour que les gouvernements et les industriels investissent dans la technologie photovoltaïque.

## II-LES PANNEAUX SOLAIRES

Dans le premier cas, les panneaux sont dits thermiques et servent, par exemple, à faire chauffer de l'eau. Dans le deuxième cas, l'électricité est produite grâce à des cellules photovoltaïques partiellement composées de matériaux semi-conducteurs.

À noter, le rendement des panneaux photovoltaïques dépend fortement des matériaux employés dans leur construction (plus de 25 % pour le silicium monocristallin, contre 7 % pour les cellules faites de boîtes quantiques).



*figure1: Parc de centrales photovoltaïques*

### II-1-LES DIFFERENTS PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

La technologie solaire évolue vite. Les performances des panneaux photovoltaïques s'améliorent en même temps que leur prix baisse. Le marché propose aussi régulièrement de

nouveaux types de capteurs plus performants, plus minces, plus souples ou translucides. On peut les diviser en quatre familles :

#### II-1-1 Panneau avec cellules en silicium monocristallin

Carrées aux coins arrondis encadrées sous verre, aspect bleu uni ou noir, rendement 16 à 20%, peut être utilisé comme couverture translucide (auvent, toiture de garage). Le plus cher.



Figure2: Panneau avec cellules en silicium

#### II-1-2 Panneau avec cellules en silicium poly cristallin

cellules juxtaposées sans joint, à l'aspect scintillant (dû à l'amalgame de cristaux orientés en tous sens) et encadrées sous verre, rendement 15-17%, plus sensible à la couverture nuageuse et à la chaleur qu'un panneau monocristallin, bon rapport qualité prix.

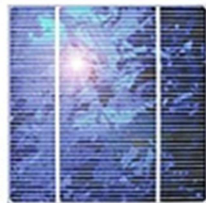


Figure3: Panneau avec cellules en silicium poly cristallin

#### II-1-3- Panneau avec cellules en couche-mince ou en silicium amorphe :

Aspect foncé et uniforme (comme les cellules de calculette), rendement 6-14%, nombreuses technologies en plein développement, très mince ou souple, moins sensible aux températures élevées, certains ont une nette baisse de performance au cours des 1-2 premières années mais qui se stabilise par la suite, généralement le moins cher.



Figure4: Panneau avec cellules en couche-mince ou en silicium amorphe

#### II-1-4- Panneau solaire hybride:

Un panneau solaire photovoltaïque a une production optimale d'électricité lorsque sa température est à environ 20°C. Or, il s'échauffe sous le soleil et perd de son efficacité. D'où l'idée de l'associer à un capteur solaire thermique non vitré: sous les cellules photovoltaïques est disposé un circuit d'eau qui récupère la chaleur (qui peut être utilisée pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la régénération de la chaleur du sous-sol, ou le stockage saisonnier dans un très grand accumulateur d'eau). Ce "capteur hybride" permet de produire à la fois de l'électricité et de la chaleur avec une surface plus compacte que si on utilisait ces deux

types de capteurs sur un même toit. En hiver et en entre-saison, la performance de la partie thermique est moins bonne que celle d'un capteur thermique classique. Mais en été, le fait que la température soit plus basse devient un avantage pour éviter la surchauffe de l'installation – surtout si la chaleur solaire est conduite par des sondes géothermiques pour réchauffer le sous-sol (refroidi durant l'hiver pour chauffer le bâtiment). En effet, une température trop haute peut modifier l'entourage des sondes et réduire les bons échanges de chaleur avec le terrain. S'ils offrent en théorie beaucoup d'avantages, les panneaux hybrides doivent encore faire leur preuve sur la durée.



Figure5: Panneau solaire hybride

Le but est donc double: augmenter le rendement électrique du module et exploiter deux types d'énergies: électrique et thermique. Nous avons mis en œuvre un prototype de capteur hybride et nous l'avons étudié expérimentalement pour évaluer ses performances électriques et thermiques.

### III-LES PANNEAUX HYBRIDES (PHOTOVOLTAÏQUES/THERMIQUES)

Le capteur hybride constitue l'alliance de la thermie solaire et du photovoltaïque en un seul et même capteur et produit ainsi de la chaleur et de l'électricité solaires. Le module photovoltaïque agencé au-dessus de l'absorbeur thermique transforme la partie visible de la lumière incidente du soleil en courant électrique. L'absorbeur collecte les infrarouges chauffants que contient la lumière du soleil et les transmet pour utilisation au système. Cette absorption de chaleur refroidit le module photovoltaïque et en accroît le rendement.

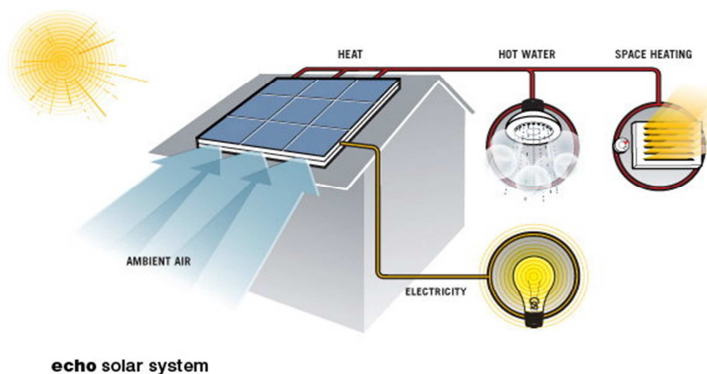


figure6: PANNEAU SOLAIRE HYBRIDE

#### III-1 Fonctionnement des capteurs hybride

##### III-1-1 Partie thermique:

Dans ce type de composant hybride, les cellules PV fonctionnent comme absorbeur thermique et sont refroidies grâce à la circulation d'un fluide caloporteur en face arrière. La

figure 7 présente une description d'un capteur PV-T plan vitré utilisant de l'eau comme fluide caloporteur

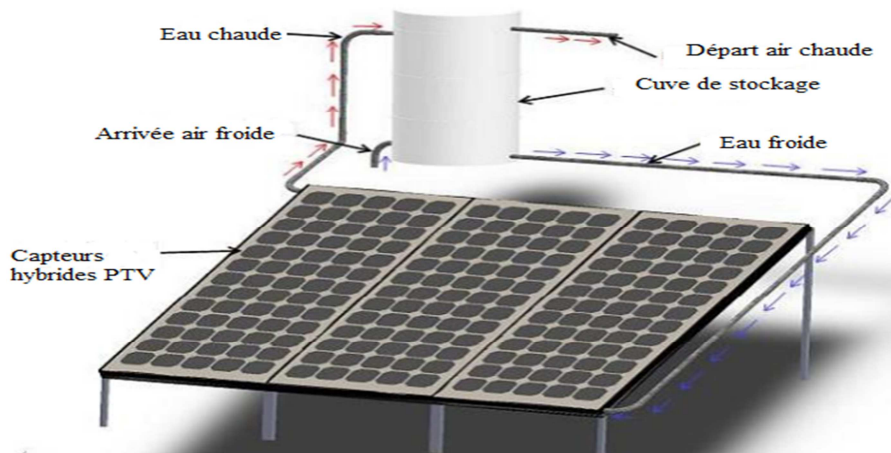


Figure7:schéma de fonctionnement du panneau hybride (thermique)

### III-1-2 Partie électrique

Cette conversion d'énergie se fait en trois étapes. Il y a tout d'abord, l'absorption de la lumière dans le matériau, puis le transfert d'énergie des photons, contenus dans la lumière, aux charges électriques du matériau et enfin la collecte des charges.

#### ✓ Absorption de la lumière

La lumière est composée de photons. Ces photons contiennent une certaine quantité d'énergie qui dépend de leur longueur d'onde. Suivant le matériau utilisé pour le panneau solaire, les rayons lumineux seront soit réfléchis, soit transmis ou alors absorbés. Dans notre cas d'un matériau photovoltaïque, une partie du flux lumineux absorbé sera transformée en énergie électrique.

Nous remarquons que le choix du matériau est très important. En effet, la perte d'énergie par réflexion doit être minimisée. La réflexion dépend des indices de réfraction des matériaux traversés. Plus la différence d'indice est élevée entre deux milieux, plus la surface qui les sépare est réfléchissante. Le taux de réflexion s'écrit :

$$R = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad (1)$$

Avec  $n_1$  l'indice de réfraction du milieu 1 et  $n_2$  l'indice de réfraction du milieu 2.

#### ✓ Le transfert d'énergie

Des photons aux charges électriques Le matériau du panneau solaire est composé d'atomes. Le matériau du panneau photovoltaïque doit être semi-conducteur afin que les électrons soient libérables, contrairement à un isolant où les électrons sont fortement liés et à un conducteur où

ils sont totalement libres. En effet, les électrons les plus extérieurs au noyau sont attirés par les photons qui composent la lumière et qui traversent la matière. Lorsqu'un photon transmet son énergie à un électron se trouvant dans la bande de valence, ce dernier est alors libéré de son attraction envers le noyau et est susceptible de produire un courant électrique s'il est attiré vers l'extérieur, la bande de conduction

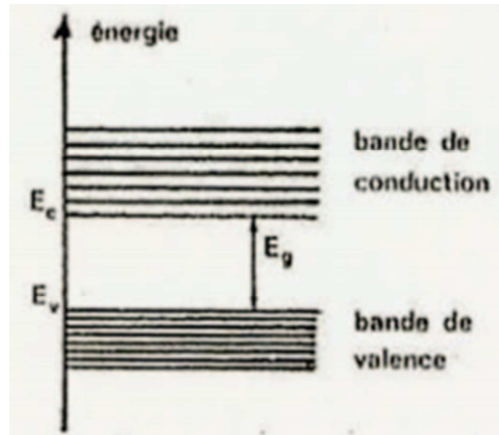


Figure8: Schéma des bandes de valence et de conduction

Si c'est en effet le cas, l'électron laisse alors un trou à sa place et un électron d'un autre noyau va prendre sa place et ainsi de suite. Cette circulation d'électrons, charges négatives, et de trous, assimilés à des charges positives, forme alors un courant électrique. On appelle ce phénomène, le phénomène de photoconductivité.

Pour qu'un photon puisse amener un électron vers la bande de conduction, le photon doit avoir une énergie minimale qui est propre à chaque matériau puisque les structures électroniques sont différentes pour chacun. Cette énergie minimale  $E_g$  dépend de la longueur d'onde  $\lambda$

$$\frac{hc}{\lambda} \geq E_g \quad (2)$$

Dans le cas du silicium,  $E_g=1,1\text{eV}$  donc  $\lambda \leq 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ . La bande de valence et la bande de conduction sont séparées par un vide d'énergie, appelé gap optique ou bande interdite. Si un photon a une énergie inférieure ou égale à  $E_g$  alors il ne pourra pas créer une paire « électron-trou » et ne pourra donc pas faire passer l'électron dans la bande de conduction.

#### ✓ La collecte des charges

Afin de créer de l'énergie électrique, il faut attirer les électrons libérés vers l'extérieur du matériau, dans un circuit électrique sinon ils reprendraient leur place initiale, libéreraient de l'énergie thermique et non électrique. Pour que les électrons aillent vers l'extérieur, il faut créer un champ électrique au sein d'une jonction située dans le semi-conducteur. Ce champ électrique sert alors à séparer les charges négatives des charges positives. Pour ce faire, il suffit de doper le matériau. Dans le cas d'un panneau photovoltaïque au silicium, la jonction est dopée au phosphore (P) d'un côté, dite de type « n » et de l'autre côté au bore (B), de type « p »

Le silicium contient 4 électrons de valence contrairement au phosphore qui en a 5 et au bore qui en a 3. Lorsque l'on dope le silicium de phosphore, 4 électrons par atome de phosphore vont pouvoir créer des liaisons avec les électrons du silicium et un électron par phosphore restera libre. Il y aura donc un excès de charges négatives du côté du matériau dopé de type « n ». A l'inverse, lorsque l'on dope le silicium de bore, les 3 électrons de l'atome de bore vont pouvoir créer des liaisons avec les électrons du silicium. Il y aura donc un excès de charges positives du côté du matériau dopé de type « p » car il manque un électron au bore pour compléter les quatre électrons du silicium.

Ainsi, dans la jonction, les électrons excédentaires du côté « n » sont attirés par les trous excédentaires du côté « p ». Cela crée une circulation de charges négatives et positives et donc crée un champ électrique car il y a une différence de potentiels. On ajoute alors des contacts électriques afin de collecter le courant. Cette jonction repose sur le même principe que la diode : sous illumination, il y a apparition d'un courant électrique qui dépend de la quantité de lumière incidente. Ainsi, la jonction se trouve très près de la surface du panneau solaire afin de capter le maximum de rayons lumineux.

On observe ainsi en que la courbe sous illumination est simplement décalée d'une valeur  $I_{cc}$  qui correspond à la valeur du courant produit par l'éclairage, c'est le courant de court-circuit. On trouve cette valeur à tension nulle.

La caractéristique d'une diode au silicium dans l'obscurité s'obtient grâce à la relation suivante :  $I = I_s (e^{V/V_t} - 1)$  avec  $V$  la tension imposée à la diode,  $V_t = kT/q$  la potentielle thermodynamique,  $k$  la constante de Boltzmann,  $q$  la charge de l'électron,  $T$  la température en K et  $I_s$  le courant de saturation de la diode. Sous illumination, on a alors  $I = I_p - I_s (e^{V/V_t} - 1)$  avec  $I_p$  le courant de saturation de la diode sous illumination. Lorsque la tension est nulle,  $I_{cc} = I_p$ . De plus, sous illumination et à courant nul,  $U_{co}$  la tension de court-circuit s'obtient grâce à la formule suivante

$$U_{co} = V_t * \ln\left(1 + \frac{I_p}{I_s}\right). \quad (3)$$

#### IV-Les batteries

Une batterie est un ensemble d'accumulateurs électriques destinés à stocker de l'énergie et à la restituer ultérieurement. Elle est de type électrochimique et fonctionne grâce aux réactions électrochimiques de ses électrodes. Il y a donc une conversion de l'énergie chimique en énergie électrique. Ce qui différencie l'accumulateur, de la pile, c'est qu'il fonctionne selon 2 réactions: une réaction lors de la décharge de la batterie et une deuxième, lors de la charge.

Comme nous pouvons le remarquer différents types de batteries ont été développés ces dernières années. Nous allons nous concentrer sur l'étude de trois types d'entre elles :

- la batterie plomb-acide (que nous allons utiliser dans notre système),
- la batterie Nickel Métal-hydrures,
- la batterie Lithium-ion.

Pour chacune, nous allons observer premièrement les réactions chimiques qui se réalisent à la charge et la décharge de chaque batterie, puis nous comparerons leurs caractéristiques, l'énergie stockée et leur durée de vie. Nous regarderons aussi les points forts et les points faibles de chacune, pour en arriver à l'explication de notre choix de la batterie au plomb-acide.

Premièrement, on peut remarquer que la composition d'une batterie est toujours la même.

Elle se compose de 2 électrodes : l'anode où se produit l'oxydation et la cathode où se produit la réduction, d'un électrolyte, d'un séparateur. Une batterie nécessite aussi un générateur de courant lors de la charge mais il est rarement intégré directement dans la batterie.

Dans les trois batteries que nous allons étudier, seuls les électrodes et l'électrolyte vont changer, le principe de fonctionnement reste le même. Seuls les couples oxydant/réducteur vont donc changer et la nature du séparateur.

#### IV -1 Les différents types de batteries

##### IV-1-1 Batterie plomb-acide

Un accumulateur au plomb est constitué de deux électrodes de plomb qui baignent dans une solution concentrée d'acide sulfurique. L'une des deux électrodes est recouverte d'oxyde de plomb.

L'accumulateur au plomb fonctionne donc grâce à deux couples red/ox :  $\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$  qui vont réagir avec l'acide sulfurique concentrée  $2\text{H}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

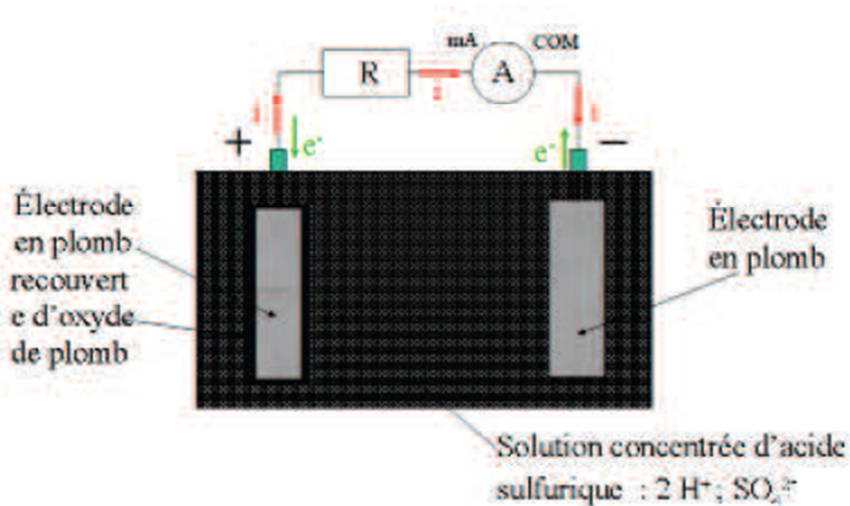


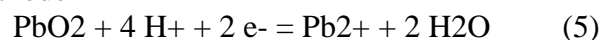
Figure9: Schéma d'une batterie au plomb

Ici l'accumulateur va donner de l'énergie électrique. Dans cette réaction on va avoir :

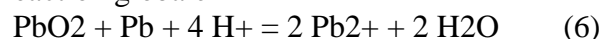
Une oxydation à l'anode



Une réduction à la cathode



Ce qui nous donne la réaction globale



L'ampèremètre nous donne le signe de l'intensité. De ce signe, on en déduit les pôles de notre accumulateur. Le courant est généré par un déplacement d'électrons. Et des ions Dans notre cas, c'est l'oxydation du plomb qui va libérer les électrons. Cela va donc entraîné la consommation du plomb de l'électrode et la libération d'ions  $\text{Pb}^{2+}$  dans la solution. Les électrons

libérés vont participer à la réduction de l'oxyde de plomb de l'autre électrode. Cette réduction va entraîner la consommation de l'oxyde de plomb qui recouvre l'électrode, l'émission d'ions  $Pb^{2+}$  et de  $H_2O$ . On observe donc que la décharge de l'accumulateur au plomb consomme les solides des électrodes

$H^+$  de l'électrolyte entraînant l'augmentation du pH.

Lors de la charge, il se produit une électrolyse. C'est une méthode qui permet de réaliser des réactions chimiques grâce à une activation électrique. C'est un processus de conversion d'énergie électrique en énergie chimique. Il nous faut donc un générateur pour charger notre accumulateur.

On relie la borne + du générateur à l'électrode avec l'oxyde de plomb et la borne – avec l'électrode en plomb. Le générateur va donc imposer le sens du courant, ce qui va entraîner un flux d'électrons de l'électrode avec l'oxyde de plomb à l'électrode en plomb.

Les électrons vont être libérés par l'oxydation qui se réalise sur l'électrode avec de l'oxyde de plomb, suivant la réaction



On observe par ailleurs la formation d'oxyde de plomb qui se déposera sur l'électrode.

La réduction se fera sur l'électrode en plomb, selon la réaction  $Pb^{2+} + 2e^- = Pb$ , ce qui entraînera la formation de plomb sur l'électrode.

On observe ainsi que la charge de l'accumulateur au plomb forme les solides sur les électrodes et des ions  $H^+$  dans l'électrolyte ce qui entraîne la diminution du pH.

#### IV-1-2-Batterie Lithium-ion

La batterie Lithium-ion est constituée de deux électrodes. Son fonctionnement est similaire à celui de la batterie au plomb. Sa particularité est qu'elle repose sur un échange d'ions lithium accompagné d'un échange d'électrons, entre deux électrodes dans une solution appelée l'électrolyte. Dans cette batterie, le lithium reste à l'état ionique. Ce sont ces ions lithium qui vont être mobiles. Ceux-ci vont s'insérer progressivement dans le solide et se placer dans les sites cristallographiques vacants du solide. L'insertion des ions lithium va s'accompagner d'une modification de la structure du matériau et donc de la formation d'une nouvelle phase solide.

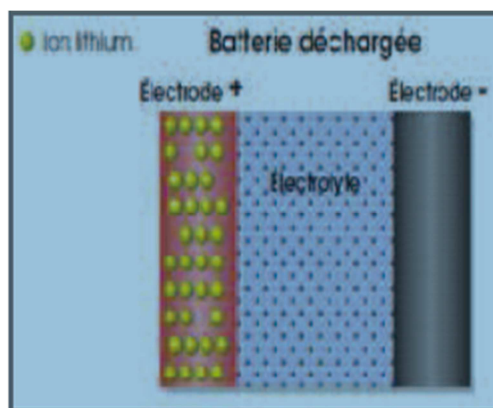


Figure10:Schéma d'une batterie déchargée

Lorsque la batterie est déchargée, tous les ions lithium se trouvent dans l'électrode positive de la batterie.

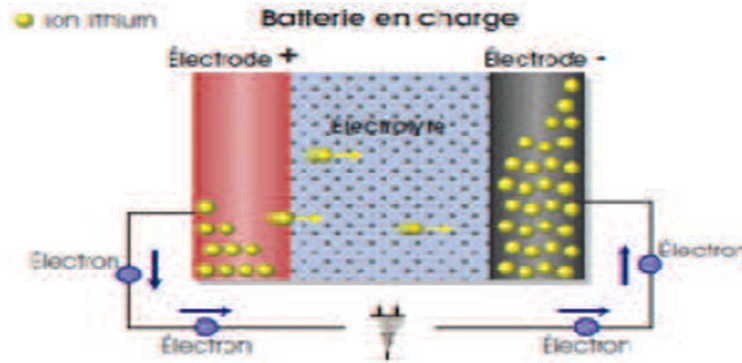


Figure:11 Schéma d'une batterie en charge

Sous influence d'un courant, les ions lithium  $\text{Li}^+$  vont traverser l'électrolyte pour aller vers l'électrode négative. Tous les ions lithium se trouvent donc dans l'électrode négative lorsque la batterie est chargée.

L'utilisation de la batterie va entraîner un flux d'électrons vers l'électrode positive et donc une migration des ions lithium dans l'électrode négative, ce qui va décharger la batterie.

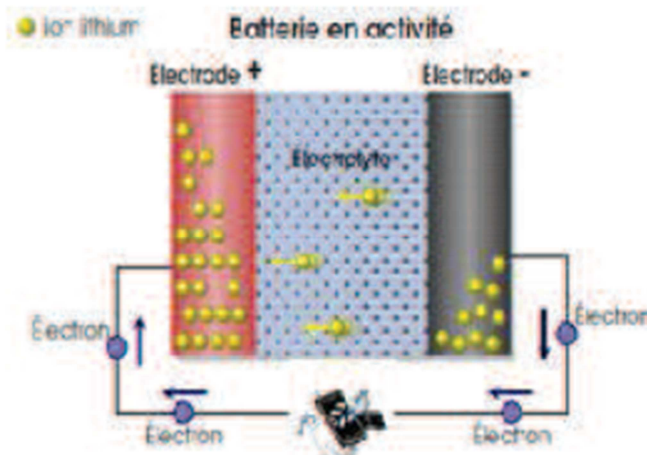


Figure:12 Schéma d'une batterie en activité

Il y a tout de même quelques problèmes d'usure pour la batterie en lithium. Premièrement, il y a un phénomène de formation d'une couche de solide sur les électrodes qui va bloquer l'insertion des ions dans les sites cristallographiques. Ensuite, un phénomène de dégradation des matériaux des électrodes va se produire. L'électrolyte va également perdre de son efficacité à cause de sa capacité à faire circuler les ions, ce qui peut entraîner un ralentissement des ions, une accumulation et donc entraîne un risque de court-circuit.

Pour remédier à cela, différentes études sont menées ayant pour but d'optimiser les matériaux utilisés dans la conception des batteries ainsi que l'électrolyte.

La batterie lithium a vu son évolution se développer en 1991 avec le lancement de la production par Sony de cette technologie. A partir de cette date, les batteries Li-Ion n'ont cessé d'évoluer en termes de composition chimique, de densité énergétique, etc...

Etant donné son faible poids, sa petite taille, sa haute densité énergétique, etc., cette batterie s'est retrouvée privilégiée dans l'utilisation de toutes les technologies actuelles telles que

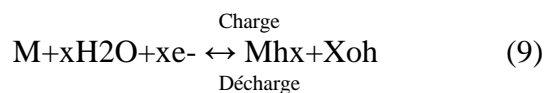
les Smartphones, les tablettes numériques, les ordinateurs portables, les véhicules électriques, les satellites, etc., les fabricants ont adopté cette technologie

Les batteries Li-Ion ont nécessairement recours à un système de gestion, le BMS (Battery Management System) pour une utilisation optimale de l'énergie emmagasinée au sein de la batterie et améliorer ainsi la durée de vie maximale. En effet, elle est très sensible aux décharges profondes et aux dépassements de charge.

#### IV -1-3 - Batterie Nickel métal-hydrures

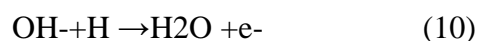
L'accumulateur NiMH est constitué, comme les deux précédentes batteries, de deux électrodes et d'un électrolyte. L'électrode positive est constituée d'hydroxyde de nickel, l'électrode négative est constituée d'un composé inter métallique hydratante et l'électrolyte est une solution de potasse concentrée. On note la présence du séparateur pour notamment éviter un éventuel court-circuit entre les deux électrodes.

Équation de réaction d'oxydoréduction :



Lors de la charge, l'électrode positive subit une oxydation, le nickel passe d'un degré d'oxydation 2 à 3. La réduction de l'eau à la deuxième électrode va produire de l'hydrogène qui est absorbé par le composé intermétallique de l'électrode négative. L'absorption de cet atome d'hydrogène correspond au stockage d'un électron dans l'électrode.

Lors de la décharge, comme dans les autres accumulateurs, c'est la réaction inverse qui se produit. L'ion Ni est réduit par l'influence du courant de charge et l'eau subit une oxydation. A ce moment, l'hydrogène est libéré et va réagir avec les ions OH<sup>-</sup> en présence et libérer un électron selon la réaction :



La charge et la décharge de la batterie sont donc dues à l'absorption et la désorption de l'hydrogène.

Nous venons ainsi de voir comment fonctionnent ces trois types d'accumulateurs. Il nous reste à comparer ces différentes batteries, voir leurs points forts et leurs points faibles pour conclure sur la raison de notre choix d'une batterie au plomb.

#### IV-2 Comparatif des batteries

Dans cette partie, nous allons comparer l'énergie massique des accumulateurs précédents, c'est-à-dire leur densité massique d'énergie, le rendement charge décharge, l'auto décharge de la batterie, soit la perte de charge de la batterie dans le temps lorsqu'elle n'est pas utilisée, la durée vie d'une batterie, le nombre de cycles de charge et la tension nominale par élément. De nombreuses données sont regroupées dans le tableau en.

Pour commencer, la batterie NiMH peut délivrer 60 à 120 Wh/kg. Son rendement de charge-décharge est de 66%. Elle possède une autodécharge allant de 10% par mois. Sa durée de vie est estimée entre 24 et 48 mois. Son nombre de cycles de charge est estimé entre 500 et 1000

et la tension nominale de chaque élément est de 1.2 V. Il est à noter que le principal point faible de cette batterie est

Qu'elle ne supporte pas de dépassement de charge, elle ne peut donc pas être laissée chargée en permanence et nécessite de l'attention. Bien que dans notre projet nous régulons la charge de la batterie, nous ne sommes pas à l'abri d'un dépassement pendant les essais. Une autre raison pour laquelle nous n'avons pas opté pour celle-ci est son faible nombre de cycle de charge.

Ensuite, la batterie Lithium-ion peut délivrer de 110 à 180 Wh/kg. Son rendement de charge-décharge est de 90% et possède une autodécharge de 10% par mois. Sa durée de vie est estimée à 7 ans, ce qui est plus long que la NiMH. Le nombre de cycles de charge est aussi compris entre 500 et 1000. Une des grandes différences est que la tension nominale de chaque élément est de 3,6V ce qui est 3fois plus que le NiMH. Ses plus grands avantages sont donc sa forte densité d'énergie et son poids faible afin d'en faire des batteries petites et légères. Cela permet l'incorporation aux appareils électroniques tels que téléphones portables, appareils photo, etc. De plus, il faut noter qu'elle a une plus faible autodécharge et ne nécessite pas de maintenance particulière. Cependant, il ne faut pas oublier les phénomènes d'usures précisés précédemment pouvant provoquer un court-circuit et chauffer

Jusqu'à 80°C. Un autre inconvénient de cette batterie est son coût légèrement élevé

Nous avons donc opté pour la batterie la plus connue à ce jour : la batterie plomb-acide. Elle possède une densité d'énergie de 30 à 50 Wh/kg, la plus faible des trois. Cependant ce qui est intéressant avec cette batterie, c'est sa capacité à délivrer un courant de grande intensité. La tension nominale d'un élément est de 2V.

Nous allons prendre les caractéristiques exactes de notre batterie. Elle possède une autodécharge de seulement 3% par mois. Sa durée de vie dépend de la profondeur de la décharge. A pleine décharge on estime qu'elle peut réaliser 180 cycles de charge et peut réaliser jusqu'à 1200 cycles avec une décharge de 30% de profondeur. On estime donc entre 3 et 5 ans la durée de vie de cette batterie. Elle a une tension nominale de 12V. Elle se charge en 1h avec un courant délivré de 0.8 Ah. Sa tension de charge en floating (sans limitation du courant) est de 13.65V.

La batterie au plomb comporte tout de même quelques inconvénients. Premièrement, Malgré son étanchéité, quelques émanations toxiques peuvent s'échapper.

De plus, lorsqu'elle ne fonctionne plus, la batterie au plomb nécessite une prise en charges spéciale car elle peut entraîner une pollution durable dans l'environnement si elle est jetée dans la nature. Ensuite, le phénomène de sulfatation des électrodes, lors de la décharge de la batterie, peut l'endommager si elle est trop profonde. Enfin, le poids et la place que prend une batterie au plomb peuvent être gênants. Malgré tout, cette batterie est très sûre grâce à son étanchéité. De plus, elle est suffisamment

Robuste pour que l'on fasse des expériences. Enfin, notre batterie est dite stationnaire.

Elle est réputée pour fournir un courant de qualité mais, ce qui nous intéresse le plus, c'est qu'elle est conçue pour être chargée en permanence par un faible courant, comme ce que nous faisons avec notre panneau photovoltaïque. Elle supporte également les décharges profondes pouvant aller jusqu'à 80%.

C'est donc principalement pour ces deux dernières qualités que nous avons opté pour la batterie au plomb et en effet, lorsque l'on regarde des systèmes de recharge de batterie similaires au notre, ils utilisent également une batterie stationnaire

### IV-3 –La régulation de charge et la décharge

Le régulateur de charge/décharge est l'électronique entièrement automatique à laquelle sont reliés le panneau photovoltaïque, la batterie, ainsi que les équipements destinataires de l'électricité solaire.

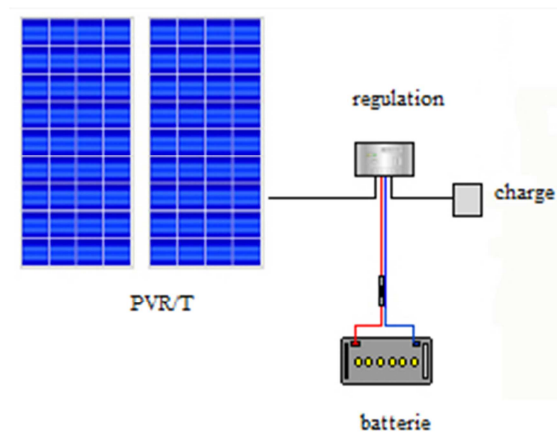


Figure : 13 La régulation de charge et la décharge d'une batterie

Sa fonction principale est de contrôler l'état de la batterie. Il autorise la charge complète de celle-ci en éliminant tout risque de surcharge et interrompt l'alimentation des destinataires si l'état de charge de la batterie devient inférieur au seuil de déclenchement de la sécurité anti décharge profonde. Prolongeant ainsi la durée de vie de la batterie qui est le seul composant fragile du générateur photovoltaïque.

Dans leurs versions les plus simples, les régulateurs de charge disposent de fonctions de protection de la batterie (anti-surcharge et anti-décharge profonde), de sécurités internes d'autoprotection et de protection du système photovoltaïque, d'une sonde de température intégrée et d'une diode série anti-courants inverses. Ils n'utilisent plus de relais mécaniques. On trouve généralement sur leur face avant deux diodes électroluminescentes (LED) qui renseignent l'une sur l'état de charge de la batterie et l'autre sur l'état de fonctionnement de tout le générateur et leur propre consommation d'énergie est réduite (faible auto consommation). La catégorie supérieure de régulateurs de charge modernes gèrent différents processus de recharge (y compris de régénération périodiques), disposent de la technique de la modulation de largeur d'impulsion (PWM). Leur fonctionnement est contrôlé par logiciel.

Les modèles les plus perfectionnés sont des gestionnaires très complets de systèmes photovoltaïques. Outre les minuteries, alarmes, enregistreurs de données ..., dont ils disposent, ils réalisent un contrôle sophistiqué des composants du système solaire, la mise en route de groupes électrogènes, le contrôle automatique d'équipements destinataires principaux et secondaires. Les panneaux photovoltaïques ont une particularité : ils peuvent être court-circuités ou peuvent voir leur circuit s'ouvrir sans dommage. Cette caractéristique a donné naissance à deux méthodes principales de contrôle de la charge de la batterie : le régulateur série linéaire et le régulateur shunt linéaire. Dès que les critères de fin de charge de la batterie commencent à être atteints (tension de la batterie ou mieux encore, son état de charge), le courant du panneau photovoltaïque est réduit de façon progressive jusqu'à le court-circuiter (shunt) ou en ouvrant le circuit électrique (série).

#### - Compensation de la température.

Comme la tension de fin de charge ainsi que la tension de fin de décharge d'une batterie dépendent de la température, il est essentiel que le régulateur de charge ait une lecture précise de cette grandeur. Si les températures du régulateur et de la batterie sont différentes, alors la thermistance intégrée (qui ne mesure que la température ambiante) doit être remplacée par un thermocouple placé près des batteries. De cette manière, et tant que le régulateur lit la valeur réelle de la température de la batterie, celle-ci sera toujours entièrement chargée en hiver et évitera tout risque de surcharge en été.

#### **IV4-Régimes et tensions de recharge en technique photovoltaïque.**

En règle générale, les contrôleurs de charge solaire n'intègrent strictement ni de convertisseurs de courant, ni de convertisseurs de tension, les régulateurs de charge de type linéaires disposant eux de la particularité de réduire plus ou moins le courant disponible. Cette propriété, surtout conjuguée à la technique PWM donne lieu à une succession de différents régimes de recharge de la batterie d'un système photovoltaïque, déclenchés par son état initial de décharge, et stoppés à des valeurs caractéristiques de sa tension.

##### **- Cas d'une batterie déchargée.**

Tant que le courant solaire est disponible, le régulateur d'un système photovoltaïque délivre à une batterie présentant un état de charge initial (SOC) inférieur à 50% d'abord tout le courant disponible jusqu'à ce que la tension de la batterie atteigne, sans la dépasser, la valeur de tension de fin de charge d'égalisation. Ensuite le courant est modulé pour que la tension de la batterie ne dépasse pas la valeur de tension de fin de charge normale et enfin le courant est encore plus modulé et réduit pour que la tension de la batterie ne dépasse pas la valeur de tension de fin de charge de finition.

##### **- Cas d'une batterie moyennement déchargée.**

Tant que le courant solaire est disponible, le régulateur d'un système photovoltaïque délivre à une batterie présentant un état de charge initial (SOC) compris entre 50% et 70% d'abord un courant modulé jusqu'à ce que la tension de la batterie atteigne sans la dépasser la valeur de tension de fin de charge normale, puis le courant est encore plus réduit et modulé pour que la tension de la batterie ne dépasse pas la valeur de tension de fin de charge de finition.

##### **- Cas d'une batterie peu déchargée.**

Tant que le courant solaire est disponible, le régulateur d'un système photovoltaïque délivre à une batterie présentant un état de charge initial (SOC) supérieur à 70% un courant suffisamment réduit et modulé pour que la tension de la batterie ne dépasse pas la valeur de tension de fin de charge de finition.

## I-Introduction

Ce chapitre est consacré à la conception et la réalisation d'une couveuse à base de panneaux solaires avec une pompe à eau, un compresseur, un ventilateur et 2 capteurs PT1000 qui permettent de capter la température en mode air et cutanée, Une fois capté il sera converti en numérique grâce au convertisseur analogique/numérique de la carte Arduino, cette résolution représente une excellente précision. En fin il sera visualisé sur le pc.

## II-Analyse fonctionnelle du système

### II-1-Présentation du système technique

Il y a 25 ans, la plupart des grands prématurés ne survivaient pas. Depuis, leur mortalité est en régression constante, ceci étant dû à une meilleure sensibilisation du personnel médical au problème de l'hygiène, mais aussi grâce à l'avancée technique de la médecine et des appareils biomédicaux ainsi qu'à l'élaboration et au respect des normes biomédicales sans cesse améliorées.

Pour reproduire les conditions de vie intra-utérine, il est indispensable de maintenir le grand prématuré dans un environnement chauffé à une température comprise entre 33 et 37.5 °C. De plus, un enfant né avant terme est particulièrement sensible aux bactéries. C'est pourquoi il est nécessaire de maintenir cet être dans un environnement parfaitement contrôlé et stérile.

L'incubateur fermé, utilisé dans les services de néonatalogie, assure toutes les fonctions nécessaires à la sécurité et au confort d'un prématuré.

L'incubateur fermé a donc pour rôle le contrôle et la régulation des paramètres suivants :

- Une régulation de température selon deux modes :
  - soit par rapport à la température ambiante de l'habitable de l'incubateur
  - soit par rapport à la température cutanée du prématuré (cette dernière est alors prélevée sur le dos du bébé grâce à une sonde cutanée adhésive).
- Un filtrage antibactérien retenant 99,99 % des particules de plus de 0,3 µm.

## II-2- fonctionnement de la couveuse

Produire une atmosphère dégagee de toutes impuretés par filtrage de l'air ambiant, réguler automatiquement la température d'un milieu clos par chauffage en prenant pour référence une température de consigne.

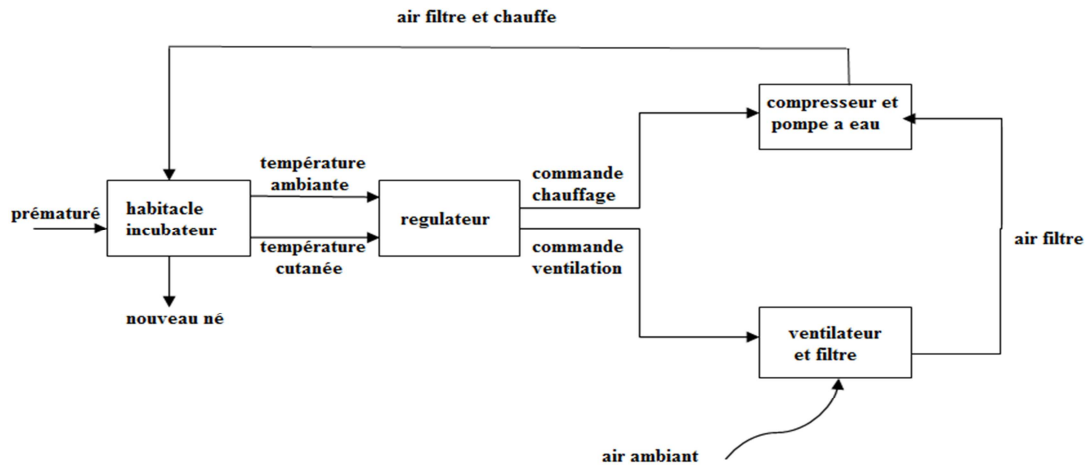


Figure 1 : Fonctionnement de l'incubateur (couveuse)

## II.3.présentation du système :

Un panneau solaire hybride est composé d'un capteur solaire à haut rendement sur lequel sont disposées des cellules solaires photovoltaïques. En effet, une partie du rayonnement solaire n'est pas convertie en électricité et se dissipe sous forme de chaleur, augmentant la température de la cellule par rapport à la température ambiante. Dans un capteur solaire hybride, le fluide qui circule dans la partie thermique peut être réchauffé, permet également de refroidir les cellules photovoltaïques et donc d'augmenter leurs rendements. La température du système solaire hybride est ainsi stabilisée à environ 45°C, cela permet de produire plus d'électricité photovoltaïque qu'un capteur PV conventionnel de même puissance crête tout en produisant de la chaleur. Le circuit primaire transporte la chaleur, il est étanche et contient de l'eau additionnée d'antigel. Ce liquide s'échauffe en passant dans les tubes du capteur, et se dirige vers un ballon de stockage. Le liquide refroidi, repart vers le capteur ou il est à nouveau chauffé tant que l'ensoleillement reste efficace. Le ballon de stockage ou le ballon solaire est une cuve métallique qui constitue la réserve d'air, L'eau froide du réseau remplace l'eau chaude soutirée, elle sera de nouveau réchauffée à son tour par le liquide du circuit primaire. Le circulateur met en mouvement le liquide caloporteur quand il est plus chaud que l'air du ballon. Son fonctionnement est commandé par un dispositif de régulation jouant sur les différences de températures ainsi l'air est transporté vers l'habitacle de l'incubateur, si la température augmente un ventilateur s'enclenche pour l'équilibrer

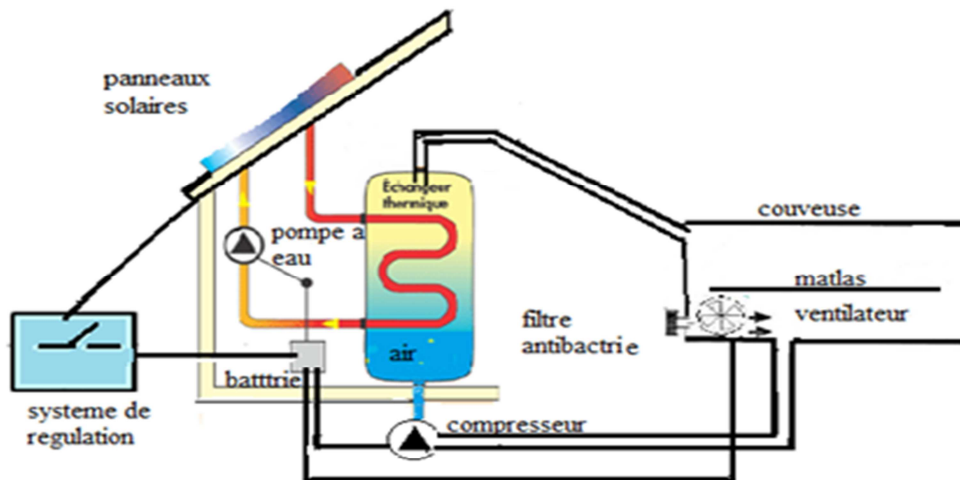


Figure2 : schéma fonctionnel du système

## II-4 Régulation température

La protection thermique du nouveau-né comporte une série de mesures prises à la naissance et pendant les premiers jours de la vie afin d'assurer que la température corporelle de l'enfant ne s'abaisse pas trop (hypothermie) ou ne s'élève pas trop (hyperthermie), mais se maintienne dans la normale entre 36,5 et 37,5 °C.

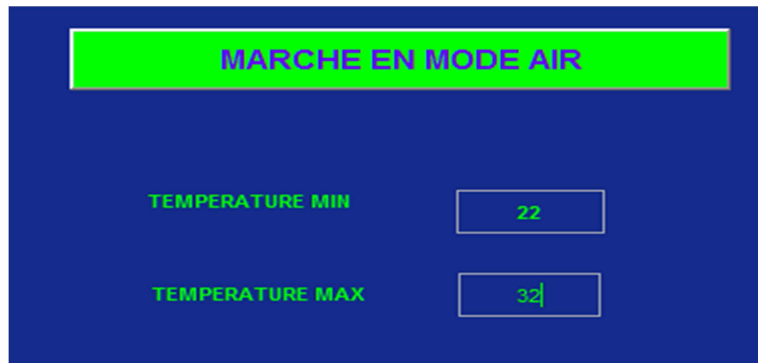
Les nouveau-nés de faible poids ou malades sont les plus vulnérables à l'hypothermie. Les méthodes pour empêcher ces enfants à haut risque de se refroidir comprennent les soins couveuses. Il faut retirer régulièrement l'enfant placé dans un appareil destiné à le réchauffer.

L'hypothermie apparaît lorsque la température du nouveau-né descend en dessous de 36,5 °C entre 36 et 36,5 °C, il s'agit d'une hypothermie légère (réaction au froid) ; entre 32 et 36 °C on parle d'hypothermie modérée et en dessous de 32 °C d'hypothermie grave. Il faut réchauffer aussi vite que possible.

La fièvre est définie par une élévation de la température centrale au-dessus de 38°C, en l'absence d'activité physique intense, chez un enfant normalement couvert, dans une température ambiante tempérée ; ce n'est qu'à partir de 38,5°C qu'il est éventuellement utile d'entreprendre un traitement. Au niveau cérébral, la température corporelle est déterminée par le centre thermorégulateur ; le point d'équilibre thermique est déplacé vers le haut en cas de fièvre. Elle se distingue en cela de l'hyperthermie, où l'augmentation de la température est due à une accumulation de chaleur d'origine exogène (coup de chaleur) ou endogène (effort physique intense, par exemple). Il n'y a pas de consensus pour différencier les fièvres « modérées » ou « élevées » en fonction du niveau de température. Des fièvres, la plupart du temps très élevées (plus de 41°C), peuvent s'accompagner exceptionnellement de défaillance multi-viscérale, dans le cadre d'un syndrome « fièvre-hyperthermie » chez des enfants trop couverts.

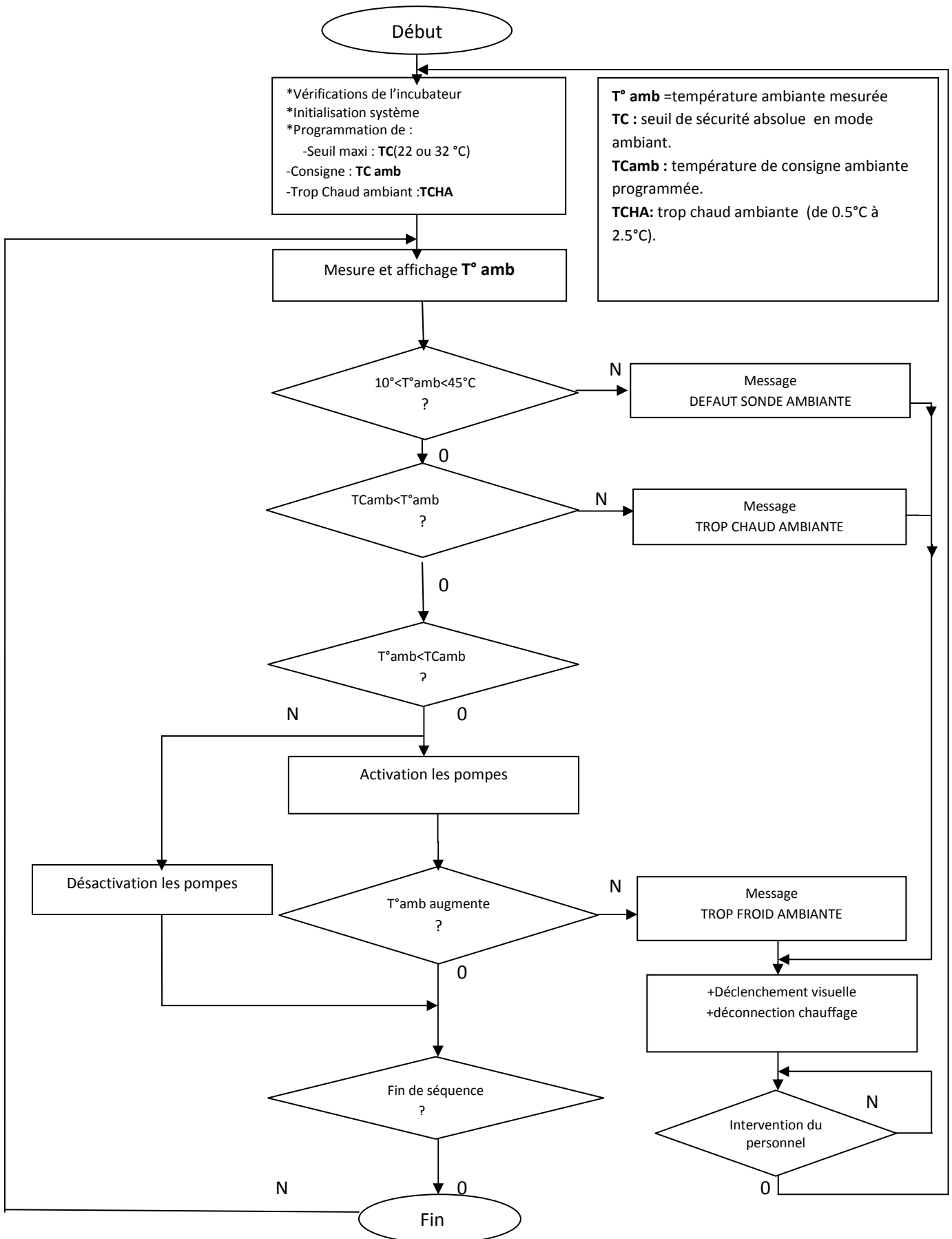
**II-4-1 Mode Air**

Il n'y a donc pas de température ambiante qui convienne à toutes les tailles, tous les âges gestationnels ni tous les états de santé des nouveau-nés. Ce qui convient à un nourrisson né à terme est trop froid pour un prématuré et, inversement, ce qui convient au prématuré est trop chaud pour l'enfant à terme. Néanmoins et en règle générale, la plupart des nouveau-nés ne peuvent affronter une température ambiante inférieure à 32 °C et supérieur 22°C.



*Figure3 : la température en mode air*

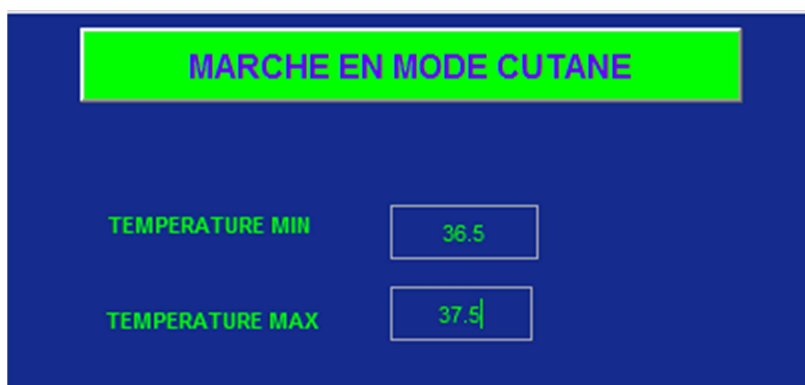
ORGANIGRAMME (mode air)



**T° amb** =température ambiante mesurée  
**TC** : seuil de sécurité absolue en mode ambiant.  
**TCamb** : température de consigne ambiante programmée.  
**TCHA**: trop chaud ambiante (de 0.5°C à 2.5°C).

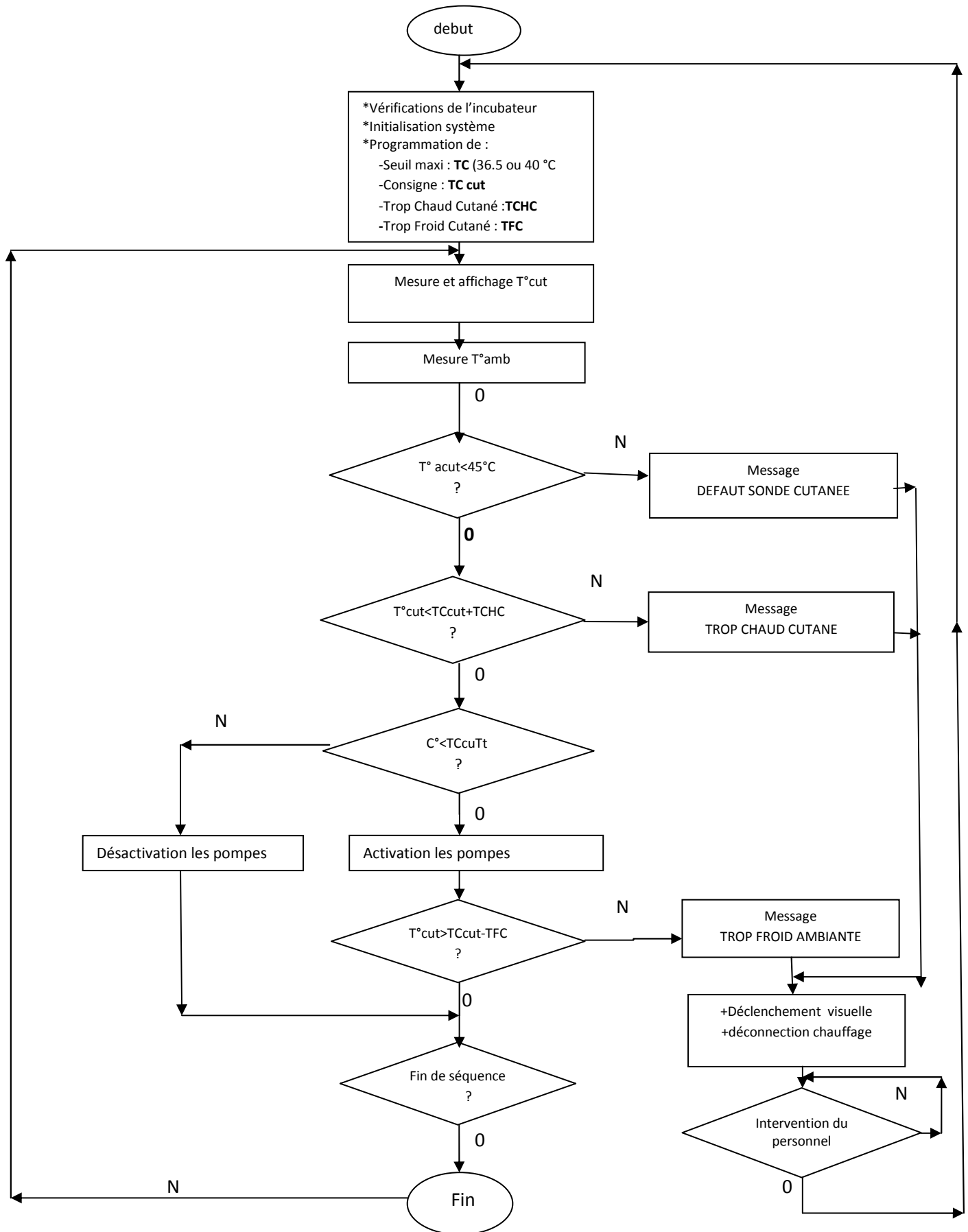
**II-4-2 Mode cutané**

Utilisation d'une sonde cutanée est obligatoire. Le mode de régulation cutané est considéré comme le mode de régulation principal. Pour cela, il faudra veiller au bon positionnement et à la bonne application de la sonde cutanée. Le positionnement recommandé est sur l'abdomen au niveau du foie lorsque l'enfant est installé sur le dos. Le capteur de température cutanée s'adapte à la température du nouveau-né en un minimum de 5 minutes. Pour les nouveau-nés en état de choc, la température cutanée étant inférieure à la température rectale, la surveillance attentive de la température axillaire ou rectale est préférable. Il n'empêche qu'il faudra surveiller régulièrement la température à l'intérieur de l'habitacle.



*Figure4 :la température en mode cutané*

**ORGANIGRAMME (mode cutané) :**



## II .5. Affichage défauts

		DEFAUT PROBABLE
TROP CUTANE	FROID	La température cutanée est inférieure à la limite fixée ( $T^{\circ}$ consigne cutanée - seuil de trop froid cutané $< 36.7^{\circ}$ )
TROP CUTANE	CHAUD	La température cutanée dépasse la limite fixée ( $T^{\circ}$ consigne cutanée + seuil de trop chaud cutané $> 37.3$ ).
TROP AMBIANT	CHAUD	1) La température ambiante est supérieure à la limite fixée ( $T^{\circ}$ consigne ambiante + seuil de trop chaud ambiant). 2) La température ambiante dépasse le seuil de $37^{\circ}\text{C}$ (ou $40^{\circ}\text{C}$ ) qui est le seuil de sécurité absolu.
VERIFIER BRANCHEMENT DEFAUT CUTANE	SONDE	Température cutané $> 45^{\circ}\text{C}$ (sonde en court-circuit)
DEFAUT AMBIANTE PREVENIR TECHNICIEN	SONDE	La Température ambiante mesurée est $> 45^{\circ}\text{C}$ ou $< 10^{\circ}\text{C}$ .
DEFAUT VENTILATION PREVENIR TECHNICIEN		Vitesse de ventilation
TROP AMBIANT	FROID	Absence de chauffage $> 33^{\circ}$ (vérifier fermeture des portes).
DEFAUT PREVENIR TECHNICIEN	POMPE	Vérification de débit

Tableau 1 : tableau d'indication d'erreur

## III. Matériels et logiciel utilisés

### III.1 Le matériel

#### III.1.1 sonde pt1000

Deux sondes de température résistive (a élément résistifs) avec deux modes (cutanée et ambiant) mesure la force électromotrice pour déterminer la température.

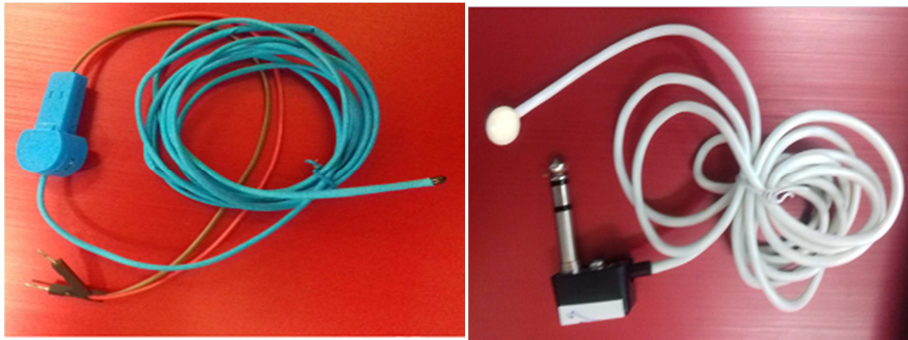


Figure5 : la sonde pt1000 mode air    Figure5 : la sonde pt1000 mode cutanée

La sonde de température PT1000 est constituée d'un filament de plaine (PT), entourant une tige de Verre ou non, dont la caractéristique est de changer la résistance en fonction de la température. Leur résistivité est de 1000 ohms pour 0 C°, elle augment ou diminue en même temps que la température .Il en existe de plusieurs taille et formes en fonction de l'utilisation.

✓ **Principe de fonctionnement de la pt1000:**

Les sondes RTD(PT1000) fonctionnent sur le principe des variations de résistance électrique des métaux purs et se caractérisent par une modification positive linéaire de la résistance en fonction de la température.

Concrètement, une fois chauffée, la résistance du métal augmente et inversement, une fois refroidie, elle diminue.

Les éléments types utilisés pour les RTD incluent le nickel (Ni) et le cuivre (Cu) mais le platine (Pt) est de loin le plus courant, en raison de l'étendue de sa gamme de températures, de sa précision et de sa stabilité.

Faire passer le courant à travers une sonde RTD génère une tension à travers la sonde RTD. En mesurant cette tension, on peut déterminer sa résistance et ainsi, sa température.

✓ **Les caractéristiques PT1000** La variation de résistance est quasiment linéaire en fonction de la température

T °c	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
R ohms	1000	1019	1039	1058	1078	1097	1117	1136	1155	1175

Tableau 2 : tableau de variation de résistance de la pt1000 en fonction de la température

Les Cahiers Des charges :

- L'alimentation de la pt1000 ne peut mesurer qu'une tension comprise entre 0 et 12 V.
- Notre étendue de mesure souhaitée est 32°C à 42°C sonde cutanée
- Notre étendue de mesure souhaitée est 22°C à 32°C sonde ambiante
- Pour éviter l'auto échauffement :  $I_{PT1000} < 1,2 \text{ mA}$
- Signal de sortie 4 à 20 mA

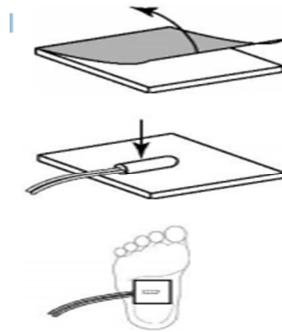
### -Placement la sonde cutanée ?

L'enfant est installé sur le dos, la sonde cutanée posée au regard du foie, fixée à l'aide des patchs prévu à cet effet.

-Enlever la protection de l'adhésif du cache sonde.

-Placer la sonde sur l'adhésif du cache sonde.

Coller le cache sonde avec la sonde sur la peau du nouveau-né. La position la plus couramment utilisée est sur le pied.



*Figure6 : emplacement de la sonde cutanée sur le bébé*

### -L'emplacement de la sonde

L'emplacement de la sonde se trouve à l'intérieure de l'habitacle



*figure7 : emplacement de la sonde à l'intérieur de l'habitacle*

L'indicateur d'alimentation (vert), l'indicateur d'état du relais (rouge). La conception de l'interface de la nature humaine, toutes les interfaces sont disponibles via une borne de connexion directe, très pratique

✓ **CARACTERISTIQUE**

Charge maximale: AC 250V / 10A, DC 30V / 10A

Courant de déclenchement: 5 mA

Tension de travail: 5V

Taille du module: 50 x 26 x 18,5 mm (L x L x H)

Quatre perçages de fixation trous, diamètre 3.1mm

✓ **INTERFACE DU MODULE**

DC-: alimentation négative (GND)

IN: putDC +: alimentation positive (VCC)

Être un relais de contrôle de niveau haut ou bas

✓ **SORTIES RELAIS**

NO: interface de relais normalement ouverte

COM: Relais d'interface communs

NC: interface relais normalement fermée

Options de déclenchement de niveau élevé et bas

Il s'agit d'un déclencheur de bas niveau lorsque le cavalier se connecte à la broche BAS. C'est un déclencheur de haut niveau lorsque le cavalier se connecte à la broche HIGH

### III.1.3 LES RESISTENCES

Des résistances sont réalisées de manière à approcher de façon très satisfaisante la loi d'Ohm dans une large plage d'utilisation. Les résistances de faible puissance en dessous de 1 watt sont généralement des résistances à couche de carbone sur un support de céramique. Toutefois, les résistances à couche métallique génèrent moins de bruit thermique, et sont utilisées dans les applications type audio. Pour les puissances supérieures, la technique du fil résistant enroulé sur un corps en céramique est souvent utilisée pour les très fortes puissances, on peut utiliser une technologie dite des « résistances liquides » consistant à faire passer le courant à travers une solution aqueuse contenant des ions cuivre.

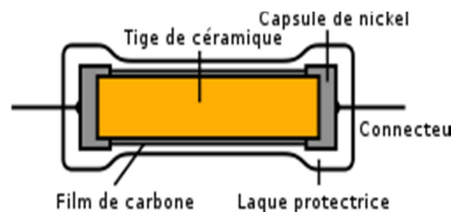


Figure8 : la résistance

### III-1.4 LE CIRCUIT

Le schéma représente le circuit électrique d'un incubateur artificiel avec arduino

Le circuit se compose :  
 D'une carte Arduino méga  
 Deux relais  
 Deux résistances 10Kohm  
 Deux pt1000

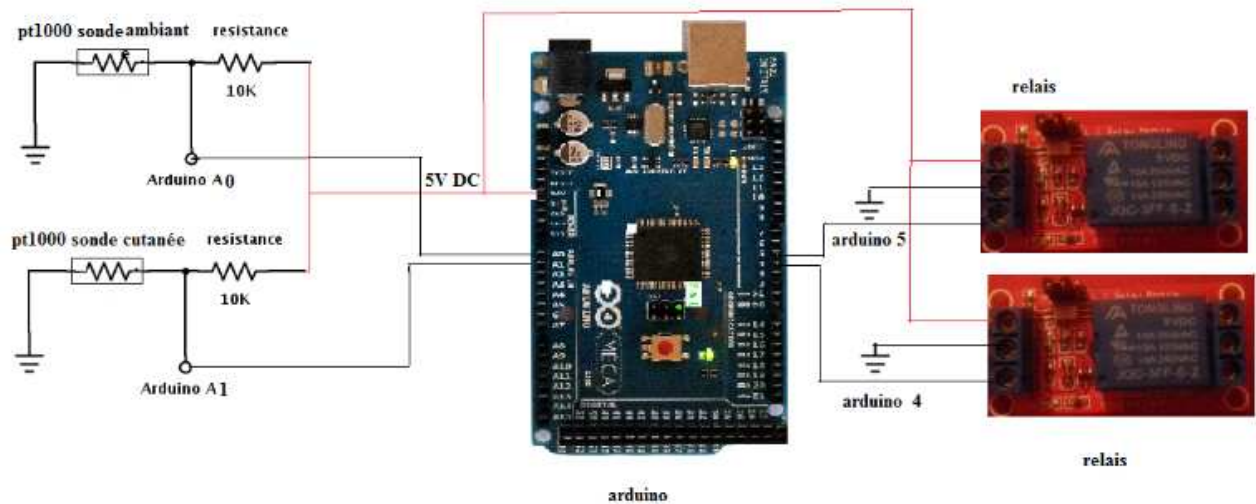


Figure9 : schéma de montage du circuit

- Branchement carte Arduino  
 A0 : sonde ambiante  
 A1 sonde cutanée  
 Pin 5 : relais pour active le ventilateur  
 Pin 4 : relais pour active les pompe

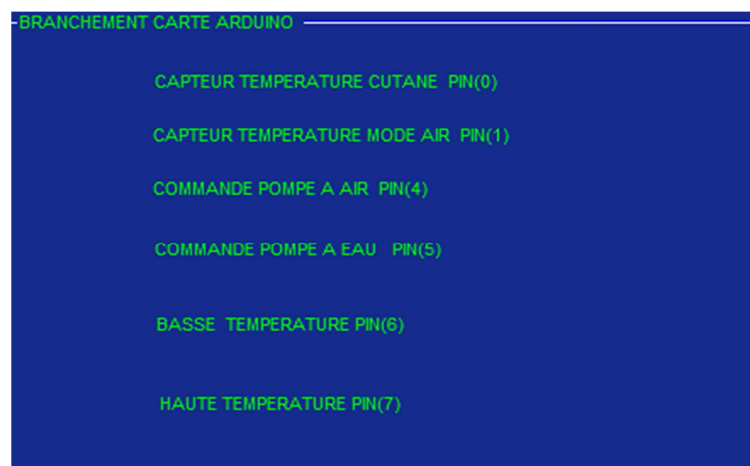


Figure 10 : schémas de branchement carte Arduino

## IV- LES OUTILS

Les logiciels Matlab et l'environnement Arduino ont été utilisés pour l'acquisition le développement et l'analyse des données.

### IV.1 PARTIE HARD (ARDUINO)

C'est une plateforme open-source d'électronique, basée sur une simple carte à microcontrôleur (de la famille AVR.), et un logiciel, véritable environnement de développement intégré (IDE) pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur.

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, dans mon projet elle se communique avec le Matlab. En effet, une carte Arduino est généralement construite autour d'un microcontrôleur Atmel AVR (ATmega328 ou ATmega2560 pour les versions récentes ATmega168 ou ATmega8 pour les plus anciennes), et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque carte possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Le microcontrôleur est préprogrammé avec un « boot loader » de façon à ce qu'un programme dédié ne soit pas nécessaire.

Treize versions des cartes de type Arduino ont été développées jusqu'à nos jours, à titre indicatif nous citons Arduino Uno et Arduino Mega2560 qui sont les plus utilisées.

- Dans mon projet c'est **Arduino-Mega2560** qui est utilisé.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques de ces deux cartes :

Arduino	Uno	Mega2560
Processeur	ATmega328P	ATmega2560
Flash (KB)	32	256
EEPROM(KB)	1	4
SRAM(KB)	2	8
Broches d'E/S numériques	14 dont 6 PWM	54 dont 14 PWM
Broches entrées analogiques	6	16
Type d'interface USB	ATmega8U2	ATmega8U2
Dimensions (mm)	68,6 x 53,3	101,6 x 53,3

Figure 11: Comparatif entre Arduino Uno et Mega2560

L'environnement de programmation Arduino est en fait un Intégré de Développement (EDI) dédié au langage Arduino, le logiciel Arduino permet d'écrire les programmes, appelés « Sketch » de les compiler et de les transférer dans la carte Arduino à travers une liaison USB, Il intègre aussi un moniteur de port série, dans cette version que j'ai installé il intègre aussi le traceur série.

Pour écrire un programme avec le langage Arduino, il faut respecter certaines règles. En effet, l'exécution d'un programme Arduino s'effectue de manière séquentielle, c'est-à-dire que les instructions sont exécutées les unes à la suite des autres, le compilateur vérifie l'existence de deux structures obligatoires à tout programme Arduino

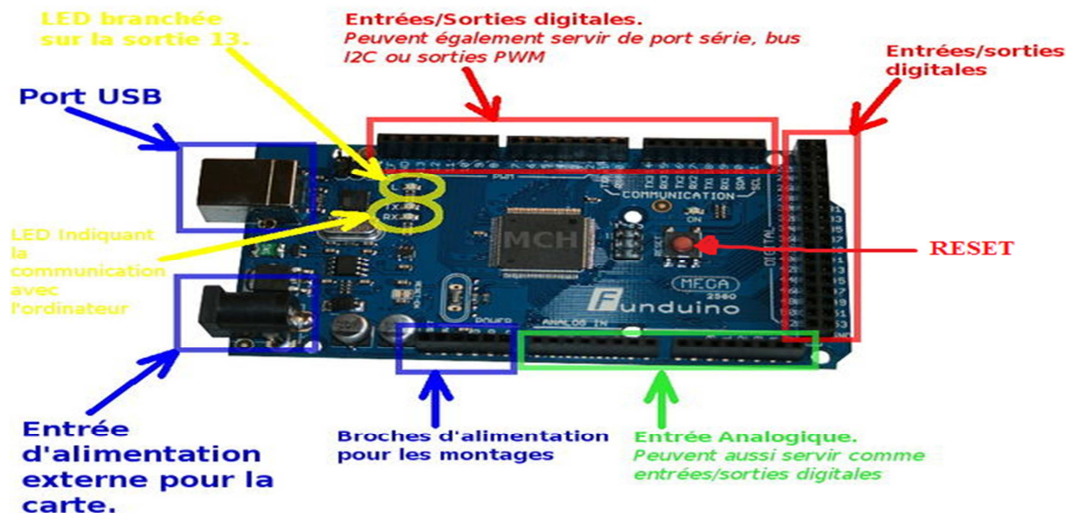


Figure 12 : schéma synoptique d'une carte Arduino Méga 2560

## IV-2 Partie logiciel (MATLAB)

Est un environnement de programmation pour le développement d'algorithme d'analyse de données, de visualisation, et de calcul numérique. En utilisant MATLAB, la résolution des problèmes de calcul complexes se fait plus rapidement qu'avec des langages de

Programmation traditionnels, tels que C, C++, et le Fortran.

### IV-2.1 Guide

Est un environnement pour la simulation multi domaine. Il fournit un environnement graphique interactif et un ensemble de bibliothèques de bloc qui permettent de concevoir, simuler, mettre en application, et examiner une variété de systèmes, tel que les systèmes de communications de commandes, du traitement de signal, du traitement visuel, et du traitement d'image suivante

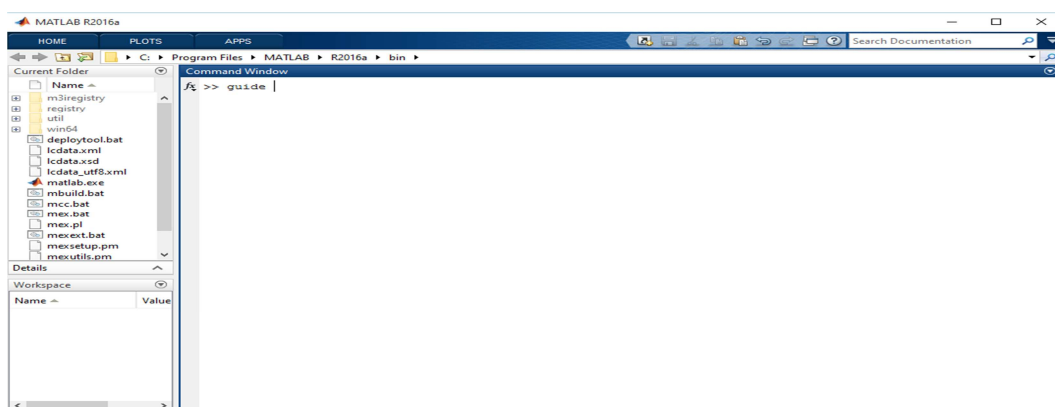


Figure 13 : commande GUIDE

Nous allons créer MATLAB m-fichiers simples pour parler à notre carte Arduino. Le support MATLAB Packages pour Arduino Hardware nous permet d'utiliser MATLAB pour communiquer avec notre conseil d'administration via un câble USB.

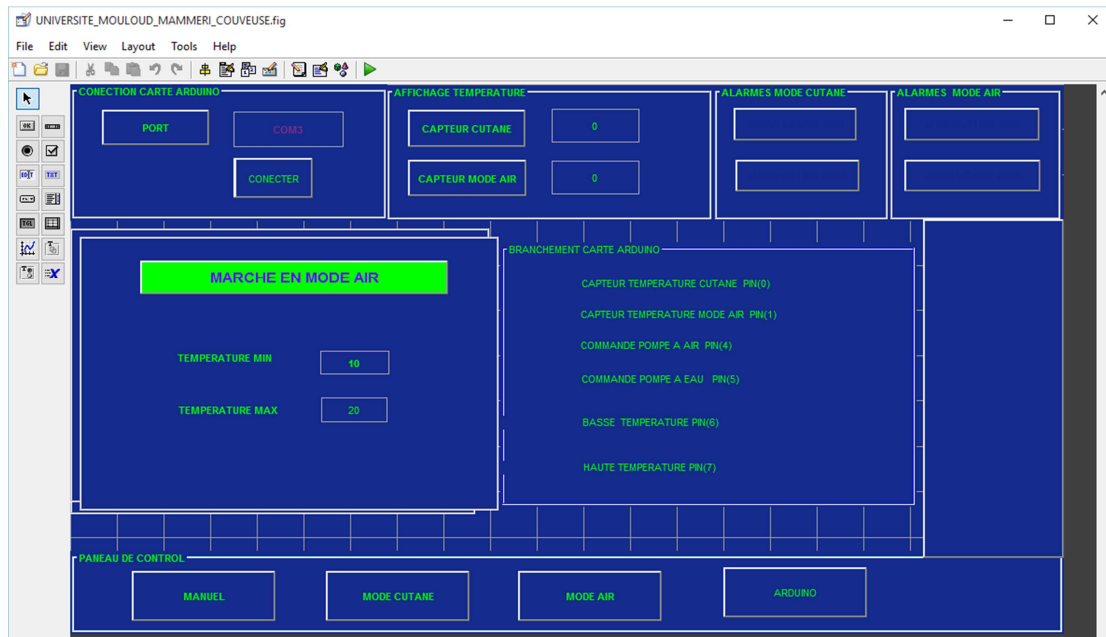


Figure : 14 interface GUIDE sous Matlab

### IV.3 Installation des packages

Nous pouvons facilement installer des paquets à travers notre MATLAB. Tout d'abord, commencer MATLAB et cliquez sur le menu Add-Ons déroulant. Dans le menu déroulant cliquez sur Obtenir Hardware Support Packages. Il va commencer à installer le package installer Windows. Ces figures suivantes montres les différentes étapes pour pouvoir installer les supports Packages Arduino.

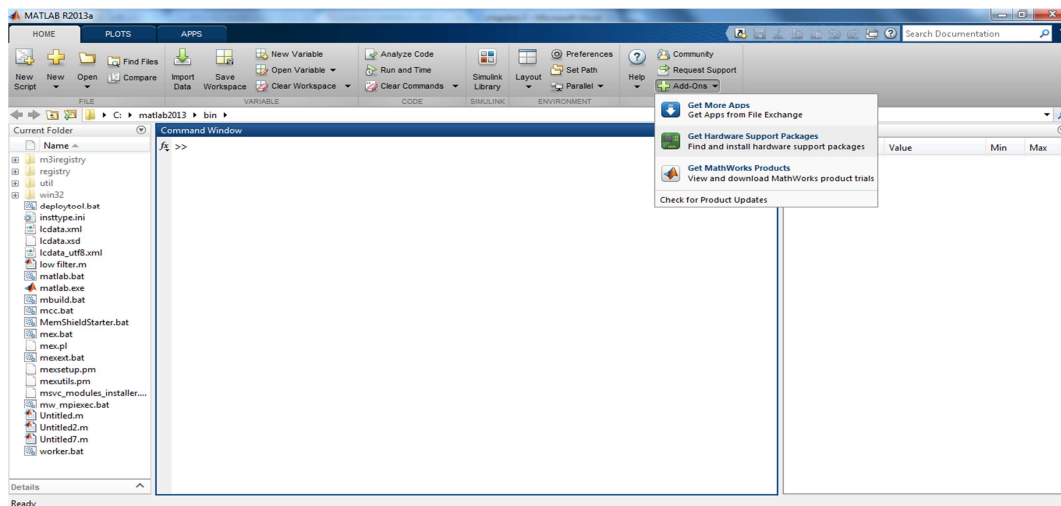
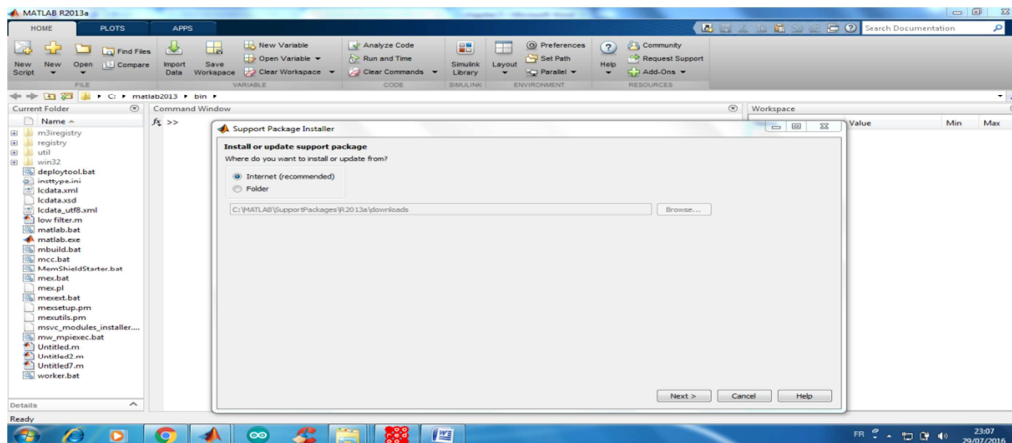


Figure15: Installation du support packages.

Sélectionnez Installer à partir d'Internet, puis sur Suivant.



Dans la fenêtre suivante, nous verrons tous les paquets disponibles pour MATLAB et guide. On Sélectionne le package Arduino, puis on vérifie tous les paquets affichés et cliquons sur Suivant pour continuer l'installation

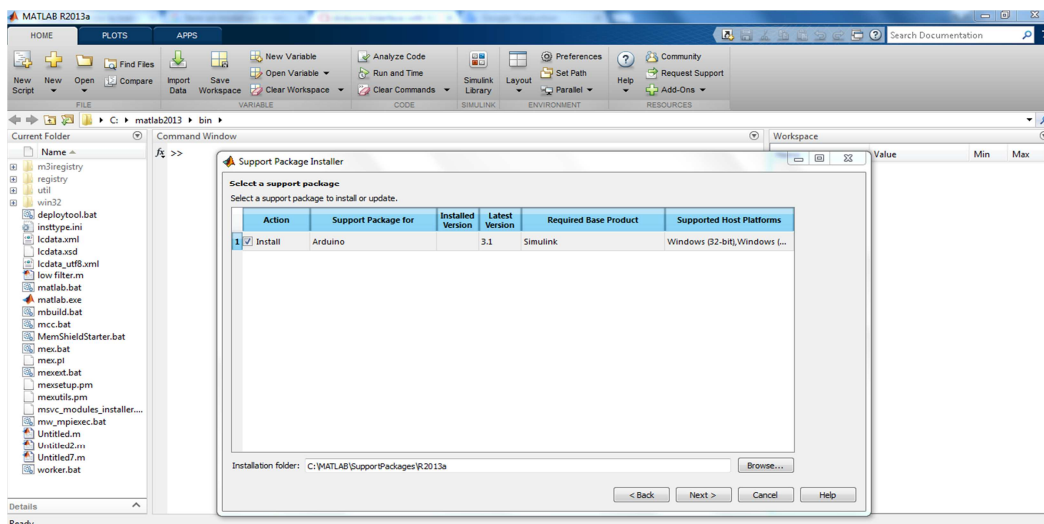
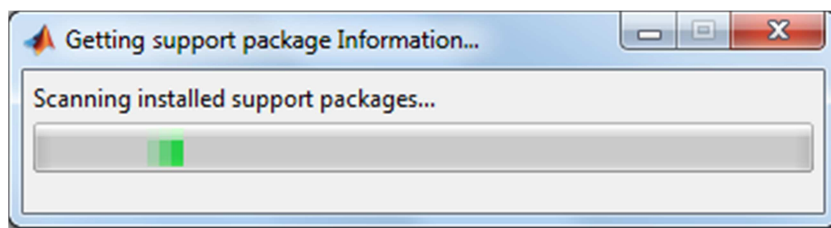


Figure16: les supports packages convenables.

Ensuite, le programme d'installation nous demande de nous connecter à notre compte Math Works. Si nous ne possédons pas de compte, on peut en créer un lors de l'installation. Acceptons le contrat de licence sur l'écran suivant et continuer à télécharger les paquets. Maintenant, nous devons attendre MATLAB pour télécharger et installer tous les paquets nécessaires.

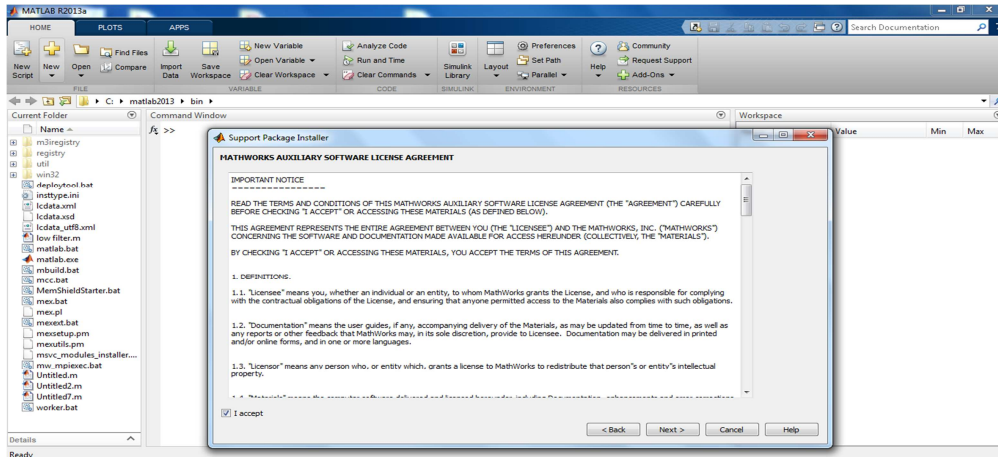
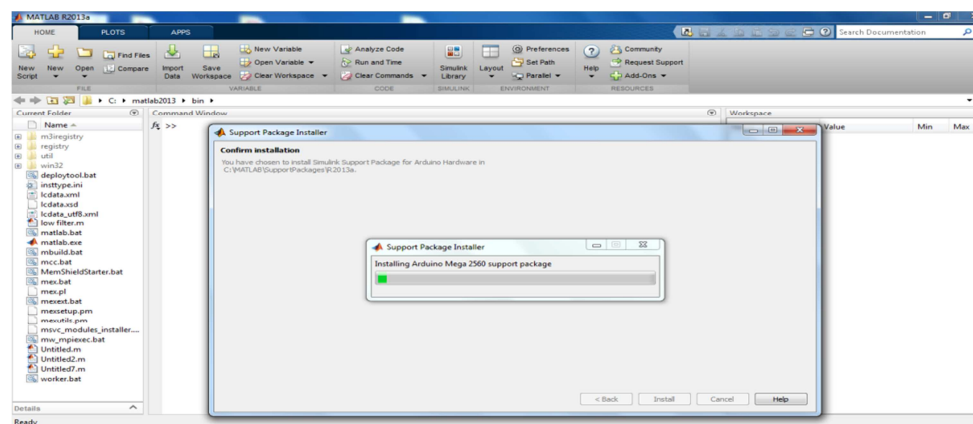


Figure17 : accepter le contrat de licence.



Une fois que les paquets sont installés, connectons notre carte Arduino à notre PC et on tape la commande suivante dans MATLAB fenêtre de commande,

```
>> a = Arduino ()
```

Si nous avons plus d'un Arduino connecté à notre PC, nous devons spécifier le type de carte que nous pourrions communiquer avec:

```
>> A = Arduino ('com6', 'MEGA2560')
```

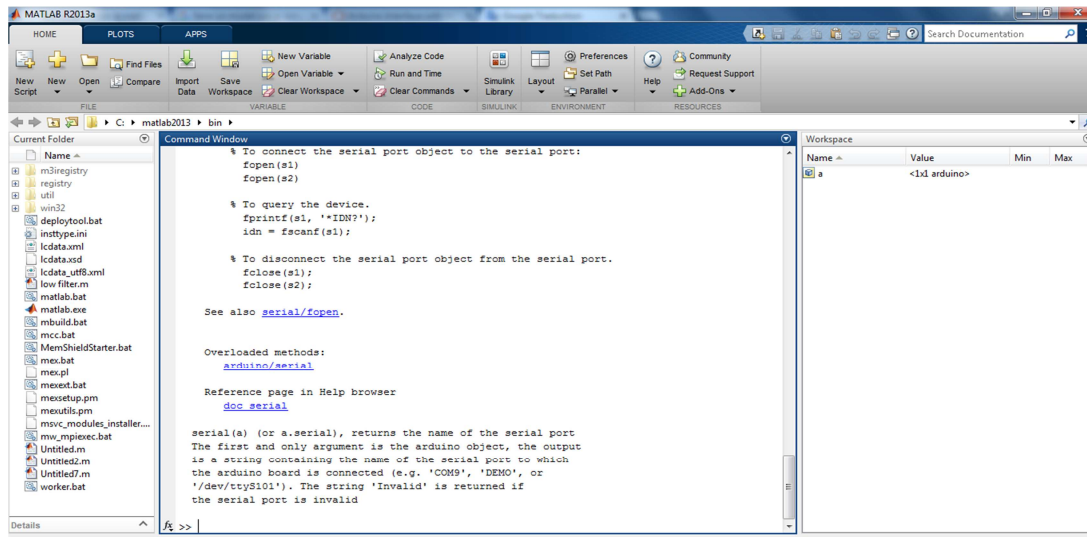


Figure18 : le port et le model de carte Arduino.

Cette information affiche le port sur lequel notre carte est connectée, le modèle de notre carte Arduino, et les broches et les bibliothèques disponibles pour le conseil.

Enfin pour charger Arduino dans le Matlab il faut exécuter MATLAB en tant qu'administrateur (juste une fois dans le but d'installer le paquet) par un clic droit sur l'icône MATLAB et en sélectionnant "Exécuter en tant qu'administrateur". Cela permettra le chemin mis à jour pour être sauvé.

Puis à partir de MATLAB, on lance la commande "install\_arduino", ce sera tout simplement ajouter les dossiers Arduino pertinents pour le chemin de Matlab et enregistrer le chemin.

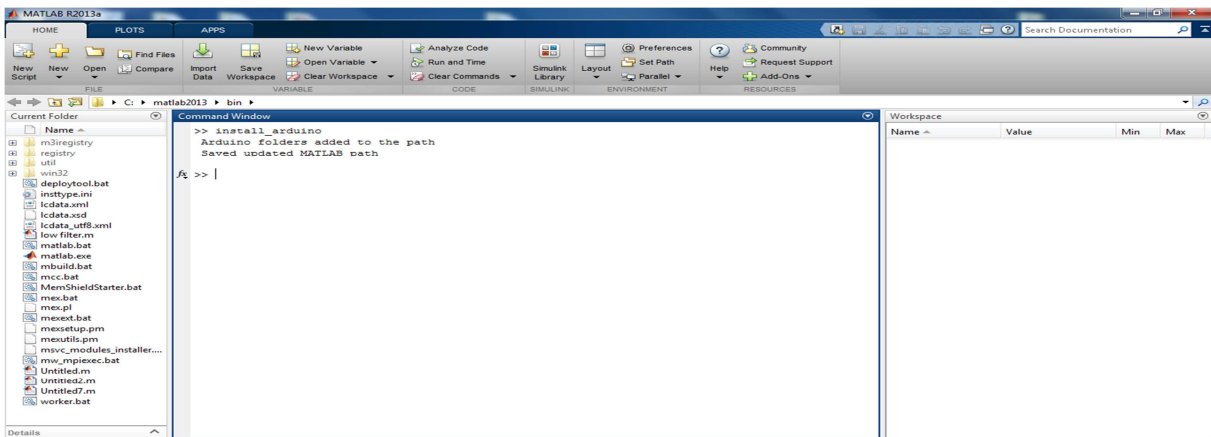


Figure19 : commande d'installation d'Arduino(install\_arduino)

V-Les résultats

V-1-Mode cutanée

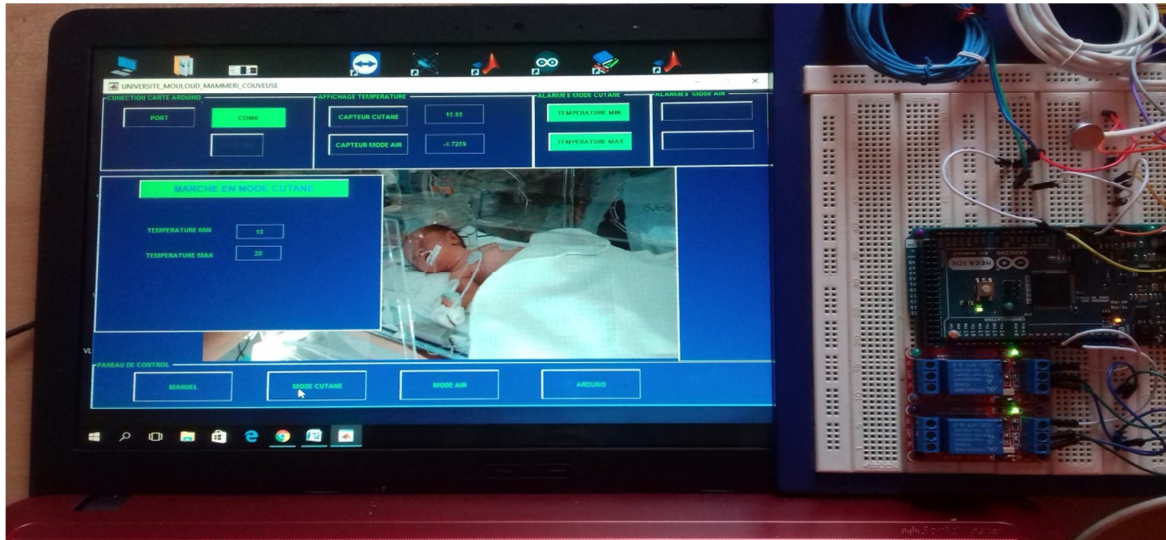


Figure 20 : schéma montrant la température réellen mode cutanée

Visualisation de la température et incluse entre  $[36.5^{\circ} ; 37.5^{\circ}]$  les relais sont restés éteints (vert)

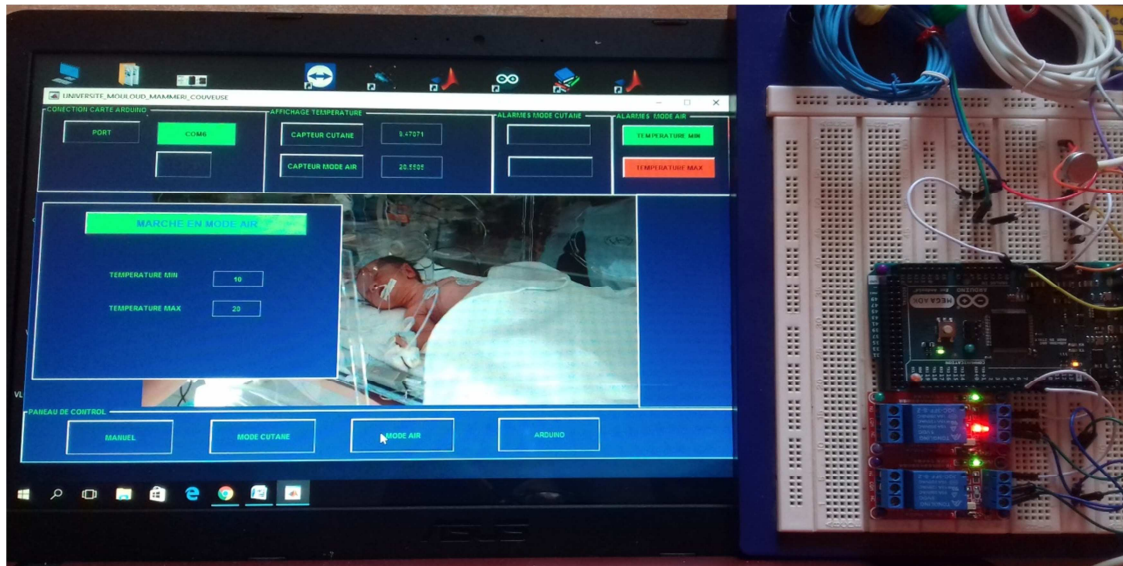


Figure21 : schéma montrant la température supérieur à la norme ( $>37.5^{\circ}\text{C}$ )

Visualisation de la température  $>37.5^{\circ}\text{C}$  le relais1 et en rouge donc le ventilateur s'enclenche



Figure22 : schéma montrant la température et inferieur a la norme ( $<36.5^{\circ}\text{C}$ )

Visualisation de la température  $<36.5^{\circ}\text{C}$  le relais2 et en rouge donc les deux pompes s'enclenches

## V-2-Mode air

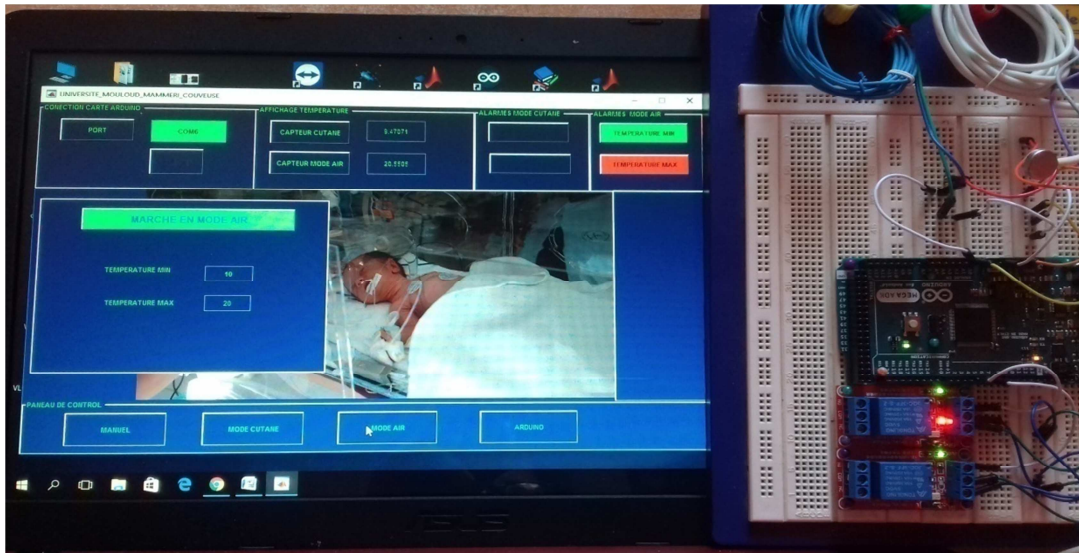


Figure23 : schéma montrant la température superieur à la norme ( $>28^{\circ}\text{C}$ )

Visualisation de la température  $>28^{\circ}\text{C}$  le relais1 et en rouge donc le ventilateur s'enclenche



Figure24 : schéma montrant la température et inferieur a la norme ( $<27^{\circ}\text{C}$ )

Visualisation de la température  $<27^{\circ}\text{C}$  le relais2 et en rouge donc les deux pompes s'enclenchent

## Conclusion

---

### CONCLUSION

dans ce travail nous avons conçu et réalisé un système de commande et de régulation de la température d'un incubateur (couveuse) pour bébés prématurés, utilisés à la clinique d'accouchement « SBIHI Tassait », nous avons alors commencé par étudier le système existant à la clinique, le système d'alimentation, et nous avons proposé d'assurer son alimentation en électricité par de l'énergie photovoltaïque, qui est une énergie disponible et propre.

Après un séjour passé au sein des structures de la clinique SBIHI Tassadit CHU de TIZI-OUZOU, nous avons pu récolter beaucoup d'informations sur le matériel existant et surtout ladite couveuse, qui est un élément essentielle dans le sauvetage de plusieurs vies de bébé, qui nous ont permis de faire notre conception.

La mesure de la température dans l'enceinte est détectée par le capteur (PT1000) en mode air et la température du bébé est assurée par une PT1000 en mode cutané, alors que le traitement et l'asservissement est assuré par une carte Arduino Méga.

La réalisation de cette carte de commande nous a permis de faire une recherche sur le fonctionnement des cartes Arduino, ainsi que les composants périphériques nécessaire pour la réalisation de cette carte. Nous avons aussi pu apprendre le langage de programmation de l'Arduino et la commande de systèmes à base de cette carte.

L'alimentation à base de l'énergie solaire photovoltaïque nous a aussi permis de découvrir ce système de conversion d'énergie et même de concevoir un système d'alimentation de l'incubateur par de l'énergie PV.

En fin on souhaite que ce modeste travail sera apprécié par les membres du jury et qu'il servira de référence aux prochaines promotions.

## Conclusion

---

### CONCLUSION

dans ce travail nous avons conçu et réalisé un système de commande et de régulation de la température d'un incubateur (couveuse) pour bébés prématurés, utilisés à la clinique d'accouchement « SBIHI Tassait », nous avons alors commencé par étudier le système existant à la clinique, le système d'alimentation, et nous avons proposé d'assurer son alimentation en électricité par de l'énergie photovoltaïque, qui est une énergie disponible et propre.

Après un séjour passé au sein des structures de la clinique SBIHI Tassadit CHU de TIZI-OUZOU, nous avons pu récolter beaucoup d'informations sur le matériel existant et surtout ladite couveuse, qui est un élément essentielle dans le sauvetage de plusieurs vies de bébé, qui nous ont permis de faire notre conception.

La mesure de la température dans l'enceinte est détectée par le capteur (PT1000) en mode air et la température du bébé est assurée par une PT1000 en mode cutané, alors que le traitement et l'asservissement est assuré par une carte Arduino Méga.

La réalisation de cette carte de commande nous a permis de faire une recherche sur le fonctionnement des cartes Arduino, ainsi que les composants périphériques nécessaire pour la réalisation de cette carte. Nous avons aussi pu apprendre le langage de programmation de l'Arduino et la commande de systèmes à base de cette carte.

L'alimentation à base de l'énergie solaire photovoltaïque nous a aussi permis de découvrir ce système de conversion d'énergie et même de concevoir un système d'alimentation de l'incubateur par de l'énergie PV.

En fin on souhaite que ce modeste travail sera apprécié par les membres du jury et qu'il servira de référence aux prochaines promotions.

# Bibliographié

- (1) MARAIN LEUGER (2008) .La prise en charge précoce du grande prématuré au sein du réseau de soins P'TITMIT a UNIVERSITE de Toulouse.
- (2) COULIBALY FATOUMATA (2006) thèse présentée et soutenue publiquement.
- (3) Parkin Elmer life and analytical sciences. ce document pédagogique.
- (4) Manuel d'incubateur ouvert.
- (5) Manuel d'incubateur ferme.
- (6) Manuel d'incubateur de transport.
- (7) Cantor Celier, Quentin Courseaux, Flavie Deslandes, Alexandre Huat ET Thibaut Piquin (2014). Régulation de la charge d'une batterie sur panneau solaire.
- (8) L. Messikh, S. Chikhi, F. Chikhi et T. Chergui (2008) . Mise au point d'un régulateur de charge / décharge de batterie avec seuils adaptatifs de tension pour les applications Photovoltaïques.
- (9) Site officiel de la plateforme Arduino : [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) .