



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Biomédical

Laboratoire de Recherche de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour obtenir le Diplôme de

MASTER en GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Instrumentation Biomédicale

Présenté par :

M^{elle} MOUSSAOUI Zakiya et M^{elle} KARZAZI Amina

**MESURES PEDIATRIQUES 'POIDS ET TAILLE' EN
VUE D'UN CONTROLE DE CROISSANCE**

Soutenu le 14 juin 2015 devant le Jury

M. BEREKSI REGUIG Fethi	<i>Prof</i>	Université de Tlemcen	Président
M. BESSAID Abdelhafid	<i>Prof</i>	Université de Tlemcen	Examineur
M. BECHAR Hassane	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Encadreur

Année universitaire 2014-2015

Remerciements

Nous remercions d'abord الله tout puissant de nous 'avoir donné la volonté, le courage et la foi.

Nos vifs remerciements à notre respectueux encadreur Mr BECHAR H, qui nous 'a beaucoup aidé dans la réalisation pratique de notre travail et qui nous 'a, au jour le jour, convaincu de l'utilité de cette démarche et qui, par ses conseils et ses remarques précises, nous 'a incité à une réflexion et une justification permanente. Ce qui nous 'a beaucoup aidé dans l'élaboration de ce mémoire. Ainsi que pour sa relecture attentive et sa participation à la construction de ce travail.

C'est un immense honneur que nous avoir fait bénéficier de ses expériences et ses compétences.

Notre profonde reconnaissance s'adresse également à Mr BEREKSI REGUIG F pour avoir accepté de présider le jury ainsi qu'a Mr BESSAID A d'avoir accepté d'être notre examinateur.

Nous tenons à remercier tous le corps pédagogique ; enseignants, administrateurs, employés,...Du département génie biomédical, ainsi que tout le personnel de la faculté de la technologie.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes très chères parents qui m'ont secoué et veillé le long de ma vie, qui m'ont soutenu depuis mes premières leçons, jusqu'aux ultimes éclaircies, qu'ils trouvent dans ce travail un témoignage de grand amour et de respect, que dieu me les sauvegarde toujours en bonne santé et que le paradis soit leurs logis.

Mes très chères frères Amine et Abdenour

Mes très chères sœurs Zahira , Yasmine et ma petite Wiam ;

A mon binôme Amina qui m'a partagé ce travail,

A toute la promotion du master2 instrumentation biomédicale 2015

Et à tous ceux qui me sont chères et me portent dans leurs cœurs

Zakíya

Je dédie ce modeste travail

A mes parents pour leur amour inestimable, leur confiance, leurs soutiens, leurs sacrifices, et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer. Qui m'ont encouragé toujours à aller de l'avant. Recevez à travers ce travail, toute ma gratitude et mes profonds sentiments. Que dieu leur procure bonne santé, longue vie et que le paradis soit leurs logis.

A ma précieuse sœur, A mes chers frères en particulier mon grand frère, pour leur tendresse, leur soutien, leur conseils et leur encouragement. je vous souhaite plein de succès et de bonheur. Que dieu vous préserver.

A ma chère amie, mon binôme, Zakīya chez qui m'a supporté durant ces trois dernières années. et chez qui j'ai trouvé l'entente dont j'avais besoin.

A mes grandes mères, merci pour leur tendresse, leur encouragement et leurs prières. Puisse dieu le tout puissant voue accorder meilleur santé et longue vie

A toutes ma famille chacun par son nom, pour leur amour, leur encouragements et leur soutien ; que dieu vous garde et illumine vos chemin

A tous mes amis, merci pour les très bons moments qu'on avait partagés ensemble. je vous aime toutes

A toutes la promotion génie biomédicale " la joyeuse promotion " de 2014-2015, je vous aime tout

A toute personne m'ayant aidé de près ou de loin, trouve ici L'expression de ma reconnaissance.

Amīna

Résumé

Le suivi de la croissance d'un enfant reflète l'état de sa santé. Un enfant qui arrête de grandir est suspect de maladie sévère. La croissance doit être clairement enregistrée et faire l'objet d'un contrôle à chaque visite chez le pédiatre.

Les courbes de percentiles représentent l'évolution du poids et de la taille en fonction de l'âge dans une population générale normale.

Un enfant suit normalement sa courbe de croissance sur son percentile. S'il change de percentile au fil du temps, l'attention du médecin doit être attirée et la cause recherchée.

Le suivi et la documentation de la croissance sont d'une importance capitale pour la prise en charge de l'enfant, d'où l'idée d'utiliser les nouvelles technologies pour faciliter le travail du médecin.

Ce modeste travail consiste en la réalisation d'un système qui mesure le poids et la taille, le poids est déterminé en utilisant un capteur à jauge de contrainte et la taille en utilisant une technique sans contact à l'aide d'un télémètre à ultrason. Une carte à microcontrôleur de type ARDUINO contenant un ATmega328 a été utilisé pour piloter l'ensemble du système. D'un autre côté une interface graphique a été développée sous Matlab qui permet à l'ordinateur du pédiatre de relever la mesure et de faire une projection de celle-ci sur les courbes de croissances de références.

Abstract

Monitoring the growth of a child reflects the state of his health. A child stops growing is suspect of severe illness. Growth must be clearly recorded and be monitored at each visit to the pediatrician. Percentiles curves represent the evolution of weight and size as a function of age in a normal general population.

A child usually follows its growth curve on its percentile. If exchange percentile over time, doctor's attention should be drawn and the desired cause.

The monitoring and documentation of growth are of utmost importance for the care of the child, where the idea of using new technologies to facilitate the work of the physician.

This modest work is the realization of a system that measures the weight and size, the weight is determined using a strain gauge sensor and the size using a contactless technical rangefinder using ultrasound. An Arduino microcontroller card type containing an ATmega328 was used to control the entire system. On the other hand a graphical interface was developed in Matlab, which allows the computer pediatrician noted the measure and make a projection of it on the curves of reference growths

ملخص

مراقبة نمو الطفل يعكس حالة صحته. طفل يتوقف عن النمو المتزايد به يشتبه من مرض شديد. تغيرات النمو يجب أن تسجل بشكل واضح ويمكن رصدها في كل زيارة للطبيب. تمثل منحنيات النسب المئوية تطور الوزن و الطول بوصفها وظيفة من العمر في عموم السكان العادي. فالطفل عادة ما يتبع منحنى النمو على المئوية وتغيرها مع مرور الوقت. يستدعي لفت انتباه الطبيب لمعرفة السبب رصد وتوثيق النمو لهما أهمية قصوى لرعاية الطفل، حيث أن فكرة استخدام تقنيات جديدة تسهل عمل الطبيب. هذا العمل المتواضع هو تحقيق نظام يقيس الوزن والطول، حيث يتم تحديد الوزن باستخدام جهاز استشعار قياس الضغط والطول بعد عن باستخدام الموجات فوق الصوتية. تم استخدام اردوينو نوع البطاقة التي تحتوي على متحكم ATmega328 للسيطرة على النظام بأكمله. من ناحية أخرى تم تطوير واجهة رسومية في Matlab، مما يسمح لطبيب الاطفال لاختذ القياس و اسقاطه على منحنيات النمو المرجعية.

Table des matières

Remerciements	1
Dédicace	2
Résumé	4
Tables des matières	5
Liste des figures.....	7
Liste des tableaux.....	8
Introduction générale.....	10
Chapitre 1 : la théorie de la croissance.....	11
Introduction.....	12
Partie I : la croissance normale.....	13
I.1 Définition	14
I.1.1 La notion de croissance quantitative	14
I.1.2 Le terme de développement	14
I.2 Physiologie de la croissance	14
I.2.1 L'analyse du phénomène de croissance	14
I.2.2 La croissance fœtale (intra-utérine)	15
I.2.3 La croissance de la période postnatale à l'âge adulte	15
I.3 Facteurs de régulation de la croissance.....	16
I.4 Etude clinique de la croissance.....	16
I.4.1 Etude statique	16
I.4.2 Etude dynamique	18
I.4.3 L'IMC (indice de masse corporelle)	27
Partie II : les anomalies de la croissance	30
II.1 Diagnostic d'une anomalie de la croissance.....	30
II.1.1 Principales causes de retard de croissance en fonction de l'âge	30
II.2 Principales étiologies	31
II.2.1 Retard de croissance.....	31
II.2.2 Croissance excessive et grande taille.....	33
II.3 Les indications et les moyens thérapeutiques.....	34
Conclusion.....	35
Chapitre 2 : description des outils de travail.....	36
Introduction	37
2.1 Alimentation	38

2.1.1 Présentation – définition.....	38
2.1.2 Analyse du circuit d'alimentation réalisé.....	39
2.2 Technique de pesage.....	41
2.2.1 Définitions.....	41
2.2.2 Classification des systèmes de pesée par la technologie utilisée.....	41
2.2.3 Indicateur numériques de poids ou électronique de pesage.....	43
2.2.4 Capteurs de pesage à jauges de contrainte.....	43
2.3 Technique de la télémétrie.....	52
2.3.1 Généralité.....	52
2.3.2 Le télémètre.....	52
2.3.4 Principe des ultrasons.....	52
2.3.5 Principe d'un télémètre à ultrason.....	52
2.4 La carte microcontrôleur de type ARDUINO UNO.....	53
2.4.1 Introduction.....	53
2.4.2 Les principales caractéristiques.....	55
2.4.3 Les entrées/sorties numériques D0 à D13.....	56
2.4.4 Les entrées analogiques A0 à A5.....	56
2.4.5 Présentation de l'Espace de développement Intégré (EDI).....	56
2.5 Afficheur LCD.....	58
2.5.1 Définition.....	58
2.5.2 Principe des cristaux liquide.....	58
2.5.3 Brochage.....	58
2.5.4 La mémoire.....	59
2.5.5 Commande d'un afficheur LCD.....	59
Conclusion.....	61
Chapitre 3 : réalisation pratique et interprétation.....	62
Introduction.....	63
3.1 Schéma bloc du système.....	64
3.2 Bouton de mesure.....	65
3.3 Mesure de la taille.....	65
3.3.1 Présentation du capteur ultrason HC-SR04.....	65

3.3.2 Fonctionnement du capteur.....	66
3.4 Mesure du poids	67
3.4.1 Jauge de contrainte	67
3.4.2 Amplification	68
3.4.3 Le convertisseur analogique numérique.....	69
3.5 L'affichage	70
3.6 La liaison RS232	71
3.7.1 Côté carte à microcontrôleur : Organigramme générale de fonctionnement.....	73
3.7.2 Interprétation du programme	74
3.7.3 Côté ordinateur : Interface Matlab.....	75
Conclusion	80
Conclusion générale	82
Bibliographie.....	84
Glossaire	86
Annexe.....	89

Liste des figures

Figure 1.1 : Courbe de croissance (poids et taille) pour les garçons	20
Figure 1.2 : Courbes de croissance (poids et taille) pour les filles.....	21
Figure 1.3: Courbes de croissance (périmètre crânien) chez les garçons	22
Figure 1.4: Courbes de croissance (périmètre crânien) chez les filles.....	23
Figure 1.5: Courbes de vitesse de croissance chez les garçons	25
Figure 1.6: Courbes de vitesse de croissance chez les filles.....	26
Figure 1.7: Courbes de corpulence chez les filles.....	28
Figure 1.8: Courbes de corpulence chez les filles.....	29
Figure 2.1: Schéma bloc des étages des alimentations.....	38
Figure 2.2 : circuit alimentation de base	39
Figure 2.3 : circuit d'alimentation réalisé.....	39
Figure 2.4 : Balance mécanique.....	41
Figure 2.5 : Balance hybride.....	42
Figure 2.6 : Principe d'Instrument compact	42
Figure 2.7 : Principe Instrument modulaire	43
Figure 2.8 : jauge de contraint.....	44
Figure 2.9 : Corps d'épreuve d'un capteur de flexion.....	45
Figure 2.10 : Les différents modèles de jauge de contrainte	45
Figure 2.11 : Schéma électrique simplifié du capteur.....	45

Figure 2.12 : Synoptique d'un capteur numérique	46
Figure 2.13 : le montage quart de pont.....	47
Figure 2.14 : Le montage demi-pont	47
Figure 2.15 : le pont complet	48
Figure 2.16 : Le principe de fonctionnement du pont de Wheatstone.....	48
Figure 2.17 : principe de fonctionnement du pont simple.....	49
Figure 2.18 : principe de fonctionnement du demi-pont	50
Figure 2.19 : principe de fonctionnement du pont complet	50
Figure 2.20 : Schéma structurel de l'Arduino UNO	53
Figure 2.21 : Carte μ C Arduino UNO	54
Figure 2.22 : Schéma d'ATMega328.....	54
Figure 2.23: La correspondance entre les broches de l'Atmega328 et les broches de l'Arduino.....	55
Figure 2.24 : Présentation du logiciel Arduino	57
Figure 2.25 : Détail de la barre de boutons	57
Figure 2.26 : LCD 20*4(A :face antérieur, B :face postérieur)	58
Figure 3.1 : Structure interne du système.....	64
Figure 3.2 : Structure externe du système.....	64
Figure 3.3 : la liaison entre le microcontrôleur et le bouton de mesure.....	65
Figure 3.4 Capteur ultrason HC-SR04.....	65
Figure 3.5 : brochage de capteur ultrasonique HC-SR04.....	65
Figure 3.6 Chronogramme.....	66
Figure 3.7 : câblage du module HCSR04 avec la carte microcontrôleur.....	67
Figure 3.8: La déformation de corps d'épreuve.....	67
Figure 3.9:circuit d'amplification	68
Figure 3.10 : le câblage du circuit de mesure du poids.....	70
Figure3.11: le câblage de l'afficheur LCD.....	70
Figure 3.12 : la liaison RS232.....	71
Figure 3.13 : schéma complet du système réalisé.....	72
Figure 3.14 : organigramme générale de fonctionnement.....	73
Figure 3.15 : courbes de référence "garçon"	76
Figure 3.16 : courbes de référence "fille"	77
Figure 3.17 : exemple d'une consultation	79

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : brochage de l'afficheur LCD 20*4.....	59
---	----

INTRODUCTION GENERALE

Le monde où nous vivons aujourd'hui impose efficacité, rapidité et justesse. C'est la raison essentielle qui a poussé les chercheurs à s'intéresser, il y a quelques années, à une science qui permettrait de faciliter le quotidien de l'homme en lui offrant certains outils qui peuvent l'aider à optimiser son temps pour répondre aux exigences de la vie actuelle.

La science dont nous parlons ne peut être autre que l'électronique, technique utilisant des variations de grandeurs électriques (charge, courant, champ électrique...) en vue de la transmission d'informations conformes aux attentes de beaucoup de disciplines.

De cette manière l'électronique s'est introduite dans quasiment tous les domaines de la vie quotidienne. Son évolution a permis l'invention puis le développement des appareils servant en informatique, en mécanique, en biologie, en médecine... Appliquée à cette dernière, l'électronique se voit dotée d'une nouvelle discipline connue sous le nom de génie biomédical.

Le génie biomédical représente donc une application des principes et des techniques de l'ingénierie dans le domaine médical visant au contrôle des systèmes biologiques ou au développement d'appareils servant au diagnostic et au traitement des patients.

Grâce à des activités interdisciplinaires intégrant les sciences de l'ingénieur avec les sciences biomédicales et de la pratique clinique, le génie biomédical permet de contribuer d'abord à la compréhension des systèmes vivants puis d'apporter une amélioration de la santé humaine d'une part; puis dans une systémique, cette discipline va faire progresser les connaissances en ingénierie, en médecine et en biologie.

Dans l'approche de notre travail, nous nous sommes intéressés à la pédiatrie, plus précisément à la mesure et le suivi de la croissance de l'enfant. On dit souvent que « les courbes de croissance disent beaucoup sur la santé des enfants et lorsqu'elles s'écartent de la norme, il faut savoir tirer la sonnette d'alarme».

Il convient donc de détecter précocement ces retards afin d'y remédier à temps dans la mesure du possible.

L'objectif de ce projet est la réalisation d'un système qui consiste à mesurer la taille d'un enfant à base d'un capteur ultrason HC-SR04 et mesurer son poids à l'aide d'un capteur à jauge de contrainte et traiter ces mesures par une carte à microcontrôleur de type ARDUINO. et recueillir les informations de mesures dans une interface.

Nous avons essayé d'étudier méthodiquement ce processus de mesure, en divisant notre travail en trois chapitres successifs.

Tout d'abord, nous avons consacré le premier chapitre du mémoire à l'insertion de la notion de la croissance et les facteurs intervenants dans son déroulement dans une première partie et la seconde partie a été réservée pour les troubles de la croissance qui peuvent être diagnostiquées et qui ralentissent le processus de la croissance.

Le deuxième chapitre est dédiée à la description des outils de travail, en débutant par l'alimentation et expliquant le principe de la télémétrie ultrasonique et la technique du pesage à travers une jauge de contrainte, et on termine ce chapitre par l'étude de la carte microcontrôleur de type ARDUINO et l'afficheur LCD .

Le troisième et dernier chapitre de ce mémoire, correspond à la réalisation pratique de notre travail : elle est scindée en plusieurs parties, une partie pour la mesure du poids, une deuxième pour la mesure de la taille par télémétrie ultrasonique à l'aide d'un module HC-SR04, une autre pour la programmation du microcontrôleur et on termine notre travail par la partie informatique qui englobe l'organigramme de fonctionnement et l'interface graphique réalisé sous Matlab.

Nous espérons, par cette démarche, avoir réussi à présenter l'importance du génie biomédical à travers la contribution d'un instrument électronique dans le domaine de la santé. L'outil choisi n'est peut être pas le plus complexe mais illustre bien l'utilité de l'électronique dans la détection et la prévention en matière de santé.

CHAPITRE 1 : LA THEORIE DE LA CROISSANCE

Ce chapitre présente :

- Définition de la croissance et ses facteurs de régulation.
- Etude des courbes de croissance.
- Evaluation de la vitesse de croissance.
- Les anomalies et la démarche diagnostic et thérapeutique.

Introduction

Le suivi systématique de la croissance staturo-pondérale est un élément clé de la surveillance de l'enfant. Il permet de dépister un retard de croissance qui est un motif de consultation fréquent en pédiatrie. L'interrogatoire, la reconstitution de la courbe d'évolution de la taille et du poids, l'examen clinique et des examens para cliniques simples permettent souvent d'orienter rapidement le diagnostic. Le retard de croissance peut être la conséquence d'une affection chronique connue; l'amélioration de la prise en charge de l'affection permet alors de minimiser le retentissement statural. Il peut être la conséquence d'une affection, congénitale ou acquise, découverte à cette occasion; le diagnostic précoce permet alors de dépister certaines maladies graves et de mettre en route un traitement adapté. Dans la première partie de ce chapitre, sont décrits la croissance normale et ses différentes phases et les moyens d'évaluation de la croissance de l'enfant en pratique courante. Dans la seconde partie, sont précisées la démarche diagnostique devant une anomalie de croissance, les différentes étiologies et les possibilités thérapeutiques.

Partie I : la croissance normale**I.1 Définition****I.1.1 La notion de croissance quantitative**

Elle correspond à l'augmentation du nombre et du volume des cellules s'exprime par un accroissement des dimensions corporelles globales (poids-taille) ou parcellaires (périmètre crânien). Elle peut être définie comme le processus de création permanent, de dégagement des formes, des différenciations des structures et de perfectionnement des fonctions que l'être humain induit depuis l'instant de sa conception jusqu'à la fin de l'adolescence.

D'un point de vue pratique : la croissance est la différence entre deux mesures précises et datées c'est donc le calcul d'un accroissement (ou d'une vitesse) et de son rythme à condition de choisir les mêmes intervalles de temps. [1]

I.1.2 Le terme de développement

Il désigne l'ensemble des phénomènes qui concourent à la transformation progressive de l'être humain depuis la conception jusqu'à l'âge adulte. [1]

I.1.3 La notion de maturation est qualitative : elle correspond à des modifications de structure, de composition et de fonctionnement des cellules, des tissus et des organes traduisant l'évolution progressive vers la morphologie et le fonctionnement optimal de l'organisme adulte. Croissance, développement et maturation sont les aspects fondamentaux d'un même phénomène vital qui est celui de la division et de la multiplication cellulaire. [1]

I.2 La Physiologie de la croissance

La croissance est un phénomène évolutif qui englobe plusieurs paramètres, au fur et à mesure que l'organisme croît et se développe, le potentiel de croissance diminue. [1]

I.2.1 L'analyse du phénomène de croissance**I.2.1.1 Croissance cellulaire**

Toutes les cellules de l'organisme au niveau des tissus passent par 4 phases de croissance :

- Phase hyperplasie : il s'agit d'une augmentation du nombre des cellules.
- Phase hypertrophie cellulaire : il s'agit d'une augmentation de la masse cellulaire sans multiplication.
- Une phase de croissance, maintenance, et de réparation cellulaire.
- Une phase de différenciation cellulaire. [1]

I.2.1.2 Croissance de tissus osseux

L'édification de squelette se fait en 2 étapes :

- Au cours de la vie intra-utérine.
- Après la naissance. [1]

I.2.1.3 Le cartilage de croissance

Est l'organe principal de l'allongement des os longs. [1]

I.2.2 La croissance fœtale (intra-utérine) : se compose de 3 périodes**I.2.2.1 Période embryonnaire**

Elle va du 1^{er} jour des règles à la 12^{ème} semaine. Cette période est caractérisée par la formation des organes et de différenciation (organogénèse et morphogénèse). A l'étape embryonnaire correspond spécifiquement le processus de différenciation cellulaire : à partir d'une cellule unique, l'œuf, vont s'édifier toutes les variétés d'éléments cellulaires puis les tissus, puis les organes. [1]

I.2.2.2 Période fœtale précoce

Qui va de la 12^{ème} semaine à la 28^{ème} semaine, est caractérisée par une croissance rapide du fœtus, surtout concernant la taille, une croissance rapide et une maturation des structures embryonnaire. A la fin de cette période le fœtus pèse 1000g et une taille de 36cm. [1]

I.2.2.3 Fœtale précoce tardive

Qui va de la 28^{ème} semaine à la naissance, se caractérise par une croissance, une maturation maximale et une augmentation remarquable du poids.

Les facteurs qui influencent la croissance du fœtus sont complexes, multiples et souvent interdépendants. [1]

I.2.3 La croissance de la période postnatale à l'âge adulte

De la naissance à l'âge auquel la taille adulte est atteinte, la croissance peut être divisée en quatre phases, en fonction de la vitesse de croissance et de l'influence prépondérante d'un facteur de croissance donné. [1]

I.2.3.1 De 0 à 4ans : petite enfance (« infancy »)

La vitesse de croissance (VC) très élevée après la naissance va décroître progressivement au cours des premières années (25cm/an la première année, 10cm/an la deuxième année, 8cm/an la troisième année). Les facteurs génétiques et nutritionnels jouent un rôle important. Durant cette période, la taille rejoint progressivement le couloir génétique, ce qui se traduit par une VC normale, ralentie ou accélérée.

I.2.3.2 De 4 ans à la période pubertaire : deuxième enfance (« childhood »)

La VC diminue moins fortement avec l'âge et se stabilise aux alentours de 5-6cm/an. Cette phase est sous le contrôle principal des facteurs hormonaux (growth hormone [GH], cortisol et hormones thyroïdiennes). [1]

I.2.3.3 Période pubertaire (« puberty »)

La puberté se développe sous l'impulsion des stéroïdes sexuels et se manifeste par le développement des caractères sexuels secondaire associé au pic de croissance pubertaire. Son évaluation est indispensable après l'âge de 8 ans chez la fille et 10 ans chez le garçon.

- **Chez la fille :** L'accélération de la VC est associée ou précède les premiers signes pubertaires. La VC atteint 8cm/an la deuxième année puis décroît; le gain pubertaire moyen est de 20 à 25cm (environ 12 % de la taille adulte). Après les premières règles, la fille grandit en moyenne de 7cm et la taille adulte est atteinte 4 ans après le début de la puberté.

- **Chez le garçon :** Il existe souvent un ralentissement pré-pubertaire de la VC puis une accélération après le démarrage pubertaire. La VC atteint 9cm/an la deuxième année puis décroît; le gain pubertaire moyen est de 25cm à 30cm (environ 14 % de la taille adulte) et la taille adulte est atteinte 5 ans après le début de la puberté [1]

I.2.3.4 Fin de la croissance

La fin de la croissance est caractérisée par une VC inférieure à 2cm/an et un âge osseux supérieur à 15 ans chez la fille et 16 ans chez le garçon. Le pic de croissance plus tardif et plus ample chez le garçon explique une différence de taille adulte de 13cm par rapport aux filles. Selon les courbes de Sempé, la taille moyenne est de 162cm chez la fille et 173cm chez le garçon. Selon des données de 2004 sur des enfants nés en 1985, la taille moyenne est de 163,8cm chez la fille et 177,7cm chez le garçon, ce qui traduit l'accroissement séculaire de la taille. [1]

I.3 Facteurs de régulation de la croissance

La régulation de croissance est contrôlée par 2 types de facteurs : intrinsèque et extrinsèques [3]

I.3.1 Les facteurs intrinsèques

Ils sont représentés essentiellement par le patrimoine génétique et l'équipement endocrinien. [3]

I.3.1.1 Patrimoine génétique

On connaît des familles de grandes et de petite taille, il faudra donc prendre en considération le morphotype familial pour apprécier le caractère normal ou anormal de la croissance et du développement. [3]

I.3.1.2 Facteurs endocriniens : la glande endocrine joue un rôle important. La thyroïde intervient essentiellement chez le petit enfant, l'hypophyse pendant la seconde enfance, la corticosurrénale et les gonades au moment de la puberté. [3]

I.3.1.3 Facteurs nerveux : ils interviennent également dans la mesure où les glandes endocrines fonctionnent sous le contrôle de l'encéphale. [3]

I.3.2 Facteurs extrinsèque

Il existe également des facteurs extrinsèques intervenant vis-à-vis de la croissance : les conditions économiques, la nutrition, les infections jouent un rôle important. [3]

I.4 Etude clinique de la croissance

I.4.1 Etude statique

I.4.1.1 La taille

Il faut préciser tout d'abord que les mesures doivent être effectuées à la même heure et mieux le matin

Horizontalement de 0 à 3ans: l'instrument est une toise horizontale se terminant à une extrémité par une planche verticale mobile coulissant le long d'un ruban métrique sur laquelle sera appliquée la plante du pied.

Verticalement à partir de 3 ans: la toise doit être rigoureusement verticale, l'équerre parfaitement horizontale permettant un large appui sur le sommet du crâne, la position de l'enfant doit être rigoureuse: 4 points d'appui sur le plan de mesure (talons joints, fesses, épaules, occiput).

Quelques repères sont utiles à retenir, chez le nouveau-né à terme, la taille est d'environ 50cm. Elle progresse d'environ 25cm la 1^{ère} année, 12cm la 2^e année de 3 ans à la puberté, la prise de taille est d'environ 6cm/an.

On peut calculer la taille théorique :

$$\text{Taille en cm} = (\text{âge en année} * 6) + 80 \quad [1]$$

I.4.1.2 Le poids

Il faut utiliser une balance correctement tarée et suffisamment précise, jusqu'à 10-12Kg, on utilise le "pèse bébé". Au delà il faut utiliser la balance à curseur avec poids mobile. L'enfant doit être pesé nu, de préférence le matin, et chez les grands enfants, après évacuation des selles et des urines.

Le nouveau-né normal pèse environ 3000-3500g.

Il existe une perte de poids physiologique pendant les premiers jours de vie qui ne doit pas excéder 10% du poids du corps. Le poids de naissance double à 5 mois et triple à 1 an. Pendant la 2^e année le poids progresse de 2.5 à 3Kg ensuite 2Kg par année jusqu'à la puberté.

Le poids théorique peut-être donné par la formule suivante :

$$\text{Poids en (Kg)} = (\text{âge en année} * 2) + 8 \quad [1]$$

I.4.1.3 Le périmètre crânien (PC)

Le phénomène le plus important durant la 1^{ère} année de vie est l'expansion du PC, témoin de la prodigieuse augmentation de l'encéphale. En une année la circonférence osseuse s'accroît de 33% tandis que le poids du cerveau passe de 25% à la naissance à 60% de celui de l'adulte.

- Vers 2 ans l'accroissement cérébral représente 70% de celui de l'adulte.
- Vers 3 ans le cerveau pèse 90% de son poids définitif.
- Le périmètre crânien évolue en général comme suit :
 - PC = 35cm pour un nouveau-né à terme, il augmente de 2cm /mois le premier trimestre, de 1cm/mois le deuxième trimestre, de 0.5cm/mois le deuxième semestre.
 - Durant la 2^e année de vie, le PC augmente de 2-3cm.

Pour mesurer le PC un ruban métrique doit être étroit et idéalement en métal flexible. Il passera sur le front, au-dessus des sourcils, et fera le tour de la tête au même niveau des 2 côtés. On mesurera la circonférence maximale. Le ruban doit être assez tendu pour comprimer la chevelure contre le crane.

Le PC a l'immense intérêt de renseigner sur le développement cérébral même s'il ne le mesure pas directement. Donc la mesure du PC à intervalles très rapprochés, étant donné son évolution chez le nourrisson, est un examen essentiel lors des premières années. [1]

I.4.1.4 Les rapports segmentaires

Pour étudier la croissance, il est utile également d'étudier, les variations segmentaires du corps :

Le rapport segment inférieur/segment supérieur

Le segment inférieur : est la distance du bord supérieur du pubis au plan du sol.

Le segment supérieur est égal à la différence entre la taille et le segment inférieur. Il représente le reste de la longueur totale du corps (tête-cou-tronc)

La valeur moyenne de ce rapport varie de 0.52 à la naissance à 0.90 à l'âge adulte.

I.4.1.5 La maturation osseuse

L'âge du squelette est le critère le plus objectif de la croissance biologique de l'organisme. Il y a une bonne corrélation entre l'âge osseux d'une part et la croissance, la puberté, l'âge dentaire, l'apparition des règles et la taille atteinte à l'âge adulte d'autre part. [1]

I.4.1.6 La maturation dentaire

L'apparition des dents est conditionnée par des facteurs familiaux et par des facteurs nutritionnels. Cette apparition subit d'importantes variations. A titre indicatif :

La dentition de 12 mois est constituée de 20 dents

A 30 mois la première dentition est complète

La dentition adulte est faite de 32 dents

Cette maturation évolue avec l'âge [1]

I.4.1.7 Maturation sexuelle

La croissance et la maturation des gonades ainsi que l'apparition des caractères sexuels secondaires sont connue sous le nom de puberté. On ne dispose pas d'études permettant d'apprécier l'âge moyen du début de la puberté chez l'enfant algérien cette apparition est en fait conditionnée par de nombreux facteurs, génétiques, climatiques et nutrition entre autres.

La puberté débute chez la fille vers 10 ans (9-12 ans) et chez le garçon vers 11 ans (10-13 ans). [1]

I.4.2 Etude dynamique

La détermination du poids, de la taille et du périmètre crânien chez l'enfant à un instant déterminé, ainsi que l'appréciation de la maturation de ses organes, ne donne que peu de renseignements sur l'état de l'enfant en raison des variations individuelles importantes. Aussi une étude dynamique de la croissance et du développement doit être faite.

Le premier repère de la croissance est donc la chronologie de chaque évènement, elle est donc donnée par référence à la date de naissance. Un seul point ne peut exprimer le phénomène essentiellement dynamique qui est la croissance.

On n'insistera jamais assez sur la tenue correcte du carnet de santé, avec mention, non seulement du poids et de la taille à la naissance mais de ces paramètres pris à intervalles réguliers (en principe à chaque consultation). La surveillance de la croissance nécessite une période adéquate des mensurations: trimestrielle la 1^{ère} année, semestrielle les 3-4^{èmes} années, annuelle à l'âge scolaire.

Mesurer plus souvent augmente les risques d'erreur et tient trop grand compte des écarts physiologiques ou saisonniers, mesurer moins souvent expose à méconnaître les écarts pathologiques. Il existe 2 types d'étude de la croissance :

- Les études transversales sont à l'origine de nombreuses tables et courbes donnant principalement des informations sur les valeurs moyennes atteintes aux différents âges.
- Les études longitudinales fournissent des renseignements sur les modifications de croissance, en fonction du temps et permettent de détecter des modifications de la vitesse de croissance en fonction de l'âge. [1]

I.4.2.1 Etudes transversales : Courbes de croissance

La meilleure façon d'apprécier la croissance est d'utiliser des courbes de normes pour chacun des paramètres à étudier (Taille-Poids-PC). On utilise en pratique 2 types de courbes :

- Courbes exprimées en écarts types ou déviations standard (DS) ou certaines valeurs biologiques comme la taille pour un âge, un sexe, une ethnie donnée, se répartissent selon une courbe en cloche (courbe de Gauss) symétrique à un axe (moyenne ou médiane). On détermine à partir de cette moyenne des écarts-types ou déviations standards. On admet que les limites des variations normales sont situées entre $-2DS$ et $+2DS$.
- Courbes exprimées en percentiles ou centiles sont plus fiables car elles peuvent être utilisées pour tous les paramètres de répartition gaussienne ou non. Pour un paramètre donné, si on classe par ordre croissant 100 enfants de même âge, de même sexe, de même ethnie, on peut évaluer la médiane au 5^e percentile, autour de laquelle 50% des enfants se répartissent au dessus de la médiane, et 50% en dessous de la médiane.

On peut faire ensuite des sous-groupes et déterminer le pourcentage de répartition autour de médian 50^e percentile. Des courbes avec des couloirs délimités par les lignes du 3-10-25-50-90-97^e percentiles sont établies et les valeurs de la normale se situent entre P3 et P97.

Une correspondance peut-être établie avec les déviations standards

Le P50 correspond à la moyenne, le P2.5 correspond à $-2DS$, et le P97.5 correspond à $+2DS$. L'utilisation des percentiles est très intéressante en clinique car elle présente le grand avantage de donner des renseignements utiles quand une mesure donnée dans un échantillon, est distribuée anormalement ou de manière clairement déviante. [1]

Les courbes de croissance (poids et taille, périmètre crânien) pour les garçons et pour les filles de une année jusqu' à 18 ans sont représentées dans les figures 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 respectivement.

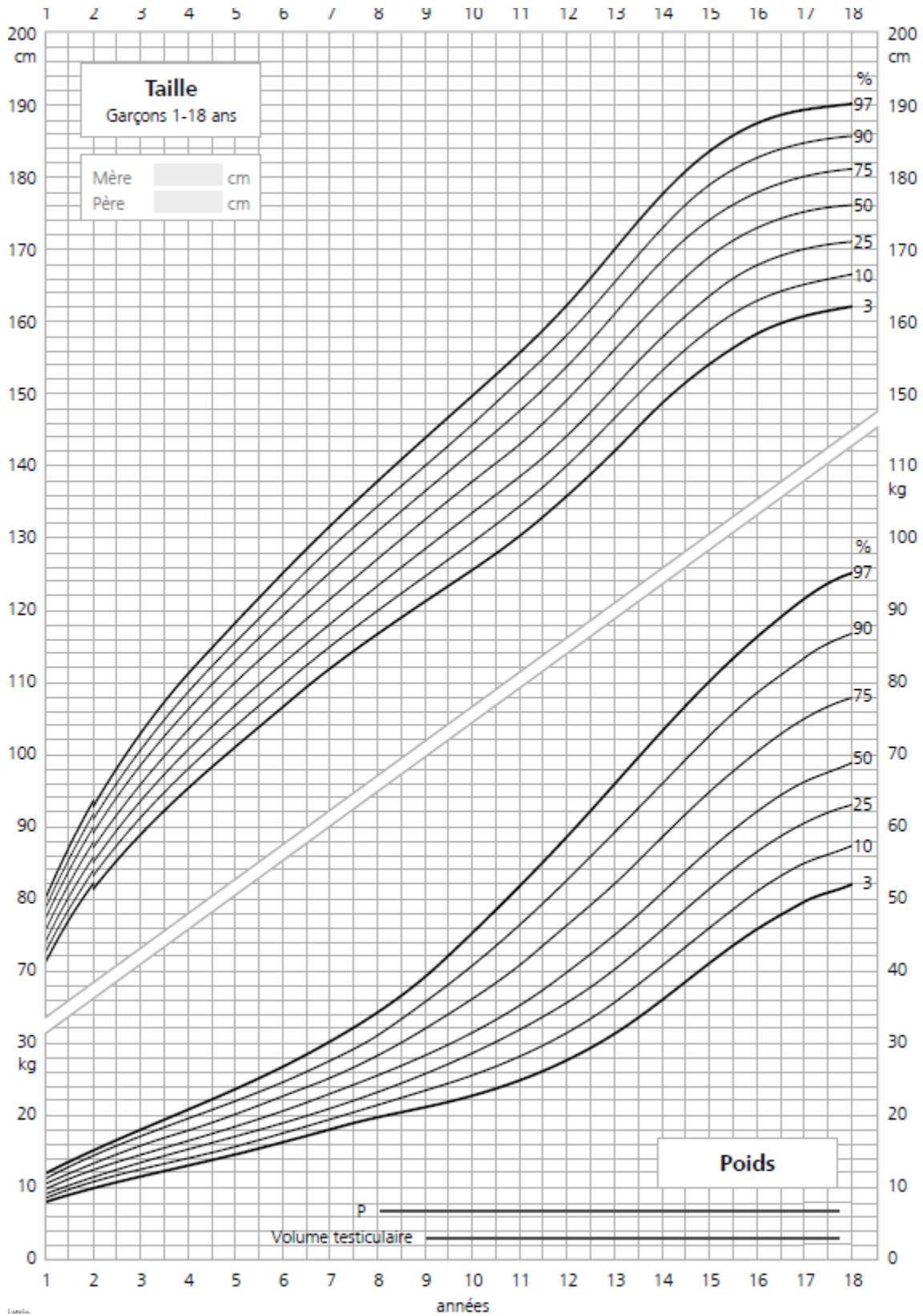


Figure 1.1: courbes de croissance (poids et taille) pour les garçons [24]

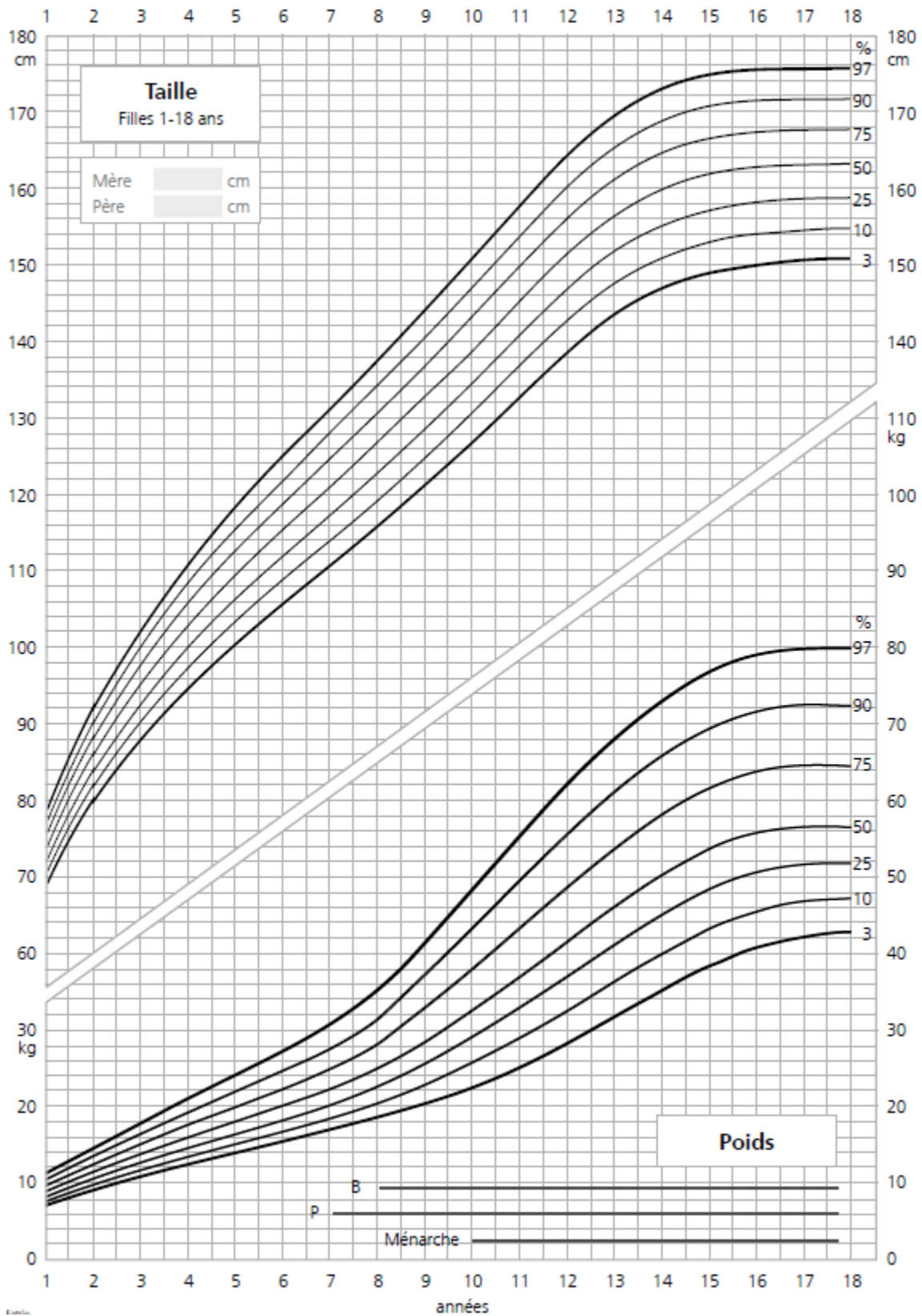


Figure 1.2 : courbes de croissance (poids et taille) pour les filles [24]

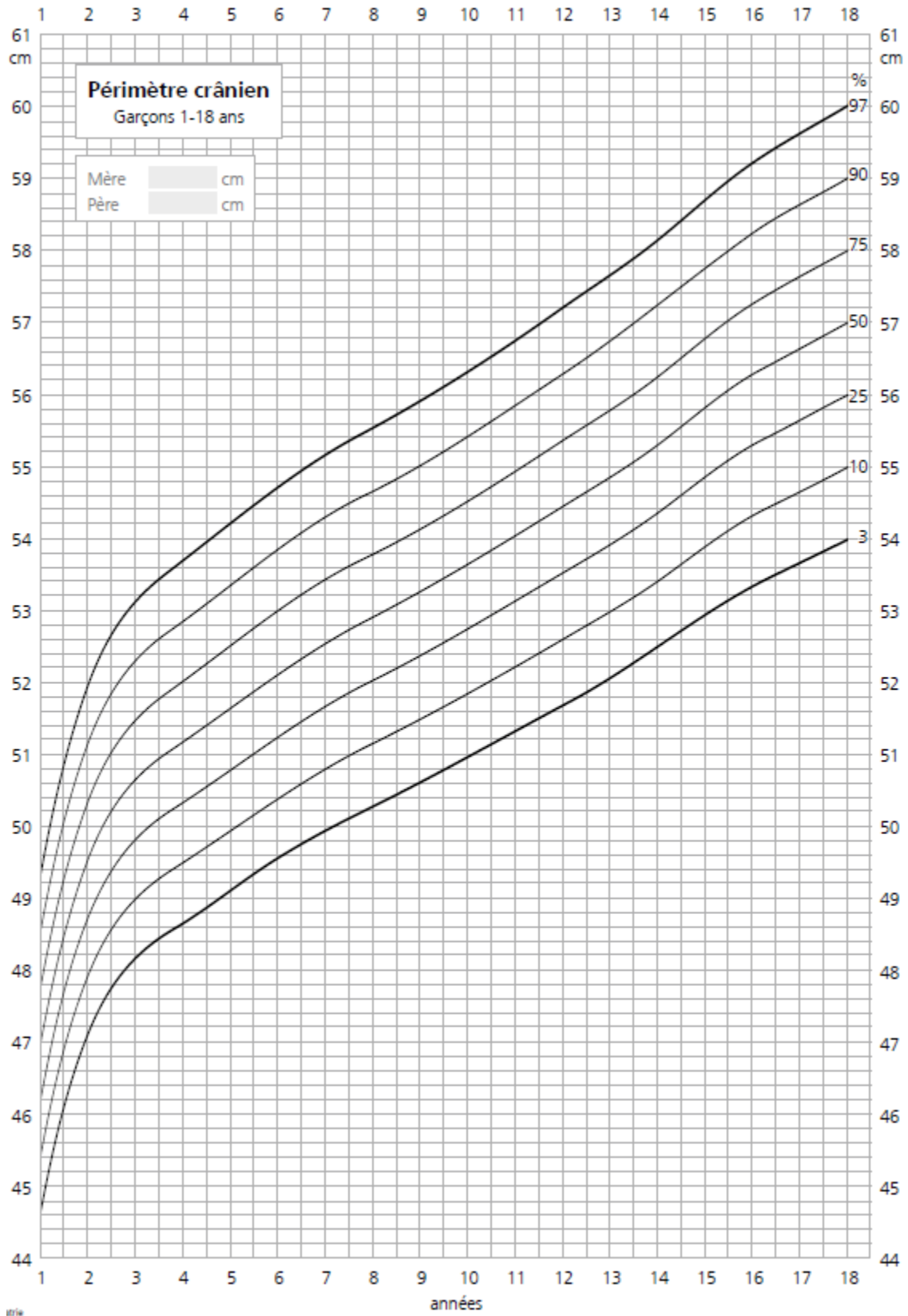


Figure1.3 : courbes de croissance (périmètre crânien) pour les garçons [24]

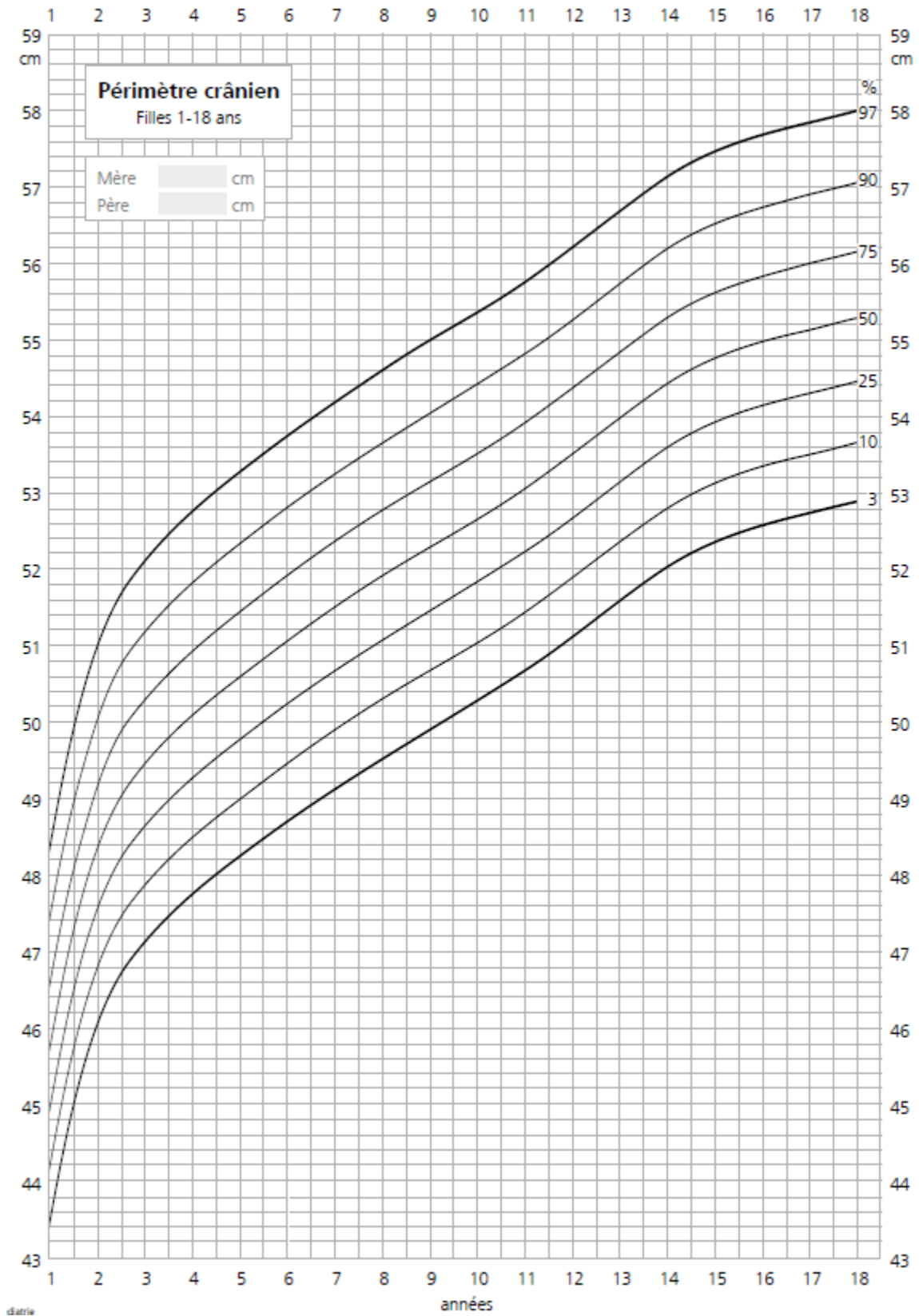


Figure1.4 : courbes de croissance (périmètre crânien) pour les filles [24]

I.4.2.2 Etudes longitudinales

I.4.2.2.1 Notion de vitesse de croissance

Si la croissance est un phénomène continu, le gain de croissance en un temps donné ou vitesse de croissance n'est pas constant. La surveillance de la croissance sur des courbes de référence permet :

- D'une part de comparer un enfant à la moyenne d'âge
- D'apprécier la dynamique de la croissance en étudiant sa courbe sur plusieurs années.

Ainsi peut-on définir des vitesses de croissance normales, accélérées, ou ralenties et des couloirs dans lesquels doivent se dérouler la croissance d'un enfant normal. Tout enfant quittant son couloir doit-être considéré comme un enfant à risque. De plus chaque moyenne n'a pas la même vitesse de croissance, exemples :

- La croissance du cerveau est très rapide dans la 1^{ère} année de vie et presque terminée à l'âge de 6 ans.
- Les membres ont une croissance plus rapide avant la puberté.
- Le rachis a une croissance importante à la fin de la puberté.
- Les gonades se développent surtout à la période pubertaire.

Si la vitesse de croissance est augmentée ou réduite, il n'est pas certain que la situation de l'enfant soit pathologique, mais elle mérite au moins une recrudescence d'attention, une surveillance renforcée, éventuellement quelques investigations simples ou une consultation spécialisée.

La discussion se poursuit entre experts sur le point de savoir si l'on peut utiliser des normes internationales ou si l'on doit utiliser des normes nationales qui lorsqu'elles existent sont idéales, à condition qu'elles proviennent d'échantillons représentatifs de la population. [1]

Les figures 1.5 1.6 représentent Les Courbes de vitesse de croissance de deux ans jusqu'à 18 ans pour les garçons et pour les filles respectivement

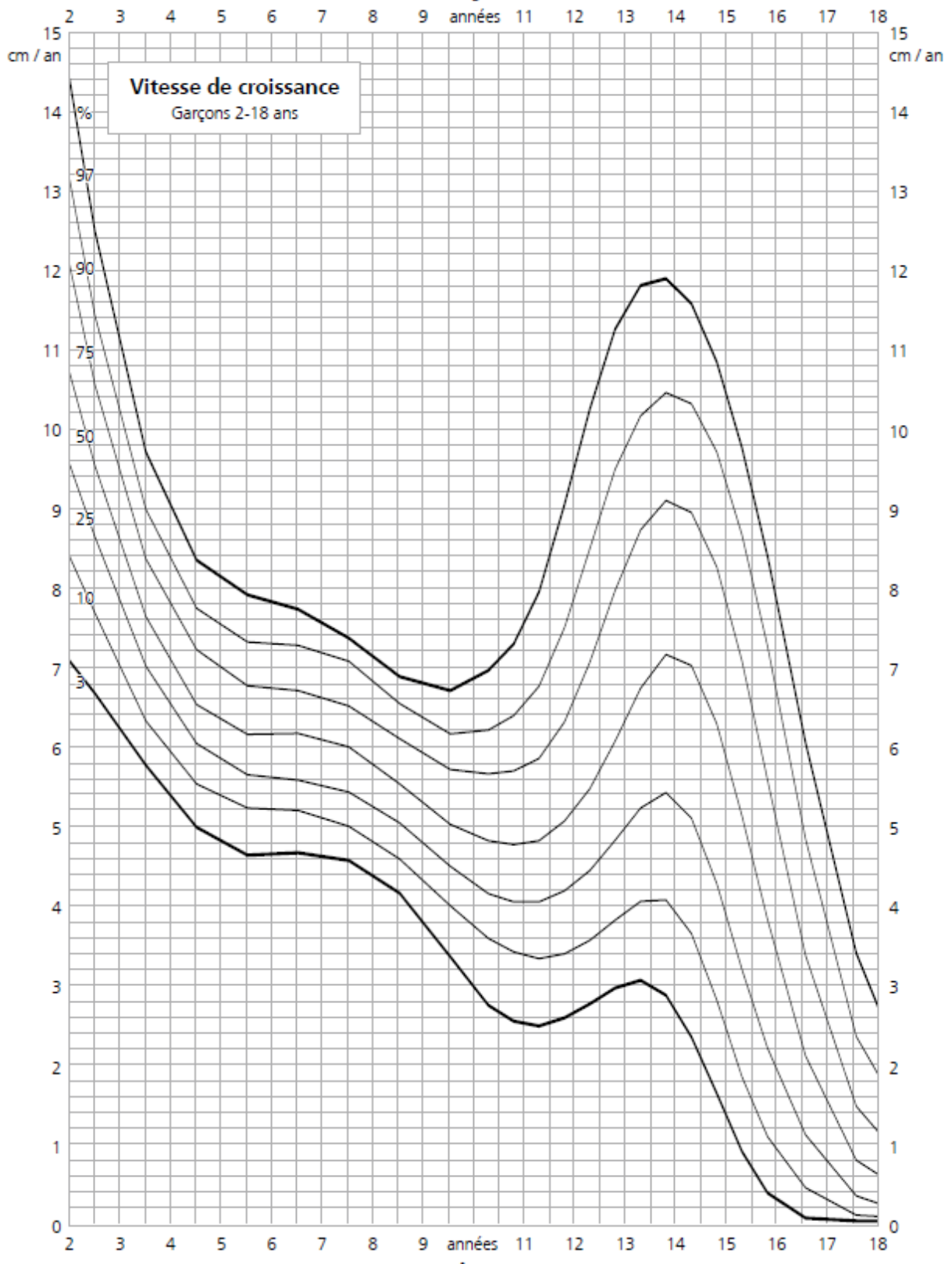


Figure 1.5 : Courbe de vitesse de croissance pour les garçons [24]

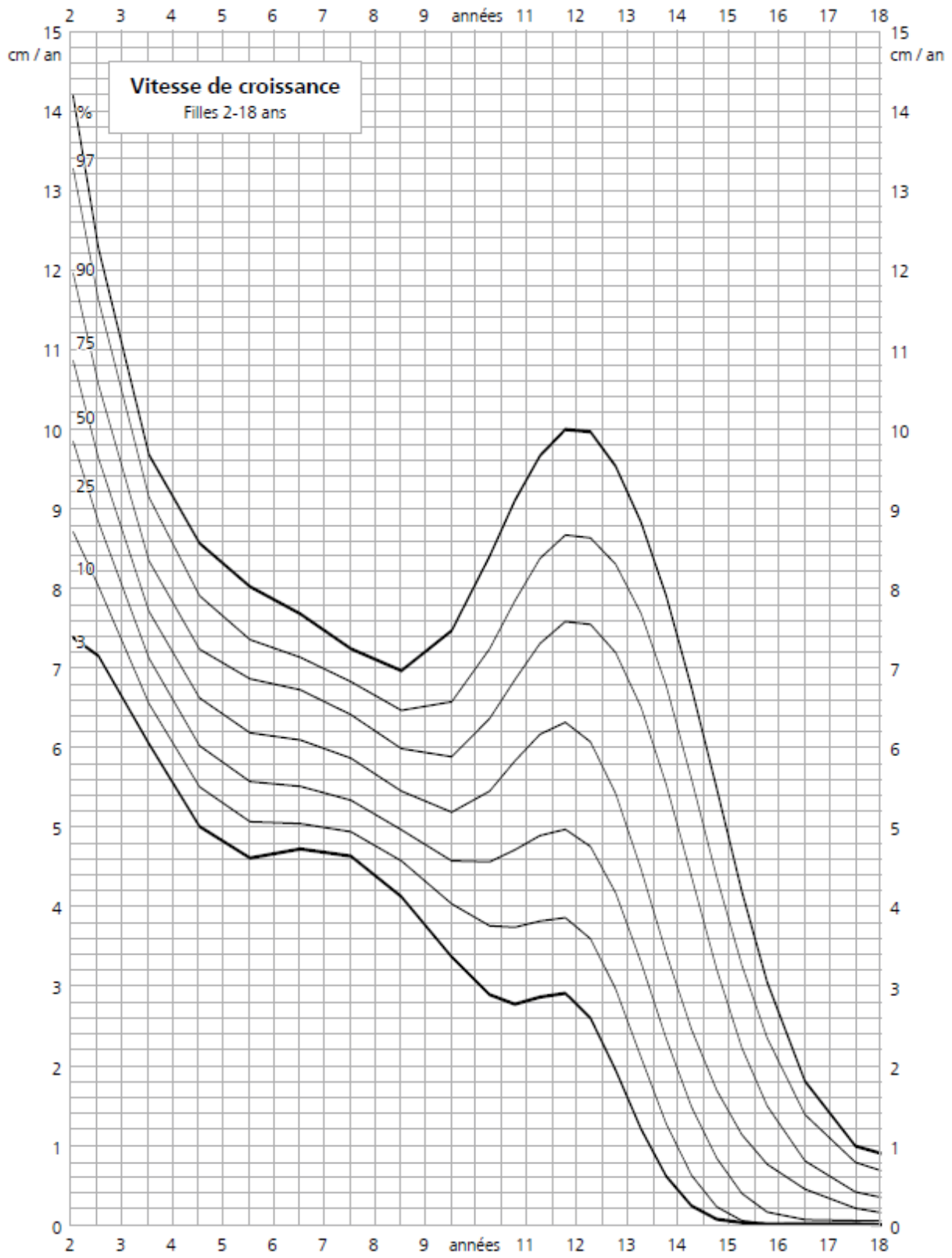


Figure 1.6 : Courbe de vitesse de croissance pour les filles [24]

I.4.3 L'IMC (indice de masse corporelle)

L'IMC est un nombre qui associe le poids d'une personne à sa taille couchée/debout.

L'IMC peut être un indicateur de croissance utile quand il est reporté sur un diagramme par rapport à l'âge de l'enfant

L'IMC est calculé comme suit :

Poids en kg ÷ carré de la taille couché/debout en mètres.

Insuffisance pondérale : $IMC < 3e$ percentile ;

Corpulence normale : $3e \leq IMC < 97e$ percentile ;

Surpoids, incluant l'obésité : $IMC \geq 97e$ percentile ; **[6]**

Les Courbes de corpulence chez les garçons et les filles sont représentées dans les figures 1.7, 1.8 respectivement.

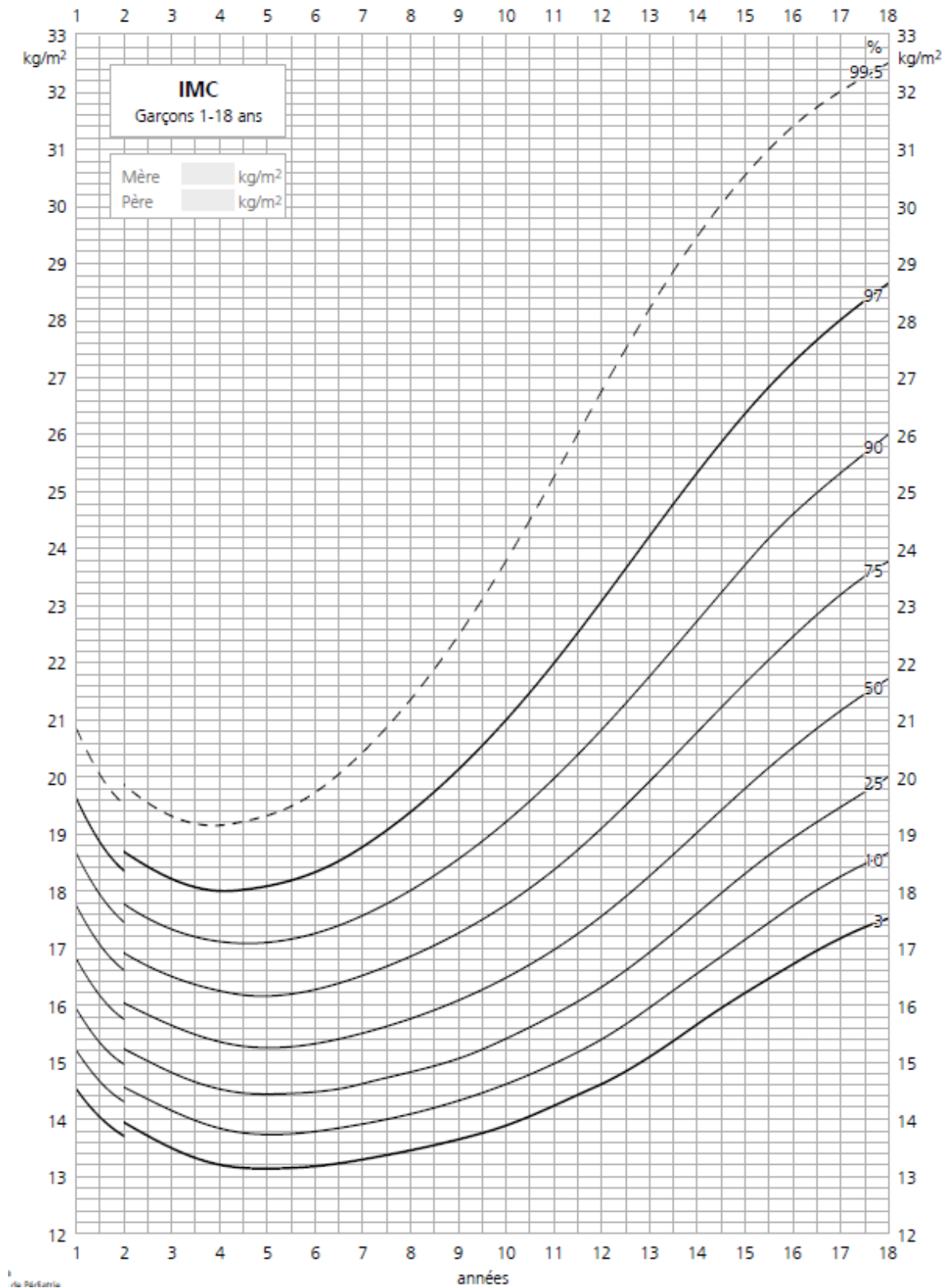


Figure1.7: Courbes de corpulence chez les garçons [24]

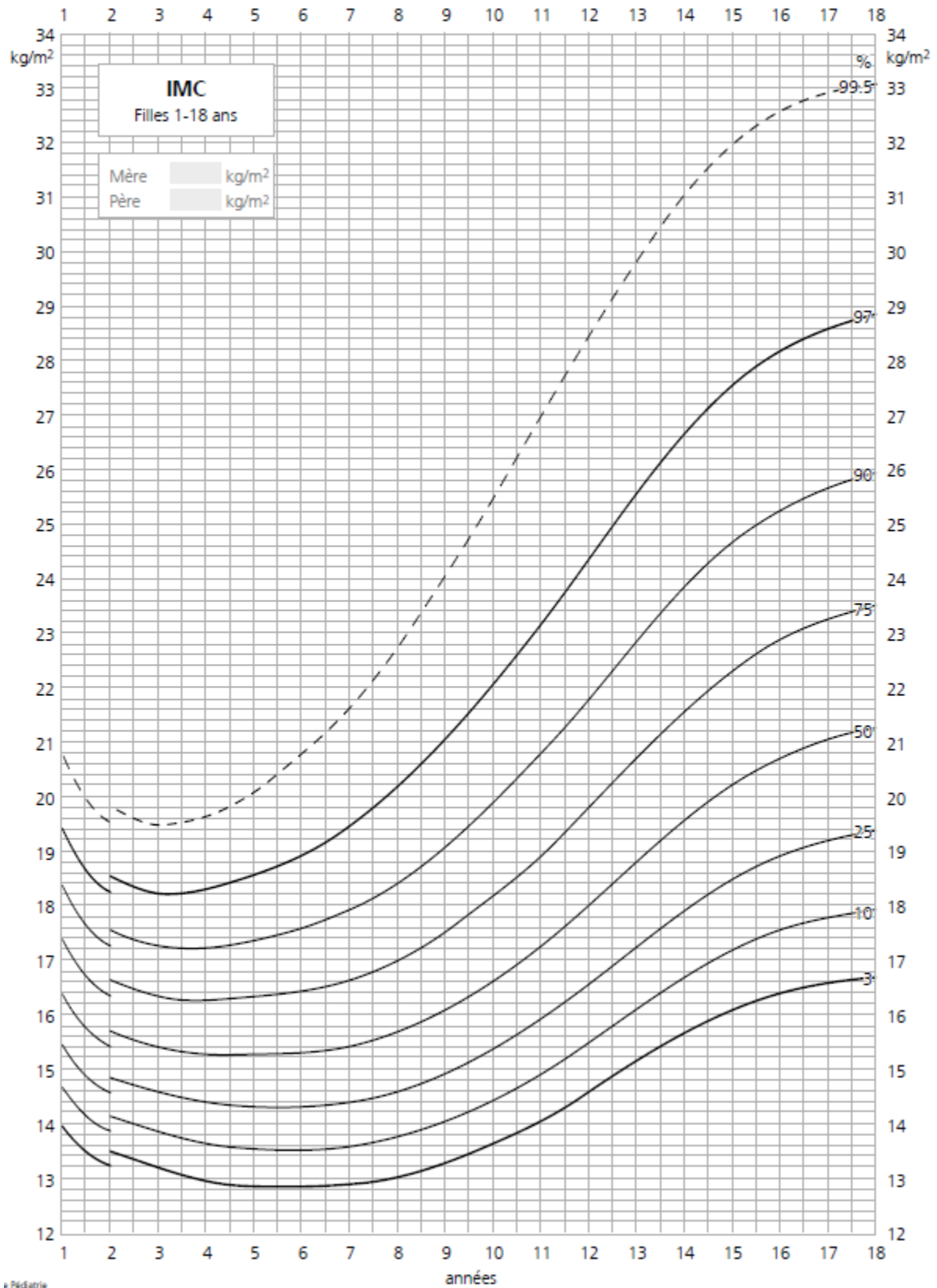


Figure 1.8: Courbes de corpulence chez les filles [24]

Partie II : les anomalies de la croissance

II.1 Diagnostic d'une anomalie de la croissance

Les éléments qui font rechercher une anomalie sont :

- Un niveau de taille situé en dehors des limites de -2DS et +2 DS; plus l'écart à la moyenne est grand, plus forte est la probabilité de trouver une anomalie;
- une différence importante ($> 1,5$ DS) entre la taille de l'enfant et sa taille cible calculée à partir des tailles de ses parents, toutes les deux exprimées en DS;

La taille cible = moyenne des tailles parentales (en cm) + 6,5 chez le garçon - 6,5 chez la fille

▪ Surtout une vitesse de croissance anormale pour l'âge, ce qui conduit à un changement de couloir de croissance. Cependant, il y a deux périodes durant lesquelles ce changement de couloir de croissance peut être non pathologique :

- Entre la naissance et l'âge de 3 ans, le changement peut être secondaire à la mise sur le couloir de croissance génétique ;
- A l'âge pubertaire, le changement peut être secondaire à une avance ou au contraire à un retard à l'accélération staturale pubertaire.

Ces deux situations posent la question de la pertinence d'examen complémentaires à la recherche d'une pathologie. La connaissance du niveau des tailles et des âges pubertaires dans la famille est une aide importante au diagnostic. Cependant, certains examens sont parfois nécessaires et nous y reviendrons.

Dans les petites tailles, l'évolution du poids et de l'indice de corpulence est à analyser parallèlement à l'évolution de la taille.

En effet, lorsqu'un ralentissement de la prise de poids précède le ralentissement de la croissance en taille, cela indique que le ralentissement statural est probablement secondaire à l'insuffisance de prise pondérale et oriente plutôt vers un problème nutritionnel. À l'inverse, lorsque le ralentissement statural s'accompagne d'une prise pondérale excessive, cela oriente vers une hypothyroïdie, un hypercorticisme ou une lésion intracrânienne de type craniopharyngiome. [4]

II.1.1 Principales causes de retard de croissance en fonction de l'âge

Nourrisson

- retard de croissance intra-utérin
- déficit calorique (malnutrition, maladie cœliaque)
- maladies métaboliques, insuffisance rénale
- hypothyroïdie
- déficit en hormone de croissance

Enfance

- petite taille constitutionnelle
- déficit calorique (nanisme psycho-social, maladie cœliaque)
- syndrome de Turner (fille)

- déficit en hormone de croissance
- hypothyroïdie
- maladies osseuses génétiques
- maladies chroniques, insuffisance rénale chronique
- syndrome de Cushing

Puberté

- retard constitutionnel de croissance et /ou de puberté
- syndrome de Turner (fille)
- anorexie mentale
- maladies chroniques
- déficit en hormone de croissance

II.2 Principales étiologies

II.2.1 Retard de croissance

La définition de la petite taille est statistique. Ainsi, une personne est dite “de petite taille” lorsque sa taille est inférieure ou égale au 3 percentile ou à $-2DS$ au-dessous de la taille moyenne pour un âge, un sexe et dans une population donnés. Le retard statural est dit « sévère » lorsque la taille est inférieure ou égale à $-3DS$. [5]

II.2.1.1 Retard de croissance intra-utérin

Les causes d’un retard de croissance intra-utérin sont multiples
En cas de RCIU, la croissance postnatale diffère d’un enfant à l’autre : à 2 ans environ, 10% des enfants ont une taille et un poids $< -2DS$; ils garderont ce retard à l’âge d’adulte.
Pour les enfants qui gardent une taille $< -3DS$ après l’âge de 3 ans, il existe une possibilité de traitement par GH, selon des critères précis. [2]

II.2.1.2 Petite taille constitutionnelle

Un retard de croissance constitutionnel est la situation la plus fréquente; c’est un diagnostic d’exclusion après avoir éliminé toute pathologie. Ce retard peut être familial.

- Fréquemment, un retard de maturation osseuse est constaté : un certain nombre de sujets termineront leur croissance avec niveau statural, exprimé en DS, supérieur au niveau parcouru au cours de leur enfance.
 - L’examen clinique et les examens complémentaires sont normaux.
 - Certains enfants associent une petite taille et un ralentissement de croissance :
 - dans cette situation, plus fréquente chez le garçon que chez la fille, le retard pubertaire est fréquent et majore le retard statural qui peut devenir très important et entraîner des difficultés psychologiques ;
 - chez les garçons, en cas de retard pubertaire important et de déficit statural majeurs entraînant une mauvaise tolérance psychologique, on peut proposer un traitement par testostérone (heptylate de

testostérone) à petites doses pour une courte période (environ 1 an), ce qui permet le développement pubertaire et une accélération de la vitesse de croissance. [2]

II.2.1.3 Retard de croissance lié à une pathologie non endocrinienne

II.2.1.3.1 Malnutrition

Toute insuffisance d'apport calorique et/ou protidique chronique entraîne un retard de croissance staturo-pondéral. [2]

II.2.1.3.2 Maladies chroniques

- Insuffisance rénale (IRC) : malgré un traitement optimisé et une diététique adaptée un certain nombre d'enfants ayant une IRC sévère constituent des retards de croissance qui se majorent souvent au cours de la dialyse.

- Cardiopathies sévères : les cardiopathies cyanogènes s'accompagnent de retard de croissance statural associé à un déficit pondéral souvent sévère. La correction chirurgicale de l'anomalie permet le rattrapage statural.

- Thalassémie majeure : la normalité de la croissance est liée à la rigueur de la correction de l'anémie et la qualité du traitement chélateur.

- Asthme : dans les formes sévères une corticothérapie orale fréquente peut entraîner des retards de croissance.

- Mucoviscidose : le retard de croissance est lié à l'insuffisance d'apport calorique et la gravité du problème pulmonaire (infections et hypoxie chronique).

- Maladies hépatiques : le retard de croissance est fréquemment retrouvé dans le syndrome d'Alagille, l'atrésie des voies biliaires et les obstructions de la veine porte avec hypertension portale. [2]

II.2.1.3.3 Anomalies chromosomiques

Dans le cas d'anomalies chromosomiques comme le syndrome de Turner le diagnostic doit être systématiquement évoqué chez une fille présentant un retard de croissance Le syndrome associe :

- Un déficit statural (taille moyenne adulte 142cm) corrélé à la taille parentale et qui se constitue progressivement. La croissance de ces enfants doit être reportée sur des courbes spécifiques ;

- Un syndrome poly-malformatif plus ou moins important (qui peut être totalement absent).

- Certaines anomalies sont fréquemment associées : cardiaques dans 15 à 20 % des cas (coarctation des l'aorte, sténose de l'aorte, HTA, sténose pulmonaire), rénales dans 40 à 50 % des cas (reines fer à cheval), sensorielles avec hypoacousie dans 5 à 10 % des cas.

- Le développement mental est normal.

- Un traitement par GH est proposé dans le syndrome de Turner avec un gain moyen de taille finale de 8 à 10 cm (usage hospitalier en suivant la règle des médicaments d'exception) en cas d'absence de puberté un traitement substitutif par estrogènes doit être proposé quand l'âge osseux est autour de 11 à 12 ans. [2]

II.2.1.4 Retard de croissance lié à une cause endocrinienne**II.2.1.4.1 Déficit de l'hormone de croissance**

Seules les formes sévères à début précoce présentent l'aspect physique caractéristique (visage arrondi, petit menton, ensellure nasale marquée, front haut et bombé, peau et cheveux fins, extrémités petites, voix aiguë, petite surcharge pondérale avec adiposité abdominale). [2]

II.2.1.4.2 Insuffisance thyroïdienne

L'hypothyroïdienne primitive peut ne se révéler que par un ralentissement de croissance isolé ou associé à des signes discrets d'insuffisance thyroïdienne. [2]

II.2.1.4.3 Hypercorticisme

Hypercorticisme est thérapeutique, le plus souvent, ou lié à une hypersécrétion de cortisol (rare). [2]

II.2.1.4.4 Le retard pubertaire

Le retard pubertaire se définit chez la fille par l'absence de développement mammaire après l'âge de 13 ans et chez le garçon par l'absence de l'augmentation testiculaire après l'âge de 14 ans. [2]

II.2.2 Croissance excessive et grande taille**II.2.2 .1 Grande taille constitutionnelle**

Elle est aussi appelée génétique, essentielle ou familiale. L'évolution de la croissance avec l'âge est habituellement la suivante : à la naissance, la taille est le plus souvent normale ; durant les 2-3 premières années de vie, la vitesse de croissance est supérieure à la norme pour l'âge, ce qui conduit à un niveau de taille égal ou supérieur à +2 DS à 3 ans. [2]

II.2.2 .2 Grande taille par pathologie endocrinienne

La grande taille s'accompagne le plus souvent d'une vitesse de croissance supérieure à la norme pour l'âge, d'une avance de l'âge osseux et d'anomalies à l'examen clinique. Le traitement spécifique de cette pathologie normalise la vitesse de croissance. [2]

II.2.2 .2.1 Hyperthyroïdie

L'accélération de la vitesse de croissance est due à l'augmentation de la sécrétion d'hormones thyroïdiennes. [2]

II.2.2 .2.2 Puberté précoce

La puberté précoce est définie par le développement des caractères sexuels avant l'âge de 8 ans chez la fille et de 9-10 ans chez le garçon. L'accélération de la vitesse de croissance est due à la sécrétion prématurée ou anormale d'œstrogènes ou d'androgènes. [2]

II.2.2.2.3 Hypersécrétion d'hormone de croissance

Elle est exceptionnelle chez l'enfant. Elle est due à un adénome de l'hypophyse. Le taux plasmatique de GH est augmenté. [2]

II.2.2.3 Grande taille par pathologie non endocrinienne

La grande taille fait partie d'un syndrome malformatif. Le syndrome de Klinefelter survient chez un nouveau-né garçon sur 1000. Il associe de manière constante un à trois chromosomes X supplémentaires et une insuffisance de la spermatogenèse. La taille finale est en moyenne 7 cm au-dessus de la taille cible.

Le syndrome de Sotos ou gigantisme cérébral associe de grandes mensurations à la naissance, une macrocraînie avec dysmorphie et un retard psychomoteur et une luxation du cristallin. Le syndrome de Wiedemann Beckwith comporte un hyperinsulinisme ; il se manifeste souvent par des hypoglycémies néonatales.

▪ La taille adulte

La taille adulte peut être prédite à partir de 7-8 ans à partir de la taille réelle de l'enfant et de son âge osseux. [2]

II.3 Les indications et les moyens thérapeutiques

Il semble que le niveau de taille adulte au-dessus duquel surviennent les difficultés psychologiques se situe autour de 180cm chez la fille et de 195cm chez le garçon. Les difficultés d'indications thérapeutiques viennent d'abord du fait que lorsqu'on fait une prédiction de taille adulte à l'âge de 11 ans, la marge d'erreur est de 5 cm. Or ceci représente la réduction moyenne de taille obtenue avec les stéroïdes sexuels.

Nous n'aborderons pas les réductions de taille par les moyens chirurgicaux car leur indication est actuellement exceptionnelle et leur efficacité non encore analysée. L'utilisation de stéroïdes sexuels vient de l'observation que dans les pubertés précoces, la sécrétion prématurée de stéroïdes sexuels accélère la maturation osseuse, ce qui induit une réduction de la durée de la croissance. Le traitement consiste soit à déclencher la puberté plus tôt, soit à accélérer la progression de la puberté et donc de la maturation osseuse.

Les produits utilisés sont les œstrogènes chez les filles et la testostérone chez le garçon. Les doses utilisées sont de niveau substitutif ou élevé. Du fait du risque non évalué de ces traitements dans le jeune âge, il nous semble que leur utilisation doit être réservée aux enfants qui ont une prédiction de taille finale très grande et mal supportée sur le plan psychologique. Leur prescription doit être limitée aux médecins habitués à le faire. [4]

Conclusion

La croissance reflète l'état de santé d'un enfant, s'il s'arrête de grandir il est suspect de maladie sévère. C'est pourquoi son évaluation est obligatoire durant toute la période de croissance tout en étant clairement enregistrée et faisant l'objet d'un contrôle à chaque visite.

Un problème de croissance peut être présent à la naissance ou acquis plus tard. De ce fait la croissance est surveillée pendant toute l'enfance jusqu'à l'adolescence afin de pallier si possible une insuffisance, mais surtout afin de dépister une maladie responsable de retard de croissance, qui pourrait être grave et dans certains cas curable.

La croissance statural étant le premier outil d'évaluation, tous patient pédiatrique doit avoir sa courbe de croissance tracé. Les mesures de taille ne doivent être notés que si la mesure est faite dans les règles de l'art, sous peine de points aberrants. La mesure notée restera et fera partie de courbes qui seront interprétées durant toute la période de croissance. D'où l'utilité d'un appareillage électronique permettant d'effectuer des mesures prises d'une manière précise avec un enregistrement automatique de celles-ci, à ces avantages s'ajoute le fait que la courbe de croissance est tracé machinalement et comparer systématiquement avec la courbes de référence.

CHAPITRE 2 : DESCRIPTION DES OUTILS DE TRAVAIL

Ce chapitre présente :

- L'étude théorique du circuit d'alimentation.
- Le principe de la jauge de contrainte
- Le principe de la télémétrie
- Le Fonctionnement d'une carte à microcontrôleur de type ARDUINO
- Affichage et liaison série

Introduction

Dans ce chapitre on présente l'étude théorique des différentes parties intervenantes dans notre système tel que l'alimentation régulé, le microcontrôleur ATmega328, l'afficheur LCD, ainsi que les techniques utilisées pour mesurer le poids en utilisant un capteur de jauge de contrainte et pour mesurer la taille en utilisant la télémétrie.

2.1 Alimentation

2.1.1 Présentation - définition

La grande majorité des équipements électroniques a besoin d'une source de courant continu qui peut être une pile ou une batterie, mais qui généralement est constituée d'un circuit transformant la tension alternatif du secteur (220V, 50Hz) en tension continu : l'alimentation stabilisée.

Le rôle d'une alimentation continue est de fournir les tensions et courants nécessaires au fonctionnement des circuits électroniques avec le minimum d'ondulation résiduelle et la meilleure régulation possible. Elles doivent, de plus, souvent limiter le courant fourni en cas de surcharge ainsi que la tension continue qu'elle délivre, ceci afin de protéger les composants fragiles.

Il existe des moyens divers pour produire une tension continue stable à partir d'une tension alternative ; deux méthodes seulement sont fréquemment employées :

- la stabilisation linéaire,
- la stabilisation par découpage.

Toutes deux ont leurs avantages et leurs inconvénients. L'alimentation à découpage s'utilise essentiellement dans le domaine des puissances de 100W et plus. Nous ne parlerons ici que de l'alimentation stabilisée linéaire devenue classique.

Les circuits électroniques courants ont généralement besoin d'une tension de +5V quand il s'agit de circuits logiques TTL; les transistors fonctionnent sous des tensions de 9,12 ou 24V. Quant aux amplificateurs opérationnels, ils nécessitent souvent une alimentation de +15 et -15V.

Une alimentation secteur est composée d'un transformateur, d'un redresseur, d'un filtre et d'une stabilisation/régulation selon les besoins (la figure 2.1) [7]

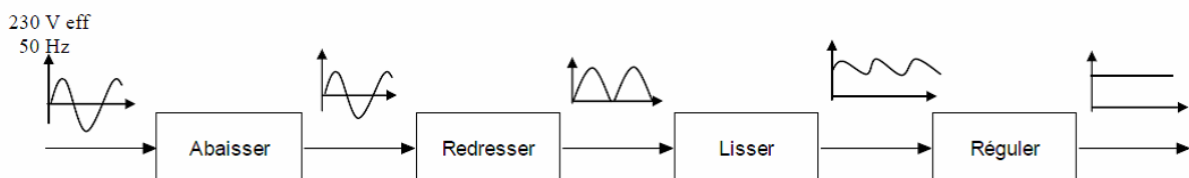


Figure 2.1: Schéma bloc des étages des alimentations

Bloc 1 : Abaissement de la tension (modification de l'amplitude du signal)

Bloc 2 : Redressement

Bloc 3 : Filtrage (ou lissage)

Bloc 4 : Stabilisation (ou régulation)

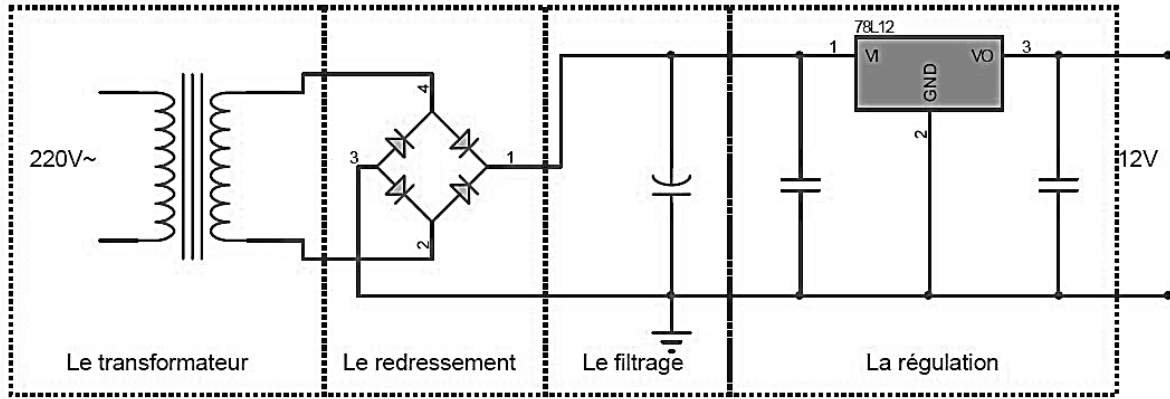


Figure 2.2 : circuit alimentation de base [8]

2.1.2 Analyse du circuit d'alimentation réalisé

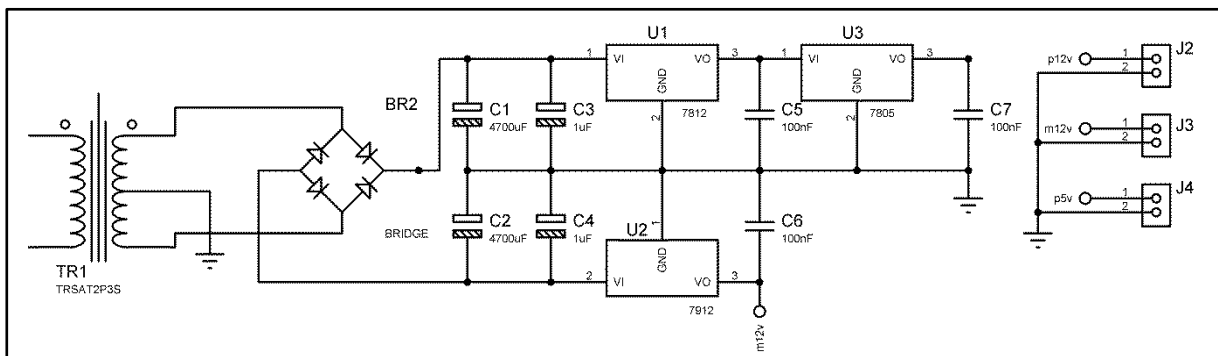


Figure 2.3 : circuit d'alimentation réalisé

Le transformateur sert à transformer la tension alternative du secteur en une tension alternative plus basse.

Si on analyse le fonctionnement de la redresseuse double alternance à transformateur à point milieu, on s'aperçoit que chaque secondaire débite du courant seulement pendant une alternance. L'autre alternance serait susceptible de fournir un courant négatif.

Une alimentation double symétrique, avec 4 diodes disposée en pont : deux diodes vont conduire les alternances positives des secondaires du transformateur, et les deux autres les alternances négatives. Le point milieu du transformateur sera le potentiel commun des deux alimentations.

Le condensateur de filtrage est monté en parallèle avec la sortie du pont de diodes ; Son rôle est de stocker de l'énergie tant que la tension de la source est supérieure à celle du condensateur puis de la restituer en essayant de maintenir la tension de la charge quand la tension de source est inférieure. [7]

Pour éliminer les ondulations de la tension fournie par un redressement double-alternance filtré et pour stabiliser la tension à une valeur donnée, on insère dans le circuit un circuit intégré régulateur.

7805 est un régulateur positif qui fournit 5V.

7812 est un régulateur positif qui fournit 12V.

7912 est un régulateur négatif qui fournit -12V.

Le condensateur à l'entrée du régulateur est nécessaire si le régulateur est placé à plus de 10 cm du condensateur de filtrage et le condensateur à la sortie du régulateur améliore son temps de réponse.

2.2 Technique du pesage

2.2.1 Définitions [9]

2.2.1.1 le pesage en tant que discipline, peut être défini comme la pratique et la connaissance de l'ensemble des techniques qui permettent de mesurer, imprimer et communiquer la valeur de la masse d'un objet ou d'un produit dans le cadre d'un usage particulier.

2.2.1.2 La masse est définie comme la quantité de matière de cet objet ou de ce produit.

La masse d'un corps est invariable quel que soit le lieu où elle se trouve.

Avec les progrès de la physique, cette notion de masse a remplacé l'ancienne notion de poids.

2.2.1.3 Le poids est la mesure de la force que la pesanteur exerce sur la masse d'un corps.

2.2.2 Classification des systèmes de pesée par la technologie utilisée [9]

2.2.2.1 Pesage mécanique

Depuis les années 2000, on peut dire que le pesage mécanique a pratiquement disparu. Il a été supplanté par le pesage dit "tout électronique"

La figure 2.4 représente une balance mécanique

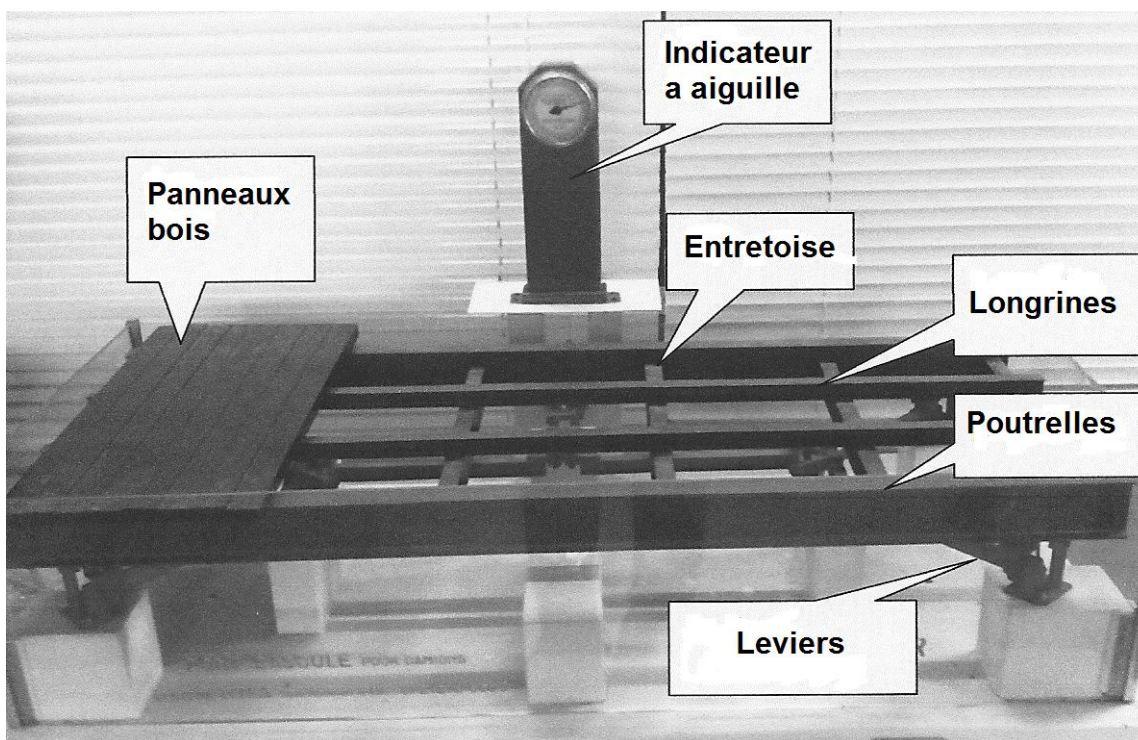


Figure 2.4 : Balance mécanique [9]

On peut voir la charpente constituée de 2 poutrelles avec des entretoises sur lesquelles reposent 2 longrines qui permettent de supporter les éléments du tablier réalisés avec des panneaux en bois. Le système de leviers permet de réduire la charge appliquée à chaque angle et de la transmettre à un indicateur à aiguille

2.2.2.2 Pesage « hybride ou mixte »

Le récepteur de charge repose sur une chaîne de leviers qui démultiplie la valeur de la charge appliquée à un capteur de faible portée. Le signal du capteur est traité par un indicateur électronique, la balance hybride représenté dans la figure 2.5.

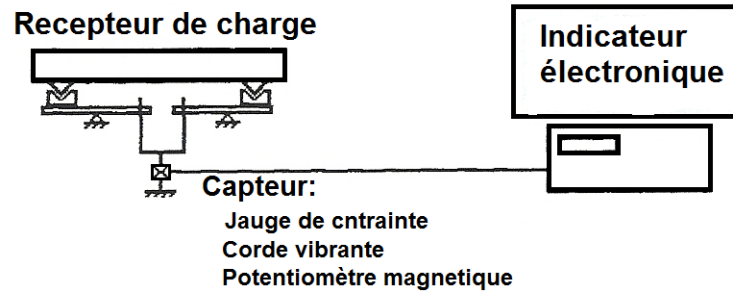


Figure 2.5 : Balance hybride [9]

Cette technologie était très répandue dans les années 80 car les capteurs de pesage à jauge de contrainte étaient assez chers et pas toujours très fiables.

2.2.2.3 Pesage dit « tout électronique » ou électronique

2.2.2.3.1 Instrument compact

Dans le cas de balance de faible portée, le plateau d'une dimension de 200x100 à 600x600 mm est directement fixé sur un capteur appelé « capteurs à appui central » l'électronique, l'affichage et le clavier de commande est intégrée dans le carter de la balance. Le principe de tel instrument est représenté dans la figure 2.6.

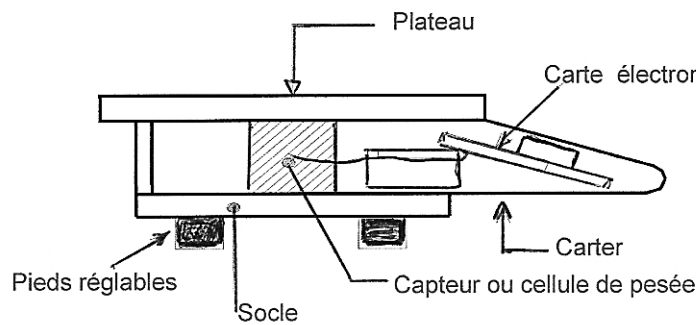


Figure 2.6 : Principe d'instrument compact [9]

2.2.2.3.2 Instrument modulaire

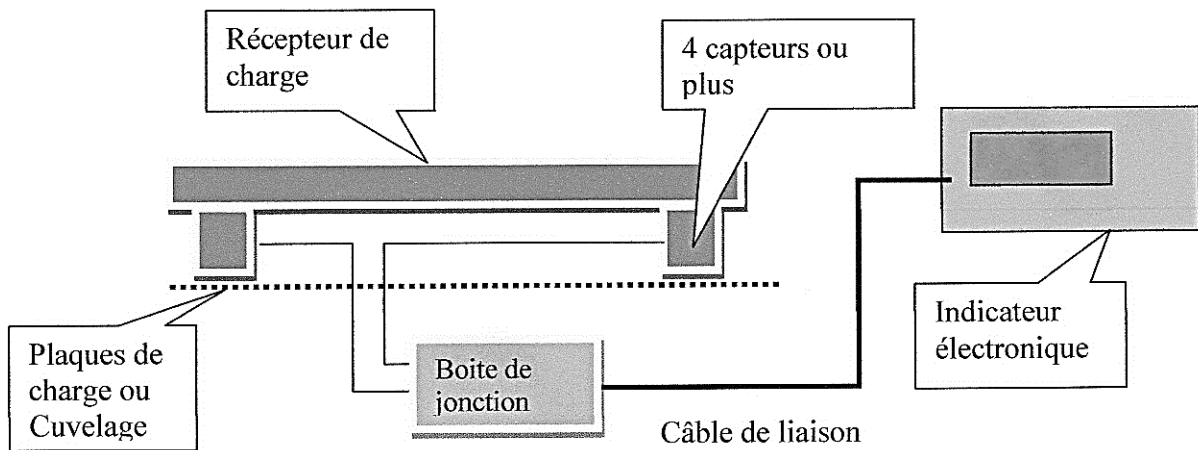


Figure 2.7 : Principe d'instrument modulaire [9]

Pour les balances de plus fortes portées le tablier repose sur 4 capteurs positionnés à chaque angle. Pour les ponts bascules le tablier peut reposer sur 6 ,8 ou 12 capteurs. Les câbles de chaque capteur sont raccordés dans un boîtier situé sous le tablier. Ce boîtier est raccordé par un câble de mesure jusqu'à l'indicateur électronique qui est dans un boîtier séparé. On choisira un boîtier adapté à l'environnement d'exploitation. Le câble de liaison peut aller de quelques mètres à quelques centaines de mètres. Le principe de tel instrument est représenté dans la figure 2.7.

2.2.3 Indicateur numériques de poids ou électronique de pesage [9]

Les indicateurs numériques de poids ou indicateurs électroniques de pesage sont des dispositifs conçus pour alimenter des **capteurs à jauges de contrainte** et conditionner leurs signaux pour **afficher, imprimer et transmettre** l'information « poids ».

Ils se présentent sous la forme de boîtiers métalliques ou plastiques comportant au minimum un affichage de poids d'où le nom « indicateur »

2.2.4 Capteurs de pesage à jauges de contrainte [9]

Les capteurs à jauges de contrainte, de par leurs performances, leurs faibles coûts et leurs facilités de mise en œuvre se sont imposés dans la technologie du pesage et ont pratiquement fait disparaître les instruments mécaniques.

2.2.4.1 Définitions [9]

2.2.4.1.1 Capteur : Dispositif assurant la conversion d'une grandeur physique en une autre grandeur physique. Dans le capteur de pesage : la grandeur physique « force » est traduite en une grandeur physique électrique " résistance "

2.2.4.1.2 Jauge de contrainte : est un capteur dont la résistance varie en fonction de sa déformation. Elle permet la mesure indirecte d'une force, d'une pression, d'un poids, etc., par déformation du corps d'épreuve sur lequel elle est solidaire.

2.2.4.2 Principe de pesage par jauge de contrainte [9]

La force qui représente le poids à mesurer ($f = m \times g$) est d'abord transformée en une déformation en utilisant les propriétés élastiques d'un matériau métallique. Puis la déformation est traduite en variation de résistance électrique par l'intermédiaire de jauges de "contrainte".

Le fonctionnement des capteurs à jauges de contrainte est fondé sur la variation de résistance électrique de la jauge, proportionnelle à sa déformation dL .

$dR = K dL$ c'est le coefficient ou facteur de jauge K qui traduit cette proportionnalité.

2.2.4.3 Constitution [10]

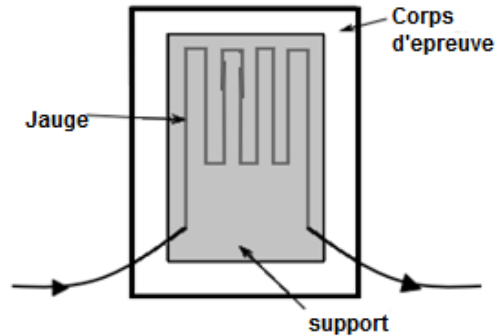


Figure 2.8 : jauge de contrainte [10]

2.2.4.3.1 La jauge : Circuit métallique peu épais (de l'ordre du μm), ayant une résistance électrique qui varie lorsqu'il subit une déformation. La jauge doit être apte à résister à haute température et à l'usure. La jauge de contrainte est fixée sur un support.

2.2.4.3.2 Le support : Il sert de lien entre le corps d'épreuve et la jauge. Il doit donc être souple et isolant. Ce support est en résine. La fabrication de la jauge et du support est identique à celle des circuits imprimés.

2.2.4.3.3 Le corps d'épreuve : c'est le corps qui subira la déformation. Il doit être souple et élastique. Le support est fixé dessus. Il faut éviter de sortir de sa gamme de déformation élastique pour éviter tout risque de déformation permanente.

2.2.4.4 Les différents types de capteurs de pesage [10]

Un capteur est donc constitué d'un barreau métallique sur lequel sont collées des jauges de contrainte. Ce barreau métallique est aussi appelé « corps d'épreuve » ou « éprouvette ».

Lorsque que le capteur ne comporte pas d'électronique intégrée on parle de **capteurs de pesage analogiques**.

Lorsque le capteur comporte une électronique intégrée on parle de **capteurs de pesage numériques**.

En fonction des applications on utilise des capteurs sollicités :

- en flexion (la figure 2.9)
- en compression
- en cisaillement
- en traction



Figure 2.9 : Corps d'épreuve d'un capteur de flexion

2.2.4.5 Montage et choix des jauges de contrainte [9]

En fonction du type de matériau du corps d'épreuve, le concepteur choisit les jauges de contrainte adaptées à son application parmi les différents modèles de jauge de contrainte proposée par les principaux fabricants de jauges qui sont : HBM et VISHAY

La jauge uniaxiale est utilisée dans les capteurs de flexion, la jauge biaxiale dans les capteurs de compression et la jauge biaxiale de cisaillement dans les capteurs de cisaillement. (figure 2.10)

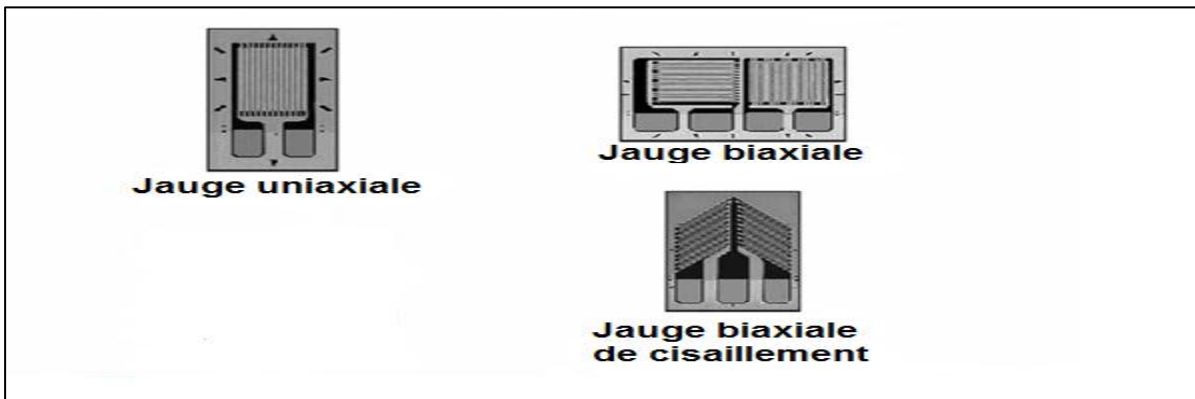


Figure 2.10 : Les différents modèles de jauge de contrainte [9]

Ces jauges représentées par les résistances appelées J1, J2, J3, J4 (généralement au nombre de 4) sont collées sur le corps d'épreuve puis câblées en pont de Wheatstone.

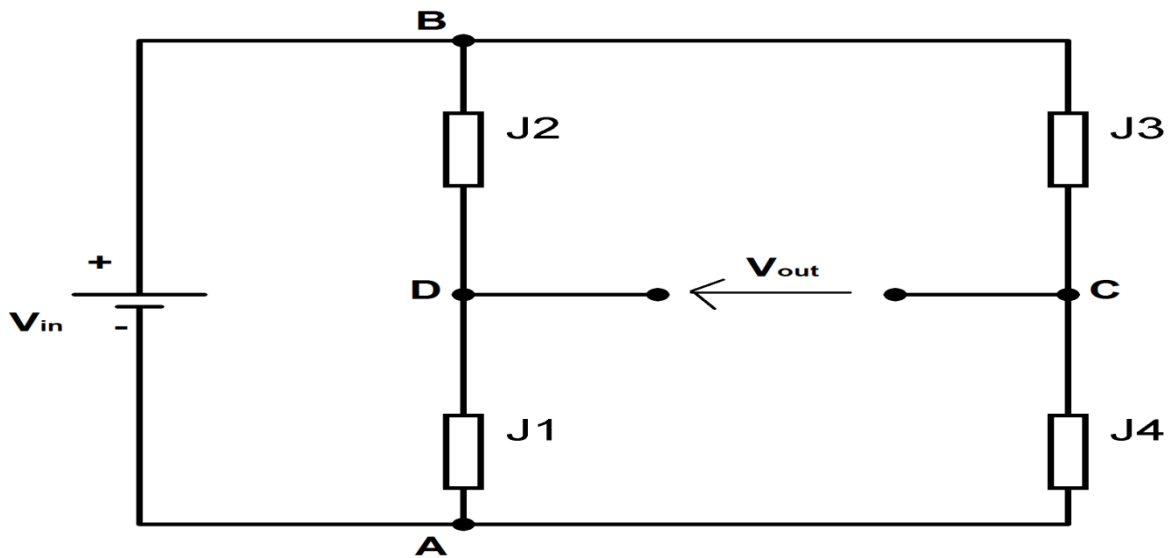


Figure 2.11 : Schéma électrique simplifié du capteur

2.2.4.6 Synoptique d'un capteur numérique [9]

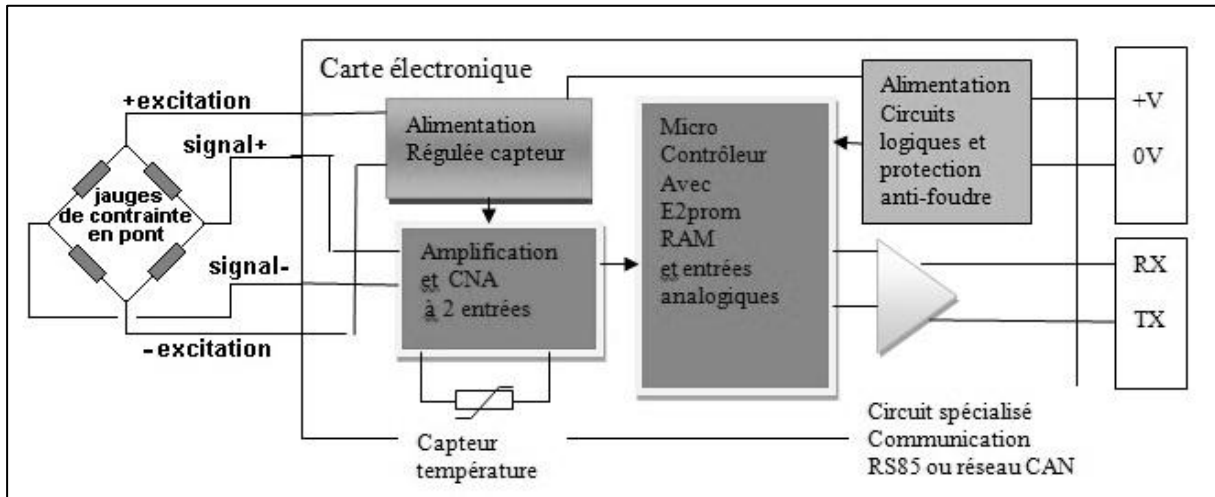


Figure 2.12 : Synoptique d'un capteur numérique [9]

Les jauges de contraintes sont collées sur le corps d'épreuve comme dans le cas d'un capteur analogique. Dans certains capteurs, la compensation des dérives est effectuée de façon traditionnelle.

L'alimentation du pont de Wheatstone est assurée par un régulateur de tension faible bruit qui délivre aussi la tension de référence du convertisseur analogique numérique. Celui-ci convertit le signal amplifié du pont de jauge ainsi que le signal amplifié du capteur de température.

Le capteur de température permet au microcontrôleur d'effectuer des corrections du signal issu du pont de Wheatstone en fonction de la température mesurée à proximité des jauges. Il est également possible par algorithme d'effectuer la linéarisation du capteur dans le cas de capteurs de compression

Le microcontrôleur assure la fonction d'acquisition et de traitements des données et de transmission de l'information « poids ». Il peut aussi surveiller les alimentations de la carte et l'état des résistances du pont de Wheatstone.

2.2.4.7 Conditionnement des jauges

Les jauges de contraintes étant des capteurs passifs, la mesure de leurs variations se fait à l'aide d'un montage conditionneur.

Le conditionneur le plus utilisé pour ce type de capteur est le pont de Wheatstone car il permet d'obtenir un signal facilement mesurable et caractérisant dR/R

2.2.4.7.1 Le pont de Wheatstone [10]

a) le montage quart de pont

Dans le montage en quart de pont, on ne dispose **que d'une jauge** ; trois résistances viennent en complément. (Figure 2.13)

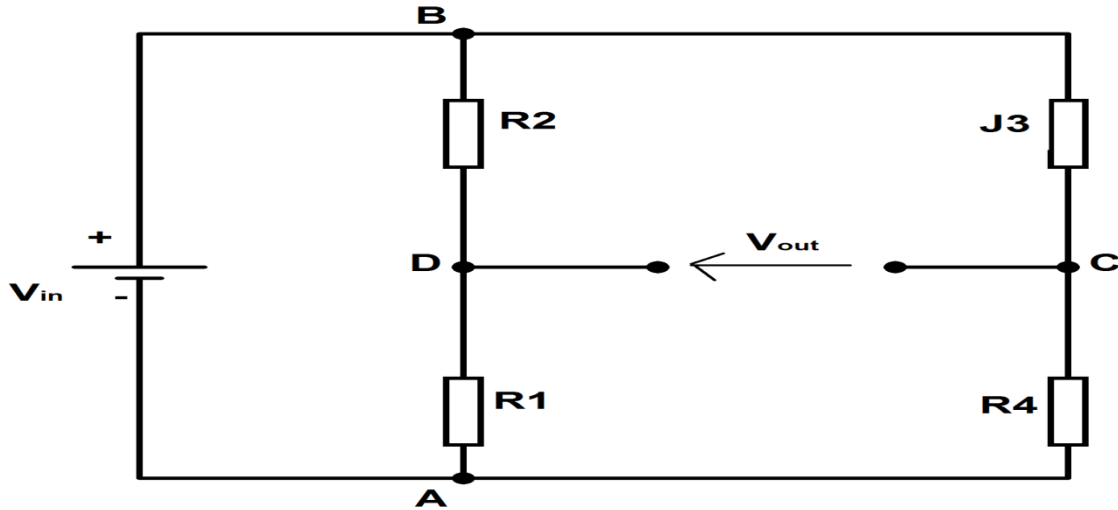


Figure 2.13 : le montage quart de pont [10]

Ce montage est le **plus simple et le moins cher**, mais présente de **nombreux inconvénients** : la jauge étant éloignée des autres résistances, il faut prendre en compte la résistance des fils de liaison. Celle-ci dépend de la température ambiante, d'où une mesure imprécise.

Le signal sortant de la jauge est détérioré à cause de la résistance des fils.

b) le montage demi pont

Pont de Wheatstone composé de **2 jauges** et 2 résistances. Il est plus sensible (2 fois plus) que le montage en quart de pont, par contre il est plus cher. (Figure 2.14)

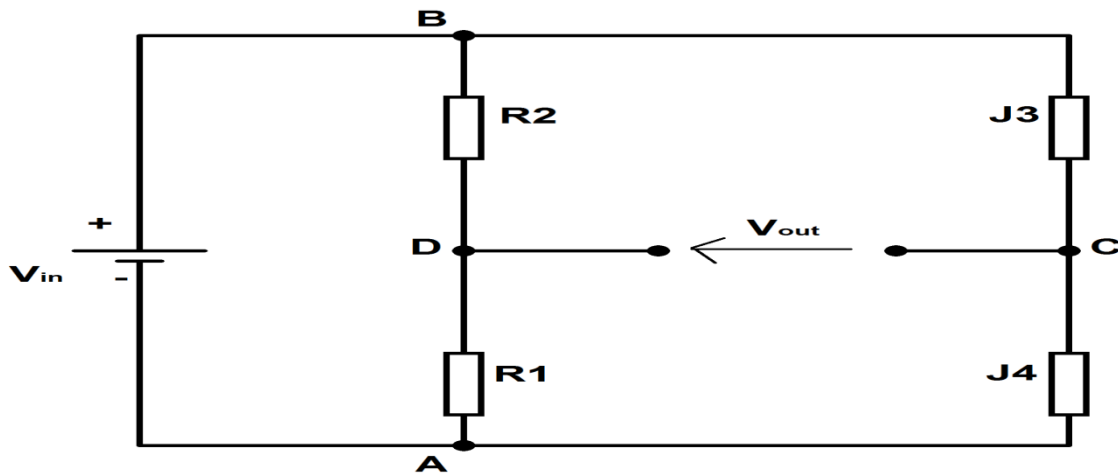


Figure 2.14 : Le montage demi-pont [10]

c) le pont complet

Le pont complet de Wheatstone est composé de **4 jauges** placées sur le corps d'épreuve. Il est plus précis que le montage en demi pont et encore plus que celui en quart de pont (4 fois plus sensible). Mais c'est le plus cher des 3 montages. (Figure 1.15)

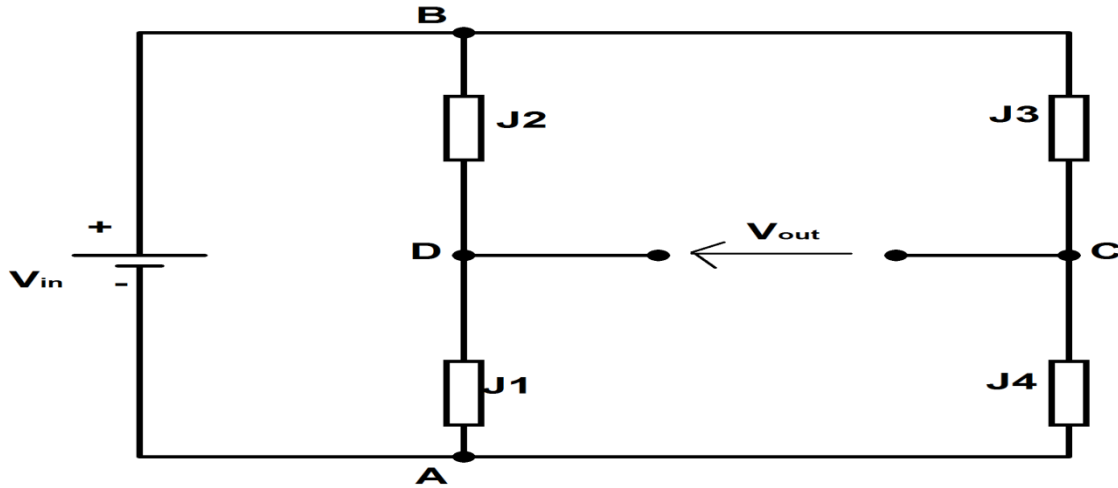


Figure 2.15 : le pont complet [10]

2.2.4.7.2 Le principe de fonctionnement du pont de Wheatstone :

Le pont de Wheatstone est constitué de quatre résistances disposées en quadrilatère. [11]. Le pont fonctionne selon le principe représenté dans la figure 2.16.

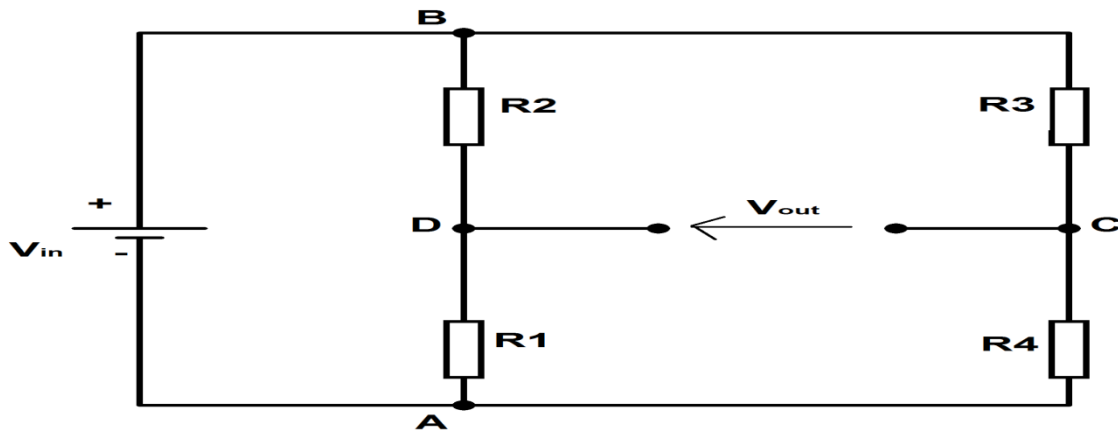


Figure 2.16 : Le principe de fonctionnement du pont de Wheatstone

Le pont est un moyen très précis de mesurer des résistances.

Ce qui caractérise le montage est le pont, entre les points C et D, contenant un ampèremètre qui détecte le courant lorsque A et B sont reliés à une source de tension ou de courant.

2.2.4.7.3 Equilibrage Du Pont

En appliquant le théorème de Millman en C et en D, on a :

$$V_C = \frac{\frac{V_A}{R_4} + \frac{V_B}{R_3}}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3}} = \frac{V_A R_3 V_B R_4}{R_3 R_4}$$

$$V_D = \frac{\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_B}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{V_A R_2 V_B R_1}{R_2 R_1}$$

$$V_{in} = V_B - V_A$$

$$V_{out} = V_D - V_C$$

$$V_{out} = V_{in} \frac{(R_3 R_4 - R_2 R_1)}{(R_2 + R_1)(R_3 + R_4)} \quad \text{Équation de base du pont}$$

Le pont est dit équilibré lorsque V_{out} est nulle quelle que soit l'entrée.

Cela se traduit donc par :

$$(R_3 R_4 - R_2 R_1) = 0$$

a. Pont simple (quart de pont)

$R_3 = R_4 = R_2 = R_1$ mais R_3 ou R_1 varie de $+dR$.

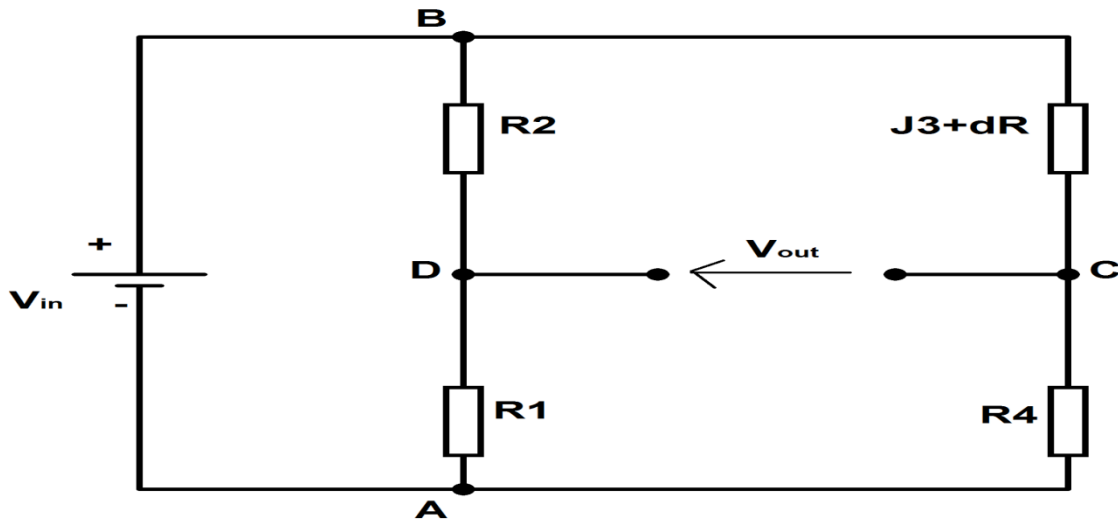


Figure 2.17 : principe de fonctionnement du pont simple

L'équation de base devient alors :

$$dV_{out} = \frac{V_{in}(4 dR R^3 - 0)}{(4 dR R^2)(4 dR R^2)} = \frac{V_{in}}{4} \frac{dR}{R}$$

Soit : $V_{out} = \frac{V_{in}}{4} \frac{dR}{R}$

b. Demi-pont :

Le pont est initialement équilibré mais J_3 varie de $+dR$ et J_4 de $-dR$.

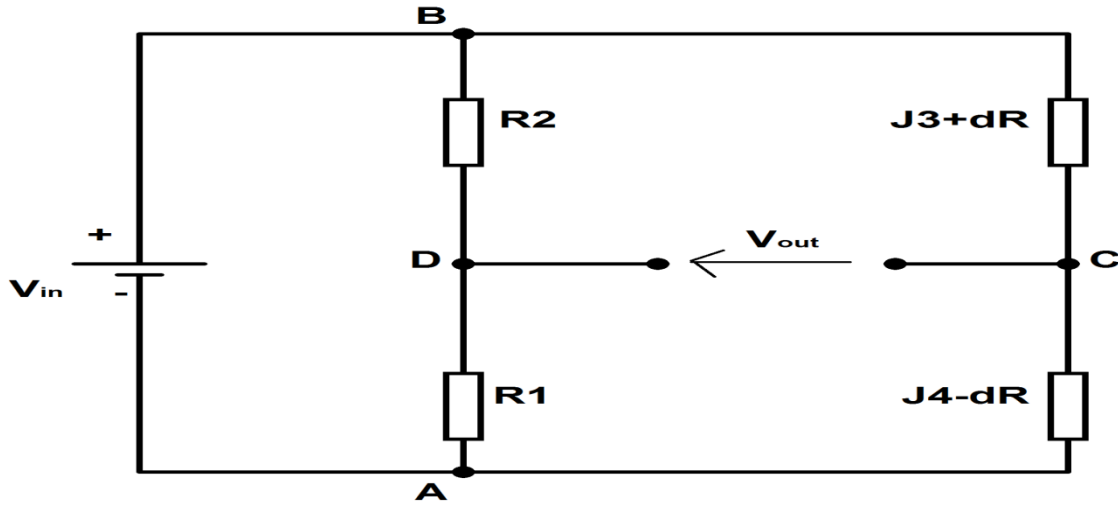


Figure 2.18 : principe de fonctionnement du demi-pont

$$dV_{out} = \frac{V_{in}(4 dR R^3 - (4 dR R^3))}{(4 dR R^2)(4 dR R^2)} = \frac{V_{in} dR}{2 R}$$

$$V_{out} = \frac{V_{in} dR}{2 R}$$

c. Pont complet :

Le pont est initialement équilibré mais J_1 et J_3 varie de $+dR$ et J_2 et J_4 de $-dR$.

Et $J_3 = J_4 = J = J_1 = R$

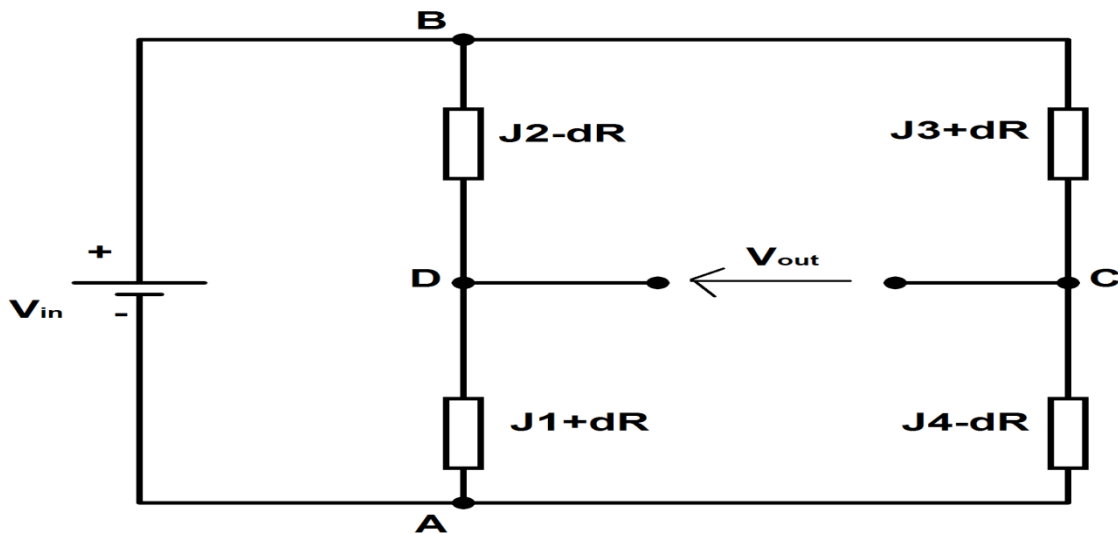


Figure 2.19 : principe de fonctionnement du pont complet

L'équation de base devient alors :

$$dV_{out} = \frac{V_{in}(2.4 dR R^3 - (2.4 dR R^3))}{(4 dR R^2)(4 dR R^2)} = V_{in} \frac{dR}{R}$$

$$\text{Soit : } V_{out} = V_{in} \frac{dR}{R}$$

La tension de mesure est dans ce cas une fonction rigoureusement linéaire des variations de résistance [12]

Le pont de Wheatstone réalise l'auto compensation des termes quadratique et par conséquent présente **une réponse parfaitement linéaire.** [12]

2.3 Technique de la télémétrie

2.3.1 Généralité

Dans la vie courante, et depuis l'invention du système métrique, on mesure les longueurs avec un double mètre, ou un double décimètre pour les petits objets, ou même un pied à coulisse pour les amateurs de mécanique,

Mais on en était toujours à faire coïncider des traits sur une règle graduée.

Dans l'industrie, ces méthodes n'ont plus cours : la mesure se fait par des procédés optiques, inductifs, capacitifs et autres, plus sûrs et plus précis. Avec les mesureurs à lecture digitale, ces méthodes sont maintenant à la portée de tous.

2.3.3 Le télémètre

C'est un instrument de mesure des distances par des procédés acoustiques, optiques ou électromagnétiques.

Pour les besoins de notre projet et pour mesurer la taille de l'enfant nous sommes intéressés au télémètre à ultrasons

2.3.4 Principe des ultrasons

Le son est une onde mécanique qui se propage sur un support matériel (ici l'air). Les ultrasons sont des ondes ayant une fréquence inaudible pour l'homme (supérieur à 20kHz). La vitesse de propagation des ondes dépend de leur milieu d'évolution (340m/s dans l'air, 1500m/s dans l'eau).

Lorsqu'une onde rencontre un obstacle, une partie de cette onde est réfléchi (elle rebondit sur cet obstacle) alors que l'autre partie est transmise (absorbée par l'obstacle). C'est cette onde réfléchi qui nous intéresse, on l'appelle également écho. [22]

2.3.5 Principe d'un télémètre à ultrason

Ce système se base sur le principe de réflexion des ondes sur un obstacle non absorbant : Toute surface " dure " comme le bois, le métal, un mur en béton ou en plâtre peut être considérée comme étant un obstacle non absorbant. Une surface plane non absorbante provoque la réflexion des ondes ultrasonores à la même vitesse, à condition que cette surface reste immobile. Lorsqu'une onde ultrasonore brève et orientée perpendiculairement à une surface non absorbante frappe cette dernière, elle est aussitôt renvoyée suivant la même direction vers l'émetteur mais affaiblie.

L'émetteur ultrason envoie pendant une durée très brève, des impulsions d'une durée déterminée, une onde sonore de fréquence 40 KHz : dès que cette onde rencontre un obstacle, elle est réfléchi puis perçue par le récepteur ultrason.

La distance entre l'émetteur et l'obstacle est d , le trajet parcouru par l'onde est de $2d$. De plus, on sait tous que le son se déplace dans l'air à une vitesse constante $V = 340 \text{ m/s}$, il suffit de mesurer le temps T écoulé entre l'émission et la réception pour obtenir la distance d de l'obstacle : $d = V * T / 2$ [14]

2.4 La carte microcontrôleur de type ARDUINO UNO

2.4.1 Introduction

Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Le microcontrôleur ATmega328 est un microcontrôleur 8bits de la famille AVR (figure 2.20)

L'intérêt principal des cartes ARDUINO est leur facilité de mise en œuvre. La société ARDUINO fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open-source qui permet la programmation du microcontrôleur directement en langage C. Le chargement du programme dans la mémoire du microcontrôleur se fait de façon très simple par port USB. En outre, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont également fournies pour l'exploitation d'entrées-sorties courantes : gestion des entrées-sorties TOR, gestion des convertisseurs ADC, génération de signaux PWM, exploitation des bus séries : SCI, SPI, I2C. [15]

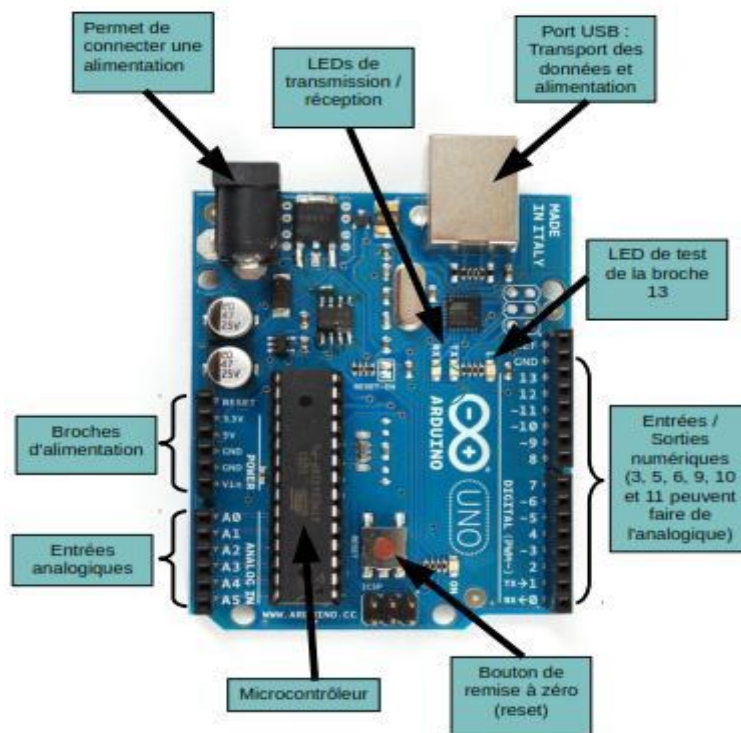


Figure2.20 : Schéma structurel de l'Arduino UNO

La figure 2.23 montre La correspondance entre les broches de l'Atmega328 et les broches de l'Arduino

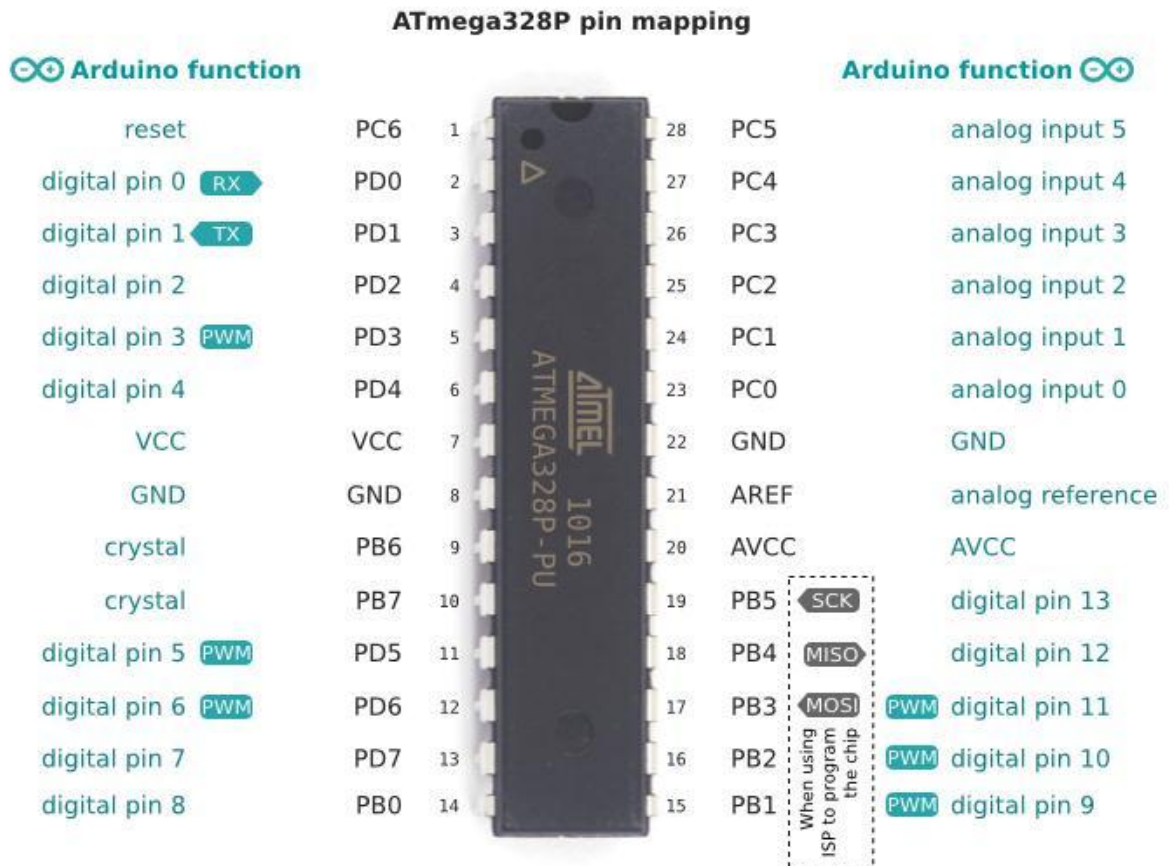


Figure 2.23 : La correspondance entre les broches de l'Atmega328 et les broches de l'Arduino [18]

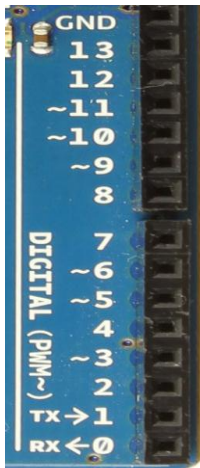
2.4.2 Les principales caractéristiques

- Tension d'alimentation interne = 5V
- Tension d'alimentation (recommandée) = 7 à 12V, limites = 6 à 20 V
- Entrées/sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM
- Entrées analogiques = 6
- Courant max par broches E/S = 40 mA
- Courant max sur sortie 3,3V = 50mA
- Mémoire Flash 32 Ko dont 0.5 Ko utilisée par le bootloader
- Mémoire SRAM 2 Ko
- Mémoire EEPROM 1 Ko
- Fréquence horloge = 16 MHz
- Entrées-Sorties Tout Ou Rien (TOR) = 3 ports Port B, Port C, Port D (soit 23 broches en tout I/O)
- Timers/Counters : Timer0 et Timer2 (comptage 8 bits), Timer1 (comptage 16bits)
- Chaque timer peut être utilisé pour générer deux signaux PWM.

- Convertisseur analogique numérique avec une résolution 10 bits (6 entrées multiplexées ADC0(PC0) à ADC5(PC5))
- Port série (USART) = émission/réception série via les broches TxD et RxD

La transmission série de type RS232 est une des transmissions dites asynchrones, car il n'y a pas de signal d'horloge dans le câble ; cela implique que l'émetteur et le récepteur soient configurés au même débit,

2.4.3 Les entrées/sorties numériques D0 à D13 [17]



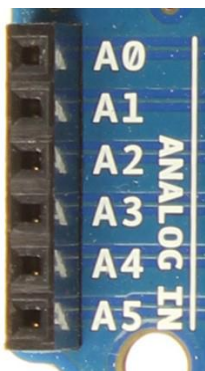
Chacun des connecteurs D0 à D13 peut être configuré par programmation en entrée ou sortie. Les signaux véhiculés par ces connecteurs sont des signaux logiques, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent prendre que deux états HAUT (5 Volts) ou BAS (0 Volt).

En pratique, les connecteurs D0 et D1 réservés pour la liaison série asynchrone (port COM virtuel via le câble USB) ne sont pas exploités pour d'autres utilisations. À noter que chacun des connecteurs ne peut fournir ou absorber un courant supérieur à 40mA environ (200 mA pour l'ensemble des connecteurs).

Certains connecteurs peuvent être spécialisés comme sorties PWM (repérées par un ~)

Les entrées numériques D0 à D7 sont reliées avec les entrées numériques du microcontrôleur PD0 à PD7 et les entrées numériques D8 à D13 sont reliées avec les entrées numériques du microcontrôleur PB0 à PB5 respectivement.

2.4.4 Les entrées analogiques A0 à A5 [17]



Par défaut et contrairement aux entrées/sorties numériques qui ne peuvent prendre que deux états HAUT et BAS, ces six entrées peuvent admettre toute tension analogique comprise entre 0 et 5 Volts.

Pour pouvoir être traitées par le microcontrôleur, ces entrées analogiques sont prises en charge par un CAN (Convertisseur Analogique Numérique ou ADC pour Analog Digital Converter) dont le rôle est de convertir une tension en une grandeur numérique binaire sur 10 bits.

Les entrées analogiques A0 à A5 sont reliées avec les entrées analogiques du microcontrôleur PC0 à PC5 respectivement.

2.4.5 Présentation de l'Espace de développement Intégré (EDI)

Le logiciel de développement (figure 2.24) pour la carte ARDUINO permet d'écrire un programme, de le transférer dans la mémoire du microcontrôleur (opération de téléversement) et de communiquer avec celle-ci via le port série virtuel (sous USB). Les instructions sont proches du langage C/C++.

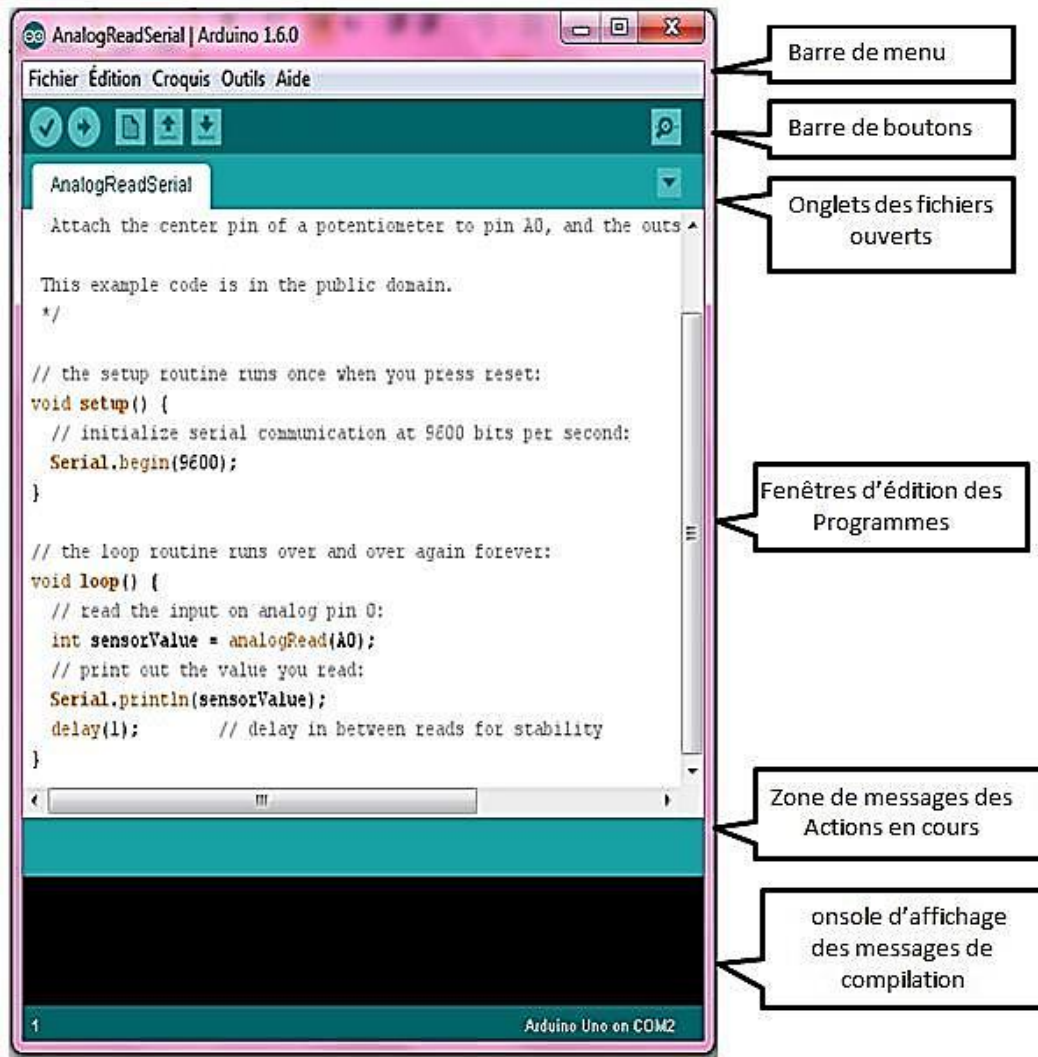


Figure 2.24 : Présentation du logiciel Arduino [19]

La figure 2.22 montre le Détail de la barre de boutons.

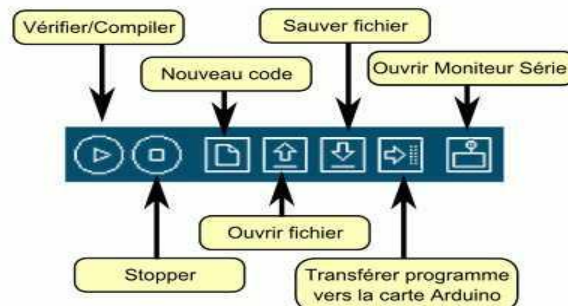


Figure 2.25 : Détail de la barre de boutons [19]

2.5 Afficheur LCD [20]

2.5.1 Définition

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité.

Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et diffèrent les uns des autres, non seulement par leurs dimensions, (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leur tension de service. Certains sont dotés d'un rétroéclairage de l'affichage. Cette fonction fait appel à des LED montées derrière l'écran du module, cependant, cet éclairage est gourmand en intensité (de 80 à 250 mA).

La figure 2.26 représente les deux faces antérieure et postérieure d'un LCD 20*4



Figure 2.26 : LCD 20*4 (A :face antérieure, B :face postérieure)

Ils sont très utilisés dans les montages à microcontrôleur, et permettent une grande convivialité. Ils peuvent aussi être utilisés lors de la phase de développement d'un programme, car on peut facilement y afficher les valeurs de différentes variables.

2.5.2 Principe des cristaux liquide

L'afficheur est constitué de deux lames de verre, distantes de 20 μm environ, sur lesquelles sont dessinées les mantisses formant les caractères. L'espace entre elles est rempli de cristal liquide normalement réfléchissant (pour les modèles réfléchitifs). L'application entre les deux faces d'une tension alternative basse fréquence de quelques volts (3 à 5 V) le rend absorbant. Les caractères apparaissent sombres sur fond clair. N'émettant pas de lumière, un afficheur à cristaux liquides réfléchitif ne peut être utilisé qu'avec un bon éclairage ambiant. Sa lisibilité augmente avec l'éclairage. Les modèles transmissifs fonctionnent différemment: normalement opaque au repos, le cristal liquide devient transparent lorsqu'il est excité; pour rendre un tel afficheur lisible, il est nécessaire de l'éclairer par l'arrière, comme c'est le cas pour les modèles rétroéclairés.

2.5.3 Brochage

Un circuit intégré spécialisé est chargé de la gestion du module. Il remplit une double fonction d'une part il commande l'affichage et de l'autre se charge de la communication avec l'extérieur. Le brochage de l'afficheur LCD 20*4 est montré dans le tableau 2.1

Broche	Nom	Niveau	Fonction
1	Vss	-	Masse
2	Vdd	-	Alimentation positive +5V
3	Vo	0-5V	Cette tension permet, en la faisant varier entre 0 et +5V, le réglage du contraste de l'afficheur.
4	RS	TTL	Sélection du registre (Register Select) Grâce à cette broche, l'afficheur est capable de faire la différence entre une commande et une donnée. Un niveau bas indique une commande et un niveau haut indique une donnée.
5	R/W	TTL	Lecture ou écriture (Read/Write) L :Écriture H : Lecture
6	E	TTL	Entrée de validation (Enable) active sur front descendant. Le niveau haut doit être maintenue pendant au moins 450 ns à l'état haut.
7	D0	TTL	Bus de données bidirectionnel 3 états (haute impédance lorsque E=0)
8	D1	TTL	
9	D2	TTL	
10	D3	TTL	
11	D4	TTL	
12	D5	TTL	
13	D6	TTL	
14	D7	TTL	
15	A	-	Anode rétroéclairage (+5V)
16	K	-	Cathode rétroéclairage (masse)

Tableau 2.1 : brochage de l'afficheur LCD 20*4

Les broches 15 et 16 ne sont présentes que sur les afficheurs LCD avec rétroéclairage.

Les connexions à réaliser sont simples puisque l'afficheur LCD dispose de peu de broches. Il faut évidemment, l'alimenter, le connecter à un bus de donnée (4 ou 8 bits), et connecter les broches **E**, **R/W** et **RS**.

2.5.4 La mémoire

L'afficheur possède deux types de mémoire, la DD RAM et la CG RAM. La DD RAM est la mémoire d'affichage et la CG RAM est la mémoire du générateur de caractères.

2.5.5 Commande d'un afficheur LCD

Deux modes de fonctionnement de l'afficheur sont disponibles, le mode 4 bits et le mode 8 bits, modes que l'on choisira à l'initialisation de l'afficheur.

2.5.4.1 Mode 8 bits

Dans ce mode 8 bits, les données sont envoyées à l'afficheur sur les broches **D0** à **D7**. On place la ligne **RS** à 0 ou à 1 selon que l'on désire transmettre une commande ou une donnée. Il faut aussi placer la ligne **R/W** à 0 pour indiquer à l'afficheur que l'on désire effectuer une écriture. Il reste à envoyer une impulsion d'au moins 450 ns sur l'entrée **E**, pour indiquer que des données valides sont présentes sur les broches **D0** à **D7**. L'afficheur lira la donnée sur le front descendant de cette entrée.

Si on désire au contraire effectuer une lecture, la procédure est identique, mais on place cette fois la ligne **R/W** à 1 pour demander une lecture. Les données seront valides sur les lignes **D0** à **D7** lors de l'état haut de la ligne **E**.

2.5.4.2 Mode 4 bits

Il peut, dans certains cas, être nécessaire de diminuer le nombre de fils utilisés pour commander l'afficheur, comme, par exemple lorsqu'on dispose de très peu de broches d'entrées sorties disponibles sur un microcontrôleur. Dans ce cas, on peut utiliser le mode quatre bits de l'afficheur LCD. Dans ce mode, seuls les 4 bits de poids fort (**D4** à **D7**) de l'afficheur sont utilisées pour transmettre les données et les lire. Les 4 bits de poids faible (**D0** à **D3**) sont alors connectés à la masse. On a donc besoin, hors alimentation de sept fils pour commander l'afficheur. Les données sont alors écrites ou lues en envoyant séquentiellement les quatre bits de poids fort suivi des quatre bits de poids faible. Une impulsion positive d'au moins 450 ns doit être envoyée sur la ligne **E** pour valider chaque demi-octet ou nibble.

Dans les deux modes, on peut, après chaque action sur l'afficheur, vérifier que celui-ci est en mesure de traiter l'information suivante. Pour cela, il faut demander une lecture en mode commande, et tester le flag Busy **BF**. Lorsque **BF=0**, l'afficheur est prêt à recevoir une nouvelle commande ou donnée.

Il se peut qu'on dispose encore de moins de broches disponibles dans l'application envisagée. Dans ce cas, on peut alors relier la ligne **R/W** à la masse de façon à forcer l'afficheur en écriture. On a alors besoin, hors alimentation de seulement six fils en mode 4 bits, et dix fils en mode 8 bits, pour commander l'afficheur, mais on ne peut alors plus relire l'afficheur. Ceci n'est pas gênant dans la mesure où on sait ce qu'on a écrit sur l'afficheur, mais on ne peut alors plus relire le flag Busy. Il faut alors utiliser des temporisations après chaque écriture sur l'afficheur. On perd alors un peu en temps d'affichage, mais on gagne une broche d'entrée sortie.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mettre en lumière les principes physiques et électroniques qui régissent le fonctionnement d'une balance électronique à base d'une jauge de contrainte, et nous a permis aussi de comprendre le principe de la télémétrie en terme générale et la télémétrie ultrasonique en particulier .

Il est alors indispensable d'acquérir les données obtenues (poids et taille) sur un Arduino UNO et les afficher sur un afficheur LCD puis faire la projection sur les courbes de référence plotée par Matlab, les détails seront donnés dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 3 : REALISATION PRATIQUE ET INTERPRETATION

Ce chapitre présente :

- Une étude pratique du système réalisé.

Introduction

Ce mémoire a pour thème " système de mesure pédiatrique ". Le concept réalisé dans ce projet va cibler les principales grandeurs mesurées en examen de routine pédiatrique, à savoir la taille et le poids.

La conception de ce système va se diviser, comme le représente la figure 3.1, en quatre parties: La 1ère concerne l'amélioration de la mesure de la taille en pédiatrie et ce à travers le capteur à ultrason 'HC-SR04'

La 2ème sera destinée à la mesure du poids par l'utilisation d'une jauge de contrainte

La 3ème correspondra à la communication avec le microcontrôleur ATmega328 qui est intégré dans l'ARDUINO 'UNO' qui représente le cerveau du système elle sera relié aux deux modules de mesures ainsi que d'une liaison série RS232 pour communiquer avec l'ordinateur du pédiatre.

La 4ème concerne l'affichage sur un afficheur LCD

Afin de mettre en évidence l'objectif et le fonctionnement de ce système nous allons prendre l'exemple d'un patient X. Lors de sa visite chez le pédiatre l'infirmière va prendre ces mensurations. Pour ce fait l'enfant X est mis en position debout bien droit sur un pèse personne et adossé contre un axe vertical (voir figure 3.2). Une fois le malade X bien positionné, il suffira à l'infirmière d'appuyer sur le bouton "Mesure" pour effectuer la mesure qui sera affiché sur l'afficheur LCD

Pour avoir un résultat plus fiable, il conviendrait que l'infirmière répète l'opération si nécessaire (mauvais positionnement ou enfant turbulent). Et pour la transmission des résultats vers l'ordinateur, il doit appuyer sur le bouton ACQ situé dans l'interface graphique réalisé sous Matlab.

Le pédiatre peut consulter directement la mesure actuelle sur un écran d'ordinateur et ceux sous forme d'une projection des mesures sur les courbes de références.

Cet instrument a pour principal objectif d'automatiser et d'archiver la mesure dans un service de pédiatrie et faciliter l'évaluation de la croissance de l'enfant en comparaison avec les courbes de croissance de référence.

3.1 Schéma bloc du système

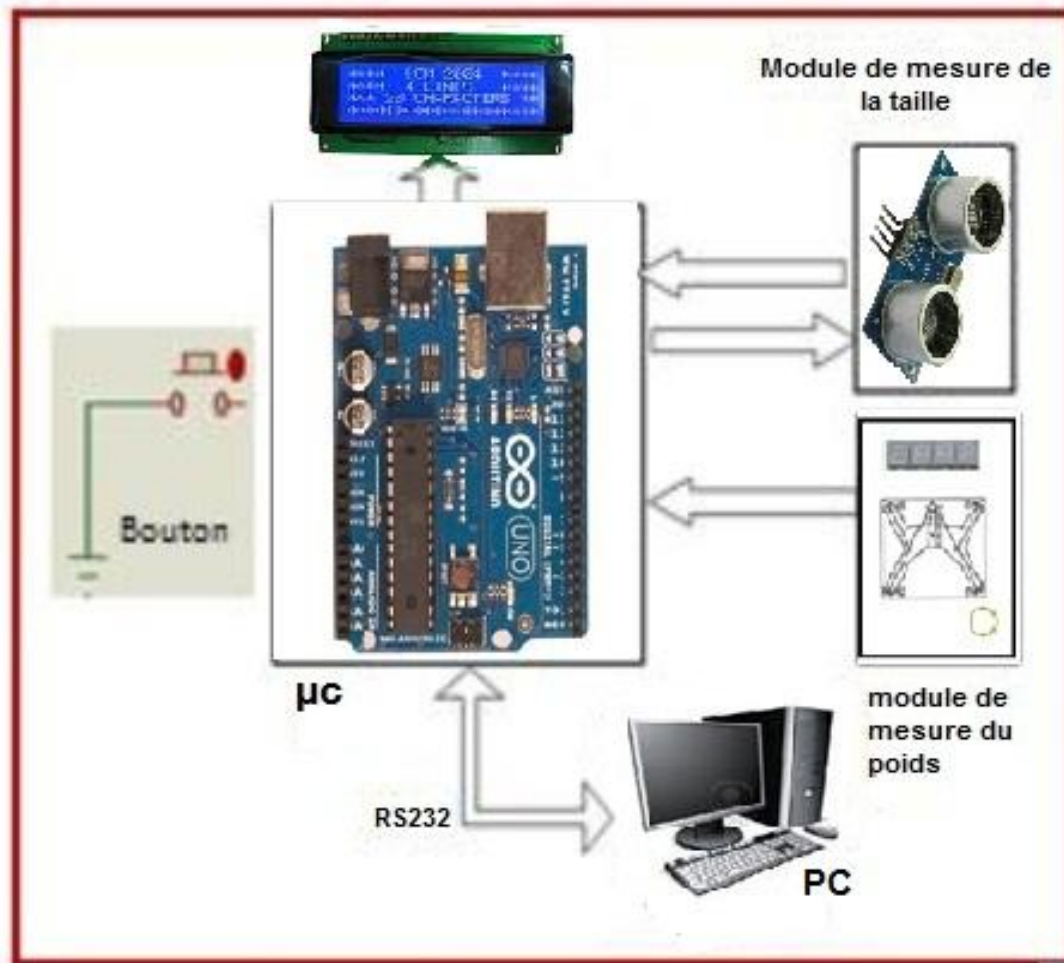


Figure 3.1 : structure interne du système

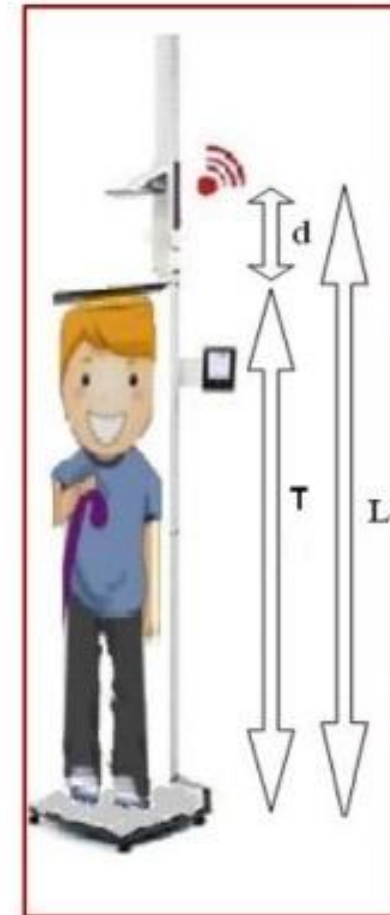


Figure 3.2 : structure externe du système

3.2 Bouton de mesure

On effectue la mesure en appuyant sur le bouton "Mesure". Sa connexion avec le microcontrôleur est représentée dans la figure 3.3.

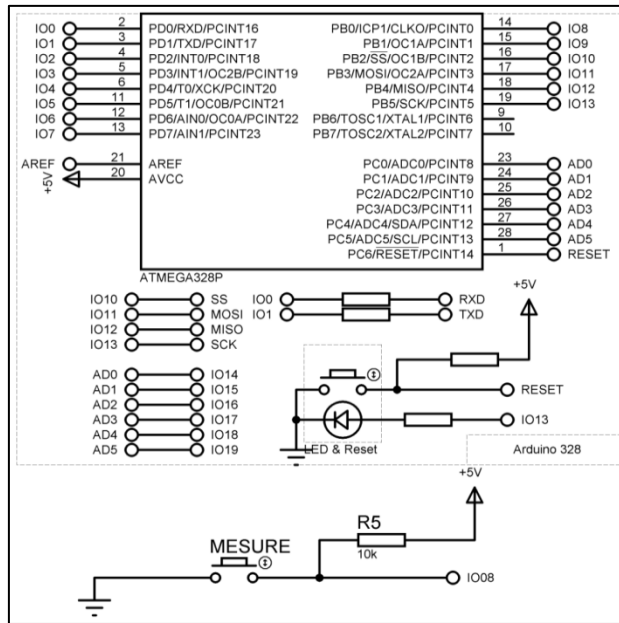


Figure 3.3 : la liaison entre le microcontrôleur et le bouton de mesure

3.3 Mesure de la taille

3.3.1 Présentation du capteur ultrason HC-SR04



Figure 3.4 Capteur ultrason HC-SR04 [20]

Le capteur HC-SR04 est un capteur qui utilise les ultrasons pour détecter les obstacles. Il est relativement compact. Il permet de détecter les obstacles de 2 cm à 4 m. Il est très simple d'utilisation : il est alimenté en 5 V et possède une entrée Trig et une sortie Echo.

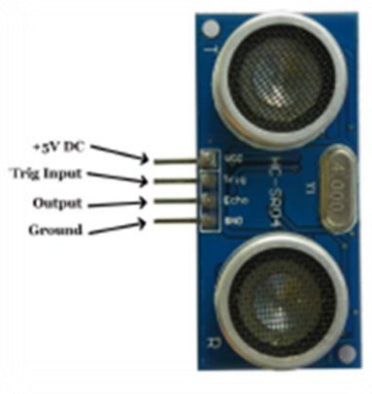


Figure 3.5 : brochage de capteur ultrasonique HC-SR04 [21]

Le capteur HC-SR04 est composé d'un émetteur et d'un récepteur ultrasonore et dispose de 4 broches: Vcc (+ 5V), Trig, Echo et GND. En mesurant le temps qui s'écoule entre l'émission et la réception d'une onde ultrasonore et connaissant la vitesse de propagation de l'onde dans l'air, on peut en déduire la distance de l'obstacle.

3.3.2 Fonctionnement du capteur

Le HC-SR04 a besoin de recevoir une impulsion de 10 µs sur l'entrée Trig pour commencer la mesure. Il génère alors 8 impulsions ultrason à 40 KHz et attend l'écho. Le HC-SR04 renvoi sur la sortie Echo un signal à l'état haut dont la durée est proportionnelle à la distance le séparant de l'obstacle. Si rien n'est détecté, le HC- SR04 renvoi un signal d'une durée de 36 ms.

On attend au moins 10 millisecondes entre deux mesures successives afin d'éviter les interférences.

Voici les chronogrammes fournis dans le datasheet du composant :

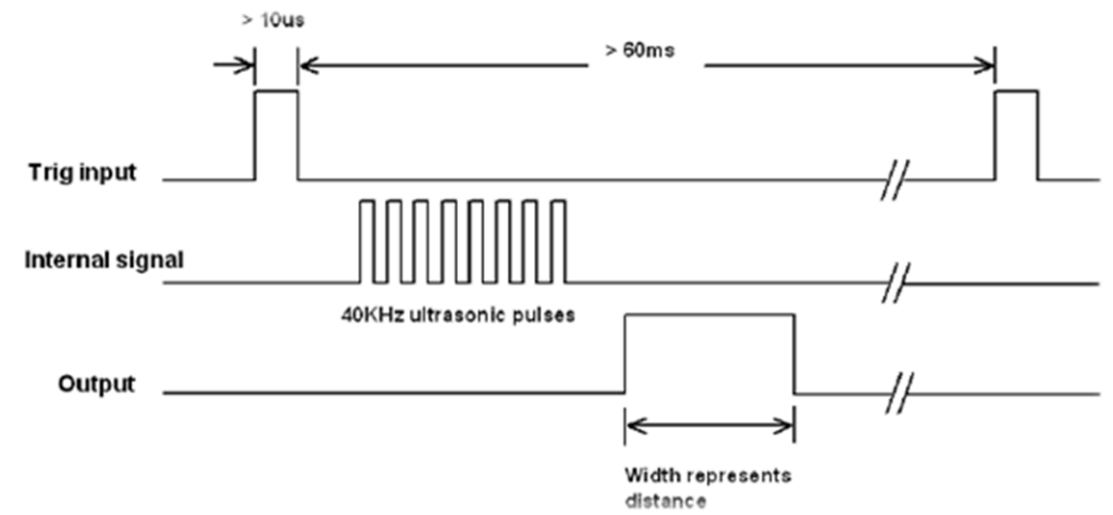


Figure 3.6 Chronogramme [21]

Pour connaître la distance, il suffit de mesurer la largeur du signal retourné par le HC-SR04 en µs et de la diviser par 58 pour avoir une distance en cm (ou 148 pour l'avoir en inch).

Démonstration :

La distance entre l'émetteur et l'obstacle est **d**, le trajet parcouru par l'onde est de **2d**. De plus, on sait tous que le son se déplace dans l'air à une vitesse constante **V = 340 m/s**, il suffit de mesurer le temps **t** écoulé entre l'émission et la réception pour obtenir la distance **d** de l'obstacle :

$$d = V * t / 2$$

$$d = 340 * t / 2$$

$$d \text{ (cm)} = 17000 * t$$

$$d \text{ (cm)} = 17000 * t \text{ (}\mu\text{s)} * 10^{-6}$$

$$d \text{ (cm)} = 17 * t \text{ (}\mu\text{s)} * 10^{-3}$$

$$d \text{ (cm)} = t \text{ (}\mu\text{s)} / (1000/17)$$

Alors la distance (en cm) = (durée de l'impulsion (en µs) / 58

On place le capteur HCSR04 à une distance de $L = 2\text{m}$ du sol, donc pour mesurer la taille T , il suffit de mesurer la différence entre la distance l et la distance mesurée d .

$$T \text{ (cm)} = 200 - d$$

Le câblage du module avec la carte microcontrôleur est le suivant :

- Broche 7 de la carte Arduino vers Trig.
- Broche 6 de la carte Arduino vers Echo. (figure 3.7)

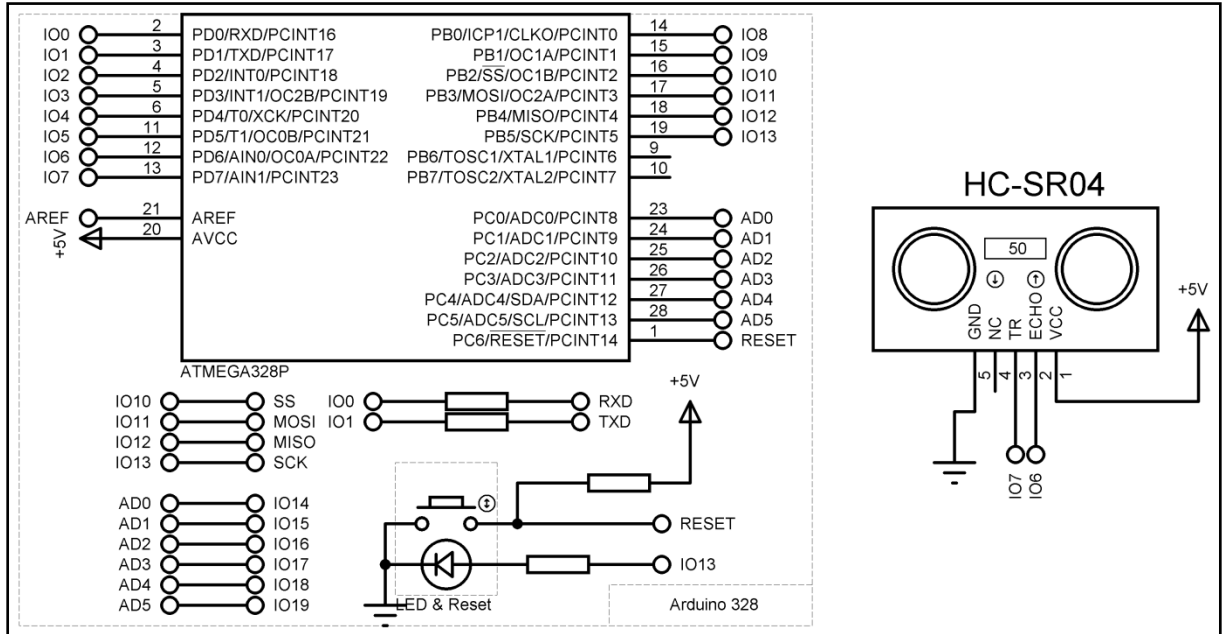


Figure 3.7 : câblage du module HCSR04 avec la carte microcontrôleur

3.4 Mesure du poids

3.4.1 Jauge de contrainte

Le corps d'épreuve de forme parallélépipédique en acier ou en aluminium se déforme suivant le parallélogramme A, B, C, D (Figure 3.8).

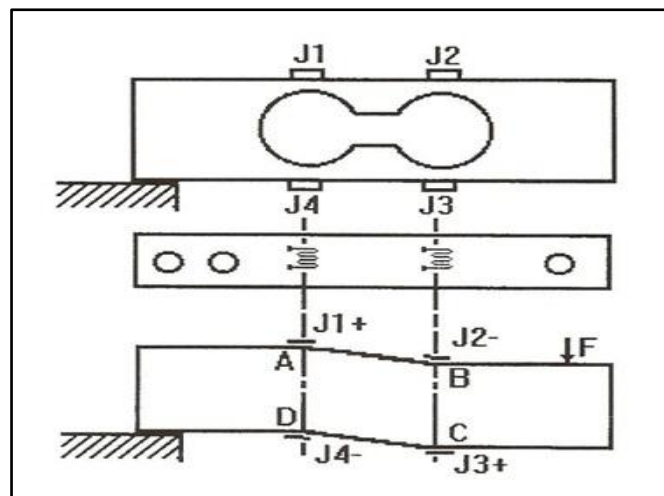


Figure 3.8 La déformation de corps d'épreuve [9]

Les 4 jauges de contrainte J1, J2, J3, J4 ont la même résistance R et sont câblées en pont de Wheatstone.

Lorsque le capteur n'est pas chargé, le pont de Wheatstone est équilibré.

On a : $J1 \times J3 = J2 \times J4$.

Lorsque le capteur est chargé, il apparaît une tension de déséquilibre due aux variations de résistance, dans l'équation du pont de Wheatstone, on obtient :

- J1 et J3 sont étirées, leur résistance augmente de $+dR$
- J2 et J4 sont comprimées, leur résistance diminue de $-dR$

Le fil d'excitation (+) est rouge, Le fil d'excitation (-) est noir, le fil de sortie(+) est vert et le fil de sortie(-) est blanc.

La valeur standard de la résistance des jauges de contraintes sont de l'ordre de 350 ohms.

Nous avons choisi une jauge de contrainte dont les limites des variations peuvent mesurer un poids de 150Kg car notre objectif c'est le pesage des enfants qui ont un poids maximal inférieur à 150kg.

3.4.2 Amplification

La sortie des jauges de contrainte est relativement petite. En pratique, la sortie de la plupart des ponts de jauge de contrainte et des transducteurs basés sur les déformations est inférieure à 1.3mV/V, soit 1.3 millivolts en sortie pour chaque volt de la tension d'excitation. Avec une excitation de 12 V, le signal de sortie a 15.6 mV. Par conséquent, les conditionneurs de signaux de jauge de contrainte comportent généralement des amplificateurs qui augmentent le niveau du signal pour augmenter la résolution de la mesure.

La figure 3.9 représente le circuit d'amplification de la tension issue de la jauge de contrainte

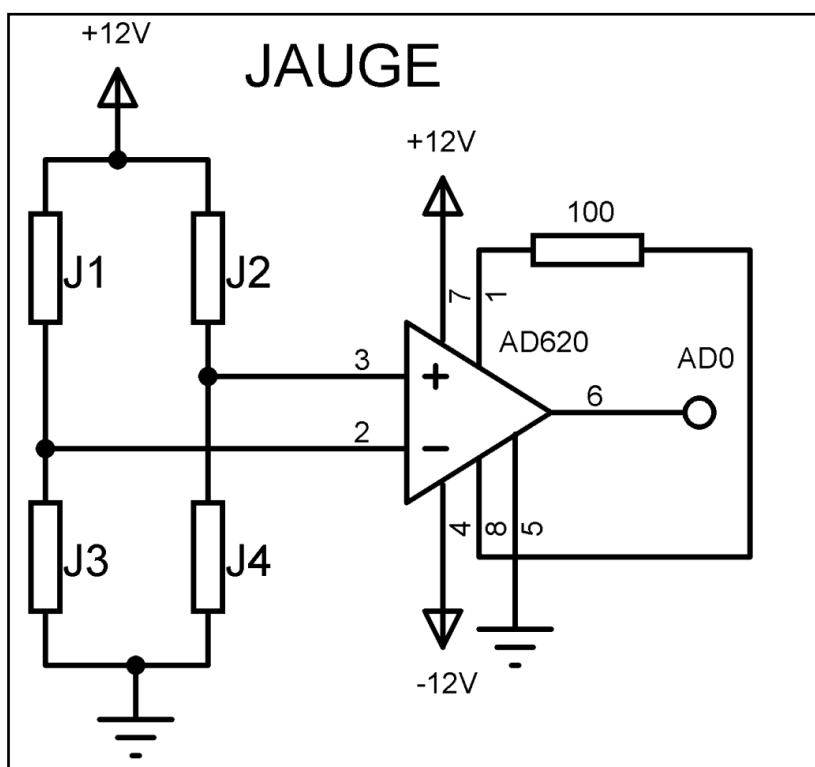


Figure 3.9 circuit d'amplification

$$V_D - V_C = V_{in} \frac{dR}{R} \quad \text{et} \quad V_{in} = V_B - V_A$$

$$\text{On a } V_{IN}^+ = V_D \quad V_{IN}^- = V_C$$

$$\text{Donc } V_{out} = G \cdot V_{in} \frac{dR}{R}$$

On alimente le capteur jauge de contrainte par +12V et l'AD620 par +12Vet-12V

3.4.3 Le convertisseur analogique numérique

Le rôle principal du CAN est la digitalisation. C'est un CAN à approximations successives qui permet de traduire la donnée analogique. A savoir l'amplitude correspondant à la tension, en donnée numérique codée sur 10 bits. Le signal numérique peut prendre 1024 valeurs possibles. Pour pouvoir convertir une grandeur, nous devons connaître la valeur minimale qu'elle peut prendre, ainsi que sa valeur maximale.

Le convertisseur a deux tensions de références Vref- et Vref+. Dans notre cas nous avons pris Vref-=GND et Vref+ est fixée a une valeur légèrement supérieur à la plus grande valeur de mesure. La valeur minimale correspond à Vref- et la valeur maximale correspond à Vref+

Conversion

Nous avons une valeur entre 0 et 1023. Cette valeur est l'image de la tension mesurée, elle-même comprise entre Vref- et Vref+.

La valeur maximale Vref+ représente la valeur du poids maximale : 150Kg dans notre cas

Exemple : Si la mesure nous retourne une valeur de 458 avec Vref+=5V par exemple

Avec un produit en croix on obtient : $458 \times 5 / 1023 = 2.24V$

150 Kg correspond la tension maximale (5V) donc

La tension 0.895 V correspond à $2.23 \times 150 / 5 = 67.15Kg$

Le câblage du module poids à la carte microcontrôleur est le suivant :

On connecte la sortie de l'amplificateur d'instrumentation V_{out} à l'entrée analogique AD0. A cause de certaines difficultés matérielles nous n'avons pas pu monter le circuit de mesure et pour finir le projet nous avons simulé la sortie de l'amplificateur d'instrumentation AD620 par un potentiomètre

Le câblage du module poids est représenté dans la figure 3.10.

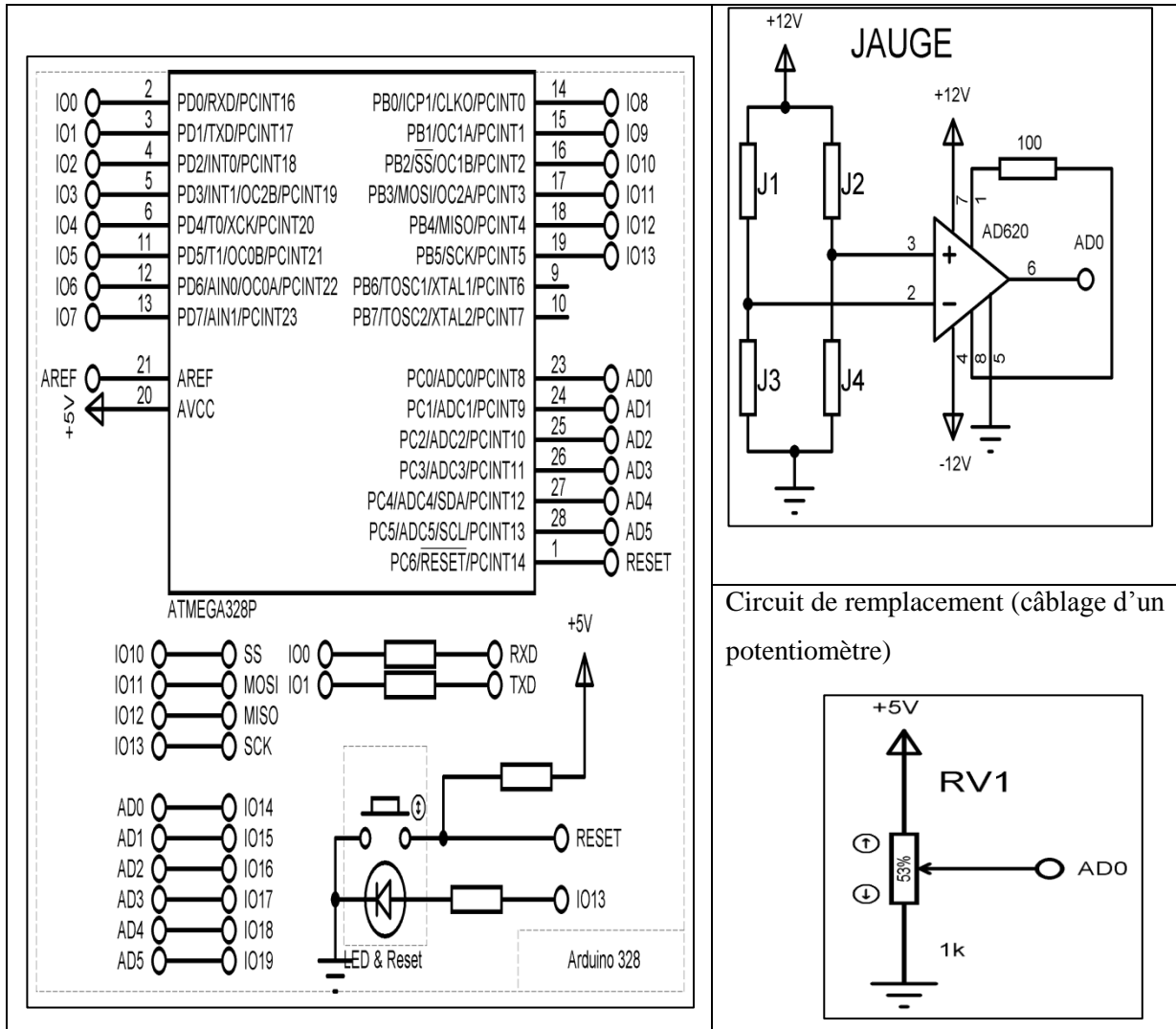


Figure 3.10 : le câblage du circuit de mesure du poids

3.5 L'affichage

On a utilisé un afficheur LCD en mode 4 bits et la connexion avec la carte à microcontrôleur est représentée dans la figure 3.11

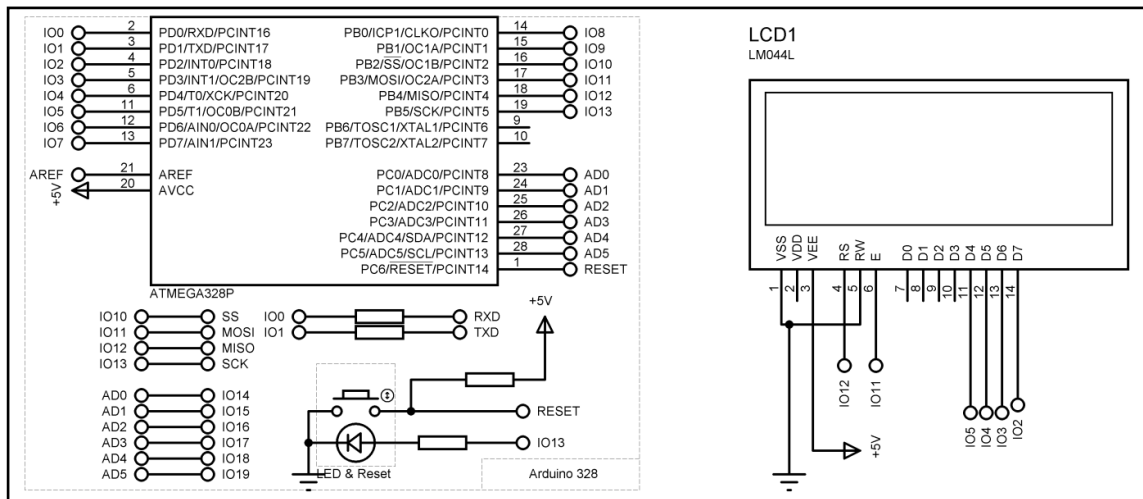


Figure 3.11 : le câblage de l'afficheur LCD

3.6 La liaison RS232

La liaison RS232 est une liaison série asynchrone qui permet d'établir une communication simple entre deux périphériques. Dans notre cas elle nous permet de créer une liaison entre la carte à microcontrôleur et l'ordinateur du pédiatre. Les données mesurées sont transmises vers à l'interface graphique développée sous Matlab qui sert de système de supervision.

La carte Arduino dispose d'un circuit spécial qui permet de convertir les signaux de communication série asynchrone entre les entrées / sorties TTL du microcontrôleur vers un port USB. Ce dernier est vu par l'ordinateur du pédiatre comme un port série virtuel. (Figure 3.12)

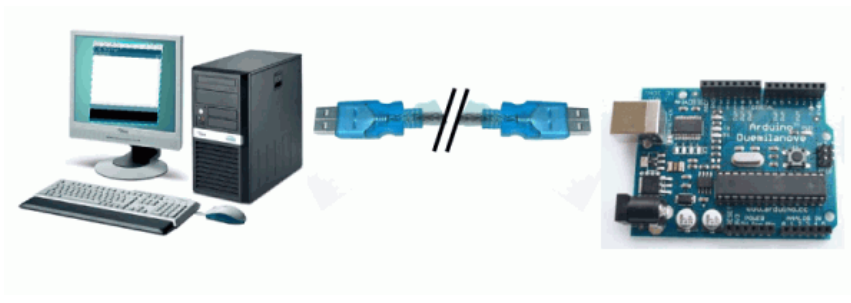


Figure 3.12 : la liaison RS232 [23]

Chapitre 3 : Réalisation pratique et interprétation

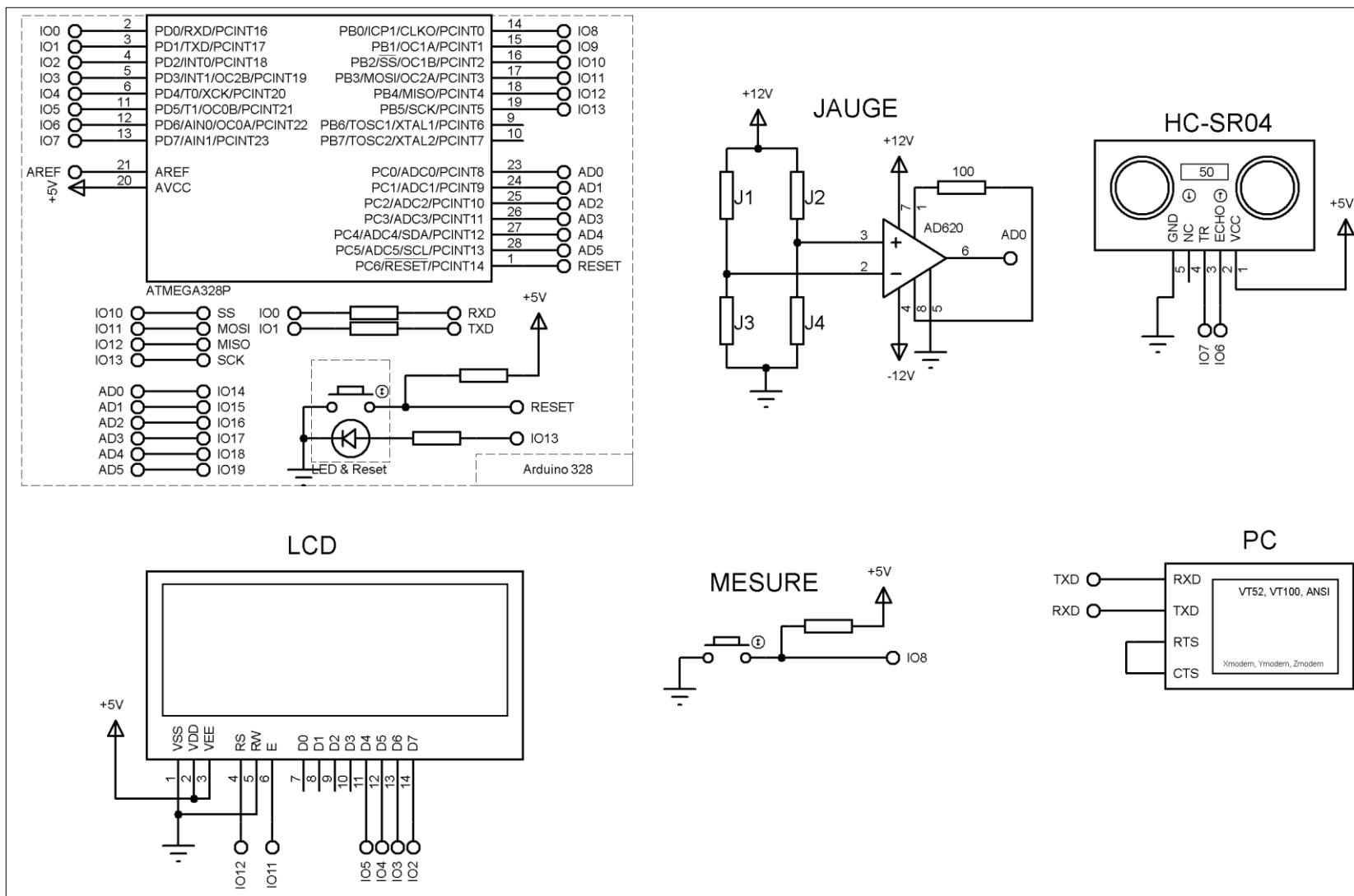


Figure 3.13 : schéma complet du système réalisé

3.7 Partie informatique

3.7.1 Côté carte à microcontrôleur : Organigramme générale de fonctionnement

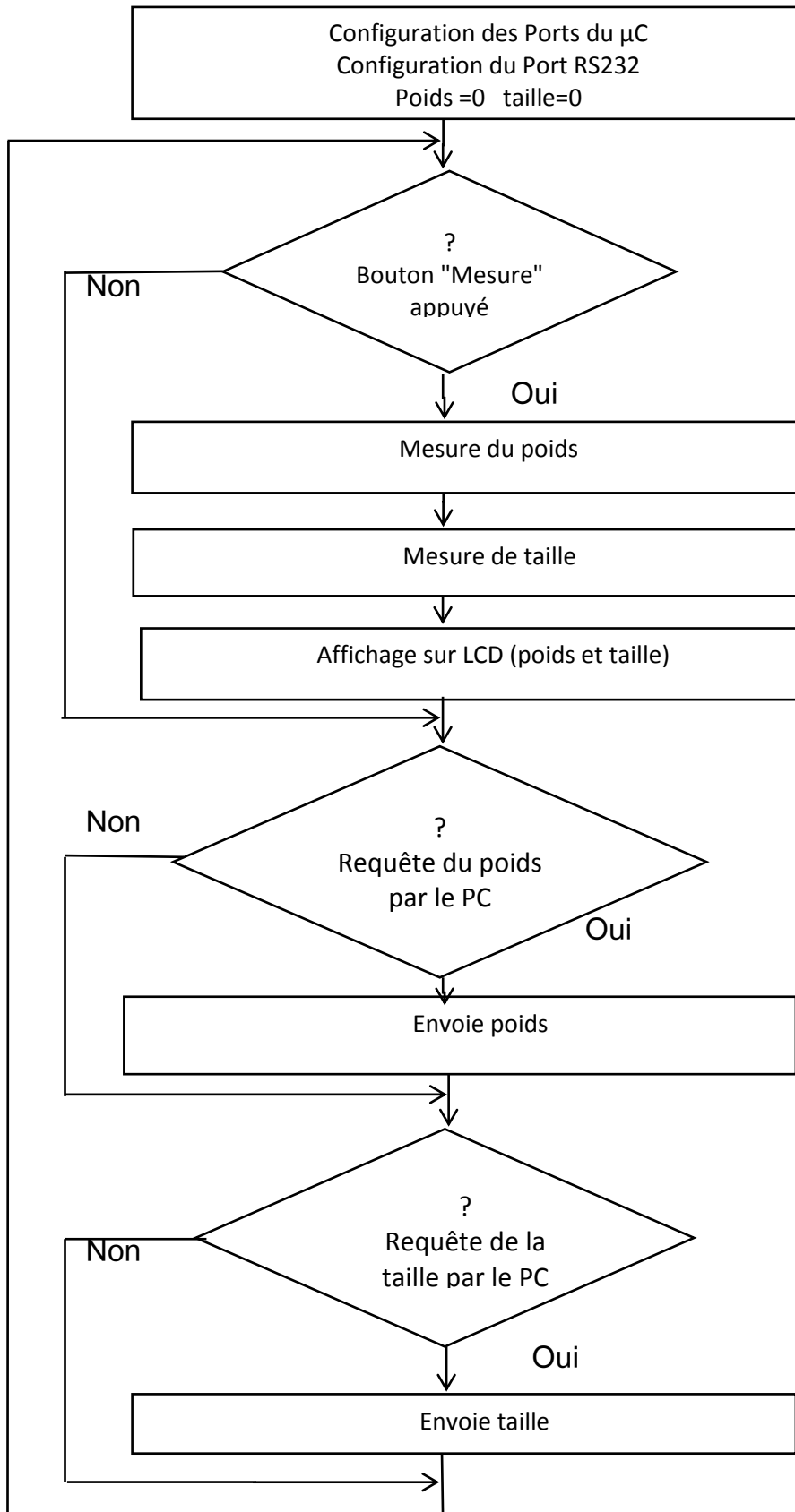


Figure 3.14 : organigramme générale de fonctionnement

3.7.2 Interprétation de l'organigramme

Une fois la réalisation pratique de la partie mesure de notre travail achevée, nous avons entamé la programmation du microcontrôleur ATmega328, celle-ci consiste à créer un programme qui permet de répondre au cahier de charge du système réalisé. Ce programme (ANNEXE 2) a été écrit en C sous l'interface de développement ARDUINO.

Le système que nous avons réalisé, a comme principal but de permettre la mesure de la taille et du poids d'un enfant, d'afficher le résultat de la mesure sur un afficheur LCD et d'envoyer la valeur de la mesure à l'ordinateur.

Pour cela, on appuie sur le bouton de démarrage "Mesure" qui actionne la mesure puis l'affiche.

Ensuite sur requête de l'ordinateur on envoie ces paramètres (poids et taille) à ce dernier.

3.7.3 Côté ordinateur : Interface Matlab

L'interface réalisée sous Matlab sert à la supervision, elle aide le médecin dans son diagnostic. Elle comporte principalement 2 parties une pour afficher les courbes de références et les points de mesures et une partie pour faire 4 actions :

- Des boutons "radios" pour choisir les courbes de références fille ou garçon, ces courbes sont représentées respectivement dans les figures 3.15 et 3.16.
- Des champs "édit" pour introduire la date de naissance de l'enfant
- Des boutons "push" pour communiquer et faire l'acquisition via le port série RS232
- Un bouton "push" pour fermer l'interface

Chapitre 3 : Réalisation pratique et interprétation

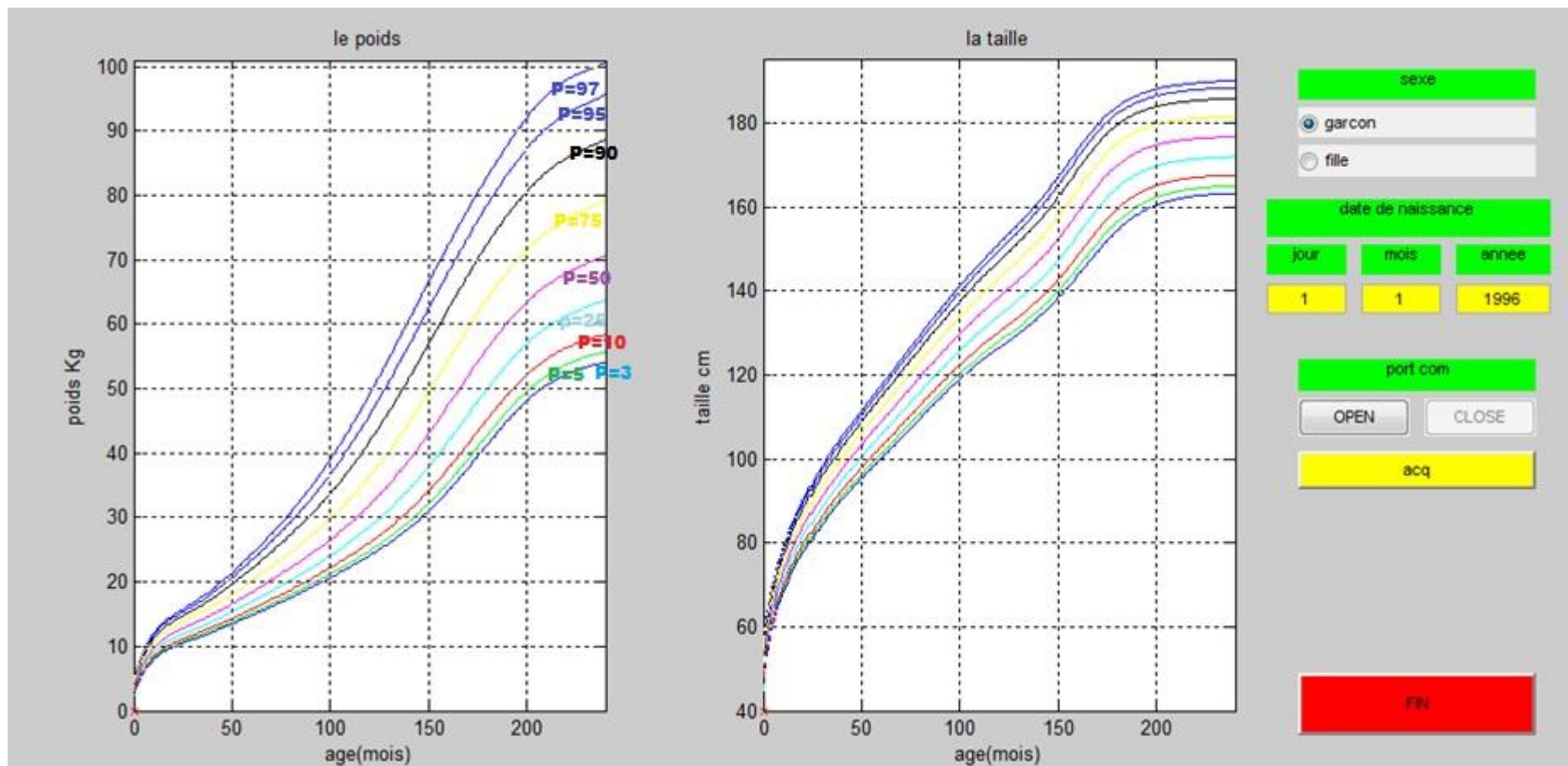


Figure 3.15: courbes de référence "garçon"

Chapitre 3 : Réalisation pratique et interprétation

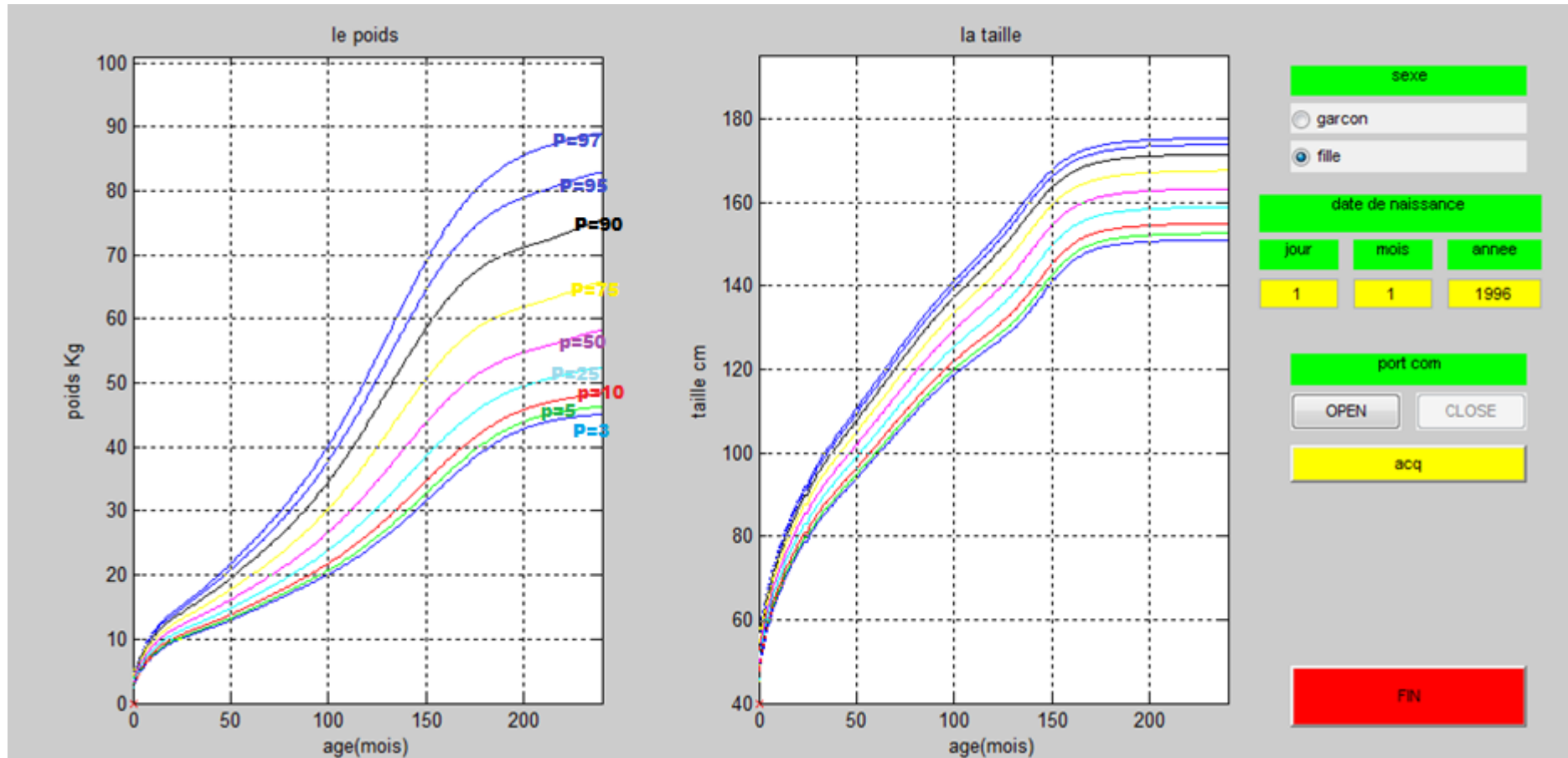


Figure 3.16 : courbes de référence "fille"

Le bouton « acq » permet de faire une acquisition et de ploter les points de mesures sur les courbes de références.

La figure 3.17 présente le cas d'un patient garçon né le 24/07/2010 ayant un poids de 20kg et une taille de 90cm. Il s'agit d'une consultation faite le 04/06/2015.

Cette interface permet de calculer automatiquement l'âge de l'enfant en fonction de sa date de naissance et la date courante et de superposer la valeur de son poids et de sa taille aux courbes de croissances de références. Ce qui permet de comparer la croissance de l'enfant par rapport à une croissance normale.

Chapitre 3 : Réalisation pratique et interprétation

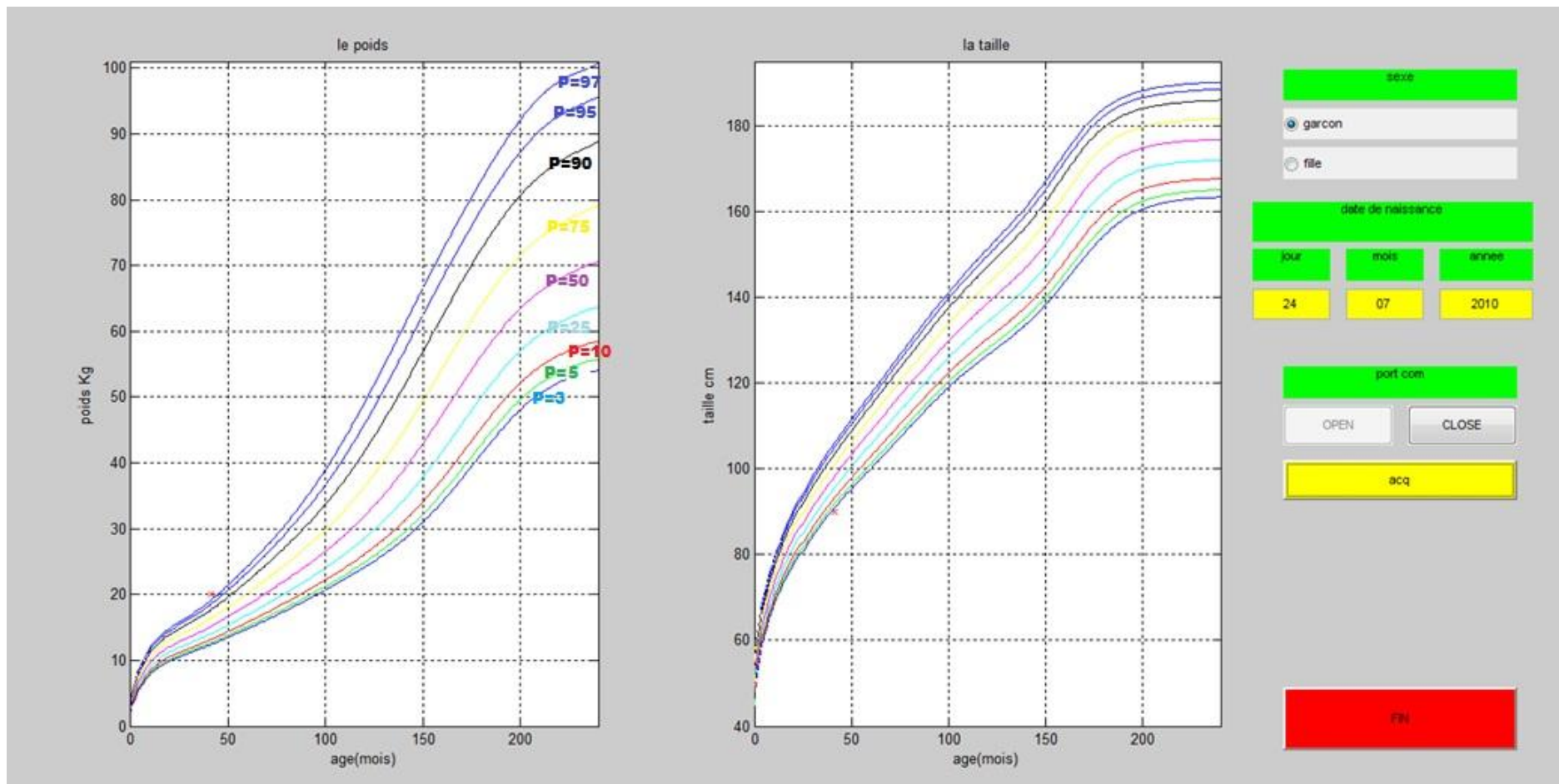


Figure 3.17 : exemple d'une consultation

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les différentes étapes de fonctionnement de notre système de mesure à partir du positionnement de l'enfant jusqu'à la représentation de la mesure sur l'interface graphique sous Matlab en passant par l'affichage sur un afficheur LCD et la programmation du microcontrôleur ATmega328.

Le travail pratique que nous avons réalisé dans ce chapitre est un complément de l'aspect théorique exposé dans le chapitre 2.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif même du génie biomédical est de concevoir et d'améliorer l'appareillage du diagnostic et de traitement médical. C'est dans ce contexte que nous avons réalisé ce modeste travail d'investigation. Il consiste à réaliser un appareil de mesure de la taille et du poids en pédiatrie qui facilite l'évaluation des troubles de croissance pouvant être dues à des maladies parfois graves. La conception de notre instrument consiste en l'étude et la réalisation d'un système pour la mesure du poids et taille piloté par une carte à microcontrôleur de type ARDUINO; ainsi que le développement d'un programme en C sous ARDUINO. D'un autre côté une interface graphique sous Matlab a été développée pour lire les données numériques (poids et taille) à partir d'un port série virtuel via le port USB et visualiser la projection de ces données sur les courbes de croissance de référence sur un ordinateur.

Le travail du pédiatre se trouve nettement faciliter pour l'évaluation de la croissance de l'enfant et l'amélioration du diagnostic.

Ce travail nous a permis de compléter et d'enrichir nos connaissances théoriques dans le domaine électronique et médical. La réalisation pratique nous a montré qu'il fallait résoudre un certains nombres de problèmes et de difficultés qu'on a rencontré au fur et à mesure qu'on avance dans le projet.

Il reste à ajouter quelques améliorations pour rendre l'appareil beaucoup plus ergonomique tel qu'une mémoire de type MMC/SDCARD pour mémoriser les données des consultations précédentes ainsi qu'une liaison réseau de type TCP/IP pour pouvoir lire les données de mesures de n'importe quelle endroit. Et aussi ajouter certaines options à l'interface graphique sous Matlab tel qu'une identification par le numéro de sécurité social et autres.

Bibliographie

Livres et publication

- [1] Mostapha MAZOUNI et Sadi Abdelatif BENSENOUCI; <<Eléments de pédiatrie volume1 ;
Office des publications universitaires>>, 2008 - 775 pages
- [2] Éditorial du Dr D.Armengaud ; << Pédiatrie en 44 questions>> ; Impact Médecine , octobre
1999-344 pages
- [3] Mourad Baghriche et coll; << Pédiatrie>> ;Dahlab
- [4] Brauner R, Professeur des Universités, praticien hospitalier. Université Paris Descartes et Unité
d'endocrinologie pédiatrique, Hôpital Bicêtre, France ; <<Conduite pratique devant une anomalie de
la croissance>> ; © 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés. - Document téléchargé le
11/03/2015 par CERIST
- [5] Édouard T. Tauber M, T. Édouard (edouard.t@chu-toulouse.fr). M. Tauber. Unité
d'endocrinologie pédiatrique, maladies osseuses, génétique et gynécologie médicale, Hôpital des
Enfants de Purpan, Centre hospitalier universitaire de Toulouse, France. ; << Retard de croissance>> ;
2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés. - Document téléchargé le 11/03/2015 par CERIST
- [12] Georges Asch et coll ; <<Les capteurs en instrumentation industrielle>> ;6^e DUNOD, 2006 -
864 pages

Mémoires

- [13] Présenté par Mr BEDDIAF Abdelkader et Mr CHIKHI KAMEL, Encadreur Mr BELAID
Ali ;<<téléométrie par émission d'un rayonnement laser à fréquence fixe>> ;

[14]

« Présenté par Cherif Samiya, encadreur Mr BECHAR H » ; <<Système de mesure
pédiatrique >> ;

Références internet

- [6] www.who.int/childgrowth/training/b_mesurer.pdf
- [7] <http://perso.wanadoo.fr/giovanni.delfranco/>
« G. DEL FRANCO, Alimentation ; Lycée G.MONOD Giovanni.delfranco@free.fr »
- [8] <http://www.lelectronique.Com>
« Ludovic Lambin ; L'alimentation »
- [9] <http://pesage.biz>
- [10] : www2.ac-lyon.fr/etab/lycees/lyc-69/descartes/IMG/pdf/Dylan_Lea_3_-_jauge.pdf
Dylan_Lea_3_-_jauge
« Dylan Courcy , les jauges de contraintes ; Léa Gubo - Elèves de 1^{ère} Sciences et
Technologie de Laboratoire »
- [11] foad.univubs.fr/pluginfile.php/94434/mod_folder/content/0/Pont_de_Wheatstone.pdf?forcedownload=1 pont de wheatstone

- [15] *B. Cottenceau* ; << Carte ARDUINO UNO Microcontrôleur ATmega328 >> ; B311 ISTIA ;
bertrand.cottenceau@univ-angers.fr
- [16] www.craslab.org/interaction/files/LivretArduinoCRAS.pdf
- [17] www.education.pf/itereva/disciplines/techno/IMG/pdf/001-fiche_exo_presentation.pdf
- [19] Louis REYNIER ; << C'est quoi Arduino ? >> ; www.louisreynier.com
- [20] <http://www.aurel32.net/elec/lcd.php>
- [20] <https://tuixte.wordpress.com>
- [21] <https://itechnofrance.wordpress.com>
- [22] http://geonobotwiki.free.fr/doku.php?id=robotics:electronics:utiliser_un_capteur_ultrason_srf04
- [23] <http://radio.pagesperso-orange.fr/RS232.htm>
- [24] Courbes de croissance Validées par la Société Suisse de Pédiatrie
« PD Dr. med. Oskar Jenni, Kinderspital Zürich, Steinwiesstrasse 75, CH-8032 Zürich
E-Mail: oskar.jenni@kispi.uzh.ch »

Glossaire

VC : vitesse de croissance est le nombre de centimètres acquis en une année

GH : growth hormone ou hormone de croissance ‘Somathormone’

Hormone sécrétée par l'antéhypophyse (lobe antérieur de l'hypophyse, glande située à la base du cerveau), qui assure la croissance des os longs et intervient dans le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines.

PC : périmètre crânien

La croissance du périmètre crânien, c'est-à-dire la taille du tour de crâne, doit être surveillée de près durant de la naissance jusqu'à l'âge de 2 ans.

Il s'agit en effet d'un indicateur important du bon développement du bébé. Un périmètre crânien trop petit peut révéler un retard de croissance. S'il est, au contraire, trop grand pour l'âge du bébé, il peut alors révéler une hydrocéphalie, une dilatation excessive de certaines zones cérébrales pouvant entraîner des troubles mentaux et moteurs.

DS : déviation standard

P : percentile

IMC : indice de masse corporelle

L'indice qui exprime la corpulence : c'est le rapport du poids (en kilogrammes) sur le carré de la taille (en mètres carrés).

RCIU : Retard de croissance intra-utérin

Retard de croissance du fœtus pendant la grossesse aboutissant à un poids de naissance inférieur au 10^e percentile (grandeur statistique correspondant à la division d'une population en 100 groupes d'un nombre équivalent de personnes) d'une courbe de référence, c'est-à-dire inférieur à 2,5 kilogrammes pour un nouveau-né à terme.

IRC : insuffisance rénale chronique

Réduction de la capacité des reins à assurer la filtration et l'élimination des produits de déchet du sang, à contrôler l'équilibre du corps en eau et en sels et à régulariser la pression sanguine.

HTA : hypertension artérielle

Élévation anormale, permanente ou paroxystique, de la tension artérielle au repos.

ADC : analog digital converter ou convertisseur analogique numérique

TOR : Tout Ou Rien

USB : Universal Serial Bus

SCI : serial command interface

SPI : Serial Peripheral Interface

PWM : Pulse Width Modulation ou MLI pour modulateur de largeur d'impulsion

I2C (IIC) : Inter Integrated Circuit

USART : Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter

EDI : Espace de développement Intégré

SRAM : *Static Random Access Memory* ou **mémoire vive statique** est un type de mémoire vive utilisant des bascules pour mémoriser les données.

EEPROM : **E**lectrically-**E**rasable **P**rogrammable **R**ead-**O**nly **M**emory ou mémoire morte effaçable électriquement et programmable

Une mémoire morte est une mémoire utilisée pour enregistrer des informations qui ne doivent pas être perdues lorsque l'appareil qui les contient n'est plus alimenté en électricité.

LCD : Liquid Crystal Display ou afficheur à cristal liquide

RS : Sélection du registre (Register Select)

R/W : Lecture ou écriture (Read/Write)

E : Entrée de validation (Enable)

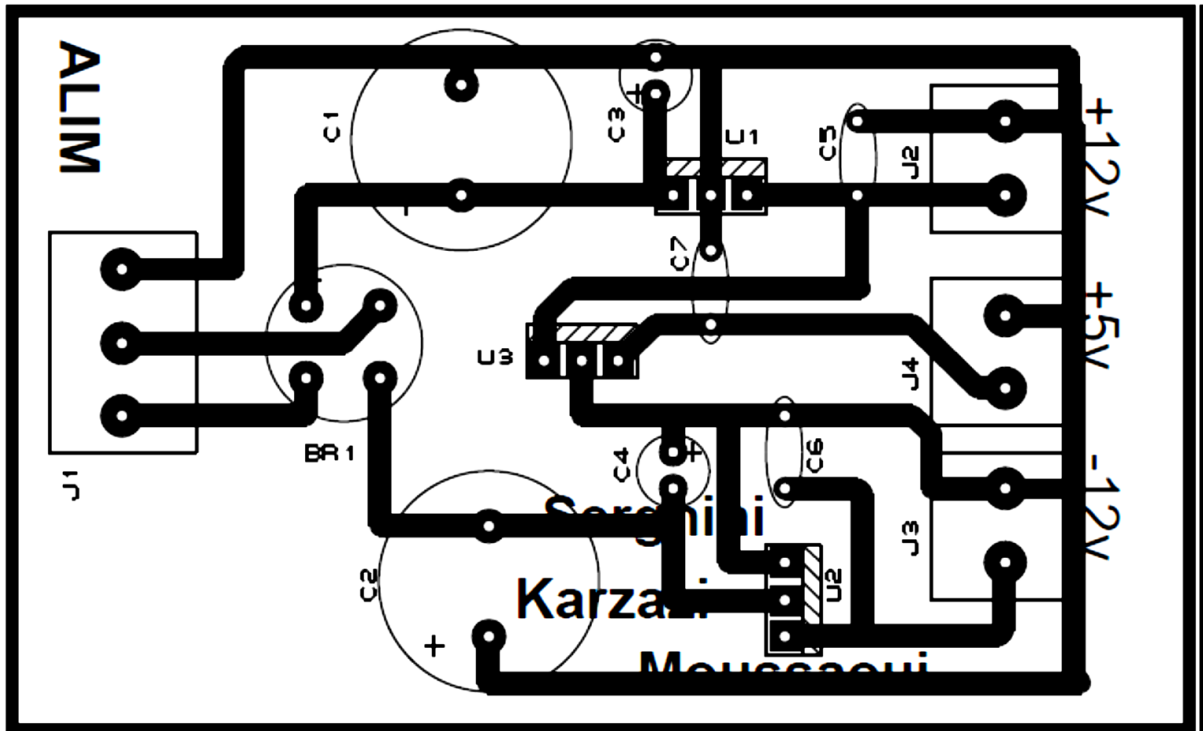
DD RAM : Display Data RAM ou mémoire d'affichage

CG RAM : Character Generator RAM ou mémoire du générateur de caractères

Annexe 1

Circuit d'alimentation

Implantation :



Annexe 2

Programme d'ATMega328 sous ARDUINO

```

#define ECHOPIN 6          // Pin to receive echo pulse
#define TRIGPIN 7         // Pin to send trigger pulse
#include <LiquidCrystal.h>
// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
const int analogInPin = A0;
const int buttonPin = 8;  // the number of the pushbutton pin
// variables will change:
int buttonState = 0;      // variable for reading the pushbutton status
int matlabData;
float taille=0;
float poids=0;
void setup(){
  // initialize the pushbutton pin as an input:
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  //Serial.println("Croissance");
  pinMode(ECHOPIN, INPUT);
  pinMode(TRIGPIN, OUTPUT);
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.clear();
  // Print a message to the LCD.
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("En attente ");
}
void loop()
{
  // read the state of the pushbutton value:
  buttonState = digitalRead(buttonPin);
  // check if the pushbutton is pressed.
  // if it is, the buttonState is HIGH:
  if (buttonState == LOW)
  {
    taille = mesuretaille ();
    poids = mesurepoids ();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("taille=");
    lcd.print(taille);
    lcd.print("cm");
    //lcd.print(" "); // effacer la mesure précédente
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("poids=");
    lcd.print(poids);
    lcd.print("kg");
    lcd.print(" "); // effacer la mesure précédente
  }
  if(Serial.available(>0) // if there is data to read
  {

```

```
matlabData=Serial.read(); // read data
if (matlabData == 116 ) //caractere t
{
//taille = mesuretaille ();
Serial.println(taille);
//Serial.println("cm");
}
if (matlabData== 112 ) //caractere p
{
//poids = mesurepoids ();
Serial.println(poids);
//Serial.println("kg");
}
}
}
float mesuretaille ()
{
digitalWrite(TRIGPIN, LOW); // Set the trigger pin to low for 2uS
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TRIGPIN, HIGH); // Send a 10uS high to trigger ranging
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(TRIGPIN, LOW); // Send pin low again
float distance = pulseIn(ECHOPIN, HIGH); // Read in times pulse
distance= distance/58; // Calculate distance from time of pulse
float taille;
taille=200-distance;
return taille;
}
float mesurepoids ()
{
//read the input on analog pin 0:
float poids = analogRead(A0);
// Convert the analog reading (which goes from 0 - 1023) to a voltage (0 - 5V):
poids= (poids*150)/1023;
return poids;
}
```

Annexe 3**Liste des composants utilisés**

- Une Carte ARDUINO UNO
- Un module ultrason HCSR04
- Un afficheur LCD 4 lignes
- Un potentiomètre 1K
- Un bouton poussoir
- Une résistance 10K
- Deux borniers 2 pôles
- Circuit d'alimentation :
- Un transformateur 12V
- Pont de diode
- Condensateurs :
 - Deux condensateurs d'une valeur 4700 μ F
 - Deux condensateurs d'une valeur 1 μ F
 - Deux condensateurs d'une valeur 100nF
- Régulateurs :
 - Un régulateur 7812
 - Un régulateur 7805
 - Un régulateur 7912
- Un bornier 3 pôles
- Trois bornier 2 pôles

Annexe 4

A. RT204-1 (LCD datasheet)

MECHANICAL DATA						PIN CONNECTIONS																																													
Item	Nominal Dimensions			Unit		PIN	Symbol	Level	Function																																										
Module Size(W×H×T)	98.0×60.0×14.0			mm		1	VSS	—	GND(0V)																																										
Viewing Area(W×H)	76.0×26.0			mm		2	VDD	—	Supply Voltage for Logic(+5V)																																										
Character Size(W×H)	2.94×4.74			mm		3	V0	—	Power supply for LCD																																										
Dot Size(W×H)	0.54×0.54			mm		4	RS	H/L	H: Data; L: Instruction Code																																										
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Symbol</th> <th>Min</th> <th>Type</th> <th>Max</th> <th>Unit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operating Voltage</td> <td>VDD</td> <td>4.5</td> <td>5.0</td> <td>5.5</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Operating Current</td> <td>IDD</td> <td>1.0</td> <td>1.6</td> <td>2.2</td> <td>mA</td> </tr> <tr> <td>LED Voltage</td> <td>V_{LED}</td> <td>4.5</td> <td>5.0</td> <td>5.5</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>LED Current</td> <td>I_{LED}</td> <td>90</td> <td>145</td> <td>205</td> <td>mA</td> </tr> <tr> <td>Operating Temp.</td> <td>T_{opr}</td> <td>-20</td> <td>—</td> <td>+70</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Storage Temp.</td> <td>T_{sto}</td> <td>-30</td> <td>—</td> <td>+80</td> <td>°C</td> </tr> </tbody> </table>						Item	Symbol	Min	Type	Max	Unit	Operating Voltage	VDD	4.5	5.0	5.5	V	Operating Current	IDD	1.0	1.6	2.2	mA	LED Voltage	V _{LED}	4.5	5.0	5.5	V	LED Current	I _{LED}	90	145	205	mA	Operating Temp.	T _{opr}	-20	—	+70	°C	Storage Temp.	T _{sto}	-30	—	+80	°C	5	R/W	H/L	H: Read; L: Write
						Item	Symbol	Min	Type	Max	Unit																																								
						Operating Voltage	VDD	4.5	5.0	5.5	V																																								
						Operating Current	IDD	1.0	1.6	2.2	mA																																								
						LED Voltage	V _{LED}	4.5	5.0	5.5	V																																								
						LED Current	I _{LED}	90	145	205	mA																																								
						Operating Temp.	T _{opr}	-20	—	+70	°C																																								
						Storage Temp.	T _{sto}	-30	—	+80	°C																																								
						6	E	H/L	Enable Signal																																										
						7	DB0	H/L	Data Bus Line																																										
						8	DB1	H/L																																											
						9	DB2	H/L																																											
						10	DB3	H/L																																											
						11	DB4	H/L																																											
12	DB5	H/L																																																	
13	DB6	H/L																																																	
14	DB7	H/L																																																	
15	A	—	Backlight Power(+5V)																																																
16	K	—	Backlight Power(0V)																																																
ELECTRICAL CHARACTERISTICS <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Symbol</th> <th>Min</th> <th>Type</th> <th>Max</th> <th>Unit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Input High Voltage</td> <td>V_{IH}</td> <td>2.2</td> <td>—</td> <td>VDD</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Input Low Voltage</td> <td>V_{IL}</td> <td>0</td> <td>—</td> <td>0.6</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Output High Voltage</td> <td>V_{OH}</td> <td>2.4</td> <td>—</td> <td>VDD</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Output Low Voltage</td> <td>V_{OL}</td> <td>0</td> <td>—</td> <td>0.4</td> <td>V</td> </tr> </tbody> </table>						Item	Symbol	Min	Type	Max	Unit	Input High Voltage	V _{IH}	2.2	—	VDD	V	Input Low Voltage	V _{IL}	0	—	0.6	V	Output High Voltage	V _{OH}	2.4	—	VDD	V	Output Low Voltage	V _{OL}	0	—	0.4	V	POWER SUPPLY															
Item	Symbol	Min	Type	Max	Unit																																														
Input High Voltage	V _{IH}	2.2	—	VDD	V																																														
Input Low Voltage	V _{IL}	0	—	0.6	V																																														
Output High Voltage	V _{OH}	2.4	—	VDD	V																																														
Output Low Voltage	V _{OL}	0	—	0.4	V																																														
BLOCK DIAGRAM																																																			

B. Ultrasonic Ranging Module HC - SR04 datasheet

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning. Test distance = (high level time×velocity of sound (340m/s) / 2,

• Wire connecting direct as following:

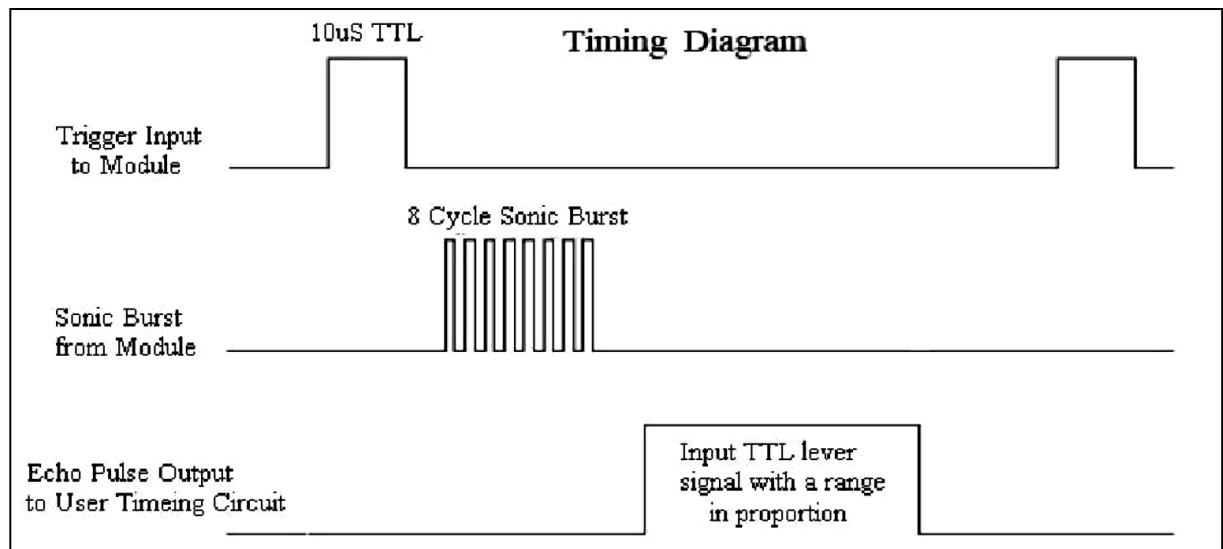
- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40 KHZ
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uSpulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion .You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $uS / 58 = \text{centimeters}$ or $uS / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



www.Electfreaks.com

C. ARDUINO UNO datasheet

Features

- High Performance, Low Power AVR® 8-Bit Microcontroller
 - Advanced RISC Architecture
- 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
- 32 x 8 General Purpose Working Registers
- Fully Static Operation
- Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
- On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
- 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
- (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
- 256/512/512/1K Bytes EEPROM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
- 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
- Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
- Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C
- Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
- In-System Programming by On-chip Boot Program
- True Read-While-Write Operation
- Programming Lock for Software Security
- **Peripheral Features**
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator

- Six PWM Channels
- 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
- Temperature Measurement
- 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
- Temperature Measurement
- Programmable Serial USART
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I2C compatible)
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator
- Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
- Internal Calibrated Oscillator
- External and Internal Interrupt Sources
- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
- 23 Programmable I/O Lines
- 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- **Operating Voltage:**
- 1.8 - 5.5V for ATmega48PA/88PA/168PA/328P
- Temperature Range:
- 40°C to 85°C
- Speed Grade:
- 0 - 20 MHz @ 1.8 - 5.5V
- Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega48PA/88PA/168PA/328P:
- Active Mode: 0.2 mA
- Power-down Mode: 0.1 μ A
- Power-save Mode: 0.75 μ A (Including 32 kHz RTC)

www.atmel.com