

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES.



Faculté de Technologie
Département Ingénierie des Systèmes Électriques

Mémoire de Master

Réalisé par :

Zaïme Nassim Lyes

Filière : Génie Biomédical

Spécialité : Instrumentation Biomédicale

Thème Traité:

Réalisation d'une alternative au Veinviewer à moindre coût.

Soutenu le/ 09 /2021. Devant le jury composé de:

❖ Mr messaoudi	Nouarradine	président
❖ Mr Ammar	Mohamed	examineur
❖ Mr Omari	Taher	encadreur

2020/2021

Remerciements

Je tiens à remercier mon encadreur monsieur Omari Taher pour la confiance, la patience et surtout
l'aide qu'il m'a fourni,

Ce qui a constitué un apport considérable, sans lequel ce travail n'aurait pas

Pu être mené à bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à

Sa haute personnalité.

Je tiens à remercier les membres du jury qui ont accepté de juger et

Examiner ce travail.

Enfin, Je tiens à remercier sincèrement, l'ensemble des enseignants de

Notre département pour leurs aides et soutiens.

Dédicace

Je tiens à dédier ce travail à tous ceux qui ont contribué de près

Ou de loin à ma formation,

Tous ceux qui m'ont aidé tout au long de mes études,

Tous ceux qui m'ont fait aimer et apprécier ma spécialité,

Ceux qui m'ont aidé à prendre conscience de l'importance de l'instrumentation médicale.

Que ce soit mes parents, mes enseignants ou mes amis étudiants.

Abstract

The field of biomedical engineering and medical instrumentation is experiencing a growing demand for infrared applications, Therefore the idea for this master's project.

The main objective is the detection and visualization of the veins of the back of the hand and of the forearm. During an infusion, a puncture, a catheter placement as well as in the prevention of certain diseases such as blood clots or varicose veins, infrared vision remains the most effective method.

During this work we observed the reaction of blood components in response to infrared projection as optical stimulation.

We also observed the permeability of the different layers of the skin to the NIR light.

There are devices allowing the visualization of the venous structure of the back of the hand or the arm already exist, so we do not claim to be pioneers; the idea is more to produce a device operating on the same principles as Veinviewer but at a lower cost.

Résumé

Le domaine du génie biomédical et instrumentation médicale connaît une demande croissante d'applications infrarouges d'où l'idée de ce projet de master.

L'objectif principal est la détection et la visualisation des veines du dos de la main et des membres.

Lors d'une perfusion, d'une ponction, d'une pose de cathéter ainsi que dans la prévention de certaines maladies telles que les caillots sanguins ou les varices, la vision infrarouge reste la plus efficace.

Lors de ce travail nous avons constaté la réaction des composantes sanguines en réponse à la projection d'infrarouge en tant que stimulation optique.

Nous avons aussi constaté la perméabilité des différentes couches de la peau par rapport à la lumière NIR.

Des appareillages permettant la mise en évidence de la structure veineuse du dos de la main ou du bras existent déjà, donc on ne prétend pas être des pionniers; l'idée est plus de réaliser un appareillage fonctionnant selon les mêmes principes du Veinviewer mais à moindre coût.

ملخص

يشهد مجال الهندسة الطبية الحيوية والأجهزة الطبية طلبًا متزايدًا على تطبيقات الأشعة تحت الحمراء، ومن هنا جاءت فكرة هذه الأطروحة.

الهدف الرئيسي منها هو تحديد مكان عروق ظاهر اليد والأطراف و تصويرها.
تظل الرؤية بالأشعة تحت الحمراء هي الأكثر فعالية أثناء التسريب ، الوخز ، وضع القسطرة وكذلك في الوقاية من بعض الأمراض مثل جلطات الدم أو الدوالي.

خلال هذا العمل ، لاحظنا تفاعل مكونات الدم استجابةً لإسقاط الأشعة تحت الحمراء كتحفيز بصري.
لاحظنا أيضًا نفاذية طبقات الجلد المختلفة فيما يتعلق بضوء الأشعة تحت الحمراء.
توجد بالفعل أجهزة تسمح بإظهار البنية الوريدية لظهر اليد أو الذراع، لذلك لا ندعي الريادة في هذا المجال؛
و إنما الفكرة هي توفير جهاز يعمل وفقًا لنفس مبادئ Veinviewer ولكن بتكلفة أقل.

Liste des abréviations

IV	→ intra veineuse
NIR:	→ near infrared.
RGB:	→ red, green, blue.
IR:	→ infrarouge.
LED:	→ light emitting diodes.
LCD:	→ liquid crystal display.
UV:	→ ultraviolet.
VIS:	→ visible (en parlant de lumière).
EM:	→ encéphalomyélite myalgique.
GHz:	→ gigahertz.
THz:	→ terahertz.
SD:	→ Secure digital (carte mémoire SD).
IRM:	→ imagerie résonance magnétique.
IMC:	→ indice de masse corporelle.
ARM:	→ Advanced Risc Machines.
GNU:	→ général public licence.
AVC :	→ accident cardio-vasculaire.
TD :	→ tomodensitométrie.

Table des matières

Remerciements.....	2
Dédicace.....	3
Abstract.....	4
Liste des abréviations.....	6
Table des matières.....	7
Liste des figures.....	9
Introduction générale.....	11
Chapitre 1 : Anatomie cardiovasculaire et ponction veineuse.....	13
1. Introduction.....	13
2. La circulation sanguine.....	13
3. Les types de vaisseaux.....	15
3.1. Les artères.....	16
3.2. Les artères élastiques.....	16
3.3. Les artères musculaires.....	16
3.4. Les artérioles.....	17
3.5. Les Capillaires.....	17
3.6. Les veinules.....	18
3.7. Les veines.....	18
4. La ponction veineuse.....	19
5. Les risques des mauvaises ponctions veineuses.....	20
5.1. Dispositifs de détection de sites de ponction.....	21
5.2. Le Veinviewer.....	21
6. Conclusion.....	22
Chapitre 2 : Anatomie et physiologie générale de la peau et l'interaction de la lumière avec les tissus du corps humain.	23
1. Introduction.....	23
2. Anatomie et physiologie générale de la peau.....	23
2.1. Anatomie de la peau.....	24
2.2. Optique de la peau.....	25
3. Interaction du proche infrarouge avec les tissus du corps humain.....	28
3.1. Lumière infrarouge.....	28
3.2. Les sources de rayonnement infrarouge.....	28
3.3. Spectre électromagnétique.....	29

3.4. Lumière proche infrarouge	31
3.5. Interaction de la lumière visible et de la lumière proche infrarouge avec les tissus biologiques	31
3.6. Le montant de Mie et Rayleigh.....	33
3.7. Longueur d'onde optimale pour la visualisation sous-cutanée des vaisseaux sanguins.....	34
3.8. Visualisation des vaisseaux sanguins avec la lumière visible et l'infrarouge NIR	35
3.9. Sécurité de la lumière visible et de la lumière NIR pour la peau.....	36
4. Conclusion	37
Chapitre 3 : Réalisation d'une alternative au Veinviewer à moindre coût.....	38
1. Introduction.....	38
2. Matériel utilisé pour la réalisation	38
3. Prix du matériel utilisé.....	39
4. Caractéristiques et utilité du matériel utilisé.....	40
4.1. Raspberry pi 4 modèle B.....	40
4.2. Carte mémoire (SD) 64go	40
4.3. Caméra Raspberry pi de 5 méga pixels à vision infrarouge.....	41
4.4.Écran LCD de 3.5 inch pour Raspberry pi.....	42
4.6. LED à infrarouge de 5 mm avec longueur d'onde de 850nm	43
4.7. Boîtier en plastique transparent de (10×10cm) avec une profondeur de 5Cm.....	43
4.8. Résistance de 62 ohm.....	43
4.9. Fer à souder + étain.....	43
4.10.5 piles de 1.5v relié en série pour un voltage de 7.5v	43
5.Étapes de branchement et de réalisation du travail	44
5.1. Soudure et branchement du circuit.....	44
5.2. Configuration du Raspberry et des différents composants reliés à se dernière.....	44
5.3. Configuration caméra Raspberry	45
5.4. Configuration de l'écran LCD	46
5.5. Mise en point d'un Stream permettant la visualisation et le traitement de l'image acquise	47
6. L'insertion des différents composants dans un boîtier de protection.....	47
7. Essais et Remarques.....	48
8. Conclusion	50
Conclusion Générale.....	51
Bibliographie	52
Annexe.....	56

Liste des figures

• Figure [1.1] Système circulatoire.....	14
• Figure [1.2] Types de vaisseaux sanguins.....	15
• Figure [1.3] Schéma d'une artère.....	16
• Figure [1.4] Schéma d'un capillaire.....	17
• Figure [1.5] Structure d'une veine.....	18
• Figure [1.6] Les différents sites de prélèvements.....	19
• Figure [1.7] Hématome causé par une IV.....	20
• Figure [1.8] Image des veines du bras obtenue par Veinviewer.....	21
• Figure [2.1] Diagrammes schématiques de la Coupe de peau.....	23
• Figure [2.2] Coupe de peau détaillée.....	24
• Figure [2.3] Propagation de la lumière à travers la peau.....	25
• Figure [2.4] Absorption de l'oxyhémoglobine et désoxyhémoglobine dans le sang.....	26
• Figure [2.5] Propagation de la lumière à différentes longueurs d'ondes dans la peau.....	27
• Figure [2.6] Le rayonnement corporel noir.....	28
• Figure [2.7] Spectre de la lumière visible.....	30
• Figure [2.8] Les différentes longueurs d'onde dans le spectre électromagnétique.....	30
• Figure [2.9] Schéma de l'absorption et la diffusion d'un photon.....	32
• Figure [2.10] Diagramme de Coefficients d'absorption pou longueur d'onde.....	33
• Figure [2.11] Transmission de la lumière à travers différents peaux.....	34
• Figure [2.12] Montée en température du tissu par la lumière NIR et par la lumière visible en contact direct.....	36
• Figure [3-1] Raspberry pi 4 modèle B.....	40
• Figure [3-2] Caméra à vision infrarouge pour Raspberry pi.....	41
• Figure [3-3] Ecran LCD 3.5 inch pour raspberry pi.....	42
• Figure [3-4] Schéma du circuit réalisé.....	44
• Figure [3-5] Branchement de la caméra.....	45
• Figure [3-6] Activation de la caméra.....	45
• Figure [3-7] Branchement de l'écran LCD sur Raspberry.....	46
• Figure [3-8] Affichage sur écran LCD.....	46

- Figure [3-9] Insertion des composants du projet dans un boîtier de protection.47
- Figure [3-10] Interface principale du Stream.....48
- Figure [3-11] visualisation des vaines de lavant bras.48
- Figure [3-12] visualisation des vaines de lavant bras avec un filtre appliquer.....49
- Figure [3-13] Liste des commandes permettant la modification de l'image.....49

Introduction générale

Faire une ponction veineuse relève du quotidien du milieu médical. c'est l'une des tâches les plus courantes mais qui peut être des plus frustrantes pour le personnel médical quand il s'agit par exemple des veines de patients en pédiatrie qui sont ou alors intégrés dans les tissus adipeux sous-cutané ou alors trop petites ou bien épuisées par des tentatives de ponctions veineuses précédentes qui ont échoué provoquant ainsi traumatisme, douleur et hématome chez le patient et malaise chez les parents.

Pour faire face à ce problème des scientifiques ont pensé à des solutions permettant de repérer ou de voir les veines des patients à l'aide de dispositifs tels que le Veinviewer ou le veinfinder. Ces appareils à l'aide d'une lumière infrarouge projettent une image de la vasculature sous-cutanée sur la surface de la peau ce qui facilite énormément la tâche de l'agent de santé.

Si on prend comme exemple le Veinviewer qui est le thème du présent travail, il fonctionne selon un principe très simple qui facilite la ponction veineuse. Il se compose d'une source de lumière infrarouge proche de 850nm, d'une caméra vidéo numérique qui a pour fonction de capturer la lumière proche infrarouge réfléchis du patient et d'une unité de traitement d'image.

Il y a peu d'études qui ont été faites sur l'analyse des images dans le domaine infrarouge à des fins médicales et encore moins des travaux sur des applications dédiées au traitement des images infrarouges prises sur le corps humain.

En 1988 Cope et Delpy ont utilisé la lumière NIR pour mesurer l'oxygénation du sang dans le cerveau des bébés prématurés. En effet, la transparence du tissu humain dans le NIR permet une pénétration suffisante de la lumière pour détecter signaux et concentration de molécules à quelques centimètres de profondeur par conséquent on peut considérer l'année 1988 comme l'avènement de l'utilisation de la lumière NIR pour des applications cliniques.

L'hémoglobine, l'oxyhémoglobine et l'eau sont les principaux absorbants de cette lumière mais, il faut savoir que l'absorption de la lumière NIR par l'hémoglobine et par l'eau ne se fait pas de la même manière dans la région spectral.

Cela dépend de la longueur d'onde du NIR c'est-à-dire, qu'on ayant connaissance des spectres propres de chacun de ces chromophores à des longueurs d'ondes choisies, on peut évaluer de façon non-invasive leur concentration et leur saturation globale d'hémoglobine et d'oxygène.

La lumière infrarouge du NIR est absorbée de façon quasi parfaite par l'hémoglobine dans le sang. On peut par conséquent capturer la structure des veines de la main avec une caméra infrarouge sensible aux longueurs d'onde du NIR cette structure est enregistrée sous forme d'ombre ou de contour sur l'image. Pour cela, on utilise une petite caméra infrarouge opérant dans la bande du proche infrarouge en plus d'une stimulation optique à l'aide de petites lampes de longueur d'ondes 850 nm.

Ce projet se présente en trois chapitres.

Le chapitre un est consacré à : l'Anatomie cardiovasculaire et physiologie de la peau.

Tandis que le chapitre deux est consacré à : l'Interaction de la lumière avec les tissus du corps humain.

Et enfin le chapitre trois consiste en : la Réalisation d'une alternative au Veinviewer à moindre coût.

1. Introduction

Un prélèvement sanguin par voie veineuse consiste à ponctionner une veine avec une aiguille appropriée afin de recueillir un échantillon de sang veineux dans un tube à prélèvement en vue de réaliser des examens biologiques.

Il existe plusieurs situations où l'on recueille du sang, que ce soit pour des analyses, un don, une saignée, une hémoculture, ou alors une ponction veineuse sur un cathéter central une chambre implantable.

Certaines veines sont indétectables et d'autres très mobiles surtout lors d'un essai de cathétérisation, c'est la fameuse veine qui roule. Habituellement la veine céphalique est la plus mobile rencontrée surtout sur le dos de la main des patients en gériatrie. [1]

En somme, le lien est étroit entre la ponction veineuse et le système circulatoire sanguin.

2. La circulation sanguine

La circulation sanguine se fait grâce à un système cardiovasculaire responsable des échanges internes. (Voir figure 1.1) Il a pour fonction de transporter nutriments, déchets, oxygène, dioxyde de carbone.....dans le corps humain

Le sang transporté dans le système cardiovasculaire est composé de cellules sanguines en suspension dans le plasma sanguin. Le plasma constitue 55% du liquide sanguin composé à 92% d'eau contenant des protéines dissoutes, du glucose, des ions minéraux, des hormones ainsi que les cellules sanguines elles-mêmes à savoir les globules rouges, globules blancs, plaquettes et leucocytes.

Les vaisseaux sanguins sains qui transportent le sang se divisent en trois types : les artères, les veines et les capillaires.

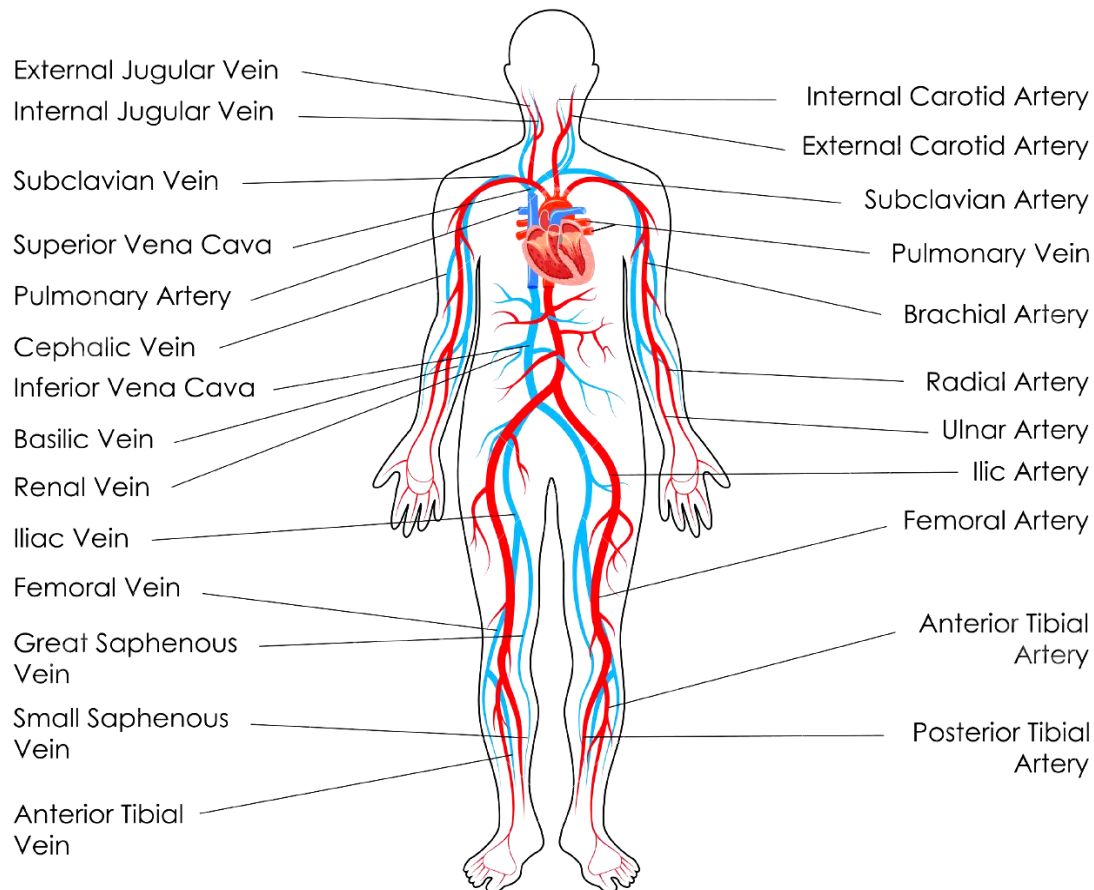
Les artères transportent le sang depuis le cœur, les veines réacheminent le sang vers le cœur.

Les capillaires entourent les cellules et les tissus du corps afin d'apporter et d'absorber oxygène, nutriments, et autres substances.

La structure de ces trois types de vaisseaux sanguins diffère en raison de leurs rôles;

Subissant une pression élevée, les artères sont les vaisseaux sanguins les plus épais se composant de plusieurs couches (l'intima, les médias, et l'adventice)

Les veines ont une paroi plus fine, un milieu moins élastique et une adventice collagène plus épaisse alors que les capillaires sont extrêmement fins constitués d'une seule couche de cellules endothéliales très perméables.



CIRCULATORY SYSTEM

Figure 1.1 : Système circulatoire.

3. Les types de vaisseaux

On a évoqué précédemment qu'il existait trois types de vaisseaux; artères, veines et capillaires.

Mais ces derniers présentent des sous types à savoir : les artérioles et les veinules.

Du coup on obtient les artères, les artérioles, les veines, les veinules et les capillaires dont on va définir les rôles un par un. [3]

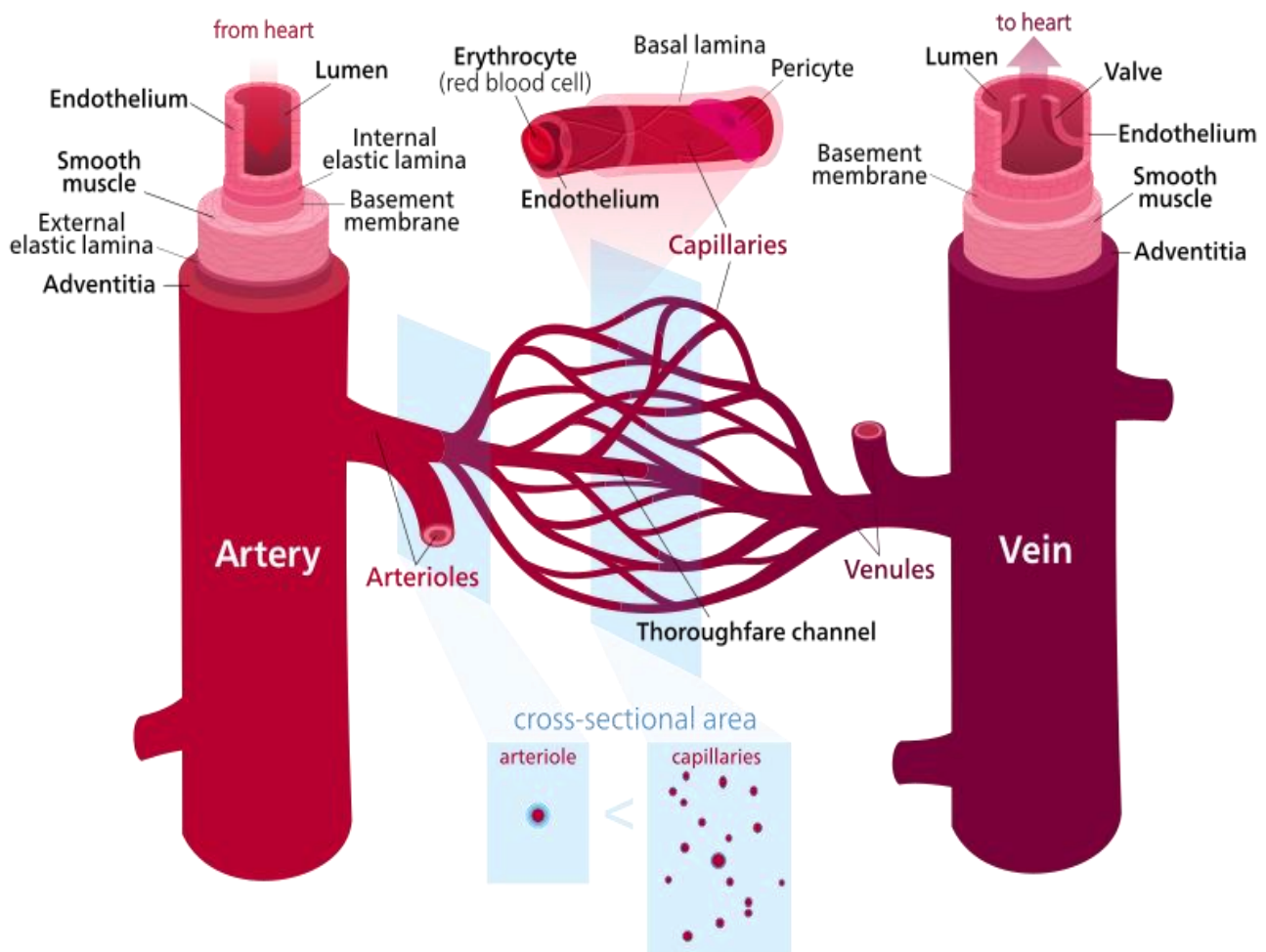


Figure 1.2 : Types de vaisseaux sanguins

3.1. Les artères

Ce sont des vaisseaux sanguins qui conduisent le sang du cœur vers toutes les parties du corps.

La plupart des artères conduisent du sang oxygéné mis à part les artères pulmonaires et ombilicales qui véhiculent du sang désoxygéné vers des organes qui les oxygènent (poumons)

Les artères se divisent en deux catégories; élastiques et musculaires

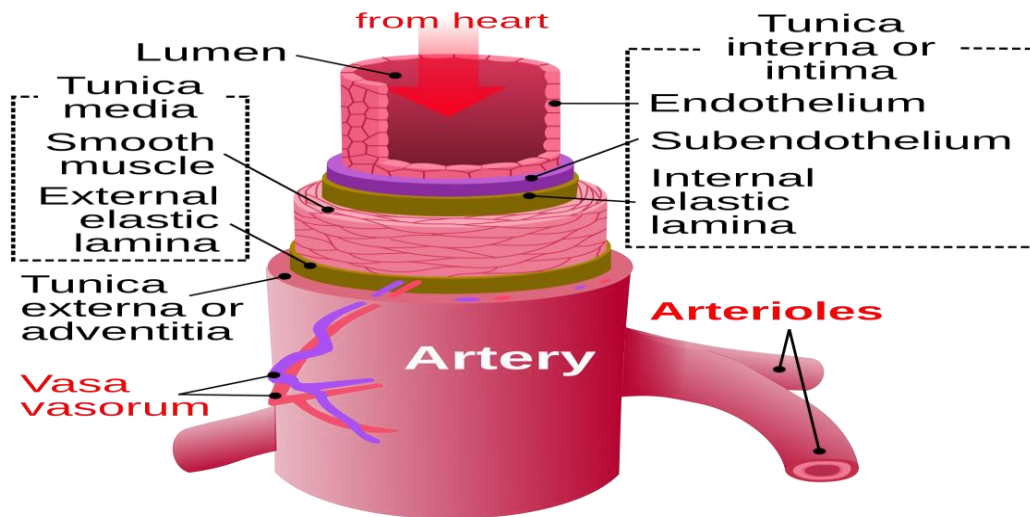


Figure 1.3 : Schéma d'une artère

3.2. Les artères élastiques

Appelées aussi artères conductrices, elles se composent de nombreux filaments de collagène et d'élastine ce qui leur permet de s'étirer en réponse à chaque impulsion. Cette élasticité aide à maintenir une pression constante dans les artères malgré le phénomène pulsateur du flux sanguin. Elles sont les plus proches du cœur à savoir l'aorte et ses branches et les artères pulmonaires. [4]

3.3. Les artères musculaires

Appelées aussi artères distributrices, elles sont de taille moyenne. Elles véhiculent le sang d'une artère élastique vers de petites artères et artérioles, leurs parois se composent d'un plus grand nombre de muscles lisses, ce qui leur permet de se contracter et de se développer en fonction de la demande sanguine périphérique. Parmi les artères musculaires on peut citer l'artère fémorale et l'artère splénique.

Il est à signaler que les artères élastiques ainsi que les artères musculaires sont des sites d'athérosclérose. [5]

3. 4. Les artérioles

Ce sont des vaisseaux sanguins d'un plus petit diamètre. Ils se trouvent dans la microcirculation. Ils s'étendent d'une artère à une autre et mènent aussi à des capillaires.

Ces vaisseaux ont des parois musculaires formées généralement d'une à deux couches de muscles lisses ils sont considérés comme étant le principal site de résistance vasculaire. La pression artérielle et la vitesse du débit sanguin changent lors de la transition des artérioles vers capillaires. [6]

3.5. Les Capillaires

Ce sont de petits vaisseaux sanguins allant de 5 à 10 micromètres de diamètre avec une paroi d'une cellule endothéliale d'épaisseur. Ils transmettent le sang entre les artérioles et les veinules. C'est aussi le lieu d'échange de nombreuses substances avec le liquide interstitiel qui les entoure.

Les capillaires lymphatiques se connectent à de plus grands vaisseaux pour drainer le liquide lymphatique recueilli dans la microcirculation. [7]

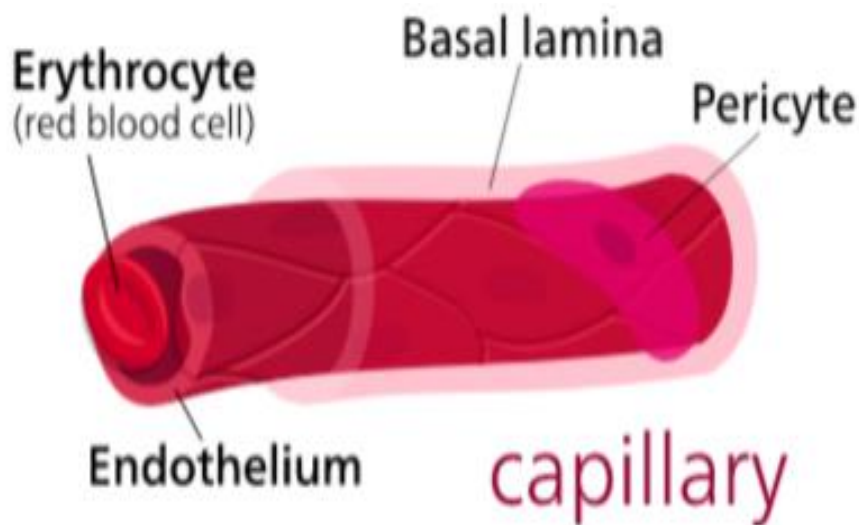


Figure 1.4 : Schéma d'un capillaire

3.6. Les veinules

Ce sont de petits vaisseaux sanguins dans la microcirculation qui permettent au sang de revenir des lits capillaires et se déverser dans les vaisseaux sanguins plus gros (veines). Les veinules ont un diamètre qui va de 7 à 1 mm. [8]

3.7. Les veines

Ces vaisseaux sanguins ont pour rôle de véhiculer le sang vers le cœur. Ils transportent en règle générale du sang désoxygéné des tissus vers le cœur.

Contrairement aux veines pulmonaires et ombilicales qui elles, transportent du sang oxygéné vers le cœur. Les veines sont plus proches de la peau, elles sont aussi moins musculaires et fonctionnent suivant un système de soupapes qui empêche le retour du sang en arrière.

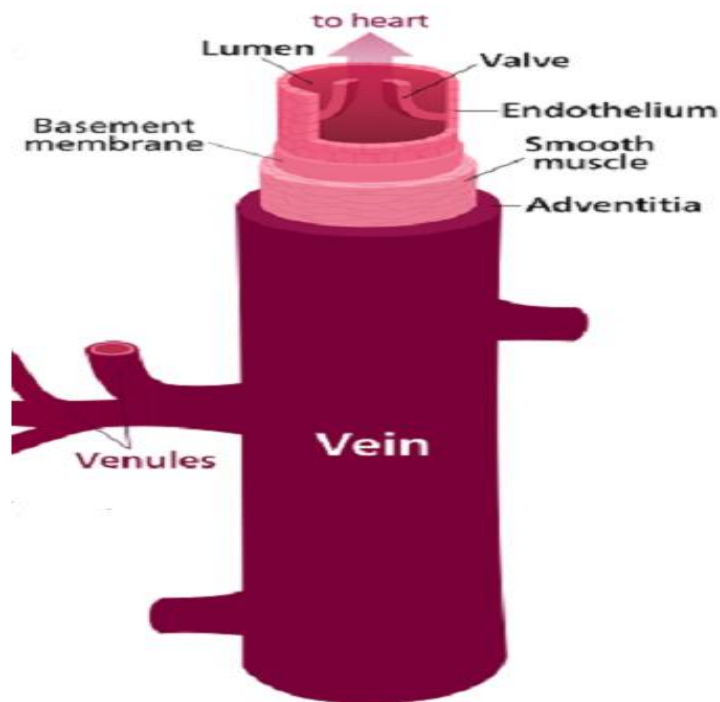


Figure 1.5 : Structure d'une veine

4. La ponction veineuse

La ponction veineuse est un acte médical invasif courant et quotidien dans le milieu médical tel que la prise de sang ou l'insertion de cathéter périphérique.

Il a été constaté qu'un tiers des patients subissent plusieurs ponctions lors des examens médicaux, ce qui peut causer hématomes ou lésions nerveuses.

Les facteurs en cause diffèrent, à savoir: l'âge, la couleur de la peau ou le dépôt de graisse.

Les endroits les plus ponctionnés pour des phlébotomies et des perfusions sont l'avant-bras et la veine céphalique de la main dorsale. Cependant il est parfois difficile de localiser ces veines.

S'agissant des enfants et des nouveaux nés les veines sont rarement clairement dessinées à la surface de la peau rendant ainsi la tâche encore plus difficile. [2]

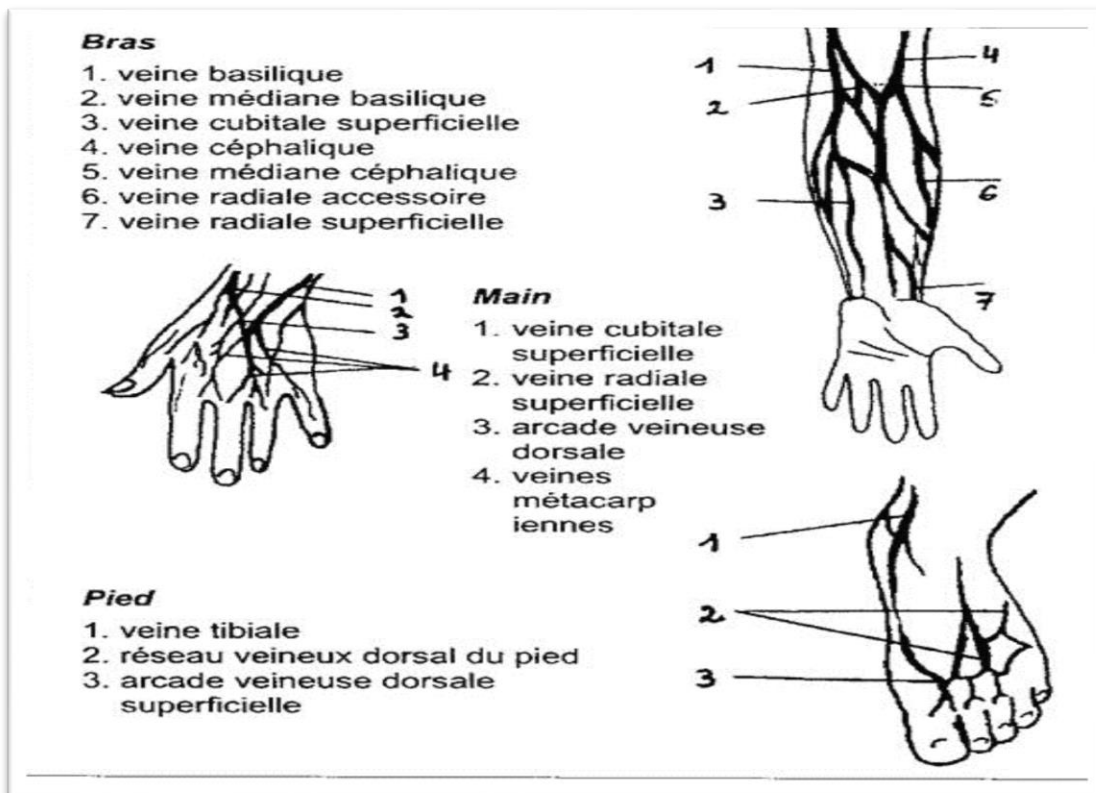


Figure 1.6 : Les différents Sites des prélèvements IV.

5. Les risques des mauvaises ponctions veineuses

Il existe beaucoup de facteurs défavorables lors d'une ponction veineuse. Parmi ces facteurs nous ne citerons que les plus fréquemment rencontrés à savoir : les veines fines, les veines ponctionnées à plusieurs reprises, les veines sclérosées, les veines roulantes, enfant frêle, veines de femmes, la mauvaise hydrogénation, le choc et le pré choc ,les veines fragiles, le traitement prolongé par des stéroïdes, la cachexie, la vasoconstriction, le froid et la peur.

Ces facteurs peuvent-être à l'origine d'événements indésirables survenant pendant et après la ponction veineuse comme :

Du sang qui ne coule pas librement dans le tube ce qui nous oblige à retirer ou changer la position de l'aiguille et à expliquer au patient l'obligation de refaire la ponction ou de choisir un autre site de prélèvement. Un collapsus de la veine qui est une pression exercée sur la veine, ce qui nous oblige là aussi, à choisir un nouveau site de ponction.

Un risque de malaise ou d'évanouissement et dans ce cas il faut retirer le garrot puis l'aiguille et exercer une pression sur le point de ponction.

Des nausées, des vomissements et des cas de convulsions. L'apparition d'hématomes, des veines endommagées dues à des ponctions effectuées à intervalles rapprochés et au même endroit causant ainsi une sclérose de la veine. [9].

L'atteinte accidentelle d'un nerf ou d'une artère et dans ce cas Il faut éviter de chercher la veine « à l'aveuglette » avec l'aiguille, car une telle manœuvre risque d'endommager les nerfs sous-jacents. Il faudrait donc Faire la ponction de sang en privilégiant les endroits où il y a le moins de nerfs.



Figure 1.7 : Hématome causé par une IV

Nous conviendrons donc que l'utilisation d'un dispositif de détection de sites de ponction facilite énormément le travail du Praticien de la santé et évite aux patients les désagréments causés par cet acte médical.

5.1. Dispositifs de détection de sites de ponction

Pour faire face aux problèmes cardiovasculaires les scientifiques ont élaboré différentes sortes d'imageries permettant de mieux visualiser le réseau vasculaire afin de pouvoir remédier et traiter les patients dans les plus brefs délais. Parmi de nombreux instruments de visualisation vasculaire on retrouve :

- La phlébographie
- Angioscanner
- Angio IRM
- Angiographie par TD
- L'écho doppler veineux
- Le Veinviewer

Dans le travail présent, nous allons nous intéresser particulièrement au Veinviewer car se dernier est non invasif, fiable, compacte, et permet une projection des veines en temps réel.

5.2. Le Veinviewer

Il fonctionne selon un principe facile à utiliser; basé sur l'utilisation de la lumière infrarouge qui est absorbée par le sang et réfléchié par les tissus environnants.

L'image obtenue des veines est projetée en temps réel directement sur la surface de la peau, chose qui facilite la visualisation des veines.



Figure 1.8 : Image des veines du bras obtenue par Veinviewer.

Cette technologie permet de voir des profils sanguins allant jusqu'à 15 mm de profondeur et des veines (cliniquement pertinentes) allant jusqu'à 10mm.

Plusieurs recherches ont été effectuées afin de visualiser les veines d'un patient, que ce soit par rétroprojection sur la peau ou bien par visualisation sur écran.

Ces recherches étaient toutes basées sur la lumière infrarouge en raison de ses propriétés de détection des formes. Il ya eu une seule recherche qui est passée en premier lieu par la lumière RGB mais, qui nécessite un filtre pour aboutir à la conclusion que la lumière infrarouge était bien la plus performante quant à la visualisation des veines.

Ces prototypes ont été testés sur différents patients (à savoir l'âge, la couleur de peau, et l'indice de masse corporel IMC) afin de déterminer leurs performances en termes de détection de veines.

Afin d'obtenir une image fiable, les recherches se poursuivent tout en améliorant les algorithmes d'extraction de l'image.

6. Conclusion

Pour conclure dans ce chapitre, il a été question d'aborder la ponction veineuse dans le milieu médical et les difficultés que peuvent rencontrer les praticiens de la santé quant à cet acte. Il va sans dire qu'on ne peut parler de la ponction veineuse sans avoir une idée sur la circulation sanguine. Qui elle, nous mène forcément au système cardiovasculaire et les différents types de vaisseaux sanguins. Pour bien visualiser ces vaisseaux, on a accompagné les informations données de figures de l'anatomie humaine, reflétant le système circulatoire, tel que la figure (1.2).

Après avoir parlé des différents types de vaisseaux et leurs rôles, on a donné un petit aperçu sur les différents sites utilisés pour des ponctions veineuses ainsi que les risques accompagnés à cette opération. Le but étant de montrer l'intérêt du veinviewer et son utilité dans la détection des veines ; permettant ainsi au praticien d'intervenir rapidement et efficacement.

Chapitre 2 : Anatomie et physiologie générale de la peau et l'interaction de la lumière avec les tissus du corps humain.

1. Introduction

La peau est un organe du corps humain qui a pour fonction le maintien de la température corporelle. C'est aussi une barrière de protection du milieu externe. Elle est aussi considérée comme étant un organe sensoriel et immunitaire.

Là, ce qui nous intéresse le plus par rapport au sujet étudié dans ce projet, c'est que la peau est un organe de vascularisation et de synthèse de substances essentielles à notre organisme. S'il est consacré un chapitre ici à la composition des différentes couches de la peau c'est dans le but de comprendre ses composants et sa perméabilité aux lumières. L'idée étant de savoir quelles lumières peuvent traverser les différentes couches et faire apparaître la vascularisation et ses différents vaisseaux.

2. Anatomie et physiologie générale de la peau

La peau est le tissu le plus externe du corps et le plus grand organe en termes de poids et superficie. Il a une superficie d'environ 16 000 cm² pour un adulte et représente environ 8% du poids corporel. La peau a une structure très complexe qui se compose de nombreux composants comme le montre la figure (2.1). Les cellules, les fibres et autres composants forment plusieurs couches différentes qui donnent à la peau une structure multicouche. Les veines, les capillaires et les nerfs forment de vastes réseaux à l'intérieur de cette structure. De plus, de nombreux cheveux fins sont dispersés à la surface de la peau.

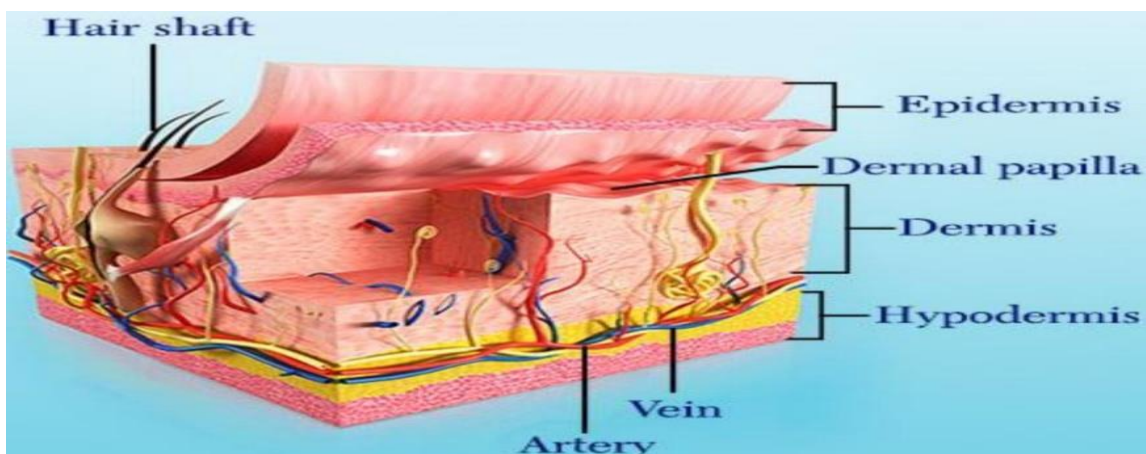


Figure 2.1 : Diagrammes schématiques de la Coupe de peau

2.1. Anatomie de la peau

Le plus grand organe du corps est la peau, qui est multicouche avec ses trois principales [12] couches qui sont l'épiderme, le derme [13]. et la couche sous-cutanée, également appelée hypoderme. La figure [2.2] montre la coupe de la peau.

L'épiderme est la couche la plus externe et ne contient pas tous les vaisseaux sanguins. Il laisse passer la lumière car ce dernier est perméable.

La couche intermédiaire connue sous le nom de derme contient des capillaires, des glandes et des cheveux, follicules. Là, des échanges ont lieu entre le derme et l'épiderme pour fournir différents apports en nutriment.

L'hypoderme situé au-dessus du muscle et de l'os est la couche la plus basse de la peau constituée de cellules graisseuses, de veines, d'artères et de nerfs. La quantité de graisse sous-cutanée dans cette couche détermine la pénétration de la lumière dans les tissus sous-jacents. [10].

Les enfants possèdent une peau de moindre épaisseur par rapport aux adultes.

La profondeur de l'épiderme varie de 0,027 à 0,15 mm et celle du derme varie de 0,6 à 3 mm. L'épaisseur hypodermique peut être comprise entre 0 et 3 mm avec le maximum au niveau de l'abdomen. [11]

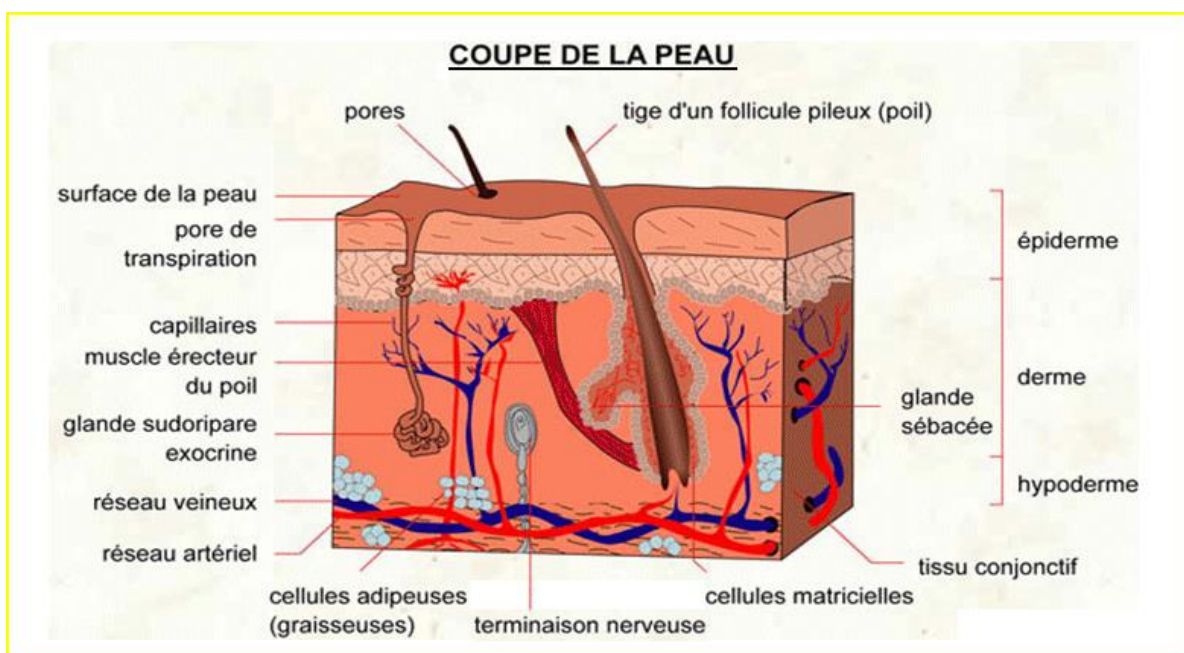


Figure 2.2 : coupe de peau détaillée

2.2. Optique de la peau

L'étude des phénomènes de transport de la lumière dans les tissus permettra de mieux comprendre le fonctionnement du système de recherche de veines.

La figure (2.3) illustre la diffusion de la lumière dans le tissu.

Le faisceau lumineux incident sur la peau subit une absorption, une diffusion et une réflexion par les différentes couches de tissus à différentes profondeurs.

Les caractéristiques de la lumière diffèrent par rapport à chaque couche de la peau. Le reflet de la lumière sur la surface de la peau est appelé réflexion spéculaire.

La lumière réfléchie de manière spéculaire ne se propage pas à travers les tissus internes et peut ainsi ajouter de l'éclat à une image veineuse.

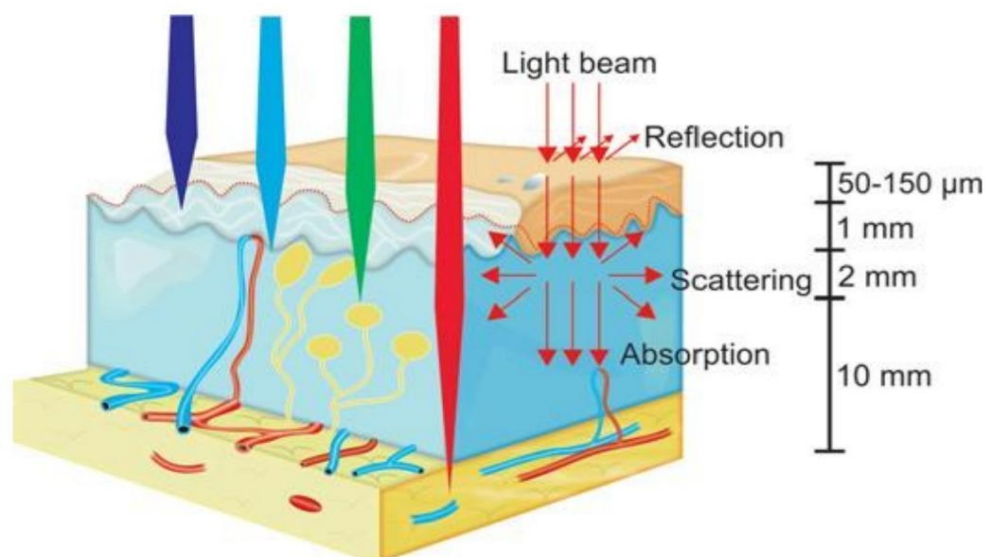


Figure 2.3 : Propagation de la lumière à travers la peau

Un modèle de peau à trois compartiments est envisagé, composé d'épiderme, de derme et d'une couche sous-cutanée [14]. La couche épidermique absorbe un peu de lumière et transmet la lumière dans les tissus de couches sous-jacentes après diffusion.

Beaucoup de diffusion se produit dans le derme avant qu'elle ne se propage dans la couche hypodermique, tandis qu'une partie de la lumière est absorbée.

La graisse disperse une grande partie de lumière et en absorbe très peu. Une partie de la lumière atteignant le sang dans les vaisseaux est absorbée par l'hémoglobine, tandis qu'une partie est dispersée principalement vers l'avant en raison de la grande taille des globules rouges.

Il a été rapporté que le sang dans les veines est dominé par la désoxyhémoglobine avec une concentration en oxyhémoglobine d'environ 47% tandis que celle dans les artères contient plus d'oxyhémoglobine (90% – 95%)

Les deux types de l'hémoglobine possèdent différentes propriétés d'absorption de la lumière, comme le montre la figure (2.4) , [15]

Les deux types présentent presque les mêmes caractéristiques d'absorption jusqu'à la longueur d'onde de 600 nm. Cela nous amène à comprendre que l'absorption de la lumière par les veines est supérieure à celle des artères entre les longueurs d'onde de 600 nm à 800 nm.

La courbe descend rapidement pour la désoxyhémoglobine alors qu'elle monte un peu puis retombe pour l'oxyhémoglobine.

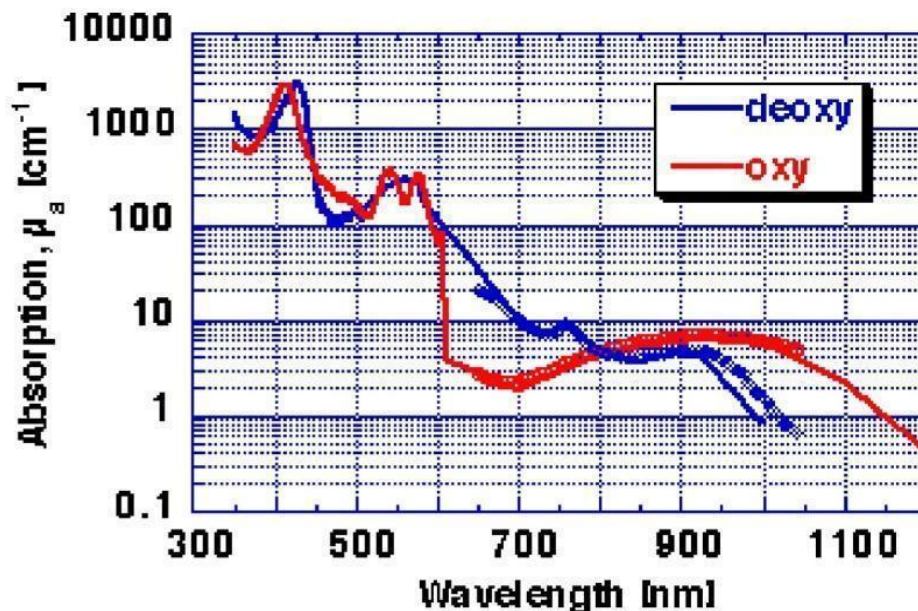


Figure 2.4 : Absorption de l'oxyhémoglobine et la désoxyhémoglobine dans le sang

La lumière à différentes longueurs d'ondes atteint différentes profondeurs lorsqu'elle traverse les tissus comme le montre la figure (2.5). Les barres de la figure (2.5) indiquent l'étendue de la transmission de la lumière dans toutes les couches de la peau à diverses longueurs d'ondes.

Les longueurs d'ondes de la lumière visible vont de 400 nm à 700 nm, tandis que les longueurs d'ondes infrarouges (IR) vont de 700 nm à 1000 nm.

La lumière aux longueurs d'onde entre 300 nm et 400 nm n'atteint que les sections épidermiques et dermiques de la peau qui ne contiennent pas de veines.

La lumière aux longueurs d'onde du proche infrarouge (NIR) (700 - 1000 nm) est moins absorbée par d'autres tissus et atteint les vaisseaux sanguins dans le tissu sous-cutané.

Le Veinviewer utilise ce phénomène pour visualiser les veines qui ne peuvent pas être visualisées en lumière visible. Le principe de fonctionnement du système Veinviewer est basé sur l'interaction tissu-lumière dans le corps.

L'utilité clinique du système Veinviewer déterminée à partir d'études antérieures sur des sujets pédiatriques est également discutée. [16]

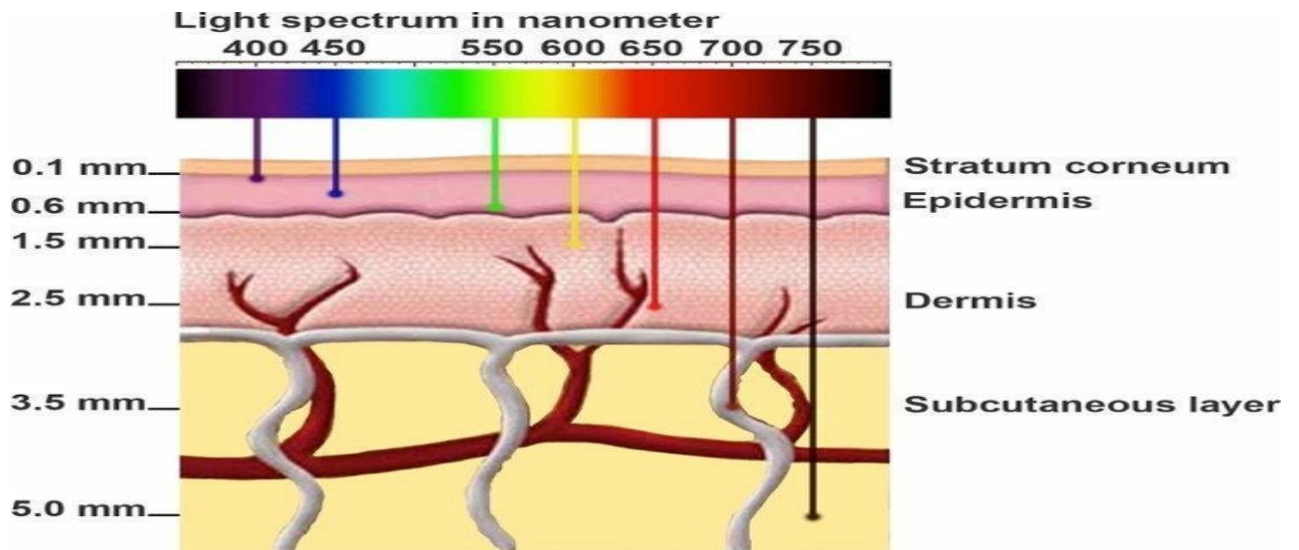


Figure 2.5 : Propagation de la lumière à différentes longueurs d'ondes dans la peau.

3. Interaction du proche infrarouge avec les tissus du corps humain.

3.1. Lumière infrarouge

On qualifie de rayonnement infrarouge (IR), un rayonnement électromagnétique de même nature que la lumière visible. Toutefois ses longueurs d'onde sont trop grandes pour être perceptibles par l'œil humain. Comprises entre 700 nm et 1 mm, elles sont supérieures à celles de la lumière visible et inférieures à celles du domaine submillimétrique (micro-ondes). Le spectre du rayonnement infrarouge peut être divisé en trois grandes bandes:

- Infrarouge proche, de 700 à 1.000 jusqu'à environ 2.500 nm ;
- Infrarouge moyen, de 2.500 jusqu'à 25.000 à 40.000 nm ;
- Et celle de l'infrarouge lointain, de 25.000 à 40.000 nm jusqu'à 0,2 à 0,35 mm.

3.2 Les sources de rayonnement infrarouge

Il existe plusieurs sortes de sources infrarouges, chaque objet au-dessus de zéro degré kelvin dégage une forme de rayonnement infrarouge appelé rayonnement thermique.

Il permet de détecter et de recueillir des informations sur un environnement donné sans avoir recours à une lumière visible.

-Le **corps humain** est une source de rayonnement infrarouge d'une longueur d'onde d'environ 10 microns.

-le **rayonnement corporel noir** est un corps ou un objet qui ne produit aucune lumière ni aucun rayonnement de son environnement mise à part celui thermique.

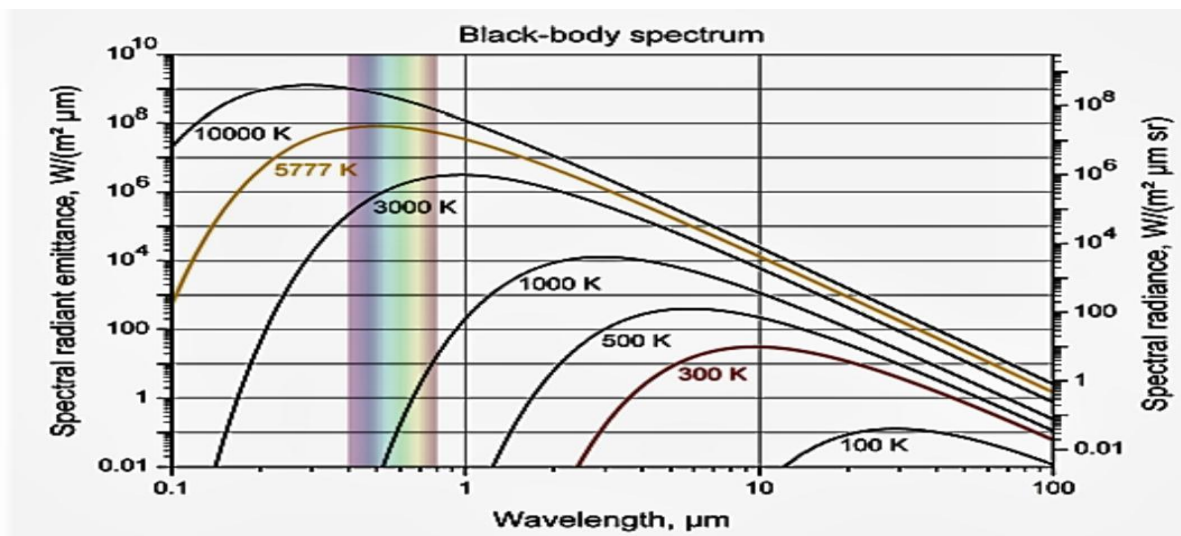


Figure 2.6 : Le rayonnement corporel noir

-Il existe aussi une source infrarouge modulable électriquement. Ce sont les lampes similaires à des ampoules à incandescence courante utilisant un filament différent tel que le tungstène. Elles produisent plus d'énergie thermique. Ce filament de tungstène brillera d'une couleur orange foncé.

-Les lasers quantiques en cascade émettent un rayonnement infrarouge de longueur d'onde moyenne. Ces lasers sont utilisés pour la détection de précision comme la spectroscopie, les applications médicales et les applications militaires.

-La diode électroluminescente (LED) est la source d'infrarouge la plus courante. Les avancées technologiques ont permis d'élaborer des LED infrarouges avec des ondes de plus en plus longues.

Endwin John Koerperik , étudiant diplômé de l'université de L'Iowa, affirme que les diodes émettrices de lumière augmentées sur le système de super réseau INAS/GASB ont été développées pour être utilisées dans les systèmes optoélectroniques infrarouges à moyennes et longues ondes en utilisant une configuration de dispositifs de région à multiples activités, les recherches ont abouti à une haute performance optique dans les bandes spectrales allant de 3_5um et de 7_12 Um.

3.3. Spectre électromagnétique

La longueur d'onde est distance entre les points correspondants de deux ondes consécutives. Les points correspondants « désignent deux points ou particules dans la même phase », c'est-à-dire des points qui ont terminé des fractions identiques de leur mouvement périodique. Habituellement, dans les ondes transversales (ondes dont les points oscillent perpendiculairement à la direction de leur progression).

La longueur d'onde est mesurée de crête en crête ou de creux en creux; en ondes longitudinales (ondes avec points vibrants dans le même sens que leur avance), elle est mesurée de la compression à compression ou de raréfaction en raréfaction. La longueur d'onde est généralement désignée par la lettre grecque lambda (λ); elle est égale à la vitesse (v) d'un train d'ondes dans un milieu divisé par sa fréquence (f) : $\lambda = v/f$.

L'ordre des couleurs dans la lumière, classé de la longueur d'onde la plus courte à la plus longue, est appelé le spectre visible de la lumière. La figure (2.7) montre le spectre visible de la lumière, qui va de violet à rouge. Vous pourriez reconnaître le spectre comme l'ordre des couleurs dans un arc-en-ciel.

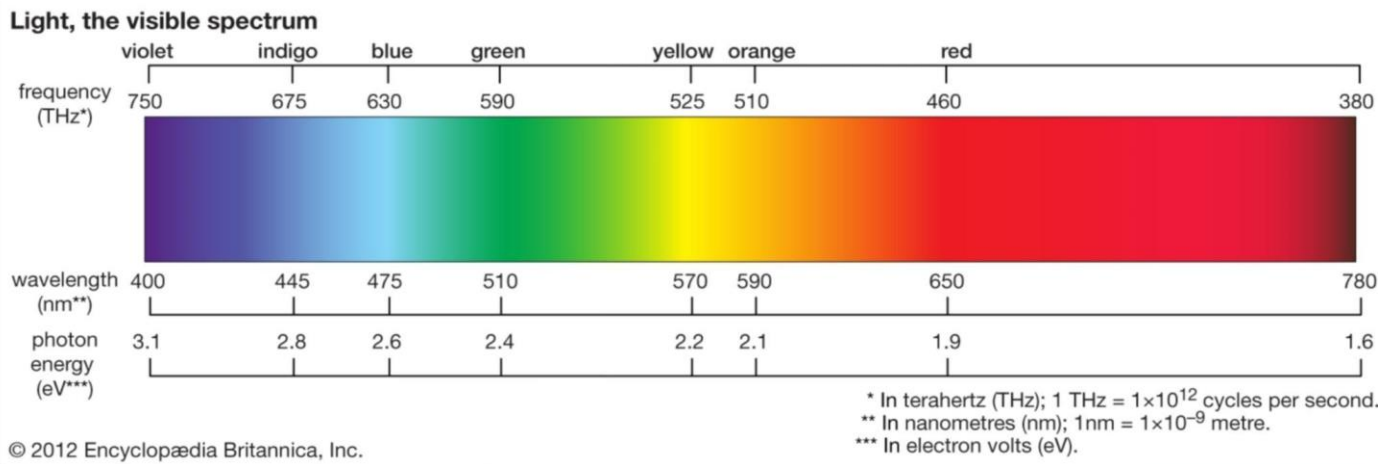


Figure 2.7 : Spectre de la lumière visible

Mais les ondes lumineuses peuvent aussi avoir des longueurs d'ondes inférieures ou supérieures aux longueurs d'ondes du spectre visible, et de nombreux types de rayonnements familiers ne sont que des ondes lumineuses avec d'autres longueurs d'ondes. La lumière ultraviolette et les rayons X ont des longueurs d'onde plus courtes que la lumière violette, et les infrarouges (chaleur) et les ondes radio ont des longueurs d'ondes plus longues que la lumière rouge.

La gamme complète des longueurs d'ondes de la lumière est appelée "spectre électromagnétique". La figure [3.3] montre à quelles **plages** de longueurs d'ondes du spectre électromagnétique correspondent chaque type de lumière. [17]

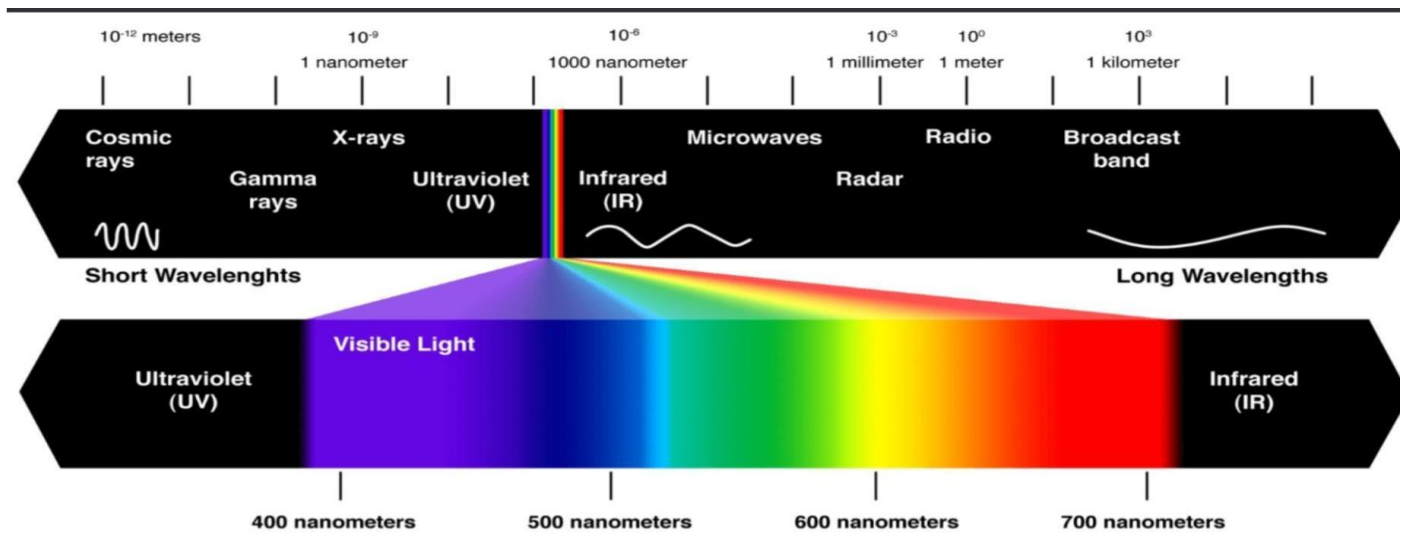


Figure 2.8 : Les différentes longueurs d'ondes dans le spectre électromagnétique

3.4. Lumière proche infrarouge

La lumière proche infrarouge (NIR) est un rayonnement électromagnétique avec une longueur d'onde plus longue (de 700 nm jusqu'à 1000 nm) que la lumière visible (350-670) nm, comme illustré dans la figure (2.8) qui montre la lumière ultraviolette (UV), la lumière visible (VIS) et la lumière proche infrarouge (NIR).

Les ondes infrarouges sont plus longues que celles de la lumière visible, juste au-delà de l'extrémité rouge du visible spectre. L'infrarouge (IR) se situe dans la gamme du spectre (EM) entre micro-ondes et lumière visible. Il a des fréquences d'environ 3 GHz jusqu'à environ 400 THz et des longueurs d'ondes d'environ 30 centimètres (12 pouces) à 740 nanomètres (0,0003 pouces).

3.5. Interaction de la lumière visible et de la lumière proche infrarouge avec les tissus biologiques

Le comportement de la lumière (proche infrarouge) dans les tissus se caractérise principalement par deux phénomènes :

Absorption et diffusion comme indiqué sur la figure (2.9) . Une particule lumineuse (photon) peut être absorbée par des molécules connues sous le nom de chromophores lors de l'interaction avec les tissus, le photon peut également être redirigé lors de l'interaction avec les molécules, c'est ce qu'on appelle la diffusion.

La quantité de l'absorption et la diffusion dépendent de la longueur d'onde et du tissu (chromophore) et sont déterminées respectivement par le coefficient d'absorption μ_a et le coefficient de diffusion μ_s

Il existe une direction de diffusion préférée en fonction de la longueur d'onde et de la taille du chromophore, décrite par le facteur d'anisotropie g (angle de diffusion cosinus moyen). [18]

Pour la quantité de diffusion vers l'avant, le coefficient de diffusion réduit μ_{0s} est utilisé et qui est défini comme $\mu_s (1-g)$.

La figure [2.9] montre une vue schématique d'un événement d'absorption et d'un événement de diffusion lorsqu'un photon interagit avec une molécule.

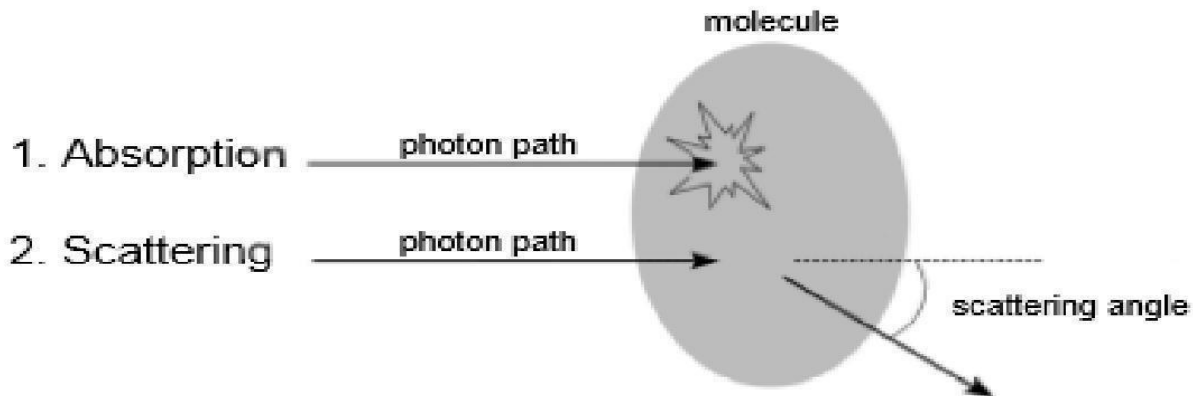


Figure 2.9 : Schéma de l'absorption et la diffusion d'un photon.

Les vaisseaux sanguins sont recouverts d'une couche de graisse sous-cutanée, suivie du derme et enfin de l'épiderme. L'épiderme est généralement de 0,1 mm d'épaisseur, tandis que le derme est d'environ 0,5 mm à quelques millimètres d'épaisseur, selon la localisation anatomique et les caractéristiques du patient.

Les vaisseaux sanguins sont enfouis dans la graisse sous-cutanée à une profondeur pouvant atteindre quelques millimètres. Les principaux chromophores sont la mélanine (pigment 'brun'), les lipides dans le l'épiderme, l'hémoglobine (dans les globules rouges), l'eau et les lipides dans le derme et la graisse sous-cutanée.

L'absorption par la plupart de ces chromophores est bien moindre dans la proche-partie infrarouge par rapport à la partie visible du spectre. Cependant, l'absorption par l'eau commence généralement à augmenter au-dessus de 900 nm, comme le montre la figure [2.10].

Le comportement de diffusion de photons dans les tissus est généralement décrit par la diffusion Mie et Rayleigh.

La diffusion de Rayleigh est une diffusion par des particules plus petites qu'un dixième de la longueur d'onde (telles que les organites cellulaires) et est isotrope, tandis que la diffusion Mie est diffusée par des particules plus grandes que la longueur d'onde (telles que les fibres de collagène) fig. [19], et est principalement orientée vers l'avant.

3.6. Le montant de Mie et Rayleigh

La diffusion est inversement proportionnelle à la longueur d'onde, mais la diffusion de Rayleigh décroît plus rapidement.

La diffusion de Mie est dominante dans le spectre proche infrarouge et donc la plus pertinente pour l'objectif du projet. Les diffuseurs les plus importants sont le collagène et la graisse dans la peau et l'hémoglobine dans sang. Si la diffusion est beaucoup plus élevée que l'absorption, ce qui est le cas dans la plupart des types de tissu dans le spectre proche infrarouge, la lumière devient rapidement isotrope, permettant la diffusion. Théorie à utiliser pour calculer le transport de la lumière dans les tissus. [20]

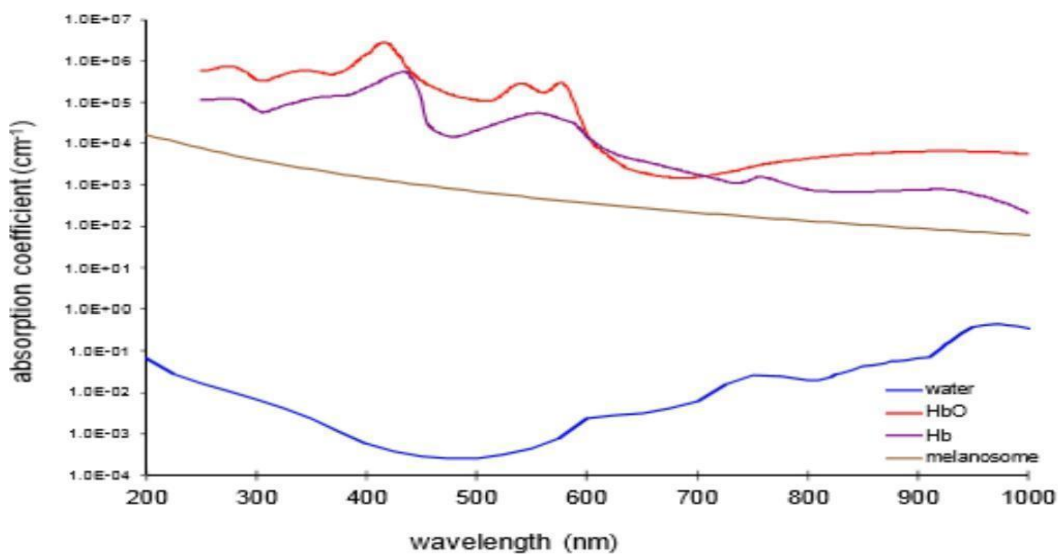


Figure 2.10 : Diagramme de Coefficients d'absorption pou longueur d'onde

La diminution de l'absorption et de la diffusion des chromophores, décrite ci-dessus, conduit à une région de longueur d'onde comprise entre 650 et 1000 nm dans laquelle une pénétration profonde des tissus est possible comme discuté dans la figure (2.8)

À l'extrémité inférieure de cette région, l'absorption de l'hémoglobine et de la mélanine et la diffusion sont élevées, tandis qu'à l'extrémité supérieure, l'absorption d'eau augmente rapidement [21]. La région entre les deux s'appelle la fenêtre proche infrarouge et permet la visualisation des vaisseaux sanguins, car la concentration d'hémoglobine dans les vaisseaux sanguins est suffisamment élevée pour générer un grand contraste entre les tissus et les vaisseaux sanguins.

3. 7. Longueur d'onde optimale pour la visualisation sous-cutanée des vaisseaux sanguins

Les vaisseaux sanguins qui sont utilisés pour l'accès veineux périphérique et artériel sont généralement situés jusqu'à quelques millimètres sous la surface de la peau. Les vaisseaux sanguins sont noyés dans une couche de tissu adipeux sous-cutané, à une profondeur de 1 mm à plusieurs millimètres.

Les principaux chromophores de l'épiderme, du derme et du tissu adipeux sous-cutané sont: mélanine, sang (surtout hémoglobine), lipides et eau. Dans la partie visible du spectre, la mélanine et l'hémoglobine sont hautement absorbantes, contrecarrant la pénétration profonde des tissus.

Dans la lumière visible et la lumière proche infrarouge qui font partie du spectre (600-880 nm), il y a beaucoup moins d'absorption par la mélanine et l'hémoglobine. Cependant, au-dessus de 900 nm, l'absorption d'eau augmente, empêchant ainsi la pénétration profonde des tissus. Cela crée une soi-disant « fenêtre » entre 600 et 880 nm, où une pénétration profonde des tissus par la lumière est possible.

La diffusion de la lumière par les tissus est également un facteur important pour caractériser la profondeur de pénétration des tissus. Dans la région NIR, la diffusion est moindre que dans la région visible, mais elle provoque toujours une plus grande atténuation de la lumière que d'absorption dans l'interaction lumière-tissu.

La fenêtre NIR peut être utilisée pour pénétrer la peau et le tissu adipeux sous-cutané jusqu'à une profondeur de plusieurs centimètres.

L'absorption de la lumière NIR par le sang (hémoglobine) dans les vaisseaux sanguins est suffisante pour générer un contraste élevé entre les vaisseaux sanguins et les tissus, la figure (2.11) est un diagramme détaillé utilisé pour calculer la transmission de lumière à travers les tissus. [22]

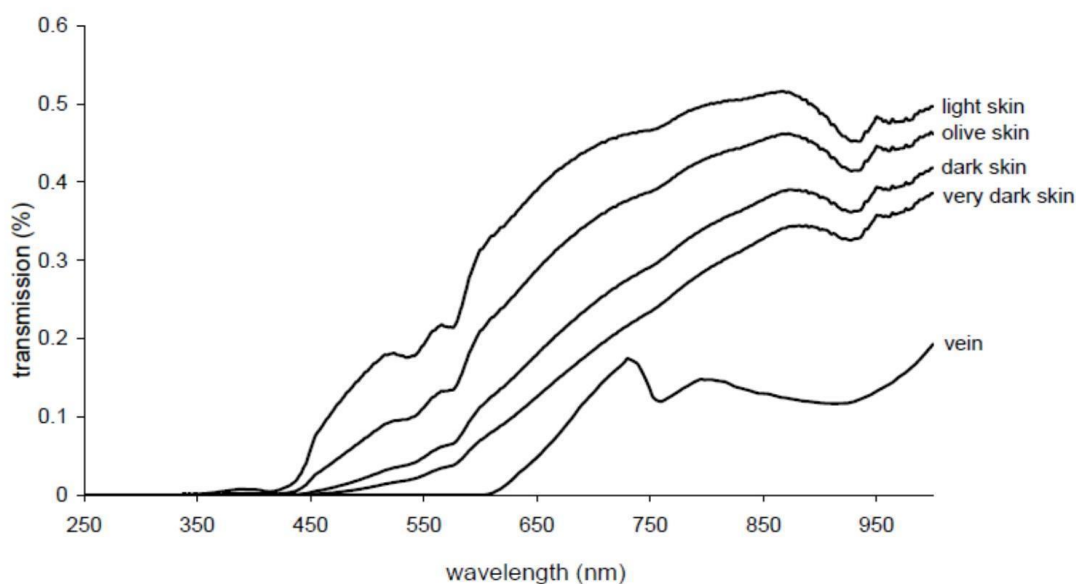


Figure 2.11 : Transmission de la lumière à travers différentes peaux

3.8. Visualisation des vaisseaux sanguins avec la lumière visible et l'infrarouge NIR

La fenêtre de lumière visible est utilisée à plusieurs fins d'imagerie médicale, telles que la spectroscopie et la tomographie.

Dans les années 70, la visualisation des vaisseaux sanguins périphériques était explorée par plusieurs chercheurs pour la première fois, en utilisant la photographie infrarouge ou une TV infra scope [23]. Les méthodes utilisées ne permettaient pas une visualisation en temps réel.

Plus récemment, en raison des développements technologiques, de nouvelles techniques sont devenues disponibles pour rendre possible l'imagerie NIR en temps réel, principalement en raison de la lumière NIR visible de la bande de flèche d'intension sources (diodes électroluminescentes, LED) et caméras à haute sensibilité pour la lumière NIR.

Les nouvelles méthodes de visualisation des vaisseaux sanguins n'ont pas été immédiatement utilisées pour faciliter accès veineux ou artériel périphérique, mais plutôt pour les identifications biométriques par schémas veineux et la surveillance des paramètres physiologiques tels que le débit sanguin local et l'oxygénation. [24] [25]

Cependant, plus récemment, plusieurs chercheurs ont exploré la possibilité d'utiliser ces nouvelles méthodes de visualisation des vaisseaux sanguins pour faciliter l'accès veineux ou artériel périphérique.

3.9. Sécurité de la lumière visible et de la lumière NIR pour la peau

La figure (2.12) montre l'augmentation de la température à la fois par la lumière NIR elle-même, en utilisant une lumière guide, et par la LED NIR en contact direct avec la peau.

Comme on peut le voir, une légère hausse de température de (1°C) est observée lorsque le guide de lumière a été utilisé. Cependant, lorsque la LED NIR a été placée directement au contact de la peau, la montée en température est beaucoup plus élevée (7°C), parce que la LED elle-même génère beaucoup de chaleur. [26]

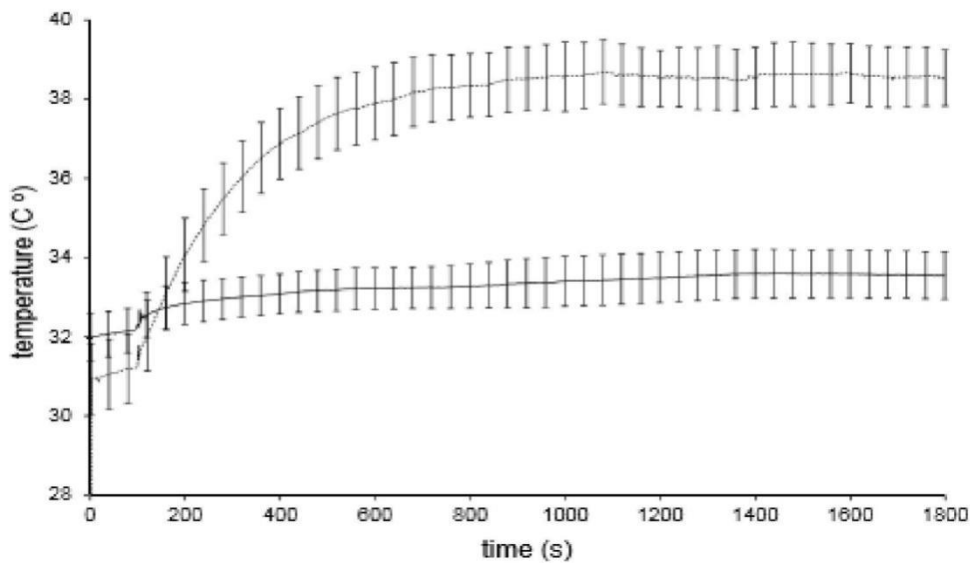


Figure 2.12 : Élévation de la température du tissu par guide de lumière NIR et par la lumière visible en direct contact avec la peau.

La mesure du guide de lumière est indiquée par la ligne continue et de la LED en contact avec la peau par la ligne pointillée.

Les lignes verticales indiquent les valeurs SD. La source lumineuse était allumée à 100 s. La température ambiante était stable à 22 C°.

4. Conclusion

Dans ce chapitre, il a été question d'introduire au lecteur un aperçu sur l'anatomie et la physiologie de la peau. Etant un organe de vascularisation comprenant veines, capillaires et nerfs sous la forme d'un vaste réseau.

On a abordé les différentes couches formant la peau ; qui sont l'épiderme, le derme et la couche sous cutanée, ainsi que la position des vaisseaux sanguins par rapport à ces couches.

Pour comprendre la diffusion de la lumière dans les différents tissus de la peau et dans le but de détecter les veines, on a abordé l'optique de la peau et de sa perméabilité aux différentes lumières.

Là, on a conclu que la lumière NIR reste la plus appropriée quant à la pénétration de la peau et à la détection des veines.

Il a été aussi question dans ce chapitre, la différence d'absorption de la lumière NIR par l'hémoglobine selon sa densité en oxyhémoglobine comme illustré dans la figure (2.4).

On a aussi donné un aperçu sur les différentes lumières : visible, infrarouge, proche infrarouge et infrarouge lointain.

Qui dit rayonnement infrarouge, dit spectre électromagnétique qui est la gamme complète des longueurs d'ondes de la lumière. Figure (2.8). La manière de mesurer et de désigner une longueur d'onde a aussi été définie.

Il a été question aussi du proche infrarouge comparé à la lumière visible, à l'infrarouge et à la lumière ultraviolette.

A ce stade, on a du parler de l'interaction de la lumière visible et de la lumière infrarouge avec les tissus biologiques et cela par rapport à l'absorption et la diffusion de la lumière. Figure (2.9)

Par conséquent il était inévitable de ne pas parler du montant de Mie et de celui de Rayleigh, pour voir le degré de diffusion et de transport de la lumière dans les tissus de la peau.

Pour une visualisation des vaisseaux sanguins sous cutanée, il a fallu définir une longueur d'onde optimale en comparant les différentes lumières figure (2.12)

Il est à noter que la lumière proche infrarouge ne représente pas de risques potentiels pour la peau et donc pour la santé.

Ce qui nous mené à conclure que le NIR reste jusqu'à présent la meilleure option concernant la visualisation des veines sous cutané.

Chapitre 3 : Réalisation d'une alternative au Veinviewer à moindre coût.

1. Introduction

Tout au long de ce travail, nous avons mis en évidence l'utilité du Veinviewer quant à la détection de la vascularité et à la localisation du site de ponction de façon précise sans provoquer de désagrément au patient.

Ayant bien compris le mode de fonctionnement du Veinviewer ainsi que son utilité dans le milieu médical, il nous est impossible de nier la nécessité de sa disponibilité dans tous les services hospitaliers.

Ceci dit, son coût reste comme même assez élevé, ce qui nous a amené à réaliser ce projet.

Projet, qui n'est autre qu'une alternative au Veinviewer, mais à moindre coût. Cette alternative après réalisation s'est avérée approximativement 20 fois moins chère que le Veinviewer.

Manufacturé, il aurait eu probablement un design et un aspect externe meilleur qu'un boîtier en plastique, mais sa fonctionnalité et son efficacité reste la même.

2. Matériel utilisé pour la réalisation

- Raspberry pi 4 modèle B
- Carte mémoire(SD) 64go
- Caméra Raspberry pi de 5 méga pixels à vision infrarouge
- Écran LCD de 3.5 inch pour Raspberry pi
- Plaque perforée de (9×15cm)
- 15 LED à infrarouge de 5mm avec longueur d'onde de 850nm
- 15 Résistance de 62 ohm
- Fer à souder + étain
- Boîtier en plastique de (10×10cm) avec profondeur de 5Cm
- 5 piles de 1.5v relié en série pour un voltage de 7.5v
- Interrupteur

3. Prix du matériel utilisé

Matériels	Prix en DA
Raspberry pi 4 modèle B	15000DA
Carte mémoire (SD) 64go	900DA
Caméra Raspberry pi de 5 méga pixels à vision infrarouge	6000DA
Écran LCD de 3.5 inch pour Raspberry pi	3000DA
Plaque perforée de (9×15cm)	400DA
15 LED à infrarouge de 5mm avec longueur d'onde de 850nm	375DA 25DA/led
15 Résistance de 62 ohm	150DA 10da/résistance
Fer a souder + étain	400DA
Boîtier en plastique de (10×10cm) avec profondeur de 5Cm	160DA
5 pile de 1.5v	60DA
Interrupteur	50DA
Total	26495DA

4. Caractéristiques et utilité du matériel utilisé

4.1. Raspberry pi 4 modèle B

Caractéristiques

Le Raspberry Pi est un nano-ordinateur mono-carte à processeur ARM de la taille d'une carte de crédit conçu par des professeurs du département informatique de l'université de Cambridge dans le cadre de la fondation Raspberry Pi.

Le Raspberry Pi a été créé afin de démocratiser l'accès aux ordinateurs et au digital making. Cette démocratisation est possible en raison du coût réduit du Raspberry Pi, mais aussi grâce aux logiciels libres. Le Raspberry Pi permet l'exécution de plusieurs variantes du système d'exploitation libre GNU/Linux, notamment Debian, et des logiciels compatibles. Il fonctionne également avec le système d'exploitation Microsoft Windows : Windows 10 IoT Core, Windows 10 on ARM, et celui de Google Android Pi, et même une version de l'OS/MVT d'IBM accompagné du système APL\360.

Utilité

Dans le travail présent le Raspberry pi 4 modèle B va servir à la visualisation des veines grâce à son écran LCD et sa caméra à vision infrarouge, tout cela géré par différents programmes adéquats.

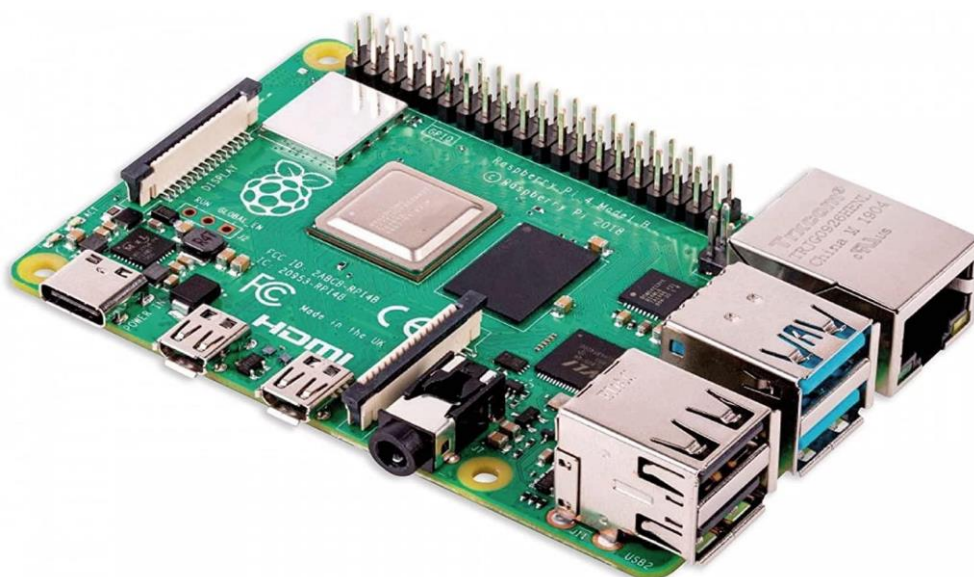


Figure 3.1 : Raspberry pi 4 modèle B

4.2. Carte mémoire (SD) 64go

Caractéristiques

La carte SD est de nos jours le format le plus répandu de stockage mémoire. La plupart des ordinateurs portables possèdent un lecteur de cartes SD. Une carte SD va de 8Go à 64Go ou bien même 1 téraoctet; ce qui vous permettra de stocker une quantité importante de documents divers.

Utilité

Initialement, aucun stockage interne n'est présent sur le Raspberry Pi. Tel quel, il est donc impossible de programmer l'appareil étant donné qu'il n'y a nulle part où stocker le système et les ressources (données) du Raspberry Pi. Pour pouvoir profiter du potentiel du Raspberry Pi, il sera ainsi indispensable d'utiliser un périphérique de stockage, notamment une carte (SD ou Micro SD).

La carte mémoire (carte SD), comme son nom l'indique, permettra de stocker le système de base du Raspberry Pi et des données (dans le cas du Raspberry Pi utilisé comme caméra).

Contrairement au disque dur externe pour Raspberry Pi, la carte mémoire est petite, légère et peu encombrante, ce qui permet de profiter de toute la mobilité du Raspberry Pi.

4.3. Caméra Raspberry pi de 5 méga pixels à vision infrarouge

Caractéristiques

Raspberry Pi 4 Caméra de vision ir avec grand angle de 150 degrés Fisheye 5 m de pixels 1080p
.Module de caméra pour RPI 4 Raspberry Pi 3 Modèle B/B+

Module caméra Raspberry Pi vision Ir.

Caméra Raspberry Pi.

Capteur OV5647 de 5 méga pixels.

Taille CCD : 6,35 mm.

Résolution du capteur : 1080p

Utilité

Dans ce projet la caméra à vision infrarouge va servir à la visualisation de veines qui sont exposées grâce à la réflexion et l'absorption de la lumière infrarouge sur la peau.



Figure 3.2 : caméra à vision infrarouge pour Raspberry pi

4.4.Écran LCD de 3.5 inch pour Raspberry pi

Caractéristiques

Ce module d'écran tactile de 3,5 pouces est spécialement conçu pour Raspberry Pi, utilisant le dernier système Linux Core (vision 3.18.9), le dernier système de fichiers de bureau officiel Raspberry Pi et les données de transmission SPI les plus rapides, une solution de remplacement idéale pour les interfaces non conviviales; Men-Machine pour Raspberry Pi, associés à la puissance portable, permettant de bricoler partout et à tout moment.

Interface LCD: SPI

Contrôleur d'écran tactile: XPT2046

Rétro-éclairage: LED

Type d'écran LCD: TFT

Résolution: 320 * 480 points

Système de base: vision 3.18.9

Vitesse SPI: 32 MHz

Indice de niveaux de couleur: 65536

Consommation électrique / courant de rétro éclairage: à déterminer

Prend en charge le système Raspbian, permet à votre système :

1. La lecture de vidéos (prend en charge les formats multiples, MP4, etc.)
2. La prise de photos en touchant (jusqu'à 17 modes de l'appareil photo)
3. L'interaction du système sans clavier / souris
4. L'installation de pilote de support automatiquement.

Utilité

Dans ce projet l'écran LCD va servir à la visualisation de l'image acquise par la caméra.



Figure 3.3 :écran LCD 3.5 inch pour Raspberry pi

4.5. Plaque perforée de (9×15cm)

Utilité : Relier les LED à infrarouge et les résistances ensemble pour obtenir un circuit qui fournit de la lumière IR.

4.6. LED à infrarouge de 5 mm avec longueur d'onde de 850nm

Utilité : C'est une source de lumière infrarouge de longueur d'ondes de 850 nm; lumière qui est absorbée par les tissus humains afin de permettre la visualisation des veines.

4.7. Boîtier en plastique transparent de (10×10cm) avec une profondeur de 5Cm

Utilité : La protection du circuit et les divers composants comprises dans le projet et rendre l'appareil plus maniable.

4.8. Résistance de 62 ohm

Utilité : Les résistances ont pour rôle de protéger les LED infrarouge et d'augmenter leur durabilité.

4.9. Fer à souder + étain

Utilité : On utilise le fer à souder et l'étain pour fixer et relier les résistances et LED à infrarouge sur la plaque perforée de sorte à obtenir le circuit voulu.

4.10.5 piles de 1.5v relié en série pour un voltage de 7.5v

Utilité : Les piles ont pour rôle l'alimentation du circuit en courant à fin de faire fonctionner les LED à infrarouge.

5. Étapes de branchement et de réalisation du travail

5.1. Soudure et branchement du circuit

On relie les résistances, les LED et l'interrupteur ensemble sur la plaque perforée avec de l'étain et un fer à souder pour obtenir le circuit représenté dans la figure (3.4) ci-dessous. Le tout est alimenté par des 5 piles de 1.5 reliées en série pour un voltage de 7.5v.

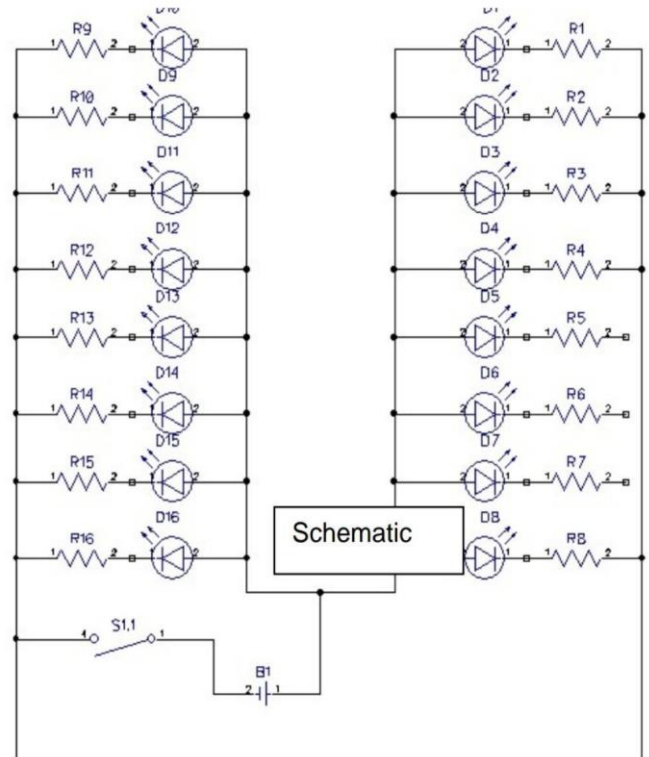
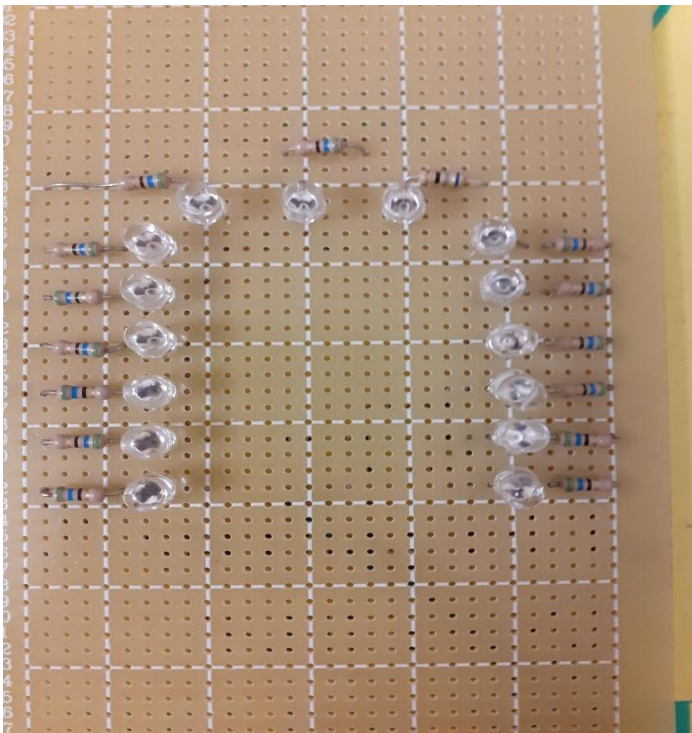


Figure 3.4 : Schéma du circuit réalisé.

5.2. Configuration du Raspberry et des différents composants reliés à se dernière

Pour faire fonctionner le Raspberry on doit appliquer et exécuter Raspberry Pi OS with desktop (disponible sur la page officielle www.raspberrypi.org/software) sur la carte SD en utilisant le logiciel Balenaetcher.

Une fois cette étape effectuée, vient l'insertion de la carte SD sur Raspberry et sa mise en marche en le reliant à un clavier, une souris et un écran. Là, il ne reste que la configuration de l'écran LCD et la caméra.

5.3. Configuration caméra Raspberry

On branche la caméra comme représenté dans la figure (3.5) ci-dessous

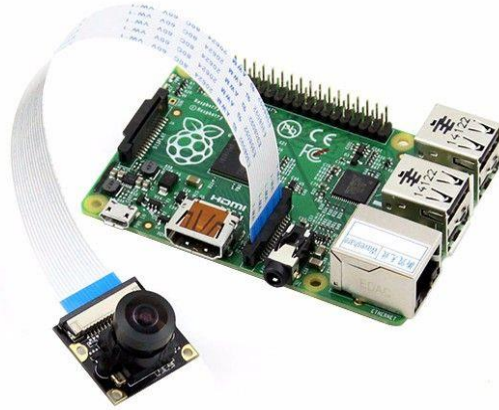


Figure 3.5 : Branchement de la caméra

Ensuite on ouvre une fenêtre de commande et on écrit le code suivant : [[sudo raspi-config](#)] Ce qui permettra l’affichage de l’écran ci dessous afin de d’activer la caméra.

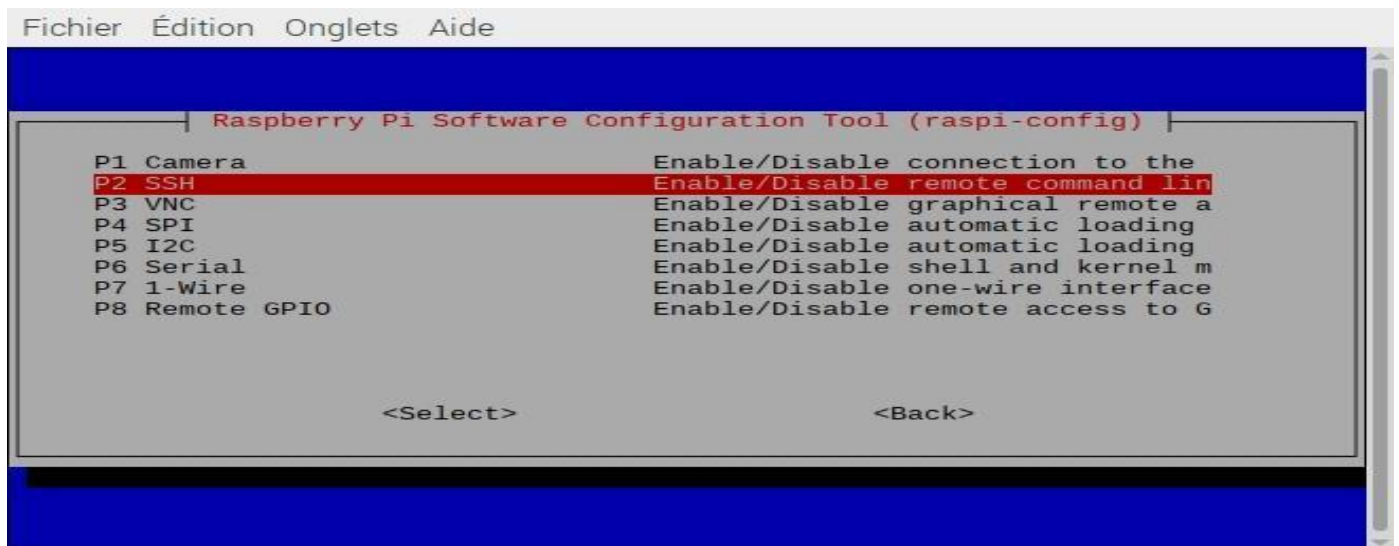


Figure 3.6 : Activation de la caméra

Il ne reste plus qu’à tester la caméra en prenant une photo et cela en appliquant ce code

[[raspistill -o image.jpg](#)] sur la fenêtre de commande.

5.4. Configuration de l'écran LCD

On commence par insérer l'écran sur les pins du Raspberry comme représenté dans la figure (3.7)



Figure 3.7 : branchement de l'écran LCD sur Raspberry

Ensuite on procède à la configuration du Raspberry pour détecter et afficher l'écran LCD. Pour cela, on applique le code suivant sur la fenêtre de commande:

```
Sudo rm -rf LCD-show  
Git clone https://github.com/goodtft/LCD-show.git  
Chmod -R 755 LCD-SHOW  
CD LCD-show/  
Sudo ./LCD35-show
```

Une fois ce code appliqué, le Raspberry va redémarrer et l'affichage sera apparent sur l'écran LCD. Comme représenté dans la figure (3.8)



Figure 3.8 : affichage sur écran LCD

5.5. Mise en point d'un Stream permettant la visualisation et le traitement de limage acquise

Pour permettre la visualisation de la vascularité sur l'écran LCD on applique le scripte si dessous pour créer une interface de Stream qui permet la visualisation et le traitement de limage reçu

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get dist-upgrade
```

```
sudo apt-get install git
```

```
git clone https://github.com/silvanmelchior/RPi_Cam_Web_Interface.git
```

```
cd RPi_Cam_Web_Interface
```

```
./install.sh
```

Après avoir appliqué ce code, le raspberry redémarre et on pourra lancer le Stream à partir du scripte nommé `./start.sh` permet la visualisation de la vascularité en ligne, le but étant de permettre au clinicien d'avoir un avis médical de ses confrères à distance si nécessaire toute cela en pouvant procéder à un traitement d'image sur la même interface.

6. L'insertion des différents composants dans un boîtier de protection

Des entailles de différentes dimensions ont été effectuées sur le boîtier afin de permettre l'emboîtement du circuit et du Raspberry et ses composants dans ce dernier afin de sécuriser le circuit et rendre l'appareil plus maniable comme représenté dans la figure ci-dessous.

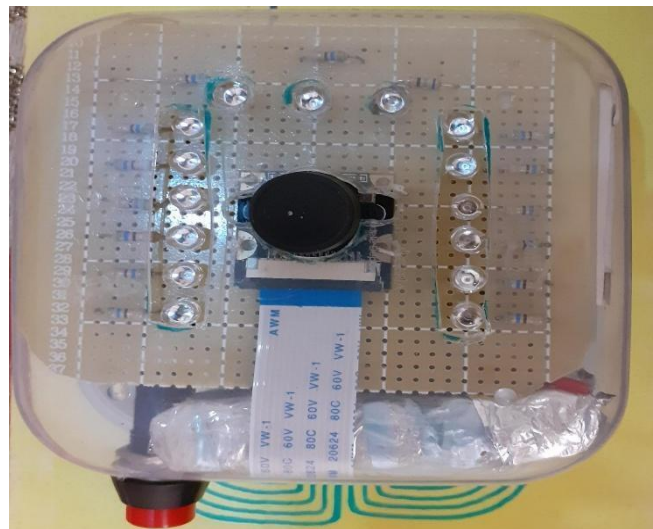


Figure 3.9 : Insertion des composants du projet dans un boîtier de protection.

7. Essais et Remarques

Après avoir fini le montage et la mise en boîte de l'appareillage, on allume l'appareil et on met en marche le script `./start.sh` permettant d'activer le Stream en ligne.

Après cela, on accède à une page web où l'on introduit l'adresse IP de l'utilisateur; ce qui nous permettra d'avoir accès à une interface html permettant de visualiser, d'enregistrer et d'appliquer différentes modifications à la vidéo.

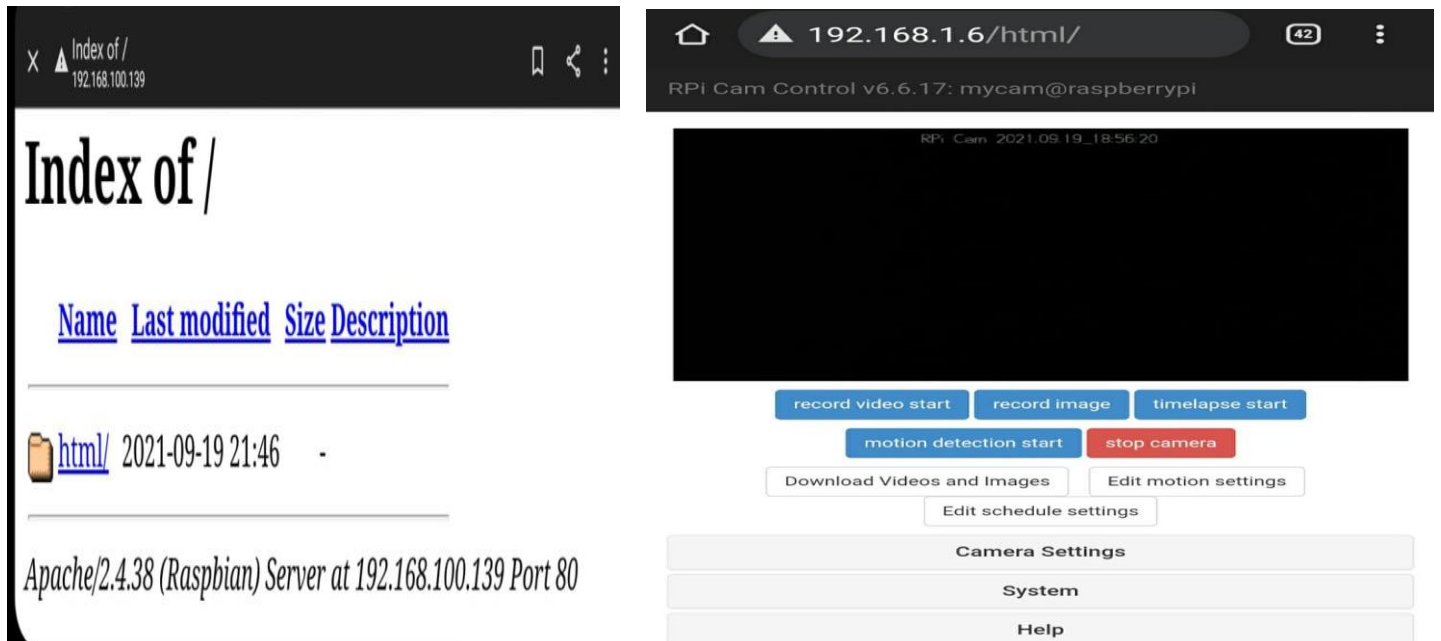


Figure 3.10 : Interface principale du Stream

Après avoir appuyé sur l'interrupteur d'allumage des LED, on visualise les veines du bras et de la surface de lavant bras comme représenté dans la figure [3.11].



Figure 3.11: visualisation des veines de l'avant bras

Sur cette figure, on observe la vascularisation (veines) représentée par des lignes de couleur foncée. La différence de couleur est due à l'absorption et à la réfraction de la lumière IR projetée sur la peau.

En appliquant un filtre sur la vidéo on peut changer le contraste si nécessaire comme dans la Figure (3.12) si de sous



Figure 3.12: visualisation des veines de l'avant bras avec un filtre appliqué.

La liste des commandes représentée dans la figure [3.13] permet à l'utilisateur d'appliquer différentes modifications à l'image et cela pour une meilleure visualisation de la veine (filtre) nécessaire dans le cas de certains patients (couleur de peau, masse grasseuse IMC, âge).

RPI Cam Control v6.6.17: mycam@raspberrypi		RPI Cam Control v6.6.17: mycam@raspberrypi	
Camera Settings			
Resolutions:	Load Preset: Select option... Custom Values: Video res: 1920 x 1080 px Video fps: 25 recording, 25 boxing FPS divider: 1 Image res: 2592 x 1944 px OK	Exposure Mode, default 'auto':	Auto
Timelapse-Interval (0.1...3200):	3 s OK	White Balance, default 'auto':	Auto
Video Split (seconds, default 0=off):	0 s OK	White Balance Gains (x100):	gain_r 150 gain_b 150 OK
Annotation (max 127 characters):	Text: RPI Cam %Y.%M.%D.%h:%m:%s OK Default Background: Off	Image Effect, default 'none':	None
Annotation size(0-99):	50 OK	Colour Effect, default 'disabled':	Disabled u.v = 128 : 128 OK
Custom text color:	Enabled y:u:v = 128 : 128 : 128 OK	Image Statistics, default 'Off':	Off
Custom background color:	Disabled y:u:v = 0 : 128 : 128 OK	Rotation, default 0:	Rotate_180
Buffer (1000... ms), default 0:	0 OK	Flip, default 'none':	Both
Sharpness (-100...100), default 0:	0 OK	Sensor Region, default 0/0/65536/65536:	x: 0 y: 0 w: 65536 h: 65536 OK
Contrast (-100...100), default 0:	0 OK	Shutter speed (0...330000), default 0:	0 OK
Brightness (0...100), default 50:	50 OK	Image quality (0...100), default 10:	10 OK
Saturation (-100...100), default 0:	0 OK	Preview quality (1...100), default 10:	Quality: 10 Width: 512 Divider: 1 OK
ISO (100...800), default 0:	0 OK	Raw Layer, default: 'off':	Off
Metering Mode, default 'average':	Average	Video bitrate (0...25000000), default 17000000:	17000000 OK
Video Stabilisation, default: 'off':	Off	Minimise frag (0/1), default 0:	MF: 0
		Init Quantisation, default 25:	IQ: 25 QP: 31 OK
		Encoding qp, default 31:	OK
		MP4 Boxing mode:	Background
		Watchdog, default interval 3s, errors 3s:	Interval 3 s Errors 3 OK
		Motion detect mode:	External
		Log size lines, default 5000:	5000 OK

Figure 3.13 : Liste des commandes permettant la modification de l'image.

Le Stream en ligne peut être sécurisé par un mot de passe et n'est accessible que pour les personnes détenant l'adresse IP de l'appareil.

Il peut y avoir un décalage de quelques secondes dans le Stream dû à une mauvaise connexion, ce qui n'affecte en rien la fiabilité de l'appareillage et qui ne remet pas en question son efficacité.

L'inconvénient majeur rencontré dans ce travail réside dans le fait qu'en l'absence de connexion, on ne peut visualiser le Stream.

Ce sont en gros les quelques remarques retenues lors des essais effectués sur l'appareillage réalisé.

8. Conclusion

Dans la réalisation de ce travail maintes recherches ont été effectuées, divers documentations ont été consultées et plusieurs étapes ont été franchies pour aboutir aux conclusions suivantes:

- L'idée d'un appareillage à moindre coût comparativement au Veinviewer et à la portée de tous est donc réalisable.
- La possibilité d'effectuer différentes modifications à l'image pour une meilleure visualisation est aussi possible.
- L'application de cet appareillage est sans risque pour la santé du patient.
- La possibilité d'avoir un avis externe à distance est un atout en plus, vu sa disponibilité en ligne en temps réel.
- L'inconvénient majeur est que l'absence de connexion rend l'appareillage inefficace, mais ce problème peut être résolu en créant une autre interface de visualisation hors ligne. Cela va sans dire qu'il est rare de nos jours de trouver une contrée qui ne soit pas recouverte par le réseau Internet.

Conclusion Générale

Étant dans le milieu de l'instrumentation médicale, il est de notre rôle de concevoir et fournir les appareillages et les outils permettant aux cliniciens de mieux explorer et connaître le corps humain et cela sous tous ses aspects.

Faciliter la visualisation de la vascularité grâce à un dispositif de détection se basant sur la vision infrarouge est désormais possible.

Tous les inconvénients d'une ponction veineuse sont évités à l'aide de cette technique.

La lumière infrarouge étant absorbée par le sang a fait que l'on puisse voir les veines de manière claire.

En somme la réalisation de ce travail est en premier lieu la concrétisation des notions jusque là théoriques pour un étudiant. En second lieu, faire apparaître la structure veineuse du bras ou du dos de la main est une source de grande satisfaction.

Le matériel adéquat, les programmes de traitement d'image et les algorithmes utilisés sont à l'origine de la réalisation de ce projet.

La pénétration de la lumière NIR dans les tissus du corps humain et son absorption par le sang ont fait de la vision infrarouge un choix idéal par rapport aux autres lumières.

Ses longueurs d'ondes se situant entre 780 nm et 950 nm ont fait que le NIR prévaut au spectre thermique ainsi qu'à la lumière visible.

Pour détecter les veines du dos de la main ou celles du bras, une caméra est utilisée ainsi qu'un ensemble de LED formant un illuminateur infrarouge émettant à 850 nm ont été utilisés.

La visualisation de la vascularité se fait donc en temps réel et de façon claire en captant seulement le NIR et cela en utilisant le mode de réflexion de lumière et une stimulation appropriée.

Ce projet à abouti à des résultats palpables quant à la localisation et visualisation des veines.

Bibliographie.

- [1]. Lamperti M, Pittiruti M. Difficult peripheral veins :turn on the lights. *British Journal of Anesthesia*. 2013; 110(6):888–91.
- [2]. Cuper NJ, de Graaff JC, Verdaasdonk RM, Kalkman CJ. Near-infraredimaging in intravenouscannulation
- [3]. "Heart& Blood Vessels: Blood Flow". Cleveland Clinic.
in children: a cluster randomizedclinical trial. *Pediatrics*. 2013; 131(1):191–7.
- [4]. Shadwick RE (décembre 1999). "Conception mécanique dans les artères". *J. Exp. Biol.* 202 (Pt 23):3305-13. PMID 10562513.
- [5]. Ostadfar, Ali (2016). *Biofluidmechanics : principles and applications*. Academic Press, Elsevier Science.
- [6]. Maton, Anthea; Jean Hopkins; Charles William McLaughlin; Susan Johnson; MaryannaQuon Warner; David LaHart; Jill D. Wright (1993). *Human Biology and Health*. Englewood Cliffs, New Jersey:Prentice Hall. ISBN 0-13-981176-1. p. 68. ISBN 978-0-12-802408-9.
- [7]. Maton, Anthea; Jean Hopkins; Charles William McLaughlin; Susan Johnson; MaryannaQuon Warner; David LaHart; Jill D. Wright (1993). *Human Biology and Health*. Englewood Cliffs, New Jersey:Prentice Hall. ISBN 978-0-13-981176-0
- [8]. Woods, Susan (2010). *Cardiac Nursing*. New York:Lippincotts. p. 955. ISBN 9780781792806.
- [9]. "Blood Vessel Diseases – Mercy Health System". www.mercyhealth.org.

[10]. Glantz S A: Primer of biostatistics. McGraw-Hill, New York, NY, 1997.

[11]. Charles Sturt University: Medical Physics, Ultrasound. <http://hsc.csu.edu.au/physics/options/medical/3016/PHY961netdraft.html#3> Accessed May 26, 2006.

[12]. P. Driscoll, Skin and Skin Substitutes in Wound Management, 2013. Available at <http://www.mediligence.com>

[13]. echt H, Muller G, Philipp C: State-of-the-art of safety technology in medical uses of lasers. <http://info.tuwien.ac.at/iflt/safety/refs/albre91.htm> Accessed July 3, 2006.

[14]. Zeman H D, Lovhoiden G, Deshmukh H: Design of a clinical vein contrast enhancing projector. SPIE 4254:204-215, Bellingham, WA, 2001.

[15]. De Ritis S: Collecting the best specimen. <http://laboratorian.advanceweb.com/common/editorial/editorial.aspx?CC=34103> Accessed July 1, 2006.

[16]. https://www.researchgate.net/figure/256458949_fig1_Fig-1-Light-propagation-through-the-tissues Light propagation through the tissues . last visited 17/3/2017

[17]. https://en.wikipedia.org/wiki/Visible_spectrum last visited 20/3/2017

[18]. Bohren CF, Hu_man DR. Absorption and scattering of light by small particles. 42Wiley-VCH; 1983. 14

[19]. Anderson RR, Parrish JA. The optics of human skin. *J Invest Dermatol.* 1981 Jul;77(1):13–19. 15

[20]. Star WM, Marijnissen JP, van Gemert MJ. Light dosimetry in optical phantoms and in tissues: I Multiple flux and transport theory. *Phys Med Biol.* 1988 Apr;33(4):437–454. 15, 56

[21]. Jobsis FF. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science.* 1977 Dec;198(4323):1264–1267. 15, 42, 118

[22]. Jobsis FF. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science.* 1977 Dec;198(4323):1264–1267.

[23]. Star WM, Marijnissen JP, van Gemert MJ. Light dosimetry in optical phantoms and in tissues: I Multiple flux and transport theory. *Phys Med Biol.* 1988

[24]. Jobsis FF. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science.* 1977 Dec;198(4323):1264–1267. 15, 42, 118

[25]. Varanovskii I, Lev ID, Shalumovich VN. [On the use of infrared rays for studies of the superficial veins in man under normal and pathological conditions]. *Arkh AnatGistolEmbriol.* 1965 Oct;49(10):83–89. 16

[26]. Ontikova NM, Iaroslavtsev DA, Lirman AV. [Increase in the information content of the image of the surface veins by using a television infrascopel]. Med Tekh.

Annexe

Définitions des termes savants

- Adventice:** Une couche entourant un organe notamment certains vaisseaux sanguins et conduits tels l'œsophage et le reliant au tissu environnant.
- Athérosclérose:** Dépôt d'une plaque composée essentiellement de lipides sur la paroi des artères.
- Chromophore:** Un chromophore est un groupement d'atomes comportant une ou plusieurs doubles liaisons, et formant avec le reste de la molécule une séquence de doubles liaisons conjuguées, c'est-à-dire une alternance de double et de simple liaison. Il est le responsable de l'aspect coloré des colorants organiques.
- Endothélium:** C'est une forme de barrière cellulaire entre les tissus et le sang.
- Intima:** C'est la tunique interne d'un vaisseau sanguin.
- Isotrope:** Un matériau est dit isotrope si ses propriétés mécaniques sont identiques dans toutes les directions.
- Médias:** C'est la tunique intermédiaire d'un vaisseau artériel, elle est composée de cellules musculaires lisses, d'un tissu conjonctif élastique et de collagène.
- Phlébotomie:** Une saignée correspondant à l'incision d'une veine, afin d'extraire du sang
- Photon:** Particule élémentaire (quantum) de la lumière.
- Stream:** De l'anglais to stream, signifiant ruisseler utilisé au sens figuré pour parler d'une diffusion en flux continu.

