

**Étude et Modélisation d'un système information embarqué d'un robot
humanoïde mobile en vue d'un prélèvement et envoie des signes vitaux
d'un patient atteint d'une maladie contagieuse**

**Study and Modeling of a computer system embedded in a mobile humanoid
robot in view of a sample and sends vital signs of a patient with a
contagious disease**

Masala Vangulua Jared

Enseignant chercheur

Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA)

Section Informatique industrielle

République Démocratique du Congo

jaredntuadi@gmail.com

Lumanji Mbunga Luc

Doctorant

Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA)

Section Informatique industrielle

République Démocratique du Congo

luclumanji@gmail.com, llumanji@katangamining.com

Date de soumission : 04/10/2023

Date d'acceptation : 28/11/2023

Pour citer cet article :

MASALA. J. & LUMANJI. M. « Étude et Modélisation d'un système information embarqué d'un robot humanoïde mobile en vue d'un prélèvement et envoie des signes vitaux d'un patient atteint d'une maladie contagieuse », Revue Internationale du chercheur, « Volume 4 : Numéro 4 » pp : 388-403

Résumé :

L'objectif général de cet article est de faire la modélisation du système d'information hospitalier de l'Hôpital Général de Référence Mwangeji dans le but de proposer une solution d'un système embarqué d'un robot humanoïde mobile, capable d'être piloté à distance à travers une application mobile et de restituer les résultats sur les signes vitaux d'un patient. Doté des capteurs, ce système ou ce robot fera interface entre le personnel soignant et les personnes atteintes d'une maladie contagieuse au sein de l'Hôpital Général de Référence Mwangeji. Avec pour objectif de permettre de réduire considérablement la fréquence des contacts entre les deux entités c'est dire personnel soignant et patient. Une analyse par le unifiel modeling language en sigle UML par ses diagrammes, transformera l'existence en fournissant une architecture logicielle et matériel de la solution. Ainsi la solution trouvée sera une conception du robot humanoïde capable réduire considérablement l'exposition à la contamination de personnel soignant. Cette solution aura aussi l'objectif de réduire sensiblement le temps de prélèvement des signes vitaux sur les patients et de produire les statistiques sur la prise en charge des patients atteints une maladie contagieuse.

Mots clés : système informatique embarqué, maladie contagieuse, modélisation, robot, humanoïde, unifiel modeling language.

Abstract:

The general objective of this article is to model the hospital information system of the Mwangeji General Reference Hospital with the aim of proposing a solution for an on-board system of a mobile humanoid robot, capable of being remotely controlled via a mobile application and of providing results on a patient's vital signs. Equipped with sensors, this system or robot will act as an interface between healthcare staff and people suffering from contagious diseases at the Mwangeji General Reference Hospital. The aim is to considerably reduce the frequency of contact between the two entities, i.e. nursing staff and patients. An analysis using the Unified Modeling Language (UML) and its diagrams will transform existence by providing a software and hardware architecture for the solution. The solution found will be the design of a humanoid robot capable of considerably reducing exposure to contamination for care staff. This solution will also aim to significantly reduce the time taken to take vital signs from patients and to produce statistics on the management of patients with contagious diseases.

Keywords: embedded computer system, contagious disease, modelling, robot, humanoid, unifiel modeling language.

Introduction :

Être un personnel soignant dans un établissement médical de réanimation ou dans une zone de quarantaine est exposé un risque réel de contamination. Les risques sont tels que face à des maladies contagieuses comme : Le corona virus (covid 19), la rougeole, le choléra, la fièvre hémorragique Ebola, la tuberculose, maladies très courantes en RD Congo. La prise en charge médicale de ces malades, présente un risque en ce qui concerne la contamination directe ou indirecte. Rien que pour la pandémie récente du Corona virus, la plupart de personnel soignant a contracté le virus alors qu'il essayait de sauver des vies humaines. Et ces différents cas de contamination, qui parfois ont entraînés la mort de ces personnes si précieuses, résident entre autres dans les taches qu'ils doivent effectuées, et pour la prise en charge des personnes atteintes des maladies contagieuses. Aussi en étant contaminé, de fois sans le savoir ou par négligence humaine, ce personnel peut devenir un vecteur des maladies pour toutes personnes entrant en contact direct ou indirecte avec eux.

Tout en sachant que le meilleur moyen de prévention contre une maladie contagieuse est bien la distanciation, ayant compris les enjeux, nous nous demandons : Quelles solutions pouvons-nous mettre sur place dans les milieux afin de prendre en charge des personnes contaminées, pour limiter au maximum les contacts entre le personnel soignant et les personnes atteintes de maladies contagieuses, afin d'éviter les contaminations directes et indirectes de ces derniers ? Nous proposons comme solution la modélisation d'un système information embarqué d'un robot humanoïde mobile, capable d'être piloté à distance à travers une application mobile et restituer les résultats sur les signes vitaux d'un malade, doté des capteurs qui fera interface entre le personnel soignant et les personnes atteintes d'une maladie contagieuse.

1. Généralités sur les robots humanoïdes

Le terme humanoïde signifie « ressemblant à l'humain ». Il évoque la bipédie, la présence de deux bras et d'une tête. Il s'agit donc uniquement d'un critère phénotypique et plus précisément morphologique (Garattini,2018)

Un robot est composé de quatre parties principales (Laniel, 2019)

Une structure mécanique qui sera le squelette du robot. Le second élément correspond aux servo-moteurs qui vont permettre au robot d'effectuer réellement ses actions (Gaucher, et al.,2010). Ces servo-moteurs seront commandés par la partie commande en interaction avec les informations transmises par les capteurs. La troisième partie composante d'un robot

correspond aux différents capteurs sensoriels équipant le robot pour une application particulière.

Enfin le cerveau. La partie commande, C'est cette partie qui va permettre au robot d'analyser les données provenant des capteurs et d'envoyer les ordres relatifs aux servo-moteurs (Russel et Norvig, 2021). La partie commande est matérialisée physiquement par le microcontrôleur.

Nos recherches ont été effectuées à l'Hôpital Général de Référence Mwangeji (H.G.R.M) en sigle. Cet hôpital est une structure sanitaire de la zone de santé de Manika, ville de Kolwezi dans l'actuelle province du Lualaba en République Démocratique du Congo.

2. Narration de l'existant

Il est à noter que la description textuelle de cet article ne se focalisera que sur la prise en charge des personnes présentant les signes liés à la covid-19 à l'hôpital Général de référence Mwangeji (H.G.R.M) dans le service d'urgence et dans le département spécial appelé PCI (Prévention Contrôle et Désinfection).

Ainsi dit voici la narration du système métiers : A l'Hôpital Général de Référence Mwangeji (H.G.R.M) lorsqu'une personne présente des symptômes de covid-19 comme une forte fièvre, une toux, des difficultés respiratoires, sous ordre du médecin, les infirmiers effectuent des prélèvements sur le patient et le soumet au technicien du laboratoire pour un test rapide et minutieux. Après les examens si le cas est jugé moins grave par le médecin, le patient est renvoyé à domicile sous surveillance médicale avec un traitement prescrit par ce dernier. Si le cas est jugé grave, le patient est interné est mise en quarantaine soit dans les soins intensifs, soit transféré vers un centre de mise en quarantaine. Pendant la prise en charge du malade l'infirmier est chargé de :

- Prélever régulièrement la température du malade avec un thermomètre
- Prélever le taux d'oxygène dans le sang du malade avec un oxymètres
- Prélever son rythme cardiaque, avec un cardiofréquencemètre.
- Prélever le sang afin d'en vérifier la viscosité
- Apporter des médicaments. Il est à noter que tout cela se fait sous supervision du médecin.

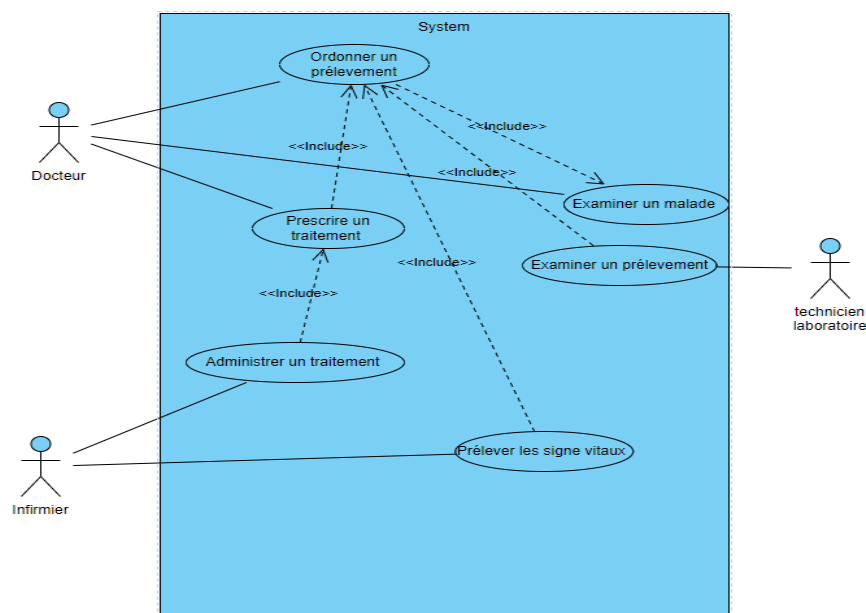
Au sein de H.G.R.M, le service de sécurité et de désinfection se charge de rendre propre les chambres des malades contaminés eux aussi faisant partie du personnel soignant. Pour la nourriture, il est à noter que celle-ci est apportée aux malades par le même personnel. Après que les traitements soient finis, le médecin exige un test pour confirmer la guérison et si celle-

là est effective le malade est libre de reprendre ces occupations. Il est à noter aussi que chaque semaine le médecin directeur exige que la santé de l'infirmier et de tout membre dans ce service soit prise au sérieux. De ce fait chaque semaine des prélèvements et de test sont effectués chez tout personnel soignant et souvent ce qui est triste il y'a un grand pourcentage de contamination du personnel.

3. Modélisation du système d'information unifiel modeling language

3.1. Cas d'utilisation

Le diagramme de classe constitue l'un des pivots essentiels de la modélisation avec UML. En effet, ce diagramme permet de donner la représentation statique du système à développer. Cette représentation est centrée sur les concepts de classe et d'association. Chaque classe se décrit par les données et les traitements dont elle est responsable pour elle-même et vis-à-vis des autres classes. Les traitements sont matérialisés par des opérations. Le détail des traitements n'est pas représenté directement dans le diagramme de classe ; seul l'algorithme général et le pseudo-code correspondant peuvent être associés à la modélisation (Muller,2000).Ainsi le cas d'utilisation général du système se présente comme suit(*Figure 1*) :



(*Figure 1,Lumanji*)

Nous noterons que le risque de contamination directe est très élevé. C'est-à-dire qu'il est susceptible d'entrer en contact direct avec le virus. Selon les rapports de cas enregistrés à

l'hôpital précisément dans ce service, il nous a été révélé par le directeur médical que sur une échelle de 10, 9/10 membres du personnel ont été positifs au virus.

Notre proposition consiste à la modélisation un système d'information, afin de la conception d'une solution embarquée d'un robot humanoïde qui assisterait le personnel soignant de l'Hôpital Général de Référence Mwangaji dans cette tâche si noble qui est la prise en charge des personnes malades. En effet après avoir analysé le système métier actuel, nous avons relevé de points positifs et de points négatifs. Du fait que l'objectif de ce travail était centré sur l'aide au personnel soignant nous avons choisi d'apporter aussi une solution conséquente. En effet pour limiter, réduire sensiblement les cas de contaminations du personnel soignant au sein de l'Hôpital Général de Référence Mwangaji, nous avons jugé bon de proposer une technologie embarquée qui serait un robot humanoïde. Le système embarqué aura pour mission principale de réduire sensiblement le contact physique directe ou indirecte entre personnelle soignant et malades tout en leur permettant de garder le même niveau de prise en charge et faciliter le noble travail qu'ils effectuent.

En réalité avant de proposer cette solution, dans le soucié de fournir un travail adapté aux besoins nous avons jugé bon d'entrer en contact directe avec le futur utilisateur pour s'imprégner des besoins spécifiques dont ils auront besoin pour que le robot soit utile dans le service, et leur permettre dans bien des cas et situation faire interface entre les malades et les personnelle soignants et après ces multiples échanges voici les besoins spécifiques.

3.1.1. Besoins Spécifiques

Le système doit avoir la possibilité de prélever la température corporelle et le transmettre par au médecin chargé de la prise en charge, avant d'appliquer un traitement et en vue de modifier les traitements s'il le faut.

- ❖ *Le système doit avoir la possibilité de prélever le taux d'oxygène dans le sang et le transmettre par au médecin chargé de la prise en charge, avant d'appliquer un traitement et en vue de modifier le traitement s'il le faut.*
- ❖ *Le système doit avoir la possibilité de prélever le rythme cardiaque et le transmettre par au médecin chargé de la prise en charge, avant d'appliquer un traitement et en vue de modifier les traitements s'il le faut.*
- ❖ *Le système doit avoir une mobilité simple avec équilibre.*
- ❖ *Le système doit être moins encombrant.*
- ❖ *Le robot doit être capable de livrer de la nourriture et des médicaments.*

- ❖ Pour des raisons de sécurité le robot doit être entièrement piloté par un humain à distance et avoir une caméra qui permettrait à l'utilisateur de retransmettre l'image de l'environnement et si possible le son
- ❖ Le robot doit être capable de désinfecter régulièrement les mains des personnels soignant lors d'une intervention sur le patient.

3.1.2. Acteurs et rôles

Ci- dessous, nous relevons les acteurs du système (Tableau 1)

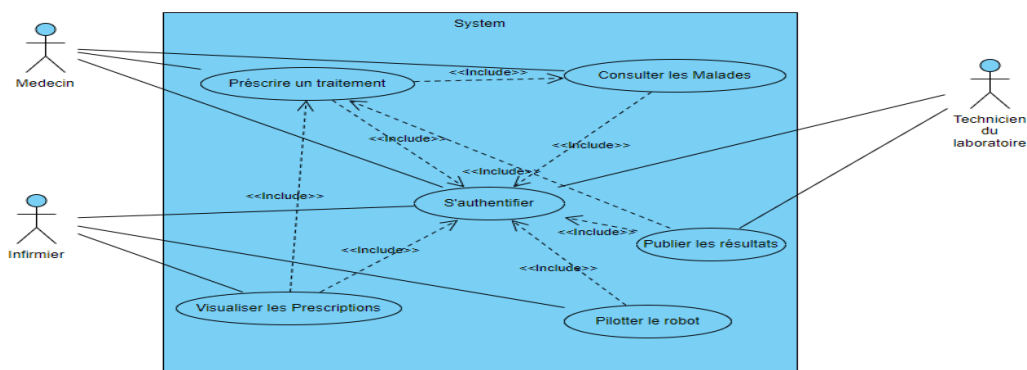
N°	Auteurs	Roles
1	Médecin	Superviser le service medical
2	Infirmier	Piloter le robot
3	Technicien du labo	Publier les resultats d'analyse
4	Moteur	Assurer la mobilité du robot
5	Capteur de temperature	Prélever le l'oxymetrie
6	Capteur d'oxygene	Prélever les battements cardiaques
7	Capteur des battement cardiaque	Prélever les images
8	Camera	Aspirer et pomper les désinfectants
9	Variateur de vitesse	Réguler les moteurs du robot

(Tableau 1, Masala)

Suit à l'utilité des acteurs du système, nous avons jugé bon de concevoir deux diagrammes, celle de la partie de commande et cette de la partie opérante du même système.

3.2. Diagramme de cas d'utilisation commande

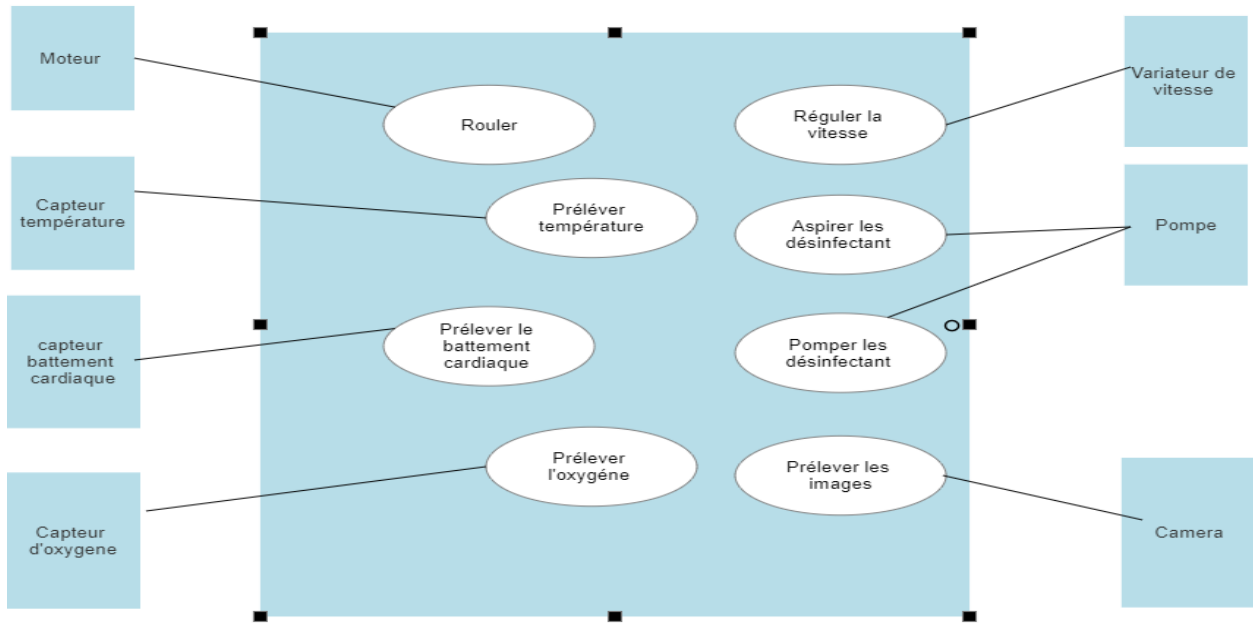
Ce cas d'utilisation décrit de façon claire les commande du système (Figure 2)



(Figure 2, Masala)

3.3. Diagramme de cas d'utilisation opérante

Une description schématique du cas d'utilisation opérante (*Figure 3*)



(*Figure 3, Masala*)

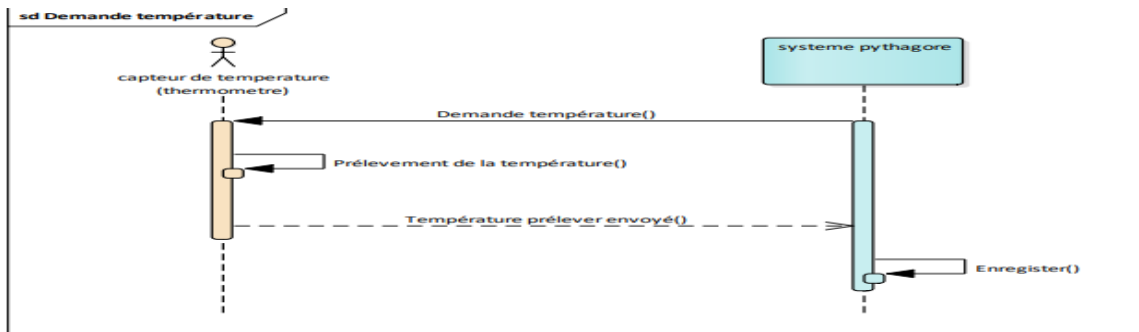
3.4. Diagrammes des séquences

Dans cet article nous ne représenterons que trois diagrammes de séquence que nous jugeons utile. Il s'agit de l'interaction des mêmes trois cas d'utilisation qui sont :

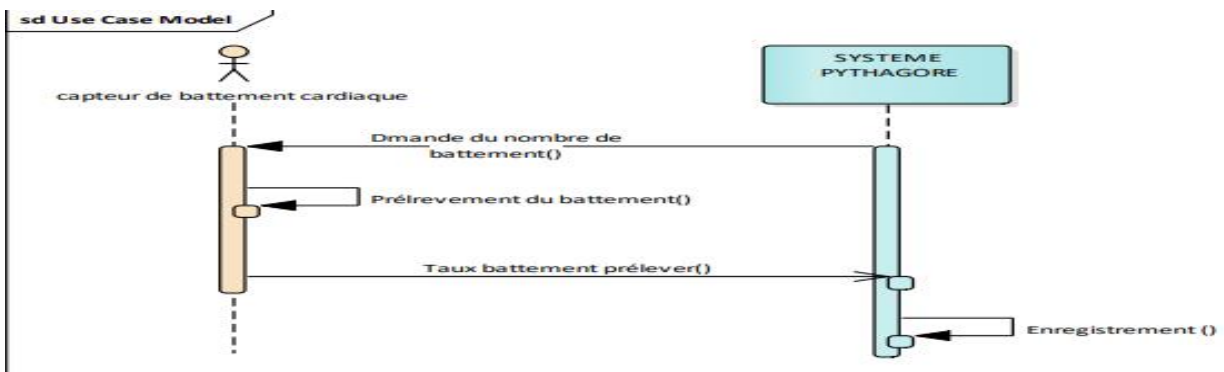
- Prélever la température.
- Prélever le battement cardiaque.
- Prélever le taux d'oxygène.

Ainsi dit abordons la représentation de ces trois cas d'utilisation. (*Figure 4*)

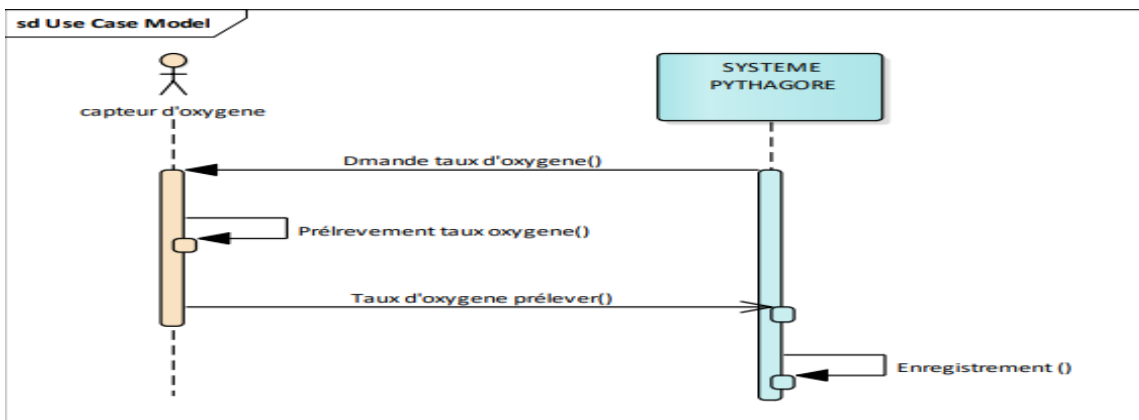
1. Diagramme de séquence température



2. Diagramme de séquence battement cardiaque.



3. Diagramme de séquence battement cardiaque.

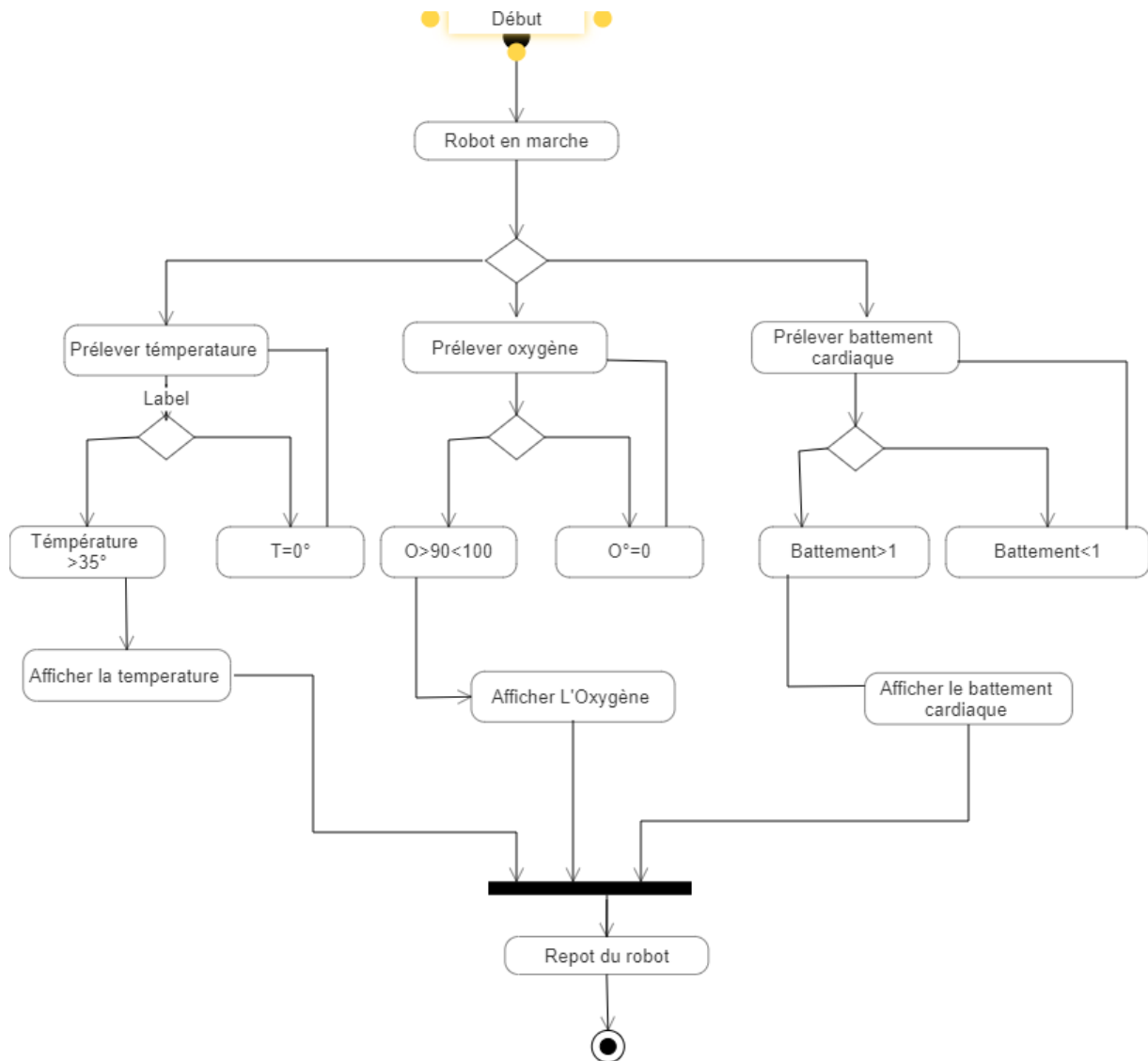


(Figure 4, Lumanji)

3.5. Diagramme d'activités

Ce diagramme est une représentation d'état d'exécution d'un mécanisme, sous la forme d'un déroulement d'étapes regroupés séquentiellement dans des branches parallèles de flot de contrôle (Figure 5)

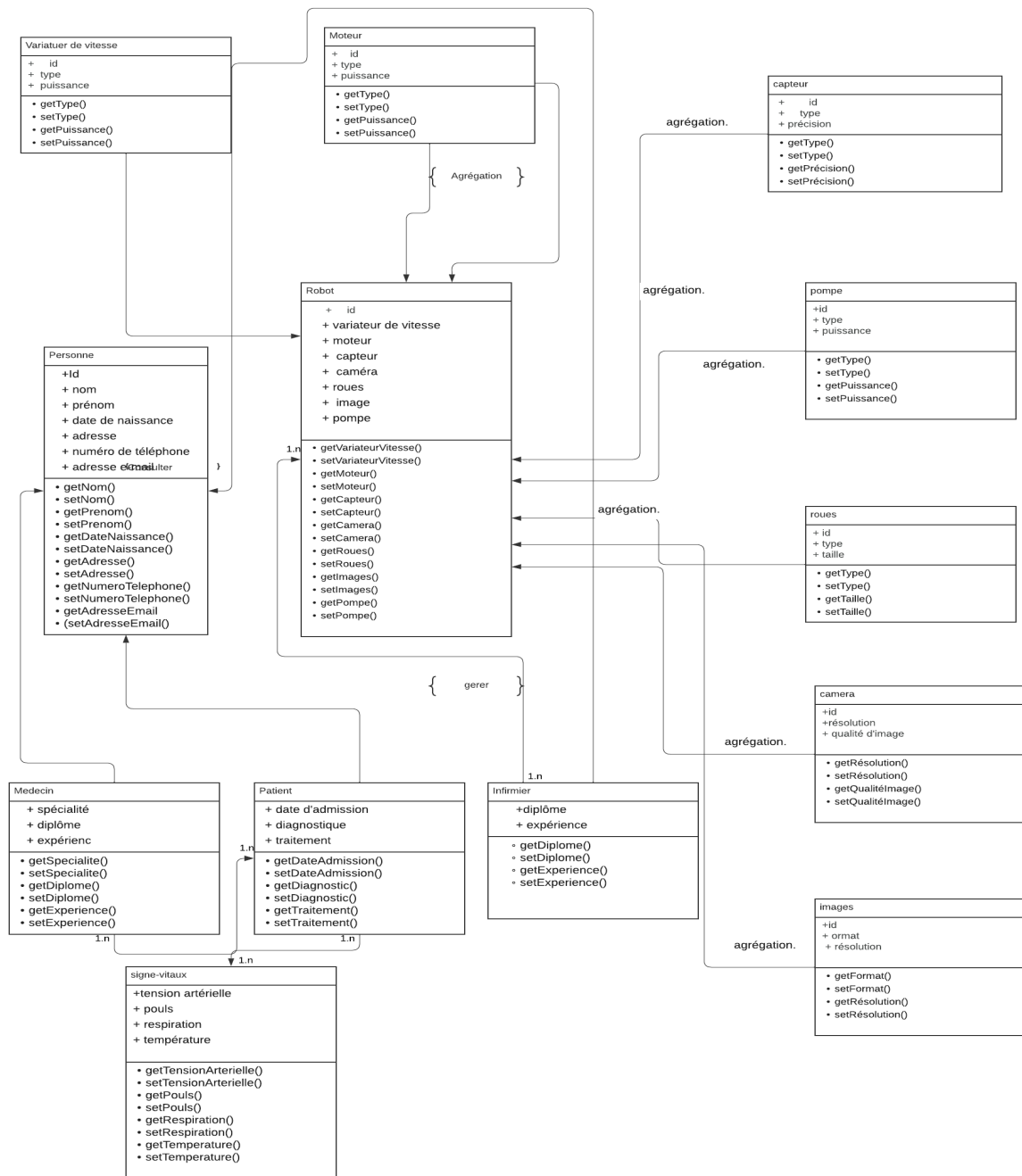
Ainsi dit voici comment se présente le diagramme d'activité de notre robot (Muller,2000).



(Figure 5,Lumanji)

3.6. Diagramme de classe

Le diagramme de classes est considéré comme le plus important de la modélisation orientée objet, il est le seul obligatoire lors d'une telle modélisation(Muller,2000). Ainsi dit voici comment se présente notre diagramme de classes qui ont un lien direct avec le robot(Figure 6)



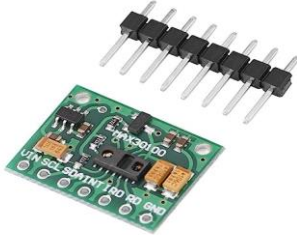

(Figure 6, Masala)

3.7. Présentation de résultat.

Après avoir modélisé le fonctionnement du système à travers un diagramme de classes, nous présentons les éléments-clés de la constitution du modèle du robot avec son système embarqué. Nous voulons vous présenter les matériels et la technique utilisée juste pour les tests.

1) Matériels du test

Le robot devant remplir les responsabilités illustrées plus haut par les trois diagrammes de séquences, voici les capteurs ou senseur utilisé principalement. (Tableau 2)

N°	Designation	Information	Images
1	Max30100	Température (T°) battement cardiaque(BPM) Oxymétrie (SpO2)	
2	Ultrason HC-SR04	Proximité	

(Tableau 2)

2) Principe de fonctionnement de deux capteurs

Le MAX30100 fonctionne en faisant briller les deux lumières sur le doigt ou le lobe de l'oreille (ou essentiellement partout où la peau n'est pas trop épaisse, de sorte que les deux lumières peuvent facilement pénétrer dans le tissu) et en mesurant la quantité de lumière réfléchi à l'aide d'un photodétecteur. Cette méthode de détection d'impulsions par la lumière est appelée « photopléthysmogramme. » Le fonctionnement du MAX30100 peut être divisé en deux parties : mesure de la fréquence cardiaque et oxymétrie de pouls (mesure du niveau d'oxygène du sang).

Les capteurs de distance à ultrasons, utilisent le principe de l'écho pour déterminer la distance à laquelle se trouve un objet : Un court signal sonore est envoyé (inaudible, car dans le domaine des ultrasons – environ 40kHz) ; Le son est réfléchi par une surface et repart en direction du capteur ; Ce dernier le détecte, une fois revenu à son point de départ. Il est à noter que la vitesse du son est environ égale à 340 m/s (Bouzidi et Wali, 2018).

3) La partie commande

La partie commande est assurée dans ce projet par la carte microcontrôleur Arduino atmega 2560.

4) Script principal

```
// Importez les bibliothèques nécessaires
#include <Wire.h>
#include <MAX30100.h>
// Créez un objet MAX30100
MAX30100 sensor(0x57);
// Initialisez le capteur
void setup() {
  Wire.begin();
  sensor.begin();
  sensor.setMode(MAX30100_MODE_SPO2_HR);
  sensor.setLEDCurrent(20);
}
// Boucle principale
void loop() {
  // Lisez les données du capteur
  uint32_t heartRate = sensor.getHeartRate();
  uint8_t SpO2 = sensor.getSpO2();
  float temperature = sensor.getTemperature();
  // Afficher les données sur le moniteur série
  Serial.print("Heart Rate: ");
  Serial.print(heartRate);
  Serial.print(" BPM\tSpO2: ");
  Serial.print(SpO2);
  Serial.print("%\tTemperature: ");
  Serial.print(temperature);
  Serial.println("°C");
  // Attendez 1 seconde avant de recommencer
  delay(1000);
}
```

Pour un traitement fiable et une restitution fiable des résultats tout en étudiant les règles de prélèvement voici un algorithme qui illustre comment les robots ou le système pourra communiquer les résultats. Cet algorithme est présenté sous forme d'une table de décision.

Pour élaborer une table des décisions il faut suivre les étapes suivantes : Extraire les conditions. Dans le cadre de notre système, nous avons trois conditions qui sont : la température, le taux d'oxygène et la fréquence cardiaque. La deuxième étape consiste à extraire les actions. Dans notre cas nos actions sont la classé selon l'urgence. Car bien que toutes les vies soient en danger, mais une personne ayant rempli toutes les trois conditions, à savoir une mauvaise température, une mauvaise fréquence cardiaque et un taux d'oxygène faible devra peut-être prise en charge plus attentivement et rapidement qu'une personne qui n'en présente qu'une seule. D'où nos actions consistent à la classification suivante :

- 1) Très urgent
- 2) Urgent
- 3) Assez urgent
- 4) Pas urgent

❖ La troisième étape consiste à déterminer le nombre des règles. Donc déterminer les nombres de valeur possible pour chaque condition. Pour notre première condition qui est la température nous avons deux règles qui sont :

- 1) Avoir de la fièvre ; qui elle commence à partir de 37°C
- 2) Ne pas avoir de la fièvre : qui elle est en dessous de 37°C.

Pour notre deuxième condition qui est la fréquence cardiaque les deux sont :

- 1) Avoir une bonne fréquence : qui elle est compris entre 60 battements et 80 ou mon de 100 battements par seconde.
- 2) Ne pas avoir une bonne fréquence : qui elle est soit avoir des valeurs inférieures à 60 battements phénomène qu'on appelle la bradycardie où avoir plus de 100 battements la minute phénomène appelé la tachycardie.

Pour notre troisième condition qui est le taux d'oxygène, les règles sont :

- ❖ Avoir un bon taux d'oxygène : qui elle selon la méthode non invasive par l'oxymétrie de pouls est compris entre 95% et 100%
- ❖ Ne pas avoir un bon taux : qui elle selon la méthode non invasive par l'oxymétrie de pouls est inférieure à 95% Ainsi pour définir les nombres des règles nous utiliserons la formule générale qui est :

Qui pour nous les nombre de règles(R) sont 2 et la condition(C) sont 3 donc $(2^3) = 8$.

Donc notre table se présentera de la manière suivante (*Tableau 3*) :

Cas									
CONDITIONS	Avoir de la fièvre	O	O	O	O	N	N	N	N
	Avoir une bonne fréquence	O	O	N	N	O	O	N	N
	Avoir un bon taux d'oxygène	O	N	O	N	O	N	O	N
ACTIONS	Tres urgent				X				
	Urgent		X	X					X
	Faiblement urgent	X					X	X	
	Non urgent					X			

(Tableau 3)

Il est à noter que là où il y a (O) c'est une affirmation et là où il y a (N) c'est la négation. Ainsi en fonction des entrées nous avons défini des sorties. En effet, cette table nous a permis de définir une aide à la décision concernant une certaine priorité par rapport à la prise en charge. Cette façon de faire nous a permis aussi d'établir des algorithmes sur la marche du robot tout en veillant sur le facteur des collusions. Voici en effet les grandes parties de la partie programmation de notre système d'information. À présent parlons des avantages et des limites.

Conclusion :

Aujourd'hui les maladies contagieuses sont nombreuses, et dans cet article, nous avons abordé qu'un cas, celui du COVID-19. Mais en s'intéressant sur ce cas, il a été trouvé que le meilleur moyen de se protéger contre une contamination est celle de garder sa distance. Donc la distanciation est le meilleur moyen d'éviter une contamination qu'elle soit directe ou indirecte. Ce qui était en effet un réel défi pour le personnel soignant. La solution proposée par un système embarqué d'un robot humanoïde, modélisé par UML est ainsi dite appropriée et propice. Grâce à ce robot comme solution, nous croyons fermement qu'elle démunira sensiblement les contaminations directe ou indirecte du personnel soignant quant à la prise en charge des malades contaminés. Et comme limite, nous prenons sur ce l'imperfection, car c'est une œuvre humaine, mais aussi, il est à noter que le robot n'a pas d'autonomie, toutes ses actions, donc la majorité doivent cette pilotée. Aussi la réceptivité du robot est limitée et ses conversations sont limitées, car elles sont locales. Son architecture matérielle et logicielle rend la solution très efficace car utilisant une méthodologie scientifique et rigoureuse d'analyse informatique et implication les principes de la programmation embarquée.

Référence

- HUMAROBOTICS. L'interaction Homme-robot. [en ligne]. [Consulté le 12 mars 2023]. Disponible à l'adresse :[https://www.humarobotics.com/interaction-homme-robot-en](https://www.humarobotics.com/interaction-homme-robot-en-industrie) industrie, Mars 2013.
- HUMANOIDES, 2017. ABB renforce son leadership dans l'automatisation industrielle. In : Humanoides.fr [en ligne]. avril 2023. [Consulté le 27 février 2023]. Disponible à l'adresse : <https://humanoides.fr/abb-automatisation-industrielle/>.
- L. Garattini, " La mise en culture des objets techniques : de quoi parle-t-on ? Le robot humanoïde, ce nouveau cheval de Troie ", in Lex Robotica : le droit à l'épreuve de la robotique, Lextenso éditions, 2018, 5-19 pages.
- M. Bouzidi et M. Wali," Conception et réalisation d'un fauteuil roulant électrique intelligent",Eyrolles, 2018, 15 – 20 pages.
- P.Gaucher et al., "Atelier de Robotique ", Dunod , 2010, 41– 51 pages.
- P-A. Muller, “Modélisation Objet avec UML”, Eyrolles 2000, 124 – 194 pages.
- S. Laniel, "Architecture de contrôle d'un robot de télé présence et d'assistance aux soins", Sherbrooke 2019, 23 – 31 pages.
- S. Russel et P. Norvig, "Intelligence artificielle, Une approche moderne “, publié par Pearson, 2021, 830 –871 pages.