



# **Usage des modèles basés sur l'approche orientée objet pour la conception d'un système temps réel de télécontrôle de la tension artérielle dans les hôpitaux en République Démocratique du Congo**

## **Use of object-oriented models for the design of a real-time blood pressure monitoring system in hospitals in the Democratic Republic of Congo**

**MUKOMA Grace**

Assistant enseignement

Faculté des sciences informatiques

Institut Supérieur d'Etudes Sociales (ISES/Lubumbashi)

République Démocratique du Congo

**MBAYA MUSAKA Daniel**

Chercheur

Faculté des sciences informatiques

Institut Supérieur d'Etudes Sociales (ISES/Lubumbashi)

République Démocratique du Congo

**Date de soumission :** 26/08/2024

**Date d'acceptation :** 02/11/2024

**Pour citer cet article :**

MUKOMA. G. & MBAYA M. D. (2024) « Usage des modèles basés sur l'approche orientée objet pour la conception d'un système temps réel de télécontrôle de la tension artérielle dans les hôpitaux en République Démocratique du Congo », Revue Internationale du chercheur « Volume 5 : Numéro 4» pp : 243-262

## Résumé

Cet article porte sur l'utilisation de modèles orientés objet pour la conception d'un système de télécontrôle en temps réel de la pression artérielle dans les hôpitaux de la République Démocratique du Congo, couvrant toutes les étapes, de l'analyse des besoins à la conception détaillée. L'objectif est de développer un système de surveillance à distance de la pression artérielle, baptisé « S2TA », afin de permettre un suivi à distance des patients. Nous proposons un modèle des exigences fonctionnelles, suivi d'une vue structurelle des composants, puis d'une vue comportementale décrivant la dynamique du système à l'aide du langage SysML (Systems Modeling Language). La vue comportementale est illustrée par des diagrammes de séquences et d'interactions, tandis que la vue structurelle est représentée par des diagrammes de blocs SysML définissant les différents éléments constitutifs du système. Cet article applique également les principes de la méthode UP (Unified Process) lors des phases d'analyse et de conception du système. Toutes les étapes clés sont abordées : analyse des besoins, rédaction des scénarios, et conception. Les outils Visual Paradigm, Edraw Max et Enterprise Architect ont été sélectionnés comme ateliers de génie logiciel (AGL).

**Mots clés :** télécontrôle ; UP; tension artérielle; SysML; exigences logiciel

## Abstract

This article focuses on the use of object-oriented models for the design of a real-time blood pressure telemonitoring system in hospitals in the Democratic Republic of Congo, covering all stages from requirements analysis to detailed design. The goal is to develop a remote blood pressure monitoring system, named "S2TA", to enable remote patient monitoring. We present a functional requirements model, followed by a structural view of the components, and then a behavioral view describing the system's dynamics using SysML (Systems Modeling Language). The behavioral view is illustrated with sequence and interaction diagrams, while the structural view is represented by SysML block diagrams defining the various system components. This article also applies the principles of the Unified Process (UP) method during the system's analysis and design phases. All key stages are covered: requirements analysis, scenario writing, and design. The tools Visual Paradigm, Edraw Max, and Enterprise Architect were chosen as Computer-Aided Software Engineering (CASE) tools.

**Keywords:** Telecontrol; UP; blood pressure; SysML; software requirements

## Introduction

Actuellement les technologies de l'information et de la communication affectent tous les domaines, et ainsi plusieurs nouveaux concepts apparaissent pour désigner le mixage entre l'informatique et un domaine bien déterminé.

Ces progrès technologiques affectent tous les domaines de la vie et il devient ainsi évident de basculer à des nouvelles méthodes de gestion.

En RDC, le Programme national des maladies cardiovasculaires (PNMCV) estime que 30% de la population souffre d'hypertension artérielle (HTA), dont un congolais sur trois serait hypertendu. Il est donc clair que l'HTA, qui est commémorée le 17 mai de chaque année depuis 2005 lors de la journée mondiale de l'HTA, est un problème de santé publique majeur pour le pays et qui nécessite une solution à travers un apport technologique.

L'auto mesure de la tension artérielle ne doit ni inquiéter ni donner lieu à une automédication excessive, et elle est maintenant bien établie. Les mesures correctement effectuées et documentées à domicile peuvent comme les mesures sur 24 heures donner des indices pronostiques fiables, meilleurs que ceux de la mesure de la tension artérielle au cabinet (Muggli & Martina, 2009). L'auto mesure de la tension artérielle est recommandée par la Ligue mondiale contre l'hypertension chez des sujets sélectionnés, comme source supplémentaire de renseignements pour le praticien, et comme moyen d'encourager les malades à participer plus activement à leur traitement (Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., 2013).

On recommande la surveillance ambulatoire de la tension artérielle (SATA) sur 24 heures pour le diagnostic de l'hypertension et cela revêt des avantages tels que : la SATA permet de dépister une hypertension nocturne, la SATA permet de diagnostiquer l'hypertension masquée, la SATA est sous-utilisée malgré un bon rapport coût : efficacité. La mesure de la tension artérielle à domicile est une solution de rechange lorsque la SATA est inabordable (Bugeja et al., 2023).

Ceci nous amène à penser à l'apport des nouvelles technologies de l'information et de la communication étant donné que l'automédication peut être envisageable et sans risque mais cela ne doit pas exclure une télé contrôle à temps réel pour un suivi et pour avoir les orientations en cas d'une quelconque crise via un système conformant aux caractéristiques telles que définies dans le tableau des appareils pour l'auto mesure de la pression artérielle représentées dans le Tableau N°1.

**Tableau N° 1** *Appareil pour l'automesure de la pression artérielle*

| Appareil pour automesure de la pression artérielle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Seuls les appareils oscillométriques (électroniques) semi-automatiques ou automatiques au bras sont recommandés</li> <li>▪ Préférer les appareils disposant d'une mémoire</li> <li>▪ Les appareils fonctionnant selon la méthode auscultatoire (anéroïde ou à mercure) ne sont pas recommandés excepter dans certaines circonstances (telles que l'arythmie)</li> <li>▪ Le tensiomètre au doigt n'est pas recommandé</li> <li>▪ Le tensiomètre au poignet n'est actuellement pas recommandé mais peut être utile chez les patients chez qui la mesure de pression au bras est impossible ou très difficile (par exemple obésité extrême)</li> <li>▪ La taille du brassard (petite, moyenne ou grande) doit être adaptée à la circonférence du bras</li> </ul> |

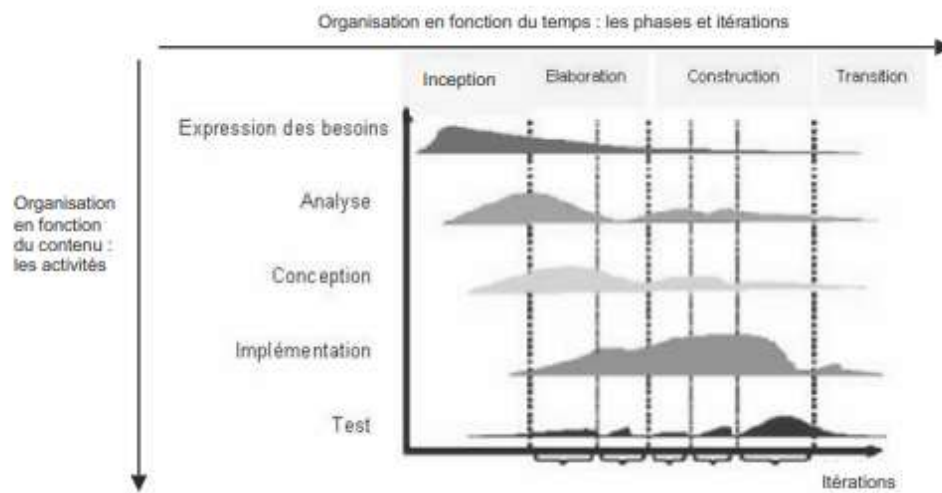
**Source :** (Frantz et al., 2010)

L'ingénierie système est toujours piloté par un ensemble des démarches méthodologiques particulières et aussi complémentaires. Une méthode définit une démarche en vue de produire des résultats. Elle permet d'assister une ou plusieurs étapes du cycle de vie du logiciel. Les méthodes d'analyse et de conception fournissent des notations standards et des conseils pratiques qui permettent d'aboutir à des conceptions « *raisonnables* »(Yende, 2019).

La conception proposée dans cette étude est issue de la méthode UP (Unified Process) qui est une méthode dite générique, générique signifie qu'il est nécessaire d'adapter UP au contexte du projet, de l'équipe, du domaine et/ou de l'organisation (exemple: R.UP ou X.UP)(Di Gallo, 2001). Le processus de développement UP met en œuvre les principes tels que : processus *guidé par les cas d'utilisation* (Le cas d'utilisation permet d'illustrer ces besoins. Ils détectent puis décrivent les besoin fonctionnel et leur ensemble constitue le modèle de cas d'utilisation qui dicte les fonctionnalités complètes du système), processus *itératif et incrémental* (les itérations désignent des étapes de l'enchaînement d'activités, tandis que les incréments correspondent à des stades de développement du produit)(Larman, C. and Basili, n.d.), processus *centré sur l'architecture*, l'architecture regroupe les différentes vues du système qui doit être construit (Picard, 2008). processus *orienté par la réduction des risques* (Gabay & Gabay, 2008) car le risques majeurs

du projet doivent être identifiés au plus tôt mais surtout levés le plus rapidement. Les mesures à prendre doivent être appliquées le plus rapidement. Les mesures à prendre dans ce cadre déterminent l'ordre des itérations (Laaredj, 2021). UP s'articule suivant deux dimensions traduites en deux axes comme le montre la figure suivante :

**Figure N° 1 Schéma du processus UP**



**Source :** (Gabay & Gabay, 2008)

Les deux axes (axe de phases et d'activités) sont constitués des différentes étapes, soit quatre phases suivantes : initialisation ou l'Inception, qui a pour but de décrire la vision du produit final, de réaliser une étude de rentabilité, de risque et de définir le projet (Wautelet et al., n.d.) ; L'Elaboration c'est-à-dire la construction d'un squelette d'architecture en intégrant les risques majeurs et affiner les plans de projet (J. Guioche, 2010) ; ainsi que la construction et transition. Cinq disciplines fondamentales décrivent la capture des exigences ou l'expression des besoins (appréhender le domaine d'application, capturer les spécificités du domaine, modèle de l'entreprise ou du domaine, modèles des processus de l'entreprise...) (Babau, 2013), l'analyse et la conception (l'analyse et la conception consiste en la transformation des besoins utilisateurs en modèles UML ou SysML (J. Guioche, 2010)), l'implémentation, le test et le déploiement (Roques, 2008). Dans cette étude, nous présenterons une vue architecturale du nouveau système temps réel, en nous concentrant exclusivement sur sa conception. La modélisation est depuis longtemps une pratique incontournable dans le développement logiciel, car un modèle constitue une représentation abstraite et simplifiée d'un système, élaborée dans un but précis (*Visualiser le système pour faciliter la compréhension et la communication parmi les partenaires de la conception*

*avant la réalisation du système*(Hamon, 2005), *spécifier la structure et le comportement du système*(Edouard, n.d.), *permettre l'analyse, simulation et vérification du système et documenter les décisions importantes*). La modélisation est une technique d'ingénierie qui permet de comprendre un système par l'établissement des modèles pour mettre au point une solution à un problème.

Les méthodes de l'Ingénierie Système (IS) reposent sur des approches de modélisation et de simulation pour valider les exigences, et pour vérifier ou évaluer le système. La modélisation a donc couramment été utilisée pour l'IS, que ce soit pour des représentations concrètes avec des plans ou modèles réduits, ou plus abstraites avec des systèmes d'équations(Saqui-sannes et al., 2012). SysML est l'acronyme de Systems Modeling Language (langage de modélisation des systèmes) ; c'est un langage dont le but est de décrire tout ou une partie d'un système technique, d'un point de vue transversal, comportemental ou structurel. C'est un ensemble d'outils graphiques définis par un métalangage qui offre au concepteur toutes les facilités pour construire un modèle à forte cohérence sémantique. SysML, est fortement inspiré de la version 2 d'UML, mais ajoute la possibilité de représenter les exigences du système, les éléments non logiciels (mécaniques, hydrauliques, capteurs...), les équations physiques, les flux continus (matière, énergie, etc.) et les allocations(Roques, 2013). La généralisation des concepts utilisés en UML enrichis de quelques notions donne SysML. Ce langage de modélisation est aussi un moyen de regrouper dans un modèle commun à tous les corps de métiers, les spécifications, les contraintes, et les paramètres de l'ensemble du système. Il n'aborde plus la conception avec la notion de classes comme UML mais avec la notion de blocs qui deviendront des parties mécaniques, électroniques, informatiques ou autres(Roques, 2013). SysML est conçu pour spécifier, analyser la structure et le fonctionnement des systèmes, décrire les systèmes, concevoir des systèmes composés de sous-systèmes, et vérifier ainsi que valider la faisabilité d'un système avant sa mise en œuvre.

La conception prend en compte le choix d'architecture technique retenu pour le développement et l'exploitation du système. La conception permet d'étendre la représentation des diagrammes effectuée au niveau de l'analyse en y intégrant les aspects techniques plus proches des préoccupations physiques(Gabay & Gabay, 2008).

Dans la majorité des centres de santé, et plus particulièrement dans notre cas où nous avons mené des enquêtes dans cinq cabinets médicaux et hôpitaux en utilisant la technique du questionnaire, les résultats obtenus montrent que la consultation médicale sur place est la plus

courante. En effet, les statistiques révèlent que 100 % des patients hypertendus se déplacent pour consulter un médecin.

Un problème de recherche est l'écart qui existe entre ce que nous savons et ce que nous voudrions savoir à propos d'un phénomène donné.

Au regard de tous ces problèmes, une question majeure peut être soulevée : *Quelle technologie informatique pouvons-nous mettre au point pour faciliter le suivi des malades de HTA à distance ?*

Ainsi, nous avons structuré notre travail de recherche selon le plan suivant, en dehors de l'introduction et de la conclusion générale :

- ✎ Analyse des besoins (présentation des besoins)
- ✎ Conception du système temps réel de télécontrôle de la tension artérielle « S3TA »

## **1. Analyse des besoins**

### **1.1. Présentation du problème**

Cette étude se concentre sur la modélisation d'une architecture logicielle (conception) en s'appuyant sur un modèle orienté objet d'un système de télécontrôle en temps réel de la pression artérielle. Le problème du transport, notamment en ce qui concerne la distance, complique la situation des patients qui ne peuvent pas se déplacer quotidiennement pour faire mesurer leur pression. En cas d'urgence, il n'y a pas de temps à perdre pour connaître leur tension et orienter une intervention rapide pour les premiers soins. Il est nécessaire d'attendre que le patient se présente physiquement à l'hôpital, alors qu'une surveillance régulière de sa pression artérielle serait essentielle pour un suivi médical efficace. Tous ces enjeux soulignent la nécessité d'une solution idéale : l'automatisation du système. Cela peut être réalisé grâce à un système de télécontrôle en temps réel de la pression artérielle des patients, permettant également la prise en charge des premiers soins à distance, sous les conseils d'un médecin.

Par rapport à un système, la modélisation du contexte détermine les rôles à jouer par les acteurs (Ruphin, 2021) qui prennent part dans ce processus de contrôle de la tension artérielle en précisant ce qui est à la charge du système et en identifiant l'environnement extérieur au système étudié avec lequel ce dernier communique (Johnen, n.d.) Comme le démontre la **Figure N° 3** où différents acteurs interagissent avec le système. Le diagramme de contexte permet de définir également les frontières de l'étude, et en particulier de préciser la phase du cycle de vie dans laquelle nous situons notre étude (généralement la phase d'initialisation). Dans ce système,

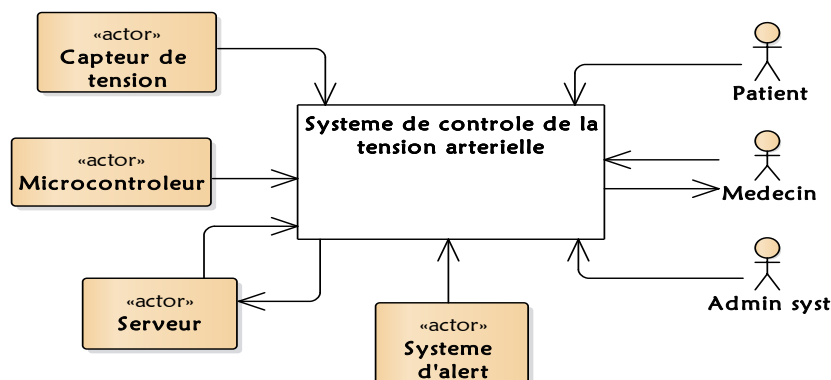
le « Patient » représente une personne physique recevant des soins médicaux. C'est la personne sur laquelle la pression artérielle sera mesurée. Le « Médecin » désigne un professionnel de la santé habilité à suivre les variations de la pression artérielle et à gérer le traitement des patients qui lui sont confiés. L' « Administrateur » est considéré comme le médecin directeur, possédant une maîtrise de l'outil informatique et gérant les accès des médecins au système.

Le « Capteur de tension » a pour rôle de détecter la pression artérielle dans l'artère et de fournir une sortie en tant qu'élément du système. Ce capteur doit être intégré dans une montre ou un bracelet et renvoyer des valeurs à intervalles réguliers. Le « Microcontrôleur » a pour fonction de contrôler les valeurs de pression mesurée par le capteur et de les communiquer.

Le « Serveur » a pour mission de stocker et de renvoyer les valeurs de pression artérielle afin qu'elles puissent être visualisées par les médecins. Enfin, le « Système d'alerte » a pour rôle de notifier les médecins en cas de risque d'hypertension ou d'hypotension, ou si la valeur mesurée augmente ou diminue par rapport à la norme.

Il est important de noter que chaque médecin doit avoir accès en temps réel aux valeurs de la pression artérielle du patient pour assurer un suivi optimal et anticiper tout risque éventuel.

**Figure N° 2** Diagramme de contexte du système



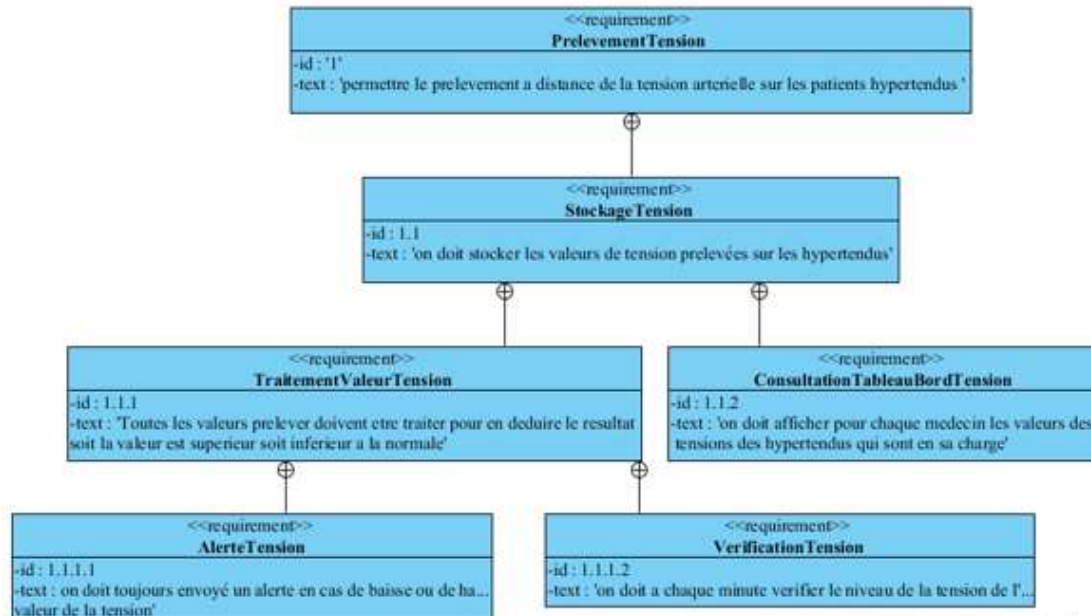
**Source :** Travail personnel (fait avec Enterprise Architect)

## 1.2. Identification des exigences systèmes

Le diagramme des exigences (« Requirement », req sur les diagrammes) permet de répertorier et d'analyser les contraintes et les performances du système (Hossain, S., & Shan, 2021). Il permet de structurer les besoins. Ce diagramme est un outil de représentation des fonctionnalités du système. C'est un moyen de communication entre les concepteurs et les clients du système. Dans le diagramme des exigences, nous spécifions, hiérarchisons et documentons les exigences; c'est-à-dire les attentes portant sur le système ou sur son comportement (Marcial Djiadeu

Monthe, 2018). Donc pour le cas de notre étude nous avons recensé les exigences présentées dans figure suivante :

**Figure N° 3** Diagramme des exigences



*Source : Travail personnel (fait avec Visual Paradigme)*

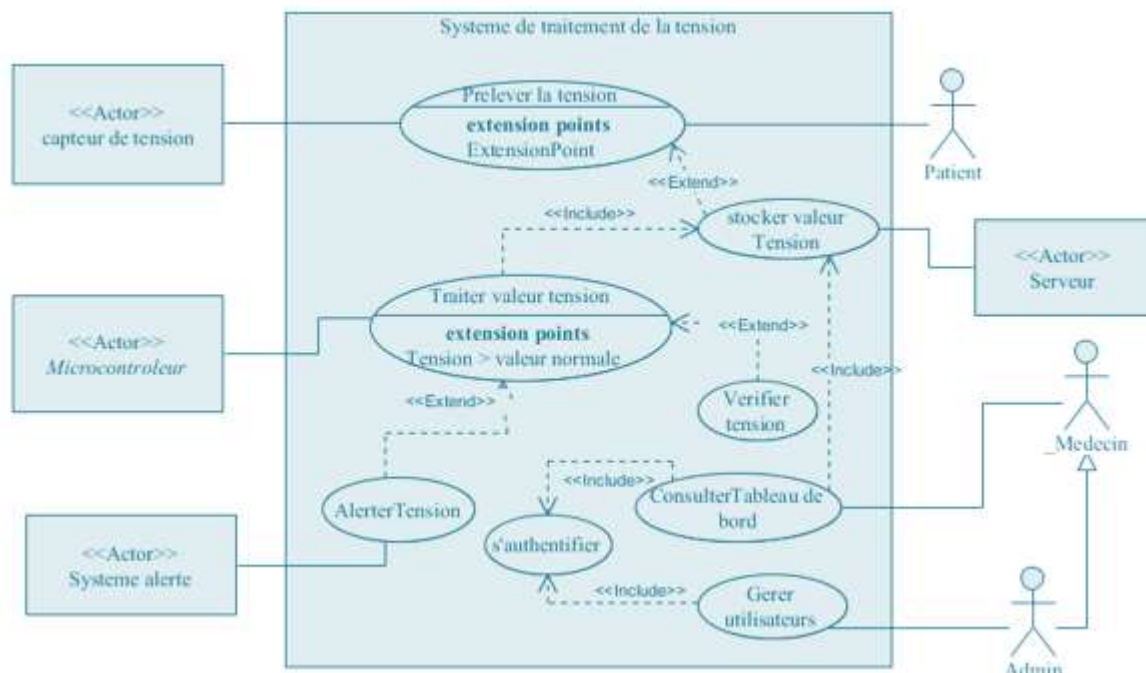
### 1.3. Identification de cas d'utilisations du système

Etant un schéma qui montre les fonctionnalités du système reliés par des associations à leurs acteurs, le diagramme de cas d'utilisation permet de représenter les besoins attendus par un système. Il décrit les fonctionnalités d'un système d'un point de vue utilisateur, sous la forme d'actions et de réactions ; l'ensemble des fonctionnalités est déterminé en examinant les besoins fonctionnels de tous les utilisateurs potentiels (Peignot, 2009).

Partant du modèle de contexte réalisé précédemment, nous allons identifier les fonctionnalités nécessaires aux utilisateurs du système. Par définition un cas d'utilisation (« use case ») représente un ensemble de séquences d'actions qui sont réalisées par le système et qui produisent un résultat observable intéressant pour un acteur particulier (Roque, 2006). Les cas d'utilisation de notre système sont donc : *S'authentifier* (chaque acteur doit devoir s'authentifier avant une quelconque action au niveau du système), *GererUtilisateur* (les droits d'accès au système doivent être limités, ainsi tous les utilisateurs doivent être gérés par l'administrateur), *ConsulterTableauBordtension* (pour mieux faire le monitoring il faudrait avoir une interface de visualisation de la valeur de la tension d'une manière régulière. Et cette tâche revient à l'acteur médecin), *TraiterValeursTension* (à l'aide du microcontrôleur les

valeurs renvoyées devront être traitées pour la prise des décisions), *PreleverTension* (le capteur de tension inséré dans une montre ou un bracelet renverra à chaque période bien définie la valeur actuelle de la tension artérielle du patient), *StockerValeurTension* (les différentes valeurs prélevées doivent être stockées sur un serveur afin de suivre l'évolution de la tension du patient). Les différents cas d'utilisation identifiés ci-haut sont répertoriés dans la **Figure N°4** suivante représentant le diagramme de cas d'utilisation de notre système.

**Figure N° 4** Diagramme de cas d'utilisation système



**Source :** Travail personnel (fait avec Visual Paradigm)

Il convient de noter que pour besoin de simplicité prônée dans cet article, nous nous limiterons qu'à la présentation des fonctionnalités telles que : le *prélèvement de la tension* et le *traitement de la tension*. C'est ainsi que ci-dessous nous donnons la description textuelle détaillée des cas d'utilisation concernés afin d'améliorer le contenu informatif sur le déroulement de chacun sur base d'un scénario qui est défini comme est un chemin particulier au travers de la description abstraite et générale fournie par le cas d'utilisation (Capuozzo, 2004). Voici donc les différents scénarii que réalisent les cas d'utilisation concernés :

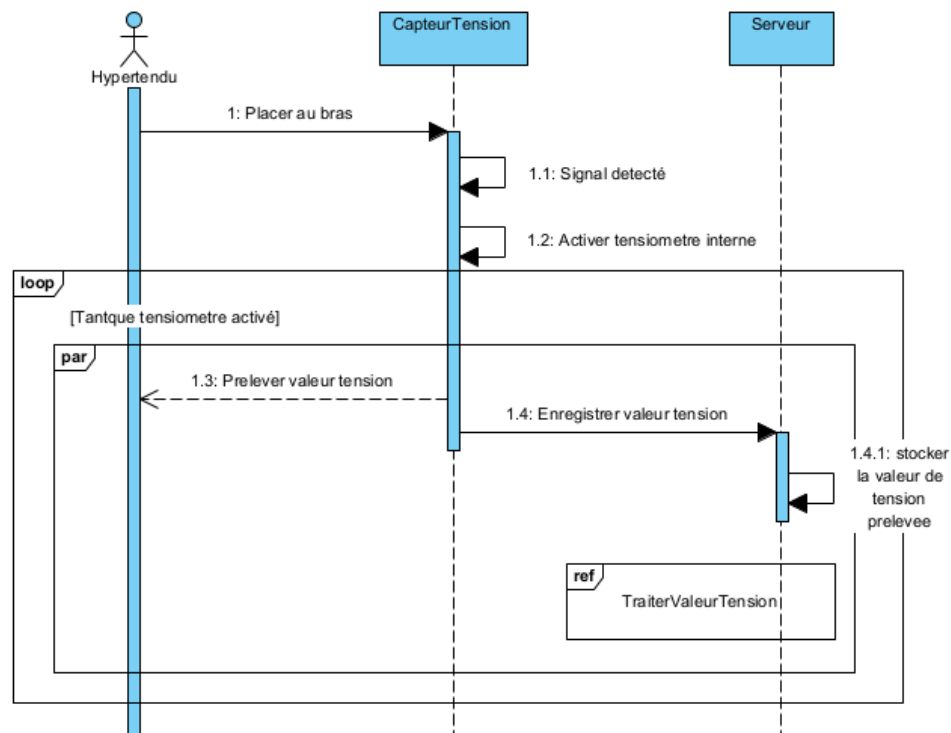
**Tableau N° 2** scenario prélever la tension

|          |                                                                                                      |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Service  | Prélever la tension                                                                                  |
| Objectif | Cette fonctionnalité permet au capteur de prélever la tension du patient et la transférer au serveur |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Acteurs principaux                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Capteur de tension, Hypertendu (Patient)                          |
| Précondition                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Le capteur doit être en marche placé sur le corps de l'hypertendu |
| Post condition                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Valeurs de la tension envoyées au serveur                         |
| Enchaînement d'actions                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                   |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. L'hypertendu place le capteur de tension sur le corps</li> <li>2. Le capteur de tension détecte le signal du corps humain et active le tensiometre interne</li> <li>3. Le tensiometre interne prélève les valeurs de la tension et les envoie au serveur</li> </ol> |                                                                   |

La figure ci-dessous implémente le cas d'utilisation « prélever la tension » en définissant les différentes séquences d'actions.

**Figure N° 5** Diagramme de séquences « PreleverTension »



**Source :** Travail personnel (fait avec Visual Paradigm)

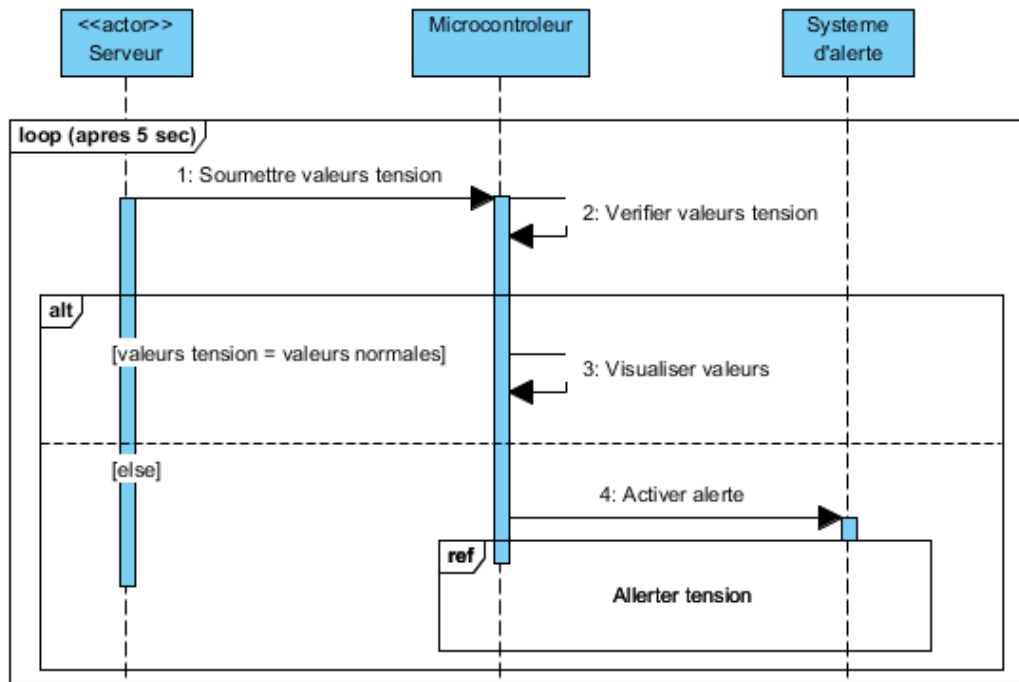
Le traitement de la tension se fait au niveau du microcontrôleur qui inclut une logique de programmation qui permettra de traiter les valeurs renvoyées par le capteur et stockées par le serveur en les confrontant à une valeur nominale pour en déduire le résultat, soit un hyper ou hypotension afin d'alerter le médecin de le cas où la valeur serai trouvée différente de la normale.

**Tableau N° 3** *scenario traiter valeurs de la tension*

|                                                                                                                                                               |                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Service                                                                                                                                                       | Traiter les valeurs de la tension                                                                              |
| Objectif                                                                                                                                                      | Cette fonctionnalité permet au microcontrôleur d'interpréter les valeurs de la tension stockées sur le serveur |
| Acteurs principaux                                                                                                                                            | Microcontrôleur                                                                                                |
| Acteur secondaire                                                                                                                                             | Serveur                                                                                                        |
| Précondition                                                                                                                                                  | Le serveur doit stocker les valeurs de la tension                                                              |
| Post condition                                                                                                                                                | Tension normale trouvée ou tension anormale trouvée                                                            |
| Enchainement normal d'actions                                                                                                                                 |                                                                                                                |
| 1. Le serveur active le microcontrôleur<br>2. Le microcontrôleur récupère les valeurs stockées, les interprète en comparant avec la valeur normale configurée |                                                                                                                |
| Enchainement alternatif d'actions                                                                                                                             |                                                                                                                |
| Le microcontrôleur active le système d'alerte si la valeur de la tension est différente par rapport à la valeur normale.                                      |                                                                                                                |

La **Figure N° 6** définit le diagramme de séquences (Le diagramme de séquence montre la chronologie des événements et des messages passés entre éléments (lignes de vie) au sein d'une interaction.(Roques & Braun, n.d.)) Correspondant au scénario ci-dessous du cas d'utilisation « **traiter valeurs de la tension** »

**Figure N° 6** Diagramme de séquences « traiter valeurs de la tension »



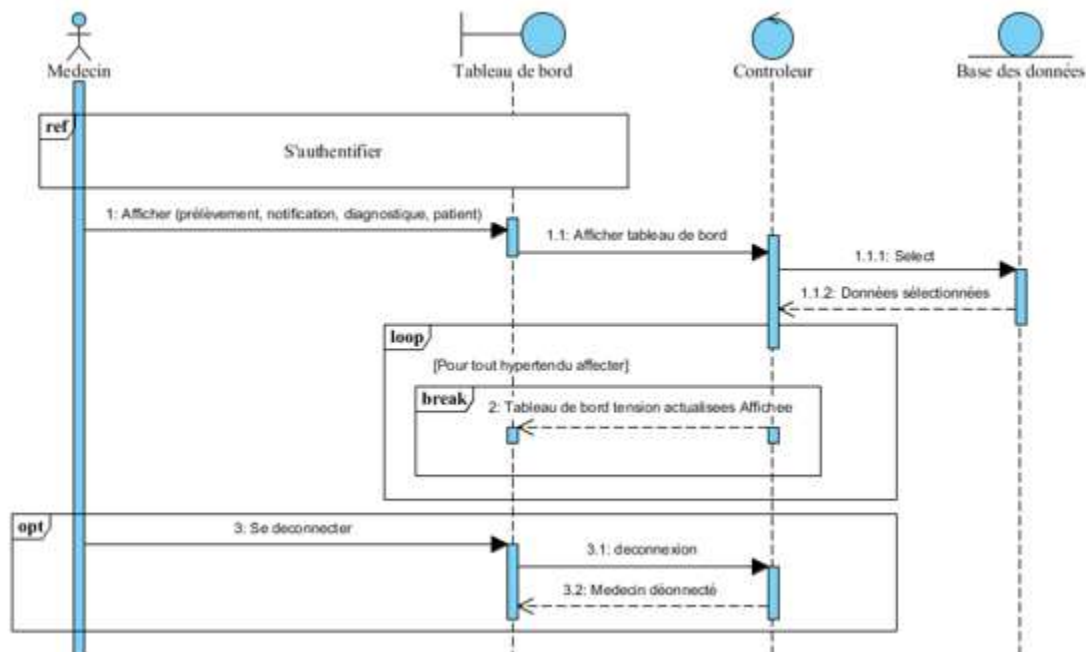
*Source : travail personnel (fait avec Visual Paradigm)*

### 3. Conception du système a temps réel de télécontrôle de la tension artérielle « S3TA »

Les diagrammes d'interactions UML (séquence ou communication) sont particulièrement utiles au concepteur pour représenter graphiquement ses décisions d'allocation de responsabilités. Chaque diagramme d'interaction (la communication entre instances des éléments d'une collaboration(Mair, F., & Pohl, 2022) va ainsi représenter un ensemble d'objets de classes de différentes collaborant dans le cadre d'un scénario d'exécution du système. Dans ce genre de diagramme, les objets communiquent en s'envoyant des messages qui invoquent des opérations sur les objets récepteurs(Roques, 2008). Les médecins chargés de suivi doivent interagir avec un système aussi complexe, qui sera une interaction de plusieurs objets.

La **Figure N° 7** donne un aperçu sur les échanges dans le système éclaté. L'acteur concerné doit d'abord être authentifié par rapport au système avant de visualiser l'état des patients en sa charge.

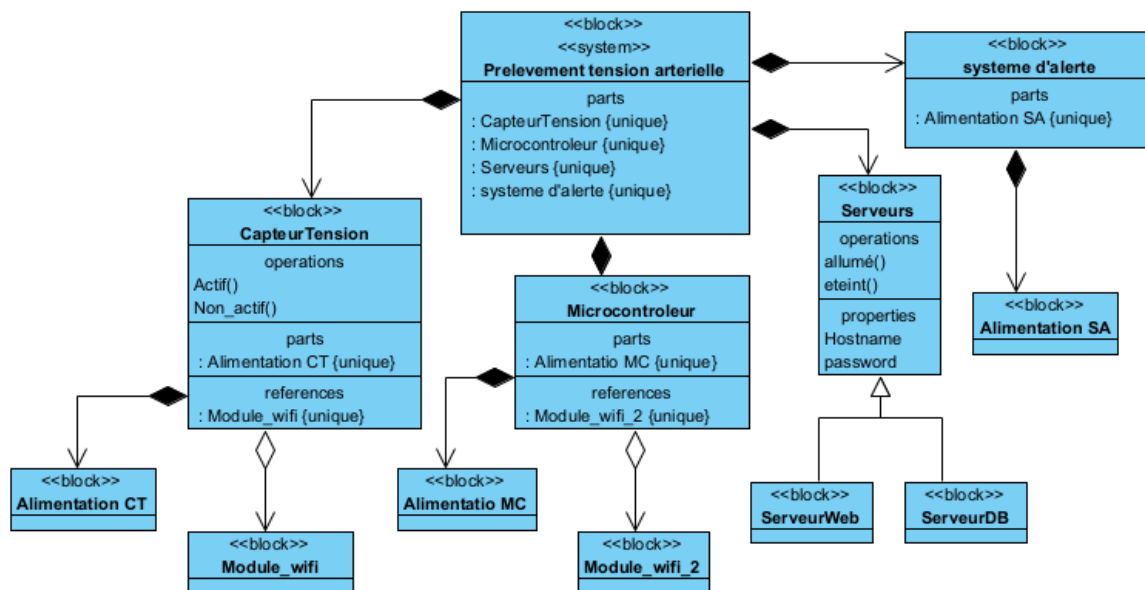
**Figure N° 7** Diagramme d'interaction « consulter tableau de bord »



**Source :** travail personnel (fait avec Visual Paradigm)

Le BDD est un diagramme qui permet de définir le système et sa hiérarchie. La sémantique utilisée est très proche du diagramme de classe d'UML et d'un organigramme technique. Un bloc peut représenter des sous-systèmes (composants) organiques ou fonctionnels. Des liaisons définissent les relations entre les blocs. L'entité spécification de flux permet de spécifier la nature d'un flux pour un port (Renier & Chenouard, 2011). Le diagramme de blocs est un diagramme statique. Il montre les briques statiques (blocs, composition, association...). Il est utilisé pour décrire l'architecture matérielle du système. Un bloc est une entité bien délimitée qui encapsule principalement des attributs (variables d'état), des opérations (procédures comportementales), des contraintes, des ports (échange de flux avec l'extérieur) et des parts (sous-blocs internes). Un bloc peut modéliser tout le système, un élément matériel ou logiciel (Fagnon & Gaston, 2012). Notre système est composé de plusieurs blocs en association représentés dans la **Figure N° 8**.

**Figure N° 8** Diagramme de blocs

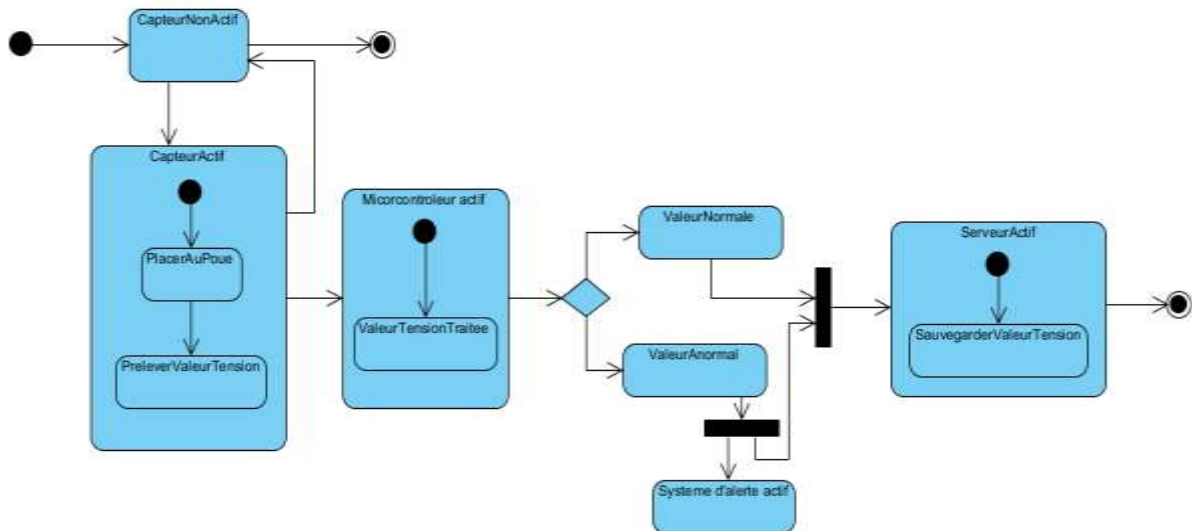


**Source :** travail personnel (fait avec Visual Paradigm)

A ce diagramme est associé le diagramme de blocs interne, qui définit les sous composants des différents blocs. C'est un diagramme structurel. Il décrit l'architecture matérielle d'un système, les échanges internes entre ses éléments ou avec l'extérieur. Il est utilisé pour décrire l'architecture matérielle du système. Un bloc est une entité bien délimitée qui encapsule principalement des attributs (variables d'état), des opérations (procédures comportementales), des contraintes, des ports (échange de flux avec l'extérieur) et des parts (sous-blocs internes). Un bloc peut modéliser tout le système, un élément matériel ou logiciel (Fagnon & Gaston, 2012b)

Un diagramme d'état représente une situation durant la vie d'un bloc. Un état peut contenir des sous-états qui sont soumis aux règles d'évolution générale à la condition supplémentaire que l'état conteneur soit actif. Ce diagramme définit complètement les différentes phases de fonctionnement du composant. Il donne une description comportementale (Lamy, n.d.). Un diagramme machine à états décrit une machine à états communicante avec manipulation de variables et gestion de temporisation, temps de calcul et retards sur le déclenchement de transitions. (Saqui-sannes et al., 2012). La figure suivante représente les différents états de notre système.

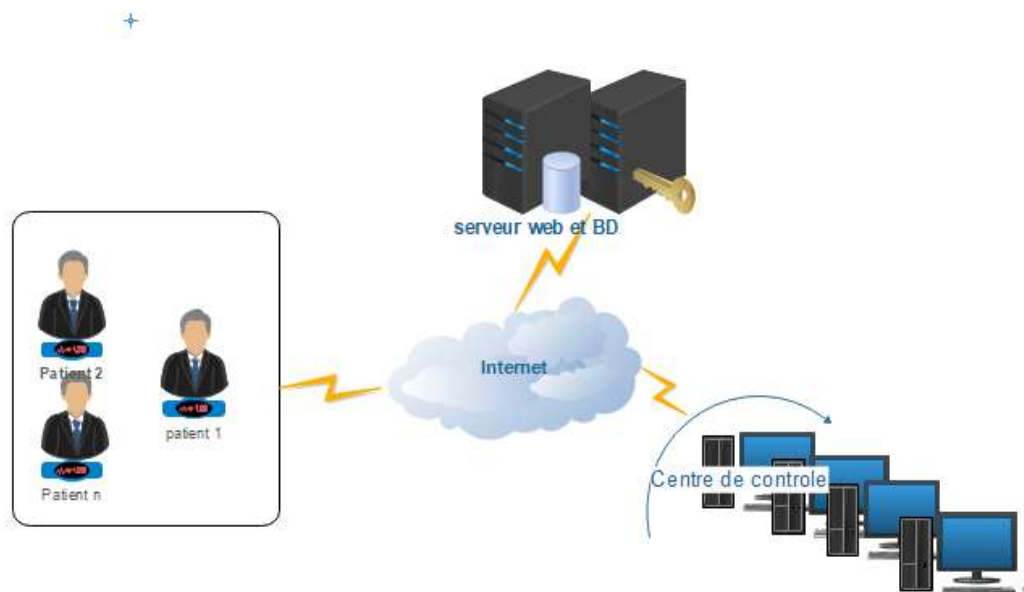
**Figure N° 9** Diagramme d'état



**Source :** travail personnel (fait avec Visual Paradigm)

Notre système doit être capable de gérer plusieurs blocs distants. D'une part, nous avons des patients sur lesquels un capteur de tension sera installé, et d'autre part, les serveurs (web et base de données) ainsi que le centre de contrôle. Cette architecture est illustrée dans la maquette présentée dans la figure suivante :

**Figure N° 10** Maquette de déploiement de la solution



**Source :** travail personnel (fait avec Edraw Max)

## Conclusion

Ce présent article avait pour objectif de démontrer l'usage des modèles objets pour la conception d'un système temps réel de télécontrôle de la tension artérielle dans le but de concevoir une architecture système répondant à un besoin réel en ce qui concerne le suivi des patients souffrant de la tension artérielle. Cet article s'est limité seulement à la compréhension des besoins et la conception du nouveau système. La méthode UP (Unified Process) nous a servi de démarche pour la conception du système temps réel « S3TA ». Dans cet article seul trois étapes de la méthode UP ont été validées, à savoir, l'expression des besoins, l'analyse ainsi que la conception. Pour une bonne compréhension du système nous avons fait recours au langage de modélisation SysML (System Modeling Language), qui est un langage de modélisation issu d'UML (Unified Modeling Language). Ce langage nous a permis de Visualiser le système pour faciliter la compréhension et la communication parmi les partenaires de la conception avant la réalisation du système, spécifier la structure et le comportement du système, permettre l'analyse, ainsi que la conception du nouveau système. « S3TA » un est système s'inscrivant dans l'apport de l'informatique dans le domaine médicale « Med Tech » et se veut être utile pour ce qui concerne le contrôle et suivi de la tension artérielle et peut être utilisé dans toute structure médicale gérant les cas de la tension artérielle.

Ce sujet, abordé dans le cadre d'une recherche scientifique, souligne l'importance de l'apport de l'informatique dans le domaine médical. En nous appuyant sur la technique de collecte des données, nous avons déduit, à partir des résultats attendus, l'importance de l'informatique dans la résolution des problèmes liés à la consultation et au suivi des patients hypertendus.

Le système ainsi conçu pourra donc répondre au besoin de consulter et faire un suivi à temps réel des patients, la particularité parmi tant d'autres telles que :

- ✎ La mesure et le traitement temps réel de la pression artérielle ;
- ✎ La consultation à distance via un système de monitoring ;
- ✎ Le signal d'alerte à chaque moment où la valeur de la pression est soit supérieure ou inférieur par rapport à un seuil bien défini ;
- ✎ La portabilité : la capacité de disposer d'un outil à tout moment ;
- ✎ Et tant d'autres exigences soient fonctionnelles ou non fonctionnelles.

Nous pensons que ce travail n'a pas couvert tous les aspects de la consultation et du suivi en temps réel de la tension artérielle à distance. Cela peut servir de point de départ ou de référence pour d'autres chercheurs souhaitant explorer et enrichir ce sujet avec de nouvelles idées. Dans notre cas, nous envisageons d'ajouter, à long terme, des fonctionnalités basées sur des



algorithmes d'intelligence artificielle pour la prédiction et la téléconsultation, notamment pour des affections telles que l'hypertension, le diabète et d'autres maladies.

## BIBLIOGRAPHIE

- Babau, J.-P. (2013). *Cours des Méthodes de Conduite des Projets Informatiques*. 1–32.
- Bugeja, A., Akbari, A., & Hiremath, S. (2023). Surveillance ambulatoire de la tension artérielle sur 24 heures. *CMAJ*, 195(7), E287–E287.
- Capuozzo, O. (2004). *Cas d ' utilisation , une introduction*. 1–17.
- Di Gallo, F. (2001). *Méthodologies des systèmes d'information*.  
<http://fdigallo.online.fr/cours/telechargement.htm>
- Edouard, A. (n.d.). *Conception orientée objet*.
- Fagnon, D., & Gaston, S. (2012a). *SysML : les diagrammes*. 0–4.  
<https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/979/979-179-p100.pdf>
- Fagnon, D., & Gaston, S. (2012b). SysML : les diagrammes. *Technologie N°179*, 100–105.
- Frantz, J., Feihl, F., & Waeber, B. (2010). Directives pratiques de la Société européenne d'hypertension sur la mesure de la pression artérielle à domicile. *Rev Med Suisse*, 6, 1696–1699.
- Gabay, J., & Gabay, D. (2008). *UML 2 : Analyse et conception* (Dunod).
- Hamon, J. (2005). Méthodes et outils de la conception amont pour les systèmes et les microsystèmes. *Architecture*.
- Hossain, S., & Shan, B. (2021). A Framework for Identifying Risks in Requirements Engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 47(11), 2492–2509.
- J. Guioche. (2010). *Le Processus Unifié*. 112, 1–112.
- Johnen, C. (n.d.). *Uml : diagramme de contexte statique*. 1–2.
- Laaredj, L. M. D. Z. (2021). *Cours Génie Logiciel ( GL ) 3 ème Année LMD*.
- Lamy, J. (n.d.). *SysML, un langage modèle*. 32–48.
- Larman, C. and Basili, V. R. (n.d.). Iterative and Incremental Development: A Brief History. *Computer*, 36(6), 47–56.
- Mair, F., & Pohl, K. (2022). Model-Driven Engineering for Requirements Modeling in Software Development: A Qualitative Study. *Journal of Software Engineering Research and Development*, 10(1), 1–22.
- Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., et al. (2013). ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension.". *European Heart Journal*, 2159–2219, 34(28).
- Marcial Djiaideu Monthe, V. (2018). *Développement des systèmes logiciels par transformation de modèles : application aux systèmes embarqués et à la robotique*.



- Muggli, F., & Martina, B. (2009). Mesure de la tension artérielle et classification de l'hypertension. *Forum Med Suisse*, 9(35), 606.
- Peignot, C. (2009). *Le langage UML*. Cc, 1–49. <http://info.arqendra.net/>
- Picard, G. (2008). *Conduite de projet Méthode d ' analyse et de conception Processus unifié Sommaire*.
- Renier, R., & Chenouard, R. (2011). De Sysml à Modelica Aide à La Formalisation de Modeles de Simulation en Conception Preliminaire. *12ème Colloque National AIP PRIMECA*.
- Roques, P. (2008). *UML 2: Modéliser une application web*. [http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=Lx\\_gmjGJuCAC&oi=fnd&pg=PR7&dq=UML+2+-+Modéliser+une+application+web&ots=W8qxwzHs5H&sig=5QkYLqvpKa7Gp0Jlhn5kB87WnyY](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=Lx_gmjGJuCAC&oi=fnd&pg=PR7&dq=UML+2+-+Modéliser+une+application+web&ots=W8qxwzHs5H&sig=5QkYLqvpKa7Gp0Jlhn5kB87WnyY)
- Roques, P. (2013). *Modelisation des systemes complexes avec SysML* (Eyrolles).
- Roques, P., & Braun, N. (n.d.). *Baccalauréat STI2D La modélisation SysML Les diagrammes SysML*.
- Ruphin, N. N. (2021). *Ingénierie Dirigée par les Modèles pour la Spécification d ' un système de paiement de frais scolaire dans des écoles privées de la République Démocratique du Congo Model Driven Engineering for the Specification of a School Fees Payment System in Private* . 2, 851–875.
- Saqui-sannes, P. De, Apvrille, L., & Ttool, A. (2012). *SysML temps réel AVATAR / TTool : un environnement en mode libre pour SysML temps réel*.
- Wautelet, Y., Louvigny, L., & Kolp, M. (n.d.). *Eléments d ' application en milieu sidérurgique*. 1–21.
- Yende, R. (2019). *Support De Cours De Genie Logiciel*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01988734%0Ahttps://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01988734/document>