

Mise en oeuvre d'un système de télésurveillance pour un système de production à base de capteurs intelligents

Mohamed Ramadany

Laboratoire de productique Energie et Développement
Durable, École Supérieure de Technologie de Fès,
mramadany@ gmail.com

Driss Amegouz

Laboratoire de productique Energie et Développement
Durable, École Supérieure de Technologie de Fès,
amegouz@yahoo.fr

Résumé — La télésurveillance des systèmes de production, est un ensemble d'actes et de processus, utilisant la transmission à distance de données provenant des capteurs installés sur ces systèmes, ainsi que les nouvelles technologies de l'information et de communication. Ceci, dans le but de permettre à un professionnel de maintenance de prendre une décision au niveau des actions de la maintenance. Cet article est consacré dans un premier temps à l'analyse fonctionnelle d'un système de télésurveillance pour une application de maintenance prédictive, ainsi que les étapes nécessaires pour sa mise en œuvre. Par la suite, nous allons identifier les besoins en architecture, en protocoles, pour une application de télésurveillance d'un système de production basée sur les capteurs intelligents. Finalement, nous allons présenter la conception d'une architecture de système de télésurveillance, et ce à travers la modélisation fonctionnelle.

Mots clefs — télésurveillance, analyse fonctionnelle, modélisation fonctionnelle, capteurs intelligents, architecture.

I. INTRODUCTION

L'approche contemporaine de la maintenance, est de migrer des politiques de maintenance correctives vers celles de maintenance préventive. En effet, une maintenance corrective, dont les tâches sont imprévues, avec un caractère d'urgence, induit une forme d'indisponibilité, et par conséquent, un coût onéreux pour les industriels.

Cette tendance vers les politiques de maintenance, fait appel à des moyens technologiques et des outils d'aide à la prise de décision. De plus, l'essor et l'émergence des NTIC, ainsi que les capteurs intelligents grâce notamment aux derniers développements réalisées dans le domaine des technologies sans fil, ont fait instaurer et privilégier la surveillance à distance définie par la télésurveillance.

Ainsi, la vocation majeure d'un système de télésurveillance, est de permettre à un professionnel de maintenance d'anticiper et de prendre une décision au niveau des actions à entreprendre, afin de n'intervenir que lorsque le suivi de certains paramètres transmis par les capteurs, l'exige. Ceci dans le but d'accentuer l'aspect prévisionnel de la maintenance.

Pour répondre à cette vocation, un système de télésurveillance nécessite un réseau de capteur, afin d'observer, d'analyser et de contrôler en temps réel les systèmes de production. En réseau, ces capteurs peuvent interagir entre eux et avec un système externe par le biais de communication sans fil ou filaire. Ainsi, ces capteurs peuvent être reliés ensemble pour constituer un réseau sans fil, se basant sur des protocoles pour communiquer tel que ZigBee.

Dans la littérature, les travaux de recherche présentent un éventail élargi des applications des réseaux de capteurs intelligents, on retrouve notamment, des applications militaires, des applications dans l'environnement (détection des feux de forêts, inondations,...), des applications dans le domaine médical, et des applications domotiques. En ce qui concerne, les applications des réseaux de capteurs intelligents dans le domaine de la maintenance prédictive, moins nombreux sont les auteurs qui se sont intéressés à cet axe de recherche.

La référence [1], a évalué les performances d'une application de réseaux de capteurs pour la prévision des pannes d'équipement, sur la base de mesure des vibrations dans une usine de fabrication de semi-conducteur. D'autre part, [2] traite l'intégration d'un contrôle intelligent, basé sur la technologie des capteurs sans fil, pour la capture de l'information, ainsi que pour le contrôle des actionneurs afin d'agir sur les équipements industriels.

Dans le domaine naval, [3] s'intéresse au diagnostic à distance de l'huile de lubrification marine, à l'aide de capteurs intelligents, en développant un logiciel pour surveiller en continu le système de lubrification d'un navire. Ceci, dans le but d'avoir une compréhension précise de l'état de l'usure du moteur, qui est l'élément principal dans le système de propulsion d'un navire.

Ainsi, notre contribution, vise à enrichir cet axe, qui concerne l'intégration de capteurs intelligents pour une application de maintenance prédictive.

Cet article s'organise de la manière suivante : la première partie est consacrée à l'analyse fonctionnelle d'un système de télésurveillance, ainsi que les étapes nécessaires pour sa mise en œuvre. Quant à la seconde partie, elle vise à identifier les besoins en architecture et en protocoles pour une application de la télésurveillance d'un système de production à base de capteurs intelligents. Finalement, la dernière partie est destinée, pour présenter la conception d'une architecture d'un tel système, et ce à travers la modélisation fonctionnelle.

II. ANALYSE FONCTIONNELLE D'UN SYSTEME DE TELESURVEILLANCE ET ETAPES DE MISE EN OUVRE

La mise en œuvre d'une stratégie de maintenance prévisionnelle nécessite :

- de réaliser des mesures périodiques ou continues de paramètres observables et significatifs de l'état de dégradation du système de production avec l'usage d'un appareillage approprié.
- De valider ces données, d'analyser leur évolution et d'établir un diagnostic en cas d'anomalie.
- De planifier des interventions de maintenance en fonction de la prévision du franchissement des seuils [4].

Sur la base de ces préconisations, et en faisant une projection sur un système de télésurveillance, qui fait appel à la notion de surveillance à distance et en temps réel, le système doit remplir certaines fonctions. Il s'agit des fonctions : surveiller à distance, diagnostiquer à distance et réaliser un pronostic de l'état du système de production, sujet de la télésurveillance, ainsi que le paramétrage à distance. Ceci dans le but, d'anticiper les défaillances par la mise en œuvre d'un plan de maintenance, dans le cadre d'une fonction d'aide à la décision.

Ainsi, la télésurveillance des systèmes de production, est un ensemble d'actes et de processus, utilisant la transmission à distance de données provenant des capteurs installés sur ces systèmes, ainsi que les nouvelles technologies de l'information et de communication. Ceci, dans le but de permettre à un professionnel de maintenance de prendre une décision au niveau des actions de la maintenance, suite au traitement et analyse de ces données par des moyens et outils spécifiques [5].

L'avancée des technologies des télécommunications et de l'électronique a permis d'offrir des perspectives intéressantes dans l'utilisation de système de la télésurveillance des systèmes de production. Un tel système doit être conçu, dans le but de répondre aux exigences d'une politique de maintenance préventive prévisionnelle.

A. Analyse fonctionnelle d'un système de télésurveillance

L'analyse fonctionnelle, est un outil générique d'aide à la conception d'un système de télésurveillance, dans la mesure où elle permet de synthétiser les besoins auxquels répond un tel système. Ainsi, la phase préliminaire, consiste à définir les principaux éléments de l'environnement, en interaction avec le système de télésurveillance.

Afin de contribuer à la conception d'un système de télésurveillance, une démarche rigoureuse est nécessaire, afin de préciser les relations qui existent entre les éléments de l'environnement du système. Pour ce faire, nous allons définir les fonctions de service, dissociées en fonctions principales FP, et en fonctions contraintes FC. Ainsi, le diagramme pieuvre d'un système de télésurveillance est le suivant :

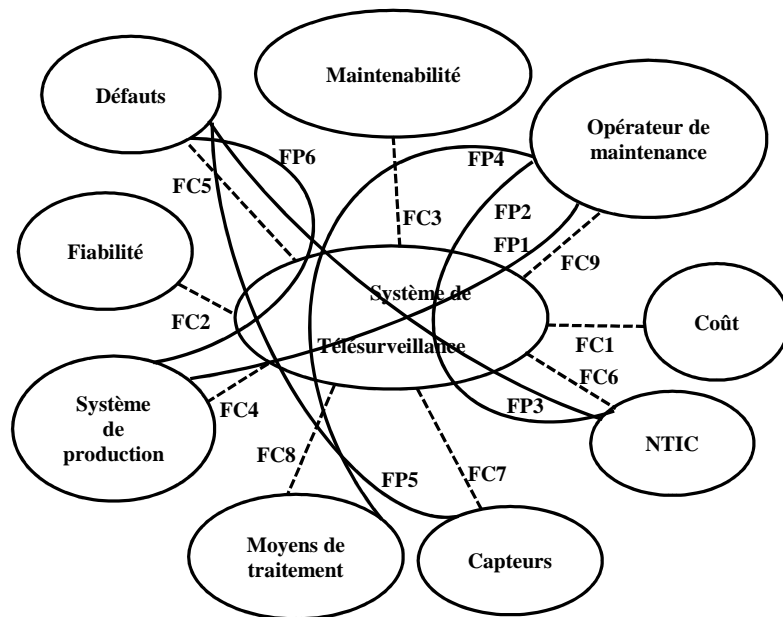


Fig.1. Diagramme pieuvre d'un système de télésurveillance [5].

Le système de télésurveillance doit prendre en compte la spécificité du système de production à surveiller, avec ses éventuels défauts, les technologies des capteurs classiques ou intelligents, les exigences de coût, de fiabilité, et de maintenabilité, de plus il doit garantir le confort d'interprétation pour l'opérateur de maintenance, en tenant compte de sa mobilité, tout en exploitant les NTIC.

Les fonctions principales ainsi que les fonctions contraintes sont regroupées dans le tableau suivant :

Fonction principale 1	Permettre à l'opérateur de maintenance de surveiller facilement l'évolution du système de production
Fonction principale 2	Informier à distance et faciliter la prise de décision à l'aide des NTIC
Fonction principale 3	Assurer la traçabilité et l'archivage des données sur les défauts, pour constituer la base d'apprentissage
Fonction principale 4	Définir les moyens de traitements nécessaires et suffisants au diagnostic par l'opérateur de maintenance
Fonction principale 5	Définir les capteurs de mesures selon la nature de défauts possibles
Fonction principale 6	Identifier une base de données de défauts à surveiller sur le système de production.
Fonction contrainte 1	Elaborer un système de télésurveillance, le moins onéreux possible
Fonction contrainte 2	Permettre d'avoir une grande fiabilité
Fonction contrainte 3	Garantir une maintenabilité des composants du système
Fonction contrainte 4	Tenir compte des caractéristiques et paramètres des constituants du système de production
Fonction contrainte 5	Etre reconfigurable, suite à l'apparition de nouveaux défauts sur le système.
Fonction contrainte 6	Faciliter l'intégration et l'exploitation des NTIC
Fonction contrainte 7	Etre capable d'intégrer facilement les technologies de capteurs
Fonction contrainte 8	Permettre la mise à jour des moyens de traitement
Fonction contrainte 9	Prendre en considération les exigences et les limitations de l'opérateur de maintenance

Tab.1. Fonctions principales et contraintes d'un système de télésurveillance [5].

Afin de définir toutes les fonctions constructives de notre système de télésurveillance, à partir des fonctions de services que doit remplir le système, nous avons élaboré un diagramme FAST (Functional Analysis System Technic). D'autre part, ce diagramme FAST, permettra d'éclaircir les choix techniques de notre système de télésurveillance grâce à l'établissement des fonctions techniques.

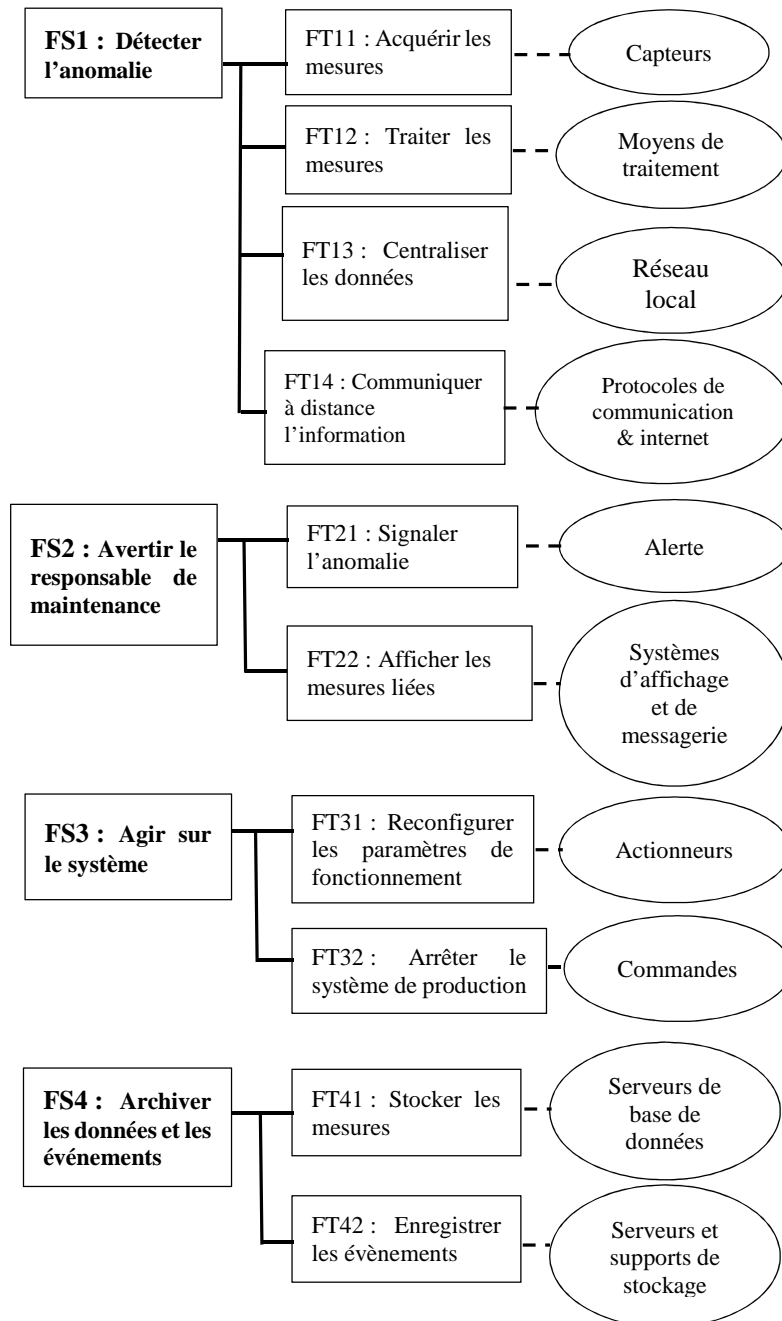


Fig.2. Diagramme FAST d'un système de télésurveillance .

Suite à cette analyse fonctionnelle, un système de télésurveillance doit respecter certaines exigences :

- **Facilité d'utilisation** : le système doit être simple et ergonomique via des interfaces simples.
- **Faible coût de déploiement** : le matériel utilisé dans le cadre de la télésurveillance doit être indépendant de l'environnement de l'opérateur de maintenance, ainsi la technologie sans fil s'impose.
- **Mobilité des opérateurs de maintenance** : le système de télésurveillance doit tenir compte de cette contrainte, par la mise à leur disposition de dispositifs technologiques (tablettes, smartphones) afin d'être informés en continu et d'avoir en permanence la possibilité d'y accéder partout.
- **Paramétrage et la reconfiguration** : le système de télésurveillance doit permettre le paramétrage à distance, et la reconfiguration grâce à la technologie des capteurs intelligents. En fait, le développement, de la microélectronique a permis d'intégrer de nouvelles technologies, au sein des capteurs, celles de l'intelligence embarquée. Grâce au numérique, de nouvelles fonctionnalités sont disponibles : correction des erreurs, auto ajustage, reconfiguration et communication numérique [6].

Les notions de paramétrage et de reconfiguration rendent le système plus intelligent, dans la mesure où, il serait capable de se reconfigurer, selon les compétences de l'opérateur de maintenance, et les reconfigurations du système de production. De même, les notions d'extension et de mise à jour traduisent aussi l'aspect de paramétrage et reconfiguration : le système doit offrir la possibilité d'extension et de mise à jour du système à surveiller, par exemple l'ajout d'une nouvelle machine au système, ou des capteurs supplémentaires à installer ou à retirer à la chaîne de mesure.

B. les étapes de mise en œuvre d'un système de télésurveillance

La mise en œuvre d'un système de télésurveillance nécessite principalement deux aspects, à savoir :

- a) Les choix matériels : capteurs intelligents, architecture réseau, unités physiques de traitement, matériels de visualisation (écrans tactiles, smartphones et tablettes...
- b) L'aspect logiciel du système de télésurveillance : algorithmes d'apprentissage et de diagnostic, ainsi que la gestion de la visualisation et la gestion des droits d'accès.

Ces deux aspects se traduisent par les sous étapes suivantes:

- **Choix des machines à surveiller du système de production :**

L'une des règles de la télésurveillance est de ne pas traiter tous les équipements sur le même pied d'égalité. C'est pourquoi il est

commode de focaliser la fonction de télésurveillance sur les machines critiques.

- **Typologie de capteurs à installer :**

Une fois le choix des équipements à surveiller est fait, l'étape suivante consiste à choisir les types de capteurs à installer sur les machines, c'est-à-dire identifier les grandeurs physiques et les paramètres significatifs avec les capteurs qui correspondent à leurs mesures.

- **Positionnement des capteurs :**

L'installation des capteurs qui collectent les données du système de production doit être établie suite à une étude préalable. En effet, certains capteurs donnent des valeurs erronées suite à un mauvais emplacement ou non-respect des consignes du fabricant. A titre indicatif, la transmission de données peut être altérée à cause de la présence d'obstacles au voisinage du capteur. D'autre part, la présence d'une source de chaleur ou les poussières dans l'air ambiant peuvent fausser les mesures.

- **Architecture du réseau de capteurs :**

Tous les capteurs respectent globalement la même architecture basée sur un noyau central autour duquel s'articulent les différentes interfaces d'entrée-sortie, de communication et d'alimentation.

- **Etablissement des algorithmes d'apprentissage et de diagnostic :**

L'information la plus complète possible est extraite à partir des signaux délivrés par les capteurs sous forme d'indicateurs. Cette information est traitée ensuite pour la rendre plus robuste et plus pertinente, l'ensemble d'indicateurs pertinents est utilisé par la suite comme vecteur d'entrée aux classifieurs permettant d'assigner les différentes instances et observations aux modes de fonctionnement [7]. Ces opérations nécessitent des algorithmes d'apprentissage et de diagnostic

- **Emplacement de la salle de télésurveillance :**

L'emplacement de la salle doit être pertinent, dans la mesure où il doit répondre à certaines exigences (éviter les espaces confinés, respect de l'ergonomie, isolation contre le bruit)

- **Gestion d'interfaces de visualisation in situ ou externe**

Afin d'être informés en continu par les valeurs collectées par les capteurs installées sur les équipements ainsi que les alarmes générées, et d'avoir en permanence la possibilité d'accéder partout au système de télésurveillance (in situ ou à l'externe), on aura besoin d'interfaces permettant notamment d'obtenir la liste des capteurs ainsi qu'une cartographie du réseau. Ceci est possible grâce aux interfaces Web, ainsi que des smartphones et des tablettes.

- **Formation du personnel**

La diversité des profils du personnel et le niveau des acteurs du système de télésurveillance impose une formation selon la vocation de chaque intervenant. Ceci pour éviter les dysfonctionnements du système engendrés par le facteur humain.

- **Exploitation du retour d'expérience**

La conception et la structure d'un système de télésurveillance est sujette à des modifications permanentes, en effet les dysfonctionnements rencontrés permettent d'agir sur le système en apportant l'expérience des intervenants du système.

III. LES RESEAUX DE CAPTEURS DANS UN SYSTEME DE TELESURVEILLANCE

A. Fonctions du réseau de capteurs

En termes de domaines d'applications, les réseaux de capteurs ont connu un très grand succès, car ils détiennent un potentiel qui révolutionne de nombreux secteurs de notre économie et notre vie quotidienne, de la surveillance et la préservation de l'environnement, à la fabrication industrielle, en passant par l'automatisation dans les secteurs de transport et de la santé, la modernisation de la médecine, de l'agriculture, de la télématique et de la logistique [8].

Grâce aux récentes avancées dans les domaines des technologies sans fil et électroniques, de minuscules capteurs ont vu le jour caractérisés par leur faible coût et consommant peu d'énergie ces capteurs assurent trois fonctions principales à savoir :

- Capturer des données (vibrations, lumière, température...)
- Fournir des informations à l'aide de ces valeurs collectées
- Communiquer ces informations à travers un réseau de capteur

En effet, Hier, on cantonnait les capteurs au simple rôle de détecteurs : température, fumée, intrusion. ... On leur demande aujourd'hui de relever plusieurs informations, de communiquer entre eux, et même d'analyser leurs données [9].

Afin de garantir un système de télésurveillance performant, un réseau de capteurs doit être déployé, notamment un réseau de capteurs sans fil.

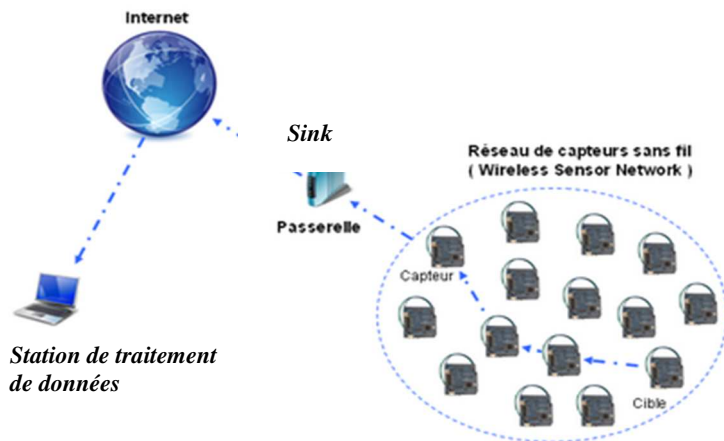
Ce réseau de capteurs doit comporter deux parties essentielles :

- Une partie sensorielle, qui intègre les capteurs permettant la mesure de paramètres significatifs de l'état de fonctionnement du système de production
- Une partie transmission de données, qui a pour rôle d'envoyer en permanence les données vers une unité centrale, via un réseau sans fil tel que GSM, WIFI, ZIGBEE ou BLUETOOTH, pour signaler une alerte dans le cas d'un traitement en temps réel (dépassement d'un seuil), ou visualiser la tendance de l'évolution des paramètres.

En effet, la fusion de deux pôles de l'informatique moderne : les systèmes embarqués et les communications sans fil, a donné naissance au réseau de capteurs sans fil.

B. Architecture d'un réseau de capteurs

Un réseau de capteurs sans fil RCSF ou Wireless Sensor Network est composé d'un ensemble d'unités de traitements embarquées appelées nœuds, communiquant via des liens sans fil. Le but général d'un WSN est la collecte d'un ensemble de paramètres et de données du système de production.



Station de traitement de données

Fig.3. Architecture du réseau de capteurs

- Passerelle ou Sink : désigne un dispositif permettant de relier deux réseaux distincts présentant une topologie différente, en effet c'est un nœud particulier du réseau. Il est chargé de la collecte des données issues des différents nœuds du réseau. Il doit être toujours actif puisque l'arrivée des informations est aléatoire. C'est pourquoi son énergie doit être illimitée. Dans un réseau de capteur sans fils plus ou moins large et à charge un peu élevée, on peut trouver deux passerelles ou plus pour alléger la charge [8].
- Station de traitement des données : c'est le centre vers lequel les données collectées par le Sink sont envoyées. Ce centre a le rôle de regrouper les données issues des nœuds et les traiter de façon à en extraire de l'information pertinente et exploitable. La station de traitement peut être éloignée du Sink, dans ce cas, les données doivent être transférées à travers un autre réseau « Wi-Fi » [8].

IV. LES CONTRAINTES DE CONCEPTION D'UN RESEAU DE CAPTEURS

Nombreux, sont les facteurs qui interviennent dans la conception d'un réseau de capteurs pour un système de production. Ces facteurs se traduisent par : la tolérance aux pannes, les coûts de réseau, la consommation d'énergie, et la topologie du réseau.

- Tolérance aux pannes : les nœuds peuvent être sujets à des pannes, ou à un manque d'énergie. Les interactions externes telles que les chocs et interférences peuvent engendrer des dysfonctionnements du réseau de capteurs.
- Coût du réseau : le coût d'un tel réseau ne doit pas être supérieur au coût d'un réseau classique, afin de justifier son intérêt.

- Topologie du réseau : l'ajout ou la suppression de capteurs dans un réseau existant, implique la mise à jour de la topologie du réseau.
- Consommation d'énergie : Une durée de vie la plus longue possible traduit l'exigence la plus importante de la plupart des applications. Par conséquent, pour atteindre cette autonomie, il est crucial de minimiser la consommation moyenne des capteurs [10].

De nombreux protocoles de liaison sans fil ont été créés, tel que le wifi et le Bluetooth, cependant ils présentent des limitations dans le cadre des réseaux de capteurs du fait de la lourdeur de ces protocoles. Afin de combler cette nécessité, ZigBee propose un protocole qui nécessite moins de ressources que le wifi et le Bluetooth, et dont la fiabilité est assez élevée, le prix de revient est faible, et la consommation d'énergie est considérablement réduite. De plus, un réseau de capteur sans fil, est généralement hétérogène, à cause de la diversité des machines constituant le système de production sujet de la télésurveillance. D'autre part, ce réseau doit être hautement reconfigurable, en effet, la topologie du réseau peut changer d'un jour à l'autre d'autant plus que les paramètres de la télésurveillance peuvent aussi changer. Ainsi, ZigBee répond considérablement aux contraintes imposées par ce type de réseau de capteurs. De plus, ce protocole, à été conçu pour apporter un signal très fiable et robuste dans l'environnement bruité des radiofréquences, d'où l'intérêt de son utilisation pour la télésurveillance des systèmes de production, dont les environnements présentent des interférences ainsi que du bruit des machines.

V. LES BESOINS POUR LE RESEAU DE CAPTEURS

En ce qui concerne la partie réseau de capteurs, on aura besoin de système d'exploitation des capteurs TinyOS : C'est le système d'exploitation open source pour les réseaux de capteurs sans-fil et développé par l'Université de Berkeley et enrichie par une multitude d'utilisateurs. En effet, TinyOS est le plus répandu des OS pour les réseaux de capteurs sans-fil. Cet OS est capable d'intégrer très rapidement les innovations en relation avec l'avancement des applications et des réseaux eux même tout en minimisant la taille du code source en raison des problèmes inhérents de mémoire dans les réseaux de capteurs. La librairie TinyOS comprend les protocoles réseaux, les services de distribution, les drivers pour capteurs et les outils d'acquisition de données. TinyOS est en grande partie écrit en C mais on peut très facilement créer des applications personnalisées en langages C, NesC, et Java [11].

Pour la programmation sur les capteurs on aura besoin de NesC. Le langage NesC (Network embedded system C) est un dialecte de C basé sur des composants. NesC est orienté pour satisfaire les exigences des systèmes embarqués. De plus, il supporte un modèle de programmation qui agrège l'administration des communications, les concurrences provoquant les tâches et les événements ainsi que la capacité de réagir par rapport à ces événements [12]. NesC est un langage conçu pour incarner les concepts structurant et le modèle d'exécution de TinyOS.

Pour le routage d'information entre les capteurs, on aura besoin du protocole Zig Bee. Cette technologie a pour but la communication de courte distance telle que le propose déjà la

technologie Bluetooth, tout en étant moins chère et plus simple [13]. Sa portée était au début d'une dizaine de mètres, elle est désormais de 100 mètres.

Pour la partie serveur, on aura besoin du SGBD MySQL, qui est un système de gestion de bases de données relationnelle.

VI. ARCHITECTURE RESEAU D'UN SYSTEME DE TELESURVEILLANCE

Cette architecture réseau est basée sur la mise en place de deux serveurs (local et distant). Le choix d'une architecture distribuée est justifié par la nécessité de sécuriser et d'enregistrer les données capteurs installés sur le système de production, sur un serveur distant hébergé (centralisation et traitement de calcul). Ce qui permet également de gérer plusieurs machines à partir d'un seul serveur de calcul et de traitement. L'utilisation de capteurs intelligents permet d'envoyer grâce à une communication sans fil les données au serveur local de données. Le serveur local (serveur de données) est connecté au réseau internet. Cette connexion permet d'avoir la possibilité de l'envoi des données recueillies vers le serveur de calcul et de traitement (serveur distant). Ainsi, les opérateurs de maintenance peuvent consulter les informations hébergées sur ce serveur en permanence.

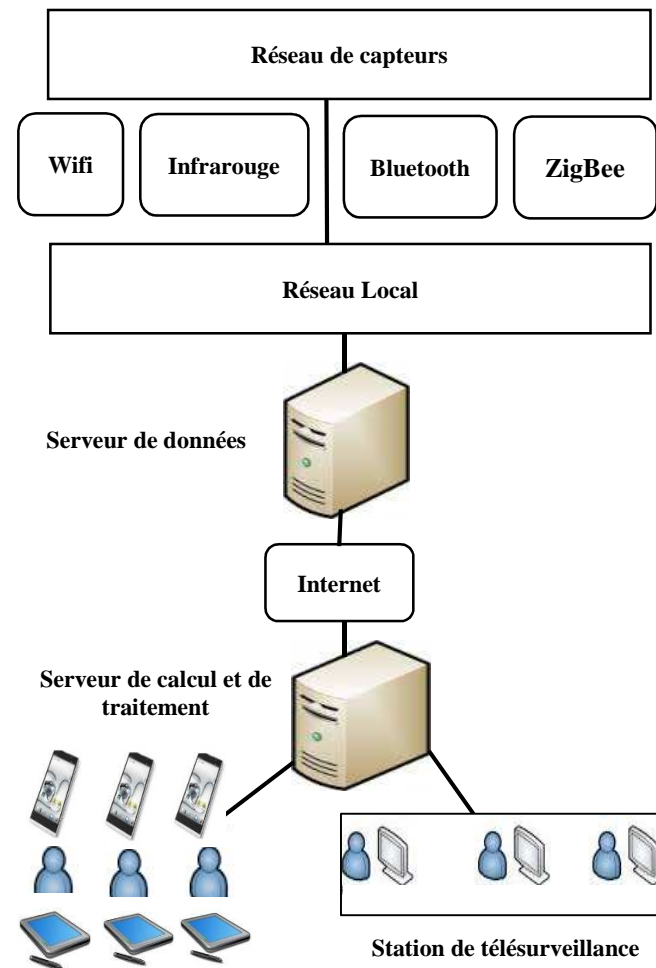


Fig.4. Architecture réseau d'un système de télésurveillance.

La conception d'un tel système, doit commencer tout d'abord par l'identification des cas d'utilisations. Cette identification est réalisée grâce au diagramme de cas d'utilisation. Il permet d'avoir une vision globale du système de télésurveillance grâce au formalisme des besoins dans une représentation graphique simple et compréhensible.

Ainsi, nous pouvons identifier trois acteurs à savoir :

- Staff Technique : c'est un utilisateur qui fait les opérations sur le système de télésurveillance.
- Manager : Son rôle est de l'ordre organisationnel et décisionnel.
- Utilisateur simple : On peut lui déléguer les tâches d'un membre du staff, ou du manager selon le besoin.

Ce système doit avoir la capacité d'être multi support. De ce fait, nous devons donner à l'utilisateur le choix entre les applications mobiles pour suivre les indicateurs, des applications web, ou carrément de planifier et configurer à travers une application installée sur un poste fixe (Windows). Comme indiqué sur le schéma ci-dessous, les données seront envoyées d'une façon cryptée sur un système hautement sécurisé en termes d'accès.

Un système de duplication de base de données sera mis en œuvre afin d'avoir une base toujours accessible, si un serveur tombe momentanément en panne. Le serveur d'application (App server) sera aussi hautement disponible à travers un système de balance, qui permet d'équilibrer les charges.

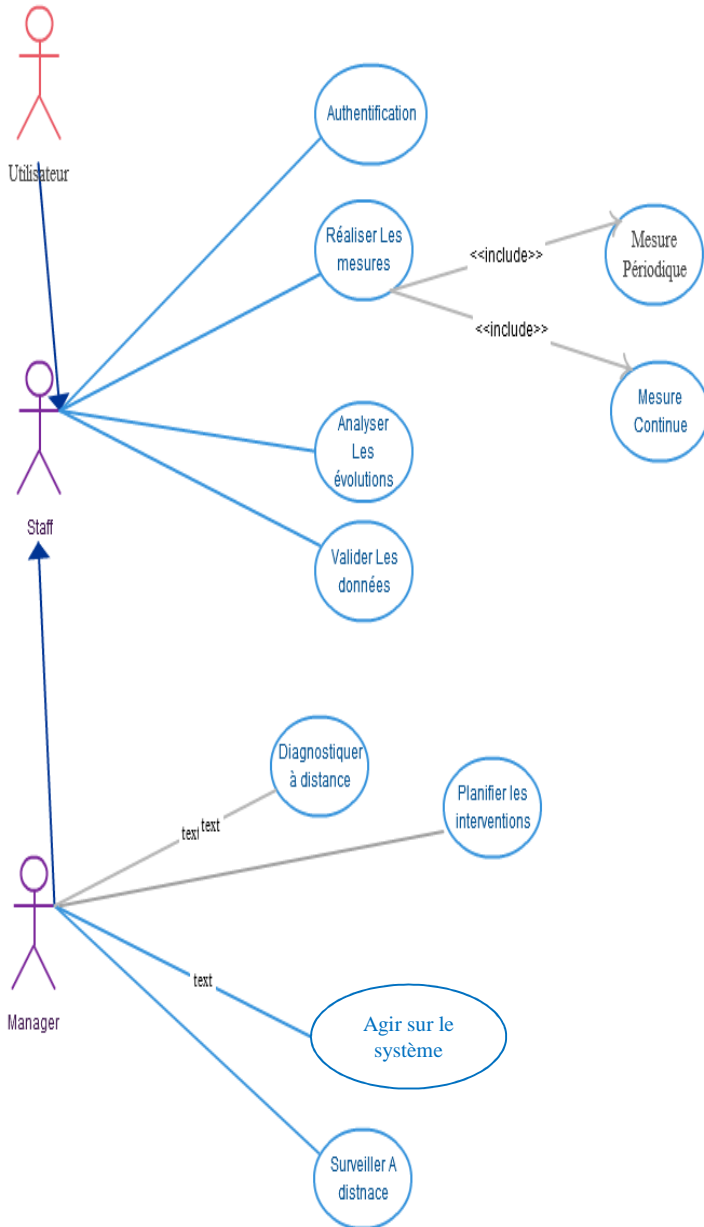


Fig.5. Diagramme des cas d'utilisation d'un système de télésurveillance.

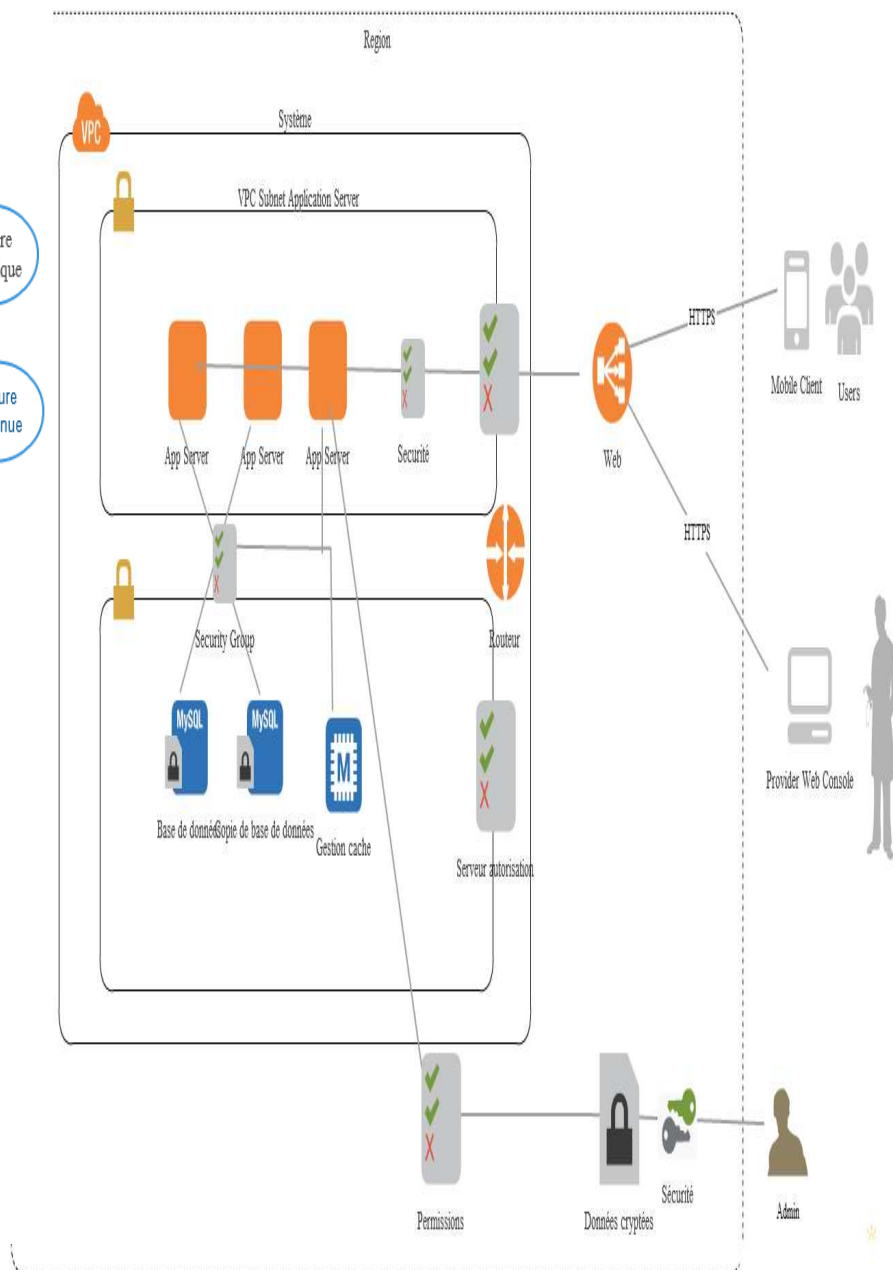


Fig.6. Architecture système de télésurveillance

Conceptuellement, le système doit être conçu sur plusieurs couches, afin d'être évolutif.

- Une interface web qui permet de récupérer les valeurs, les valider côté interface, ou de les afficher.
- Une couche de contrôle qui permet de Contrôler la requête reçu, à travers une authentification, puis de l'envoyer vers la couche la plus basse, ou vers l'interface utilisateur.
- Une couche de façade, qui va faire appel au service adéquat, pour faire le traitement nécessaire, puis appeler la couche accès aux données.
- Couche accès aux données : Permet de lire à partir de la base, ou d'écrire.

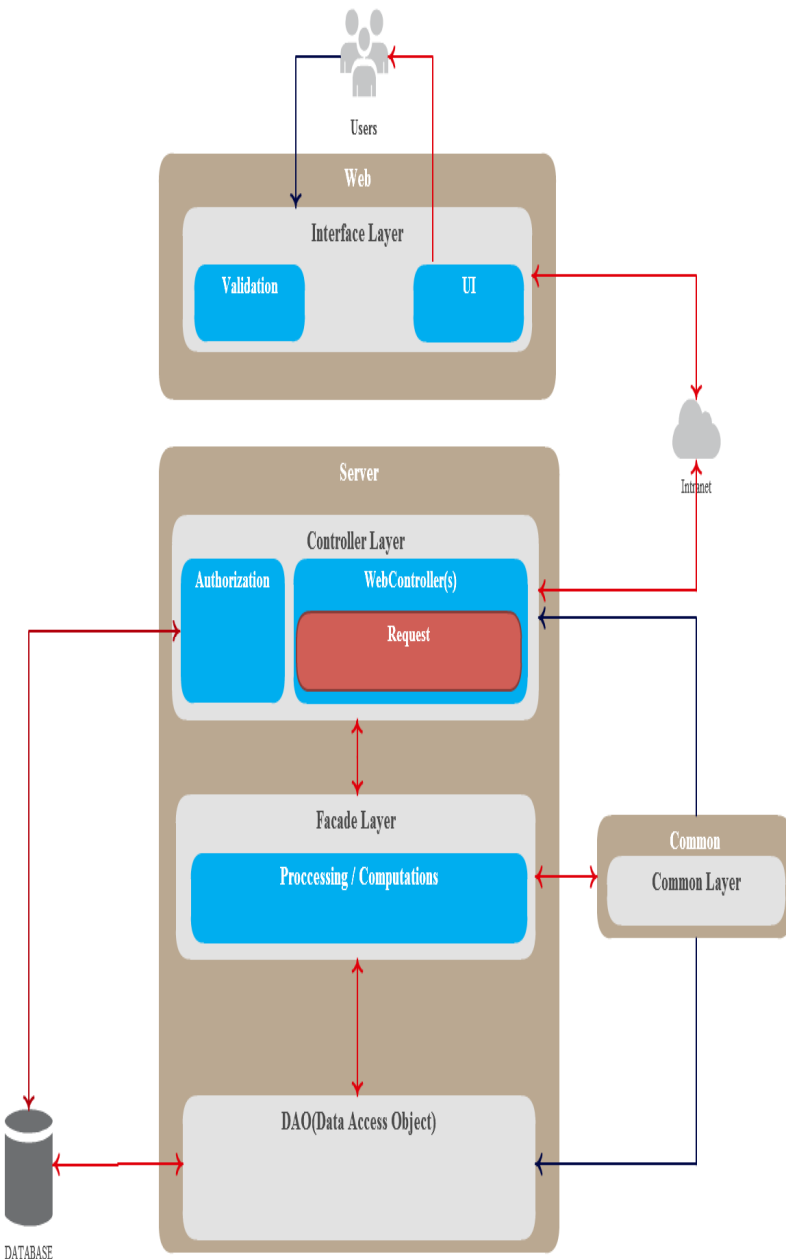


Fig.7. Couches d'un système de télésurveillance

VII. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté une analyse fonctionnelle d'un système de télésurveillance, ses exigences, ainsi que les étapes de sa mise en œuvre. Par la suite, nous avons mis l'accent sur l'intégration des réseaux de capteurs intelligents, notamment sans fil, en télésurveillance en partant de la spécification des besoins jusqu'à la définition des différents outils et technologies à utiliser. Afin d'appréhender la conception de ce système, nous avons identifié les cas d'utilisations, avant d'établir une architecture logiciel du système.

La future extension de ce travail consiste à présenter une étude de cas industrielle, tout en respectant les différentes étapes pour la mise en œuvre d'un tel système. De plus, nous devons tenir compte des contraintes sur la conception du réseau de capteurs, et faire le point sur les choix technologiques possibles.

Notons que la simulation du réseau de capteurs proposé dans le cadre de l'étude de cas s'avère nécessaire, avant la mise en place d'une plateforme pour ce système de télésurveillance.

References

- [1] Krishnamurthy, Lakshman, Robert Adler, Phil Buonadonna, Jasmeet Chhabra, Mick Flanigan, Nandakishore, Kushalnagar, Lama Nachman et Mark Yarvis (2005). Design and deployment of industrial sensor networks : Experiences from a semiconductor plant and the north sea : 3rd international Conference on Embedded Networked Sensor Systems. pp. 64–75.
- [2] Ramamurthy, Harish, B. S. Prabhu, Rajit Gadh et Asad M. Madni (2007). Wireless industrial monitoring and control using a smart sensor platform. IEEE Sensors Journal, 7(5), 611–618.
- [3] Baglee D., « Diagnostic à distance de l'huile de lubrification marine à l'aide de systèmes de capteurs intelligents », Magazine of Marine Maintenance Technology International, Octobre 2014.
- [4] Norme AFNOR NF X 60-000, « Maintenance Industrielle : Fonction Maintenance », Ed. Afnor, Paris, Mai 2002.
- [5] M. Ramadany , et D. Amegouz, Contribution à la conception d'un système de télésurveillance pour un système de production, Congrès International du Génie Industriel et Management des Systèmes , Fès, Mai 2015.
- [6] F. Brissaud, et D. Charpentier, Capteurs intelligents : Nouvelles technologies et nouvelles problématiques pour la sûreté de fonctionnement . 16ème congrès de Maitrise des Risques et de sûreté de fonctionnement. Avignon, Octobre 2008.
- [7] I. Khelef , Diagnostic des machines tournantes par les techniques de l'intelligence artificielle, Thèse de doctorat, Université Badj Mokhtar - Annaba, 2013
- [8] K. Holger and A. Willig, "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks", John Wiley & Sons 2005.
- [9] P. Maslo. Sondes de choc, 2006.
- [10] D. Dessales , Conception d'un réseau de capteurs sans fil, à faible consommation, dédié au diagnostic in-situ des performances des bâtiments en exploitation , thèse de doctorat, Décembre 2011 , université de Poitiers.
- [11] Y. Challal, systèmes intelligents pour le transport: réseaux de capteurs sans fil, 2008.
- [12] H. Alatrasta, S. Aliaga, K. Gouaïch and J. Mathieu, "Implémentation de protocole sur une plateforme de réseaux de capteurs sans-fils ", Université Montpellier II, Avril 2008.P.18-49
- [13] L. Dumas and O.Uberti, Implémentation d'un protocole de routage dans un réseau de capteurs sans-fils, Université d'Avignon, Juin 2008.P.8-38.