

Conception d'une centrale d'alarmes pour la sécurisation d'école ; Cas de l'institut Kirimavolo de Butembo /RD Congo

Katambo Kataliko Roger

Assistant à l'ISPT-Muhangi (Nord-Kivu/RDC)

RESUME

La conception d'une centrale d'alarmes pour la sécurisation de l'Institut Kirimavolo fait l'objet de cet article. L'objectif de ce système est de surveiller le centre d'intérêt matériel de cette école afin de lutter contre l'incendie et l'intrusion en se servant des capteurs ou des détecteurs. D'autre part, ce système alerte le voisinage par des sirènes en cas de détection d'un risque d'incendie ou d'intrusion dans les zones ciblées. Le système est capable de gérer trois blocs de détecteurs d'incendie et quatre blocs de détecteurs d'intrusion. Chaque bloc de détecteurs contient plusieurs détecteurs associés afin de fournir un signal unique. Ce système est muni d'un écran alphanumérique LCD, qui facilite la lecture du nombre de cas déjà détectés.

SUMMARY

The design of the alarming central for security of Kirimavolo High School is the subject matter of this Scientific Paper. The aim of this system is to watch the material interest center of the school in order to fight against fire bursting and intrusion using the captors or detectors on one hand. On the other hand, it alarms the neighbouring area by the siren during the detection of a risk of fire burning or the intrusion in the zones under the observation. This system is able to manage three blocks of the detectors of the fireburnings and four blocks of the detectors of the intrusion. Each block of detectors is subdivided into several associated detectors to provide the structure with the unique signal. This system is equipped with the alphanumeric Liquid Crystal Display which enables the reading of numerous cases already detected.

Date of Submission: 12-01-2022

Date of Acceptance: 27-01-2022

I. INTRODUCTION

La sécurité fait partie des défis majeurs de l'action humaine. La sécurité consiste à garantir l'efficacité des opérations et la sûreté des hommes. La sécurité est d'une part une responsabilité individuelle et d'autre part elle est une responsabilité collective. La sécurité est un droit essentiel pour tous les citoyens. Un droit qui constitue, pour le gouvernement, un devoir et une exigence.¹ Les écoles du monde sont exposées à des nombreuses menaces : utilisation militaire, vol et cambriolage, vandalisme et sabotage, attentat et terrorisme, intrusion, incendie, inondation, etc. Pour protéger les élèves, enseignants et personnels, il faut déployer une stratégie d'ensemble, cohérente, qui repose sur trois piliers : anticiper, sécuriser et savoir agir. L'incendie dans l'entreprise est un sujet préoccupant et d'actualité permanente.² Il est souvent question de sinistres graves faisant parfois des victimes et causant d'importants dégâts matériels. L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace. Un incendie est d'autant plus facile à combattre qu'il est pris à son début. Des nombreuses causes peuvent être à l'origine de la naissance d'un incendie. Elles sont de nature thermique, électrique, électrostatique, climatique, chimique, physique, ... La plupart du temps, il s'agit des défauts de type court-circuit qui causent des incendies. La vétusté, des installations non réalisées dans les règles de l'art ou les surcharges électriques peuvent entraîner des échauffements à l'origine de bon nombre de départs d'incendie. Par ses installations électriques, ses laboratoires, ses ateliers, ... l'école peut devenir victime d'incendie.

Ces dernières années, les directions des établissements scolaires accordent une attention croissante au thème de la sécurité. L'école doit en effet être un lieu sûr et sans risque pour l'apprentissage et le travail. Il revient aux directions d'écoles de renforcer et de garantir cette sécurité et ce, tant pour les enseignants que pour

¹ Najat VALLAUD-BELKACEM et al, Sécurité des écoles, des collèges et des lycées, République Française, Dossier de presse, mercredi 24 août 2016.

² Henri AUSSEL et al, Incendie et lieu de travail, Prévention et lutte contre le feu, INRS, ED990, Paris, décembre 2007.

les élèves. Dans un nombre considérable de cas, les cambriolages et les vols commis dans les établissements auraient pu être évités. De nombreuses écoles ne sont en effet que peu ou insuffisamment sécurisées. En adoptant une série de mesures préventives, les risques peuvent toutefois être considérablement réduits. Des nombreuses mesures organisationnelles, mécaniques et électroniques doivent être adaptées aux circonstances locales et dépendent des facteurs environnants, de la structure du bâtiment scolaire et des moyens dont l'école dispose.

Les vols, les cambriolages ou les actes de vandalisme sont des cas d'insécurité qui touchent particulièrement la Ville de Butembo de manière répétitive. Ces dernières années, les écoles ont été parmi les victimes les plus remarquables. Au dernier semestre de l'année académique ou scolaire 2017-2018, des cas de cambriolages ont été signalés dans différentes institutions notamment à l'ISPT-Muhangi, ISTM-Butembo, UDGB, Institut Kirimavolo, Institut Mahamba, ... Dans la plupart de ces institutions, des sentinelles ont été maîtrisées avant qu'elles n'alertent ou n'ont été au courant que tard après l'opération. S'il faut prendre la situation de l'Institut Kirimavolo, l'incident de 2018 était au moins le quatrième cas à se produire. De tous ces quatre cas, la sentinelle n'a alerté pour aucun pendant le cambriolage. Trois cas se sont déroulés à son insu et pour le dernier cas, la sentinelle a été maîtrisée pendant la sale pratique. Cette année 2021, une école de la ville de Butembo dénommée « La Bourgeoisie du Nord » a été victime de cambriolage. Les gardiens n'ont pas alerté pendant cet acte de cambriolage³. En 2020, le feu d'origine inconnue a consumé les bâtiments en planches du complexe scolaire « La Providence » en ville de Butembo.⁴ Au mois de juin 2021, quelques bombes artisanales ont explosées dans les lieux publics en ville de Beni⁵ laissant les habitants dans une psychose qui s'est étendue jusqu'à ce mois de novembre 2021. Dans un entretien avec le chef d'établissement de l'Institut MGR SIKULI, nous avons eu l'information que l'EP MGR SIKULI et l'Institut MGR SIKULI, tous à Butembo, ont été victimes des cambriolages visant les équipements informatiques.

Eu égard de tout ce qui précède, il y a lieu de se poser les questions suivantes :

- Quels sont les risques auxquels l'Institut Kirimavolo peut être soumis ?
- Quelle peut être la structure de la centrale d'alarmes pouvant contribuer à la sécurisation de l'Institut Kirimavolo ?
- Avec quel coût est-il possible d'équiper l'Institut Kirimavolo d'une centrale d'alarmes efficace ?

Cet article a pour objectifs :

- D'identifier les risques auxquels l'Institut Kirimavolo est soumis.
- De concevoir la structure de la centrale d'alarmes efficace à base du microcontrôleur pouvant s'adapter aux contraintes de l'Institut Kirimavolo afin d'assurer sa sécurité.
- De donner le coût de la centrale d'alarmes conçue afin d'apprécier la faisabilité du projet.

Le sujet est abordé afin de mettre en évidence l'apport de l'électronique dans la sécurisation d'écoles. En effet, après l'incursion des cambrioleurs au sein de l'Institut Kirimavolo vers la fin de l'année scolaire 2017-2018, le gestionnaire communautaire des ECP/CBCA de Butembo n'a pas caché son sentiment. Une école de formation technique organisant l'option électronique doit se doter d'un système de protection évolué. La même idée est partagée par le chef d'établissement de l'Institut Kirimavolo qui estime que cette protection doit être spécifique vis les modes opératoires des causeurs de dégâts au sein de l'Institut. Ce travail ne vise pas la conception d'un système complet de sécurisation d'une école. Il vise à concevoir une centrale d'alarmes pouvant apporter un complément dans la sécurisation d'écoles.

II. RESULTATS

II.1. Présentation de l'école à protéger⁶

a) Identification de l'école

- Dénomination : Institut Kirimavolo
- N° SECOPE : 6107682
- Arrêtés d'agrément :
 - 1) N°MINEPSP/CABMIN/001/0258 du 01/03/1991
 - 2) N°MINEPSP/CABMIN/001/0121 du 06/07/1995
 - 3) N°MINEPSP/CABMIN/0303/2010 du 17/07/2010
- Régime de gestion : ECP/CBCA

³ Journal vespéral de la RTVH/Butembo du 1^{er} juillet 2021.

⁴ www.radiomoto.net/2020/11/24/butembo-un-incendie-reduit-en-cendres-10-salles-de-classe-a-linstitut-la-providence/

⁵ www.lemonde.fr/afrique/article/2021/06/28/rdc-deux-bombes-artisanales-explosent-a-beni-dont-une-a-l-interieur-d-une-eglise_6086005_3212.html

⁶ Institut Kirimavolo, Rapport de clôture de l'année scolaire 2017-2018.

- Régime de vacation : avant-midi
- Adresse postale : B.P 517 Butembo

b) Localisation de l'école

L'Institut Kirimavolo se trouve en République Démocratique du Congo, Province du Nord – Kivu, Ville de Butembo, Commune Mususa, Quartier Katwa, Cellule Vuhika.

Coordonnées géographiques :

- Altitude : 1751 mètres
- Latitude : 0,1012802° Nord
- Longitude : 29,313004° Est

Le terrain de l'Institut Kirimavolo est limité par :

- A l'Est : la rivière Kimemi
- A l'Ouest : la rivière Mutano
- Au Nord : la frontière avec la concession de l'EP KIRIMAVOLO.
- Au Sud : la frontière avec la concession de la C.B.C.A/ poste Katwa.

Ce terrain est reboisé à ± 50%, un champ scolaire suffisant et une cour scolaire suffisamment étendue sont aménagés.

L'Institut Kirimavolo a 10 bâtiments, dont deux situés à l'Ouest sont à réhabiliter. Le bâtiment érigé au milieu de la cour scolaire est la salle d'écoute servant d'aumônerie de l'école. A coté de la salle d'écoute se trouve annexé un garage.

c) Nécessité de la protection

Le patrimoine de l'Institut Kirimavolo a toujours nécessité une protection. La protection des appareils électriques et électroniques contre la foudre est assurée par des paratonnerres. En plus de ces paratonnerres, le technicien de maintenance doit s'assurer que les appareils sont débranchés des prises de courant en période de non utilisation. Les paratonnerres protègent aussi la communauté humaine œuvrant au sein de l'institution du danger de foudre. Les panneaux solaires ont aussi été protégés contre le vol par un système filaire. Un fil de section très petite était attaché sur ces panneaux de sorte que, si l'on tente arracher le panneau solaire, le fil se casse et déclenche l'alarme. Ce système a soulevé deux problèmes majeurs : le taux de fausse alarme élevé et la nécessité de la présence humaine pour désactiver la sirène après alerte.

De part sa situation géographique, celle d'être éloigné des habitants et d'avoir un vaste terrain, l'Institut Kirimavolo est exposé aux risques de cambriolage et vandalisme. Ce qui nécessite une protection contre les intrus. A l'espace de 15 ans, l'Institut Kirimavolo a connu au moins 4 cas de cambriolage. Le dernier cas de cambriolage a occasionné une perte de plus de deux mille dollars américains. Les éléments visés par les cambrioleurs sont : l'argent, les pièces électroniques et les équipements du laboratoire informatique. Ainsi les parties plus ciblées par les cambrioleurs sont : le bureau administratif, les laboratoires et les cabines techniques. A cela on peut ajouter l'aumônerie et la cantine scolaire. La partie la plus sensible se trouve donc dans le coin sud-ouest de la cour scolaire. Pour pénétrer dans les pièces cibles, les malfrats cassent les portes ; ou passent par des pièces voisines souvent moins protégées et s'y créent des brèches.

D'autres risques, auxquels l'école peut être soumise, existent : le risque d'incendie, le risque d'inondation, etc. Un bon système d'alerte des inondations doit être organisé par le pouvoir public. Par contre, on peut envisager un système d'alerte privé sur les incendies, même si aucun cas d'incendie ne s'est produit dans l'histoire de l'institution. L'école possède quelques salles de classe électrifiées et des laboratoires, ce qui constitue un risque d'incendie non nul. Les érosions constituent un autre danger auquel le terrain de l'Institut Kirimavolo est exposé. Les deux rivières qui se trouvent aux frontières de la concession rongent les rives et constituent une véritable menace. Cependant une telle menace a plus besoin d'autres protections que d'une protection électronique. Ainsi la protection électronique peut surtout intervenir contre l'intrusion et l'incendie.

II.2. Méthodes de recherche

La récolte des données a exigé la méthode analytique. En partant même de l'intitulé de notre sujet, la conception de la structure a consisté à identifier les principaux composants du système, les relations entre ces composants, les différents événements sur le système et les changements produits par ces événements. Le processus de conception a débuté par une analyse détaillée du problème. Les différentes techniques que nous avons utilisées dans cette méthode sont : la descente sur terrain, l'entretien, l'interview, le mesurage, la documentation, l'internet et la cartographie.

L'analyse des données s'est faite grâce à la modélisation. Nous avons abouti à un modèle qui a été testé grâce au prototype réalisé. Le modèle contient tous les aspects du phénomène jugés importants pour résoudre le problème. Dans notre recherche, le phénomène à représenter est l'architecture d'un système d'alarmes. Les techniques qui ont été utilisées sont la conception et la technique de matrice de confusion.

Dans cet article, nous avons utilisé quelques logiciels : SDK Arduino, NI Multisim, MS Word, ... Pour créer le programme, nous nous sommes servis du langage de programmation Arduino. Grâce à ce langage de programmation, nous avons écrit et testé le programme destiné à être téléversé dans le microcontrôleur. Avec NI Multisim, nous avons pu réaliser quelques schémas. Cependant, certains symboles proposés par ce logiciel n'ont pas été conformes avec notre façon de représenter les composants. Cela nous a amené à faire d'autres schémas avec MS Word. Microsoft Word 2007 est le logiciel qui nous a permis de faire la saisie du texte et de réaliser quelques schémas.

II.3. Structure générale du système

La centrale d'alarmes est constituée de plusieurs modules, chacun accomplit une ou plusieurs fonctions qui lui sont propres. On y distingue :

- Le module central qui prend en charge la commande et la réception des informations des autres modules. C'est lui qui gère et qui maintient le fonctionnement du circuit. Tous les capteurs sont connectés à ce module.
- Les circuits de détection : capteurs et détecteurs
- Les circuits d'alertes et de dissuasion.
- Les circuits de commande.

a) Zones à protéger contre incendie

Pour alléger le coût de la centrale, il ne faut cibler que les salles électrifiées. Nous avons trouvé au total 27 zones à protéger contre incendie. Pour lutter contre les incendies, le choix est porté sur les capteurs de température, les détecteurs de flamme et les détecteurs optiques de fumée. Le détecteur optique de fumée⁷ est sensible à tous les types de fumées et d'aérosols car il utilise la technique « détection de particules ». Par contre il n'est pas sensible au feu sans fumée (feu d'alcool). Son avantage est qu'il détecte rapidement le début d'un incendie avant la formation de flamme. Il est utilisé dans les endroits où il n'y a pas de fumée d'exploitation en fonctionnement normal. Ce type de détecteurs assure une protection sur une surface ne dépassant pas les 60m² et d'une hauteur maximale de 12m. Son bon fonctionnement est entravé par des éléments perturbants tels que : le développement intense et soudain de poussières, un dispositif de cuisson, la vapeur d'eau, la condensation et le givre. Il faut installer un détecteur à 5m maximum de chaque extrémité de la salle puis respecter un intervalle de 10m maximum entre détecteurs. Un détecteur de flamme⁸ au plafond peut protéger 25m² et dans la salle, il peut protéger 60m². Dans ce projet, les détecteurs de fumée sont exclusivement utilisés dans les plafonds. En effet, comme ils sont sensibles aux poussières, leur utilisation dans les salles entraînerait un taux élevé de fausses alarmes. Les détecteurs de flamme et les capteurs de température seront utilisés aux plafonds comme dans des salles. Afin de réduire le taux de fausses alarmes, les capteurs de température sont considérés par le système seulement la nuit.

b) Zones à protéger contre intrusion

Le terrain de l'Institut Kirimavolo étant vaste, la protection électronique de tout le terrain coûte cher. Pour chercher une protection électronique avec un coût acceptable, il est mieux d'envisager la protection de la cour scolaire seule avec des bâtiments inclus. Le patrimoine à protéger peut être découpé en 33 zones. Dans ce projet, il faut se fier aux détecteurs disponibles sur le marché local ou aux détecteurs faciles à commander, de moindre coût et d'une efficacité acceptable. Le périmètre de la cour est à protéger par les câbles de détection haute fréquence enterrés alors que les autres zones sont protégées par des capteurs PIR. Le PIR 1710 possède⁹ :

- Une zone de détection qui est un tout petit rectangle. Pour pouvoir obtenir une vision à 160°, on utilise une lentille de Fresnel comme pour les phares.
- Une tension d'alimentation entre 3 et 12V ; pour la plupart de cas on préfère 5V.
- Une sortie à l'état haut de 3,3V et à l'état bas de 0V.
- Une distance de détection de 3 à 5 mètres.

Chaque capteur PIR couvre une surface de rayon 3,5m au sol. Une salle de classe de l'Institut Kirimavolo a une surface qui ne dépasse pas 63m². Un capteur PIR couvre une surface de 38,465m². Une salle normale sera couverte par 2 capteurs alors qu'une petite salle sera couverte par un capteur.

Vue l'étendue de la cour de l'Institut Kirimavolo qui est de 100m x 85m environ, la solution fiable à moindre coût consiste à utiliser les câbles de détection haute fréquence enterrés. Ils détectent les déplacements

⁷ La sécurité incendie, Bibliographie Catalogues LEGRAND et Schneider Electric, Bac Pro SEN-EME.

⁸Nassif MATTA, Conception et installation d'un système de surveillance dans une menuiserie avec émission d'alarme à distance, ISAE, CNAM LIBAN, 2010.

⁹ Programmation Arduino, Capteur de mouvement, L. Chastain – AC. Limoges – Décembre 2016.

d'une personne ou d'un véhicule sur le terrain et sont des auxiliaires précieux pour la surveillance de zones ou de voies, de terrains vallonnés ou de zones sous les arbres.

c) Structure particulière de la centrale d'alarmes

La structure particulière de la centrale d'alarmes qui convient à l'Institut Kirimavolo est représentée à la figure suivante :

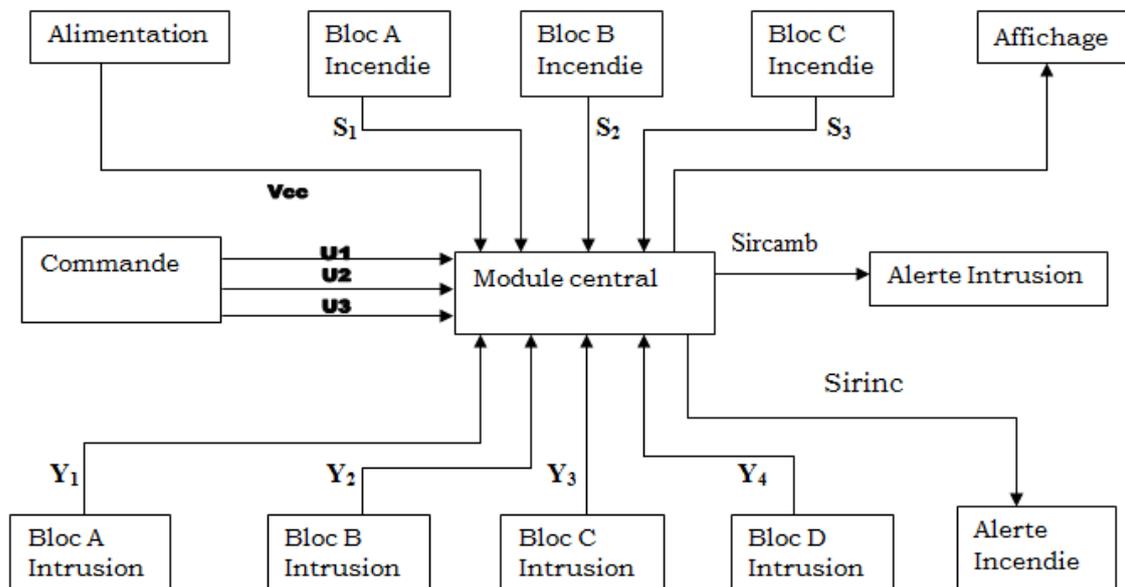


Figure 1 : Schéma bloc de la centrale d'alarmes conçu

Bloc A Incendie = bloc salles de classe pour la protection contre l'incendie.
 Bloc B Incendie = bloc bureau administratif pour la protection contre l'incendie.
 Bloc C Incendie = bloc cabines techniques et laboratoires pour la protection contre l'incendie. Bloc A Intrusion = bloc aumônerie pour la protection contre l'intrusion.
 Bloc B Intrusion = bloc laboratoires et cabines techniques pour la protection contre l'intrusion.
 Bloc C Intrusion = bloc Bureau administratif pour la protection contre l'intrusion.
 Bloc D Intrusion = bloc périmètre de la cour scolaire pour la protection contre l'intrusion.
 Chaque bloc regroupe un certain nombre de zones à protéger.

❖ **Module central**

Il constitue le cœur du système. Il est maître des autres modules desquels il reçoit les informations et vers lesquels il envoie ses commandes. Le module central comporte un microcontrôleur. Le choix est porté sur la carte Arduino. Le système Arduino donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique. Il existe dans le commerce une multitude de plateformes qui permettent de faire de l'électronique programmée, notamment les microcontrôleurs « PIC » du fabricant microchip. Le choix de l'Arduino est motivé par le prix, la liberté, la compatibilité et la communauté.¹⁰

❖ **Commande**

La commande permet de forcer le mode arrêt ou le mode marche de la détection incendie ou de la détection intrusion. C'est le gardien qui est le manipulateur de cette commande. Le signal U₁ est à l'état 0 la journée, à l'état 1 la nuit. Cela permet de faire fonctionner la détection d'intrusion seulement la nuit vu que la cour est trop fréquentée par les élèves pendant la journée. Le signal U₂ est à l'état 0 lorsque le gardien force l'arrêt de la détection d'incendies, sinon il est à l'état 1. Le signal U₃ est à l'état 0 lorsque le gardien force l'arrêt de la détection d'intrusions, sinon il est à l'état 1. Il est nécessaire d'ajouter une signalisation à DEL au circuit de commande. Cette signalisation rassure le gardien de l'état dans lequel se trouve la centrale.

¹⁰ Jean-Christophe QUETIN, Arduino, Apprivoiser l'électronique et le codage, La Fabrique, www.editions.fr

❖ Alimentation

Une batterie d'accumulateurs 12V/DC suffit pour alimenter en énergie électrique notre système. La tension V_{cc1} de 12V alimente la partie actionneur et le régulateur à découpage fournit une tension V_{cc2} de 5V pour alimenter la carte Arduino ainsi que les détecteurs.

❖ Alerte intrusion

A la figure suivante, nous donnons le schéma du circuit d'alerte intrusion. Il est constitué d'une sirène, d'un relais électromagnétique, d'une diode de roue libre, d'un transistor et d'une résistance de base.

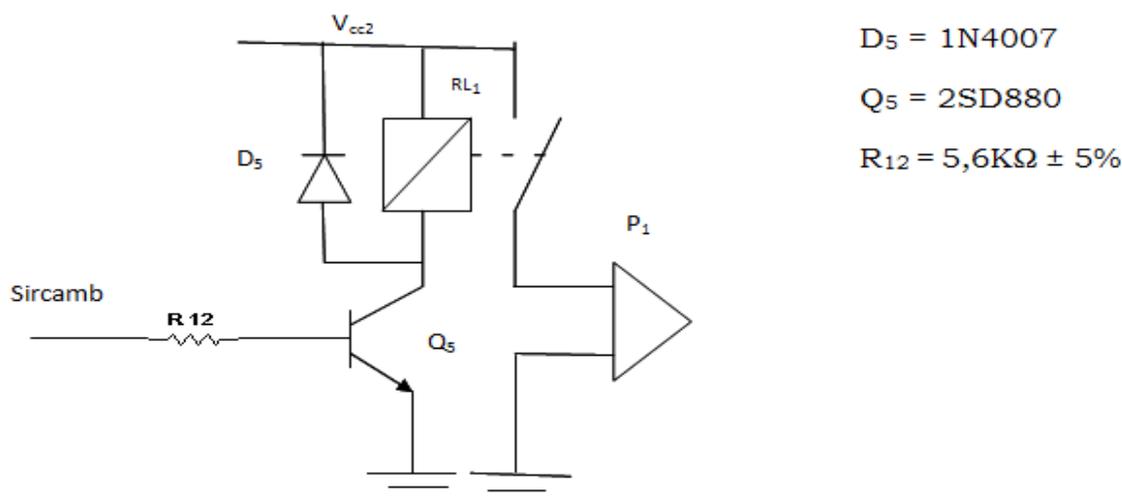


Figure 2 : Schéma du circuit d'alerte d'intrusion

Un relais de résistance interne 400Ω , alimenté sous 12V suffit. Le courant collecteur est environ $I_c = 30mA$. Le transistor Q_5 utilisé est un 2SD888 dont β est autour de 60. Ici nous estimons que la sortie Arduino fournit 3V. On peut prendre la valeur de $R_{12} = 5,6K\Omega$ pour sursaturer le transistor. P_1 représente quatre sirènes mises en parallèle pour alerter le voisinage.

❖ Alerte incendie

Le circuit d'alerte incendie est analogue au circuit d'alerte intrusion et les valeurs restent les mêmes. La fréquence du son des sirènes d'incendie est différente de celle du son des sirènes d'intrusion.

❖ Affichage

Pour afficher, nous utilisons un afficheur LCD, en plus de l'ordinateur qui peut être connecté à la carte Arduino en cas de besoin. Dans ce travail, nous optons pour l'afficheur alphanumérique I²C LCD 20x4. Avec cet afficheur, il est possible d'afficher uniquement sur quatre lignes avec 20 caractères par ligne, espaces inclus.¹¹

Dans notre projet, nous utilisons la communication de la carte Arduino vers l'écran par liaison I²C. Cette communication n'empêche à rien la communication série de la carte Arduino avec l'ordinateur.

❖ Fils de liaison

Le module central étant placé dans le coin sud-est de la cour, nous aurons besoin de : 230m de fils pour le bloc A Incendie, 180m de fils pour le bloc B Incendie, 180m de fils pour le bloc C Incendie, 220m de fils pour le bloc A Intrusion, 180m de fils pour le bloc B Intrusion, 180m de fils pour le bloc C Intrusion. Au total, 1 170m de fils sont nécessaires pour la liaison des capteurs. Pour loger ces fils, il faut 390m de PVC en raison de 3fils par PVC. En prenant une longueur de 4m pour un PVC, il faut donc 100PVC environ. 1 170m de fils correspondent à environ 20 rouleaux de fils conducteurs, en raison de 60m pour un rouleau.

d) Coût du projet

Le coût du matériel pour la centrale d'alarmes d'intrusion est de 421,5\$. Le coût d'installation est de 25% du coût de matériel, soit 105,375\$. Le coût total de la centrale d'alarmes-intrusions est de 526,875\$. Le coût du matériel pour la centrale d'alarmes d'incendie est de 494,7\$. Le coût d'installation est de 25% du coût de matériel, soit 123,675\$. Le coût total de la centrale d'alarmes-incendies est de 618,375\$.

Liste des composants utilisés et leurs prix : 49 capteurs PIR : 147\$, 19 capteurs de fumée : 57\$, 43 capteurs de flamme : 129\$, 43 capteurs de température : 129\$, 4 câbles coaxiaux de 200m : 80\$, 152 diodes Schottky :

¹¹ www.gotronic.fr

15,2\$, 4 diodes ordinaires : 0,4\$, 15 résistances $\frac{1}{4}$ W : 1,5\$, 5 DEL : 0,5\$, 4 transistors 2SC9014 : 0,8\$, 2 transistors 2SD880 : 1\$, une alimentation stabilisée à découpage 12V /5V : 2.5\$, 2 relais électromagnétiques : 5\$, une photorésistance : 0,5\$, 2 condensateurs à film plastique : 0,2\$, un condensateur électrolytique : 0,2\$, 2 interrupteurs-poussoirs : 1\$, 8 sirènes : 80\$, 20 rouleaux de fil conducteur : 100\$, Protection métallique des sirènes : 30\$, une carte Arduino Uno : 10\$, un afficheur I2C LCD : 5\$, un processeur pour protection enterrée : 20\$ et 100 PVC : 80\$. Au total, le matériel coûte 916,2\$. Le coût d'installation peut être estimé à 25% du coût total du matériel soit 229,05\$. Le coût total pour équiper l'école d'une centrale d'alarmes incendie et intrusion est de 1145,25\$. Le coût n'est pas trop élevé vu l'importance du patrimoine à protéger. Ce coût est presque le quart de celui de seuls équipements du laboratoire informatique. Cependant le coût n'est pas à négliger vu que la protection électronique en elle seule ne suffit pas. Il est mieux de mettre en évidence le coût de la protection contre intrusion et le coût de la protection contre incendie. Cela donne la liberté de réaliser d'abord la protection contre intrusion en cas de faible financement car c'est cette protection qui est plus urgente vu les cas déjà vécus. D'autres pistes de solutions peuvent être empruntées afin de réduire davantage le coût du projet. On peut supprimer quelques zones de protection et réduire ainsi le nombre de capteurs nécessaires. Si le nombre de capteurs est réduit, alors le nombre de rouleaux de fils de liaison sera réduit et le coût d'implantation qui en dépend. Cependant, plus on cherchera à réduire le coût de cette manière, plus l'efficacité de la protection sera moindre.

III. DISCUSSION

Dans ce qui précède, nous venons de proposer un modèle de la centrale d'alarmes pour la sécurisation d'écoles, cas de l'Institut Kirimavolo. Pour montrer que ce modèle fonctionne, nous avons créé un prototype.

III.1. Aspects considérés

Pour notre prototype, nous visons surtout la détection de flamme, d'élévation de température et d'intrusion. Ce prototype prouve réellement que des détecteurs de flamme efficaces sont sur le marché local. De même, le détecteur PIR décrit dans ce travail est intégré dans le prototype afin de détecter les intrusions. La carte Arduino va gérer deux entrées. Deux sirènes de fréquences différentes sont utilisées : l'une de fréquence 125Hz pour l'alerte contre intrusion et l'autre de fréquence 480Hz pour l'alerte contre incendie. Le détecteur de fumée n'a pas été disponible sur le marché local. Selon la logique de notre travail, le détecteur de fumée et le détecteur de flamme sont associés afin de fournir un seul signal ; nous utilisons pour cela une diode ordinaire. Il est difficile d'intégrer la protection par câbles enterrés vu que le matériel nécessaire n'est pas disponible sur le marché local. Le schéma du prototype est le suivant :

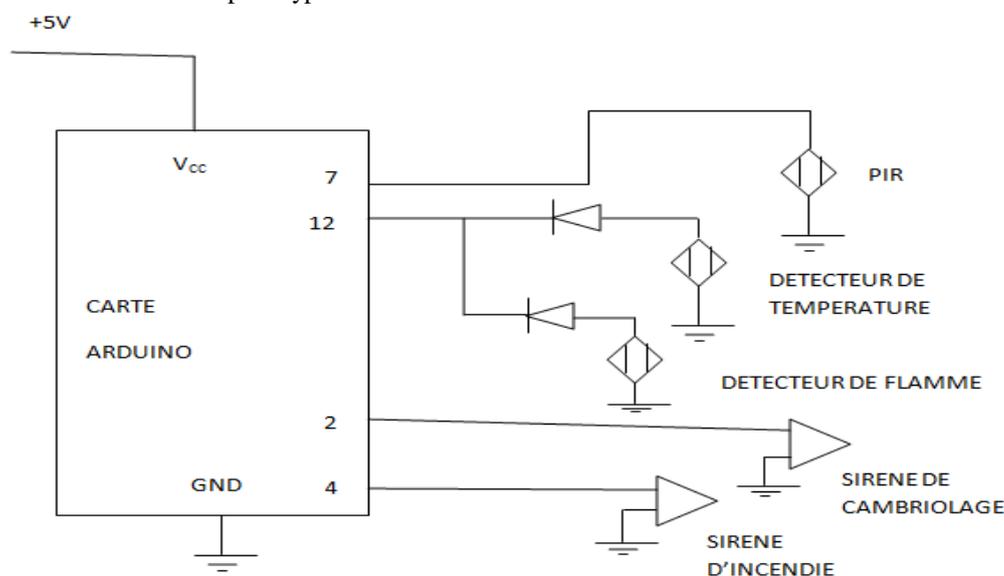


Figure 3: Schéma du prototype réalisé

III.2. Résultats du prototypage

Les tests sur la détection d'intrusions ont été effectués à moins de 3m du capteur PIR. Nous avons simulé 25 présences et 25 absences à l'extérieur du bâtiment aux heures vespérales après le coucher du soleil. A l'intérieur du bâtiment, nous avons effectué également 25 simulations de présence et 25 simulations d'absence.

Une présence était simulée par l'entrée d'une personne adulte dans la zone couverte, pendant au moins cinq secondes. Une absence était considérée pendant deux minutes à compter une minute après la présence d'une personne. Les résultats de ces essais sont les suivants :

- De 25 intrusions à l'extérieur, deux n'ont pas été détectées.
- De 25 absences d'intrusions à l'extérieur, une a créée une fausse alarme.
- De 25 absences d'intrusions à l'intérieur, trois ont créées de fausses alarmes.
- Toutes les 25 simulations d'intrusions à l'intérieur ont été détectées.

Ces résultats nous ont conduit à compléter la matrice de confusion suivante :

Tableau I: Matrice de confusion relative à la détection d'intrusion.

		Occurrences estimées	
		V	F
Occurrences réelles	V	48	4
	F	2	46

Source : Résultats d'essais du prototype

L'exploitation du tableau I conduit aux résultats suivants : la sensibilité est de 92,3%, le taux de fausses alarmes est de 4,2%, la précision est de 96%, la spécificité est de 95,8%, l'efficacité est de 94% et la fidélité est également de 94% pour les aspects considérés.

Nous avons effectué les tests sur la détection d'incendies en considérant simultanément l'élévation de température et la flamme créées par l'allumage d'une allumette à une distance d'un demi-mètre des détecteurs, pendant environ 16 secondes. Pour ces essais, nous avons effectué 25 simulations d'incendies la journée et 25 autres la nuit à l'intérieur du bâtiment. L'absence d'incendie était considérée pendant deux minutes sans flamme à compter une minute après l'extinction de l'allumette. Nous avons constaté que :

- De 25 simulations d'incendies pendant la journée, 22 ont été détectées.
- De 25 simulations d'absences d'incendies pendant la journée, deux ont créé des fausses alarmes.
- De 25 simulations d'incendies pendant la nuit, 19 ont été détectées.
- Aucune simulation d'absence d'incendie pendant la nuit n'a créé de fausse alarme.

Ces tests nous ont conduits à la matrice de confusion suivante :

Tableau II : Matrice de confusion relative à la détection d'incendie.

		Occurrences estimées	
		V	F
Occurrences réelles	V	41	2
	F	9	48

Source : Résultats d'essais du prototype

Quant à la détection d'incendies, le tableau II conduit aux résultats suivants : sensibilité : 95,3%, taux de fausses alarmes : 15,8%, précision : 82%, spécificité : 84,2%, efficacité : 89,75%, fidélité : 89%. Pour considérer les deux aspects du prototype à savoir la détection d'intrusions et la détection d'incendies, l'efficacité du système est de 91,9%.

IV. CONCLUSION

Nous nous sommes intéressés à travers ce projet à développer une structure permettant à l'Institut Kirimavolo de protéger ses propriétés contre les incendies et les intrusions. La méthode utilisée repose sur le fait d'installer des capteurs de température, de fumée, de flamme, de mouvement, ... et les relier à un module central qui gère l'ensemble de ces détecteurs et déclenche, en fonction de la situation, une certaine signalisation d'alarme et agit à chaque événement détecté. Partant de la problématique, il a fallu trouver les risques auxquels l'Institut Kirimavolo peut être soumis. Par des descentes sur terrain, des interviews et des entretiens, nous avons constaté que cette institution est surtout soumise aux risques de cambriolage, de vandalisme, d'incendie, d'inondations et les érosions. Ensuite, il a fallu trouver ce que peut être la structure de la centrale d'alarmes pouvant contribuer à la sécurisation de l'Institut Kirimavolo. Par la modélisation, nous avons pu trouver une structure : un module central qui reçoit les informations des détecteurs d'incendies et des détecteurs d'intrusions. La détection d'intrusions protège contre le cambriolage et contre le vandalisme. La protection contre les érosions nécessite plus des solutions environnementales et urbanistiques que des solutions électroniques. De même, prévenir les inondations ne doit pas être l'apanage d'un système privé à une école. La protection contre les inondations et la protection contre les érosions n'ont pas été incluses dans le système. Enfin, il a fallu trouver avec quel coût il est possible d'équiper l'Institut Kirimavolo d'une centrale d'alarmes efficace. Nous avons trouvé que le coût de la centrale d'alarmes est abordable vu l'importance du patrimoine à protéger.

Les objectifs fixés au début de la recherche ont été tous atteints. Le premier objectif de ce travail était d'identifier les risques auxquels l'Institut Kirimavolo est soumis. Le deuxième objectif de recherche était de concevoir la structure de la centrale d'alarmes efficace à base du microcontrôleur pouvant s'adapter aux contraintes de l'Institut Kirimavolo afin d'assurer sa sécurité. Le troisième et dernier objectif de recherche a été de trouver le coût de la centrale d'alarmes conçue afin d'apprécier la faisabilité du projet. Le coût nécessaire pour équiper l'Institut Kirimavolo d'une centrale d'alarmes efficace est presque le quart de celui des équipements du laboratoire informatique selon le résultat obtenu. C'est un coût acceptable car il est inférieur au coût des dommages enregistrés lors du dernier cas de cambriolage qu'a subi cette école. Par ce travail, nous estimons avoir donné notre apport au progrès de la mise en œuvre des systèmes de sécurité dans les écoles. Le système conçu a une efficacité supérieure à 90% selon les résultats de tests du prototype et il sert dans la sécurisation d'écoles. Ce travail ne constitue qu'une base à partir de laquelle on peut concevoir un système plus intelligent. Un tel système peut être contrôlé via le réseau internet ou téléphonique GSM.

Bibliographie

- [1]. Albert Paul MALVINO et David BATES, Principes d'électronique, 8^e édition, Dunod, Malakoff, 2016
- [2]. Céline LOUDIER-MALGOUYRES et al, Les villes face à l'insécurité, IAU, Ile-de-France, 2011.
- [3]. Emmanuel COMBE, Sébastien DAZIANO, Lutter contre les vols et cambriolages : une approche économique, fondapol.org, mai 2015.
- [4]. Francis Cottet et Emmanuel Grolleau, Systèmes temps réels de contrôle- commande, Dunod, Paris, 2005
- [5]. Frédéric SILLON, S'initier à Arduino, Dunod, Malakoff, 2021
- [6]. GCPEA, La déclaration sur la sécurité dans les écoles, un cadre d'action, Hedinn Halldorsson, New York, 2015.
- [7]. Henri AUSSEL et al, Incendie et lieu de travail, Prévention et lutte contre le feu, INRS, ED990, Paris, décembre 2007.
- [8]. <http://fr.m.wikipedia.org>
- [9]. <http://tel.archives-ouvertes.fr>
- [10]. <http://www.arduino.cc>
- [11]. <http://www.elmospa.com/products.aspx?item=NET432>
- [12]. <http://www.gotronic.fr>
- [13]. <http://www.siemens.ch/protection-anti-effraction>
- [14]. <http://www.siemens.fr/buildingtechnologies>
- [15]. <http://www.sorhea.fr>
- [16]. <http://www.southwestmicrowave.com>
- [17]. <http://www.toutes-les-alarmes.com>
- [18]. https://www.lemonde.fr/afrique/article/2021/06/28/rdc-deux-bombes-artisanales-explosent-a-beni-dont-une-a-l-interieur-d-eglise_6086005_3212.html
- [19]. <https://www.radiomoto.net/2020/11/24/butembo-un-incendie-reduit-en-cendres-10-salles-de-classe-a-linstitut-la-providence/>
- [20]. <https://www.radiokapi.net/2019/10/22/actualite/securite/butembo-un-motocycliste-interpelle-avec-des-bombes-artisanales>
- [21]. <https://www.rtvh.net>
- [22]. Jacques LONCHAMP, Conception d'applications en Java/JEE, Dunod, Paris, 2014.
- [23]. Jean-Christophe QUETIN, Arduino, Apprivoiser l'électronique et le codage, La Fabrique, www.editions-eni.fr
- [24]. John NUSSEY, Arduino pour les nuls, 2^e édition, Editions First, Paris, 2017.
- [25]. JOY-IT, GOTRONIC, Manuel d'utilisation de l'afficheur I2C LCD 16X2.
- [26]. La sécurité incendie, Bibliographie Catalogues LEGRAND et Schneider Electric, Bac Pro SEN-EME.

- [27]. Lignes directrices pour la protection des écoles et des universités contre l'utilisation militaire durant les conflits armés, GCPEA, 2015.
- [28]. Marie-Pierre BLAIS, Stéphanie GENDRON, Plan de sécurité incendie et de mesures d'urgence, services de garde, 2^e édition, Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2016.
- [29]. Najat VALLAUD-BELKACEM et al, Sécurité des écoles, des collèges et des lycées, République Française, Dossier de presse, mercredi 24 août 2016.
- [30]. Nassif MATTA, Conception et installation d'un système de surveillance dans une menuiserie avec émission d'alarme à distance, ISAE, CNAM LIBAN, 2010.
- [31]. NOR : INTK1615597J, Instruction relative aux mesures de sécurité dans les écoles et établissements scolaires à la rentrée 2016, République Française, Ministère de l'éducation nationale.
- [32]. Philippe GIGUERE, Introduction à la robotique mobile, capteurs, GLO-4001/7021, Université LAVAL, 2007.
- [33]. Programmation Arduino, Capteur de mouvement, L. CHASTAIN – AC. Limoges – Décembre 2016.
- [34]. Règles d'installation R7, Détection automatique d'incendie, APSAD, CNPP Entreprise, 1999.
- [35]. Sécurité Civile Genève, Prévention et sécurité en milieu scolaire, Edition juin 2005.
- [36]. Thierry MARBEHAN, Système de sécurité incendie, Siemens CERBERUS.

Katembo Kataliko Roger. "Conception d'une centrale d'alarmes pour la sécurisation d'école ; Cas de l'institut Kirimavolo de Butembo /RD Congo." *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 24(01), 2022, pp. 51-60.