

## Analyse fonctionnelle d'une alarme incendie

Patrick LAGONOTTE<sup>1,3</sup>, Dominique JACOB<sup>2</sup>  
I.U.T. de Poitiers, 6 allée Jean MONNET  
86010 Poitiers Cedex

<sup>1</sup> Département Hygiène, Sécurité, Environnement, site de Niort [lagonotte@let.ensma.fr](mailto:lagonotte@let.ensma.fr)

<sup>2</sup> Département Génie Electrique et Informatique Industrielle, site de Poitiers [dominique.jacob@univ-poitiers.fr](mailto:dominique.jacob@univ-poitiers.fr)

<sup>3</sup> Centre de Recherche de l'Armée de l'air (CRéA), BA 701, 13661 SALON AIR

**RÉSUMÉ :** L'enseignement de l'électricité dans les départements Hygiène Sécurité Environnement (HSE) des I.U.T. ne comprend qu'un faible nombre d'heures en première et en deuxième année. Il est cependant intéressant d'utiliser ce peu de temps à la présentation d'applications de l'électricité liées à la sécurité.

Les alarmes incendie sont installées dans de très nombreux bâtiments recevant du public ou des travailleurs. Une alarme incendie est en général discrète et personne ne s'en préoccupe jusqu'au jour où elle se déclenche. L'idée de ce TP est de démystifier le fonctionnement assez complexe d'un tel système en effectuant une analyse fonctionnelle. L'objectif ici n'est pas de former des techniciens d'installation et de maintenance de ces systèmes. Mais de former des techniciens utilisateurs et exploitants de tels systèmes qui sauront intervenir en cas de déclenchement ou effectuer des vérifications périodiques de leur bon fonctionnement.

**Mots clés :** Alarme incendie, Analyse système, Analyse fonctionnelle, Formation transverse.

### 1. INTRODUCTION

Le public visé est celui des étudiants de deuxième année du D.U.T. Hygiène Sécurité Environnement. L'objectif de l'enseignement d'électricité dans cette discipline n'est pas de former des électriciens, mais d'inculquer des notions de base relatives au fonctionnement des systèmes électriques liés à la sécurité. Ce TP s'inscrit dans la suite des TP de première année présentés en [1] et [2].

Les alarmes incendie sont omniprésentes dans bâtiments d'habitation collective, établissements recevant du public (ERP) ou établissements recevant des travailleurs (ERT). Ces systèmes sont discrets et en quasi permanence silencieux, et lorsqu'ils se font entendre ce n'est pas de bonne augure ou le signe d'un dysfonctionnement très perturbateurs.

L'objectif de ce TP est de démystifier et de connaître le fonctionnement d'un système d'alarme incendie en effectuant différentes manipulations permettant d'en comprendre les différentes fonctions assurées et réalisées. Les étudiants effectueront une analyse système ou une analyse fonctionnelle en s'intéressant aux fonctions réalisées par les différents éléments de l'ensemble et non pas comment un élément réalise une fonction.

Ce TP est à exemplaire unique dans un ensemble de TP tournants. Lors de ce TP les étudiants sont munis d'un feuillet nominatif d'une dizaine de pages, contenant à la fois les explications nécessaires et les questions auxquelles ils doivent répondre. Nous en détaillerons dans ce document le contenu.

Pour commencer nous allons définir le rôle, la constitution et le mode de fonctionnement d'un système d'alarme incendie.

### 2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET CONSTITUTION D'UN SYSTEME D'ALARME INCENDIE

Ce type de système est classiquement pourvu de capteurs (détecteurs) et d'actionneurs (asservissements) et d'un automate de contrôle (centrale d'alarme).

Une particularité de ce système de sécurité est qu'il puisse fonctionner en cas de coupure de l'alimentation électrique. Un certain nombre de batteries d'accumulateurs électrochimiques assurent l'autonomie du système dans ce cas.

Pour avoir une installation réaliste et intéressante à étudier nous avons visé une installation correspondant à celui d'un petit hôtel réalisée avec du matériel homologué et commercialisé (Fig.1).

#### 2.1. Les capteurs (détecteurs)

Le plus simple est le déclencheur manuel actionné pour donner l'alerte. Il correspond à la fermeture d'un simple contact, l'homme étant dans ce cas le détecteur. Les détecteurs d'incendie sont de différentes technologies plus ou moins chères et sensibles. Notons en particulier :

- les détecteurs thermostatiques qui déclenchent sur un niveau de température (lents à détecter) ;
- les détecteurs thermo-vélocimétriques qui détectent un accroissement de la température.
- les détecteurs optiques qui détectent la présence de particules coupant un rayon lumineux ou diffusant un rayon lumineux ;
- les détecteurs multi-capteurs qui par l'association de deux technologies permettent d'obtenir une meilleure sensibilité tout en gardant une immunité face à des déclenchements intempestifs.

Il existait des détecteurs ioniques utilisant des éléments faiblement radioactifs qui permettaient la détection d'un courant de fuite en cas de particules dans l'air. Ils

sont maintenant interdits à la vente et progressivement retirés des installations. En cas de fin de vie soit dans une décharge soit dans un incinérateur, il y avait une dispersion de l'élément radioactif non compatible avec des règles environnementales.

## 2.2. La centrale d'alarme incendie

Elle permet d'assurer un fonctionnement de l'ensemble qui soit conforme à la réglementation en vigueur.

Son fonctionnement est facilement paramétrable comme le nombre de zones surveillées, et le nombre de voies asservies.

## 2.3. Les actionneurs (asservissements)

Le mot asservissement désigne des actionneurs commandés par la centrale d'alarme afin d'effectuer des actions limitant l'incendie, en particulier la fermeture des portes pare-feu assurant le compartimentage d'un bâtiment, et l'ouverture de trappes de désenfumage.

La commande de ces éléments nécessite des ventouses à rupture de courant pour les portes pare-feu ou des ventouses à injection de courant pour les trappes de désenfumage [1].

## 2.4. Les voies spécialisées

Certaines voies sont spécialisées et configurées d'origine : sirène, télé-report des informations vers un poste de gardiennage ou d'astreinte, commande de l'éclairage de sécurité TLU (Télécommande universelle).

## 2.5. Les alimentations électriques

Les éléments de faible puissance disposent de leur propre accumulateur électrochimique assurant une autonomie en cas de coupure secteur.

Pour les éléments plus dépensiers en énergie lors d'un d'incendie comme le réseau de sirènes, le réseau de ventouses à injection de courant, une alimentation extérieure à la centrale d'alarme est dans ce cas nécessaire. Un onduleur avec une réserve d'énergie sur batterie d'accumulateurs peut être nécessaire pour assurer le fonctionnement des moteurs de désenfumage.

## 2.6. Glossaire

On aboutit alors au schéma synoptique de la figure 2. Comme dans toute discipline, il est nécessaire d'acquérir le vocabulaire technique approprié lié à ce système bien particulier.

**Asservissement :** élément dont l'action est commandée par l'alarme incendie après son déclenchement.

**BAES :** Bloc Autonome d'Eclairage de Sécurité.

**Boucle :** Circuit électrique continu sur lequel sont raccordés soit des détecteurs automatiques soit des déclencheurs manuels.

**CMSI :** Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie

**Déclencheur Manuel (DM) :** Appareil qui, à partir d'une action manuelle, émet une information à destination d'une unité de gestion d'alarme.

**Détecteur Automatique (DA) :** Appareil qui, à partir d'une action automatique émet une information à destination du tableau de signalisation.

**DS :** Diffuseur Sonore (sirène)

**Indicateur d'action :** Voyant positionné à l'extérieur d'un local permettant de guider l'intervenant vers le détecteur ayant déclenché l'alarme.

**Registre de sécurité :** Registre affecté à l'établissement tenu par le chef d'établissement et mis à la disposition des agents de l'administration.

**Réinitialisation :** action consistant à rétablir à l'état de veille un dispositif à logique programmée lors d'un redémarrage manuel ou automatique.

**SDI :** Système de Détection Incendie

**Tableau de signalisation :** Tableau regroupant la gestion et les fonctions de l'Équipement d'Alarme ou de la détection automatique d'incendie.

**Test :** Contrôle périodique du bon fonctionnement des appareils de sécurité réalisé par la mise en fonctionnement réel de ces appareils.

**TLU :** TÉLÉcommande Universelle pour les blocs autonomes d'éclairage de sécurité.

**Ventouse à rupture de courant :** collée lorsqu'elle est alimentée en permanence, une rupture du courant permet son décollage (application : portes pare-feu).

**Ventouse à émission de courant :** Naturellement collée par un aimant, une injection de courant permet son décollage (application : trappe de désenfumage).

**Volet de désenfumage :** Dispositif asservi de désenfumage, placé sur un conduit.

**Zone :** Un bâtiment ou un établissement est généralement découpé, au titre de la sécurité incendie, en plusieurs volumes correspondant chacun, selon le cas, à un local, un niveau, une cage d'escalier, un canton, un secteur ou à un compartiment. Une zone peut correspondre à un ou plusieurs de ces volumes ou à un ensemble d'un bâtiment.

## 3. SYSTÈME, ET SCHEMA SYNOPTIQUE

Le système est installé sur un panneau déplaçable présenté figure 1. L'ensemble de l'installation correspond au schéma synoptique de la figure 2.

Nous donnons maintenant le texte de TP proposé aux étudiants en fournissant en italique les réponses souhaitées.



Fig. 1 : Photo de l'installation réelle

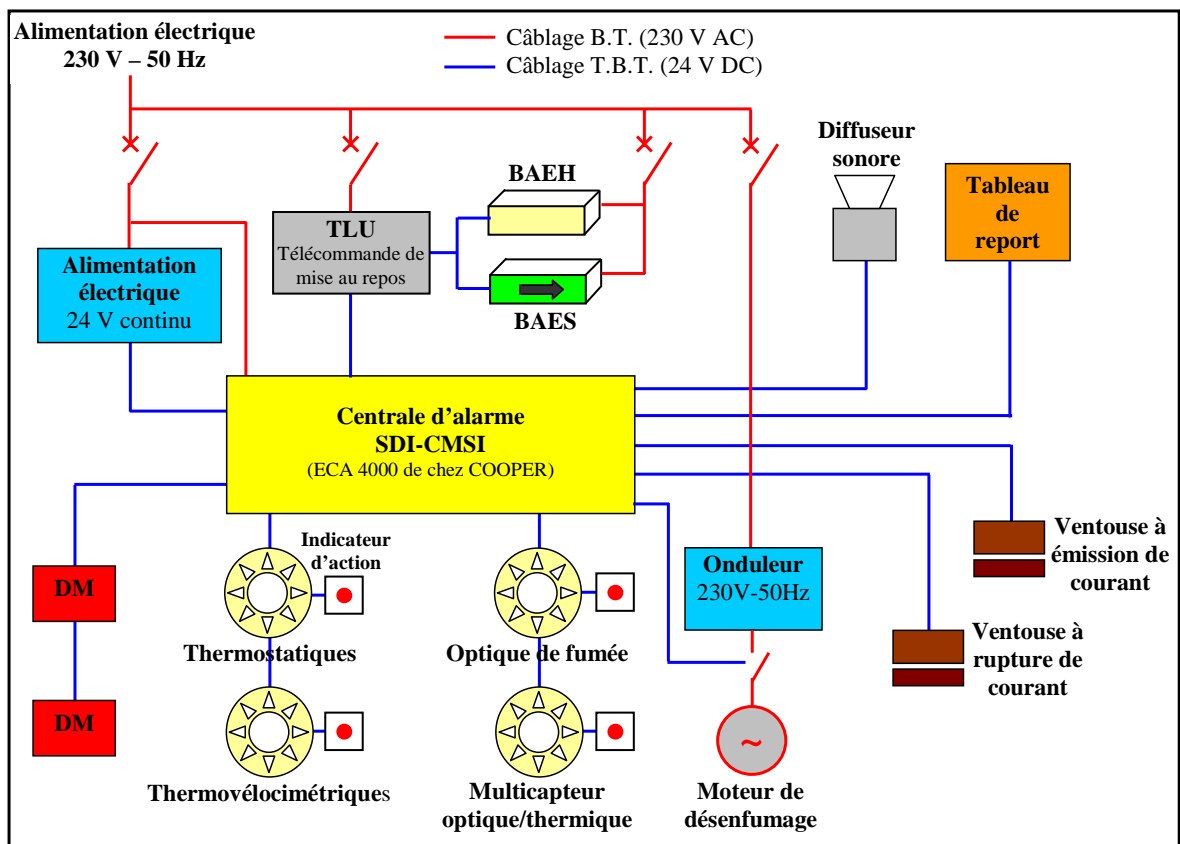


Fig. 2 : Schéma synoptique de l'installation

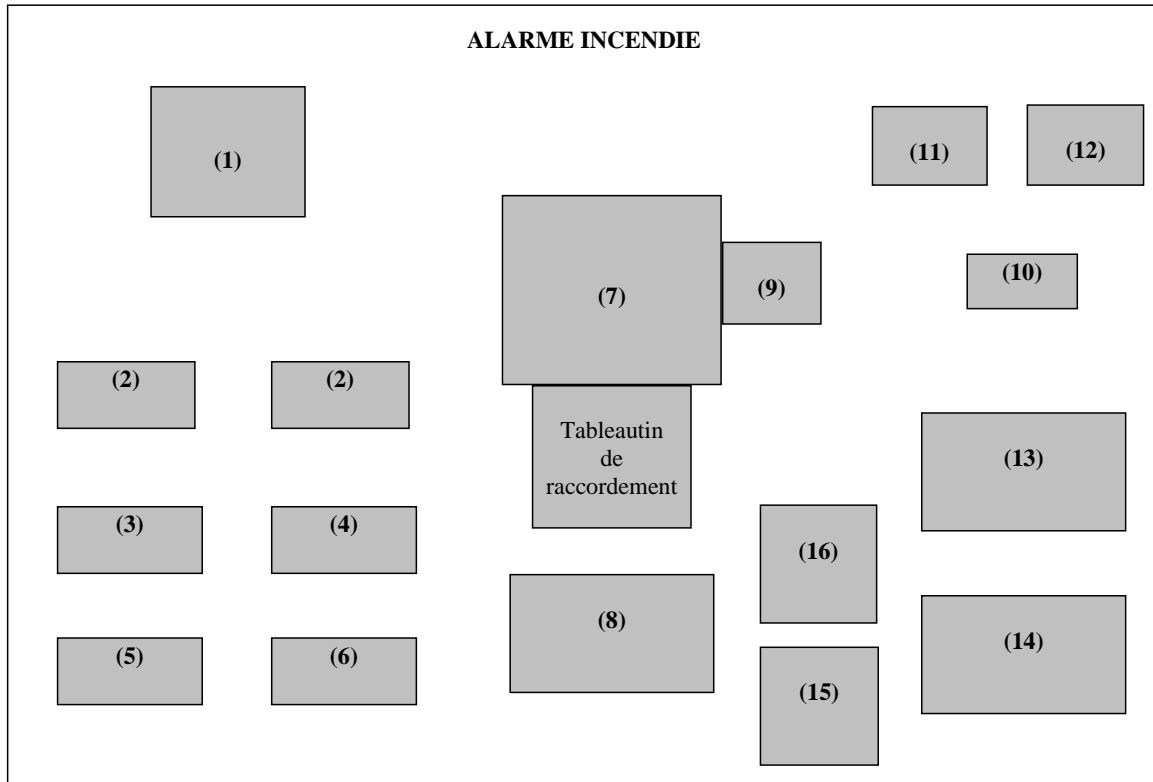


Fig. 3 : Identification des différents éléments

#### 4. IDENTIFICATION DES ÉLÉMENTS DU SYSTÈME D'ALARME INCENDIE

##### 4.1. Identification des différents éléments du système d'alarme incendie

Pour prendre connaissance avec le système il est demandé aux étudiants d'identifier les différents éléments du système repérés sur la figure 3.

Il leur est demandé d'identifier le nom et le rôle de chaque élément.

Donner le nom et le rôle des différents éléments :

(1) Nom : *Tableau d'alimentation de l'alarme*

Rôle : *Protection des départs alimentant les différents éléments en énergie électrique*

(2) Nom : *Déclencheur Manuel*

Rôle : *Déclencher manuellement l'alarme incendie dans le cas où un début d'incendie est détecté par une personne.*

Etc.

##### 4.2 Caractéristiques générales de la centrale d'alarme

Marque et type de la centrale d'alarme :

*NUGELEC ECA 4000*

Nombre de zones de détection disponibles :

8

Nombre de zones de détection utilisées et leur composition : 3 zones

- 1 boucle avec déclencheurs manuels

- 1 boucle Détecteur thermique, détecteur thermovélocimétrique
- 1 boucle Détecteur de fumée, Détecteur mixte (fumées et thermovélocimétrique).

Nombre de voies d'asservissements disponibles :  
2 voies

Nombre de voies d'asservissement utilisées et leur composition :

- Ventouse à rupture de courant pour la fermeture de porte parefeu.
- Ventouse à émission de courant pour trappe de désenfumage.

Autres voies spécialisées :

- Voie sirène
- Voie boîtier téléreport
- Voie commande TLU (éclairage de sécurité)

#### 5. ANALYSE DES BOUCLES OU DES ZONES DE DÉTECTION

Afin d'effectuer une prélocalisation du lieu d'incendie la détection est partitionnée en un certain nombre de zones de détection. Chaque zone correspond à une boucle de détection.

Une boucle doit être constituée soit de déclencheurs manuels (DM) soit de détecteurs de température ou de fumée. Le mélange de ces deux types de d'appareils n'est pas autorisé.

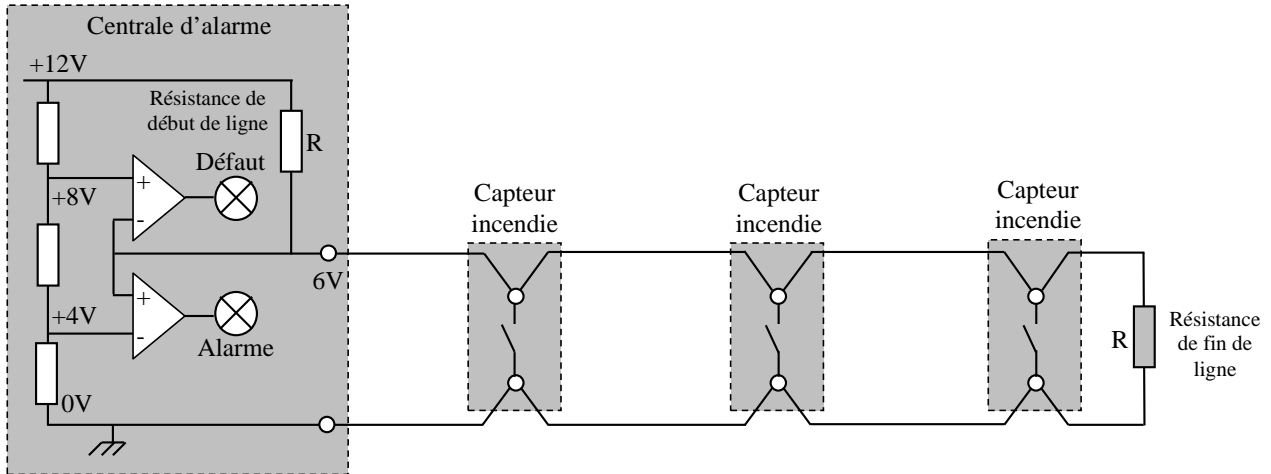


Fig. 4 : Schéma d'une boucle de détection

**Principe de fonctionnement d'une boucle :** Les déclencheurs manuels ou les détecteurs incendie sont des interrupteurs normalement ouverts. Les différents capteurs d'une boucle sont branchés en parallèle, et le dernier capteur de la boucle contient une résistance de fin de boucle comme présenté figure 4. La résistance de fin de boucle avec la résistance contenue dans la centrale forme un pont diviseur de tension. La tension en départ de boucle est mesurée en permanence par la centrale de manière à surveiller les différentes boucles.

**Dysfonctionnement :** En cas de déconnexion d'un fil de la boucle, le courant ne circule plus dans la

résistance de fin de boucle et la tension en départ de boucle devient égale à la tension d'alimentation. Ce qui déclenche la signalisation d'un défaut.

**Détection :** En cas d'action ou de détection, un des interrupteurs se ferme, la tension mesurée en départ de boucle devient nulle. Ce qui déclenche la détection incendie.

Il est demandé de compléter le schéma de la figure 5 en précisant les liaisons réalisées relatives aux boucles de détection :

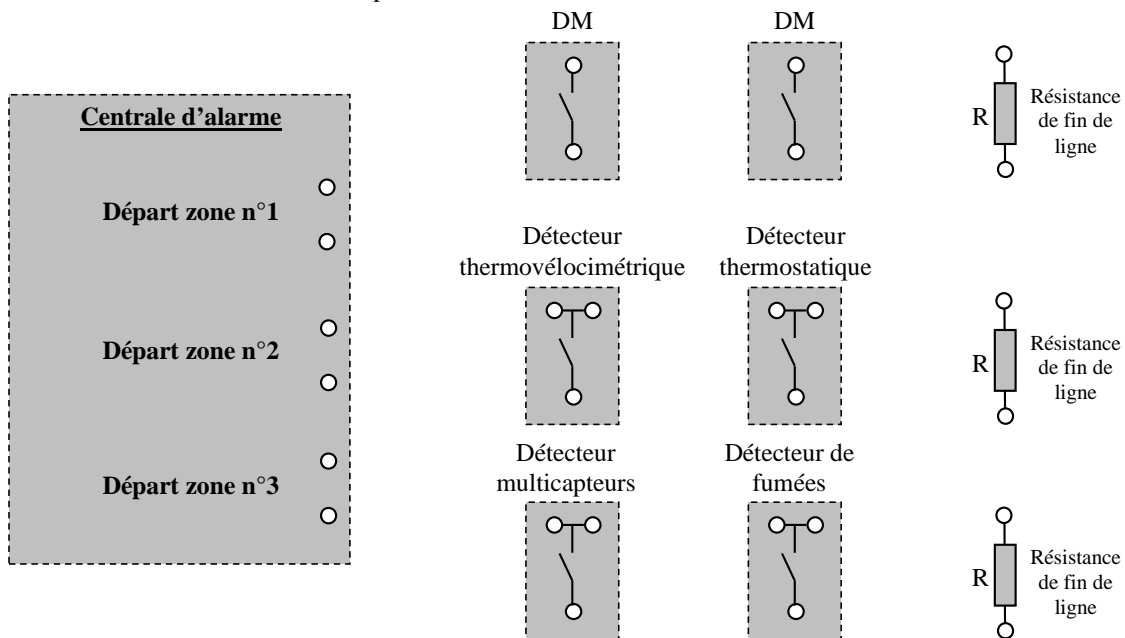


Fig. 5 : Schéma à compléter en donnant le câblage

## 6. ANALYSE DE L'ALIMENTATION ET DES SOURCES D'ÉNERGIE DU SYSTÈME

En cas de coupure de l'alimentation électrique l'ensemble du système doit rester opérationnel.

Donner le moyen utilisé pour stocker l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement du système :  
 - Batteries d'accumulateurs électrochimiques.

Il est demandé de compléter le schéma de la figure 6 en établissant les liaisons en 230 V AC et en 24 V DC :

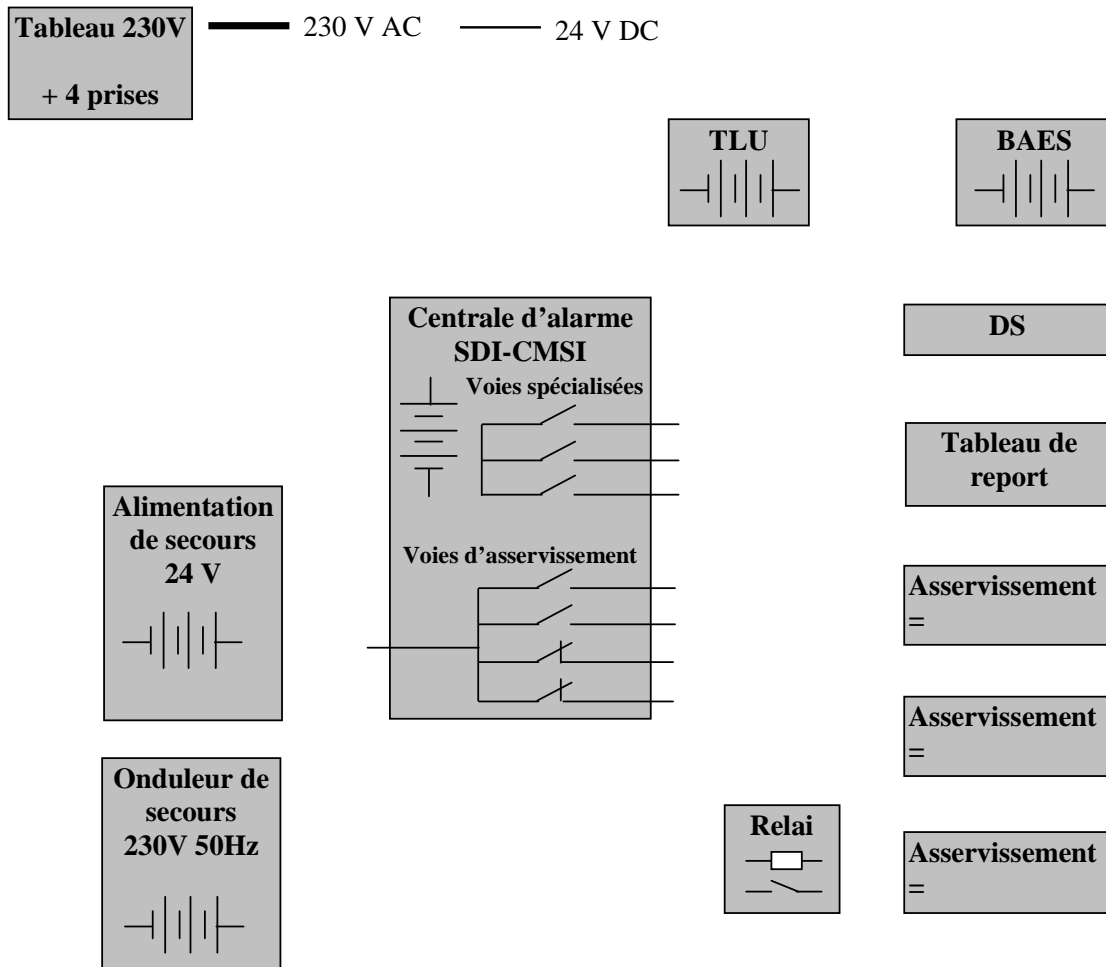


Fig. 6 : Schéma à compléter donnant le câblage unifilaire

- Quelle doit être l'autonomie des batteries pour des établissements courants ?  
*1 heure.*
- Quelle décision doit être prise si l'alimentation électrique n'est pas rétablie au bout de 40 minutes par exemple ?  
*Effectuer l'évacuation avant que la sécurité des personnes ne soit plus assurée.*
- La centrale d'alarme peut-elle servir à la mise en œuvre pratique de cette décision ?  
*Oui, un bouton permet de déclencher la sirène pour un cycle de 5 minutes.*
- Quelle doit être l'autonomie des batteries pour des établissements de nuit (hôtels, internats, maison de retraite) non pourvus d'un groupe électrogène de secours ?  
*L'autonomie des batteries doit être de 6 heures si l'établissement n'est pas pourvu d'un groupe électrogène.*
- Quel est le rôle d'un onduleur ?

*En cas de coupure d'électricité assurer l'alimentation en tension alternative 230V-50Hz d'éléments nécessitant (moteurs de désenfumage).*

- Quelle doit être l'autonomie en énergie de l'onduleur ?  
*1 heure*

## 7. ANALYSE DES DYSFONCTIONNEMENTS ET DES TEMPS DE RÉACTION

### 7.1. Analyse de dysfonctionnements au niveau de l'alimentation électrique

- Que se passe-t-il au niveau de la centrale d'alarme si l'on coupe l'alimentation électrique 230V ?  
*Il y a signalisation d'un défaut d'alimentation au niveau de la centrale.*
- Mesurer le temps de réaction au niveau de l'affichage du défaut avec le chronomètre.  
*5 secondes.*
- Que se passe-t-il si l'on coupe l'alimentation électrique de secours 24 V ?  
*Il y a signalisation d'un défaut d'alimentation au niveau de la centrale incendie.*

- Mesurer le temps de réaction au niveau de l'affichage du défaut avec le chronomètre.  
*5 secondes.*
- Que se passe-t-il au niveau des BAES si l'on coupe l'alimentation électrique 230V ?

*Les BAES passent en mode éclairage d'ambiance.*

- Mesurer le temps de réaction au niveau du changement d'éclairage avec le chronomètre.  
*2 secondes.*

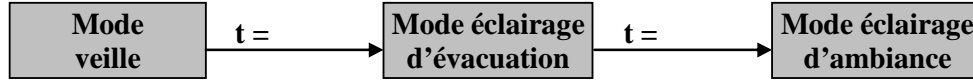


Fig. 7 : Schéma d'enchaînement des temporisations

**7.2 Analyse de dysfonctionnements au niveau des boucles des zones de détection**

- Que se passe-t-il au niveau d'une boucle si l'on débranche un fil ?  
*Il y a signalisation d'un défaut sur la boucle considérée au niveau de la centrale.*
- Mesurer le temps de réaction au niveau de l'affichage du défaut avec le chronomètre.  
*3 secondes.*
- Que se passe-t-il au niveau d'une boucle si l'on enlève un détecteur d'incendie ?  
*Il y a signalisation d'un défaut sur la boucle considérée au niveau de la centrale.*
- Mesurer le temps de réaction au niveau de l'affichage du défaut avec le chronomètre.  
*3 secondes.*

- Mesurer le temps de réaction au niveau de l'affichage du défaut avec le chronomètre.  
*3 secondes.*

**8. ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'ALARME INCENDIE**

**8.1. Eléments devant fonctionner pendant l'incendie**

- Donner les différents éléments devant fonctionner pendant l'incendie :
  - la sirène
  - les ventouses à injection de courant
  - le moteur de désenfumage
  - le tableau de report
- Que remarquez-vous de particulier au niveau du câblage ?  
*Le câblage est effectué en câble rouge CR1 résistant au feu.*

**7.3. Analyse de dysfonctionnements au niveau des asservissements et des voies spécialisées**

- Que se passe-t-il si l'on débranche le diffuseur sonore (sirène) ?  
*Il y a signalisation d'un défaut de liaison de cette voie d'asservissement au niveau de la centrale.*
- Mesurer le temps de réaction au niveau de l'affichage du défaut avec le chronomètre.  
*3 secondes.*
- Que se passe-t-il si l'on débranche la ventouse à injection de courant ?  
*Il y a signalisation d'un défaut de liaison de cette voie d'asservissement au niveau de la centrale.*

Remarques : le câble orange CR1 est prévu pour résister **15 minutes à 900°C** ; Les autres câbles sont de catégorie C2 retardant la propagation de la flamme, un moteur de désenfumage est prévu pour fonctionner **1 heure à 400°C**. Ces caractéristiques ont d'importantes conséquences sur le coût du matériel. Avec un décapeur thermique utilisé en extérieur, il est très facile de comparer la résistance à la chaleur de ces différents câbles sur des échantillons.

**8.2. Déclenchement manuel de l'alarme incendie**

Avant d'effectuer un déclenchement manuel munissez-vous du chronomètre. Noter le cycle et les temps de réaction.

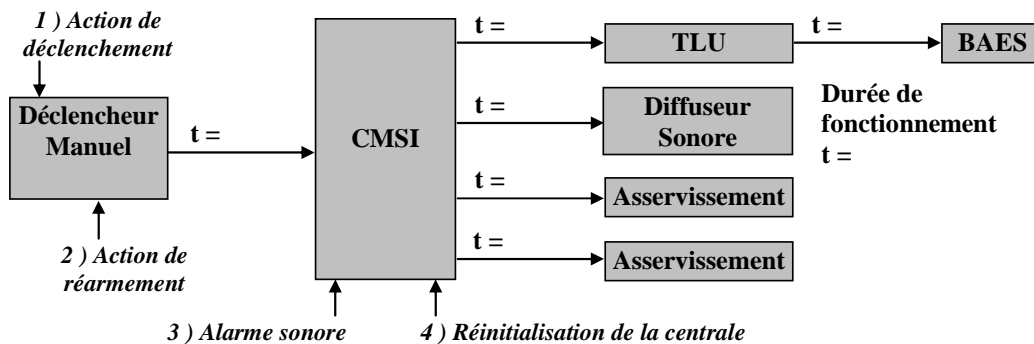


Fig. 8 : Schéma d'enchaînement des temporisations

Remarques: Il peut exister une temporisation programmable entre le déclenchement d'une zone, et la mise en sécurité incendie.

**8.3. Détecteur d'incendie**

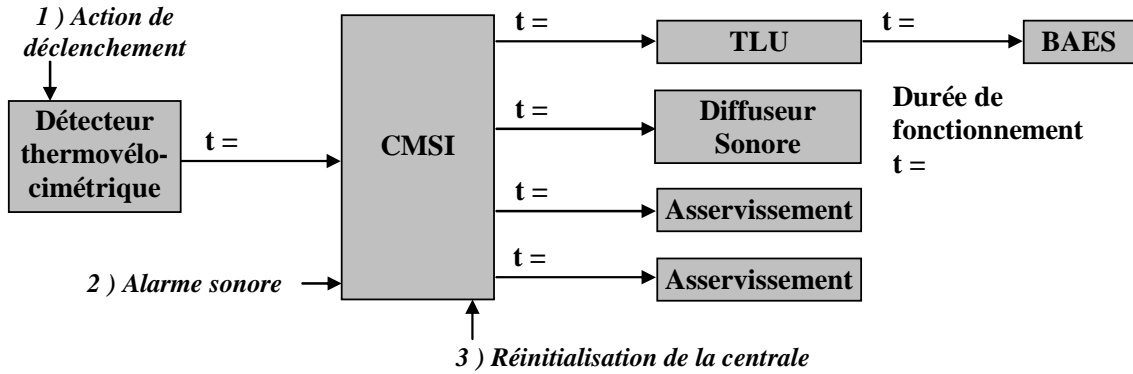


Fig. 9 : Schéma d'enchaînement des temporisations

**8.4. Mode de déclenchement manuel de l'évacuation**

Si une coupure de l'alimentation électrique persiste au-delà de l'autonomie des différentes batteries (1 heure ou 6 heures). Les différents systèmes (alarme incendie, BAES, asservissements) ne pourront plus fonctionner pour assurer la sécurité des personnes. L'évacuation des bâtiments doit alors être ordonnée.

- Procéder à la réalisation de déclenchement pour l'évacuation générale au niveau de la centrale d'alarme.

*Une fois que la sirène est déclenchée celle-ci est partie pour un cycle de fonctionnement de 5 minutes non interruptibles. Le déclenchement de l'évacuation actionne les diffuseurs sonores mais pas des différents asservissements.*

**8.5. Mode de test de l'alarme incendie (vérification périodique et maintenance)**

L'alarme dispose d'une procédure d'autotest au niveau des différentes zones.

- Procéder au déclenchement successif manuel des différents asservissements pour test.

**9. FONCTIONNEMENT DES BAES**

L'éclairage de sécurité est obligatoire dans les établissements recevant du public (ERP) et les établissements recevant des travailleurs (ERT) afin de permettre une évacuation des personnes, la mise en œuvre des mesures de sécurité et l'intervention éventuelle des secours en cas d'interruption fortuite de l'éclairage normal.

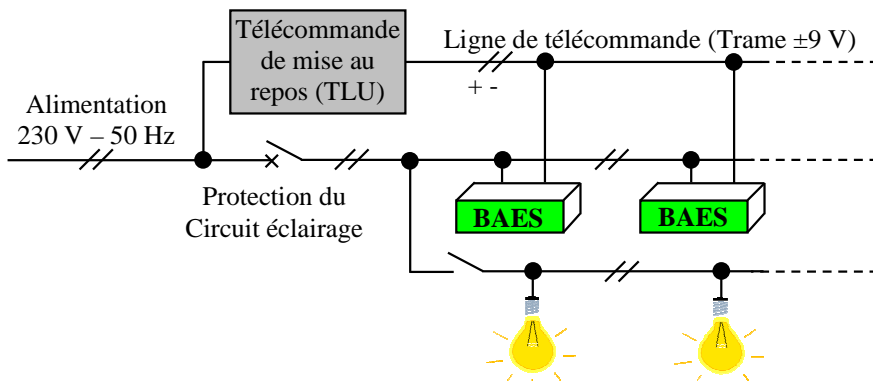


Fig. 11 : Schéma de câblage des Blocs Autonomes d'Eclairage de Sécurité

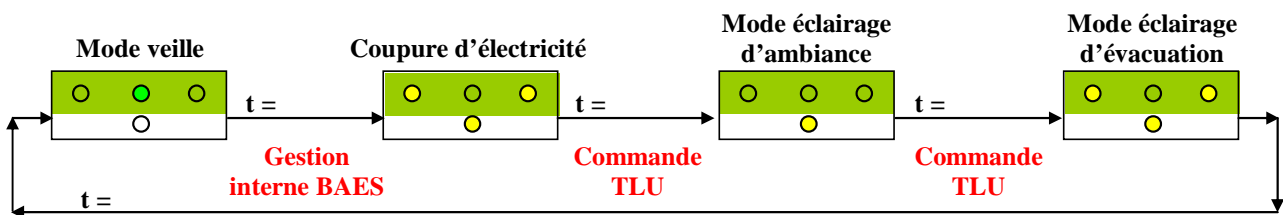


Fig. 10 : Séquence de fonctionnement des BAES



## 10. TABLEAU DE REPORT D'INFORMATIONS

Effectuer un déclenchement au niveau de la zone 1, puis de la zone 2. Observer les indications qui apparaissent sur le tableau de report d'informations.

- Quel est le rôle du tableau de report d'informations vis-à-vis d'un poste de gardiennage ou d'un poste d'astreinte ?

*Il est difficile qu'une personne soit en permanence à proximité de la centrale d'alarme incendie. Un tableau de report d'informations permet de prévenir une personne d'astreinte afin qu'elle puisse intervenir rapidement en cas d'un départ de feu.*

## 11. CONCLURE SUR LE TP «ALARME INCENDIE»

Dans la conclusion de ce TP il est important que les étudiants effectuent une réflexion sur ce qu'ils leur semblent important de retenir.

Quelques points fondamentaux :

- En cas de coupure de l'alimentation électrique le système continue à fonctionner grâce à l'énergie stockée dans les accumulateurs électrochimiques.
- lorsque la durée d'une coupure d'électricité arrive à la durée d'autonomie des batteries d'accumulateurs (1h), la sécurité ne sera plus assurée, le bâtiment doit donc être évacué.
- Les circuits des boucles de détection, ainsi que le circuit de la sirène et du téléreport sont l'objet d'une auto surveillance permanente alertant en cas de dysfonctionnement.
- En cas de déclenchement d'une boucle de détection une alarme apparaît au niveau de la centrale demandant d'effectuer une reconnaissance ou une intervention avec les extincteurs disponibles. Seulement au bout d'une temporisation (2 à 3 minutes) si cette première alarme n'est pas acquittée la sirène d'évacuation s'enclenche.
- Tout matériel devant assurer une fonction pendant l'incendie est connecté par du câble CRI résistant au feu, (téléreports, sirènes, ventouses à injection de courant (commande d'ouverture des trappes de désenfumage), moteurs de désenfumage).

## 12. CONCLUSION

Ce TP est transverse car il présente le fonctionnement d'un système électrique complexe mais classique. Il prépare également aux enseignements de prévention incendie assurés par les Sapeurs-Pompiers dans le cadre du programme pédagogique des départements HSE.

De plus l'activité économique liée à la sécurité incendie des établissements n'est pas négligeable. Un certain nombre de stages sont proposés aux étudiants des formations relevant plus classiquement du domaine

EEA. Il ne serait pas aberrant que ce type de système fasse l'objet d'enseignements à ces étudiants.

Ce T.P rend les étudiants actifs et autonomes. Ils peuvent pour une fois manipuler librement sur ce type de système alors que leur bonne éducation leur a enseigné de ne pas y toucher. De ce fait certains étudiants imaginent différents scénarios de déclenchement, dès lors qu'ils maîtrisent l'ensemble du système.

Ce TP peut également servir à la formation du personnel des établissements d'enseignement aux risques incendie.

Les trois phases de formation devraient être logiquement :

- la connaissance du fonctionnement d'un système de sécurité incendie,
- la reconnaissance et l'intervention rapide d'un départ de feu avec un extincteur à disposition,
- l'évacuation du bâtiment sur un départ de feu non maîtrisé.

Seule l'évacuation fait l'objet d'exercices périodiques obligatoires, alors que ce sont finalement les deux premières phases qui doivent être fondamentalement bien maîtrisées par le personnel pour éviter d'arriver à la troisième phase d'évacuation.

## Bibliographie

[1] P. Lagonotte, D. Jacob, «*Étude et caractérisation de différentes ventouses électromagnétiques*», CETSI'S'2005, Nancy, 25-27 octobre 2005, article complet *82.pdf* dans le CD ROM de la conférence ISBN : 2-9516740-1-5.

[2] P. Lagonotte, D. Jacob, «*De la fonction comparateur à la centrale d'alarme*» CETSI'S 2007, 29-31 octobre 2007 à Bordeaux, article complet n°2 *alarme final.pdf* dans le CD ROM de la conférence. Document publié dans la revue J3EA Vol. 7 No. HORS SÉRIE 1 (2008).

[3] Catalogue Merlin-Gérin, Sécurité des bâtiments, 2004

[4] Catalogue Legrand 2007, produits et systèmes pour installations électriques et réseaux d'information.

[5] Document technique Cooper-Nugelec : Notice d'utilisation ECA 4000, 2, 4 et 8 boucles 256 points avec CMSI de type A 4 lignes ET-MT.

[6] C. COCO, Sécurité incendie, réglementation. Habitations, ERP, locaux d'activité, Ed. Lavoisier 2009.