



# Contrat de projet

## Simulateur de détecteur de gaz Tim's

### Sommaire

1 Mise en situation.....	2
2 Cahier des charges fonctionnel.....	2
2.1 Fonctionnalités attendues.....	2
2.2 Interface graphique du simulateur.....	3
2.3 Télécommande.....	3
2.4 Marche/arrêt.....	4
2.5 Intégration.....	4
3 Cahier des charges structurel.....	4
3.1 Liaison de données radio.....	4
3.2 Télécommande.....	4
3.2.1 Traitement numérique.....	4
3.2.2 Interface d'entrée.....	6
3.2.3 Émetteur UHF.....	6
3.2.4 Alimentation.....	6
3.2.5 Intégration et connectique.....	6
3.3 Simulateur de Tim's.....	9
3.3.1 Carte affichage.....	9
3.3.2 Carte réception.....	11
3.3.3 Carte alimentation.....	13
4 Saisie de schéma et routage.....	14
5 Cahier des charges logiciel.....	14
5.1 Côté télécommande.....	14
5.1.1 Trame.....	14
5.1.2 Algorithme.....	15
5.2 Côté simulateur.....	15
6 Démarche de mini-projet.....	16
7 Remarques.....	17

## 1 Mise en situation

La sécurité civile utilise des détecteurs de gaz toxiques.

L'Appareil Portatif pour le Contrôle de Contamination Chimique (Tim's) est un détecteur de composés organophosphorés et de composés soufrés présents dans l'atmosphère.

La détection s'opère par balayage de la surface contaminée. La présence est signalée par des voyants et les concentrations apparaissent sur quatre bargraphes lumineux.



Figure 1 : utilisation du Tim's sur une simulation de sinistre

## 2 Cahier des charges fonctionnel

### 2.1 Fonctionnalités attendues

Pour l'apprentissage et la formation, il est dangereux de mettre en œuvre l'appareil dans des conditions réelles, les utilisateurs n'étant justement pas encore formés au maniement de l'appareil et à la conduite à tenir.

C'est pour cette raison que la sécurité civile nous a sollicités pour fabriquer une réplique de cet appareil de façon à ce qu'il réagisse comme s'il détectait des gaz nocifs.

La réplique du boîtier sera réalisée par le BTS CPRP et la partie électronique par une équipe d'étudiants de BTS SN. Dans le boîtier sera placé un affichage à leds identique à l'original, cet affichage sera commandé à distance par une télécommande UHF à concevoir et à réaliser. La télécommande sera confiée à l'instructeur qui pourra ainsi, à distance, faire indiquer au simulateur qu'il a détecté tel ou tel gaz et d'autres informations.

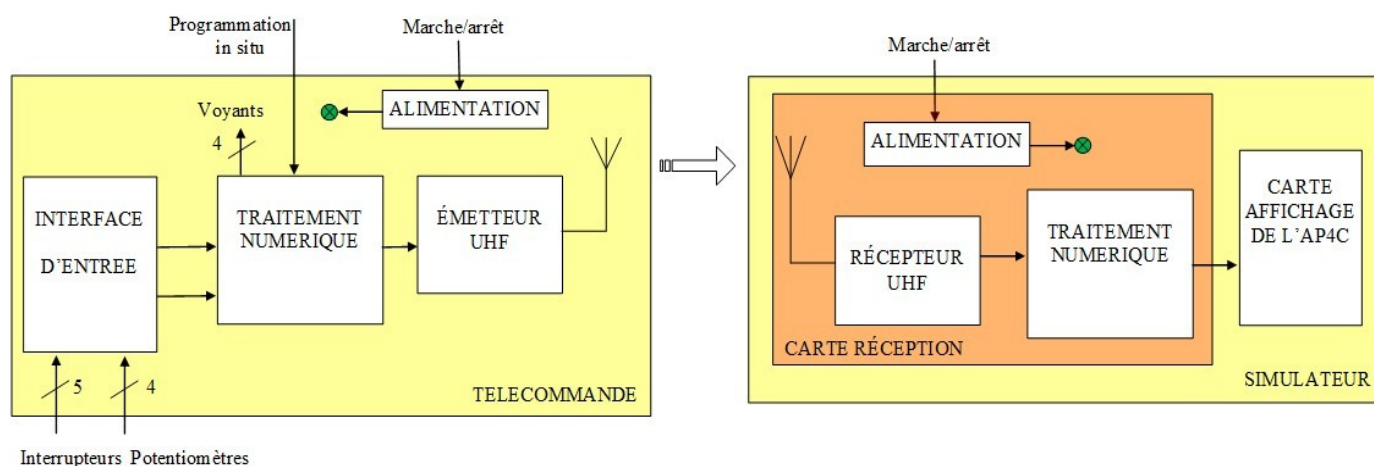


Figure 2 : schéma fonctionnel du Tim's

## 2.2 Interface graphique du simulateur

Les 4 colonnes de leds fonctionnent comme des bargraphes, donnant ainsi une image des niveaux de concentration. Les produits détectés peuvent correspondre à la catégorie autres produits car il est utilisé dans un contexte de catastrophe technologique.



Figure 3 : interface graphique

**Mode Mesure Vapeur:** L'appareil permet de mesurer 5 types de liaisons moléculaires :

Voies	Spectrométrie	Toxique de guerre	Autres produits
CH	Cx-Hy		Gaz inflammable
P – G,V	P-H	Neurotoxiques (Organophosphorés), agents, G et V	Phosphine, parathion, produits contenant du phosphore
HNO – HN, AC	H-N	Cyanurés, Acide cyanhydrique	Ammoniaque, NOX
AS – L,SA	As	Arsine, Lewisite	Produits contenant de l'arsenic
S – HD, HL	S	Vésicant (ypérites soufrés), Neurotoxique (Organosoufrés)	Dioxyde de soufre, disulfure de carbone, produits contenant du soufre

Figure 4 : produits détectés par le Tim's (autres produits)

## 2.3 Télécommande

Le formateur doit pouvoir commander à distance :

- à l'aide d'interrupteurs poussoirs : les témoins lumineux : PANNE, PRÊT et H2 du Tim's.
- à l'aide de 4 potentiomètres : les 4 bargraphes de concentration du Tim's. Au fur et à mesure que le bouton est manœuvré le nombre de leds allumées doit augmenter. À fond l'ensemble des leds du bargraphe correspondant doivent clignoter.
- l'interrupteur CH doit provoquer le clignotement du voyant prêt sur la télécommande et sur le simulateur Tim's (prioritaire devant le bouton PRET).

Le boîtier de télécommande intégrera aussi les voyants : PANNE en rouge, PRET en vert et H2 en jaune ou rouge.

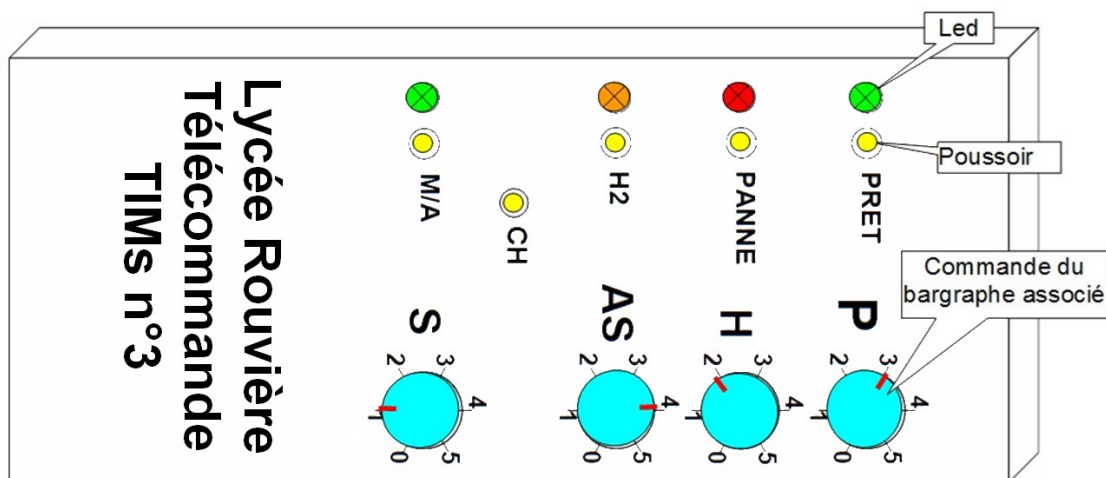


Figure 5 : face avant de la télécommande

## 2.4 Marche/arrêt

À la mise sous tension une séquence de démarrage sera programmée tant pour la télécommande que pour le simulateur. Elle pourra consister en un petit jeu de lumière de 5 s.

Le simulateur devra avoir une autonomie de 100 h tandis que la télécommande devra avoir une autonomie de 20h. Des calculs d'autonomie devront être conduits pour valider cette exigence.

## 2.5 Intégration

Le simulateur sera intégré dans un boîtier fabriqué par impression 3D. Cette tâche a été confiée au BTS CPRP encadré par M BROUQUIER. Des moments d'échanges seront prévus pour préciser les contraintes dont il faudra tenir compte (emplacement et dimension des composants utilisés, technique d'accès aux piles, rail de fixation ou trous filetés à prévoir, etc). La balise sera intégrée dans un boîtier en plastique et il faudra réaliser la face avant.

# 3 Cahier des charges structurel



Figure 6 : module XBEE pro S2C à antenne fouet

## 3.1 Liaison de données radio

La liaison radio mettra en œuvre deux modules XBEE S2C pro, l'un placé sur la télécommande et l'autre sur le simulateur. Les modules XBEE utilisent une liaison radio UHF à 2,4 GHz (norme IEEE 802.15.4) et permettent de transmettre des données numériques. Chaque module doit préalablement être paramétré afin de répondre aux besoins. Leur mise en œuvre requiert un apprentissage incontournable et fait partie intégrante de la démarche de projet.

## 3.2 Télécommande

### 3.2.1 Traitement numérique

#### 3.2.1.1 Carte

Pour des raisons d'encombrement et de faible consommation, il sera effectué par une carte Arduino pro mini 3,3V/8MHz (composant ARDUINO PRO MINI, bibliothèque SYM sous Isis).

Cette carte minimaliste, dont on donne le schéma ci-dessous, contient principalement :

- un microcontrôleur de chez Atmel, l'ATMEGA328P U-TH en CMS, cadencé à 8 MHz et alimenté en 3,3 V ;
- un régulateur 3,3 V intégré ;
- une led témoin d'alim et une led pilotable ;
- un quartz 8 MHz ;
- un micro-poussoir pour le reset.



Figure 7 : connecteur HE14 au pas de 2,54 mm

Les connecteurs HE14 (barettes au pas de 2,54 mm) seront à souder sur JP1, JP6 et JP7.

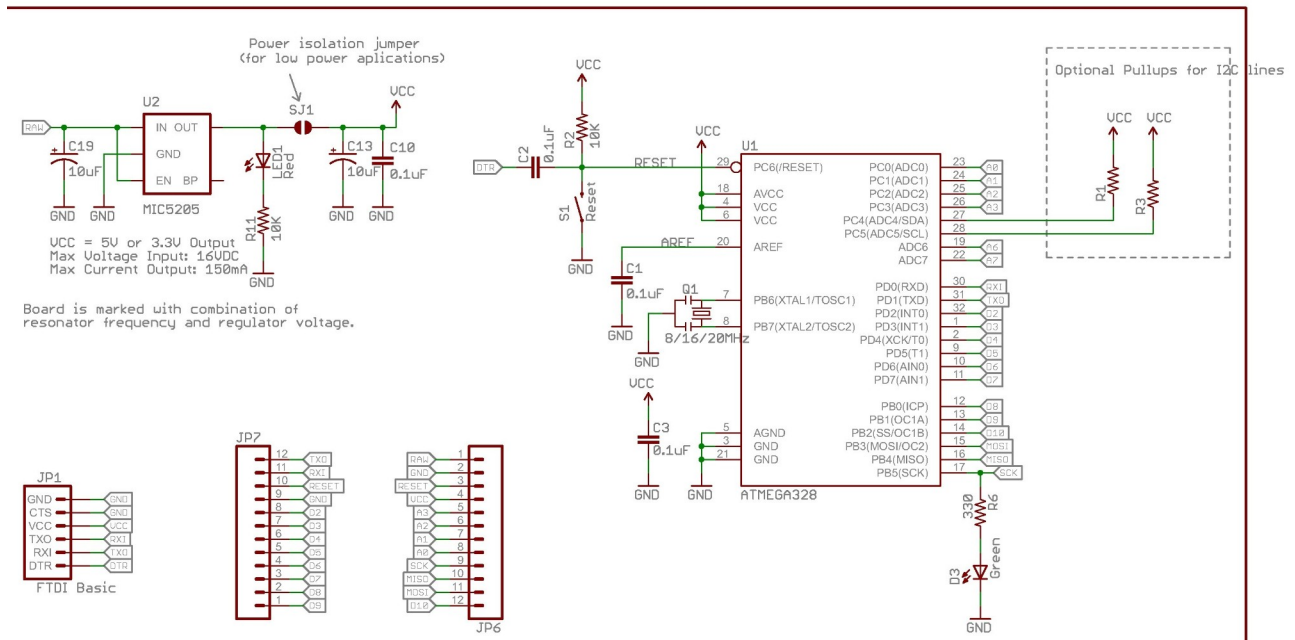


Figure 8 : schéma de la carte Arduino pro mini

## 3.2.1.2 Programmation in-situ

Le connecteur JP1 de la carte Arduino pro mini permet de téléverser le programme à partir d'un PC sous environnement Arduino. Les lignes utilisées sont RX, TX, GND et DTR (commande de reset via le condensateur C2).

Pour pouvoir téléverser il faudra placer un adaptateur USB/RS232 USB2Serial Light qu'on viendra brancher sur le connecteur JP1.



Figure 9 : adaptateur USB/RS232 USB2Serial Light



**Attention** : pour ne pas endommager la carte pro mini ou bien l'adaptateur, il faut mettre le cavalier présent sur l'adaptateur sur 3,3 V et non 5 V. Il est recommandé de ne pas alimenter l'Arduino pro mini lorsque l'adaptateur est branché.

## 3.2.1.3 Alimentation

Elle s'effectuera par l'entrée RAW du module qui est connectée directement à l'entrée d'un régulateur interne fournissant le 3,3 V (voir schéma de la carte).

## 3.2.1.4 Entrées/sorties

Entrées logiques	Entrées analogiques	Sortie numérique
PRET, PANNE, CH et H2	Informations issues des 4 potentiomètres	Liaison RS232 TTL On ne prendra pas la sortie TX réservée au téléchargement du programme.



## 3.2.2 Interface d'entrée

On mettra en œuvre des poussoirs à verrouillage de type DPDT modèle PVB6THTEE (symbole : SW-DPDT SYM, empreinte PVB6THTEE LPKF).

Chaque poussoir à verrouillage a une position basse et haute. Pour pouvoir mettre en œuvre les résistances de pull-up du microcontrôleur, on câblera les interrupteurs de façon à ce qu'en ON (position basse), ils envoient un niveau logique 0 sur l'entrée correspondante.

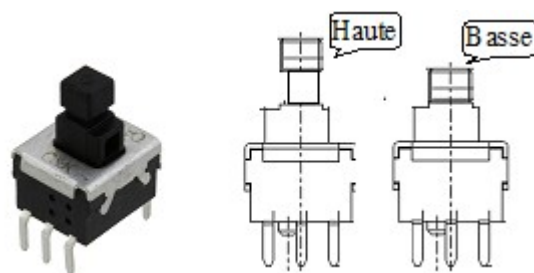


Figure 10 : poussoir à verrouillage

Les potentiomètres de type P110KH1-OF15BR10K (empreinte POTROUVP110KH1 LPKF) de la marque TT Electronics ou équivalent permettront le réglage de chaque signal analogique de 0 V à 3,3 V.

Le 3,3 V est disponible sur la broche VCC de l'Arduino pro mini.

Pour respecter une augmentation de la tension quand on tourne dans le sens des aiguilles d'une montre la borne 1 du potentiomètre sera à relier à la masse.



Figure 11 : potentiomètre

## 3.2.3 Émetteur UHF

Le XBEE recevra sur son entrée Rx les infos à transmettre au récepteur.

Pour diminuer la consommation moyenne entre 2 transmissions on mettra grâce à l'entrée SLEEP le XBEE en mode « sommeil ». Durant ce mode, sa consommation est réduite.

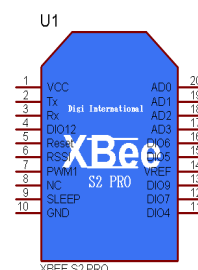


Figure 12 : brochage du XBEE S2C pro

## 3.2.4 Alimentation



Figure 13 : coupleur de piles 3xAA

La source d'alimentation sera constituée de 3 piles AA de 1,5 V en série soit 4,5 V. Cette tension sera découplée par un condensateur de 470 ou 1000  $\mu$ F axial de petite taille.

Les piles seront placées dans un coupleur de piles qui sera fixé dans un boîtier.

Après avoir fait le bilan de la consommation et en fonction des caractéristiques de décharge des piles AA alcalines, on évaluera l'autonomie de celles-ci. Une validation expérimentale est attendue.

La mise sous tension se fera par un poussoir à verrouillage.

## 3.2.5 Intégration et connectique

### 3.2.5.1 Alim vers carte

Deux connecteurs deux broches KK2, l'un mâle et l'autre femelle.



Figure 14 : KK3 mâle



Figure 15 : KK3 femelle

## 3.2.5.2 Boîtier

Les dimensions du pcb devront tenir compte des caractéristiques du boîtier. Les différents perçages se feront grâce à l'impression et le collage du schéma d'implantation sur la face comme guide de perçage.



Figure 16 : boîtier ABS IP54

## 3.2.5.3 Carte à circuits imprimés

- ✓ Pour éviter le câblage à fils entre les éléments de la face avant (leds, potentiomètres et interrupteurs) et la carte électronique, on soudera les leds, potentiomètres et interrupteurs sur le coté cuivre de la carte, les autres composants étant normalement implantés côté composants. On fixera la carte imprimé sous le couvercle du boîtier ; les leds, les interrupteurs et les potentiomètres seront visibles grâce à des trous percés sur le couvercle.
- ✓ Prévoir quelques points tests significatifs.
- ✓ La carte sera fixée sur la face avant à l'aide des potentiomètres.

On respectera scrupuleusement l'emplacement des leds, interrupteurs et potentiomètres donné sur le fichier gabarit joint dans le dossier ressources et qui servira après l'avoir renommé comme base du routage sur ARES.

Sur ce gabarit on trouve la couche board-edge en jaune qui délimite le bord de carte et la couche mech2 utilisé comme face avant. Elle est vue à l'envers car sur les logiciels de routage la vue est toujours coté composants, alors que notre face avant sera coté cuivre.

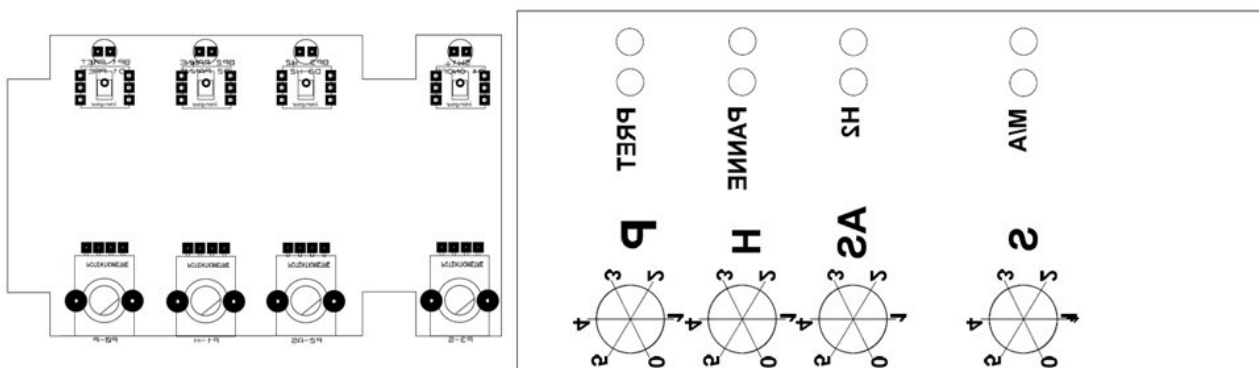


Figure 17 : implantation des composants et gabarit de perçage

## 3.2.5.4 Utilisation du fichier gabarit

Utilisation du fichier gabarit :

- 1) Renommer le fichier gabarit du même nom que le fichier du schéma structurel (ISIS).
- 2) Cacher la couche mech2 correspondant à la face avant. Pour cela faire affichage→couche (ou Ctr + L) et décocher la couche mech2.

3) Nommer du même nom que sur le schéma structurel ISIS les composants déjà en place. Pour cela double clic sur le composant et compléter la case ID élément ; la case PACKAGE indique l'empreinte qui doit être celle choisie dans le structurel ISIS.

En toute fin de projet, on pourra imprimer via ARES la face avant sur un film vinyle auto-collant en faisant l'opération « miroir ». Avant d'imprimer il faudra avoir supprimé tous les cercles des leds, des poussoirs et des potentiomètres et gardé que les écritures et traits de repères des chiffres des potentiomètres.

### 3.2.5.5 Perçage de la face avant

On imprimera via ARES le fichier « Gabarit-Perçage-TIM's-Tx.LYT ».

Potentiomètres :  $\varnothing$  9,5 mm

Poussoirs : diamètre  $\varnothing$  7 mm

Leds:  $\varnothing$  5 mm

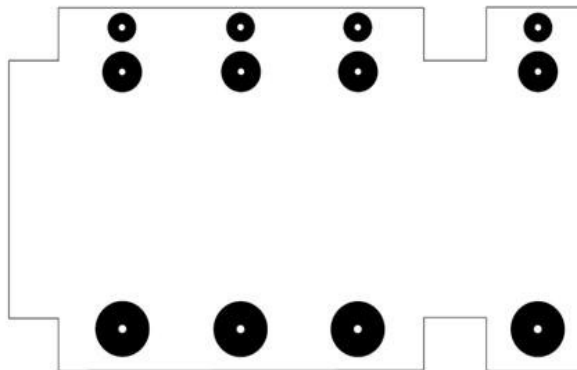


Figure 18 : gabarit de perçage

### 3.2.5.6 Sérigraphie de la face avant

On imprimera via ARES le fichier « Face-Avant-TIM's-Tx.LYT » sur une feuille vinyle autocollante que l'on viendra poser sur le couvercle du boîtier. Les trous seront ensuite délicatement découpés au cutter. On veillera à faire un travail soigné.



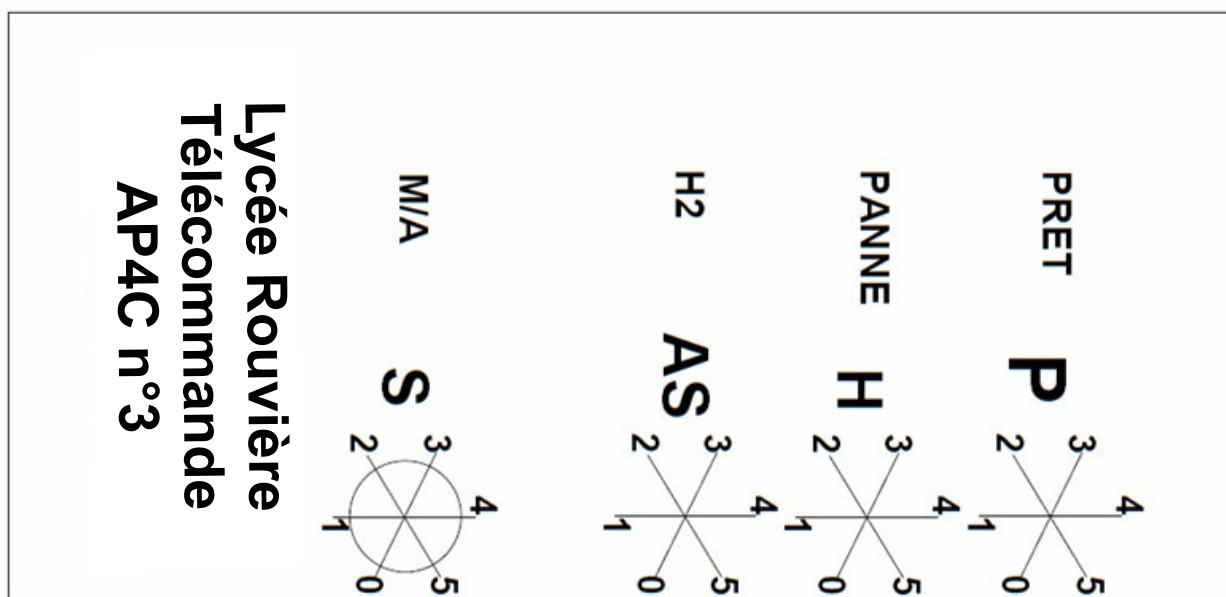


Figure 19 : sérigraphie de la face avant

### 3.3 Simulateur de Tim's

Il intégrera 3 cartes :

- une carte réception et traitement ;
- une carte affichage ;
- une carte alimentation.

#### 3.3.1 Carte affichage

##### 3.3.1.1 Composants

- Cette carte supportera toutes les leds et leurs résistances de protection ainsi qu'un connecteur coudé 26 broches de type HE10 26. Ce connecteur, via une nappe permettra la liaison à la carte réception. La nappe sera réalisée sur place.
- Les leds auront leur cathode en commun.
- On choisira les leds offrant le meilleur compromis visibilité-consommation parmi celles disponibles dans le dossier ressource. Une étude expérimentale comparative pourra être menée.
- Pour les résistances on prendra des réseaux de 7 résistances en boîtier DIL14 : RESX7 et qui seront montés sur support tulipe. Pour des raisons de place sur la carte, on ne dépassera pas 3 RESX7 quitte à compléter avec des résistances classiques.

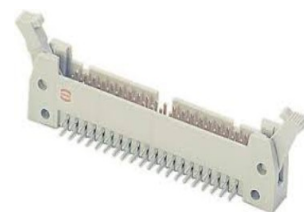


Figure 20 : connecteur HE10 26



Figure 21 : led rectangulaire verte

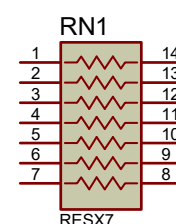


Figure 22 : symbole Isis d'un réseau de résistances

## 3.3.1.2 Implantation et PCB

La carte devra être routée en simple face.

Pour pouvoir effectuer le routage en simple face, on respectera le brochage suivant pour le connecteur :

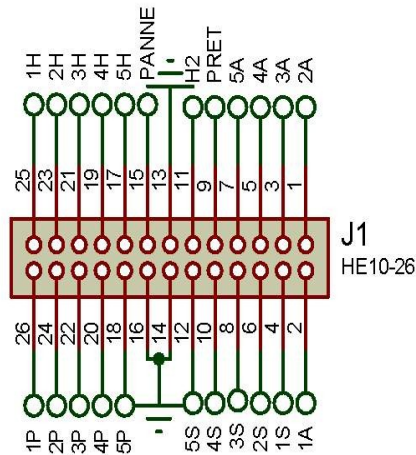


Figure 23 : labellisation du connecteur

1H sera connecté via une résistance à la première led de la colonne H qu'on nommera D1H,

PRET sera connecté via une résistance à la led PRET qu'on nommera DPRET, etc.

On utilisera le fichier gabarit où les leds et le connecteur sont déjà implantés au bon emplacement.

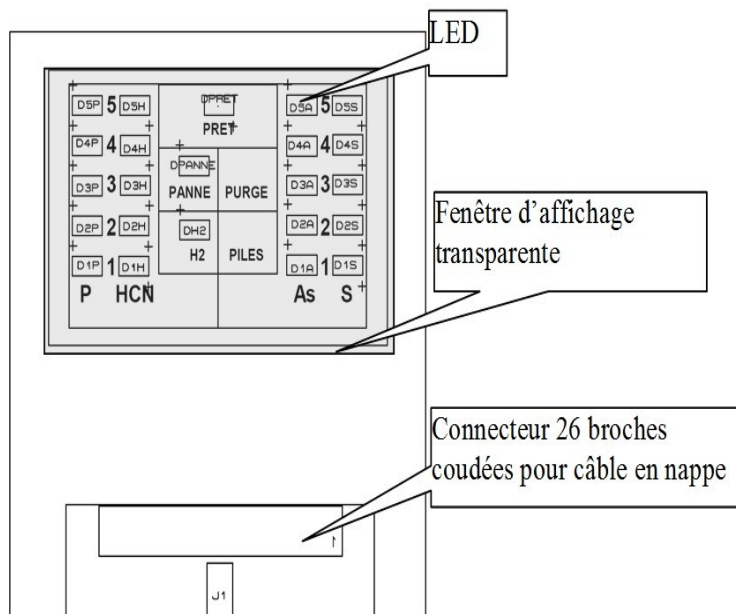


Figure 24 : face avant du simulateur et position de la carte affichage

Le dessin de la face avant est effectué sur la couche Mech2 (rouge). Lors du routage on masquera cette couche de façon à y voir plus clair.

La carte sera logée grâce à 2 glissières qui mordront de 2 mm de part et d'autre de la carte. Lors du montage dans le boîtier, on mettra au point, s'il y a lieu, un système de blocage en translation de la carte.

### 3.3.2 Carte réception

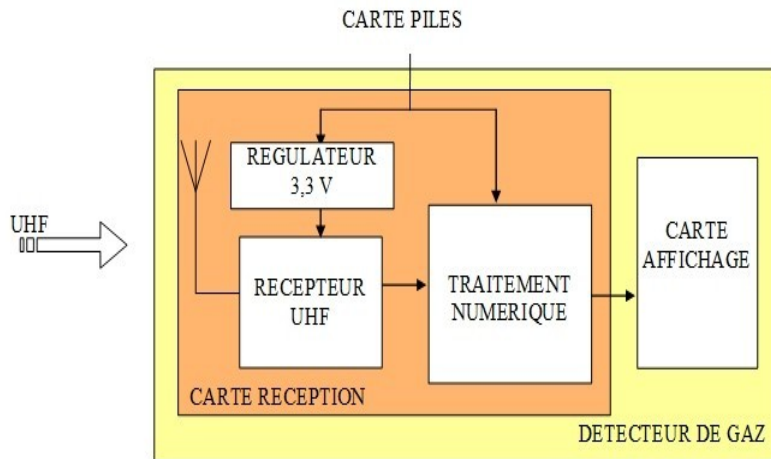


Figure 25 : schéma fonctionnel de la carte réception

#### 3.3.2.1 Récepteur UHF

Constitué d'un module XBEE PRO S2C qui délivrera la trame reçue sous forme de trame série asynchrone RS232 TTL.

#### 3.3.2.2 Traitement numérique

On mettra en œuvre 2 cartes Arduino pro mini afin de disposer de suffisamment de sorties pour commander les leds. Chacune d'elle effectuera le traitement numérique afin de piloter la moitié des leds. Cela permettra aussi de répartir la dissipation thermique des puces de chaque carte.

- L'alimentation des cartes Arduino se fera par la broche RAW.
- Entrée : la trame série issue du XBEE sera envoyée aux deux cartes Arduino (on n'utilisera pas la broche RX de l'Arduino réservée au téléversement du programme).
- Sorties : on affectera pas les sorties au hasard. Il faudra imaginer le routage entre le connecteur HE10-26 et les 2 Arduinos de façon à ce qu'il n'y ait aucun croisement de pistes pour que le routage puisse s'effectuer en simple face. Pour cela on pourra s'aider du schéma suivant à compléter et qui permettra de définir à quelles entrées des Arduino sont reliées les broches du connecteur.

## Simulateur TIMs

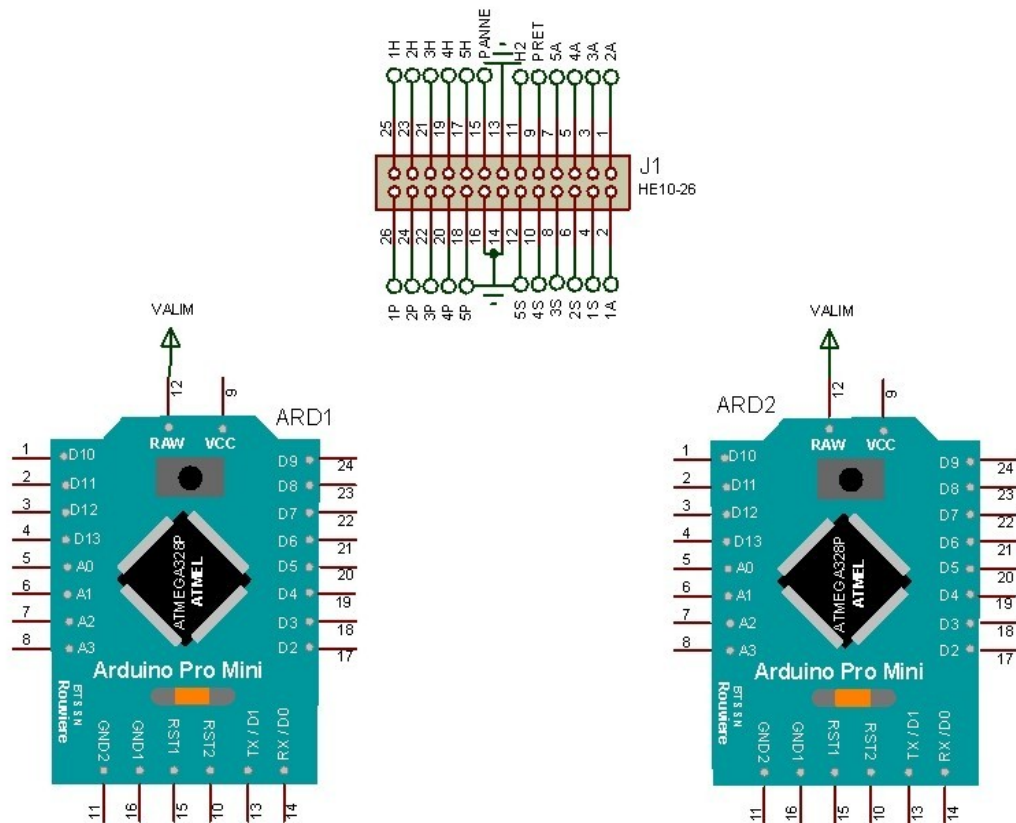


Figure 26 : schéma d'interconnexion entre les Arduinos et le HE10-26

### 3.3.2.3 Régulateur 3,3 V

Un régulateur UA78M33 permettra de fournir une alimentation de 3,3 V au module XBEE à partir des piles.

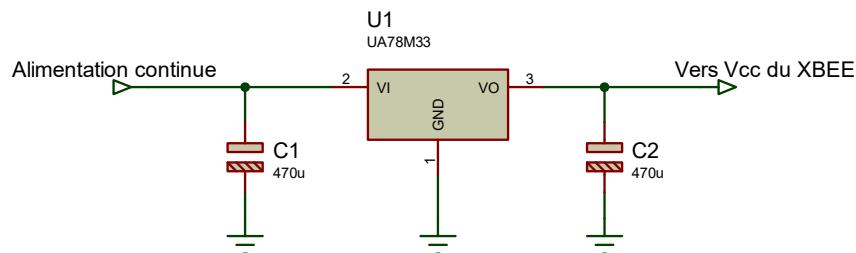


Figure 27 : schéma structurel du régulateur 3,3 V

### 3.3.2.4 Connectique, implantation et PCB

#### Connecteurs :



Figure 28 : SUB-D9

- Connecteur SUB-D9 mâle qui permet de connecter la carte alimentation.
- Connecteur HE10-26 qui permettra via une nappe de commander les leds de la carte affichage.



Figure 29 : HE10-26

## PCB :

- Réalisée en simple face, il devra être logé dans le corps de l'appareil par 2 rails, un dispositif permettra de le bloquer en translation.
- Prévoir quelques points tests significatifs.
- On devra respecter le fichier ARES gabarit reproduit ci-après et disponible dans le dossier ressource et qui servira, après l'avoir renommé, comme base du routage sur ARES. On devra respecter l'emplacement et le sens du connecteur HE10-26.

### 3.3.3 Carte alimentation

On optera pour un coupleur de piles 4 x LR14 en série. La carte sera fixée à un tiroir où sera fixé l'interrupteur M/A avec son voyant. On utilisera un modèle DS12LV avec led intégrée qui sera fixé sur le tiroir arrière de l'appareil. La carte sera guidée sur des rails et viendra se connecter directement sur la carte réception grâce à un connecteur SUB-D9 femelle.

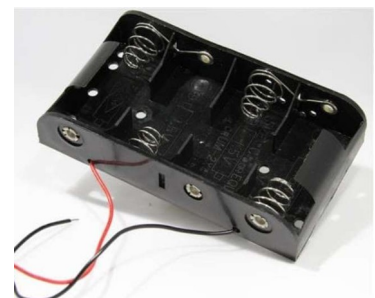


*Figure 30 : interrupteurs à led DS12LV*

#### 3.3.3.1 Connectique, implantation et PCB

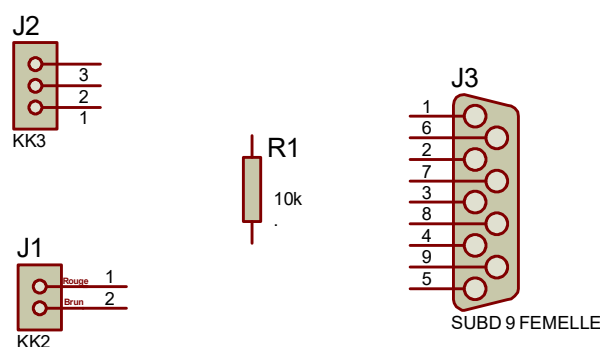
##### Connecteurs

- 1 coupleur de piles
- 1 connecteur SUB-D9
- 1 connecteur KK2 pour l'alimentation
- 1 connecteur KK3 pour l'interrupteur M/A



*Figure 31 : coupleur 4xLR14*

##### Schéma à saisir et compléter



*Figure 32 : schéma structurelle de la carte alim*

## PCB

Réalisée en simple face, la carte devra être logée dans le corps de l'appareil grâce à deux rails (penser éventuellement à un blocage en translation).

On devra respecter le fichier ARES gabarit reproduit ci-après, disponible dans le dossier ressource, qui servira, après l'avoir renommé, comme base du routage sous ARES. On devra respecter l'emplacement et le sens du connecteur SUBD-9.



Pour l'utiliser :

- Renommer le fichier gabarit selon le même nom que le fichier du schéma structurel (ISIS).
- Nommer les empreintes selon le même nom que les composants ISIS. Pour cela double cliquer sur l'empreinte et modifier la case ID élément.

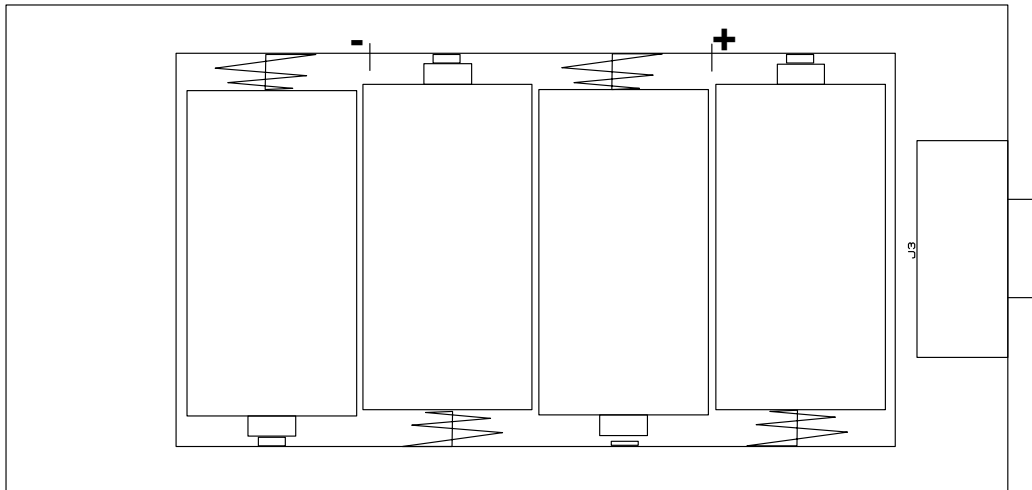


Figure 33 : schéma d'implantation de la carte alimentation

## 4 Saisie de schéma et routage

Certains composants ou boîtiers ont été créés exprès pour les mini-projets, ils se trouvent dans les bibliothèques suivantes :

- SYM et MINI-PROJET-SC-LIB pour Isis ;
- LPKF et MINI-PROJET-SC-PKG pour Ares.



Les empreintes seront vérifiées en les plaçant sur la feuille papier du schéma d'implantation à l'échelle.

Cette étape est primordiale et devra être validée par le professeur !

## 5 Cahier des charges logiciel

### 5.1 Côté télécommande

#### 5.1.1 Trame

La transmission sera de type série asynchrone à 9600 bits/s avec le format suivant : 8 bits de données, 1 bit de stop, pas de parité. Ce signal sera transmis directement à l'entrée série du XBEE.

La trame, formée de 5 octets, est envoyée en continu à raison de 2 trames par secondes.

## Simulateur TIMs

Un octet de start ou en-tête, qui vaut FF (valeur qui n'apparaîtra jamais dans la donnée) et quatre octets contenant les états des 23 leds (1 bit par led). Entre chaque octet on prévoit un temps morts de 3 ms.

	MSB							LSB
Octet n°1	1	1	1	1	1	1	1	1
Octet n°2	CH	0	0	P5	P4	P3	P2	P1
Octet n°3	PRET	0	0	H5	H4	H3	H2	H1
Octet n°4	PANNE	0	0	A5	A4	A3	A2	A1
Octet n°5	H2	0	0	S5	S4	S3	S2	S1

### 5.1.2 Algorithmme

Début :

- Initialisations (liaison série, entrées-sorties TOR (Tout Ou Rien))
- Déclarer un tableau qu'on pourra par exemple appeler message[], destiné à être rempli par les 5 octets à envoyer
- Affecter le premier octet de message[] de la valeur 255
- Exécuter une séquence d'accueil de 3 s (par exemple chenillard puis clignotement des leds en face avant)
- Répéter indéfiniment :

- Affecter les bits P[5..1], H[5..1], A[5..1] et S[5..1] du tableau message[] (bargraphe P, H, A et S) suivant la valeur des tensions fournies par les potentiomètres correspondants
- Affecter les bits PRET, PANNE et H2 du tableau message[] suivant la valeur des interrupteurs correspondants
- Envoyer successivement les 5 octets de message[] sur la liaison série
- Mettre le XBEE en mode sommeil
- Attendre 100 ms
- Sortir le XBEE de son sommeil

## 5.2 Côté simulateur

Début :

- Initialisations (liaisons série, sorties TOR (Tout Ou Rien))
- Déclarer un tableau qu'on pourra par exemple appeler message[] destiné à être rempli par les 5 octets envoyés
- Exécuter une séquence d'accueil de 3 s (par exemple chenillard sur les 4 bargraphs et clignotement des autres leds)
- Répéter indéfiniment :

- Attendre tant qu'on n'a pas reçu 5 octets et qu'il ne s'est pas écoulé 1 s (Time-out)
- Si time-out non écoulé

- Si le premier octet vaut 255

- Remplir le tableau message[] des 4 octets suivants
- Affecter les leds suivant les valeurs des octets du message

## 6 Démarche de mini-projet

1. Analyse du cahier des charges fonctionnel et structurel ;
2. Répartition des tâches et rédaction d'un diagramme (Gantt par exemple) montrant cette répartition ;
3. Définition des tensions d'alimentation pour chaque composant utilisé afin d'éviter toute détérioration future ;
4. Délivrance du matériel (vous serez alors tenu pour responsable en cas de détérioration) ;
5. Tout prototypage doit être accompagné d'une saisie de schéma structurel sous Isis. Lors de l'utilisation des alim de laboratoire, l'intensité maximale sera limitée à la la juste consommation nécessaire au fonctionnement du sous-ensemble testé ;
6. Réalisation des essais et mesures pour chaque composant (test matériel et logiciel unitaire) ;
7. Test matériel et logiciel de l'ensemble ou du sous-ensemble ;
8. Conception du pcb sous Ares du sous-ensemble (simulateur ou balise) ;
9. Validation des empreintes par impression du schéma d'implantation et positionnement des composants sur feuille papier ;
10. Réalisation du pcb sur la machine à graver par le professeur ou personnel habilité ;

Voir TP DAO-CAO pour la vérification du pcb.

11. Soudage, test et essai de bon fonctionnement des pcb ;
12. Mise en boîtier (intégration) ;
13. Test global de bon fonctionnement et recette devant client.

### 7 Remarques

Ce cahier des charges pourra faire l'objet de modifications en fonction des contraintes exprimées par le BTS CPRP.



Des avenants au cahier des charges peuvent donc vous être communiqués en cours de projet.