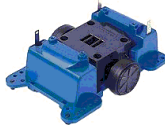





Fiche guide 3	TS SI		P.P.E. Robot suiveur de ligne	 académie d'Orléans-Tours  Éducation nationale enseignement supérieur recherche  
Analyse et synthèse	4h			
 Lycée Polyvalent PIERRE EMILE MARTIN	Analyse et synthèse de la fonction « Acquérir »			

Nom(s) :	Classe :	Groupe :
----------	----------	----------

### Objectifs

**Comprendre** comment la fonction « Acquérir » délivre une information représentative de la position d'un capteur par rapport à la ligne. **Proposer** un schéma pour la fonction « Acquérir » du robot à réaliser.

### Matériels

Robot suiveur de ligne MrLineTiny programmé avec le fichier Stay\_on\_line.rom, piste posée sur le sol.  
Oscilloscope numérique 2 voies + sondes.

### Logiciel

CodeVisionAVR. Fichier Stay\_On\_Line.rom

### Documentation

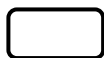
Dossier technique « Robot suiveur de ligne ».  
Fiches techniques de la diode IR L34F3C, du phototransistor IR L32P3C et du capteur HOA1405.

Le présent document, le dossier technique et les fiches techniques sont téléchargeables sur le site WebGE à l'adresse <http://p.mariano.free.fr/> (rubrique PPE)



: Dossier technique « Robot suiveur de ligne ».

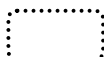
### Rappel des conventions utilisées dans les schémas fonctionnels



Fonction matérielle



Energie



Fonction logicielle





Signal porteur d'une information



Variable logicielle

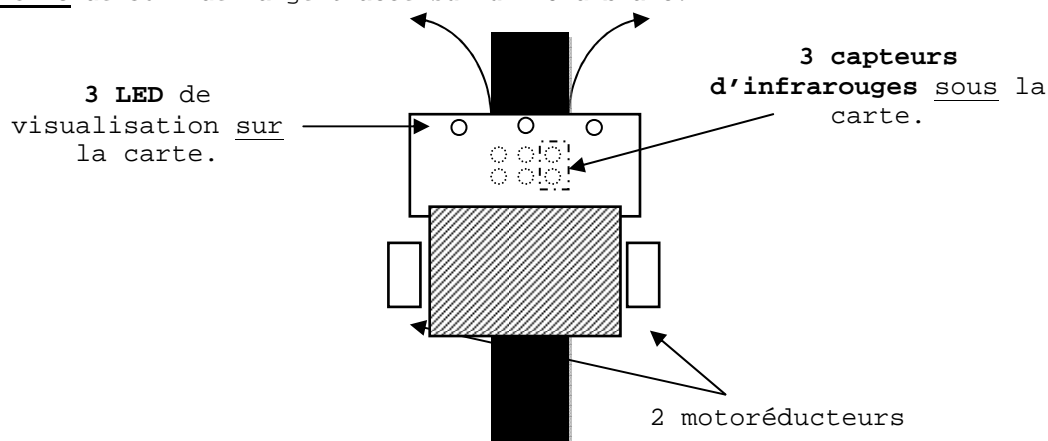
Pour observer le fonctionnement du robot, il suffit de le placer sur la piste et de commuter l'interrupteur marche/arrêt sur marche. Les trois LED de visualisation doivent être éclairées. Le robot démarre après 3s et suit la ligne.

	FG3	« Acquérir »		PPE ROBOTSUIVEUR DE LIGNE	1
---	-----	--------------	---	---------------------------	---

## A) Présentation


### A1) Rappel sur le principe du suivi de la ligne adopté par MrLineTiny

Pour répondre au règlement du concours académique, le robot doit suivre une ligne noire de 30mm de large tracée sur un fond blanc.



Le robot MrLineTiny détecte sa position par rapport à la ligne noire tracée sur la piste grâce à **trois capteurs** d'infrarouges (IR).

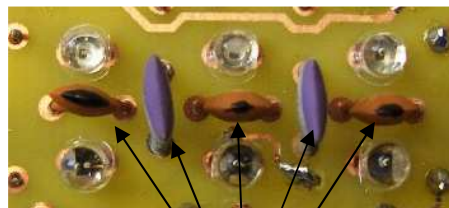
Ces capteurs sont identifiés par les sigles **Capteur\_IR\_Gauche (IR\_G)**, **Capteur\_IR\_Centre (IR\_C)** et **Capteur\_IR\_Droit (IR\_D)**.

(Schéma structurel en annexe 10 du )

Chaque capteur se compose d'un émetteur **DIR** (diode IR) et d'un récepteur **TIR** (phototransistor IR).

Emetteurs IR (**DIR**) →

Récepteurs IR (**TIR**) →



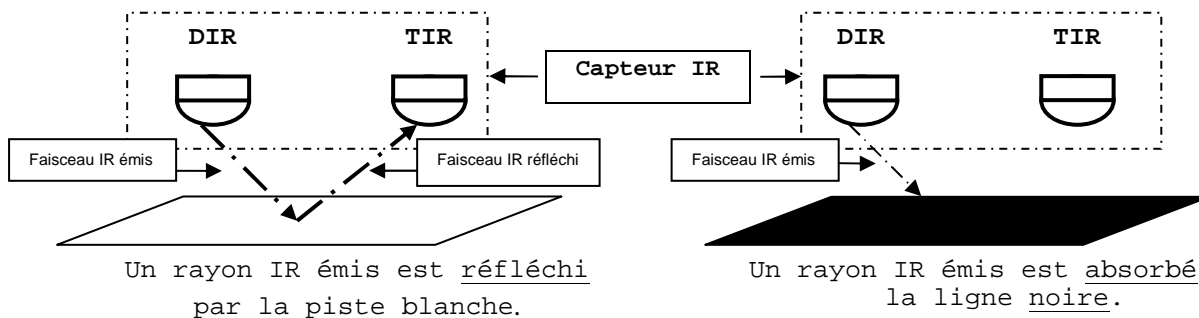
1 Emetteur IR + 1 Récepteur IR = 1 capteur IR  
IR : Infrarouge

Ecrans

### A2) Principe de détection de la ligne noire

La diode IR (**DIR**) émet un rayon infrarouge vers la piste. Celui-ci est renvoyé vers le transistor IR (**TIR**) correspondant si la surface est blanche ou bien il est absorbé si la surface est noire.

Le principe de détection de la ligne noire est illustré ci-dessous :

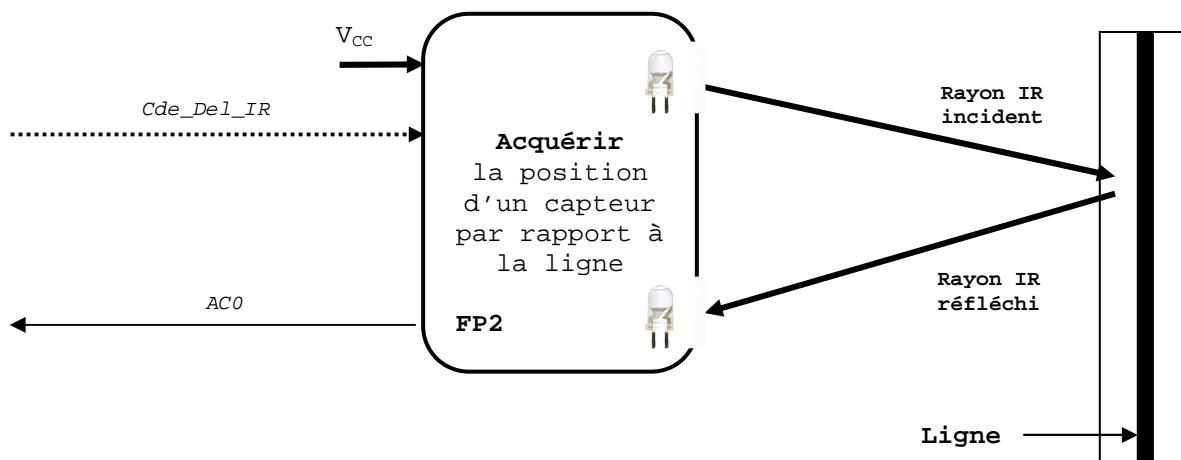


Les informations délivrées par les capteurs sont représentatives de la **position du robot** par rapport à la ligne. Elles sont **traitées** par un programme implanté dans un **microcontrôleur**.

## B) Analyse de la fonction « Acquérir » du robot MrLineTiny

### B1) Identification des fonctions principales associées à « Acquérir »

L'acquisition de la position du robot par rapport à la ligne peut être représentée par le schéma ci-dessous.



La fonction « Acquérir » se limite à FP2 « Acquérir la position du robot par rapport à la ligne » dans le schéma fonctionnel de premier degré p6 et p7 du .

### B2/ Analyse structurelle de FP2 « Acquérir la position du robot... »

**Objectif** : Dans ce paragraphe, vous allez étudier le principe de mesure de la position du robot par rapport à la ligne mis en œuvre par le robot MrLineTiny. Vous pourrez par la suite adapter cette solution au robot à réaliser.

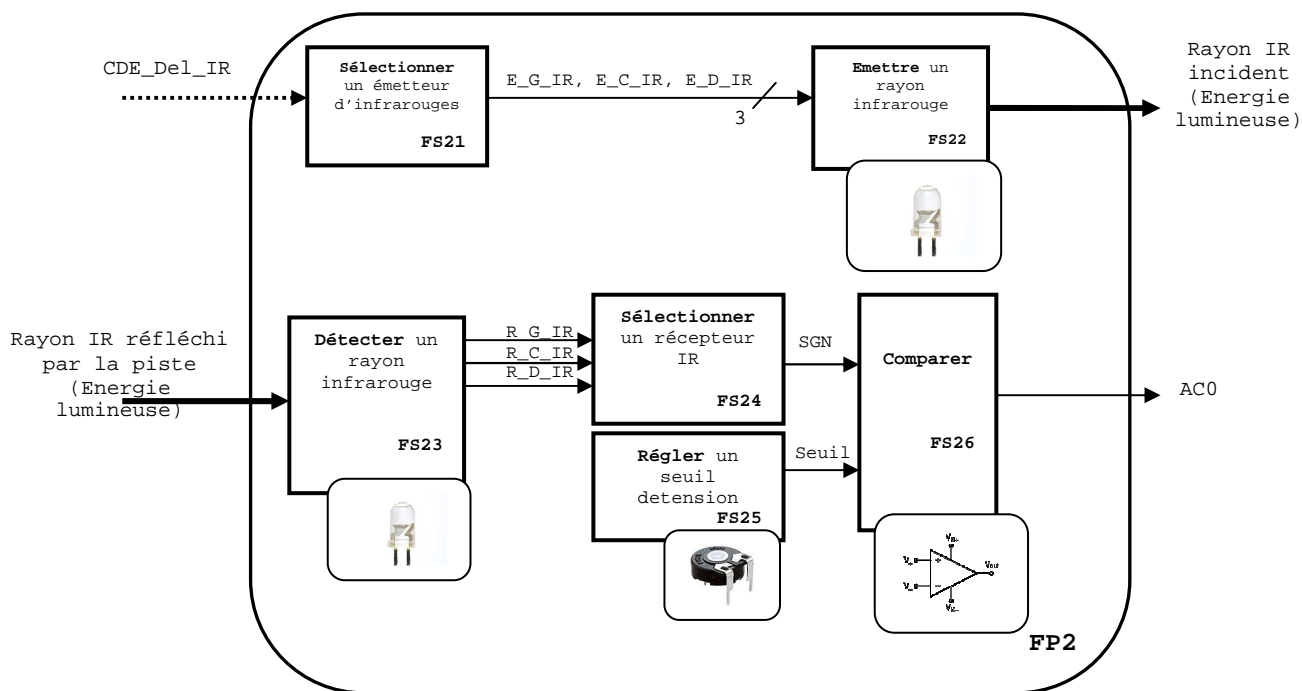
On donne le schéma structurel de la carte MrLineTiny en annexe 1 de ce document.

**Q1) Identifiez**, en les entourant sur l'annexe 1, les structures correspondant à FP2.

### B21) Etude structurelle de FP2 « Emettre un faisceau lumineux infrarouge »

La fonction FP2 se décompose en sous-fonctions dites « fonctions secondaires » FS21, FS22, FS23, FS24, FS25 et FS26.

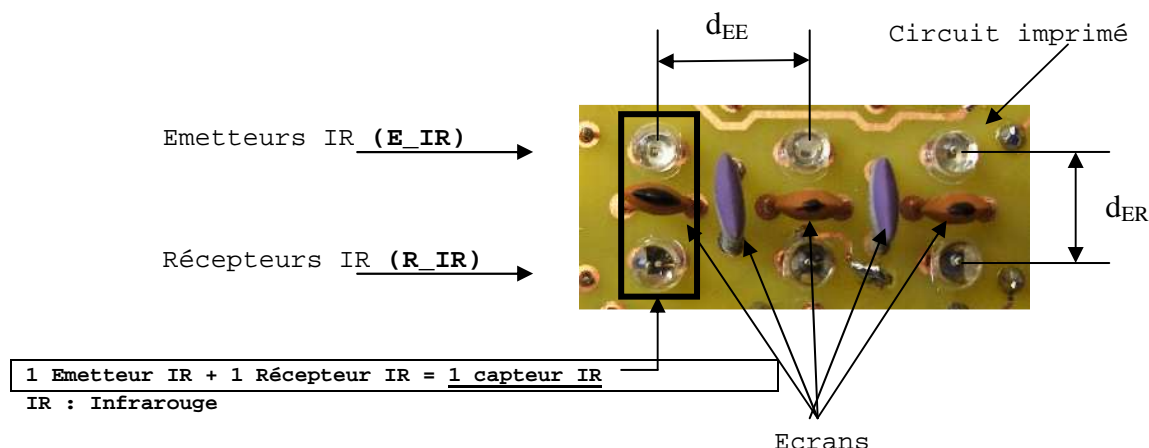
Ces fonctions sont décrites dans le paragraphe « Etude structurelle de FP2 (voir p7 et p12,13 du ) ».



**B211) Etude d'un capteur IR (FS22 « Emettre un rayon lumineux IR » et FS23 partielle « Détecter un rayon lumineux IR »)**

**Objectif :** Valider la position des deux composants, utilisés pour réaliser un capteur, sur le circuit imprimé et la position du circuit imprimé par rapport au sol.

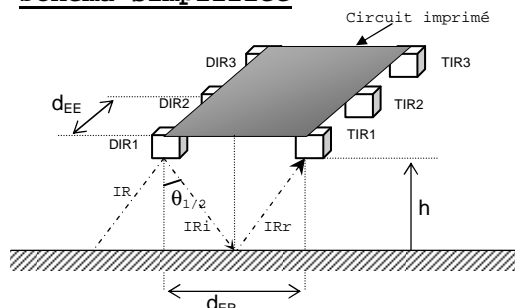
La photo ci-dessous représente le dispositif de détection de la piste.



La réalisation des capteurs IR du robot MrLineTiny avec des **composants discrets** (une diode IR et un phototransistor IR) implique la prise en compte de **contraintes dimensionnelles** lors de leur implantation sur le circuit imprimé.

Ces contraintes sont identifiées, sur le schéma ci-dessous, par les sigles  $d_{EE}$ ,  $d_{ER}$  et  $h$ .  $d_{ER}$  et  $h$  vous permettront de vérifier que la valeur de **l'angle d'émission**, noté  $(2\theta_{1/2})$ , des diodes IR utilisée sur MrLineTiny est correcte. Cet angle est un critère retenu pour le choix d'un émetteur IR.

**Schéma simplifiée**



On appelle  $d_{EE}$  la distance entre deux capteurs,  $d_{ER}$  la distance entre un émetteur et un récepteur et  $h$  la distance entre les capteurs et la piste.

$IR_i$  est un rayon IR incident et  $IR_r$  correspond au rayon réfléchi par la piste.

On note  $\theta_{1/2}$  **le demi angle d'émission** d'une diode IR.

On admettra que le robot suit d'autant mieux la ligne que la distance  $d_{EE}$  entre les capteurs est faible. Aussi, la distance  $d_{EE}$  a été déterminée en tenant compte de **l'encombrement des capteurs** et de la nécessité de **placer des écrans** pour les isoler les uns des autres.

$d_{EE}$  étant fixée, il reste à déterminer  $d_{ER}$  et  $h$ . Pour simplifier le problème, on admet que la réflexion du rayon IR incident vérifie la loi de **Snell-Descartes**.

**Recherches documentaires nécessaires !**

**Q2) Montrez que  $h = k \cdot d_{ER}$ . Exprimez  $k$  en fonction de l'angle  $\theta_{1/2}$ .**

Respect des contraintes dimensionnelles !

Réponse \_\_\_\_\_

La photo des capteurs montre la présence d'un écran entre un émetteur et un récepteur. Celui-ci impose une valeur  $d_{\text{ERmin}} \cong 7\text{mm}$ . La distance  $h$  ne doit pas être trop importante pour que le circuit imprimé « protège » les phototransistors de l'éclairement ambiant.


Si vous mesurez la distance  $h$  entre l'extrémité de la diode et la piste, vous devez trouver  $h \cong d_{\text{ER}}$ . Il vous reste à montrer que l'angle d'émission  $\theta$  de la diode utilisée permet bien cette égalité !

**Q3) Calculez** la valeur de  $\theta_{1/2}$  que doit avoir la diode IR pour que  $h \cong d_{\text{ER}}$ .

Réponse \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

La diode IR utilisée est une Kingbright [L34F3C](#). Pour valider son choix, en ne prenant en compte que la contrainte de positionnement traitée dans ce paragraphe, il faut **exploiter la documentation du fabricant**.

La  
diode  
IR !

**Q4) Recherchez** la valeur de l'angle d'émission, noté  $(2\theta_{1/2})$ , de la diode L34F3C dans la documentation jointe au . Le choix de cette diode est-il correcte ?

Réponse \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Au fait !**

**Q5) Pouvez-vous voir le rayon émis par les LED IR. Pourquoi ?**

*(Recherches documentaires nécessaires !)*

**Indications** : Situez la position de la radiation électromagnétique émise par les LED IR dans le spectre des radiations électromagnétiques et comparez la à la position des radiations visibles.

Réponse \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Q6) Pourquoi n'utilise t'on pas un rayonnement visible pour la détection d'un objet ?**

**Indications** : Niveau d'énergie des radiations électromagnétiques.

Réponse \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Le  
phototransistor  
IR !

Certains récepteurs d'infrarouges possèdent un **filtre optique** (noté « IR transmissive filter » dans la documentation du [HOA1405](#)).

**Q7) Quelle est l'utilité d'un tel filtre ?**

Réponse \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Les récepteurs IR utilisés sur le robot MrLineTiny ne sont pas équipés de ce type de filtre.

**Q8) Quelle précaution doit-on prendre lors de l'utilisation de MrLineTiny ?**

Réponse \_\_\_\_\_

Les phototransistors IR utilisés sur le robot MrLineTiny sont des Kingbright [L32P3C](#).

**Q9) Sont-ils susceptibles de recevoir correctement le signal IR réfléchi ?**

Indication : Vous vous limiterez à la comparaison de leur angle de réception avec l'angle d'émission des DIR et à la compatibilité des longueurs d'ondes.

Réponse \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Q10) Comment peut-on améliorer la réception du rayonnement IR par les capteurs IR sur MrLineTiny ?**

Réponse \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### **B212) Etude de FS21 « Sélectionner un émetteur d'infrarouges »**

**Objectifs** : Comprendre la technique de multiplexage. Identifier, à des fins de maintenance, les caractéristiques des signaux de commande des LED IR.

##### **B2121) Présentation de la technique de multiplexage**

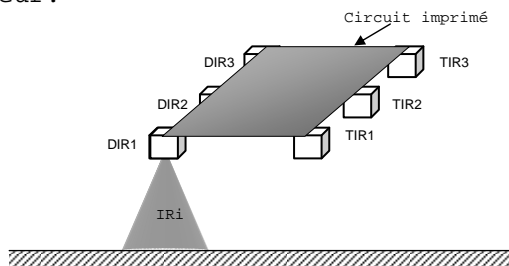
« Le **multiplexage** est une technique qui consiste à faire passer deux ou plusieurs informations à travers un seul support de transmission. Elle permet de partager une même ressource entre plusieurs utilisateurs. » (source Wikipedia)

**Consultez le lien ci-dessous :**

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Multiplexeur>

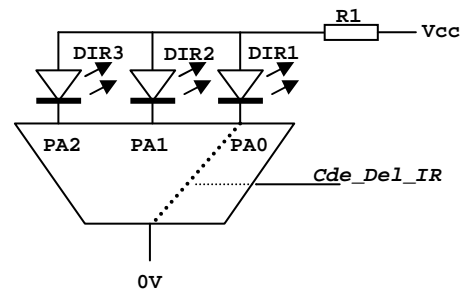
##### **B2122) Application de cette technique à la commande des LED IR**

Pour déterminer la position du robot par rapport à la ligne, le microcontrôleur ATINY26 doit commander les émetteurs IR. Chaque émetteur est constitué d'une LED IR connectée au PORT A du microcontrôleur.



En commandant les LED IR « *chacune leur tour !* », on s'assure que le phototransistor IR qui lui est associé délivre une information représentative de la position du capteur par rapport à la ligne.

La variable Cde\_Del\_IR permet d'alimenter une seule des trois LED IR (DIR1, DIR2, DIR3). Tout se passe comme si le trait pointillé se déplaçait de PA0 à PA2 en fonction de la valeur de Cde\_Del\_IR.



Remarque : L'algorithme permettant de modifier la valeur de Cde\_Del\_IR est étudié dans la suite de ce document.

### B2123) Analyse du fonctionnement de la commande multiplexée

Les signaux de commande des LED IR sont identifiés par E\_D\_IR, E\_C\_IR et E\_G\_IR sur le schéma structural **annexe 10** du . Ils sont accessibles aux points test **DIRD**, **DIRC** et **DIRG** sur la carte MrLineTiny.

Vous avez dessiné le schéma du circuit de commande d'une LED rouge lors de l'étude de la fonction « Communiquer » (fiche guide 2).

**Les LED IR sont commandées de la même façon !**

#### Remarque préalable

Sur la carte MrLineTiny, les mesures doivent être faites après avoir placé les cavaliers I2 et I4 en mode programmation. Voir **Annexe 1** du .

*Appel prof*

Pour l'utilisation de l'oscilloscope

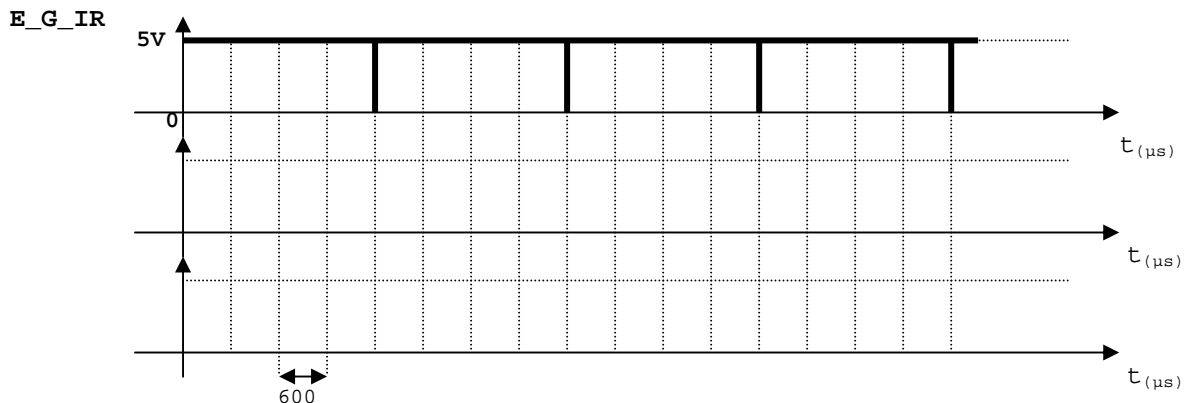
**Visualisez** E\_D\_IR, E\_C\_IR et E\_G\_IR avec un oscilloscope. Vous devez obtenir des chronogrammes semblables à ceux de l'**annexe 4** du .

**Q11)** Quelle est la nature (TOR, analogique, numérique) de ces signaux ?

Réponse \_\_\_\_\_

**Q12)** Dessinez ci-dessous les signaux E\_D\_IR, E\_C\_IR et E\_G\_IR en correspondance des temps. Vous prendrez E\_G\_IR comme signal de référence. Pour chacun de ces signaux, identifiez par une flèche le moment où un rayon infrarouge est émis. Précisez la valeur des temps  $t_{IR}$ ,  $t_{mux}$  et  $t_{ech}$ .

Remarque : On considérera que le « 0 » logique correspond à 0 Volts.



$t_{IR} =$  \_\_\_\_\_  $t_{mux} =$  \_\_\_\_\_  $t_{ech} =$  \_\_\_\_\_



**Q13) Proposez une définition pour  $t_{IR}$  et  $t_{mux}$  ?**

Réponse \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_


### Synthèse de FS21

**Q14) Cochez les affirmations exactes**

Les LED IR sont commandées avec un niveau logique « 1 »	<input type="checkbox"/>
Les LED IR sont commandées avec un niveau logique « 0 »	<input type="checkbox"/>
Une seule LED émet un faisceau IR pendant un temps $t_{IR}$	<input type="checkbox"/>
Toutes les LED émettent un faisceau IR en permanence	<input type="checkbox"/>

### **B2124) Analyse de FS23 « Détecter un rayon lumineux IR »**

**Objectif :** Identifier la nature et les principales caractéristiques du signal représentatif de la position du robot par rapport à la ligne noire  
Etablir un « gabarit de tensions » représentatif des niveaux de blanc et de noir.

Les signaux issus des récepteurs IR (transistors IR) sont transmis, l'un après l'autre (multiplexés !), sur une même ligne (repérée « **Signal** » sur le schéma structurel de **l'annexe 10** du ). « Signal » est accessible au point test SGN de la carte MrLineTiny.

**Placez** les capteurs IR du robot sur le « blanc » de l'annexe 3 de ce document.

**Visualisez** les signaux « E\_D\_IR » (point test DIRD), pris comme référence, et « Signal » (point test SGN) sur les voies 1 et 2 de l'oscilloscope.

Vous devez obtenir des chronogrammes tels que ceux de **l'annexe 5** du .

**Q15) Quelle est la nature (TOR, analogique, numérique) de « signal » ?**

On appelle  $V_{blanc}$  la valeur crête minimum de la tension notée « signal » lorsque les capteurs sont placés sur le « blanc » de la piste.

**Q16) Quelle est la valeur de  $V_{blanc}$  ?**

Réponse \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

On appelle  $V_{noir}$  la valeur crête maximum de la tension notée « signal » lorsque les capteurs sont placés sur le noir de la ligne.

**Placez** les capteurs IR du robot sur la ligne « noire » de l'annexe 3 de ce document.

**Q17) Quelle est la valeur de  $V_{noir}$  ?**

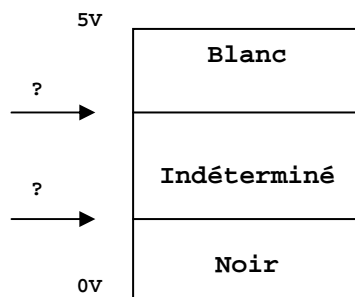
Réponse \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_





Ces deux valeurs permettent d'établir un gabarit de tensions.

**Q18) Complétez** le gabarit ci-dessous avec les deux valeurs précédentes.




Ce gabarit sera utilisé lors du réglage de la tension  $V_{\text{seuil}}$  sur le robot.

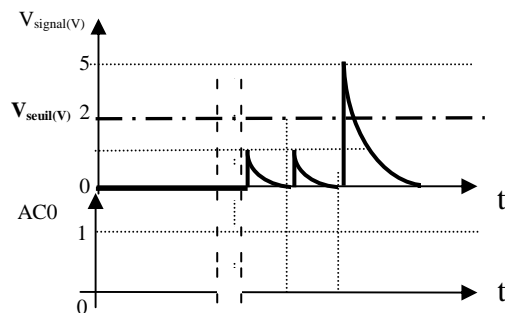
**B2125) Analyse de FS25 « Régler un seuil de tension » et de FS26 « Comparer »**

**Objectif :** Choisir une valeur pour la tension  $V_{\text{seuil}}$ .

On appelle  $V_{\text{seuil}}$  une tension réglable telle que  $0 \leq V_{\text{seuil}} \leq 5V$ . La comparaison de  $V_{\text{seuil}}$  avec la tension  $V_{\text{signal}}$  permet de coder les informations « noir » et « blanc » sur un BIT.

**Lisez** les explications du  concernant le fonctionnement de FS26 avant de passer à la suite.

**Q19)** On a relevé les signaux ci-dessous pour une piste et des capteurs particuliers. **Complétez** le chronogramme du signal **AC0** ci-dessous.



**Q20)** Quelle est l'utilité de la tension  $V_{\text{seuil}}$  dans l'application ? Dans quelle zone du gabarit précédent doit-on régler  $V_{\text{seuil}}$  pour que le robot suive la ligne ? **Proposez** une valeur de réglage pour  $V_{\text{seuil}}$ .

Réponse

---



---



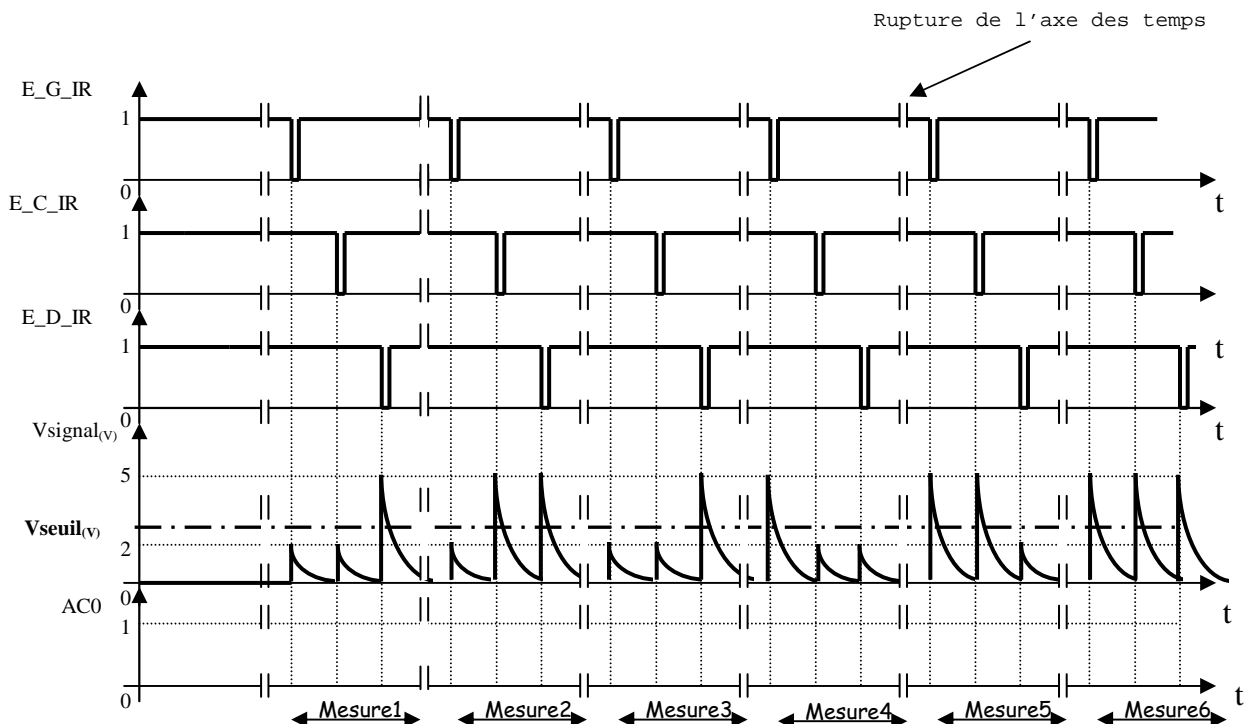
---



---

### C) Synthèse de la fonction Acquérir

Q21) Complétez le chronogramme ci-dessous.




Q22) Donnez la position du robot correspondant aux mesures ci-dessus.

Rappel : les positions sont Centre1, Droite, Gauche, Droite+, Gauche+, Hors\_Ligne

Mesure	Position
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Q23) Quelle valeur le programme appliquera t'il à CDE\_ROUE\_G et CDE\_ROUE\_D si Vseuil = 1,5V ?

**Indication** : Définir la position du robot et voir le graphe des transitions p11 du .

Réponse

---



---



---

## D/ Conception

Le robot à concevoir sera équipé de **cinq capteurs** IR.

**Q24) Proposez** une solution pour la réalisation de FS22. **Précisez** notamment si votre choix se porte plutôt sur des capteurs intégrés (type HOA1405) ou sur des capteurs réalisés avec des composants discrets après avoir comparé les deux solutions (Faire un tableau : avantages, inconvénients).

Vous devez envisager leur **positionnement** sur le robot à réaliser (croquis).

Réponse \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**Q25) Proposez un schéma structurel.** (Liaison entre les capteurs et le port d'un  $\mu\text{C}$  + dispositif de réglage du seuil noir blanc)



## Annexe 1 : Schéma structurel de la carte M<sup>r</sup> LineTiny

