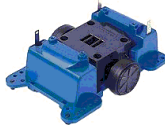




Fiche guide 3	TS SI		P.P.E. Robot suiveur de ligne	
Analyse et synthèse	4h			
 Lycée Polyvalent PIERRE EMILE MARTIN	Analyse et synthèse de la fonction « Acquérir »			

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\_lineV3.rom, piste posée sur le sol. Oscilloscope numérique 2 voies + sondes.


### Logiciel

CodeVisionAVR. Fichier Stay\_On\_Line\_V3.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 ».

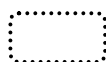
### Rappel des conventions utilisées dans les schémas fonctionnels



Fonction matérielle



Energie



Fonction logicielle





Signal porteur d'une information



Variable logicielle

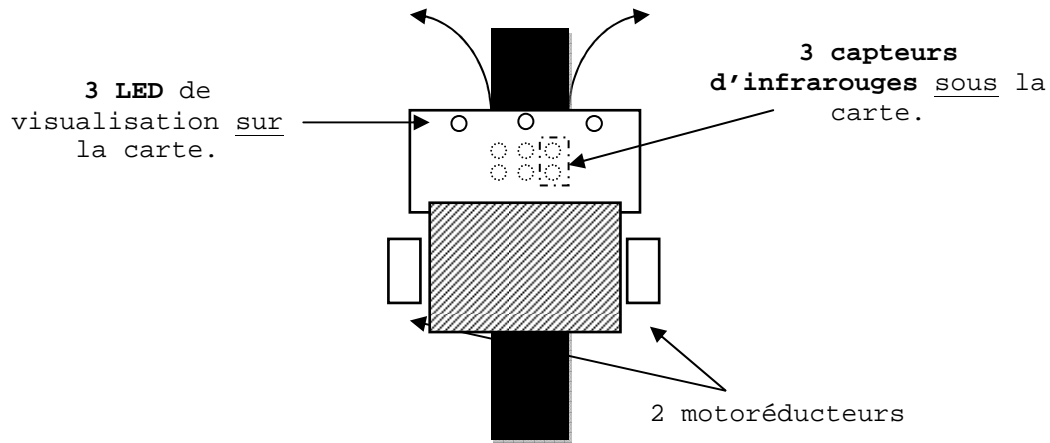
Pour observer le fonctionnement du robot, il suffit de le placer sur la piste et de commuter l'interrupteur marche/arrêt sur marche. Les trois LED de visualisation doivent être éclairées. Le robot démarre après 3s et suit la ligne.

 Lycée Polyvalent PIERRE EMILE MARTIN	FG3	« Acquérir »		PPE ROBOT SUIVEUR 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.



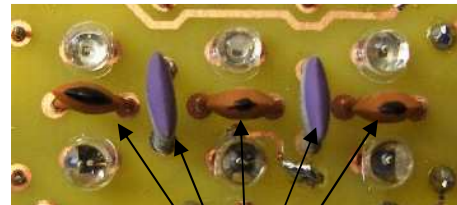
Le robot MrLineTiny détecte sa position par rapport à la ligne noire tracée sur la piste grâce à **trois capteurs** d'infrarouges (IR).

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**) →



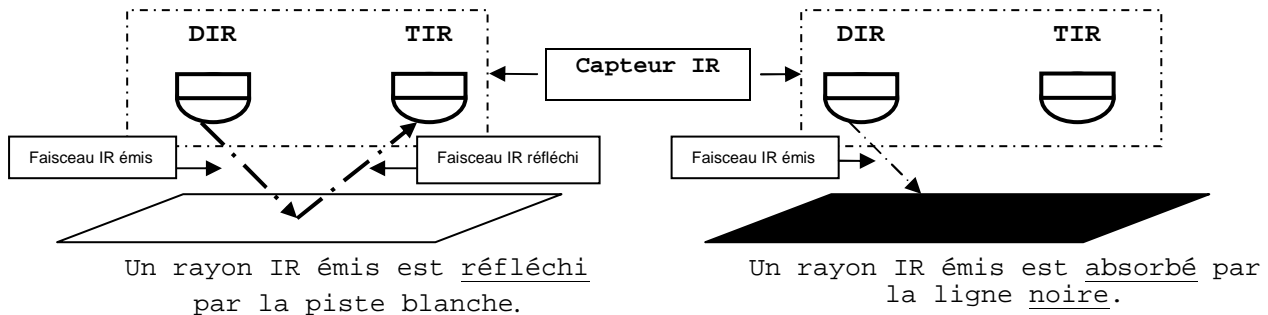
1 Emetteur IR + 1 Récepteur IR = 1 capteur IR  
IR : Infrarouge

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 phototransistor 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 :

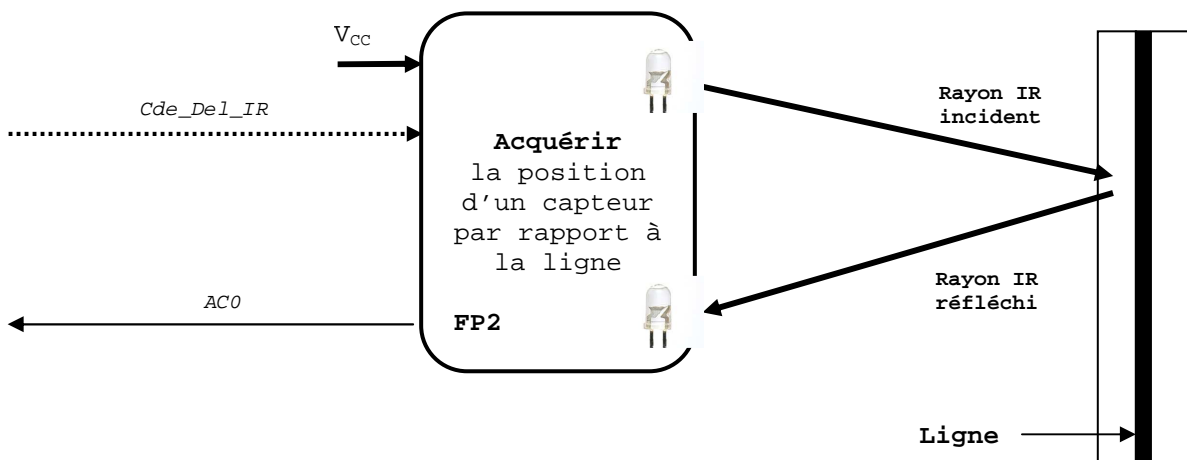


Les informations délivrées par les capteurs sont représentatives de la **position du robot** par rapport à la ligne. Elles sont **traitées** par un programme implanté dans un **microcontrôleur**.

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

### B1) Identification de la fonction principale associée 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 du .


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

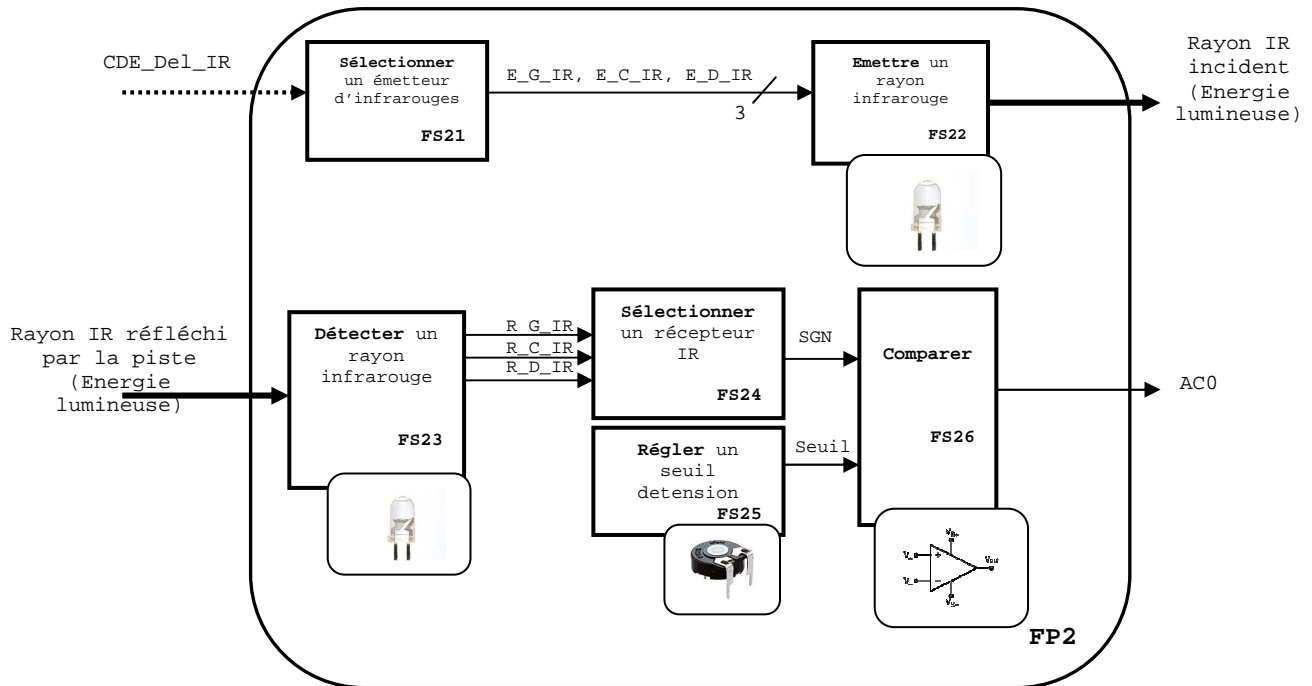
*Objectif* : Dans ce paragraphe, vous allez étudier le principe de mesure de la position du robot par rapport à la ligne mis en œuvre par le robot MrLineTiny. Vous pourrez par la suite adapter cette solution au robot à réaliser.

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 »**

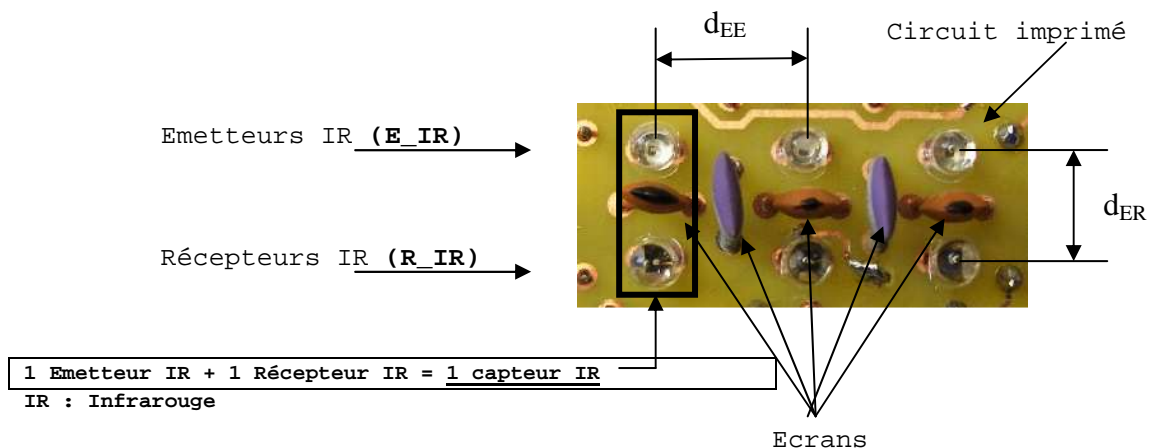
La fonction FP2 se décompose en sous-fonctions dites « fonctions secondaires » FS21, FS22, FS23, FS24, FS25 et FS26. Ces fonctions sont décrites dans le chapitre « Etude structurelle de FP2 (voir p7 et p12, 13 du  ) ».



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

Objectif : Valider la position, sur le circuit imprimé, des deux composants constituant un capteur et la position du circuit imprimé par rapport à la piste.

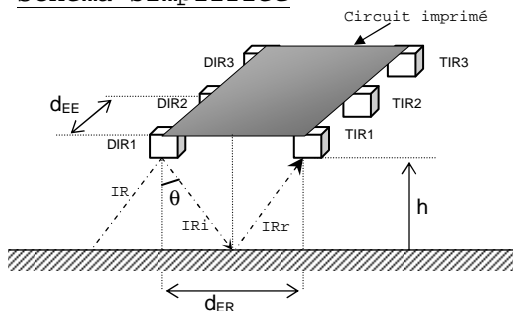
La photo ci-dessous représente le dispositif de détection de la piste.



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 la photo ci-dessous par les sigles  $d_{EE}$ ,  $d_{ER}$  et  $h$ .  $d_{ER}$  et  $h$  vous permettront de déterminer la valeur de l'angle d'émission  $\theta$  des diodes IR utilisée sur MrLineTiny. Cet angle est un critère pour le choix d'une diode 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. **IRi** est un rayon IR incident et **IRr** correspond au rayon réfléchi par la piste.  $\theta$  est l'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 fixé, 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  $\theta$ .

Réponse \_\_\_\_\_

Respect des contraintes dimensionnelles

La photo de la page précédente montre la présence d'un écran entre un émetteur et un récepteur. Celui-ci impose une valeur  $d_{ERmin} \approx 7mm$ . 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  $h \approx d_{ER}$ . Il vous reste à valider que l'angle d'émission  $\theta$  de la diode utilisée permet bien cette égalité !

**Q3) Calculez** l'angle d'émission  $\theta$  que doit avoir la diode IR pour que  $h \approx d_{ER}$ . 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**.

**Q4) Recherchez** la valeur de  $\theta$  dans la documentation de la diode L34F3C jointe. Le choix de cette diode est-il correcte ? Réponse \_\_\_\_\_

La diode IR

Deux méthodes pour trouver  $\theta$ : Recherchez une valeur en ° dans la documentation du constructeur et traduisez la note ci-dessous ou déterminez directement la valeur de  $\theta$  sur le diagramme de distribution spatiale (spatial distribution) après avoir traduit la note ci-dessous.

Note:

1.  $\theta/2$  is the angle from optical centerline where the luminous intensity is 1/2 the optical centerline value.



Au fait !

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

(Recherches documentaires nécessaires !)

**Indications** : Dans votre explication, vous situerez la place des infrarouges dans le spectre des radiations électromagnétiques (précisez l'intervalle des longueurs d'onde). Vous préciserez la longueur d'onde  $\lambda$  des LED IR [L34F3C](#) utilisées par MrLineTiny.

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

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

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

Le  
phototransistor  
IR

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

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

Réponse \_\_\_\_\_

Les récepteur 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 des capteurs IR sur MrLineTiny ?

Réponse \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**Q11)** En considérant que votre robot sera constitué d'au moins cinq capteurs, proposez une solution pour le robot à réaliser. Précisez notamment si votre choix se porte plutôt sur des capteurs intégrés (type HOA1405) ou sur des capteurs réalisés avec des composants discrets. Vous devez envisager leur positionnement sur le robot (faire un croquis), leur connexion avec le reste des composants etc...

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**

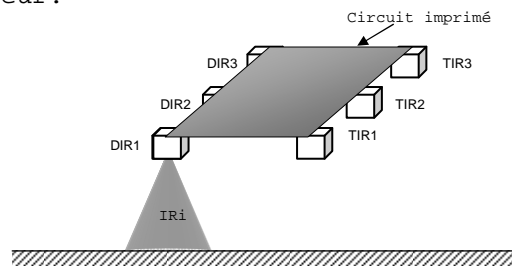
« Le **multiplexage** est une technique qui consiste à faire passer deux ou plusieurs informations à travers un seul support de transmission. Elle permet de partager une même ressource entre plusieurs utilisateurs. » (source Wikipedia)

Consultez le lien ci-dessous :

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

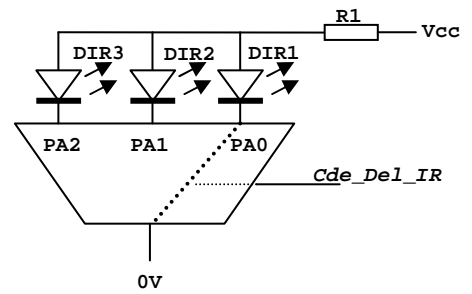
**B2122) Application de cette technique à la commande des LED IR**

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 ci-contre 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 .

**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 .

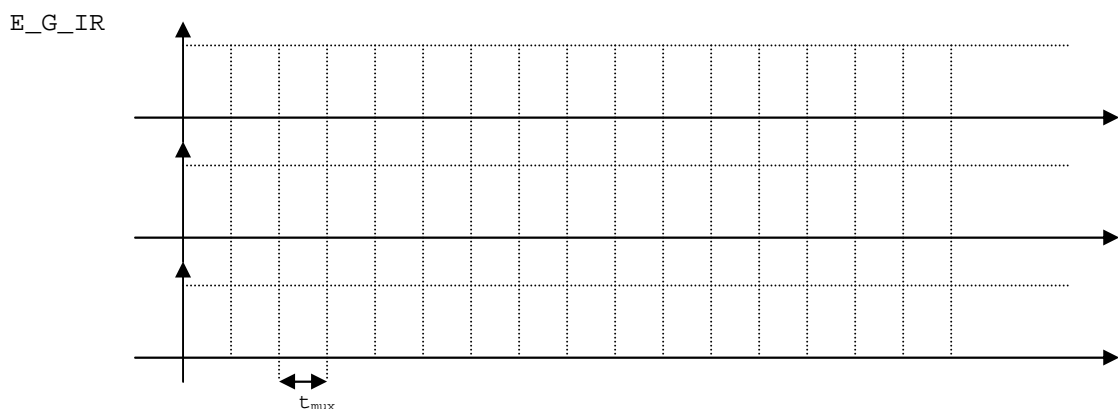
*Appel prof* Pour l'utilisation de l'oscilloscope

**Q12)** Quelle est la nature (TOR, analogique, numérique) de ces signaux ?

Réponse \_\_\_\_\_

**Q13)** 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 d'eux, 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.



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

**Q14)** Proposez une définition pour  $t_{IR}$  et  $t_{mux}$  ?



Réponse \_\_\_\_\_


### Synthèse de FS21

Q15) Cochez les affirmations exactes

Les LED IR sont commandées avec un niveau logique « 1 »	
Les LED IR sont commandées avec un niveau logique « 0 »	
Une seule LED émet un faisceau IR pendant un temps $t_{IR}$	
Toutes les LED émettent un faisceau IR en permanence	

### 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 des tensions » représentatif du blanc et du 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 structural 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 « DIRG » et « Signal » sur les voies 1 et 2 de l'oscilloscope.

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

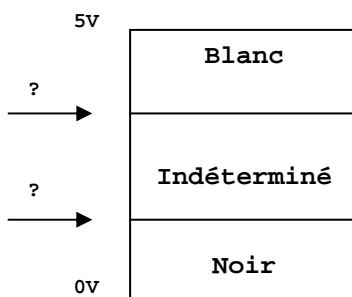
Q16) Quelle est la nature (TOR, analogique, numérique) de « Signal » ?

Q17) Quelle est la valeur minimum de « Signal », notée  $V_{\text{blanc}}$ , correspondant au « blanc » de la piste ?

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

Q18) Quelle est la valeur maximum de « Signal », notée  $V_{\text{noir}}$ , correspondant au « noir » de la ligne ?


Q19) **Complétez** le gabarit ci-dessous avec les deux valeurs précédentes.



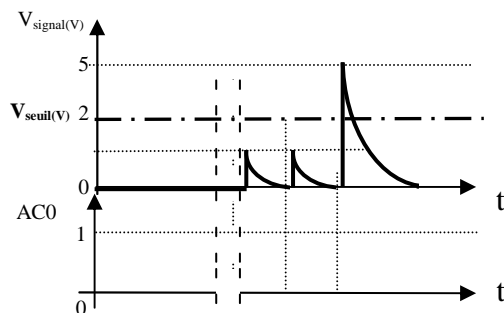
Ce gabarit sera utilisé lors du réglage de la tension  $V_{\text{seuil}}$ .

## 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 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.

**Q20)** On a relevé ci-dessous  $V_{\text{signal}}$  pour une piste et des capteurs particuliers. Complétez le chronogramme de AC0.

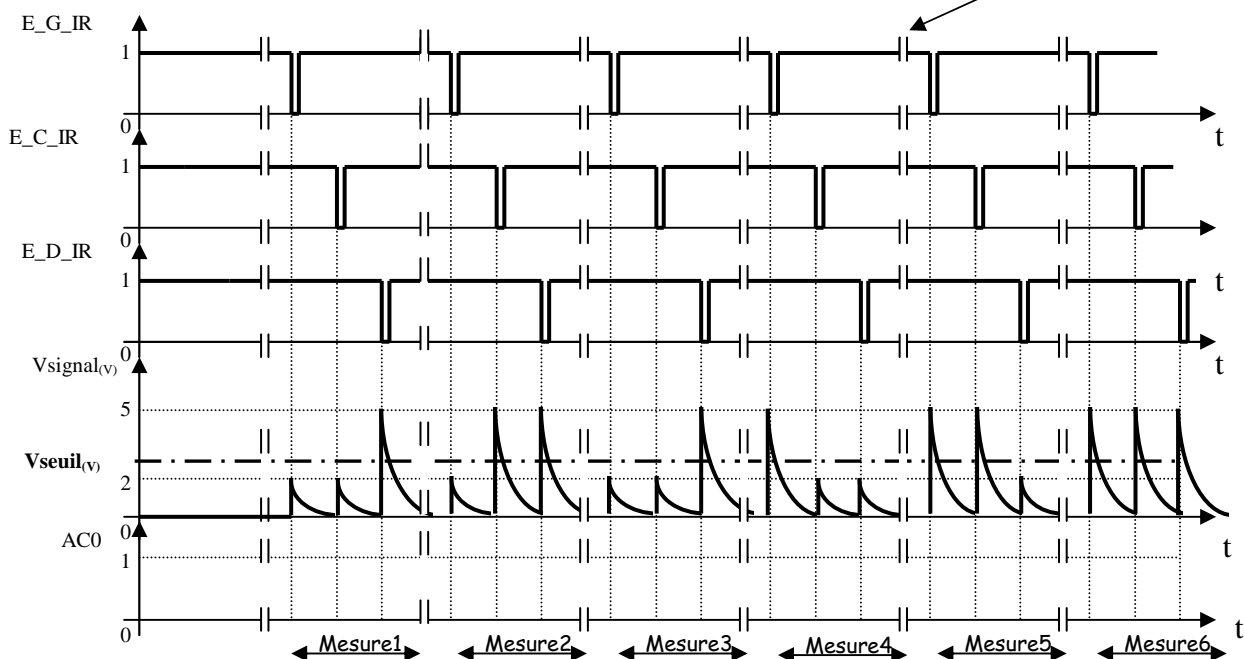


**Q21)** Quelle est l'utilité de  $V_{\text{seuil}}$  dans l'application ? Dans quel zone du gabarit déterminée en Q19) doit-on régler  $V_{\text{seuil}}$  pour que le robot suive la ligne ? Proposez une valeur de réglage pour  $V_{\text{seuil}}$ .

### C) Synthèse de la fonction Acquérir

**Q20)** Complétez le chronogramme ci-dessous.

Rupture de l'axe des temps



**Q21)** Quelle conséquence aura le réglage suivant :  $V_{\text{seuil}} = 1,5V$  ?

## D/ Conception

Le robot à concevoir sera équipé de cinq capteurs IR.

**Q22)** Proposez un schéma structurel. (liaisons entre les capteurs et le port d'un •C)

*Les capteurs IR à mettre en œuvre avec le robot à concevoir doivent être plus performants et plus faciles à implanter sur un circuit imprimé que ceux utilisés sur la carte MrLineTiny.*

*On propose d'utiliser des capteurs type HOA1405.*





