

**Etude et simulation d'un système d'aide à la navigation.**

## **I- Objectifs du mini-projet :**

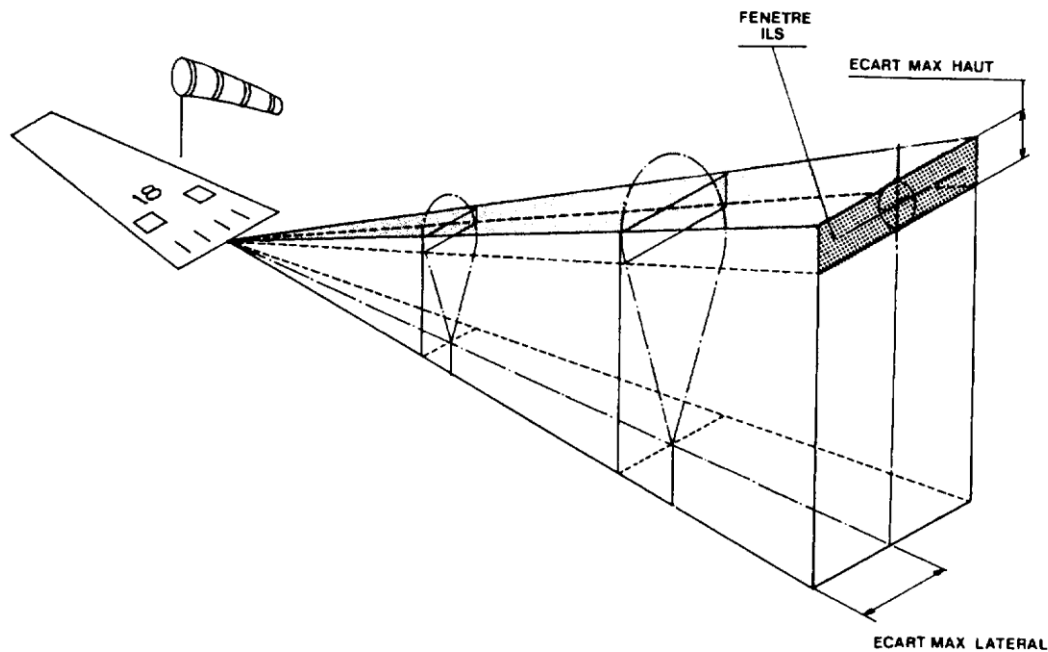
Ce mini-projet qui s'inscrit dans la continuité du cours El 11 a deux objectifs, le premier étant de vous proposer une étude théorique d'une chaîne de traitement, le second vous permettant de vous initier à un logiciel de simulation : Pspice.

Nous tenons à vous rappeler qu'un mini-projet est une application en amont (c'est-à-dire avant qu'on ne les maîtrise complètement) de notions technologiques ou scientifiques nouvelles liées à des problématiques concrètes en relation étroite avec le monde industriel (référence : <http://ipsa.fr/cursus-ingenieur-aeronautique.aspx>). La réalisation de ce mini-projet se fait en binôme ou bien en trinôme.

## **II- Introduction :**

On vous propose donc l'étude de l'I.L.S (Instrument Landing System), qui est le moyen de radio-navigation le plus précis qui permet à l'équipage d'effectuer des approches dans des conditions de visibilité réduite.

Il est composé de deux sous-ensembles :



- le localizer (LOC) permet d'effectuer le radio alignement de piste : fournit l'écart de l'avion par rapport à l'axe de piste ;
- le glide (G/S) permet d'effectuer le radio alignement de descente : fournit l'écart de l'avion par rapport à la pente nominale d'approche.

Chaque sous-ensemble est doté d'un circuit d'alarme commandant un drapeau (flag).

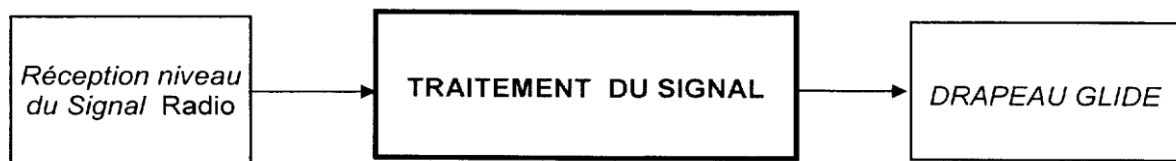
L'apparition du drapeau informe le pilote de la non-conformité de l'information LOC ou G/S qui peut être due à des causes diverses : signal radio insuffisant, problème de traitement de signal, problème d'alimentation...

### **III- Partie Théorique :**

La partie théorique de ce sujet traite une étude simplifiée du contrôle du niveau du signal radio reçu par le récepteur I.L.S. :

- si le niveau du signal reçu est suffisant, une bobine est mise sous tension et efface le drapeau glide.
- Si le niveau du signal reçu est insuffisant, la bobine n'est pas alimentée et le drapeau glide apparaît.

L'étude simplifiée de commande du drapeau glide se résume par le schéma de la figure suivante :



Le circuit électrique global est représenté à la **figure 1** de l'annexe.

**NB :** Dans tous les schémas, les diodes ( annexe C) sont supposées idéales et présentent une tension nulle en sens direct.

Les amplificateurs opérationnels, supposés parfaits, sont alimentés sous des tensions continues symétriques ; leurs tensions de saturations sont :  $+V_{SAT}$  et  $-V_{SAT}$  avec  $V_{SAT}=15V$ .

#### **III-1 Circuit d'entrée : (Figure 1 de l'annexe)**

**III-1-1-** Exprimer la tension  $U_0$  en fonction des potentiels  $E_1$  et  $E_2$ .

**III-1-2-** La résistance  $R_0$  vaut  $R_0 = 1\text{ k}\Omega$  ; calculer la puissance  $P_0$  dissipée par effet Joule lorsque la tension aux bornes de  $R_0$  prend la valeur  $U_0 = -0,15\text{ V}$ .

#### **III-2 Circuit de l'amplificateur différentiel : (figure 2 de l'annexe)**

**III-2-1-** Exprimer  $U_{BM}$  (potentiel de l'entrée non inverseuse) en fonction de  $E_1$ ,  $R_1$  et  $R_2$

**III-2-2-** Exprimer  $U_{AM}$  (potentiel de l'entrée inverseuse) en fonction de  $E_2$ ,  $U_1$ ,  $R_1$  et  $R_2$ .

**III-2-3-** A partir des expressions des tensions  $U_{AM}$  et  $U_{BM}$ , montrer que

$$U_1 = \frac{R_2}{R_1} (E_1 - E_2)$$

**III-2-4-** Avec  $R_2 = 200\text{k}\Omega$ , calculer la valeur de  $R_1$  qui permet d'obtenir  $U_1=4\text{V}$  lorsque  $(E_1 - E_2) = 0,1 \text{ V}$ .

### **III-3- Circuit intégrateur : (Figure 3 de l'annexe A)**

**III-3-1-** L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire ; en justifiant votre réponse, donner la tension  $U_{DM}$  en fonction de  $E_r$ .

**III-3-2-**  $U_1 = 40 \cdot U_0$  ; exprimer l'intensité  $I$  du courant en fonction de  $U_0$ ,  $E_r$  et  $R$ .

**III-3-3-** Exprimer la tension  $u_c(t)$  en fonction de  $u_2(t)$  et  $E_r$ .

**III-3-4-**  $E_r$  est une tension constante et  $I = C \frac{du_c}{dt}$  ; exprimer l'intensité  $I$  du courant en fonction de  $C$ ,  $t$  et  $u_2(t)$ .

### **III-4- Etude du circuit complet : (Figure 4 de l'annexe A)**

On donne :  $U_1 = 40 U_0$  ;  $R_5 = 25\text{k}\Omega$  ;  $R = 100\text{k}\Omega$  ;  $C = 4,7 \mu\text{F}$  ;  $E_r = -8\text{V}$  ;  $R_B = 2,2 \text{ k}\Omega$ .

La résistance  $R_B$  est calculée pour que le transistor T (annexe C) fonctionne en commutation (voir **annexe C**) avec les tensions  $V_{BE}=0,7\text{V}$  et  $V_{CE}$  (en saturation  $V_{CESAT}=0,2\text{V}$ ).

**III-4-1-** Calculer la valeur particulière de  $U_0$  qui donne une intensité nulle dans R.

Pendant une phase de variation, la tension  $u_2(t)$  a pour expression instantanée :

$$u_2(t) = -\frac{I}{C}t + u_2(0) \text{ ; avec } u_2(0) \text{ sa valeur à la date } t = 0.$$

Pour  $u_2(0) = +15\text{V}$  et  $I = 0,1 \text{ mA}$ , calculer la durée  $t_1$  nécessaire à  $u_2(t)$  pour passer de  $+15\text{V}$  à  $-15\text{V}$ .

Dès que l'intensité  $I$  devient négative, on obtient avec un retard négligeable,  $u_2 = +V_{SAT}$  et  $U_e = +V_{SAT}$ .

Dès que l'intensité  $I$  devient positive, on obtient avec un retard négligeable,  $u_2 = -V_{SAT}$  et  $U_e = -V_{SAT}$ .

**III-4-2-**  $U_e = + V_{SAT}$ .

**III-4-2-1-** Donner l'état de la diode  $D_2$  et l'état du transistor T (bloqué ou saturé).

**III-4-2-2-** Calculer l'intensité  $I_3$  du courant dans la résistance  $R_B$  du transistor.

**III-4-2-3-** Calculer la valeur de la tension  $U_{NC}$  aux bornes de la bobine du drapeau.

**III-4-3-**  $U_e = - V_{SAT}$ .

**III-4-3-1-** Donner l'état de la diode  $D_2$  et l'état du transistor (bloqué et saturé).

**III-4-3-2-** Calculer l'intensité  $I_3$  du courant dans la résistance  $R_B$  du transistor.

**III-4-3-3-** Calculer la valeur de la tension  $U_{NC}$  aux bornes de la bobine du drapeau.

**III-4-4-** Compléter le **tableau 1** de l'**annexe B** avec les valeurs ou états correspondant aux valeurs de  $U_0$  :

- bobine du drapeau sous tension correspond au pilotage assisté (drapeau non visible)
- bobine du drapeau non alimentée correspond au pilotage non assisté (drapeau visible)

#### **IV- Simulation Pspice :**

La partie pratique consiste à simuler le circuit d'entrée (**figure 1**) ainsi que l'amplificateur différentiel (**figure 2**) avec le logiciel de simulation Pspice dont une version gratuite est téléchargeable du net.

**IV- 1-** Le signal de réception Radio sera un signal sinusoïdal à simuler.

**IV- 2-** Il sera demandé de visualiser le signal de sortie des modules : un (**figure 1**) et deux (**figure 2**).

Dans un document word, le schéma, les paramètres de simulation, la courbe résultante, ainsi que la justification.

**IV- 3-** Mesurer les valeurs théoriques demandées en III-1, III-2, III-3. Afficher la mesure dans le même document, avec une explication.

**ATTENTION : Le copiage est interdit !**

ANNEXE A

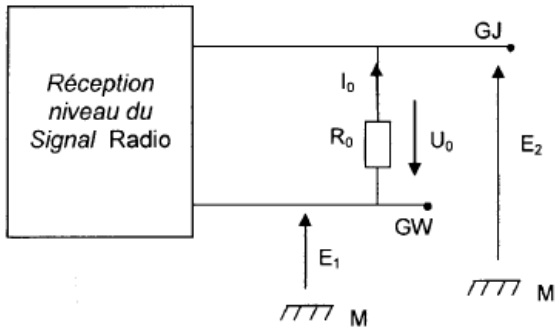


Figure 1

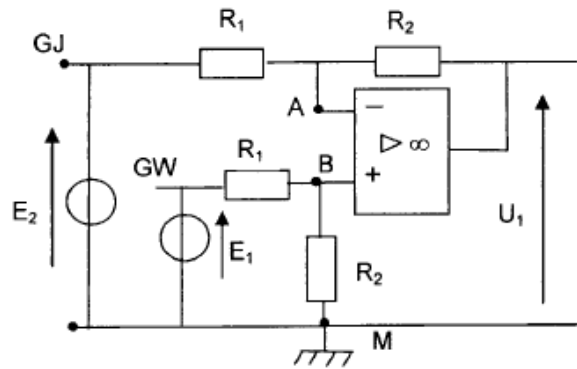


Figure 2

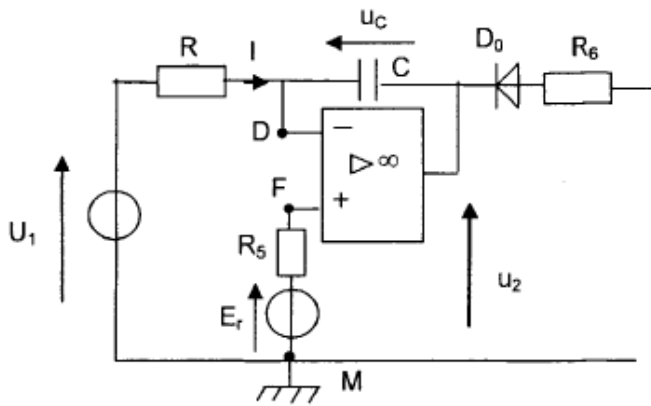


Figure 3

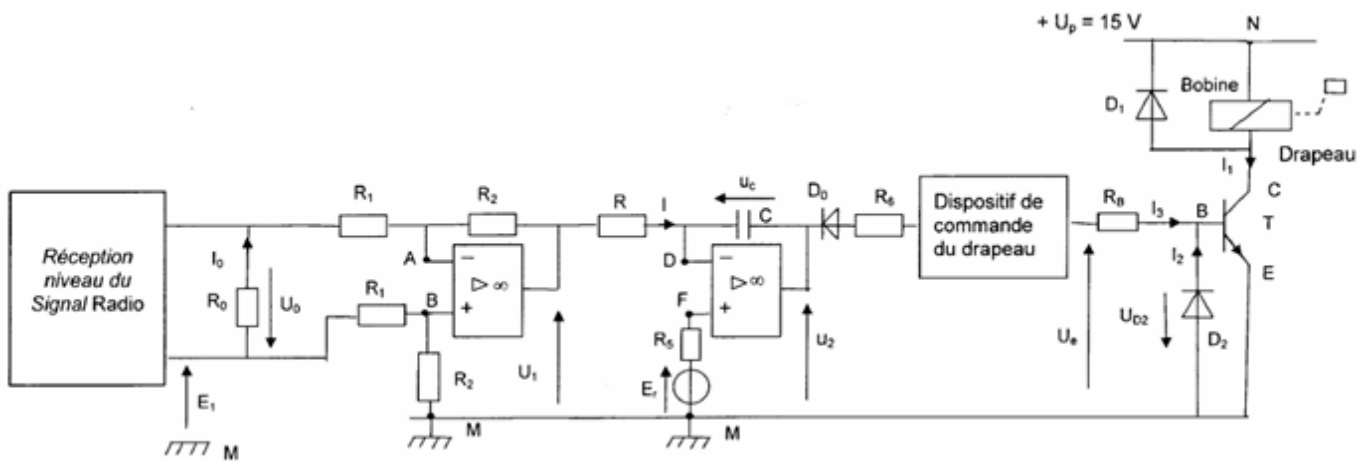


Figure 4

**ANNEXE B :**

$U_0$	- 0,3 V	0 V	0,1 V
I			
$U_e$			
État du drapeau (Visible ou non visible)			

Tableau 1

## ANNEXE C :

### Généralités sur les diodes à jonction :

Les diodes sont des dipôles possédant 2 électrodes : l'anode (A) et la cathode (K).

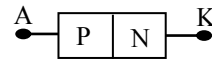
Il existe plusieurs types de diodes : les diodes de redressement et de signal (diode à jonction), les diodes zéners, les diodes électroluminescentes (LED), ...

#### I. FONCTIONNEMENT

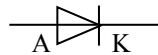
##### 1°) Description

C'est un composant constitué d'un petit cristal de silicium (dans la plupart des cas), séparé en 2 zones qui ont été modifiées par apport de certains atomes, permettant ainsi d'améliorer la conduction de la diode. La nature des atomes apportés est différente dans les 2 zones.

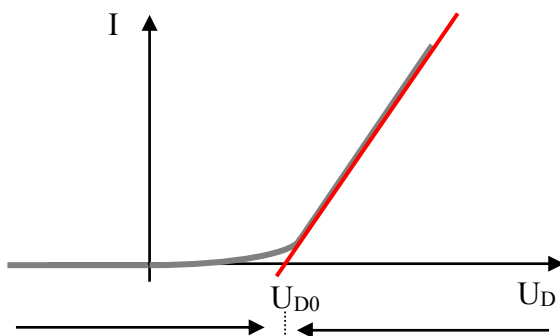
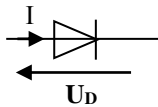
Le cristal possède une région dopée N et une région dopée P, la séparation entre les deux régions étant appelée jonction PN.



Symbole de la diode à jonction :



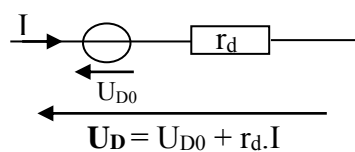
##### 2°) Caractéristique d'une diode / Modèle équivalent



Diode bloquée :  
équivalent à un interrupteur ouvert, ne laisse pas passer le courant  $I = 0$

Diode passante : laisse passer le courant dans un seul sens.  $U_D \neq U_{D0}$ .

Schéma équivalent :

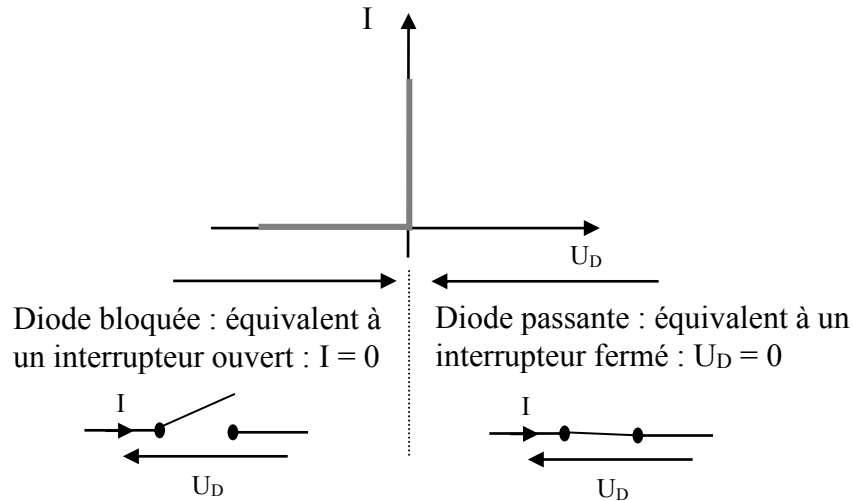




$U_{D0}$  : **tension de seuil** : tension à partir de laquelle la diode conduit. Lorsque la diode est passante, on peut considérer que la tension à ses bornes est égale à sa tension de seuil  $U_{D0}$   
 Le courant circule uniquement de l'anode vers la cathode et il est toujours positif.

### 3°) Diode idéale

On considère que sa tension de seuil  $U_{D0}$  et sa résistance dynamique  $r_d$  sont nulles.



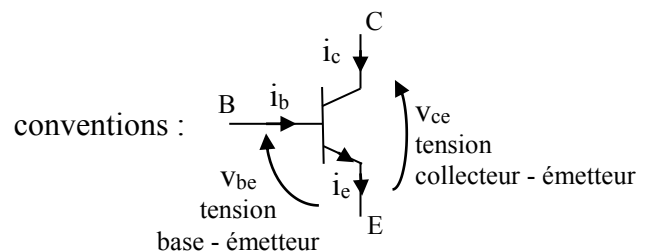
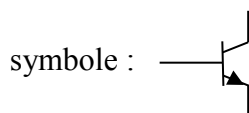
## Généralités sur le transistor bipolaire:

Un transistor bipolaire est un composant pouvant être utilisé comme amplificateur de courant ou comme interrupteur.

Il est composé d'un monocrystal de silicium contenant 3 régions semi-conductrices et comporte donc 3 bornes :  
 l'émetteur E  
 le collecteur C  
 la base B

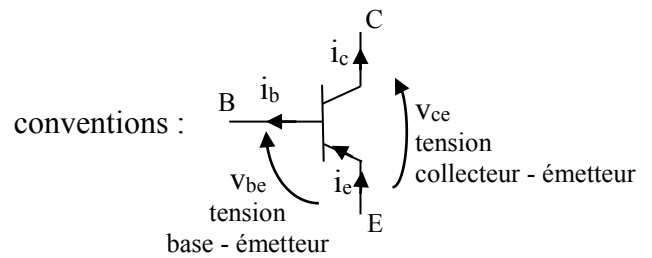
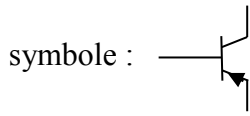
On en trouve 2 types : NPN et PNP

### 1°) Le transistor NPN



fonctionnement :  $i_e = i_b + i_c$   
 si  $v_{be} > v_{be0} > 0$  alors le transistor est passant et  $i_e > 0$  ;  $i_b > 0$  ;  $i_c > 0$   
 si  $v_{be} < v_{be0}$  alors le transistor est bloqué et  $i_e = i_b = i_c = 0$

## 2°) Le transistor PNP



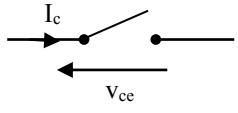
fonctionnement :  $i_e = i_b + i_c$   
 si  $V_{be} < V_{be0} < 0$  alors le transistor est passant et  $i_e > 0$  ;  $i_b > 0$  ;  $i_c > 0$   
 si  $V_{be} > V_{be0}$  alors le transistor est bloqué et  $i_e = i_b = i_c = 0$

## 3°) Remarques

- un transistor est un composant commandable par sa base.
- la flèche sur l'émetteur indique le sens du courant positif dans le transistor.
- le transistor NPN travaille avec des tensions positives alors que le transistor PNP travaille avec des tensions négatives.
- comme tous les composants il a ses limites : limite en courant, en tension et en fréquence.

## TRANSISTOR EN COMMUTATION (CAS DU NPN)

Un transistor fonctionne en commutation lorsqu'il passe de l'état bloqué à l'état saturé et inversement. Il se comporte alors comme un interrupteur commandé par sa base.

ETAT BLOQUE	ETAT SATURE
$I_b = I_c = 0A$ Le transistor est équivalent à un interrupteur ouvert 	$I_b > I_{bsat}$ $V_{be} = V_{besat}$ $V_{ce} = V_{cesat} \neq 0V$ Le transistor est équivalent à un interrupteur fermé 