

# MODULE D'ELECTRONIQUE

## MESURE ET REGULATION DE TEMPERATURE v5.0

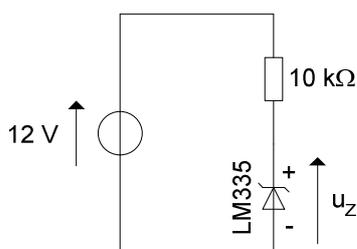
On se propose dans un premier temps de mesurer la température ambiante à partir d'un capteur électronique (LM335).  
 Dans un second temps, nous mettrons en œuvre ce capteur dans un système de régulation de température.



### A- Etude théorique

#### A-1- Etude d'un capteur de température

Le capteur LM 335 permet la mesure de température de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .  
 On l'alimente de la façon suivante :

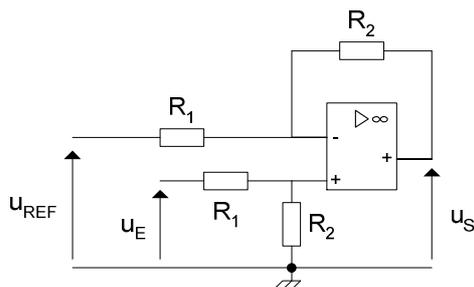


La tension  $u_z$  fournie par le capteur est proportionnelle à la température ambiante  $T$  (en kelvin) :

- ◆  $u_z = 2,73\text{ V}$  à  $T = 273\text{ K}$  ( $T = 0^{\circ}\text{C}$ )
- ◆ coefficient de température :  $+10\text{ mV/K}$

Déterminer la relation entre  $u_z$  et  $T$  (en  $^{\circ}\text{C}$ ).  
 (on rappelle que :  $T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$ )  
 Tracer la caractéristique  $u_z(T)$  avec  $T$  en  $^{\circ}\text{C}$ .

#### A-2- Etude d'un amplificateur de différence

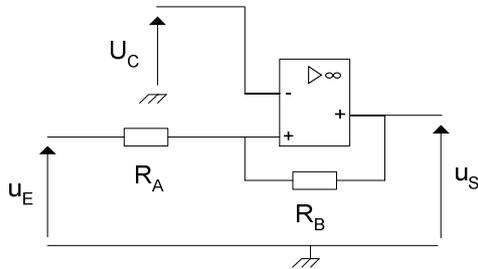


Ce circuit permet d'amplifier la différence de tensions présente en entrée ( $u_E - u_{REF}$ ).

Montrer qu'en régime linéaire :  $u_S = \frac{R_2}{R_1}(u_E - u_{REF})$

### A-3- Etude d'un trigger non inverseur non symétrique

L'amplificateur opérationnel fonctionne en saturation : suivant la valeur de la tension d'entrée, la tension de sortie vaut soit  $V_{sat+}$  soit  $V_{sat-}$ .

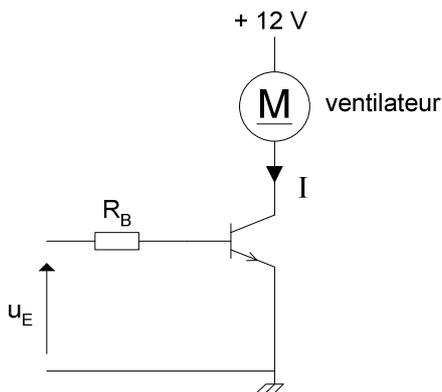


Montrer que les tensions de seuil ont pour expression :

$$\begin{cases} U_B = \frac{R_A + R_B}{R_B} U_C - \frac{R_A}{R_B} V_{sat+} \\ U_H = \frac{R_A + R_B}{R_B} U_C - \frac{R_A}{R_B} V_{sat-} \end{cases}$$

### A-4- Etude du circuit de puissance

Le transistor commande un ventilateur qui se comporte comme une résistance d'environ  $75 \Omega$  :



Quel est l'état du transistor si la tension d'entrée est  $-10 \text{ V}$  ?  
En déduire l'état du ventilateur.

Pour une tension d'entrée égale à  $+10 \text{ V}$ , on veut que le ventilateur consomme un courant maximal.

Quel doit être l'état du transistor ?

En déduire  $I$  et la valeur maximale de la résistance de base  $R_B$ .

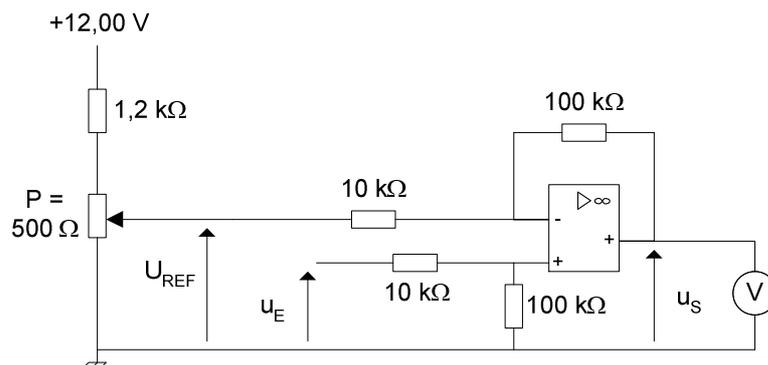
On donne :  $\beta = 100$ ,  $V_{BE} = 0,8 \text{ V}$  et  $V_{CE sat} = 0,3 \text{ V}$ .

### B- Etude expérimentale

Les amplificateurs opérationnels sont alimentés avec :  $V_{CC\pm} = \pm 12 \text{ V}$ .

#### B-1- Etude d'un amplificateur de différence

Câbler le montage avec  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$  :



La tension d'entrée  $u_E$  est une tension continue comprise entre 0 et + 6 V (sortie 6 V de l'alimentation HP 3630A).

Régler la tension d'entrée à 2,73 V puis ajuster le potentiomètre P de manière à avoir

$U_{REF} = 2,73$  V.

Tracer la caractéristique  $u_S$  ( $u_E - U_{REF}$ ).

Délimiter la zone linéaire et les zones de saturation.

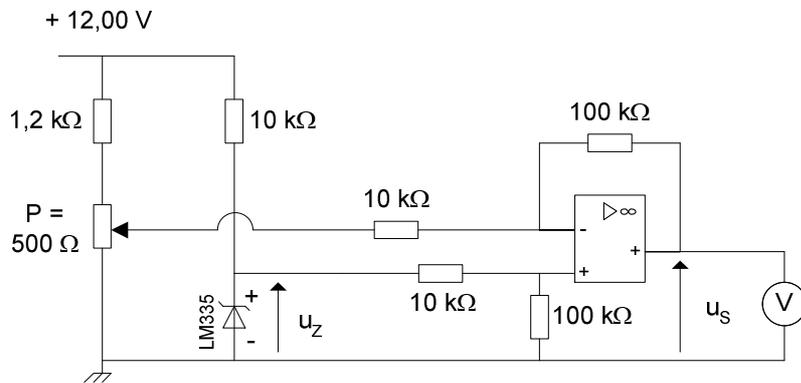
Que valent  $V_{sat+}$  et  $V_{sat-}$  ?

A quoi est dû le phénomène de saturation ?

Calculer l'amplification (dans la zone linéaire). Comparer à la valeur théorique.

### B-2- Thermomètre électronique

La tension d'entrée de l'amplificateur de différence est maintenant remplacée par la tension fournie par le capteur de température LM335 :



Montrer qu'en théorie :  $u_S$  (en V) = T (en °C) / 10

Relever la température qu'indique le thermomètre électronique ( $T = 10 \cdot u_S$ ).

Relever la température vraie de la salle (avec un thermomètre étalon).

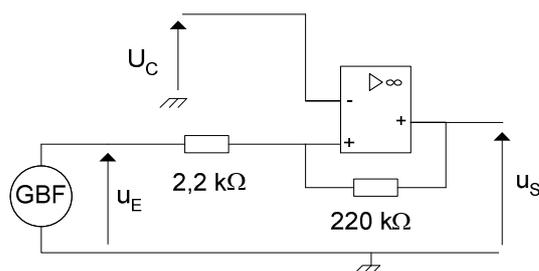
Quelles sont les causes de l'écart ?

Effectuer un ajustage à l'aide du potentiomètre P.

Ne pas décâbler ...

### B-3- Etude d'un trigger non inverseur non symétrique

Câbler le montage avec  $R_A = 2,2$  kΩ et  $R_B = 220$  kΩ :



La tension d'entrée est une tension triangulaire d'amplitude crête à crête  $V_{pp} = 20 \text{ V}$  et de fréquence 100 Hz (fournie par un GBF).

Régler  $U_C$  à 3,00 V (sortie 6 V de l'alimentation HP 3630A).

Visualiser à l'oscilloscope les tensions d'entrée (voie  $Y_1$ ) et de sortie (voie  $Y_2$ ).

Placez-vous en mode XY pour obtenir la caractéristique de transfert  $u_S(u_E)$  (dessiner l'oscillogramme).

Indiquer la valeur des deux tensions de seuil (à comparer avec la théorie) ainsi que le sens du cycle.

Modifier  $U_C$  : quel est le rôle de la tension  $U_C$  ?

## B-4- Synthèse : montage régulateur de température

### Principe

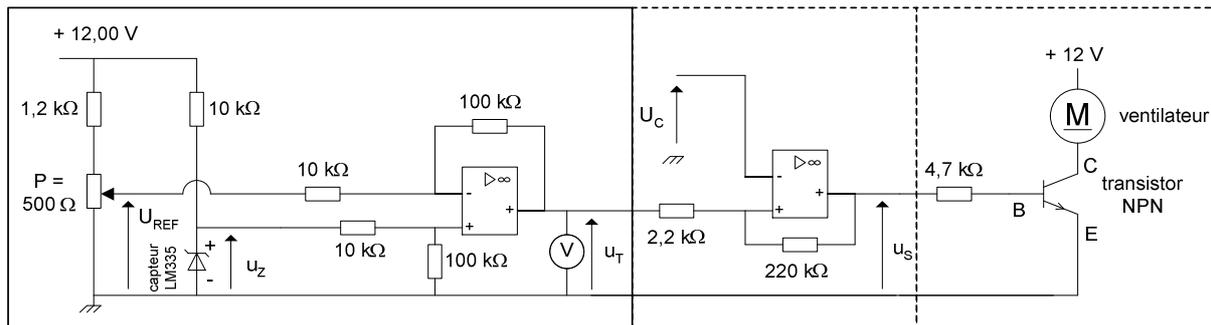
En entrée, l'information « température » est fournie par le capteur LM335.

L'organe régulateur est un ventilateur.

Le ventilateur se met en route dès que la température dépasse un certain seuil.

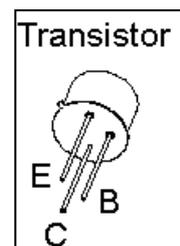
Quand la température descend en dessous d'un certain seuil, le ventilateur s'arrête.

### Schéma électrique (à câbler)



### Procédure de test

- 1- Contrôler la valeur de la tension  $u_T$  (2,00 V à 20 °C ...)
- 2- Régler la tension de « consigne »  $U_C$  au minimum (0 V) : le ventilateur doit tourner.
- 3- Régler  $U_C$  au maximum (6 V) : le ventilateur doit s'arrêter.



Si ce n'est pas le cas, le test a lamentablement échoué !

Mettre hors tension et trouver l'erreur(s) de câblage ...

### Mise en évidence de la régulation de température

Régler  $U_C$  à une valeur légèrement supérieure à  $u_T$ .

Pour simuler une élévation de la température ambiante, placer vos doigts sur le capteur.

Enlever vos doigts pour simuler une diminution de température, et observer l'état du ventilateur ...

### Analyse du fonctionnement

- a- Expliquer le rôle du potentiomètre P.
- b- Expliquer le rôle de l'amplificateur de différence.
- c- Quelle information donne la sortie de l'amplificateur de différence (tension  $u_T$ ) ?
- d- Expliquer le fonctionnement du circuit de commande du ventilateur (trigger et circuit de puissance à transistor).
- e- Préciser le rôle de la tension de consigne  $U_C$ .
- f- En déduire le principe de fonctionnement global du montage.

### **C- Conclusion**