

Les principes de la sustentation électromagnétique et quelques applications

Marie HERMANTIER
3288

Sommaire :

Introduction

I. Etude de la sustentation magnétique

1. Différents types de trains à sustentation magnétique
2. Modélisation du système de lévitation principal
3. Etude de l'influence des différents paramètres de la modélisation
4. Etude de la sustentation avec ces nouveaux paramètres

II. Etude d'un dispositif d'asservissement

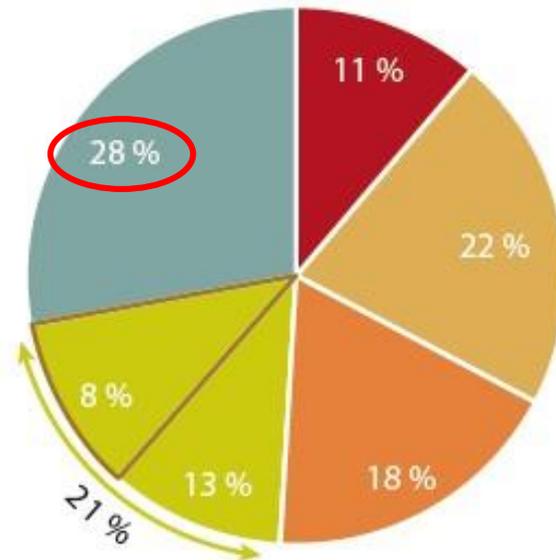
1. Présentation du dispositif
2. Etude du circuit électrique
 - A. Etage A : AOP adaptation d'impédance
 - B. Etage B : Filtre avance de phase
 - C. Etage C : Amplificateur
 - D. Etage D : Le transistor

Synthèse de la manip + Conclusion

Introduction

ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE PAR SECTEUR EN FRANCE

Part de GES dans les émissions totales



Source : Citepa, 2014, format Secten.

→ Pour lutter contre pollution :
Réduction des vols intérieurs
(François Ruffin et Delphine Batho)

↓
Problème pour les usagers, l'avion est :
+ rapide, + agréable, parfois – cher
Qu'un train classique

↙
Solution : les trains à sustentation magnétiques, car sont :
+ rapide, + agréable, - polluant
Qu'un avion



I. Etude de la sustentation magnétique

I.1. Différents types de trains à sustentation magnétique :

Sustentation
électrodynamique
EDS

- Utilise des aimants supraconducteurs
- Bobines supraconductrices dans le train, et électroaimants le long de la voie
- Record de vitesse : 603km/h



Exemple du Maglev à
Shanghai

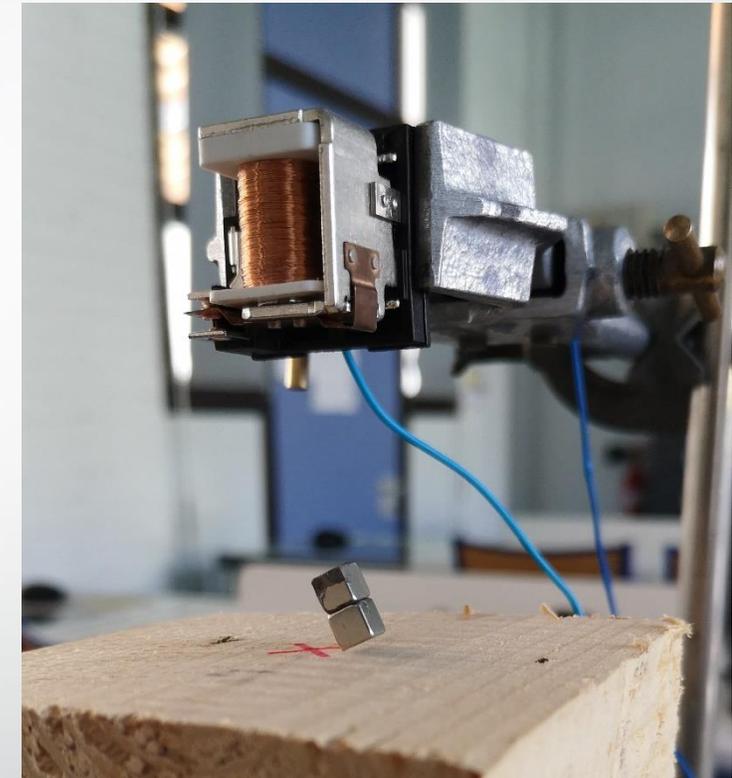
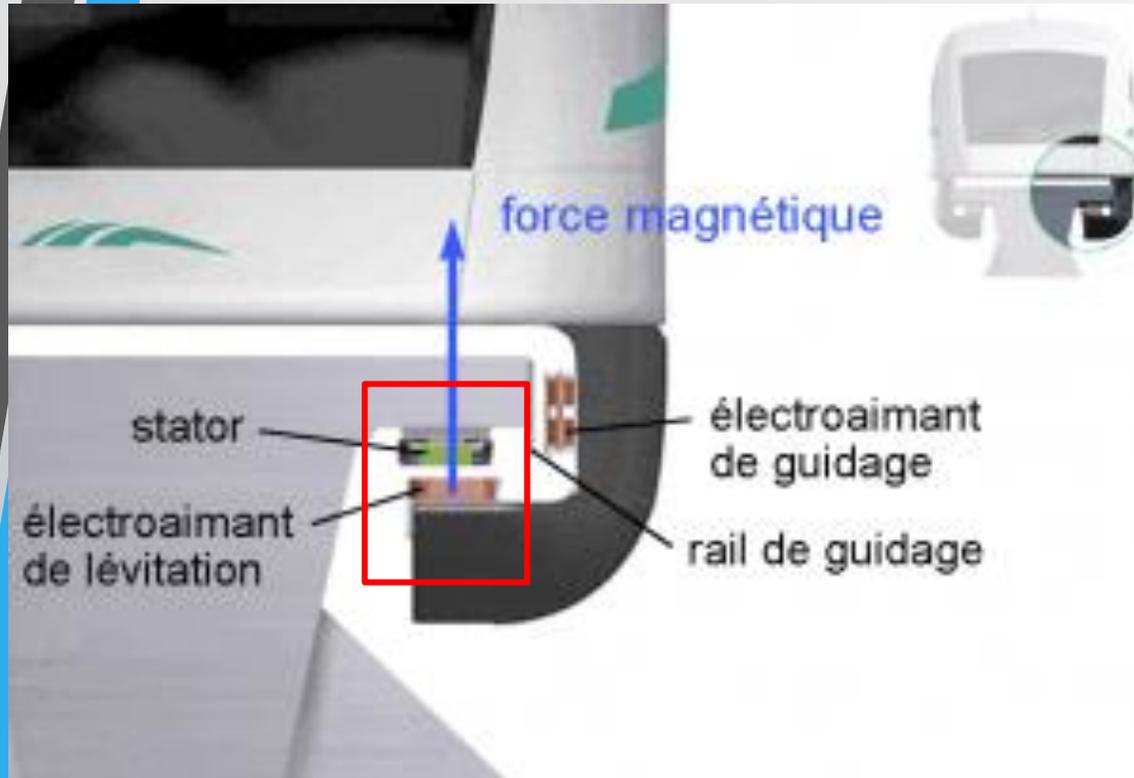
Sustentation
électromagnétique
EMS

- Utilise des électroaimants classiques
- Aimants dans le train, et électroaimants dans le rail porteur
- Abandon du projet, fautes de financements



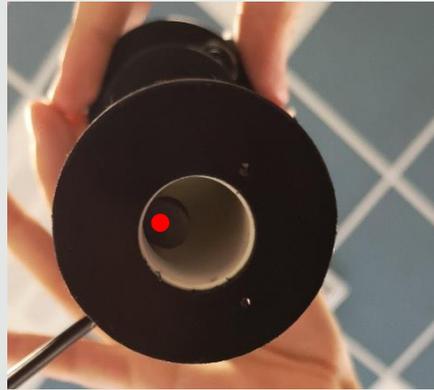
Exemple du transrapid en
Allemagne

I.2. Modélisation du système de lévitation principal



I.3. Etude de l'influence des différents paramètres de la modélisation :

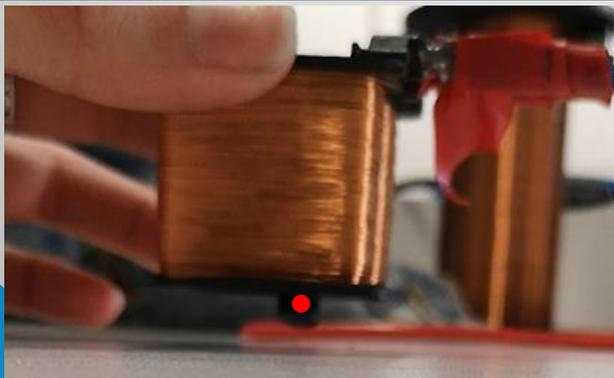
Aimant classique, Bobine à induction 250 spires,
 $I=3A$



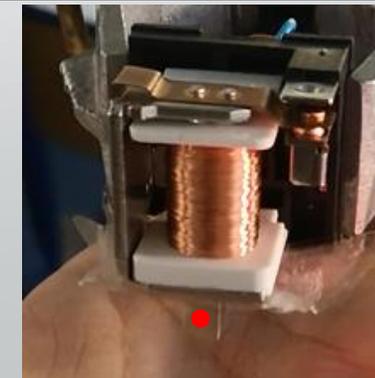
Aimant superhétérodyne, Bobine 1200 spires,
 $I=0,2A$

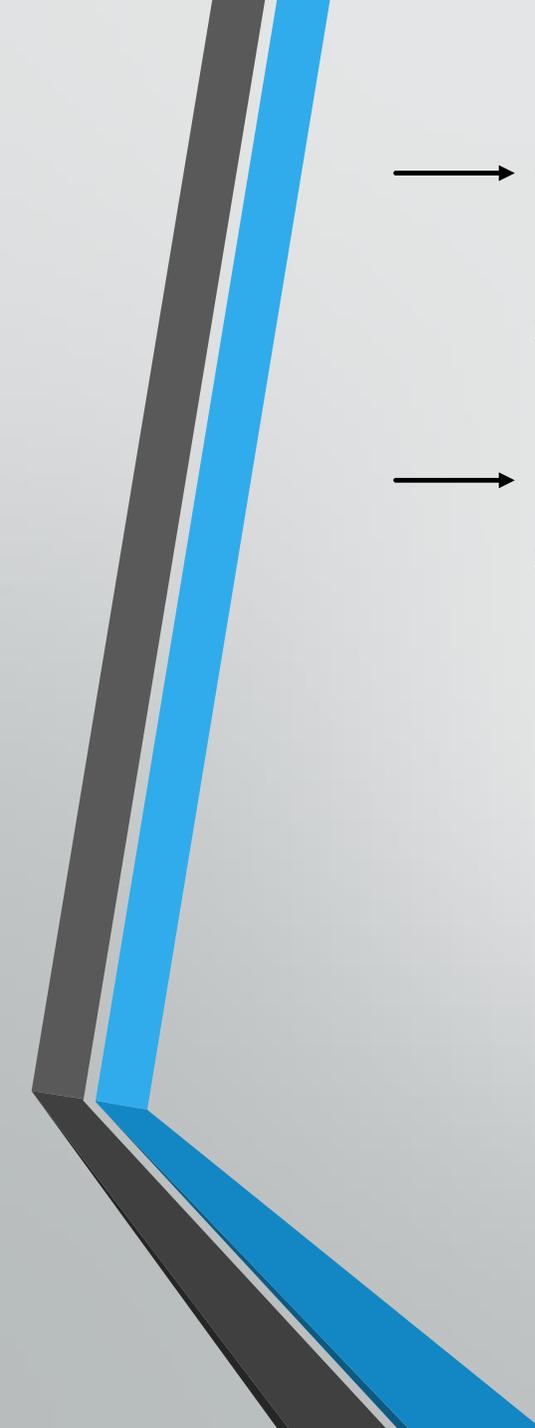


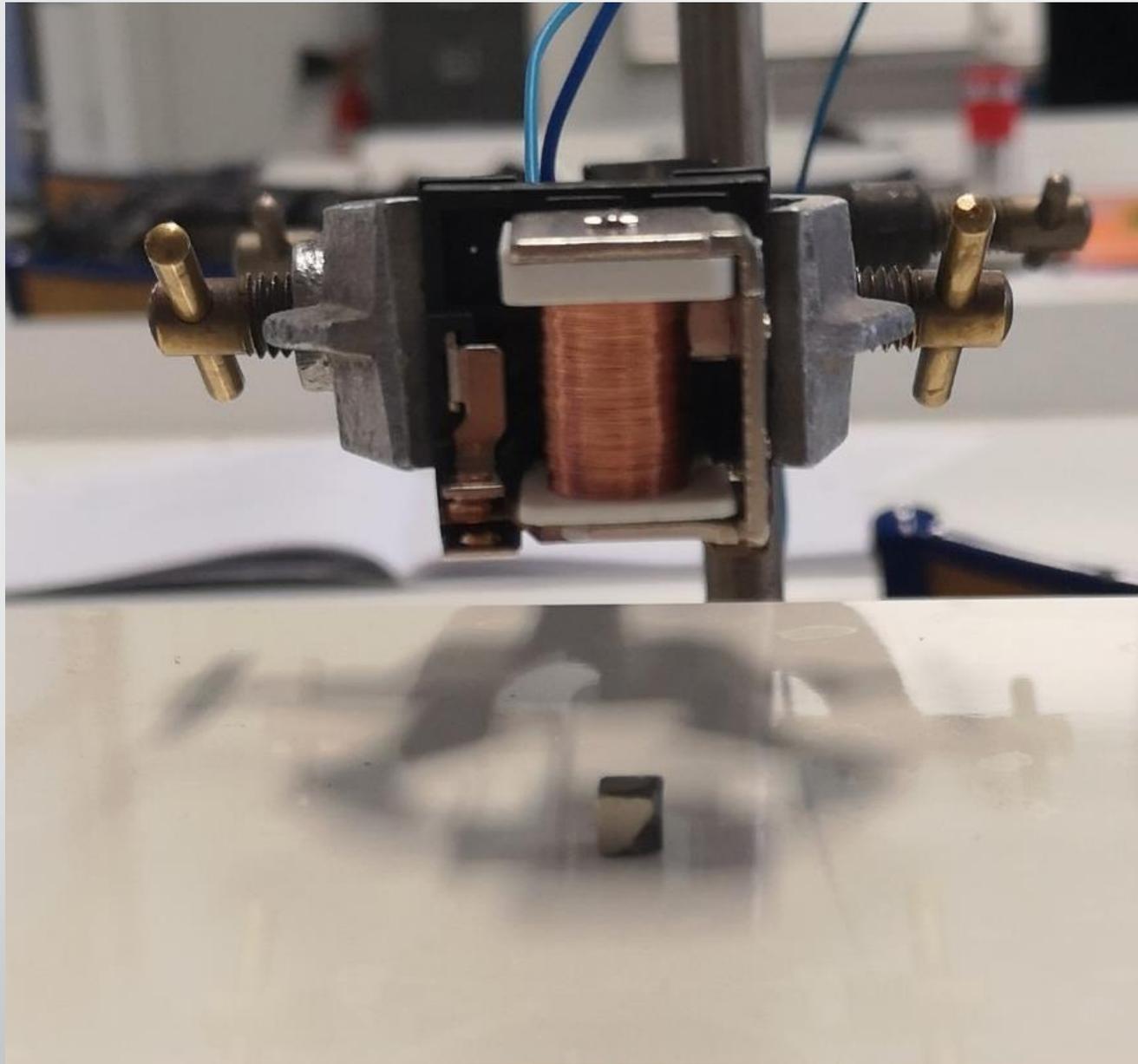
Aimant classique, Bobine venant d'un lave
vaisselle, $I=3A$



Aimant superhétérodyne, Bobine d'un relais auto,
 $I_{max}=30A$



- 
- Comparaison de l'influence de l'aimant choisi (superhétérodyne ou non) et de la bobine choisi (nb de spires, I_{max} , Entrefer ou non...)
 - La combinaison : bobine du relais auto + Aimant superhétérodyne permet :
 - de faire se détacher l'aimant du sol plus vite (donc plus loin de la bobine ce qui laisse plus de marge de manœuvre)
 - de ne pas être « coincés » à l'intérieur, ou sur les bords de la bobine



I.4. Etude de la sustentation avec ces nouveaux paramètres :

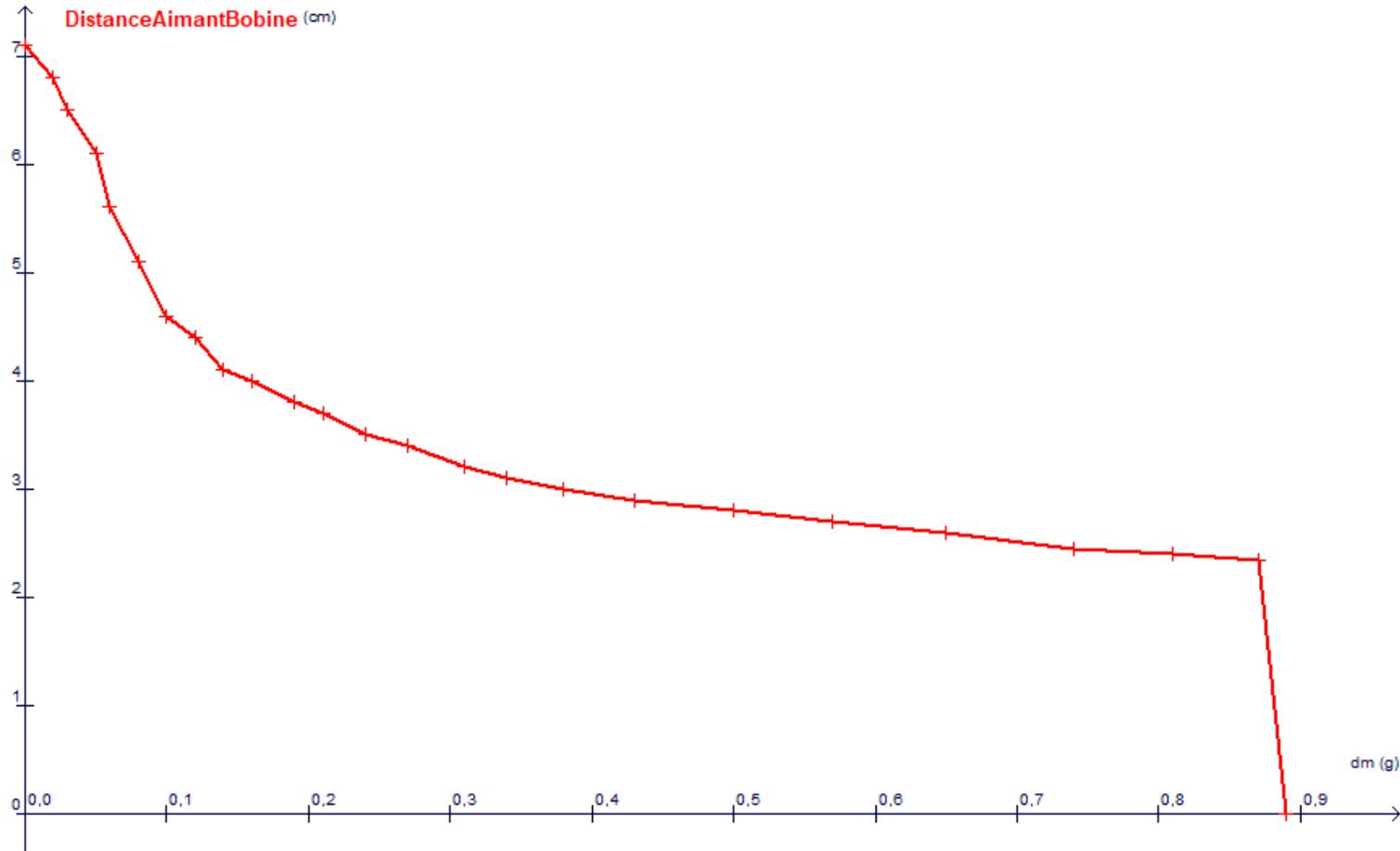


Expérience :

- On fixe la bobine à une potence, que l'on alimente toujours avec la même intensité au cours de l'expérience
- Avec le support élévateur, on fait varier la position de l'aimant par rapport à la bobine
- A l'aide de la balance de précision, on mesure l'influence de la force magnétique en calculant la différence de masse observée :

$$m_{\text{soulevée}} = m_{\text{aimant}} - m_{\text{affichée sur balance}}$$

→ Courbe : distance aimant/Bobine en fonction de la masse soulevée



Analyse des résultats :

- Plus l'aimant est proche de la bobine, plus il subit une force magnétique importante
- Position critique autour de laquelle il y a rupture de continuité, l'aimant vient alors se coller à la bobine.

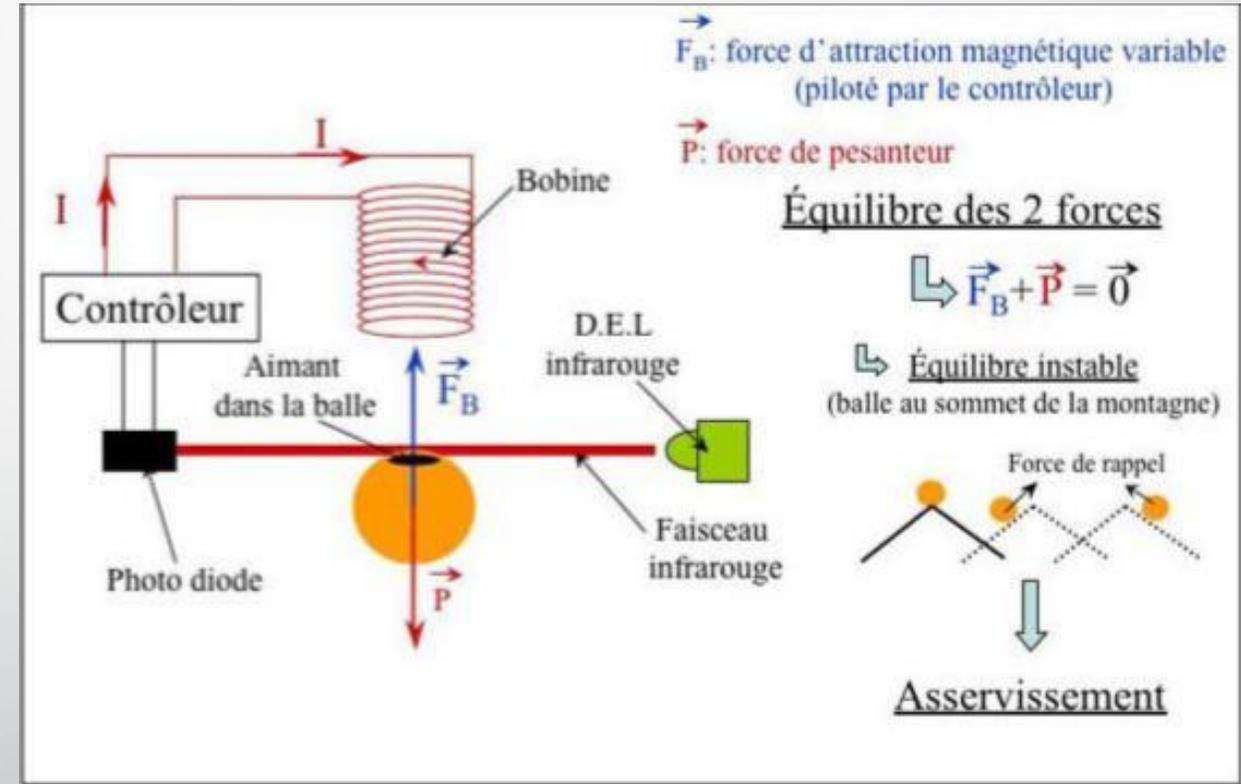
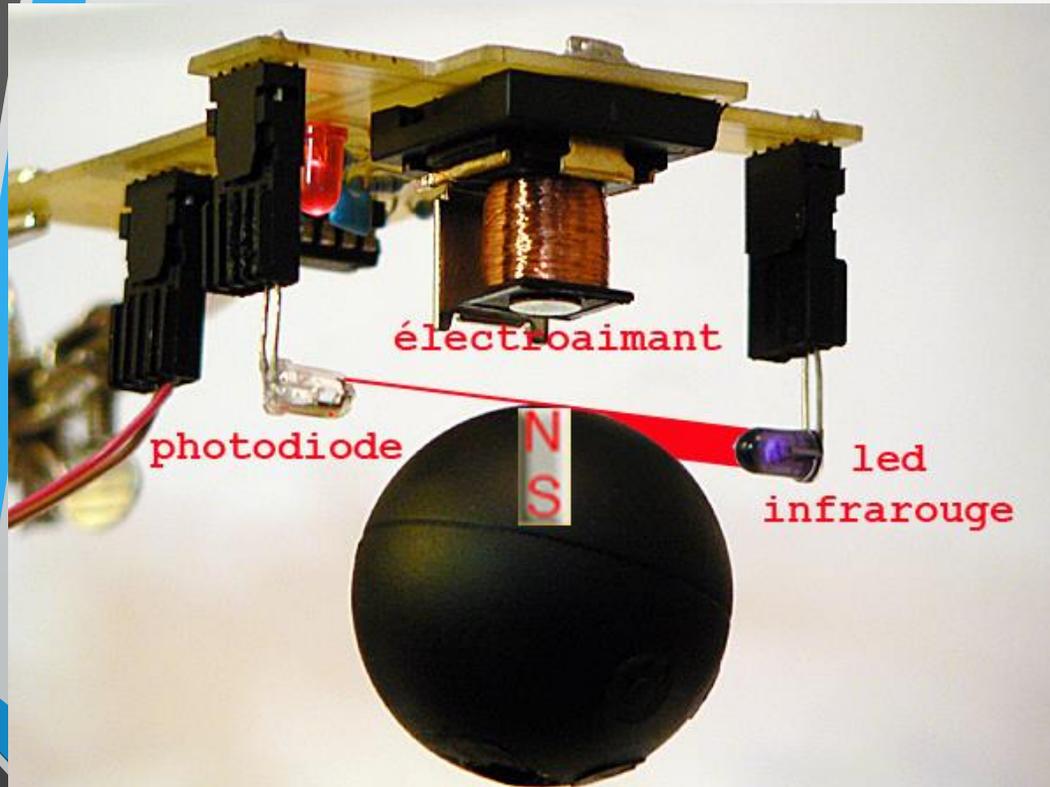
- 
- Interprétations : L'équilibre entre poids de l'aimant et force magnétique est très instable, il est impossible de maintenir l'aimant dans cette position
 - Explications ? : Théorème d'Earnshaw
 - Solution ? : Ajouter un système d'asservissement pour maintenir l'aimant à cette position d'équilibre instable



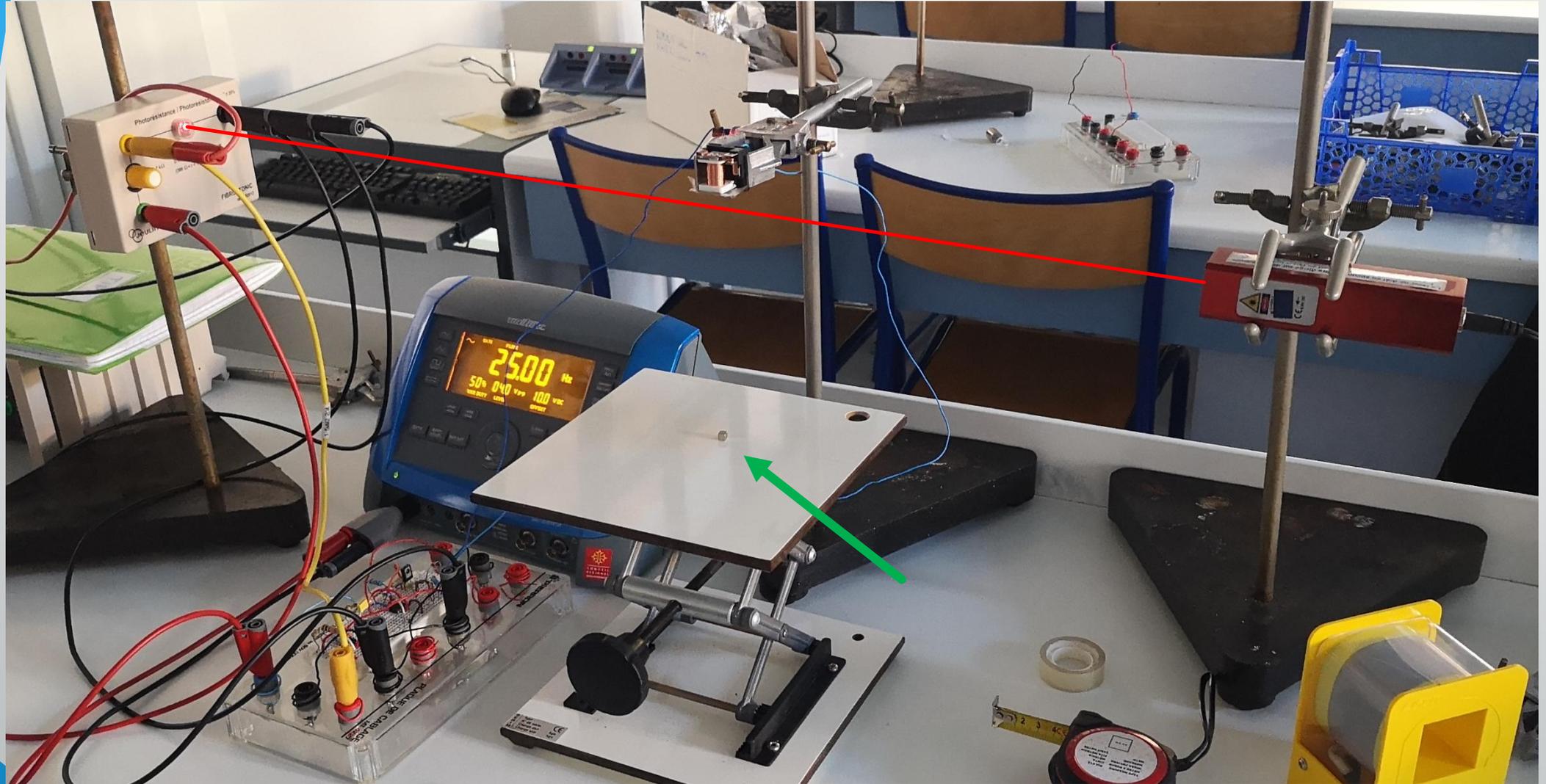
II. Etude d'un dispositif d'asservissement

II.1. Présentation du dispositif

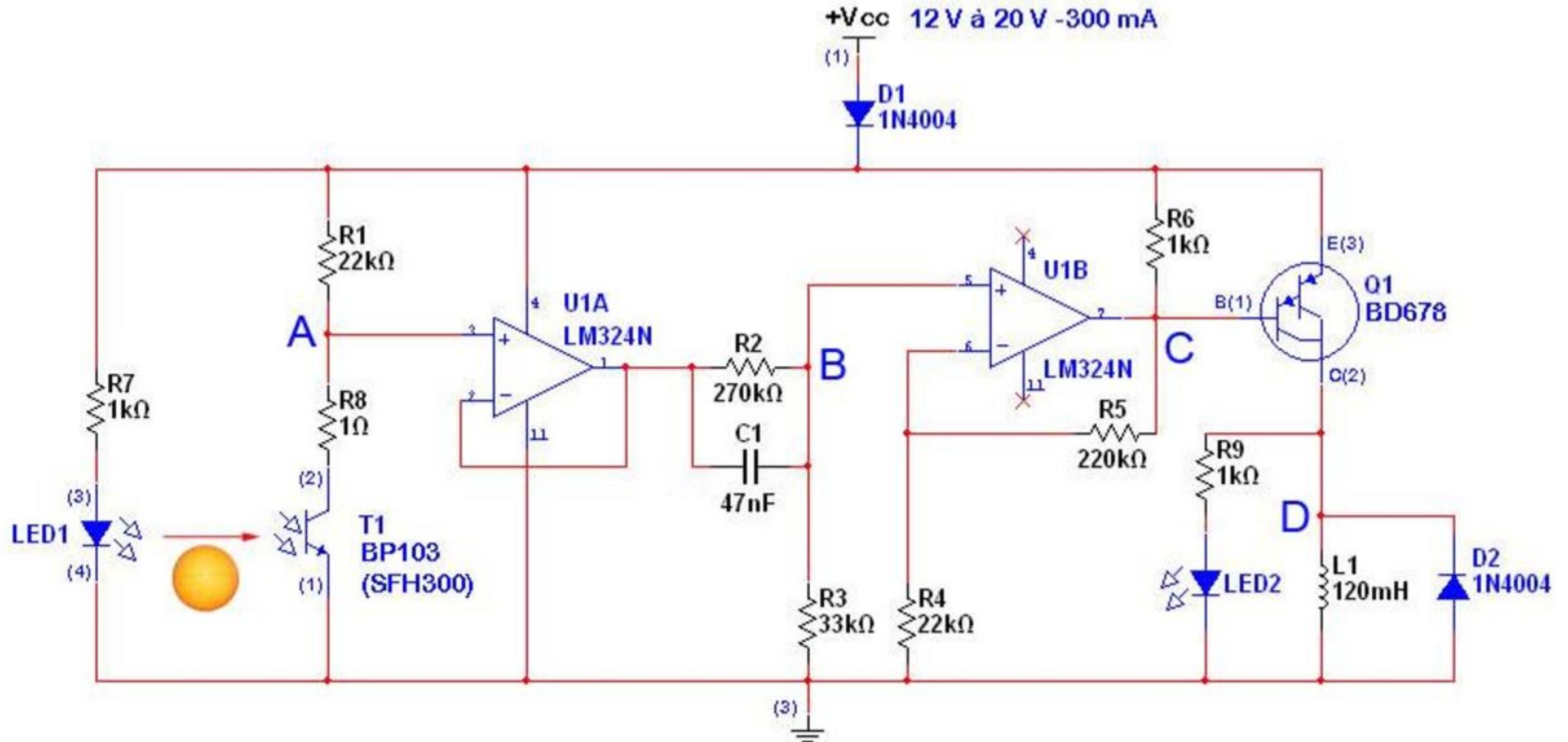
→ Théorie :



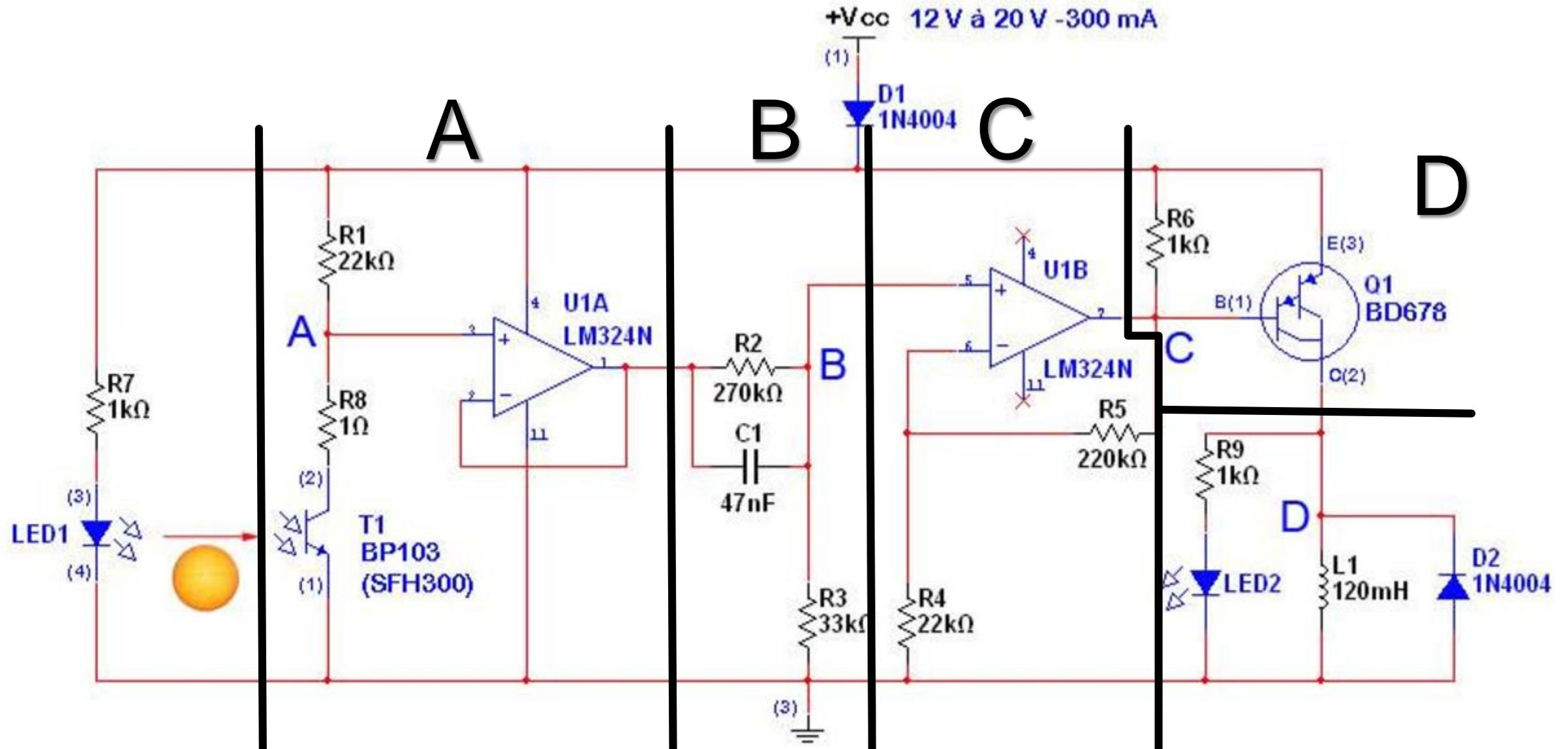
→ Avec notre matériel :



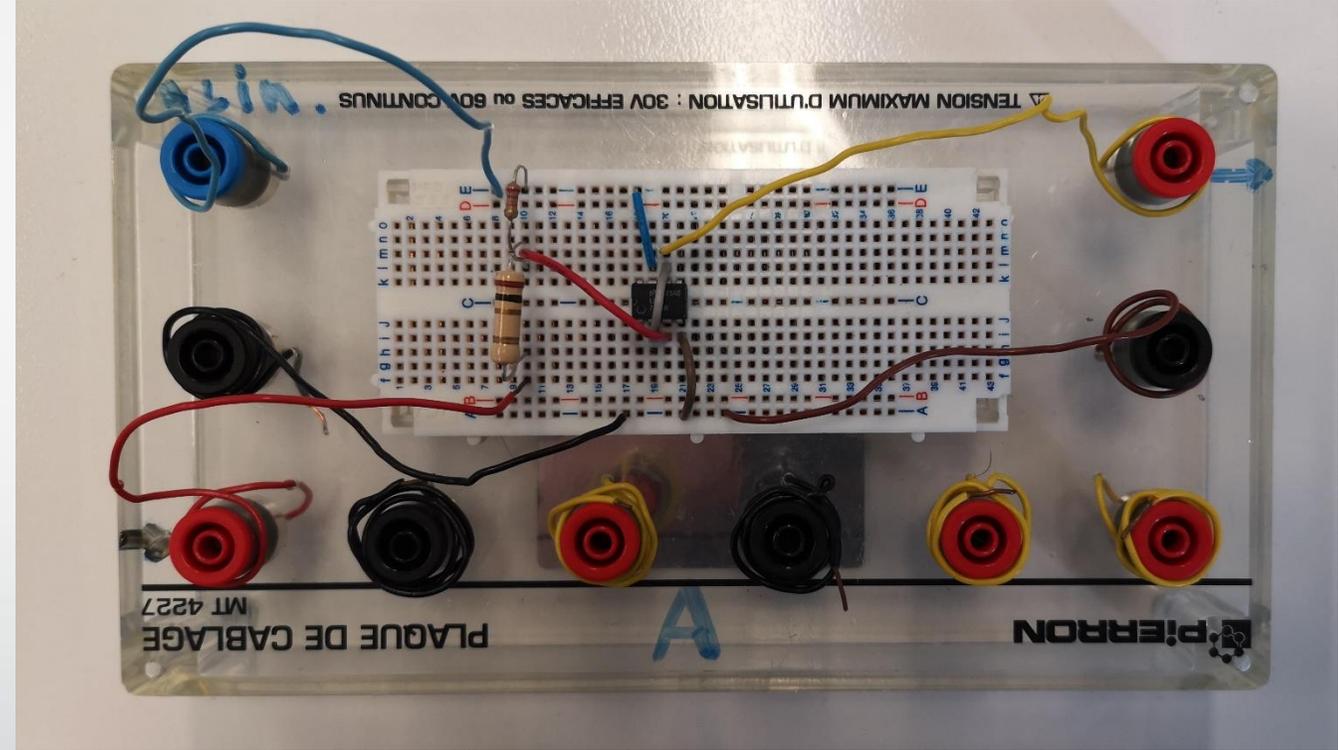
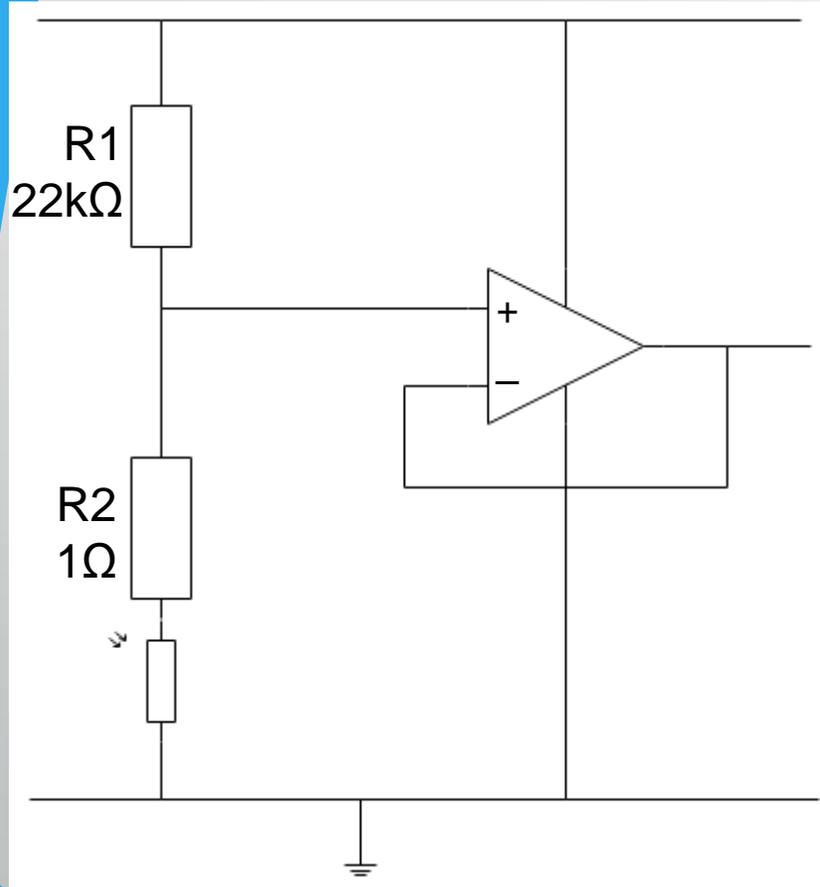
II.2. Etude du circuit électrique



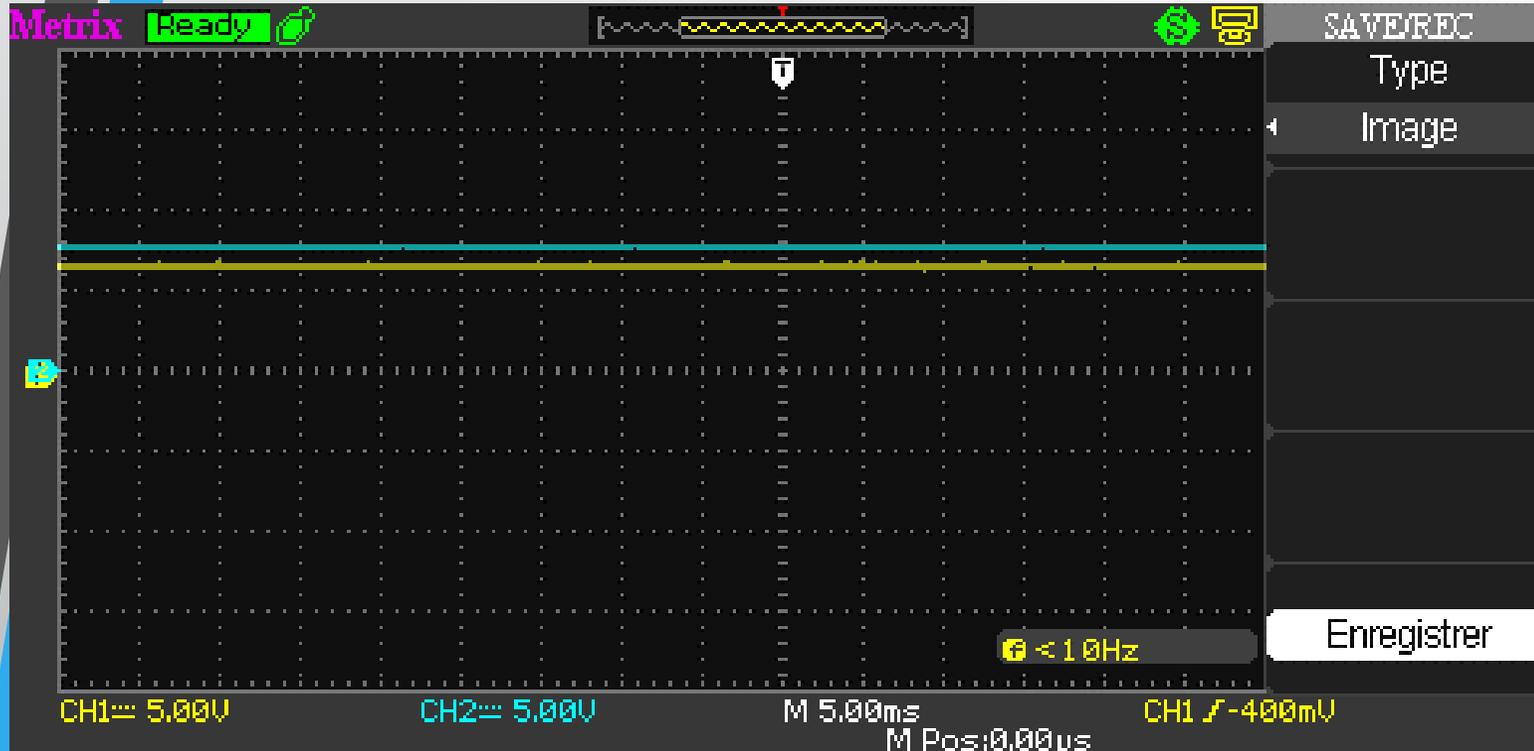
II.2. Etude du circuit électrique



II.2.A. Etage A : AOP adaptation d'impédance



→ Rôle, Résultats et interprétations



ENTREE : Générateur de tension continue (6V)
SORTIE : signal continu légèrement amplifié

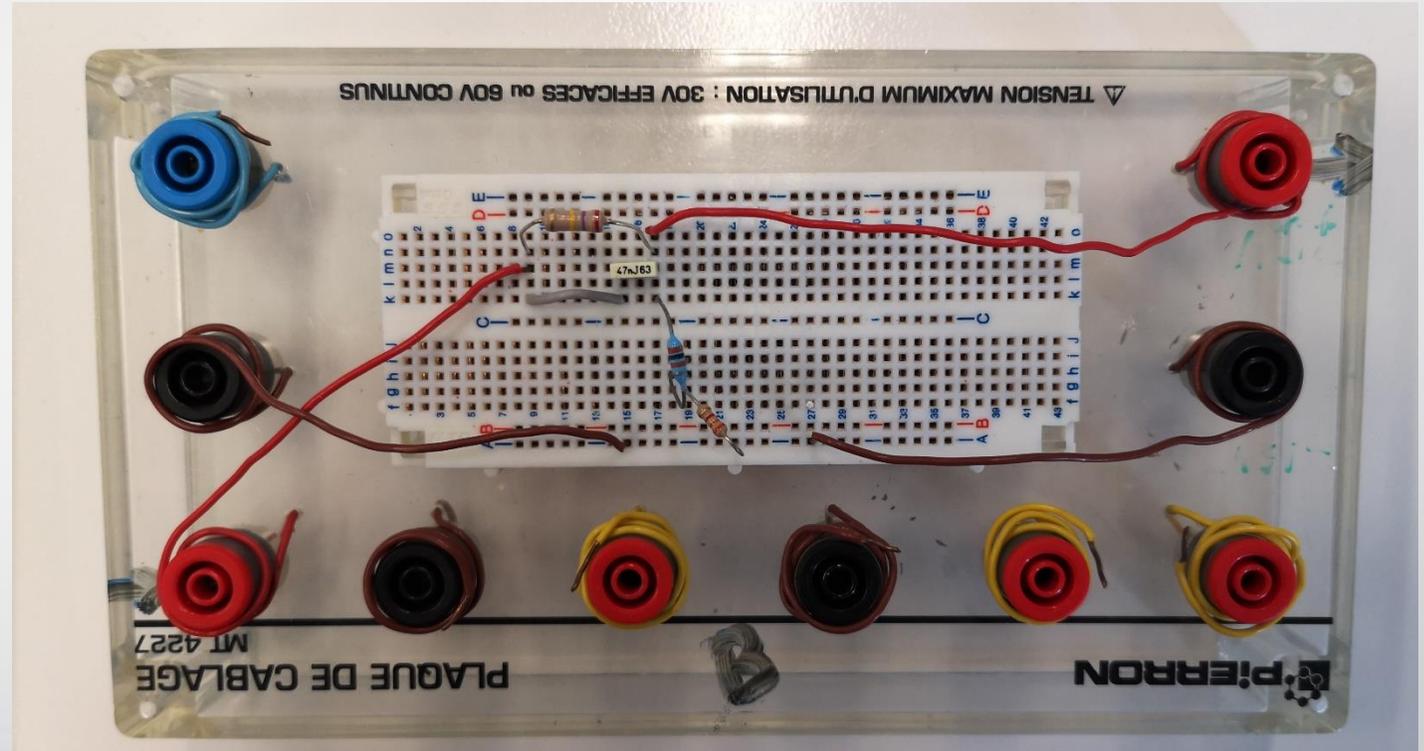
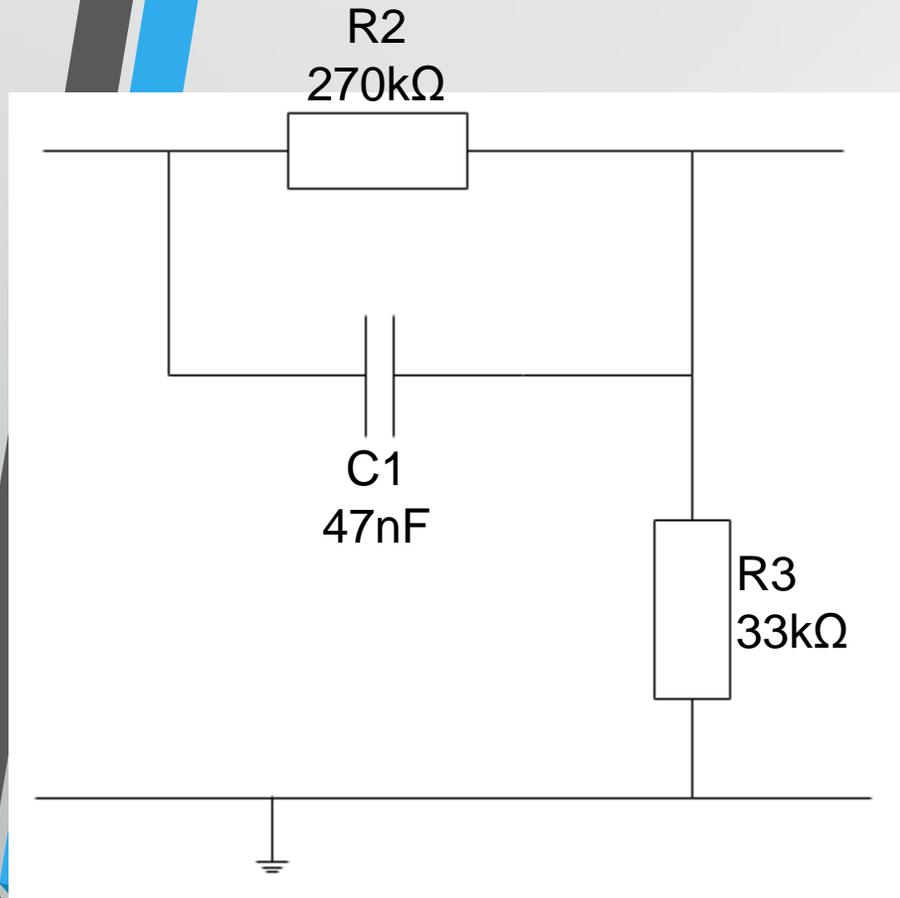
Rôle de l'étage :

- Permet de récupérer la tension (AOP suiveur) perdue à cause du capteur
- Pour cela : adaptation d'impédance :
entrée de l'AOP : ∞
Sortie de l'AOP : 0

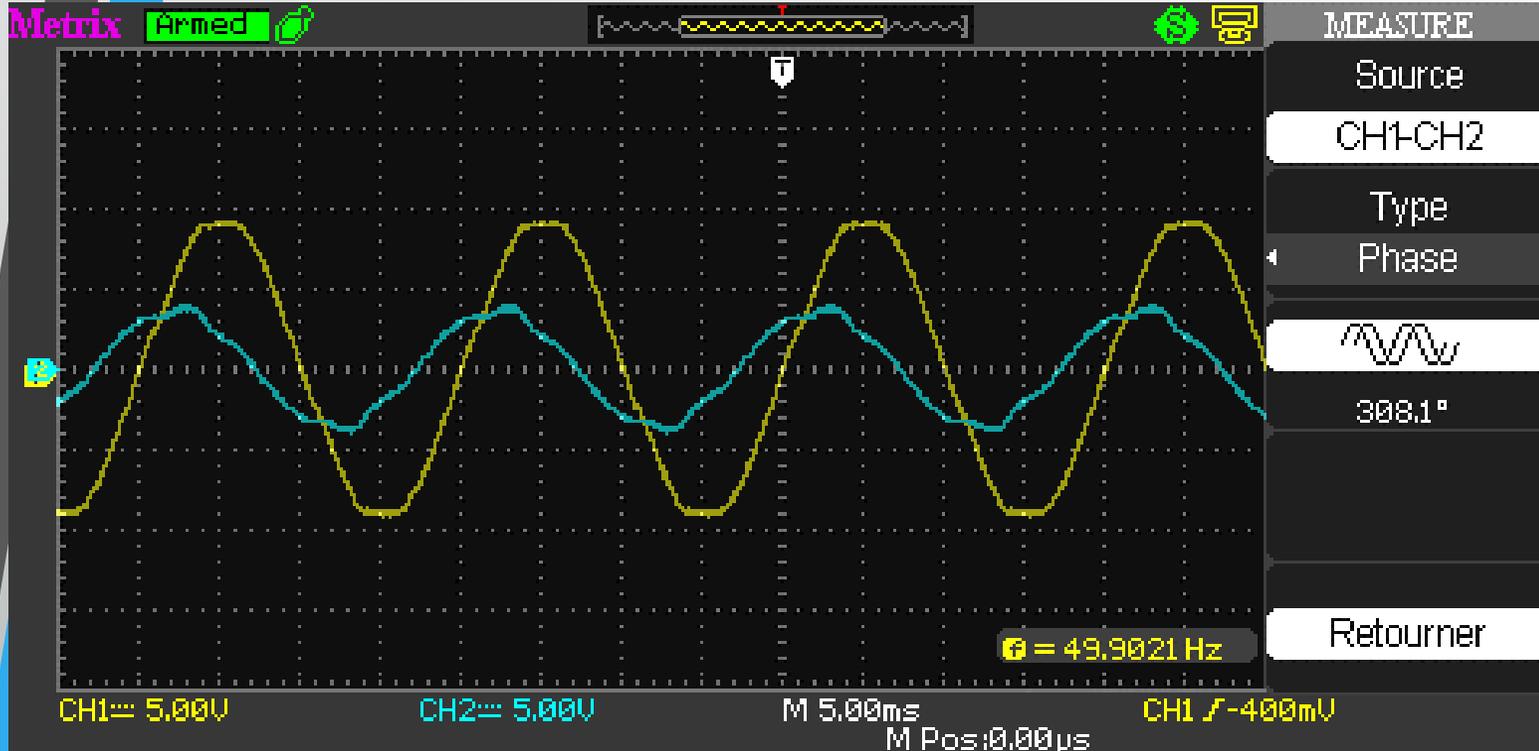
Interprétations :

- On constate que le circuit a bien tenté de récupérer la tension d'entrée
- Mais nous ne possédons pas le capteur utilisé, nous pouvons donc seulement constater que l'étage semble fonctionner

II.2.B. Etage B : Filtre Avance de Phase



→ Rôle, Résultats et interprétations



ENTREE : signal sinusoïdal (GBF)
SORTIE : signal sinusoïdal

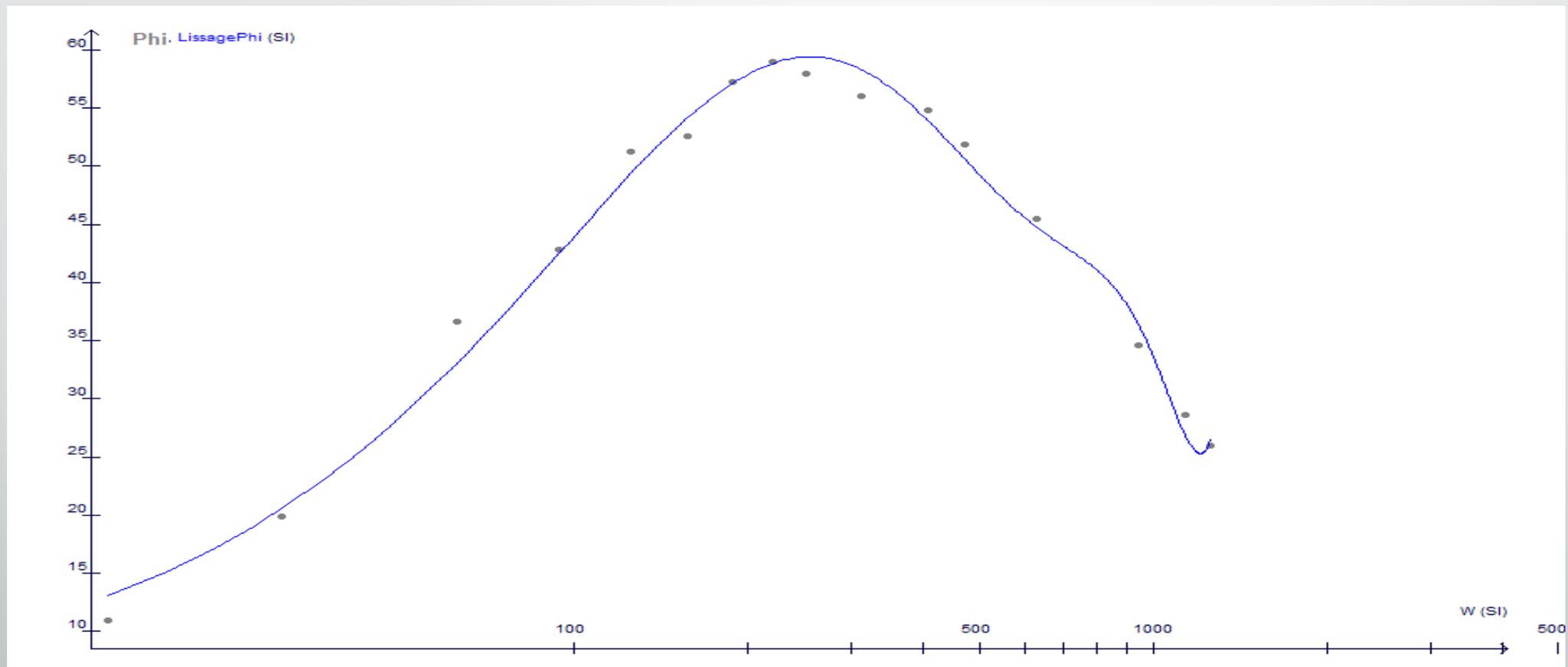
Rôle de l'étage :

- Permet d'anticiper les oscillations de l'aimant autour de sa position d'équilibre
- Pour cela : déphasage (ici $\approx 52^\circ$) : la sortie est en avance par rapport à l'entrée

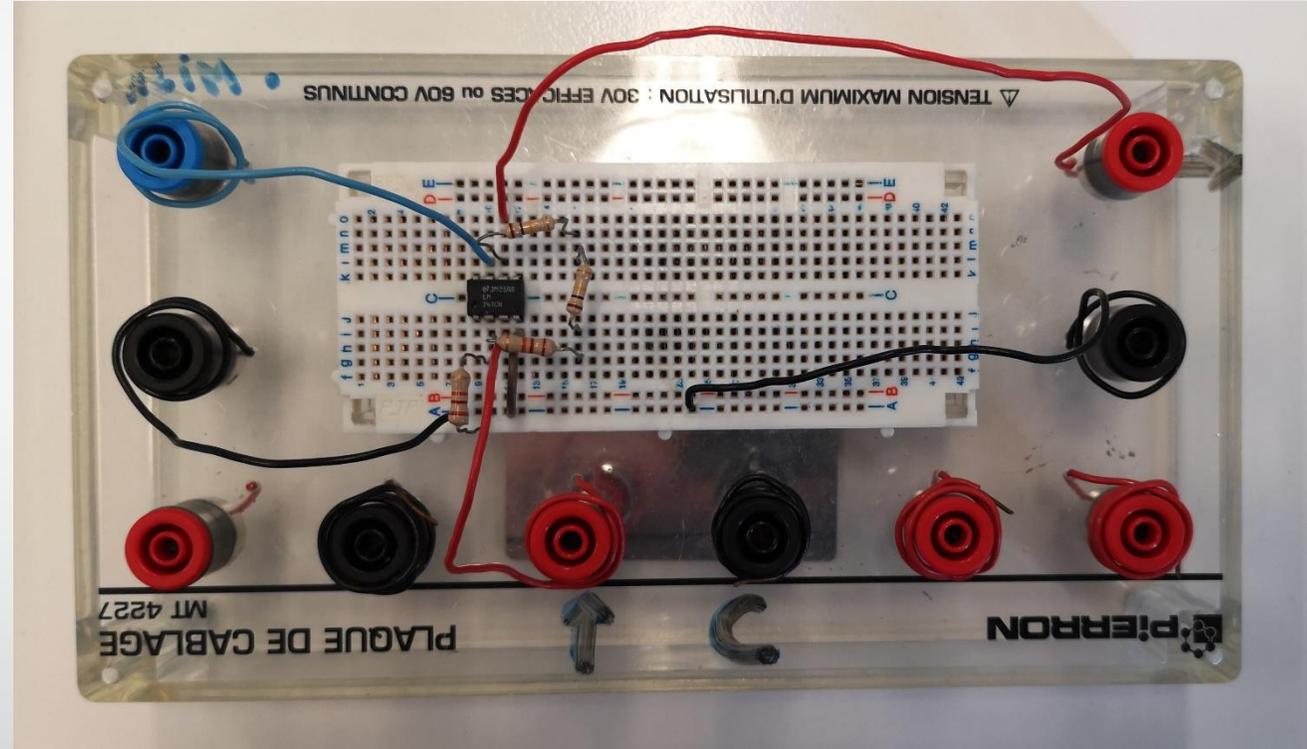
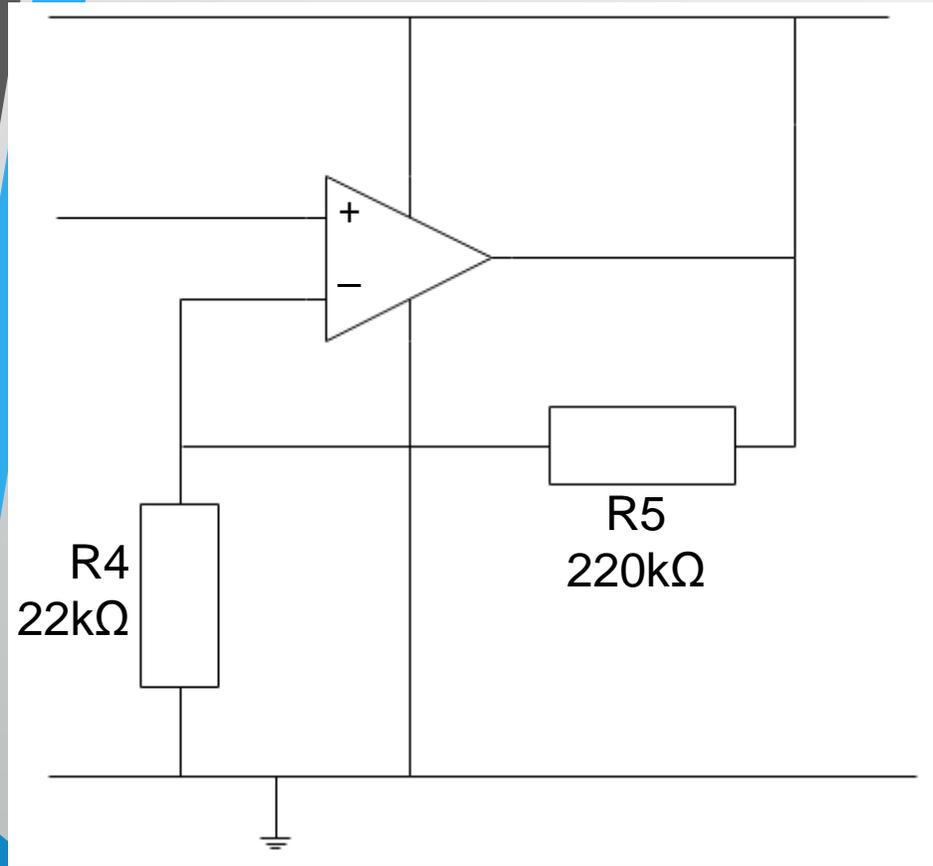
Interprétations :

- On constate que le circuit a bien déphasé le signal sinusoïdal d'entrée
- Le signal de sortie est atténué

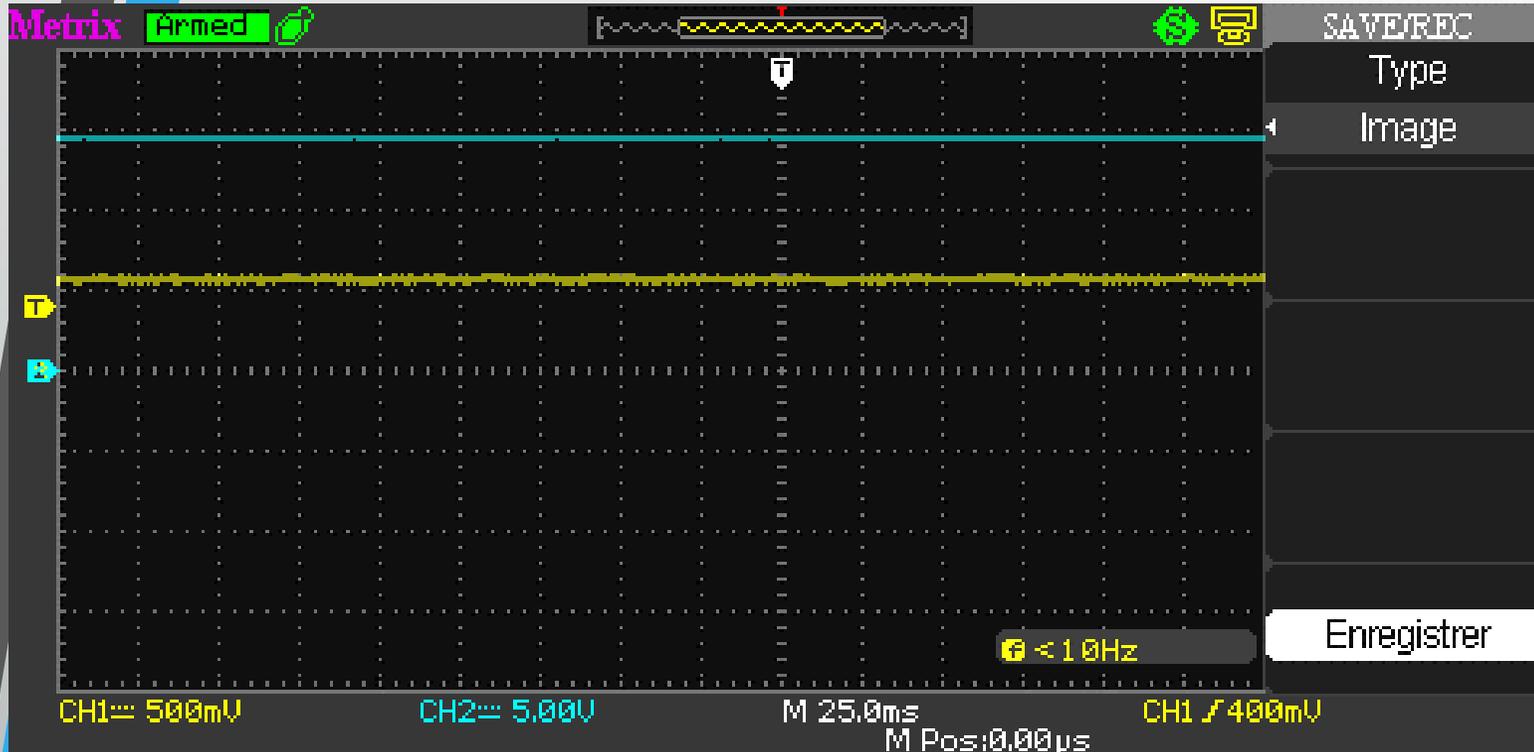
Diagramme de Bode en phase du filtre avance de phase



II.2.C. Etage C : Amplificateur



→ Rôle, Résultats et interprétations



ENTREE : Générateur idéal de tension continue $U_e = 1,3 \text{ V}$

SORTIE : signal continu $U_s = 14,3 \text{ V}$

Rôle de l'étage :

- Permet de faire du gain et donc récupérer la tension qu'on a perdu à cause du filtre
- AOP non inverseur

Interprétations :

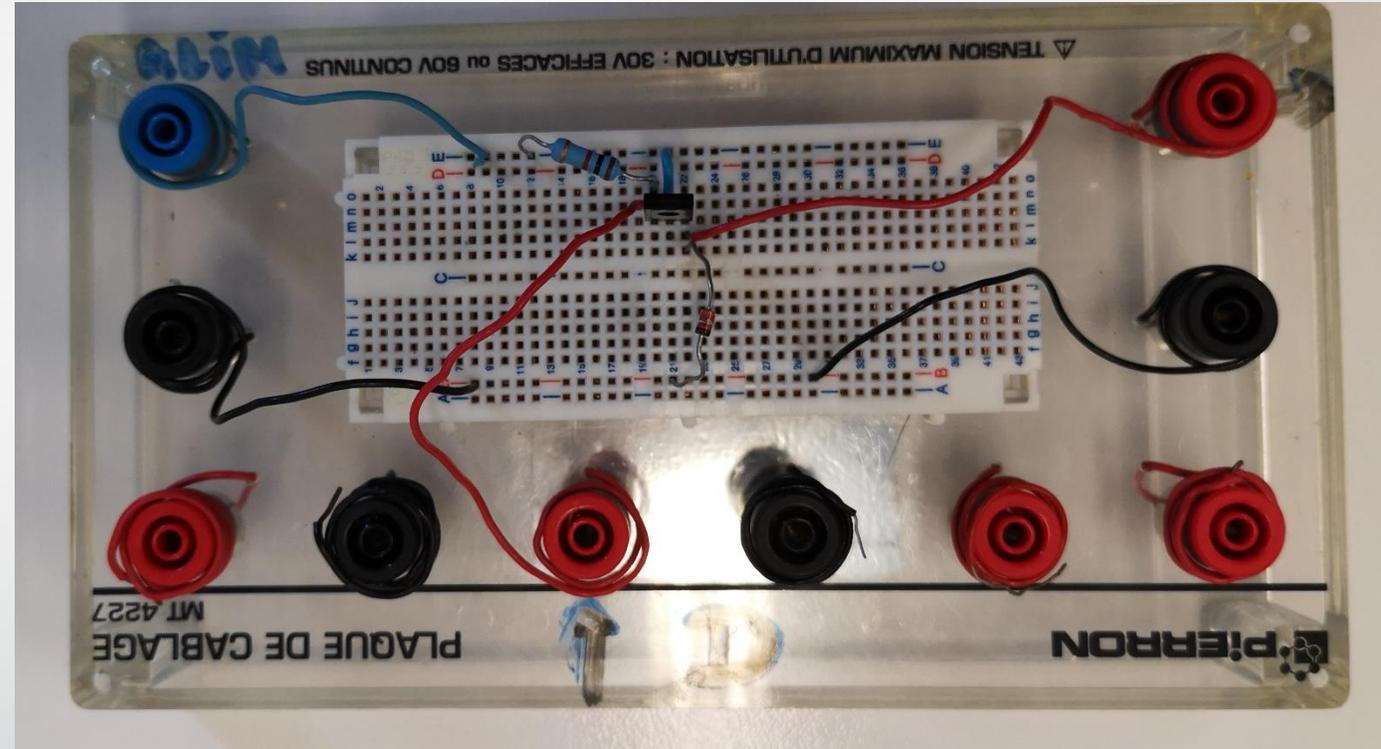
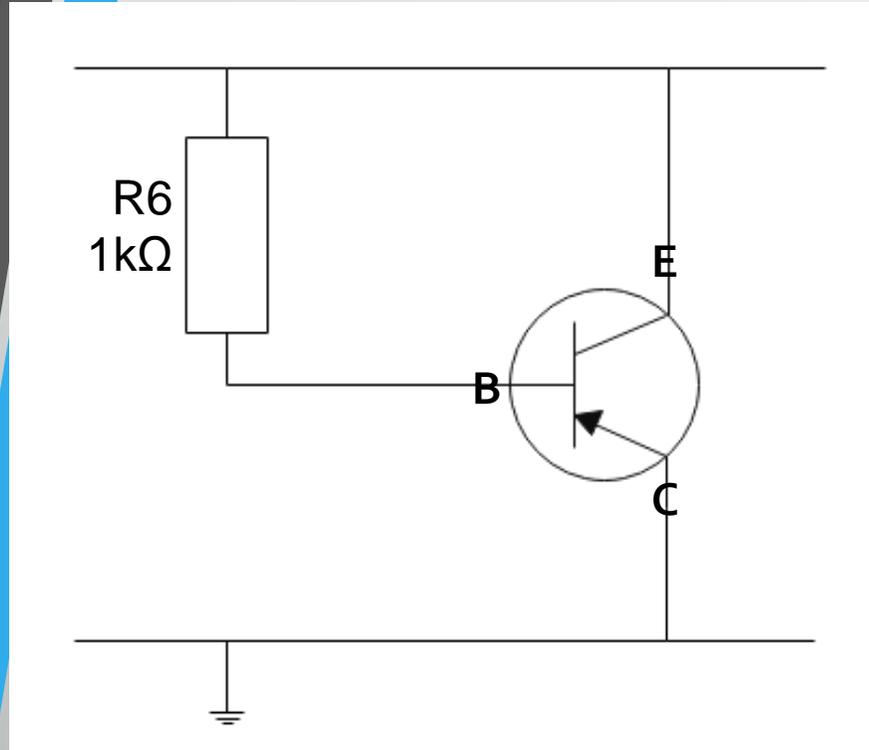
- On constate que le circuit a bien amplifié notre signal d'entrée.

$$U_s = U_e \left(1 + \frac{R_5}{R_4} \right)$$

$$U_s = U_e \times 11$$

$$14,3 \text{ V} = 1,3 \text{ V} \times 11$$

II.2.D. Etage D : Le transistor



→ Rôle et interprétations

Rôle de l'étage :

- Permet de commander la bobine

Fonctionnement :

- Possède une U_{seuil} qui correspond à 2 diodes en série, soit environ $2 \times 0,6V = 1,2V$
- Pour qu'il conduise, il faut : $U_{transistor} = V(E) - V(B) \geq 2V$ (dans l'idéal $V(B) = 10V$)
- Pour qu'il se bloque, il faut $U_{transistor} = V(E) - V(B) = 0V$ (soit $V(B) = 12V$)

Synthèse de la manip :

- Si la balle coupe le faisceau :
 - le capteur se comporte comme un interrupteur ouvert
 - l'AOP1 récupère la Tension $V_A = V_{CC} = 12V$
 - L'AOP2 n'amplifie pas la Tension car la limite de tension est 12V
 - $V(B)=V(E)=12V$
 - Donc le transistor se bloque, la bobine n'est plus alimentée
 - L'aimant redescend
- Si la balle n'atteint pas le faisceau :
 - Le capteur se comporte comme un interrupteur fermé
 - $V_A = V_A \times \left(\frac{R8}{R1+R8}\right) = 0,0005V$
 - V_C va diminuer, donc différence de potentiel entre $V(E)$ et $V(B)$ positive
 - Donc le transistor alimente la bobine
 - L'aimant remonte

Conclusion :

- Nos résultats :
 - Lorsque l'on étudie les étages séparément, chaque étage remplit son rôle
 - Problème : Lorsque l'on relie tous les étages ensemble, l'aimant ne se stabilise pas...
 - Explications ? Chaque étage nécessite un réglage très (trop) précis pour fonctionner, trouver les bons paramètres s'avère être délicat et requiert un investissement dépassant nos moyens
- Propositions d'améliorations/Solutions :
 - Réglage plus fin, acquisitions de nouveaux composants (phototransistor, LED infrarouge...)
 - Essaie avec d'autres bobines/Aimant
 - Autre méthodes/moyens de sustentation magnétique