

## Travaux Pratiques d'Electronique

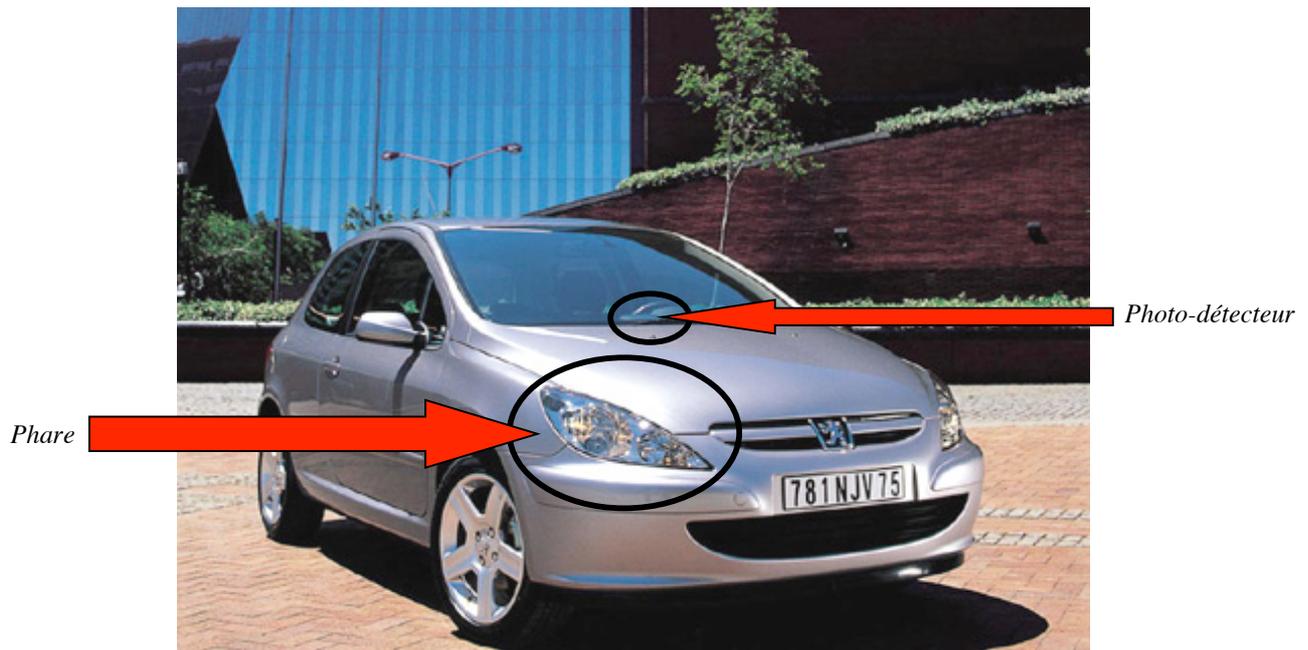
### ALLUMAGE AUTOMATIQUE DES PHARES D'UNE AUTOMOBILE EN CAS D'OBSCURITE

#### Introduction

L'électronique est un secteur qui est appelé à une forte croissance dans les années à venir. En effet, on a déjà assisté à l'explosion de la téléphonie mobile, des ordinateurs et des lecteurs DVD par exemple.

Un autre exemple de notre vie quotidienne est l'automobile : l'électronique y a été introduite par vagues successives. La première a été initiée en 1974 par les législations sur l'environnement qui ont conduit à l'introduction de commandes du contrôle du moteur. La deuxième a été déclenchée par l'introduction sur le marché de nouveaux dispositifs de sécurité comme l'ABS et l'airbag qui sont apparus respectivement en 1978 et 1982. La troisième vague provient de la large introduction des systèmes de transport intelligent qui sont entrés sur le marché en 1998. La cinquième vague, dont les premiers systèmes sont apparus en 2000, consiste à remplacer les systèmes mécaniques et hydrauliques, souvent lourds et coûteux, par des systèmes électroniques.

Dans ce TP, nous allons étudier un exemple simple de circuit électronique utilisé dans l'automobile "moderne" pour des raisons évidentes de sécurité : il s'agit du circuit d'allumage automatique des phares d'une automobile en cas d'obscurité. Cette fonction électronique est présente sur certains nouveaux modèles comme la Peugeot 307 (Figure 1) : un composant électronique appelé photo-détecteur (cela peut être une photo-diode, un photo-transistor ou une photo-résistance) situé sur le tableau de bord, réagit différemment selon qu'il est ou non exposé à la lumière. Ce photo-détecteur commande ainsi un circuit qui déclenche l'allumage ou l'extinction des phares de l'automobile.

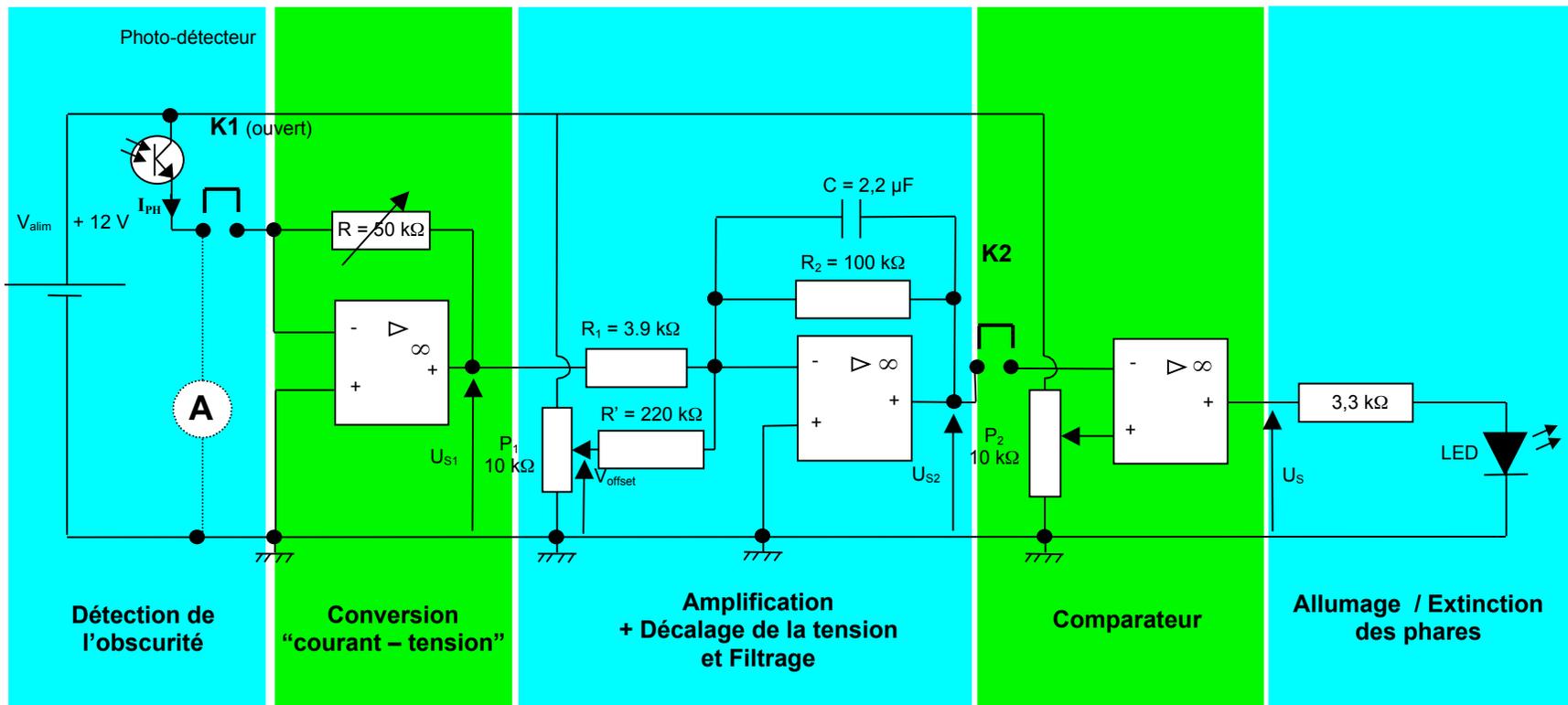


**Figure 1** : Exemple de circuit électronique dans une automobile "moderne" ; un photo-détecteur placé sur la planche de bord détecte l'obscurité (ou la lumière) et allume (ou éteint) automatiquement les phares.

#### Circuit "complet"

La figure 2 montre l'intégralité du circuit de commande d'allumage automatique des phares. Il est composé de plusieurs blocs fonctionnels :

- un bloc "détection de l'obscurité" qui est un photo-transistor alimenté sous + 12 Volts,
- un bloc effectuant la conversion "courant-tension",
- un bloc multi-fonctionnel (amplification, filtrage et décalage de la tension),
- un bloc "comparateur", dont la sortie permet de visualiser l'allumage ou l'extinction des phares.



**Figure 2** : Circuit d'allumage automatique des phares d'une automobile en cas d'obscurité :  
a) schéma théorique, b) photographie de la maquette utilisée en Travaux Pratiques.

## Manipulation

Nous allons à présent étudier chacun de ces blocs fonctionnels afin de bien comprendre le fonctionnement de ce circuit.

### 1. Détection de l'obscurité

Le montage de la figure 3 est le circuit de détection de l'obscurité qui comprend un photo-transistor alimenté sous + 12 Volts (batterie de l'automobile) : **le photo-transistor ainsi alimenté est un composant actif qui délivre un courant proportionnel à l'intensité lumineuse qu'il reçoit**. Considérons les deux cas extrêmes, à la lumière de la salle de TP et plongé dans l'obscurité totale (à l'aide du capuchon).

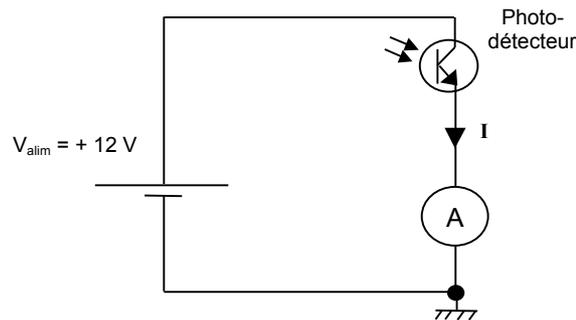


Figure 3 : Circuit de détection de l'obscurité.

Mesurer à l'aide de l'ampèremètre l'intensité des courants  $I_L$  (courant dans la lumière) et  $I_O$  (courant dans l'obscurité).

### 2. Conversion "courant / tension"

Les courants  $I_L$  et  $I_O$  obtenus en sortie du détecteur doivent être convertis en tensions. Le montage de la figure 4 réalise cette conversion : il utilise un amplificateur opérationnel idéal (voir annexe 1) fonctionnant en régime linéaire.

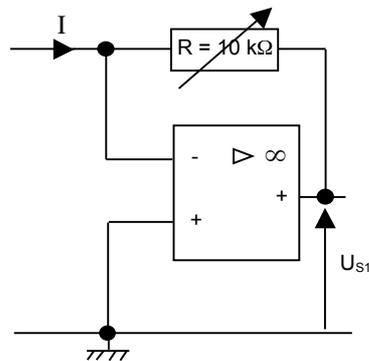


Figure 4 : Convertisseur "courant / tension".

**Brancher un cavalier K1 pour relier le photo-transistor au convertisseur courant / tension.**

- Exprimer la tension de sortie  $U_{S1}$  en fonction de  $I$  et de  $R$ .
- Lorsque le potentiomètre est en position "maximale" ( $R = 50 \text{ k}\Omega$ ), calculer les deux valeurs extrêmes de  $U_{S1}$  ( $U_{S1L}$  et  $U_{S1O}$ ) correspondant à  $I = I_L$  et  $I = I_O$
- Dans ces conditions, mesurer les tensions  $U_{S1L}$  et  $U_{S1O}$ .
- Connaissant la valeur du courant sous éclairage ( $I_L$ ), calculer la valeur de  $R$  pour obtenir aussi précisément que possible  $U_{S1L} = -400 \text{ mV}$ .
- Ajuster la valeur de  $R$ .

### 3. Amplification / Filtrage / Somme inversée

Les fonctions du montage de la figure 5 sont multiples :

- il permet d'**amplifier la tension**  $U_{S1}$  d'un facteur  $\sim 25$  ( $100 \text{ k}\Omega / 3.9 \text{ k}\Omega$ ),
- il permet de **décaler la tension**  $U_{S2}$ , pour l'annuler à l'obscurité (réglages d'offset avec P1).
- il permet de **filtrer les éventuels signaux parasites** notamment dus au fait que la lumière provenant des néons de la salle de TP n'émet pas de façon continue,

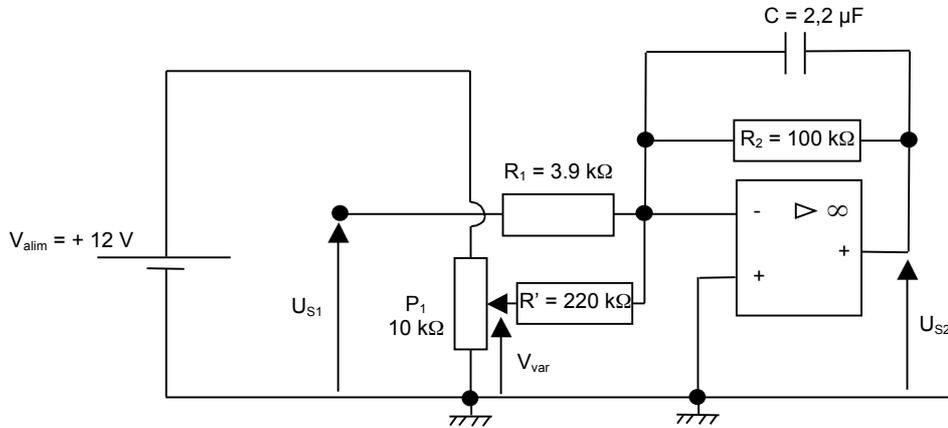


Figure 5 : Amplificateur, filtre et sommateur inverseur.

- Mesurer avec le voltmètre  $U_{S2L}$  et  $U_{S2O}$  (tensions continues sous éclairage et dans l'obscurité).
- Régler le potentiomètre P1 de manière à annuler la tension de sortie  $U_{S2O} = 0V$  correspondant à l'obscurité. Dès lors, quelle est la valeur de  $U_{S2L}$  ?
- En se plaçant en mode « DC » et sans le condensateur C, observer à l'oscilloscope le signal de sortie. Mesurer l'amplitude et la fréquence des ondulations.
- Connecter le condensateur C et en restant en mode « DC » observer à l'oscilloscope le signal de sortie. Que dire sur la forme d'onde de ce signal ( continu, alternatif, aléatoire, périodique, ... ) ?
- En se plaçant en mode « AC » pour n'observer à l'oscilloscope que l'ondulation résiduelle, ajuster le calibre en tension pour mesurer l'amplitude des ondulations.
- Que conclure sur le rôle de ce condensateur?

### 4. Comparateur

Brancher un cavalier K2 ( $U_{S2} \rightarrow U_{E+}$ ) afin de relier les deux parties du circuit.

- Régler le potentiomètre P2 de telle sorte que la tension de référence soit égale à :  $U_{E+} = 3V$ .
- Vérifier qu'en réduisant l'intensité lumineuse en approchant la main du détecteur, on observe bien que le voyant de la LED s'allume.

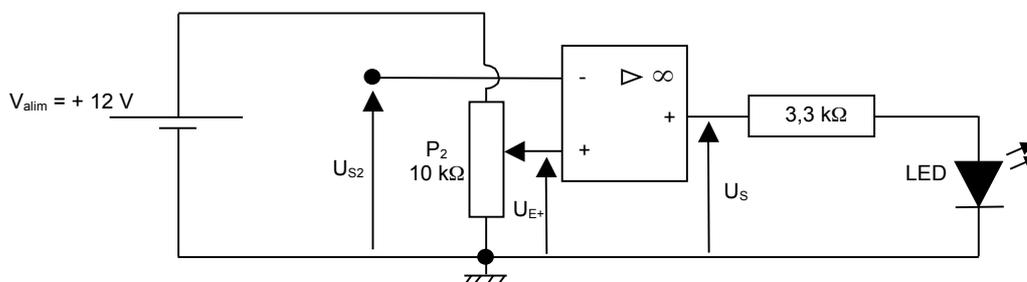


Figure 6 : Comparateur et circuit de sortie.

**Remarque :** dans ce circuit, la LED (Diode Electro-Luminescente – DEL en français –) symbolise un des phares de l'automobile. Ce circuit de sortie fonctionnerait de la même manière par la mise en série d'une diode classique (qui se comporte comme un interrupteur fermé ou ouvert selon la tension à ses bornes) et une ampoule électrique (c'est-à-dire le phare).

# ANNEXE 1 : L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

## I. Présentation de l'Amplificateur Opérationnel

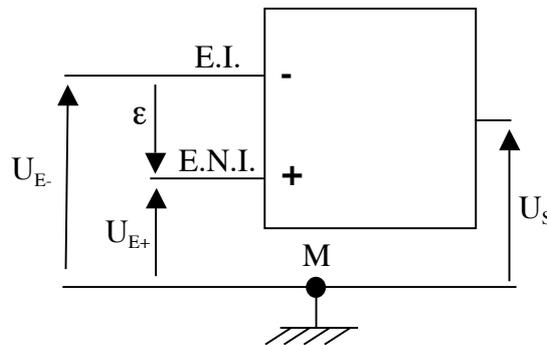
### 1) Introduction

L'amplificateur opérationnel (souvent appelé Ampli. Op. ou A.O.) est un amplificateur de différence réalisé en technologie intégrée. Il est conçu à partir d'un support de silicium (la "puce") et sous des dimensions extrêmement réduites (1 à 2 mm<sup>2</sup>), il comprend un ensemble de transistors, de condensateurs, de résistances... Ces composants sont réalisés à l'intérieur même du cristal, d'où le nom de circuit intégré.

D'un prix très faible, d'un encombrement extrêmement réduit, ces circuits intégrés ont des domaines d'application très variés : informatique, électronique, spatial, électroménager, automobile, .....

### 2) Définition

Le schéma est donné sur la figure ci-dessous :



L'A.O. comprend essentiellement 2 bornes d'entrées (Entrée Non Inverseuse et Entrée Inverseuse) et une borne de sortie.

Toutes les tensions sont prises par rapport à une masse de référence M.

Ainsi la tension de sortie s'écrira :

$$U_{SM} = V_S - V_M = U_S = V_S$$

si l'on suppose que le potentiel de référence du point M est pris comme étant égal à 0.

La tension de sortie U<sub>S</sub> est reliée aux tensions appliquées sur les entrées par la relation algébrique :

$$U_S = A ( U_{E+} - U_{E-} ) = A \cdot \epsilon$$

A étant le facteur d'amplification différentielle de l'A.O. .

Cette relation correspond à un A.O. parfait (idéal).

## II. L'A.O. idéal (ou parfait)

### 1) Hypothèses d'idéalisation

\* Le facteur d'amplification **A** est supposé **infini**

\* Le facteur d'amplification **A** est supposé **indépendant de la fréquence** (on dit que la bande passante de l'A.O. est infinie)  
\* La **résistance de sortie est nulle**  
\* Les **impédances d'entrée** de mode commun  $Z_{E+}$ ,  $Z_{E-}$  et l'**impédance d'entrée** différentielle  $Z_{E+ - E-}$  ( $Z_d$ ) sont **infinies**

## 2) Conséquences de l'A.O. idéal ( $U_S = A \cdot \varepsilon$ )

- Si  $\varepsilon \neq 0 \rightarrow U_{E+} \neq U_{E-} \rightarrow U_S$  devient très grand ; mais comme on ne peut dépasser la valeur de la tension d'alimentation ( $U_S \approx U_{SAT}$ , on dit que l'A.O. est saturé): on définit alors le **régime saturé**, d'où l'application à l'utilisation de l'A.O. en commutation.

- Si  $\varepsilon = 0$ , les 2 entrées sont au même potentiel  $U_{E+} = U_{E-}$ . (il faut évidemment que  $U_S < U_{SAT}$ ) ; on définit alors le **régime linéaire**.

- Les courants d'entrée sont nuls :  $i_+ = i_- = 0$ . Ceci est la conséquence des impédances d'entrée infinies.

## 3) Conditions d'utilisation de l'A.O.

Si l'A.O. fonctionne en régime linéaire, en boucle fermée (contre réaction), la tension de sortie reste inférieure à  $U_{SAT}$ .

$$\text{Donc : } \varepsilon = U_{E+} - U_{E-} < \frac{U_{SAT}}{A}$$

En boucle ouverte (sans retour sur l'entrée inverseuse), l'amplification est trop importante et on atteint en régime saturé :  $\varepsilon > 0 \text{ V} \Rightarrow U_S = + U_{sat} (\sim 13\text{V})$  et  $\varepsilon < 0 \text{ V} \Rightarrow U_S = - U_{sat} (\sim -13\text{V})$

Pour utiliser l'A.O. en régime linéaire, il faut donc appliquer une contre-réaction (rebouclage par l'intermédiaire d'un dipôle ou quadripôle de la sortie vers l'entrée inverseuse) qui a pour effet de réduire l'amplification globale du montage  $A_V$  par rapport à l'amplification  $A$  de l'A.O. en boucle ouverte. Ce gain en tension n'est plus fixé que par les éléments (R,C,L) de la boucle de contre réaction .