

## Un détecteur de charges électriques

par Fabienne LECOUTRE et Philippe GESSET  
Collège de l'Orbellière - 45160 Olivet

---

### INTRODUCTION

Cet article est né d'une question posée par une élève en cours de physique. Celle-ci a éveillé en moi le souci de vouloir rendre plus performant une partie du cours et de permettre aux élèves de réaliser ce détecteur. Pour cela, le professeur de technologie et moi-même avons travaillé en étroite collaboration pour concrétiser nos objectifs communs, en mettant en place un projet ayant pour but l'assouvissement d'un besoin que j'ai perçu dans ma classe de quatrième. Nous nous sommes rendus compte que les élèves avaient fortement apprécié cette mise en commun et qu'ils avaient montré un intérêt certain pour cette production. Lors d'une séance, on a replacé leur réalisation au sein du cours de physique et il s'avère que l'ensemble de la classe perçoit de façon très différente le phénomène d'électrisation. Ils conçoivent désormais parfaitement son origine et peuvent en expliquer le pourquoi. Le résultat de ce travail est donc, d'une part, la réalisation d'une vingtaine de détecteurs servant en auto-équipement pour les années à venir et, d'autre part, une double évolution pour mon enseignement et pour l'apprentissage des enfants.

\* \* \*

Il apparaît comme impossible d'estimer le nombre de professeurs qui ont subi les «caprices» du pendule électrostatique en abordant le programme de physique de quatrième.

Le détecteur de charges électriques représente un moyen d'éviter de justifier auprès des élèves un mauvais fonctionnement du pendule lors d'un temps humide et d'interpréter un comportement restant complexe pour ce niveau d'enseignement.

A partir de ce détecteur, il est possible d'effectuer une série de manipulations permettant d'illustrer, aux yeux des élèves, les propriétés

des conducteurs et des isolants, ainsi que de distinguer les charges positives et négatives.

Tout le principe de l'appareil se base sur la variation dans de grandes proportions, de la résistance d'un semi-conducteur par l'application d'un champ électrique de commande.

## 1. RÉALISATION DU DÉTECTEUR

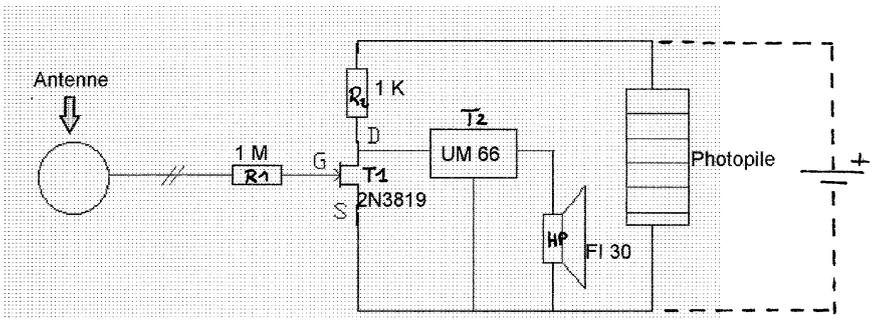
### 1.1. Matériel

- Un boîtier «ABS» box Cp 10.
- Une plaque époxy présensibilisée positif 40 × 65 mm.
- Une antenne 110 mm Ø 0,5 mm.
- Un photopile solems (1,5 V ; 10 A) 200 lux.
- Deux résistances 1/4 W : 1 K $\Omega$ , 1 M $\Omega$ .
- Un transistor à effet de champ 2N 3819.
- Un UM 66.
- Un buzzer FI 30 transducteur piézo.

Prix de revient approximatif : 20 F.

### 1.2. Montage

Schéma du circuit.



**Figure 1 :**  $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$  ;  $T_1 = 2\text{N } 3819$   
 $R_2 = 1 \text{ K}\Omega$  ;  $T_2 = \text{UM } 66$

● --- choix de l'alimentation  
 par pile ou photopile

Schéma du circuit imprimé alimenté par pile et schéma montrant le branchement des appareils sur le circuit.

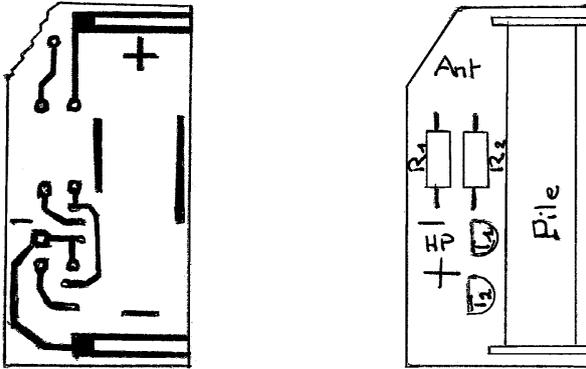


Figure 2 : Typon.

### 1.3. Quelques remarques

Le choix de l'antenne quant à sa forme, dépend du bon vouloir de chacun, le principal étant qu'elle tienne peu de place à l'extérieur du boîtier et qu'on puisse fixer dessus des fils conducteurs ou des isolants pour des expériences éventuelles.

Afin de pouvoir choisir l'alimentation par pile ou par photopile, prévoir sur le boîtier un cache pour empêcher l'éclairement de la photopile dans le cas où l'on déciderait que ce soit la pile qui débite.

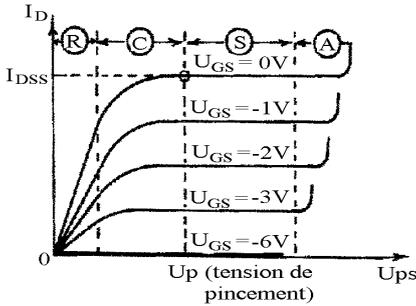
## 2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU TRANSISTOR À EFFET DE CHAMP (TEC)

Le transistor à effet de champ est un dispositif à trois électrodes dont les deux extrêmes (nommées **drain** et **source**) sont reliées par un semi-conducteur dopé N nommé Canal. Les jonctions entre la troisième électrode, la grille et le canal, sont bloquées lorsque le dispositif fonctionne. Alors la tension entre la grille et le canal est toujours négative ou nulle. Ainsi la tension  $U_{GS}$  influe particulièrement sur le courant traversant le canal appelé courant de drain  $I_D$ .

### 2.1. Caractéristiques d'un TEC

Dans la zone dite résistive le TEC se comporte comme une résistance linéaire.

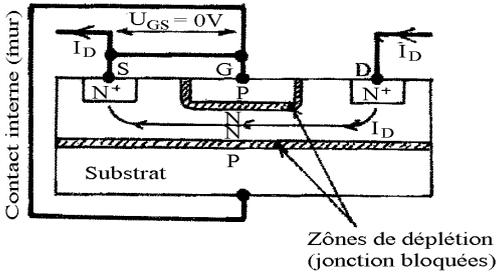
Remarquons que plus  $U_{GS}$  est négative, plus  $I_D$  est faible, donc la résistance comprise entre D et S est d'autant plus élevée.



**Figure 3 :** R : zone résistive ; S : zone de saturation  
C : zone de coude ; A : zone d'avalanche

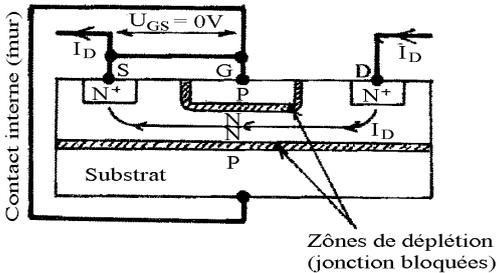
**2.2. Explication du phénomène**

(d'après l'ouvrage «Électronique pratique»)



**Figure 4**

Le canal n'est pas totalement conducteur à cause des zones de déplétion créées par le blocage de la jonction.



**Figure 5**

Les diodes grille / canal et canal / substrat sont polarisées en inverse ; la zone de déplétion gagne du terrain : le canal s'étrangle, la résistance augmente.

– Pour  $U_{GS} = 0$ ,  $R_{DS}$  est minimale et pour les TEC courants  $5 \Omega < R_{DS} < 200 \Omega$ .

– Il est difficile de mesurer  $R_{DS}$  maximale.

On donne plutôt  $U_{GS}$  :

$$U_{GS} = -2 \text{ à } -8 \text{ V pour } I_D < 10 \text{ nA}$$

ce qui sous  $U_{DS} = 1 \text{ V}$  donne  $R_{DS} = 100 \text{ M}\Omega$ .

### 2.3. Intérêt de la photopile

Afin de dissocier, dans l'esprit des élèves, les faits extérieurs provenant de l'électrification d'une surface, du principe de fonctionnement de l'appareil, ainsi que d'éviter une confusion entre l'alimentation à l'aide d'une pile normale délivrant elle-même des charges électriques et des charges se rattachant au phénomène électrostatique, il est intéressant d'utiliser une photopile comme source d'énergie.

### 2.4. Expérience utilisant le détecteur.

#### *Différenciation des charges positives et négatives*

Électrifier une règle en plastique et l'approcher du détecteur : il émet une mélodie (faire la contre-expérience).

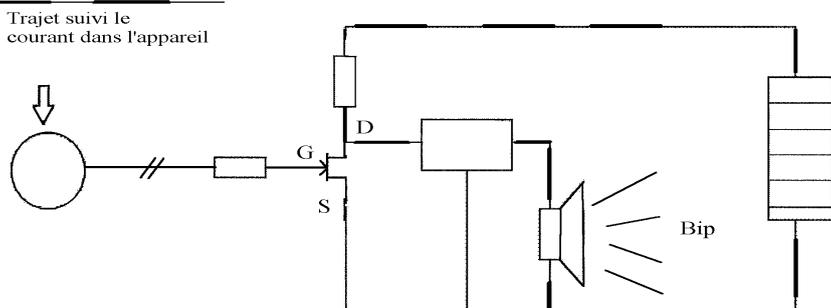
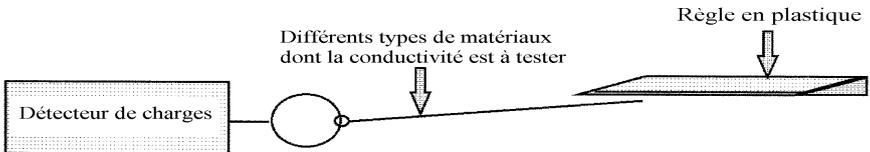


Figure 6

Faire de même avec une baguette de verre et remarquer que le détecteur fonctionne cette fois quand on éloigne la baguette (ce

comportement s'explique par la présence des capacités grille / drain (capacité d'entrée) et grille / source (capacité de transfert inverse) constituées par toute jonction PN, qui provoquent une rétroaction de la sortie sur l'entrée du transistor (ce phénomène est appelé **effet Miller**).

### *Différenciation des conducteurs et des isolants*



**Figure 7**

La règle est électrisée avec un bout de laine et donc chargée négativement.

Fixer à l'antenne :

- des fils de cuivre, fer...
- des fils de nylon, laine...

conclure.

### **BIBLIOGRAPHIE**

- A. PÉREZ-MAS et J.-M. FOUCHET : «*Électronique pratique*», collection Dunod.
- *Génération électronique n° II*, septembre 1994.