

# SEMICONDUCTEURS

*Les notes d'applications sont destinées à donner des exemples pratiques de réalisations utilisant les semiconducteurs "R.T.C.". Elles comprennent des schémas avec valeurs des éléments<sup>(1)</sup> et des explications succinctes mais suffisantes pour la bonne compréhension des circuits et la réalisation des montages. Les notes d'applications ont un caractère essentiellement pratique et ne comportent presque pas d'exposés théoriques.*

*Elles ont pour but d'aider les techniciens à résoudre leurs problèmes, en les faisant bénéficier de l'expérience de nos laboratoires de développement et d'applications.*

(1) Certains composants sont à titre indicatif définis par des numéros de code; ce qui n'entraîne pas forcément la possibilité de fourniture des éléments considérés.

## **DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE OU DE SÉCURITÉ DISPOSITIFS DE RÉGULATION PAR TOUT OU RIEN**

### **INTRODUCTION**

Fréquemment, dans l'industrie, il est nécessaire de veiller à ce qu'une grandeur (température, pression, niveau, vitesse etc...) demeure au-delà ou en deçà d'une certaine valeur, il faut qu'un dispositif donne l'alarme ou même actionne un organe si cette grandeur sort des limites prédéterminées

Au niveau du circuit détectant le dépassement de seuil, le problème se pose toujours sensiblement de la même façon. Dans la plupart des cas, un circuit standard équipé du BRY 39 demandera simplement à être adapté au capteur approprié pour apporter la solution à différents problèmes de cette nature.

Nous nous proposons de décrire ici quelques circuits fondamentaux, très simples qui mettent à profit les propriétés bistables du BRY 39 et sa sensibilité au déclenchement, à l'aide desquels on pourra réaliser une grande variété d'appareils en associant tel ou tel autre capteur sans modification majeure du circuit.

## I - PRINCIPE DU DETECTEUR D'EQUILIBRE EN REGIME CONTINU

Sachant que le déclenchement de l'élément bistable BRY 39 a lieu dès que l'on fait apparaître un certain courant (quelques micro-ampères ou dizaines de micro-ampères) dans le circuit porte cathodique - cathode, on peut concevoir un détecteur d'équilibre tel que celui décrit par la figure 1.

Le déclenchement a lieu dès que  $V_G$  est supérieur à  $V_K$  d'une quantité suffisante pour que la jonction porte cathodique-cathode voie circuler un courant direct. Pour cela il faut donc que

$$V_G > V_K + V_{GK}$$

$V_{GK}$  désignant la chute de tension directe apparaissant sur cette jonction sous l'effet du courant de commande. Dès que le courant de commande  $I_{GK}$  est supérieur à la valeur de déclenchement  $I_{GKT}$ , le dispositif devient totalement conducteur, le courant n'étant limité dans les circuits d'anode, de porte anodique et de cathode, que par les charges qui y sont placées.

Au déclenchement, l'équilibre doit être imparfait, puisqu'il faut que :

$$V_G > V_K + V_{GK}$$

donc

$$V_G \neq V_K$$

Cependant, notons que :

- 1 - Ceci n'est pas un inconvénient si la tension  $V_O$  (fig. 1) est stable,
- 2 - D'autres montages plus élaborés permettent de réaliser une compensation assurant le déclenchement exactement à l'équilibre ( voir § IV).

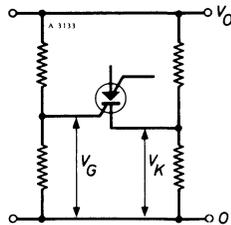


Fig. 1

## II - EXPLOITATION DE CE PRINCIPE

Le circuit de la figure 2 met ce principe en application pour réaliser un dispositif de surveillance à ouverture de circuit.

En effet, l'appareil est mis en service dès que, appuyant sur le bouton poussoir, on établit le circuit de relais qui est alors auto-entretenu.

Un capteur résistif placé en  $R_3$  (ou  $R_1$ ) définira le potentiel  $V_G$  (ou  $V_K$ ). Dès que la résistance caractéristique du capteur dépasse une certaine valeur supérieure (ou inférieure, il s'agit de  $R_1$ ), le BRY 39 devient conducteur et la tension d'alimentation du relais est alors, momentanément, abaissée, voire annulée. En effet, la chute de potentiel apparaissant aux bornes de  $R_0$  provoque une sous-alimentation du relais pendant un délai suffisamment long pour que la palette du relais auto-entretenu se décolle. Dès lors le circuit n'est plus alimenté et il faudra réarmer pour le replacer à l'état de surveillance.

Dans ce circuit, la tension d'alimentation du pont est stabilisée par une diode ZENER. La valeur de cette tension d'alimentation n'aura, en général, pas d'importance ; il est seulement

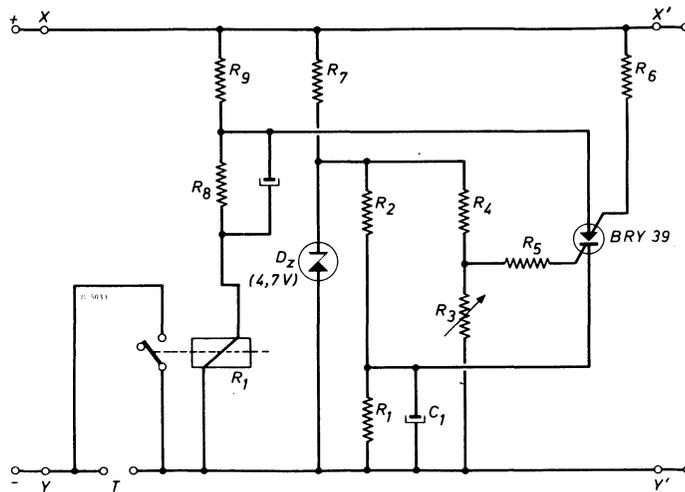


Fig. 2 - Dispositif de surveillance ( à ouverture du circuit )

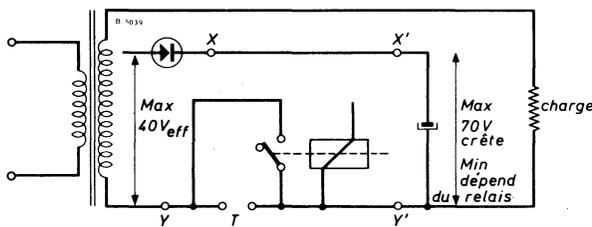


Fig. 2 bis - Exemple d'insertion du dispositif de surveillance dans le circuit à couper

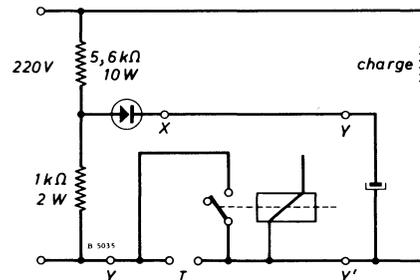


Fig. 2 ter - Autre exemple d'insertion du dispositif de surveillance dans un circuit à couper alimenté par le réseau

essentiel que la tension inverse entre porte cathodique et cathode n'atteigne jamais la valeur de claquage minimale garantie (5 V).

Les figures 2 bis et 2 ter montrent comment ce dispositif peut être inséré dans le réseau d'alimentation d'une charge.

### Exemples d'applications de ce type de circuit

#### A - Barrages photo-électriques

Supposons que  $R_3$  soit constituée par une cellule photo-résistante ou une photo-diode.

$R_4$  peut être ajustée pour qu'une valeur donnée, minimale, de l'intensité lumineuse excitant l'élément photo-sensible provoque le déclenchement donc l'ouverture du relais.

A titre d'exemple, ce dispositif peut constituer un détecteur de fumées - La cellule étant éclairée à travers le conduit, le relais s'ouvre dès que l'opacité de ces fumées dépasse un certain seuil critique.

#### B - Disjoncteur électronique

On peut alimenter le circuit de commande (porte cathodique) par un transformateur de courant. Dès qu'une surcharge en courant apparaît sur le réseau la d d p apparaissant au secondaire du transformateur fera apparaître le courant de commande dans le circuit de porte cathodique. Le réglage du seuil peut être obtenu par action sur  $R_1$ .

### III - VARIANTE AUTOUR DE CE PRINCIPE - DISPOSITIF DE SURVEILLANCE A FERMETURE DU CIRCUIT

La figure 3 constitue la description d'un tel circuit dont le fonctionnement est rigoureusement comparable à celui du système précédent, à ceci près que le relais est ici appelé à fermer le circuit lorsque le BRY 39 est déclenché. De la même façon, le dispositif est réarmé par action sur le bouton poussoir à ouverture (décollage du relais).

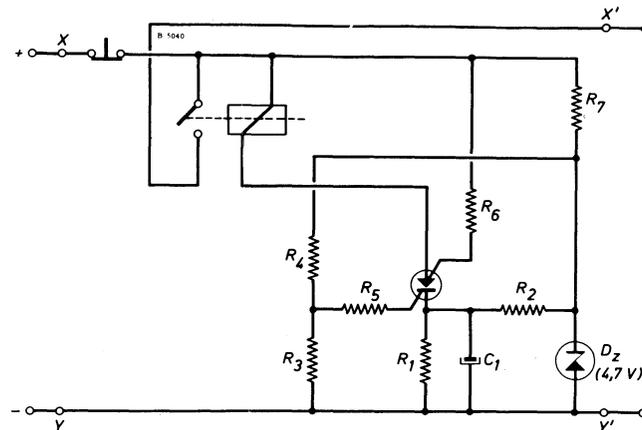


Fig. 3 - Dispositif de surveillance ( à fermeture du circuit )

#### Exemples d'applications de ce circuit

##### A - Interrupteur crépusculaire

Si un élément photosensible (photo-résistance ou photo-diode) est placé en  $R_3$  le relais établira l'alimentation d'un dispositif d'éclairage dès que l'intensité lumineuse excitant la cellule tombera en-dessous d'une certaine valeur.

##### B - Sécurité sur un appareil de chauffage

L'alimentation de l'appareil sera coupée dès que la température atteindra une valeur telle que la résistance d'une CTP placée en  $R_4$  (ou  $R_1$ ) prendra elle-même une valeur limite conduisant au déclenchement du BRY 39.

### IV - EXPLOITATION DE CE PRINCIPE A UNE DETECTION MINI-MAXI

La fermeture et l'ouverture d'un circuit peuvent être assurées en fonction de deux seuils de valeurs déterminées d'un capteur résistif placé dans un pont commun aux circuits, de deux

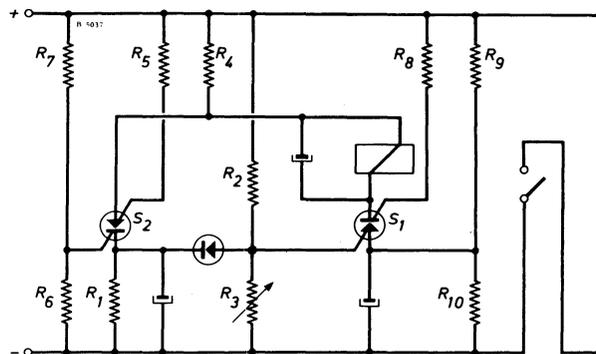


Fig. 4 - Dispositif de surveillance mini-maxi  
Alimentation continue

éléments BRY 39. La charge anodique étant commune à ces deux éléments, le déclenchement de l'un entraîne l'extinction de l'autre. Le réglage des seuils se fera par  $R_1$  ou  $R_2$  d'une part (maximum) et par  $R_6$  et  $R_7$  d'autre part (minimum).

Le montage se prête particulièrement à une régulation par tout ou rien. En effet, lorsque  $R_3$  varie, une augmentation de la valeur de cette résistance se traduit par le déclenchement de  $S_1$  et par conséquent, collage du relais. Si la valeur de  $R_3$  diminue, le potentiel de cathode de  $S_2$  (alors bloqué) diminue également de sorte  $S_2$  se déclenchera pour une certaine valeur de  $R_3$ , le potentiel de porte cathodique étant constant.

Il importe de choisir la résistance  $R_9$  de telle sorte que lorsque  $S_1$  est bloqué, le courant circulant dans le relais ( $R_{10}$ ) soit insuffisant pour assurer le maintien de la palette.

On peut s'affranchir de cet impératif si l'on place le relais dans le circuit anodique de  $S_1$  ou, mieux encore, dans le circuit de porte anodique de ce même élément (Voir fig. 5).

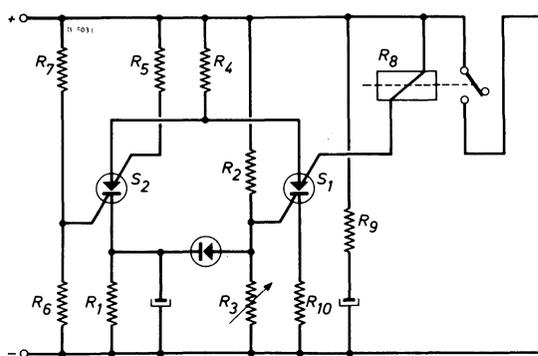


Fig. 5

La diode reliant  $R_3$  et  $R_1$  n'est pas toujours nécessaire, car elle évite simplement que le capteur ne soit traversé par le courant anode-cathode de  $S_2$ .

Il convient d'alimenter ce dispositif par une tension stabilisée, à moins, comme nous l'avons déjà signalé précédemment, de faire appel à un montage compensé au niveau de la détection.

### Exemples d'applications

#### A - Régulation de température

La résistance  $R_3$  peut-être une thermistance (CTN ou CTP). On peut employer une CTN de sorte que le relais se décollera lorsque la température atteindra une valeur limite supérieure.

L'alimentation du système de chauffage sera ainsi coupée. La décroissance de la température entraîne alors une augmentation de  $R_3$  et pour la valeur limite inférieure de la température, l'élément  $S_1$  est à nouveau déclenché et assure l'excitation du relais.

#### B - Interrupteur crépusculaire

La réalisation d'un interrupteur crépusculaire à l'aide du système au paragraphe III ne sera pas toujours satisfaisante. La mise en service de l'éclairage est assurée mais pas la coupure.

Le montage des figures 4 ou 5 qui vient d'être décrit remplit les deux fonctions souhaitées  $R_3$  étant alors une photo-diode ou une photo-résistance.

## Remarques

Compte tenu des limites du courant acceptable dans le circuit de porte anodique du BRY 39, l'intensité maximale disponible, dans le circuit du relais (fig. 5) est de 50 mA. Si l'on veut commander des relais consommant jusqu'à 1 A, on peut associer au montage de cette figure le circuit de la figure 6. Entre 1 et 6 A, on pourra faire appel au circuit de la figure 7.

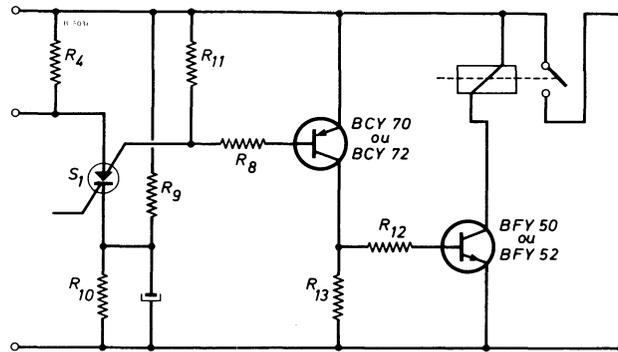


Fig. 6

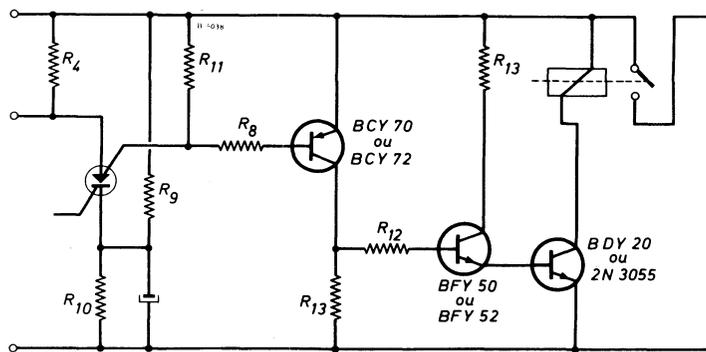


Fig. 7

## V - COMPENSATION DU SEUIL DE DECLENCHEMENT

Les circuits détecteurs que nous venons de décrire mettent à profit le caractère bistable du BRY 39. Le déclenchement de cet élément est obtenu dès que le courant de commande dépasse une certaine valeur.

La caractéristique d'entrée est celle d'une jonction PN opérant en direct. Il en résulte que lorsque le courant de commande circule, il existe une tension positive entre porte cathodique et cathode qui définit au moment du déclenchement un certain seuil.

Cette  $d d p$  est comparable à la chute de tension existant aux bornes d'une diode parcourue par un courant direct.

En choisissant une diode au silicium de caractéristique convenable, on peut compenser pratiquement complètement ce seuil et faire des dispositifs précédents des détecteurs de zéro.

Le déclenchement aura lieu à l'équilibre parfait d'un système en pont et la détection sera précise et pratiquement indépendante de la tension d'alimentation.

### Principe de compensation de ce seuil

Ce principe est illustré par le circuit représenté par la figure 8. Le courant de com-

mande  $I_{GK}$  circule entre porte cathodique et cathode donc à travers  $R_K$  et atteint, au moment du déclenchement la valeur critique  $I_{GKT}$ . Dans ces conditions, la d d p entre porte cathodique et cathode sera désignée par  $V_{GK} = V_{GKT}$ .

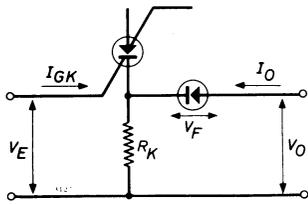


Fig. 8

Nous pouvons écrire :

$$V_E = V_{GK} + V_{RK}$$

or

$$V_{RK} = R_K \cdot (I_O + I_{GKT})$$

et en outre

$$V_O = V_F + R_K (I_O + I_{GKT})$$

Par conséquent

$$V_E = V_{GKT} + V_O - V_F$$

et il suffira de choisir  $I_O$  pour que la chute de tension  $V_F$  apparaissant aux bornes de la diode soit égale à  $V_{GKT}$  pour qu'au moment du déclenchement nous réalisons exactement la condition :

$$V_E = V_O$$

Le dispositif constitue alors un détecteur d'équilibre théoriquement parfait :

il convient de remarquer que, en considérant les caractéristiques d'éléments actuels la compensation nécessitera, en général

$$I_O > I_{GKT}$$

Dans la plupart des cas (exemples fig. 9 et 10), l'impédance interne des sources délivrant  $V_E$  et  $V_O$  ne sera pas nulle. Si nous les désignons par  $R_E$  et  $R_O$ , respectivement, nous devons écrire, dans les conditions de déclenchement :

$$V_E - R_E \cdot I_{GKT} = V_{GKT} + R_K (I_O + I_{GKT})$$

sachant que

$$R_K (I_O + I_{GKT}) = V_O - V_F - R_O I_O$$

nous obtenons

$$V_E = V_O + (V_{GKT} - V_F) + (R_E I_{GKT} - R_O I_O)$$

la compensation implique alors l'annulation de chacun des termes complémentaires ou l'annulation de leur somme algébrique.

#### - Mise au point de la compensation

On réalisera le circuit comme le montre la figure 11, c'est-à-dire que la connexion

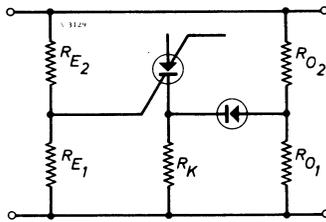


Fig. 9

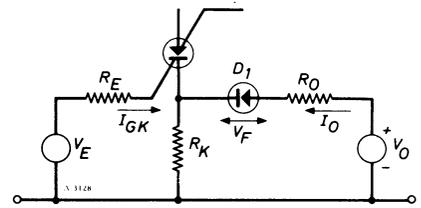


Fig. 10

de porte cathodique sera provisoirement reliée au circuit intéressant la cathode. Les circuits d'anode et de porte anodique seront alimentés et chargés dans les conditions d'exploitation (rappelons qu'elles ont une influence sur la valeur de  $I_{GKT}$ ).

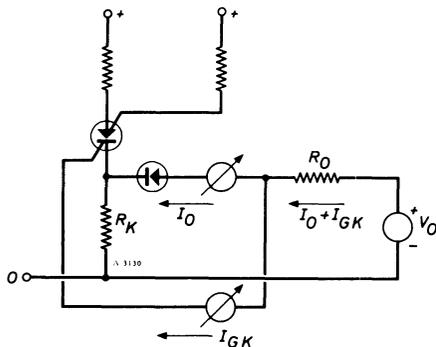


Fig. 11

Dans le circuit de la figure 11, nous pouvons écrire que lorsque les conditions de déclenchement sont réalisés

$$V_O - R_O (I_{GKT} + I_O) = V_O - V_F + V_{GKT} - R_O (I_{GKT} + I_O)$$

soit

$$V_{GKT} - V_F = 0$$

$V_F$  étant une fonction de  $I_O$ , il suffira de régler la valeur de  $R_K$  qui définit  $I_O$  en partant de valeurs élevées pour rencontrer, pendant la décroissance, les conditions pour lesquelles le déclenchement a lieu. En se plaçant pour  $R_K$  juste en deçà de la valeur pour laquelle le déclenchement apparaît, on mesure  $I_O$  et  $I_{GKT}$ . Dans ces conditions, la valeur lue pour  $I_{GKT}$  est très voisine de la valeur  $I_{GKT}$ , à laquelle nous pourrions l'assimiler, et nous savons que pour la valeur  $I_O$ , la compensation

$$V_{GKT} = V_F$$

est assurée.

On déconnecte alors le circuit de porte cathodique dans lequel on va faire passer un courant  $I_{GK}$  égal à la valeur lue précédemment (pratiquement égale à  $I_{GKT}$ ) à l'aide d'un générateur de courant extérieur, et l'on retouche le réglage de  $R_K$  de façon à ce que l'on retrouve dans le circuit un courant égal à  $I_O$  (valeur précédemment lue).

Nous aurons ainsi rétabli les conditions de compensation. Si l'impédance interne de la source attaquant le circuit de porte cathodique est maintenant choisie, dans les conditions d'exploitation égale à

$$R_E = \frac{I_O}{I_{GKT}} \cdot R_O$$

la compensation est totalement réalisée.

#### - Stabilité de la compensation avec la température

Reprenons la relation de base

$$V_E = V_O + (V_{GKT} - V_F) + (R_E I_{GKT} - R_O I_O)$$

le premier terme complémentaire

$$V_{GKT} - V_F$$

peut demeurer sensiblement nul dans une large gamme de température, car la dérive de la chute de tension directe dans la diode est du même ordre de grandeur que celle de la tension directe  $V_{GK}$  (environ 2 à 3 mV/°C pour des éléments au silicium).

Par contre, s'il est nul à la température ambiante, le second terme complémentaire tendra à devenir négatif lorsque la température augmente, car  $I_{GKT}$  diminue quelque peu avec la température tandis que  $I_O$  tend à augmenter. En effet,  $V_O$  étant constant  $V_F$  diminuant,  $I_O$  tend à augmenter.

En conclusion, la stabilité sera d'autant meilleure que les impédances de source  $R_E$  et  $R_O$  seront plus faibles.

#### - Précision de la compensation

Les tolérances sur la valeur de la chute de tension directe dans une diode comme sur la valeur de la tension base émetteur d'un transistor ou la tension porte cathodique cathode d'un S.C.S. sont, tout au plus  $\pm 100$  mV, s'il s'agit d'éléments au silicium diffusé. Par conséquent, par un calcul appliqué aux valeurs moyennes l'erreur sur la quantité

$$V_{GKT} - V_F$$

pourra être limitée à 200 mV sans mise au point

A l'aide d'une mise au point effectuée comme nous l'avons exposé ci-dessus, on peut limiter l'erreur, à la température ambiante, à quelques mV.

Une bonne compensation du second terme complémentaire implique soit des impédances de sources faibles, de l'ordre de  $100 \Omega$ , si l'on veut maintenir l'erreur inférieure à quelques mV, soit une bonne connaissance du rapport  $I_O / I_{GKT}$ .

#### - Exploitation du dispositif

Dans la plupart des cas, la résistance  $R_K$  devra avoir une valeur élevée de sorte qu'elle constituera une charge trop importante. Afin que la conduction du S.C.S. puisse avoir lieu à travers une impédance plus faible, on pourra réaliser le circuit comme le montre la figure 12.

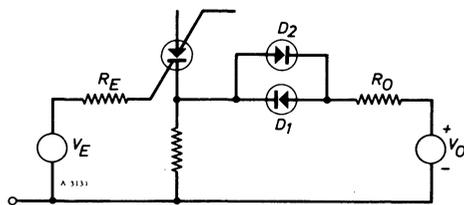


Fig. 12

Avant le déclenchement, la diode  $D_1$  assure la compensation et se trouve polarisée en direct. Dès que le déclenchement a eu lieu le courant circulera à travers  $D_2$  et par conséquent  $R_O$  (valeur recherchée faible).

#### - Variante de ce principe

Cette méthode de compensation illustrée par la figure 13 est moins originale d'une part et d'autre part, présente l'inconvénient de déplacer le niveau de référence du circuit d'entrée. Cependant, sa mise au point peut être plus simple, dans certains cas.

Le courant qui circule dans la diode est ici ajusté par action sur la valeur de  $R_O$  et

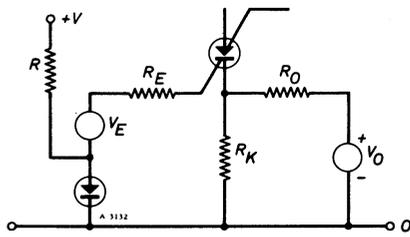


Fig. 13

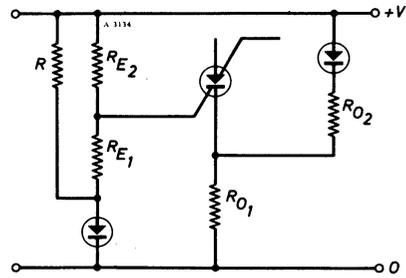


Fig. 14

de la même façon, il convient de faire en sorte que

$$V_F = V_{GKT}$$

Notons que lorsque l'on exploite ce dispositif et que les tensions  $V_E$  et  $V_O$  sont définies par un pont de résistance (Voir figure 14), il convient si l'on veut détecter précisément l'équilibre du pont de disposer une seconde diode dans la branche du pont affectant la cathode.

Lorsque les chutes de tension aux bornes de chacune de ces diodes sont égales entre elles et égales à  $V_{GKT}$ , le dispositif détectera, effectivement, l'équilibre. On tiendra compte des impédances de source si nécessaire, comme nous l'avons précisé antérieurement, au sujet du précédent montage.

---

Les informations et schémas contenus dans cette documentation sont donnés sans garantie quant à leur protection éventuelle par des brevets.

---

Les textes et figures de la présente Brochure ne peuvent être légalement reproduits sans un accord écrit du Bureau de documentation de la R.T.C. La Radiotechnique - Compelec. La source doit alors être citée complètement.

---

## **APPLICATIONS DU BRY39**

---

Ce dispositif réalise l'association  
de la fonction "amplification" et de la fonction "mémoire"  
Ce composant peut apporter  
des solutions originales et bon marché à vos problèmes de :

---

- génération d'impulsions triangulaires et/ ou rectangulaires  
comptage — programmation — mémoire tampon

---

- commande d'indicateurs numériques

---

- commande de thyristors

---

- systèmes de sécurité — contrôle — régulation

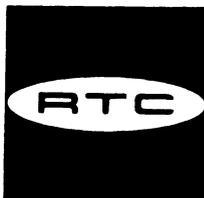
---

- temporisation

---

- conversion tension-fréquence

---



## **R.T.C. LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC**

SERVICES COMMERCIAUX : ÉLECTRONIQUE GRAND PUBLIC  
ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE / CALCUL ÉLECTRONIQUE  
130 AVENUE LEDRU-ROLLIN - PARIS XI<sup>e</sup> - TÉLÉPHONE : 797-99-30

TÉLÉCOMMUNICATIONS / INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE  
51 RUE CARNOT - 92-SURESNES - TÉLÉPHONE : 772-51-00

DIVISION COGECO : 21 RUE DE JAVEL - PARIS XV<sup>e</sup> - TÉLÉPHONE : 532-41-99

USINES ET LABORATOIRES : CAEN - CHARTRES - DREUX -  
ÉVREUX - JOUÉ-LES-TOURS - SURESNES - TOURS

R. C. SEINE 67 B 4247