

LES GENERATEURS DE SIGNAUX

SIGNAUX CONTINUS : LES ALIMENTATIONS

Ce sont des générateurs de tensions ou courant continu dont les caractéristiques se rapprochent le plus possible des sources idéales de tension ou courant. Nous développerons surtout les sources de tension.

Une alimentation de tension est un dispositif qui à partir d'une source d'énergie, secteur ,piles ou accumulateurs fournit une tension aussi indépendante que possible du courant débité :

$$V = V_0 \cdot \forall I$$

Une source de tension idéale a une impédance de sortie nulle, cependant la seule notion d'impédance de sortie ne suffit pas à caractériser le comportement d'une source réelle .En effet la tension de sortie ne dépend pas seulement du courant débité mais aussi de la tension fournie par la source d'énergie que nous appellerons tension non stabilisée V_{NS} . Il faut écrire de façon générale :

$$V_S = \frac{\partial V_S}{\partial V_{NS}} \Delta V_{NS} - \frac{\partial V_S}{\partial I_S} \Delta I_S$$

La seconde dérivée partielle est l'impédance de sortie normale qui caractérise la façon dont varie la tension de sortie en fonction du courant fourni , V_{NS} restant constante. La première est le coefficient de stabilité vis à vis de la tension de source non stabilisée. Pour une source idéale ces deux coefficients doivent être nuls.

Il existe deux types d'alimentations stabilisées suivant la façon dont est réalisée cette stabilisation, par une impédance commandée en série ou par découpage.

LES ALIMENTATIONS LINEAIRES

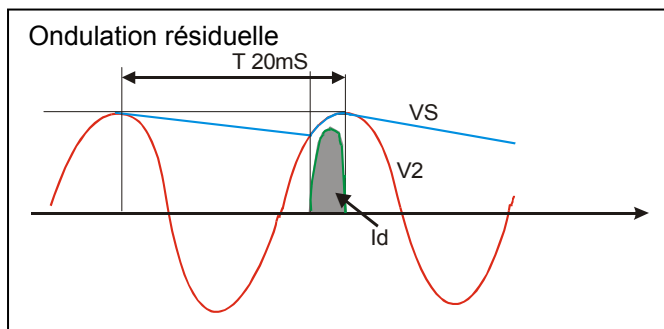
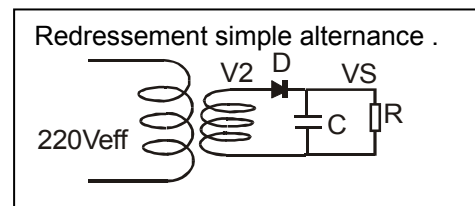
La source de tension non stabilisée peut être une batterie d'accumulateurs mais le plus souvent le secteur 50Hz 220Veff . Nous nous placerons dans ce cas.

Redressement Tension non stabilisée

A partir du secteur on fabrique une tension continue non stabilisée dont l'amplitude est proportionnelle à la tension secteur .

Le schéma de base est reproduit ci contre :

Son fonctionnement est simple ; lorsque la tension V_2 au secondaire du transformateur est proche de son maximum, la diode D conduit et le condensateur se charge. Après le maximum V_2 descend mais la tension de sortie ne peut suivre car la diode se bloque. C se décharge alors lentement dans la résistance R . La diode D conduit de nouveau lorsque la tension V_2 en remontant lors de la période suivante dépasse V_S et le cycle recommence.



Pour calculer de façon approchée l'ondulation résiduelle il suffit de remarquer que , si elle est faible, le condensateur ne se recharge que pendant une très petite fraction de la période (courant dans la diode, en gris sur la figure) Alors l'ondulation est la variation de tension aux bornes d'un condensateur qui fournit un courant presque constant V_S/R pendant une durée voisine d'une période .

On écrit $Q=CV=It$ soit :

$$C\Delta V = I\Delta t$$

Un condensateur fournissant un courant (presque) constant I pendant une durée Δt voit la tension à ses bornes varier de

$$\Delta V = \frac{I}{C} \Delta t \quad , \quad \text{le courant étant dans le cas présent } I=V/R \quad \text{il vient : } \Delta V = \frac{V}{RC} T \quad \text{avec}$$

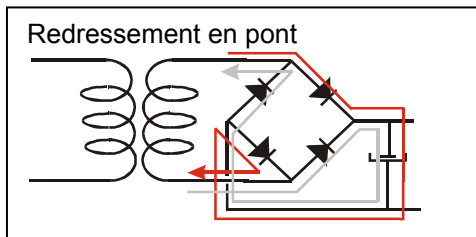
$T=20\text{ms}$.

Pour un courant de 1 ampère une ondulation de 1V est obtenue avec un condensateur de $20000\mu\text{F}$.

Cette valeur est approchée mais bien suffisante compte tenu de l'imprécision sur la valeur de C . Un condensateur de quelques centaines ou milliers de microfarads est défini en effet à moins de 10% près.

Ce montage n'utilise qu'une seule alternance du secteur, le rendement est amélioré et le filtrage meilleur en utilisant un redressement double alternance, soit avec un pont de 4 diodes, soit deux diodes seulement et un transformateur à point milieu.

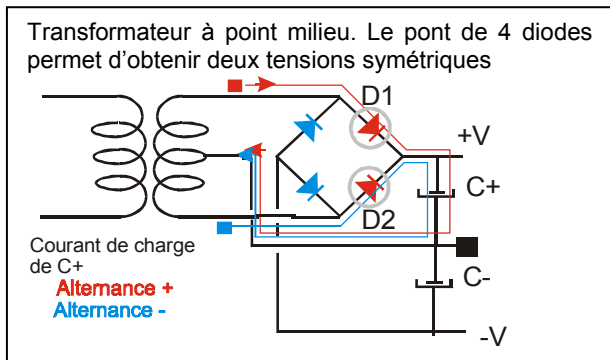
Dans le cas du redresseur en pont, la figure suivante montre comment passe le courant de charge de C pendant les deux alternances de l'alternatif présent au secondaire du transfo. (en bleu et rouge les deux alternances).



Il faut noter que pour ce montage le courant traverse deux diodes en série ce qui introduit une chute de tension de l'ordre de 1,5V.

Avec un transformateur à point milieu cette chute de tension est moitié car une seule diode est utilisée à la fois. Dans ce cas avec le même pont de 4 diodes, qui est un composant bon marché on dispose à la fois d'une

tension positive et négative.

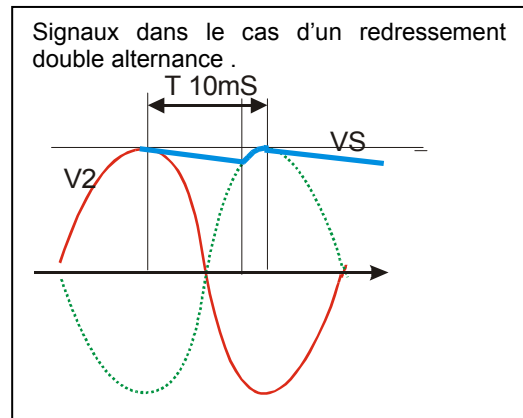


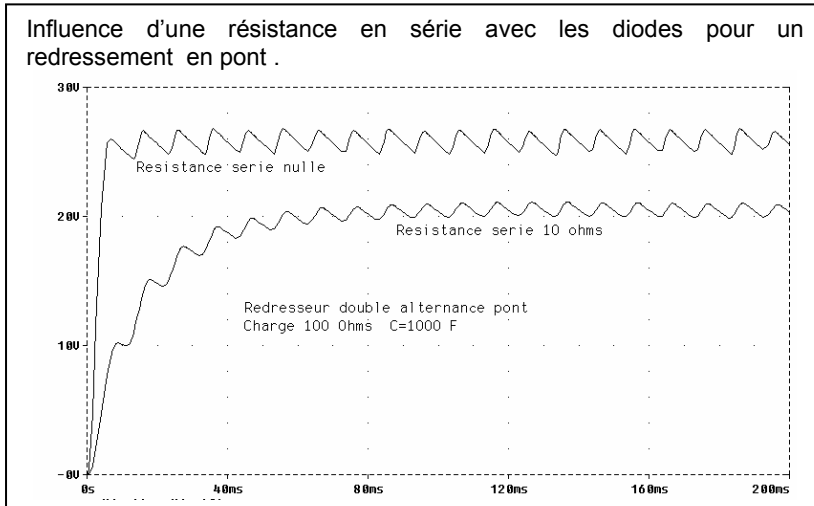
La figure ci contre montre comment circule le courant qui charge le condensateur fournissant la tension redressée positive, seules les diodes cerclées sont actives $D1$ pendant l'alternance positive, $D2$ pour l'alternance négative. Il faut encore noter qu'avec ce montage le point de masse est le point milieu du transformateur alors qu'avec le montage

précédent l'enroulement est flottant.

Le courant de charge circulant dans la diode pendant très peu de temps peut avoir une valeur maximale élevée. Ainsi si un redresseur fournit à la charge un courant moyen de 1A et que les diodes ne conduisent que pendant 1/10 eme du temps, le courant de diode est de 10A au moins. Une résistance série avec la diode, par exemple la résistance des enroulements du transformateur, peut abaisser considérablement la tension de sortie. Par exemple une résistance de 1Ω ne provoque pas une chute de tension de 1V comme on pourrait le penser compte tenu du courant moyen de sortie, mais beaucoup plus, car parcourue par le courant impulsionnel de diode la chute de tension serait de 10V et le fonctionnement de l'ensemble est totalement différent.

La simulation ci dessous illustre bien ce phénomène; pour un courant moyen de 200mA la chute de tension dans une résistance de 10Ω est de 2V, or la tension obtenue a chuté de 5V.





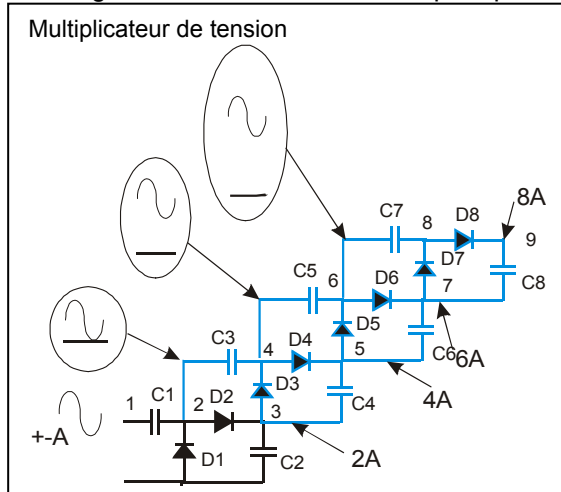
Les multiplicateurs de tension.

Pour obtenir de fortes tensions sans utiliser de transformateur élévateur difficile à trouver sur le marché il est possible de faire appel à des circuits éleveurs ne mettant en œuvre que des diodes et des condensateurs. L'un des montages le plus courant est représenté ci contre.

La tension alternative d'amplitude crête A est

appliquée à l'entrée sur le condensateur C1. Ce dernier se charge à la valeur crête mais ne peut plus

se décharger car la diode D1 s'oppose au passage d'un courant circulant de 2 vers 0 .La charge maximale est atteinte au bout d'un quart de période et ensuite reste inchangée Alors $V_1-V_2=A$ et le signal au nœud 2 est une sinusoïde décalée de A .La diode D2 et le condensateur C2 constituent un détecteur de crête et le nœud 3 est porté au potentiel continu 2A L'ensemble C3 D3 C4 D4 est équivalent au précédent , il est attaqué par la composante alternative du nœud 2 et crée aux bornes de C4 une tension 2A, le potentiel du nœud 5 est donc 4A .Le troisième ensemble C5 D5 C6 D6 de la même façon charge C6 sous 2A , le potentiel du nœud 7 est alors de 6A .Il est possible de multiplier les étages . Aucune diode et aucun condensateur ne supporte une tension aux bornes supérieure à 2A . Dans ce raisonnement aucune charge résistive n'est connectée en sortie, l'impédance de sortie augmente très vite avec le nombre d'étages et le montage est limité en pratique à moins de 8 ou 10 étages. Les performances sont meilleures lorsque la fréquence augmente, avec une tension d'entrée de quelques milliers de volts à 10 ou 20kHz des tensions proches du mégavolts ont été obtenues pour certains accélérateurs de particules .



Avec des approximations raisonnables il est possible de calculer la tension de sortie du montage lorsqu'il débite un courant I_s sur une charge extérieure , n étant le nombre d'étages , tous identiques :

$$V_s = n \left[2E - \frac{I_s}{fC} \left(\frac{2}{3}n^2 + \frac{n}{2} + \frac{1}{3} \right) \right]$$

Soit $V_s = 2nE - Z_s I_s$ mettant en évidence l'impédance interne

$$Z_i = \frac{1}{fC} \left[\frac{2}{3}n^3 + \frac{n^2}{2} + \frac{n}{3} \right]$$

L'ondulation est alors $\Delta V = \frac{n(n+1)I_s}{2fC}$

Ainsi pour un quadrupleur (n=4) utilisant des condensateurs de 10μF et une fréquence de 50Hz l'impédance interne vaut approximativement :

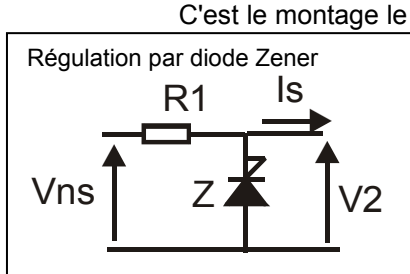
$$Z_s = \frac{1}{50 \cdot 10^{-5}} \left[\frac{2 \times 64}{3} + \frac{16}{2} + \frac{4}{3} \right] = 104 k\Omega$$

et peut être un peu plus car le calcul ne tient pas compte de la résistance des diodes .

Régulation de la tension.

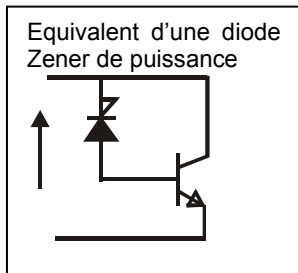
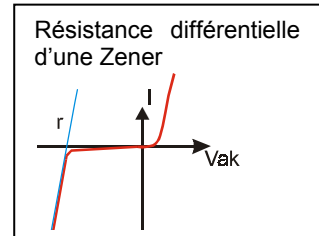
Le rôle du régulateur est de fournir une tension indépendante, dans certaines limites, du courant fourni, de la tension V_{NS} et de son ondulation résiduelle.

Régulateur à diode Zener.



C'est le montage le plus simple. La tension non stabilisée doit toujours être supérieure au seuil Zener de la diode utilisée. Tant qu'un courant traverse la Zener la tension à ses bornes est constante. La résistance $R1$ est donc parcourue par un courant $(V_{NS}-V_Z)/R_1$ dont la valeur minimale est $I_{R1min}=(V_{NSmin}-V_Z)/R_1$. Le courant dans $R1$ se partage entre la diode et la charge extérieure. La tension de sortie reste égale à V_Z tant que le courant dans la diode Zener n'est pas nul c'est à dire que $I_s < I_{R1min}$

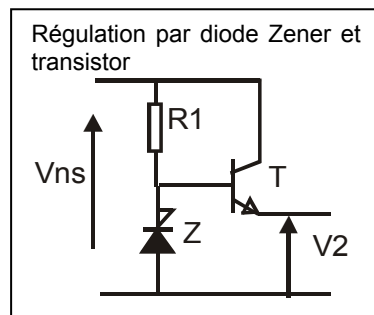
Ce circuit est intéressant pour de petits courants, il présente l'avantage d'être tolérant aux courts circuits accidentels de sortie, le courant étant limité à V_{NS}/R_1 . L'ondulation résiduelle n'est pas nulle car la résistance différentielle de la diode Zener n'est pas nulle. Cette résistance interne est de l'ordre de l'ohm. Les meilleures diodes Zener sont celles dont la tension Zener est voisines de 6V, une diode Zener de 12V a souvent une résistance interne plus grande que deux Zener 6V placées en série.



Pour des courants plus élevés il existe des diodes Zener de puissance mais elles sont de piètre qualité et il est plus facile de les simuler avec une diode faible courant et un transistor de puissance. Pour une tension d'entrée inférieure à $V_Z+0,6$ le transistor ne reçoit aucun courant base, au delà la tension à ses bornes est limitée à cette limite.(Figure ci jointe).

Cependant ce montage de régulation a un rendement faible, en effet le courant fourni par la source non régulée, c'est à dire I_{R1} est constant même si le courant fourni à la charge est nul. C'est acceptable pour quelques dizaines de milliampères, pas au delà.

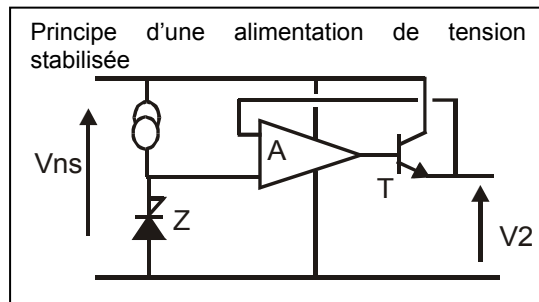
L'association d'une Zener et d'un transistor monté en collecteur commun est possible, figure ci contre, la base du transistor est maintenue à un potentiel fixe par la Zener, la tension de sortie est donc elle même constante au V_{BE} près. Mais ce montage supporte mal les courts circuits, un court circuit de sortie a pour conséquence le plus souvent la destruction du transistor.



Régulation par amplificateur

Une diode Zener alimentée en courant constant est capable de fournir une tension stable. Il suffit de recopier ou d'amplifier cette tension par un amplificateur capable de fournir un fort courant pour réaliser une alimentation stabilisée de tension.

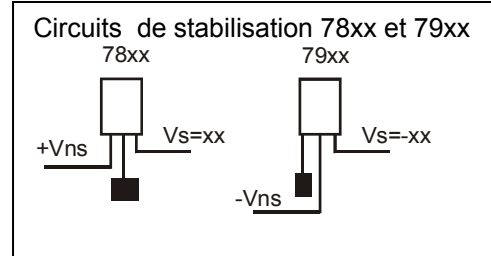
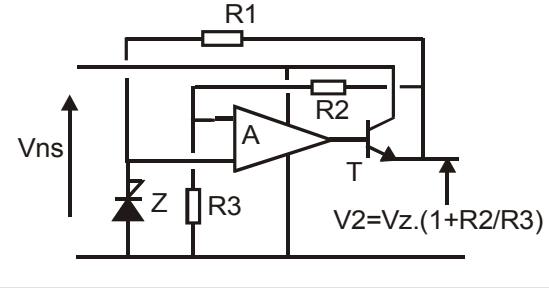
Le schéma de principe ci contre est celui de la plupart des alimentations. L'amplificateur opérationnel A est associé à un transistor qui fournit le courant de sortie. Ce transistor joue le rôle de résistance variable, la tension à ses bornes est $V_{NS}-V_s$, il dissipe donc une puissance $(V_{NS}-V_s)I_s$, I_s étant le courant de sortie. C'est le **transistor ballast**. Avec ce montage la tension de sortie est fixe et égale à la tension de référence



aux bornes de la Zener, il est possible d'obtenir une tension variable en modifiant le gain de l'amplificateur. Si la tension de sortie est plus grande que la tension Zener il est possible d'alimenter la diode de référence par une résistance connectée en sortie ,c'est ce qui est fait dans le montage ci contre.

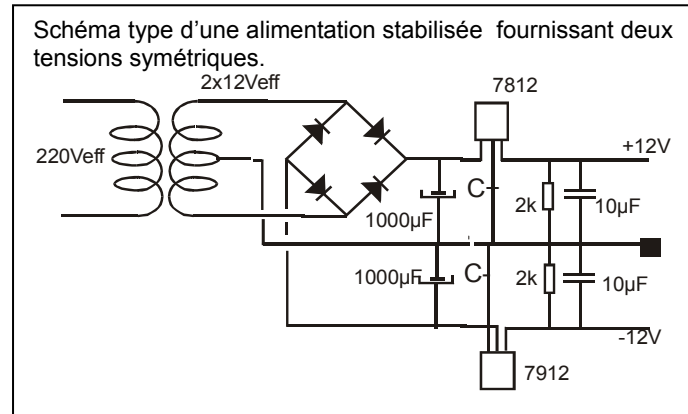
Il existe sur le marché des composants construits sur ce principe et qui permettent de fabriquer très facile-ment des alimentations stabilisées

Alimentation de la référence à partir de la tension de sortie si $V_s > V_z$



es , ce sont les circuits de la famille 78xx (pour les tensions positives) et 79xx. (pour les tensions négatives) xx est la valeur de la tension de sortie choisie dans la liste 5 6 8 10 12 15 18 et 24V Leur branchement est indiqué ci dessous .Pour améliorer la stabilité il est conseillé de placer en parallèle sur la sortie un condensateur de 0,1 à 10 μ F, de plus la tension de sortie n'est stable que si le courant de sortie

n'est pas nul, pour réaliser cette condition on place souvent une résistance de quelques kilo ohms en sortie. Ces circuits très peu coûteux permettent de réaliser très facilement des alimentations performantes à moindre frais .Le schéma ci contre représente une telle alimentation $\pm 12V$.Le transformateur 12veff délivre une tension crête de $12\sqrt{2}=17V$, compte tenu de la chute dans les diodes la tension redressée maximale est de l'ordre de 16V .Les condensateurs de filtrage de



$$1000\mu F \text{ limitent à } \Delta V = \frac{I}{C} T = 1V$$

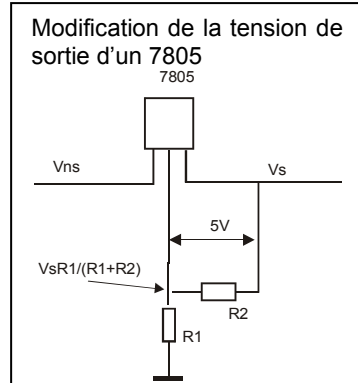
l'ondulation résiduelle pour un courant délivré de 100mA Les deux régulateurs ont donc une tension aux bornes qui ne descend pas en dessous de

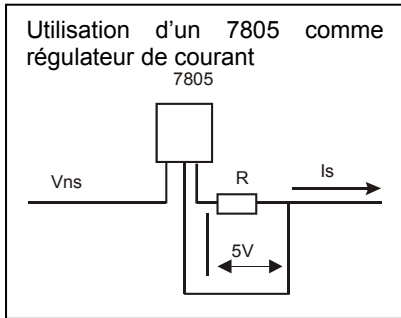
$(16-\Delta V)-12=3V$ (La valeur minimale acceptée est de 2V , c'est un peu juste et il est prudent de choisir un transformateur fournissant une tension plus élevée , 13 ou 15Veff par exemple) Les deux résistances de 2K assurent un débit minimal de 6mA ce qui stabilise à vide la tension de sortie.

Utilisation des 78xx

Les circuits régulateurs 78xx ou 79xx sont conçus pour fournir en sortie une tension xx entre la borne de sortie et la borne de masse, de plus le courant circulant par cette borne de masse est faible et indépendant du courant de sortie .Ces deux remarques permettent de modifier à volonté la tension de sortie et en particulier d'obtenir n'importe quelle tension avec seulement des 7805 (ou 7905) . Considérons en effet le montage ci contre :Si le courant sortant de la borne centrale du 7805 est faible et constant la tension sur cette borne est $V_s R_1 / (R_1 + R_2)$ or le régulateur maintient aux bornes de R_2 une tension de 5V , la tension de sortie est donc $V_s = 5x(R_1 + R_2) / R_1$. Avec $R_1 = R_2$ on obtient $V_s = 10V$.

Il est possible également d'utiliser le régulateur comme régulateur de courant .C'est ce qui est proposé sur la figure suivante . La tension aux bornes de R étant maintenue à 5V par le circuit ,le courant de sortie est $5/R$





Disjoncteur électronique

Lorsqu'un court circuit accidentel se produit en sortie d'une alimentation de tension, le régulateur qui cherche à tout prix à maintenir une tension de sortie égale à sa tension de consigne voit son courant de sortie s'accroître considérablement jusqu'à parfois provoquer la destruction du transistor ballast (surtout pour des tensions élevées à cause du second claquage des transistors) Aucun fusible n'est assez rapide pour protéger les composants. Il faut alors faire appel à un disjoncteur électronique dont le

principe est reproduit ci contre.

Le courant de sortie traverse la résistance R, tant que la tension $R I_s$ à ses bornes est inférieure à 0,6V le transistor T1 est bloqué ainsi que T2. Ces deux transistors ne jouent alors aucun rôle. Si par contre le courant atteint une valeur telle que $R I_s = 0,6V$ T1 commence à conduire, faisant conduire à son tour T2 qui court-circuite la diode Zener, abaissant la tension à ses bornes donc la tension de sortie. En présence d'un court circuit de sortie le courant est limité à $0,6.R$. Les résistances R2 et R1 n'ont qu'un rôle de protection, typiquement $R1=100\Omega$ et $R2=1k\Omega$.

