

de mesure, comme pour tout bruit aléatoire polluant une mesure [11].

Au-delà de la coïncidence à deux compteurs, si ce taux de faux positifs reste trop élevé devant la faible probabilité de détection d'un événement très rare, il est envisageable de multiplier le nombre de détecteurs dans la mesure de coïncidence en n'enregistrant que les événements où tous les détecteurs sont actifs simultanément. La probabilité de faux positifs pour  $M$  détecteurs est de l'ordre de  $\tau M^{-1}$ . NM si cette fois  $N$  est le nombre d'événements détectés par chaque compteur par unité de temps. Le passage à 3 compteurs alignés fait déjà passer le taux de faux positifs à moins de 1 coup erroné tous les 22 ans !

Les compteurs Geiger RM-60 que nous utilisons induisent un état au repos de tension positive, pour induire une impulsion de tension négative lorsqu'une particule est détectée. Le circuit logique qui ne génère une impulsion de tension négative que si ses deux entrées sont

simultanément négatives est la porte OU. Plutôt que de sortir l'artillerie lourde des portes logiques<sup>2</sup>, il nous semble plus élégant d'implémenter cette fonctionnalité au niveau du transistor (Fig. 3). Une approximation grossière de l'utilisation du transistor bipolaire NPN en régime saturé est de considérer que le courant est capable de circuler entre le collecteur et l'émetteur lorsque la base est à une tension positive (supérieure de 3 V environ) par rapport à l'émetteur et que ce courant est bloqué sinon. Ainsi, en plaçant deux transistors en parallèle tel que proposé sur le circuit de la Fig. 3, nous implémentons bien une fonction OU, ici au moyen de deux transistors 2N2222 (mais toute référence NPN fera l'affaire dans cet exemple). On se convaincra du bon fonctionnement du circuit en comparant le décompte d'un compteur Geiger seul, et de la sortie de ce circuit dont l'entrée est formée du même signal polarisant les deux entrées de cette implémentation de la porte OU. Si les deux résultats de mesure sont identiques, le

circuit sera considéré comme fonctionnel, et en particulier validera que la vitesse de commutation du transistor est suffisante pour détecter les événements en coïncidence sur deux compteurs Geiger identiques. On notera que ce circuit s'avère être l'implémentation moderne du circuit proposé à base de valves en 1930 dans [12] : les grilles des divers tubes sont polarisées par les sorties des compteurs Geiger, et la sortie des tubes connectés en parallèle ne change d'état que si toutes les grilles changent d'état simultanément.

Par conséquent, l'utilisation de ce circuit nécessite 3 ports série (en pratique convertisseurs USB-RS232) : deux ports comptent le nombre de coups détectés par chaque compteur Geiger individuellement (G1 et G2) et un troisième port compte le nombre de coups en coïncidence (G1 OU G2). Il semble que la simultanéité des interruptions générées par les trois interfaces ne pose pas de problème et soit géré convenablement par GNU/Linux.

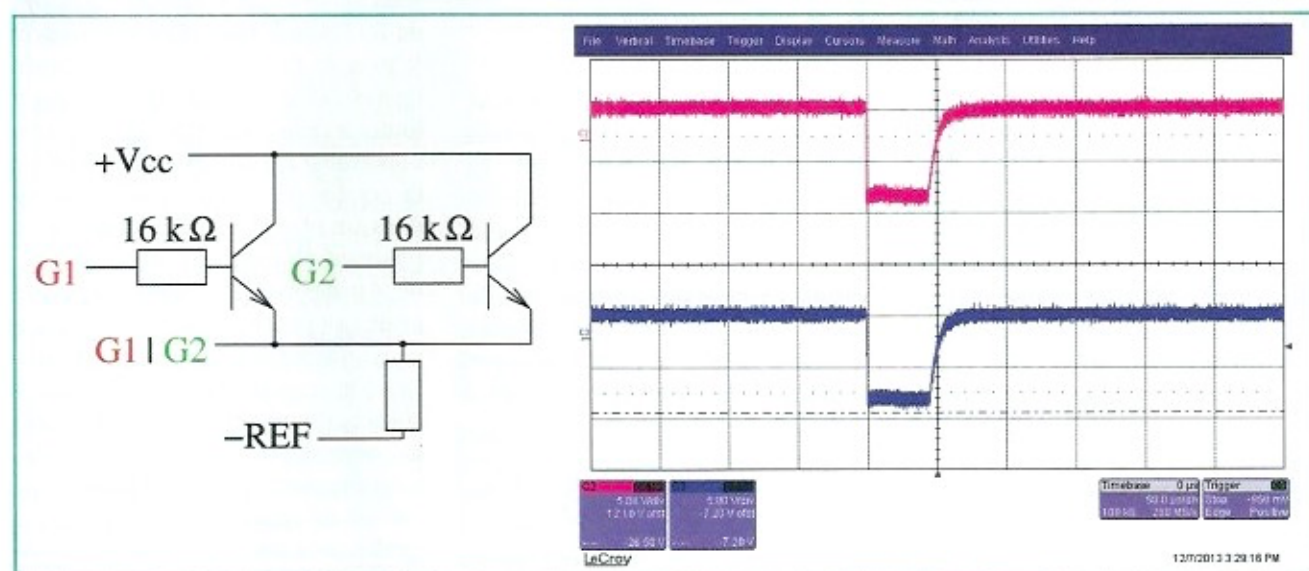


Figure 3 : Gauche : schéma de la porte OU à base de transistors permettant de mettre en œuvre la méthode de coïncidence lorsque l'état au repos de chaque compteur est haut (niveau logique 1) et la tension chute (niveau logique 0) lorsqu'une particule est détectée. Nous comptabilisons donc les mesures de chaque compteur Geiger indépendamment (G1, G2) et de la coïncidence (G1 OU G2). Droite : validation du bon fonctionnement du circuit en court-circuitant les deux entrées logiques A et B. Chaque particule détectée se traduit par les mêmes formes d'impulsion en entrée et en sortie : les transistors sont suffisamment rapides pour cette application.

<sup>2</sup> Aware Electronics commercialise un circuit de mesure de coïncidence pour la modique somme de 85 \$ : <http://www.aw-el.com/coincl.htm>