

compteur Geiger- Müller

Qui n'a pas entendu parler du compteur Geiger? C'est en quelque sorte la baguette du sourcier de l'ère atomique. Une boîte mystérieuse qui révèle un danger, une menace, des calamités sous la forme d'un crépitement inquiétant. Notre crainte des spectres réveillée par la science et qui ne quitte plus l'humanité, s'inscrit sur l'échelle d'un indicateur; celui-ci est un modeste petit appareil, simple, qu'il est facile de réaliser soi-même, comme nous nous proposons de vous le montrer.

*en étroite collaboration
avec J.P. Haas*

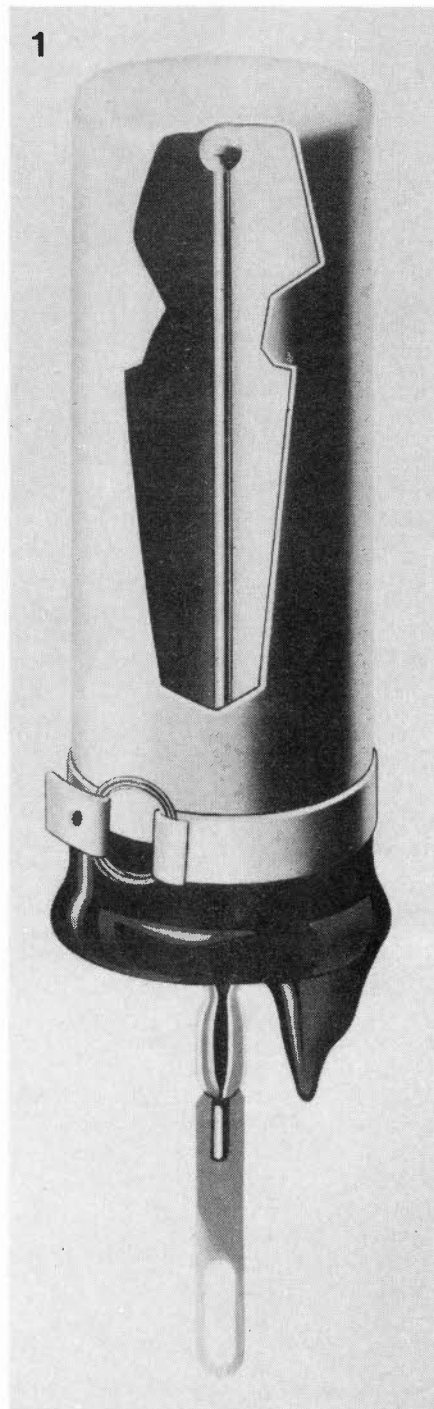


Photo 1. Vue en coupe d'un tube compteur à armature. On distingue nettement l'électrode interne (anode). Le cylindre métallique (armature) forme la cathode du compteur.

Elektor s'associerait-il à l'exploitation de la peur? Sinon, comment expliquer la publication d'un article sur le compteur Geiger? Nous savons bien que c'est un reproche qu'on ne peut écarter d'un revers de la main.

Certes, la peur est là, alimentée par les récents événements de Three Mile Island aux Etats-Unis, de Hambourg et Erfstadt en Allemagne et du Cap de la Hague en France, pour ne pas citer d'autres "incidents". Mais il s'agit surtout pour nous de satisfaire l'intérêt et la curiosité légitimes de nos lecteurs qui veulent savoir comment se présente un compteur Geiger, comment il fonctionne et comment le construire.

Comment fonctionne un compteur Geiger?

Rien n'est plus comparable à un compteur Geiger qu'un photomètre. Dans les deux cas, il s'agit de la mesure d'un rayonnement.

Le photomètre (ou posemètre) s'intéresse aux rayons relativement inoffensifs et faiblement énergétiques de la lumière *visible*. Par contre, le compteur Geiger mesure des radiations *invisibles*, fortement chargées d'énergie et dangereuses, que l'on appelle "ionisantes" en raison de leurs caractéristiques. En font partie les rayons alpha, bêta et gamma, ainsi que les rayons X, proches parents des précédents. Nos lecteurs voudront bien se reporter à l'article "Rayonnements ionisants", publié dans notre numéro 21; ils y trouveront de plus amples détails sur le sujet.

La pénétration de ces radiations dans la matière s'accompagne d'une cession de leur énergie aux atomes constitutifs. Le cas échéant, un électron périphérique d'un atome est arraché et l'atome lui-même se transforme en *ion* dont la charge est positive. De ce fait, et spécialement lorsqu'il s'agit de la matière vivante, l'ion est extrêmement réactif et provoque des réactions chimiques rapides et anormales. Quant à l'électron arraché, il s'incorpore à un autre atome qui devient donc un ion négatif. Cet effet ionisant caractéristique nécessite que l'on ait recours à une méthode de mesure différente de celle appliquée dans le photomètre.

Le mérite de la découverte du procédé de mesure du rayonnement ionisant revient aux physiciens allemands *H. Geiger* et *W. Müller*, qui inventèrent le tube compteur portant désormais leurs noms. La figure 1 en montre le schéma de principe. Un fil métallique de faible section est isolé dans un cylindre de métal rempli d'un gaz. Une tension, dont la valeur est tout juste suffisante pour que l'on soit à la limite de l'amorçage d'une décharge par jaillissement d'une étincelle (ionisation), est appliquée entre le cylindre et le fil. A supposer qu'à un moment ou à un autre, circulent dans le tube des particules chargées électriquement (des

électrons ou des ions, par exemple), le gaz interne sera ionisé et deviendra conducteur. Il se produira une décharge traduite par la déviation de l'aiguille d'un ampèremètre connecté dans le circuit (voir le schéma de principe). Le milieu gazeux interne est généralement constitué d'un mélange de gaz rares associé à une substance désionisante (le plus souvent de l'alcool éthylique). C'est ainsi que l'on réalise "l'étouffement" automatique du processus de décharge après que l'ionisation ait eu lieu. La chute de tension aux bornes de la résistance de travail suffit au parachèvement de la décharge. Tout processus de décharge est l'indice du passage dans le tube compteur d'une particule ou d'une radiation fortement énergétique, et il provoque une impulsion de courant au travers de l'ampèremètre, ou encore une pointe de tension aux bornes d'une résistance branchée à la place de l'ampèremètre. La mesure de l'intensité d'un rayonnement se caractérise par le nombre de particules, et donc d'impulsions, par unité de temps, celle-ci pouvant être la seconde ou la minute. Comme l'on désire une indication quantitative, il est nécessaire de retenir une unité de comptage traduisant le taux d'impulsions.

Revenons encore en quelques mots à l'étude du tube compteur. L'électrode positive constituée par le fil métallique est l'anode; la cathode est formée par le cylindre de métal enrobant l'anode. Certains tubes compteurs comportent en outre une ampoule de verre qui entoure la cathode. Le tube compteur dont le cylindre métallique est complètement fermé est dit à armature; celui qui est muni d'une ouverture découpée dans la paroi du cylindre et fermée d'une feuille de mica, est dit à fenêtre.

Les particules rayonnées sont plus ou moins freinées par l'enveloppe métallique, en fonction de la nature et de l'épaisseur de la paroi. Les tubes à armature ayant une bonne sensibilité ont une paroi très mince et il est donc nécessaire de les manipuler avec précaution. Quant aux tubes à fenêtre, la feuille de mica autorise une pénétration à peine ralentie des particules et leur sensibilité est, par conséquent, très élevée. La pellicule de mica est évidemment très mince, ce qui impose que l'on évite tout contact susceptible de l'endommager.

Les tubes à armature conviennent à la détection des rayons gamma et bêta, les tubes à fenêtre permettent la mesure des radiations gamma, bêta et alpha.

La figure 2 présente le schéma synoptique d'un compteur Geiger-Müller et comporte deux parties essentielles; d'une part un générateur haute tension délivrant une tension stabilisée de 400 à 800 V selon le type de tube et, d'autre part, un circuit de mesure permettant la manifestation acoustique et optique du taux d'impulsions (intensité du rayonnement).

1a

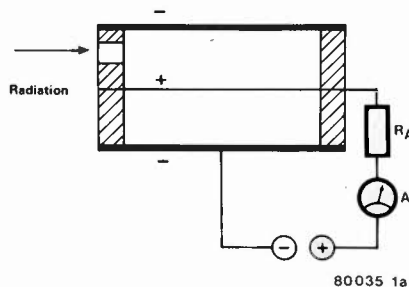


Figure 1a. Schéma de principe d'un compteur Geiger-Müller. Il se compose d'un cylindre métallique (cathode) rempli d'un mélange de gaz rares (halogènes, principalement) dans lequel se trouve isolé un fil de métal (anode) de faible section. La tension continue appliquée est suffisamment élevée pour que l'on soit tout juste à la limite d'une décharge par étincelle. Mais, dès qu'une particule chargée électriquement et très énergétique, ou qu'une radiation à haute énergie (photon) pénètre dans l'enceinte du tube, se produit un phénomène d'ionisation et le flux de courant résultant provoque la déviation de l'aiguille de l'ampèremètre. Comme le tube met fin automatiquement au déroulement du phénomène (étouffement), chaque processus d'ionisation peut être enregistré séparément. Le nombre d'impulsions par unité de temps donne la mesure de l'intensité de l'irradiation.

1b

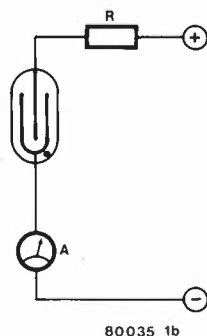


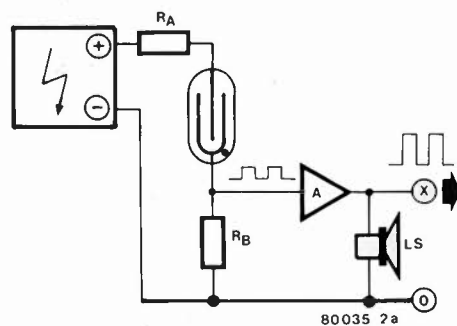
Figure 1b. Schéma de principe du tube compteur.

Réalisation du circuit

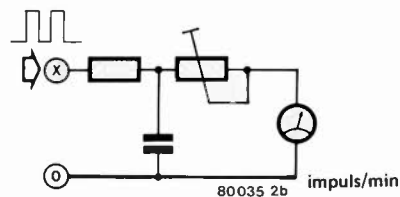
La figure 3 présente le schéma détaillé où l'on distingue la section haute tension, à la partie supérieure, le tube et le circuit de signalisation acoustique (section amplificatrice) en-dessous et à gauche, tandis que le circuit d'indication optique comportant l'ampèremètre se trouve à la partie inférieure droite.

Commençons par examiner la production de la haute tension. Au point A, situé à l'entrée du circuit régulateur, est disponible la haute tension délivrée à la sortie du multiplicateur (point A

2a



2b



2c

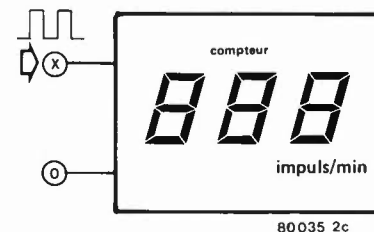


Figure 2. Schéma synoptique du compteur Geiger d'Elektor se composant pour l'essentiel d'un générateur haute tension, d'un tube compteur avec ses résistances d'anode et de cathode, d'un amplificateur d'impulsions et d'un compteur d'impulsions analogique (intégrateur avec ampèremètre, figure 1b). A la sortie de l'étage amplificateur, est raccordé un haut-parleur permettant une signalisation acoustique. Il est également possible de connecter, en remplacement ou en complément du compteur d'impulsions analogique, un compteur numérique (figure 2c).

à la droite de la figure). Associé à P1 et R1, un ensemble de six résistances de 10M (R2a . . . R2f) montées en série, forme un diviseur de tension connecté à la base du transistor T1. Le réglage du diviseur, et, par conséquent, de la haute tension, s'effectue à l'aide de P1 entre 300 et 1000 V environ. La régulation de la haute tension est réalisée comme suit:

Tant que sa valeur est inférieure à la valeur nominale fixée à l'aide de P1, T1 est à l'état bloqué, la tension de base (qui est celle obtenue par abaissement de la haute tension au travers

du diviseur de tension) est inférieure à 0,7 V, et la tension appliquée au collecteur de T1 est donc positive ("1" logique) de sorte que l'oscillateur, organisé autour du trigger de Schmitt N1 entre en oscillation. L'oscillateur attaque le transformateur, par l'intermédiaire de l'étage tampon N2 et de l'étage driver regroupant T2 et T3. En raison de la basse fréquence d'oscillation, il est possible d'utiliser un transfo basse tension normal. A l'extrémité de l'enroulement secondaire du transformateur (enroulement à 220 V) la tension disponible est d'environ 250 V et elle est portée jusqu'à 1 kV par un circuit multiplicateur de tension (D4 à D11 et C4 à C11). Lorsque l'oscillateur est mis en service, la tension à la sortie de ce circuit s'élève jusqu'à ce que soit atteinte la valeur retenue pour la haute tension. La tension de base de T1 est alors de 0,7 V et le transistor passe à l'état saturé, tandis que la tension de collecteur devient nulle ("0" logique); l'oscillateur cesse de fonctionner et interdit ainsi que la haute tension continue de croître. Dès que la valeur de celle-ci tombe en-dessous du seuil fixé initialement, par suite de la décharge des condensateurs du circuit multiplicateur, l'oscillateur est remis en fonction par le retour de T1 à l'état bloqué et les condensateurs du montage en cascade sont rechargés par une série d'impulsions. Le condensateur C1 élimine le risque d'entrée en oscillation de T1. La diode D1, insérée dans la connexion de masse du trigger de Schmitt (74LS13), fait passer celui-ci de l'état bas à l'état haut (0,7 V) et garantit que, en toutes circonstances, l'oscillateur N1 puisse être isolé de T1. Associée à la résistance série R4, la diode Zener D2 stabilise à 5,6 V la tension d'alimentation du circuit intégré et du circuit de signalisation optique, par l'intermédiaire de l'émetteur-suiveur T8. Quant à la haute tension, sa valeur est maintenue à un niveau constant à 2% près grâce à l'action régulatrice de T1, ce qui est plus que suffisant pour l'application considérée.

C'est par l'intermédiaire de R19 que la haute tension est appliquée au tube compteur. Dès que pénètre une particule ionisante, le tube est porté momentanément à l'état conducteur; aux bornes de la résistance R8 apparaît une impulsion de tension positive qui attaque les transistors T4 et T5 via le circuit différentiateur C12/R10. Ce Darlington provoque l'émission par le haut-parleur d'un crépitement parfaitement audible. Le circuit de signalisation optique peut être connecté au collecteur du transistor T5.

Le transistor T6, faisant partie du circuit de signalisation optique, sert d'étage driver de mise en forme de l'impulsion. La résistance de collecteur est un diviseur de tension; en son point milieu, D, on dispose d'impulsions compatibles TTL destinées à la

commande d'un compteur de fréquence numérique. Le courant continu circulant, par l'intermédiaire de R15, au travers de D13 ramène la tension aux bornes de la diode au niveau constant de 0,7V qui maintient le point de fonctionnement du transistor T7 à l'écart du coude de la caractéristique (tension de polarisation de base). Le condensateur C13 intègre les impulsions provenant du collecteur de T6. La diode D12 élimine le risque qu'une décharge se produise par l'intermédiaire de R13 et R14, afin que la constante de temps soit déterminée uniquement par le condensateur et P2. Ce potentiomètre autorise une adaptation à la sensibilité du galvanomètre. Le convertisseur d'impédance

coût. Le prix minimum d'un tube simple, tel que le ZP 1310 (modèle à armature permettant la détection des radiations gamma et bêta forte) se situe à un peu plus de 100 FF. Un tube à fenêtre pour la mesure des radiations alpha et bêta faible, ainsi que des rayons gamma (le ZP 1430, par exemple), coûte environ 450 FF. Le type ZP 1400 représente une solution de compromis assez intéressante. Il coûte moins de 200 FF; c'est un type à fenêtre convenant à la détection des rayonnements bêta et gamma, et sa sensibilité est nettement meilleure que celle du ZP 1310. Il est nécessaire de bien considérer que la protection contre les radiations demande surtout la

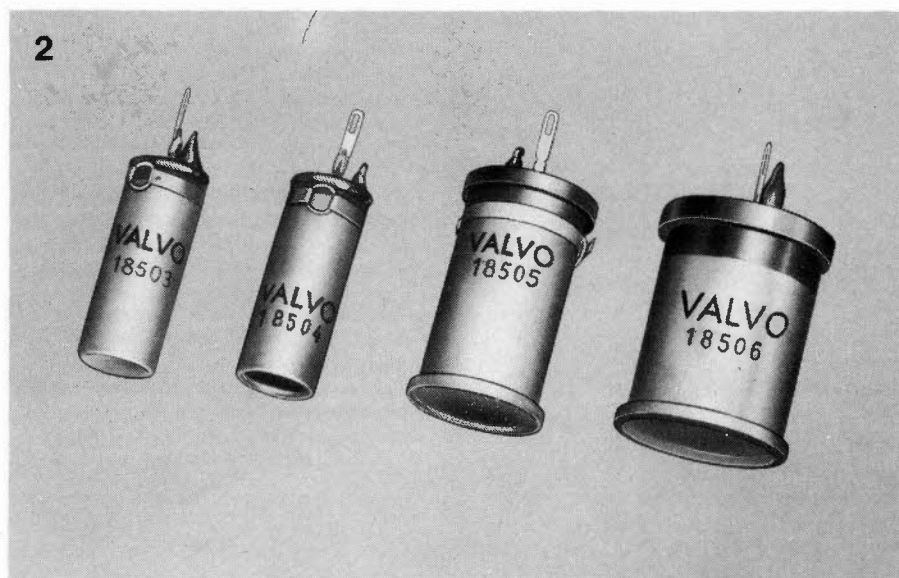


Photo 2. Différents tubes pour compteur Geiger-Müller. De la gauche vers la droite: Tube à armature 18503 (ZP 1200), même modèle mais équipé d'une fenêtre 18504 (ZP 1400), puis deux autres types à fenêtre ayant une sensibilité élevée.

formé par le transistor T7 réduit à une valeur minimum la charge appliquée à l'ensemble C13/P2. Il est suivi par un autre circuit de filtrage comprenant R16/C14 et R17, puis, par l'ampère-mètre. Puisque l'alimentation de la totalité du circuit de mesure est stabilisée, l'indication fournie par l'instrument reste indépendante de la tension aux bornes des piles. Elle est proportionnelle à la fréquence des impulsions et, par conséquent, à l'intensité de la radiation; P2 permet de l'ajuster.

Compte tenu de la régulation de la haute tension, l'intensité absorbée par la totalité du circuit reste limitée à 10 mA environ. Pour une utilisation relativement peu fréquente, une pile de 9 V assurera une durée de service d'une dizaine d'heures. Si la fréquence d'emploi est assez élevée, il est préférable de prévoir une alimentation par deux piles plates de 4,5 V ou par des accumulateurs au Cd-Ni.

Choix du tube compteur

Le choix du tube compteur varie en fonction du domaine d'application et du

détection des rayons gamma par un tube approprié. La mesure du rayonnement alpha dans un but de recherches, d'enseignement ou de démonstration incitera à s'orienter plutôt vers un tube compteur de particules alpha tel que le ZP 1430. Un manuel édité par RTC fournit d'amples précisions techniques sur toute une gamme de tubes compteurs. Nous publions dans le tableau 1 un extrait des principales caractéristiques des trois types auxquels nous avons fait référence dans les lignes qui précèdent. Voici, en outre, quelques brèves définitions:

Tension de service U_S

c'est la valeur de la haute tension d'utilisation du tube.

Plateau

c'est la gamme des hautes tensions pour laquelle le nombre des impulsions reste très largement indépendant de la valeur précise de la tension d'alimentation.

3

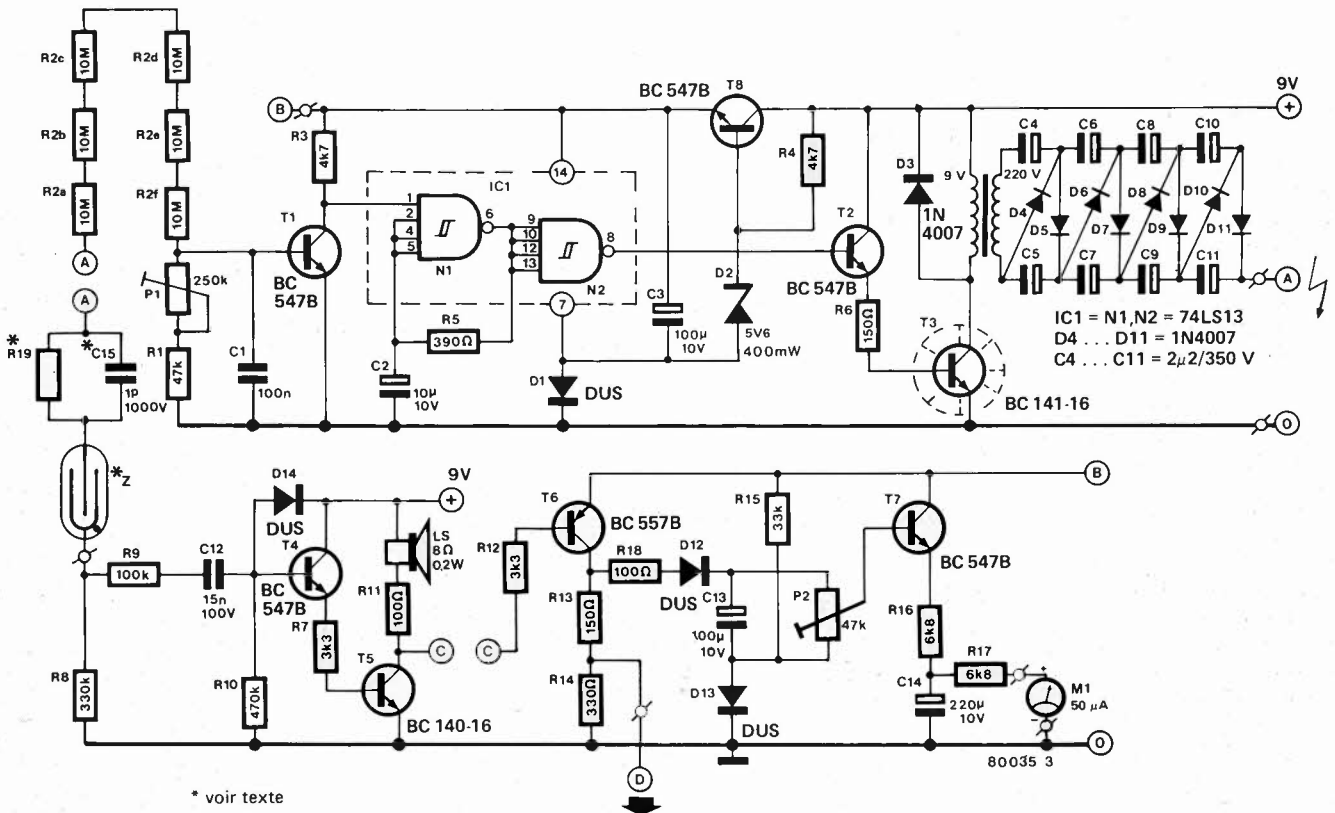


Figure 3. Schéma général du compteur Geiger; pour plus de clarté, le circuit a été partagé en trois sections :

- la génératrice haute tension se composant de l'oscillateur TTL (IC 74LS13), de l'étage de puissance comportant le BC 141-16, du transformateur secteur 9 V (élévateur 1 : 25), du circuit redresseur réalisant la multiplication de la tension secondaire délivrée par le transformateur, et du circuit régulateur de la haute tension par l'intermédiaire de T1.
- le tube compteur avec l'étage amplificateur d'impulsions et le haut-parleur.
- le circuit analogique compteur d'impulsions avec l'ampèremètre. Au point de connexion D, il est possible de raccorder un compteur digital disposant d'une entrée compatible TTL.

Effet nul

c'est le comptage indésirable, comme, par exemple, celui du rayonnement cosmique, ou encore, celui des radiations émises par le matériau constitutif du tube compteur.

Temps mort

c'est la durée de l'intervalle permettant au tube de se "souffler" automatiquement entre deux ionisations. Pendant cette période, il ne fournit aucune indication sur l'intensité du rayonnement continu à l'influencer.

Valeurs limites

ce sont les valeurs de la tension de service U_S , de la résistance de charge R_C et de la température ambiante T_A desquelles on ne doit s'écarter, soit par excès, soit par défaut, sous aucun prétexte.

Caractéristique

indique le rapport entre le taux d'impulsions (au courant d'anode) et

l'importance de la dose (exprimée en röntgen R).

La figure 4b présente la caractéristique du ZP 1310, qui est le compteur à armature le meilleur marché et qui ne détecte que les radiations gamma et bêta forte. La figure 4a montre la caractéristique du compteur à fenêtre ZP 1400, dont la sensibilité est plus élevée (rayons bêta et gamma).

La différence de sensibilité est très nette. Pour une dose équivalente de 1 mR (milliröntgen), le tube à fenêtre émet environ 20 impulsions par seconde, tandis que le modèle à armature n'en délivre que 2, alors qu'il se trouve à la limite inférieure de sa gamme de mesure.

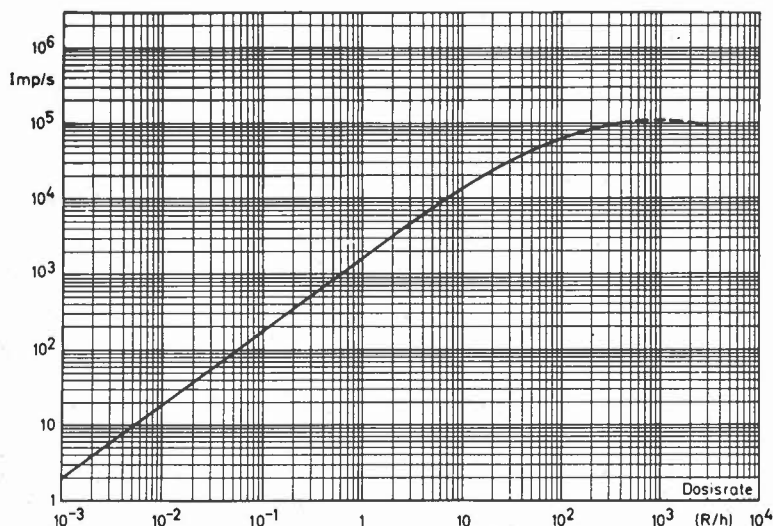
Réalisation de la platine

La réalisation du circuit illustré en figure 5 ne pose pas de problème majeur. Mais, en raison même de la haute tension utilisée pour l'alimentation du tube, il sera nécessaire de veiller avec un soin tout particulier à la bonne exécution des soudures

(pas de points de soudure trop massifs), ainsi qu'à leur nettoyage, surtout dans le secteur de la série de diodes (D4 à D11) et de condensateurs (C4 à C11) afin d'éviter les amorçages et les lignes de fuite. Il va de soi qu'il ne faut utiliser que des composants de qualité irréprochable pour assurer un fonctionnement parfait du circuit (à la limite, ce pourrait être une question de vie ou de mort). En fait, les seuls problèmes pourraient être ceux posés par l'approvisionnement en composants. C15 (1p/1000 V) n'est certes pas un composant d'usage courant. Il existe une solution simple: ce condensateur n'est pas forcément indispensable au fonctionnement du circuit, car la résistance R18 offre à elle seule une capacité en parallèle suffisante. Il est donc possible d'éliminer C15, à moins de se servir du montage en série de deux condensateurs de 2,2 p/500 V.

L'indispensable transformateur secteur est un problème mineur. On trouve assez facilement chez les revendeurs spécialisés des transformateurs miniatures scellés pour montage sur circuits imprimés, dont les dimensions sont

4a



4b

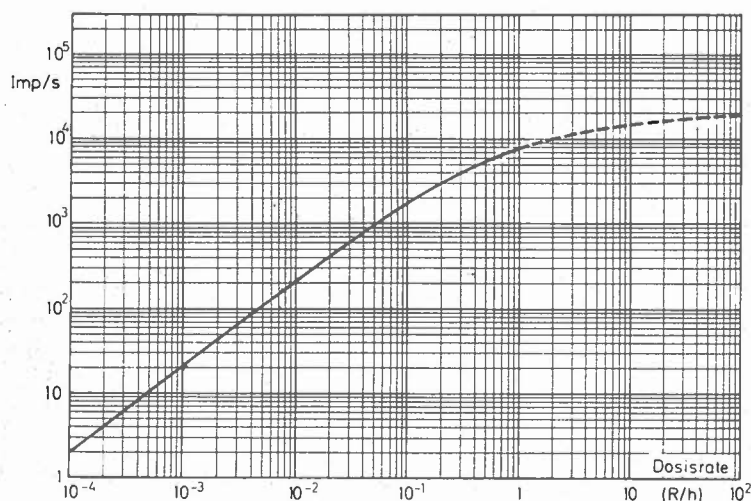


Figure 4. Relation entre la fréquence (imp/s) et la dose (R/h) pour deux tubes compteurs. Elle est illustrée par les courbes caractéristiques des diagrammes relatifs aux modèles ZP 1400 (figure 4a) et ZP 1310 (figure 4b). Le type à fenêtre ZP 1400 a une sensibilité 10 fois supérieure à celle du type miniature à armature ZP 1310 (source: Valvo Handbuch "Zählrohre" 1977).

approximativement de 33 x 27 x 27 mm; la figure 5 illustre la disposition du brochage prévue sur la platine. Si la configuration du modèle utilisé est différente, il est également possible de raccorder le transformateur avec du fil de câblage *bien isolé* (haute tension côté 220 V!). Il n'est pas permis d'utiliser un transfo de puissance supérieure à celle indiquée! En cas de difficulté d'approvisionnement, le circuit intégré 74LS13 peut être

remplacé par un type TTL standard 7413; il faut noter que la consommation totale du circuit est alors doublée, passant de 10 à 20 mA environ.

Le tube compteur, la résistance d'anode R19 et le condensateur C15, s'il est présent, ne sont pas montés sur la platine. R19 et le condensateur C15 connecté en parallèle seront raccordés directement à l'anode du tube afin de maintenir à un niveau aussi bas que possible la capacité de la connexion

3

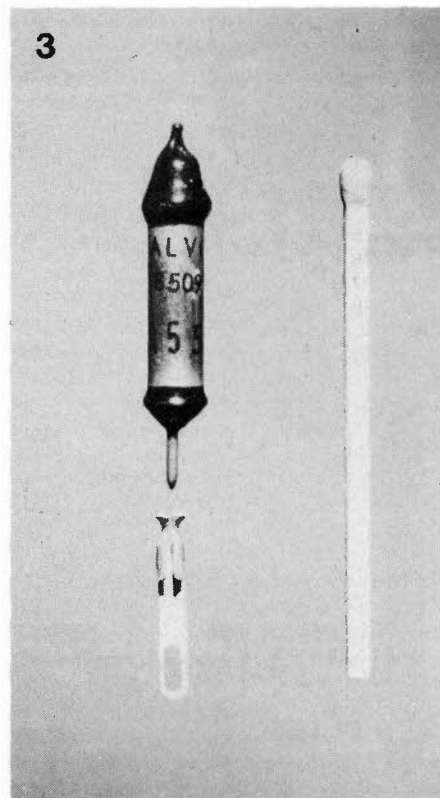


Photo 3. Tube compteur à armature (miniature) 18509 (ZP 1310) comparative-ment à la hauteur d'une allumette.

reliant la résistance d'anode à l'anode elle-même. Le raccordement à la fiche de l'anode se fait au moyen d'un ressort à coupelle (raccord à fiche) muni à son extrémité inférieure d'un œillet à souder, qui se trouve inclus dans l'emballage de livraison du tube. L'enfichage du raccord à ressort sur la fiche de l'anode se fait *après* la soudure de la résistance d'anode à l'œillet du raccord. La fiche anodique du tube compteur ne peut être ni chauffée, ni soumise à des contraintes mécaniques!

Mise en service et réglage

On s'abstiendra de connecter le tube avant la première mise sous tension. Le potentiomètre ajustable P1 est réglé à sa valeur de résistance maximale (valeur minimale de la haute tension, le curseur étant orienté vers R1). Après la mise sous tension, il s'écoule quelques secondes avant que la série de condensateurs ne soit chargée; ensuite, l'oscillateur ne sera mis en service que pour une série de brèves impulsions afin de recharger le circuit. Cette opération se fait en contrôlant la consommation. Pendant la phase de mise en service, elle s'élève à 120 mA environ, puis redescend ensuite en-dessous de 10 mA.

Puis, on connecte un contrôleur universel (calibre de mesure 1kV) pour le réglage de la haute tension à la sortie du multiplicateur; on l'ajuste à la valeur de la tension de service U_S préconisée pour le tube. Il y a lieu

Liste des composants

5

Résistances:

R1 = 47 k
 R2a . . . R2f = 10M
 R3,R4 = 4k7
 R5 = 390 Ω
 R6,R13 = 150 Ω
 R7,R12 = 3k3
 R8 = 330 k
 R9 = 100 k
 R10 = 470 k
 R11,R18 = 100 Ω
 R14 = 330 Ω
 R15 = 33 k
 R16,R17 = 6k8
 R19 = R_A (typ.), voir tableau 1,
 pour ZP 1400: R19 = 10M

Condensateurs:

C1 = 100n
 C2 = 10 μ /10 V
 C3,C13 = 100 μ /10V
 C4 . . . C11 = 2 μ 2/350V
 C12 = 15 n/100 V
 C14 = 220 μ /10 V
 C15 = 1 p/1000 V
 (peut être éliminé)

Potentiomètres ajustables:

P1 = 250 k
 P2 = 47 k (50 k)

Semiconducteurs:

T1,T2,T4,
 T7,T8 = BC 547B, BC 107B
 T3 = BC 141-16
 T5 = BC 140-16, BC 141-16
 T6 = BC 557B, BC 177B
 D1,D12,D12,
 D14 = DUS (1N4148, 1N914)
 D2 = Diode Zener 5V6/0,4 W
 D3 . . . D11 = 1N4007
 IC1 = 74LS13

Divers:

Transformateur secteur
 primaire 220 V, secondaire 9 V/
 180 mA (1,6 VA), norme
 VDE 0551, scellé, pour montage
 sur circuit imprimé, tension
 d'essai 6 kV
 Ampèremètre à cadre
 mobile 50 μ A
 Haut-parleur 8 Ω /0,2 W
 Tube compteur ZP 1400
 (18504) RTC

d'observer les prescriptions suivantes:
Prudence, c'est de la haute tension!
 Lors de la mesure, n'utiliser que des
 pointes de touche ou des pinces parfaite-
 ment isolées. Eviter absolument tout
 contact physique avec tout point du
 circuit où circule la haute tension.
 Celle-ci est encore présente pendant
 quelques instants après ouverture du
 circuit. *Ne pas* court-circuiter le multi-
 plicateur pour accélérer la décharge
 des condensateurs, mais procéder à

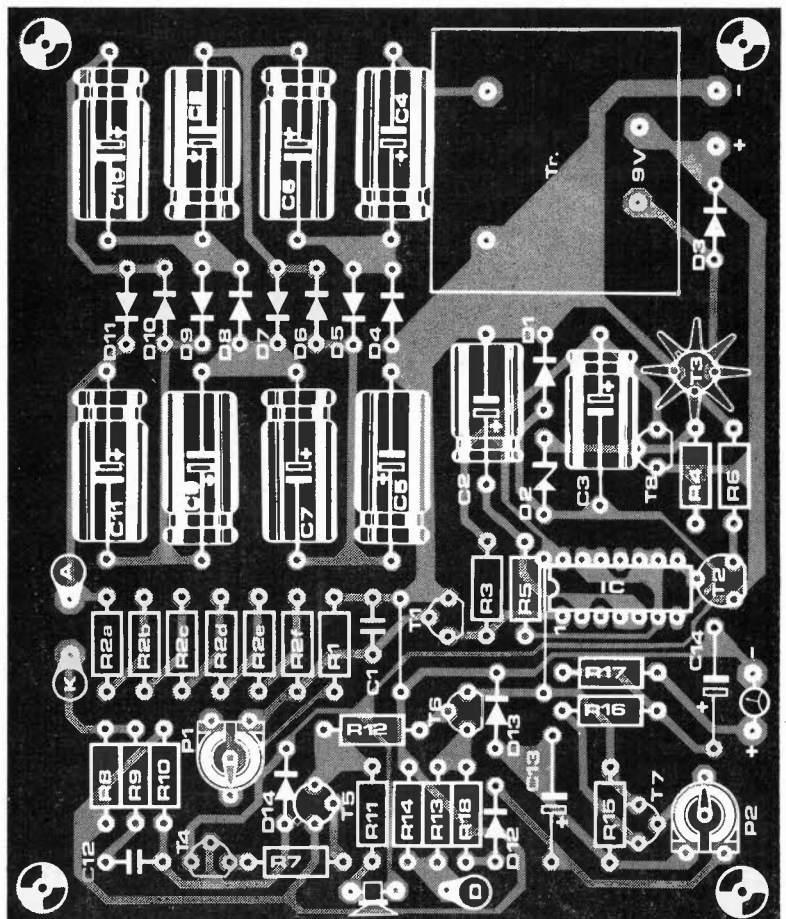
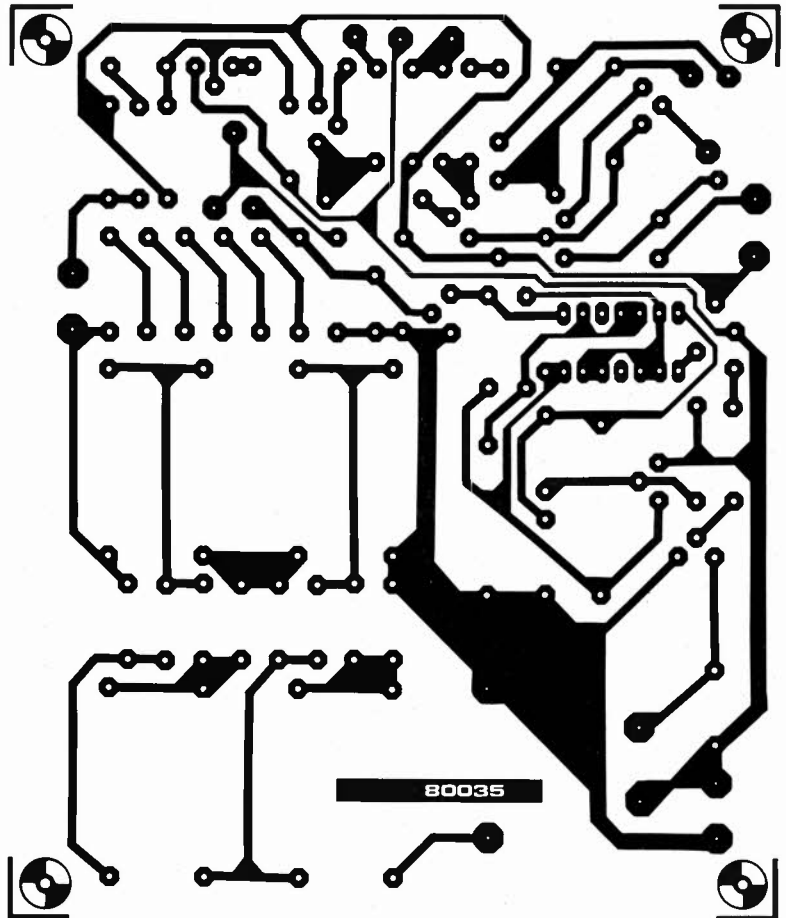


Figure 5. Circuit imprimé du compteur Geiger-Müller et implantation des composants. R19 et C15 ne sont pas montés sur la platine, mais connectés directement à la fiche anodique du tube!

4

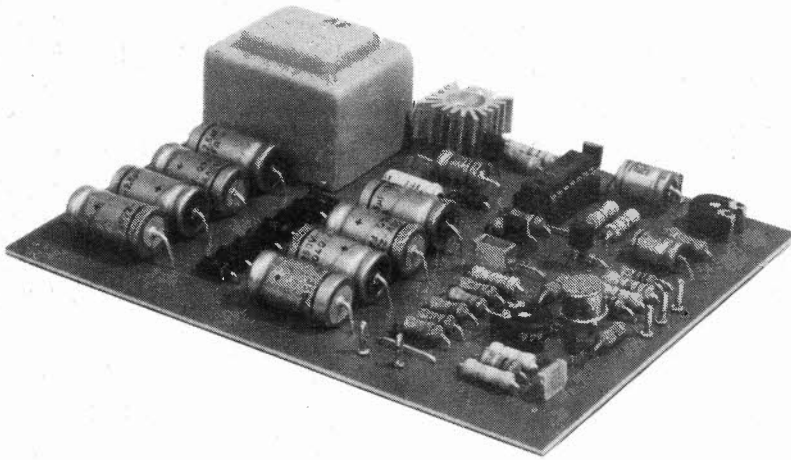


Photo 4. Prototype de la platine équipée.

cette opération en se servant d'une résistance de quelques k.

Venons-en maintenant au réglage du domaine de détection; il sera nécessaire de disposer d'un générateur (un générateur de fonctions) délivrant des impulsions rectangulaires d'une amplitude minimale de 5 V dans une gamme de fréquences allant de 5 à 20 Hz. Le choix du calibre de mesure pour l'obtention de la déviation maximale est laissé au réalisateur. Le circuit de signalisation est calculé de telle façon que l'on obtienne la déviation pleine, à sensibilité maximale (curseur de P2 orienté vers le pôle positif de C13), avec un instrument calibré à $50\mu\text{A}$ et pour un taux de 7 impulsions par seconde. Avec un instrument calibré à $100\mu\text{A}$, la déviation maximale est obtenue pour 15 impulsions/seconde.

Lorsqu'on se sert d'un tube du type ZP 1310, et avec un calibre de $50\mu\text{A}$, la sensibilité maximale est d'environ 4 mR/h; avec le modèle ZP 1400, la sensibilité maximale se trouve multipliée par 10 (0,4 mR/h). Le réglage s'effectue de la manière suivante:

1. De la feuille de caractéristiques du tube, on extrait la fréquence d'impulsions correspondant à la dose d'irradiation (par exemple, 20 imp./s pour une dose de 1 mR/h, en ce qui concerne le tube ZP 1400).
2. Le générateur d'impulsions est réglé sur cette fréquence (20 Hz, dans notre exemple) et il est connecté en parallèle avec R8, à l'entrée du circuit de comptage.
3. Le potentiomètre ajustable P2 est réglé pour l'obtention de la déviation maximale de l'ampèremètre.

Le raccordement d'un compteur de fréquence au point D permet de réaliser un contrôle de la fréquence d'impulsions.

Ces préparatifs terminés, le compteur Geiger se trouve ajusté et prêt à l'emploi, dès que le tube compteur sera connecté.

Mais, se pose maintenant la question de savoir comment vérifier qu'il fonctionne effectivement bien?

Pour commencer, l'effet nul donnera au moins quelques informations sur les réactions du compteur. On entendra des crépitements sporadiques émis par le haut-parleur. Un taux d'impulsions plus élevé pourra être obtenu grâce à l'utilisation d'une préparation radioactive que tout un chacun peut se procurer dans n'importe quel magasin vendant des accessoires de camping, et ce, pour un prix très raisonnable.

Il ne s'agit de rien d'autre qu'un manchon à gaz, qui, en vertu du procédé

inventé par le célèbre chimiste autrichien, le baron Auer von Welsbach, est imprégné de sels métalliques parmi lesquels on compte le thorium, faiblement radioactif. Mais ce faible taux de radioactivité est clairement détecté par le compteur Geiger et il se manifeste, selon le type de tube par un taux d'impulsions allant jusqu'à 50 impulsions/seconde. Une autre possibilité de contrôle est offerte par la potasse, ou hydroxyde de potassium, que l'on trouve chez les droguistes et les pharmaciens.

Recommandations pratiques

Ainsi qu'on l'a déjà indiqué, l'alimentation est fournie par des piles ou des accus au cadmium-nickel (par exemple, 6 accus de 450 mAh). Dans ce dernier cas, il faut insérer dans la ligne positive un fusible à fusion rapide de 1A, afin d'éviter des dégâts importants s'il se produit un court-circuit.

Si l'on utilise un coffret de matière plastique pour y loger le circuit, il sera possible d'y incorporer le tube. Les tubes capteurs de rayons alpha et bêta seront disposés de telle manière que la feuille de mica apparaisse à l'extérieur du coffret, ou ils seront installés dans un boîtier protecteur séparé, leur raccordement au circuit s'effectuant par l'intermédiaire d'un câble coaxial (voir photo du prototype). En cas de non-utilisation, la fenêtre est obturée à l'aide d'un capot assurant la protection de la feuille de mica. En ce qui concerne les tubes à armature mince, il est recommandé de les placer dans un coffret matelassé de matière spongieuse

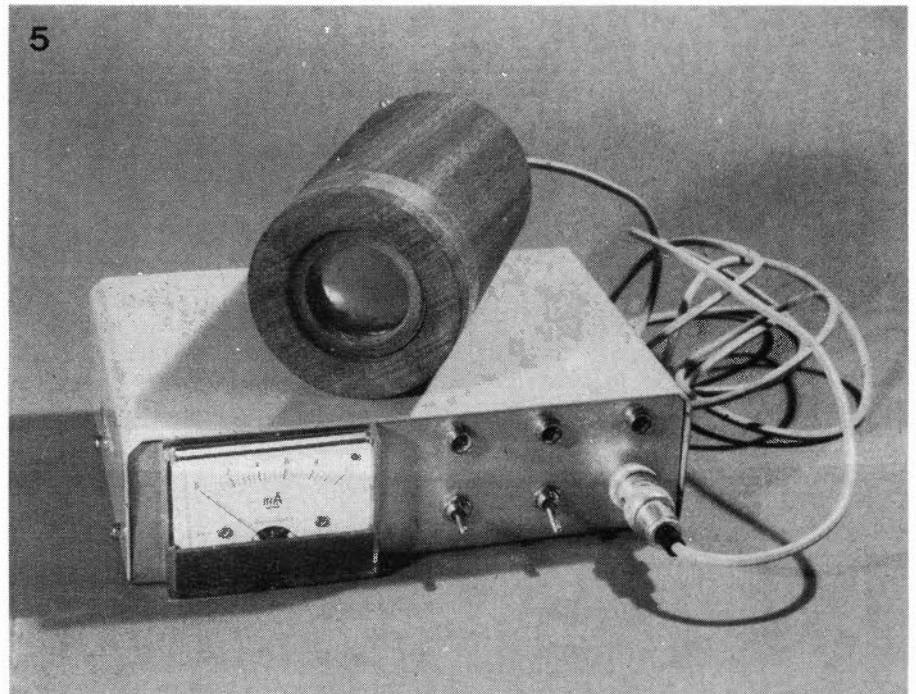


Photo 5. Vue du prototype. Le tube est séparé du circuit électronique et se trouve logé dans une enveloppe protectrice (compteur sonde). Il est relié au boîtier du circuit par un câble et une fiche coaxiale. Les trois inverseurs de la face avant permettent les communications suivantes: Marche/Arrêt, Pile/Réseau, Choix de la gamme de mesures.

Tableau 1

Type	ZP 1310 (18509)	ZP 1400 (18504)	ZP 1430 (18526)
Sensibilité α	non	non	oui
Sensibilité β	$> 0,5$ MeV	oui	oui
Sensibilité γ	$10^{-3} \dots 3 \cdot 10^2$ R/h	$10^{-4} \dots 1$ R/h	$10^{-5} \dots 1$ R/h
U _S (typ.)	580 V	500 V	575 V
Plateau	500 ... 650 V	400 ... 600 V	450 ... 700 V
R _C (typ.)	2M Ω	10M	10M
Effet nul	≤ 2 Imp/min	≤ 10 Imp/min	= 25 Imp/min
Temps mort	$\leq 15 \mu s$	$\leq 90 \mu s$	= 190 μs
U _S max. *)	650 V	600 V	700 V
R _C min. *)	2M Ω	4M Ω	2M Ω
T _A min. *)	- 40°C	- 50°C	- 50°C
T _A max. *)	+ 75°C	+ 75°C	+ 75°C
T _A max. pour service continu*)	+ 50°C	+ 50°C	+ 50°C

*) valeurs limites à respecter absolument

ou de ouate, et d'éviter de leur imposer des contraintes mécaniques ou des chocs. C'est en raison de l'effet d'écran que les tubes ne peuvent être installés dans des coffrets métalliques.

Voici encore quelques conseils pour l'utilisation pratique du compteur Geiger. Si l'intensité du signal acoustique est insuffisante (en raison de la faiblesse des impulsions de comptage), il est possible d'abaisser la valeur de la résistance R11 à 10 Ω sans que cela présente de danger pour le transistor T5, mais il est alors nécessaire de ramener la valeur de R7 à 560 Ω . On peut également raccorder un écouteur de 8 Ω , par l'intermédiaire d'un jack de 3,5 mm. Si l'on fait abstraction d'une utilisation aux fins de recherche, d'enseignement ou de démonstration, on pourra adopter un domaine de détection donnant une déviation pleine de l'aiguille de l'instrument pour une dose allant de 1 à 5 mR/h. L'emploi de plusieurs potentiomètres ajustables, P2, réglés chacun de manière appropriée, permet d'obtenir différentes gammes de mesure par simple permutation.

Lors de la prise de mesures dans le cadre d'une habitation, ou en pleine nature, on ne détectera pas de radioactivité sensiblement supérieure à l'effet nul.

Dans les laboratoires d'Elektor, les téléviseurs couleurs, très souvent soupçonnés d'émettre des rayons X indésirables, se sont révélés des sources d'irradiation peu détectables.

Nous avons gardé pour la fin la question décisive de savoir que faire si l'on vient à détecter effectivement un rayonnement gamma puissant (position de l'aiguille indiquant 1 mR/h ou davantage)?

Il y a lieu tout d'abord de s'écarter aussi vite que possible du secteur de contamination présumée, et, si les soupçons relatifs à une irradiation réelle apparaissent fondés, il faut en informer immédiatement les services

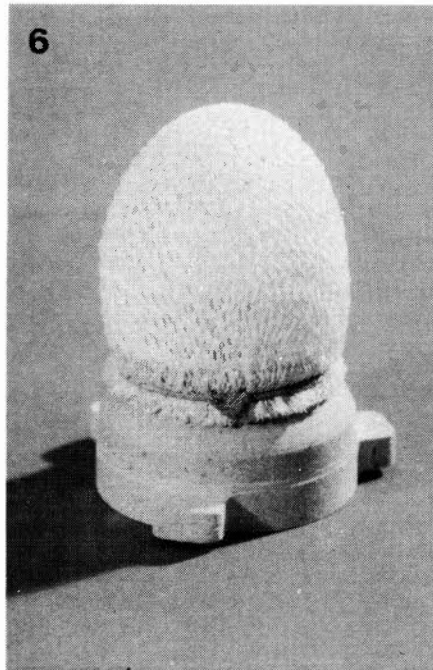


Photo 6. Préparation radioactive destinée au contrôle du compteur Geiger; c'est tout simplement un manchon à gaz vendu dans n'importe quel magasin d'accessoires de camping.

de police ou de gendarmerie qui se mettront en rapport avec les autorités compétentes. Naturellement, on ne peut absolument exclure la possibilité d'une indication erronée de la part du compteur. On sait très bien que l'on peut faire écran à la radioactivité à l'aide d'une feuille de plomb. Les radiations alpha et bêta seront stoppées complètement. Quant aux rayons X et gamma, ils seront interceptés en fonction de l'épaisseur de la paroi. A titre de contre-épreuve, il est donc possible de faire écran au tube compteur en se servant d'un tuyau de plomb (fermé à une extrémité). Si l'aiguille de l'ampèremètre retombe alors nettement vers

le point nul, il s'avère que l'on a bel et bien détecté un rayonnement que le tuyau de plomb a intercepté. Plus de doute, il s'agit bien de radioactivité! Souhaitons-nous réciproquement que, jamais, nous n'ayons à en faire l'expérience!

L'ionisation de l'air ambiant

Depuis la publication dans Elektor n° 12 de juin 1979 d'un générateur d'ions négatifs, de nombreux lecteurs nous ont demandé comment mesurer l'efficacité de cet appareil, et la répartition des ions dans le local où on l'utilise. Une modification très simple du compteur Geiger que nous venons de décrire va leur en donner la possibilité. En effet, si on réalise un tube du même modèle que ceux décrits ici, mais ouvert aux deux extrémités, on détectera non pas les ions produits dans le gaz par un rayonnement nucléaire, mais ceux que l'on trouve à l'état libre dans l'air. Leur nombre est important et leur détection sera très facile. Le "tube" peut être réalisé très simplement, et on peut imaginer un petit ventilateur pour aspirer l'air à l'intérieur. De la même façon, la tension est ajustée à la limite de l'amorçage de l'étincelle. ■

Origine des clichés

Figures 4a, 4b: Valvo Handbuch, Zählrohre 1977

Photo 1, 2 et 3: VALVO

Unternehmensbereich Bauelemente der Philips GmbH, Hamburg.

Bibliographie

Valvo: "Zählrohre 1977",

Valvo Handbuch, Februar 1977.