

Compteur Geiger

A l'heure où un coup d'arrêt vient d'être donné à la polémique sur le passage du nuage de Tchernobyl sur notre territoire, la radioactivité conserve plus que jamais son caractère mystérieux et menaçant, autant inodore qu'invisible.

Voici un montage qui vous permettra de faire vos propres mesures sur le terrain. Dans l'immense majorité des cas, nous ne sommes exposés qu'à de très faibles doses. Ce montage sera, cependant, assez sensible pour mesurer la radioactivité naturelle ambiante. Car, que ce soit dû aux rayons cosmiques, au radon issu des roches granitiques ou aux examens médicaux, nous sommes tous exposés en permanence à de très faibles doses qui sont parfois très variables en fonction des régions (voir liens à la fin de l'article).

Les différents types de rayonnements

Un élément radioactif est généralement formé de noyaux lourds instables qui ont tendance à se casser en noyaux plus légers. C'est à chacune de ces désintégrations que de l'énergie est libérée sous forme de rayonnements, qui sont dits ionisants. Ils sont donc capables d'arracher des électrons à la matière traversée et perturber les réactions chimiques. Les rayonnements dont nous parlons ici, sont en réalité de plusieurs types très différents.

Les rayons Alpha :

Il s'agit ici de noyaux d'hélium éjectés et relativement gros, leur pouvoir de pénétration est donc assez faible (arrêtés par une feuille de papier).



Les rayons Béta :

Ce sont des électrons éjectés par la désintégration de noyaux instables. Leur pouvoir de pénétration est un peu plus important (arrêtés par une plaque d'aluminium).

Le rayonnement Gamma

C'est un vrai rayonnement énergétique. La pénétration est donc beaucoup plus importante. Il faut un écran de plomb d'une épaisseur de 5 cm pour stopper 90 % des rayons Gamma reçus.

Les unités

Le moins que l'on puisse dire, c'est qu'elles sont nombreuses dans le domaine : Gray, Becquerel, Curies, Rem. Il y a de nombreuses façons de qualifier les choses.

Dans notre cas, nous nous intéressons principalement à la **mesure du « débit de dose »**.

Exprimé en micro-Sievert par heure (ou milli-Sievert par an), c'est l'unité la plus courante pour mesurer un degré d'exposition à des rayonnements ionisants.

Le Sievert a le mérite de tenir compte des différents types de rayonnements pour donner une idée des différents niveaux d'impacts effectifs sur les organismes.

Cela permet de définir des limites d'expositions cumulées (souvent sur une année).

Si par exemple, l'exposition naturelle aux radiations reçue par un alpiniste français est de 2,4mSv (milli-Sievert) sur une année, cela correspond en moyenne et en permanence à un « débit de dose » de :

« débit de dose » par heure = $2,4 \times 1\,000\,000 / 365 \times 24 = 273 \text{ nSv/heure}$

Pour fixer les idées, voici à quoi peuvent correspondre quelques valeurs de doses subies **en une seule fois** :

- 10 Sv en une fois : des dommages sévères entraînant la mort
- 1 Sv en une fois : entraîne des problèmes de santé, sensibles mais passagers
- 250 mSv : dose limite subie par les travailleurs pendant l'accident de Fukushima
- 10 mSv : c'est l'ordre de grandeur d'un examen au scanner
- 0,01 mSv : correspond à une radiographie dentaire

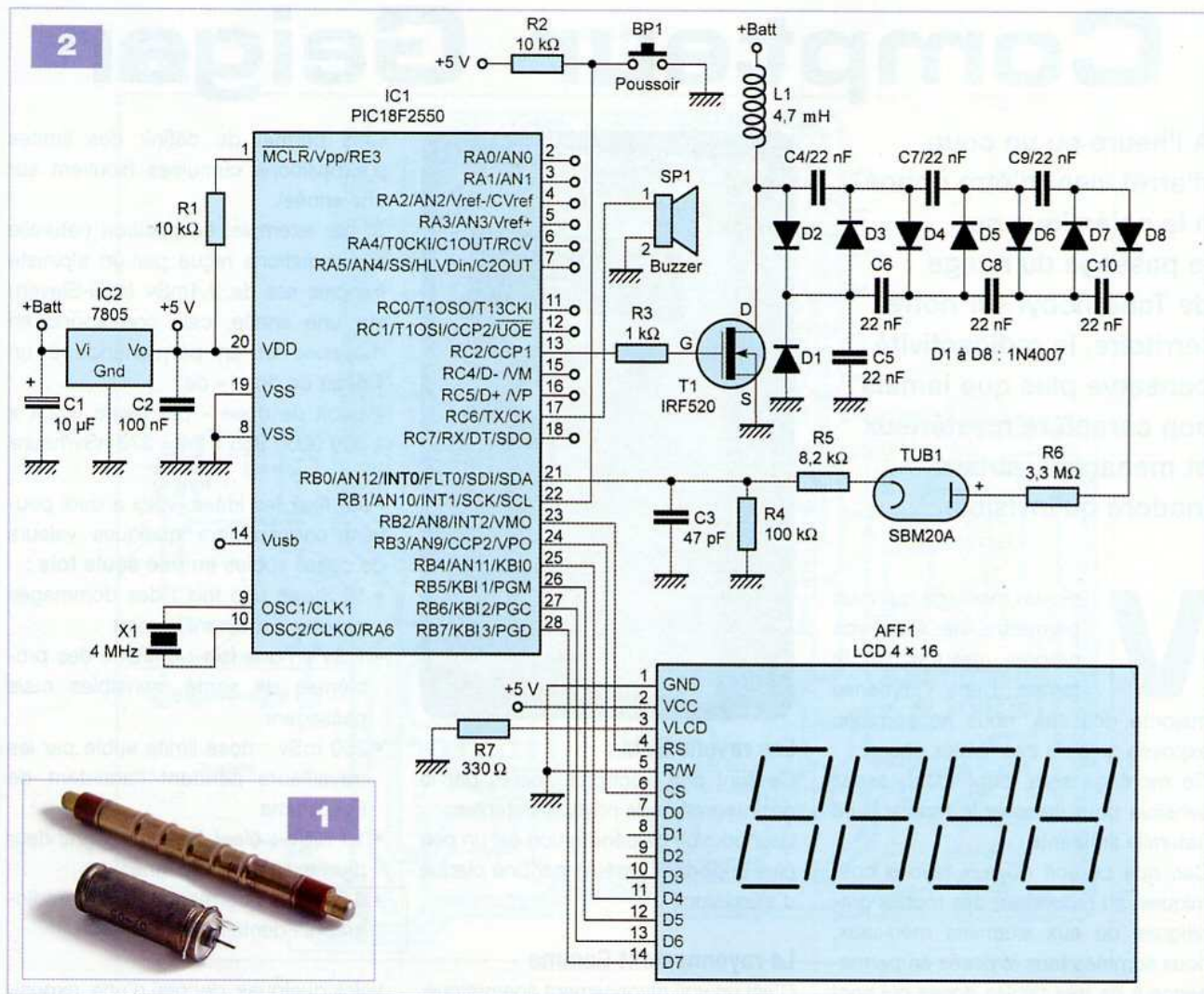
Voici quelques degrés d'une exposition **annuelle** :

- 170 mSv/an : irradiation dans la station spatiale internationale
- 50 mSv/an et plus : probable augmentation du risque de cancer
- 16 mSv/an : limite imposée par le code du travail
- 2,4mSv/an : irradiation naturelle reçue en altitude par un montagnard
- 1 mSv/an : irradiation supplémentaire admissible d'origine humaine

Toutes ces valeurs de « débit de dose » peuvent aussi être affichées en nanoSv/h par une simple règle de trois. Les deux valeurs seront affichées, tour à tour, sur notre montage, avec le nombre de coups par minute, directement issu du comptage.

Le passage des coups par minute au Sievert par heure, se fait aussi par une simple multiplication.

Le point délicat est surtout celui de la sensibilité du capteur utilisé, car il n'est pas si simple de connaître le facteur de



conversion réel. Celui-ci est donné par son constructeur après calibration avec certains radio-éléments bien précis. Pour qualifier la sensibilité du SBM20, son fabricant donne 29 cps/mR/h pour le radium 226 et 22 coups pour le cobalt 60. En faisant la moyenne des deux, nous pouvons dire que 25 coups par seconde seront équivalents à un débit de dose de 1 mR/h. Le milli-roentgen est une ancienne unité qui correspond en fait à 8,77 μ Sv. Donc 25 cp/s $\Rightarrow$ 8,77 μ Sv/h ou $(25 \times 3600) / 8,77$ cp/h $\Rightarrow$ 1 μ Sv/h

Le tube Geiger-Muller

C'est bien sûr la principale et unique partie sensible du montage. Son principe, assez ancien, a été inventé par les physiciens qui lui ont laissé leurs noms. Il revient à soumettre deux électrodes isolées par un gaz, à une forte tension, proche de la décharge. De cette façon, le gaz peut facile-

ment devenir conducteur, le temps de produire une très brève décharge, chaque fois qu'il est soumis à une particule suffisamment énergétique. Cela correspond aux petits « clics » caractéristiques que l'on associe toujours à la présence de la radioactivité, lorsqu'ils deviennent trop nombreux. Le tube Geiger-Muller est malheureusement difficile à trouver. Nous pouvons même dire qu'il n'y a pas de fournisseur français disposant d'un stock suffisant à des prix raisonnables. C'est sans compter sur les possibilités d'Internet et les sites de ventes comme « Ebay ». Le tube soviétique SBM-20 a été fabriqué en grand nombre du temps de l'ex union soviétique (figure 1). Des vendeurs de composants électroniques et surplus militaires (maintenant en Ukraine) peuvent nous en fournir par centaines. Si certains d'entre vous êtes plutôt réticents à l'idée de faire des achats

sur le net et en plus en Ukraine, sachez que l'auteur a commandé plusieurs exemplaires de SMB-20 sans le moindre problème (par Paypal). Un tube revient à une vingtaine d'euros tout compris. Le délai de livraison est raisonnable et la transaction assurée. Le vendeur que nous avons contacté (appelé « rus-market » ou « lhor ») en détient encore quelques centaines d'exemplaires. Vous pouvez également contacter l'auteur en cas de doute, ou pour la programmation du microcontrôleur.

Le schéma de principe

Le microcontrôleur IC1 occupe la place centrale du schéma (figure 2). Nous retrouvons autour de lui les quelques composants de base qui lui permettent de fonctionner : un quartz pour l'horloge, un régulateur pour son alimentation. L'afficheur LCD est commandé direc-

Nomenclature

• Résistances

R1, R2 : 10 kΩ
R3 : 1 kΩ
R4 : 100 kΩ
R5 : 8,2 kΩ
R6 : 3,3 MΩ
R7 : 330 Ω

• Condensateurs

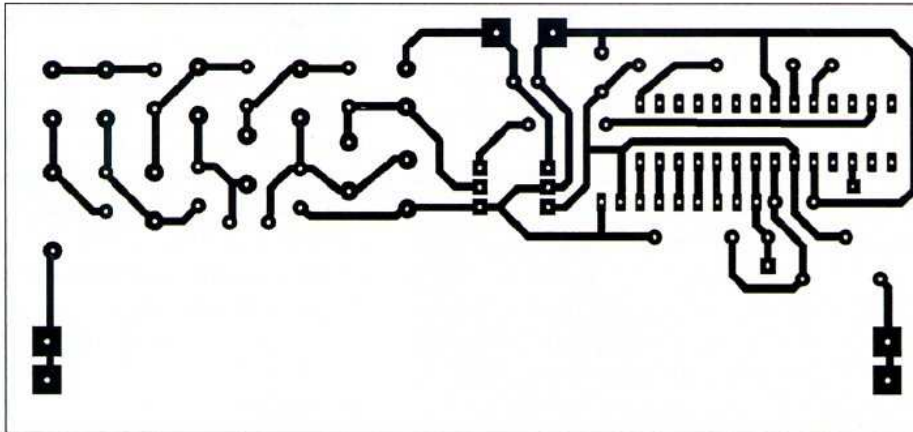
C1 : 10 μF
C2 : 100 nF
C3 : 47 pF
C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10 :
22 nF / 250 V (plastique)

• Semiconducteurs

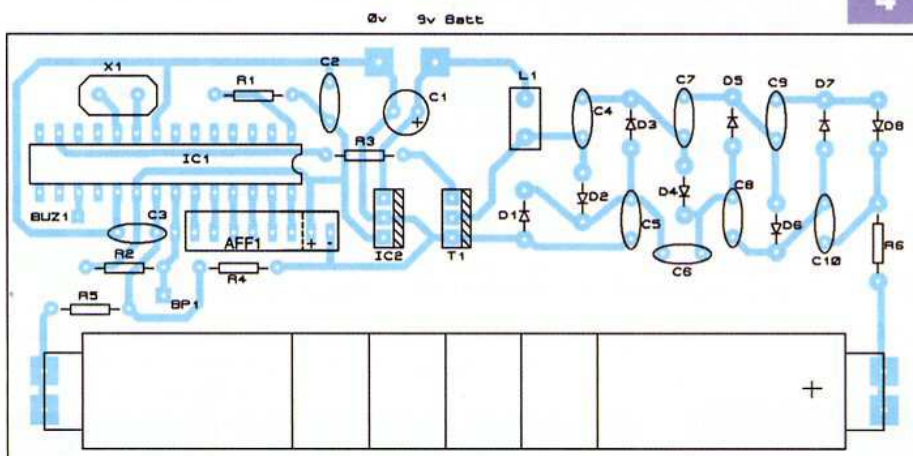
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8 :
1N4007
T1 : IRF520
IC1 : PIC18F2550
IC2 : 7805

• Divers

L1 : self NEOSID de 4,7 mH (Conrad)
TUB1 : Tube SBM20 (de GSTube
Russie voir liens)
X1 : Quartz 4 MHz
AFF1 : Afficheur LCD 2 x 16
caractères (HD44780 ou autre)
BP1 : bouton-poussoir pour coffret
SP1 : Buzzer piézo (avec oscillateur
intégré)
Support CI 28 pattes, étroit
Boîtier TEKO CP3 160 x 96 x 67 mm
Inverseur miniature
Support pour pile 9 V, encastrable
(à tiroir ou à porte)
Poignet à visser pour coffret, 102 mm



3



4

tement par le microcontrôleur en mode « parallèle » à quatre fils.

Vient ensuite la partie réellement spécifique au montage : l'étage haute-tension permettant d'alimenter le tube Geiger-Muller. Pour cela, une tension de 300 V, continue, est nécessaire, mais le courant circulant au travers du tube est quasiment négligeable.

Un élévateur de tension (ou pompe de charge) à plusieurs étages en « cascade » est constitué pour cela par les condensateurs C4 à C10 et les diodes D1 à D8. La résistance de 3,3 MΩ en série avec le tube sert de limitation en courant, comme l'indique la documentation « constructeur » du tube.

Notre convertisseur haute-tension fonctionne grâce à la sortie PWM du microcontrôleur, qui pilote le transistor T1 (signal carré de fréquence 7,5 kHz). Les variations brutales de courant ainsi obtenues à travers l'inductance L1 permettent d'obtenir des pics de tension très importants.

Les cellules diodes/condensateurs montées en « cascade » font le reste.

Attention ! Même si le courant est très limité, nous obtenons par endroits plusieurs centaines de volts. Il faudra donc éviter de poser les doigts sur le montage en fonctionnement. Même après arrêt, il est préférable d'attendre quelques minutes.

N'oubliez pas que le tube Geiger est polarisé, le signe (+) doit se trouver du côté de R6.

La réalisation

Le circuit imprimé (figure 3) a été dessiné sur une plaque d'époxy simple face de 120 x 55 mm. Sa gravure ne doit poser aucun problème particulier, si ce n'est la section haute-tension qu'il faudra soigner.

L'implantation des composants est représentée en figure 4. Vérifier le bon sens des diodes avant soudages.

Une rangée de contacts a été prévue

à côté du PIC pour permettre les connexions (DB0 à DB3, RS, EN) de l'afficheur LCD, qui est configuré en mode 4 bits « parallèle » pour minimiser le nombre de fils.

Ce type d'afficheur comporte une patte de réglage du contraste (VO ou VLCD). Sur le prototype, elle a été reliée au 0 V par une résistance de 330 Ω.

Un petit buzzer piézo (à oscillateur intégré) est utilisé pour produire les « clics » caractéristiques des tubes Geiger. Une connexion est prévue à cet effet sur la patte 17 du microcontrôleur (et la masse).

Notre prototype a été inséré dans un coffret TEKO de type CP3. Ce modèle a juste les bonnes dimensions pour pratiquer une ouverture en façade, laissant apparaître l'afficheur. La longueur permet de fixer une poignée de portage sur le dessus.

Le dessous du coffret a été usiné pour permettre le passage d'un support de pile 9 V, à clipser.

Le logiciel

Le micrologiciel fonctionnant sur notre contrôleur PIC, a été écrit en langage C avec les outils de développement Microchip (compilateur C18 version 2.40 et MPLAB version 8.4).

Vous trouverez autant l'exécutable que le source, sur le site Web de la revue, ou celui de l'auteur.

Les mots de configuration (horloge, protection, etc...) sont inclus dans le fichier « geiger_v13.HEX ».

La fonction première du logiciel est de fournir une base de temps stable et de compter le nombre de « tops » produits par le tube Geiger-Muller.

L'entrée d'interruption INT0 est utilisée à cet effet, pour être certain de ne rater aucune impulsion. Chacune ne dure que quelques microsecondes et arrive de façon tout à fait aléatoire.

La période du comptage peut être modifiée de 15 s, à 30 s, puis 120 s pour obtenir une bonne précision sur les faibles niveaux.

Pour cela, il suffit de maintenir le bou-

ton-poussoir BP1 appuyé, jusqu'à l'affichage du réglage voulu.

Les différents choix des réglages défilent tant que le bouton est appuyé. Le choix est validé au moment du relâchement de celui-ci.

Il est également possible de désactiver et de réactiver le buzzer.

N'oubliez pas qu'en mode de mesure « longue » (120 s), la précision est plus grande, mais il est normal que les valeurs mettent du temps à se stabiliser. L'appareil doit alors rester au même endroit pendant 2 mn.

Le compteur doit fonctionner dès la première mise sous tension. Un message d'annonce du type « Geiger PIC v1.2 8/2011 » doit apparaître pendant quelques secondes.

Le résultat du comptage proprement dit est ensuite affiché en « coups / minute » et tour à tour en nano-Sievert par heure, puis en milli-Sievert par an. Ce sont là les unités le plus souvent utilisées pour définir les limites d'exposition.

L'étalonnage d'un tel appareil est

assez difficile à réaliser. Les sources radioactives, surtout étalonnées, ne se trouvent pas facilement.

Le coefficient de proportionnalité utilisé dans le logiciel (0,0057) correspond à une moyenne des « coups » par minute, donnés par le fabricant du tube.

Et surtout, les mesures correspondent assez bien aux mesures de la radioactivité naturelle accessibles sur le site de l'IRSN (voir liens).

G. SAMBLANCAT

Liens internet

www.irsn.fr/FR/Documents/france.htm : carte de France des mesures de la radioactivité ambiante

www.ebay.com/sch/i.html?_nkw=sbm-20+geiger : pour commander le tube en Ukraine, payable par Paypal sans aucun risque. Le vendeur que nous avons testé et approuvé se dénomme 'rus-market', il se trouve à 'Chernigiv' en Ukraine et livre dans des délais assez courts.

www.microchip.com : documentations et outils de développement sont disponibles en ligne.

Schaeffer
AG

FACES AVANT ET BOÎTIERS

Pièces unitaires et petites séries à prix avantageux.

A l'aide de notre logiciel – *Designer de Faces Avant** – vous pouvez réaliser facilement votre face avant individuelle.

GRATUIT: essayez-le! Pour plus de renseignements, n'hésitez pas à nous contacter, **des interlocuteurs français** attendent vos questions.

*Vous en trouverez la dernière version sur notre site internet.

- Calcul des prix automatique
- Délai de livraison: entre 5 et 8 jours
- Si besoin est, service 24/24



Exemple de prix: 34,93 €
majoré de la TVA/
des frais d'envoi

Schaeffer AG · Nahmitzer Damm 32 · D-12277 Berlin · Tel +49 (0)30 8058695-30
Fax +49 (0)30 8058695-33 · Web info.fr@schaeffer-ag.de · www.schaeffer-ag.de



L'ORIGINAL DEPUIS 1991
PCB-POOL
Beta LAYOUT

Pochoir CMS gratuit

Un pochoir CMS est offert avec chaque commande "Prototype"

Nouveau!

Service Assemblage

A partir d'un composant

30%
20%
10%

Evaluation

Notez 5 commandes et recevez un code de réduction de 10%

Cool

Prototypes circuit imprimé
IMS (Noyau en aluminium)

Appel Gratuit : FR 0800 90 33 30
sales@pcb-pool.com



PCB-POOL® est la marque déposée de

www.pcb-pool.com

Beta
LAYOUT