

chambre à brouillard

à faire soi-même

visualiser les rayonnements invisibles

Matthias Rosezky (Autriche)

Avez-vous déjà imaginé voir de vos propres yeux la radioactivité et les rayonnements ionisants ? Dans cet article, je vous propose de découvrir un dispositif à réaliser vous-même, grâce à quelques composants de base disponibles sur le marché. Avec cette chambre à brouillard « maison », vous pouvez réellement voir le rayonnement ambiant (dit « rayonnement de fond »), et même visualiser la radioactivité de certains échantillons.

Qu'est-ce qui vous vient tout de suite à l'esprit lorsque vous entendez les termes « radioactivité » ou « rayonnements ionisants » ? Probablement rien de très positif, voire même un sentiment de danger, consécutif aux catastrophes de Tchernobyl ou de Fukushima. Pourtant, ce type de rayonnement existe depuis bien plus longtemps que nous ne l'utilisons et que nous ne sommes en mesure de le détecter. Ainsi, le rayonnement ambiant (aussi appelé « rayonnement de fond ») est en permanence présent autour de nous, et ce, depuis que l'humanité existe. Il n'y a là rien d'extraordinaire, même si nous n'en sommes pas toujours conscients. Concrètement, il existe deux sources de rayonnement ambiant : l'une est terrestre, et provient du sous-sol de la planète elle-même. L'autre est cosmique et correspond à tous les rayonnements à haute énergie provenant principalement de l'espace extra-atmosphérique. Le rayonnement cosmique n'est cependant pas aussi intense pour nous que la source terrestre, car il n'affecte pour l'essentiel que l'aviation, les

astronautes et les satellites. La partie terrestre du rayonnement ambiant est beaucoup plus importante sur Terre. Elle provient d'une multitude d'isotopes radioactifs naturels qui se trouvent pratiquement partout (roches, minéraux, air, eau, aliments ingérés, corps). La plupart de ces isotopes proviennent de la désintégration radioactive de l'uranium et du thorium, et il existe même, par exemple, un

isotope instable naturel du potassium. Cela vous confère donc une légère radioactivité.

Une fenêtre ouverte sur le rayonnement

Vous êtes donc sûrement en train de vous demander : « Si ce rayonnement est présent tout autour de nous, existe-t-il un moyen de le voir de nos propres yeux ? ». Il y en a évidemment un, et il a joué un rôle important dans la physique des particules au début du XX^e siècle : la chambre à brouillard. Cet appareil permet en effet non seulement de voir les rayonnements ionisants par vous-même, mais aussi de les différencier. Il existe deux types d'appareils ; celui dont il est question dans l'article présent s'appelle la « chambre à brouillard à diffusion ». Inventée en 1936 par un physicien américain, elle peut être utilisée en continu, pratiquement sans arrêt. Avec la

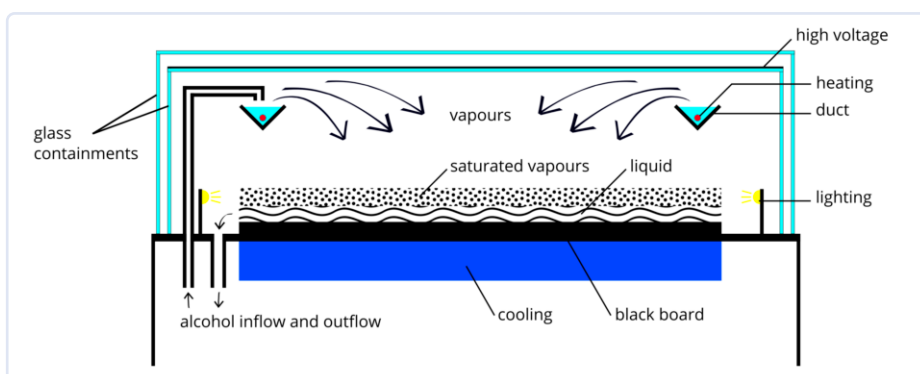


Figure 1. Schéma d'une chambre à brouillard à fonctionnement continu. (Source : Nuledo, CC BY-SA 4.0 — <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0> — via Wikimedia Commons)

technologie actuelle, elle est réalisable assez facilement chez vous, et c'est ce que j'ai fait.

La chambre à brouillard

Pour une chambre à brouillard à diffusion, il vous faut essentiellement deux éléments : une plaque métallique très froide formant le fond, et, au-dessus, de l'alcool, par exemple de l'alcool isopropylique (**figure 1**). Lorsque l'alcool s'évapore, il sature l'air qui, en se refroidissant, redescend également. Lorsque ce mélange d'air saturé s'approche de la plaque froide, l'air se condense sur la plaque froide pour former à nouveau un liquide. Cependant, juste au-dessus de la plaque, se trouve une petite section d'air où ce mélange air-alcool est sursaturé et sur le point de se condenser, n'attendant qu'un événement pour le perturber. C'est là que les rayonnements ionisants entrent en jeu. Comme leur nom l'indique, ces rayonnements ionisent les molécules d'air lorsqu'ils traversent cette couche, et les ions laissés sur place constituent des noyaux de condensation pour le mélange (**figure 2**). La condensation se produit donc le long de la ligne d'ionisation et forme un léger brouillard, révélant ainsi la trajectoire de la particule ionisante. Selon le type de particule qui a traversé la chambre à brouillard, apparaissent différents types de traces. La plupart d'entre elles sont des particules alpha ou bêta issues de désintégrations respectives. Les particules alpha, beaucoup plus lourdes, laissent des traces courtes et épaisses, d'apparence très rectiligne. Pour leur part, les particules bêta laissent des traces beaucoup plus longues, plus fines et parfois très irrégulières dans la chambre à brouillard (**figure 3**). Vous pourrez également placer vous-même de petits échantillons radioactifs dans l'appareil, et vous pourrez éventuellement voir, dans ce cas, d'autres types de radioactivité.

Construire vous-même votre propre appareil

Alors, comment ai-je procédé pour réaliser de toutes pièces ma propre chambre à brouillard ? Comme je l'ai mentionné, l'idée de base de cette chambre à brouillard repose sur une plaque métallique très froide et un peu de vapeur d'alcool. Commençons par la plaque métallique. Pour obtenir une distribution optimale de la chaleur sur toute la surface, j'ai choisi une grande plaque de cuivre de 10x10 cm, d'une épaisseur de 4 mm (**figure 4**). Le cuivre est un excellent conducteur thermique, de sorte que la température est très homogène sur l'ensemble de la plaque. Cela me permet de refroidir complètement la

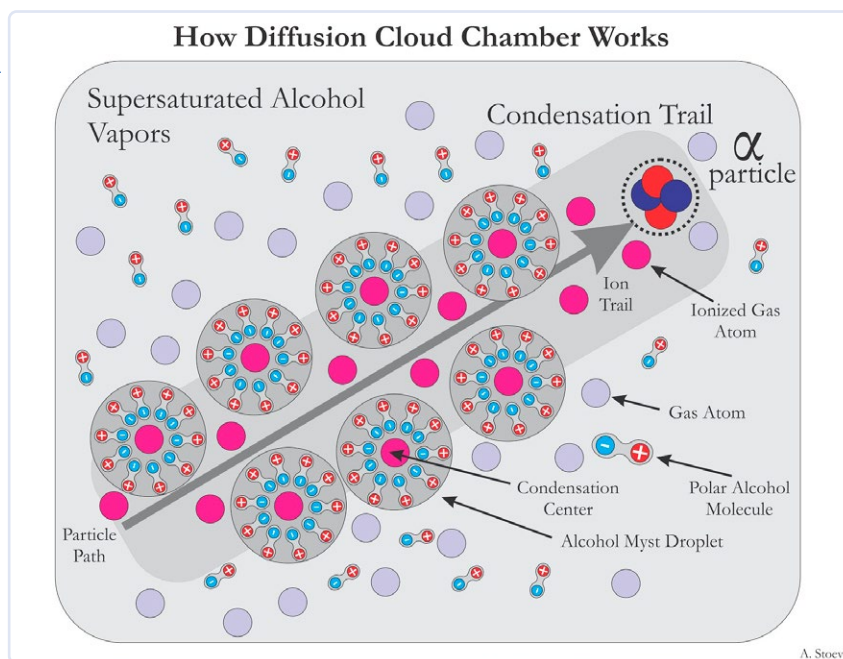


Figure 2. Formation de traces de condensation d'alcool dans la chambre à brouillard à diffusion. (Source : Kotarak71, CC BY-SA 4.0 — <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0> — via Wikimedia Commons)

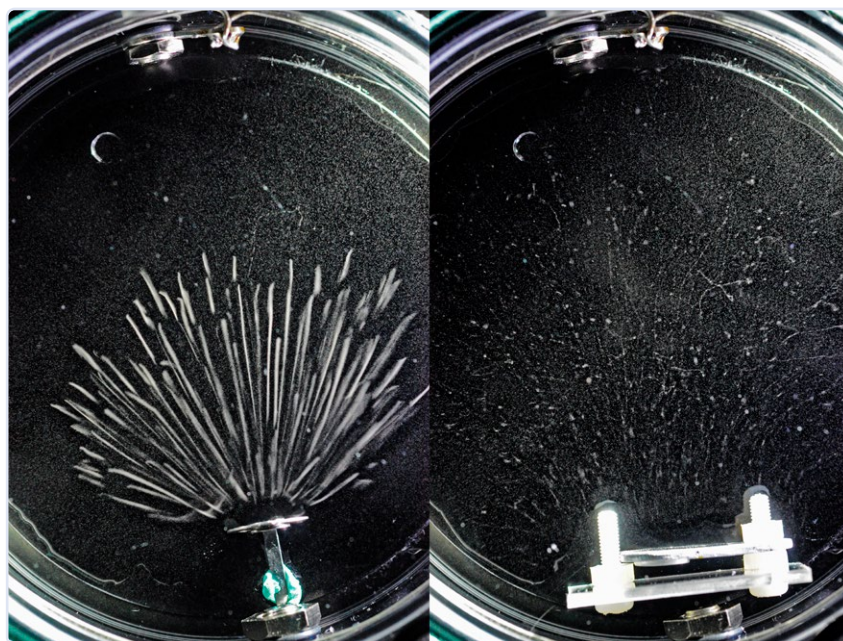


Figure 3. Exemples d'images : (à gauche) traces alpha issues d'une source Am-241. (à droite) traces bêta issues d'une source Sr-90/Y-90. (Source : Kebukawan, CC BY-SA 4.0 — <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0> — via Wikimedia Commons)



Figure 4. Plaque de cuivre au-dessus du refroidisseur de CPU.

zone de 10×10 cm jusqu'à environ -30 °C et de l'utiliser dans son intégralité pour observer les traces, ce qui est utile lorsque l'on insère certains échantillons dans la chambre à brouillard. Si vous le souhaitez, vous pouvez également utiliser de l'aluminium, qui est beaucoup moins cher, mais qui ne sera probablement pas aussi performant. Pour refroidir la plaque, j'utilise un refroidisseur thermoélectrique, également connu sous le nom de refroidisseur Peltier, qui est essentiellement une petite pompe à chaleur sans aucune pièce mobile. Lorsqu'on lui applique une tension, un côté de la cellule Peltier refroidit tandis que l'autre se réchauffe, ce qui maintient un gradient de température constant entre les deux faces. Le côté froid est directement relié à la plaque de cuivre à l'aide de pâte thermique. Pour sa part, le côté chaud doit être refroidi de manière optimale pour ne pas trop se réchauffer. Ce processus est nécessaire parce que le gradient est constant. La température de la face froide dépend donc de la température de la face chaude. J'utilise un puissant refroidisseur de CPU pour tour double, normalement utilisé dans les PC, avec deux ventilateurs. Avec un refroidissement classique par air ou par liquide, vous ne pourrez jamais descendre au-dessous de la température ambiante de la face chaude. Le gradient de température requis sera donc d'au moins 50 °C pour atteindre -30 °C si vous utilisez le refroidisseur thermoélectrique (et plus tard, la chambre à brouillard) à température ambiante. Pour y parvenir, vous aurez besoin de plusieurs refroidisseurs Peltier en série. Vous pouvez cependant aussi utiliser directement un modèle déjà cascadié, comme le TEC2-25408. Il s'agit d'un refroidisseur composé de deux modules simples superposés en interne de sorte que vous pouvez l'utiliser exactement comme une unité unique (plus épaisse). Il est capable d'atteindre un gradient de température beaucoup plus élevé atteignant 80 °C (certes, dans les circonstances les plus idéales). Avec ce module unique, un gradient de 50 °C à 60 °C est facilement possible si votre plaque de cuivre n'est pas trop grande.

Surmonter les défis de l'assemblage

Pour monter solidement la plaque de cuivre, le refroidisseur thermoélectrique et le refroidisseur à air, je voulais un dispositif qui puisse être vissé et dévissé au cas où j'aurais besoin de changer un élément. Je voulais aussi pouvoir appliquer une bonne pression de montage sur le refroidisseur thermoélectrique avec toute la pâte thermique. Ainsi, j'ai utilisé les supports

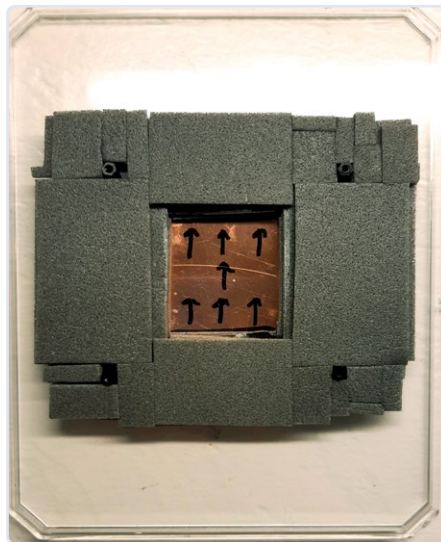


Figure 5. Plaque de cuivre avec isolation thermique et fixations en matière plastique.

de montage Intel fournis avec le refroidisseur de CPU, j'ai percé les trous de fixation dans la plaque de cuivre et j'ai utilisé des vis en matière plastique et des entretoises pour solidariser tous les éléments. Les vis en matière plastique apportent un compromis évident, même si elles sont loin d'être aussi solides et fiables que les vis métalliques normales. Cependant, utiliser des vis en métal à proximité de la plaque de cuivre froide et du refroidisseur de CPU chaud est une mauvaise idée, ne serait-ce qu'en raison de l'énorme transfert de chaleur qui se produirait entre les faces chaude et froide. Le plastique, en revanche, a une très faible conductivité thermique, ce qui est essentiel dans ce cas. Pour réduire davantage la charge thermique, j'ai également ajouté une isolation thermique en bas de la plaque et autour de l'élément Peltier, comme le montre la **figure 5**. De même, pour minimiser les perturbations de la couche sensible nébulisée (brouillard) et veiller à ce que le mélange d'air se sature ensuite d'alcool, une cloche transparente est installée autour de la plaque de cuivre, ce qui nécessite un certain espace. À cette fin, j'ai utilisé une simple feuille d'acrylique plus grande que le diamètre de la cloche et je l'ai fixée à la plaque de cuivre par le bas à l'aide de fixations en plastique (**figure 6**). Cela permet également de disposer d'un espace pour installer des diodes électroluminescentes de bonne puissance, destinées à éclairer tangentielle-ment la plaque de cuivre et illuminer la fine nappe de brouillard. Cette lumière contribue à rendre les traces clairement visibles sur la plaque de cuivre en augmentant le contraste. Pour améliorer encore la visibilité, j'ai également recouvert de ruban noir isolant électrique la surface supérieure exposée de ma plaque de cuivre.



Figure 6. Plaque de cuivre noire entourée d'une feuille d'acrylique. J'ai recouvert l'acrylique d'un peu plus d'isolant pour assurer l'étanchéité de la cloche transparente.

Questions d'alimentation, et autres

Pour alimenter ce dispositif, j'ai utilisé un bloc d'alimentation ATX standard, récupéré d'un ancien PC. Ces alimentations peuvent délivrer jusqu'à 12 V, injectés directement dans le refroidisseur thermoélectrique. Il est possible d'affecter directement un certain nombre de lignes 5 V aux ventilateurs, sans contrôleur, et de les faire tourner silencieusement tout en appliquant un flux d'air au dissipateur thermique géant. Dans mon cas, j'ai ajouté un interrupteur entre le 5 V et le 12 V pour changer la vitesse du ventilateur. Les LED que j'ai utilisées sont des modèles RVB adressables en 5 V, uniquement pour expérimenter différentes couleurs et luminosités. Pour cette raison, je les ai également connectées à l'alimentation et j'ai utilisé un Raspberry Pi Pico qui sert à configurer les valeurs de luminosité et les nuances de couleur. J'ai fini par utiliser un blanc légèrement froid avec la luminosité maximale, ce qui est idéal pour observer des traces complexes. Vous avez sans doute remarqué que je n'ai pas encore parlé de l'alcool. Il doit pouvoir passer au-dessus de la plaque froide sans goutter.

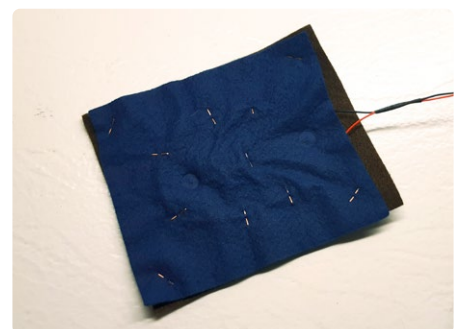


Figure 7. Morceaux de feutre agrafés ensemble avec le dispositif chauffant résistif.

Pour ce faire, j'ai pris quelques morceaux de feutre (**figure 7**) et je les ai montés à l'intérieur à l'aide d'aimants, en haut de la cloche, comme le montre l'image en début d'article. Ces aimants assurent un maintien suffisamment solide pour ne pas compliquer le montage, et avec l'avantage supplémentaire de permettre le démontage des éléments. J'ai apporté une dernière amélioration, cependant, avant de tout mettre en place en installant un petit dispositif chauffant pour l'alcool. En effet, pour obtenir une nappe de brouillard encore plus épaisse au-dessus de la plaque froide, on peut soit diminuer sa température (ce qui nécessite une tension plus élevée ou plusieurs refroidisseurs Peltier), soit augmenter la température de l'alcool pour accroître l'évaporation. J'ai donc simplement ajouté quelques résistances aux morceaux de feutre, je les ai agrafées solidement, puis solidement connectées au rail 12 V de mon alimentation. **Pour des raisons de sécurité, vous devez être absolument sûr(e) que rien ne peut être court-circuité à proximité de l'alcool, car il est hautement inflammable !** Dans mon cas, les résistances ont une valeur assez élevée, ce qui ne permet de dépasser la température ambiante que d'environ 5 à 10 °C, mais, même avec cela, on peut déjà constater une nette amélioration.

Mise en service et résultats

Pour démarrer la chambre à brouillard, je mets un peu d'alcool isopropylique sur le feutre de manière à bien le saturer, mais sans qu'il goutte. Je place ensuite la cloche transparente autour de la plaque supérieure et je démarre le dispositif. Il faut quelques minutes pour que la chambre refroidisse complètement jusqu'à environ -30 °C. Une petite flaque d'alcool se forme au-dessus de la plaque et empêche la formation de glace sur la face froide. Ensuite, une couche de brouillard de plus en plus épaisse commence à se former au-dessus de la plaque et, peu de temps après, des traces commencent à se former dans tout cet espace. Les résultats sont visibles dans cette vidéo [1], où je place également un petit échantillon légèrement radioactif dans la chambre à brouillard. Par ailleurs, le projet est disponible sur la page du projet Elektor Labs [2], ainsi que sur Hackaday [3].

Et voilà ! Ce n'est pas très compliqué et ce dispositif fonctionne très bien pour le budget alloué. Le fait de pouvoir construire une chambre à brouillard aussi performante en « bricolant » un petit nombre de composants standard ne cesse de m'étonner. N'hésitez pas à me faire savoir ce que vous en pensez ! ◀

VF : Pascal Godart — 230495-04

À propos de l'auteur

Étudiant diplômé, Matthias Rosezky vit à Vienne, en Autriche. Spécialisé dans la physique des rayonnements, c'est un maker et un bricoleur dans l'âme. Il aime programmer et travailler avec l'électronique pour créer des choses intéressantes et améliorer les réalisations existantes. Dans certains de ses autres projets [4], Matthias a repris cette philosophie et a construit du matériel de détection de rayonnement open source abordable.

Questions ou commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr)



Produits

> **Kit de compteur Geiger MightyOhm (avec boîtier)**
www.elektor.fr/18509

> **Testeur de rayonnement électromagnétique WT3122**
www.elektor.fr/20521



LIENS

[1] Introduction de thorianite dans ma chambre à brouillard « maison » : <https://youtu.be/BRjhhpcfuWA>

[2] Page Elektor Labs de ce projet : <https://elektormagazine.fr/labs/peltier-cloud-chamber>

[3] Le projet sur Hackaday : <https://hackaday.io/project/192146-peltier-cloud-chamber>

[4] Autres projets de cet auteur : <https://nuclearphoenix.xyz>

YOUR KEY TO CELLULAR TECHNOLOGY



**WÜRTH
ELEKTRONIK**
MORE THAN
YOU EXPECT

WE are here for you!

Join our free webinars on:
www.we-online.com/webinars

Adrastea-I is a Cellular Module with High Performance, Ultra-Low Power Consumption, Multi-Band LTE-M and NB-IoT Module.

Despite its compact size, the module has integrated GNSS, integrated ARM Cortex M4 and 1MB Flash reserved for user application development. The module is based on the high-performance Sony Altair ALT1250 chipset. The Adrastea-I module, certified by Deutsche Telekom, enables rapid integration into end products without additional industry-specific certification (GCF) or operator approval. Provided that a Deutsche Telekom IoT connectivity (SIM card) is used. For all other operators the module offers the industry-specific certification (GCF) already.

www.we-online.com/gocellular

- Small form factor
- Long range / worldwide coverage
- Security and encryption
- Multi-band support

#GOCellular