

Microcosmos 1.4.0

Rayons cosmiques, radioactivité et demi-vie du radon avec des tubes Geiger

1/9 · Présentation

Le **Microcosmos** est un détecteur de rayonnements fait d'un ou deux tubes Geiger reliés à un **Arduino Uno ou Nano**, lui-même branché en USB sur un ordinateur. Le logiciel Microcosmos s'utilise **dans le navigateur** et propose quatre activités :

Rayons cosmiques — comptages des deux tubes et de leurs coïncidences (muons qui traversent les deux tubes), expériences de durée réglable, graphique et histogramme.

Radioactivité — séries de 30, 60 ou N mesures de 10 s, tableau à recopier par les élèves et histogramme (caractère aléatoire, loi de Poisson).

Demi-vie (radon) — décroissance d'un filtre d'aspirateur chargé des descendants du radon : courbe $N = f(t)$ en direct, ajustement exponentiel et demi-vie.

Arduino et fichiers — envoi du programme dans l'Arduino **en un clic**, sans IDE Arduino, et récupération des fichiers de mesure.

Trois façons de l'utiliser — même écran, mêmes fonctions

A Site web

mucosmos.github.io/microcosmosWeb
rien à installer

- + immédiat, sur n'importe quel ordinateur du lycée
- + toujours la dernière version
- Chrome, Edge ou Chromium (Firefox seulement dans certains cas)
- fichiers gardés dans le navigateur : à télécharger

B Linux (.deb)

microcosmos_1.4.0_all.deb
Linux Mint, Ubuntu, Debian

- + tous les navigateurs, Firefox compris
- + fichiers écrits au fur et à mesure dans **Documents** > **Microcosmos**
- + accès USB réglé automatiquement, sans internet
- une installation par ordinateur

C Windows / macOS

Microcosmos-1.4.0-Windows.zip
dossier à décompresser

- + tous les navigateurs, Firefox compris
- + fichiers écrits dans le dossier **mesures**
- + fonctionne sans internet (après installation)
- Python à installer une fois (ou un `.exe` à fabriquer)

Comment choisir ? Pour essayer : le **site web**. Salle de TP sous Linux : le **.deb**. PC Windows : le **dossier Windows** (ou le `.exe`). L'écran décrit pages 4 à 9 est **identique** dans les trois cas.

Ce qu'il vous faut

Le détecteur



tube 1 sur l'entrée 2, tube 2 sur l'entrée 3 de l'Arduino

Un câble USB « données »



pas un simple câble de charge

Un ordinateur



Windows, Linux ou macOS (pas de tablette ni de téléphone)

Une seule mesure à la fois, et **un seul logiciel à la fois** sur le port de l'Arduino : fermez l'IDE Arduino (et son moniteur série) avant d'utiliser Microcosmos.

Sans détecteur : la case **Simulation** remplace le détecteur par un faux Arduino réaliste ; avec **accélérée x 60**, une décroissance de 2 h se montre en 2 min.

A Le site web — rien à installer

1 Ouvrez <https://mucosmos.github.io/microcosmosWeb/> avec Chrome, Edge ou Chromium

Sur un ordinateur (Windows, Linux, macOS, Chromebook) ; pas avec Safari, un iPad ou un téléphone.

2 Branchez l'Arduino puis cliquez sur « Connecter l'Arduino »

C'est le **navigateur** qui affiche la liste des ports : choisissez l'Arduino (souvent « USB Serial », « Arduino Uno » ou « CH340 ») puis **Connexion**.

Si le navigateur ne sait pas accéder au port USB, la page l'indique par un **bandeau jaune** ; la simulation reste utilisable.

Firefox (version 151 et plus récente) : à la première connexion, acceptez l'« autorisation de site » proposée. Si la liste des ports reste vide alors que Chrome voit l'Arduino, l'accès série est désactivé dans ce Firefox (version « snap », ou Firefox de la distribution avec des stratégies, voir `about:policies`) : dans `about:config`, passez `dom.webserial.enabled` à `true`, ou utilisez Chromium... ou les voies B et C.

Fichiers : avec le site, les mesures sont gardées **dans le navigateur de cet ordinateur**. Téléchargez-les à la fin de la séance (onglet « Arduino et fichiers »). **Linux** : il faut appartenir au groupe `dialout` une fois pour toutes :

```
$ sudo usermod -aG dialout $USER
```

puis fermer et rouvrir la session.

B Linux Mint, Ubuntu, Debian — le paquet .deb

1 Double-cliquez sur `microcosmos_1.4.0_all.deb`

« **Installer le paquet** », puis votre mot de passe (il ne s'affiche pas : c'est normal). Tout le nécessaire est installé ; une ancienne version est remplacée, les mesures sont conservées.

2 Branchez (ou rebranchez) l'Arduino

L'accès au port USB est donné automatiquement (pas de groupe `dialout`, pas de redémarrage). S'il était branché pendant l'installation, débranchez-le puis rebranchez-le.

3 Lancez « Microcosmos » depuis le menu

Rubrique *Éducation* ou *Sciences*, ou tapez « micro » dans la recherche du menu.

Le navigateur s'ouvre tout seul

sinon, tapez l'adresse `localhost:8001`

⚠ Une **fenêtre de terminal** s'ouvre aussi : **laissez-la ouverte**, ainsi que l'onglet du navigateur, pendant toute la séance.

Vos mesures sont écrites au fur et à mesure dans **Documents** > **Microcosmos** (bouton « Ouvrir le dossier » dans l'onglet Arduino et fichiers).

Désinstaller : `sudo apt remove microcosmos`. Les mesures restent dans Documents.

Décompressez `Microcosmos-1.4.0-Windows.zip` où vous voulez (Documents, Bureau, clé USB...). Le dossier **Microcosmos-1.4.0** contient le logiciel (`microcosmos.py` et le dossier `web`), les lanceurs `lancer.bat` (Windows) et `lancer.sh` (Linux, macOS), et `fabriquer_exe.bat`.

C Windows

1 Installer Python (une seule fois)

Depuis **python.org** > **Downloads**. Dans la première fenêtre de l'installation, **cochez** « **Add python.exe to PATH** », puis « **Install Now** ».

2 Double-cliquez sur `lancer.bat`

La première fois, il installe le module **pyserial** (il faut internet). Une fenêtre noire s'ouvre, puis le navigateur sur **localhost:8001**.

3 Connectez l'Arduino

Le port s'appelle `COM3`, `COM4` ... Les cartes « compatibles » à puce **CH340** demandent parfois l'installation de leur pilote (cherchez « pilote CH340 »).

Mesures : dossier `mesures` à l'intérieur du dossier `Microcosmos-1.4.0`.

C macOS

1 Installer Python 3 (une seule fois)

Depuis **python.org** > **Downloads** > **macOS**. Puis, dans le **Terminal** :

```
$ python3 -m pip install pyserial
```

2 Lancer le logiciel

Dans le Terminal, tapez `cd` (avec une espace), glissez le dossier `Microcosmos-1.4.0` dans la fenêtre, appuyez sur `Entrée`, puis :

```
$ python3 microcosmos.py
```

3 Connectez l'Arduino

Le port s'appelle `/dev/cu.usbmodem...` (ou `/dev/cu.usbserial...`).

Linux sans paquet : même principe, `sudo apt install python3-serial` puis double-clic sur `lancer.sh`.

Fabriquer Microcosmos.exe (facultatif, Windows)

Sur un PC Windows avec Python et internet, double-cliquez sur `fabriquer_exe.bat` : après 1 à 2 min, le dossier `dist` contient **Microcosmos.exe**. Copiez ce seul fichier sur les autres PC : un double-clic suffit, sans Python ; les mesures vont dans un dossier `mesures` à côté de lui. Refaites-le à chaque nouvelle version.

À la première ouverture, Windows peut afficher « Windows a protégé votre ordinateur » : cliquez sur **Informations complémentaires** puis **Exécuter quand même**. Si un antivirus bloque le `.exe`, utilisez `lancer.bat`.

Voies B et C : deux fenêtres à garder ouvertes

la fenêtre noire du logiciel et l'onglet `localhost:8001`

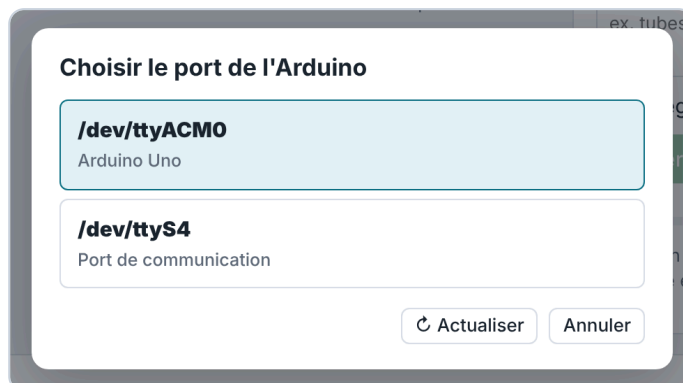
Les mesures se déroulent dans l'onglet du navigateur. Si on le ferme, la mesure s'arrête — mais tout ce qui a été mesuré est déjà dans le fichier. La page demande confirmation avant de se fermer.

Voies B et C : tous les navigateurs conviennent, Firefox compris (la liste des ports s'affiche dans la page). Le logiciel du Cosmodétecteur utilise `localhost:8000` : les deux peuvent tourner ensemble.

Se connecter

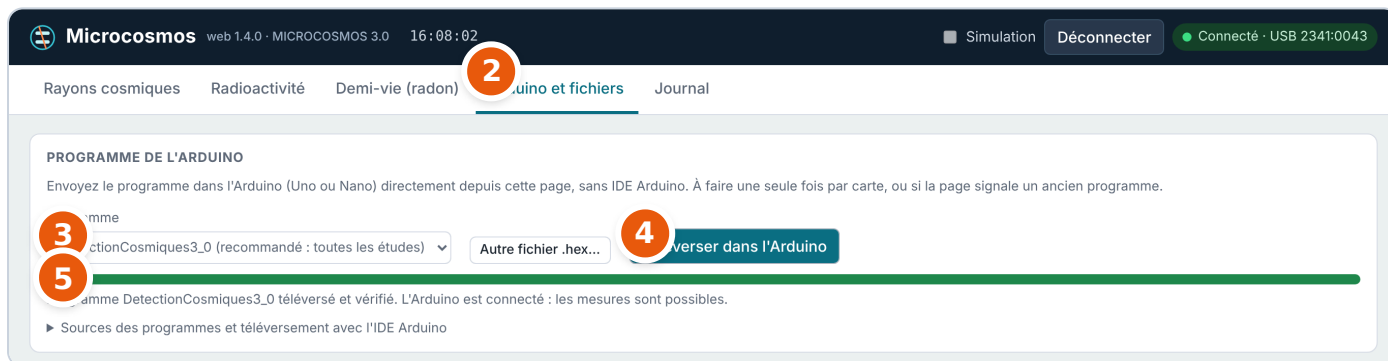
Cliquez sur **Connecter l'Arduino** (en haut à droite). Choisissez l'Arduino dans la liste : avec les voies B et C, il apparaît **en premier, sur fond bleuté** (avec le site web, c'est la fenêtre du navigateur). La pastille passe au vert « **Connecté** » ; l'Arduino redémarre et les premiers comptages arrivent après 2 à 3 s. Le nom du programme de l'Arduino s'affiche à côté du titre (**MICROCOSMOS 3.0**).

Liste vide ? Vérifiez le câble (un câble de charge ne transmet pas les données), la liste se met à jour toute seule toutes les 2 s.



Envoyer le programme dans l'Arduino (une fois par carte)

L'Arduino doit contenir le programme **DetectionCosmiques3_0**, qui sert à **toutes** les activités. Il s'envoie depuis Microcosmos, sans IDE Arduino :



2 Onglet **Arduino et fichiers**.

4 **Téléverser dans l'Arduino**, puis choisir le port. Si Microcosmos était connecté, il se déconnecte tout seul.

3 **Programme** : DetectionCosmiques3_0 (recommandé). MicroCosmosRadioactivite est l'ancien programme à un tube.

5 **Écriture puis vérification** (quelques secondes). Ensuite la page se reconnecte : les mesures sont possibles.

Cartes reconnues : Arduino Uno et Nano, y compris les Nano « ancien bootloader » (la vitesse est essayée automatiquement). Le bouton **Autre fichier .hex...** envoie n'importe quel programme compilé pour ces cartes.

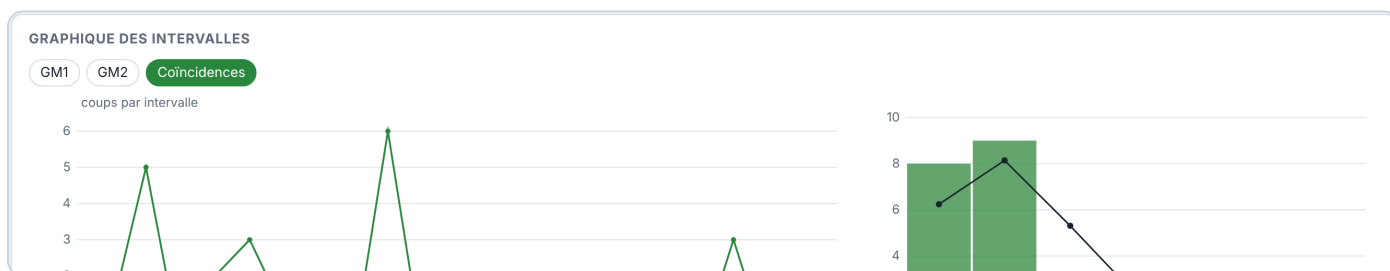
Quand le refaire ? Sur une carte neuve, ou si Microcosmos affiche « ancien programme » ou « aucune donnée reçue ». Le programme reste ensuite dans l'Arduino, même débranché.

Ce que fait DetectionCosmiques3_0 : chaque seconde, il envoie une ligne
D;seconde;GM1;GM2;coïncidences (tube 1 sur l'entrée 2, tube 2 sur l'entrée 3). Une coïncidence est comptée quand les deux tubes réagissent dans la même fenêtre de 1 ms. Les sources (.ino) restent disponibles pour l'IDE Arduino (lien « Sources des programmes »).

The screenshot shows the Microcosmos web interface. At the top, there's a navigation bar with tabs: 'Rayons cosmiques' (selected), 'Radioactivité', 'Demi-vie (radon)', 'Arduino et fichiers', and 'Journal'. The main area is divided into several sections. On the left, there are two Geiger counter displays: 'TUBE GEIGER 1' showing 576 counts and 'TUBE GEIGER 2' showing 599 counts. In the center, there's a 'COÏNCIDENCES GM1 x GM2' display showing 30 counts. On the right, there's an 'EXPÉRIENCE' (Experiment) control panel with fields for duration, counting interval, and a comment. It also has buttons for 'Lancer l'expérience' (Start experiment) and 'Arrêter' (Stop). At the bottom right, there's a summary of the current experiment: 'Début 16:05:12', 'Écoulé 22 min 52 s / 30 min', 'Intervalle 22 - en cours : 52/60 s', and 'Fichier microcosmos_2026-10-19_16h05m12.txt'.

- 1 **Connecter l'Arduino / Déconnecter.** La pastille indique l'état (vert : connecté, jaune : simulation).
- 2 **Simulation** (et **accélérée x 60**) pour travailler sans détecteur.
- 3 **Onglets** : une activité par onglet. Une seule mesure à la fois.
- 4 **Compteurs** : total depuis la remise à zéro et taux en coups/min $\pm$ incertitude ($\sqrt{N} / t$). Sous les coïncidences : les **coïncidences fortuites** attendues ($R1 \times R2 \times 1 \text{ ms}$).
- 5 **Remettre à zéro** les compteurs. La case « Son » fait entendre un bip à chaque coïncidence.
- 6 **Durée** de l'expérience (0 h 0 min 0 s = sans limite), **intervalle de comptage** et commentaire écrit dans le fichier.
- 7 **Lancer l'expérience** : les compteurs repartent de zéro, une ligne est enregistrée à chaque intervalle.

Graphique des intervalles



À gauche, l'évolution des comptages par intervalle (cliquez sur GM1, GM2, Coïncidences pour choisir les courbes). À droite, l'histogramme des comptages du premier compteur choisi, avec la **loi de Poisson** de même moyenne (points). Si l'écart-type est proche de $\sqrt{\text{moyenne}}$, les fluctuations sont purement statistiques.

Idées de manipulations : tubes superposés puis côte à côte (direction des muons), écartement croissant, tubes sous une table, au sous-sol, en étage...

Fichier microcosmos_AAAA-MM-JJ_... .txt : heure, GM1, GM2, coïncidences pour chaque intervalle, puis les totaux.

- Dernière mesure** : impulsions des 10 dernières secondes ; la barre montre l'avancement de la mesure suivante.
- 30 mesures** (5 min) ou **60 mesures** (10 min) : un clic lance la série.
- Autre** nombre de mesures (1 à 1000) puis **Lancer** ; la durée s'affiche à droite.
- Tube Geiger** utilisé : tube 1 (entrée 2) ou tube 2 (entrée 3).
- Commentaire** (groupe, source, distance...) et case **Enregistrer dans un fichier**.

- État** de la série (en cours, terminée) ; pendant la série, un bouton « Arrêter » garde les mesures déjà faites.
- Tableau des mesures** en colonnes de 10, à recopier dans le cahier.
- Imprimer** n'imprime que le tableau ; **Effacer** vide l'écran (le fichier est conservé).
- Histogramme** : nombre de mesures pour chaque nombre d'impulsions. La moyenne et l'écart-type ne sont **pas** affichés : les élèves les calculent.

Durée d'une mesure : elle est comptée par l'Arduino, exactement 10 s ; la première arrive 10 s après le clic.

Pour le professeur : le fichier `radioactivite_...txt` contient le numéro, l'heure et le nombre d'impulsions de chaque mesure, puis le nombre de mesures, la moyenne, l'écart-type, $\sqrt{\text{moyenne}}$, le minimum et le maximum.

Ancien programme
MicroCosmosRadioactivite : accepté pour les onglets Radioactivité et Demi-vie (tube sur l'entrée 2 uniquement).

Demi-vie : le radon de l'air

7/9 · Demi-vie

Mesurer la décroissance des descendants du radon

Le protocole

1

Bruit de fond (5-20 min)

Tube seul, loin de toute source : bouton **Mesurer pendant**.

2

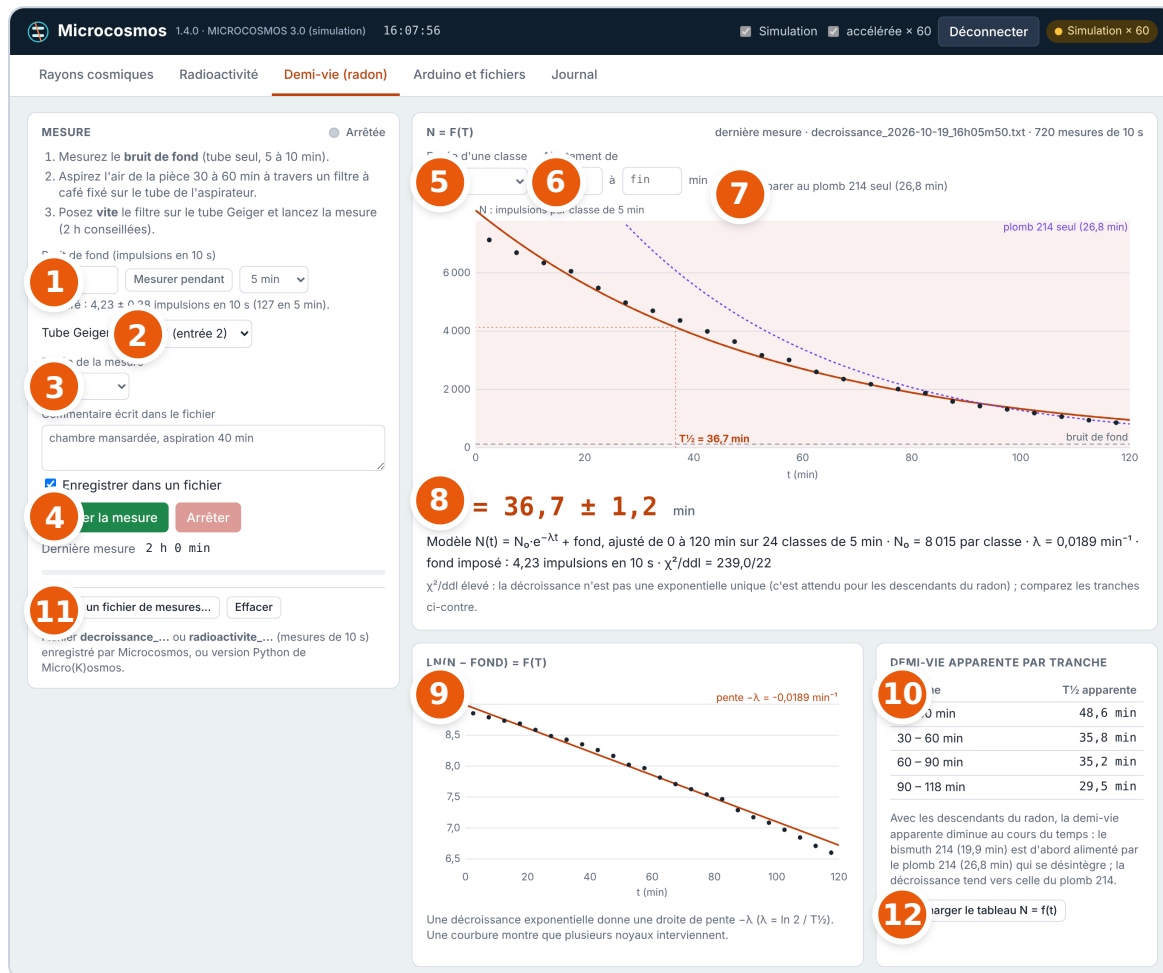
Aspiration (30-60 min)

Filtre à café au bout du tube d'un aspirateur, dans une pièce peu aérée.

3

Comptage (2 h)

Filtre posé **vite** sur le tube, puis **Lancer la mesure**.



- Bruit de fond** en impulsions par 10 s : mesuré par le bouton, ou tapé (laisser vide pour qu'il soit ajusté avec la courbe).
- Tube** utilisé.
- Durée** de la mesure (30 min à 3 h, ou sans limite).
- Lancer la mesure** / Arrêter.
- Durée d'une classe** : les mesures de 10 s sont regroupées (30 s à 10 min) ; 5 min donne des points peu dispersés.
- Intervalle d'ajustement** en minutes (zone teintée).
- Comparer** au plomb 214 seul (26,8 min, pointillés violets).
- Résultat** : $T_{1/2} \pm$ incertitude, N_0 , λ , fond et χ^2/ddl .
- $\ln(N - \text{fond}) = f(t)$** : une droite si la décroissance est exponentielle.
- Demi-vie apparente par tranche** de temps.
- Ouvrir un fichier** déjà enregistré pour l'analyser.
- Exporter** le tableau $N = f(t)$ pour le tableur.

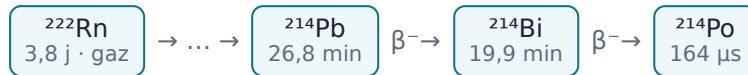
Demi-vie : lire les résultats

8/9 · Demi-vie

Ce que montrent la courbe, l'ajustement et les tranches

D'où vient ce qu'on mesure ?

Le **radon 222**, gaz radioactif, sort du sol et des murs (chaîne de l'uranium 238). Il traverse le filtre, mais ses descendants solides, accrochés aux poussières, y restent. Le Geiger compte surtout les β^- de deux d'entre eux :



Le bismuth 214 est sans cesse fabriqué par le plomb 214 : la courbe n'est pas une exponentielle unique (page 8).

Ce que calcule Microcosmos

Les impulsions de chaque mesure de 10 s sont additionnées par **classes** (5 min par défaut). Chaque point N a une incertitude statistique $\sqrt{N}$ (barres verticales). Le logiciel ajuste le modèle

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} + \text{fond}$$

par moindres carrés pondérés (poids de Poisson), en imposant le bruit de fond mesuré. Il en déduit $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$ et son incertitude (variation de χ^2 d'une unité, agrandie si $\chi^2/\text{ddl} > 1$). Le même calcul est écrit à la fin du fichier `decroissance_...txt`.

Pourquoi pas 26,8 min ?

Au début, le bismuth 214 est alimenté par le plomb 214 qui se désintègre : l'activité baisse lentement, la demi-vie apparente dépasse souvent **45-50 min**.

Ensuite, les deux noyaux décroissent ensemble (équilibre de régime) : la pente tend vers celle du **plomb 214, 26,8 min** — après plusieurs heures.

Un ajustement par une seule exponentielle sur 2 h donne donc une valeur **intermédiaire, souvent 35 à 40 min**, avec un χ^2/ddl élevé. Ce n'est pas une erreur de mesure : c'est la signature de la **filiation radioactive**. Les outils de la page permettent de le montrer :

Outil	Ce qu'on observe
Graphique $\ln(N - \text{fond})$	Les points s'écartent d'une droite : légère courbure vers le bas.
Demi-vie apparente par tranche	Elle diminue : par exemple ≈ 50 min de 0 à 30 min, ≈ 35 min de 60 à 90 min, ≈ 30 min après 90 min.
Intervalle d'ajustement	Ajuster seulement de 60 à 120 min rapproche le résultat de 26,8 min.
Comparer au plomb 214 seul	La courbe pointillée (26,8 min, calée sur le dernier point) tombe bien plus vite au début.

Bien choisir les réglages

Bruit de fond : mesurez-le (≈ 4 impulsions par 10 s avec un tube M4011). S'il est laissé vide, il est ajusté avec la courbe ; un fond ajusté négatif signale une courbe non exponentielle : indiquez alors le fond mesuré.

Classes : 5 min est un bon compromis pour 2 h de mesure (24 points). Des classes de 30 s ou 1 min montrent mieux les fluctuations statistiques.

Analyser une mesure faite ailleurs : le bouton **Ouvrir un fichier de mesures...** lit les fichiers `decroissance_...` et `radioactivite_...` (mesures de 10 s) de toutes les versions de Microcosmos et de Micro(K)osmos. Le bruit de fond écrit dans le fichier est repris s'il est indiqué.

Fichiers, journal et dépannage

9/9 · Fichiers et dépannage

Récupérer les mesures et résoudre les problèmes courants

FICHIERS DE MESURE

1

ir le dossier

Fichier	Date	Taille	
radioactivite_2026-10-19_16h05m36.txt	19/10/2026 16:12:11	0,7 ko	<div>2</div> <div>harger</div>
microcosmos_2026-10-19_16h05m12.txt	19/10/2026 16:12:11	0,6 ko	<div>Télécharger</div>
decroissance_2026-10-19_16h05m50.txt	19/10/2026 16:12:11	12,6 ko	<div>Télécharger</div>

Les fichiers sont écrits au fur et à mesure dans le dossier `/home/prof/Documents/Microcosmos` : même si le navigateur se ferme, les mesures déjà faites sont conservées. Fichiers texte avec tabulations : ils s'ouvrent directement dans LibreOffice Calc ou Excel. `microcosmos_...` : rayons cosmiques ; `radioactivite_...` : séries de mesures de 10 s ; `decroissance_...` : demi-vie (mesures de 10 s, résultat de l'ajustement à la fin).

1 Ouvrir le dossier des mesures (voies B et C).

2 Télécharger un fichier (il arrive dans Téléchargements).

i Fichiers texte avec tabulations : ils s'ouvrent dans **LibreOffice Calc** ou **Excel**.

Voies B et C : chaque ligne est écrite sur le disque dès qu'elle est mesurée. Site web : les fichiers sont gardés dans le navigateur de l'ordinateur, il faut les télécharger. L'onglet **Journal** affiche tout ce que dit l'Arduino (cochez « Afficher toutes les lignes » pour voir chaque seconde) : utile pour un dépannage.

En cas de problème

Ce que vous voyez	Que faire
La liste des ports est vide	Vérifiez le câble USB (il doit transmettre les données) et l'alimentation de l'Arduino. Windows / macOS avec une carte « compatible » : installez le pilote CH340. Site web avec Firefox : voir page 2, ou prenez Chrome / Chromium.
« Accès refusé au port »	Fermez l'IDE Arduino, son moniteur série ou l'autre logiciel Microcosmos (un seul à la fois). Linux sans paquet : groupe <code>dialout</code> (page 2). Avec le <code>.deb</code> : débranchez puis rebranchez l'Arduino.
« Aucune donnée reçue de l'Arduino »	Le programme n'est pas dans l'Arduino : onglet Arduino et fichiers > Téléverser (page 4).
« L'Arduino utilise l'ancien programme »	Téléversez <code>DetectionCosmiques3_0</code> (page 4).
Le téléversement échoue	Débranchez et rebranchez l'Arduino, fermez les autres logiciels, recommencez. Vérifiez qu'il s'agit d'un Uno ou d'un Nano (le Mega n'est pas pris en charge).
Un tube reste toujours à 0	Vérifiez l'alimentation et le branchement du module Geiger (entrées 2 et 3 de l'Arduino).
« Le module pyserial manque » (bandeau)	Windows : relancez <code>lancer.bat</code> avec internet. Linux : <code>sudo apt install python3-serial</code> . macOS : <code>python3 -m pip install pyserial</code> .
La page ne répond plus (voies B, C)	La fenêtre noire du logiciel a été fermée : relancez le logiciel, puis rechargez la page (<code>F5</code>).
La mesure s'est arrêtée	L'onglet a été fermé ou l'ordinateur s'est mis en veille : désactivez la mise en veille pour les longues mesures. Les mesures déjà faites sont dans le fichier.
Demi-vie très différente d'une fois à l'autre	C'est attendu : voir page 8 (filiation, durée d'aspiration, choix de l'intervalle d'ajustement). Vérifiez le bruit de fond.