© JCT 2025 HOLOLAB-FACTORY

Fabrication d’un shutter électromagnétique silencieux pour banc holographique.



Introduction

L’enregistrement holographique impose des contraintes mécaniques très strictes.
Les moindres vibrations, même de faible amplitude, peuvent dégrader fortement la qualité d’un hologramme, en particulier lors de poses longues.

Les obturateurs mécaniques classiques (shutters à lame, relais, moteurs) sont souvent inadaptés à ce type d’application en raison :

- du bruit mécanique généré.
- des vibrations transmises au banc optique.
- d’un temps de réponse parfois insuffisant.

Ce tutoriel décrit la réalisation d’un **shutter électromagnétique silencieux**, basé sur un galvanomètre de VU-mètre analogique.
Ce dispositif présente plusieurs avantages essentiels pour l’holographie : **silence de fonctionnement, rapidité, répétabilité et très faible niveau de vibrations**, le tout pour un coût minimal.

© JCT 2025 HOLOLAB-FACTORY

Principe de fonctionnement

Le principe repose sur l'utilisation d'un **galvanomètre à aiguille**, tel qu'on en trouve dans les VU-mètres analogiques.

Lorsqu'un courant traverse la bobine du galvanomètre, l'aiguille pivote proportionnellement à l'intensité du courant.
En fixant un **petit disque opaque** sur cette aiguille, on obtient un obturateur optique capable de **bloquer ou de libérer un faisceau lumineux**.

Le mouvement est limité par deux **butées mécaniques**, définissant précisément :

- une position fermée (faisceau bloqué),
- une position ouverte (faisceau libre).

Grâce à la faible masse de l'aiguille et à l'absence de mécanismes complexes, le système est **rapide, silencieux et peu sujet aux vibrations**.

Matériel nécessaire

Éléments mécaniques

- Un VU-mètre analogique (neuf ou de récupération)
- Une fine plaque d'aluminium (épaisseur typique : 0,1 à 0,2 mm)
- Deux axes métalliques ou clous fins (butées)
- Colle cyanoacrylate
- Peinture noire mate
- Gaine thermorétractable (optionnelle)

Éléments électroniques

- Une résistance de puissance R1 (4,7 Ω à 47 Ω selon le galvanomètre)
- Une LED et sa résistance série (environ 330 Ω)
- Une diode de protection type 1N4001
- Une alimentation continue (5 à 12 V selon le montage)

Outils

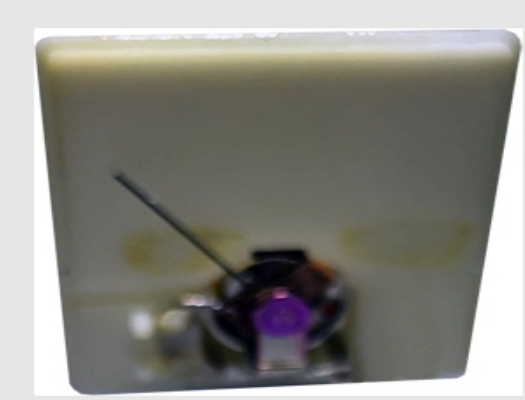
- Tournevis
- Perceuse et foret de 4 mm
- Pince coupante
- Pince Brucelles
- Fer à souder

© JCT 2025 HOLOLAB-FACTORY

Démontage du VU-mètre

Commencer par retirer le capot plastique avant du VU-mètre *(habituellement juste collé par un ruban adhésif transparent)*, puis retirez l'image de l'échelle graduée *(généralement imprimée)* afin de dégager complètement l'aiguille et le corps du galvanomètre.

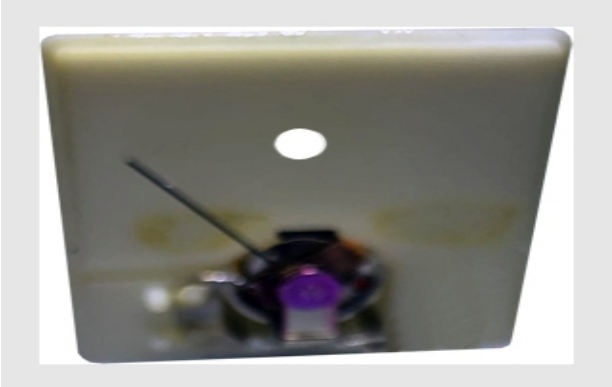


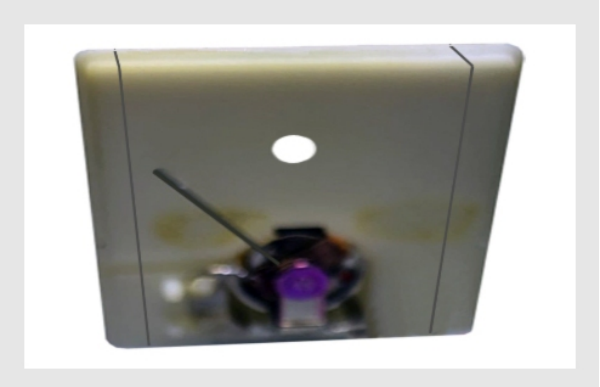


⚠ Le galvanomètre est un élément fragile :
toute contrainte excessive sur l'axe de l'aiguille doit être évitée.

Modification du boîtier et alignement optique

Un trou d'environ **4 mm de diamètre** est percé dans le boîtier du VU-mètre.
Ce trou doit être **soigneusement aligné avec l'axe de rotation de l'aiguille**, car il constitue l'ouverture optique du shutter.



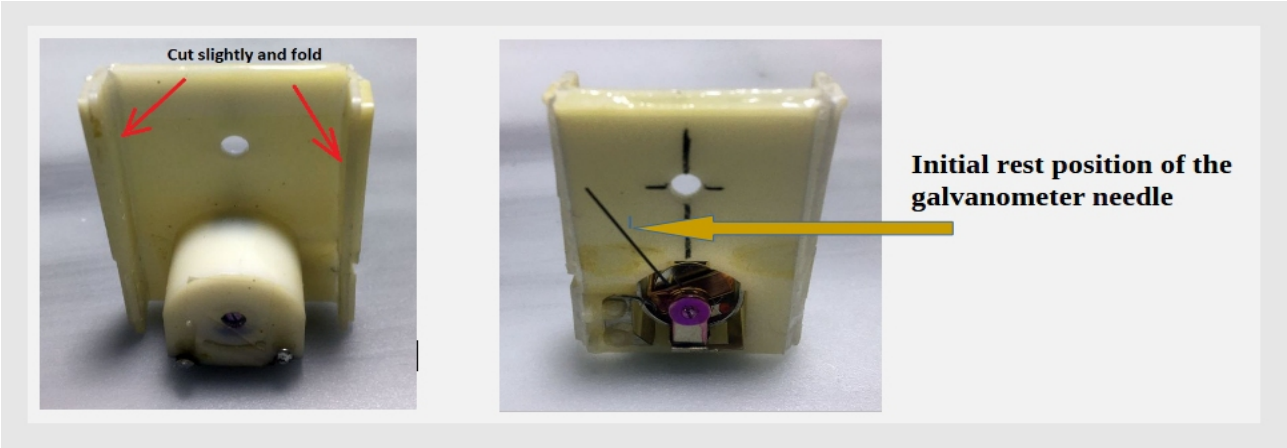


Selon l'encombrement souhaité, il est possible de **découper et/ou de replier légèrement les bords du boîtier du bloc vu-mètre,** afin de faciliter son intégration dans le boîtier final.

Utilisez une lame de cutter chauffée, pour marquer le tracé à replier à chaud.

La position de repos initiale de l'aiguille doit être observée et notée, car elle servira de référence pour l'installation des butées mécaniques.

© JCT 2025 HOLOLAB-FACTORY



Vue arrière et avant du galvanomètre avec ses deux bords repliés pour un gain de place.

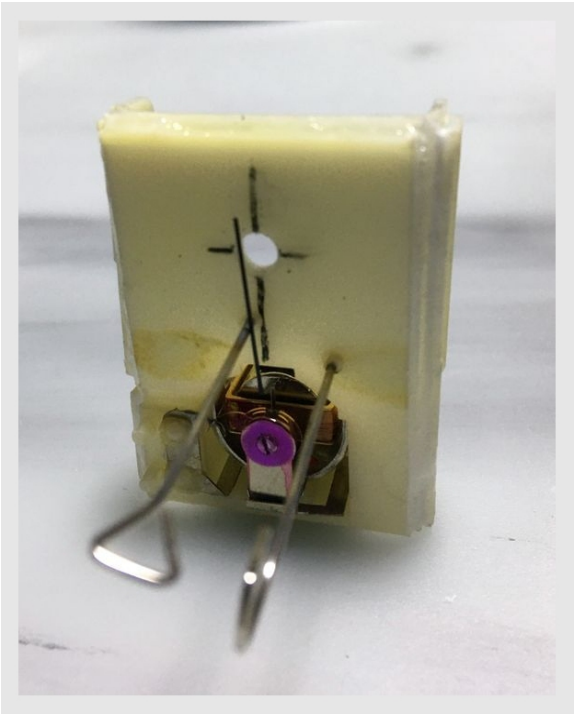
Installation des butées mécaniques

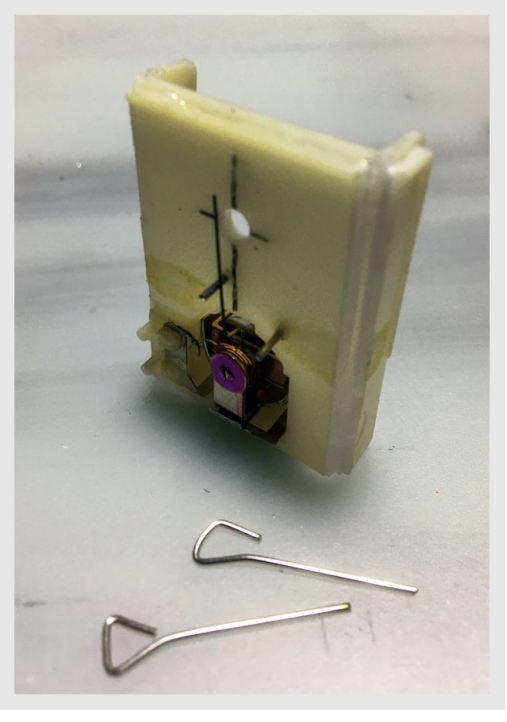
Deux axes métalliques sont insérés dans le boîtier afin de **limiter la course de l’aiguille**.

Pour une fixation simple et solide, les axes peuvent être chauffés (fer à souder) puis insérés à chaud dans le plastique du boîtier.
Ils seront ensuite coupés de manière à dépasser d’environ **2 à 3 mm** au-dessus du plan de l’aiguille.

Ces butées définissent précisément :

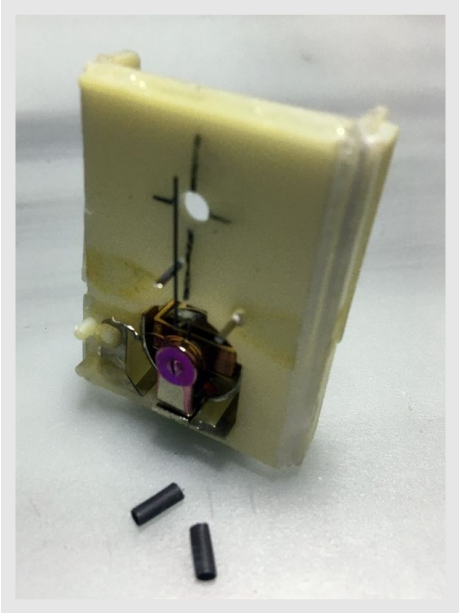
- la position de fermeture complète du shutter,
- la position d’ouverture maximale.

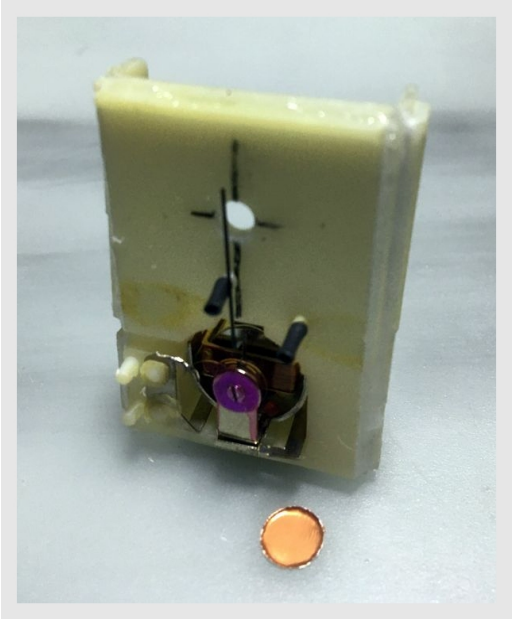




© JCT 2025 HOLOLAB-FACTORY

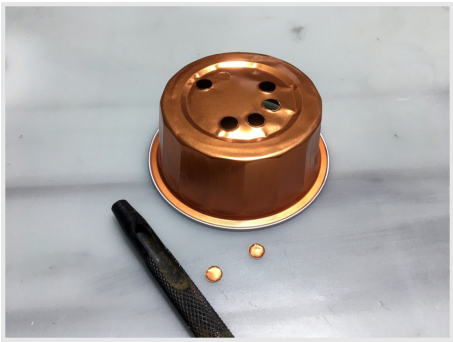
L’ajout de petits morceaux de **gaine thermorétractable** sur les axes permet d’amortir les chocs en fin de course et de réduire encore les vibrations.



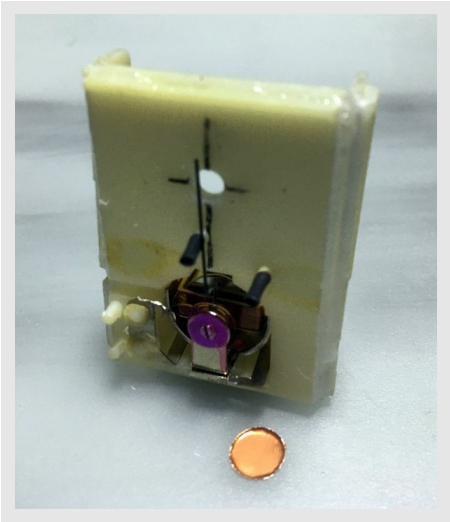


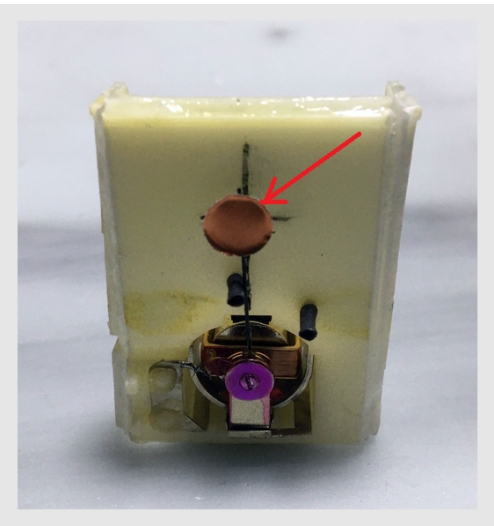
Fabrication et montage du disque obturateur

Un disque de **6 à 8 mm de diamètre** est découpé dans une feuille d’aluminium mince.
Des matériaux de récupération (capsules de café, aluminium fin) conviennent parfaitement.



À l'aide d'un emporte-pièce ou de ciseaux, découpez de petits disques d'environ 6 à 8 mm de diamètre dans de l'aluminium d'une épaisseur de 0,1 à 0,2 mm (capsules de café ou autres matériaux recyclés).





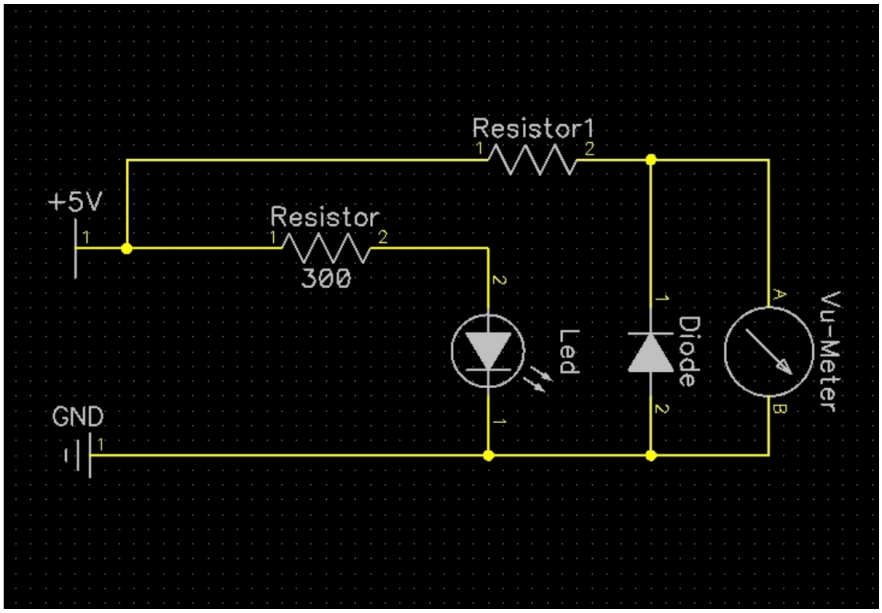
© JCT 2025 HOLOLAB-FACTORY

À l'aide d'une pince à épiler, collez le petit disque d'aluminium directement sur l'aiguille du galvanomètre, **en vis-à-vis du trou optique**, en utilisant une quantité minimale de colle cyanoacrylate (super-glue).



Lorsque la colle à durcie, le disque est peint en **noir mat** afin d'éviter toute réflexion parasite du faisceau laser.

Commande électronique



A la portée de tous, il ne reste plus qu'a raccorder ces quelques petits composants électroniques de base, directement sur le corps du galvanomètre pour finaliser ce montage.

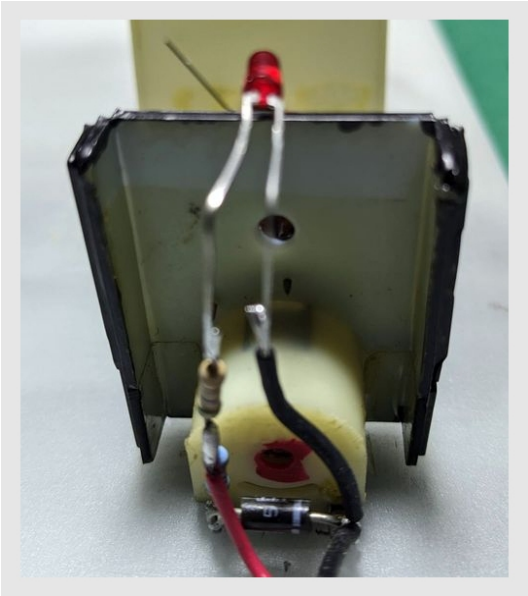
Ce dispositif peut être alimenté selon votre choix par une pile 9 volts ou mieux par une alimentation continue extérieure (bloc transfo) de 5 volts. Un interrupteur de type bouton poussoir inséré dans le circuit +5v, permet de commander manuellement l'ouverture / fermeture du shutter, ou bien il peut être raccordé à une minuterie ou un module timer.

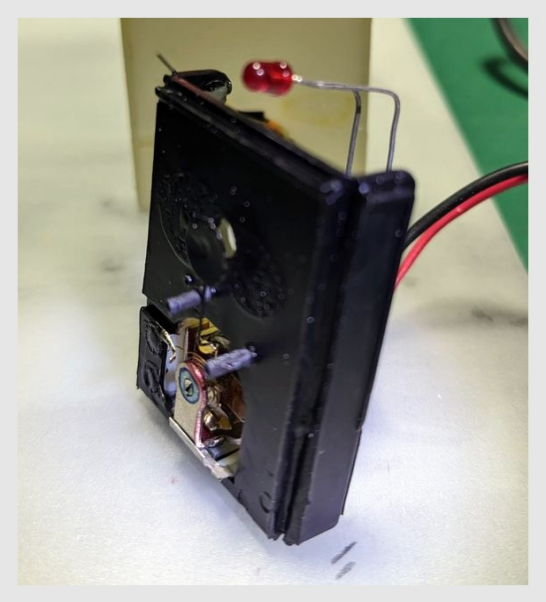
© JCT 2025 HOLOLAB-FACTORY

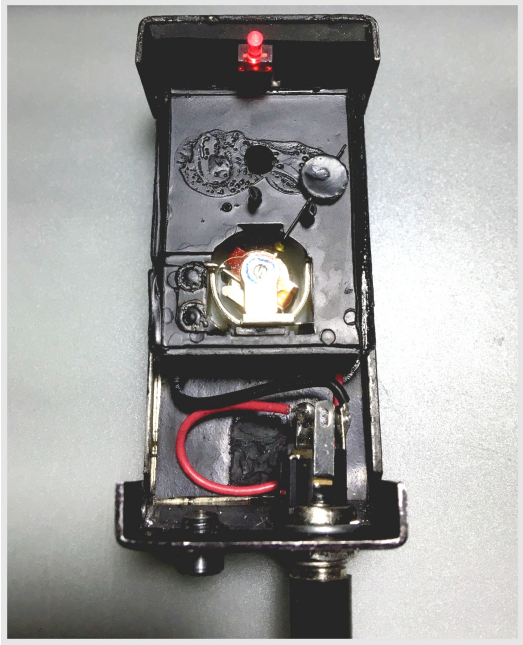
La diode « anti-retour » est une simple diode redresseuse de type 1N4001.
Elle est connectée en « antiparallèle » directement sur la bobine du galvanomètre, afin de le protéger contre des tensions inverses.

Le circuit comprend ensuite une **résistance R1** (de 4,7 Ω à 47 Ω) dont sa valeur dépend du galvanomètre utilisé, elle peut être ajustée expérimentalement jusqu'à obtenir le couple correct et une vitesse de réaction très rapide de l'aiguille du galvanomètre.

Une diode électroluminescente (LED) ainsi que sa résistance de limitation de courant peut être ajouter pour indiquer visuellement l'état du shutter (ouvert/fermé).
La valeur de la résistance pour cette LED est d'environ 300 ohms pour une LED rouge à 10 mA.
R = (U(Alim) - Vf) / If.







Intégration dans le boîtier final (ouvert)



Shutter final

© JCT 2025 HOLOLAB-FACTORY

Réglages et essais

Avant utilisation en holographie, il est recommandé de :

- vérifier que le faisceau est totalement bloqué en position fermée,
- vérifier que l’ouverture est complète et bien alignée,
- tester plusieurs cycles d’ouverture/fermeture.

Le mouvement doit être **rapide, net et parfaitement silencieux**.
Si des oscillations apparaissent, la valeur de R1 ou la position des butées doit être ajustée.

Résultats et utilisation en holographie

Une fois correctement réglé, ce shutter présente :

- un bruit de fonctionnement quasi nul,
- des vibrations négligeables,
- un temps de réponse très court,
- une excellente répétabilité.

Il est particulièrement adapté aux **montages holographiques sensibles**, aux **poses longues**, ainsi qu’aux **applications pédagogiques**.



Autre exemple de réalisation du shutter, couplé à un module timer.