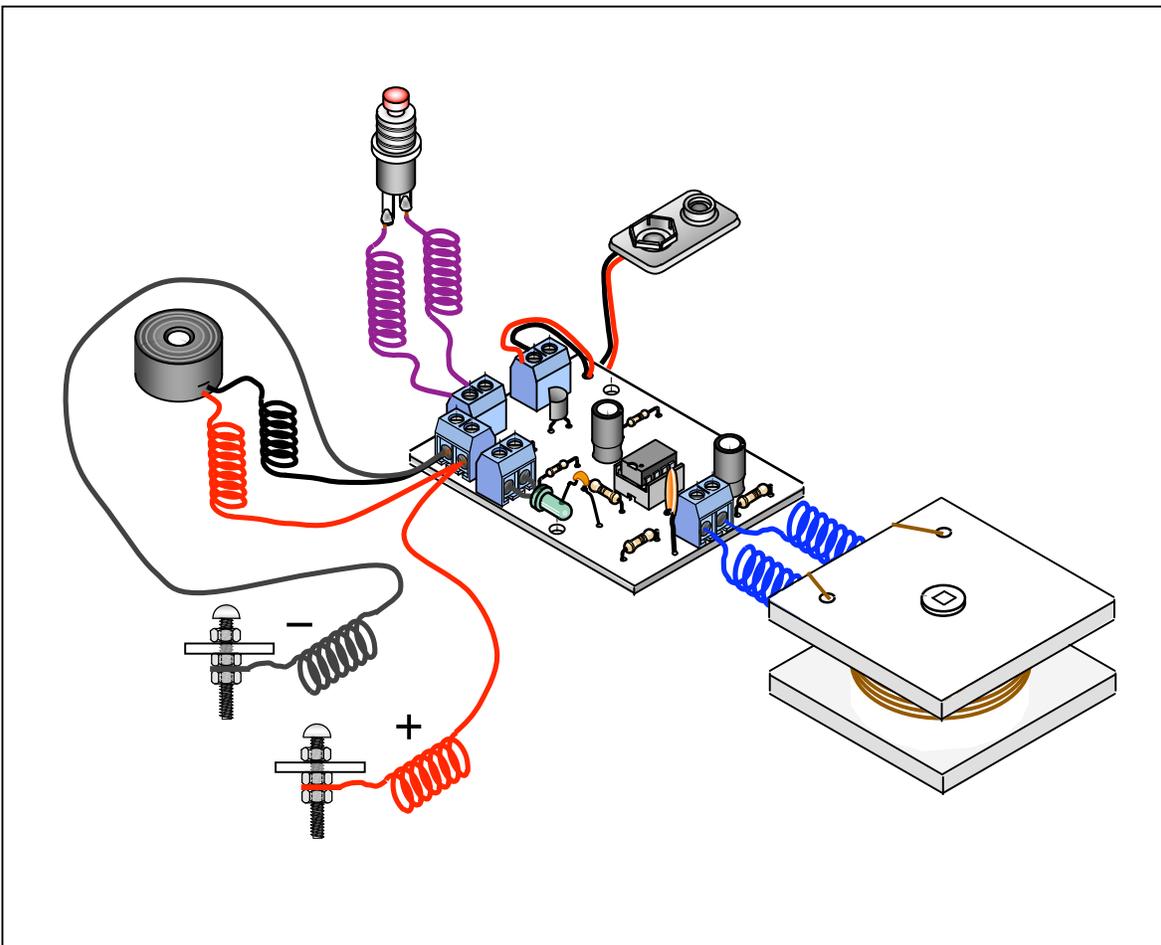




centre de  
développement  
pédagogique  
pour la formation générale  
en science et technologie

*Document de travail*

## SAE «PRENDRE LE CHAMP» DOSSIER TECHNIQUE DU GAUSSMÈTRE



MAI 2011

# TABLE DES MATIÈRES

|  |           |
|--|-----------|
| Gamme 1 (fabrication de la plaque du circuit imprimé du gaussmètre)                | <b>1</b>  |
| Contrôle de l'état de conductibilité de la plaque de circuit imprimé du gaussmètre | <b>7</b>  |
| Dessin 3 (sous-ensemble du gaussmètre – solénoïde)                                 | <b>9</b>  |
| Gamme 2 (fabrication et assemblage du solénoïde du gaussmètre)                     | <b>10</b> |
| Schéma du circuit électronique du gaussmètre                                       | <b>13</b> |
| Dessin 1 (circuit du gaussmètre – perspective isométrique)                         | <b>14</b> |
| Dessin 2 (circuit du gaussmètre – vue de dessus)                                   | <b>15</b> |
| Instruments utilisés pour la soudure à l'étain                                     | <b>16</b> |
| Procédure d'implantation des composants du gaussmètre                              | <b>17</b> |
| Contrôle de l'état de fonctionnement du gaussmètre                                 | <b>22</b> |
| Coût de l'achat des composants électroniques                                       | <b>26</b> |



**centre de  
développement  
pédagogique**  
pour la formation générale  
en science et technologie

## GAMME DE FABRICATION

ÉLÉMENT : **Plaque du circuit imprimé**

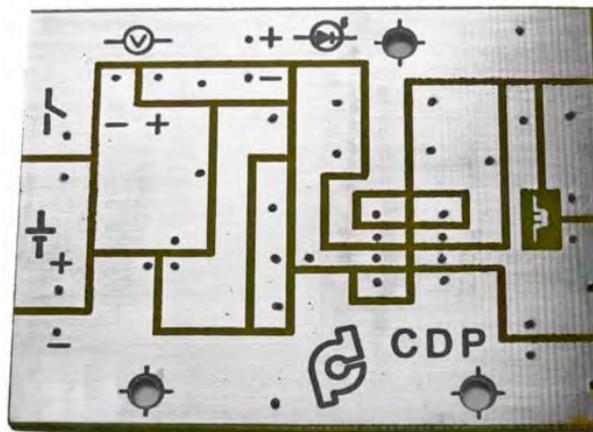
ENSEMBLE : **LE GAUSSMÈTRE**

GAMME : **1**

FEUILLE : **1 de 5**

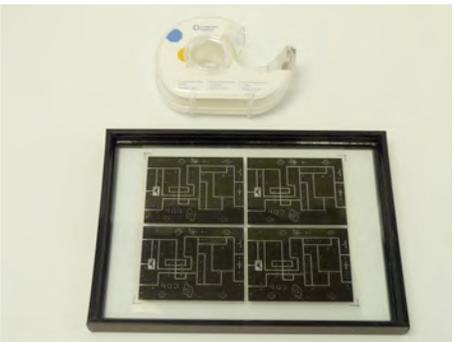
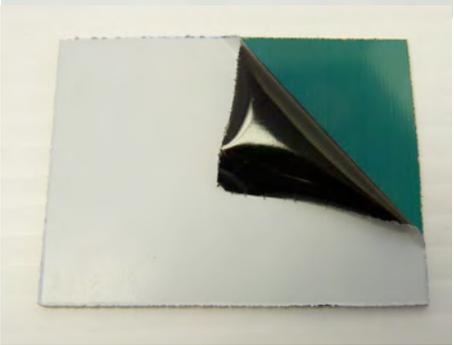
NOMBRE : **1**

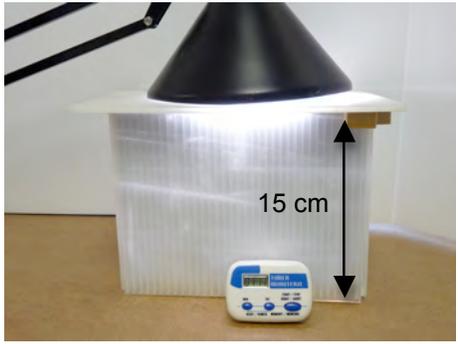
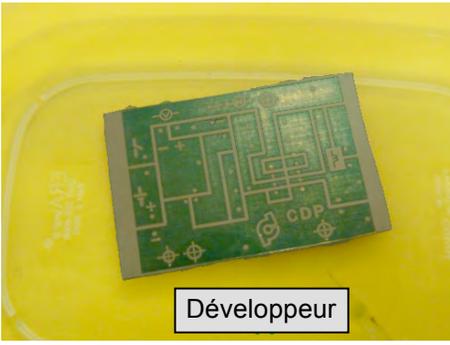
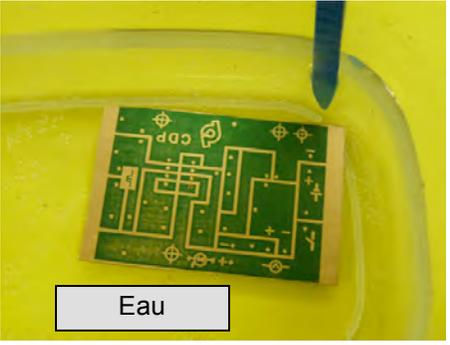
MATÉRIAU : **Divers**

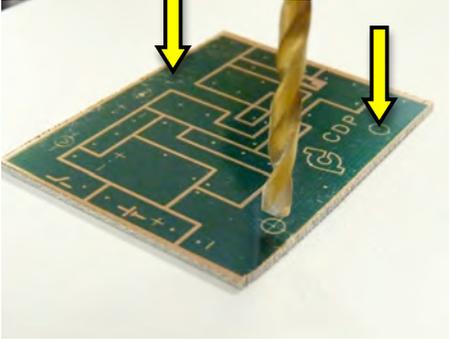
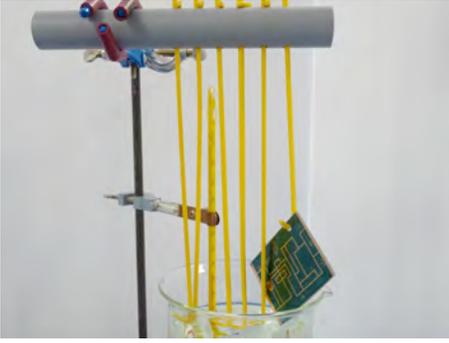
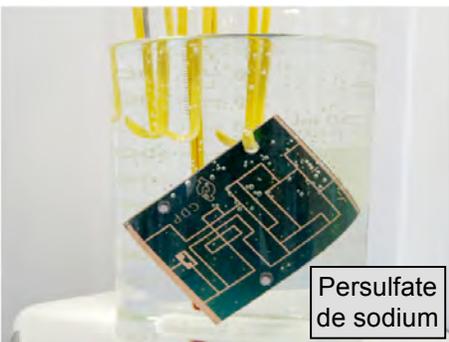
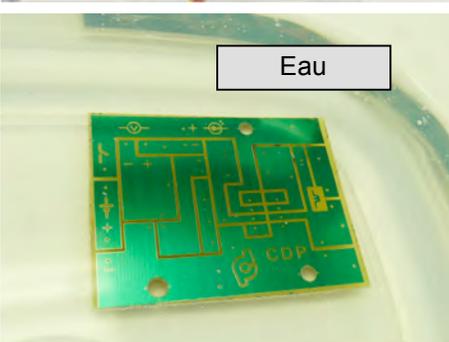


| N° | PHASE, SOUS-PHASE OU OPÉRATION | PHOTO OU DESSIN | MACHINE-OUTIL, OUTILLAGE |
|----|--------------------------------|-----------------|--------------------------|
|----|--------------------------------|-----------------|--------------------------|

|    |  |      |   |
|----|--|------|---|
| 10 | <b>IMPRESSION DU MASQUE</b>  |      |   |
| 11 | Imprimer le masque du circuit (image).   |      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imprimante</li> </ul>                                    |
| 12 | À l'aide de cette copie faire l'impression d'un transparent (acétate).   |      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transparent (acétate)</li> <li>- Photocopieur</li> </ul> |
| 13 | <p>Couper deux masques du circuit et les superposer. Les repères permettent de bien aligner les deux pièces. Le logo et les lettres CDP peuvent être, également, des repères.</p> <p>Coller les deux masques à l'aide de ruban adhésif.</p> <p><b>Important</b> : La superposition permet d'obtenir une bonne opacité.</p> | <br> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Paire de ciseaux</li> <li>- Ruban adhésif</li> </ul>     |

| GAMME DE FABRICATION DE LA PLAQUE DU CIRCUIT IMPRIMÉ (gaussmètre) |  |  | FEUILLE : 2 de 6   |
|---|--|--|--|
| N°  | PHASE, SOUS-PHASE OU OPÉRATION   | PHOTO OU DESSIN  | MACHINE-OUTIL, OUTILLAGE   |
| 20  | <b>INSOLATION DE LA RÉSINE</b>   |  |  |
| 21  | Placer le masque dans un cadre à photo. Le fixer à l'aide de ruban adhésif (Ici, 4 masques sont présents dans le cadre).<br><b>Remarque</b> : Le logo du CDP doit être à l'endroit une fois le cadre retourné. |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadre</li> <li>- Ruban adhésif</li> </ul>                                   |
| 22  | Identifier votre plaque à résine photosensible sur le côté isolant (beige).  |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plaque à résine photosensible</li> <li>- Crayon feutre permanent</li> </ul> |
| 23  | Retirer la pellicule protectrice de la plaque à résine photosensible.<br><b>Attention</b> : Il est très facile d'égratigner la résine photosensible de la plaque.  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plaque à résine photosensible</li> </ul>                                    |
| 24  | Déposer la plaque sur l'acétate (4 plaques sont présentes dans le cadre). La résine photosensible de couleur verte doit être vers le bas (i.e. sur le transparent).  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadre</li> <li>- Masque fixé</li> </ul>                                     |
| 25  | Refermer le cadre et le retourner.<br><b>Important</b> : Le logo du CDP doit être à l'endroit une fois le cadre fermé et retourné.   |  |  |

| GAMME DE FABRICATION DE LA PLAQUE DU CIRCUIT IMPRIMÉ (gaussmètre) |  |   | FEUILLE : 3 de 6   |
|---|--|---|--|
| N°  | PHASE, SOUS-PHASE OU OPÉRATION   | PHOTO OU DESSIN   | MACHINE-OUTIL, OUTILLAGE   |
| 26  | <p>Insoler* la plaque de <b>8 à 10 minutes</b> sous une lampe émettant un rayonnement ultra-violet.</p> <p>* Insoler : Exposer à la lumière.</p> <p>L'utilisation d'un réflecteur permet d'éloigner la lampe et produit une insolation plus précise et uniforme. Le réflecteur est constitué d'une boîte de coroplast adaptée à la taille du cadre et dont l'intérieur est tapissé d'une substance réfléchissante (papier d'aluminium ou mylar).</p> |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lampe de bureau</li> <li>- Ampoule fluocompacte UV ou ordinaire</li> <li>- Chronomètre</li> </ul><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Réflecteur</li> <li>- Lampe de bureau</li> <li>- Ampoule fluocompacte UV ou ordinaire</li> <li>- Chronomètre</li> </ul> |
| 27  | Retirer la plaque insolée du cadre.  |   |  |
| <b>30</b>   | <b>DÉVELOPPEMENT DE LA PLAQUE</b>  |   |  |
| 31  | <p>Placer la plaque dans la solution « Développeur » (<b>le côté résine sur le dessus</b>).</p> <p>Brasser la plaque jusqu'au développement complet (i.e. jusqu'à l'apparition du « patron » complètement cuivré).</p> <p>Cela peut prendre <b>environ 10 secondes</b>.</p>  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Bain contenant la solution de développement (NaOH)</li> <li>- Pincettes en plastique</li> </ul>   |
| 32  | <p>Rincer dans le bain d'eau du développeur.</p> <p>Éponger délicatement pour ne pas égratigner la résine.</p> <p><b>Attention!</b> À cette étape la résine est fragile, il faut manipuler les plaques avec soin. Une éventuelle éraflure pourrait engendrer un défaut dans le circuit.</p>  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Bain d'eau</li> <li>- Pincettes en plastique</li> </ul>   |

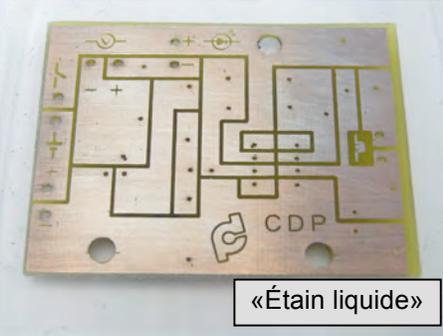
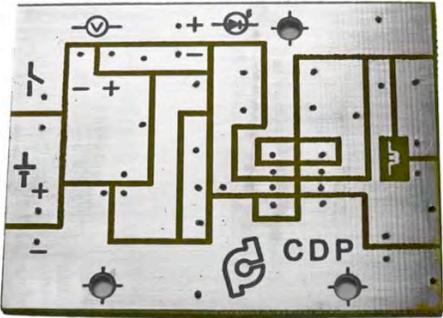
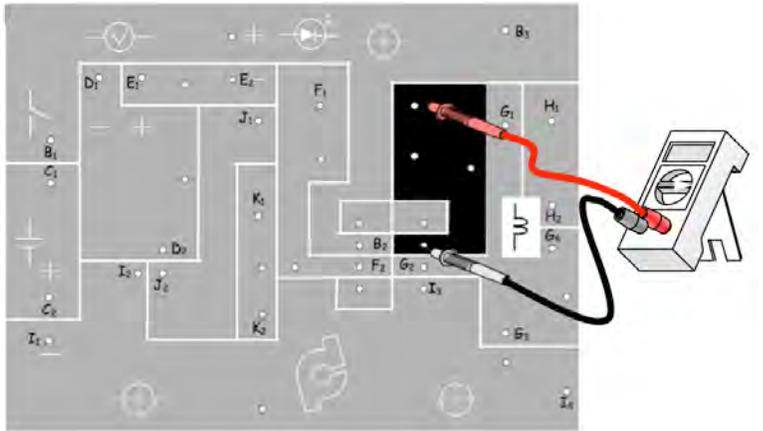
| GAMME DE FABRICATION DE LA PLAQUE DU CIRCUIT IMPRIMÉ (gaussmètre) |  |   | FEUILLE : 4 de 6   |
|---|--|---|--|
| N°  | PHASE, SOUS-PHASE OU OPÉRATION   | PHOTO OU DESSIN   | MACHINE-OUTIL, OUTILLAGE   |
| 40  | <b>PERÇAGE (pour fixer la plaque)</b>  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Pointeau</li> <li>- Foret Ø 5/32 po.</li> <li>- Perceuse à colonne</li> <li>- Étau de perceuse</li> <li>- Martyr</li> </ul>   |
| 41  | <p>Pointer et percer les trois trous de fixation de la plaque à un diamètre de 4 mm (5/32 po.). L'un de ces trous servira à suspendre la plaque lors de l'étape suivante.</p> <p><b>Note</b> : L'étau de perceuse et le martyr n'apparaissent pas sur la photographie afin de rendre l'opération plus claire.</p>  |   |  |
| 50  | <b>GRAVURE DE LA PLAQUE*</b>   | <br><br> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hotte de laboratoire</li> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Becher 1000 mL</li> <li>- Plaque chauffante avec agitateur magnétique</li> <li>- Barreau magnétique</li> <li>- Thermomètre avec pince</li> <li>- Support universel</li> <li>- Chronomètre</li> <li>- Fil support recouvert de plastique</li> </ul><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Bain d'eau</li> <li>- Pinces en plastique</li> <li>- Papier absorbant</li> </ul> |
| 51  | <p>Suspendre la plaque dans une solution de persulfate de sodium. Laisser réagir jusqu'à dissolution complète du cuivre ayant été exposé aux U.V.</p> <p>La solution doit être à 40°C et doit être agitée.</p> <p><b>Note</b> : Lorsque les frontières cuivrées sont dissoutes, on doit retirer la plaque. Cela peut prendre de <b>10 à 15 minutes</b>.</p> <p><b>* IMPORTANT</b> : Il est recommandé d'effectuer cette opération sous la hotte ou d'assurer une bonne ventilation du local.</p> |   |  |
| 52  | Rincer dans le bain d'eau du persulfate et essuyer.  |   |  |

| GAMME DE FABRICATION DE LA PLAQUE DU CIRCUIT IMPRIMÉ (gaussmètre) |                                |                 | FEUILLE : 5 de 6         |
|---|--------------------------------|-----------------|--------------------------|
| N°  | PHASE, SOUS-PHASE OU OPÉRATION | PHOTO OU DESSIN | MACHINE-OUTIL, OUTILLAGE |

|           |   |  |  |
|-----------|---|--|--|
| <b>60</b> | <b>PERÇAGE (pour les composants)</b>  |  |  |
| 61        | <p>Perçer lentement tous les trous à un diamètre de 1 mm (1/32 po.). Une perceuse à colonne est nécessaire pour éviter de briser le foret. Pour la même raison, le foret ne devrait pas dépasser le mandrin de plus de 10 à 15 mm.</p> <p><b>Note</b> : L'étau de perceuse n'apparaît pas sur la photographie afin de rendre l'opération plus claire.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Foret Ø 1/32 po.</li> <li>- Perceuse à colonne</li> <li>- Étau de perceuse</li> <li>- Martyr</li> </ul> |
| 62        | <p>Agrandir les trous des connecteurs à un diamètre de 1,5 mm (1/16 po.).</p> <p><b>Note</b> : Les trous correspondants aux connecteurs sont encerclés sur le schéma ci-contre.</p>   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Foret Ø 1/16 po.</li> <li>- Perceuse à colonne</li> <li>- Étau de perceuse</li> <li>- Martyr</li> </ul> |

|           |  |  |  |
|-----------|--|--|--|
| <b>70</b> | <b>MISE À NU DU CUIVRE</b>   |  |  |
| 71        | <p>À l'aide d'une laine d'acier, retirer le restant de la résine photosensible.</p> <p>Rincer à l'eau et <b>bien essuyer</b>.</p> <p><b>Important</b> : Manipuler la plaque avec une paire de pinces ou par les côtés car le gras des doigts peut empêcher l'étain de se déposer à l'étape suivante.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Laine d'acier</li> <li>- Bain d'eau</li> <li>- Pincés en plastique</li> <li>- Papier absorbant</li> </ul> |

| GAMME DE FABRICATION DE LA PLAQUE DU CIRCUIT IMPRIMÉ (gaussmètre) |                                |                 | FEUILLE : 6 de 6         |
|---|--------------------------------|-----------------|--------------------------|
| N°  | PHASE, SOUS-PHASE OU OPÉRATION | PHOTO OU DESSIN | MACHINE-OUTIL, OUTILLAGE |

|    |  |  |  |
|----|--|--|--|
| 80 | <b>ÉTAMAGE DE LA PLAQUE*</b>   |  |  |
| 81 | <p>Tremper la plaque, <b>environ une minute</b>, dans une solution «d'étain liquide».</p> <p><b>Note</b> : Cette opération facilite le soudage des composants et empêche l'oxydation du cuivre.</p> <p><b>* IMPORTANT</b> : Il est recommandé d'effectuer cette opération sous la hotte ou d'assurer une bonne ventilation du local.</p> |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hotte de laboratoire</li> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Bain d'étain</li> <li>- Pincen en plastique</li> <li>- Chronomètre</li> </ul> |
| 82 | Rincer dans le bain d'eau de «l'étain liquide» et éponger sans frotter.  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lunettes de sécurité</li> <li>- Bain d'eau</li> <li>- Pincen en plastique</li> <li>- Papier absorbant</li> </ul>                              |
| 83 | <p><b>Il est maintenant temps de contrôler l'état de conductibilité électrique de cette plaque (voir la section suivante).</b></p> <p><b>Une fois cette vérification faite, la plaque sera prête pour l'installation des composants.</b></p>   |  |  |

## Contrôle de l'état de conductibilité de la plaque du gaussmètre

Voici le circuit imprimé du gaussmètre. Les zones grises sont conductrices et étamées à l'étain. Les lignes blanches sont des frontières isolantes dépourvues de conducteur.

Dans un premier temps, il s'agit de contrôler la conductibilité électrique de chaque zone. Un défaut de fabrication peut survenir lorsqu'on égratigne la résine photosensible avant l'étape de la gravure.

Prenons par exemple la zone «A» texturée ci-dessous, il s'agit de vérifier la conductibilité entre deux points éloignés à l'aide d'un multimètre en mode conduction. Si la conductibilité est bonne, cocher les points de contrôle dans le tableau ci-dessous. Lorsque la zone a une forme plus complexe, plusieurs mesures sont nécessaires. Advenant un défaut, une soudure peut rétablir la conduction.

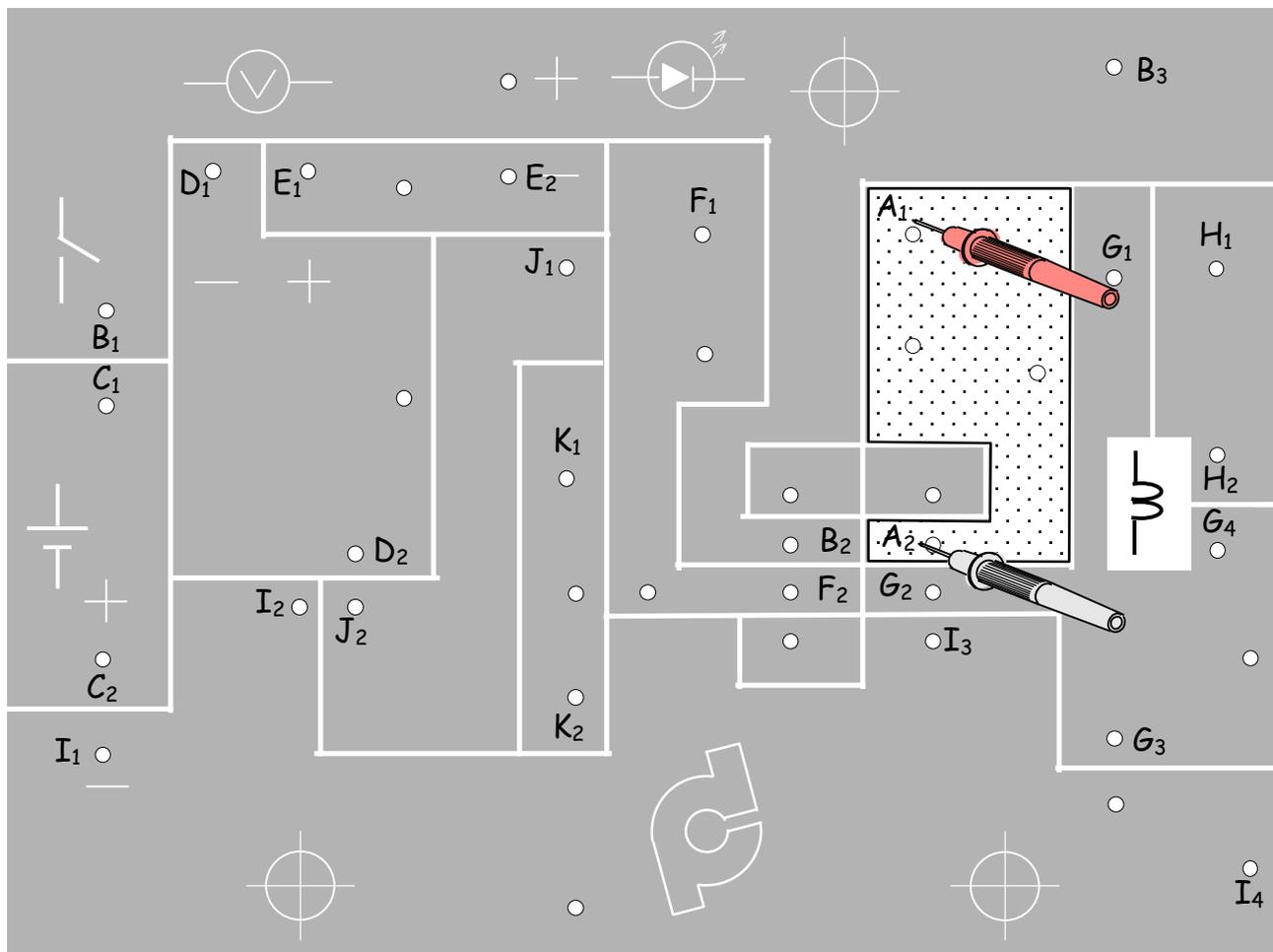
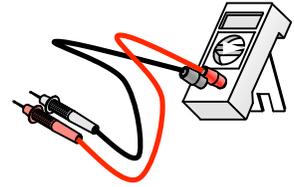


Tableau de vérification de la bonne conductibilité des zones

| Points de contrôle              | ✓ |
|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---|
| A <sub>1</sub> à A <sub>2</sub> |   | B <sub>1</sub> à B <sub>2</sub> |   | B <sub>1</sub> à B <sub>3</sub> |   | C <sub>1</sub> à C <sub>2</sub> |   |
| D <sub>1</sub> à D <sub>2</sub> |   | E <sub>1</sub> à E <sub>2</sub> |   | F <sub>1</sub> à F <sub>2</sub> |   | G <sub>1</sub> à G <sub>2</sub> |   |
| G <sub>1</sub> à G <sub>3</sub> |   | G <sub>1</sub> à G <sub>4</sub> |   | H <sub>1</sub> à H <sub>2</sub> |   | I <sub>1</sub> à I <sub>2</sub> |   |
| I <sub>1</sub> à I <sub>3</sub> |   | I <sub>1</sub> à I <sub>4</sub> |   | J <sub>1</sub> à J <sub>2</sub> |   | K <sub>1</sub> à K <sub>2</sub> |   |

Dans un deuxième temps, il s'agit de contrôler si les frontières sont bien isolantes. Un défaut de fabrication peut être généré lorsqu'on superpose les masques ou lorsqu'on les imprime.

Cette fois-ci, il s'agit de vérifier que le courant électrique ne passe pas entre des zones adjacentes (voir l'exemple ci-dessous entre la zone **A** et **B**). Si l'isolation est adéquate, cocher les points de contrôle dans le tableau ci-dessous. Advenant un défaut, il est possible de séparer deux zones en grattant les frontières à l'aide de la pointe d'un couteau à plastique.

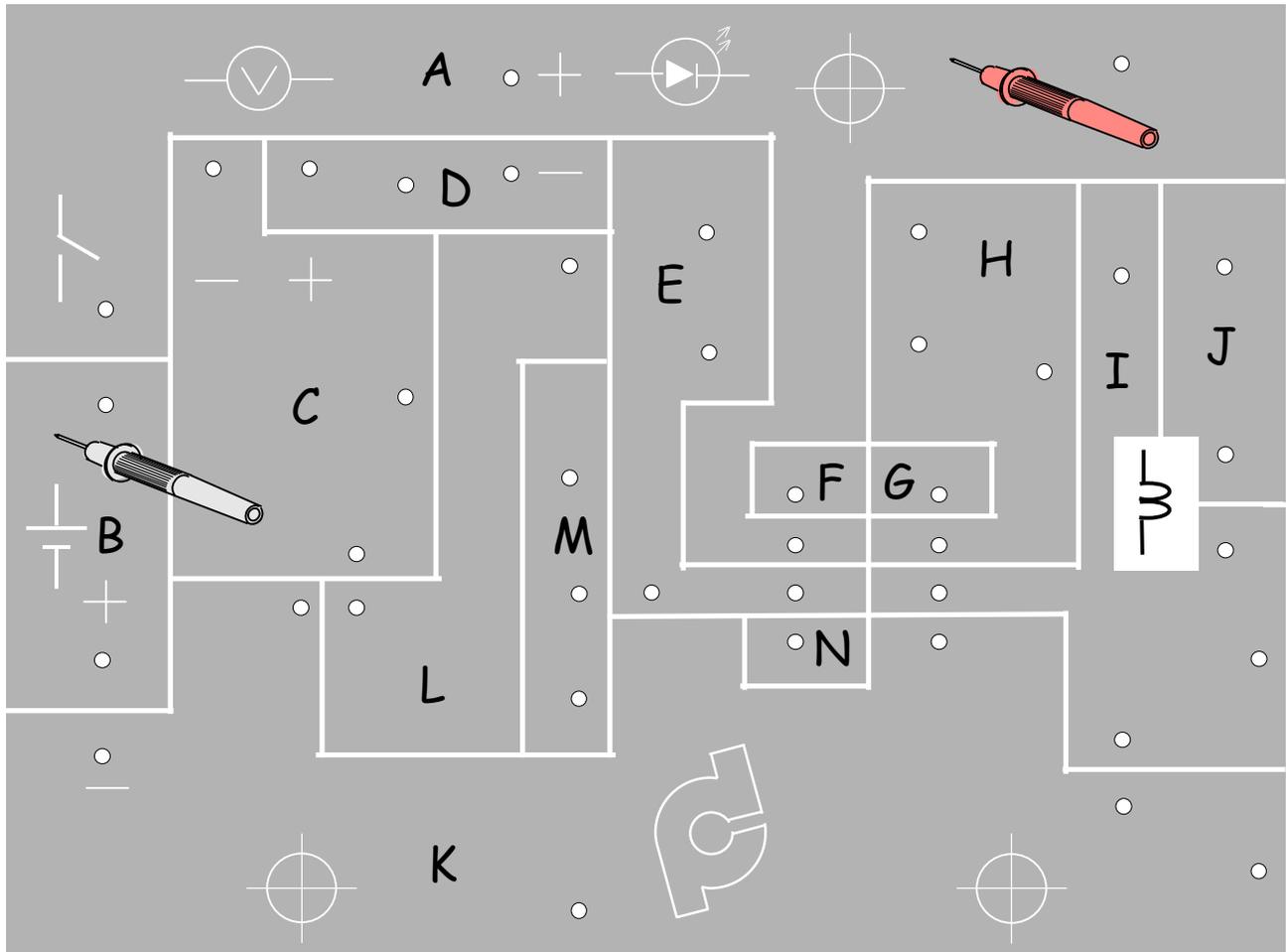
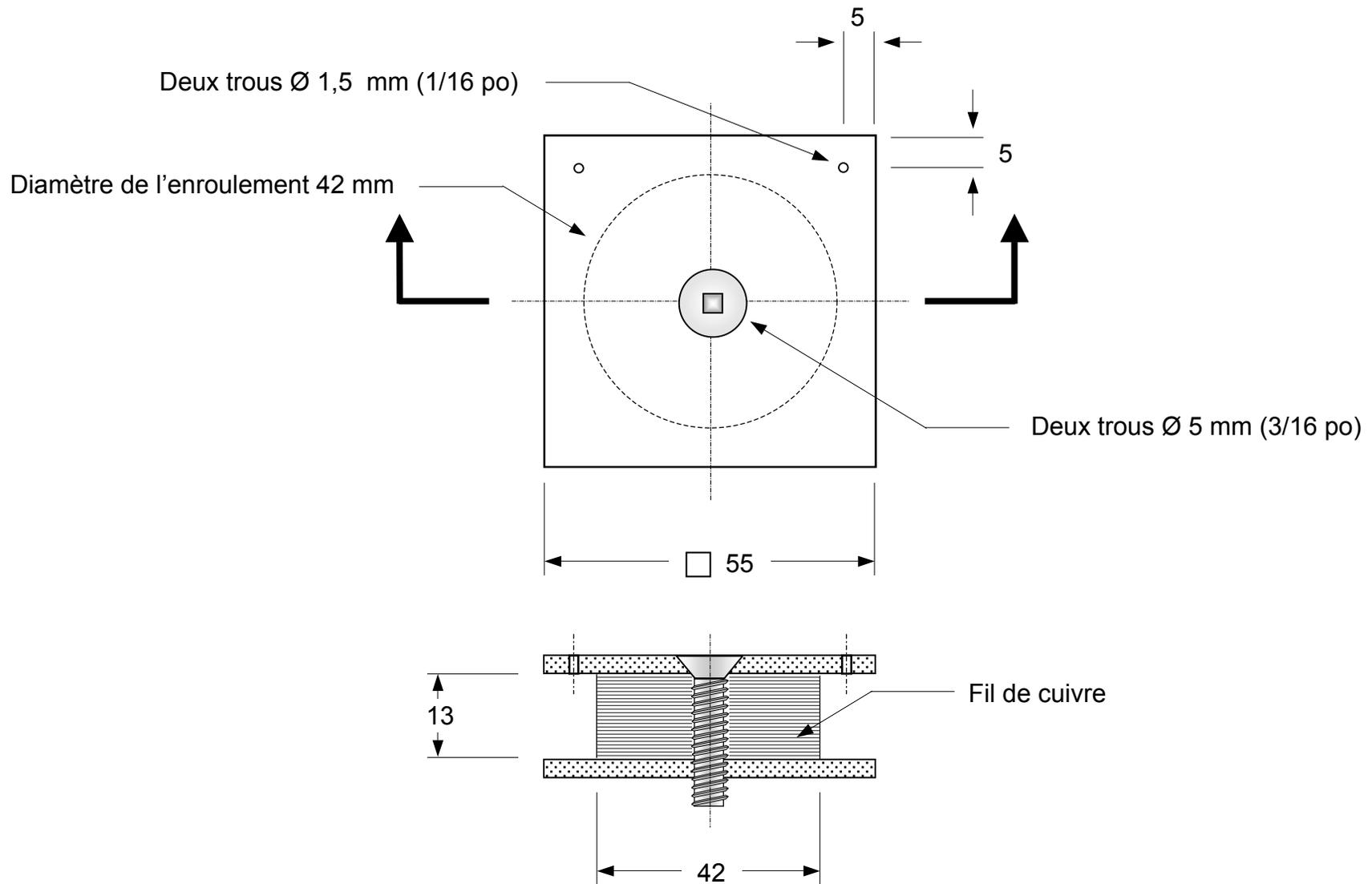


Tableau de vérification de l'isolation des frontières

| Points de contrôle | ✓ |
|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|
| A et B             |   | A et C             |   | A et D             |   | A et E             |   |
| A et F             |   | A et G             |   | A et H             |   | A et I             |   |
| A et J             |   | K et B             |   | K et C             |   | K et L             |   |
| K et M             |   | K et E             |   | K et N             |   | K et I             |   |
| B et C             |   | C et D             |   | C et L             |   | D et L             |   |
| D et E             |   | L et E             |   | L et M             |   | M et E             |   |
| E et N             |   | E et I             |   | E et H             |   | N et I             |   |
| F et G             |   | F et H             |   | G et H             |   | H et I             |   |
| I et J             |   |                    |   |                    |   |                    |   |





**centre de  
développement  
pédagogique**  
*pour la formation générale  
en science et technologie*

## GAMME DE FABRICATION ET GAMME D'ASSEMBLAGE

ÉLÉMENT : SOLÉNOÏDE

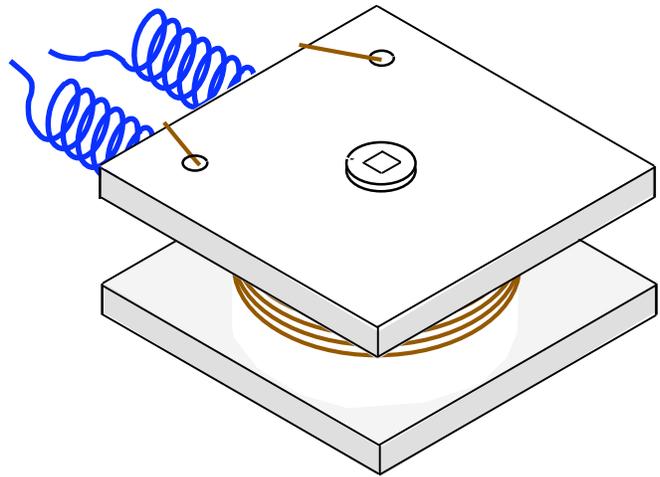
ENSEMBLE : GAUSSMÈTRE

GAMME : 2

FEUILLE : 1 de 3

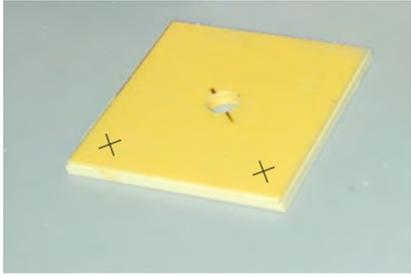
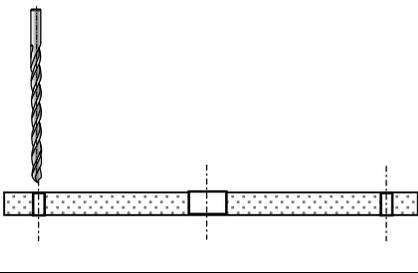
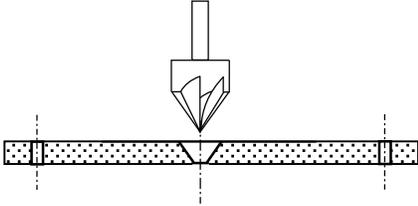
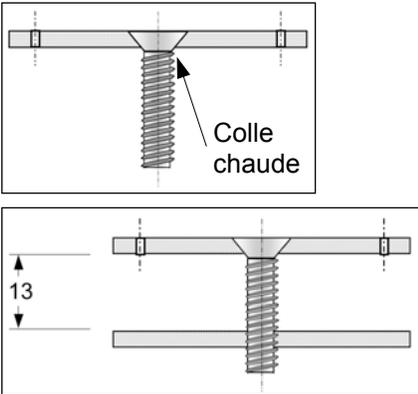
MATÉRIAU : Divers

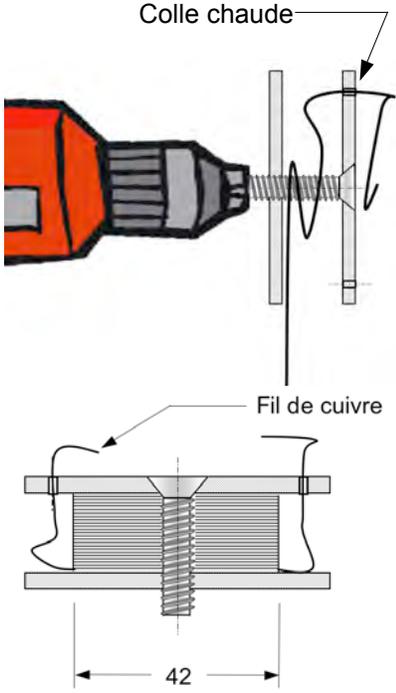
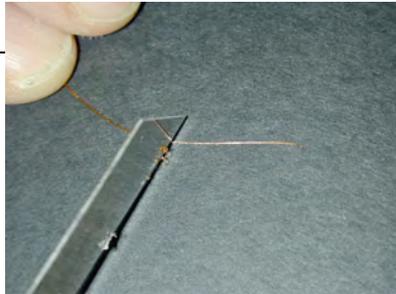
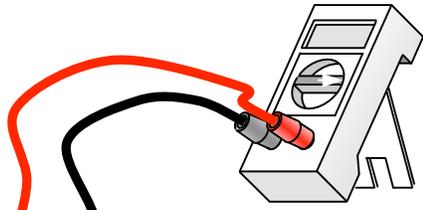
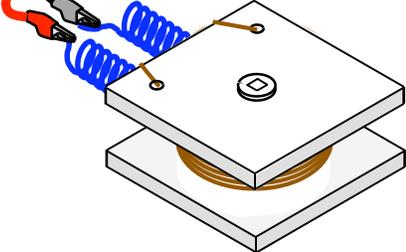
NOMBRE : 1



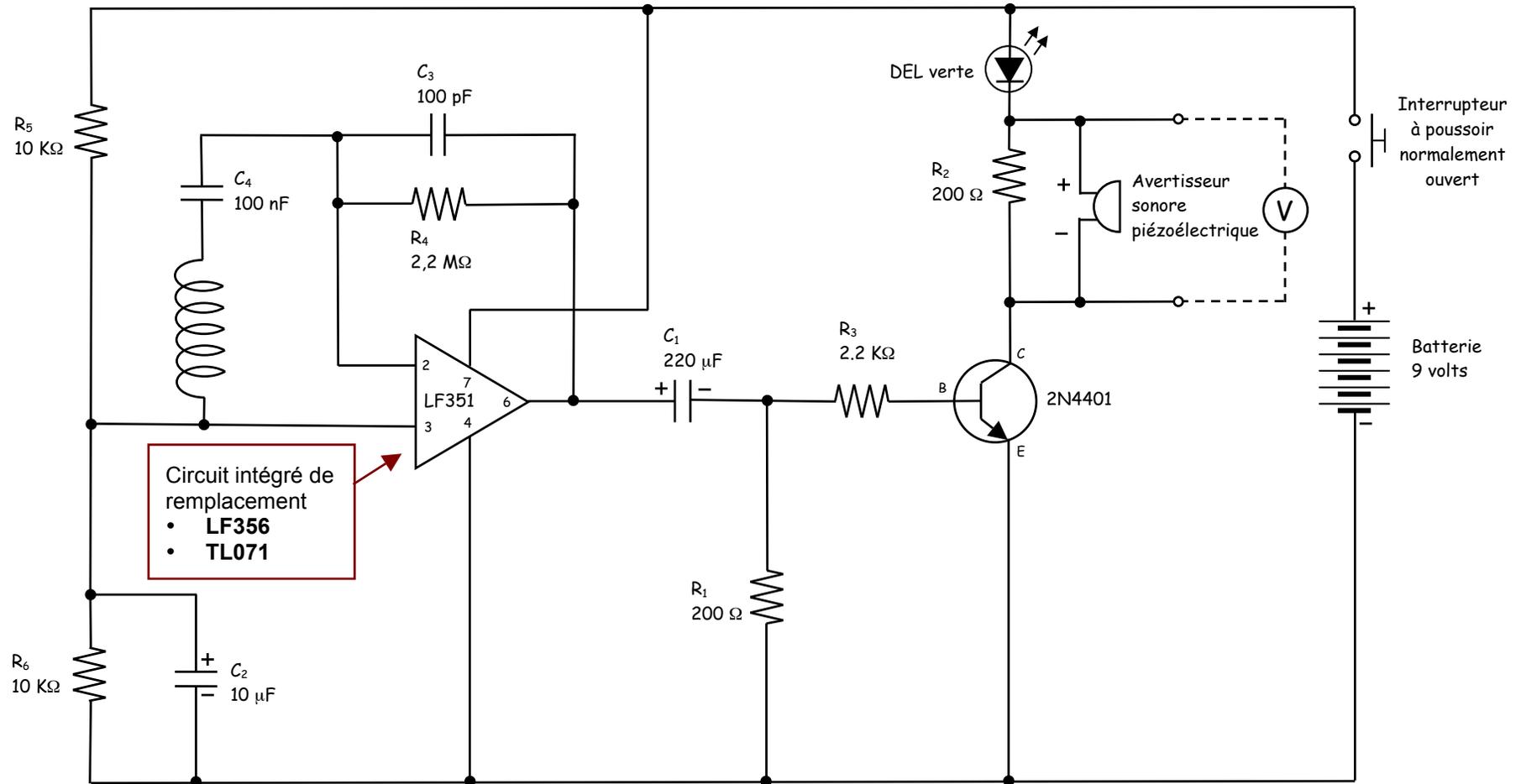
| N° | PHASE, SOUS-PHASE OU OPÉRATION | PHOTO OU DESSIN | MACHINE-OUTIL, OUTILLAGE |
|----|--------------------------------|-----------------|--------------------------|
|----|--------------------------------|-----------------|--------------------------|

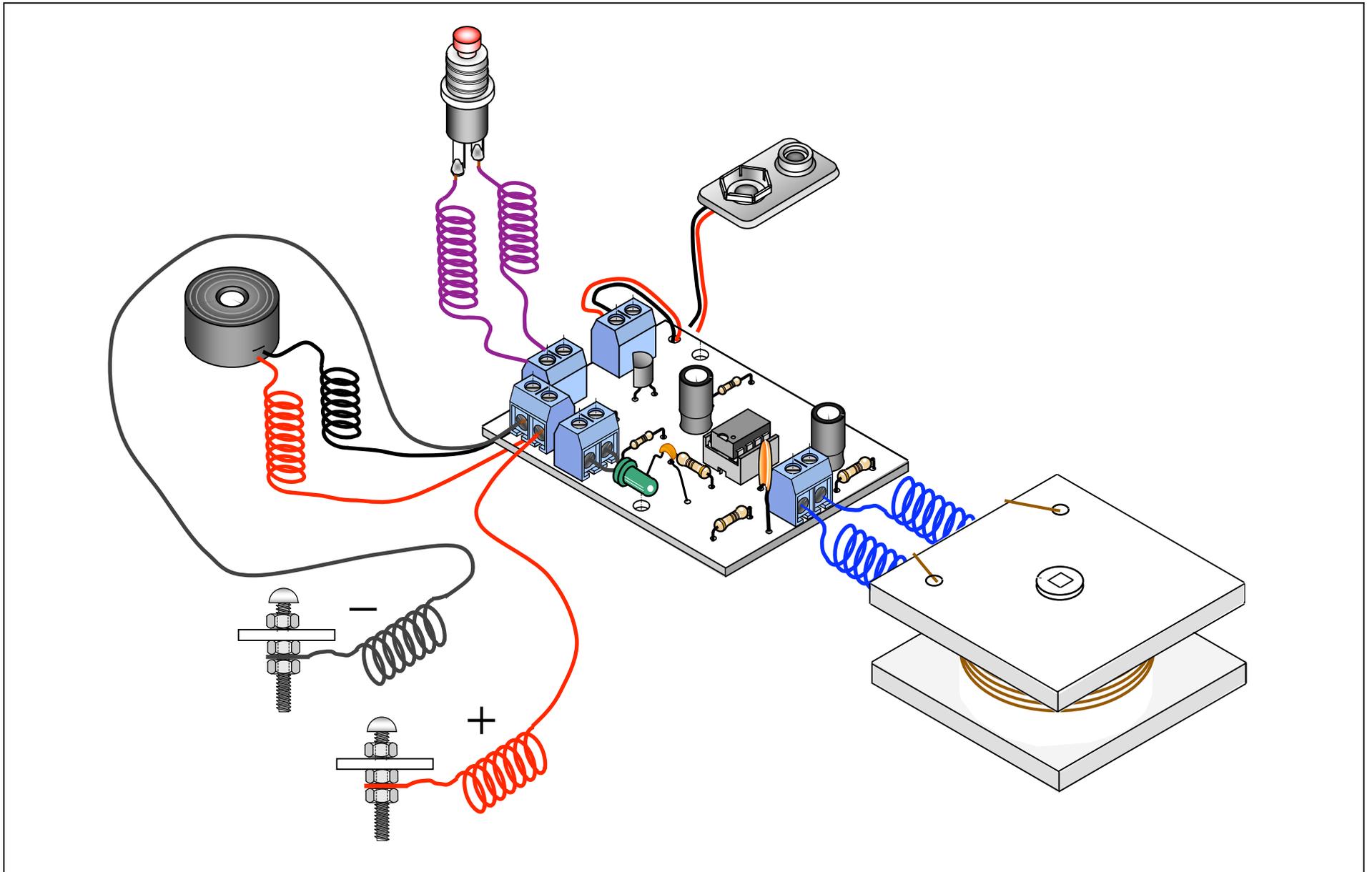
|    |   |  |  |
|----|---|--|--|
| 10 | TRAÇAGE   |  |  |
| 11 | <p>Sur un morceau de polystyrène, tracer deux carrés de 55 mm de côté et marquer les centres.</p> <p>Ces pièces seront les butées inférieure et supérieure du solénoïde. Ces butées pourraient aussi être de forme circulaire de 55 mm de diamètre.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Règle</li> <li>- Crayon</li> <li>- Équerre</li> </ul>       |
| 20 | DÉCOUPAGE   |  |  |
| 21 | <p>À l'aide d'un couteau à plastique, découper le contour des deux butées.</p>  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Couteau à plastique</li> <li>- Règle sécuritaire</li> </ul> |
| 22 | <p>Finir les contours au grattoir et au papier de verre.</p>  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grattoir</li> <li>- Papier de verre</li> </ul>              |
| 30 | PERÇAGE   |  |  |
| 31 | Pointer les trous.  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pointeau</li> <li>- Marteau</li> </ul>                      |
| 32 | Fixer la butée dans un étau et à l'aide d'un foret de Ø 5 mm, percer le trou.   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perceuse à main</li> <li>- Étau</li> </ul>                  |
| 33 | Répéter les mêmes opérations pour l'autre butée.  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Foret de Ø 5 mm (3/16 po.),</li> </ul>                      |

| GAMME DE FABRICATION ET D'ASSEMBLAGE DU SOLÉNOÏDE |  |  | FEUILLE : 2 de 3   |
|---|--|--|--|
| N°  | PHASE, SOUS-PHASE OU OPÉRATION   | PHOTO OU DESSIN  | MACHINE-OUTIL, OUTILLAGE   |
| 40  | TRAÇAGE  |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Crayon</li> <li>- Règle</li> <li>- Équerre</li> </ul>   |
| 41  | Sur la butée supérieure, marquer l'emplacement de deux trous à 5 mm du bord.   |  |  |
| 50  | PERÇAGE  |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pointeau</li> <li>- Marteau</li> <li>- Étau</li> <li>- Perceuse à main</li> <li>- Foret de Ø 1,5 mm (1/16 po),</li> </ul> |
| 51  | Pointer les deux trous.  |  |  |
| 52  | Fixer les pièces dans un étau et percer les deux trous à un Ø 1,5 mm. Ces trous permettront le passage du fil de cuivre.                           |  |  |
| 60  | FRAISAGE   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Étau</li> <li>- Perceuse à main</li> <li>- Fraise</li> <li>- <b>Dessin n°3</b></li> </ul>                                 |
| 61  | Fixer les pièces dans un étau et fraiser le trou central de la butée supérieure suffisamment pour insérer la tête de la vis (voir le dessin n° 3). |  |  |
| 70  | TARAUDAGE  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Étau</li> <li>- Tournevis</li> </ul>  |
| 71  | Visser une vis de 1/4 de pouce de diamètre, perpendiculairement à la surface, dans le trou de la butée inférieure (la vis taraudera le trou).      |  |  |
| 72  | Retirer la vis après le taraudage.   |  |  |
| 80  | ASSEMBLAGE   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tournevis</li> <li>- Pistolet à colle chaude</li> </ul>   |
| 81  | Assembler, par collage, la butée supérieure sur une vis à tête fraisée (vis d'une longueur d'un pouce et d'un diamètre de ¼ de pouce).             |  |  |
| 82  | Visser la butée inférieure sur la vis de façon à laisser un espace de 13 mm entre les deux butées.   |  |  |

| GAMME DE FABRICATION ET D'ASSEMBLAGE DU SOLÉNOÏDE |   | FEUILLE : 3 de 3   |  |
|---|---|--|--|
| N°  | PHASE, SOUS-PHASE OU OPÉRATION  | PHOTO OU DESSIN  | MACHINE-OUTIL, OUTILLAGE   |
| 90  | BOBINAGE  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perceuse à main</li> <li>- Étau</li> <li>- Fil de cuivre émaillé jauge 32</li> <li>- Pistolet à colle chaude</li> <li>- Ruban adhésif</li> <li>- Vernier</li> <li>- Pince coupante</li> </ul> |
| 91  | Fixer la perceuse à main dans un étau.  |  |  |
| 92  | Fixer les deux butées montées sur la vis dans le mandrin d'une perceuse.  |  |  |
| 93  | Enfiler l'extrémité du fil de cuivre dans l'un des petits trous de 1,5 mm de diamètre.  |  |  |
| 94  | Fixer l'extrémité du fil à l'aide d'une goutte de colle chaude.   |  |  |
| 95  | Fixer temporairement l'excédant de fil, sur la tête de la vis, à l'aide d'un bout de ruban adhésif.   |  |  |
| 96  | Enrouler le fil de cuivre jusqu'à ce que le diamètre du solénoïde soit d'approximativement 42 mm (utiliser le vernier pour mesurer le diamètre).          |  |  |
| 97  | Couper le fil de cuivre, l'introduire dans l'autre trou de 1,5 mm de diamètre.  |  |  |
| 98  | Fixer cette nouvelle extrémité à l'aide d'une goutte de colle chaude.   |  |  |
| 100   | CONTROLE DE LA CONDUCTIBILITE   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Couteau utilitaire</li> </ul>   |
| 101   | Gratter le vernis sur les extrémités des fils du solénoïde, à l'aide d'une lame de couteau utilitaire. Un papier à poncer fin peut aussi faire l'affaire. |  |  |
| 102   | Vérifier la conductibilité du solénoïde en branchant ses extrémités aux bornes d'un multimètre en mode conduction.  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multimètre</li> </ul>   |
|   | <p><b>Voilà !</b></p> <p><b>Votre solénoïde est prêt. Il ne reste plus qu'à le brancher au circuit du gaussmètre.</b></p>                                 |  |  |

## Schéma du circuit électronique du gaussmètre





**centre de  
développement  
pédagogique**  
*pour la formation générale  
en science et technologie*

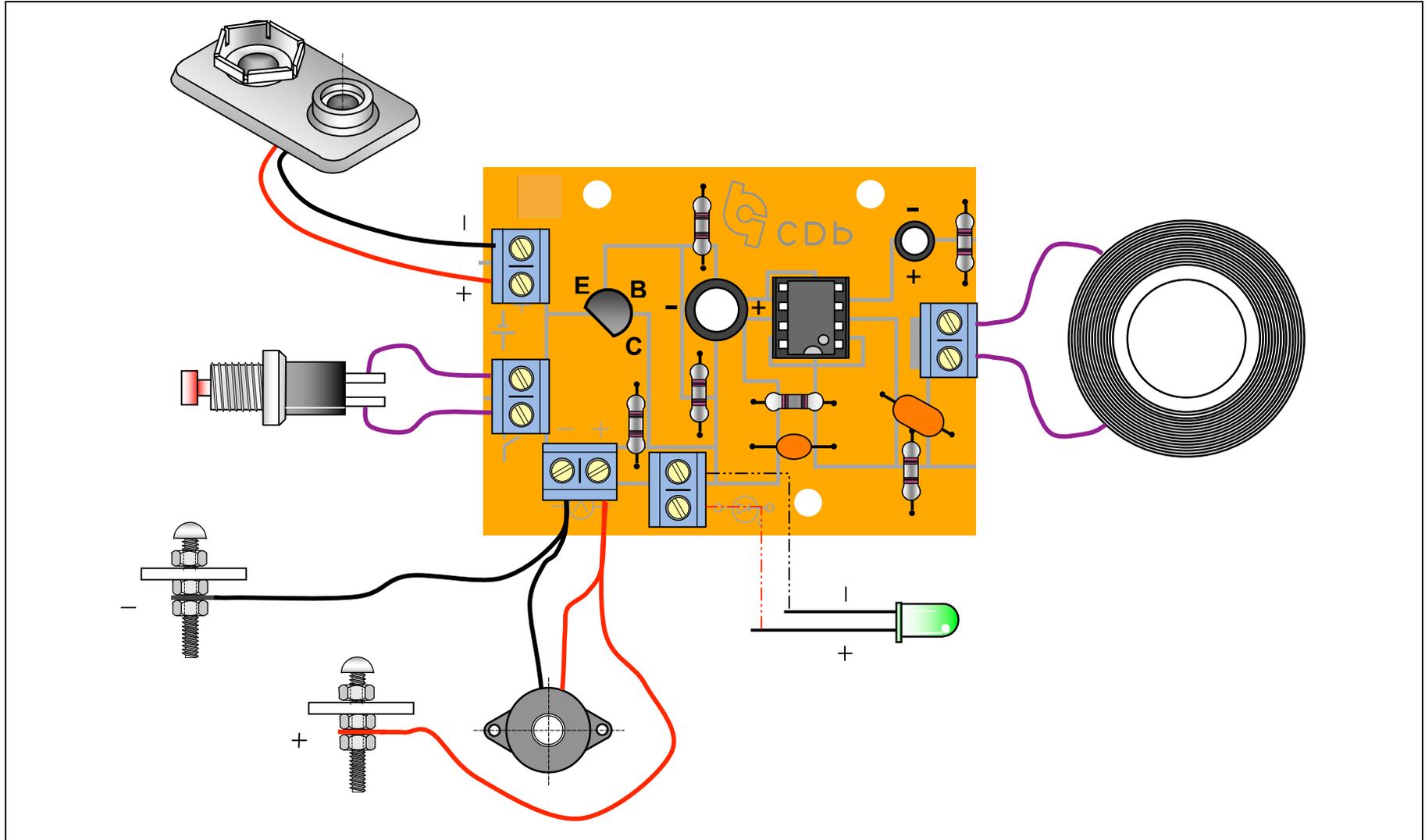
ACTIVITÉ : **SAE «PRENDRE LE CHAMP»**

NOM : **CIRCUIT DU GAUSSMÈTRE**

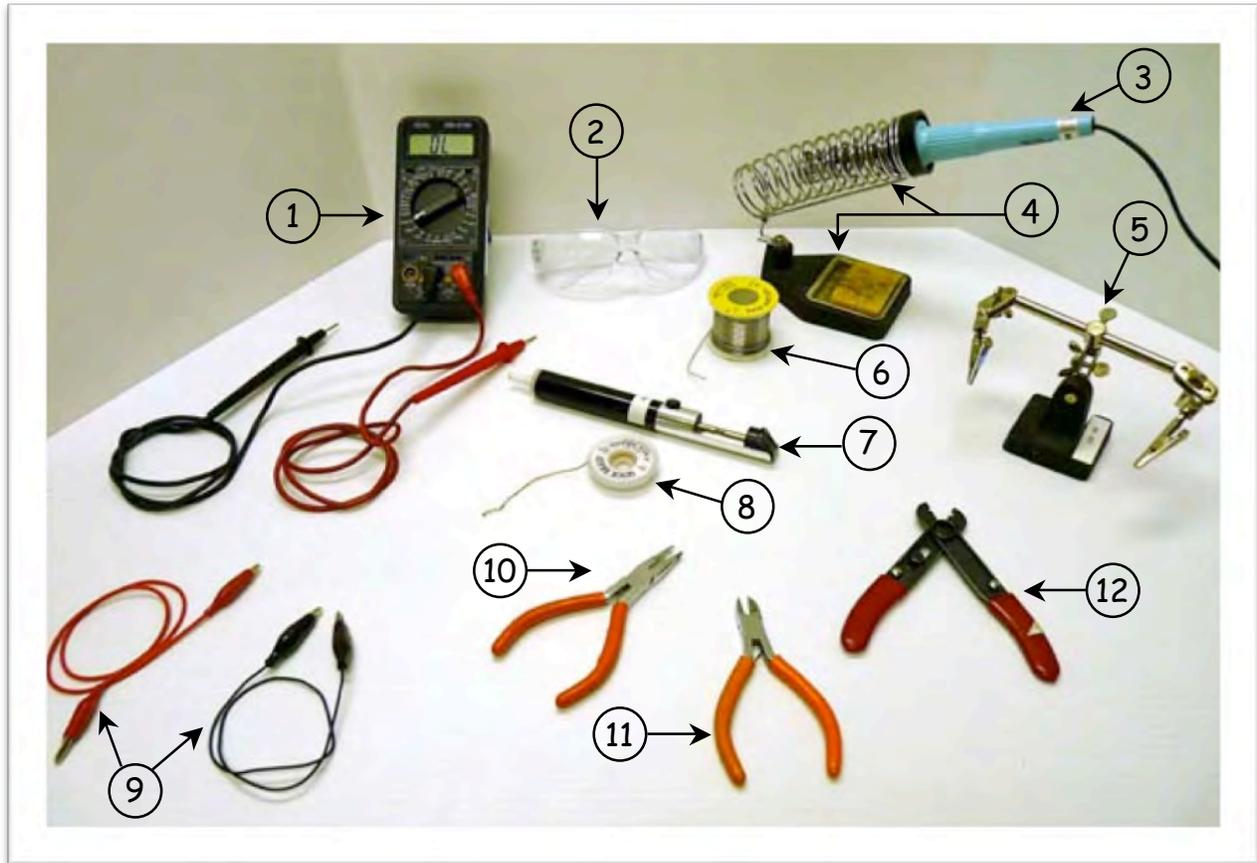
DATE : **MAI 2011**

ÉCHELLE : **NON À L'ÉCHELLE**

DESSIN : **N° 1**

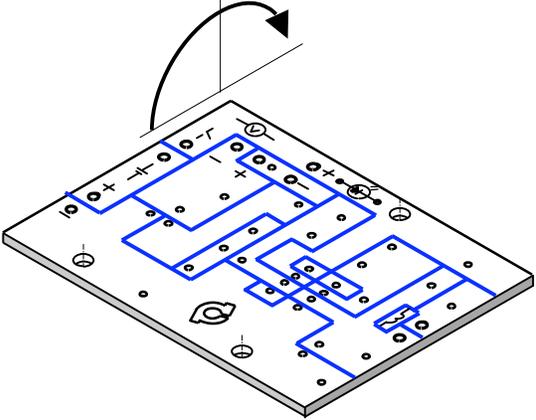
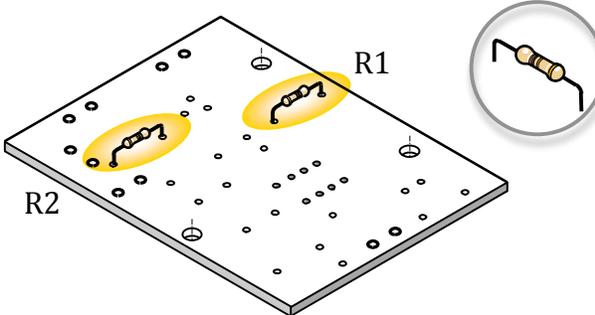
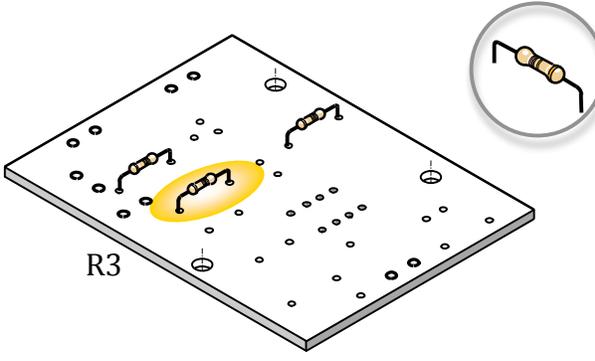
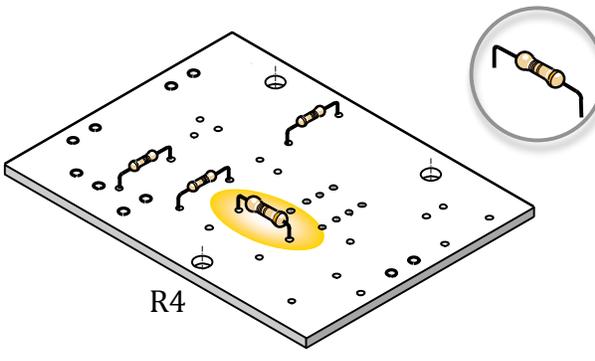


## Instruments utilisés pour la soudure

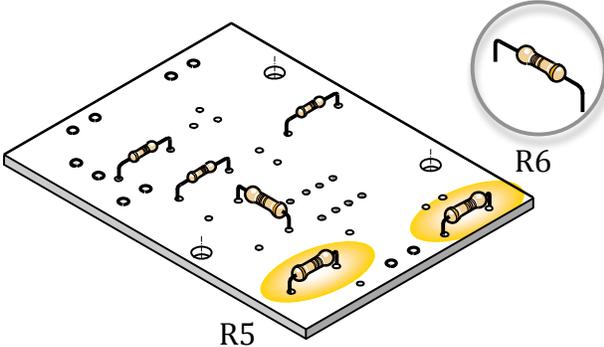
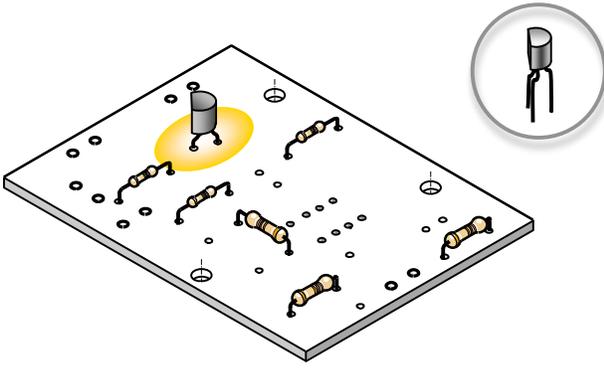
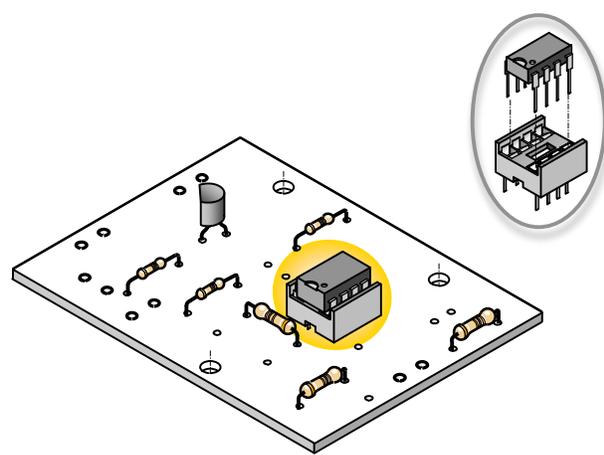
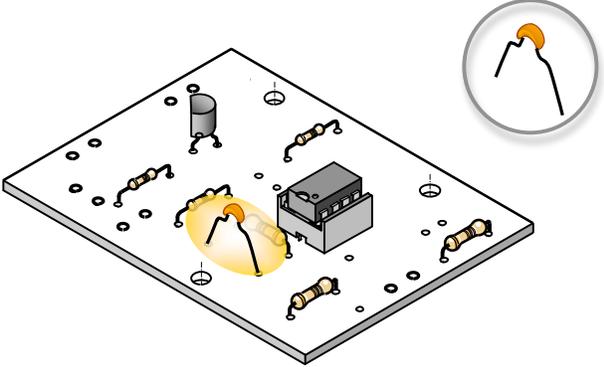


- |                                     |                            |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1. Multimètre                       | 7. Pompe à dessouder       |
| 2. Lunettes de sécurité             | 8. Tresse à dessouder      |
| 3. Fer à souder                     | 9. Fils à pinces alligator |
| 4. Support à fer et éponge          | 10. Pinces à long bec      |
| 5. Étau porte-carte (étau à souder) | 11. Pinces coupantes       |
| 6. Fil à souder                     | 12. Pinces à dénuder       |

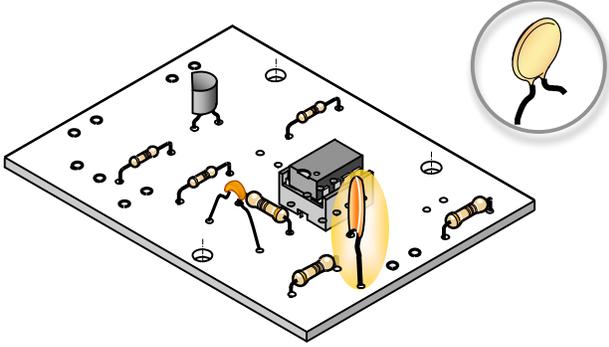
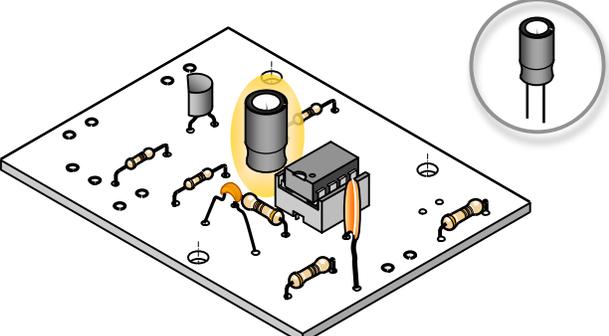
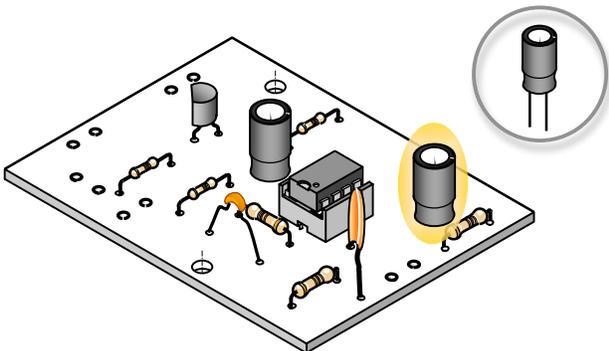
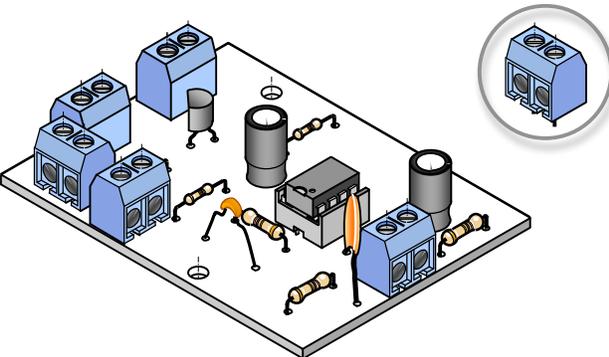
## PROCÉDURE D'IMPLANTATION DES COMPOSANTS DU GAUSSMÈTRE

|   |  |
|---|--|
|    | <p>Contrôler l'état de conductibilité du circuit avant d'implanter le premier composant.</p> <p>Pivoter la plaque de circuit, côté cuivré sur la table (le logo CDP est face contre la table).</p>                 |
|   | <p>Souder les résistors R1 et R2.</p> <p>R1 et R2 : 200 <math>\Omega</math> (rouge, noir, brun)</p> <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer l'emplacement du résistor.</p>  |
|  | <p>Souder le résistor R3.</p> <p>R3 : 2,2 K<math>\Omega</math> (rouge, rouge, rouge)</p> <p><b>Attention à la valeur du composant.</b></p> <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer l'emplacement du résistor.</p> |
|  | <p>Souder le résistor R4.</p> <p>R4 : 2,2 M<math>\Omega</math> (rouge, rouge, vert)</p> <p><b>Attention à la valeur du composant.</b></p> <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer l'emplacement du résistor.</p>  |

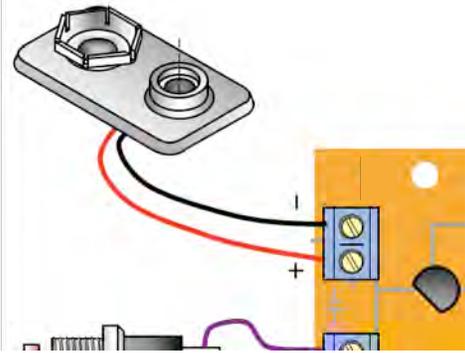
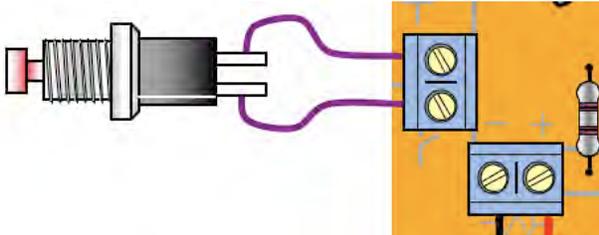
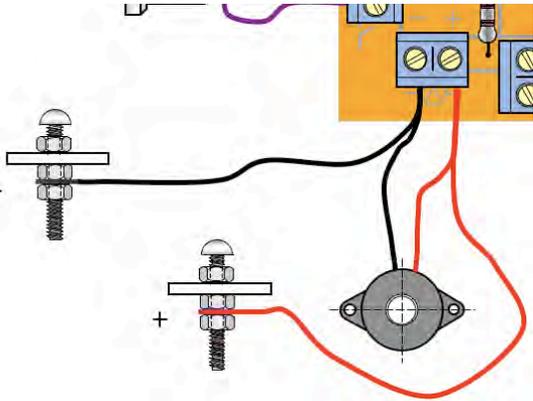
## PROCÉDURE D'IMPLANTATION DES COMPOSANTS DU GAUSSMÈTRE (suite)

|   |   |
|---|---|
|  <p>R5</p> <p>R6</p> | <p>Souder les résistors R5 et R6.</p> <p>R5 et R6 : 10 K<math>\Omega</math> (brun, noir, orange)</p> <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer l'emplacement du résistor.</p>  |
|                      | <p>Souder le transistor NPN.</p> <p><b>Attention au sens.</b></p>  <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer l'emplacement et le sens du transistor.</p>  |
|                    | <p>Souder la base pour le circuit intégré.</p> <p><b>Important</b> : Ne pas installer le circuit intégré dans la base pendant le soudage de celle-ci. La chaleur du fer à souder risque de détériorer le circuit intégré. Avant son installation, touchez un objet métallique afin de vous décharger. L'électricité statique peut aussi détériorer le circuit intégré.</p> <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer le sens du circuit intégré.</p> |
|                    | <p>Souder le condensateur céramique.</p> <p>C3 : 100 pF</p> <p><b>Attention à la valeur du composant.</b></p> <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer l'emplacement du condensateur. La forme du condensateur peut être différente.</p>  |

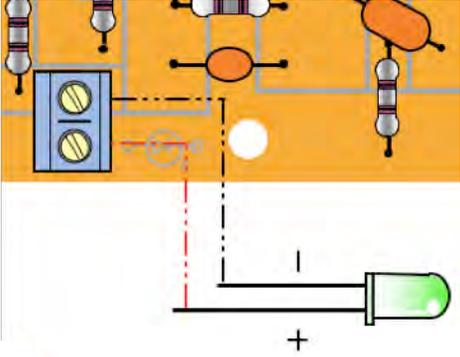
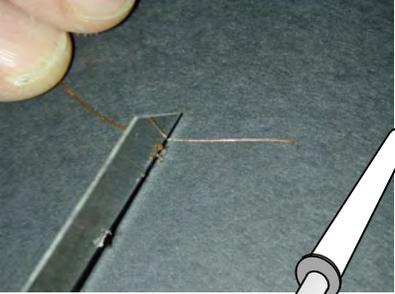
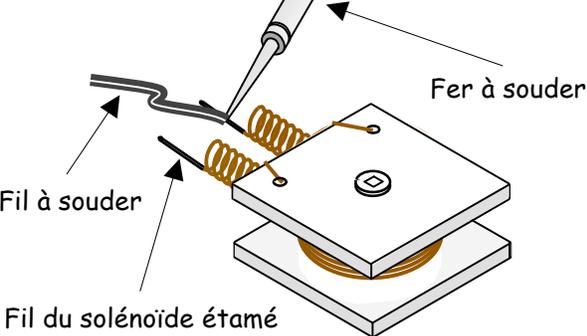
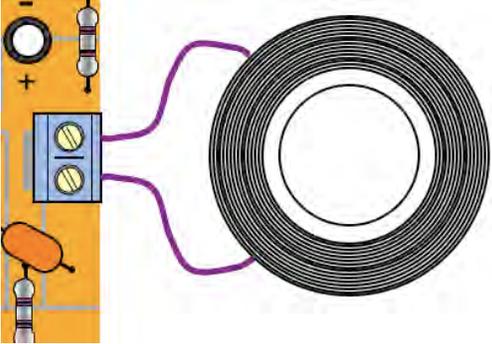
## PROCÉDURE D'IMPLANTATION DES COMPOSANTS DU GAUSSMÈTRE (suite)

|   |   |
|---|---|
|    | <p>Souder le condensateur céramique.</p> <p><b>C4 : 100 nF</b><br/> <b>Attention à la valeur du composant.</b></p> <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer l'emplacement du condensateur. La forme du condensateur peut être différente.</p> |
|    | <p>Souder le condensateur électrolytique.</p> <p><b>C1 : 220 <math>\mu</math>F</b><br/> <b>Attention à la polarité</b></p> <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer l'emplacement et la polarité du condensateur.</p>                         |
|  | <p>Souder le condensateur électrolytique.</p> <p><b>C2 : 10 <math>\mu</math>F</b><br/> <b>Attention à la polarité</b></p> <p>Voir le <b>dessin #2</b> pour repérer l'emplacement et la polarité du condensateur.</p>                          |
|  | <p>Souder les cinq connecteurs.</p>   |

## PROCÉDURE D'IMPLANTATION DES COMPOSANTS DU GAUSSMÈTRE (suite)

|  |  |
|--|--|
|   | <p>Brancher le connecteur de batterie 9 volts, aux bornes prévues, en respectant la polarité.</p> <p>Voir les <b>dessins #1 et #2</b> pour plus de détails et pour une vue d'ensemble.</p>   |
|   | <p>Brancher l'interrupteur à poussoir aux bornes prévues.</p> <p>Voir les <b>dessins #1 et #2</b> pour plus de détails et pour une view d'ensemble.</p>  |
|  | <p>Brancher l'avertisseur piézoélectrique (facultatif) et les vis de branchement du voltmètre, aux bornes prévues, en respectant la polarité.</p> <p>Voir les <b>dessins #1 et #2</b> pour plus de détails et pour une vue d'ensemble.</p> |

## PROCÉDURE D'IMPLANTATION DES COMPOSANTS DU GAUSSMÈTRE (suite)

|  |   |
|--|---|
|   | <p>Brancher la diode électroluminescente (DEL), aux bornes prévues, en respectant la polarité.</p> <p>L'ajout de fils peut être nécessaire en fonction de la position de la DEL dans le boîtier.</p> <p>Voir les <b>dessins #1 et #2</b> pour plus de détails et pour une vue d'ensemble.</p> |
|   | <p>Si ce n'est pas déjà fait, gratter le vernis sur les extrémités des fils du solénoïde, à l'aide d'une lame de couteau utilitaire.</p> <p>Un papier à poncer fin peut aussi faire l'affaire.</p>  |
|   | <p>Étamer les extrémités permet aussi d'améliorer le contact avec le connecteur.</p>  |
|   | <p>Brancher le solénoïde aux bornes prévues.</p> <p>Voir les <b>dessins #1 et #2</b> pour plus de détails et pour une vue d'ensemble.</p>   |
| <p><b>Après avoir branché la batterie, le circuit devrait être fonctionnel. Si ce n'est pas le cas, consulter la section suivante « Contrôle de l'état de fonctionnement du gaussmètre ». Cette section vous aidera à trouver ce qui cloche.</b></p> |   |

## Contrôle de l'état de fonctionnement du gaussmètre

Voici une démarche qui vous guidera si jamais votre gaussmètre ne fonctionne pas. Cette démarche devrait vous aider à identifier les anomalies. Il est important de suivre cette démarche dans l'ordre proposé puisque les problèmes les plus fréquents ont été placés au début de la liste.

### Vérifications préalables



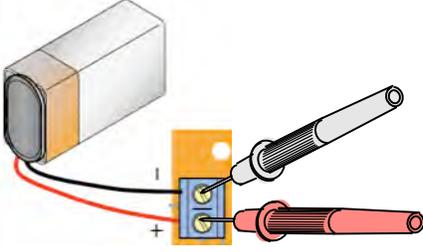
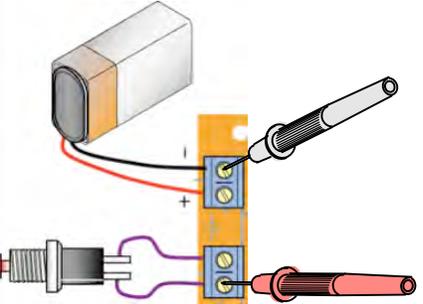
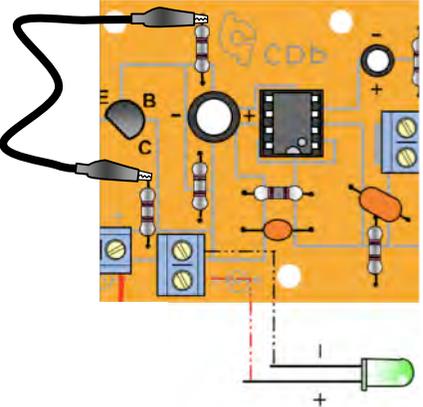
**Vérifiez les points suivants et cocher la case après coup.**

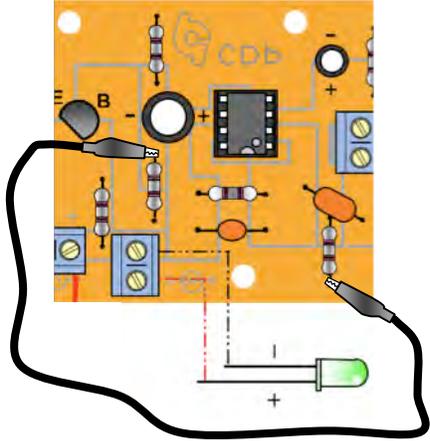
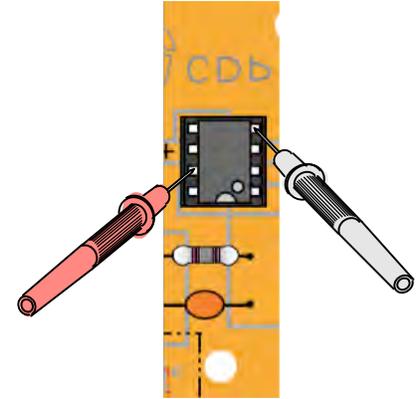
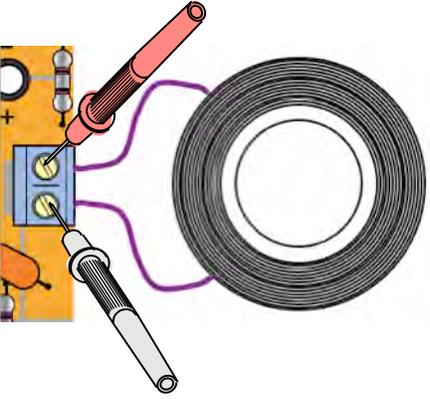
1. Si vous avez omis de vérifier l'état de conductibilité de votre plaque avant l'implantation des composants (voir le cahier de l'élève), vous n'êtes pas dans une situation idéale. Un examen visuel du circuit pourrait quand même permettre de détecter certaines anomalies.
2. Vérifier l'état de la batterie à l'aide d'un multimètre en mode tension ( $\approx 9\text{ V}$ ).
3. Vérifier visuellement l'état de toutes vos soudures (celles de la plaque et celles des composants externes reliés par des fils) en consultant la section soudure à l'étain du cahier de l'élève. Dans le doute, reprendre les soudures.
4. Vérifier si tous les composants à souder sur la plaque sont bel et bien présents en consultant le dessin n° 2 du circuit du gaussmètre.
5. Vérifier s'il n'y a pas d'inversion entre les deux condensateurs électrolytiques ( $220\ \mu\text{F}$  et  $10\ \mu\text{F}$ ) en consultant la procédure d'implantation des composants.
6. Vérifier la polarité des deux condensateurs électrolytiques ( $220\ \mu\text{F}$  et  $10\ \mu\text{F}$ ) en consultant le dessin n° 2 du circuit du gaussmètre.
7. Vérifier s'il n'y a pas d'inversion entre les deux condensateurs céramiques ( $100\ \text{pF}$  et  $100\ \text{nF}$ ) en consultant la procédure d'implantation des composants.
8. Vérifier les valeurs des résistors en consultant la procédure d'implantation des composants.
9. Vérifier le sens du branchement du transistor en consultant le dessin n° 2 du circuit du gaussmètre.
10. Vérifier le sens du branchement du circuit intégré en consultant le dessin n° 2 du circuit du gaussmètre. **Il est à noter que brancher un circuit intégré en sens inverse peut gravement l'endommager.**
11. Vérifier si tous les composants externes (batterie  $9\text{ V}$ , interrupteur, avertisseur, multimètre, DEL, solénoïde) sont bel et bien présents en consultant le dessin n° 2 du circuit du gaussmètre.
12. Vérifier si tous les composants externes sont branchés sur les bons connecteurs en consultant le dessin n° 2 du circuit du gaussmètre. **Il est à noter qu'une batterie branchée en sens inverse peut gravement endommager le circuit intégré.**
13. Vérifier la polarité du connecteur de la batterie  $9\text{ V}$ .
14. Vérifier la polarité de la DEL.
15. Vérifier la polarité de l'avertisseur piézoélectrique.

## Vérifications aux connecteurs

Si le gaussmètre n'est toujours pas fonctionnel après toutes ces vérifications, il faut pousser un peu plus loin l'investigation. Voici différentes mesures de tension et de résistance qui pourraient orienter votre recherche. Il serait bon d'avoir sous la main le **dessin n° 2** lors de ces vérifications.

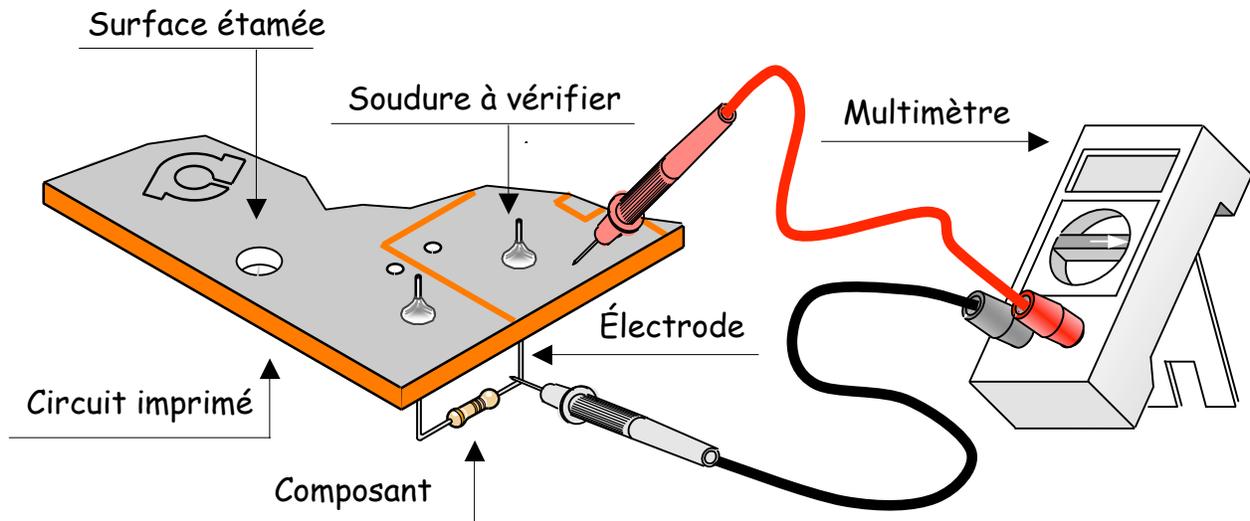
- Si rien ne se passe en appuyant sur l'interrupteur, débiter votre recherche à l'étape 1 ci-dessous.
- Si en appuyant sur l'interrupteur la DEL clignote et qu'un «bip» retentit sans qu'il y ait détection de champ électromagnétique, c'est presque gagné, allez directement à l'étape 6.
- Si en appuyant sur l'interrupteur la DEL clignote sans qu'on entende un «bip», il faudrait vérifier les soudures de l'avertisseur sonore et de son connecteur (voir la section vérification des soudures de la plaque ci-après).

|                 |   |   |
|-----------------|---|---|
| <p><b>1</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Validation de l'alimentation</b></p> <p>Brancher la batterie et mesurer la tension à son connecteur. On devrait y mesurer une tension d'environ 9 volts. Si ce n'est pas le cas, les fils peuvent ne pas être bien dégainés générant ainsi un mauvais contact dans le connecteur. Le connecteur sur la batterie peut aussi être défectueux.</p>   |   |
| <p><b>2</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Validation de l'interrupteur</b></p> <p>Appuyer sur l'interrupteur et mesurer la tension tel qu'illustré sur le dessin de droite. On devrait y mesurer une tension d'environ 9 volts. Si ce n'est pas le cas, les fils de l'interrupteur peuvent ne pas être bien dégainés générant ainsi un mauvais contact dans son connecteur. Les soudures des connecteurs de la batterie et de l'interrupteur sont aussi à vérifier (voir la section vérification des soudures de la plaque ci-après).</p>   |  |
| <p><b>3</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>Validation de la DEL</b></p> <p>Appuyer sur l'interrupteur et brancher un fil à pinces alligators tel qu'illustré sur le dessin de droite. La DEL devrait s'allumer et l'avertisseur devrait retentir. Si ce n'est pas le cas, d'éventuels fils de la DEL peuvent ne pas être bien dégainés générant ainsi un mauvais contact dans son connecteur. Les soudures du connecteur de la DEL et des résistor <math>R_2</math> et <math>R_1</math> sont aussi à vérifier (voir la section vérification des soudures de la plaque ci-après).</p> |  |

|   |  |   |
|---|--|---|
| 4 | <p style="text-align: center;"><b>Validation du transistor</b></p> <p>Appuyer sur l'interrupteur et brancher un fil à pinces alligators tel qu'illustré sur le dessin de droite. La DEL devait s'allumer et l'avertisseur devrait retentir. Si ce n'est pas le cas, les soudures du transistor et des résistor <math>R_3</math> et <math>R_5</math> sont à vérifier (voir la section vérification des soudures de la plaque ci-après).</p>   |    |
| 5 | <p style="text-align: center;"><b>Validation de l'alimentation du circuit intégré</b></p> <p>Appuyer sur l'interrupteur et mesurer la tension tel qu'illustré sur le dessin de droite. On devrait y mesurer une tension d'environ 9 volts. Si ce n'est pas le cas, les soudures du support de circuit intégré sont à vérifier (voir la section vérification des soudures de la plaque ci-après). Avant de refaire les soudures, il faut retirer délicatement le circuit intégré à l'aide d'un petit tournevis à tête plate. De cette façon, la chaleur ne brisera pas la puce.</p>   |   |
| 6 | <p style="text-align: center;"><b>Validation du solénoïde</b></p> <p><b>Sans appuyer sur l'interrupteur</b>, mesurer la résistance électrique aux bornes du solénoïde tel qu'illustré sur le dessin de droite. On devrait y mesurer une résistance d'environ <math>200 \Omega \pm 10\%</math>. Cette valeur de résistance peut être différente si le fil utilisé pour le bobinage n'est pas de calibre #32. L'épaisseur du solénoïde ainsi que le nombre de tours de fil qui le compose influencent aussi la résistance mesurée.</p> <p>Si la résistance est infinie, les soudures du connecteur ainsi que les extrémités du solénoïde sont à vérifier (extrémités bien grattées et bien étamées). Le fil pourrait aussi s'être brisé lors du bobinage. Dans ce cas, il faudra changer le solénoïde.</p> |  |

## Vérifications des soudures de la plaque

Si le gaussmètre n'est toujours pas fonctionnel, il faut chercher ailleurs. Même si les soudures semblent adéquates, il peut y avoir de mauvais contacts cachés. Voici une façon de procéder pour repérer ces soudures fautives. Il est à noter que le circuit ne doit pas être sous tension lors de ces vérifications.



### Manipulations

1. Ajuster le multimètre en mode conduction (avertisseur sonore ou ohmmètre).
2. Appuyer fermement l'un des connecteurs du multimètre sur l'électrode du composant.
3. Appliquer l'autre connecteur du multimètre sur la surface étamée à proximité de la soudure à valider.
4. Appliquer une pression (dans plusieurs directions) sur le composant de façon à mettre à l'épreuve la soudure.
5. Si le multimètre se fait entendre de façon continue, la soudure conduit bien et est adéquate.
6. Si le multimètre ne se fait pas entendre ou s'il retentit alternativement la soudure doit être refaite en ajoutant un peu de fil à souder.
7. Répéter les étapes 2 à 6 pour toutes les autres soudures du montage.

## Gaussmètre (Coût février 2011)

| Nom de la pièce               | Description   | Nb.   | Coût par pièce | Total  | Fournisseur  | Numéro de pièce | Coordonnées fournisseurs  |
|-------------------------------|---|-------|----------------|--------|--------------|-----------------|---|
| Connecteur batterie 9V        |   | 1     | 0,28\$         | 0,28\$ | ABRA         | 29-130          | <a href="http://www.digikey.com/">http://www.digikey.com/</a>                   |
| Interrupteur à poussoir       | Interrupteur à poussoir normalement ouvert (NO)     | 1     | 0,65\$         | 0,65\$ | ABRA         | NO-110          | <a href="http://www.abra-electronics.com/">http://www.abra-electronics.com/</a> |
| DEL verte (LED)               | Diode électroluminescente verte ambrée (dia. 5 mm)  | 1     | 0,11\$         | 0,11\$ | ABRA         | LED-5G          | <a href="http://www.cyme.biz">http://www.cyme.biz</a>                           |
| Résistors                     | 200 $\Omega$ d'une puissance de 1/4 watt            | 2     | 0,06\$         | 0,12\$ | ABRA         | R1/4-200        | <a href="http://www.mgchemicals.com">http://www.mgchemicals.com</a>             |
| Transistor NPN                | 2N4401  | 1     | 0,11\$         | 0,11\$ | ABRA         | 2N4401          |   |
| Résistors                     | 2,2 k $\Omega$ d'une puissance de 1/4 watt          | 1     | 0,06\$         | 0,06\$ | ABRA         | R1/4-2.2K       |   |
| Avertisseur                   | Avertisseur piézoélectrique                         | 1     | 2,36\$         | 2,36\$ | Digi-Key     | 458-1066-ND     |   |
| Condensateur                  | Condensateur électrolytique 220 $\mu$ F (min. 5V)   | 1     | 0,21\$         | 0,21\$ | ABRA         | 220R16          |   |
| Circuit intégré               | Amplificateur TL071 ou ( LF356 ou LF351)            | 1     | 0,62\$         | 0,62\$ | ABRA         |                 |   |
| Support circuit intégré 8     | 2 x 4   | 1     | 0,21\$         | 0,21\$ | Digi-Key     | 3M5461-ND       |   |
| Résistors                     | 2,2 M $\Omega$ d'une puissance de 1/4 watt          | 1     | 0,06\$         | 0,06\$ | ABRA         | R1/4-2.2M       |   |
| Condensateur                  | Condensateur cérmique de 100 pF (0,0001 $\mu$ F)    | 1     | 0,09\$         | 0,09\$ | ABRA         | CD101           |   |
| Condensateur                  | Condensateur cérmique de 100 nF (0,1 $\mu$ F)       | 1     | 0,09\$         | 0,09\$ | ABRA         | CD104           |   |
| Résistors                     | 10 k $\Omega$ d'une puissance de 1/4 watt           | 2     | 0,06\$         | 0,12\$ | ABRA         | R1/4-10K        |   |
| Condensateur                  | Condensateur électrolytique 10 $\mu$ F (min. 10V)   | 1     | 0,12\$         | 0,12\$ | ABRA         | 10R16           |   |
| Connecteur à 2 bornes         | Connecteur à 2 bornes à vis                         | 5     | 0,20\$         | 1,00\$ | Digi-Key     | ED2600-ND       |   |
| Solénoïde de cuivre           | 100 g de fil AWG #32 (4545 g = 10 livres = 105 \$)  | 0,022 | 105,00\$       | 2,31\$ | Cyme         |                 |   |
| Plaque à résine photosensible | Plaque 8x12 pouces (à couper en 18 petites plaques) | 0,056 | 22,32\$        | 1,24\$ | MG Chemicals | #630            |   |
|                               |   | 1     | 0,00\$         | 0,00\$ |              |                 |   |
|                               |   | 1     | 0,00\$         | 0,00\$ |              |                 |   |
|                               |   | 1     | 0,00\$         | 0,00\$ |              |                 |   |
|                               |   | 1     | 0,00\$         | 0,00\$ |              |                 |   |
|                               |   | 1     | 0,00\$         | 0,00\$ |              |                 | Grand total   |
|                               |   | 1     | 0,00\$         | 0,00\$ |              |                 | 9,76\$  |