

Assistants · es Opérateurs · trices Associés · es

GUIDE DES MESURES ÉLECTRIQUES AUX SOUDURES POUR ASSISTANT·E·S CAMERA

NOTIONS, TECHNIQUES & INFORMATIONS

Les câbles, les connecteurs, les fils, les « coups de jus » ou les « châtaignes » ... dans nos métiers (et même dans nos vies) l'électricité et l'électronique font aujourd'hui parties intégrales de notre quotidien. Ce petit guide a pour but de synthétiser toutes ces notions au travers de rappels, d'exemples concrets et d'explications supplémentaires.

Loin d'être exhaustif, nous espérons que ce dossier puisse proposer une base solide permettant de mieux appréhender tous ces principes, et vous permettre de réaliser au mieux vos propres soudures si vous en avez besoin.

Un grand remerciement à toutes ces personnes, sans lesquelles ce guide n'existerait pas : Aurélien Taquet (TSF), Maxime Eraud (Nextshot), Didier Grezes (Nextshot), Chamsoudine Bourhani (Panavision Alga), Frédéric Lombardo (RVZ), Thibaud Roussel & Alexis Leclère.

Si vous avez des remarques ou des questions auxquels il ne répondrait pas suffisamment, n'hésitez pas à envoyer vos propositions d'évolution : contact@aoassocies.com

Par Ugo Villion

Table des matières

1. L'électricité.....	- 3 -
A. Principes Fondamentaux	- 4 -
1- La polarité	- 4 -
2- La tension - symbole U	- 4 -
3- L'intensité - symbole I	- 4 -
4- La résistance - symbole R	- 4 -
B. La loi d'Ohm et la puissance électrique.....	- 5 -
1- La loi d'Ohm	- 5 -
2- La puissance électrique – symbole P	- 5 -
3- Et la chaleur ?.....	- 6 -
C. Comprendre les indications des fabricants	- 6 -
D. Mesurer le courant électrique	- 8 -
1- Le multimètre.....	- 8 -
2- Mesurer la tension électrique	- 9 -
3- Et la polarité ?.....	- 11 -
2. La soudure.....	- 12 -
A. Matériel nécessaire	- 12 -
B. Choix de la section de câble	- 13 -
1- La documentation.....	- 14 -
2- Le calcul.....	- 15 -
C. Réussir sa soudure	- 17 -
1- Bien préparer sa soudure.....	- 17 -
2- Techniques de base	- 17 -
3- Soudure d'un XLR-4	- 19 -
3. Annexes	- 22 -
A. Schémas pour connectiques	- 22 -
1- XLR 4	- 22 -
2- XLR 3	- 23 -
3- Lemo 2	- 24 -
4- RS 3	- 25 -
5- « Mini XLR 4 » Switchcraft TA4.....	- 26 -
6- D-TAP « Anton Bauer »	- 27 -
B. Tableau récapitulatif des puissances admissibles en fonction de la section de câble	- 28 -
C. Quelques références pour les achats de composants	- 29 -

1. L'électricité

L'**électricité** est l'ensemble des phénomènes physiques associés à la présence et au mouvement de la matière qui possède une propriété de charge électrique.

Dans nos utilisations quotidiennes, l'électricité est assimilée à un courant électrique : des électrons se déplacent à l'intérieur d'un matériau conducteur (métal, eau, corps humain...etc.).

Aujourd'hui on distingue habituellement, deux types de courant électriques :



Le **courant alternatif (AC)** correspond au mouvement des électrons qui alterne entre un sens et un autre. C'est ce type de courant que nous trouvons à nos domiciles (sur nos prises électriques murales) : il s'apparente à la rotation d'un alternateur, puisqu'il est produit de cette façon.

Schéma usuel du courant alternatif

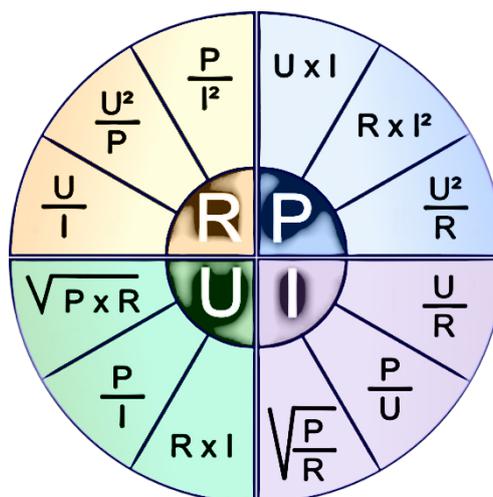


Le **courant continu (DC)** est défini par le déplacement des électrons au sein d'un conducteur dans une même direction. C'est le cas dans n'importe quel appareil électronique, ou lorsque ce courant est généré par une batterie. Nous allons nous intéresser essentiellement tout au long de ce guide au courant continu : c'est celui auquel nous sommes le plus confronté lors de nos tournages.

Schéma usuel du courant continu

Enfin, un courant alternatif peut être converti en courant continu avec l'aide d'un redresseur, et un courant continu en courant alternatif avec un onduleur.

L'électricité est définie par plusieurs valeurs : Tension, Intensité, Puissance, Résistance, ...



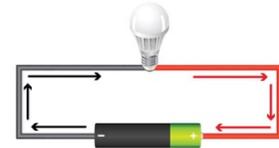
... pas de panique, on vous explique !!!

A. Principes Fondamentaux

Plusieurs principes fondamentaux sont nécessaires à la mesure et à la compréhension d'un système électrique :

1- La polarité

En présence d'un courant **électrique continu (DC)**, comme c'est le cas lorsque nous utilisons des batteries ou des piles, la polarité résulte du fait qu'un circuit électrique a un pôle positif et un pôle négatif. Le courant ne circule que dans une direction, ce qui entraîne une polarité constante. Usuellement, le fil rouge est considéré comme le positif (+), et le fil noir le négatif (-).



Exemple de polarité dans un circuit électrique simple

Comme vous le constaterez sur le schéma (même si cela reste un peu contre intuitif) : le courant électrique circule du pôle (-) jusqu'au pôle (+). Cela est dû à la nature physique même de l'électricité : c'est un électron (une particule élémentaire négative) qui se déplace du pôle négatif jusqu'au pôle positif.

2- La tension - symbole U

Elle se mesure en **Volts (V)**, c'est la circulation du champ électrique le long d'un circuit électrique.

Dans l'audiovisuel, nous rencontrons généralement des valeurs de tensions de 12V, 24V ou 230V¹.

Une bonne représentation mentale de la tension, consiste à la représenter comme un cours d'eau : une tension de 12V correspond à un petit ruisseau, là où une tension de 230V s'assimilerait plus à un gros fleuve. C'est la « pression » provenant d'une source d'alimentation d'un circuit électrique.

3- L'intensité - symbole I

Elle se mesure en **Ampère (A)**, il s'agit du débit de charge électrique à travers une surface donnée.

Dans notre champ d'application, les valeurs des intensités que nous rencontrons dépassent rarement les 10A (intensité nominale et maximale de fonctionnement pour de nombreux composants).

Pour reprendre notre exemple précédent du cours d'eau, l'intensité électrique s'assimile à un débit : une intensité faible correspondrait à un cours d'eau qui s'écoulerait très lentement (un peu asséché), là où, une intensité importante pourrait s'assimiler au puissant débit d'une cascade.

4- La résistance - symbole R

Elle se mesure en **Ohm (Ω)**², il s'agit d'une propriété physique de n'importe quel composant électrique qui « s'oppose » au passage d'un courant électrique.

¹ Sur de nombreux appareils électriques, vous pourrez constater une tension d'entrée affichée de 220V au lieu de 230V. Cela provient d'une ancienne norme de tension du réseau domestique français datant d'avant 1986, date à laquelle celui-ci passe progressivement de 220 à 230V.

² Pour des résistances supérieures à 999Ω la lettre majuscule K est utilisée (signifiant kilo-ohm), pour celles supérieures à 999999Ω , la lettre majuscule M est utilisée (méga-ohm). Parfois vous ne verrez pas inscrit le symbole Ω derrière l'identification de certaines résistances.

Par exemple, il est possible de voir marqué uniquement 300K au lieu de $300K\Omega$.

La résistance est responsable d'une dissipation d'énergie sous forme de chaleur, cette propriété est également appelée « effet Joule ». Elle permet de réduire la puissance électrique dans un circuit.

Si vous avez besoin d'une nouvelle analogie, imaginez un barrage ou des rochers ralentissant un cours d'eau. La comparaison s'arrête cependant ici, car dans les faits, ces éléments ne produisent pas de chaleur.

A l'aide des principes évoqués ci-dessus, il est désormais possible d'appréhender deux nouvelles notions fondamentales en électricité : **la loi d'Ohm** et **la puissance électrique**.

B. La loi d'Ohm et la puissance électrique

1- La loi d'Ohm

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, la résistance est propre à n'importe quel composant électrique (même le corps humain dispose de sa propre résistance interne).

Il y a une corrélation entre la tension, l'intensité et la résistance dans un circuit électrique, en effet, la tension peut s'exprimer en fonction de l'intensité et de la résistance selon la formule suivante :

$$U = R \times I$$

La tension correspond donc au produit de la résistance et l'intensité.

Par exemple, si je cherche à connaître la résistance dans un circuit électrique où j'ai une tension mesurée de 12V et une intensité de 2A, je transpose la formule précédente et j'obtiens celle-ci :

$$R = \frac{U}{I} \text{ Soit dans mon exemple : } R = \frac{12}{2} = 6$$

La résistance dans mon circuit électrique est donc de 6 Ω .

Bon à savoir : Ce résultat de 6 Ω est purement théorique, puisque le cas de figure présenté est hypothétique. Dans la pratique, les mesures de tensions et d'intensités s'obtiennent au multimètre.

2- La puissance électrique – symbole P

Elle s'exprime en **watts (W)**. La puissance électrique est l'énergie reçue ou générée en un temps donné. Cette puissance s'exprime en faisant le produit de la tension par l'intensité :

$$P = U \times I$$

Si je cherche à connaître la puissance d'une LED qui fonctionne avec une tension de 12v et une intensité de 2A, j'applique la formule précédente et dans mon exemple j'obtiens alors :

$$P = 12 \times 2 = 24 : \text{ La puissance de ma LED est donc de 24 W.}$$

Bon à savoir : Une autre définition de la puissance électrique possible est celle-ci : « la puissance est définie par la vitesse à laquelle la chaleur est transférée », un watt correspond à un joule par seconde.

3- Et la chaleur ?

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, les résistances dissipent l'énergie sous forme de chaleur, que se passe-t-il donc si nous combinons les deux formules précédentes ?

Combinons $P = U \times I$ et $U = R \times I$ ou transposons la première formule $I = \frac{U}{R}$:

$$P = R \times I \times I \Leftrightarrow P = R \times I^2$$

$$P = U \times \frac{U}{R} \Leftrightarrow P = \frac{U^2}{R}$$

Ces deux démonstrations prouvent que **la puissance électrique** est intrinsèquement liée à **la résistance** d'un circuit électrique.

Pour un exemple plus concret : si vous vous rendez compte qu'un câble auquel vous avez branché plusieurs équipements chauffe, cela signifie que vous lui demandez de fournir une puissance supérieure à celle qu'il peut encaisser. En effet, plus la puissance augmente, plus la résistance doit être importante.

En imposant à ce câble encore plus d'éléments à alimenter, celui-ci ne parviendra plus à délivrer la puissance nécessaire et vos équipements ne fonctionneront plus par manque de puissance.

Attention : On distinguera la puissance d'entrée, fournie par une source d'alimentation, et la puissance demandée : celle nécessaire pour faire fonctionner l'élément alimenté par le câble.

Dans le cas de figure exposé ci-dessus, nous partions du principe que votre source d'alimentation était calibrée en fonction des éléments que vous avez à alimenter (une batterie 12V alimentant des équipements pouvant recevoir une tension de 12V).

Si vous décidez par exemple d'alimenter une LED, qui possède une tension nominale de fonctionnement à 5V, avec une alimentation de 12V, celle-ci va chauffer puis... exploser.

Faites donc extrêmement attention à ne pas surcharger les éléments que vous alimentez surtout si ceux-ci ne disposent pas de fusible.

C. Comprendre les indications des fabricants

Il est essentiel de bien comprendre toutes les indications fournies par les fabricants lorsque nous utilisons des appareils électriques dans le cadre de notre travail.

Pour cette démonstration, prenons un cas pratique : les informations disponibles sur un transformateur électrique 230V vers 12V.

Sur ce boîtier, on peut trouver comme informations :



INPUT : 230V a.c. 50hz 200mA

230 V a.c. indique la tension d'entrée nécessaire au fonctionnement du boîtier, ici 230V en courant alternatif : soit n'importe quelle prise électrique classique sur le sol français.

50hz correspond à la fréquence du courant électrique alternatif. En France, la norme électrique pour la fréquence du courant alternatif est également de 50hz.

200mA (soit 0,2A) correspond à l'intensité d'entrée nécessaire au fonctionnement du boîtier.

Exemple d'un transformateur électrique 230V vers 12V

Lorsque vous branchez un tel dispositif sur un support délivrant un courant électrique, ce dernier « choisit automatiquement » l'intensité à recevoir à son bon fonctionnement. A partir de ces informations « d'entrée », nous pouvons déduire avec la formule de puissance vu précédemment ($P = U \times I$), que ce transformateur électrique consomme donc :

$$P = 230 \times 0,2 = 46 \text{ soit } 46 \text{ W}$$

OUTPUT : 12V d.c. 2000mA 24 VA

12 V d.c. signifie que la tension de sortie de cet appareil est de 12V en courant continu : il est donc théoriquement compatible avec les équipements nécessitant une alimentation de 12V.

2000mA (soit 2A), signifie que l'intensité de sortie de cet appareil est de 2 A. Ce transformateur fournit donc la puissance électrique suivante :

$$12 \times 2 = 24 \text{ soit } 24 \text{ W}$$

Les 22W d'écart entre la puissance d'entrée et celle de sortie ($46 - 24 = 22$) ont été dissipés sous forme de chaleur afin que cette conversion de puissance puisse se faire. Si vous touchez ce boîtier en fonctionnement, vous constaterez qu'il devient généralement plutôt chaud...

24 VA : cette abréviation (VA) correspond au **Voltampère**, une unité de mesure de la **puissance électrique apparente**. Cette indication n'est pas toujours fournie par les fabricants.

Si le Watt correspond à la puissance « réelle » d'un objet, il arrive que pour fonctionner, certains appareils nécessitent une puissance plus importante que celle dite « réelle » : la puissance apparente. C'est là qu'intervient cette notion de Voltampère.

Pour calculer cette puissance « apparente », il faut utiliser la formule suivante :

$$VA = \frac{W}{FP}$$

La puissance apparente (**VA**) s'exprime en divisant la puissance réelle (**W** dans cette formule) par un rapport appelé facteur de puissance (**FP**). Ce facteur de puissance est compris entre 0 et 1.

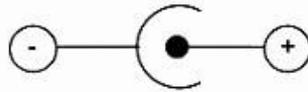
Bon à savoir : Cette indication du voltampère (VA) est généralement très utilisée avec des onduleurs électriques. Pour les équipements récents, le facteur de puissance peut être égal à 1. C'est d'ailleurs le cas ici avec cet exemple :

Si nous transposons la formule pour connaître le facteur de puissance de cet appareil, nous devons donc appliquer la méthode suivante :

$$FP = \frac{W}{VA} \text{ Soit dans notre exemple (24W et 24 VA) : } \frac{24}{24} = 1$$

Le facteur de puissance vaut bel et bien 1 avec ce boîtier.

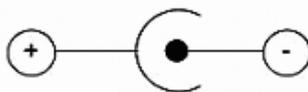
Il ne reste plus qu'à expliquer ce schéma :



Celui-ci représente **la polarité** au sein de ce transformateur électrique.

Ici, il s'agit du schéma (+), le schéma de **polarité standard** : c'est le plus couramment utilisé par les fabricants d'alimentations et transformateurs électriques.

ATTENTION SI VOUS TROUVEZ LE SCHEMA SUIVANT SUR UNE ALIMENTATION ÉLECTRIQUE :



Celui-ci indique une **polarité inversée**, c'est le schéma (-) il ne doit être uniquement utilisé qu'avec des équipements dont la polarité a été inversée elle aussi (sinon, vous pouvez dire adieu, au mieux, au fusible présent dans l'appareil, et au pire, à l'appareil en lui-même).

SOYEZ DONC TRES VIGILANTS AVANT D'UTILISER DES ALIMENTATIONS FAITES « MAISON ».

Enfin, et ce n'est pas le cas sur cette alimentation, mais vous pouvez également trouver les symboles de courant alternatif (AC) et courant continue (DC) sur certains boîtiers :



Maintenant que vous maîtrisez les bases de l'électricité et comprenez les informations fournies par les fabricants, il est temps de se lancer dans la mesure pratique du courant électrique.

D. Mesurer le courant électrique

C'est maintenant le moment de vous présenter votre meilleur allié pour effectuer toutes vos mesures :

1- Le multimètre

Un multimètre permet de mesurer différentes valeurs au sein d'un circuit électrique. Pour citer les principales mesures qu'il peut fournir : la tension, l'intensité, la résistance... et bien d'autres.

S'il n'est pas capable de mesurer directement une puissance électrique, il pourra en revanche vous indiquer de façon indirecte la polarité d'un circuit électrique.

Alors, comment s'en servir ?

Tout dépend en fait de ce que vous souhaitez mesurer...



2- Mesurer la tension électrique

Dans un contexte d'application directe, je vais de nouveau prendre un exemple précis : nous allons mesurer la tension en sortie d'une batterie « maison » en XLR4 (12V - 17Ah).

Néanmoins les indications et la méthodologie fournie restent valides pour d'autres applications.



Pour des raisons de compréhension, je vais me baser sur le Multimètre PT1000 de Lexman : il est basique, ne coûte pas cher (moins de 20€) et permet d'effectuer toutes les mesures de bases (tension, intensité, résistance... etc.).

Allumez votre multimètre en tournant simplement la roue de 3 crans sur la droite jusqu'à la positionner sur « 20 » dans la partie de mesure de tension de courant continu à droite, soit dans la partie avec le symbole suivant :



Pour rappel : le symbole  désigne un courant continu.

Le symbole  désigne un courant alternatif.

Ce réglage « 20 » est idéal pour lire les résultats à 2 décimales après la virgule et pour mesurer des tensions inférieures à 20V.

Notre multimètre dans sa configuration actuelle est un « **voltmètre** » : nous allons pouvoir mesurer une tension.

Branchez vos cordons sur le multimètre de la façon suivante :

- Le **rouge** dans la prise indiquant les informations **V Ω** (tout à droite) pour les mesures de tension et de résistance
- Le **noir** dans celui indiquant la mention **COM** (au centre).

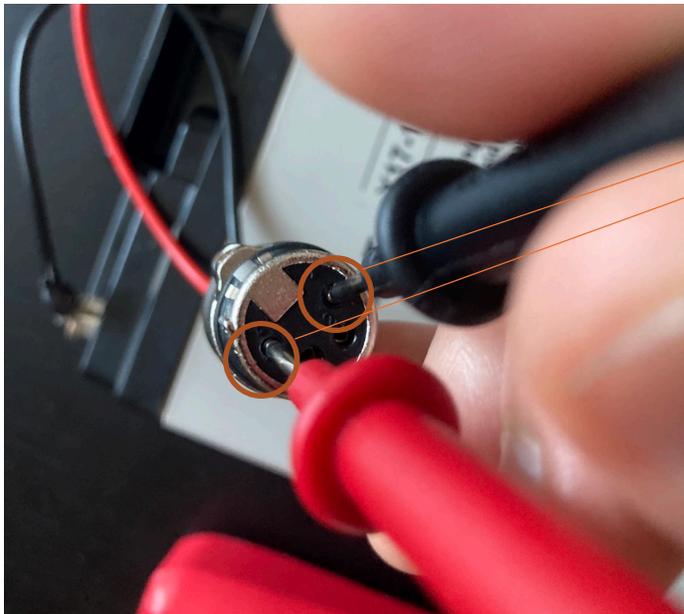
Les indications à l'écran devraient vous indiquer la mesure suivante : 0.00

La prise 10A (celle de gauche sur ce multimètre) sert à mesurer l'intensité dans un circuit électrique (« l'ampérage »).



Placez maintenant l'extrémité conductrice des cordons sur la fiche XLR-4 de la façon suivante :

- La pointe du cordon noir dans la fiche 1 (la plus à droite du connecteur XLR-4 lorsque le détrompeur est en haut) correspondant au pôle (-)
- La pointe du cordon rouge dans la fiche 4 (la plus à gauche du connecteur XLR-4 lorsque le détrompeur est en haut) correspondant au pôle (+) :



La pointe noire est insérée dans la fiche 1, et la pointe rouge est dans la fiche 4

Le multimètre devrait alors vous afficher la valeur suivante : **12.84 (V)**
Qu'est-ce que cette information signifie ?

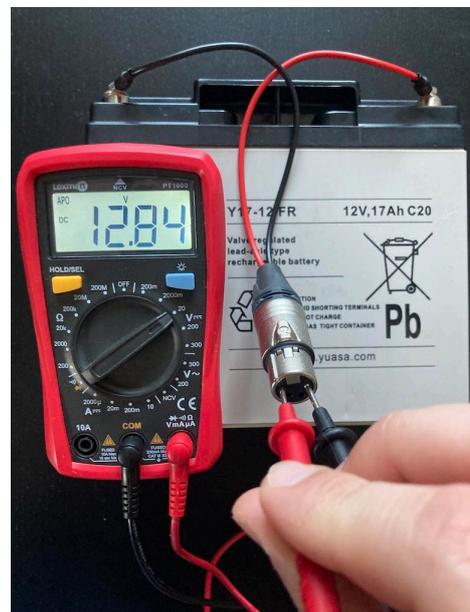
Que vous avez effectué votre première mesure et que le multimètre vous indique une tension de 12.84V, ce qui correspond aux informations fournies par le fabricant : 12V.

La batterie fonctionne et fournit donc bel et bien un courant électrique.

Ce que nous venons de faire c'est de brancher notre voltmètre « en dérivation » puisque celui-ci mesure 2 points en dehors du circuit électrique.

Si nous avions voulu mesurer l'intensité délivrée par ce circuit électrique, nous aurions dû donc brancher le multimètre en « série », c'est-à-dire qu'il fasse lui-même partie du circuit électrique.

Dans notre exemple, il aurait fallu couper et dénuder un fil sur la batterie (par exemple le fil rouge), relier chaque extrémité du fil aux deux cordons du multimètre afin de refermer le circuit pour qu'il soit toujours relié au connecteur XLR 4. En procédant ainsi, le multimètre ferait alors partie « intégrante » du circuit : il serait branché en série.

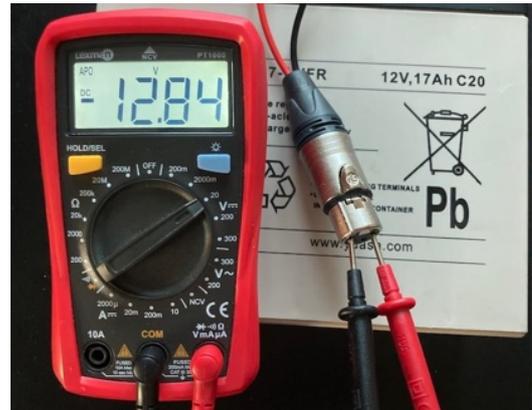


Ce n'est pas une application qui nous intéresse dans nos métiers, la mesure d'intensité au multimètre est trop contraignante. Pour un-e assistant-e caméra, un multimètre doit essentiellement servir à vérifier des tensions en l'utilisant comme un Voltmètre, et ainsi contrôler le bon fonctionnement de nos appareils électriques si le besoin se présente (par exemple : vérifier qu'une batterie délivre bien un courant électrique).

3- Et la polarité ?

Dans notre exemple précédent, notre voltmètre nous a affiché une valeur positive : 12,84V. Si vous inversez les cordons dans la fiche XLR (le cordon noir sur la fiche 4 (+) et le rouge sur la fiche 1 (-)), le voltmètre affichera désormais une valeur négative : « - 12,84 V ».

Comment est-ce possible ? C'est tout simplement **cette valeur de tension (+ ou -) avant l'affichage de votre mesure (ici 12.84) qui vous indique la polarité** au sein de votre circuit électrique.



Les affectations de polarité à chaque fiche d'un connecteur ne sont ni arbitraires ni hasardeuses : elles sont propres à chaque composant et doivent être respectées comme le stipule la documentation du fabricant.

Si vous ne les respectez pas en faisant vos soudures : au mieux le matériel que vous souhaitez utiliser avec ce câble ne fonctionnera pas, et au pire (encore une fois) cela le détruira en créant un court-circuit.

Pour reprendre notre exemple, si nous avons trouvé une valeur négative dans le circuit lors de la première mesure respectant les polarités préconisées par le constructeur, cela aurait signifié **une inversion de polarité dans notre connecteur** : une erreur lors du choix de câble à souder dans une fiche.

La fiche 1 correspondrait donc au pôle (+) et la fiche 4 au pôle (-), vous connaissez la chanson... adieu l'équipement !

Bon à savoir : Vous trouverez à la fin de ce guide les schémas de câblage nécessaire à chaque connectique afin de respecter la polarité standard, préconisée par les fabricants.

Si vous décidez de fabriquer vos propres câbles, n'hésitez pas à utiliser cette technique de mesure de tension pour vérifier que vous n'avez pas inversé la polarité une fois votre soudure effectuée : elle fonctionne à tous les coups !

ATTENTION : Dans certains cas et chez certains loueurs, la polarité peut-être volontairement inversée et ne pas correspondre aux standards des fabricants. Interprétez correctement chaque résultat que vous obtenez en mesurant vos tensions et polarités, et ne vous lancez pas dans l'utilisation de câbles personnels sans l'accord de votre loueur, et sans les avoir testés au préalable !

Maintenant que vous connaissez tous les prérequis à la compréhension des systèmes électriques, il est temps de nous intéresser à la dernière partie de ce guide : la soudure.

2. La soudure

Le but de ce dossier étant de vous apprendre à réaliser vos propres soudures pour réparer vos câbles, voici ce dont vous allez avoir besoin pour y arriver.

A. Matériel nécessaire

Voici les indispensables si vous souhaitez vous lancer dans une soudure :

- **Fer à souder / Station de soudage avec éponge ou maille de fer**



Afin de réaliser une soudure correcte, nous vous conseillons vivement d'investir dans une station de soudage à chaleur réglable : en effet, même si cela représente un plus gros investissement qu'un fer « classique », elle vous permettra de vous adapter à beaucoup de situations différentes pour réussir la meilleure soudure possible.

- **3^e main / Étau**

Indispensable pour tenir vos connecteurs quand vous soudez



- **Fil d'étain**

Taille variable, 1mm ou 0,8mm suffisent amplement pour commencer

- **Pince coupante**

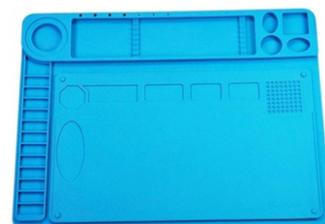
ou paire de ciseaux de taille et de qualité suffisante pour couper des câbles



- **Cutter**

- **Surface rigide**

Ou tapis en silicone antistatique



Station de travail complète pour souder

Bon à savoir : N'investissez pas dans des stations et du matériel d'excellente qualité immédiatement. Si vous souhaitez vous lancer pas à pas dans les soudures, privilégiez des outils et une station plus abordable dans un premier temps, vous pouvez réaliser des soudures tout à fait correctement sans un équipement de pointe.

B. Choix de la section de câble

Si vous avez déjà observé les câbles d'un loueur de matériel, vous noterez que vous pouvez trouver de nombreuses informations écrites dessus, par exemple :



Exemple d'un câble de 4 brins S2CEB France

« S2CEB France 2040-4x0,22mm² »

Ce qui nous intéresse ici c'est la partie : 4x0,22mm² :

- ➔ 4 correspond au nombre de fils différents à l'intérieur de la gaine de protection.
- ➔ 0,22mm² correspond à la section (la surface, ou l'épaisseur) des fils en question.

Seul 2 fils (le (+) et le (-)) nous suffisent à définir la polarité dans un câble que nous souhaitons fabriquer.

Un fil supplémentaire peut par exemple servir à activer le déclenchement d'une caméra (c'est notamment le cas avec la connectique RS3 : 2 fils servent à l'alimentation électrique, le dernier au déclenchement).

Bon à savoir : Si vous avez déjà ouvert les câbles fournis par certains loueurs, vous constaterez qu'ils doublent parfois les fils au sein du câble (2 fils sont reliés à la fiche (+) et 2 fils sont reliés à la fiche (-) des deux côtés du câble) ... vous vous demandez pourquoi ? On y arrive !

La notion de section de câble (sa surface) est primordiale, car un câble trop fin ou au contraire trop épais ne permettra pas forcément d'alimenter l'accessoire que vous voulez. C'est pourquoi avant de vous lancer dans une fabrication, il est essentiel de choisir le bon type de câble approprié à la bonne connectique.

Afin d'y arriver, deux solutions s'offrent à vous :

- Explorer la Datasheet (la documentation) des connectiques que vous souhaitez relier à votre câble.
- Réaliser un calcul théorique qui permettra de déterminer la surface de câble que vous pouvez utiliser.

1- La documentation

Pour la première option : la très grande majorité des Datasheets (mais pas toutes malheureusement) vous indiquera la tension, l'intensité (l'ampérage), la puissance et même quelle section de câble utiliser pour votre raccord.

Electrical	
Capacitance between contacts	≤ 7 pF
Contact resistance	≤ 3 mΩ
Dielectric strength	1,5 kVdc
Insulation resistance	> 10 GΩ (initial)
Rated current per contact	10 A
Rated voltage	< 50 V

Mechanical	
Cable O.D.	3.5 - 8.0 mm
Insertion force	≤ 20 N
Withdrawal force	≤ 20 N
Lifetime	> 1000 mating cycles
Wiresize	max. 1.5 mm ²
Wiresize	max. 16 AWG
Wiring	Solder contacts
Locking device	Latch lock

Voici un exemple des informations que nous pouvons trouver sur la documentation d'un raccord XLR-4 mâle (NC4MX de Neutrik).

Ici l'information qui nous intéresse est dans la partie **Mechanical, Wiresize** : « max 1.5mm² ».

Cette donnée nous indique que nous pouvons utiliser au maximum un câble ayant une section de 1,5mm² à connecter au raccord. Comment cette limite est-elle fixée ? Tout simplement car dans ce cas précis, un câble d'une épaisseur supérieure ne pourra pas rentrer dans la fiche d'un connecteur XLR-4 NC4MX de Neutrik.

Un **câble de 2 brins de 1,5mm² chacun** (encore une fois au maximum) sera donc compatible avec cette connectique. Pourquoi 2 brins ? Pour la polarité : il faut relier un câble 1,5mm² à la fiche négative (-) et un câble à la fiche positive (+).

Mais si l'on souhaite réaliser, par exemple, un câble XLR-4 vers lemo-2, comment être sûr que notre câble de 2 x 1,5mm² fonctionnera avec une connectique lemo-2 ?

Vérifions dans la DataSheet d'un connecteur Lemo 2 - FGG.0B.302.CLAD52Z :

Specifications

Contact Type: Solder
Contact Dia.: 0.9 mm (0.035in)
Bucket Dia.: 1.0 mm (0.039in)

LEMO products and services are provided "as is". LEMO makes no warranties or representations with regard to LEMO product & services or use of them, express, implied or statutory, including for accuracy, completeness, or security. The user is fully responsible for his products and applications using LEMO components.

1/3

Max. Solid Conductor: 0.56 mm² (AWG 20)
Max. Stranded Conductor: 0.56 mm² (AWG 20)
R (max): 4.8 mOhm
Vtest (contact-shell): 1050 V (AC), 1490 V (DC)
Vtest (contact-contact): 1000 V (AC), 1400 V (DC)

La documentation nous indique dans sa partie **Spécifications – Max. Solid Conductor** : « 0.56mm² ».

Nous ne pouvons donc utiliser ici uniquement un câble faisant 0,56mm² au maximum.

Si nous utilisons un câble de 2 brins de 1,5mm² il ne sera pas compatible avec cette connectique, car trop épais, il ne rentrera pas dans les fiches du connecteur lemo-2 qui sont plus étroites.

Il faudra donc pour cet exemple, utiliser un câble de 2 brins de $0,56\text{mm}^2$ au maximum, ou alors, réduire l'épaisseur d'un câble plus épais en coupant quelques brins pour qu'il s'adapte aux fiches du connecteur.

Exemple de fil de cuivre dénudé en plusieurs sections de différentes surfaces



Bon à savoir : Certains loueurs utilisent des câbles de sections supérieures à ceux de la documentation officielle des connecteurs, et soudent directement le fil sur la fiche (sans rentrer le fil à l'intérieur). De même, rien ne vous empêche de mettre en contact un fil plus large que le diamètre de la fiche, du moment que vous arrivez à le souder correctement.

Ces épaisseurs de câbles sont donc choisies « physiquement » pour être compatibles avec les connecteurs. Mais existe-t-il une corrélation entre cette section de câble et la puissance qu'il peut fournir ?

2- Le calcul

Même si dans une très (très) grande majorité des cas, vous trouverez l'indication de la section de câble à utiliser dans les documentations, ça ne sera malheureusement pas une règle absolue (cette information est par exemple absente dans la Datasheet d'un connecteur D-Tap).

De même, pour certaines applications, il faudra peut-être que vous calculiez vous-même l'épaisseur du câble à utiliser.

Nous n'allons pas tergiverser, voici la formule à appliquer pour définir cette épaisseur S de section de câble (attention : elle est un peu plus complexe que les précédentes) :

$$S = \frac{(\rho \times 2L \times P)}{(\Delta_{max}U \times U)}$$

S est la surface de câble à utiliser, elle s'exprime en mm^2

ρ est la résistivité du cuivre, cette valeur par défaut est de $0,021 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ (à 20°C)

L est la longueur du câble, elle s'exprime en mètres (m)

P est la puissance maximale en watts (W)

$\Delta_{max}U$ est la perte maximale de tension admissible en Volts (V), par défaut cette valeur vaut 3%. Il faut donc calculer cette valeur en fonction de la tension que nous utilisons : dans nos applications, la tension à utiliser est de 12V, donc $(0,03 \times 12 = 0,36)$ 0,36V.

U est la tension nominale d'alimentation en Volts (V), donc dans notre cas toujours 12V

Pour calculer la surface d'un câble théorique à utiliser, nous avons donc besoin d'estimer uniquement 2 valeurs de cette équation :

L la longueur de câble que nous souhaitons utiliser

P la puissance maximale à utiliser.

Prenons un exemple qui facilitera la compréhension de cette formule :

« Je souhaite alimenter un appareil (récepteur Teradek Bolt 4K) qui consomme environ 20 watts, et fabriquer un câble de 30 cm (soit 0,3 m). Mon alimentation électrique est une batterie de 12V. Quelle est la valeur de la section de câble que je dois utiliser ? »

ρ vaut 0,021 : c'est la valeur nominale de la résistivité du cuivre, une constante

L vaut 0,3 (30 cm) : c'est la longueur du câble que je souhaite fabriquer

P vaut 20 (20 watts) : c'est la puissance de consommation électrique de mon appareil

U vaut 12 (12 Volts) : c'est la tension nominale d'alimentation électrique de ma batterie

$\Delta_{max}U$ vaut 0,36V (car nous sommes en 12V ici aussi)

Appliquons la formule précédente avec les données de cet exemple :

$$S = \frac{(\rho \times 2L \times P)}{(\Delta_{max}U \times U)} \quad \text{soit} \quad S = \frac{(0,021 \times 2 \times 0,3 \times 20)}{(0,36 \times 12)} = \frac{0,25}{4,32} = 0,058$$

Nous pouvons donc utiliser, pour une consommation de 20W et un câble faisant 30 cm de long, **une section de câble de 0,06 mm²**.

Cette valeur est-elle cohérente avec la réalité ?

Complètement : un récepteur Teradek s'alimente via une connectique en lemo-2, laquelle admet au maximum un câble d'une surface de 0,56 mm², bien supérieure à notre calcul théorique.

Notre exemple de câble précédent de 4 brins de 0,14 mm² est donc totalement adapté à l'utilisation d'un appareil similaire puisque 2 brins de 0,14 mm² permettrait (avec un câble de 30cm) d'alimenter un appareil consommant environ 48 watts.

Bon à savoir : Si vous vous demandez pourquoi on multiplie la longueur du câble par 2 dans notre formule, c'est simplement pour prendre en compte l'aller et le retour des électrons dans le câble à utiliser.

Dans de nombreux cas, les loueurs de matériels utilisent des câbles avec 4 fils à l'intérieur, ils choisissent ainsi de doubler les connexions : ils relient 2 fils sur la fiche (-) et 2 fils sur la fiche (+). En faisant cela, le câble se retrouve être d'une section supérieure (on passe dans mon exemple de 0,14 à 0,28mm²) de façon à pouvoir fournir une puissance supérieure à l'élément à alimenter.

Notez que deux des valeurs « constantes » utilisées dans la formule peuvent varier selon les sources :

- La résistivité du cuivre ρ peut varier entre 0,017 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ et 0,023 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ selon les informations disponibles.
- La perte de puissance admissible a été fixée à 3% mais certaines sources indiquent une variation entre 2 et 5 %.

Si vous vous posez la question de ce qui arriverait si vous choisissiez d'utiliser un câble de section inférieure (ne correspondant pas à vos besoins en puissance), ce dernier va chauffer

dans un premier temps, puis ne sera probablement plus en mesure d'alimenter votre accessoire (celui-ci restera éteint).

Il faut donc toujours prendre une marge : **n'hésitez pas à utiliser une section de câble raisonnablement supérieure au résultat de votre calcul.**

Enfin (et vous avez dû le constater avec la formule), notez **qu'il y a toujours une corrélation entre la longueur du câble que vous utilisez et la puissance à fournir.** Choisissez une section plus importante si vous souhaitez réaliser un long câble (de plusieurs mètres par exemple).

Vous avez désormais entre les mains toutes les informations nécessaires pour réussir vos soudures, alors passons au concret.

C. Réussir sa soudure

Tout d'abord, il n'existe pas de « technique secrète infallible » permettant de réussir parfaitement une soudure, notamment lorsqu'on débute. Ce n'est qu'en s'entraînant et en essayant que vous serez en mesure de vous améliorer au fur et à mesure.

Néanmoins, voici des techniques de base qui vous permettront de réussir à souder correctement :

1- Bien préparer sa soudure

Préparez toujours à l'avance correctement ce que vous souhaitez réaliser : soyez suffisamment équipé·e, avec tout le matériel dont vous avez besoin.

Préparez votre plan de travail et n'hésitez pas à faire un petit schéma de ce que vous souhaitez réaliser avant de vous lancer (ça aide souvent à y voir plus clair), et surtout, travaillez dans un environnement où vous vous sentez à l'aise (bien installé·e et prêt·e à vous lancer).

Cela peut paraître bête, mais au début n'hésitez pas à être patient·e et méticuleux·se : n'ayez pas peur de dessouder, ressouder, reprendre, corriger... etc.

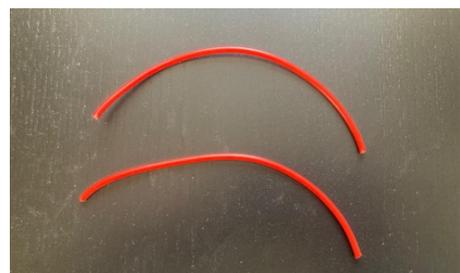
Vous n'arriverez pas à faire quelque chose de « propre » du premier coup, autant prendre son temps. Cela signifie d'avoir du temps devant vous au moment de vous lancer dans votre soudure et d'avoir l'esprit « libre » pour bricoler tranquillement.

Important : les vapeurs d'étains restent toxiques et néfastes pour la santé. Travaillez dans une pièce suffisamment aérée et n'hésitez pas à ouvrir des fenêtres pendant votre soudure.

2- Techniques de base

Pour commencer, nous allons voir quelques techniques de bases afin de se préparer correctement à souder. Nous allons prendre pour exemple ces deux fils que nous souhaitons préparer pour une soudure dans un connecteur.

Exemple de deux fils d'une surface de $1,5\text{mm}^2$ chacun



Votre fer à souder se compose d'une panne amovible (la panne est l'embout du fer, sur lequel se dépose l'étain, c'est elle qui chauffe et permet de réaliser la soudure).



Panne d'un fer à souder

Ainsi, commencez par choisir une panne adaptée à la soudure que vous souhaitez réaliser (nous n'utiliserons pas la même panne pour faire de la microsoudure électronique que pour souder 2 gros fils ensemble).

Dans notre exemple, choisissez plutôt une panne intermédiaire qui fait (environ) la largeur du fil une fois dénudé.

Allumez et réglez ensuite votre fer à souder à la bonne température, celle-ci doit généralement être comprise entre 320°C et 400°C (j'ai tendance à régler le mien autour des 360°C pour commencer).

Une fois votre fer suffisamment chaud, prenez votre fil étain et collez-le quelques secondes sur votre fer, de façon à ce que se dépose sur la panne une petite bille d'étain chaud, comme sur l'illustration de droite.



C'est cette petite bille qui permettra une bonne thermoconduction de l'étain sur les surfaces que vous souhaitez souder entre-elles. **Assurez-vous qu'il y ait donc toujours un peu d'étain sur la pointe de votre fer lorsque vous soudez.**

Avant de souder deux éléments, il **est essentiel de commencer par le pré-étamage**, c'est à dire : **de les préparer en enduisant fils et connecteurs d'une fine couche d'étain**, afin qu'ils puissent se lier correctement l'un à l'autre lorsque vous ferez votre soudure.

1. Pour commencer, dénudez vos deux fils en enlevant la gaine plastique qui les protège. C'est une opération qui peut se faire au cutter (ou à la pince à dénuder). Puis, entortillez les fils qui dépassent de la gaine entre eux.
2. Fixez ensuite votre fil dans un support rigide (une 3^e main, ou un étau) de façon à ce qu'il ne bouge pas. Prenez ensuite votre fer chaud avec sa bille d'étain au bout puis touchez votre fil dénudé avec votre fer. Prenez dans votre autre main votre fil d'étain et touchez également le fil en question. Faites un petit aller et retour avec votre fer chaud et votre fil d'étain, de façon à enduire le fil dénudé.



Attention : (Pour des raisons de praticité de prise de vue) sur la photo d'illustration ci-dessus, **l'étain n'est pas en contact avec le fil dénudé, il doit absolument l'être pour réaliser correctement le pré-étamage : l'étain sur le fer seul n'est pas suffisant pour réaliser cette opération.**

Une fois votre fil correctement pré-étamé, nettoyez la panne de votre fer (frottez la sur l'éponge humide, ou avec de la paille de cuivre) puis reposez votre fer dans son porte-fer. Maintenant que vous êtes prêt-e à souder vos fils correctement dénudés et pré-étamés, vous allez pouvoir passer à une soudure concrète avec un connecteur XLR 4

3- Soudure d'un XLR-4

Pour les besoins de cet exemple, nous allons devoir utiliser les 4 éléments consommables suivants (vous trouverez à la fin de ce guide quelques fournisseurs auprès de qui les acheter) :



Un raccord XLR 4
NC4MX de Neutrik



Un câble de 2 de sections
de 0,22 mm² ou un
équivalent



De la gaine thermo
rétractable d'une largeur
adéquate (3mm par
exemple)

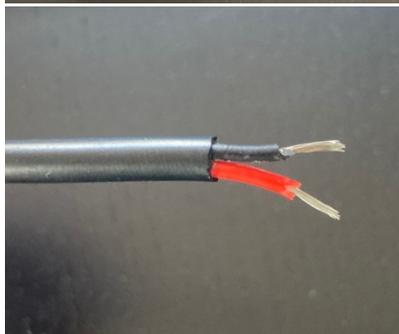


Un briquet



Le connecteur XLR 4 se compose de 4 parties :

- la fiche XLR,
- la coque en métal,
- l'embout vissable,
- le serre câble.

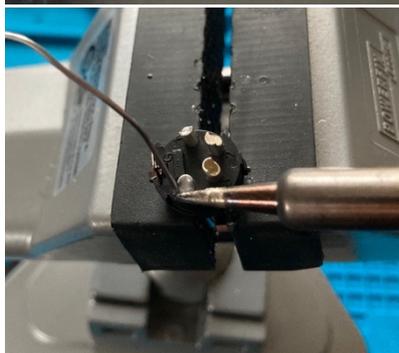


Étape 1 : Pré-étamage de nos éléments

Commencez par dénuder votre câble sur environ 3cm pour faire ressortir les 2 câbles qui sont à l'intérieur. Puis dénudez l'extrémité de vos deux câbles sur une longueur d'environ 7mm (cette taille est arbitraire et peut varier).

Faites chauffer votre fer à environ 360° C et pré-étamez ensuite vos 2 fils.

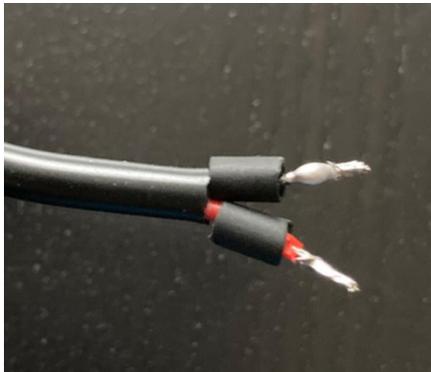
Sur un connecteur XLR-4 le fil (-) doit se souder à la fiche 1 et le fil (+) doit se souder à la fiche 4 (comme vu précédemment). Nous allons donc pré-étamer ces 2 fiches comme nous le faisons avec les fils.



Installez votre fiche dans votre étau (ou votre 3^e main), puis prenez votre fer dans une main et votre fil d'étain dans l'autre. Vous allez remplir d'étain les fiches 1 et 4 du connecteur comme indiqué sur la photo de gauche.

Si vous avez mis trop de soudure, n'hésitez pas à couper le surplus à l'aide d'un cutter. L'étain doit être à l'intérieur des fiches et pas en dehors.

Si vous n'arrivez pas à effectuer cette opération, c'est que la température de votre fer est potentiellement trop basse ou trop élevée, ajustez la température et réessayez.



Découpez ensuite et insérez deux morceaux de gaine thermo-rétractable d'environ 7mm de chaque côté de vos câbles apparents, la gaine doit être plus large que le fil. N'hésitez pas à utiliser une gaine thermo-rétractable ayant un diamètre jusqu'à 3 fois supérieur à celui du fil, de cette façon, votre gaine ne se réduira pas totalement lors de la soudure avec la chaleur émise par le fer.

Ne chauffez pas volontairement les gaines maintenant, elles doivent être « lâches » autour des fils durant cette étape.

Étape 2 : Soudure des câbles dans la connectique



Nous allons commencer par souder le fil noir (-). Mettez en contact le câble noir pré-étamé et la fiche 1. Puis avec votre fer, chauffez-les ensemble de façon à faire fondre l'étain. Puis poussez simplement le fil dans la fiche tout en chauffant et relâchez le tout.

Une bonne soudure est (en général) une soudure rapide : mettez en contact les deux éléments de façon très brève.

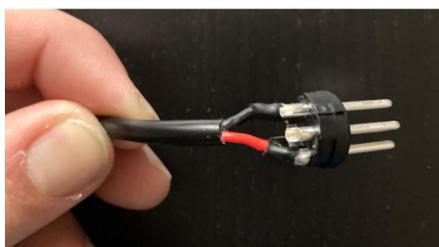
Lors de cette opération, vous n'avez pas besoin de rajouter du fil d'étain au contact du fil et du connecteur : le pré-étamage des deux éléments suffit. Assurez-vous en revanche, d'avoir toujours une bille d'étain sur votre fer.



Répétez ensuite l'opération avec le fil rouge (+) dans la fiche 4.

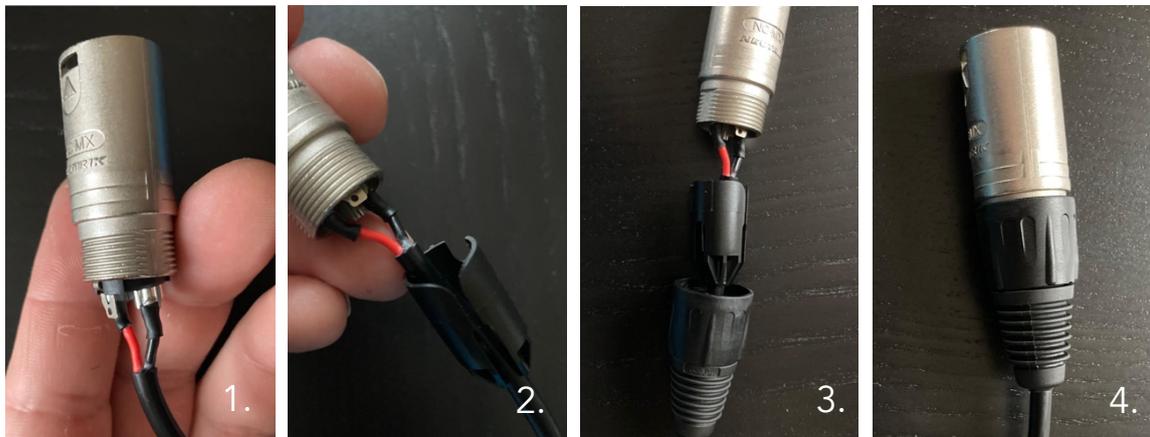
Vous constaterez par vous-même qu'il est toujours plus difficile de souder le 2^e fil par rapport au 1^{er}, mais ne vous découragez pas, vous allez y arriver !

Si vous vous brûlez en tentant d'insérer le fil tout en soudant, n'hésitez pas à utiliser une petite pince de précision pour manipuler le fil sans vous faire mal.



Une fois les deux soldures terminées, faites glisser les gaines thermo-rétractables sur les soldures, puis chauffez-les avec un briquet. La gaine va se réduire pour enrober le fil et la fiche du connecteur.

Vous pouvez ensuite réassembler votre connecteur en utilisant les 4 parties de la façon suivante :



ATTENTION : dans cet exemple, nous n'avons soudé qu'un seul côté du câble.
N'oubliez pas qu'il faut remettre la partie de l'embout vissable en caoutchouc (celui qui apparaît sur l'image 3 et 4) avant de procéder à la soudure... car vous ne pourrez plus le faire ensuite sans tout recommencer.

Félicitations, vous avez réussi à souder votre premier câble !

Une fois votre bricolage terminé, pensez à bien nettoyer la panne de votre fer à souder. S'il s'oxyde (en devenant noir) vous devrez le traiter avec un traitement anti-oxydation ou en l'enduisant d'une nouvelle couche d'étain (il s'agit d'un procédé différent que celui d'étamer votre fer avec un fil d'étain, il faut alors plonger le fer dans un « bain » d'étain : cela nécessite plus de matériel).

Vous voilà paré-e pour souder et réparer vos câbles, il ne vous reste plus qu'à adapter la démarche à votre situation !

3. Annexes

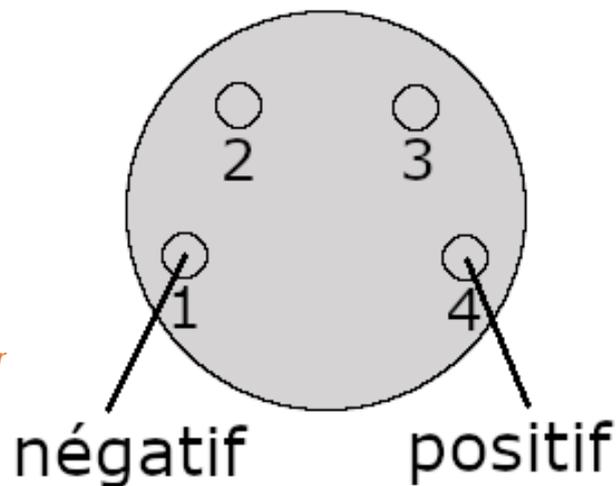
A. Schémas pour connectiques

Attention : Toutes les informations & schémas que vous trouverez dans ce guide sont données à titre pédagogique, faites bien attention si vous décidez de réparer ou d'utiliser vos propres câbles : l'accord du loueur est **impératif** pour ne pas endommager le matériel en cas d'inversion de polarité.

1- XLR 4



*Datasheet du connecteur
disponible en ligne*



Connecteur recommandé : XLR 4 - Neutrik NC4MX

Intensité nominale : 10 A

Tension nominale : < 50 V

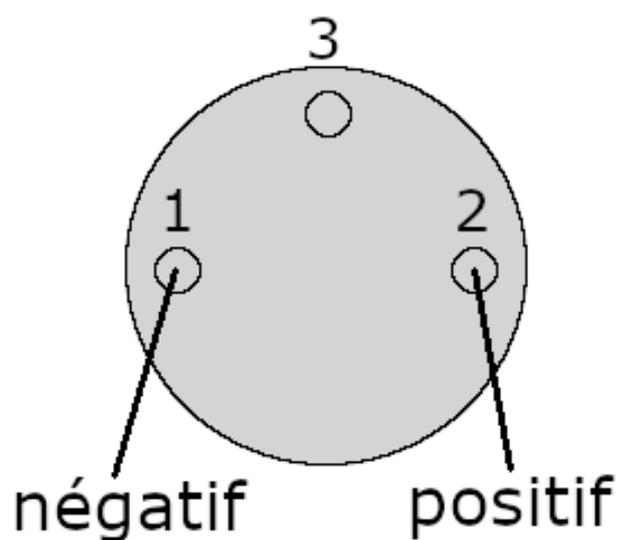
Épaisseur de câble maximale recommandée : 1,5 mm²

Même schéma de câble pour un XLR 4 mâle ou femelle

2- XLR 3



*Datasheet du connecteur
disponible en ligne*



Connecteur recommandé : XLR 3 - Neutrik NC3MX

Intensité nominale : 16 A

Tension nominale : < 50 V

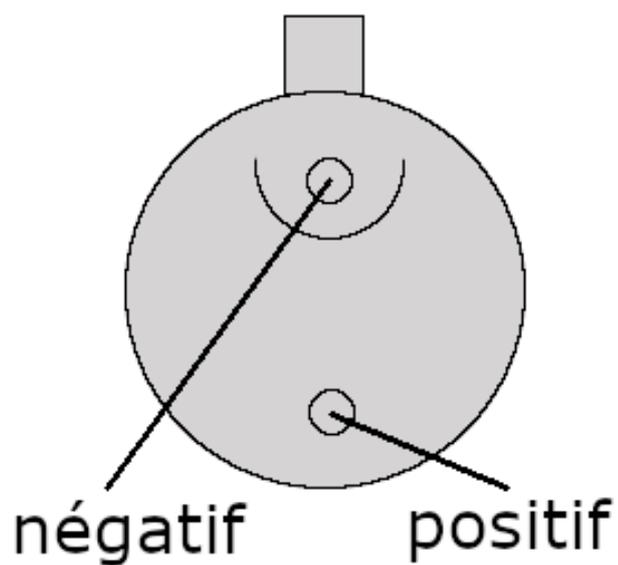
Épaisseur de câble maximale recommandée : $2,5 \text{ mm}^2$

Même schéma de câble pour un XLR 3 mâle ou femelle

3- Lemo 2



*Datasheet du connecteur
disponible en ligne*



Connecteur recommandé : Lemo 2 - FGG.0B.302.CLAD52

Intensité nominale : 10 A

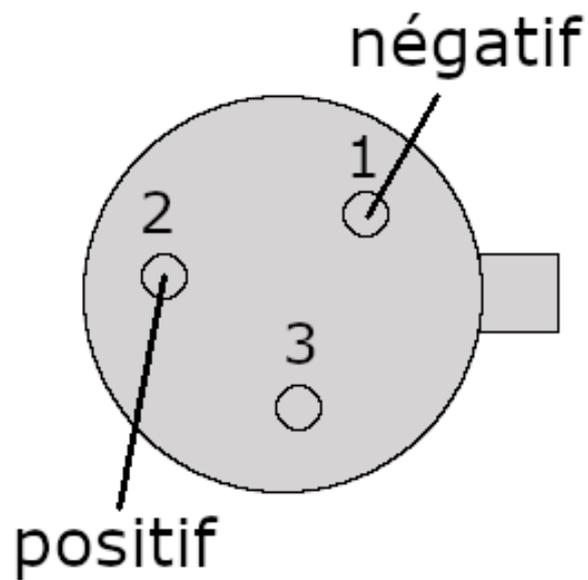
Tension nominale : Non communiquée

Épaisseur de câble maximale recommandée : 0,56 mm²

4- RS 3



*Datasheet du connecteur
disponible en ligne*



Connecteur recommandé : Lemo 3 - FGG.2B.303.CLAD92Z

Intensité nominale : 17 A

Tension nominale : Non communiquée

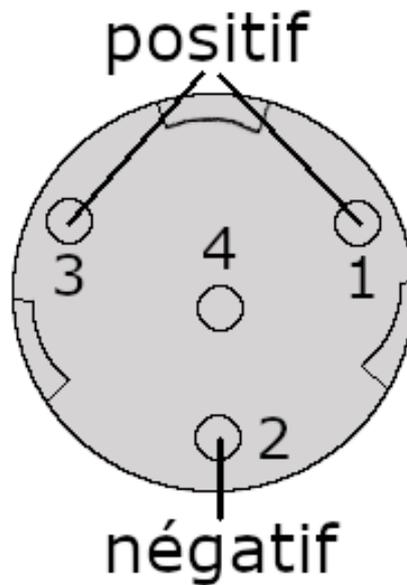
Épaisseur de câble maximale recommandée : 1 mm²

La fiche 3 sert au déclenchement

5- « Mini XLR 4 » Switchcraft TA4



*Datasheet du connecteur
disponible en ligne*



Connecteur recommandé : « Mini XLR 4 » Switchcraft TA4FX

Intensité nominale : 5 A

Tension nominale : < 125 V

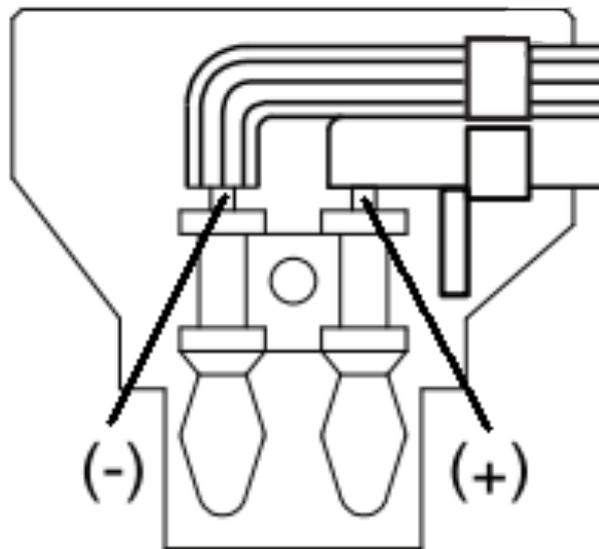
Épaisseur de câble maximale recommandée : Non communiquée

Une seule fiche (1 ou 3) peut aussi être utilisée pour relier le positif

6- D-TAP « Anton Bauer »



*Datasheet du connecteur
disponible en ligne*



Connecteur recommandé : Anton Bauer – PowerTap Kit

Intensité nominale : 10 A

Tension nominale : Non Communiquée

Épaisseur de câble maximale recommandée : Non communiquée

B. Tableau récapitulatif des puissances admissibles en fonction de la section de câble

Pour vous aider à choisir vos câbles lors de vos soudures, vous trouverez ici un récapitulatif de la puissance maximale théorique admissible en fonction de la section de câbles à utiliser.

Important : Gardez bien à l'esprit que ces valeurs énoncées sont théoriques et constituent uniquement une base de travail.

Section de câble nécessaire avec une tension de 12 V

Section de câble	Longueur du câble				
	50 cm	1m	2m	5m	10m
0,14 mm ²	29 W	14 W	7 W	3 W	1 W
0,22 mm ²	45 W	23 W	11 W	5 W	2 W
0,56 mm ²	115 W	58 W	29 W	12 W	6 W
0,75 mm ²	154 W	77 W	39 W	15 W	8 W
1,0 mm ²	206 W	103 W	51 W	21 W	10 W
1,5 mm ²	309 W	154 W	77 W	31 W	15 W
2,5 mm ²	514 W	257 W	129 W	51 W	26 W
4 mm ²	823 W	411 W	206 W	82 W	41 W

Pour obtenir ces résultats, nous utilisons de nouveau la formule vue au chapitre 4 :

$$S = \frac{(\rho \times 2L \times P)}{(\Delta_{max}U \times U)} \Leftrightarrow P = \frac{(S \times \Delta_{max}U \times U)}{(\rho \times 2L)}$$

Nous utilisons les mêmes constantes que vues précédemment :

ρ : La résistivité du cuivre qui vaut 0,021 $\Omega \text{ mm}^2$

$\Delta_{max}U$: La perte de puissance maximale admissible que nous établissons à 3% pour 12V (0,03 x 12)

U : La tension, elle vaut ici 12V

Nous appliquons donc le calcul suivant en fonction des variables L (longueur du câble) & S (surface de la section du câble) du tableau :

$$P = \frac{(S \times (0,03 \times 12) \times 12)}{(0,021 \times 2L)}$$

C. Quelques références pour les achats de composants

Si vous décidez de vous lancer dans la fabrication de vos câbles, voici quelques sites où vous pourrez trouver du matériel :



Radio Spare : fr.rs-online.com

Connecteurs, câbles, outils, étain,
gaine thermo-rétractable



Thomann : www.thomann.fr

Connecteurs & outils



Conrad : www.conrad.fr

Connecteurs, câbles, outils, étain,
gaine thermo-rétractable