# LAMPEMETRE LDD01

## Fabrication d'un lampemètre dynamique digital.

Documents annexes :


- ✓ Plans mécaniques (page 2)
- ✓ Plans des légendes FAV (page 10)
- ✓ Illustrations (page 20)
- ✓ Schémas (page 27)
- ✓ Mode d'emploi (page 30)


v1.03 – 2020-05

A consulter en complément de l'article paru au sein de **Radiofil magazine n°98** de mai/ juin 2020, édité par l'association Radiofil.

Pour tout renseignement sur le club et ses activités : http://www.radiofil.com/

Pour contacter la rédaction : redaction@radiofil.org

Pour contacter l'auteur de l'article et de cette réalisation : werbrouck@orange.fr

*Mérignac – DWK - Avril/mai 2020*

## I - Introduction

Ce document constitue une annexe à l'article édité par Radiofil au sein de son magazine n°98 paru en mai/juin 2020
Il propose des plans précis pour l'amateur souhaitant réaliser ce lampemètre, à partir des sous-ensembles, modules et composants détaillés au sein de l'article initial.

Il est probable que quelques écarts seront constatés entre cette procédure, les illustrations associées et la réalité. En effet les composants électroniques, la matière du châssis, les dimensions de la valise que l'amateur sera amené à sélectionner seront peut-être légèrement différents de ce « modèle ».
Chacun adaptera au mieux les principes et conseils évoqués ici afin de se rapprocher au plus près du descriptif.
La méthodologie adoptée est volontairement très détaillée afin d'éviter toute hésitation lors de la réalisation.

Sept chapitres sont traités dans ce document :

- La sécurité,
- La fabrication de la face avant (FAV) supportant toutes les commandes du lampemètre,
- La fabrication de 3 types différents de platines support de tubes,
- Une série de clichés montrant les différentes étapes de la fabrication,
- Le schéma synoptique de l'organisation du lampemètre,
- Le schéma électronique de l'alimentation des filaments et d'interconnexion entre les différents modules constituant les sous-ensembles de l'appareil,
- Un mode d'emploi sous forme d'une synthèse de la notice du sous-ensemble complet « Kit lampemètre digital complet- MO0000 » du constructeur Radioelec, adaptée à l'exploitation du LDD01,
- Des liens vers des sites internet de fournisseurs susceptibles de proposer des composants en rapport avec la réalisation de ce projet.

## II – Sécurité

C'est un point essentiel !
Attention aux brûlures avec le fer à souder et, surtout, attention aux tensions élevées, donc très dangereuses. Chacun a sans doute déjà vécu cette désagréable sensation, lors d'une fausse manip avec un appareil domestique. Et il ne s'agit là que d'une tension de 230 V alternatif. Dans ce projet, en plus de la tension secteur, il va falloir composer avec une Haute Tension d'environ 250 VDC. Le courant continu est 2 à 3 fois plus dangereux pour les muscles que son frère alternatif… Les risques de fibrillations cardiaques sont réels.

De plus nous aurons à prendre garde à ce faux ami : les condensateurs (filtrage notamment), qui restent dangereux très longtemps après la coupure de l'alimentation générale, en gardant la charge de tension.
Un conseil de vieux singe : apprendre à intervenir dans un châssis sous tension avec une main toujours placée derrière le dos, quoi qu'il arrive. Et si l'on doit nécessairement utiliser ses deux mains pour modifier un paramètre, couper l'alimentation et décharger les condensateurs de filtrage. On s'y fait très bien et on limite ainsi vraiment le risque d'électrocution.

Ne pas considérer ce message comme une information de principe, il est vital de respecter ces consignes de sécurité !
L'atelier où seront effectués cette réalisation et les essais associés sera **impérativement** équipé d'un disjoncteur différentiel d'une sensibilité de 30 mA ou inférieure.

## III – Plans mécaniques

### *III.1 – Matière*

Pour la réalisation du châssis de fond de valise et de la FAV, il est possible d'utiliser de la tôle d'acier en 1 mm d'épaisseur ou de la tôle d'aluminium en 1,5 mm d'épaisseur ou encore (c'est mon choix) une plaque de circuit imprimé simple face non perçée, en 1,5 mm d'épaisseur.

Les avantages de la plaque époxy cuivrée :

- C'est beaucoup plus simple à travailler que l'aluminium et surtout que l'acier !
- On peut souder directement du côté cuivre, sans aucun problème, avec un petit fer à souder standard. Sur l'aluminium il n'est pas possible de souder à l'étain.
- On peut usiner des petites pièces avec les chutes : contreforts, entretoises, supports, que l'on peut souder directement sur le châssis, sans passer par des équerres et de la visserie.

On trouvera en fin de ce document (page 32) des liens vers des fournisseurs possibles proposant, entre autres, des plaques d'époxy cuivrées.

## *III.2 – Fabrication de la face avant (FAV)*

Les plans proposés dans cette section détaillent la réalisation mécanique de la face avant du boîtier ainsi que les divers repérages des commandes pour obtenir une présentation fonctionnelle et esthétique.

### III.2.1 – Organisation et exploitation des plans mécaniques

Ne disposant que d'une imprimante A4 et (on le verra plus loin) d'une plastifieuse de même format, les plans ont été tout de même dessinés à l'échelle 1 mais sur deux pages, puisque la FAV est dotée de dimensions supérieures au format A4.
L'assemblage des deux feuilles imprimées est repéré par des lignes à juxtaposer et ne pose aucun problème.
Trois types de plans sont disponibles :

- Un plan disposant de toutes les cotations de l'usinage et du perçage, supportant donc toutes les dimensions nécessaires à la réalisation de la FAV,
- Un plan d'usinage et de perçage, destiné à simplifier la tâche de l'amateur : imprimé à l'échelle 1 il suffit de coller les deux feuilles du plan sur la plaque usinée aux bonnes dimensions extérieures et de pointer tous les centres des trous et découpes. Ce « transfert » évite tout report manuel des cotes. C'est beaucoup plus simple, rapide et précis !
- Un plan de légende et de repérage des éléments des commandes et des visualisations du lampemètre.

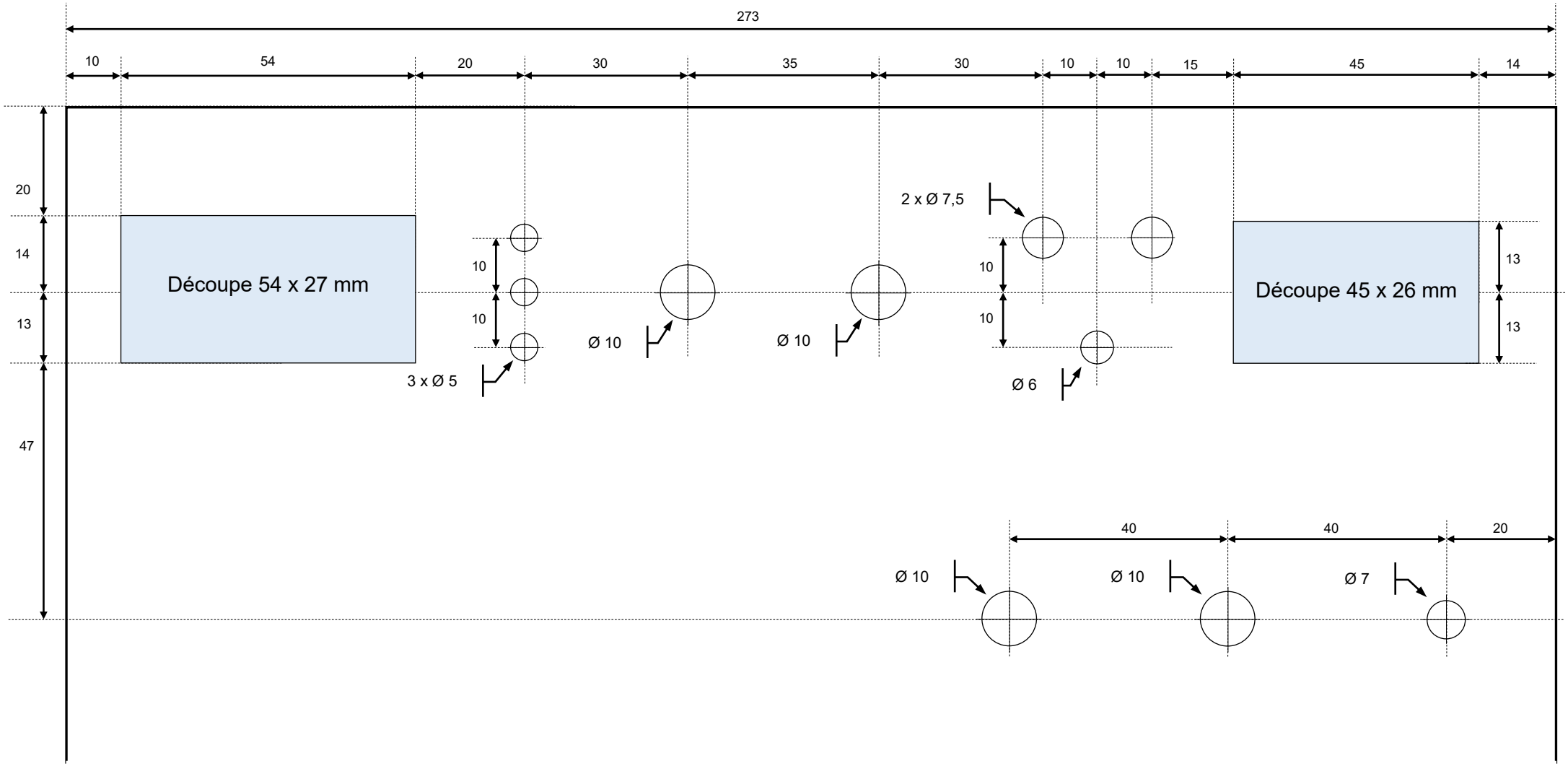
### III.2.2 – Plan de l'usinage mécanique

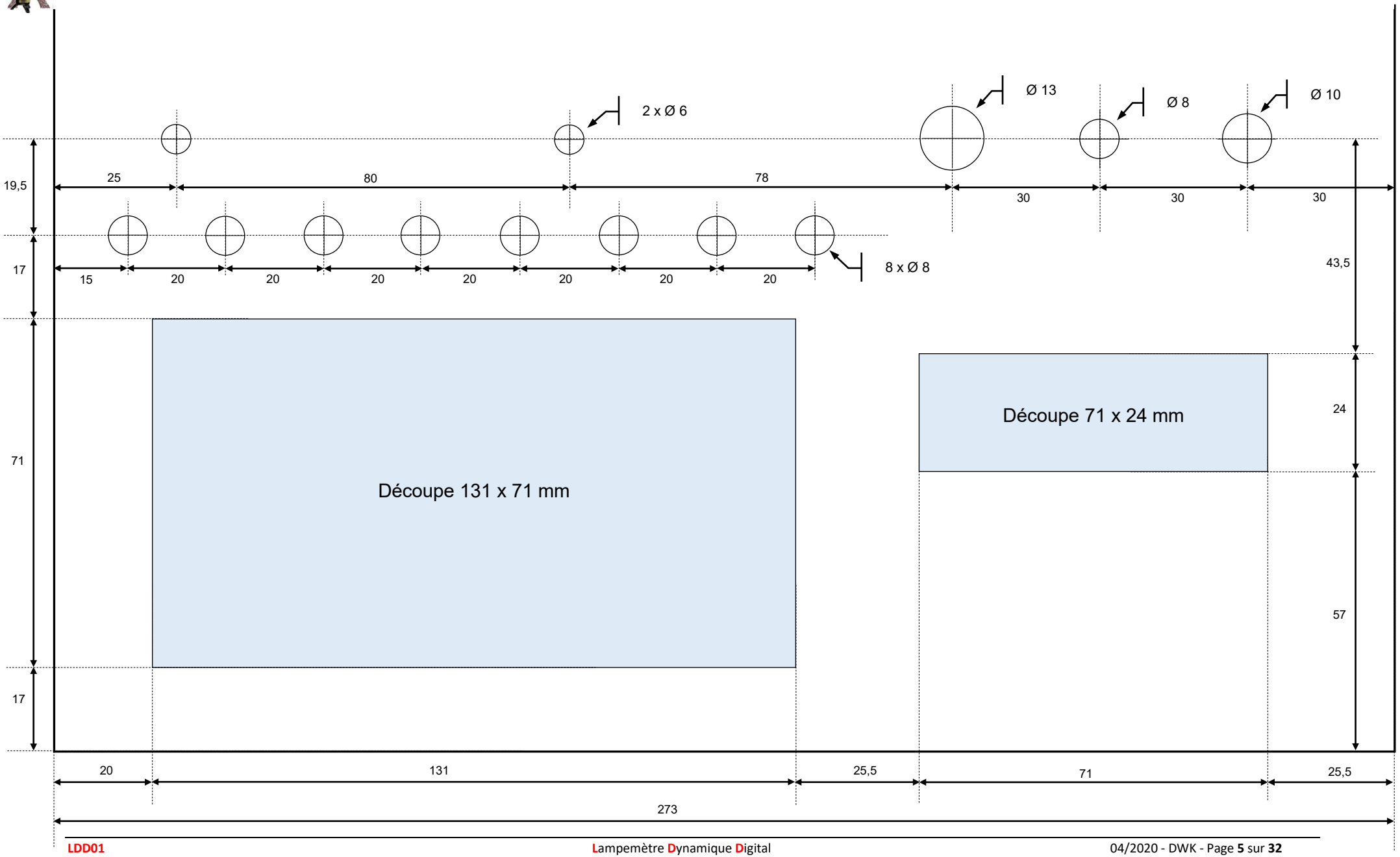
Ce plan est constitué de feuilles nommées « LDD01 - FAV - Cotation - Partie haute » et « LDD01 - FAV - Cotation - Partie basse »,

Dimensions hors-tout de la platine de base de la FAV (en rapport avec le modèle de la mallette qui a été retenu) :
Hauteur : 268 mm
Largeur : 273 mm

*Références des plans de cotation :*
Page 4 : LDD01 - FAV - Cotation - Partie haute.
Page 5 : LDD01 - FAV - Cotation - Partie basse.

Plan Réf. : LDD01 - FAV - Cotation - Partie haute




2 x Ø 6
Ø 13
Ø 8
Ø 10
8 x Ø 8
19,5
17
71
17
25
80
78
30
30
30
15
20
20
20
20
20
20
20
43,5
24
57
Découpe 131 x 71 mm
Découpe 71 x 24 mm
20
131
25,5
71
25,5
273

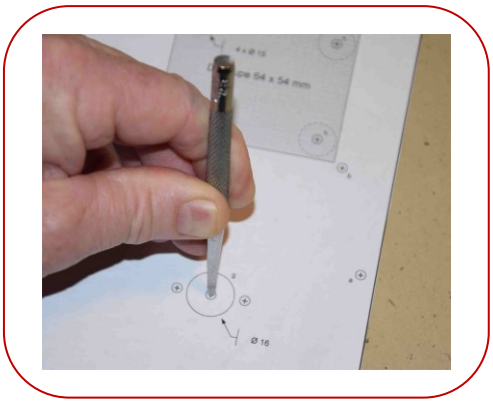
### III.2.3 – Préparation de l'usinage

Commencer par usiner la plaque aux dimensions extérieures suivantes : **268** mm x **273** mm.

Une fois la plaque aux dimensions requises, utiliser le plan d'assistance au perçage situé aux pages 8 et 9. (Réf. LDD01 - FAV - Perçage - Partie haute et LDD01 - FAV - Perçage - Partie basse).

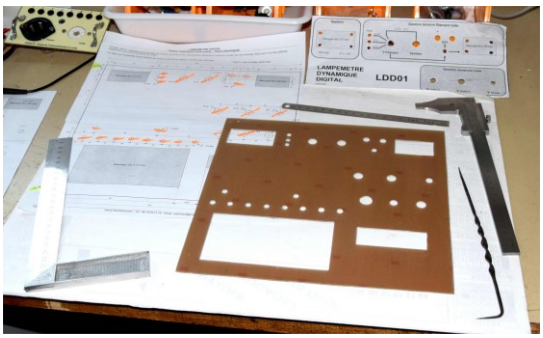
Car plutôt que de tracer directement les différentes cotes sur la plaque, il est bien plus simple (et plus précis) d'agir comme suit :

- Imprimer les pages 8 et 9 de ce document en prenant soin de laisser la configuration du mode d'impression à 100% (en général paramètre par défaut), sinon le document imprimé ne sortira pas à l'échelle 1 !
- A l'aide d'une paire de ciseaux, découper ensuite les feuilles imprimées, en prenant comme repère les contours extérieurs exacts de la représentation de la plaque, ce qui positionnera correctement le raccordement des deux feuilles,
- Si vous employez comme moi une plaque de circuit imprimé en époxy cuivré sur une face, placez la plaque de façon à ce que la face époxy soit visible,
- A l'aide d'une colle à papier standard de type « bâton », coller le plan sur la plaque en ajustant bien les 4 angles. Il est plus simple d'étaler la colle avec le sticker sur la plaque que sur la feuille de papier… Ça doit s'ajuster pile poil ! Sinon, contrôler les dimensions de la plaque et celles du plan imprimé et cherchez (trouvez !) l'erreur…,
- Equipez-vous d'un pointeau et d'un petit marteau, placez la plaque sur un plan dur et plat et marquez bien visiblement chaque croix rouge visible. C'est important pour guider le foret exactement à l'endroit où on veut qu'il perce !,



- Bien entendu, l'usage d'une perceuse à colonne constitue la meilleure sécurité pour un bon travail…. Mais l'usage d'une petite perceuse sans fil, bien maniable, convient aussi sous réserve de bien se positionner : la tête au-dessus de la plaque, la perceuse bien verticale, les yeux fixés sur l'attaque du foret,
- Commencer par percer tous les emplacements repérés par une croix rouge (on ignore à cette étape les indications de diamètre du plan), avec un foret de diamètre 3,2 mm (ou 3,5 si pas de 3,2 disponible, sachant que ces trous sont destinés à recevoir des boulons de Ø 3 mm),
- Ebavurer les trous, face opposée à la perceuse, avec une fraise manuelle ou un foret de gros diamètre,
- Percer les trous de plus grands diamètres en fonction des disponibilités et des capacités de la perceuse, sachant que le plus souvent, il est difficile d'engager des forets de Ø supérieur à 10 sauf à utiliser des forets à embout décolleté. Dans ce cas, percer au diamètre le plus grand disponible et terminer avec deux éléments indissociables : la lime de type queue de rat (puis demi-ronde) et l'huile de coude… (avec la plaque en époxy, on consomme très peu d'huile de coude !). Tester au fur et à mesure avec les composants concernés, pour ne pas en faire trop…,
- Les trous circulaires étant terminés, s'attaquer aux 4 découpes rectangulaires. Terminer à la lime plate, puis fignoler avec la lime aiguille pour obtenir des angles impeccables. Nettoyer fréquemment les limes avec une carde car l'époxy encrasse très rapidement les fines dentelures des outils.
- Lorsque tous les perçages sont terminés, ôter la feuille de papier et s'assurer que l'usinage est propre et bien ébavuré.

Pour contrôler que finalement tout est correct, effectuer un montage provisoire de l'ensemble des composants y compris avec les vis de fixation ; la lime aiguille modèle queue de rat ne doit pas être trop éloignée, car ce serait bien le diable que les 2 supports de tubes ne nécessitent pas une petite retouche pour un montage parfaitement ajusté !



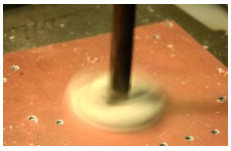

*Pour percer des trous de grands diamètres :*

Le foret conique est parfait : il permet de percer des trous de diamètres allant de 4 à 20 mm ou de 16 à 30 mm suivant le modèle, sans effort, avec une perceuse standard (embout de Ø 9 mm).
On peut en trouver dans les magasins de bricolage.

*Pour que le trou reste bien rond et régulier lorsqu'on perce des forts diamètres :*

Cela a dû vous arriver aussi : le foret commence à « brouter » et au final le trou rond ne l'est pas vraiment : du genre « patatoïdal » avec en plus un diamètre supérieur à celui prévu…

Un simple petit morceau de chiffon suffit à éliminer totalement ce problème : attaquer l'amorce du trou sans le chiffon ; dès l'apparition de vibrations indiquant que ça ne tourne plus rond, stopper le perçage.
Poser alors le petit morceau de chiffon (peu importe la matière exacte) sur l'amorce du trou. Si le chiffon est fin ne pas hésiter à le plier en deux ou en quatre.
Poursuivre en posant le foret dessus et mettre la perceuse en route, vitesse moyenne, en appuyant modérément. Continuer en augmentant la pression et le tour est joué !
Si la matière à percer est dure ou l'épaisseur conséquente, il est possible qu'il faille reprendre un autre morceau de chiffon pour obtenir le résultat escompté.
Résultats garantis : le trou est parfaitement circulaire !



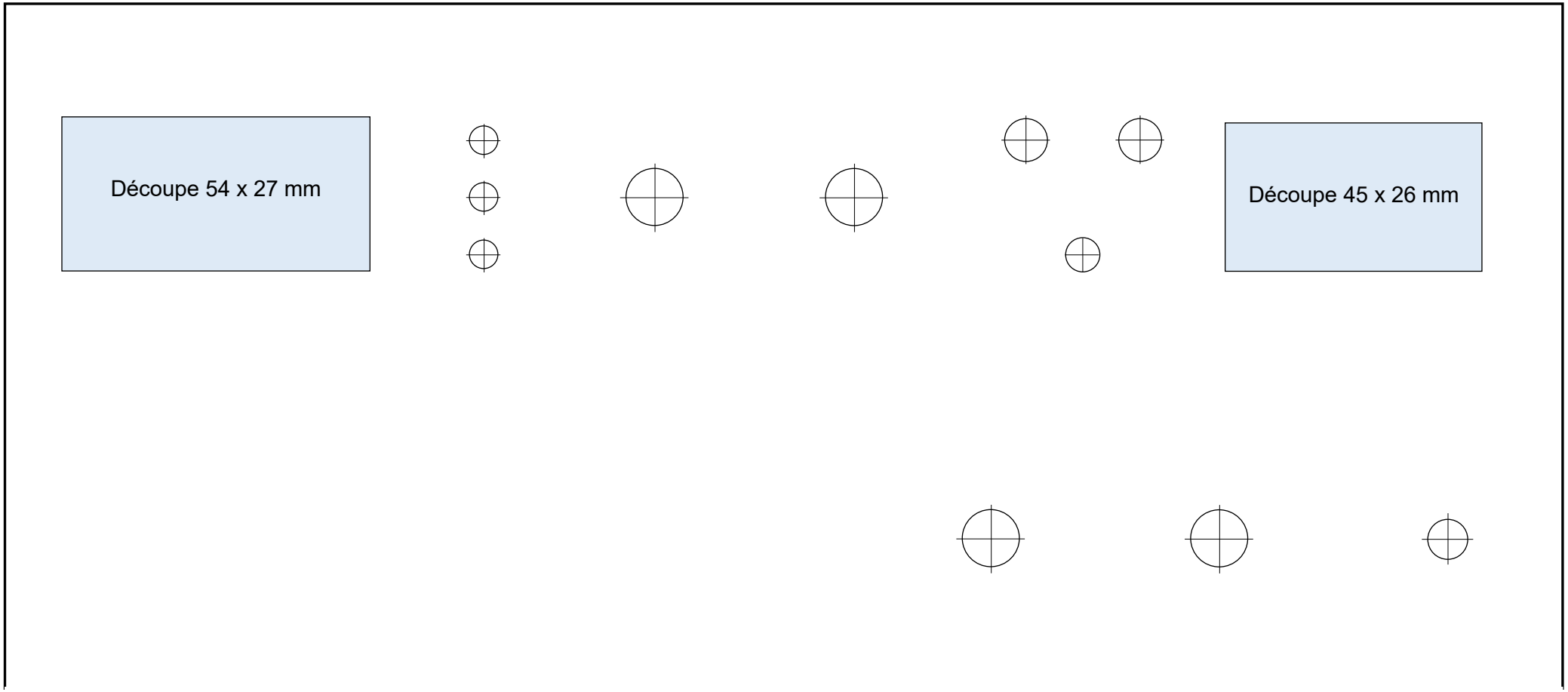
*Pour décoller les feuilles de papier de la plaque :*

Une méthode radicale : mettre la plaque sous le robinet et lorsque le papier est bien imbibé (eau froide), frotter avec le côté abrasif d'une éponge de ménage. Tout va partir en quelques secondes. Ensuite nettoyer le reste de la colle avec le côté doux de l'éponge. Bien essuyer.

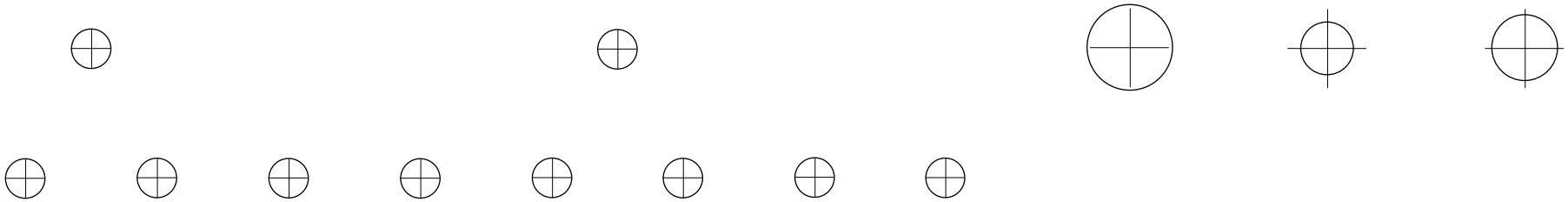
*Références des plans d'usinage et d'assistance au perçage :*

Page 8 : LDD01 - FAV - Perçage - Partie haute.
Page 9 : LDD01 - FAV - Perçage - Partie basse.

Plan Réf. : LDD01 - FAV - Perçage - Partie haute



Plan Réf. : LDD01 - FAV - Perçage - Partie basse



Découpe 131 x 71 mm

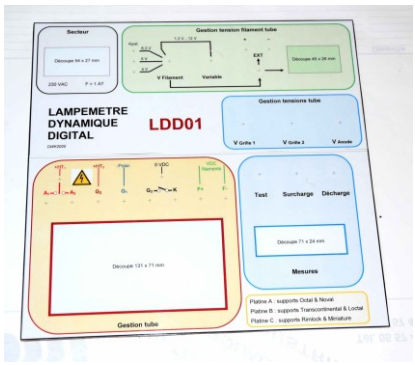
Découpe 71 x 24 mm

### III.2.4 – Plan de repérage par impression plastifiée

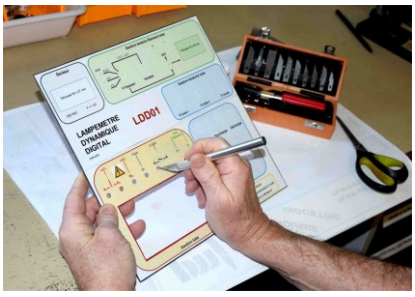
Réaliser une face avant en couleur propre et bien ajustée n'est pas à la portée de tout le monde si l'on considère la question sur le plan industriel : gravure, sérigraphie, *lexan* polycarbonate, etc. sont des technologies qui réclament des outillages très spécialisés.
Heureusement on peut faire presque aussi bien avec un logiciel de dessin (ou pas, moi j'utilise simplement Word qui dispose de possibilités suffisantes pour ce genre de travail), une imprimante couleur (mais pas indispensable, une N&B peut convenir) et l'outil magique : la plastifieuse. Pratique, rapide et économique (environ 30 € à peu près n'importe où, voir en fin de document).
Ensuite on reprend le plan de perçage auquel on ajoute les légendes et dessins souhaités !
Enfin, on imprime, on plastifie, on colle et c'est terminé !

La procédure exacte :

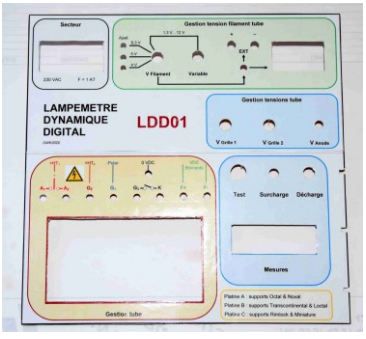
- Avec une imprimante couleur : Imprimer le plan des légendes fonctionnelles situé aux pages 12 et 13. (Réf. LDD01 - FAV - Légendes - Partie haute et LDD01 - FAV - Légendes - Partie basse),
- Placer chacune des deux feuilles imprimées dans un feuillet plastique et les engager tour à tour dans la plastifieuse,
- Découper les feuilles plastifiées sur les pourtours de la face avant,
- Placer ensuite les deux parties sur la platine FAV usinée et après centrage, découper les bords et la partie exacte de jonction des deux feuilles afin d'obtenir un centrage parfait des axes de repérage (sur le plan, les lignes en pointillé rouge représentent l'endroit du raccordement des deux feuilles).




- Enduire de colle la plaque de la face avant usinée (côté époxy si c'est la matière retenue) à l'aide d'une colle à papier type bâton. Inutile d'utiliser de la colle contact qui ne laisse aucune latitude d'ajustement. De plus, avec les composants qui seront fixés ensuite, le maintien de la feuille plastifiée sera suffisant,
- Pour assurer un centrage parfait, poser délicatement la feuille plastifiée sur la face avant encollée, se placer face au jour et disposer les petites croix noires exactement au centre des trous de la plaque usinée en faisant délicatement glisser la feuille plastifiée. Par transparence, cette opération est très simple à réaliser. Et ça doit correspondre parfaitement, puisque le plan initial est le même !,



- Avec un chiffon doux et sec, appuyer régulièrement sur toute la surface, du centre vers les bords, avec une pression significative, afin d'ôter les éventuelles bulles d'air et d'assurer un bon contact entre la plaque et la feuille plastifiée,
- A l'aide d'un cutter ou mieux, d'un bistouri, procéder aux différentes découpes des trous en insérant l'outil côté face avant, en suivant les contours de chaque trou,

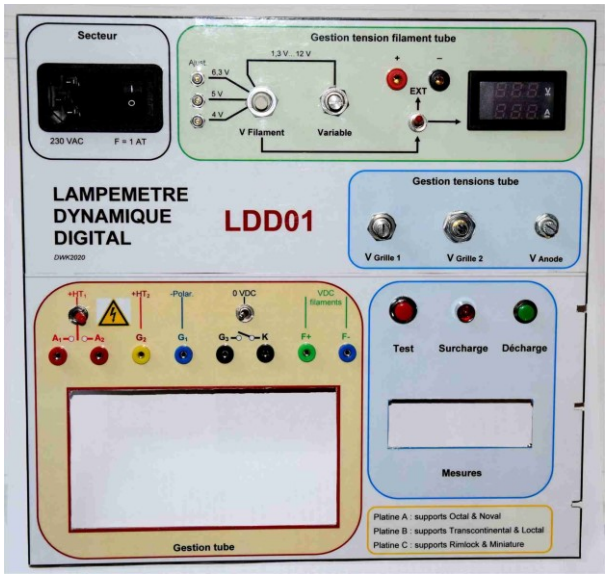



- Monter les différents composants en évitant de trop serrer pour ne pas déformer la feuille plastifiée.

Attention : il y a tout de même quelques faiblesses dans cette technique : ne jamais nettoyer la face avant avec un produit quel qu'il soit ; passer simplement une éponge douce et légèrement humide puis, essuyer immédiatement après, à l'aide d'un chiffon doux.
Ne pas souder de composants directement sur la face cuivrée de la face avant, ou procéder à l'aide d'un fer à souder réglé à une température basse, sinon la feuille plastifiée va se déformer, voire fondre si le fer insiste lourdement…

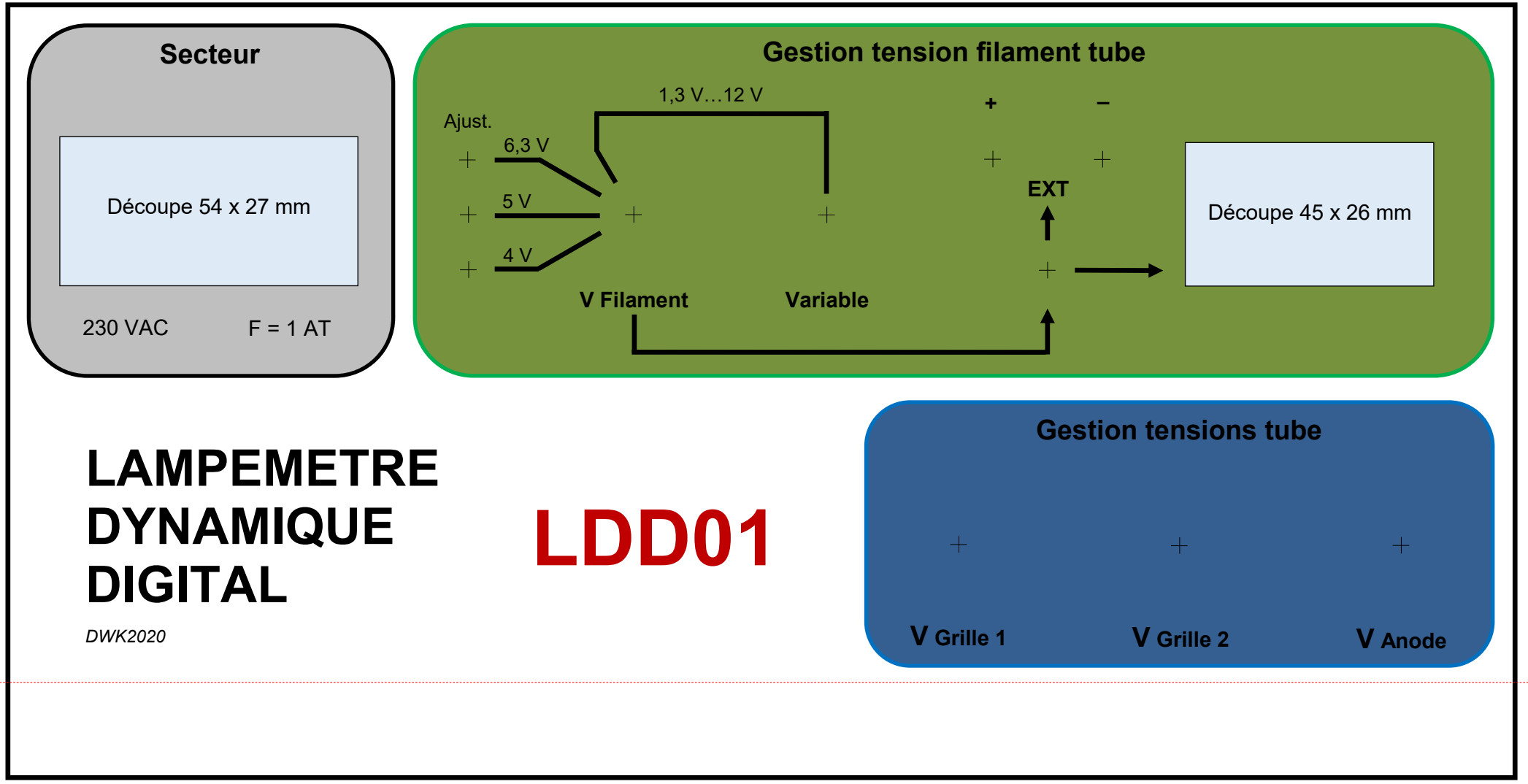
Ci-contre, la face avant avec les deux feuilles des légendes collées.
Les composants sont en cours de montage.

La jonction horizontale visible des deux feuilles bord à bord sera masquée par une petite baguette en plastique lors des opérations de finition.

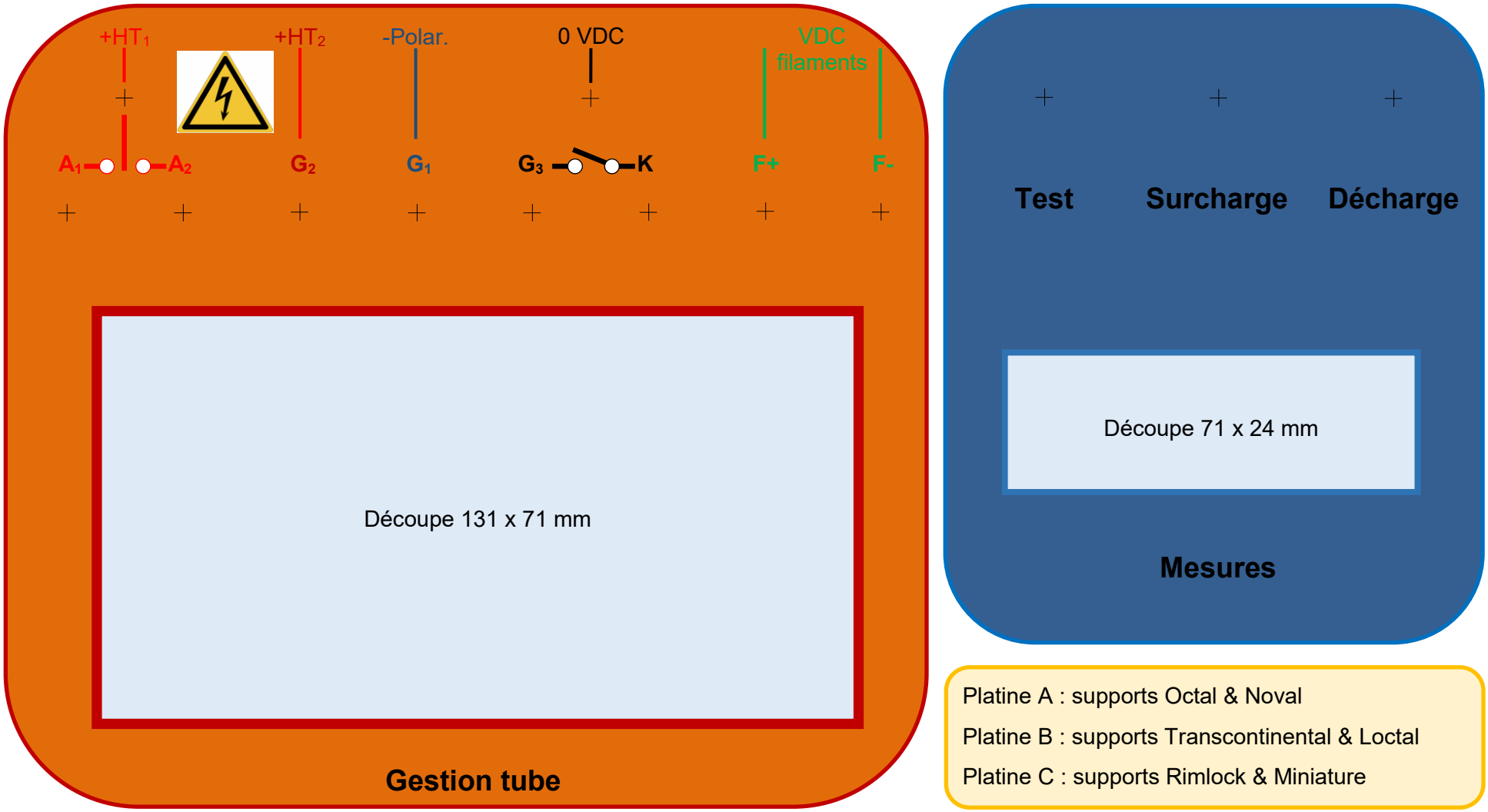



*Références des plans d'impression des légendes fonctionnelles :*
Page 12 : LDD01 - FAV - Légendes- Partie haute.
Page 13 : LDD01 - FAV - Légendes - Partie basse.

Plan Réf.: LDD01 - FAV - Légendes- Partie haute.



Plan Réf.: LDD01 - FAV - Légendes- Partie basse.



### *III.3 – Fabrication des platines modulaires de supports de tube*

Ces plans décrivent la cotation de l'usinage et du perçage des platines modulaires du lampemètre LDD01, destinées à recevoir les culots supports des tubes.
3 platines de base sont réalisées :

- 1 Platine « A » : pour les supports « Octal et Noval »
- 1 Platine « B » : pour les supports « Transcontinental » et « Loctal »
- 1 Platine « C » : pour les supports « Rimlock » et « Miniature »

La base de chaque platine modulaire est constituée d'une plaque de circuit imprimé en époxy, cuivrée sur une face.

#### III.3.1 – Organisation et exploitation des plans mécaniques

Pour chacune des platines, trois types de plans sont disponibles :

- Un plan disposant de toutes les cotations de l'usinage et du perçage, supportant donc toutes les dimensions nécessaires à la réalisation de la platine,
- Un plan d'usinage et de perçage, destiné à simplifier la tâche de l'amateur : imprimé à l'échelle 1 il suffit de coller la feuille du plan sur la platine usinée aux bonnes dimensions extérieures et de pointer tous les centres des trous à percer. Ce « transfert » évite tout report manuel des cotes. C'est beaucoup plus simple, rapide et précis !
- Un plan de légende et de repérage des broches de raccordement de la platine vers le lampemètre.

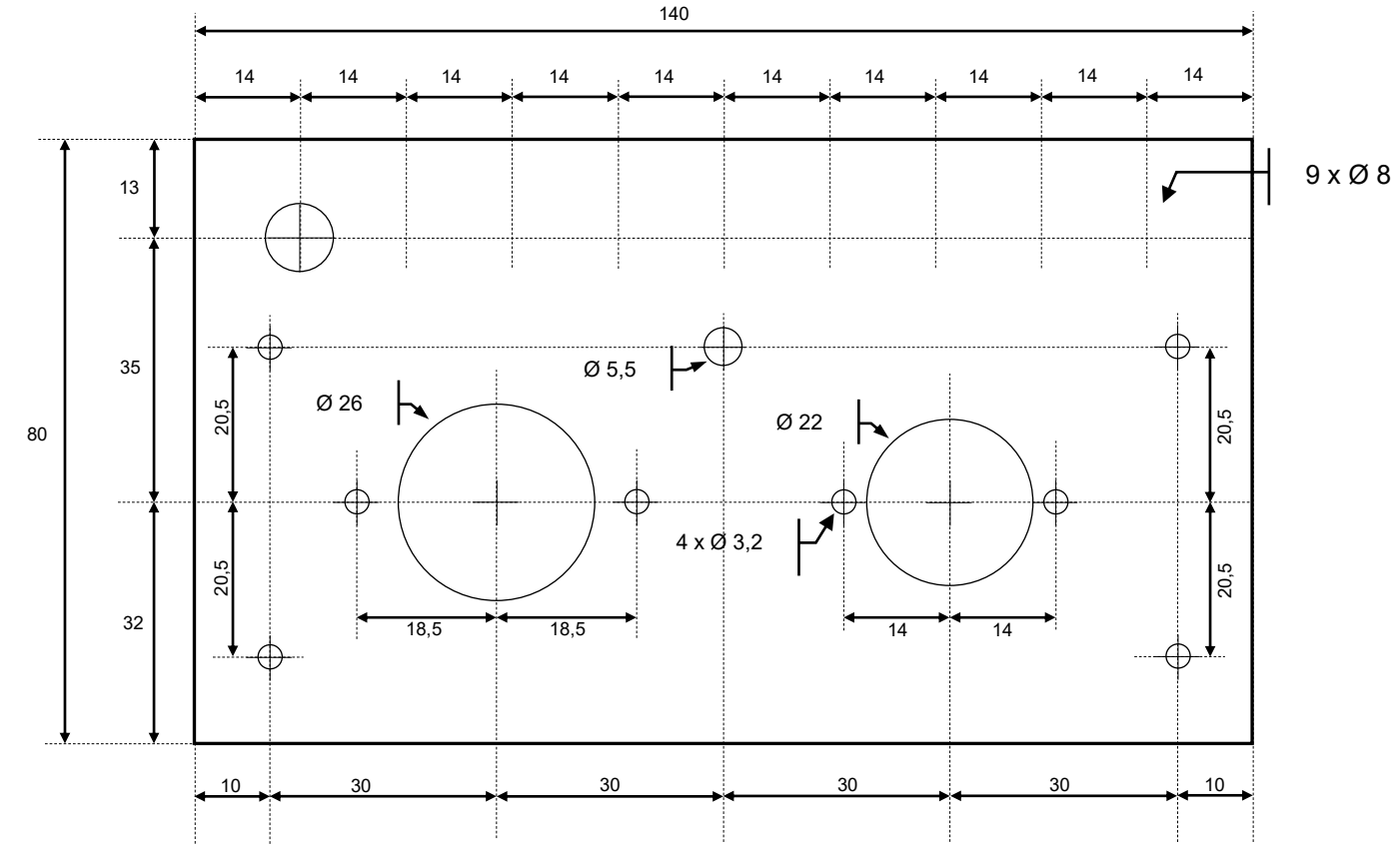
#### III.2.2 – Plan de l'usinage mécanique

Ces plans sont référencés comme suit :

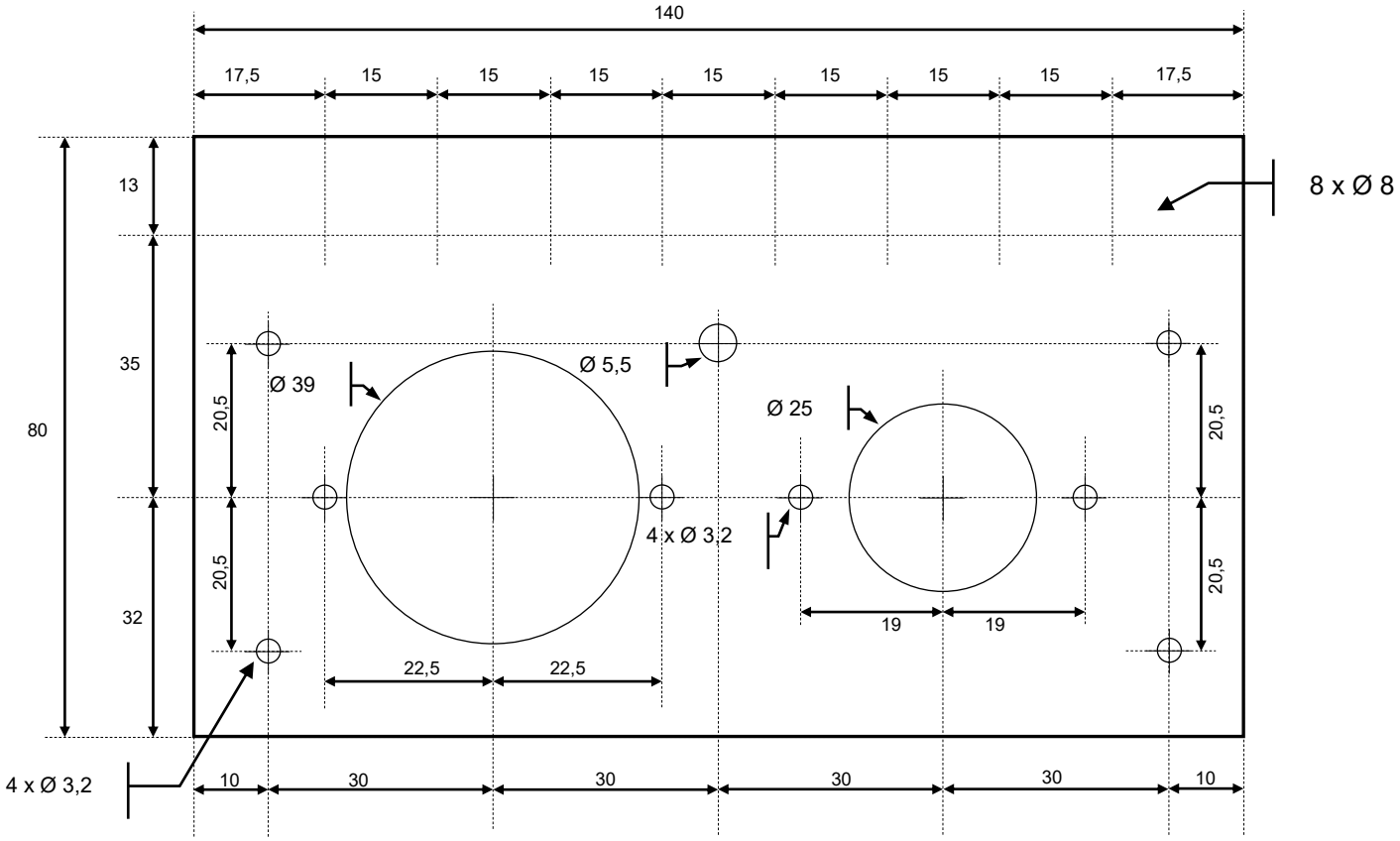
- Page 15 : Platine « A » : pour les supports « Octal et Noval » : LDD01 - Platine A - Cotation
- Page 15 : Platine « B » : pour les supports « Transcontinental » et « Loctal » : LDD01 - Platine B - Cotation
- Page 16 : Platine « C » : pour les supports « Rimlock » et « Miniature » : LDD01 - Platine V - Cotation

Dimensions hors-tout de la platine de base de support des tubes, identique pour chacune des 3 platines :
Hauteur : 80 mm
Largeur : 140 mm.

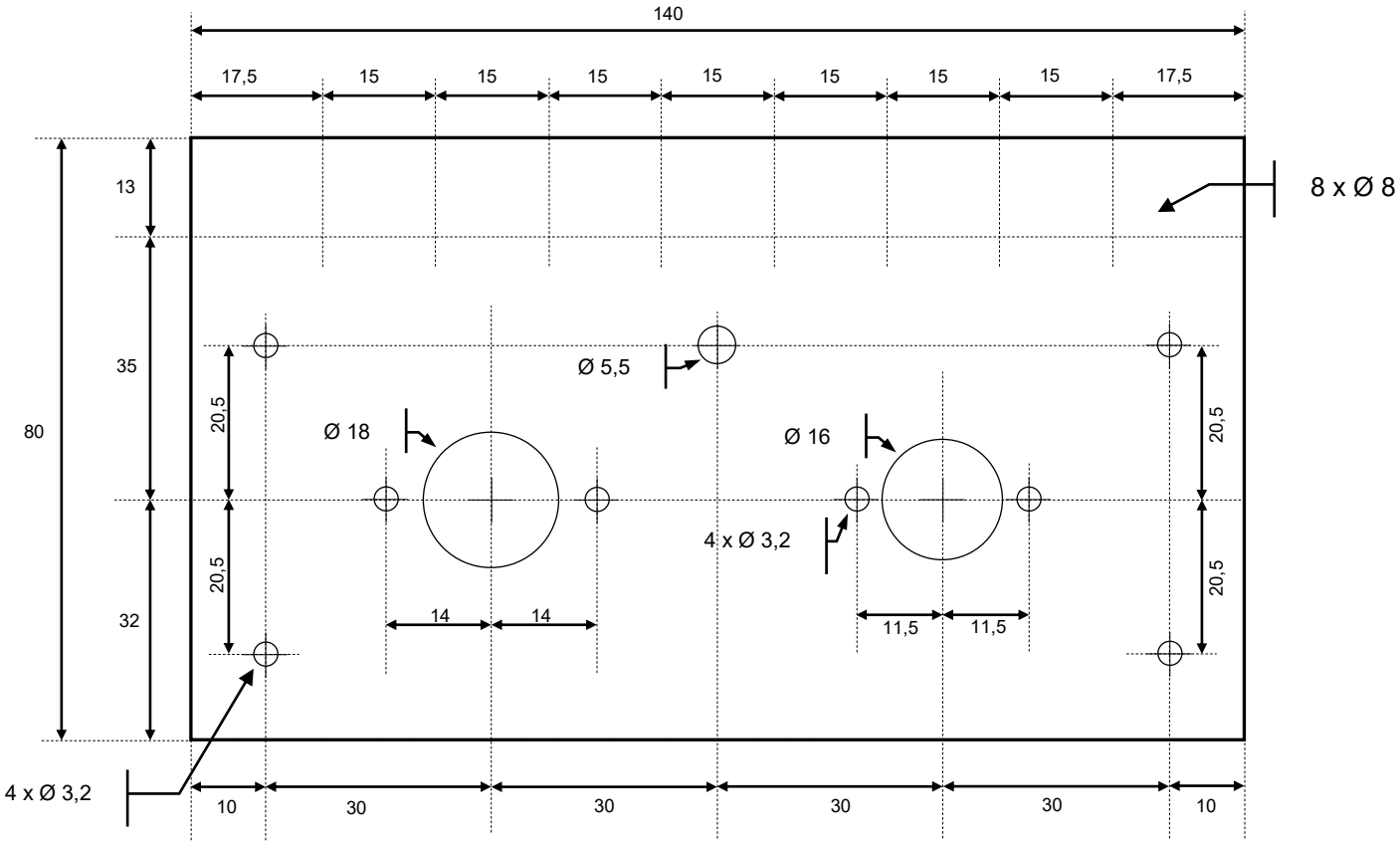
Plan Réf : LDD01 - Platine A - Cotation




Plan Réf : LDD01 - Platine B - Cotation



Plan Réf : LDD01 - Platine C - Cotation




### III.3.3 – Préparation de l'usinage

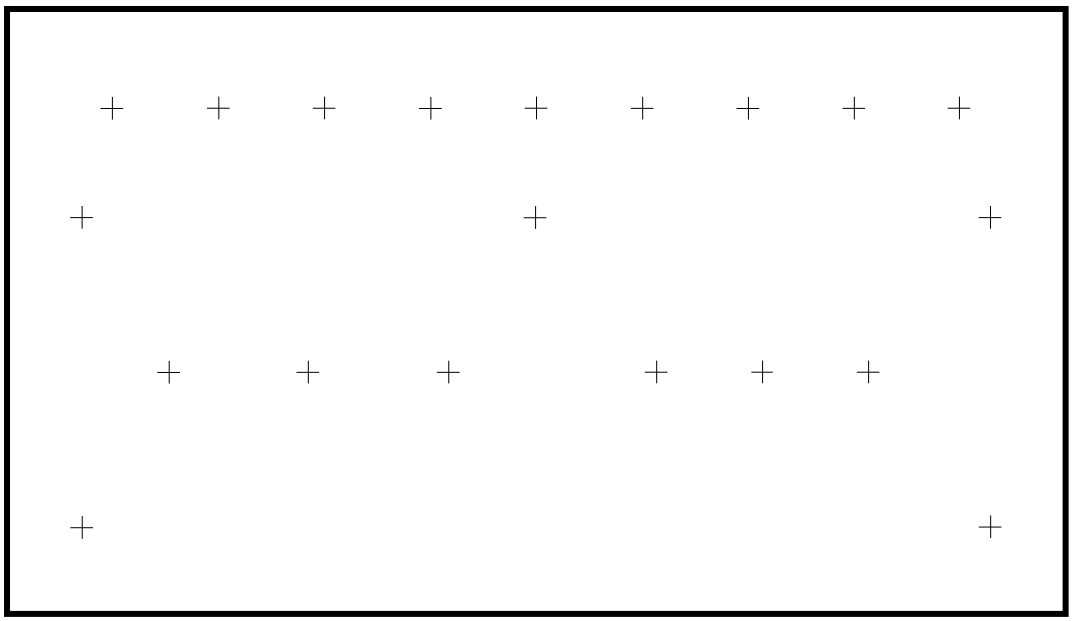
Commencer par usiner les 3 plaques des platines aux dimensions extérieures suivantes : **80** mm x **140** mm.

Une fois les platines aux dimensions requises, utiliser les plans d'assistance au perçage situés aux pages 17 et 18.

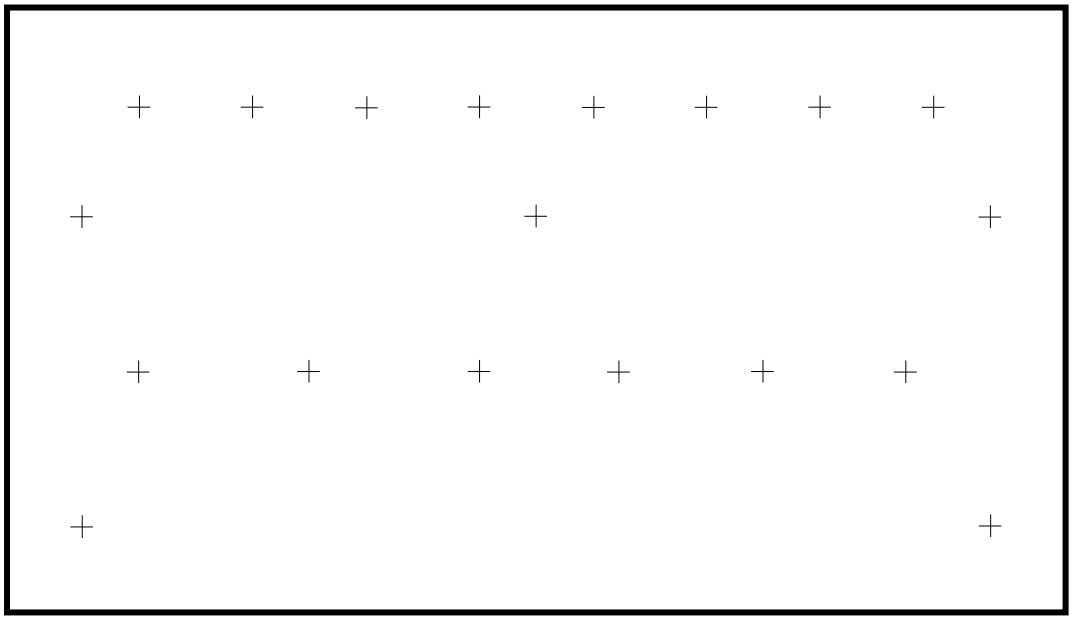
- Platine A : Réf. LDD01 - Platine A - Perçage,
- Platine B : Réf. LDD01 - Platine B - Perçage,
- Platine C : Réf : LDD01 - Platine C - Perçage.

Car plutôt que de tracer directement les différentes cotes sur la plaque, il est bien plus simple (et plus précis) d'agir en imprimant les pages 17 et 18 de ce document en prenant soin de laisser la configuration du mode d'impression à 100% (en général paramètre par défaut), afin que le document imprimé sorte réellement à l'échelle 1.
Voir la procédure détaillée de ce transfert : **ICI** (page 6).

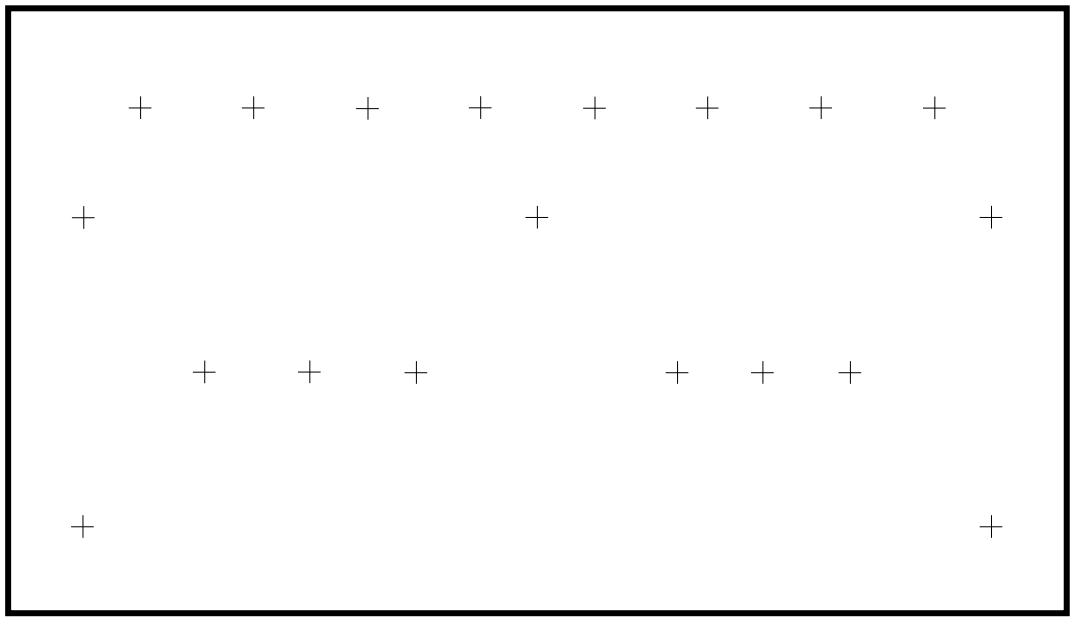
Plan Réf : LDD01 - Platine A - Perçage



Plan Réf : LDD01 - Platine B - Perçage



Plan Réf : LDD01 - Platine C - Perçage



### III.3.4 – Plan de repérage par impression plastifiée

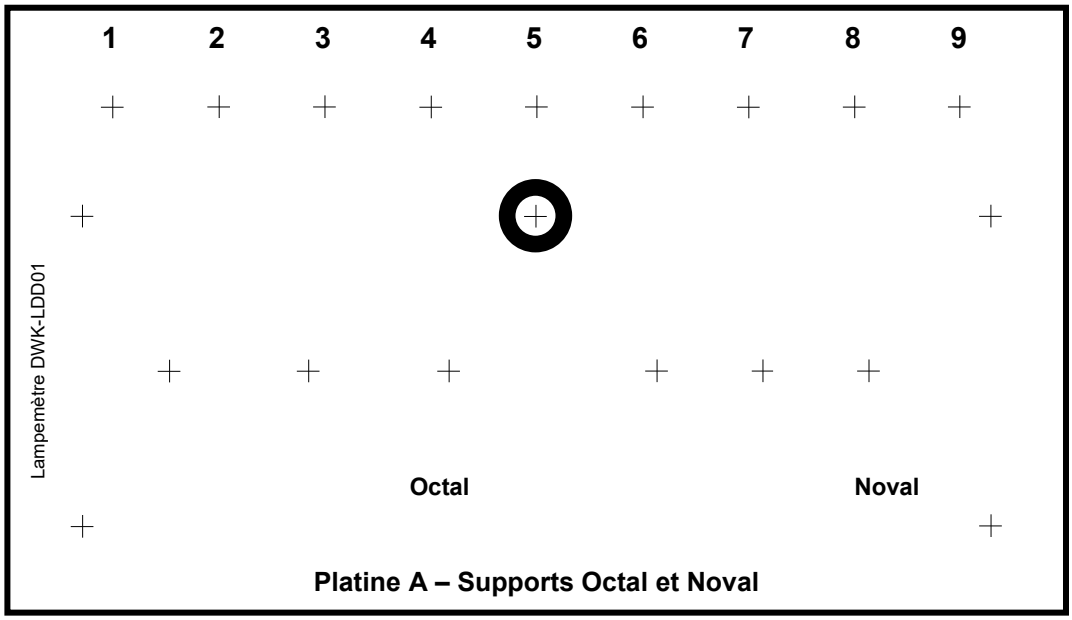
A l'identique de la face avant, le repérage et les légendes peuvent être avantageusement menés à l'aide de la plastifieuse.
Les informations sur la procédure détaillée pour obtenir un résultat propre et esthétique : **ICI** (page 10).

Plutôt que d'imprimer un fond de couleur, il est préférable d'imprimer en mode noir et blanc sur des feuilles de couleur claire. C'est plus régulier, plus économique et cela permet de choisir une couleur différente par type de platine, les rendant plus facile à identifier, lorsqu'elles sont rangées dans le lampemètre.
Dans l'exemple suivant, les 3 platines ont été imprimées en noir et blanc sur un papier jaune.

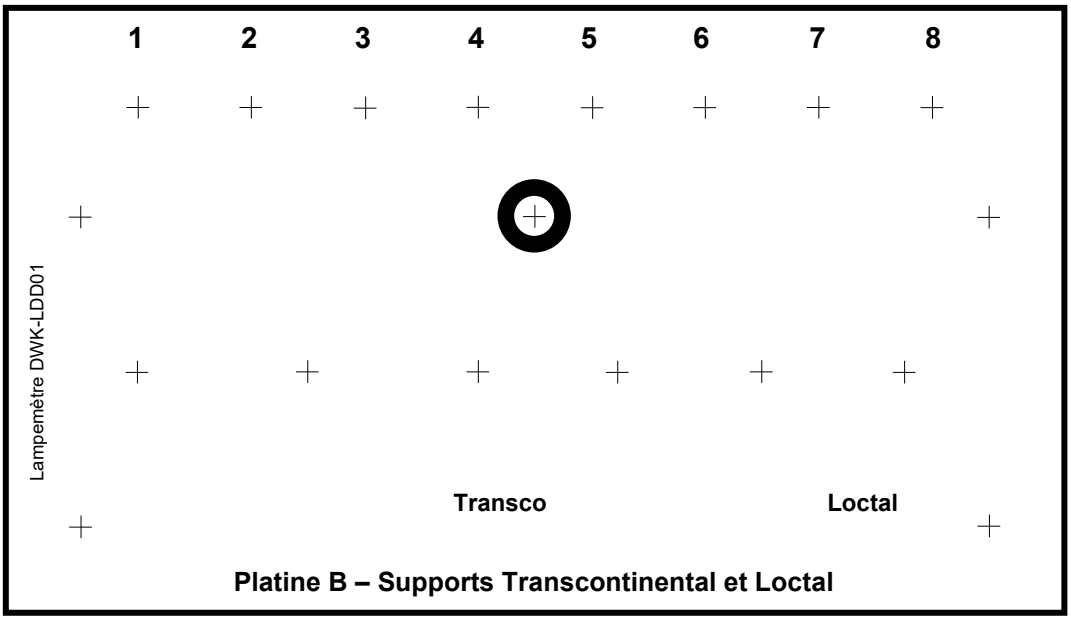
Imprimer les plans des légendes situés aux pages 19 et 20.

- Platine A : Réf. LDD01 - Platine A - Légendes,
- Platine B : Réf. LDD01 - Platine B - Légendes,
- Platine C : Réf. LDD01 - Platine C - Légendes.

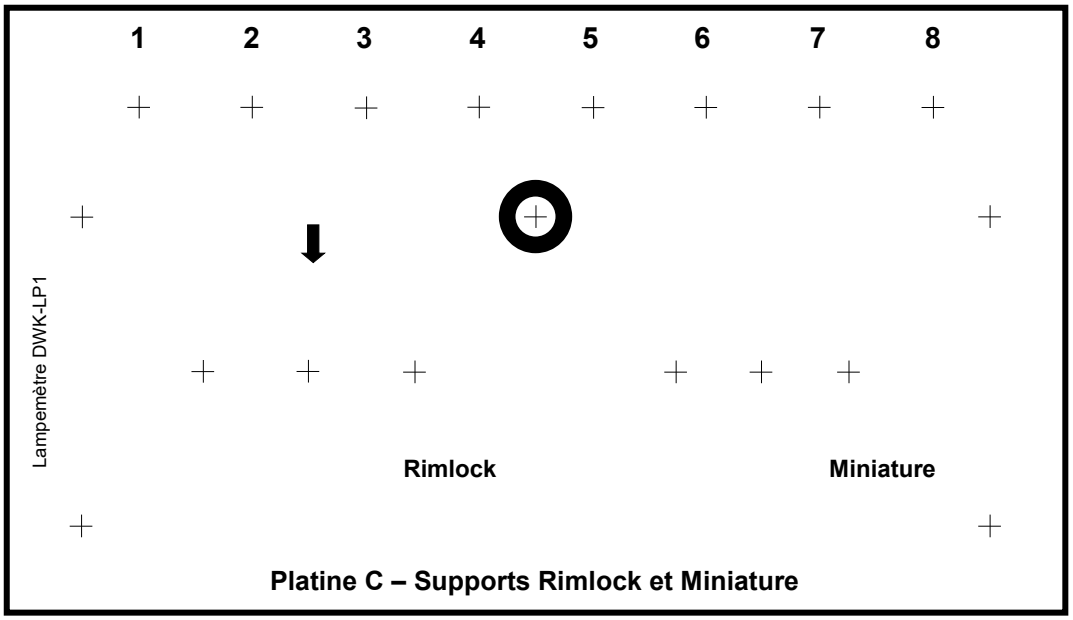
Plan Réf : LDD01 - Platine A - Légendes




Plan Réf : LDD01 - Platine B - Légendes



Plan Réf : LDD01 - Platine C – Légendes




**Platine C – Supports Rimlock et Miniature**

## IV – Illustrations

### *IV.1 – Valise et structure interne*

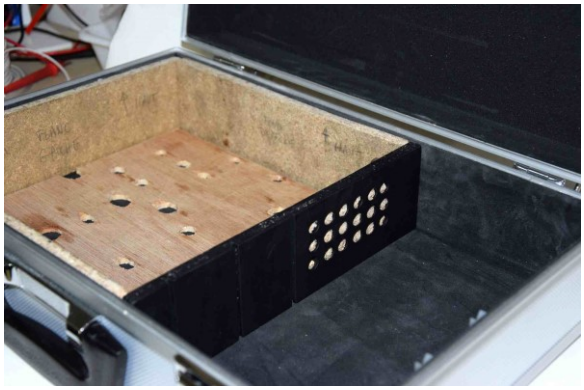
Le jeu de 2 valises acheté chez Castorama (le lot est indivisible).
Pour le lampemètre, c'est la valise du bas qui est utilisée :
Dimensions : 430 x 280 x 130 mm

La seconde a été employée pour ranger le dossier de la fabrication et les documentations des tubes testés.

Pré-aménagement intérieur.
Comme il n'était pas question de percer la valise (…), un châssis en bois a été grossièrement réalisé pour reconstituer des parois utilisées en assise pour le châssis au fond et pour supporter la face avant.
Pour les flancs : bois aggloméré d'épaisseur 10 mm
Pour la plaque de fond : bois contreplaqué d'épaisseur 5 mm

Les trous réalisés sur la paque du fond permettent de dégager les têtes des vis de la plaque du châssis en époxy supportant les modules et sous-ensembles de l'alimentation.

Vue du coffrage intérieur de la valise.
Les flancs sont collés sur les parois souples de la valise à l'aide d'une colle mastic standard.

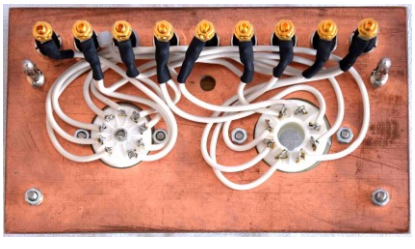


Le flanc de séparation avec la partie « rangement » est fabriqué avec la même nature de bois aggloméré que les 3 autres flancs.
Il a été percé pour assurer une circulation d'air avec le coffre intérieur, nécessaire pour éviter une élévation de la température qui pourrait devenir rapide dans un volume totalement clos.
Ensuite ce flanc a été peint en noir pour respecter une esthétique similaire au revêtement intérieur d'origine de la mallette.
Côté intérieur, une fine grille a été fixée sur les trous d'aération dans l'objectif d'éviter que des éléments indésirables ne se répandent au sein des modules !

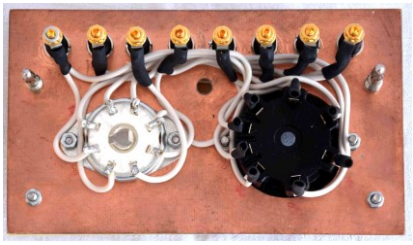
### *IV.2 – Les platines modulaires support des tubes*

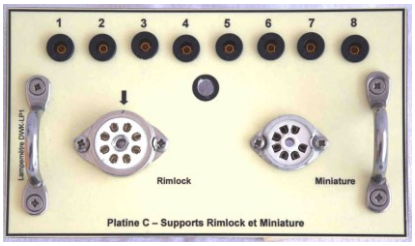
La platine de type A pour recevoir des tubes au culot « Octal » et « Noval ».
Deux petites poignées, achetées en magasin de bricolage permettent l'extraction de la platine.
Ici, les légendes et repères ont été imprimés sur une feuille de papier de couleur jaune pastel, avant d'être plastifiée.

Le câblage ne pose pas de problème particulier. Des cosses ont été montées sur les embases bananes pour faciliter le positionnement des fils avant soudure, puis ont été recouvertes d'une gaine thermo-rétractable.
A droite et à gauche, on remarque les deux corps de fiche banane qui sont utilisés pour guider et maintenir la platine dans le lampemètre.

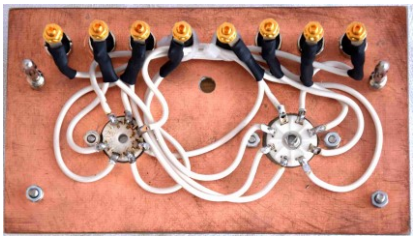


A gauche, la FAV de la platine B pour les supports Transco et Loctal.
A droite, vue du côté câblage.





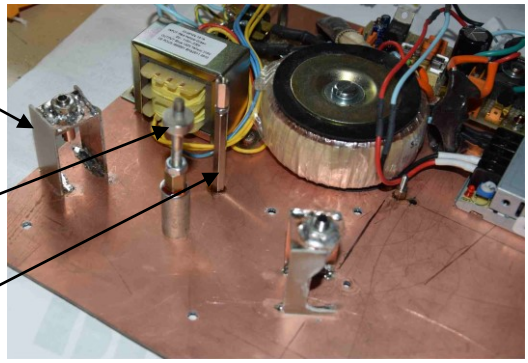

A gauche, la FAV de la platine C pour les supports Rimlock et Miniature.
A droite, vue du côté câblage.



### *IV.3 – Agencement du châssis*

Quelques illustrations de l'agencement de la plaque d'époxy cuivrée qui sera ensuite posée et vissée sur le coffrage bois de fond de la valise.

Détail des deux supports verticaux réalisés avec des chutes d'époxy cuivré et recevant les deux embases bananes femelles utilisées comme des guides de maintien des platines de supports des tubes.
Au centre, la tige filetée avec, au sommet, l'écrou qui permet de verrouiller la platine sur le lampemètre afin d'assurer son maintien lors des manipulations d'insertion et surtout d'extraction des tubes en test.
Derrière une entretoise de rigidité entre châssis et FAV.



Détail des circuits d'alimentation.

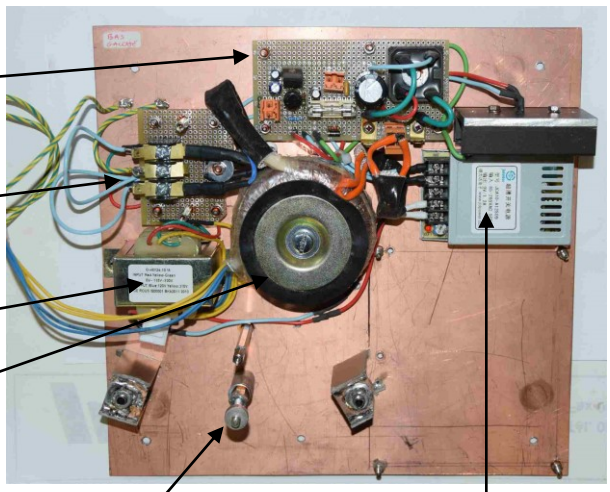
Bloc d'alimentation du module lampemètre fourni avec le kit.

Transistor de puissance monté sur radiateur, de l'alimentation du chauffage des filaments.

Module d'alimentation du chauffage des filaments.
En arrière-plan le transformateur associé.

Barrette de répartition du secteur 230 VAC vers les différents modules d'alimentation du lampemètre.

Le châssis équipé de l'ensemble des modules d'alimentation et des câblages associés.



Module d'alimentation du chauffage des filaments.
En arrière-plan le transformateur.

Barrette de répartition du secteur 230 VAC vers les différents modules d'alimentation du lampemètre.

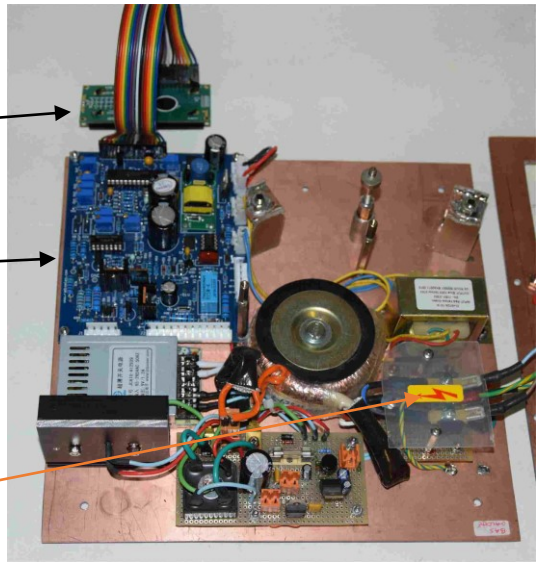
Transformateur HT fourni avec le kit.

Transformateur chauffage filaments.

Vis de verrouillage de la platine.

Le bloc d'alimentation du module lampemètre fourni avec le kit.

Le châssis totalement équipé.

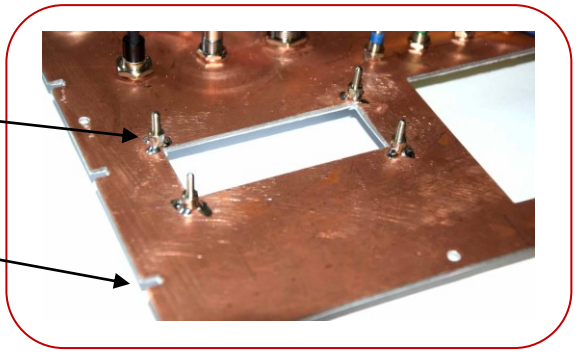


L'afficheur des mesures du lampemètre, fourni avec le kit.

Le module du lampemètre, complet et fonctionnel.

La barrette de distribution du secteur 230 VAC, protégée par une petite plaque de plexiglass.

### *IV.4 – Agencement de la face avant*

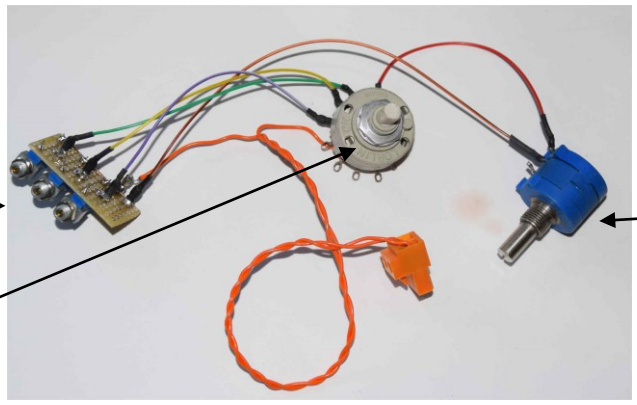


Préparation des fixations de l'afficheur digital des mesures : 4 entretoises filetées de 5 mm de hauteur, directement soudées sur la face cuivrée de la FAV.

Trois encoches pour le maintien des 3 platines dans l'espace « rangement » du lampemètre.

Préparation de la section de commande de la tension de chauffage des filaments

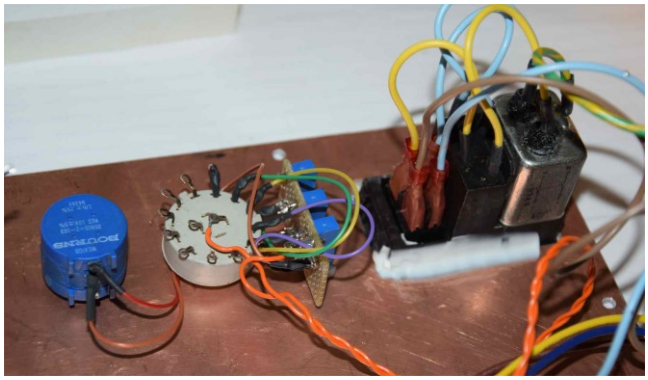
Trois résistances ajustables multi-tours pour les 3 tensions préréglées du chauffage des filaments.



Potentiomètre multi-tours de réglage de la tension ajustable du chauffage des filaments.

Commutateur de sélection de la tension de chauffage des filaments.

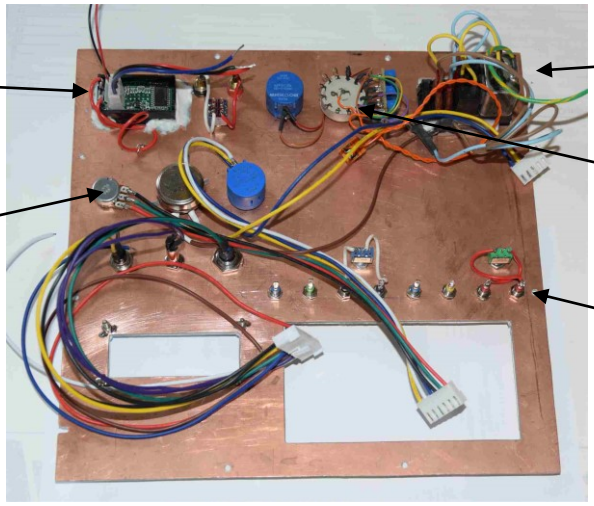
La section de sélection et de réglage de la tension de chauffage des filaments, en place sur la face avant.
A droite, le bloc d'entrée secteur 230 VAC comprenant fiche CE, interrupteur et filtre.



La face avant avec tous ces éléments, en cours de câblage.

Afficheur V et A du chauffage filaments, collé.

Série de 3 potentiomètres de réglage des tensions G1, G2 et A du tube en test.
Ils sont fournis avec le kit, pré-câblés et terminés par des connecteurs à enficher sur le module lampemètre.



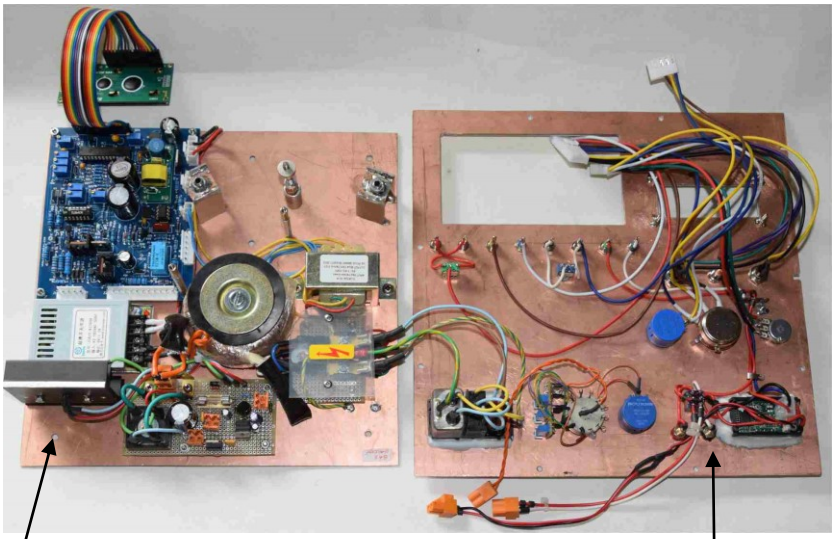
Bloc d'entrée du secteur 230 VAC.

Section réglage de la tension de chauffage des filaments.

Série de mini embases bananes pour le raccordement des électrodes du tube en test, via la platine modulaire.

### *IV.5 – Assemblage général*

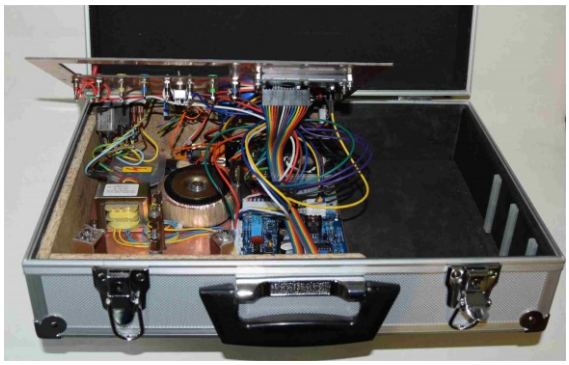
Réassemblage à plat pour contrôler que tout est correct.



La plaque du châssis qui sera posée puis vissée sur la plaque de fond en bois aggloméré.

La face avant qui s'appuiera et sera vissée sur les 4 flancs latéraux en bois.

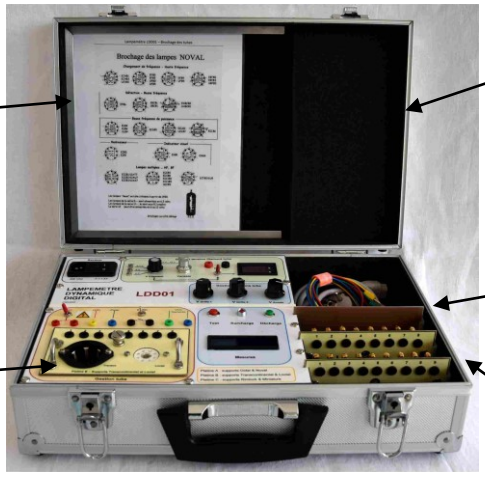
Le châssis est d'abord déposé et vissé sur la plaque de fond en bois aggloméré.
Ensuite, la face avant est amenée délicatement au-dessus.
Tous les connecteurs sont raccordés vers le module lampemètre.
La FAV est posée puis vissée sur les flancs latéraux.



Les finitions :

Cornière en alu collée sur 3 côtés pour assurer le maintien des documents annexes.

Une platine modulaire en place.



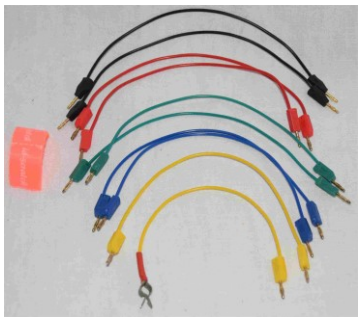
Mousse épaisse sur la largeur de l'espace rangement, afin d'assurer le maintien des platines rangées et des câbles, lorsque la valise est fermée.

Plaque de séparation entre platines et espace rangement.

Les deux autres platines modulaires rangées verticalement.

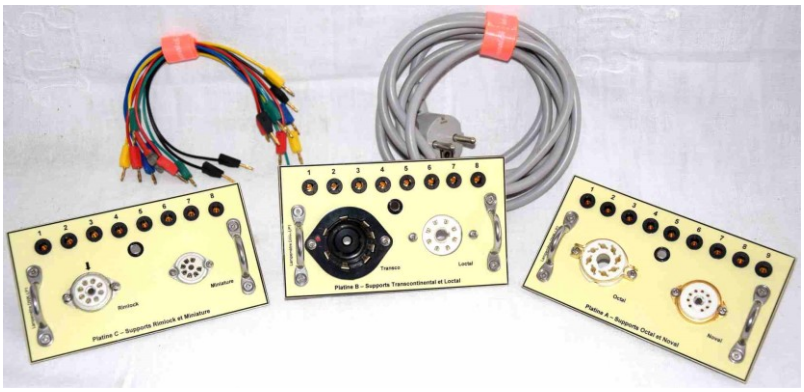
Petite baguette blanche en plastique pour masquer la liaison entre des deux feuilles plastifiées de la FAV.

Espace de rangement pour le câble secteur et les cordons des liaisons entre la platine modulaire et le lampemètre.



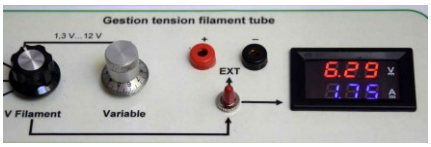
Le jeu de cordons équipés de mini fiches bananes qui permettent de relier chaque électrode du tube en test aux fonctions du lampemètre.
A gauche un morceau de « Velcro » pour attacher l'ensemble, lors du rangement.

Les 3 platines modulaires, le jeu de cordons de raccordement au lampemètre et le cordon secteur.



### *IV.6 – Lampemètre LDD01 en fonctionnement*

Le lampemètre sous tension.
Les deux afficheurs :
En haut la tension (en rouge) et le courant (en bleu) du chauffage des filaments.
En bas les paramètres de gestion du tube en test.



Le lampemètre en fonctionnement avec un tube électronique EL34, série octal, neuf.
Les caractéristiques du constructeur indiquent un courant d'anode de 125 mA pour une tension Anode et G2 de 250 V et une tension G1 de -10 V. Le résultat mesuré : 126 mA soit une précision excellente !

En fonctionnement avec un tube disposant d'une électrode au sommet du tube.
Utilisation du cordon spécial équipé d'un clips pour ce genre d'électrode.

## V – Schémas

### *V.1 – Schéma synoptique du lampemètre*

Le schéma synoptique (page 28) montre l'organisation du lampemètre.

Après le filtrage et la protection secteur, le 230 VAC est distribué vers 3 modules d'alimentation :

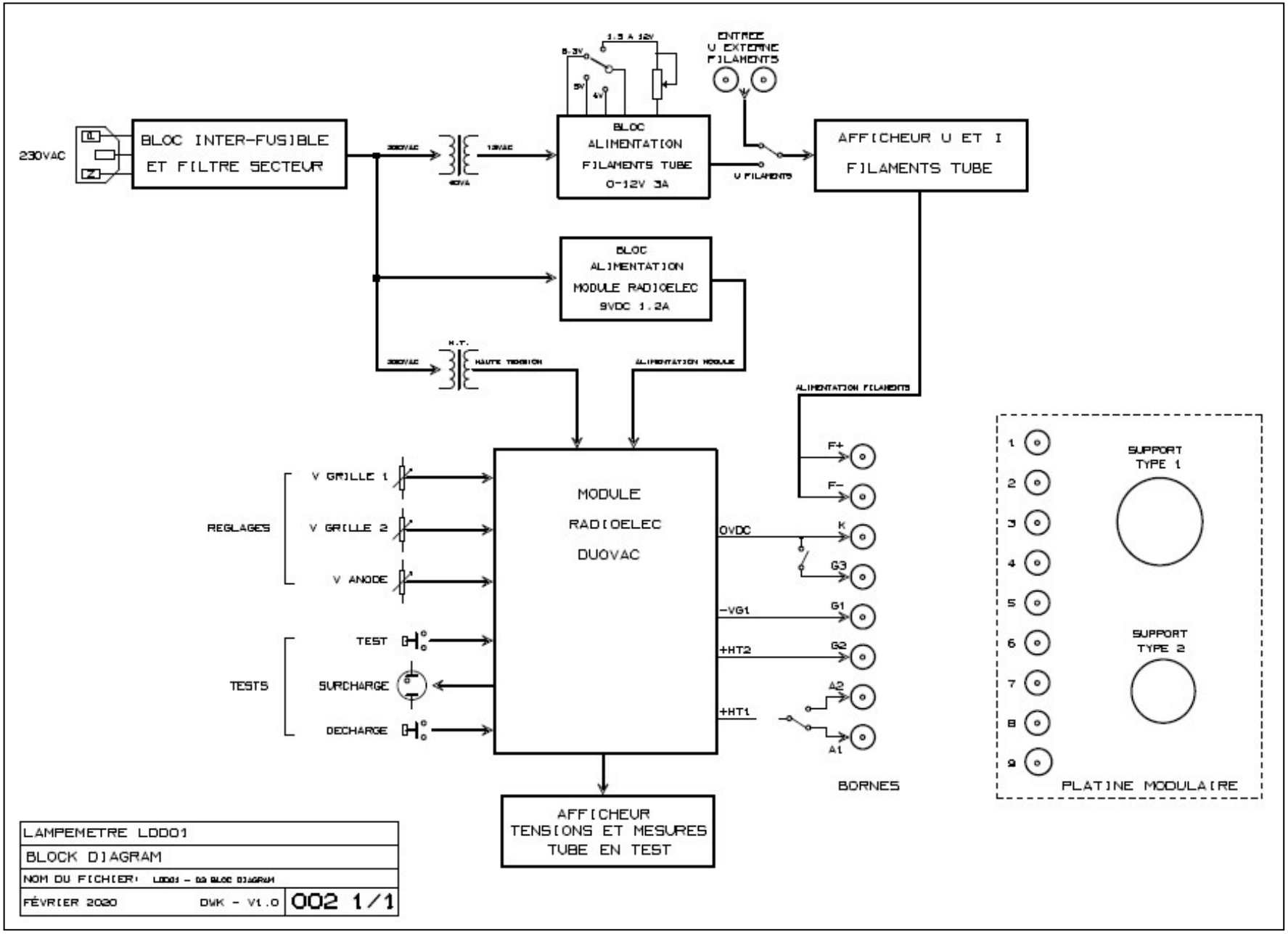
- Le bloc d'alimentation du chauffage des filaments,
- Le bloc d'alimentation du module électronique du lampemètre,
- Le primaire du transformateur haute tension.

Le module principal Radioelec DUOVAC reçoit l'ensemble des commandes (réglages et tests) et les bornes correspondant aux électrodes du tube à tester.
Un câble en nappe se charge de la liaison avec l'afficheur des valeurs des tensions et courants du tube en test.

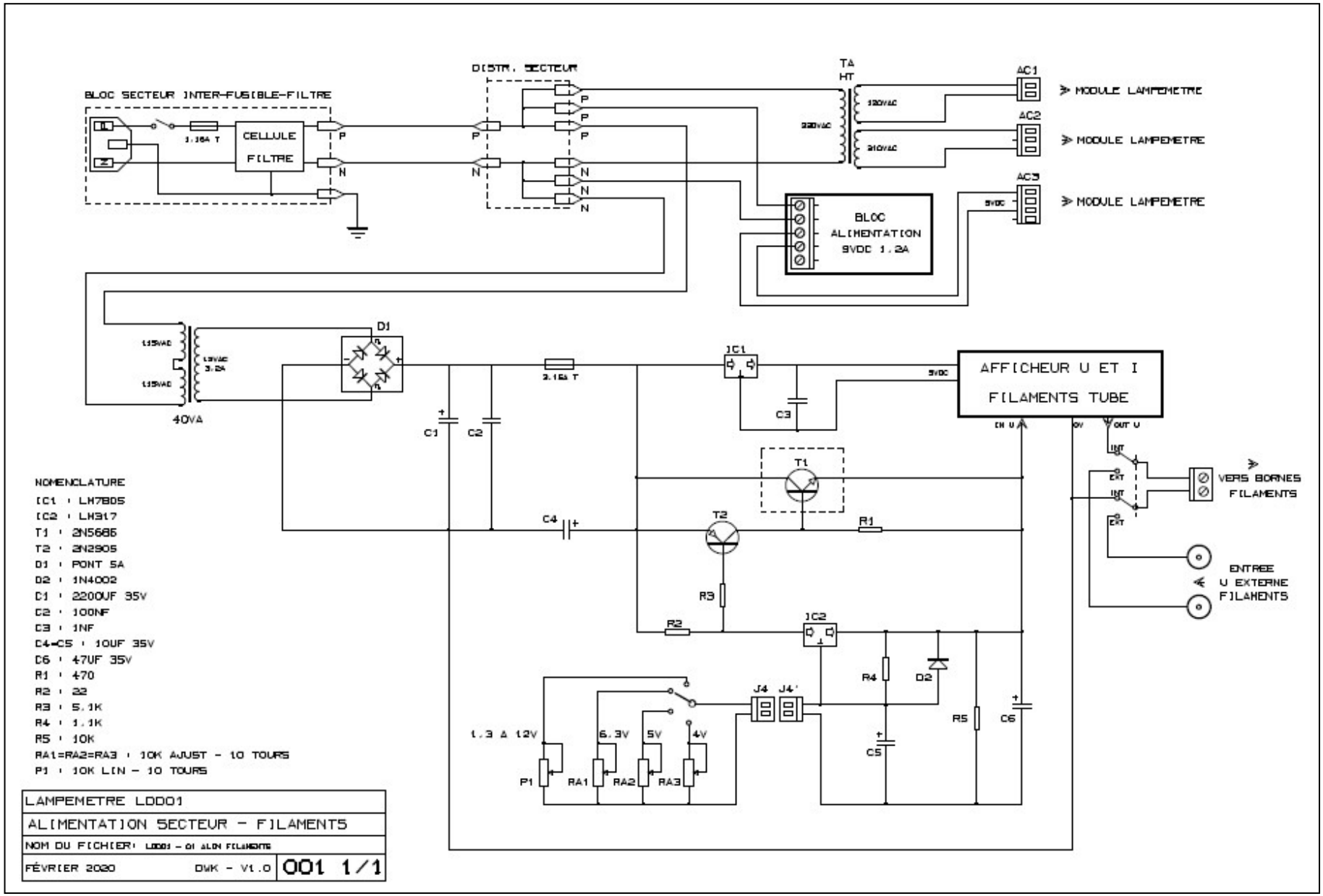
### *V.2 –Schéma électronique du bloc d'alimentation du chauffage des filaments*

Le schéma électronique (page 29) montre la partie électronique ainsi que la nomenclature des composants du bloc d'alimentation du chauffage des filaments du tube en test.
Un transformateur torique de 40VA délivre une tension de 12 V 3,2 A, redressée en double alternance par le pont D1 et filtrée par C1. Un premier régulateur (IC1) délivre les 5 VDC nécessaires à l'alimentation du bloc d'affichage Tension / Courant du chauffage. Un second régulateur (IC2) voit sa tension de référence commandée par un jeu de potentiomètre (P1) et de résistances variables (RA1 à RA3) pour le préréglage des valeurs fixes de 4 V, 5 V et 6,3 V ou variable de 1,3 à 12 V. Un transistor driver (T2) suivi d'un transistor de puissance (T1) assure la fourniture en courant jusque environ 3 A. La tension de chauffage sélectionnée est ensuite envoyée vers les bornes de tests via la mesure Tension / Courant de l'afficheur digital.
Un inverseur permet de choisir une source externe de tension, dans le cas de test du tubes spéciaux (pour poste TSF tous courants).

Lampemètre **LDD01** : synoptique



Lampemètre **LDD01** : schéma électronique et nomenclature de l'alimentation du chauffage des filaments



## VI – Mode d'emploi

Une notice d'utilisation est livrée avec le kit du lampemètre de la société Radioelec.
Cette notice est très complète et mentionne comment effectuer des mesures spécifiques avec le module.
L'amateur se reportera donc à cette notice de référence pour obtenir toutes les informations complémentaires nécessaires à un usage plus spécifique du lampemètre.
A partir de cette notice « Constructeur », un manuel d'utilisation plus synthétique et plus en phase avec l'ergonomie du LDD01 a été rédigé. C'est celui-ci qui est proposé dans ce chapitre.

### *VI.1 – Préparatifs*

Choisir la platine adaptée au type du tube, la placer sur le lampemètre et verrouiller à l'aide de l'écrou supérieur.
A l'aide du guide de brochage des tubes, raccorder l'ensemble des cordons des différentes électrodes aux bornes correspondantes du lampemètre.
Placer le tube à mesurer sur le support.
Placer le commutateur de chauffage sur la position adaptée à la référence du tube.
Mettre le lampemètre sous tension.
Contrôler que la tension de chauffage est correcte, sinon affiner.
Laisser le tube chauffer environ 1 minute.
Régler les tensions d'anode (A) et de grille écran (G3) suivant les indications du constructeur du tube.
Régler ensuite la tension de grille (G1) suivant le fonctionnement adapté et/ou conseillé pour le tube (voir courbes des caractéristiques pour le tube).
Le tube est prêt à être mesuré / contrôlé / évalué.

### *VI.2 – Mesure du courant d'anode*

Lorsque le tube est prêt (étapes du chapitre I effectuées) :
Vérifier que le voyant « Surcharge » est éteint, sinon il y a suspicion de court-circuit dans le tube (sauf cas particulier d'un tube à grand gain ou d'une valve ou d'un œil magique ; dans ce cas poursuivre la mesure même avec le voyant allumé, pas de risque ni danger particulier)
Appuyer sur le poussoir « Test » et lire la valeur du courant d'anode sur l'afficheur des mesures. Lorsque la mesure est stable, relâcher le bouton, la mesure est mémorisée.
Pour un contrôle plus poussé, effectuer cette même mesure de courant d'anode pour différentes tensions d'anode et de grille G1, puis rapprocher les résultats des courbes des caractéristiques.

### *VI.3 – Mesure de la pente*

La pente (ou transconductance) **Gm** s'exprime en mA/V, µS ou µmhos.
Effectuer une première mesure de courant suivant les indications du chapitre II, puis noter le courant $\mathbf{Ia_1}$ correspondant.
Sans toucher aux autres réglages, augmenter ou diminuer de 1 volt la tension de grille 1 (V Grille 1) et noter le nouveau courant $\mathbf{Ia_2}$.
Déterminer la pente **Gm** : c'est la différence entre les courants $\mathbf{Ia_1}$ et $\mathbf{Ia_2}$ exprimée en mA/V. Ou bien en µS ou µmhos en multipliant la valeur obtenue par 1000 : 1mA/V = 1000 µS = 1000 µmhos.
Cette caractéristique, prise sur plusieurs points, permet de connaître la linéarité du tube.

### *VI.4 – Mesure de la résistance interne*

Effectuer une première mesure de courant suivant les indications du chapitre II, puis noter la tension $\mathbf{Ua_1}$ et le courant $\mathbf{Ia_1}$ de l'anode.
Sans toucher aux autres réglages, augmenter ou diminuer la tension d'anode (V Anode) jusqu'à provoquer un changement significatif du courant ; noter ensuite la nouvelle valeur de la tension d'anode $\mathbf{Ua_2}$ et le nouveau courant $\mathbf{Ia_2}$.

Déterminer la résistance interne du tube (**Rp**) : C'est la différence des deux tensions d'anode divisée par la différence des deux courants d'anode correspondants, soit :
**Rp** = (**$Ua_1$** - **$Ua_2$**) / (**$Ia_1$** – **$Ia_2$**). **Rp** s'exprime en Ohm (Ω).

### *VI.5 – Calcul du gain*

Le gain **µ** est égal à la pente multipliée par la résistance interne.
Soit **µ** = **Gm** (en mA/V) x **Rp** (en Ω).

### *VI.6 – Appairage de deux tubes*

Pour un appairage standard, il suffit de relever les mesures du courant d'anode en plusieurs points de la courbe (suivant procédure du chapitre II), pour chacun des tubes, puis sélectionner les 2 tubes produisant les courants les plus proches pour les mêmes points de mesure.
Pour un appairage plus poussé, en plus de cette méthode, mesurer la pente et la résistance interne de chaque tube et rapprocher ceux dont les résultats sont les plus proches.

### *VI.7 – Mesure rapide des tubes doubles*

Les mesures des tubes comme les doubles triodes de la série ECC et autres peuvent s'effectuer rapidement en raccordant toutes les électrodes en parallèle sauf les anodes à raccorder respectivement sur les bornes **$A_1$** et **$A_2$** du lampemètre.
Placer l'inverseur $A_1/A_2$ sur **$A_1$** : appuyer sur le bouton « Test » et relever le courant **$Ia_1$**.
Placer ensuite l'inverseur $A_1/A_2$ sur **$A_2$** : appuyer sur le bouton « Test » et relever le courant **$Ia_2$**.
Cette méthode permet de contrôler que les deux sections du tube possèdent rigoureusement les mêmes caractéristiques (appairage).

### *VI.8 – Mesure des tubes « diode »*

Ces tubes de faible puissance peuvent être testés jusqu'à un débit maxi d'une quinzaine de mA, à l'aide de l'alimentation interne du module. Pour des courants supérieurs suivre la procédure de test des valves (Chapitre VI.9).
Avant de placer le tube sur son support, s'assurer que la tension d'anode délivrée par le lampemètre est proche de 0 V (Placer le potentiomètre V Anode à zéro et appuyer plusieurs fois sur le bouton « Décharge » pour amener la tension d'anode vers 2 / 3 V ou moins).
Placer le tube sur son support.
Les raccordements s'effectuent comme pour les autres tubes : fil de la cathode vers la borne **K** et fil Anode vers la borne **$A_1$** ou **$A_2$** (suivant position de l'inverseur $A_1/A_2$).
Lorsque le tube est chaud, tourner doucement le potentiomètre V Anode et observer la croissance du courant en la comparant à la courbe présentée dans les spécifications du tube.

### *VI.9 – Mesure des tubes « valve »*

Les valves ou tubes redresseurs peuvent être partiellement testés avec l'alimentation HT interne du lampemètre LDD01. Néanmoins l'absence de grille de commande empêche le fonctionnement en mode impulsionnel et le débit permanent peut dépasser la capacité de cette alimentation interne.
Dans ce cas, il convient d'utiliser une alimentation variable extérieure. Cette alimentation devra délivrer une tension continue, ajustable de 0 V à la valeur désirée (selon la courbe du tube à tester).
Le négatif de l'alimentation sera relié à GND (J2 pin1 ou 2) et le pôle positif à la (ou aux) borne(s) correspondant à l'anode ou aux anodes.
Le raccordement et la séquence des tests sont identiques à la procédure utilisée pour les tubes « diodes » (Chapitre VI.8).

### *VI.10 – Mesure des tubes « régulateur à gaz »*

Le test de ces tubes s'effectue en insérant une résistance de limitation de valeur appropriée entre la borne **$A_1$** ou **$A_2$** (suivant la position de l'inverseur $A_1/A_2$) et l'anode du tube, afin d'assurer une limitation du courant (se reporter aux caractéristiques du tube).
Connexions entre borne **K** et **$A_1$** ou **$A_2$**.
Tourner doucement le potentiomètre V Anode. La tension d'amorçage est lue directement sur l'afficheur.

### *VI.11 – Mesure des tubes « œil magique »*

Le test de luminosité de l'œil magique peut s'effectuer simplement en reliant ses électrodes aux bornes appropriées du lampemètre et en ajoutant, selon les caractéristiques du tube, le ou les résistances de valeur appropriée pour les anodes.

## VII – Quelques liens utiles

La plupart des composants sont aisément disponibles grâce à l'offre mondiale accessible en quelques clics sur internet. Quelques-uns ont été relevés, pour simplifier la recherche de l'amateur. Les noms des sociétés et les liens URL indiqués ci-après sont fournis à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'auteur ni celle de l'association Radiofil.
Aucun lien commercial ni intérêt direct ou indirect ne lient l'auteur ou le club, avec aucune de ces sociétés.

Module kit lampemètre complet (modèle choisi par l'auteur) : Radioelec

Bloc d'alimentation de chauffage : Radioelec

Kit de 10 cordons de mesure et 10 embases « banane » de couleur (2 mm) : Radioelec

Afficheur Tension et Courant des filaments : Amazon :

Supports de tubes, différents standards : ICP Electronique :

Potentiomètre et résistances ajustables : Conrad

Entretoises filetées : RS Composants

Plaques époxy cuivrées

- ✓ Epaisseur = 0,6 mm : Mano Mano
- ✓ Epaisseur = 1 mm : Amazon
- ✓ Petites tailles à assembler : E44 Electronique ; Gotronic

Plaque de tôle d'aluminium. Lisse, brute, épaisseur 1,5 mm en plaque de 50 x 25 cm : Leroy-Merlin

Plaque de tôle d'acier. Epaisseur 1 mm en plaque de 50 x 100 cm : Castorama

Mallette. Lot de 2 mallettes en aluminium 32 et 43 cm (43 x 28 x 13 cm) : Castorama

Plastifieuse A4 : Amazon

Fiches de brochage des principaux tubes radio : Radioman33

Caractéristiques complètes de nombreux tubes électroniques standards : DrTube

*Le club Radiofil :*
Le club Radiofil rassemble environ 2500 adhérents autour d'une passion commune : connaître, restaurer, collectionner et préserver les postes de TSF, ainsi que ce qui est lié à la reproduction du son et de l'image.
Le site internet : www.radiofil.com
Le forum : http://retro-forum.com/.

*Conception et rédaction : Daniel Werbrouck - 04-2020.*
*Fin du document.*