



**Conservation-restauration d'un chrono-comparateur Greiner
Chronografic : La compréhension d'un système complexe et
problématique des composants électriques anciens.**

Mémoire présenté par :
Le Meur Jean-Dominique

Pour l'obtention du

Master of Arts HES-SO in Conservation-restoration
Orientation objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2018-2019

Remise du travail : 15.07.2019

Jury : 28/29.08.2019

Nombre de pages : 205

Engagement

« J'atteste que ce travail est le résultat de ma propre création et qu'il n'a été présenté à aucun autre jury que ce soit en partie ou entièrement. J'atteste également que dans ce texte toute affirmation qui n'est pas le fruit de ma réflexion personnelle est attribuée à sa source et que tout passage recopié d'une autre source est en outre placé entre guillemets. »

Date et signature :

Le 15 Juillet 2019

Remerciements

Je tiens particulièrement à remercier les personnes suivantes qui m'ont été d'une aide essentielle lors de la réalisation de mon travail de diplôme :

- Monsieur Pierre-René Beljean, président de la Fédération du Patrimoine Scientifique et Industriel à Neuchâtel, qui a été mon Mentor au cours de ce travail de diplôme et qui m'a été d'une aide inestimable lors de l'étude du système électrique de mon objet, et ce avec une disponibilité extraordinaire.
- Monsieur Alanig Gaillard, Directeur de l'atelier de Restauration Vintage Blancpain ; qui a été mon maître de stage durant ce travail de diplôme. Merci pour la confiance qu'il a pu m'accorder et accorder à notre école en nous confiant le Chrono-comparateur Greiner Chronografic, et de l'opportunité que cela a pu représenter pour moi de travailler sur un tel sujet.
- Mme Ursula Ingold et M Christof Schädeli de la société Greiner Vibrograf AG, pour les informations qu'ils ont pu me donner concernant le lubrifiant à utiliser avec notre appareil, ainsi que la documentation en allemand concernant un appareil similaire.
- Monsieur Marc Voisot, propriétaire et horloger de l'atelier Chronos à Quévert (France), pour les nombreux documents pertinents qu'il a pu me fournir concernant les chrono-comparateurs, et qu'il a gentiment scanné spécialement pour pouvoir me les envoyer.
- Toute l'équipe du Fablab de Neuchâtel, grâce à qui j'ai pu avoir accès à une formation de découpe laser et ainsi réaliser l'outil de découpe de rouleaux de papier sur mesure.

Enfin un grand merci à ma famille et mes amis qui m'ont supportés pendant ces quelques mois ; particulièrement mes parents qui ont toujours été présents et qui m'ont soutenus depuis le début de mes études à aujourd'hui, et sans lesquels très honnêtement je ne serais jamais arrivé jusqu'ici.

Et au passage merci à la société Ferrero de commercialiser le Nutella, sans quoi j'aurais probablement perdu plus que 16Kg pendant la réalisation de ce travail de diplôme...

Table des matières

Remerciements.....	1
Résumés :	5
Abstracts:	6
Introduction	8
<i>Problématique/mandat</i> :.....	8
<i>Bref historique des chrono-comparateurs</i> :.....	9
Chapitre I : Présentation de l'objet, histoire, fonctionnalité et mécanisme :	10
1. Description de l'objet.....	10
1.1. Fiche technique	10
1.2. Inscription et marquages.....	11
1.3. Techniques de fabrication.....	12
2. Fonctionnalité de l'objet (explication générale)	13
3. Contexte historique de l'objet (interventions passées, lieux de stockages successifs, etc.)	14
Etude du fonctionnement de l'objet :.....	14
4. Compréhension du système par rétro-ingénierie.	14
4.1. L'identification des principaux composants du système.....	14
<i>La résistance</i> :.....	15
<i>La résistance de puissance</i> :.....	16
<i>Le potentiomètre</i> :.....	16
<i>Le condensateur</i> :.....	16
<i>La bobine</i> :	19
<i>La diode</i> :	19
<i>Le pont de Graetz</i> :.....	20
<i>Les quartz</i> :	21
<i>Le micro piézoélectrique</i> :	21
<i>Les tubes électroniques (ou « lampes »)</i> :	22
4.2. La lecture d'un objet électrique complexe	23
4.3. Simplification du système électrique relevé	27
4.4. Compréhension du système électrique et compartimentation en blocs fonctionnels.....	30
<i>Bloc A : Réception du signal et pré-amplification</i>	32
<i>Bloc B : Etage amplificateur N°1</i>	33
<i>Bloc C : Etage amplificateur N°2</i>	33
<i>Bloc D : Etage amplificateur N°3</i>	34
<i>Bloc E : Commutation Marquage/casque</i>	34
<i>Bloc F : Marquage du papier</i>	35

<i>Bloc G : L'oscillateur à quartz</i>	36
<i>Bloc H : L'étage diviseur de fréquence N°1</i>	37
<i>Bloc I : L'étage diviseur de fréquence N°2</i>	38
<i>Bloc J : L'étage diviseur de fréquence N°3</i>	39
<i>Bloc K : L'étage de puissance</i>	40
<i>Bloc L : Ensemble moteur</i>	41
<i>Bloc N : Filtrage d'alimentation Haute Tension</i>	41
4.5. Résumé du fonctionnement du système et représentation schématiques	43
<i>Analyse de la fonction de l'objet et de son contexte d'usage</i>	43
<i>Organigramme des sous-fonctions</i>	45
<i>Organigramme des organes fonctionnels</i>	53
5. Valeurs culturelles.....	55
Chapitre II : Diagnostic de conservation et interventions réalisées	56
1. Constat d'état.....	56
1.1. Châssis et partie extérieure.....	56
1.2. Système électrique.....	58
1.3. Partie mécanique	58
2. Diagnostique, impact des valeurs culturelles et pronostic.....	59
2.1. Châssis et partie extérieure.....	59
2.2. Système électrique.....	60
2.3. Partie mécanique	60
3. Proposition d'interventions validées par le mandant	61
Objectifs.....	61
3.3. Partie mécanique	62
Intervention :.....	62
1.	62
4. La partie électrique	62
5. La partie mécanique.....	64
5.1. Documentation du mécanisme	64
5.2. Nettoyage	65
5.3. Lubrification	66
Chapitre III : Utilisation et maintenance, conservation préventive :	68
Recommandation :	68
1. La partie électrique	68
1.1. Les éléments à surveiller	68
1.2. Inventaire des composants électriques dits « d'usure » et vérification de leur disponibilité	68

2. Conservation préventive	69
Le besoin d'une alimentation adaptée à notre objet.....	69
3. Détection des pannes :.....	70
4. Envisager le remplacement éventuel d'un composant.....	92
4.1. Remplacement du rouleau de papier :	92
4.1.1. La commande de rouleaux sur-mesure.....	92
4.1.2. L'adaptation de rouleaux de largeur trop importantes.....	92
Premier essai presque concluant : La scie.....	92
Problématique : atteindre une coupe nette sur tout un rouleau.	93
4.2. Proposition de plusieurs méthodes de remplacement de composants électriques et jugement de leurs impacts respectifs.....	95
4.2.1. Méthode 1 : Remplacement par composant moderne plus fiable mais d'esthétique différent	95
4.2.2. Méthode 2 : Remplacement par composant de technologie ancienne (esthétique semblable) ...	95
4.2.3. Méthode 3 : Déconnexion discrète de l'élément et ajout d'un élément moderne.....	96
4.2.4. Méthode 4 : Réalisation d'un fac-similé ayant l'apparence de l'ancien composant avec un moderne à l'intérieur	96
5. Présentation du guide d'utilisateur simplifié et recommandations.....	97
5.1. Guide d'utilisateur simplifié.....	97
5.2. Recommandations	97
Conclusion	98
Bibliographie : Liste des références bibliographiques citées, classées par ordre alphabétique.....	99
Liste des figures	108
Liste des Schémas	114
Liste des documents	114
Annexes.....	116
Figures	116
Schémas.....	128
Documents	134

Résumés :

Faisant partie intégrante à la fois des collections des musées du patrimoine scientifique, technique et horloger, les objets tel que le chrono-comparateur Greiner Chronografic autour duquel ce dossier est axé et qui comportent une importante partie électrique restent une portion assez négligée du patrimoine actuel. Il est donc admis qu'il est important de s'occuper de ces objets mais à ce jour seul une minorité de restaurateurs s'y intéressent vraiment.

Ce dossier a donc été rédigé pour répondre à deux critères différents :

Être un document pédagogique permettant d'entreprendre un travail de compréhension sur un objet électrique :

- En proposant une méthodologie de rétro engineering pour documenter et comprendre un système électrique.
- En adaptant la méthodologie Schematec aux objets électriques afin de permettre la création d'infographie aidant à la compréhension d'un système électrique pour le plus grand nombre.

Être un document d'accompagnement de l'objet Greiner Chronografic :

- En permettant le cas échéant de déceler et de localiser une éventuelle panne au sein du système électrique.
- En émettant un certain nombre de recommandation afin d'assurer l'utilisation de l'appareil sur le long terme.

Le tout englobé dans un travail de conservation restauration où des traitements ont pu être réalisés sur l'objet, mais également où des solutions propres aux problématiques de notre objet ont pu être mises au point. Notamment par la création d'un appareil permettant d'obtenir des rouleaux de papiers dont la largeur est propre à notre objet et aujourd'hui indisponible sur le marché ; par la réalisation d'un boîtier permettant d'obtenir une tension correspondant à celle pour laquelle notre objet a été conçu (220V) et qui est différente à celle utilisée de nos jours (230V) ; et enfin par la recherche d'un lubrifiant de substitution à celui préconisé à l'origine par le constructeur.

L'objet ainsi traité, accompagné de ces accessoires et de cette documentation peut ainsi retourner au sein de l'atelier de restauration Vintage Blancpain au Brassus (VD) où il est utilisé à des fins de démonstrations lors des visites.

Ce travail est guidé par l'importance du maintien en fonctionnement de ce type d'objets (lorsque leur état le permet) afin d'assurer la conservation de tout l'aspect patrimoine immatériel détenu par ces objets et qui lorsqu'ils ne fonctionnent pas sont réduits à des appareils muets, dont la fonction et le fonctionnement sont rendus moins lisibles et pédagogiques.

Abstracts:

As an integral part of the collections of the scientific, technical and horological heritage museums, objects such as the chrono-comparator Greiner Chronografic around which this document is focused, and which include a large electrical part, remain a rather neglected portion of the current museum heritage. It is therefore recognized that it is important to take care of these objects but actually, only a minority of heritage conservators are really interested.

This document has been written to answer two different criteria:

To be a pedagogical document allowing to undertake a work of comprehension on an electric object:

- By proposing a reverse engineering methodology to document and understand an electrical system.
- By adapting the Schematec methodology to electrical objects to allow the creation of computer graphics helping to understand an electrical system for the greatest number.

To be a companion document to the Greiner Chronografic object:

- By allowing the detection and localization of a possible failure in the electrical system.
- By issuing several recommendations to ensure the long-term use of the device.

The whole encompassed in a conservation-restoration work where treatments were carried out on the object, but also where solutions specific to the problems of our object were developed.

Notably by creating a special tool to obtain paper rolls whose width is specific to our object and today unavailable on the market; by the realization of an intermediate system permitting to obtain a voltage corresponding to the needs of our Chrono-comparator (220V) and which is different to that used nowadays in our power outlets (230V); and finally by looking for a replacement lubricant to the one originally recommended by the manufacturer and nowadays not produced anymore.

The object thus treated and accompanied by these accessories and this documentation can thus return to the Vintage Blancpain restoration workshop in Le Brassus (VD) where it is used for demonstration purposes during visits.

This work is guided by the importance of keeping this type of object in operation (when their condition allows it) to ensure the conservation of all the intangible heritage aspect held by these objects and which when they do not work are reduced to mute devices, whose function and operation are less readable and pedagogical.

« *Omnia ergo quaecumque dixerit vobis servate et facite : secundum opera vero eorum nolite facere ; dicunt enim et non faciunt.* »

« Observez donc et faites tout ce qu'ils vous diront, mais ne faites pas ce qu'ils font, car ils disent ce qu'il faut faire et ne le font pas. »

**L'Evangile selon Saint-Matthieu
(Chapitre XXVIII, vers 2 et 3)**

Introduction

Lorsque l'on parle de patrimoine horloger, c'est naturellement le produit final du travail de l'horloger qui nous vient à l'esprit et non pas les outils qu'il a pu utiliser pour leur réalisation. Le constat est simple : si beaucoup de musées d'horlogerie ont dans leurs collections des outils horlogers, peu les utilisent dans leurs expositions autrement qu'à des fins muséographiques et décoratives dans les vitrines ; d'autant plus si ces appareils comportent une partie électronique qui souvent reste un aspect assez boudé du patrimoine horloger.

Cependant, si l'on peut préférer ces montres, horloges, etc. aux outils qui ont permis leur conception, ces outils n'en sont pas moins des pans entiers du patrimoine horloger puisque sans la modernisation et le perfectionnement de ces derniers nous n'aurions pas pu atteindre les standards de qualité et de précision actuels dans l'horlogerie mécanique.

C'est pourquoi il est important de s'intéresser à ce type d'objet, pour les comprendre et les documenter avant que trop de temps ne soit écoulé et que les personnes qui ont connu ce type de technologie ne soient plus là pour nous transmettre ces informations, ce qui rendrait alors l'étude de ces objets encore plus compliquée.

Problématique/mandat :

La problématique de ce travail de diplôme, axée autour du chrono-comparateur Greiner Chronografic, concerne la compréhension du fonctionnement de notre objet comportant une importante partie électrique, sa documentation, mais également de permettre son utilisation à long terme car cet objet est destiné à être utilisé au sein de l'atelier de restauration vintage Blancpain.

Pour ce faire nous allons tenter de remplir les objectifs suivants :

- Etude de l'objet par « retro-engineering ».
- Production d'une documentation relative au fonctionnement notre objet pour permettre :
 - La compréhension de son fonctionnement.
 - La détection des éventuelles pannes.
 - Son utilisation dans de bonnes conditions.
- Répondre aux besoins de l'appareil pour permettre son fonctionnement à long terme.

Un de nos objectifs ici est également de tenter de produire une infographie accessible et compréhensible pour le plus grand nombre en tentant d'adapter la méthode Shematec¹ aux objets électromécaniques.

L'intégralité de ce dossier est rédigée avec la volonté d'être un document pédagogique permettant aux néophytes l'approche de ce type d'objets, en les guidant étape par étape au fil de l'étude du fonctionnement de l'appareil et par le biais de vulgarisation et d'illustrations de ces étapes ; mais ce document se veut également être un document d'accompagnement de l'appareil qui permettrait la détection de dysfonctionnements et de pannes.

¹ Degriigny & Jeanneret, 2016 [En ligne]

Bref historique des chrono-comparateurs :

La mesure précise du temps est un défi de longue date pour l'homme, d'abord grâce à l'observation des astres en 4800AVJC², puis en correspondance avec les 365 jours annuels découverts par les babyloniens au 6eme siècle AV-JC³, jusqu'à l'utilisation des observatoires afin de connaître précisément l'heure et de certifier les chronomètres⁴ de l'industrie comme ce fut le cas pour l'Observatoire de Neuchâtel fondé en 1858⁵.

Un réel besoin de précision se fait sentir et les réglages de nos gardes temps qui deviennent de plus en plus exigeants car la mesure précise du temps doit se faire en adéquation avec les besoins que nous avons dans les domaines des sciences et des techniques⁶. Les méthodes de production et de contrôle⁷ en horlogerie se sont perfectionnés et permettent l'obtention de mouvement précis.

Avant l'apparition des chrono-comparateurs vers 1930⁸, la méthode la plus standard pour surveiller la marche des mouvements horlogers était l'observation de sa marche instantanée, cette dernière consiste à observer la dérive de la montre sur deux observations à 24 heures d'intervalle.⁹ Bien que cette méthode soit toujours employée de nos jours « l'instantanéité » de l'obtention du résultat reste toute relative, c'est pourquoi elle est bien souvent combinée avec l'utilisation de chrono-comparateurs qui offrent la possibilité d'avoir un résultat en quelques secondes. Les réglages du mouvement afin de lui permettre d'avoir la meilleure précision possible sont alors rendus bien moins chronophages.

Ces appareils sont aujourd'hui toujours présents sur l'établi de l'horloger, cependant ceux d'aujourd'hui sont miniaturisés et ne sont plus de la même technologie puisqu'ils intègrent des transistors et des microprocesseurs et non plus des lampes. La miniaturisation est arrivée à un point tel que cet instrument existe également sous la forme d'accessoire de poche à brancher directement à son smartphone.¹⁰

² FLECHON D., 2011, p.27

³ FLECHON D., 2011, p.41

⁴ HUMBERT B., 1965, p.5

⁵ TIMELAB, 2016 [En ligne]

⁶ DECAUX B., 1959, p.30 & p.54

⁷ PIANTINO J.P., 1970

⁸ GUYE R-P., 1953, p.1

⁹ DEFOSSEZ L., 1952 p.46

¹⁰ Lepsi.ch, 2016 [En ligne]

Chapitre I : Présentation de l'objet, histoire, fonctionnalité et mécanisme :

1. Description de l'objet

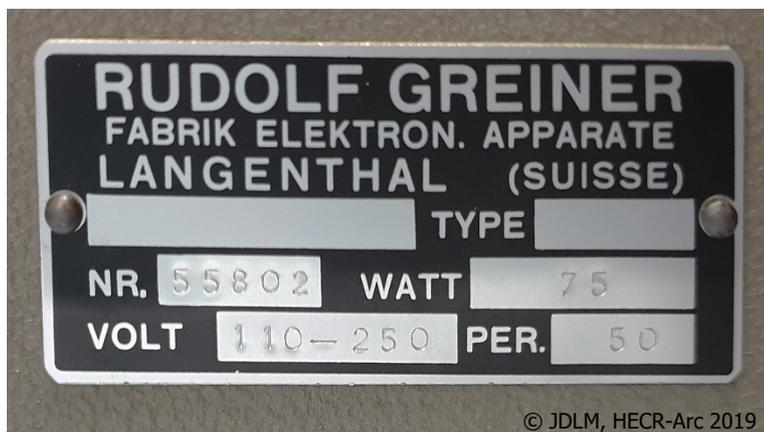
1.1. Fiche technique



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 1 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic

[L'ensemble des photographies de l'objet sont disponibles en Figure 150 à Figure 164 en annexes p.116 à 118]



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 2 : Vue de la plaque constructeur au dos de l'appareil

Dénomination :

Chrono-comparateur

Fabricant :

Rudolf Greiner – Fabrik Elektron. Apparate

Année de fabrication :

Vers ~1950

Usage :

Mesure de la précision des mouvements horloger et contrôle de leur bon fonctionnement.

Propriétaire :

Atelier de restauration Vintage Blancpain, Le Brassus (Canton de Vaud), Suisse

Matériaux principaux :

Fonte de fer, alliages d'aluminium, verre, silice et polymères*

Dimensions de l'instrument :

(L. x p. x h.)

- Corps principal : 31 x 36 x 20 cm
- Micro : 12 x 10 x 10 cm

Poids de l'instrument :

13,5 kg

*Hypothèse d'après les observations réalisées sur notre objet, sans méthode d'analyse ou matériel scientifique.

1.2. Inscription et marquages

Nous ne développerons pas ici les inscriptions et marquages présents sur le système électrique, cela ferait doublon avec le point 4 p.14 où la signification de ces marquages est expliquée.

Revenons d'abord sur la plaque constructeur visible en Figure 2 p.10, nous pouvons y lire le nom du fabricant : « RUDOLF GREINER FABRIK ELECTRON. APPARATE » son lieu d'origine « LANGENTHAL (SUISSE) » ainsi que son numéro de série ou de modèle : « 55802 », mais nous avons d'ores et déjà des informations sur le fonctionnement de l'appareil avec des informations sur sa puissance consommée en watts : « 75 » ainsi que la plage de tension en volts à laquelle notre appareil peut être alimenté en fonction du réglage du transformateur : « 110-250 ».

Nous pouvons également voir en Figure 3 ci-contre les fréquences de travail inscrites au niveau du sélecteur de fréquences, ces chiffres correspondent au nombre d'alternances par jours des mouvements horlogers compatibles avec notre appareil.



Figure 3 : Les fréquences de travail de notre appareil

Une étiquette manuscrite présentée en Figure 4 ci-contre nous donne des informations concernant une précédente révision de l'appareil « Révision complète par Mr Grandjean Le » et « Nouveau pa**** 22 XII 59 Greiner »¹¹.

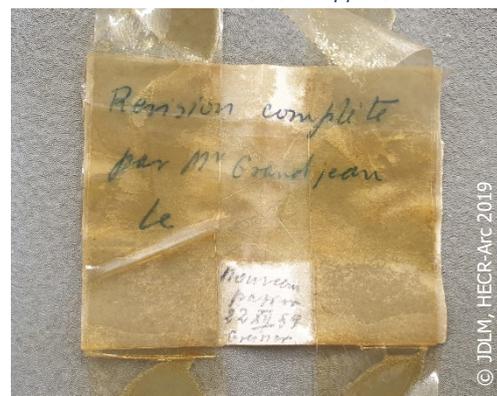


Figure 4 : Etiquette manuscrite présente à l'intérieur du capot de l'objet.

Le disque gradué comporte des inscriptions en secondes et en minutes, dans le sens positif et négatif qui permettent, comme cela sera explicité au point 2 Fonctionnalité de l'objet (explication générale) p.13, la lecture de la courbe obtenue.

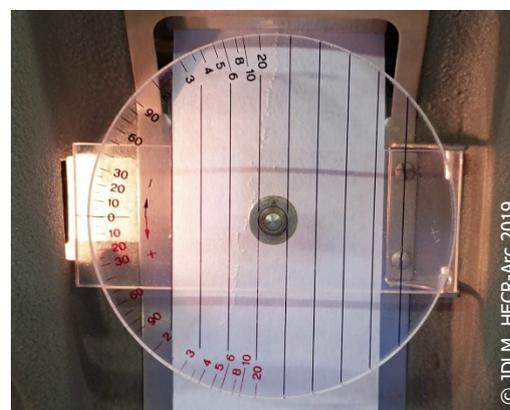


Figure 5 : aperçu du disque gradué situé en façade

¹¹ (les « * » indiquent des lettres illisibles)

Nous notons la présence de deux autocollants formant un cercle bleu et blanc présent sur l'arrière du micro et sur l'avant de l'appareil.

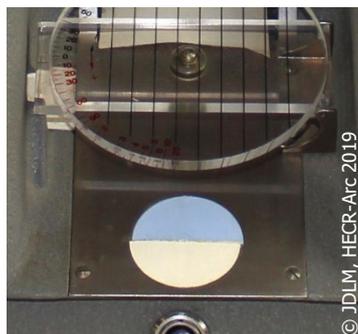


Figure 6 : Autocollants sur la façade de l'appareil



Figure 7 : Autocollants au dos du microphone

Les significations potentielles de ces autocollants peuvent être nombreuses, voici ce qui nous semble le plus crédible :

- Ces autocollants ont été placés par le constructeur qui garantissait alors le bon fonctionnement de l'appareil lorsque ces deux éléments étaient ensemble (appareil réglé pour ce microphone précisément et vice versa), cependant la Figure 8 ci-contre montre qu'il n'y a pas d'autocollant à cet emplacement. (Peut-être n'était-il pas présent sur le modèle d'illustration ?)
- L'atelier dans lequel l'appareil était utilisé a marqué ces deux composants de l'appareil afin d'éviter leur dissociation.

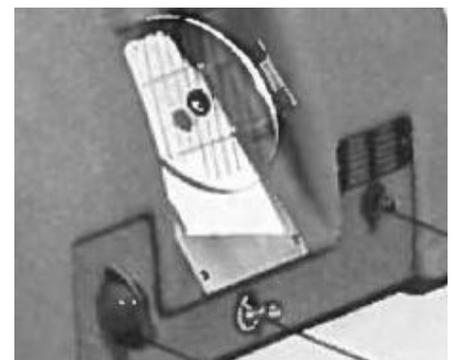


Figure 8 : agrandissement d'une figure présente dans le manuel Greiner ©Greiner Electronic

Nous ne pouvons cependant pas confirmer ou infirmer ces hypothèses à ce jour.

1.3. Techniques de fabrication

Nous remarquons un grand nombre de méthodes de fabrication utilisées pour réaliser l'ensemble des composants de notre objet, parmi elles les principales sont par exemple :

- Le capot qui est en fonte coulée,
- Le châssis du système électrique qui est en plaque d'aluminium mélaminé et plié,
- Certains éléments du système mécanique sont tournés et fraisés,
- L'ensemble des composants électriques sont assemblés à l'aide de brasure à l'étain

[Voir photographies de l'objet en Figure 150 à Figure 164 en annexes p.116 à 118]

2. Fonctionnalité de l'objet (explication générale)

Afin d'être clair dans nos explications voici donc en ci-dessous les noms des différents composants avec lesquels l'utilisateur peut entrer en contact :

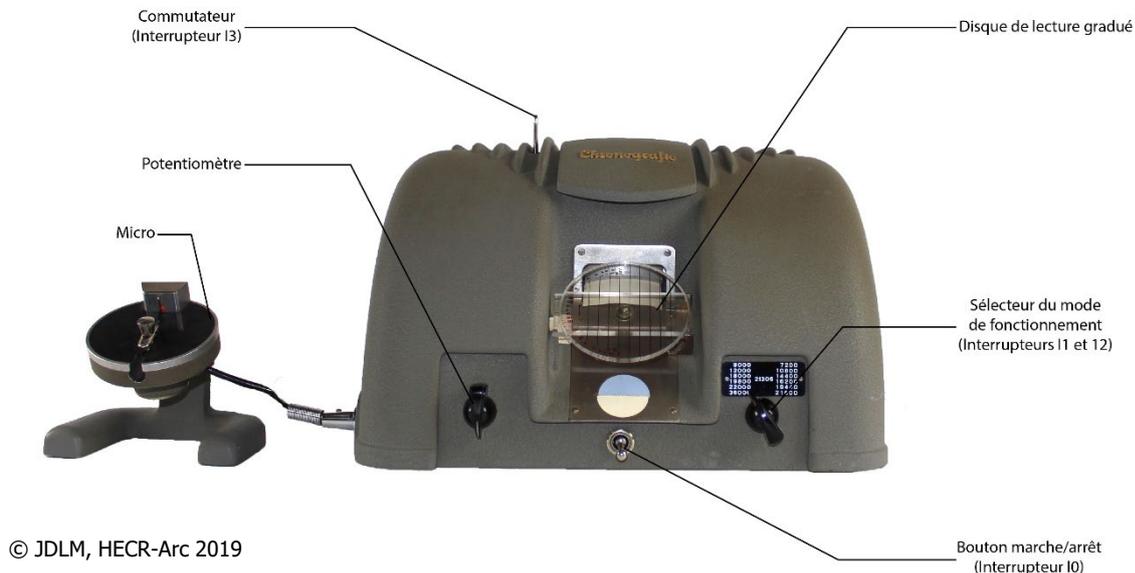


Figure 9 : Nominations des éléments d'interaction de l'appareil

La fonctionnalité principale de cet appareil est de permettre d'obtenir et de lire une courbe dont l'allure et la pente va nous renseigner sur différents aspects du mouvement horloger testé¹², mais l'information principale est sa précision journalière.

Le principe est simple : la montre/mouvement horloger est placée sur un microphone comme illustré en Figure 10 ci-contre, la machine « écoute » alors le mouvement horloger et nous fournit une courbe tracée par un ensemble de points en relief sur la bande de papier. L'inclinaison de cette courbe nous permet, à l'aide d'un disque de lecture, de connaître la précision journalière du mouvement horloger testé. Le fonctionnement et l'utilisation de cet appareil pour cette fonction basique est détaillé dans le Document 8 en annexes p.135.



Figure 10 : Illustration de l'appareil en fonctionnement

Nous noterons également que pour les utilisateurs avancés cet appareil permet la détection de dysfonctionnements, de mauvais ajustements, de pannes et d'usures au sein du mouvement horloger¹³, le microphone s'incline et permet de placer le mouvement dans diverses positions afin de détecter ces pannes.¹⁴

¹² DEFFOSSEZ L., 1954

¹³ Manuel Greiner Electronic, en annexes Document 1 & Document 2 respectivement à partir des pages 134 et 156

¹⁴ JENDRITZKI H., 1958

3. Contexte historique de l'objet (interventions passées, lieux de stockages successifs, etc.)

Avant d'intégrer en 2016 l'atelier de restauration Vintage Blancpain, l'objet appartenait à M Bernard Richoz, horloger dans la Vallée de Joux qui l'avait stocké en réserve de sa boutique¹⁵, malheureusement ce dernier n'a pas pu nous donner de plus amples informations concernant le passé de cet objet.

Cependant à la vue de la qualité de fabrication de cet appareil et de l'important investissement que l'achat d'un tel objet pouvait représenter à son époque, nous pouvons imaginer que cet appareil était dans un grand atelier horloger, car en considérant l'inflation nous avons pu émettre l'hypothèse qu'un tel appareil coûterait aujourd'hui l'équivalent de 60'000CHF environ.¹⁶

Etude du fonctionnement de l'objet :

4. Compréhension du système par rétro-ingénierie.

Un système électrique, afin d'être compris et interprété correctement, doit être observé méthodologiquement. Nous tenterons ici de décrire une marche à suivre basée sur la rétro-ingénierie afin de maximiser nos chances d'effectuer correctement l'étude de notre système.

La rétro-ingénierie est une pratique qui, par l'étude d'un système existant, va permettre la compréhension de son fonctionnement¹⁷, parfois pour dupliquer cet objet ou simplement pour le documenter dans le cas où sa documentation d'origine serait absente.

4.1. L'identification des principaux composants du système

Afin d'entreprendre l'étude de notre système, il est primordial d'identifier les différents composants qui s'y trouvent car c'est de leur identification que découlera la possibilité de réaliser un schéma électrique et de l'interpréter.

En effet, l'identification des composants permettent alors, parfois par le biais de leur documentation, de comprendre ce qui se passe au sein de ces éléments. Nous allons donc brièvement tenter de passer en revue les différents éléments présents dans notre système électrique afin de les présenter et les comprendre.

¹⁵ Echanges de mails du 17.06.2019, avec M Alanig Gaillard

¹⁶ Discussions au cours de nos entrevues avec monsieur Pierre René Beljean.

¹⁷ BP DESIGN, 2019 [En ligne]

La résistance¹⁸ :

Ce composant est un élément passif¹⁹, c'est-à-dire qu'il ne permet pas d'augmenter la puissance du signal.²⁰ La résistance a comme son nom l'indique une résistivité, qui en quelque sorte correspond à sa capacité à s'opposer au passage d'un courant électrique.²¹

Ces composants sont pourvus de codes couleurs permettant de connaître leur valeurs²², exprimées en Ohms. Cependant, il est également possible d'en mesurer la valeur directement en nous plaçant aux deux bornes du composant avec un ohmmètre.²³



Figure 11 : Différentes résistances présentes dans notre système

Voici l'explication en Figure 12 et Figure 13 de ce marquage par code couleur :

Couleurs	Premier chiffre significatif	Deuxième chiffre significatif	Coefficient de multiplication	Tolérance
argent			0,01	± 10 %
or			0,1	± 5 %
noir	0	0	1	
brun	1	1	10	± 1 %
rouge	2	2	10 ²	± 2 %
orange	3	3	10 ³	
jaune	4	4	10 ⁴	
vert	5	5	10 ⁵	
bleu	6	6	10 ⁶	
violet	7	7		
gris	8	8		
blanc	9	9		

Figure 12 : Signification des couleurs utilisées pour le marquage de résistances : les valeurs associées © BESSON, 1974

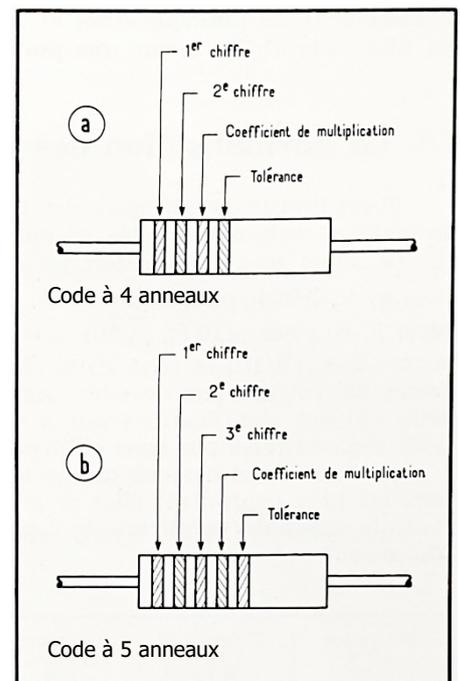


Figure 13 : Explication de la lecture du marquage des résistances © BESSON, 1974

¹⁸ BESSON, 1974 p.16

¹⁹ Rousseau J-J. 1999, p.5

²⁰ COMPOSELEC, *Classification - Composant actif/passif*, 2010 [En ligne]

²¹ COMPOSELEC, *Résistance*, 2010 [En ligne]

²² BESSON, 1974 p.21

²³ Physique-Chimie-College.fr, 2005 [En ligne]

La résistance de puissance²⁴ :

Ce type de résistance est semblable aux précédentes à la différence près qu'elles sont souvent bobinées et conçues pour dissiper la chaleur produite par effet Joule.²⁵

On les reconnaît par leur forme souvent tubulaire, comme présenté en Figure 14 ci-contre.



Figure 14 : Exemple d'une résistance de puissance présente dans notre système électrique

Le potentiomètre :

Un potentiomètre n'est rien de plus qu'une résistance sur laquelle nous pouvons interagir afin de modifier sa valeur, en déplaçant un curseur sur une piste résistive.²⁶ Cela permet des utilisations diverses, comme par exemple de modifier un gain, créer un éclairage variable, faire varier le volume d'un appareil audio, créer un diviseur de tension, etc.²⁷ Généralement nous trouvons les informations le concernant (valeur totale) directement inscrites sur son enveloppe externe.



Figure 15 : Le potentiomètre présent dans notre système électrique

Le condensateur :

Les condensateurs sont des dipôles passifs²⁸, ils sont basiquement composés de deux corps conducteurs d'électricité qui sont isolés l'un de l'autre²⁹ (c'est pourquoi certains composants électriques ont une capacité résiduelle à cause de leur conception). Le condensateur permet une accumulation de charges électriques à ses bornes qu'il peut alors ensuite libérer, on parle alors de charge et de décharge d'un condensateur.³⁰

Il existe différentes technologies de condensateurs et ceux-ci permettent des gammes de capacités différentes (son unité est le Farad)³¹, nous avons dans notre objet deux types de condensateurs :

²⁴ BESSON, 1974, p.20

²⁵ JOULE J.P., 1841, p.260

²⁶ CNRTL.fr, *Lexicographie – Potentiomètre*, 2012 [En ligne]

²⁷ Sonelec-musique.com, *Le potentiomètre*, 2019 [En ligne]

²⁸ COMPOSELEC, *Classification - Composant actif/passif*, 2010 [En ligne]

²⁹ BESSON, 1974, p.88

³⁰ RIZZONI G., 1999, p.719

³¹ HOROWITZ P. & HILL W., 1996, p.22

- Condensateurs non polarisés : ils peuvent être montés dans un sens comme dans l'autre sans incidence sur leur fonctionnement. Les nôtres sont principalement au polycarbonate ou au mica³² comme présentés en Figure 16 ci-contre. Leurs valeurs sont directement inscrites sur leur enveloppe externe, avec une valeur (en pF ou μ F généralement) ainsi qu'une tolérance en %.³³



Figure 16 : Exemples des condensateurs au mica présents dans notre objet

Si ces condensateurs sont assez durables³⁴ il en existe un autre type encore moins sensible au vieillissement, au mica, appelés « plaquettes », visibles en Figure 17 ci-contre.



Figure 17 : Condensateurs "Palquettes" présents sur notre chrono-compareur

A nouveau, leurs valeurs peuvent être directement inscrites sur le condensateur, ou alors cette valeur est présente sous la forme d'un code couleur dont le fonctionnement est décrit en Figure 18 et Figure 19 ci-contre et ci-dessous.

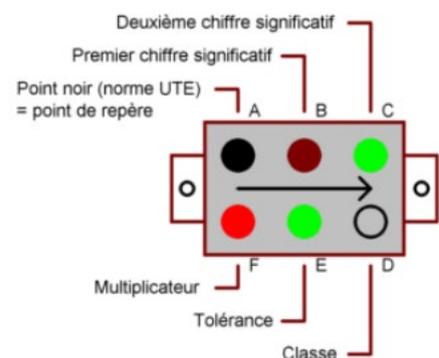


Figure 18 : Explication du code couleur présent sur les condensateurs "plaquettes"
© Dico-TSF, 2015

³² TSF Restauration, *Les condensateurs non polarisés*, 2007 [En ligne]

³³ HOROWITZ P. & HILL W., 1996, p.21

³⁴ TSF Restauration, *Les condensateurs chimiques*, 2007 [En ligne]

Chiffres significatifs	Multiplicateur	Tolérance	Coefficient température	Tension de service
		Rien : +/- 20 %		Rien : 500 V
	Argent : x 0,01	Argent : +/- 10 %		Argent : 2000 V
	Or : x 0,1	Or : +/- 5 %	Or : + 100	Or : 1000 V
Noir : 0	Noir : x 1	Noir : +/- 20 %	Noir : 0	
Marron : 1	Marron : x 10	Marron : +/- 1%	Marron : - 30	Marron : 100 V
Rouge : 2	Rouge : x 100	Rouge : +/- 2 %	Rouge : - 80	Rouge : 200 V
Orange : 3	Orange : x 1 K		Orange : - 150	Orange : 300 V
Jaune : 4	Jaune : x 10 K		Jaune : -220	Jaune : 400 V
Vert : 5	Vert : x 100 K	Vert : +/- 5 %	Vert : - 330	Vert : 500 V
Bleu : 6	Bleu : x 1 M		Bleu : - 470	Bleu : 600 V
Violet : 7	Violet : x 10 M		Violet : - 750	Violet : 700 V
Gris : 8			Gris : - 2200	Gris : 800 V
Blanc : 9		Blanc : +/- 10 %		Blanc : 900 V

Figure 19 : Valeurs du code couleur utilisé pour les condensateurs ©Sonelec-musique.com, 2019

- Condensateurs polarisés :

Ces derniers, comme leur nom l'indique, ne peuvent pas être montés dans n'importe quel sens, sous peine de détruire le composant³⁵, de plus, les anciens condensateurs polarisés n'ont pas de valve de décompression en cas de dysfonctionnement, ce qui peut alors causer une explosion.³⁶

Nous avons dans notre appareil plusieurs de ces condensateurs, dont nous pouvons voir deux exemples en Figure 20 ci-contre.

A nouveau, leurs valeurs sont inscrites directement sur leur enveloppe extérieure.



Figure 20 : Exemples de condensateurs polarisés présents sur notre appareil

³⁵ POWERS N., 2015 [En ligne]

³⁶ TSF Restauration, *Les condensateurs chimiques*, 2007 [En ligne]

La bobine :

Les bobines sont des dipôles passifs³⁷, basiquement ils sont composés d'un fil d'une section spécifique enroulé un certain nombre de fois sur lui-même ou autour d'un noyau, ce sont ces paramètres qui vont influencer sur la valeur de l'inductance de notre bobine, exprimée en Henry.³⁸

Son fonctionnement est basé sur la création d'un flux magnétique et ces composants peuvent être utilisés pour limiter les ondulations parasites d'un réseau électrique, notamment dans les alimentations de puissance³⁹ ou être utilisés pour créer des circuits oscillants.⁴⁰

Ils créent de l'inertie et empêchent les variations brutales de tension électrique.⁴¹

Etant donné leur grande variété et le nombre important de variations existantes nous trouvons généralement les informations les concernant directement inscrites sur le composant.

Les inductances sont à la base du fonctionnement d'éléments électriques comme les transformateurs d'alimentation⁴², les électro-aimants, les moteurs, etc. grâce à leur capacité à produire un champ magnétique et à interagir les unes avec les autres ou avec d'autres éléments « induits ».⁴³

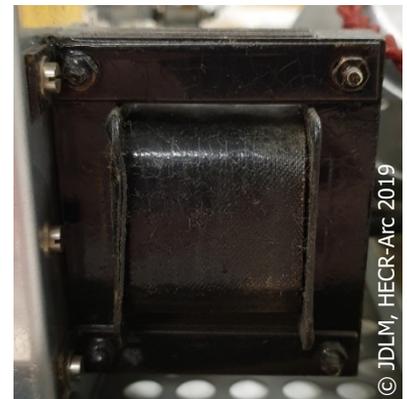


Figure 21 : Exemple d'une bobine présente sur notre appareil

La diode :

La diode est un composant non linéaire et polarisé, elle permet basiquement de faire passer le courant uniquement de sa borne positive à sa borne négative.⁴⁴

Généralement les bornes positives et négatives sont discernables car les signes « + » et « - » sont présents sur le composant, ou alors un code couleur comme présenté en Figure 22 ci-contre avec le rouge qui indique le « + » et le bleu qui indique le « - ».



Figure 22 : Exemple d'une diode présente dans notre système électrique

³⁷ COMPOSELEC., *Classification - Composant actif/passif*, 2010 [En ligne]

³⁸ Openclassrooms.com, *La bobine*, 2019 [En ligne]

³⁹ EPSIC.ch, *B3 – Les Inductances*, 2000 [En ligne]

⁴⁰ PILLOUD O., 2018, p.304-306

⁴¹ EPSIC.ch, *B3 – Les Inductances*, 2000 [En ligne]

⁴² BESSON, 1974, p.221

⁴³ CAPPELLE A., 2011 [En ligne]

⁴⁴ MALVINO A.P., 2002 p.64

Le pont de Graetz :

Le pont de Graetz est un redresseur de tension basé sur l'utilisation de diodes, en effet on se sert de la capacité des diodes à choisir dans quel sens le courant peut passer pour « redresser » la tension alternative afin qu'elle soit toujours du même signe.⁴⁵

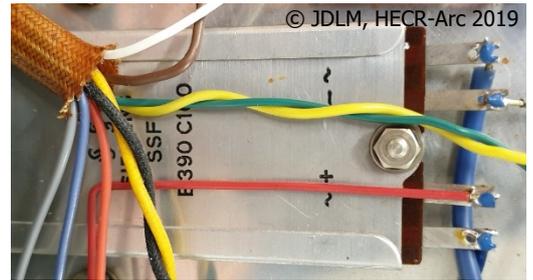


Figure 23 : Le pont de Graetz présent dans notre système électrique

Afin de comprendre son fonctionnement regardons la Figure 24 qui représente schématiquement un redresseur de tension à pont de Graetz. Le signal électrique alternatif V_2 est redressé par l'agencement des diodes D_1 , D_2 , D_3 et D_4 . Ainsi, alors que le signal alternatif est tantôt positif, tantôt négatif, nous obtenons ici la valeur absolue du signal électrique ; comme présenté en Figure 25 ci-dessous avec un exemple d'un signal alternatif de forme sinusoïdale redressé à l'aide d'un pont de Graetz.

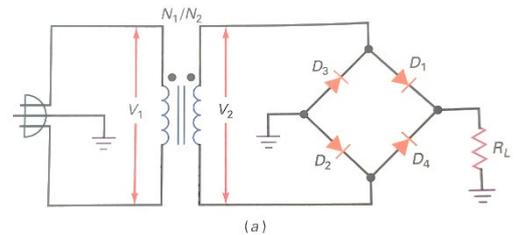


Figure 24 : Schéma d'un pont de Graetz © Malvino 2002

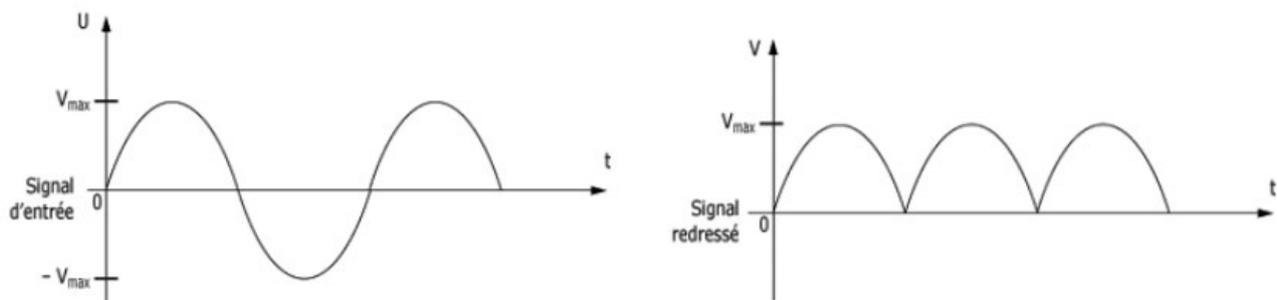


Figure 25 : Signal électrique avant et après redressement à l'aide d'un pont de Graetz © Maxicours.com 2019

Nous pouvons voir que la valeur moyenne du signal passe de 0 à une valeur positive et que la période du signal est deux fois plus courte (donc la fréquence est 2 fois plus grande).⁴⁶ L'utilisation ensuite d'une bobine et de condensateurs afin de filtrer et lisser le signal va nous permettre d'obtenir un signal proche d'un courant continu bien que sa source soit alternative.⁴⁷

⁴⁵ MALVINO A.P., 2002 p.101

⁴⁶ MALVINO A.P., 2002 p.103

⁴⁷ MALVINO A.P., 2002 p.109

Les quartz :

Le quartz, dont nous pouvons voir deux exemples en Figure 26 ci-contre, est un cristal aux propriétés piézoélectriques. C'est-à-dire que ce dernier lorsqu'il est soumis à une contrainte mécanique va produire une charge électrique.⁴⁸ Le quartz est taillé pour en faire un résonnateur que l'on viendra alors exciter électriquement.⁴⁹ Nous pouvons donc partir d'une contrainte mécanique pour obtenir une charge électrique, ou partir d'une charge électrique pour obtenir une déformation mécanique.

Les propriétés mécaniques du quartz permettent l'obtention de fréquences d'oscillation à la fois élevées et précises, ce qui sera un atout notamment dans l'industrie horlogère où il permettra d'obtenir des montres très précises.⁵⁰



Figure 26 : Exemples de quartz présents dans notre système électrique

Le micro piézoélectrique :

Comme évoqué au point précédent, les propriétés des piézo-électriques font que ces cristaux sont intéressants pour la création de microphones.⁵¹

Le micro de notre appareil est réalisé à l'aide d'un cristal de Seignette⁵². Il fait partie de la large gamme de cristaux utilisés pour leurs propriétés et les gammes de fréquences qu'ils peuvent détecter sont diverses et offrent des possibilités difficilement atteignables avec les microphones à membranes⁵³ plus standards.⁵⁴

La sensibilité de ces microphones qui fournissent directement une tension de quelques millivolts offrent un avantage comparé aux microphones à membrane qui offrent des tensions plus faibles (et nous avons donc moins besoin d'amplifier).⁵⁵



Figure 27 : Le micro piézo-électrique de notre appareil Greiner Chronografic

⁴⁸ CRNTL.fr, *Lexicographie – Piézo-électricité*, 2012 [En ligne]

⁴⁹ GRELOT F., MUCCHIETTO C., SEPTIER R., WALLIANG D., 2016 [En ligne]

⁵⁰ FHS.swiss, *Montre mécanique et montre à quartz*, 2019 [En ligne]

⁵¹ Durand S. et Lissek H., 2017 [En ligne] p.17

⁵² Greiner Electronic, 1959, p.13

⁵³ EPSIC.ch, *AP2.5.1 Microphone à pression*, 2001 [En ligne]

⁵⁴ Mercier D., 2012, p. 117

⁵⁵ EPSIC, *AP2.4.2.1 - Transducteur piézo-électrique*, 2019 [En ligne]

Les tubes électroniques (ou « lampes ») :

Il existe une grande variété de ce type de composants, avec des fonctions allant du redresseur de tension, à l'amplification et à la fonction logique⁵⁶ (sorte d'interrupteur commandé).⁵⁷

Les tubes électroniques présents dans notre appareil⁵⁸, comme présentés en Figure 28 ci-contre, sont des composants qui peuvent se résumer à la fois en un amplificateur et un interrupteur dont la position est commandée électriquement.⁵⁹



Figure 28 : Exemples de lampes présentes dans notre appareil

Au niveau du fonctionnement, nous prendrons ici l'exemple de la triode afin d'expliquer son principe :

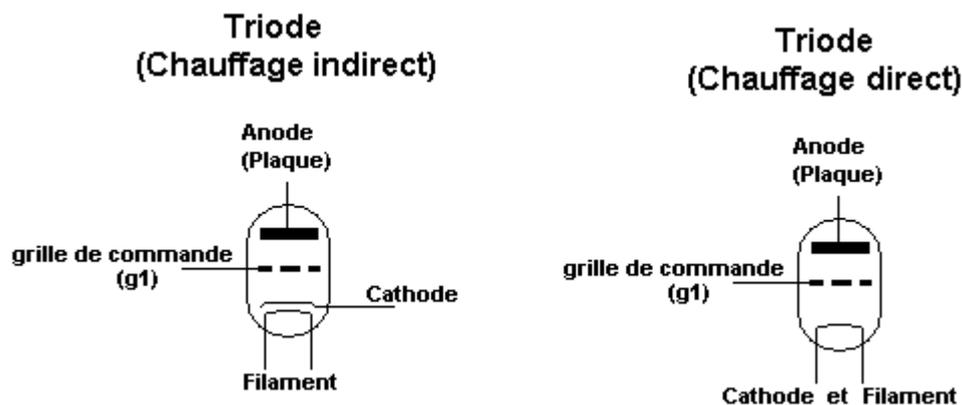


Figure 29 : Anatomie d'une triode, modèles à chauffages direct ou indirects. © Composelec.com

Ces tubes sont composés de 3 principaux éléments :

- L'anode : qui est chargée positivement
- La cathode : qui est chargée négativement
- La grille : que nous allons polariser afin de permettre ou non le passage des électrons de la cathode vers l'anode. Lorsqu'on veut que le tube se comporte comme un interrupteur ouvert, on charge la grille négativement afin que les électrons émis par la cathode soient repoussés par la grille et ne puissent pas passer. Enfin, lorsqu'on veut que le tube se comporte comme un interrupteur fermé, on charge la grille positivement afin que les électrons émis par la cathode puissent passer jusqu'à l'anode.⁶⁰

⁵⁶ Guimberteau E., *1 Présentation*, 2006 [En ligne]

⁵⁷ Idemdito.org, *Types de tubes*, 2008 [En ligne]

⁵⁸ Greiner Electronic, 1959, p.18

⁵⁹ Idemdito.org, *Types de tubes*, 2008 [En ligne]

⁶⁰ COMPOSELEC., *Historique des tubes électroniques, Améliorations de la triode*, 2010 [En ligne]

Le tout est enfermé dans un tube de verre hermétique sous vide ou rempli d'un gaz rare qui devient conducteur lorsque la lampe est chauffée par un filament qui est alimenté par une source d'énergie auxiliaire (le filament est un quatrième élément dans les triodes à chauffage indirect, mais la cathode peut parfois jouer son rôle).⁶¹ L'avantage est qu'ici, non seulement on commande si la lampe est conductrice ou non, mais nous pouvons amplifier le signal et choisir le niveau de cette amplification en faisant varier la tension sur la grille ce qui aura une conséquence directe sur la tension de sortie du tube par le biais d'une résistance d'anode.⁶²

4.2. La lecture d'un objet électrique complexe

Une fois les éléments identifiés, nous pouvons commencer à lire et relever le circuit électrique de l'appareil. Pour cela on décide arbitrairement d'un point de départ, par exemple en se focalisant sur un composant en particulier. Nous pouvons par exemple partir de la prise du microphone de notre objet afin de voir tout ce qui est relié à ce dipôle. La valeur des résistances peut être relevée à l'aide de leur code couleur [Présenté en 4.1, p.15] et vérifiées à l'aide d'un ohmmètre.⁶³ Ainsi ces valeurs serviront de repères lors du relevé du schéma électrique.

Si nous ne sommes pas à l'aise avec les normes de schématisation, la représentation de notre schéma électrique peut se faire dans un premier temps en représentant les composants tels qu'on les observe (nombre de bornes, forme, etc.), pour ensuite les représenter d'une façon plus conventionnelle⁶⁴. La représentation schématique de ces éléments est simplifiée et normalisée⁶⁵, c'est pourquoi il faut connaître ces dernières et s'y tenir afin de produire un document exploitable et compréhensible de tous.

Lorsque le fil électrique que l'on désire suivre n'a pas un trajet évident et facile à suivre, nous pouvons confirmer que nous avons bien les deux extrémités de ce fil en effectuant un test de continuité électrique à ses bornes à l'aide d'un multimètre.⁶⁶ La même méthode peut être utilisée pour comprendre ce qui se passe au sein d'un interrupteur dans chacune de ses positions puisque le rôle de l'interrupteur est de jouer sur la continuité électrique.

Nous obtenons alors une représentation à main levée de l'intégralité de notre système électrique comme présenté en Schéma 1 et Schéma 2 aux pages suivantes. La lisibilité n'est de loin pas optimale et ne permet pas vraiment de comprendre son fonctionnement mais c'est une première étape importante.

⁶¹ COMPOSELEC., *Historique des tubes électroniques, Les premiers tubes*, 2010 [En ligne]

⁶² Harper J., *Grid Current*, 2003 [En ligne]

⁶³ Physique-Chimie-College.fr, 2005 [En ligne]

⁶⁴ Positron-libre.com, 2015 [En ligne]

⁶⁵ Positron-libre.com, 2015 [En ligne] p.11 & 12

⁶⁶ Le Blog De l'Electricité, 2015 [En ligne]

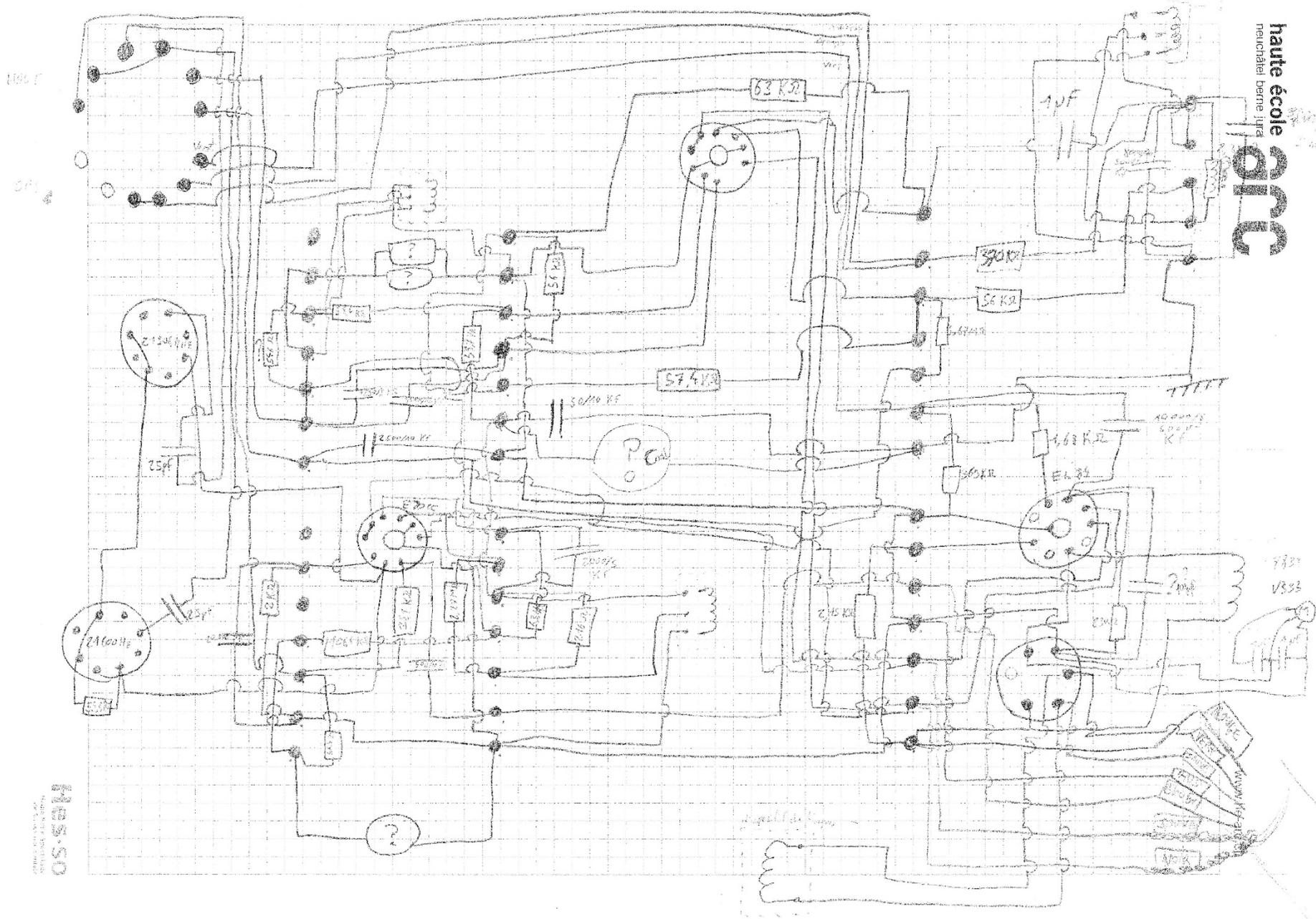


Schéma 1 : Premier relevé du système électrique à main levée (vue 1/2)

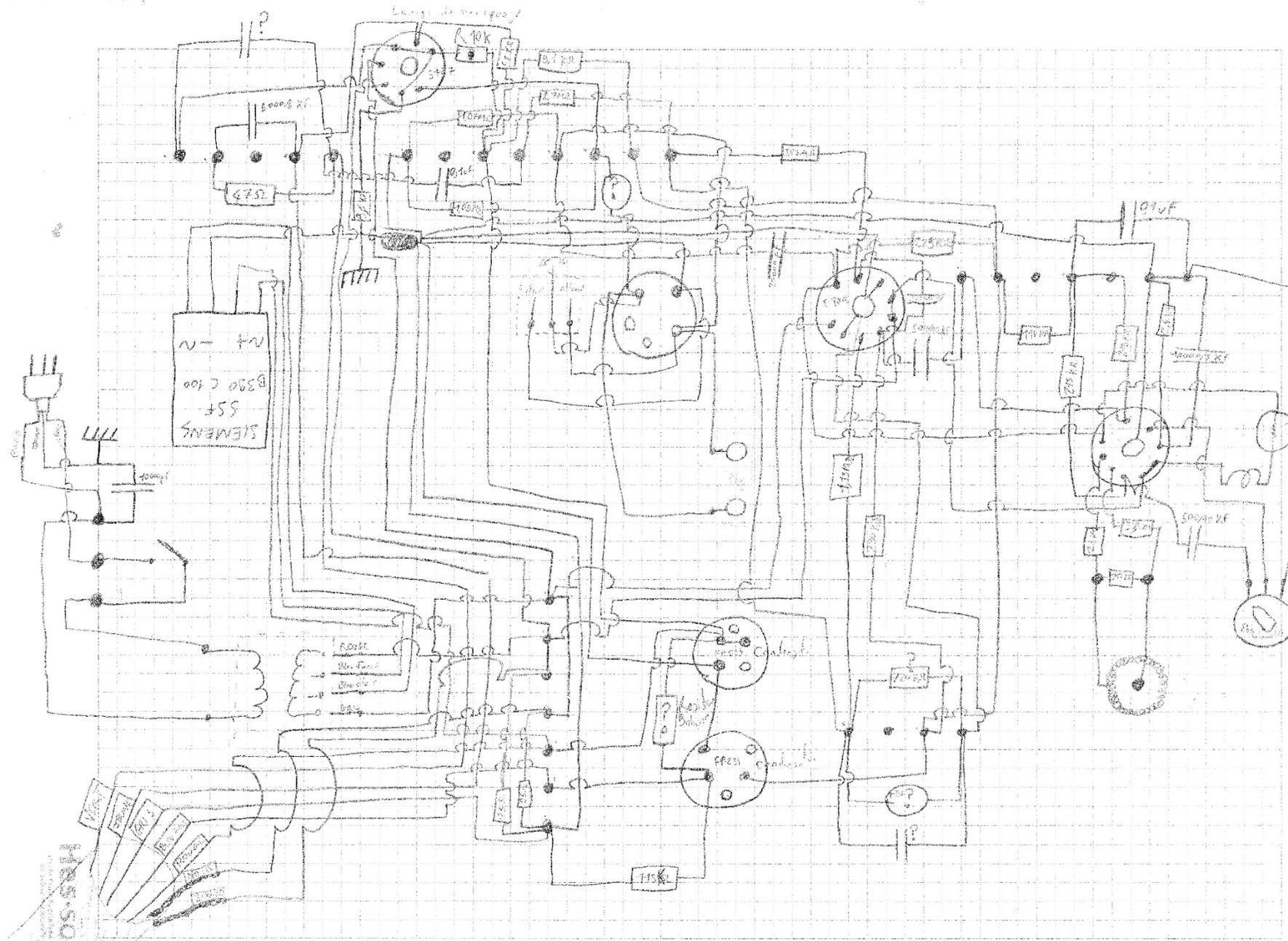


Schéma 2 : Premier relevé : du système électrique à main levée (vue 2/2)

L'étape suivante consiste en la réalisation de ce même schéma au propre, afin d'obtenir in fine un document lisible. Nous préconisons l'utilisation d'un logiciel libre de droit nommé QElectroTech⁶⁷, disponible sur Windows, Mac OS et Linux⁶⁸, afin de produire des documents qui seront alors accessibles à tous sans s'enclaver dans les problèmes de licence inhérents aux logiciels propriétaires. L'avantage de ce logiciel est aussi que si un composant n'est pas présent dans la base de données du logiciel il est possible de le dessiner soi-même et de l'intégrer à notre base de données.

Nous obtenons alors un second schéma électrique comme présenté ci-dessous en Schéma 3 (Visible au format A3 en annexes p.129) qui sera notre base de travail pour la suite, ce dernier est toujours aussi illisible mais a l'avantage d'être modifiable à volonté.

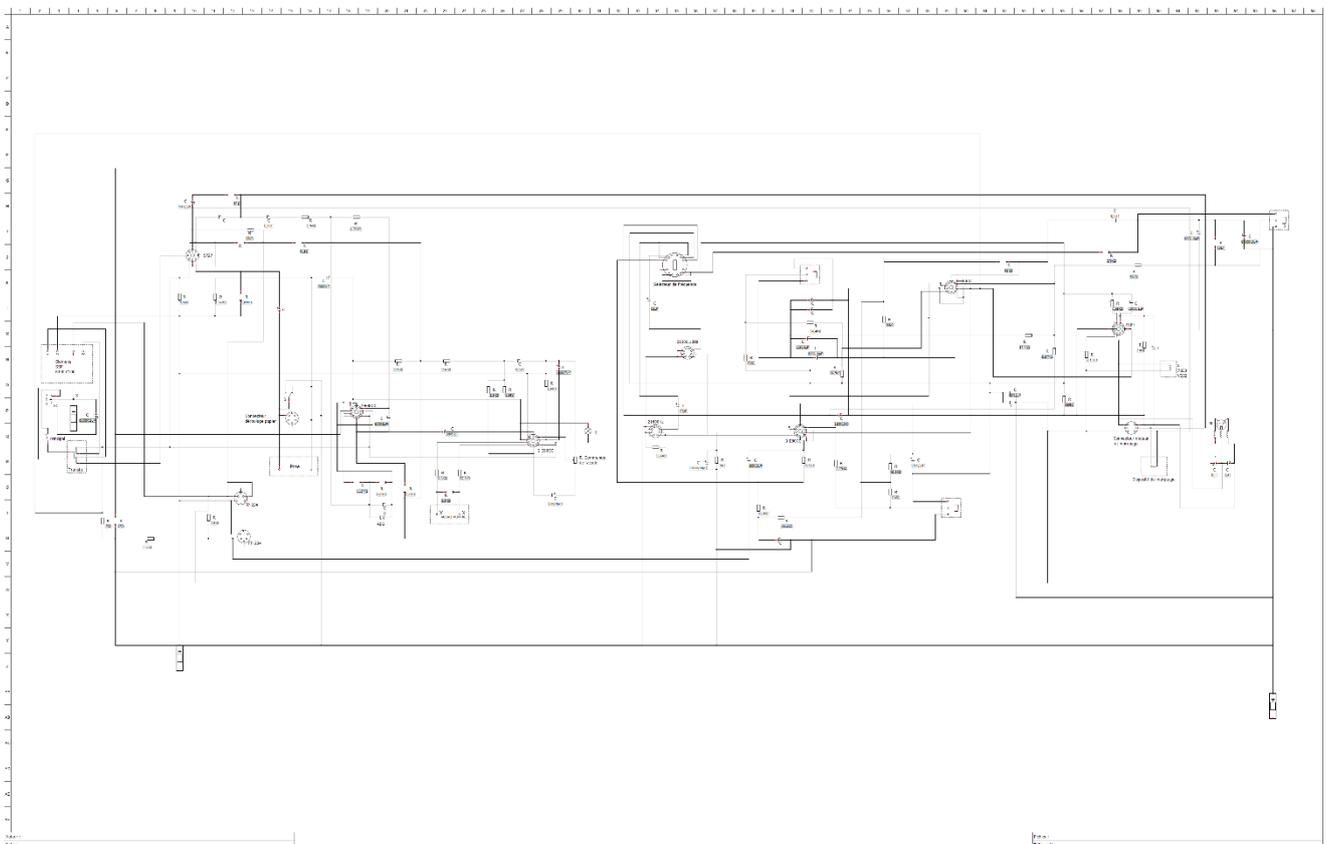


Schéma 3 : Transcription du dessin à main levée vers une version numérique, première version (Vue rétrécie)

⁶⁷ <https://qelectrotech.org/index.html>

⁶⁸ Il est disponible gratuitement au lien suivant : <https://qelectrotech.org/download.html>

Son manuel d'utilisation est disponible au lien suivant⁶⁸ : <https://download.tuxfamily.org/get/joshua/html/QET.html>

(Le manuel d'utilisation ainsi que la version du logiciel pouvant potentiellement évoluer, nous n'intégrerons pas ce manuel dans les annexes, nous vous invitons à consulter le site officiel afin d'avoir la dernière version du logiciel et du manuel.)

4.3. Simplification du système électrique relevé

C'est maintenant que le fait d'avoir identifié les différents composants de notre système électrique et de comprendre leur fonctionnement va prendre toute son importance afin d'améliorer la lisibilité de notre schéma électrique. En effet, notre système électrique comporte plusieurs lampes, ces dernières nécessitent d'être alimentées en permanence afin de maintenir leurs propriétés électriques lorsque notre appareil est mis sous tension⁶⁹. Il y a donc basiquement un réseau électrique uniquement dédié à cette fonction de chauffe et ce réseau trivial n'est pas intéressant à représenter car il ne fait qu'alourdir notre schéma électrique pour finalement ne présenter que des lampes alimentées en parallèle.

Nous allons ainsi remanier notre schéma électrique pour ne prendre en compte que le reste du circuit et améliorer la lisibilité en faisant l'impasse sur cette alimentation des lampes qui sera alors supprimée. Les lampes sont alors redessinées en suivant les normes de schématisations afin d'y voir la partie fonctionnelle (Anode, grille(s) et cathode). Ces éléments ont alors été dessinés manuellement selon la documentation de ces derniers [Documents visibles en annexes de la page 135 à 135] car ils ne faisaient pas partie de la base de données du logiciel. Nous obtenons donc le schéma suivant [visible au format A3 en annexes page 130] :

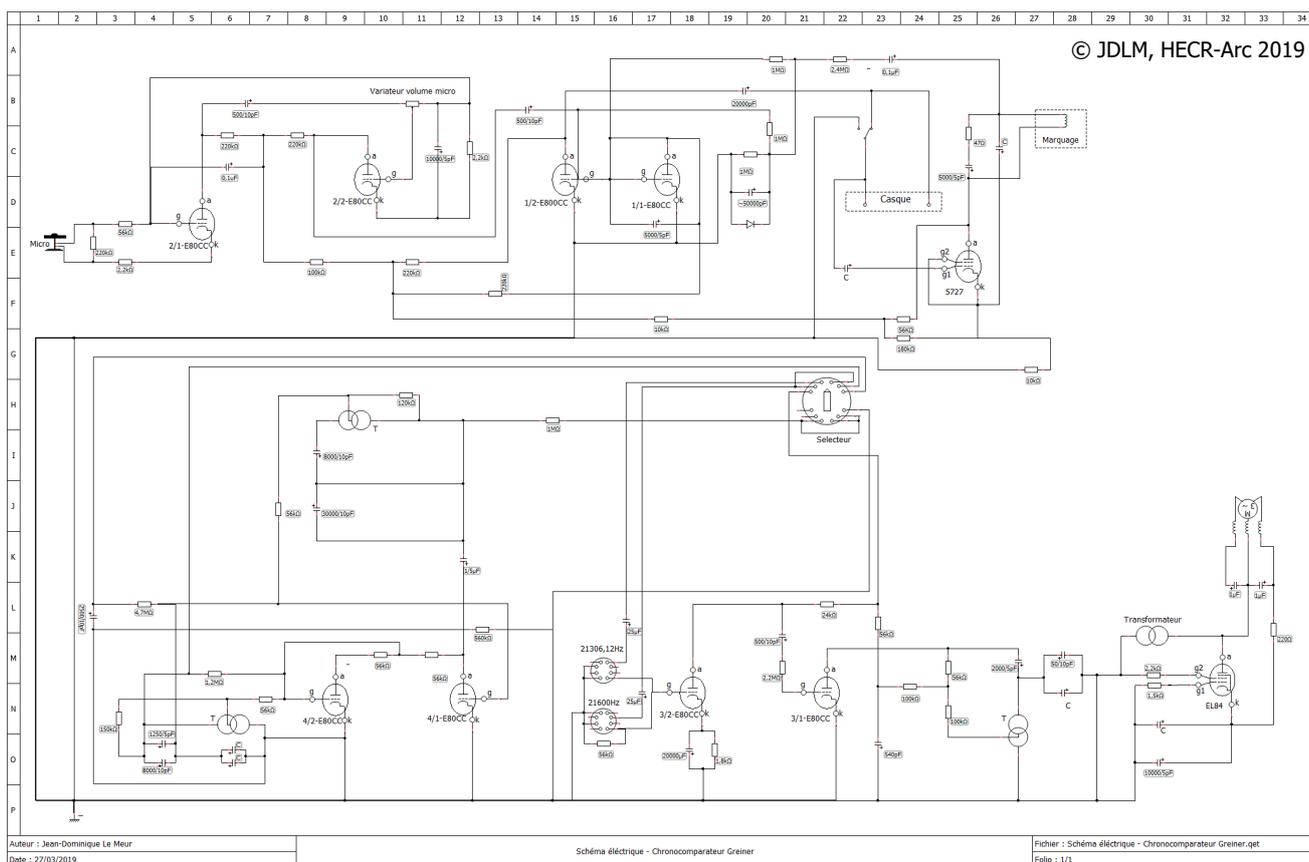


Schéma 4 : Schéma électrique après suppression de la partie chauffe des lampes. (Vue rétrécie)

⁶⁹ Voir Document 4, Document 5 & Document 6 en annexes p.178 à 201

Nous réalisons alors que 2 « parties » se démarquent, avec l'un qui va du micro jusqu'au marquage, et l'autre qui va des quartz jusqu'au moteur. Nous avons alors entrepris individuellement le dessin à la main levée de ces parties, afin d'organiser leur présentation (choix subjectif car chacun sera plutôt à l'aise avec un crayon et une gomme ou avec un ordinateur.)

Nous obtenons alors les deux parties représentées comme en Schéma 5 ci-dessous :

[Visible au format A3 en annexes page 131]

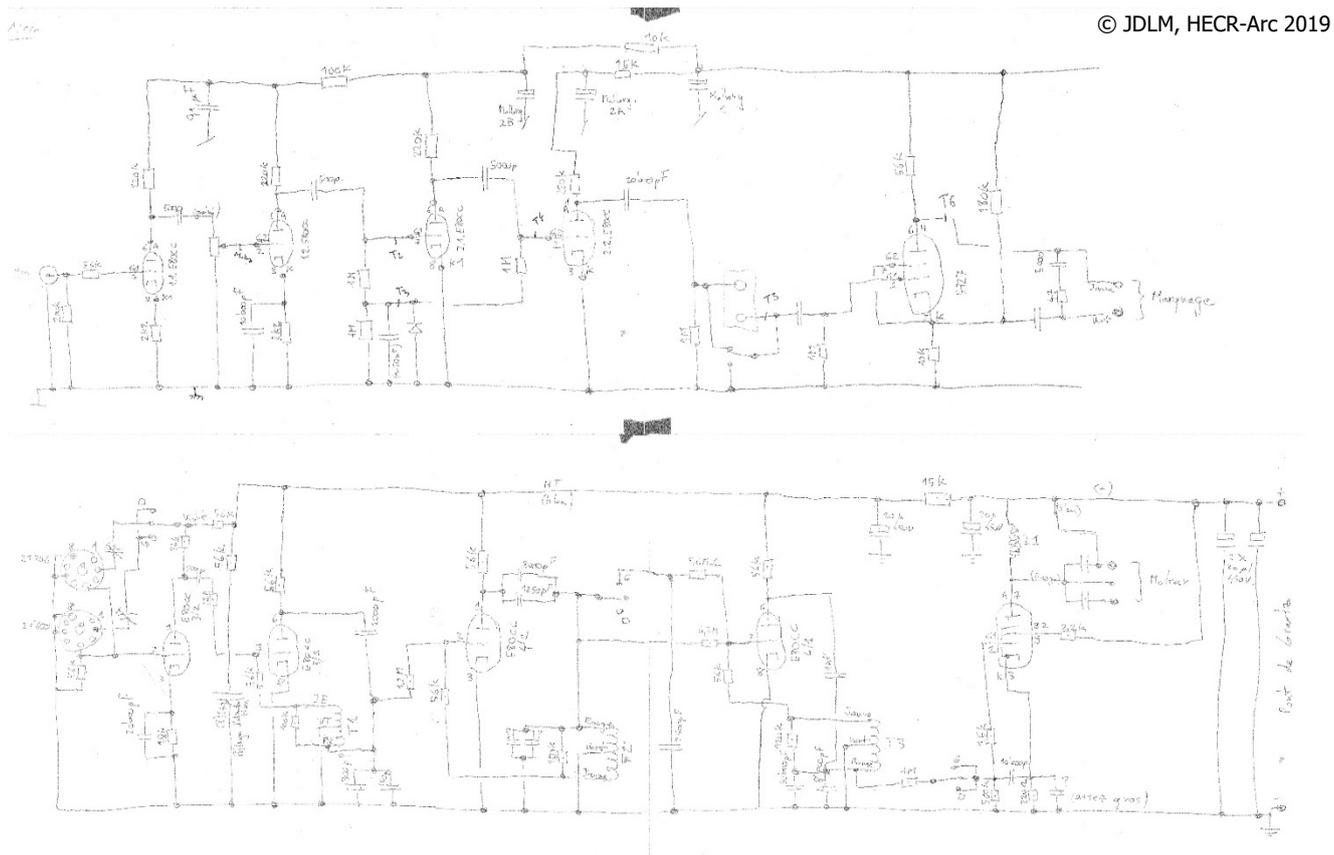


Schéma 5 : Réorganisation des deux parties pour en améliorer la lisibilité (Vue rétrécie)

L'organisation des composants permet de mieux comprendre le fonctionnement du système et sa séparation en blocs fonctionnels, nous nous sommes ensuite attelés à la mise au propre de ce schéma électrique en fichier numérique, ce qui nous a donné le schéma final visible à la page suivante.

[Visible au format A3 en annexes page 132]

Nous noterons qu'une partie du système (encadré en rouge) est représenté deux fois, pour des raisons de lisibilité ; aussi, le circuit de chauffe des lampes n'est pas représenté mais partirait des bornes « Chauffe1 » et « Chauffe2 » représentées au niveau du transformateur de l'alimentation. La totalité de ce réseau de chauffe des lampes est reconnaissable aux types de fils employés, deux fils jaunes et noirs et gainés de tissus représentés en Figure 30 ci-contre.

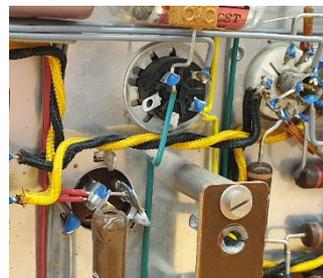


Figure 30 : Ce type de fil gainé de tissus jaune ou noir correspond au circuit de chauffe des lampes.

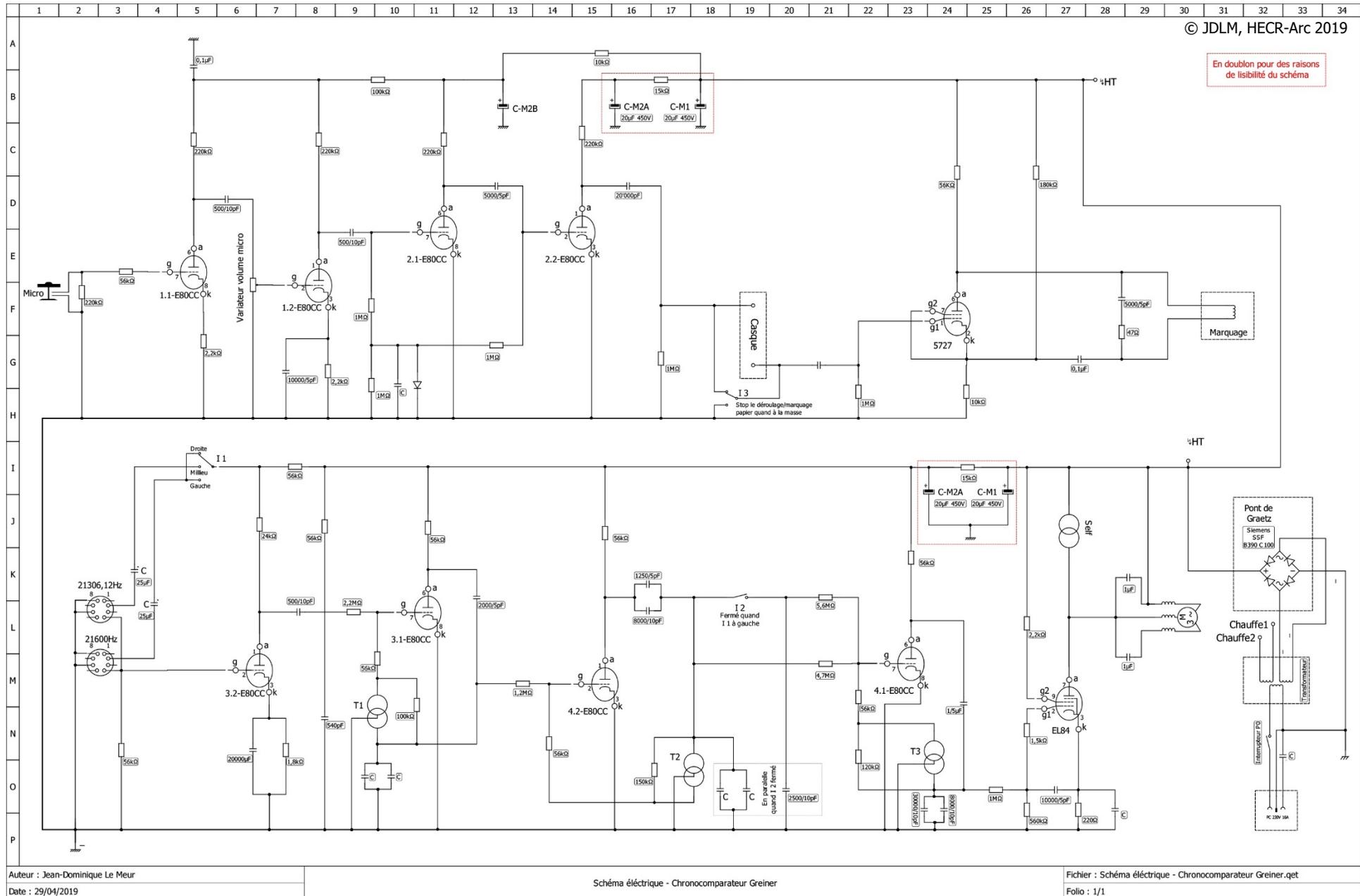


Schéma 6 : Version finale de notre schéma électrique. (Vue rétrécie)

4.4. Compréhension du système électrique et compartimentation en blocs fonctionnels

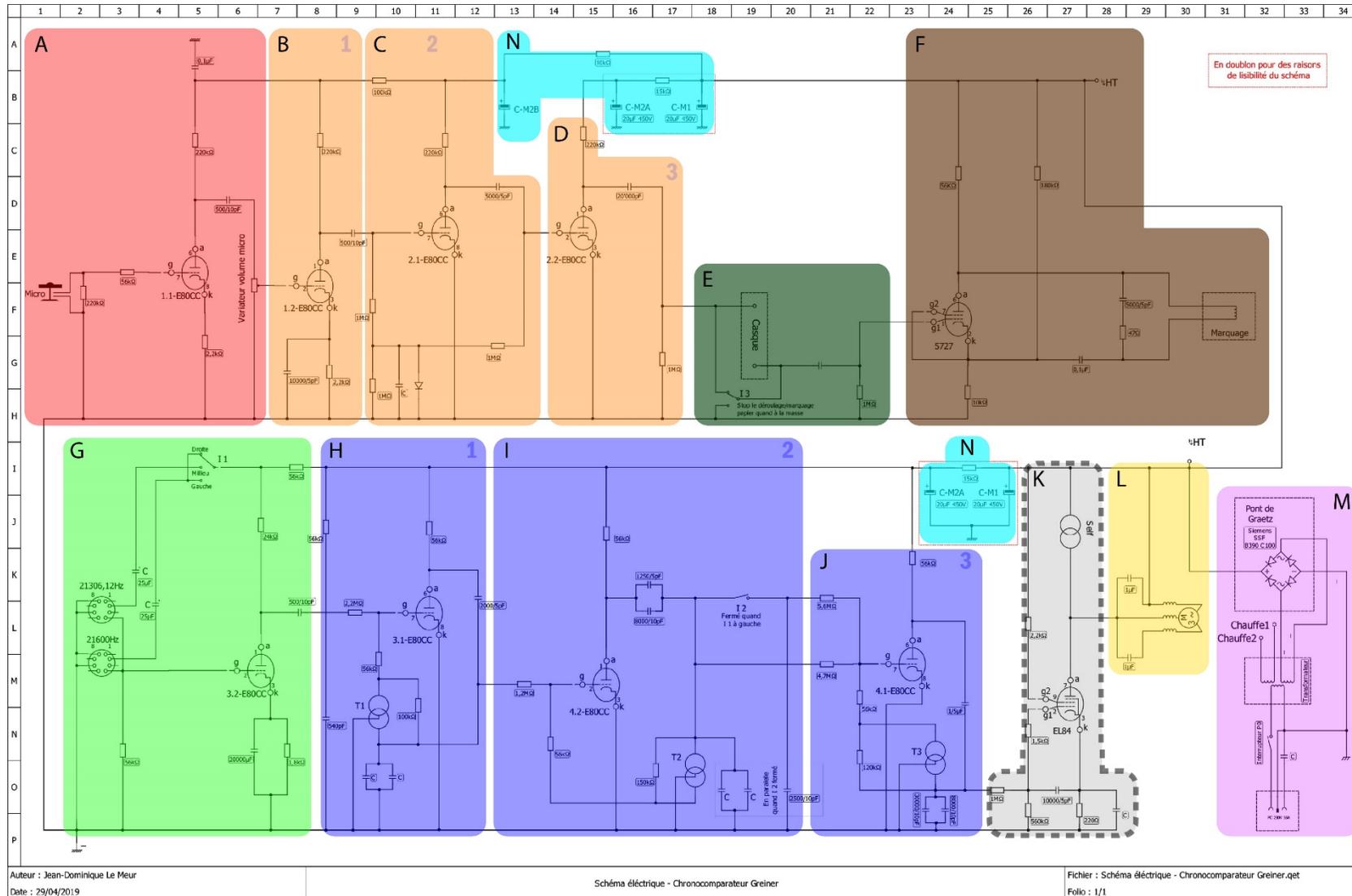
Maintenant que notre schéma électrique est terminé et mis au propre, il est nécessaire de segmenter ce schéma électrique afin d'en disséquer le fonctionnement, nous placerons donc des frontières au sein des deux principales parties, car on voit que ces parties sont composées d'une suite de blocs articulés autour des composants de première importance que sont les lampes.

Nous avons donc réalisé un travail de compréhension du circuit afin de le segmenter en plusieurs blocs fonctionnels que nous avons identifiés. Il en a alors résulté le document visible en Figure 31 à la page suivante qui permet de mieux appréhender ce système complexe qui n'est finalement que l'assemblage de plusieurs circuits électriques au fonctionnement simple une fois observés individuellement.

Comme évoqué précédemment, le circuit comporte 2 parties :

Les blocs A à G correspondent à la partie régissant la rotation du moteur ; les blocs H à L correspondent à la partie régissant l'écoute du signal et le marquage du papier. Enfin le bloc M représente l'alimentation du système électrique et le bloc N (représenté 2 fois) correspond au filtrage d'alimentation et fourni les différents signaux Haute Tension.

Nous allons commenter les mesures effectuées sur chacun de nos blocs, cependant les signaux observés sur nos points de mesures ne seront pas présentés dans ce point mais le seront au point 3 Détection des pannes : p.70, afin à la fois d'avoir tous les relevés des signaux consultables au même endroit et d'éviter les redondances.



- Réception du signal
- Etages amplificateurs
- Commutation Marquage/casque
- Marquage du papier
- Oscillateur à quartz
- Etages diviseurs de fréquence
- Etage de puissance
- Filtrage d'alimentation
- Alimentation
- Ensemble moteur

Figure 31 : Compartimentation du système en blocs fonctionnels

Bloc A : Réception du signal et pré-amplification

Nous débutons à présent la partie régissant la réception du signal de la montre et qui permet in-fine le marquage du papier.

Le bloc A, visible en Figure 32 ci-contre, comporte un micro à cristal de Seignette⁷⁰ qui va donc écouter les battements du balancier de la montre que l'on y pose, ce signal est ensuite envoyé sur la lampe afin d'y être amplifié. Contrairement à ce que nous avons pu voir précédemment, avec le Bloc 4 par exemple, le signal ne va que dans un sens, il n'y a pas de mise en résonance du signal, c'est pourquoi nous n'aurons pas besoin de flécher le circuit électrique sur les figures qui illustreront ces prochains blocs fonctionnels.

Le signal reçu ici est extrêmement faible mais discernable au point P1⁷¹, il nous a fallu régler le volume du micro quasiment à pleine puissance afin de l'observer distinctement.

Le variateur de volume micro, qui est un potentiomètre réglable en façade de notre chrono-comparateur [Voir Figure 9 : Nomination des éléments d'interaction de l'appareil p.13], permet de régler quelle quantité du signal reçu par le micro sera envoyée vers la suite de système, la raison pour laquelle la totalité du volume n'est pas envoyée d'office est la suivante : si on amplifie la totalité de ce que le micro entend, des bruits parasites risquent d'être amplifiés également même si ceux-ci sont bien moins audibles par le micro que par le bruit de fonctionnement du mouvement, c'est pourquoi nous recommanderons dans la partie Guide d'utilisateur page 97 d'augmenter progressivement le volume à l'aide du potentiomètre en partant de 0 et jusqu'à ce que l'appareil détecte le signal de notre montre, afin que le réglage soit juste le nécessaire.

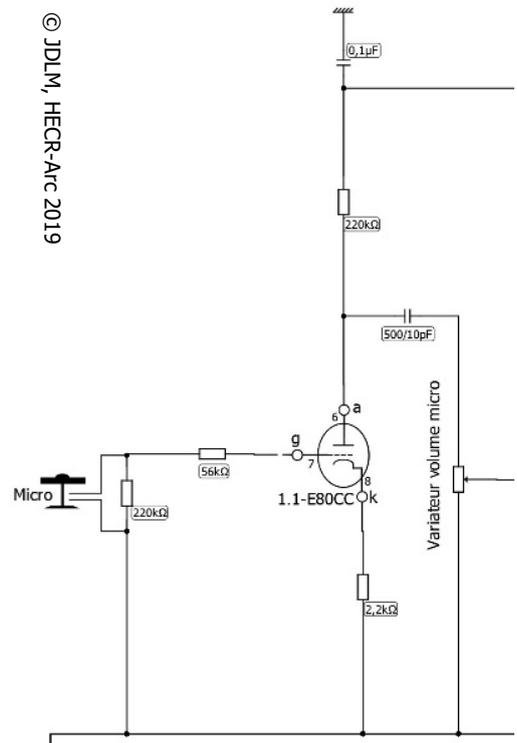


Figure 32 : Bloc A : Réception du signal et pré-amplification

⁷⁰ Voir p.21 des Document 1 & Document 2 en annexes p.134 & 156

⁷¹ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

Bloc B : Etage amplificateur N°1

Cet étage, présenté en Figure 33 ci-contre, est le premier étage d'amplification du signal, à la sortie de cet étage nous pouvons enfin observer le signal issu de notre mouvement horloger (le « tic-tac »). Cependant à ce stade là le signal est encore extrêmement faible et son observation n'est pas des plus pertinentes, si ce n'est seulement afin d'essayer de voir si un signal est bien présent.

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal sortant du bloc B, au niveau du point de mesure P2⁷².

Bien que nous parvenions finalement à discerner le signal de la montre entendu par le micro, nous le devinons à peine grâce à sa périodicité et sa récurrence mais si nous ne savions pas que ce signal devrait être présent il passerait probablement inaperçu.⁷³

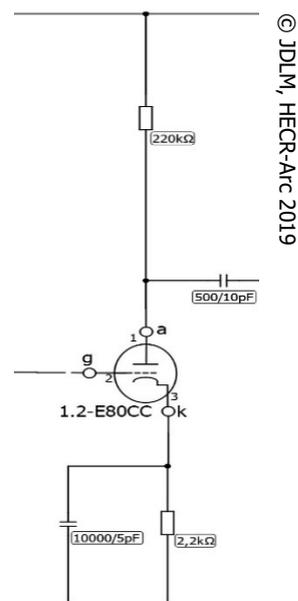


Figure 33 : Bloc B : Etage amplificateur N°1

Bloc C : Etage amplificateur N°2

Dans cette seconde amplification du signal, visible en Figure 34 ci-contre, le fonctionnement est semblable à l'étage précédent : nous désirons amplifier notre signal afin de le rendre exploitable. Nous noterons cependant une différence au niveau de ce montage puisqu'une diode a été ajoutée et permet d'obtenir un signal positif ou négatif en fonction du sens dans lequel cette dernière est installée. D'après notre observation sur le schéma électrique nous pensons que le signal présentera des pointes négatives car la diode est conductrice quand le signal est positif et part donc vers la masse, ce qui fait que le condensateur ne se charge pas. Tandis que lorsque le signal est négatif la diode n'est pas conductrice et le signal va donc charger le condensateur.

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal sortant du bloc C, au niveau du point de mesure P4⁷⁴. Les observations viennent confirmer notre interprétation du circuit électrique car nous avons pu observer que nous ne conservons que des pointes négatives de notre signal, et que ce dernier est amplifié et clairement visible.⁷⁵

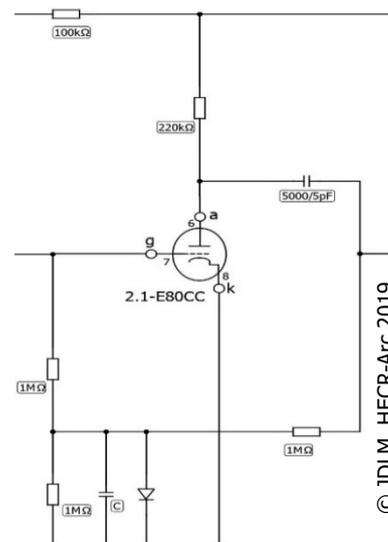


Figure 34 : Bloc C : Etage amplificateur N°2

⁷² Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁷³ Voir Figure 88 : Mesure au point P2 © JDLM, HECR-Arc 2019 p.75

⁷⁴ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁷⁵ Voir Figure 92 : Mesure au point P4 © JDLM, HECR-Arc 2019 p.76

Bloc D : Etage amplificateur N°3

Dans ce 3eme étage amplificateur, présenté en Figure 35 ci-contre, le fonctionnement est semblable au Bloc fonctionnel 9, nous amplifions à nouveau le signal qui arrive sur la grille de la lampe et sort par son anode.

Le signal qu'il reçoit conserve sa forme mais devient simplement plus fort (environ 20 fois) et est redressé pour devenir positif grâce au condensateur, il est donc enfin exploitable par le bloc fonctionnel régissant le marquage du papier.

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal sortant du bloc D, au niveau du point de mesure P5⁷⁶. Les observations sont conformes à nos attentes avec un signal positif, et avec des pointes bien marquées aux alentours des 20V.⁷⁷ Le signal est positif puisque à nouveau inversé par la lampe, en effet chaque lampe amplifie et inverse le signe du signal.

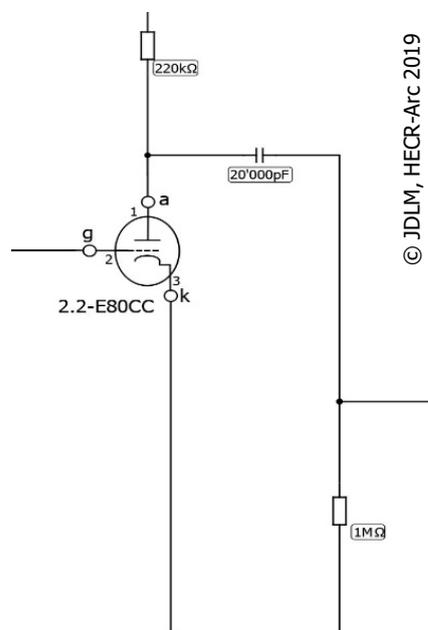


Figure 35 : Bloc D : Etage amplificateur N°3

Bloc E : Commutation Marquage/casque

Ce bloc fonctionnel, visible en Figure 36 ci-contre, permet, grâce à l'interrupteur I3 situé sur le dessus de notre appareil⁷⁸, de choisir si notre appareil :

- Permet le déroulage et le marquage du papier lorsque l'interrupteur est tel que présenté en Figure 36 (interrupteur vers l'avant)
- Permet l'écoute du signal provenant de notre mouvement horloger et stoppe alors le déroulage et le marquage du papier lorsque l'interrupteur est à la masse (interrupteur vers l'arrière).

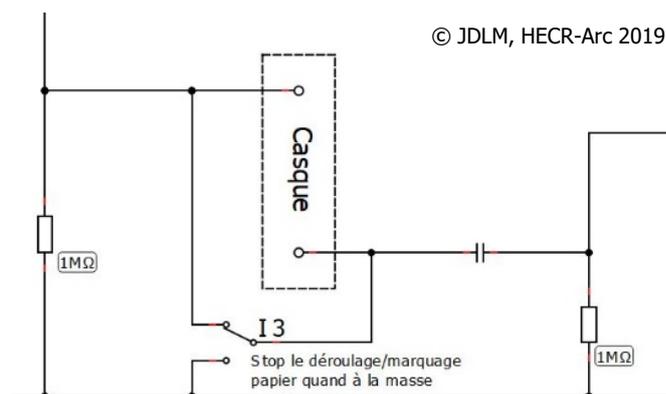


Figure 36 : Bloc E : Commutation Marquage/casque

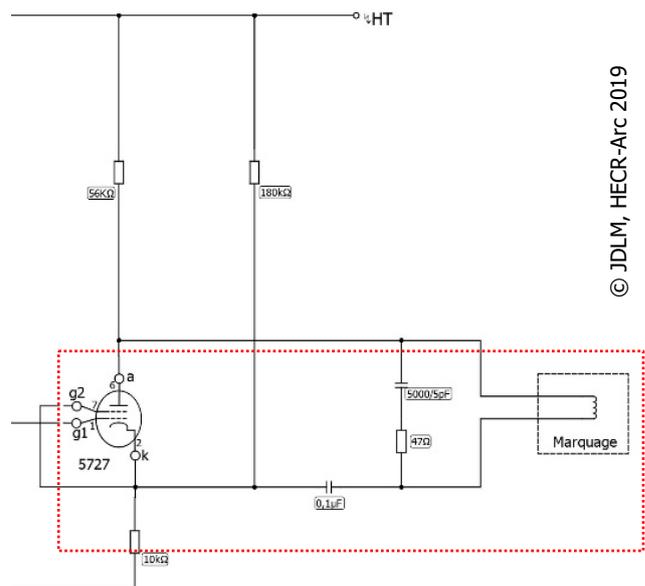
⁷⁶ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁷⁷ Voir Figure 94 : Mesure au point P5 © JDLM, HECC-Arc 2019 p.76

⁷⁸ Voir Figure 9 : Nomination des éléments d'interaction de l'appareil p.13

Bloc F : Marquage du papier

Enfin, le bloc fonctionnel F, présenté en Figure 37 ci-contre, régit le marquage du papier. Le signal du bloc 11 (lorsque le bloc E est en position de marquage) parvient sur la grille N°1 (G1) de la lampe. La grille N°2 (G2) est reliée à la cathode, ce qui fait que lorsque G1 est reçoit le signal, G2 va alors ioniser le gaz (normalement isolant) présent dans la lampe afin de le rendre conducteur. C'est ainsi qu'est transmis l'impulsion pour le marquage, qui va alors décharger le condensateur de 0,1 μ F (qui se comporte comme une source d'énergie). La résistance et le condensateur en parallèle (circuit RC) ont pour rôle d'amortir la pointe de tension qui se crée à la coupure du circuit.



© JDLM, HECC-Arc 2019

Figure 37 : Bloc F : Marquage du papier

Dans le circuit encadré en rouge en Figure 37 ci-contre, la lampe agit comme un interrupteur qui ne se ferme que lorsqu'il reçoit l'impulsion du signal, et le condensateur comme une source d'énergie, l'ensemble venant alors créer un champ magnétique au sein la bobine qui constitue l'élément responsable du marquage.

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal sur l'anode de la lampe du bloc F, au niveau du point de mesure P8⁷⁹. Nous avons pu clairement y voir les cycles de charge et de décharge du condensateur, décharge rapide (~ 10 ms) qui correspond au moment où ce dernier fournit l'énergie à la bobine de marquage.⁸⁰ D'ailleurs la période du signal observé ici correspond à la fréquence du mouvement de la montre testée car nous observons une période de ~ 250 ms, ce qui équivaut à une fréquence de 4Hz, qui est justement la fréquence de notre mouvement horloger.⁸¹

⁷⁹ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁸⁰ Voir Figure 100 : Mesure au point P8 © JDLM, HECC-Arc 2019 p.77

⁸¹ Calibercorner.com, 3285, 2019 [En ligne]

Bloc G : L'oscillateur à quartz

Nous avons ici la possibilité, par le biais de l'interrupteur I1, de choisir avec quelle gamme de fréquence nous souhaitons travailler. La position du milieu, marquée « 21306 », emploiera le quartz de fréquence 21306,12Hz.

Les positions gauches et droites de cet interrupteur renvoient vers le quartz de 21600Hz, ces positions correspondent respectivement aux fréquences d'oscillations de 9000, 12000, 18000, 19800, 22000 et 36000 alternances/heures pour la position gauche et 7200, 10800, 14400, 16200, 19440 et 21600a/h pour la position droite.

Bien que le quartz sélectionné dans ces deux derniers cas de figure soit le même, le sélecteur de fréquence en façade comporte un interrupteur supplémentaire dont l'état dépend de la position du sélecteur et qui assure une fonction qui sera présentée dans la partie concernant le bloc fonctionnel « Etage diviseur de fréquence N°2 ».

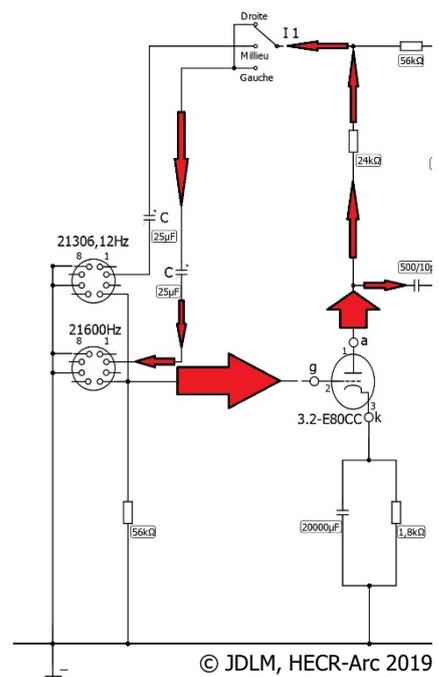


Figure 38 : Chemin du signal dans le Bloc G - lorsque I1 est en position de droite

Ce qui se passe dans le circuit au niveau du signal :

Le signal est illustré par des flèches rouges en Figure 38 ci-contre, ici on représente l'interrupteur en position de droite mais la même logique est valable pour les autres positions, il suffira alors de suivre le circuit ainsi formé.

Le signal provient du quartz qui lui donne sa fréquence, il arrive alors sur la grille de la lampe 3.2-E80CC qui va alors fournir de la puissance au circuit qui va alors se séparer pour d'une part se diriger vers la suite du circuit électrique, mais aussi d'autre part repartir en direction du quartz et donc ainsi entretenir le système.

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal en sortie du bloc G, sur le point P12⁸². Malheureusement lors de l'observation du signal alors que le sélecteur de fréquence était dans ses diverses positions, nous avons pu nous rendre compte que la fréquence 21306Hz (position du milieu) ne semble pas fonctionnelle. En effet, il semblerait que ce quartz soit traversé par le signal et que nous venons alors ensuite exciter le quartz de 21600Hz. C'est cette fréquence que l'on observe et ce, peu importe la position du sélecteur de fréquence.⁸³ Nous observons cependant en position du milieu un léger arrondi au niveau de la courbe de signal quand on la compare à celles des deux autres positions⁸⁴, cette différence est probablement dû à un changement de charge capacitive qui serait causée par le fait que le quartz désiré ne fonctionne pas.

⁸² Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁸³ Voir Figure 109 à Figure 114 p.80 à 82

⁸⁴ Voir Figure 109 p.80, Figure 111 & Figure 113 p.81

Bloc H : L'étage diviseur de fréquence N°1

Ce circuit est un circuit oscillant qui va recevoir le signal du bloc précédent et le diviser, le but étant d'attendre une fréquence réduite qui sera enfin utilisée pour la mise en rotation du moteur. Nous pouvons voir encadré en rouge un circuit oscillant/résonnant qui est synchronisé par le quartz du Bloc précédent (bloc G).

Ce qui se passe dans le circuit au niveau du signal :

Le signal arrive du Bloc 1 sur la grille de la lampe 3.1 E80CC qui va alors créer une nouvelle boucle vers le transformateur T1, qui retournera alors sur la grille de notre lampe afin d'abaisser la fréquence du signal.

A nouveau, nous avons une partie du signal qui sert à entretenir le système et l'autre partie du signal qui continue son chemin vers le bloc suivant.

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal sortant du bloc 2, au niveau du point de mesure P14⁸⁵. La fréquence observée pour les 3 positions est de 2700Hz, soit une division de la fréquence initiale de 21600HZ par un facteur de 8.⁸⁶

Nous observons une légère différence entre la courbe transformée de fourrier du signal en position 21306Hz, Comme dit précédemment c'est probablement dû à un changement de charge capacitive qui serait causé par le fait que le quartz désiré ne fonctionne pas.

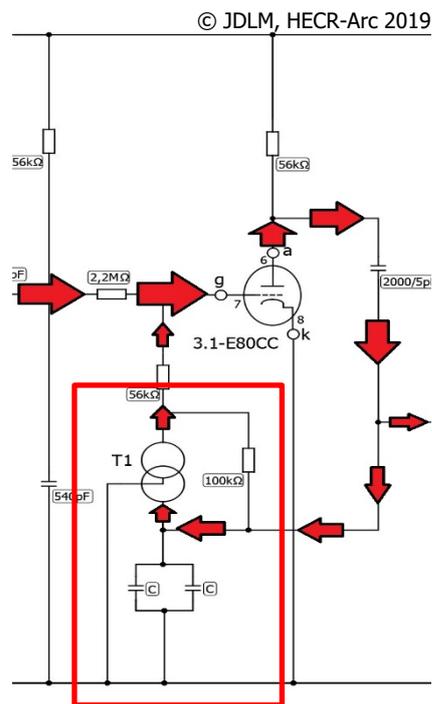


Figure 39 : Bloc H : Etage diviseur N°1

⁸⁵ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁸⁶ Voir Figure 118 à Figure 120 p.83-84

Bloc I : L'étage diviseur de fréquence N°2

Le fonctionnement est semblable à celui du Bloc H, à l'exception près de l'interrupteur I2 qui permet de changer la fréquence du signal afin d'obtenir la plage de fonctionnement du sélecteur de fréquence en position de droite.

Ce dernier fait partie intégrante du sélecteur de fréquence en façade, lorsqu'il est fermé (et donc lorsque le sélecteur de fréquence est en position de gauche) il permet la mise en parallèle d'un condensateur supplémentaire (encadré en gris sur la Figure 40 ci-contre), permettant ainsi de travailler avec les mouvements de 7200, 10800, 14400, 16200, 19440 et 21600 alternances par heures.

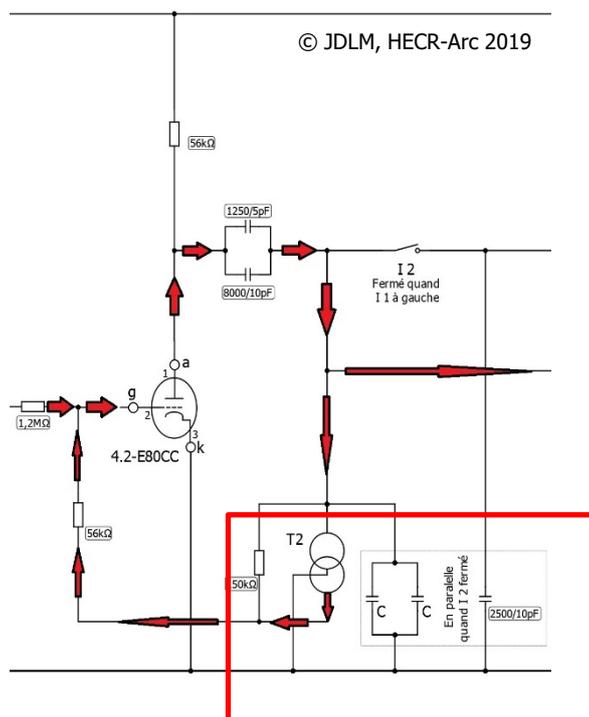


Figure 40 : Bloc I : Etage diviseur N°2

Ce qui se passe dans le circuit au niveau du signal :

A nouveau, nous avons une partie du signal qui entretient l'oscillation et l'autre partie qui continue vers la suite du système électrique. Le fait que l'interrupteur I2 soit ouvert ou fermé ne change pas le principe de fonctionnement mais change la fréquence du signal.

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal sortant du bloc I, au niveau du point de mesure P15⁸⁷. Les fréquences observées sont les suivantes :⁸⁸

Position de I1	Position de gauche	Position du milieu	Position de droite
Fréquence observée	450Hz	540Hz	540Hz
Facteur de division par rapport au signal précédent	6	5	5

Ce comportement est cohérent avec notre hypothèse selon laquelle le quartz de 21306,12Hz n'est plus fonctionnel puisque la fréquence mesurée avec l'interrupteur I1 en position du milieu est la même que celle observée lorsque I1 est en position de droite.

⁸⁷ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁸⁸ Voir Figure 122 à Figure 127 p.85 à 87

Bloc J : L'étage diviseur de fréquence N°3

Le fonctionnement est identique à celui du Bloc H comme on peut le voir en Figure 41 ci-contre, c'est pourquoi il ne sera pas développé à nouveau ici afin d'éviter une redondance.

Cette succession de trois diviseurs de fréquence permet d'arriver à une fréquence finale aux alentours de 50Hz qui régira alors la vitesse de rotation du moteur, c'est la vitesse de rotation du moteur qui permettra ensuite d'obtenir un marquage correspondant aux fréquences de nos mouvements horlogers.

Les mesures réalisées et le signal observé :

La précision de notre oscilloscope⁸⁹ nous permet de mettre en avant les nuances de fréquences à 0,1Hz près, ce qui n'est pas le cas de la plupart des oscilloscopes d'atelier, mais en cas de vérifications il sera éventuellement possible de détecter une panne si les valeurs affichées sont très différentes (0 partir de ~10Hz de différence) de celles décrites ici. Nous évoquerons ces vérifications au point 3 Détection des pannes : p.70.

Nous avons observé le signal sortant du bloc J, au niveau du point de mesure P16⁹⁰. Les fréquences observées sont les suivantes :⁹¹

Position de l'interrupteur I1	Position de gauche	Position du milieu	Position de droite
Fréquence observée	50Hz	49,08Hz	49,08Hz
Facteur de division par rapport au signal précédent	9	11	11

L'ensemble du montage de ces 3 étages nous permet donc de passer d'une fréquence initiale avoisinant les 20000Hz à une fréquence proche de 50Hz, soit une division totale d'un facteur d'environ 400.

Encore une fois notre théorie concernant le dysfonctionnement du quartz de 21306,12Hz semble se confirmer.

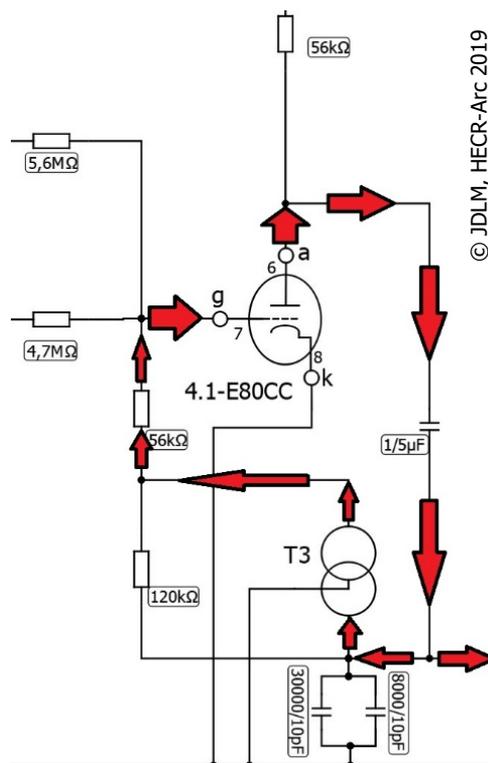


Figure 41 : Bloc J : Etage diviseur N°3

⁸⁹ Oscilloscope de précision de la marque PicoTech® modèle 2000® associé au logiciel PicoScope 6®

⁹⁰ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁹¹ Voir Figure 129 à Figure 134 p.88 à 90

Bloc K : L'étage de puissance

Cet étage, visible en Figure 42 ci-contre, va enfin amplifier le signal désiré et de bonne fréquence afin de permettre la rotation du moteur à courant alternatif. Ce type de moteur à une vitesse de rotation qui dépend de la fréquence de son signal d'alimentation.⁹² La bobine (self) permet de faire un décalage de la valeur moyenne du signal afin de l'approcher de 0. En effet, si le signal n'est pas tantôt positif et tantôt négatif il n'est pas possible de mettre le moteur en rotation.

La grille 2 de la lampe a pour rôle d'accélérer le flux d'électrons tandis que la grille 3 directement reliée à la cathode permet de supprimer le comportement parasite de condensateur que peut avoir la lampe par sa conception.

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal sortant du bloc K, au niveau du point de mesure P17⁹³. Ce que nous avons observé vient confirmer notre interprétation du schéma électrique puisque la forme du signal est inchangée, seule son amplitude vient être augmentée avec une valeur crête à crête qui passe de $\sim 120V$ à $\sim 600V$, la période (et donc la fréquence) reste inchangée par rapport à la mesure au point P16^{94, 95}

Nous observons que le signal est complètement positif, cela s'explique par le fait que notre point de mesure est en amont de la self qui a pour but de redonner au signal une composante positive et négative afin que le moteur alternatif puisse tourner. Il est cependant important de noter que nous avons mesuré une tension entre la masse et l'anode, mais le moteur est également soumis à une tension entre le + de l'alimentation HT et cette même anode, donc afin de connaître exactement ce que reçoit le moteur lors de son fonctionnement nous devons soustraire la valeur moyenne de la HT à notre mesure.

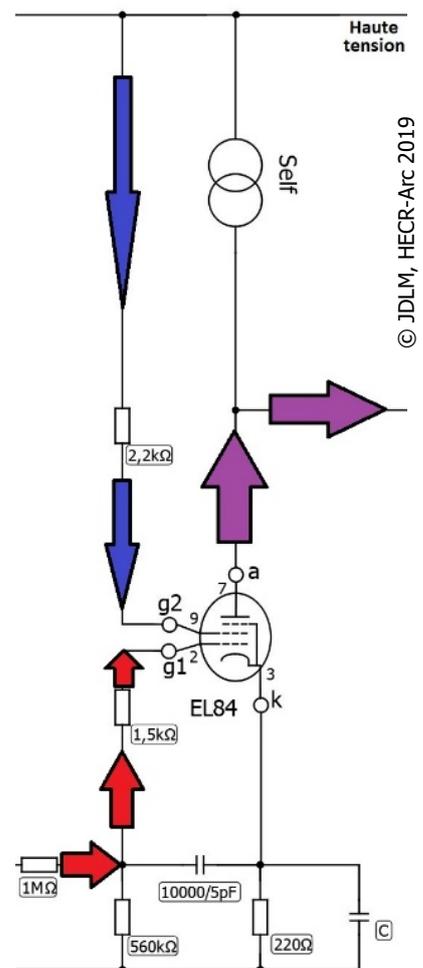


Figure 42 : Bloc K : L'étage de puissance

⁹² DesignSpark, 2016 [En ligne]

⁹³ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁹⁴ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁹⁵ Voir Figure 138 p.91

Bloc L : Ensemble moteur

Le bloc L présenté en Figure 43 ci-contre, consiste à mettre en rotation le moteur grâce au signal qu'il reçoit, et par le biais de deux condensateurs qui permettent la création d'un léger décalage du signal, en effet l'un est placé en parallèle avec la bobine du moteur afin de retarder le signal, et l'autre est placé en série avec la bobine du moteur afin d'avancer le signal. C'est ce décalage qui permet la mise en rotation du moteur, grâce à la création d'un champ magnétique tournant.

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal sortant du bloc L, au niveau du point de mesure P18⁹⁶. Ce que nous avons pu observer vient confirmer notre compréhension du système car nous avons pu voir le décalage créé entre les deux signaux par nos deux condensateurs.⁹⁷

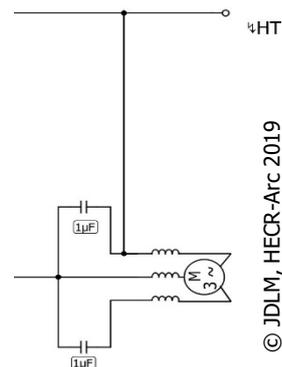


Figure 43 : Bloc L : Ensemble moteur

Bloc M : Alimentation

Ce bloc visible en Figure 45 permet l'alimentation de notre système électrique, il comporte un interrupteur qui permet au courant alternatif provenant de la prise secteur de venir alimenter un transformateur. Ce dernier va alors alimenter le circuit électrique avec deux types de signal, le premier se rendra vers le pont de Graetz, comme évoqué au point 4.1 L'identification des principaux composants du système page 14 permet d'obtenir une tension continue depuis une tension alternative, pour enfin fournir l'alimentation HT de notre système électrique.

Le deuxième type de signal se trouve aux bornes « Chauffe1 » et « Chauffe2 », et a pour rôle d'alimenter l'ensemble des lampes en parallèles afin de permettre leur fonctionnement.

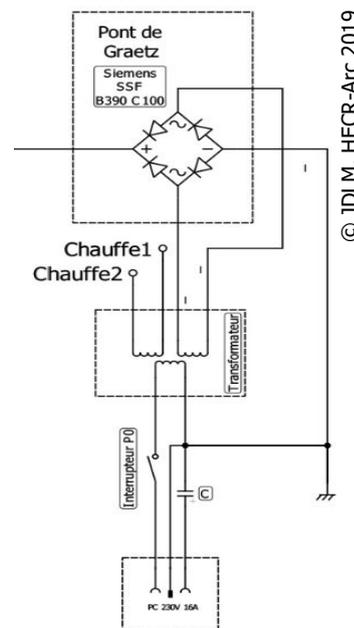


Figure 44 : Bloc M : Alimentation

Bloc N : Filtrage d'alimentation Haute Tension

Cet étage, visible en Figure 45 ci-contre, permet à l'aide de ces condensateurs, de réaliser un double filtrage de l'alimentation Haute-Tension (HT). Le premier condensateur (C-M1) est chargé par la Haute-Tension et le signal qui en sort part alors alimenter le moteur. Le second condensateur (C-M2A) forme avec la résistance de 15kΩ un deuxième filtre qui viendra alors alimenter le reste du circuit électrique.

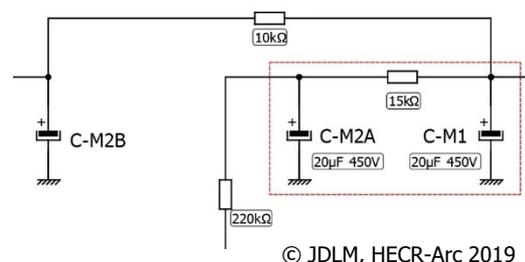


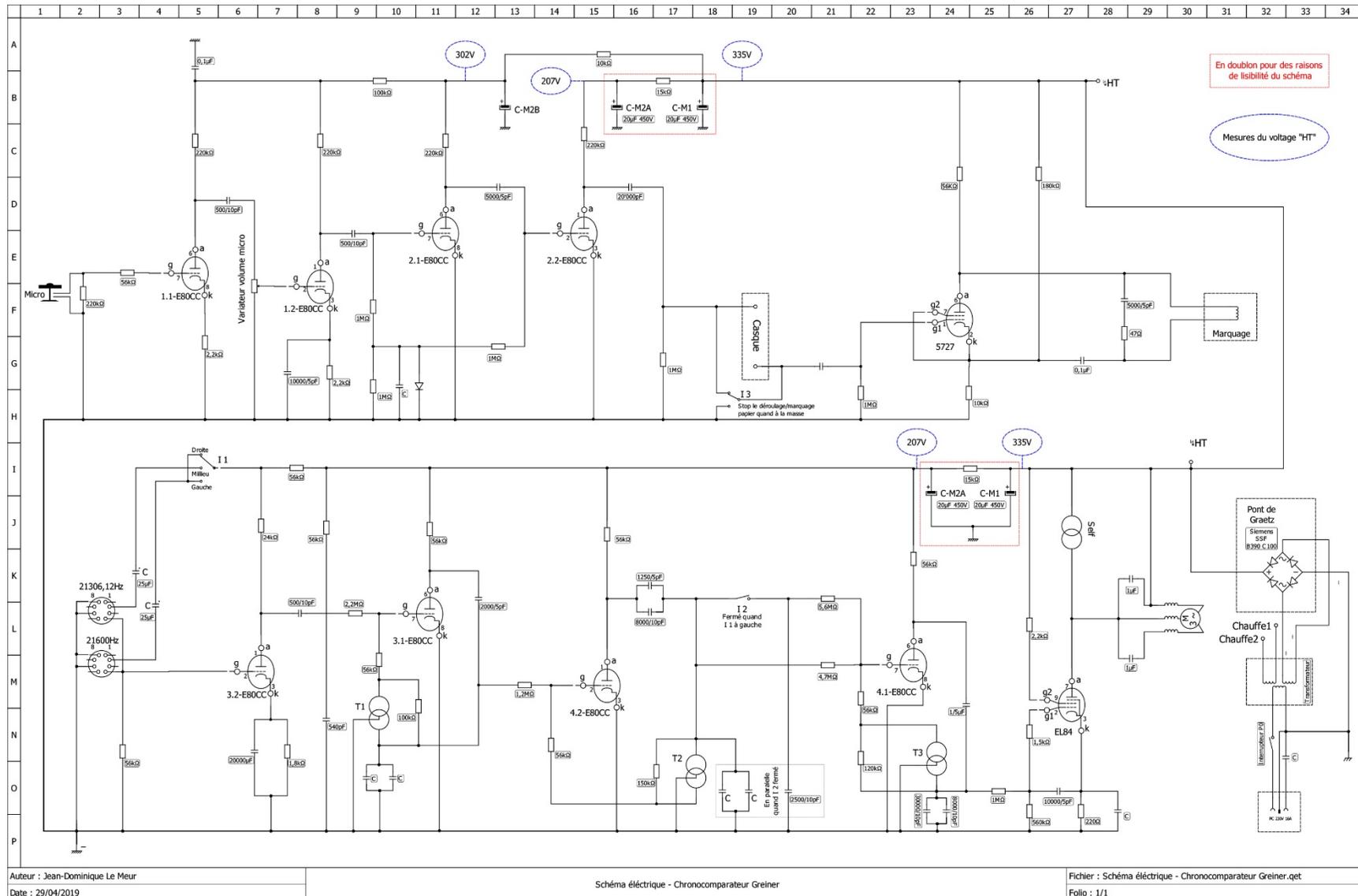
Figure 45 : Bloc N : Filtrage d'alimentation Haute-tension

⁹⁶ Voir Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique p.71

⁹⁷ Voir Figure 138 p.91

Les mesures réalisées et le signal observé :

Nous avons observé le signal sortant de ce filtrage et voici en bleu en Schéma 7 ci-dessous les tensions mesurées aux divers points du schéma électrique :



© JDLM, HECR-Arc 2019

Schéma 7 : Mesures (en bleu) des valeurs du signal Haute Tension sortant du filtrage d'alimentation

4.5. Résumé du fonctionnement du système et représentation schématiques

Nous tenterons ici de résumer le fonctionnement de notre appareil en nous inspirant de la méthodologie Schematec⁹⁸ afin de le représenter clairement et comprendre les différentes étapes du fonctionnement ainsi que les interactions ayant lieu au sein de l'appareil et avec ses éléments tiers (utilisateurs, ressources, etc.).

Analyse de la fonction de l'objet et de son contexte d'usage

Cela correspond au Niveau 2 de la méthodologie Schematec⁹⁹, avec la création d'une schématisation « SADT », qui peut se définir ainsi :

« On décrit ici l'objet comme une boîte noire en pistant les entrées/sorties et les éléments permettant les interactions avec un opérateur et l'environnement. On répondra aux questions suivantes : sous quelle forme et comment l'énergie permet de mettre en action l'objet et ses mécanismes ? Quelles sont les possibilités d'interactions avec l'objet pour influencer sur les paramètres de fonctionnement ? »

100

Nous obtenons donc le schéma visible en Figure 46 à la page suivante, où nous pouvons voir que notre objet a en entrée le bruit produit par le mouvement horloger ainsi qu'un rouleau de papier vierge ; ensuite, grâce aux différents paramètres et actions effectués sur notre objet, nous obtenons en sortie une bande de papier marquée d'une courbe que nous pouvons interpréter grâce au disque gradué, ainsi que le bruit émis par le marquage, ou alors nous pouvons écouter à l'aide d'un casque audio le son amplifié du mouvement horloger.

⁹⁸ Degrigny & Jeanneret, 2016 [En ligne]

⁹⁹ Degrigny & Jeanneret, 2016 [En ligne] p.9

¹⁰⁰ Degrigny & Jeanneret, 2016 [En ligne] p.9

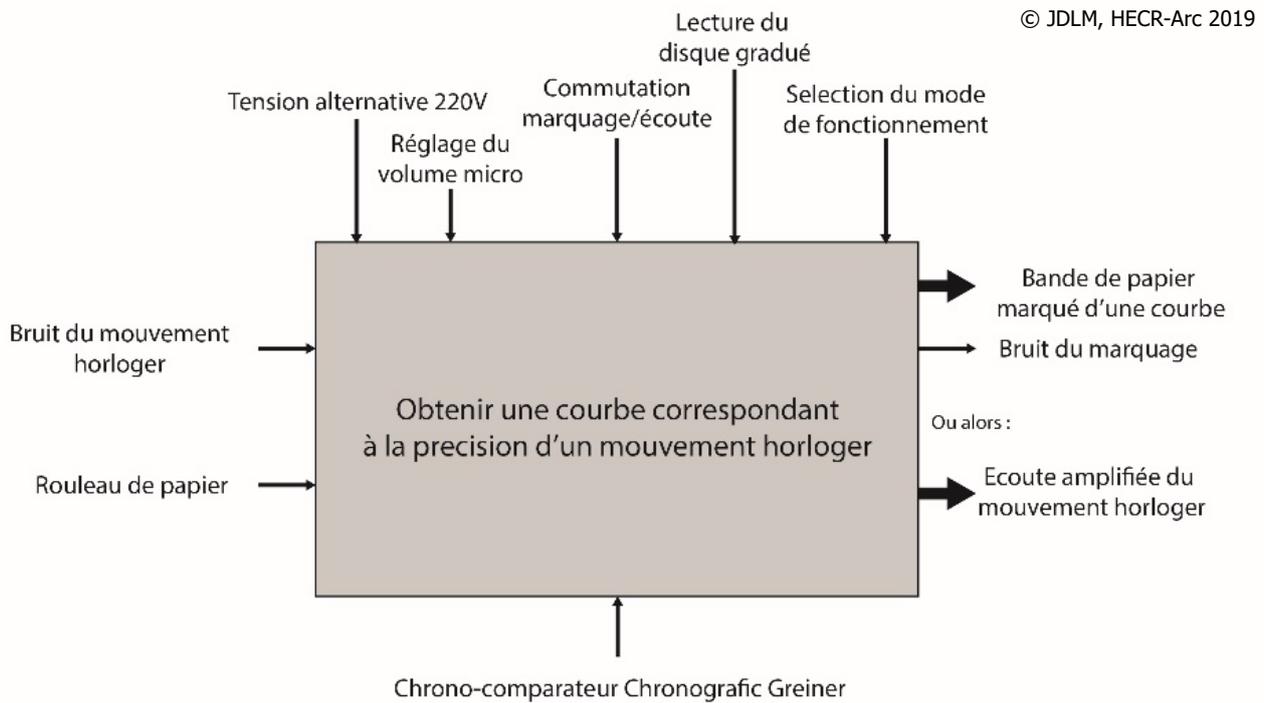


Figure 46 : Schéma SADT de notre chrono-comparateur

Aussi, nous avons pu réaliser la représentation suivante qui résume les interactions possibles avec notre objet, les éléments en entrée ainsi que ceux en sortie de notre objet :

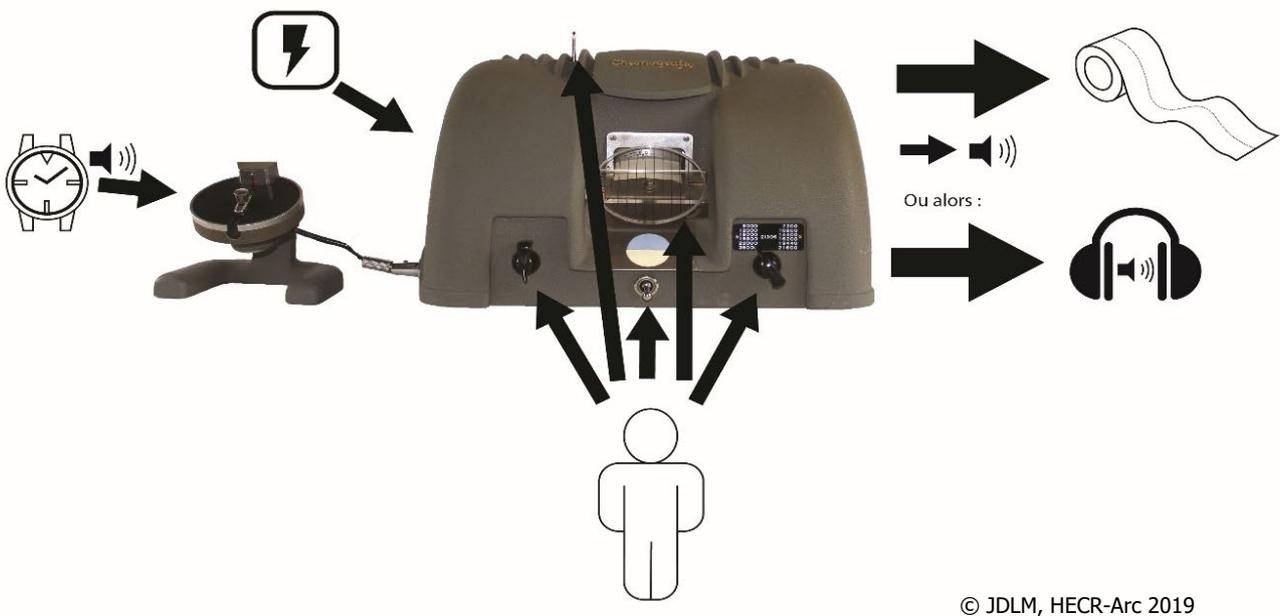


Figure 47 : Version graphique du schéma SADT de notre chrono-comparateur

Organigramme des sous-fonctions

A présent nous allons procéder à ce qui correspond au niveau 3 de la méthodologie Schematec¹⁰¹, qui consiste en un organigramme des sous-fonctions et illustrations d'identification des systèmes.

« [Ce] niveau [...] consiste à « entrer dans l'objet » pour identifier et localiser les sous-fonctions lui permettant d'accomplir sa fonction globale. Ces sous-fonctions sont assurées par des systèmes, eux-mêmes constitués d'organes. Pour le niveau 3, on s'intéresse à l'identification des sous-fonctions (niveau 3a) et à la localisation de leurs systèmes (niveau 3b).

102

[...]

Dans tous les cas, et pour identifier un système, il faut tâcher de fractionner l'objet en un minimum de sous-fonctions. Il faut y rassembler tous les organes jouant un rôle commun et composant une même sous-fonction. Cette segmentation est arbitraire et, presque systématiquement, on pourra réfléchir à la pertinence de regrouper ou de séparer tel ou tel organe pour chaque sous-fonction. L'important est de conserver une cohérence dans la définition de ces limites. »

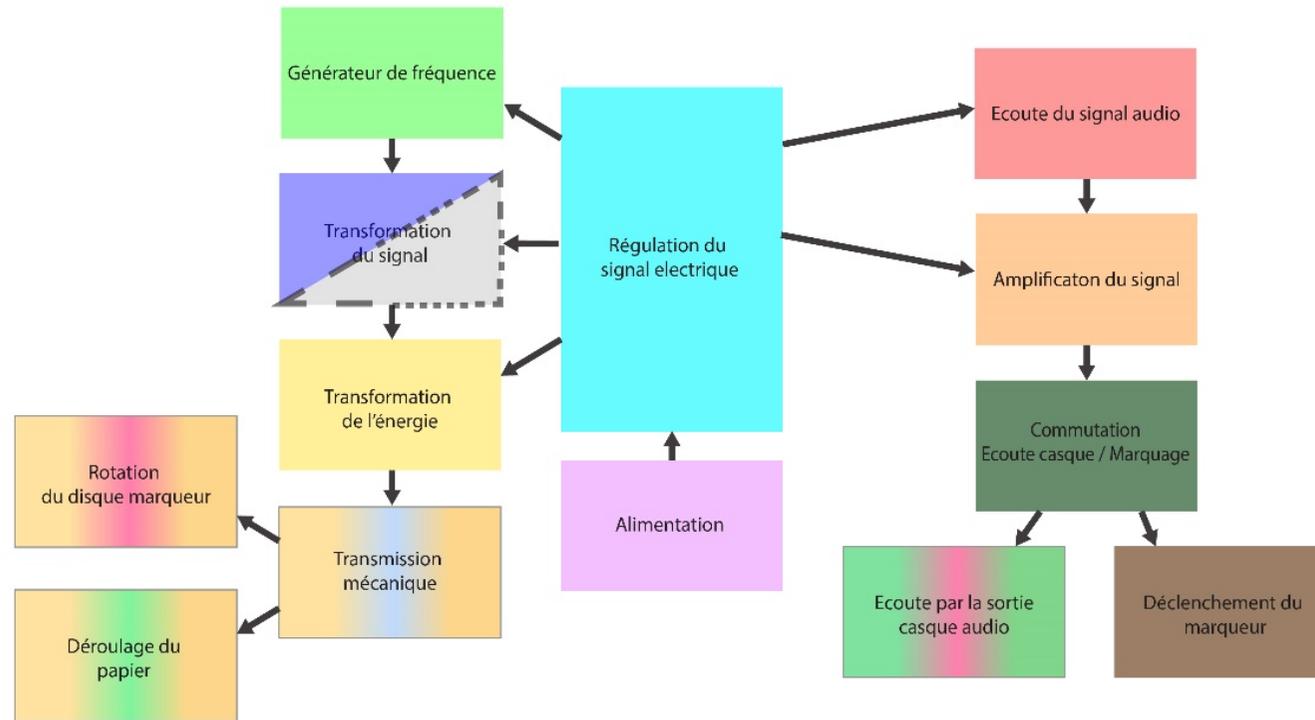
Nous noterons qu'ici, afin de déterminer les sous fonctions de notre objet concernant sa partie électrique, nous nous sommes basés sur notre relevé du système électrique ainsi que sur l'étude de son fonctionnement. Aussi, à la vue du grand nombre de composants électriques et pour des raisons de lisibilité, nous avons choisi de mettre en avant seulement les composants jugés principaux, puisque l'étude détaillée des blocs fonctionnels est disponible au chapitre 4.4 page 30 et qu'il serait redondant de répéter la chose ici, tout en portant préjudice à la lisibilité de l'infographie créée.

Voici donc à la page suivante le schéma obtenu pour l'identification des sous-fonctions (niveau 3a) :

Notons que les blocs qui comportent une couleur principale avec en leur centre un dégradé d'une autre couleur sont des blocs systèmes à part entière, avec cependant la couleur de fond qui est un rappel de la couleur du bloc système dont ils découlent.

¹⁰¹ Degriigny & Jeanneret, 2016 [En ligne] p.11-13

¹⁰² Degriigny & Jeanneret, 2016 [En ligne] p.11



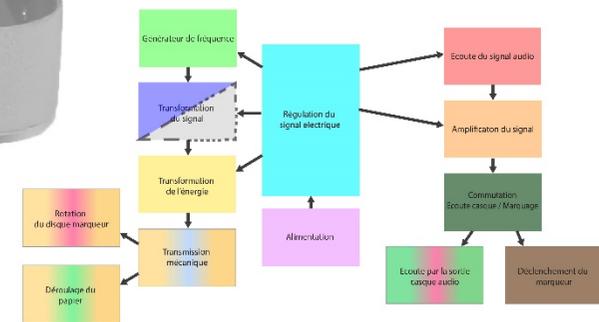
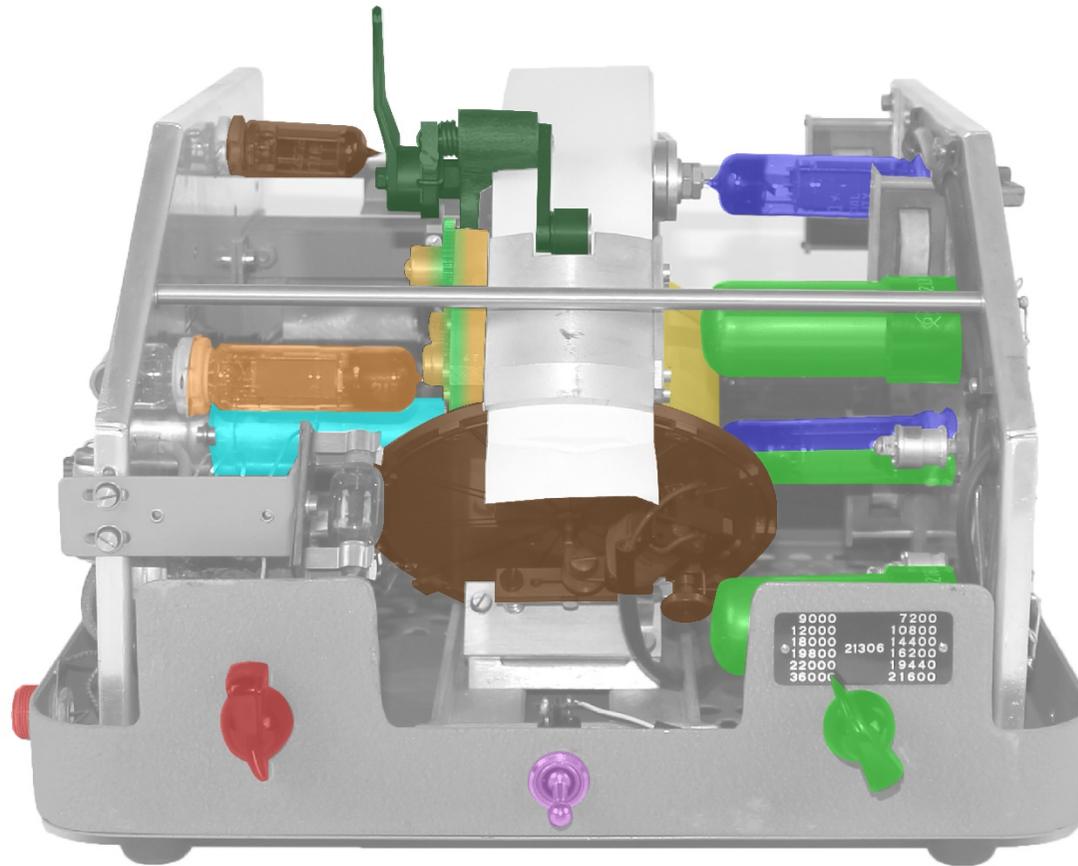
© JDLM, HECR-Arc 2019

Correspondance avec le système électrique :



Figure 48 : Identification des sous-fonctions de notre chrono-comparateur (Niveau 3a)

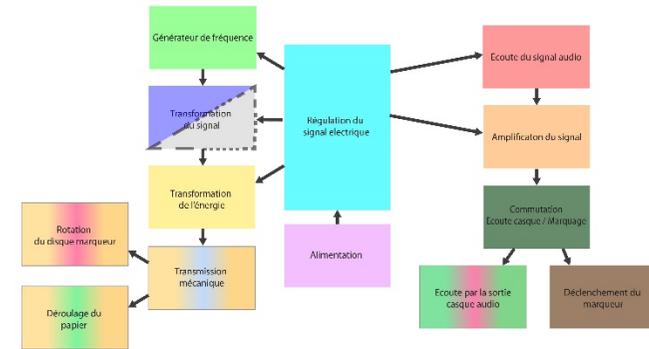
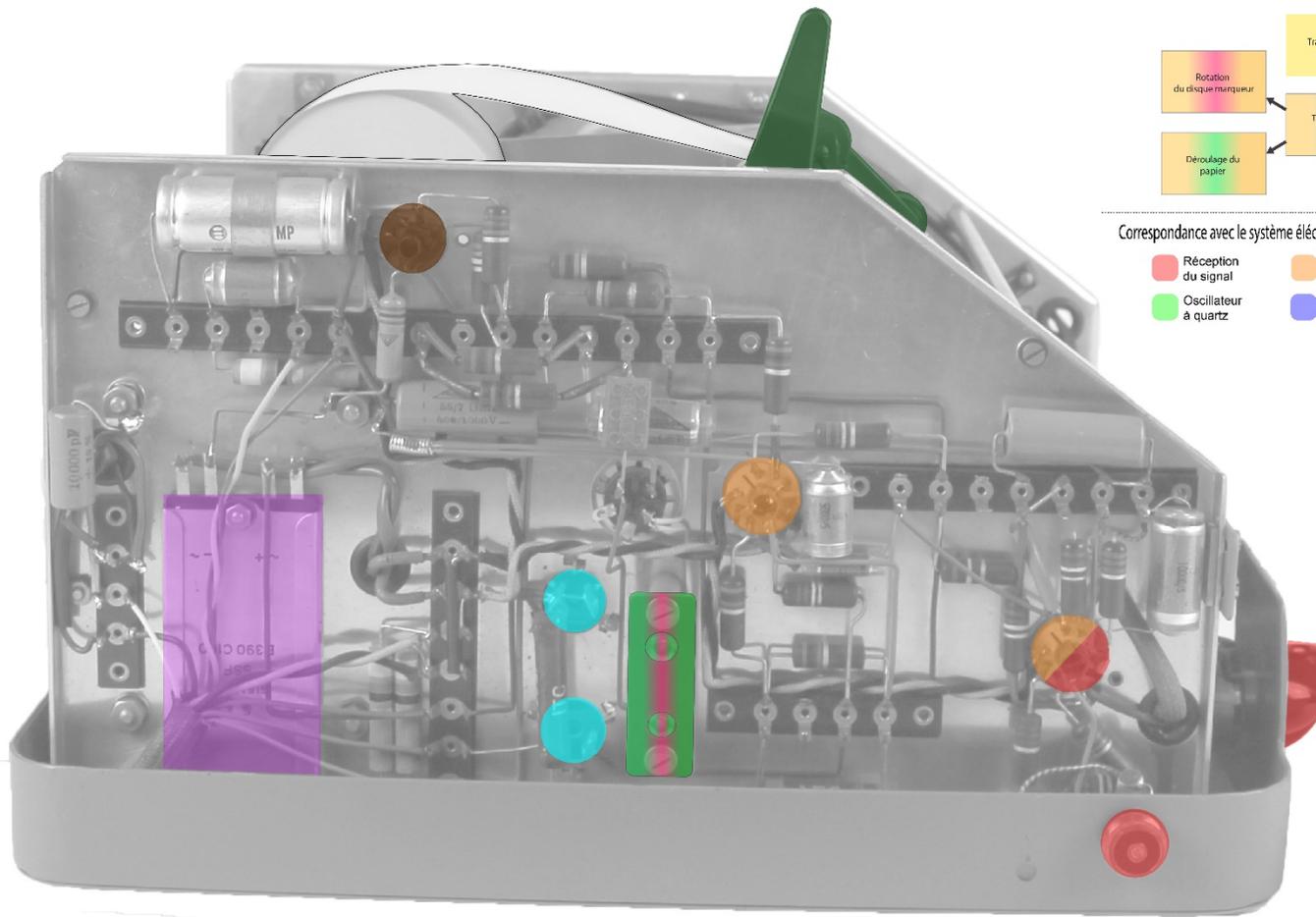
Nous avons ensuite procédé à la localisation de ces systèmes, avec la mise en avant des principaux composants qui les composent. Il en a résulté les Figure 49 à Figure 54 ci-dessous aux pages suivantes :



Correspondance avec le système électrique :

- | | | | | |
|--|---|---|---|---|
| ■ Réception du signal | ■ Etages amplificateurs | ■ Commutation Marquage/casque | ■ Marquage du papier | ■ Alimentation |
| ■ Oscillateur à quartz | ■ Etages diviseurs de fréquence | Etage de puissance | ■ Filtrage d'alimentation | ■ Ensemble moteur |

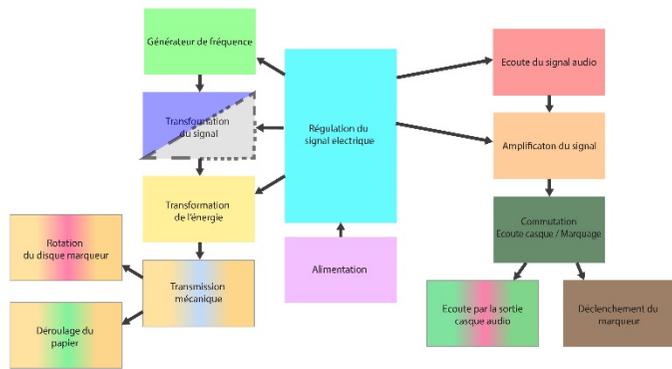
Figure 49 : Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de face



Correspondance avec le système électrique :

- Réception du signal
- Etages amplificateurs
- Commutation Marquage/casque
- Marquage du papier
- Alimentation
- Oscillateur à quartz
- Etages diviseurs de fréquence
- Etage de puissance
- Filtrage d'alimentation
- Ensemble moteur

Figure 50 : Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de profil : gauche



Correspondance avec le système électrique :

- | | | | | |
|--|---|--|---|---|
| ■ Réception du signal | ■ Etages amplificateurs | ■ Commutation Marquage/casque | ■ Marquage du papier | ■ Alimentation |
| ■ Oscillateur à quartz | ■ Etages diviseurs de fréquence | Etage de puissance | ■ Filtrage d'alimentation | ■ Ensemble moteur |

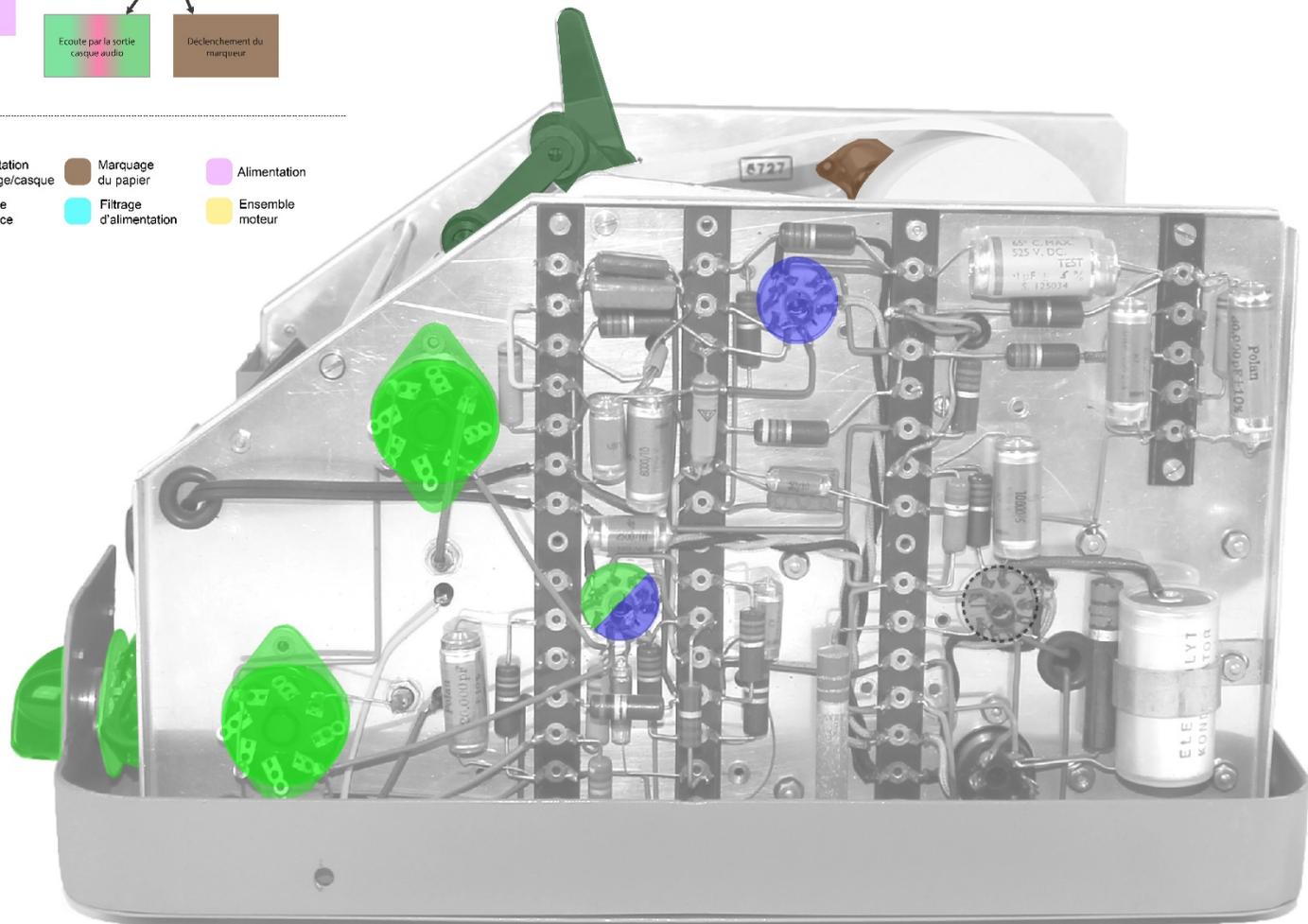


Figure 51 : Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de profil : droite

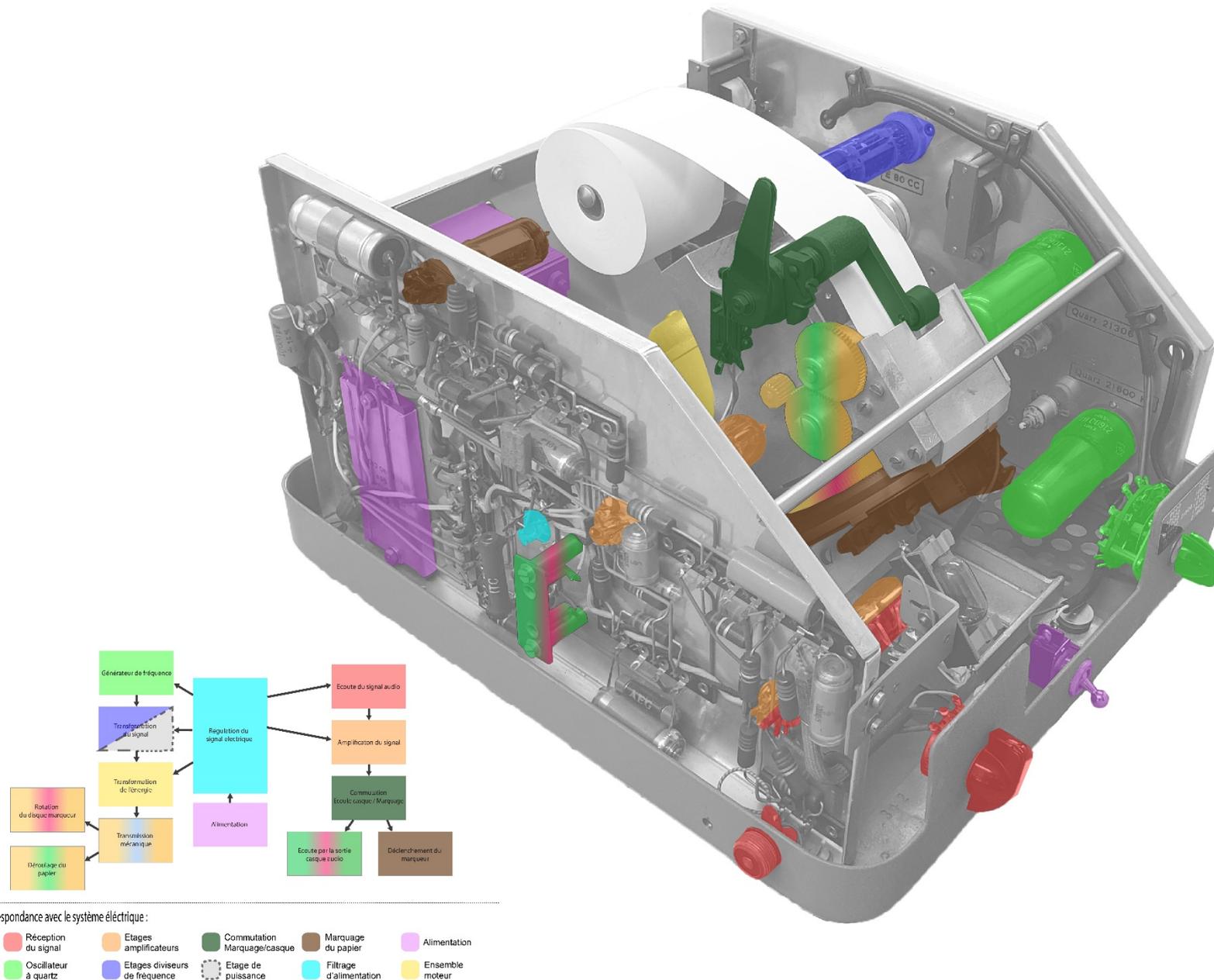
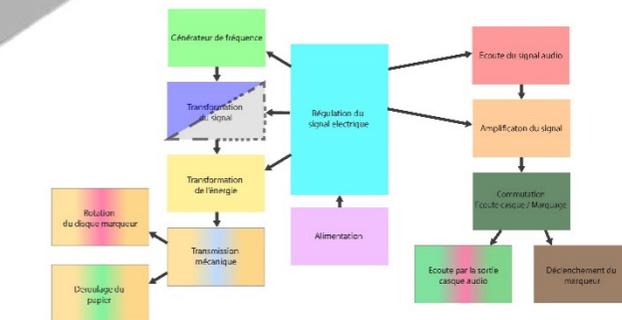
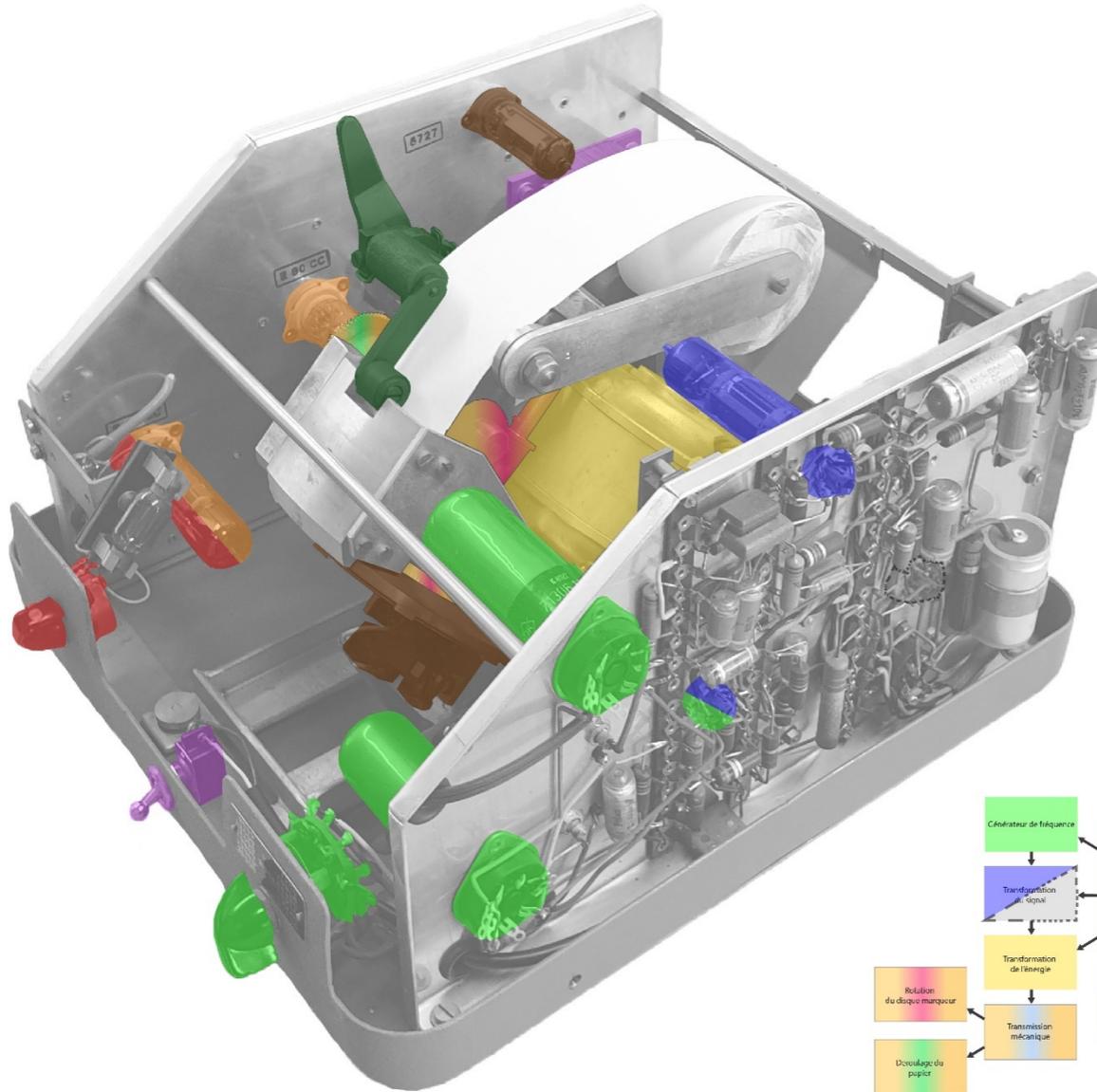


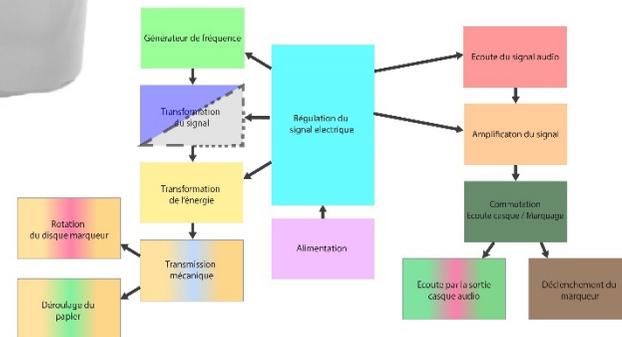
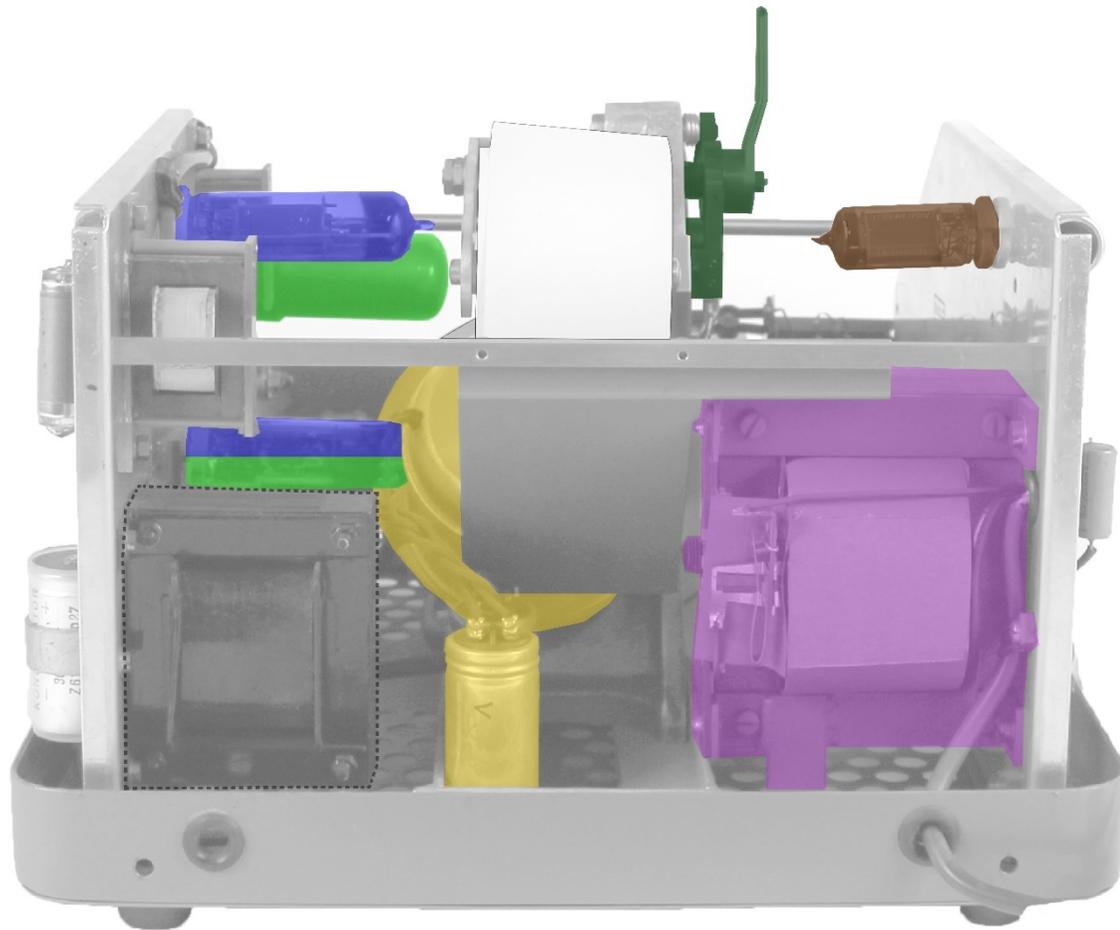
Figure 52: Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de 3/4 : gauche



Correspondance avec le système électrique :

- Réception du signal
- Etages amplificateurs
- Commutation Marquage/casque
- Marquage du papier
- Alimentation
- Oscillateur à quartz
- Etages diviseurs de fréquence
- Etage de puissance
- Filtrage d'alimentation
- Ensemble moteur

Figure 53: Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de 3/4 : droite



Correspondance avec le système électrique :

- Réception du signal
- Etages amplificateurs
- Commutation Marquage/casque
- Marquage du papier
- Alimentation
- Oscillateur à quartz
- Etages diviseurs de fréquence
- Etage de puissance
- Filtrage d'alimentation
- Ensemble moteur

Figure 54 : Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de dos

Organigramme des organes fonctionnels

Finalement, nous sommes rentrés encore plus dans le détail avec la réalisation de l'organigramme des organes fonctionnels, qui correspond donc au niveau 4a de la méthodologie Schematec¹⁰³ et qui se définit comme ceci :

« Nous reprenons ici l'architecture du niveau 3 [...]. Le code couleur défini précédemment est conservé [...].

Niveau 4a. Organigramme des organes fonctionnels :

Ici, la représentation des interactions reste la même et on ne précise toujours pas leur nature.

En revanche, ce sont cette-fois-ci les organes fonctionnels qui sont représentés par chaque case.

Pour distinguer ceux-ci on tâchera d'identifier des ensembles assurant une fonction définie. »

104

C'est donc selon ces instructions que nous avons obtenu le schéma visible à la page suivante en Figure 55.

Nous noterons que c'est ici que s'arrête notre utilisation de la méthodologie Schematec, puisque comme expliqué précédemment les niveaux suivants qui entrent encore plus en détail au sujet de notre système électrique seraient redondants avec la partie 4.4 visible en page 30.

¹⁰³ Degriigny & Jeanneret, 2016 [En ligne] p.15

¹⁰⁴ Degriigny & Jeanneret, 2016 [En ligne] p.15

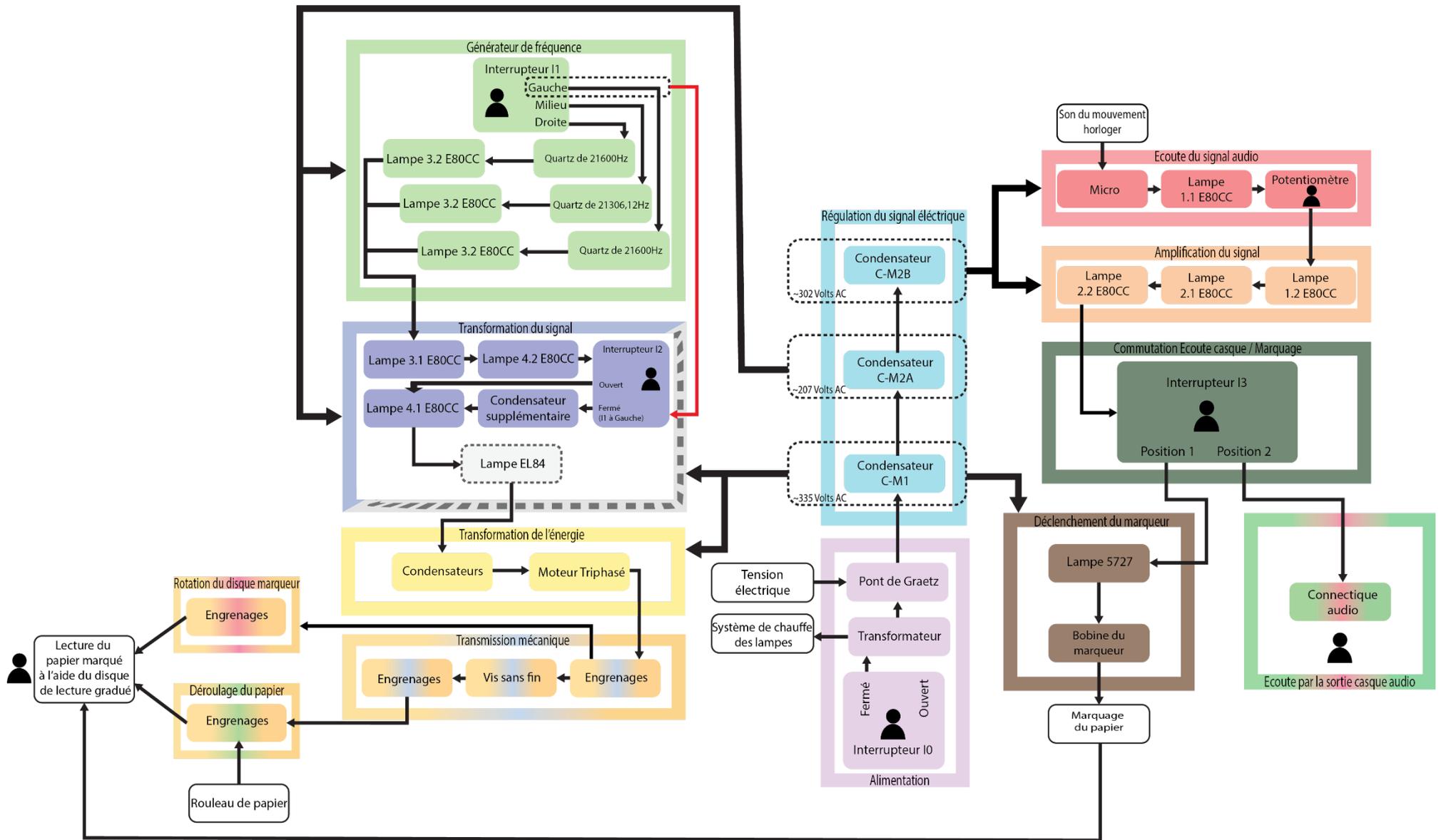


Figure 55 : Organigramme des organes fonctionnels (Niveau 4a) de notre chrono-comparateur

5. Valeurs culturelles

Notre appareil comporte différentes notions de patrimoine matériel et immatériel¹⁰⁵, d'un point de vue technique cet objet est le témoin de la technologie d'avant la généralisation de l'utilisation des transistors et des circuits imprimés aux composants miniaturisés.¹⁰⁶

Cet objet comporte une valeur esthétique puisque sa forme est d'une typologie typique des années 1940 et dont le style rappelle l'automobile de cette période.

[Voir Figure 56 ci-contre]

Une certaine valeur d'ancienneté entoure cet objet, qui présente quelques rayures et auréoles sur son enveloppe extérieure.

Concernant le patrimoine immatériel, comme évoqué dans la partie historique, ce type d'instrument a directement contribué à l'obtention de la bonne précision des mouvements horlogers en accélérant la mesure de leur précision. C'est donc tout un pan de l'histoire de l'horlogerie moderne qui découle de ces instruments.

Nous n'avons pas assez d'informations sur l'historique de notre objet pour lui attacher d'autres valeurs que celles qu'il a actuellement, à savoir qu'il est en quelque sorte la « mascotte » de l'atelier de restauration Vintage Blancpain et s'y trouve depuis son ouverture en 2016.

C'est donc une valeur sentimentale pour l'équipe de l'atelier et sa valeur d'association avec l'atelier de restauration vintage Blancpain s'amplifiera avec le temps puisque cet objet y retournera une fois ce travail de diplôme terminé.¹⁰⁷

Enfin, le fait que l'appareil fonctionne nous permet d'apprécier une autre notion immatérielle : le bruit de l'appareil lorsqu'il est utilisé, qui sans doute devait être une sorte de bruit de fond au sein des ateliers horlogers des années 1950 et qui a disparu aujourd'hui avec les instruments modernes.¹⁰⁸



*Figure 56 : Esthétique extérieure de l'appareil
© Gaillard A., Blancpain, 2018*

¹⁰⁵ Appelbaum, 2007, p.11

¹⁰⁶ Gralon.net, 2008 [En ligne]

¹⁰⁷ Appelbaum, 2007, p.203

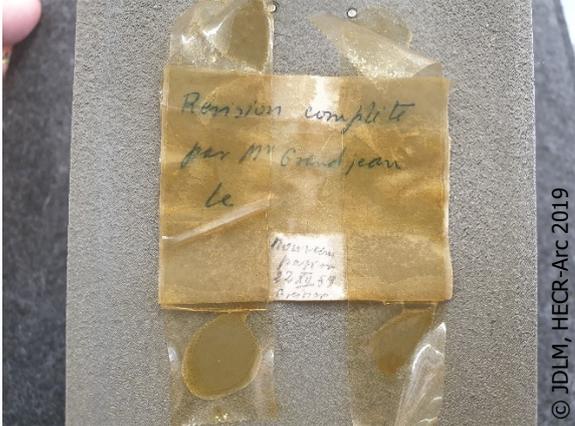
¹⁰⁸ Appelbaum, 2007, p.247

Chapitre II : Diagnostic de conservation et interventions réalisées

1. Constat d'état

1.1. Châssis et partie extérieure

La partie extérieure, qui correspondrait à son châssis et à sa carrosserie si nous nous permettons une analogie avec l'automobile :

	Description	Illustration photographique
Empoussièrem/encrassement	<p>Nous pouvons noter que la surface de notre objet présente un certain empoussièrem ainsi qu'un encrassement comme visible en Figure 57 ci-contre, en effet, la surface avec motif en relief de la peinture rend l'objet particulièrement sensible aux salissures.</p> <p>L'intégralité des vues de détail est visible en Figure 165 à Figure 169 en annexes p.119</p>	 <p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p> <p><i>Figure 57 : Empoussièrem/Encrassement Vue de détail N°1</i></p>
Dégradation des polymères (élastomères et « plastiques »)	<p>Nous remarquons un jaunissement du ruban adhésif qui servait à maintenir en place l'étiquette en papier à l'intérieur du capot. Ce dernier est maintenu en place par 4 points de colle, comme visible en Figure 58 ci-contre.</p>	 <p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p> <p><i>Figure 58 : Vue détaillée de l'étiquette</i></p>

<p>Dégradation mécanique</p>	<p>Nous remarquons aussi la présence de rayures et d'abrasion de surface sur la coque de notre appareil, comme visible en Figure 59 ci-contre et en Figure 170 en annexes p.119.</p>	 <p><i>Figure 59 : Abrasion et rayures de surface Vue de détail N°1</i></p>
<p>Lacune</p>	<p>On remarque qu'un élément est manquant et a laissé une marque « de propre » puisque cet élément protégeait la surface sous-jacente, nous remarquons deux attaches métalliques brisées au centre de ce cercle clair présenté en Figure 60 ci-contre.</p>	 <p><i>Figure 60 : Ecusson Greiner manquant</i></p>

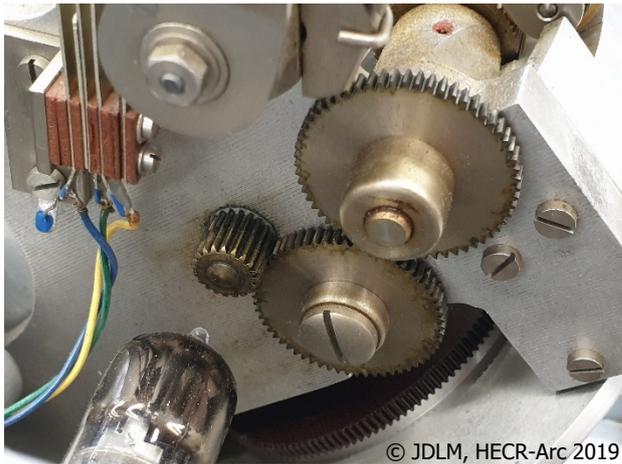
Concernant la partie électrique et la partie mécanique, nous avons fait le choix de présenter seulement une photographie illustrative de chaque type de dégradation et nous aurons une représentation plus exhaustive au cours de la partie Traitements réalisés, aux points « 4 La partie électrique » & « 5 La partie mécanique » p.62 à 66 avec les photos avant après ainsi que la localisation précise des altérations. Ceci nous permet d'éviter la redondance des clichés tout en nous permettant une bonne visibilité du résultat avant/après.

1.2. *Système électrique*

	Description	Illustration photographique
Empoussièrèment/encrassement	Le système électrique présente un empoussièrèment généralisé au niveau de ses composants et au niveau du fond du châssis, comme présenté en Figure 61 ci-contre.	 <p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p> <p><i>Figure 61 : Empoussièrèment au sein du système électrique</i></p>

On notera l'état de conservation quasi-irréprochable des câbles électriques et de leurs gaines d'isolation, preuve d'un objet conservé dans de bonnes conditions et que les matériaux choisis pour l'isolation ont une bonne stabilité et longévité.

1.3. *Partie mécanique*

	Description	Illustration photographique
Empoussièrèment/encrassement	La partie mécanique composée d'un ensemble d'engrenages présente un encrassement et un empoussièrèment assez important, comme illustré en Figure 62 ci-contre	 <p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p> <p><i>Figure 62 : Engrenages encrassés</i></p>

2. Diagnostique, impact des valeurs culturelles et pronostic

2.1. Châssis et partie extérieure

	Diagnostique et pronostic	Impact sur les valeurs culturelles
Empoussièrément/encrassement :	<p>La surface avec motif en relief de la peinture rend l'objet particulièrement sensible aux salissures, et l'exposition de l'objet à un environnement poussiéreux lors de ses derniers entreposages sont probablement à l'origine de cet état de conservation.</p> <p>Au niveau de l'éventuelle évolution de ces altérations nous ne voyons pas de conséquences concrètes à moyen ou long terme.</p>	Leger impact sur l'esthétique de l'objet, mais renforce la valeur d'ancienneté de l'objet.
Dégradation des polymères (élastomères et « plastiques »)	Le matériau qui compose ce ruban adhésif a jauni en vieillissant, l'adhésif a également perdu ses propriétés adhésives et a « séché », ce qui a entraîné le décollement du ruban adhésif. Afin de ne pas égarer cette étiquette cette dernière a alors été recollée à l'aide de 4 points de colles qui jouent leurs rôles.	Pas d'impact sur les valeurs culturelles, même du point de vue esthétique car seulement visible lorsque le capot de l'appareil est ouvert.
Dégradation mécanique	Ces traces sont probablement le résultat de mauvaises manipulations de l'objet lors de ses déplacements et de ses stockages successifs, mais également de sa vie lorsqu'il était utilisé sur un éventuel établi.	Leger impact sur l'esthétique de l'objet, mais renforce les valeurs d'usages et d'ancienneté de l'objet.
Lacune	Cet élément manquant a probablement été arraché lors d'une mauvaise manipulation de l'appareil lors d'un déplacement, cependant la démarcation de propreté que cet élément manquant a laissée nous fait penser que cette lacune est relativement récente dans la vie de cet objet.	Impacte la valeur esthétique

2.2. Système électrique

	Diagnostic et pronostic	Impact sur les valeurs culturelles
Empoussièrément/encrassement	<p>Cet empoussièrément est survenu au fil des années lors de son utilisation et lors de son stockage. Sachant que cet appareil n'a probablement jamais été nettoyé auparavant nous pouvons considérer que cela reste léger et que l'objet n'a jamais été exposé à des environnements particulièrement poussiéreux.</p>	<p>Visuellement trop léger pour impacter les valeurs esthétiques du système électrique.</p> <p>Ces altérations menacent le bon fonctionnement de l'appareil et donc ainsi tout le patrimoine matériel et immatériel qui en découle.</p>

2.3. Partie mécanique

	Diagnostic et pronostic	Impact sur les valeurs culturelles
Empoussièrément/encrassement	<p>Cet encrassement provient principalement de la présence d'un lubrifiant sur l'ensemble de la partie mécanique et qui s'est écoulé sur la quasi-totalité des composants du système mécanique et du châssis de l'appareil, probablement lors de la re-lubrification de l'appareil qui était réalisée peu minutieusement.</p> <p>Au vieillissement de ce lubrifiant vient s'ajouter un encrassement de ce dernier par empoussièrage.</p>	<p>Les valeurs esthétiques du système mécanique sont impactées.</p> <p>Aussi et surtout : ces altérations menacent le bon fonctionnement de l'appareil et donc ainsi tout le patrimoine matériel et immatériel qui en découle.</p>

3. Proposition d'interventions validées par le mandant

Nous allons proposer une série d'intervention, en accord avec la volonté des mandants et des objectifs visés, que nous pourrions réaliser sur notre objet pour permettre sa bonne conservation.

Objectifs

Les objectifs visés sont les suivants :

- Permettre la continuité de l'utilisation de l'appareil
- Assurer la bonne conservation de l'appareil et de son état de fonctionnement

3.1. Châssis et partie extérieure

Nous ne proposons pas d'intervention sur cette partie car cet état de conservation satisfait les mandants, en effet ces traces sur l'objet n'impactent pas négativement son esthétique et lui confère une valeur d'usage et d'ancienneté qui est appréciée. Ajoutons que dans l'éventualité où un nettoyage aurait été demandé, la surface très irrégulière de l'objet implique une difficulté pour obtenir un nettoyage homogène sur toute la surface, nous risquerions de laisser des « taches de propre » ce qui nuirait à l'esthétique de l'objet.

Concernant l'étiquette maintenue avec du ruban adhésif et de la colle le choix qui a été fait est de laisser tel quel. En effet, à ce jour cette étiquette tient en place correctement et son impact visuel est minime dans la mesure où elle n'est visible que lorsque le capot est ouvert. De plus, cette étiquette comporte des informations sur une potentielle précédente intervention et la détacher de l'objet risquerait d'entraîner sa dissociation.

3.2. Système électrique

Une intervention envisageable pour la partie électrique de notre objet aurait été le remplacement du quartz de 21306,12Hz qui n'est plus fonctionnel, cependant cette opération serait extrêmement coûteuse puisqu'elle nécessiterait la commande d'un quartz de précision taillé sur mesure.

La nécessité du remplacement de ce composant a été discutée durant l'entretien du 21.05.2019 avec le mandant monsieur Alanig Gaillard, et il a finalement été conclu que compte tenu du caractère rare des mouvements horlogers fonctionnant à cette fréquence, et du fait qu'ils n'aient à ce jour jamais rencontré de montres pourvu d'un tel mouvement dans leurs ateliers, le quartz non fonctionnel serait alors laissé tel quel afin de garder un maximum de pièces d'origine sur notre objet puisque le manque de cette fonctionnalité n'impacte pas le bon fonctionnement de l'appareil pour les fréquences courantes.

Un dépoussiérage de l'intégralité du système électrique est cependant nécessaire pour résoudre les potentiels risques qu'induisent un système électrique empoussiéré et fonctionnant à des tensions relativement hautes [Voir Schéma 7 p.42] dont les conséquences peuvent aller du simple court-circuit au départ d'incendie¹⁰⁹.

¹⁰⁹ Sécurité Publique du Québec, 2018 [En ligne]

3.3. Partie mécanique

Enfin, concernant la partie mécanique nous envisageons de documenter ce mécanisme à l'aide d'une représentation schématique, avant de passer à son démontage, nettoyage, remontage et lubrification. Cependant le démontage du mécanisme ne pourra malheureusement pas être réalisé, en effet, la conception de notre objet fait qu'il a probablement été monté avec dans un premier temps la partie moteur/mécanisme sur le châssis, avant de se voir ajouter et souder l'ensemble des composants électriques du système.

Il n'est donc pas possible de démonter le mécanisme dans de bonnes conditions puisque nous ne voulons pas toucher aux soudures du système électrique afin de conserver son originalité. Aussi le démontage du mécanisme sans retrait préalable de certains éléments du système électrique ne serait pas raisonnable car l'espace de travail autour des composants à démonter est trop faible pour ne pas représenter une prise de risque déraisonnable.

Nous procéderons donc au nettoyage sans démontage, à l'aide de cotons badigeons et de solvants, cette opération sera donc plus longue mais moins risquée pour notre objet.

Ainsi, le mécanisme de notre appareil sera propre et lubrifié, ce qui lui permettra de fonctionner dans les meilleures conditions possibles mais aussi d'éviter l'éventuelle usure prématurée qu'un encrassement peut engendrer.

Intervention :

4. La partie électrique

Le reste du système étant fonctionnel et puisque nous désirons garder l'aspect original des soudures qui ont été toutes réalisées, contrôlées et marquées individuellement de peinture bleue (Voir Figure 63 ci-contre), il n'est pas jugé nécessaire et pertinent d'intervenir à outre mesure sur notre circuit électrique.

Nous réaliserons cependant un dépoussiérage à l'aide de brosses souples et de micro-aspiration comme illustré en Figure 64 et Figure 65 ci-après



Figure 63 : Exemple des soudures réalisées et marquées manuellement



Figure 64 : Dépoussiérage à la brosse du système électrique

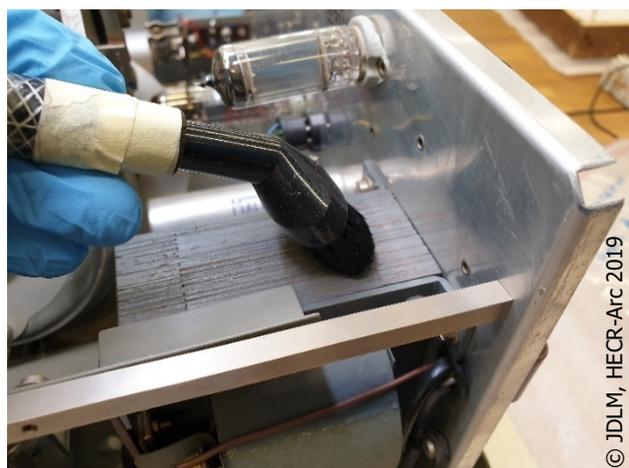


Figure 65 : Dépoussiérage par micro-aspiration du système électrique

Un exemple des résultats de ce dépoussiérage est visible en Figure 66 et Figure 67 ci-après.

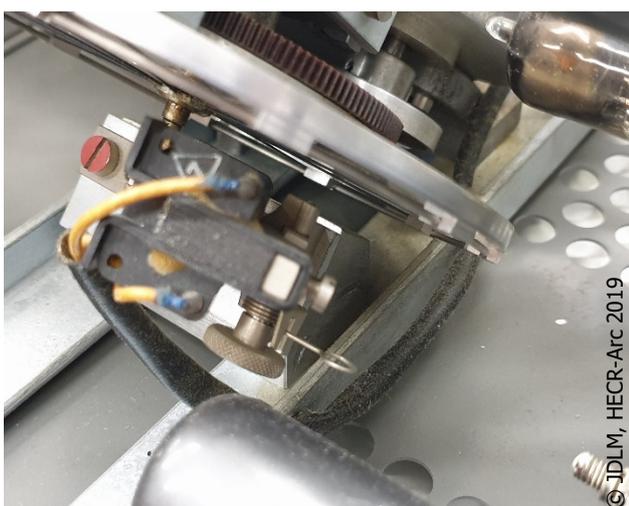


Figure 66 : Vue de détail N°1 du système électrique avant dépoussiérage

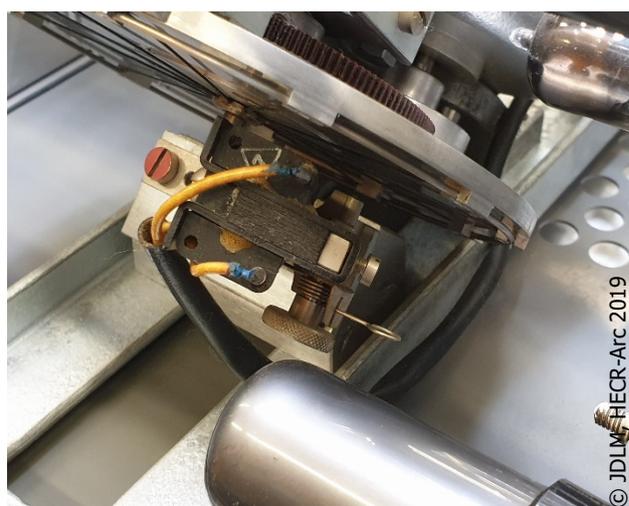


Figure 67 : Vue de détail N°1 du système électrique après dépoussiérage

Le reste des vues de détails concernant ce dépoussiérage est visible en Figure 189 à Figure 196 en annexes page 124, ainsi que la localisation sur l'objet de chacune de ces vues détaillées en Figure 188 en annexes page 123. Nous pouvons conclure que ce dépoussiérage était nécessaire et s'est parfaitement bien déroulé.

5. La partie mécanique

La partie mécanique est fonctionnelle, cependant comme exprimé lors du constat d'état elle présente un empoussièrément et un encrassement qu'il serait préférable de retirer afin de permettre au système de fonctionner dans les meilleures conditions possibles.

Aussi, une re-lubrification de ce mécanisme telle que le constructeur la conseille serait également une chose à envisager.

5.1. Documentation du mécanisme

L'appareil comporte un mécanisme composé d'engrenages et dont le rôle est de permettre à la fois la rotation du disque de marquage ainsi que la rotation du rouleau de déroulage papier, voici donc la schématisation de ce mécanisme selon la norme NF EN ISO 3952-2¹¹⁰ :

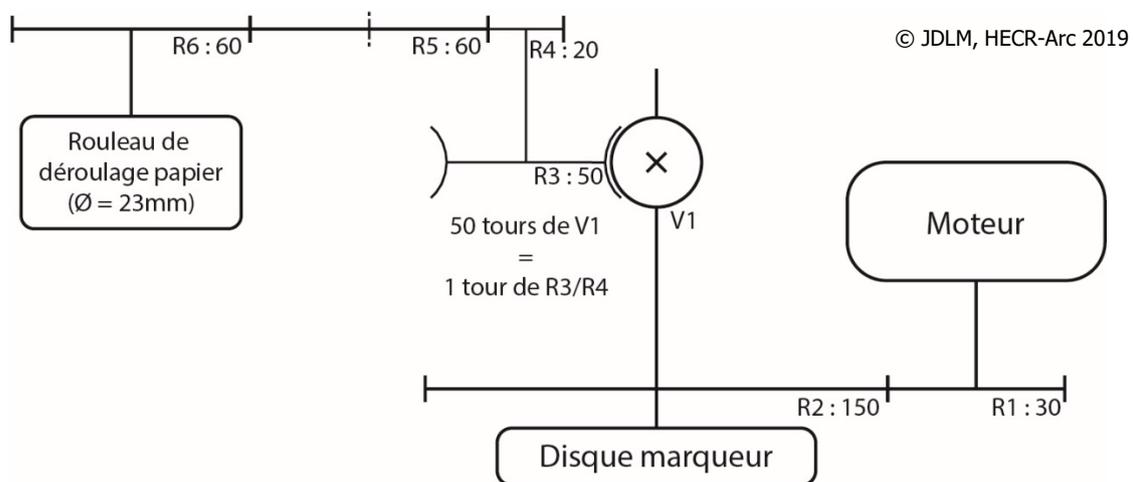


Figure 68 : Schématisation du mécanisme de rotation du disque marqueur / déroulage papier

Les roues sont nommées ainsi : « $R_x : y$ » :

Où « x » correspond au numéro de la roue dentée (choisi arbitrairement en allant croissant depuis le moteur jusqu'au rouleau de déroulage papier) ; et « y » correspond au nombre de dents de la roue dentée.

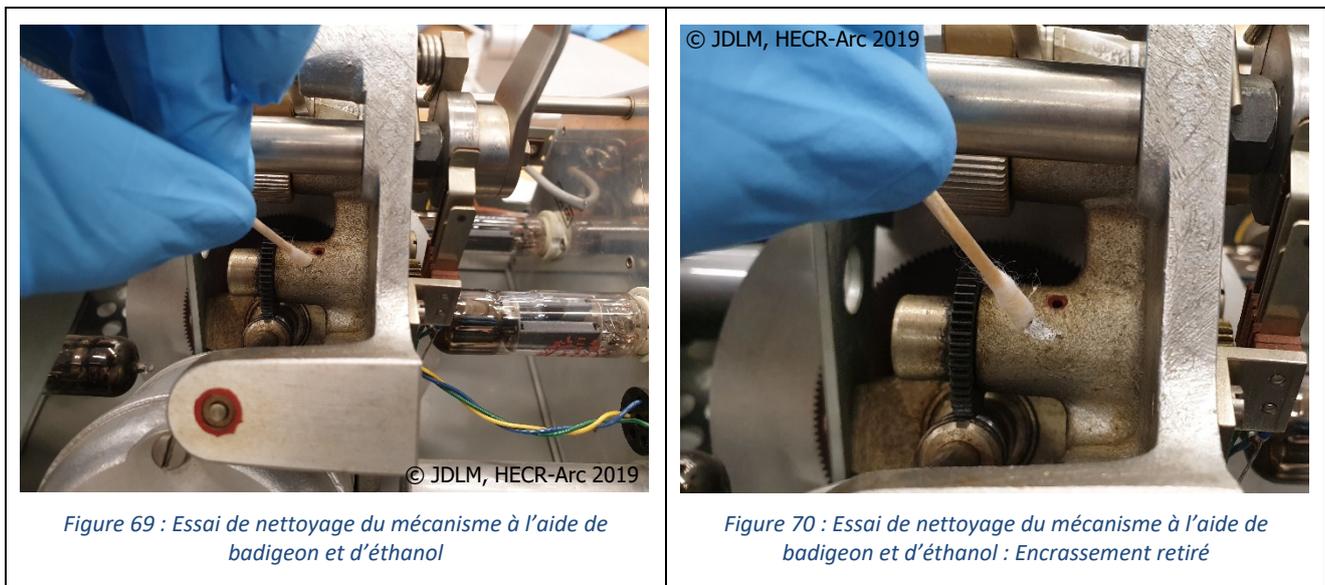
Nous avons également une vis-sans-fin (ici nommée V1) qui permet le lien entre la rotation du disque marqueur et le reste du mécanisme qui régit la rotation du rouleau de déroulage papier.

¹¹⁰ Fanchon J-L., 2012 p.608

5.2. Nettoyage

Le nettoyage du mécanisme s'effectuera sans démontage, l'opération sera plus longue en termes de temps mais mieux maîtrisée et moins risquée.

L'encrassement de notre mécanisme étant composé majoritairement de lubrifiants vieillis, le tout sur des éléments métalliques (probablement des alliages d'aluminium principalement), l'utilisation de cotons badigeons et de solvants polaires est pressentie pour ce travail de nettoyage. En effet, les cotons badigeons permettront de nettoyer individuellement les dents des roues dentées, tout en nous permettant d'accéder aux zones peu accessibles du mécanisme grâce à leur finesse et à leur longueur. Le nettoyage s'effectuera alors petit à petit et en actionnant le mécanisme manuellement afin de faire apparaître chacune des dents du rouage. Nous avons donc procédé comme présenté en Figure 69 et Figure 70 ci-dessous :



Les essais réalisés à l'éthanol étant comme nous le pressentions concluants, nous avons alors pris la décision d'utiliser ce solvant pour le nettoyage de la totalité du système mécanique.

Voici ci-après en Figure 71 et Figure 72 un exemple de vues détaillées avant et après de ce nettoyage, le reste de ces vues détaillées sont consultables en Figure 197 à Figure 206 en annexes page 125 ; ainsi que la localisation sur l'objet de chacune de ces vues détaillées en Figure 188 en annexes page 123.

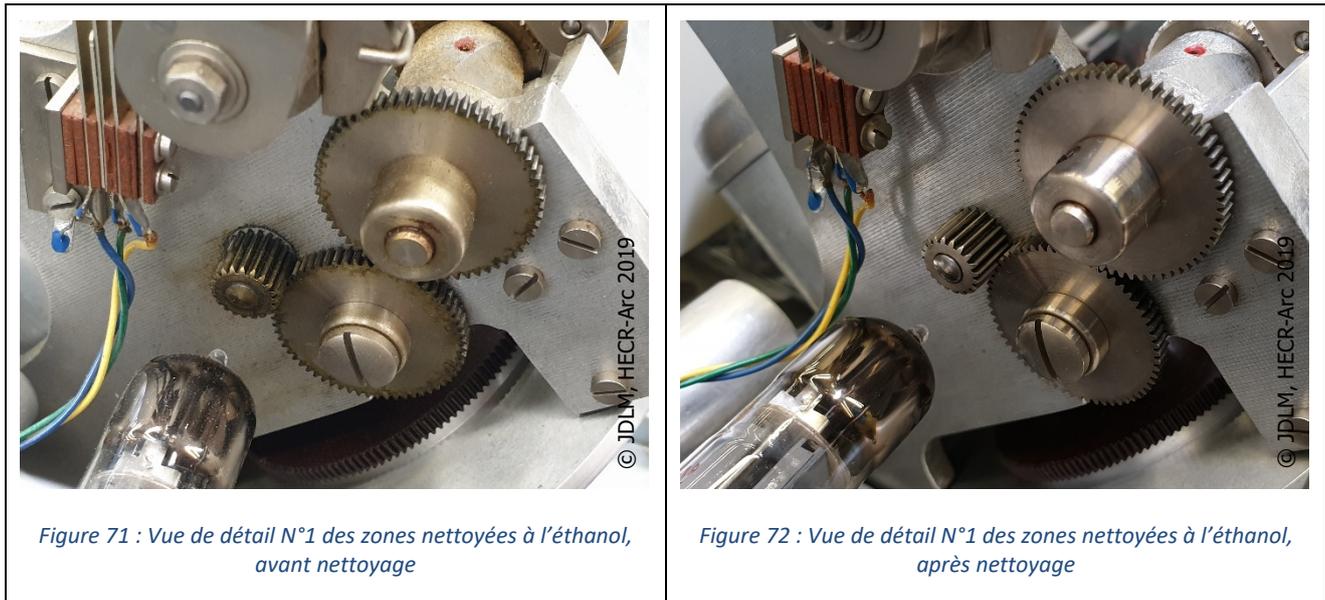


Figure 71 : Vue de détail N°1 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage

Figure 72 : Vue de détail N°1 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage

Comme nous pouvons le voir ici les résultats de ce nettoyage sont satisfaisants car il a permis de retirer efficacement les dépôts graisseux qui avaient pu s'accumuler au niveau de chacun des composants du mécanisme.

5.3. Lubrification

Afin de lubrifier ce système, nous allons simplement nous en tenir aux recommandations du constructeur que nous avons pu trouver dans le manuel d'utilisation d'un modèle Greiner semblable mais pas strictement identique. [Disponible en annexes : Document 1 et Document 2 pages 134 à 135]

Nous pouvons alors voir en page 17 de ce document (Voir p.17 des Document 1 & Document 2 en annexes p.134 & 135) que l'huile recommandée est la « Teresso V 63 », cependant ce lubrifiant n'est plus fabriqué à ce jour ; c'est pourquoi une alternative doit être trouvée afin de remplacer cette dernière.

Malheureusement, nous n'avons pas d'information sur ses caractéristiques, ces dernières nous auraient permis de chercher un équivalent dans ce qui est disponible dans le commerce aujourd'hui.

Nous avons alors contacté la société Greiner Vibrograf AG située à Langenthal afin de savoir s'ils avaient une huile de substitution à nous conseiller ou si du moins ils connaissaient les caractéristiques du lubrifiant requis pour la lubrification de notre appareil.

Ces derniers nous ont indiqué que dans notre cas et à la vue de la technologie de notre appareil, l'utilisation de l'huile « D-5 »¹¹¹ de la gamme « Microgliss » produite par Moebius serait tout à fait adaptée et recommandable pour le bon fonctionnement de notre objet.¹¹²

¹¹¹ Fiche technique disponible en annexes au Document 3 p.177

¹¹² Greiner Vibrograf AG, entretien téléphonique du 27.05.2019

Nous avons donc procédé à la lubrification de notre appareil en respectant les instructions du manuel d'utilisation concernant les zones à lubrifier qui nous indiquent trois points de lubrifications mis en évidence par de la peinture rouge¹¹³ et présentés à l'aide de flèches rouges en Figure 73 ci-contre :

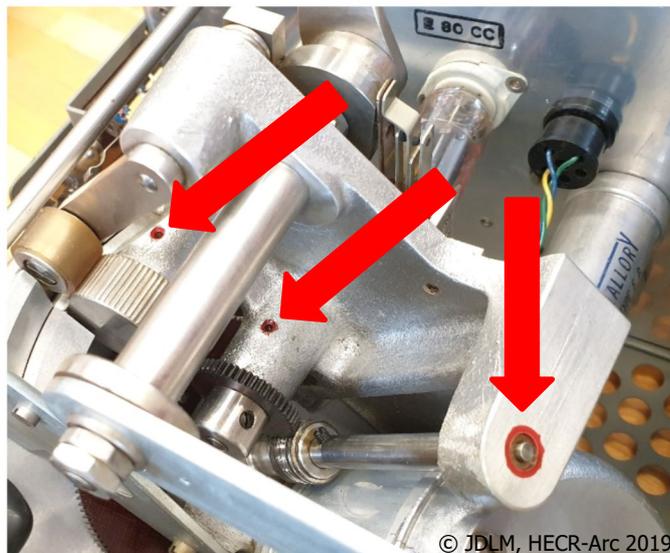


Figure 73 : Localisation des 3 points de lubrification

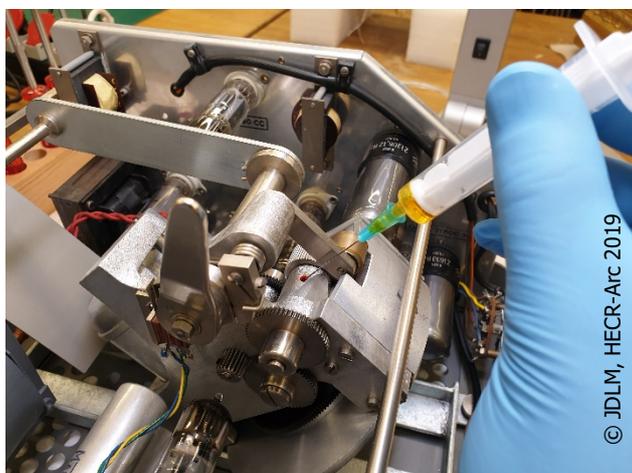


Figure 74 : Lubrification d'une des deux cavités à l'aide d'une seringue

L'application du lubrifiant se fait alors à l'aide d'une seringue, jusqu'à remplir complètement les cavités / recouvrir le palier comme illustré en Figure 74 ci-contre.

Le détail de ces opérations de lubrification est visible en annexes en Figure 207 et Figure 208 page 127. Le résultat après lubrification est visible en Figure 75 et Figure 76 ci-dessous (notons que nous voyons que les cavités sont pleines car le lubrifiant est visible) :



Figure 75 : Palier lubrifié

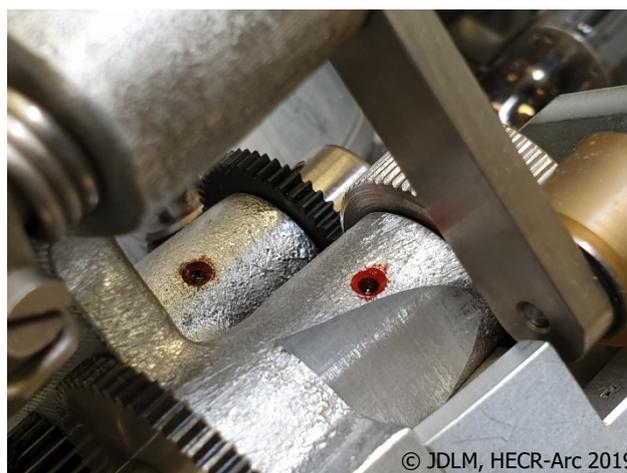


Figure 76 : Les deux cavités lubrifiées

[Les photographies de l'objet après traitement sont visibles Figure 171 à Figure 187 p.120 à 122 en annexes]

¹¹³ Voir p.17 des Document 1 & Document 2 en annexes p.134 & 156

Chapitre III : Utilisation et maintenance, conservation préventive :

Recommandation :

1. La partie électrique

1.1. Les éléments à surveiller

Notre système électrique comporte différents éléments considérés comme sensibles et fragiles, parmi eux nous retrouverons bien sûr nos lampes qui impliquent que l'appareil ne doit pas être déplacé à chaud sous peine de risquer qu'elle se brisent, bien qu'elles soient testées pour des chocs et des vibrations indiquées dans leurs documentations respectives¹¹⁴, mais également des systèmes plus complexes comme le pont de Graetz au sélénium qui est considéré comme fragile et sujet aux pannes¹¹⁵. La détection de ce type de pannes sera explicitée au point 3 page 70.

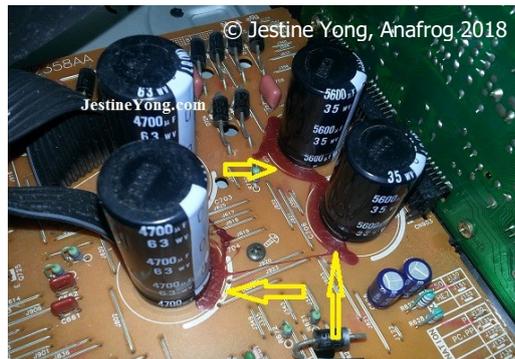


Figure 77 : Exemple de condensateurs ayant "coulés"

Enfin les condensateurs ont la réputation de se détériorer et de « couler » avec le temps, comme illustré en Figure 77 ci-contre, pour ceci un simple examen visuel suffit. On peut également s'en rendre compte lorsque la fonction de filtrage du condensateur devient insuffisante et qu'un dysfonctionnement apparaît.

1.2. Inventaire des composants électriques dits « d'usure » et vérification de leur disponibilité

Les composants concernés ici sont les lampes EL84, E80CC et 5727 ; en effet ces dernières ont une durée de vie limitée et parfois explicitée dans leurs documentations respectives¹¹⁶. Chaque constructeur aura une valeur qui lui sera propre.

Nous avons la possibilité de trouver nos 3 références sur divers sites spécialisés, qui existent surtout grâce aux passionnés de radio et d'amplificateurs pour instruments de musique.

On citera par exemple le site DbTubes.com :

- EL84 : https://dbtubes.com/qc/marques-variees/6bq5-el84.html?search_query=EL84&results=5
- E80CC : https://dbtubes.com/qc/marques-variees/e80cc-6085.html?search_query=E80CC&results=1
- 5727 : https://dbtubes.com/qc/marques-variees/2d21-5727.html#/etat-nouveau_dans_une_boite

Mais d'autres sites comme Thomann.de ou Woodbrass.com disposent également de ce type de matériel.

Les tubes EL84 et E80CC sont assez courants, cependant nous recommandons au moins l'achat d'un tube 5727 d'avance car celui-ci est moins commun et sa disponibilité future est plus incertaine.

Nous pouvons donc dire que les éléments électriques dits « d'usure » pour notre système électrique sont actuellement disponibles à l'achat en état neuf.

¹¹⁴ Voir Document 4, Document 5 & Document 6 page 178 à 194

¹¹⁵ Discussion avec Monsieur Beljean lors de notre entrevue du 06.05.2019

¹¹⁶ Voir Document 4 page 178

2. Conservation préventive

Le besoin d'une alimentation adaptée à notre objet

Notre appareil a été conçu pour fonctionner en étant branché sur une tension alternative de 220V, ce qui était le standard en Suisse à l'époque de sa fabrication¹¹⁷, cependant la tension distribuée de nos jours sur nos prises secteur est de 230V¹¹⁸. Cette surtension de 10V n'empêche pas le bon fonctionnement de notre appareil mais malheureusement risque d'induire une usure prématurée des composants électriques.¹¹⁹

Afin d'abaisser notre tension à 220V nous envisagions dans un premier temps l'utilisation d'un variateur comme présenté en Figure 78 ci-contre. Cependant le problème avec ce type d'installation est qu'il implique la possibilité que quelqu'un vienne modifier son réglage, avec donc un potentiel risque de destruction de l'appareil si le réglage est inapproprié. Aussi, un risque de dissociation de cet appareil dans notre installation car il n'est pas explicitement attribué à notre chrono-comparateur, il est donc possible qu'il soit un jour récupéré pour permettre le fonctionnement d'un autre appareil électrique nécessitant une tension spécifique.



Figure 78 : Variateur de tension alternative

Nous avons donc entrepris la fabrication d'un transformateur afin d'abaisser la tension de 230 à 220V, à l'aide d'un transformateur toroïdal 15 VA 2x 12V (Alternatifs).¹²⁰ En effet, ce dernier va nous permettre de soustraire 12V à notre tension de 230V, ce qui nous ramènera aux alentours de 218V cette tension sera bien plus adaptée pour notre objet et n'induera pas d'usure prématurée à notre système électrique.

Nous avons également placé un fusible dans notre boîtier, d'une valeur de 1A, qui a pu être choisi car nous avons placé un ampèremètre entre notre appareil et la prise secteur afin de voir quelle est sa consommation, cette dernière avoisine les 0,3A [Voir Figure 209 p.128]. Nous avons donc jugé que le fusible d'un ampère est adéquat car il ne jouera son rôle protecteur qu'en cas de réel danger pour notre appareil.



Figure 79 : Boîtier convertisseur de tension

¹¹⁷ Gobet S., 2013 p.24

¹¹⁸ Suisse Tourisme, 2019 [En ligne]

¹¹⁹ Gimenez J-M., 2003

¹²⁰ Voir en annexes Schéma 13 : Schéma électrique de notre abaisseur de tension p.133

Notre boîtier visible en Figure 79 à la page précédente porte une étiquette sur son capot qui comporte son schéma électrique, qui explicite son appartenance à l'appareil Chronografic et qui a pour vocation d'éviter la dissociation de ces deux éléments.

Nous nous sommes assurés que le système placé dans ce boîtier ne chauffe pas (auquel cas nous aurions opté pour un boîtier ventilé) après 1 heure de fonctionnement, le tout sous la surveillance d'une caméra thermique. [Voir Figure 211 & Figure 212 p.128] La température maximale de l'intérieur du boîtier était de 29.1°C comme présenté en Figure 80 ci-contre, ce qui signifie que notre boîtier est correctement conçu puisqu'il ne chauffe pas exagérément.

Enfin la tension de sortie de notre boîtier a été vérifiée et nous avons pu mesurer une tension d'environ 217V à sa sortie [Voir Figure 210 p.128], ce qui est parfait pour notre objet et évitera tout risque d'usure prématurée de nos composants électriques.



Figure 80 : Cliché thermique de notre transformateur après 1 heure de fonctionnement

3. Détection des pannes :

Dans un premier temps il est impératif de vérifier si l'alimentation est fonctionnelle, pour cela nous pouvons simplement venir mesurer la tension aux bornes de notre pont de Graetz.

En effet, comme mentionné au point *1.1 Les éléments à surveiller* page 68, ce composant est réputé comme fragile et son fonctionnement doit être vérifié en priorité car s'il ne joue pas son rôle correctement le reste du circuit ne peut pas avoir un fonctionnement normal.

Nous devrions donc observer une tension continue avoisinant les 335 Volts à la sortie de ce dernier, comme illustré en Schéma 8 à la page suivante si le pont de Graetz fonctionne correctement.

Afin de proposer une méthodologie permettant de détecter et de localiser les éventuelles pannes, nous avons décidé de procéder à un relevé des signaux présents au sein de notre objet à l'aide d'un oscilloscope. Nous nous sommes donc placés en différents endroits du système électrique et les avons repérés sur notre schéma électrique comme présenté en Schéma 8 à la page suivante :

Mais nous avons également illustré ces points de mesure à l'aide de photographies afin de pouvoir localiser aisément ces points de mesure sur notre objet. Nous avons alors documenté ces signaux, avec chaque fois les paramètres de l'oscilloscope clairement lisibles, afin que par comparaison nous puissions identifier les éventuelles anomalies de notre système électrique.

Lecture du signal :

Nous présentons ici en Figure 81 ci-dessous comment se lit l'interface de notre oscilloscope modèle 72® de la marque TENMA®, car c'est sous cette forme que la majeure partie de nos mesures ont été relevées et documentées.

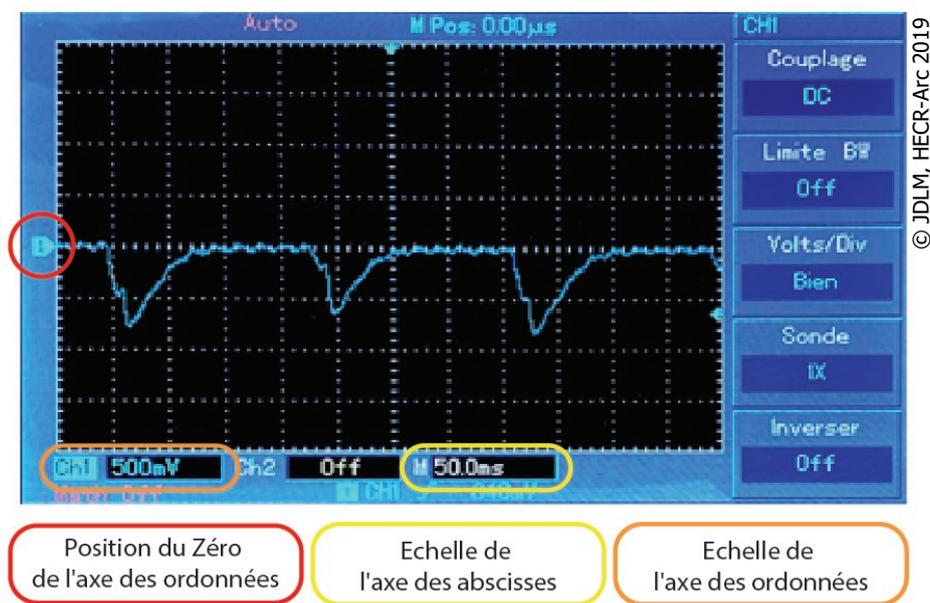


Figure 81 : Les informations importantes de l'interface de l'oscilloscope TENMA® modèle 72®

Les paramètres de l'oscilloscope sont importants car si nous n'avons pas les mêmes échelles utilisées lors de deux mesures en un même point, bien que le signal soit le même, l'identification de ce dernier sera moins intuitive et flagrante comme illustré en Figure 82 et Figure 83 ci-dessous :



Figure 82 : Exemple du signal mesuré au point de mesure P8
© JDLM, HECR-Arc 2019

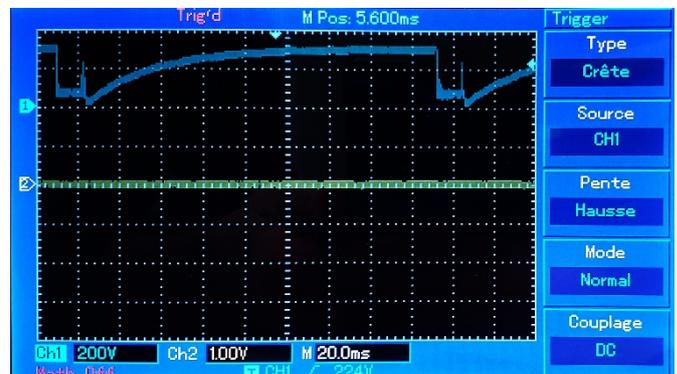


Figure 83 : Exemple du signal mesuré au point de mesure P8 avec un réglage différent de l'oscilloscope © JDLM, HECR-Arc 2019

Les deux signaux observés ci-dessus ont la même allure, cependant nous avons des réglages d'échelles différentes, aussi bien pour l'échelle du voltage que pour celle du temps, avec respectivement 50V/division et 50ms/division en Figure 82 et 200V/division et 20ms/division en Figure 83. De plus, le zéro de l'axe des ordonnées n'est pas situé au même endroit, ce qui ne facilite pas l'identification de ces signaux comme étant identiques.

Pourtant en lisant ces deux graphiques nous pouvons voir que nous avons sur chacun d'eux un signal qui possède la même allure ainsi qu'une valeur crête à crête similaire (Environ 220V).

La période de notre signal est ici volontairement différente car elle dépend de la fréquence du mouvement horloger utilisé, nous avons ici deux mouvements aux fréquences différentes et donc deux périodes différentes. Concernant la partie qui va du micro au marquage, l'important est d'observer l'allure et l'amplitude du signal, car sa période est tributaire du mouvement horloger utilisé lors des mesures.

Nous allons maintenant présenter les signaux observés sur notre appareil, aux points présentés en Schéma 8 page 71, avec également une photo de la zone testée sur notre objet.

Nous pourrions localiser ces points de mesures sur l'objet à l'aide de la cartographie des points de mesures présentée en Figure 84 page 74 et Figure 103 page 78.

Les mesures s'effectueront alors en avançant étape par étape de P1 à P9 et de P10 à P18, lorsque l'on observe quelque chose de différent de nos signaux de référence nous pourrions alors penser que l'éventuelle panne se situe entre notre dernier point de mesure valide et notre point de mesure actuel. Il restera alors à examiner individuellement les quelques éléments (moins d'une dizaine de composants généralement) situés à ce niveau-là, que ce soit au niveau des soudures ou au niveau du comportement des composants en eux-mêmes (une lampe qui ne chauffe plus, un condensateur qui a « coulé », etc.).

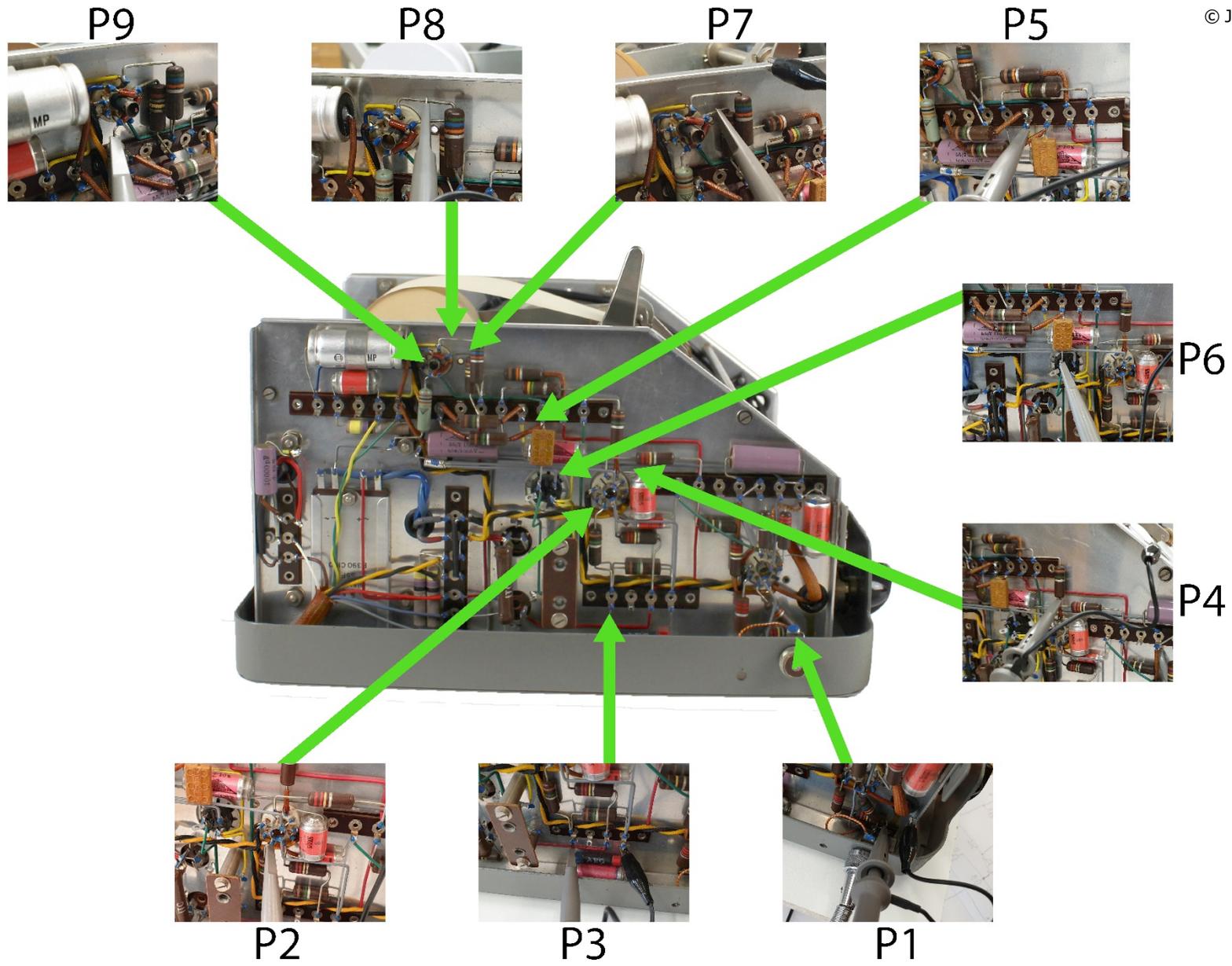
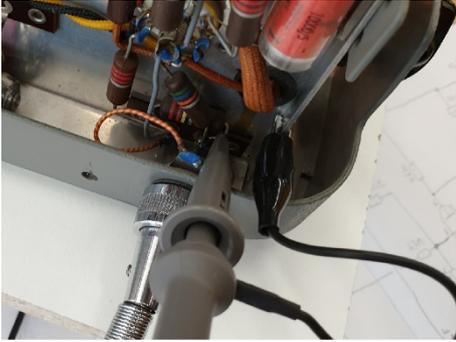
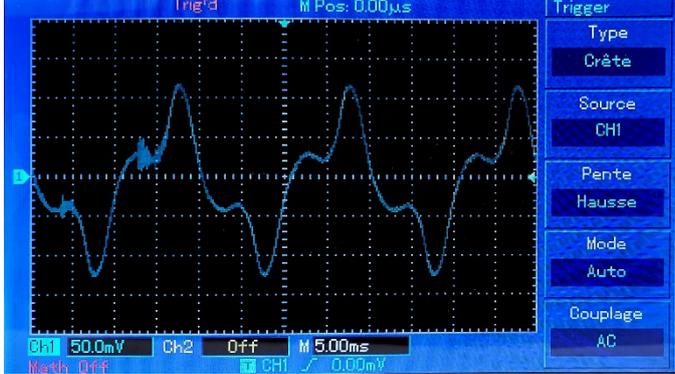
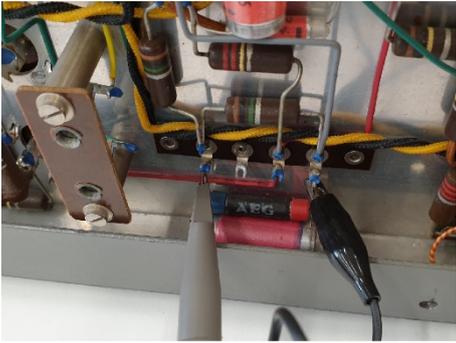
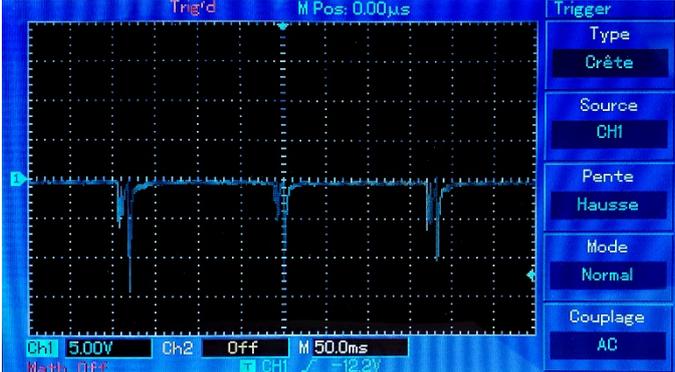
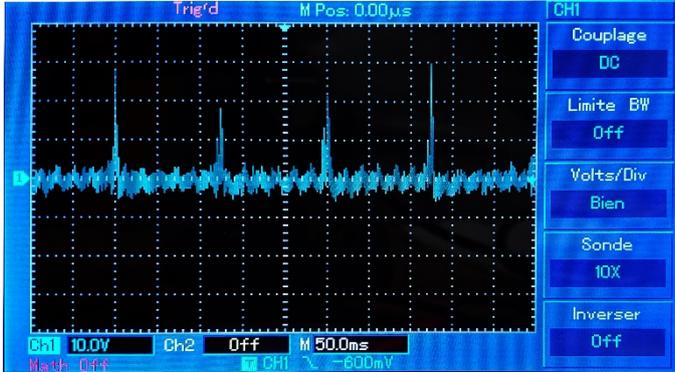
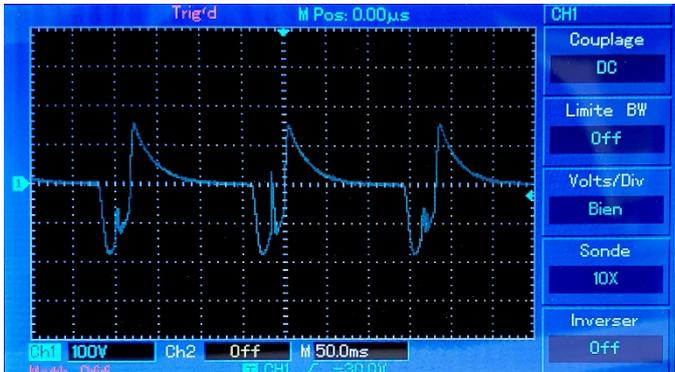
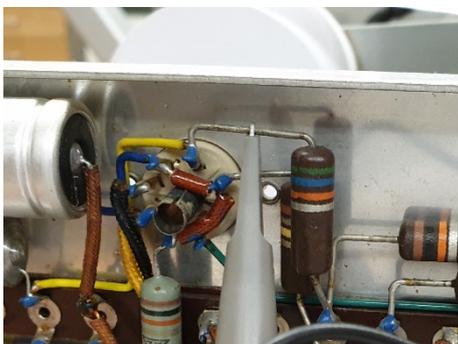
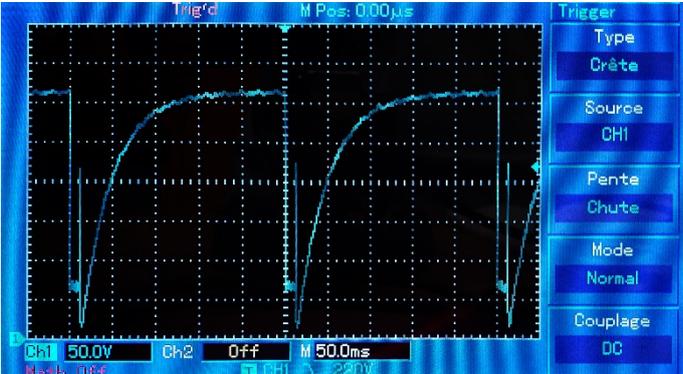
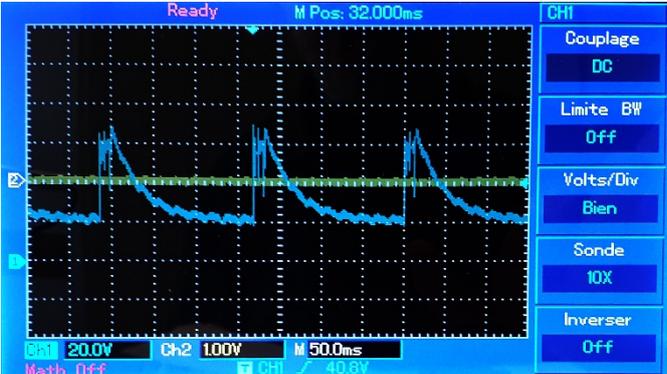


Figure 84 : Localisation des points de mesures de P1 à P9

Point de mesure	Vue de l'emplacement du pointé :	Le signal observé :
P1	 <p>Figure 85 : Localisation du point P1 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 86 : Mesure au point P1 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>
P2	 <p>Figure 87 : Localisation du point P2 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 88 : Mesure au point P2 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>
P3	 <p>Figure 89 : Localisation du point P3 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 90: Mesure au point P3 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>

<p>P4</p>	 <p>Figure 91 : Localisation du point P4 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 92 : Mesure au point P4 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>
<p>P5</p>	 <p>Figure 93 : Localisation du point P5 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 94 : Mesure au point P5 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>
<p>P6</p>	 <p>Figure 95 : Localisation du point P6 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 96 : Mesure au point P6 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>

<p>P7</p>	 <p>Figure 97 : Localisation du point P7 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 98 : Mesure au point P7 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>
<p>P8</p>	 <p>Figure 99 : Localisation du point P8 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 100 : Mesure au point P8 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>
<p>P9</p>	 <p>Figure 101 : Localisation du point P9 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 102 : Mesure au point P9 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>

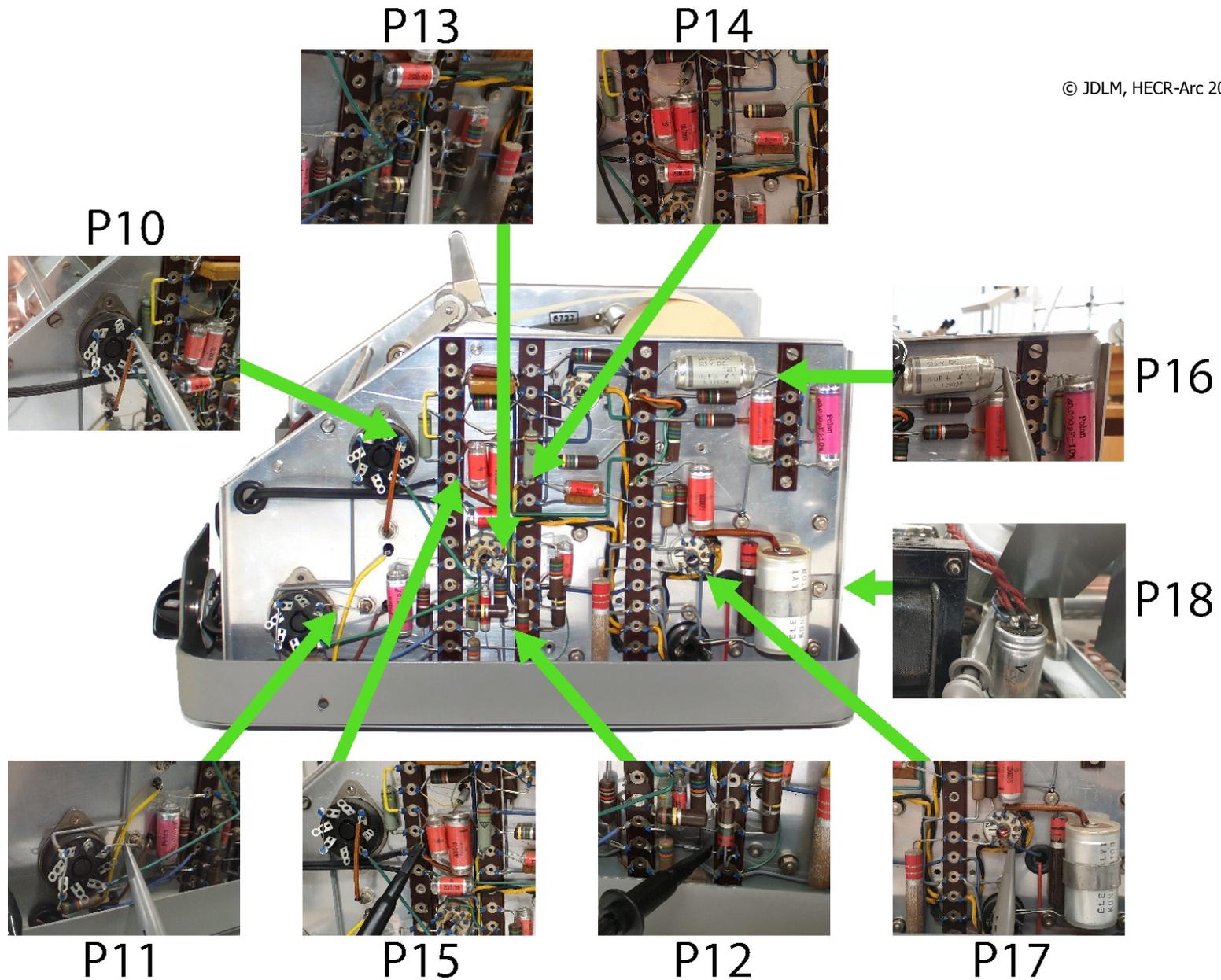
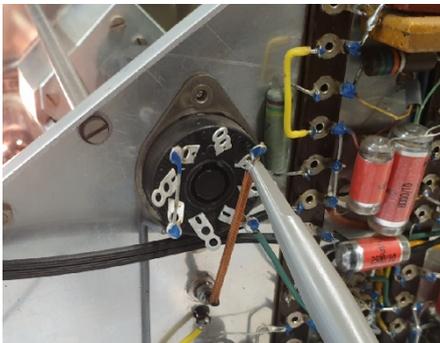
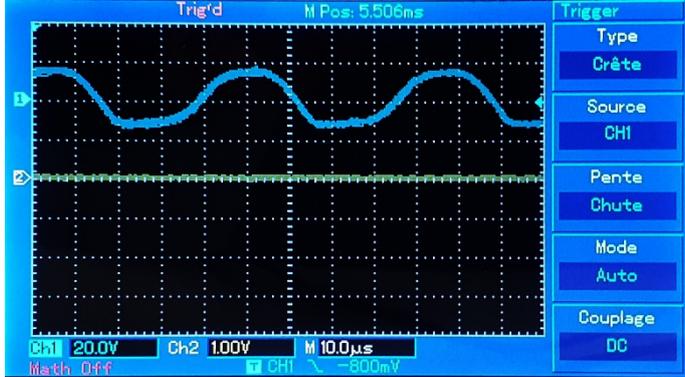


Figure 103 : Localisation des points de mesures de P10 à P18

Point de mesure	Vue de l'emplacement du pointé :	Le signal observé :
P10	 <p data-bbox="331 775 703 831"><i>Figure 104 : Localisation du point P10 © JDLM, HECR-Arc 2019</i></p>	 <p data-bbox="815 808 1382 835"><i>Figure 105 : Mesure au point P10 © JDLM, HECR-Arc 2019</i></p>
P11	 <p data-bbox="331 1258 703 1314"><i>Figure 106 : Localisation du point P11 © JDLM, HECR-Arc 2019</i></p>	 <p data-bbox="815 1292 1382 1319"><i>Figure 107 : Mesure au point P11 © JDLM, HECR-Arc 2019</i></p>

Nous avons pour les 3 prochaines mesures utilisé un oscilloscope de précision de la marque PicoTech® modèle 2000® associé au logiciel PicoScope 6® afin d'obtenir des graphiques aussi précis que possible pour notre référence, puisque le signal nous le permet (peu de bruit comparé aux autres points de mesures).

La transformée de fourrier permet de faire apparaître simplement la fréquence, bien qu'il soit possible de la calculer à partir de la période du signal. ¹²¹

Pour les points P12, P15 et P16 nous avons relevé le signal en fonction de la position du sélecteur de fréquence, nous avons pu confirmer la variation de cette fréquence entre la position de gauche et la position de droite comme le prévoit sa conception.

Nous avons également pu observer le dysfonctionnement de la position du milieu qui dépend du quartz de 21306,12Hz et qui semble hors service. La transformée de fourrier permet également de mettre en avant la fréquence sélectionnée, et nous voyons bien qu'en l'état, la position du milieu se comporte comme la position de droite au lieu d'avoir sa propre fréquence, cela vient à nouveau corroborer notre hypothèse selon laquelle le quartz de 21600Hz est utilisé en position du milieu puisque celui de 21306,12Hz est hors service.

¹²¹ WebPhysique.fr, 2017 [En ligne]

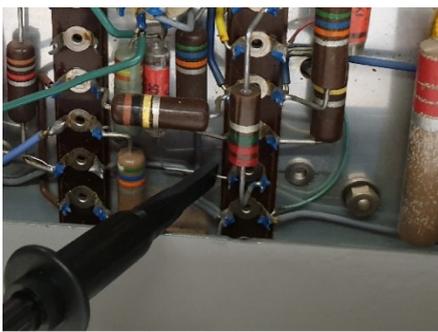


Figure 108 : Localisation du point P12
© JDLM, HECR-Arc 2019

P12

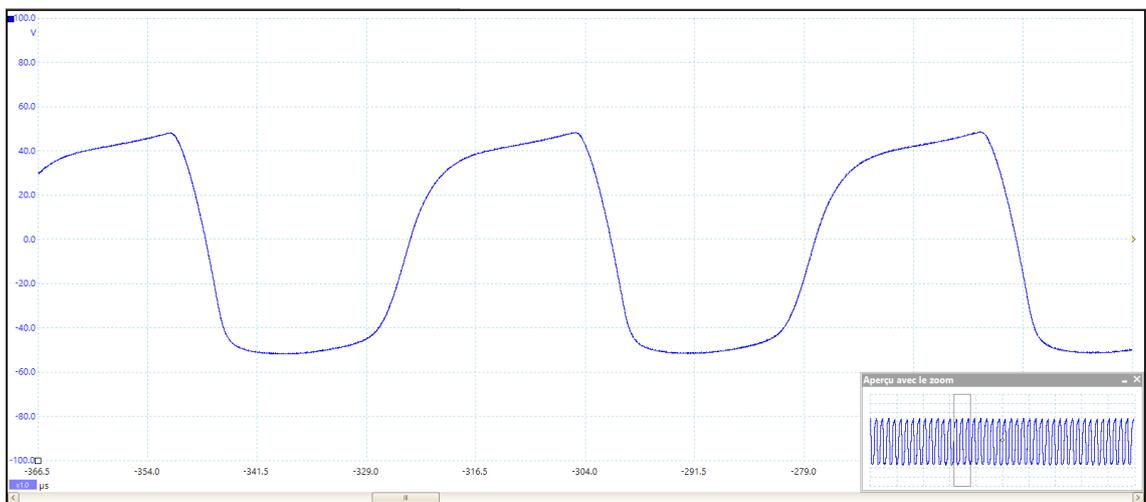


Figure 109 : Mesure au point P12, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019

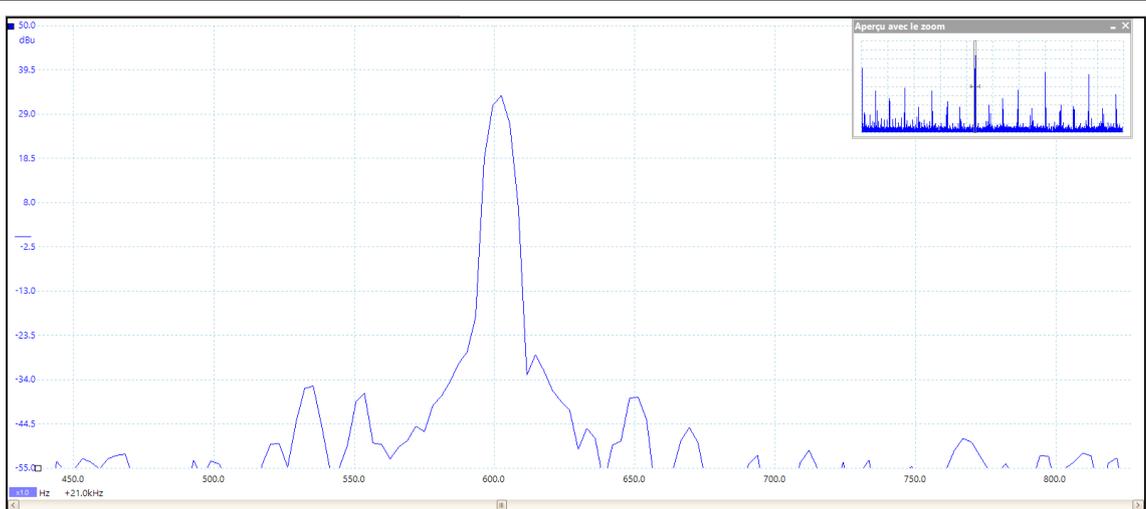


Figure 110 : Mesure au point P12, position de gauche - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

P12



Figure 111 : Mesure au point P12, position de droite © JDLM, HECR-Arc 2019

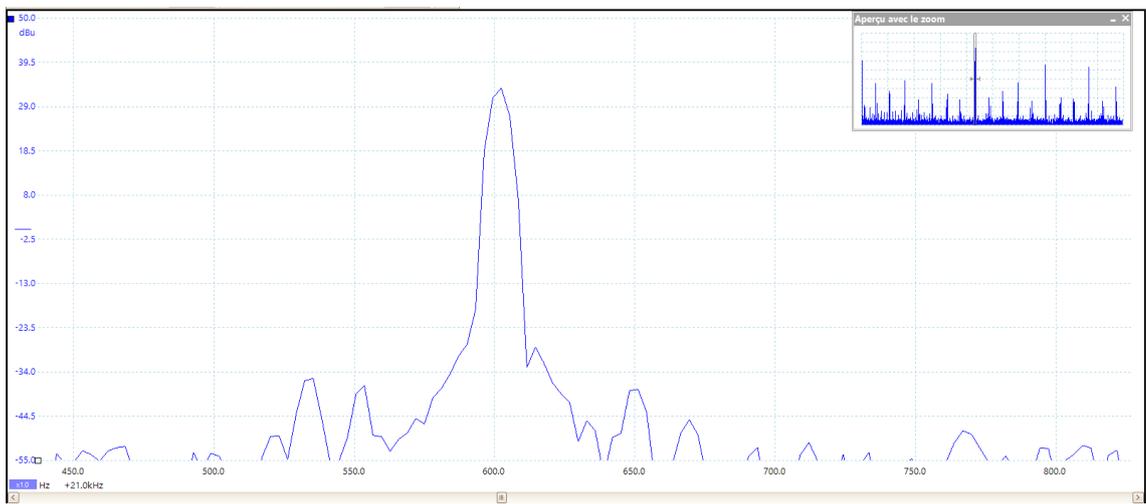


Figure 112 : Mesure au point P12, position de droite - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

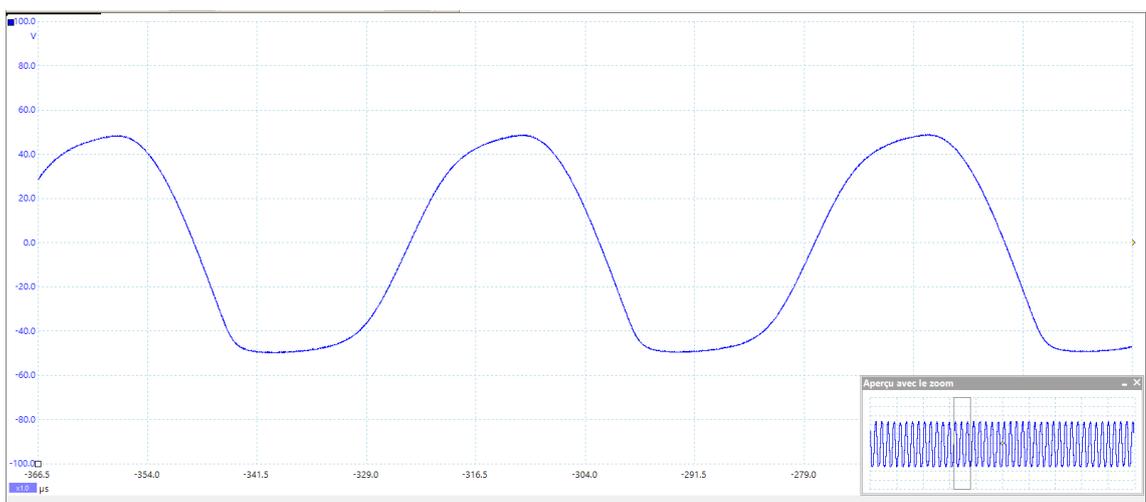
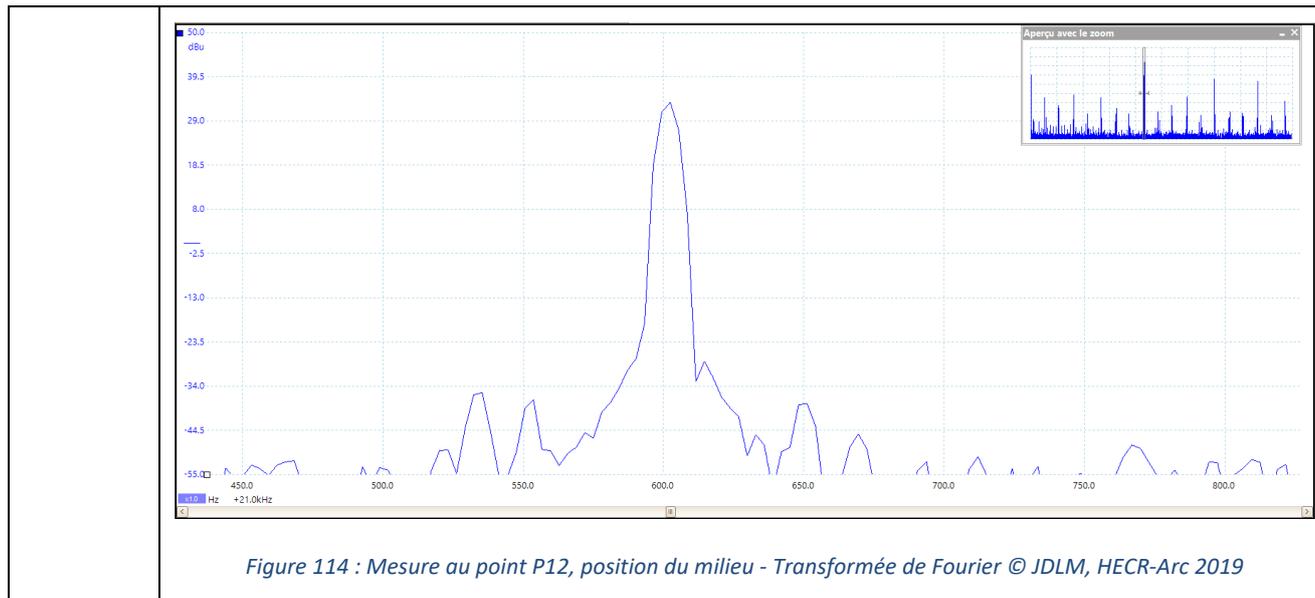


Figure 113 : Mesure au point P12, position du milieu © JDLM, HECR-Arc 2019



Il n'y a pour le moment pas de différence entre les 3 fréquences comme le montre les transformées de Fourier, c'est normal puisque notre point de mesure se situe avant l'interrupteur I2 qui va venir rajouter une capacité afin d'en modifier la fréquence. La forme du signal est la même en position de droite et de gauche, et l'anomalie de la position du milieu se traduit par un signal semblable aux deux autres positions mais qui semble avoir été lissée par notre quartz defectueux qui doit avoir un comportement de capacité et de résistance résiduelle.

P13



Figure 115 : Localisation du point P13
© JDLM, HECR-Arc 2019



Figure 116 : Mesure au point P13 © JDLM, HECR-Arc 2019

P14



Figure 117 : Localisation du point P14
© JDLM, HECR-Arc 2019

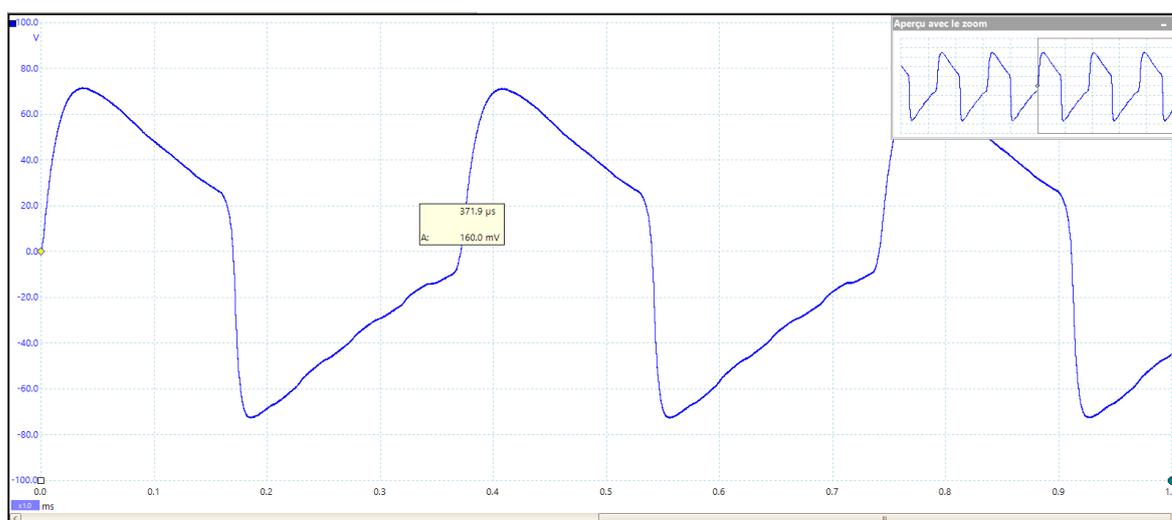


Figure 118 : Mesure au point P14, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019

P14

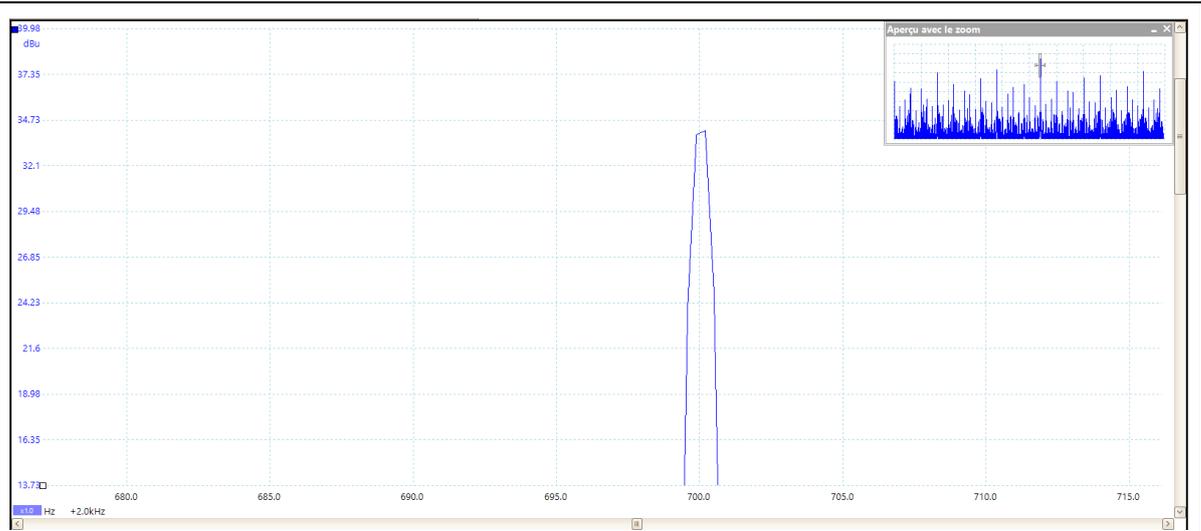


Figure 119 : Mesure au point P14, position de gauche - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

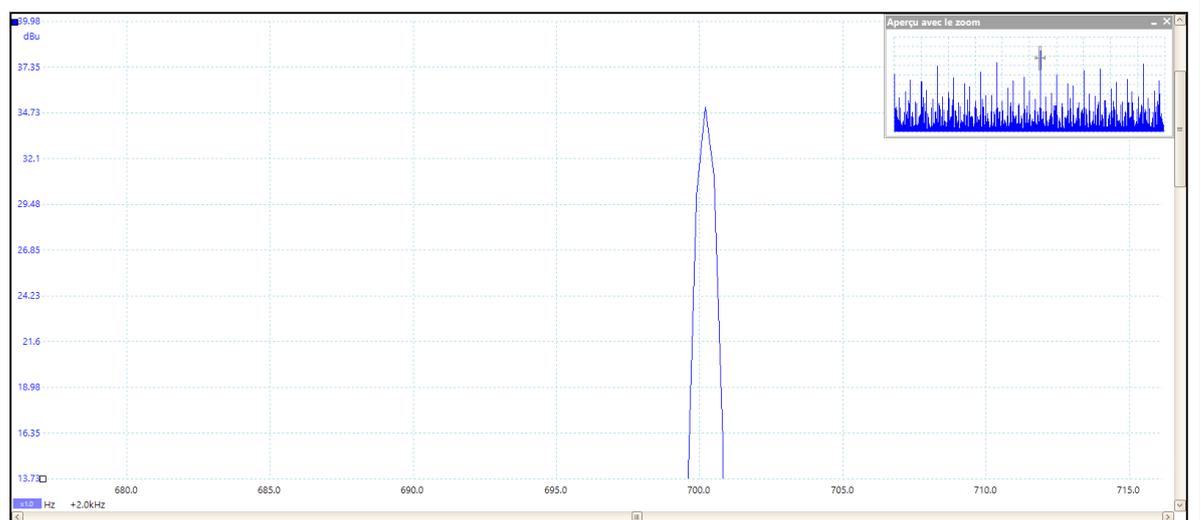


Figure 120 : Mesure au point P14, position du milieu - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

Les graphiques de la position de droite et du milieu étant les mêmes que ceux de gauche nous n'avons pas jugé utile de les documenter ici, cependant nous pouvons voir sur les transformées de Fourier que les fréquences sont les mêmes sur toutes les positions, ce qui est toujours cohérent puisque le point de mesure P14 est toujours situé avant l'interrupteur I2.



Figure 121 : Localisation du point P15
© JDLM, HECR-Arc 2019

P15

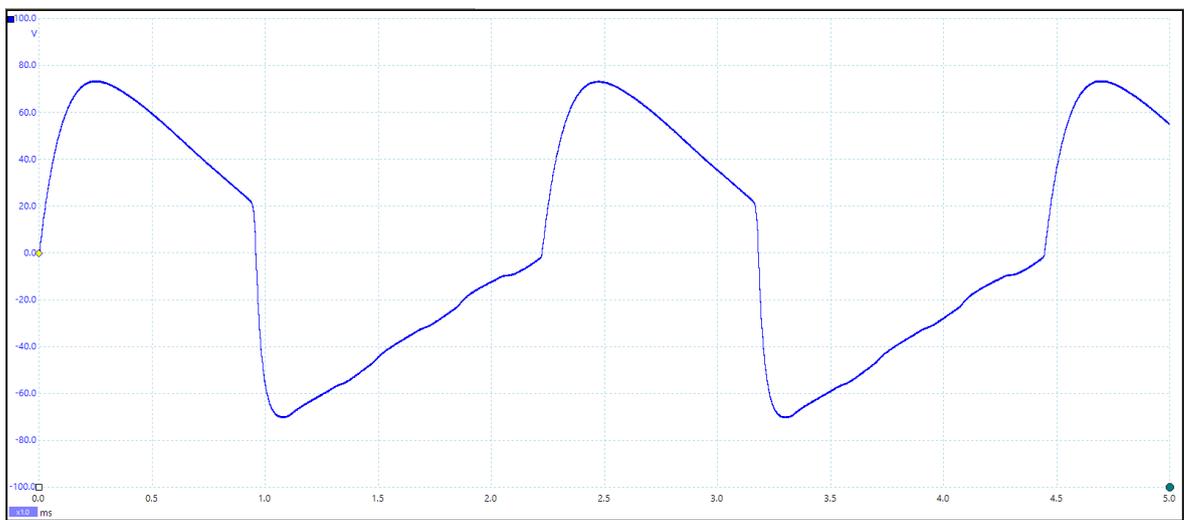


Figure 122 : Mesure au point P15, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019

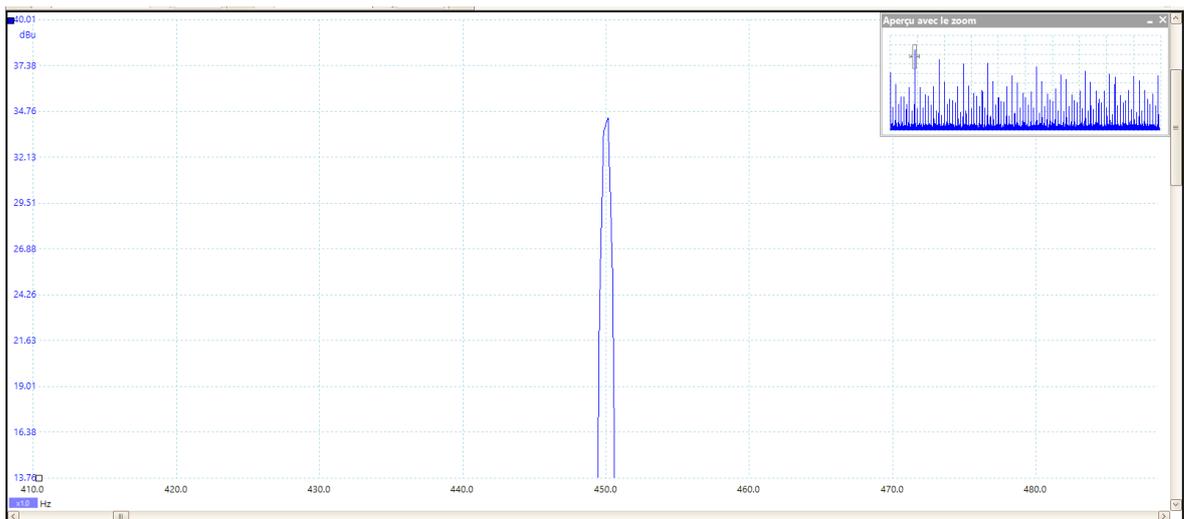


Figure 123 : Mesure au point P15, position de gauche - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

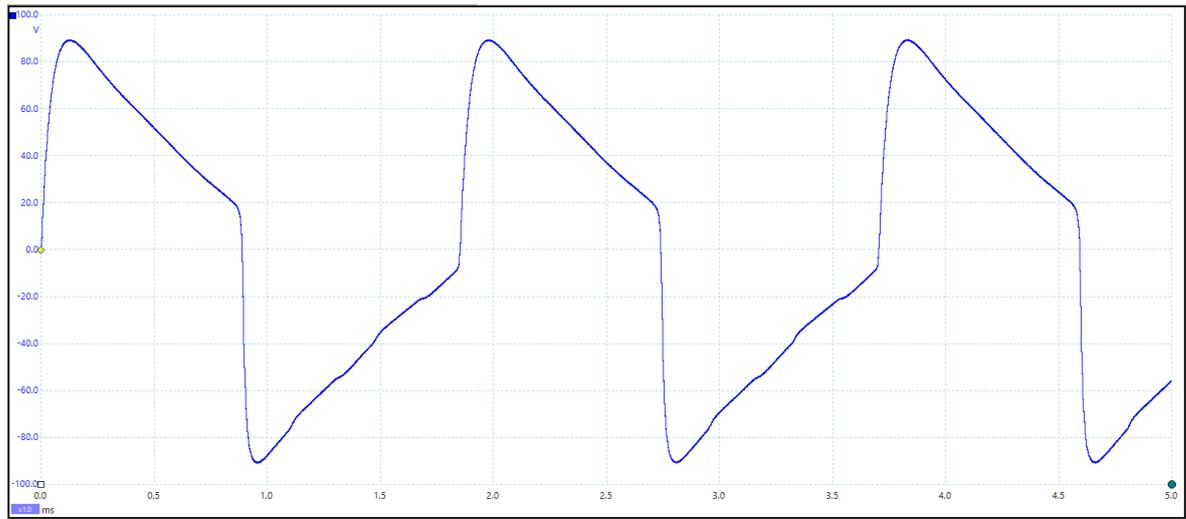


Figure 124 : Mesure au point P15, position de droite © JDLM, HECR-Arc 2019

P15

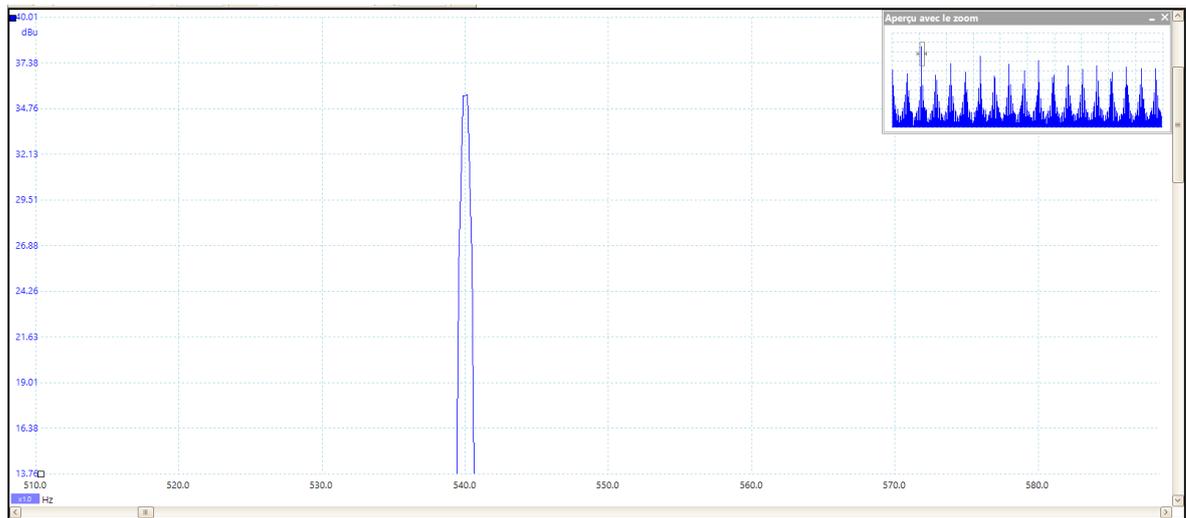


Figure 125 : Mesure au point P15, position de droite - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

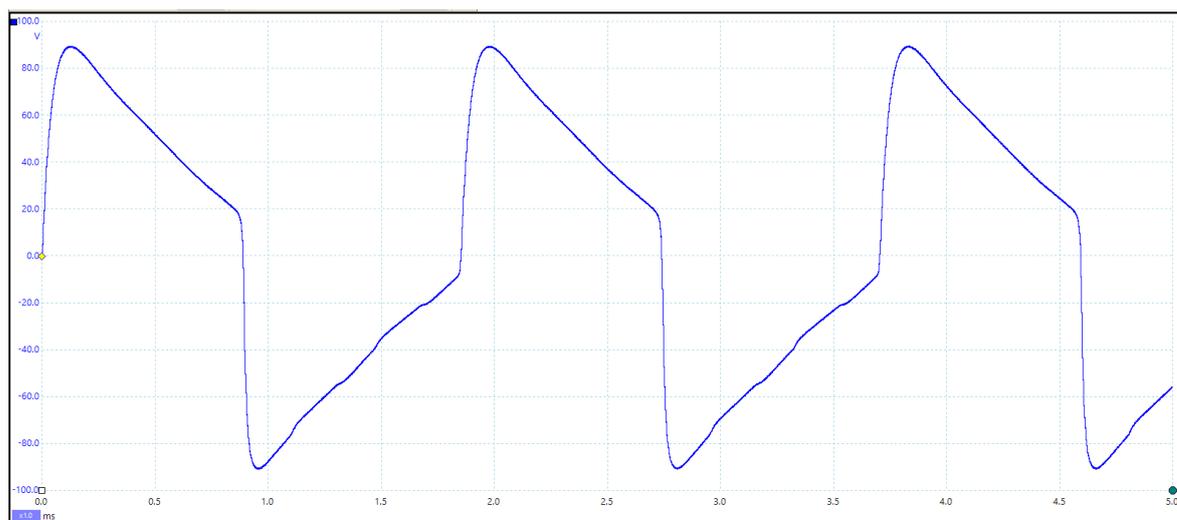


Figure 126 : Mesure au point P15, position du milieu © JDLM, HECR-Arc 2019

P15

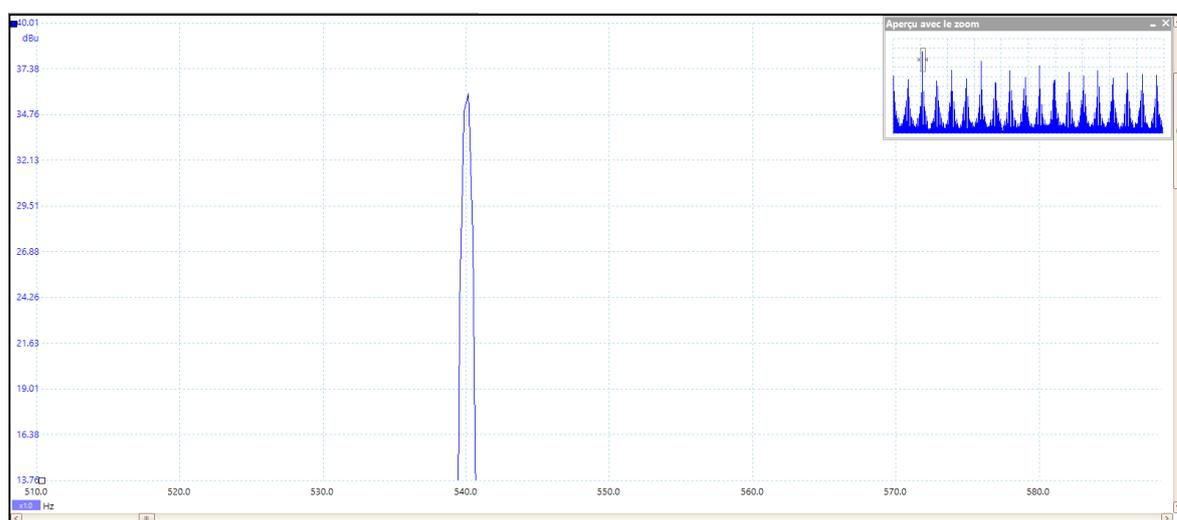


Figure 127 : Mesure au point P15, position du milieu - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

Ici nous pouvons voir que les comportements sont conformes à nos attentes, à savoir que nous observons 2 fréquences différentes : une de 450Hz pour la position de gauche et une de 540Hz pour les positions de droite et du milieu. Etant donné que notre point de mesure se situe après l'interrupteur I2, et sachant que le quartz de 21306,12Hz est hors service, il est normal de voir apparaître ce comportement.



Figure 128 : Localisation du point P16
© JDLM, HECR-Arc 2019

P16

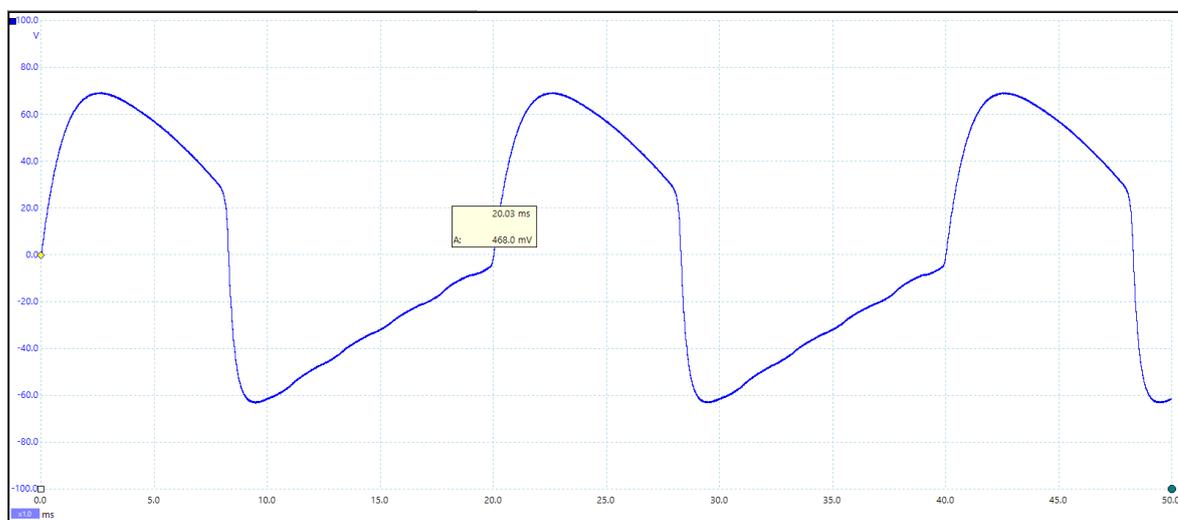


Figure 129 : Mesure au point P16, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019

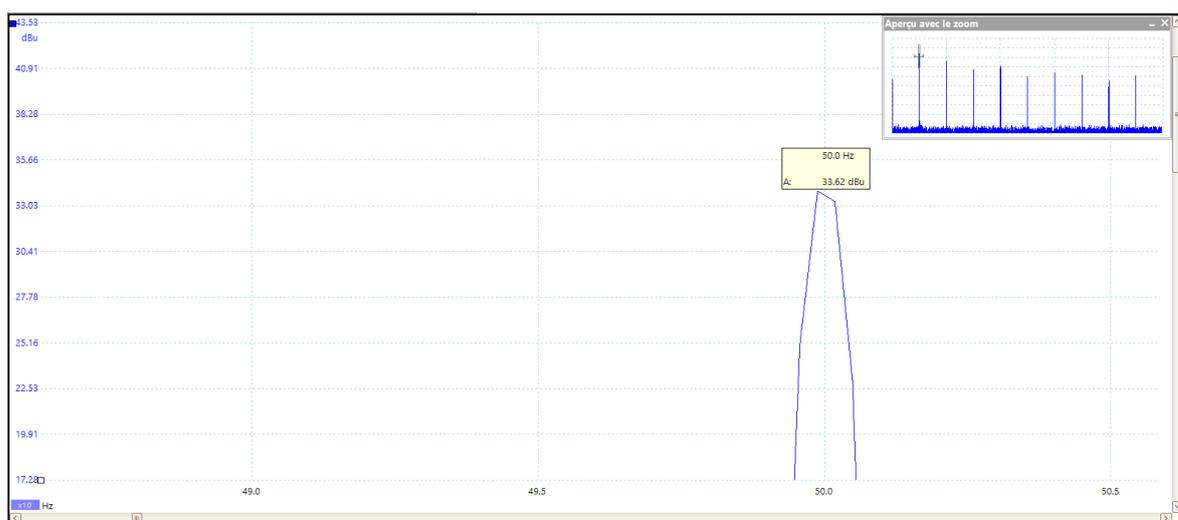


Figure 130 : Mesure au point P16, position de gauche - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

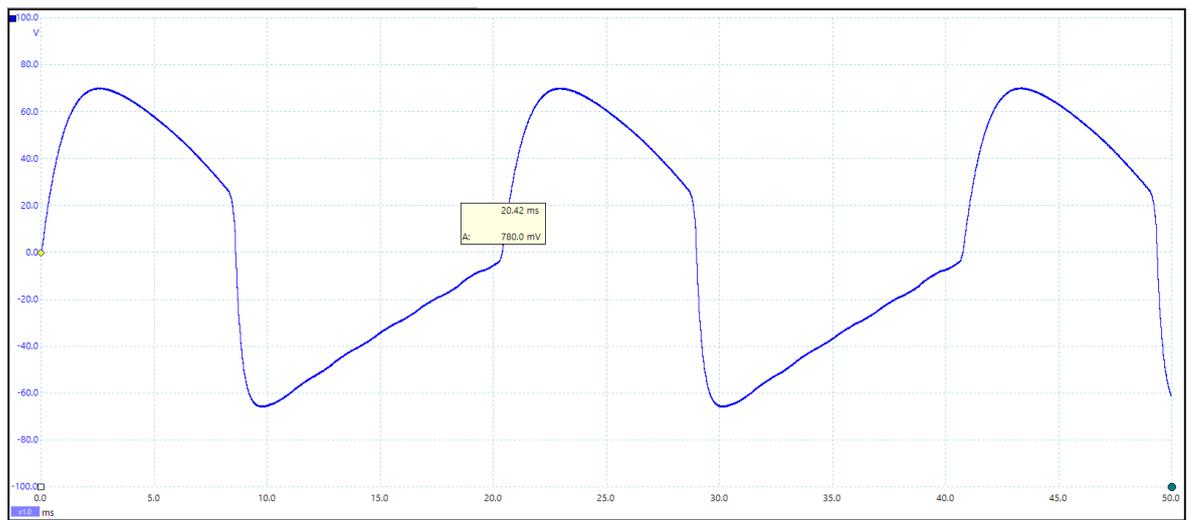


Figure 131 : Mesure au point P16, position de droite © JDLM, HECR-Arc 2019

P16

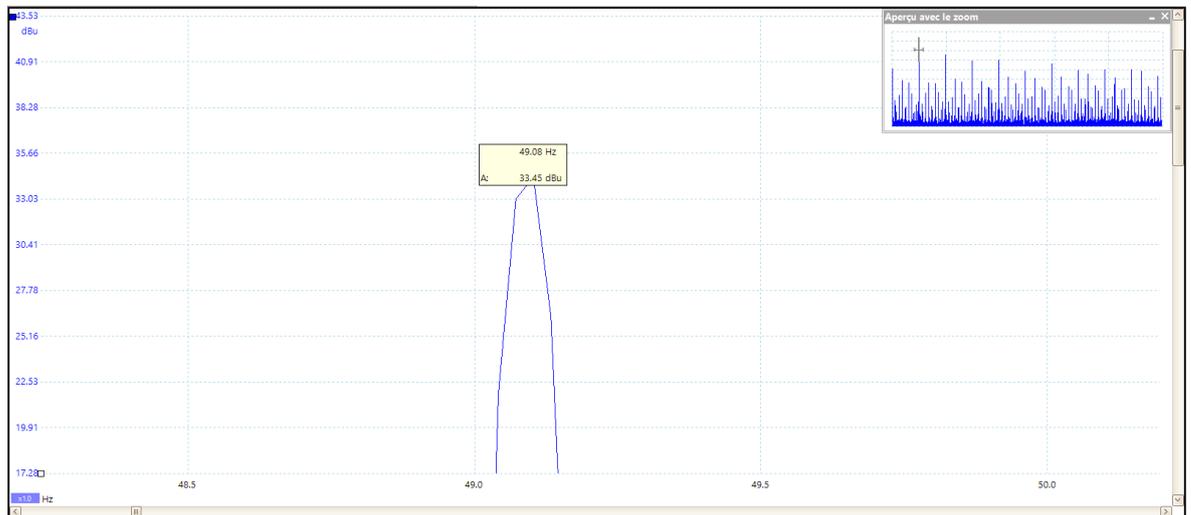


Figure 132 : Mesure au point P16, position de droite - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

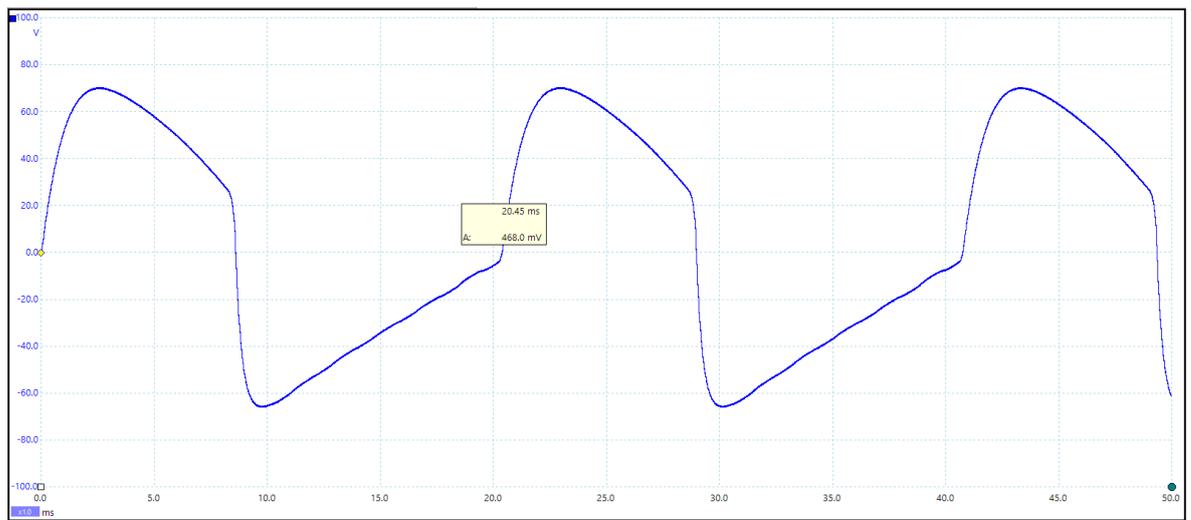


Figure 133 : Mesure au point P16, position du milieu © JDLM, HECR-Arc 2019

P16

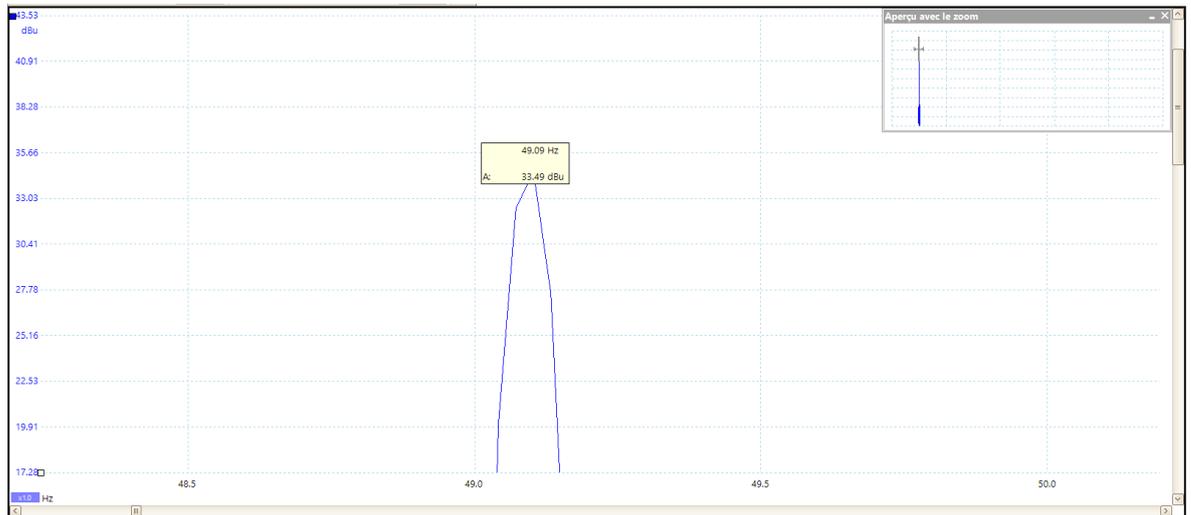
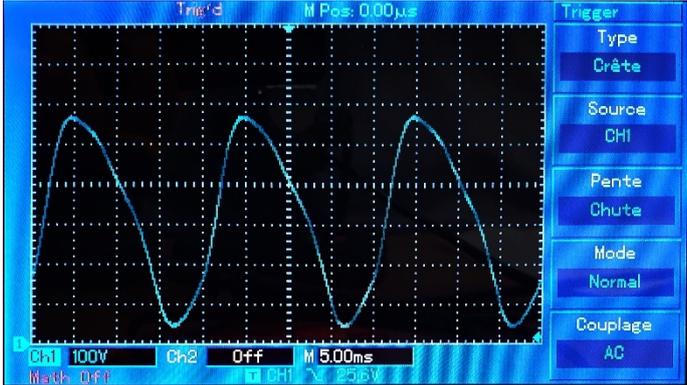
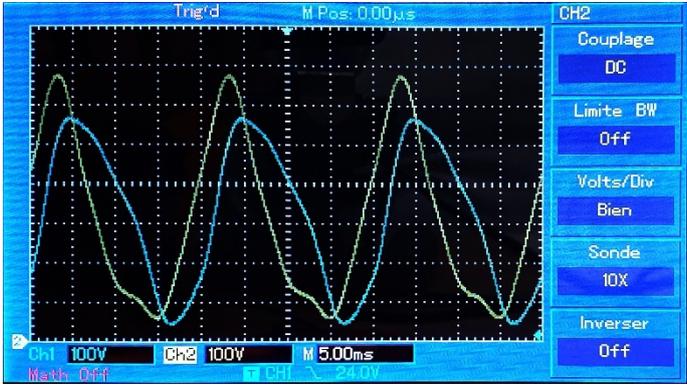


Figure 134 : Mesure au point P16, position du milieu - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019

Idem aux reflexions faites au point de mesure P15

<p>P17</p>	 <p>Figure 135 : Localisation du point P17 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 136 : Mesure au point P17, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019</p>
<p>P18</p>	 <p>Figure 137 : Localisation du point P18 © JDLM, HECR-Arc 2019</p>	 <p>Figure 138 : Mesure au point P17 en bleu et P18 en jaune, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019</p>

Ce que nous observons en figure 138 est en fait le décalage obtenu par le biais des condensateurs afin de permettre la mise en rotation du moteur et de lui donner du couple, ce déphasage est primordial pour la mise en mouvement du moteur.¹²²

¹²² EPSIC.ch, 2004 [En ligne] p.3

4. Envisager le remplacement éventuel d'un composant

4.1. Remplacement du rouleau de papier :

Les dimensions du rouleau de papier utilisé par le chrono-comparateur sont aujourd'hui tombées en désuétude et, après contact de plusieurs entreprises du secteur (spécialistes en caisses enregistreuses, papeterie, etc.) il semblerait que ces dimensions (48mm de large, 40 mètres de long (pas indispensable), pour un noyau tubulaire de 10mm) ne soient plus disponibles à ce jour.

Bien entendu, des rouleaux de papiers supplémentaires sont nécessaires afin de permettre l'utilisation pérenne de l'objet, c'est pourquoi il nous faut trouver une solution de remplacement.

4.1.1. La commande de rouleaux sur-mesure

Il est possible de faire un appel d'offre et de contacter des acteurs du marché de la papeterie professionnelle afin de demander un devis pour la réalisation de rouleaux correspondants à nos besoins. Cette méthode peut s'avérer onéreuse mais permettrait, par le nombre de pièces commandées, de constituer un stock confortable de rouleaux tout en réduisant les coûts de fabrication.

Cependant, la quantité désirée étant seulement d'une vingtaine de rouleaux, l'éventualité de faire réaliser ces derniers par un industriel à un prix abordable semble compromise, d'autant plus qu'une fois ces rouleaux utilisés il faudrait alors répéter l'opération, engendrant alors ainsi de nouveaux coûts importants.

4.1.2. L'adaptation de rouleaux de largeur trop importantes

Comme exprimé précédemment, à la vue de la faible quantité de rouleaux nécessaires, le besoin de trouver une solution permettant d'obtenir la largeur voulue s'impose.

Divers tests ont pu alors être entrepris afin de réduire un rouleau de largeur supérieure à 48mm à la largeur voulue. La découpe de l'excédent de papier a été tentée de différentes façons, à l'aide d'un tour 102 et de diverses lames et burins, sans succès principalement car la prise du papier n'était pas satisfaisante et engendrait alors des déformations du rouleau, ou alors que l'outil de découpe ne permettait pas une découpe nette.

Premier essai presque concluant : La scie

Nous avons tout d'abord tenté à l'aide d'une scie à main pour finalement nous tourner vers l'alternative de la scie à ruban, la largeur de 48mm a pu être atteinte facilement cependant comme nous pouvons le voir sur la Figure 139 ci-contre la découpe n'est pas parfaite et nous pouvons voir les marques laissées par la lame ainsi que l'échauffement engendré par son frottement.

L'avantage de cette méthode est que nous obtenons rapidement un rouleau de la dimension désirée, l'inconvénient est que le résultat obtenu n'est pas aussi précis que ce que nous aurions voulu, mais également que la lame de la scie provoque plutôt un arrachement qu'une découpe.



Figure 139 : Scie à ruban - vue générale du rouleau obtenu

Cet arrachement (Visible en Figure 140 ci-contre) est problématique dans la mesure où les bords du papier sont alors fibreux, bien qu'à court-terme cela ne pose pas de problème de fonctionnement, ces fibres pourraient alors se détacher lors du déroulage du rouleau, causant alors un empoussièrément à l'intérieur de la machine (où des tensions importantes ont pu être mesurées)¹²³ ainsi que des températures élevées comme présenté en Figure 141 et Figure 142 ci-dessous.



Figure 140 : Scie à ruban - Vue des fibres en bordure de papier

Ce point est problématique dans la mesure où cela pourrait alors causer un dysfonctionnement voire même un départ d'incendie au sein du système électrique.¹²⁴

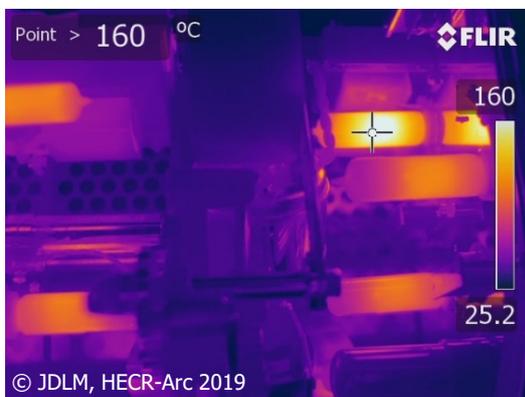


Figure 141 : Vue thermique de l'objet en fonctionnement avec température mesurée supérieure à 160°C

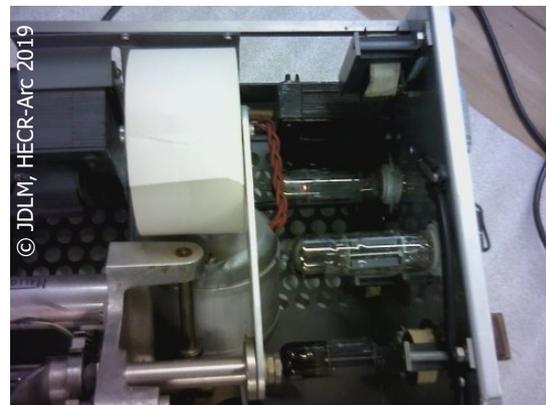


Figure 142 : Vue en lumière visible de la zone observée en Figure 141

Problématique : atteindre une coupe nette sur tout un rouleau.

Si l'obtention de la bonne largeur est quelque chose de relativement simple à réaliser, le fait d'avoir une découpe nette qui ne causera pas ou peu d'empoussièrément est compliqué du fait de la nature même du papier.

Nous avons remarqué que s'il est facile de découper une seule épaisseur de papier, nous rencontrons des problèmes de netteté de la découpe dès lors que l'on tente de découper une pluralité d'épaisseurs.

Il nous a donc fallu penser à un concept permettant de découper le papier une épaisseur à la fois, car c'est cette découpe qui est la plus simple à réaliser proprement.

¹²³ Voir Schéma 7 : Mesures (en bleu) des valeurs du signal Haute Tension sortant du filtrage d'alimentation p.42

¹²⁴ Sécurité Publique du Québec, 2018 [En ligne]

L'idée de départ consiste en deux enrouleurs de largeurs différentes (l'une de largeur supérieure à 48mm et l'autre de 48mm), avec entre ces deux enrouleurs un dispositif de découpe qui va permettre alors de retirer l'excédent de papier (qui n'aura ici qu'une épaisseur) pour enfin réenrouler une nouvelle bobine de la largeur désirée.

Nous avons alors obtenu le dispositif visible en Figure 143 ci-dessous qui permet l'obtention des bobines de bonnes dimensions.

Divers ajustements ont pu être réalisés au fur et à mesure de sa conception afin d'optimiser sa fiabilité et son fonctionnement, les éléments importants étaient :

- La tension du papier : que l'on peut faire varier en serrant/desserrant la vis qui porte le rouleau avant découpe
- La planéité de la bande de papier à son arrivée sur la lame : que l'on assure grâce aux plaquettes de plexiglass entre lesquelles le papier passe avant de se diriger vers la lame.
- L'angle de la lame : Réglable directement sur le dispositif
- Le mouvement de rotation de la manivelle doit être aussi régulier que possible pour de meilleurs résultats.



Figure 143 : Dispositif de découpe de rouleaux

Le détail du mode d'emploi de ce dispositif est disponible en annexes au Document 7 page 135.

Ainsi, une demi-douzaine de rouleaux aux bonnes dimensions comme présenté en Figure 144 ci-contre ont pu être réalisés grâce à ce dispositif, sachant qu'il suffit de moins de 10 minutes pour réaliser 1 rouleau de 40 mètres.

Le dispositif sera remis à l'atelier de restauration Vintage Blancpain afin qu'à l'avenir ils puissent eux-même reconstituer leur stock à moindre coût le cas échéant. Nous recommandons de conserver les rouleaux vides afin qu'ils soient réutilisés lors de la réfection des stocks, ce qui représente à nouveau un gain de temps substantiel.



Figure 144 : Rouleau réalisé sur mesure

Le problème du papier, consommable aux dimensions spécifiques à cette machine, est donc réglé car nous avons la possibilité de réaliser des rouleaux sur mesure dont la découpe est propre, ce qui limite les phénomènes d'empoussièrement, et ce à volonté.

4.2. Proposition de plusieurs méthodes de remplacement de composants électriques et jugement de leurs impacts respectifs

Dans l'éventualité où un composant qui n'est pas un composant d'usure tomberait en panne, étant donné que cet objet est destiné à être maintenu en fonctionnement, le remplacement d'un composant telle qu'une résistance ou un condensateur doit être envisageable, cependant la question de « comment réaliser ce type de remplacement ? » reste entière.

Nous sommes partis de l'hypothèse qu'un condensateur [En Figure 145 ci-contre] était hors d'usage et avons alors réfléchi à 4 méthodes potentielles de remise en fonctionnement en citant brièvement leurs avantages et inconvénients.

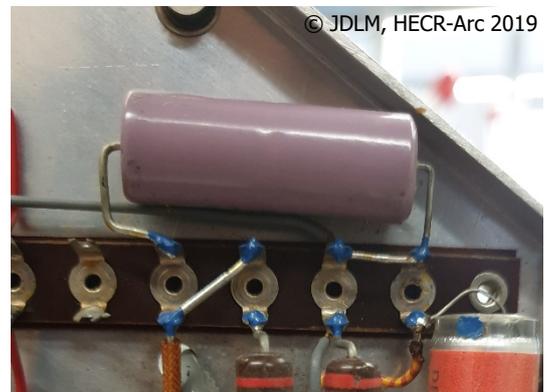


Figure 145 : Condensateur fictionnellement hors d'usage

4.2.1. Méthode 1 : Remplacement par composant moderne plus fiable mais d'esthétique différent

Cette méthode consiste à retirer le composant fautif et à le remplacer par son équivalent actuel.

Points positifs :

- Facilité de réalisation
- Fiabilité du nouveau composant
- Intervention lisible.

Points négatifs :

- Aspect esthétique différent de l'original
- Perte des soudures d'origines et de leurs marques de vérifications bleues

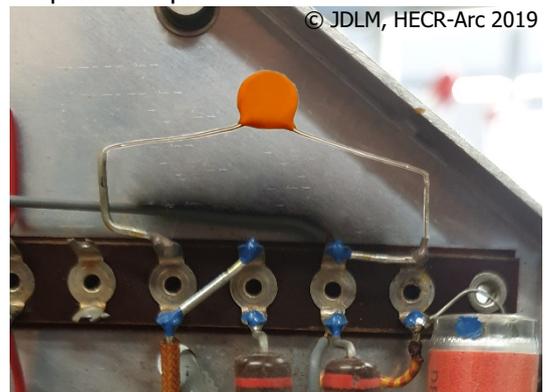


Figure 146 : Illustration du potentiel résultat de la méthode 1

4.2.2. Méthode 2 : Remplacement par composant de technologie ancienne (esthétique semblable)

Cette méthode consiste à retirer le composant fautif et à le remplacer par un composant qui lui est contemporain.

Points positifs :

- Facilité de réalisation
- Aspect esthétique semblable à l'original

Points négatifs :

- Perte des soudures d'origines et de leurs marques de vérifications bleues
- Fiabilité incertaine de ce nouvel élément ancien
- Intervention peu lisible.

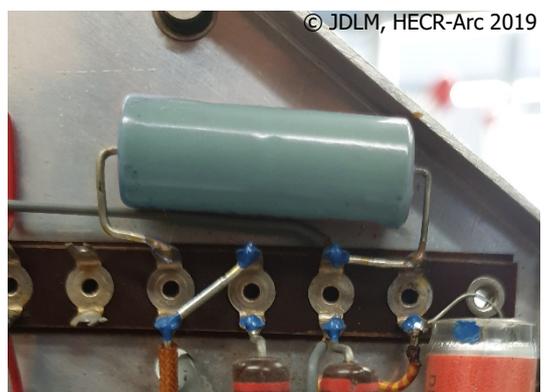


Figure 147 : Illustration du potentiel résultat de la méthode 2

4.2.3. Méthode 3 : Déconnexion discrète de l'élément et ajout d'un élément moderne

Cette méthode consiste à déconnecter une des bornes (ici la borne de gauche) du composant et d'en placer un moderne par-dessus, ce dernier peut être installé ostensiblement ou de façon plus discrète dissimulé derrière le composant défectueux pour donner l'impression que c'est l'élément d'origine qui fonctionne.

Si composant visible :

Points positifs :

- Conservation du composant d'origine
- Intervention lisible
- Composant moderne fiable
- Conservation des soudures d'origine

Points négatifs :

- Impact sur l'esthétique originelle de l'objet
- Probable instabilité du composant qui pourrait « couler » même si ce dernier n'est plus connecté.

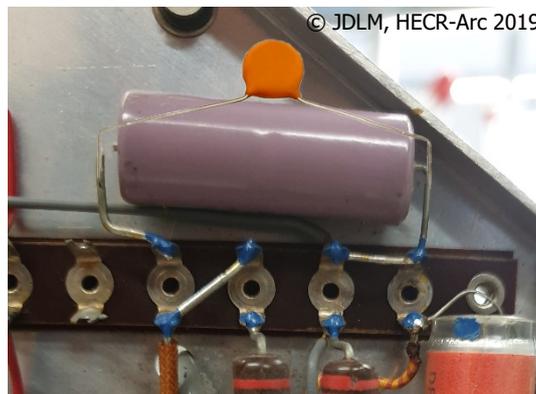


Figure 148 : Illustration du potentiel résultat de la méthode 2

Si composant dissimulé :

Points positifs :

- Conservation du composant d'origine
- Composant moderne fiable
- Aspect esthétique peu impacté
- Conservation des soudures d'origine

Points négatifs :

- Probable instabilité du composant qui pourrait « couler » même si ce dernier n'est plus connecté.
- Intervention peu lisible.

4.2.4. Méthode 4 : Réalisation d'un fac-similé ayant l'apparence de l'ancien composant avec un moderne à l'intérieur

Cette méthode consiste à dissimuler un composant moderne à l'intérieur d'un composant ancien (celui d'origine ou un semblable) qui sera évidé afin de donner l'impression que c'est l'ancien composant qui fonctionne.

Points positifs :

- Conservation de l'aspect esthétique originel
- Conservation des soudures d'origine
- Composant moderne fiable

Points négatifs :

- Intervention peu lisible.
- Destruction du composant d'origine / Risque de dissociation du composant d'origine gardé de côté

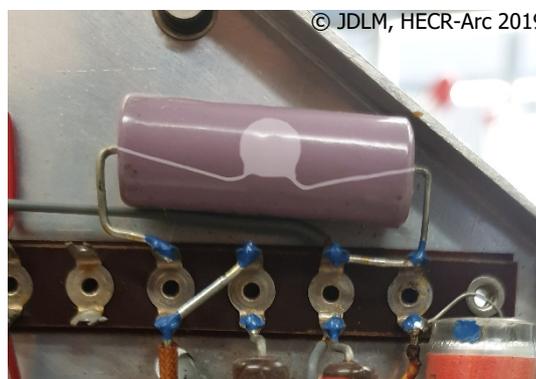


Figure 149 : Illustration du potentiel résultat de la méthode 2

5. Présentation du guide d'utilisateur simplifié et recommandations

5.1. Guide d'utilisateur simplifié

Le guide d'utilisateur a été rédigé selon les informations que nous avons pu recueillir dans le manuel d'utilisation Greiner Chronografic [Voir Document 1 & Document 2 p.134 à 135], mais également selon les informations que nous avons pu trouver ou déduire sur les composants électriques présents dans notre système électrique lors de son étude.

Il en a alors résulté le Document 8 [Visible en annexes p.135] qui résume en 3 pages l'essentiel de ce qu'une personne amenée à faire une démonstration avec l'appareil doit savoir afin d'en assurer le bon déroulement, avec en plus l'explication de la marche à suivre dans le cas où le remplacement du rouleau de papier serait nécessaire.

5.2. Recommandations

Notre appareil nécessite une attention particulière concernant son installation, en effet, la sensibilité du microphone de l'appareil est telle que cela impose que ce dernier soit placé sur un plan de travail qui ne serait pas exposé à des perturbations. Comme évoqué dans le guide d'utilisateur simplifié, le simple fait qu'une personne rédige sur un clavier d'ordinateur posé sur la même table suffi à parasiter l'écoute du micro.

Concernant le stockage de l'appareil, sachant que nous sommes en présence d'un objet composite et à la vue des nombreux éléments métalliques que comporte notre appareil, nous préconiserons un stockage à une température de 18°C et une humidité relative d'environ 40%. Cette valeur est définie car notre métal est dans un état stable et ne présente pas de corrosion active.¹²⁵ Il sera également important d'éviter les fortes variations de température et d'humidité relative.

Aussi, afin d'éviter la dissociation des différents éléments qui font partie de l'appareil, mais également des éléments qui ont été réalisés et ajoutés à sa panoplie durant ce travail de diplôme (le découpe rouleaux et le boîtier abaisseur de tension), nous préconisons que ces éléments soient stockés ensembles, au sein d'une même caisse de rangement ou d'une même étagère.

Sachant que l'appareil est destiné à être en service dans l'atelier de restauration Vintage Blancpain, nous savons que cet appareil ne sera pas exposé à un milieu poussiéreux, nous recommandons cependant de placer sa housse de protection sur l'objet lorsque celui-ci n'est pas en utilisation.

Concernant l'éventuel transport de l'objet il est important de noter que nous avons pu lire que le micro de notre appareil, contenant un cristal de Seignette, ne doit pas être exposé à une température supérieure à 45°C, auquel cas le cristal se briserait et le micro deviendrait inutilisable.

[Voir p.13 des Document 1 & Document 2 en annexes 134 & 135]

¹²⁵ Selwyn L., 2007 [En ligne]

Conclusion

Nous pouvons à présent dire que les objectifs que nous nous étions fixés dans ce travail de diplôme ont été atteints. En effet, nous avons pu décrire ici une méthodologie permettant l'étude d'un objet électrique complexe, en donnant une marche à suivre ainsi que les outils essentiels à la réussite de cette tâche.

D'un point de vue conservation-restoration de l'objet, nous sommes parvenus à répondre aux besoins du mandant en permettant le maintien en fonctionnement de l'objet sur le long terme, par le nettoyage et la lubrification qui a pu être effectuée, mais également par la mise à disposition en ce document d'une méthodologie de détection des pannes propres à cet objet, avec un relevé et une documentation des signaux observés qui permettront par comparaison de déceler la présence et la localisation d'éventuels dysfonctionnements et pannes.

Nous sommes également parvenus à répondre aux besoins spécifiques à notre objet, à savoir une alimentation électrique adaptée grâce à notre boîtier permettant d'abaisser la tension secteur de 230 à 220V ; mais également grâce à un outil mis au point par nos soins permettant de réaliser à volonté des rouleaux de papier de 48mm de largeur, consommable indispensable au fonctionnement de l'objet et aujourd'hui introuvable sur le marché.

Aussi, nous pouvons dire que notre adaptation de la méthode Schematec aux objets électriques s'est avérée être un succès et permet, couplé à la méthodologie de compréhension de l'objet par retro engineering et par la segmentation du système en blocs fonctionnels, une compréhension facilitée des systèmes électriques.

Enfin, ce travail de diplôme nous prouve un réel besoin de prise de conscience concernant l'importance de ces objets et de leur prise en charge au sein des collections d'horlogerie, tout en nous démontrant que ces objets, s'ils ne sont pas en fonctionnement, restent quelque peu muets et perdent une partie importante de leur intérêt patrimonial. Cependant afin d'assurer leur bon fonctionnement il nous faut répondre à certains de leurs besoins spécifiques pour lesquelles il faut parfois trouver des solutions sur-mesure.

Pour conclure, nous espérons que ce premier travail de diplôme HE-Arc CR axé sur la compréhension et le traitement des systèmes électriques ouvrira la route à d'autres projets de ce type car le patrimoine des objets techniques, scientifiques et horloger s'est chargé au fil des ans de systèmes électriques et c'est l'orientation d'une partie des conservateurs restaurateurs vers ces objets qui permettra la sauvegarde de ce patrimoine.

Aussi, ce travail de diplôme ouvre diverses thématiques qui pourraient être approfondies au cours de futurs travaux de diplômes, dont les deux principales seraient :

- Le perfectionnement de la méthodologie de compréhension d'un système électrique, car il n'existe pas qu'une seule façon de faire et confronter ces méthodes pourrait donner lieu à l'amélioration de la pratique ;
- Trouver d'autres alternatives pour le remplacement d'un composant électrique.

Bibliographie : Liste des références bibliographiques citées, classées par ordre alphabétique

BESSON, 1974 :

Besson, R. *Technologie des composants électroniques - Tome 1 : Résistances, condensateurs, bobinages*. Editions Radio, France, 1974.

BP DESIGN, 2019 [En ligne] :

BP Design. *Qu'est-ce que la rétro-ingénierie ?*

BPDesignFrance, 2019 [En ligne] [Consulté le 01.04.2019]

<http://www.bpdesignfrance.com/quest-ce-que-la-retro-ingenierie/>

Calibercorner.com, 3285, 2019 [En ligne] :

Calibercorner.com, *Rolex Caliber 3285*

A KeepTheTime Project, 2019 [En ligne] [Consulté le 09.04.2019]

<http://calibercorner.com/rolex-caliber-3285/>

CAPPELLE A., 2011 [En ligne] :

CAPPELLE A., *Le fonctionnement des moteurs électriques*

Industrie-techno.com, 2011 [En ligne] [Consulté le 18.05.2019]

<https://www.industrie-techno.com/article/le-fonctionnement-des-moteurs-electriques.12238>

CNRTL.fr, Lexicographie – Piézo-électricité, 2012 [En ligne] :

CNRTL.fr, *Lexicographie – Piézo-électricité*

Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales, 2012 [En ligne] [Consulté le 19.05.2019]

<https://www.cnrtl.fr/definition/pi%C3%A9zo%C3%A9lectricit%C3%A9>

CNRTL.fr, Lexicographie – Potentiomètre, 2012 [En ligne] :

CNRTL.fr, *Lexicographie – Potentiomètre*

Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales, 2012, [En ligne] [Consulté le 18.05.2019]

<https://www.cnrtl.fr/lexicographie/Potentiom%C3%A8tre/0c>

COMPOSELEC, Historique des tubes électroniques, 2010 [En ligne] :

COMPOSELEC, *Historique des tubes électroniques*

Composelec.com, 2010 [En ligne] [Consulté le 23.05.2019]

http://www.composelec.com/historique_des_tubes_electroniques.php

COMPOSELEC., Classification - Composant actif/passif., 2010 [En ligne] :

Composelec. *Classification - Composant actif/passif.*

Composelec.com, 2010 [En ligne] [Consulté le 12.04.2019]

<http://www.composelec.com/>

COMPOSELEC., *Résistance*, 2010 [En ligne] :

Composelec. *Résistance*

Composelec.com, 2010 [En ligne] [Consulté le 12.04.2019]

<http://www.composelec.com/>

DECAUX B., 1959 :

DECAUX B., *La mesure précise du temps en fonction des exigences nouvelles de la science.*

MASSON et cie, série « *Evolution des sciences* », 1959

DEFOSSEZ L., 1952 :

DEFOSSEZ L., *Théorie générale de l'horlogerie – Tome 2*

Chambre Suisse de l'horlogerie, 1952

DEFOSSEZ L., 1954 :

DEFOSSEZ L., *La lecture des diagrammes des machines à déterminer la marche instantanée des montres*

Journal Suisse d'Horlogerie, 1954

Degrigny & Jeanneret, 2016 [En ligne] :

Degrigny & Jeanneret, *Annexe 9 : Méthodologie*

Schematec by HE-Arc. [En ligne] [Consulté le 09.04.2019]

http://schematec.he-arc.ch/files/1/SCHEMATECmethodology_583eb32bea558.pdf

DesignSpark, 2016 [En ligne] :

DesignSpark, *Les différents types de moteurs et leur utilisation*

RS-Online.com, 2016 [En ligne] [Consulté le 26.05.2019]

<https://www.rs-online.com/designspark/different-types-of-motors-and-their-use-fr>

Durand S. et Lissek H., 2017 [En ligne] :

Durand S. et Lissek H., *La transduction piézoélectrique*

Univ-lemans.fr, 2017, [En ligne] [Consulté le 21.05.2019]

http://electroacoustique.univ-lemans.fr/cours/pdf/grain_34.pdf

EPSIC.ch, *B3 – Les Inductances*, 2000 [En ligne] :

EPSIC.ch, *Approche théorique : B* Les composants électroniques*

EPSIC.ch, Lausanne, 2000 [En ligne] [Consulté le 18.05.2019]

<http://www.epsic.ch/cours/electronique/techn99/elnthcomp/CMPHINDUCT.html>

EPSIC.ch, 2001 [En ligne] :

EPSIC.ch, Approche théorique : AP* Les appareils acoustiques

EPSIC.ch, Lausanne, 2001 [En ligne] [Consulté le 21.05.2019]

<https://www.epsic.ch/cours/electronique/techn99/acousthapp/THMIC.html>

EPSIC.ch, 2004 [En ligne] :

EPSIC.ch, *Cours 5. Moteurs électriques*

Ecole polytechnique de Montréal, Lausanne, 2004 [En ligne] [Consulté le 21.05.2019]

https://www.epsic.ch/pagesperso/maccaudo/electrotechnique/theorie/moteurs/c05b_moteurs_autres.pdf

EPSIC.ch, 2019 [En ligne] :

EPSIC.ch, *AP2 - LES MICROPHONES*

EPSIC.ch, Lausanne, 2019 [En ligne] [Consulté le 21.05.2019]

<http://www.epsic.ch/cours/electronique/techn99/acousthapp/thmictxt.html#ancre152507>

Fanchon J-L., 2012 :

Fanchon J-L., *Guide des sciences et technologies industrielles*,

Nathan - AFNOR Editions, France, 2012

FHS.swiss, Montre mécanique et montre à quartz, 2019 [En ligne] :

FHS.swiss, *Montre mécanique et montre à quartz*

Fédération de l'industrie Horlogère Suisse FHS, 2019, [En ligne] [Consulté le 21.05.2019]

<https://www.fhs.swiss/fre/mechanical-quartz.html>

FLECHON D., 2011 :

FLECHON D., *La conquête du temps*

Flammarion, Fondation de la Haute Horlogerie, 2011

Gimenez J-M., 2003 [En ligne] :

Gimenez J-M., *Les mauvais tours de l'électricité*

01net.com, 2003 [En ligne] [Consulté le 05.05.2019]

<https://www.01net.com/astuces/les-mauvais-tours-de-lelectricite-200738.html>

Gobet S., 2013 [En ligne] :

Gobet S., *Historique des installations électriques en Suisse et informations quant aux installations réalisées selon le Sch.III*

Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI, Journée ASCE, 2013

[En ligne] [Consulté le 05.05.2019]

http://www.asce-romandie.ch/images/JT/sup_cours/2013/5_Historique_distribution_electrique_basse_tension.pdf

Gralon.net, 2008 [En ligne] :

Gralon.net, *Le Transistor : Une Invention Majeure*

Gralon.net, 2008, [En ligne] [Consulté le 29.05.2019]

<https://www.gralon.net/articles/materiel-et-consommables/materiels-industriels/article-le-transistor---une-invention-majeure-1465.htm>

Greiner Electronic, 1959 :

Greiner Electronic, *Chronografic Handbuch*,

Greiner Electronic Aktiengesellschaft, 1959 [Voir Document 1 en Annexes p.134]

Greiner Vibrograf AG, le 27.05.2019 :

Greiner Vibrograf AG, Entretien téléphonique du 27.05.2019 concernant une demande d'informations sur leurs éventuelles préconisations de lubrification pour notre appareil, à la recherche d'un substitut de la « Teresso V63 » recommandée initialement par le constructeur.

GRELOT F., MUCCHIETTO C., SEPTIER R., WALLIANG D., 2016 [En ligne] :

GRELOT F., MUCCHIETTO C., SEPTIER R., WALLIANG D., *Du quartz au signal électrique : Dossier - Le fonctionnement de la montre à quartz*

Futura-sciences.com, 2016, [En ligne] [Consulté le 21.05.2019]

<https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/physique-fonctionnement-montre-quartz-21/page/2/>

Guimberteau E., 2006 [En ligne] :

Guimberteau E., *Les Portes Logiques à Travers l'Electronique*

Guimberteau E., 2006 [En ligne] [Consulté le 23.05.2019]

<http://e.guimberteau.free.fr/Site/MPI/104a.%20portes%20logiques%20TP.html>

GUYE R-P., 1953 :

GUYE R-P., *Essais d'analyse technique du « Vibrograf »*

Journal Suisse d'Horlogerie, 1953

Harper J., 2003 [En ligne] :

Harper J., "Tubes 201" - How Vacuum Tubes Really Work : *Grid Current*

John-a-harper.com, 2003, [En ligne] [Consulté le 23.05.2019]

<http://www.john-a-harper.com/tubes201/>

HUMBERT B., 1965 : HUMBERT B., *Le chronographe : son fonctionnement, sa réparation*

Editions du journal Suisse d'horlogerie et de bijouterie, 1965

Idemdito.org, Types de tubes, 2008 [En ligne] :

Idemdito.org, *Tubes radio - La nomenclature européenne : Types de tubes*

Idemdito.org, 2008, [En ligne] [Consulté le 23.05.2019]

<http://server.idemdito.org/electro/histo/tube-type.htm>

JENDRITZKI H., 1958 :

JENDRITZKI H., *Le réglage de la montre-bracelet*

Journal Suisse d'Horlogerie, 1958

JOULE J.P., 1841 :

JOULE J.P., *XXXVIII. On the heat evolved by metallic conductors of electricity, and in the cells of a battery during electrolysis,*

The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Volume 19, 1841

Le Blog De l'Electricité, 2015 [En ligne] :

Le Blog De l'Electricité, *Mesure et test de continuité électrique : Explication et choix de testeur*

Installation-renovation-electrique.com, 2015 [En ligne] [Consulté le 06.05.2019]

<https://www.installation-renovation-electrique.com/mesure-test-de-continuite-electrique/>

Lepsi.ch, 2016 [En ligne] :

Lepsi.ch, *Watch scope*

LEPSI, 2016 [En ligne] [Consulté le 21.05.2019]

<https://www.lepsi.ch/product/watch-scope/>

MALVINO A.P., 2002 :

MALVINO A.P., *Principes d'électronique, 6eme édition*

Editions DUNOD, Collection Sciences SUP, 2002

Mercier D., 2012 :

Mercier D., *Le livre des techniques du son - Tome 2 : La technologie,*

Dunod, 2012.

Openclassrooms.com, La bobine, 2019 [En ligne] :

Openclassrooms.com, *L'électronique de zéro : La bobine*

Openclassrooms.com, 2019 [En ligne] [Consulté le 18.05.2019]

<https://openclassrooms.com/fr/courses/724810-lelectronique-de-zero/723738-la-bobine>

Physique-Chimie-Collège.fr, 2015 [En ligne] :

Physique-Chimie-Collège.fr, *Chapitre 6 : Les résistances électriques - II Comment déterminer la valeur d'une résistance ?*

Sophie Dulac, 2015 [En ligne] [Consulté le 18.05.2019]

<https://physique-chimie-college.fr/cours-4eme-electricite/comment-determiner-la-valeur-dune-resistance/>

PIANTINO J.P., 1970 :

PIANTINO J.P., *Installation de laboratoire pour la mesure de mouvements d'horlogerie*

1970, Bulletin annuel de la société suisse de chronométrie et du laboratoire suisse de recherches horlogères, Vol.VI 1ere partie

PILLOUD O., 2018 :

PILLOUD O., *Le Radioamateur - Préparation à l'examen technique. Manuel de référence*

Editions TECHNIP, 2018

POWERS N., 2015 [En ligne] :

POWERS N., *Condensateurs polarisés : le concept est simple, pas l'implémentation*

Arrow.com, 2015 [En ligne] [Consulté le 18.05.2019]

<https://www.arrow.com/fr-fr/research-and-events/articles/polarized-capacitors-simple-in-concept-not-in-implementation>

RIZZONI G., 1999 :

RIZZONI G., *Principles and applications of electrical engineering 3^d Edition,*

McGraw-Hill Higher Education, 1999

ROUSSEAU J-J., 1999 :

ROUSSEAU J-J., *Introduction à l'électronique – Cours et exercices corrigés*

ELLIPSES, Collection Universités Electroniques, 1999

Sécurité Publique du Québec, 2018 [En ligne] :

Sécurité Publique du Québec, *Les dangers de l'électricité*

Gouvernement du Québec, 2018, [En ligne] [Consulté le 29.05.2019]

<https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-incendie/prevenir-incendie/conseils-prevention/dangers-electricite.html>

Selwyn L., 2007 [En ligne] :

Selwyn L., *Mise en réserve des métaux – Notes de l'Institut canadien de conservation (ICC) 9/2*
Ministre, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 2007 [En ligne] [Consulté le 29.05.2019]
<https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/publications-conservation-preservation/notes-institut-canadien-conservation/mise-reserve-metaux.html>

Sonelec-musique.com, Le potentiomètre, 2019 [En ligne] :

Sonelec-musique.com, *Electronique : Théorie - Le potentiomètre*,
Sonelec-musique.com, 2019, [En ligne] [Consulté le 19.05.2019]
https://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_potentiometre.html

Suisse Tourisme, 2019 [En ligne] :

Suisse Tourisme, *Electricité : Généralités*,
Myswitzerland.com, 2019 [En ligne] [Consulté le 05.05.2019]
<https://www.myswitzerland.com/fr/planification/vie-pratique/generalites/general-information/electricite/>

TIMELAB, 2016 [En ligne] :

TIMELAB, *Les observatoires*
ObservatoireChronometriques.ch, 2016, [En ligne] [Consulté le 21.05.2019]
<https://www.observatoirechronometrique.ch/fr/les-observatoires>

TSF Restauration, 2007 [En ligne] :

TSF-Restauration, *Les condensateurs anciens*
TSF.resto.free.fr, 2007, [En ligne] [Consulté le 21.05.2019]
<http://tsf.resto.free.fr/astuces/CONDENSATEURS/condensateurs.htm>

WebPhysique.fr, 2017 [En ligne] :

WebPhysique.fr, *La période*
Physique et Chimie, 2017, [En ligne] [Consulté le 29.04.2019]
<http://webphysique.fr/periode/>



Annexes

Conservation-restauration d'un chrono-comparateur Greiner Chronografic : La compréhension d'un système complexe et problématique des composants électriques anciens.

Mémoire présenté par :
Le Meur Jean-Dominique

Pour l'obtention du
Master of Arts HES-SO in Conservation-restoration
Orientation objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2018-2019

Remise du travail : 15.07.2019

Jury : 28/29.08.2019

Nombre de pages : 205

Liste des figures

Figure 1 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic	10
Figure 2 : Vue de la plaque constructeur au dos de l'appareil.....	10
Figure 3 : Les fréquences de travail de notre appareil	11
Figure 4 : Etiquette manuscrite présente à l'intérieure du capot de l'objet.....	11
Figure 5 : aperçu du disque gradué situé en façade	11
Figure 6 : Autocollants sur la façade de l'appareil	12
Figure 7 : Autocollants au dos du microphone	12
Figure 8 : agrandissement d'une figure présente dans le manuel Greiner ©Greiner Electronic	12
Figure 9 : Nomination des éléments d'interaction de l'appareil	13
Figure 10 : Illustration de l'appareil en fonctionnement	13
Figure 11 : Différentes résistances présentes dans notre système	15
Figure 12 : Signification des couleurs utilisées pour le marquage de résistances : les valeurs associées © BESSON, 1974.....	15
Figure 13 : Explication de la lecture du marquage des résistances © BESSON, 1974.....	15
Figure 14 : Exemple d'une résistance de puissance présente dans notre système électrique	16
Figure 15 : Le potentiomètre présent dans notre système électrique	16
Figure 16 : Exemples des condensateurs au mica présents dans notre objet	17
Figure 17 : Condensateurs "Palquettes" présents sur notre chrono-comparateur	17
Figure 18 : Explication du code couleur présent sur les condensateurs "plaquettes" © Dico-TSF, 2015.....	17
Figure 19 : Valeurs du code couleur utilisé pour les condensateurs ©Sonelec-musique.com, 2019	18
Figure 20 : Exemples de condensateurs polarisés présents sur notre appareil.....	18
Figure 21 : Exemple d'une bobine présente sur notre appareil	19
Figure 22 : Exemple d'une diode présente dans notre système électrique	19
Figure 23 : Le pont de Graetz présent dans notre système électrique	20
Figure 24 : Schéma d'un pont de Graetz © Malvino 2002	20
Figure 25 : Signal électrique avant et après redressage à l'aide d'un pont de Graetz © Maxicours.com 2019 ..	20
Figure 26 : Exemples de quartz présents dans notre système électrique	21
Figure 27 : Le micro piézo-électrique de notre appareil Greiner Chronografic	21
Figure 28 : Exemples de lampes présentes dans notre appareil.....	22
Figure 29 : Anatomie d'une triode, modèles à chauffages direct ou indirects. © Composelec.com.....	22
Figure 30 : Ce type de fil gainé de tissu jaune ou noir correspond au circuit de chauffe des lampes.....	28
Figure 31 : Compartimentation du système en blocs fonctionnels.....	31
Figure 32 : Bloc A : Réception du signal et pré-amplification.....	32
Figure 33 : Bloc B : Etage amplificateur N°1.....	33
Figure 34 : Bloc C : Etage amplificateur N°2.....	33

Figure 35 : Bloc D : Etage amplificateur N°3	34
Figure 36 : Bloc E : Commutation Marquage/casque	34
Figure 37 : Bloc F : Marquage du papier	35
Figure 38 : Chemin du signal dans le Bloc G - lorsque I1 est en position de droite	36
Figure 39 : Bloc H : Etage diviseur N°1	37
Figure 40 : Bloc I : Etage diviseur N°2.....	38
Figure 41 : Bloc J : Etage diviseur N°3.....	39
Figure 42 : Bloc K : L'étage de puissance	40
Figure 43 : Bloc L : Ensemble moteur	41
Figure 44 : Bloc M : Alimentation	41
Figure 45 : Bloc N : Filtrage d'alimentation Haute-tension.....	41
Figure 46 : Schéma SADT de notre chrono-comparateur	44
Figure 47 : Version graphique du schéma SADT de notre chrono-comparateur	44
Figure 48 : Identification des sous-fonctions de notre chrono-comparateur (Niveau 3a)	46
Figure 49 : Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de face.....	47
Figure 50 : Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de profil : gauche.....	48
Figure 51 : Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de profil : droite.....	49
Figure 52: Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de 3/4 : gauche	50
Figure 53: Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de 3/4 : droite	51
Figure 54 : Localisation des systèmes (Niveau 3b) - Vue de dos.....	52
Figure 55 : Organigramme des organes fonctionnels (Niveau 4a) de notre chrono-comparateur	54
Figure 56 : Esthétique extérieur de l'appareil © Gaillard A., Blancpain, 2018.....	55
Figure 57 : Empoussièrment/Encrassement Vue de détail N°1.....	56
Figure 58 : Vue détaillée de l'étiquette.....	56
Figure 59 : Abrasion et rayures de surface Vue de détail N°1.....	57
Figure 60 : Ecusson Greiner manquant	57
Figure 61 : Empoussièrment au sein du système électrique.....	58
Figure 62 : Engrenages encrassés	58
Figure 63 : Exemple des soudures réalisées et marquées manuellement.....	62
Figure 64 : Dépoussiérage à la brosse du système électrique.....	63
Figure 65 : Dépoussiérage par micro-aspiration du système électrique	63
Figure 66 : Vue de détail N°1 du système électrique avant dépoussiérage	63
Figure 67 : Vue de détail N°1 du système électrique après dépoussiérage	63
Figure 68 : Schématisation du mécanisme de rotation du disque marqueur / déroulage papier	64
Figure 69 : Essai de nettoyage du mécanisme à l'aide de badigeon et d'éthanol	65
Figure 70 : Essai de nettoyage du mécanisme à l'aide de badigeon et d'éthanol : Encrassement retiré	65

Figure 71 : Vue de détail N°1 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage	66
Figure 72 : Vue de détail N°1 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage	66
Figure 73 : Localisation des 3 points de lubrification	67
Figure 74 : Lubrification d'une des deux cavités à l'aide d'une seringue	67
Figure 75 : Palier lubrifié	67
Figure 76 : Les deux cavités lubrifiées	67
Figure 77 : Exemple de condensateurs ayant "coulés"	68
Figure 78 : Variateur de tension alternative.....	69
Figure 79 : Boitier convertisseur de tension.....	69
Figure 80 : Cliché thermique de notre transformateur après 1 heure de fonctionnement	70
Figure 81 : Les informations importantes de l'interface de l'oscilloscope TENMA® modèle 72®.....	72
Figure 82 : Exemple du signal mesuré au point de mesure P8 © JDLM, HECR-Arc 2019.....	72
Figure 83 : Exemple du signal mesuré au point de mesure P8 avec un réglage différent de l'oscilloscope © JDLM, HECR-Arc 2019.....	72
Figure 84 : Localisation des points de mesures de P1 à P9	74
Figure 85 : Localisation du point P1 © JDLM, HECR-Arc 2019	75
Figure 86 : Mesure au point P1 © JDLM, HECR-Arc 2019	75
Figure 87 : Localisation du point P2 © JDLM, HECR-Arc 2019	75
Figure 88 : Mesure au point P2 © JDLM, HECR-Arc 2019	75
Figure 89 : Localisation du point P3 © JDLM, HECR-Arc 2019	75
Figure 90: Mesure au point P3 © JDLM, HECR-Arc 2019	75
Figure 91 : Localisation du point P4 © JDLM, HECR-Arc 2019	76
Figure 92 : Mesure au point P4 © JDLM, HECR-Arc 2019	76
Figure 93 : Localisation du point P5 © JDLM, HECR-Arc 2019	76
Figure 94 : Mesure au point P5 © JDLM, HECR-Arc 2019	76
Figure 95 : Localisation du point P6 © JDLM, HECR-Arc 2019	76
Figure 96 : Mesure au point P6 © JDLM, HECR-Arc 2019	76
Figure 97 : Localisation du point P7 © JDLM, HECR-Arc 2019	77
Figure 98 : Mesure au point P7 © JDLM, HECR-Arc 2019	77
Figure 99 : Localisation du point P8 © JDLM, HECR-Arc 2019	77
Figure 100 : Mesure au point P8 © JDLM, HECR-Arc 2019.....	77
Figure 101 : Localisation du point P9 © JDLM, HECR-Arc 2019	77
Figure 102 : Mesure au point P9 © JDLM, HECR-Arc 2019.....	77
Figure 103 : Localisation des points de mesures de P10 à P18	78
Figure 104 : Localisation du point P10 © JDLM, HECR-Arc 2019	79
Figure 105 : Mesure au point P10 © JDLM, HECR-Arc 2019.....	79

Figure 106 : Localisation du point P11 © JDLM, HECR-Arc 2019	79
Figure 107 : Mesure au point P11 © JDLM, HECR-Arc 2019.....	79
Figure 108 : Localisation du point P12 © JDLM, HECR-Arc 2019	80
Figure 109 : Mesure au point P12, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019.....	80
Figure 110 : Mesure au point P12, position de gauche - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019	80
Figure 111 : Mesure au point P12, position de droite © JDLM, HECR-Arc 2019.....	81
Figure 112 : Mesure au point P12, position de droite - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019.....	81
Figure 113 : Mesure au point P12, position du milieu © JDLM, HECR-Arc 2019	81
Figure 114 : Mesure au point P12, position du milieu - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019	82
Figure 115 : Localisation du point P13 © JDLM, HECR-Arc 2019	83
Figure 116 : Mesure au point P13 © JDLM, HECR-Arc 2019.....	83
Figure 117 : Localisation du point P14 © JDLM, HECR-Arc 2019	83
Figure 118 : Mesure au point P14, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019.....	83
Figure 119 : Mesure au point P14, position de gauche - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019	84
Figure 120 : Mesure au point P14, position du milieu - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019	84
Figure 121 : Localisation du point P15 © JDLM, HECR-Arc 2019	85
Figure 122 : Mesure au point P15, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019.....	85
Figure 123 : Mesure au point P15, position de gauche - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019	85
Figure 124 : Mesure au point P15, position de droite © JDLM, HECR-Arc 2019.....	86
Figure 125 : Mesure au point P15, position de droite - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019.....	86
Figure 126 : Mesure au point P15, position du milieu © JDLM, HECR-Arc 2019	87
Figure 127 : Mesure au point P15, position du milieu - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019	87
Figure 128 : Localisation du point P16 © JDLM, HECR-Arc 2019	88
Figure 129 : Mesure au point P16, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019.....	88
Figure 130 : Mesure au point P16, position de gauche - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019	88
Figure 131 : Mesure au point P16, position de droite © JDLM, HECR-Arc 2019.....	89
Figure 132 : Mesure au point P16, position de droite - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019.....	89
Figure 133 : Mesure au point P16, position du milieu © JDLM, HECR-Arc 2019	90
Figure 134 : Mesure au point P16, position du milieu - Transformée de Fourier © JDLM, HECR-Arc 2019	90
Figure 135 : Localisation du point P17 © JDLM, HECR-Arc 2019	91
Figure 136 : Mesure au point P17, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019.....	91
Figure 137 : Localisation du point P18 © JDLM, HECR-Arc 2019	91
Figure 138 : Mesure au point P17 en bleu et P18 en jaune, position de gauche © JDLM, HECR-Arc 2019	91
Figure 139 : Scie à ruban - vue générale du rouleau obtenu	92
Figure 140 : Scie à ruban - Vue des fibres en bordure de papier	93
Figure 141 : Vue thermique de l'objet en fonctionnement avec température mesurée supérieure à 160°C.....	93

Figure 142 : Vue en lumière visible de la zone observée en Figure 141	93
Figure 143 : Dispositif de découpe de rouleaux.....	94
Figure 144 : Rouleau réalisé sur mesure	94
Figure 145 : Condensateur fictionnellement hors d'usage	95
Figure 146 : Illustration du potentiel résultat de la méthode 1	95
Figure 147 : Illustration du potentiel résultat de la méthode 2	95
Figure 148 : Illustration du potentiel résultat de la méthode 2	96
Figure 149 : Illustration du potentiel résultat de la méthode 2	96
Figure 150 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)	116
Figure 151 : Vue de profil droit de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)	116
Figure 152 : Vue de dos de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)	116
Figure 153 : Vue de profil gauche de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)	116
Figure 154 : Vue du dessus de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)	116
Figure 155 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic, capot ouvert (Avant traitement)	116
Figure 156 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement).....	117
Figure 157 : Vue de profil droit de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement).....	117
Figure 158 : Vue de dos de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement).....	117
Figure 159 : Vue de profil gauche de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement)	117
Figure 160 : Vue du dessus de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement).....	117
Figure 161 : Vue de face du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement).....	118
Figure 162 : Vue de profil droit du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement).....	118
Figure 163 : Vue de dos du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement).....	118
Figure 164 : Vue de profil gauche du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement).....	118
Figure 165 : Empoussièremment/Encrassement - Vue de détail N°2.....	119
Figure 166 : Empoussièremment/Encrassement - Vue de détail N°3.....	119
Figure 167 : Empoussièremment/Encrassement - Vue de détail N°4.....	119
Figure 168 : Empoussièremment/Encrassement - Vue de détail N°5.....	119
Figure 169 : Empoussièremment/Encrassement - Vue de détail N°6.....	119
Figure 170 : Abrasion et rayures de surface Vue de détail N°2.....	119
Figure 171 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic (Après traitement)	120
Figure 172 : Vue de profil droit de l'appareil Greiner Chronografic (Après traitement)	120
Figure 173 : Vue de dos de l'appareil Greiner Chronografic (Après traitement)	120
Figure 174 : Vue de profil gauche de l'appareil Greiner Chronografic (Après traitement).....	120
Figure 175 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic et son microphone (Après traitement)	120
Figure 176 : Vue de dessus de l'appareil Greiner Chronografic et son microphone (Après traitement).....	120

Figure 177 Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic et son microphone, capot ouvert (Après traitement)	121
Figure 178 : Vue de dessus de l'appareil Greiner Chronografic et son microphone, capot ouvert (Après traitement)	121
Figure 179 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Après traitement)	121
Figure 180 : Vue de profil droit de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Après traitement)	121
Figure 181 : Vue de dos de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Après traitement)	121
Figure 182 : Vue de profil gauche de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Après traitement)	121
Figure 183 : Vue de face du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Après traitement)	122
Figure 184 : Vue de profil droit du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Après traitement)	122
Figure 185 : Vue de dos du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Après traitement)	122
Figure 186 : Vue de profil gauche du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Après traitement)	122
Figure 187 : Vue de dessus du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Après traitement)	122
Figure 188 : Localisation des Vues détaillées des traitements de dépoussiérage / nettoyage	123
Figure 189 : Vue de détail N°2 du système électrique avant dépoussiérage	124
Figure 190 : Vue de détail N°2 du système électrique après dépoussiérage	124
Figure 191 : Vue de détail N°3 du système électrique avant dépoussiérage	124
Figure 192 : Vue de détail N°3 du système électrique après dépoussiérage	124
Figure 193 : Vue de détail N°4 du système électrique avant dépoussiérage	124
Figure 194 : Vue de détail N°4 du système électrique après dépoussiérage	124
Figure 195 : Vue de détail N°5 du système électrique avant dépoussiérage	125
Figure 196 : Vue de détail N°5 du système électrique après dépoussiérage	125
Figure 197 : Vue de détail N°2 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage	125
Figure 198 : Vue de détail N°2 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage	125
Figure 199 : Vue de détail N°3 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage	126
Figure 200 : Vue de détail N°3 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage	126
Figure 201 : Vue de détail N°4 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage	126
Figure 202 : Vue de détail N°4 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage	126
Figure 203 : Vue de détail N°5 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage	126
Figure 204 : Vue de détail N°5 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage	126
Figure 205 : Vue de détail N°6 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage	127
Figure 206 : Vue de détail N°6 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage	127
Figure 207 : Lubrification du palier	127
Figure 208 : Lubrification de la seconde cavité	127
Figure 209 : mesure du courant consommé par notre appareil Greiner Chronografic en fonctionnement	128
Figure 210 : Mesure de la tension de sortie de notre boîtier	128
Figure 211 : Test de notre boîtier abaisseur de tension en conditions réelles	128

Figure 212 : Surveillance de l'échauffement de notre boîtier abaisseur de tension à l'aide d'une caméra thermique 128

Liste des Schémas

Schéma 1 : Premier relevé du système électrique à main levée (vue 1/2)24

Schéma 2 : Premier relevé : du système électrique à main levée (vue 2/2)25

Schéma 3 : Transcription du dessin à main levée vers une version numérique, première version (Vue rétrécie)26

Schéma 4 : Schéma électrique après suppression de la partie chauffe des lampes. (Vue rétrécie)27

Schéma 5 : Réorganisation des deux parties pour en améliorer la lisibilité (Vue rétrécie).....28

Schéma 6 : Version finale de notre schéma électrique. (Vue rétrécie)29

Schéma 7 : Mesures (en bleu) des valeurs du signal Haute Tension sortant du filtrage d'alimentation42

Schéma 8 : Localisation des mesures au sein du schéma électrique.....71

Schéma 9 : Transcription du dessin à main levée vers une version numérique, première version 129

Schéma 10 : Schéma électrique après suppression de la partie chauffe des lampes. 130

Schéma 11 : Réorganisation des deux parties pour en améliorer la lisibilité..... 131

Schéma 12 : Version finale de notre schéma électrique 132

Schéma 13 : Schéma électrique de notre abaisseur de tension 133

Liste des documents

Document 1 : Mode d'emploi en langue allemande d'un Chronografic Greiner contemporain au notre (© Greiner Electronic)..... 134

Document 2 : Ebauche de traduction depuis l'allemand vers le français du mode d'emploi d'un Chronografic Greiner contemporain au notre (Sur base © Greiner Electronic)..... 135

Document 3 : Fiche technique de l'huile "Microgliss D-5" de Moebius (© Moebius) 135

Document 4 : Fiche constructeur de la lampe E80CC (© Philips)..... 135

Document 5 : Fiche constructeur de la lampe 5727 (PL21) (© Mazda Belvu)..... 135

Document 6 : Fiche constructeur de la lampe EL84 (© Mazda Belvu) 135

Document 7 : Mode d'emploi du découpe rouleaux pour Greiner Chronografic (© JDLM, HECR-Arc 2019) 135

Document 8 : Guide d'utilisateur simplifié du Greiner Chronografic - Fonction de base : La précision journalière de la montre (© JDLM, HECR-Arc 2019) 135

Annexes

Figures

<p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p>  <p>Figure 150 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)</p>	<p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p>  <p>Figure 151 : Vue de profil droit de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)</p>
<p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p>  <p>Figure 152 : Vue de dos de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)</p>	<p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p>  <p>Figure 153 : Vue de profil gauche de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)</p>
 <p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p> <p>Figure 154 : Vue du dessus de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)</p>	<p>© JDLM, HECR-Arc 2019</p>  <p>Figure 155 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic, capot ouvert (Avant traitement)</p>



Figure 156 : Vue de face de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement)



Figure 157 : Vue de profil droit de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement)



Figure 158 : Vue de dos de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement)



Figure 159 : Vue de profil gauche de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement)

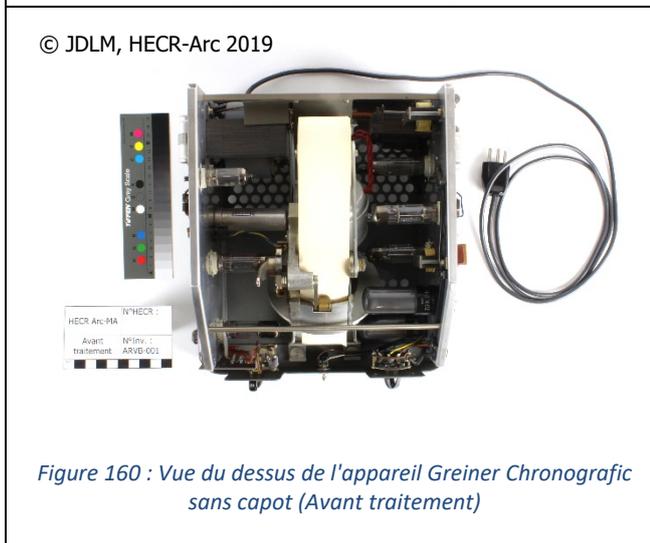


Figure 160 : Vue du dessus de l'appareil Greiner Chronografic sans capot (Avant traitement)



Figure 161 : Vue de face du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)



Figure 162 : Vue de profil droit du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)



Figure 163 : Vue de dos du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)



Figure 164 : Vue de profil gauche du microphone de l'appareil Greiner Chronografic (Avant traitement)

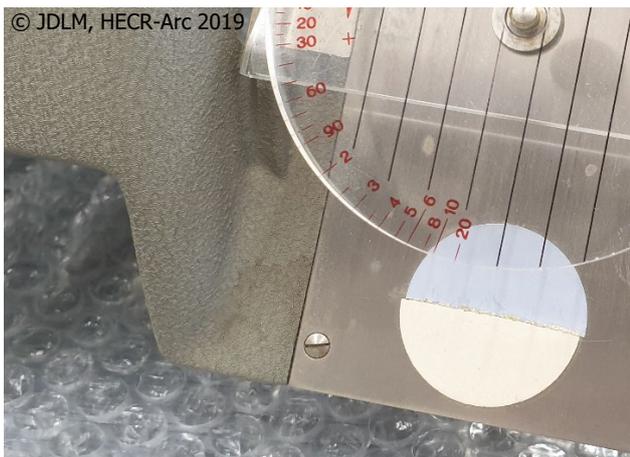


Figure 165 : Empoussièrement/Encrassement - Vue de détail N°2



Figure 166 : Empoussièrement/Encrassement - Vue de détail N°3



Figure 167 : Empoussièrement/Encrassement - Vue de détail N°4



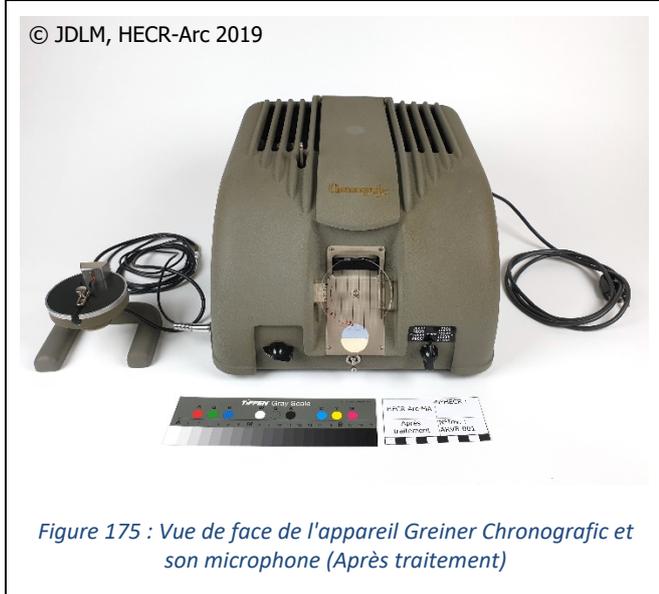
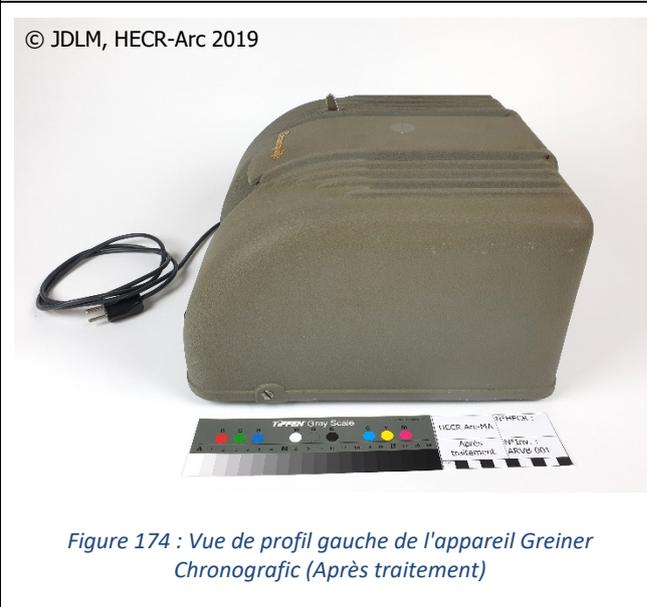
Figure 168 : Empoussièrement/Encrassement - Vue de détail N°5

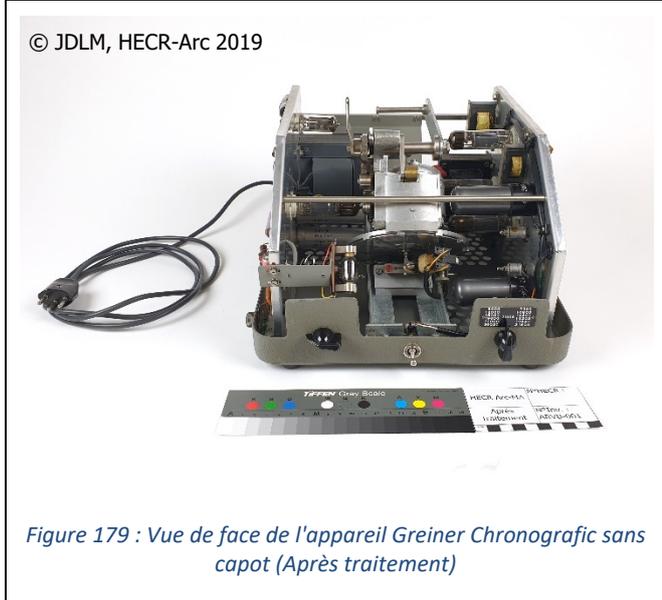


Figure 169 : Empoussièrement/Encrassement - Vue de détail N°6



Figure 170 : Abrasion et rayures de surface
Vue de détail N°2







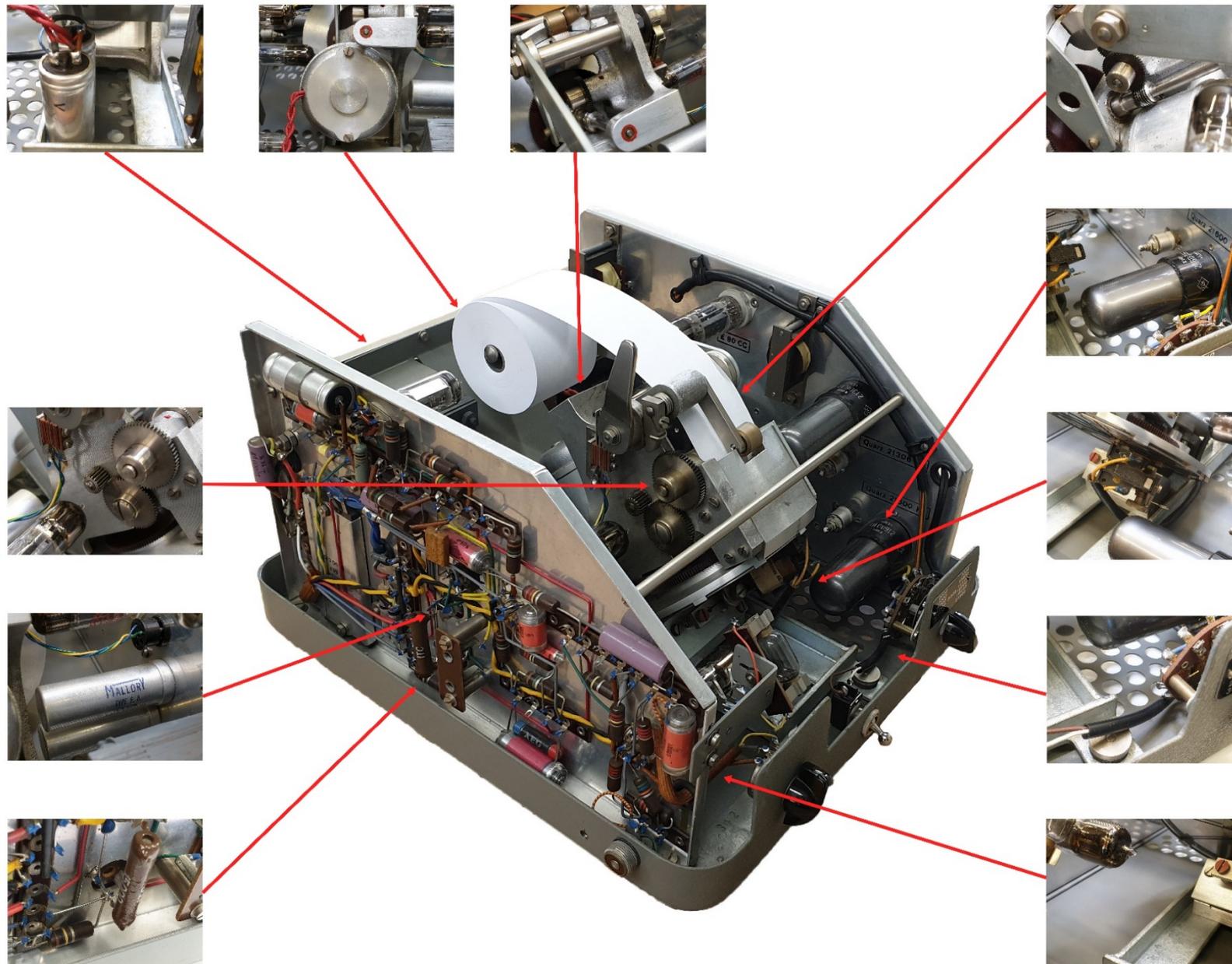
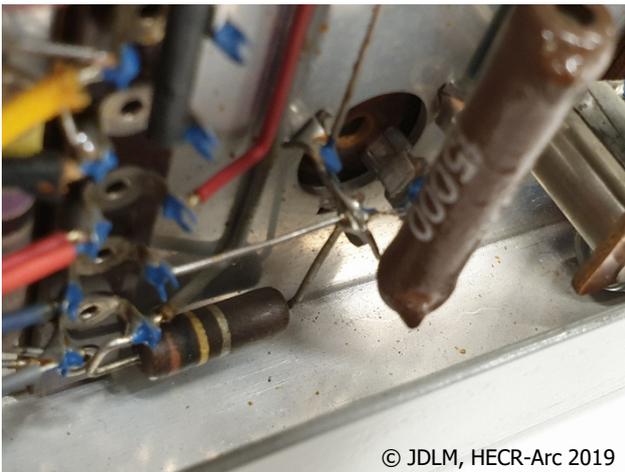
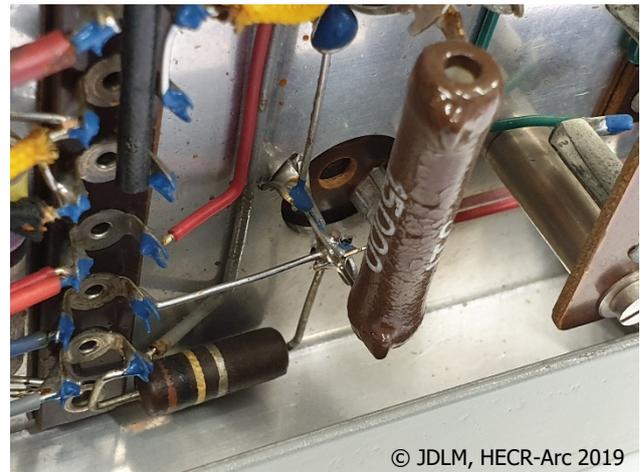


Figure 188 : Localisation des Vues détaillées des traitements de dépoussiérage / nettoyage



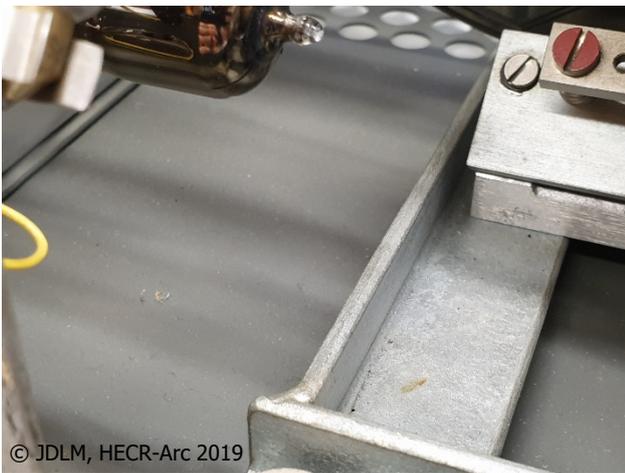
© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 189 : Vue de détail N°2 du système électrique avant dépeussierage



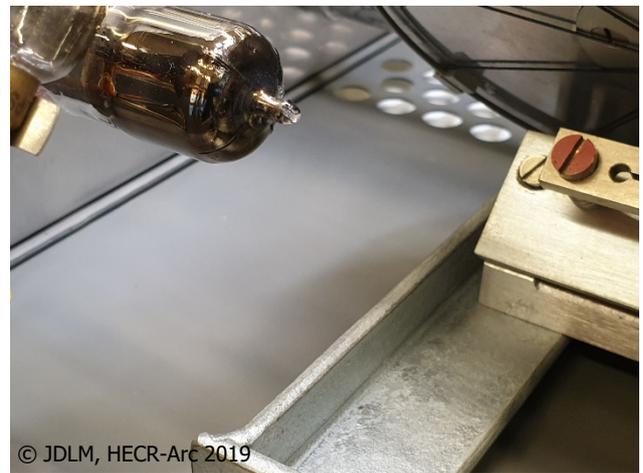
© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 190 : Vue de détail N°2 du système électrique après dépeussierage



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 191 : Vue de détail N°3 du système électrique avant dépeussierage



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 192 : Vue de détail N°3 du système électrique après dépeussierage



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 193 : Vue de détail N°4 du système électrique avant dépeussierage



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 194 : Vue de détail N°4 du système électrique après dépeussierage



© JDLM, HECR-Arc 2019

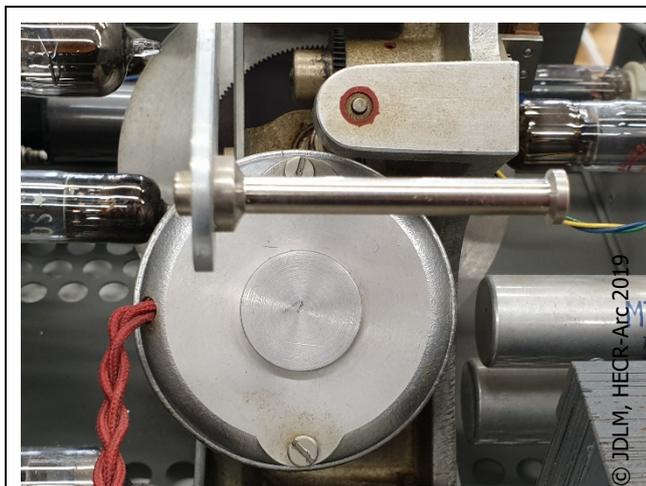
Figure 195 : Vue de détail N°5 du système électrique avant dépeussierage



© JDLM, HECR-Arc 2019

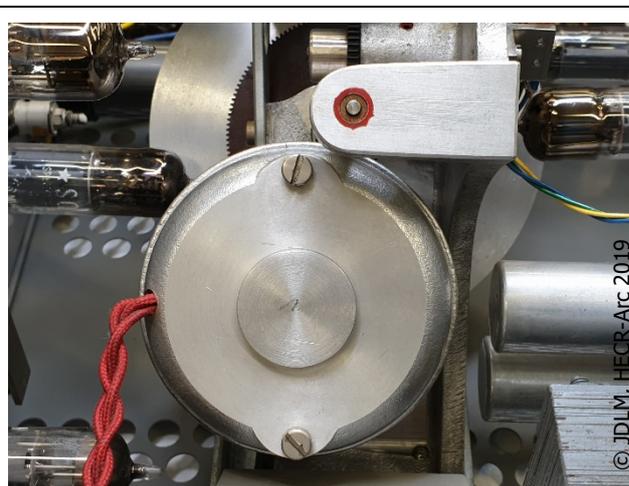
Figure 196 : Vue de détail N°5 du système électrique après dépeussierage

Nous noterons que les traces blanches visibles sur le quartz en Figure 196 sont en fait des petites rayures de surface et ne sont pas à confondre avec un empoussièrément.



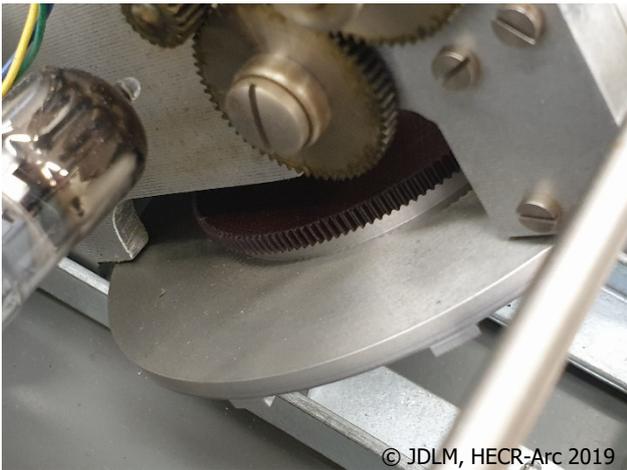
© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 197 : Vue de détail N°2 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage



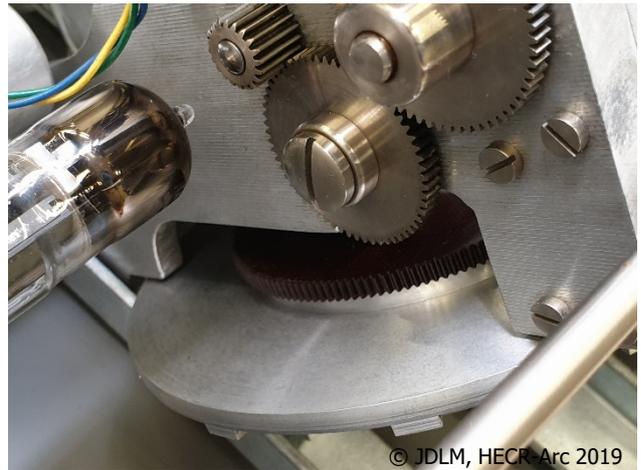
© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 198 : Vue de détail N°2 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage



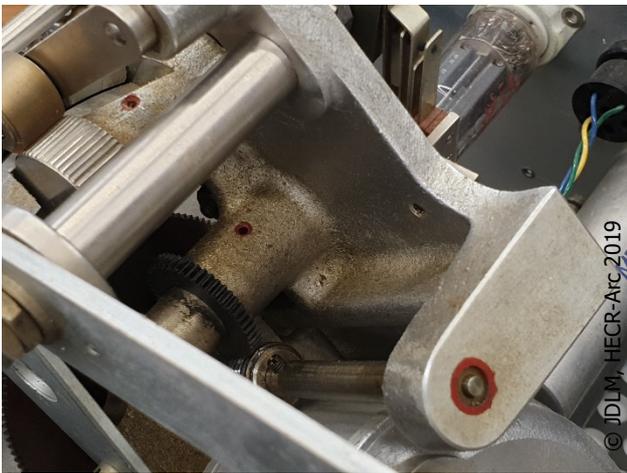
© JDLM, HECC-Arc 2019

Figure 199 : Vue de détail N°3 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage



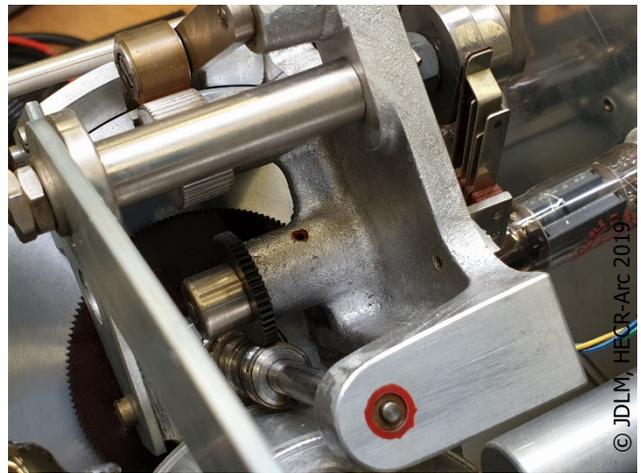
© JDLM, HECC-Arc 2019

Figure 200 : Vue de détail N°3 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage



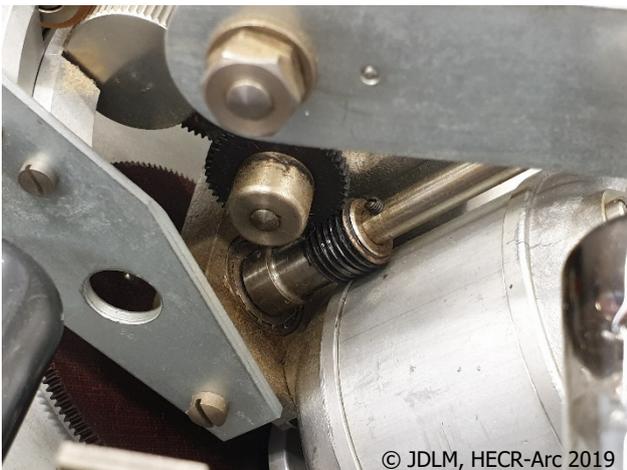
© JDLM, HECC-Arc 2019

Figure 201 : Vue de détail N°4 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage



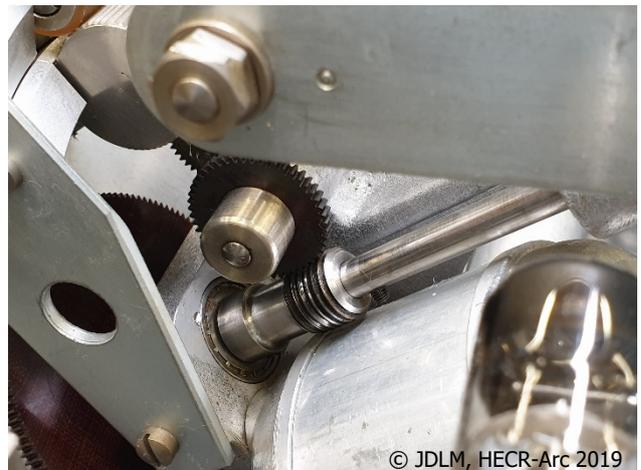
© JDLM, HECC-Arc 2019

Figure 202 : Vue de détail N°4 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage



© JDLM, HECC-Arc 2019

Figure 203 : Vue de détail N°5 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage



© JDLM, HECC-Arc 2019

Figure 204 : Vue de détail N°5 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage



Figure 205 : Vue de détail N°6 des zones nettoyées à l'éthanol, avant nettoyage



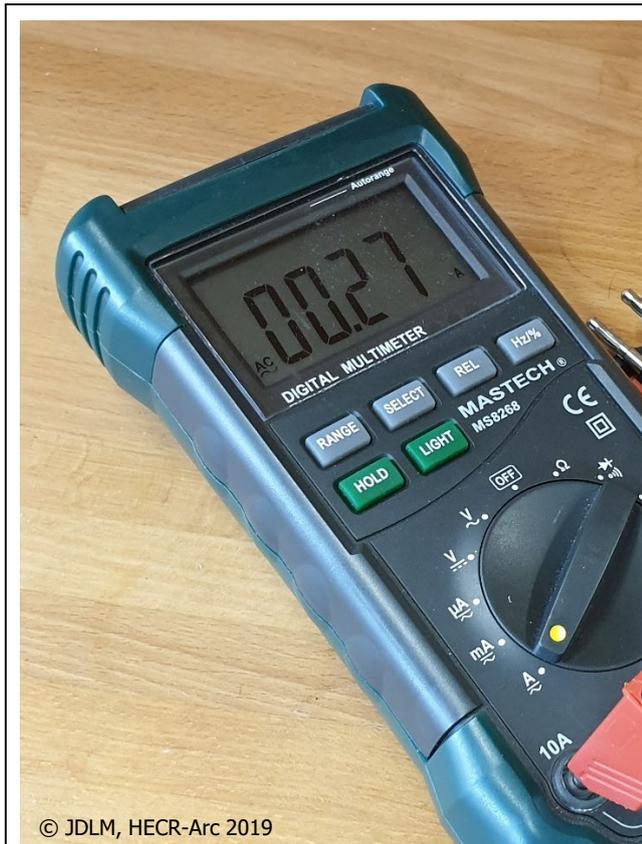
Figure 206 : Vue de détail N°6 des zones nettoyées à l'éthanol, après nettoyage



Figure 207 : Lubrification du palier



Figure 208 : Lubrification de la seconde cavité



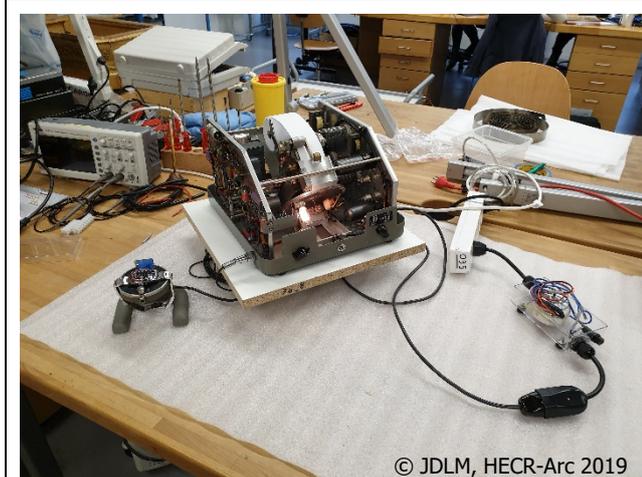
© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 209 : mesure du courant consommé par notre appareil Greiner Chronografic en fonctionnement



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 210 : Mesure de la tension de sortie de notre boîtier



© JDLM, HECR-Arc 2019

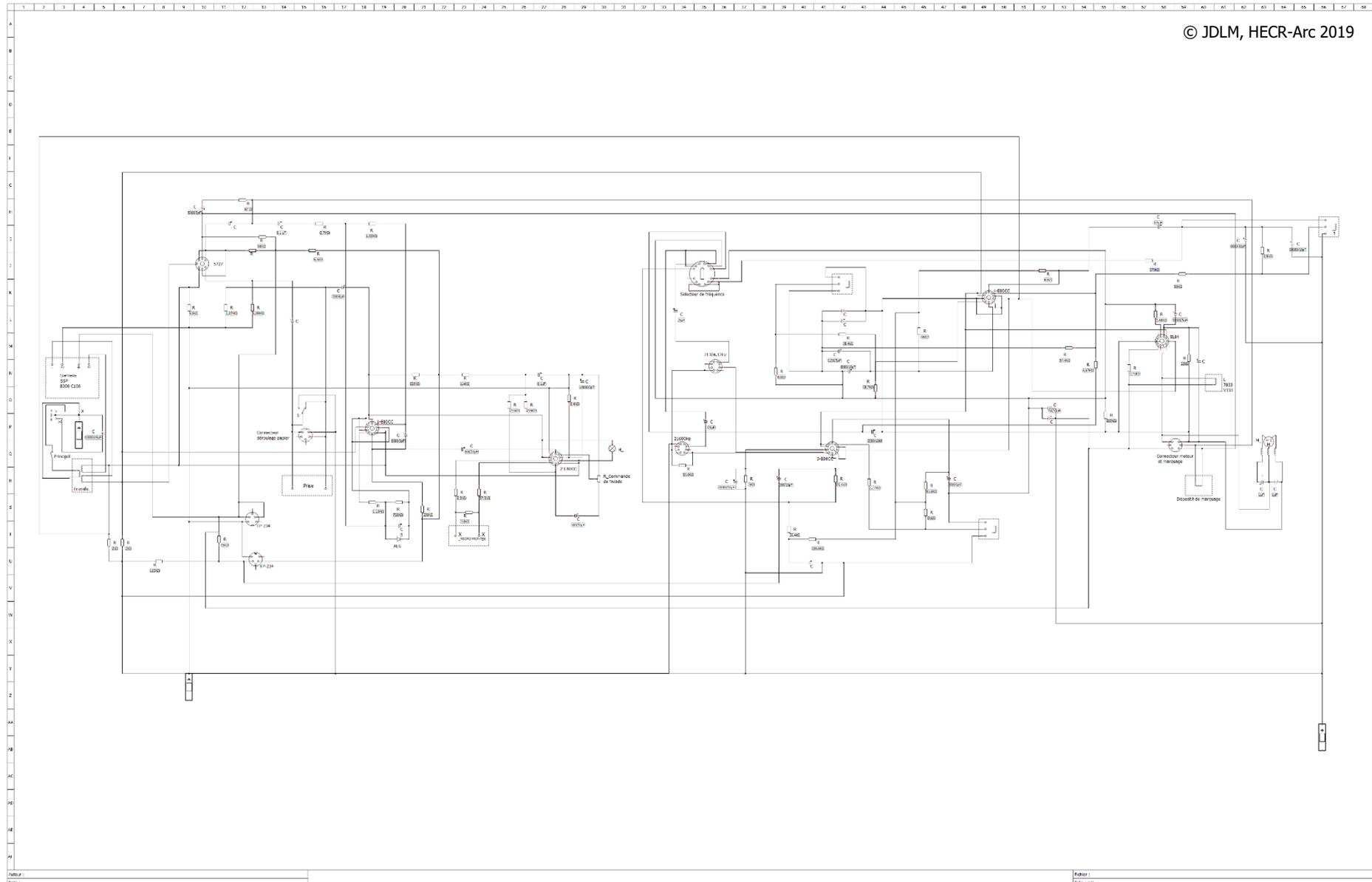
Figure 211 : Test de notre boîtier abaisseur de tension en conditions réelles



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 212 : Surveillance de l'échauffement de notre boîtier abaisseur de tension à l'aide d'une caméra thermique

Schémas



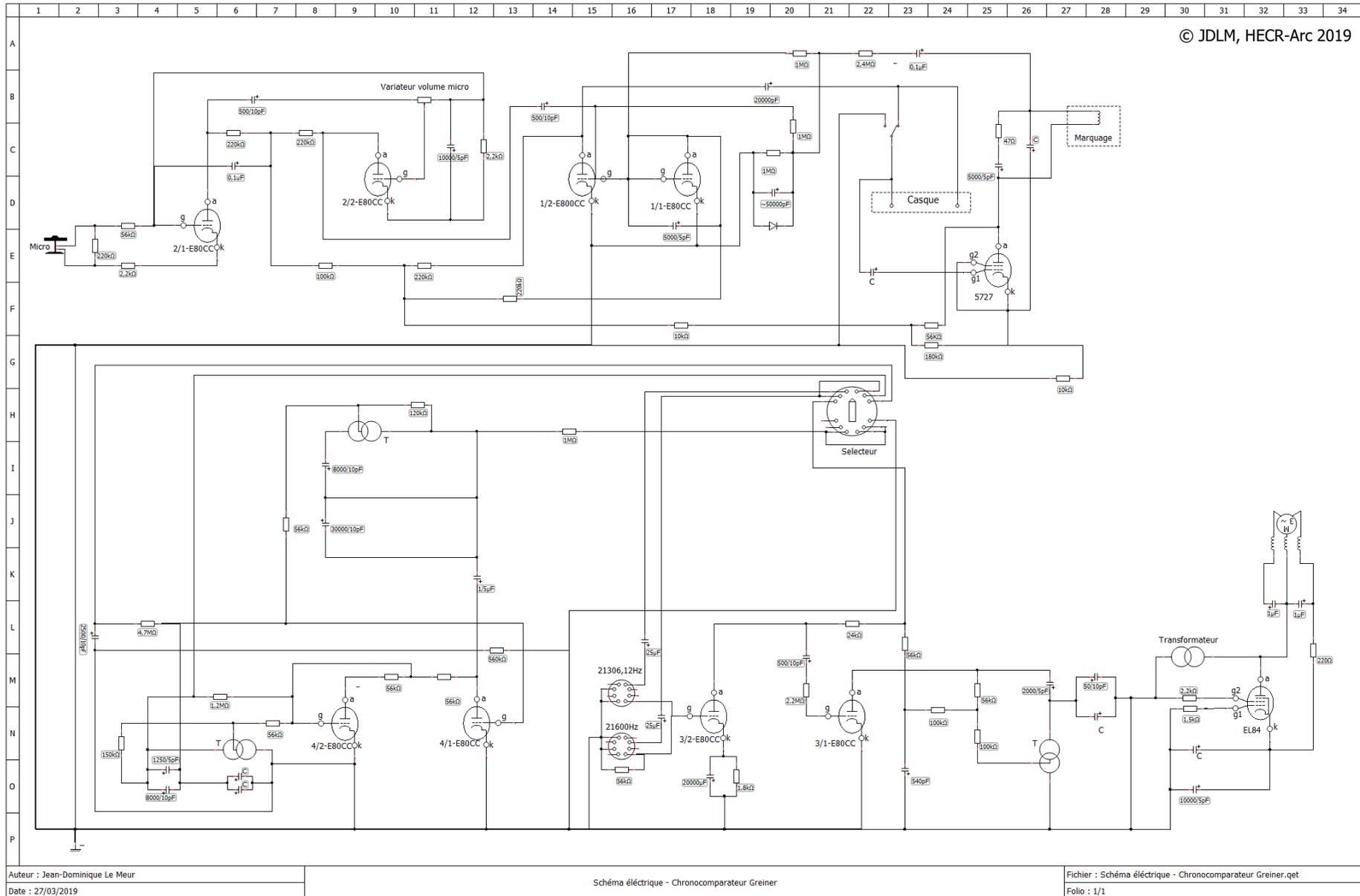


Schéma 10 : Schéma électrique après suppression de la partie chauffe des lampes.

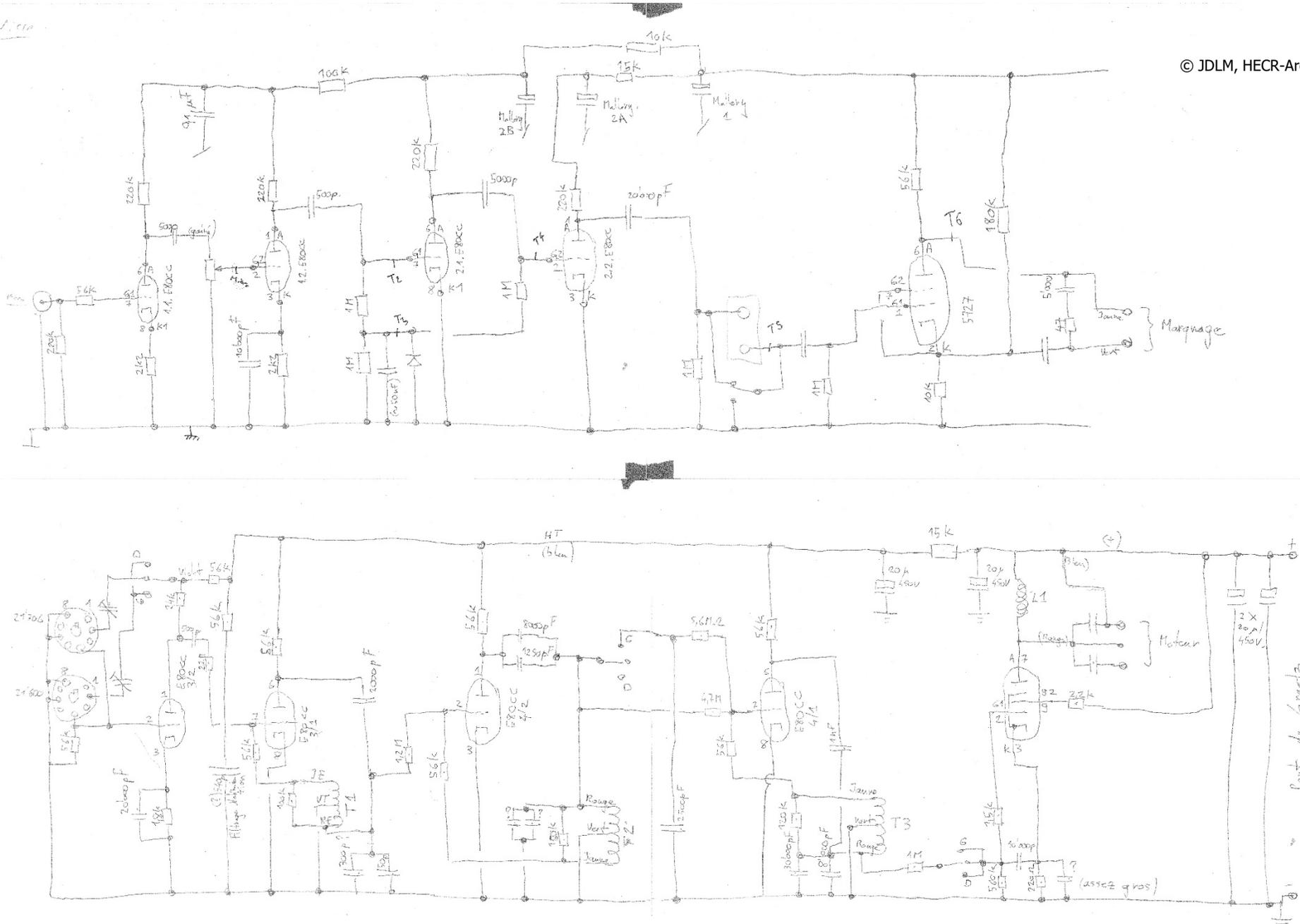


Schéma 11 : Réorganisation des deux parties pour en améliorer la lisibilité

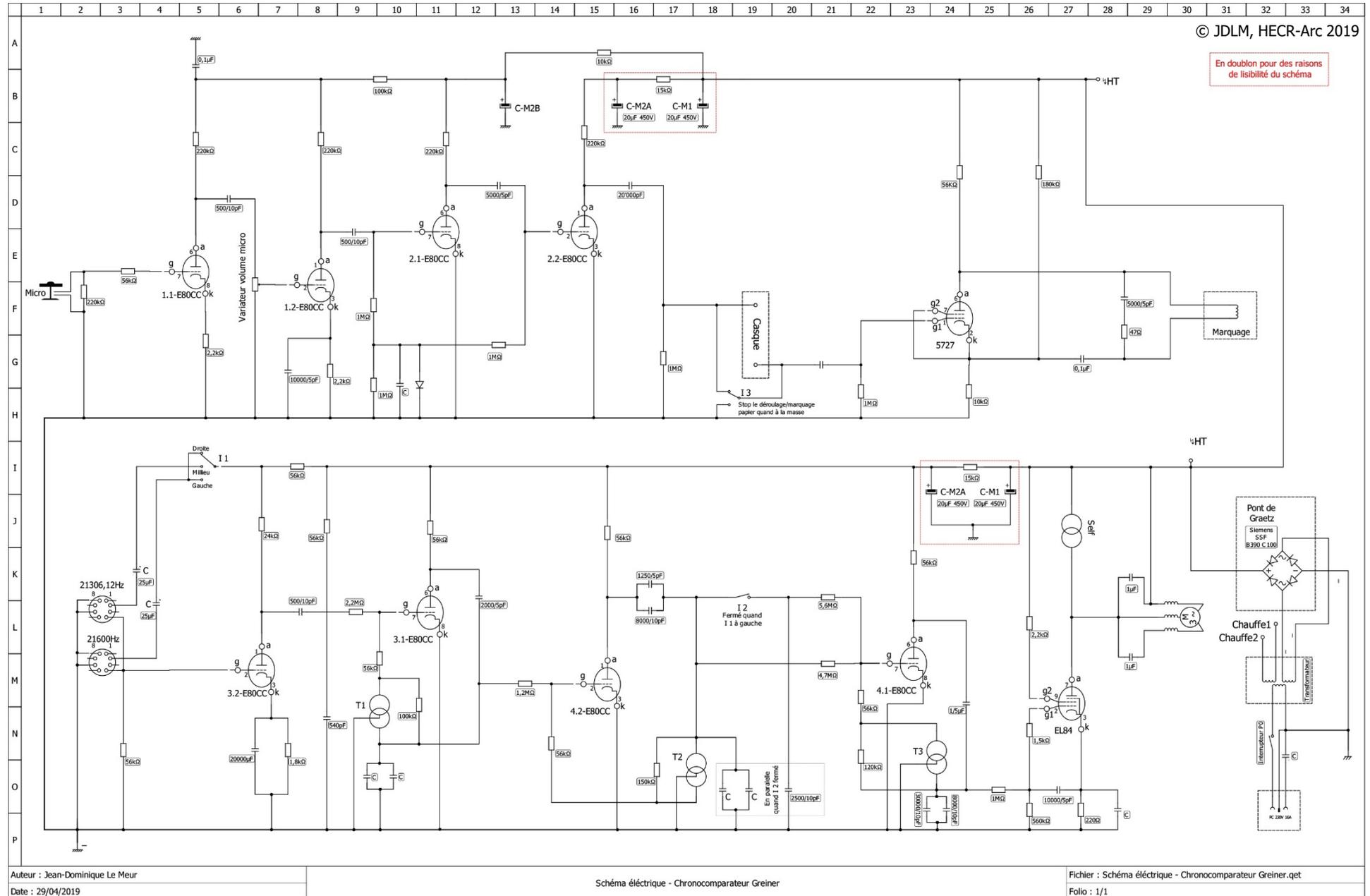


Schéma 12 : Version finale de notre schéma électrique

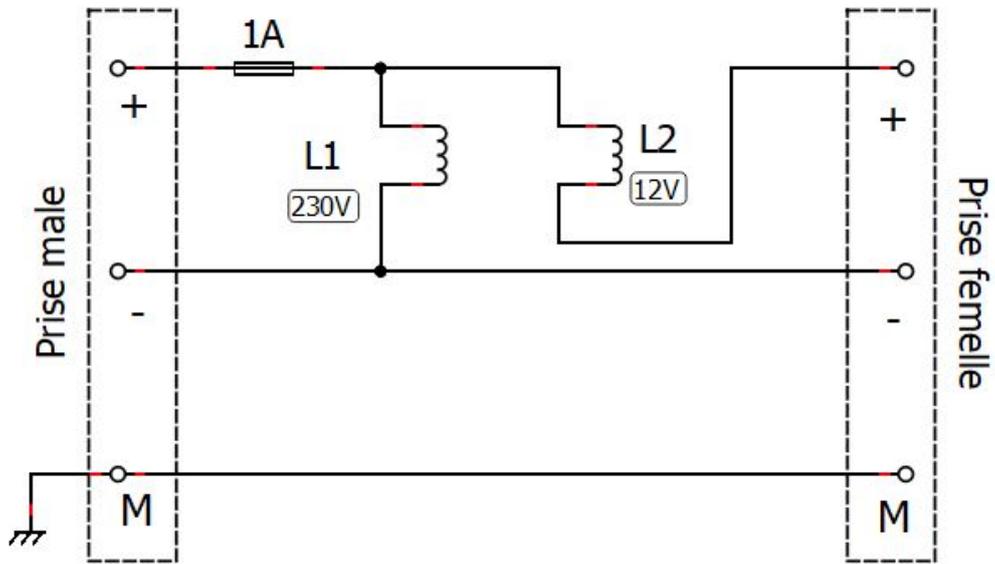
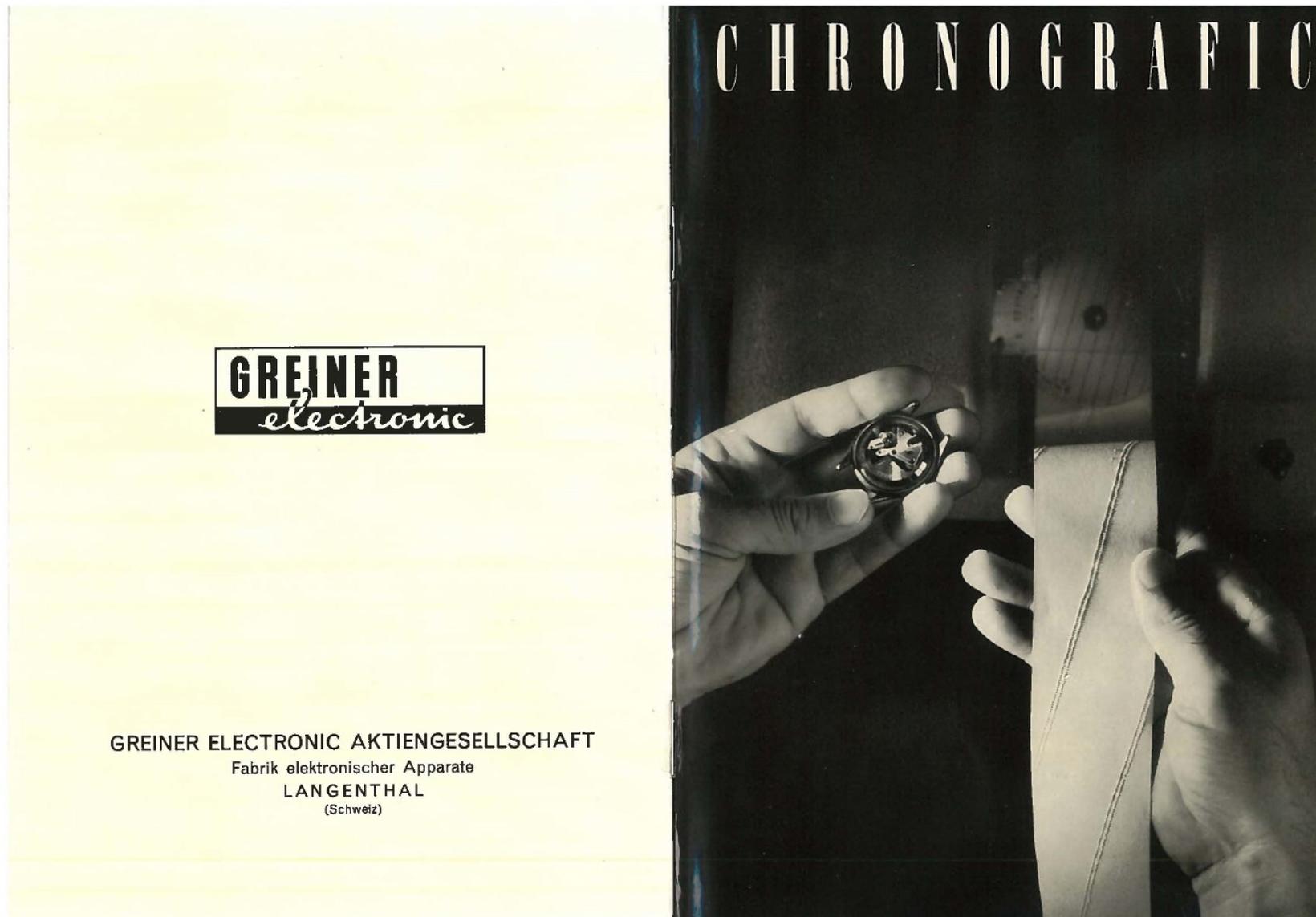


Schéma 13 : Schéma électrique de notre abaisseur de tension

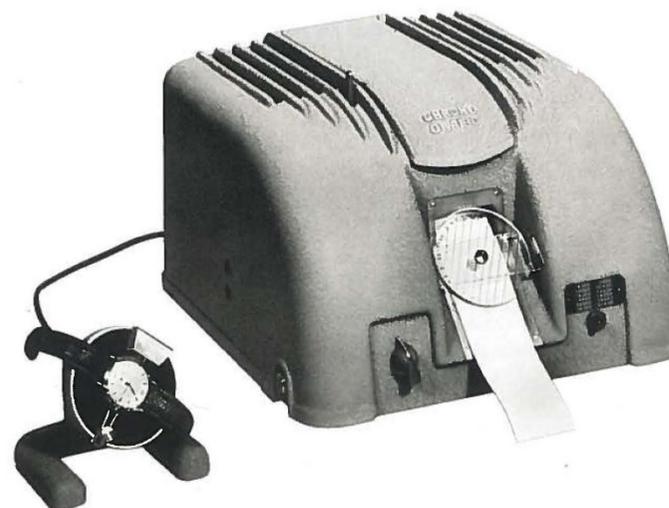
Documents

Document 1 : Mode d'emploi en langue allemande d'un Chronografic Greiner contemporain au notre (*© Greiner Electronic*)



CHRONOGRAFIC

Handbuch



GREINER ELECTRONIC AKTIENGESELLSCHAFT
LANGENTHAL/SCHWEIZ

ZUM GELEIT

Es ist unser Ziel, das Vertrauen das Sie durch Ihre Wahl bewiesen haben, durch größtmögliche Dienstleistung des CHRONOGRAFIC-Gerätes zu rechtfertigen.

Die Konstruktion vereint modernste wissenschaftliche Erkenntnisse mit einer fünfzehnjährigen Erfahrung auf diesem Spezialgebiete.

Um alle Vorteile, die das Gerät bieten kann, auszuschöpfen, ist es unerlässlich, sich eingehend damit vertraut zu machen. Diese Schrift will Ihnen hierzu Helfer und Wegweiser sein. Studieren Sie die folgenden Seiten sorgfältig! Sie enthalten alles was Sie über Handhabung, Wartung und Auswertung der Diagramme wissen müssen.

Sollten Sie vor Fragen stehen, die vorliegende Abhandlung unberücksichtigt läßt, so wenden Sie sich bitte an uns oder unsere Vertreter, wir werden uns stets bemühen, Ihnen zu helfen.

Die genialste Maschine kann den intelligenten Menschen nicht ersetzen, sie wird ihm aber helfen, Einblicke in Vorgänge zu gewinnen, die ihm sonst verborgen blieben.

GREINER ELECTRONIC AG.
Langenthal/Schweiz

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Das Gerät und seine Handhabung	
Wirkungsweise	7
Inbetriebsetzung	10
Zubehöerteile	13
Wartung	17
Betriebsstörungen	17
Ersatzteile	19
Garantie	19
II. Die Auswertung der Diagramme	
Allgemeines über die Schnellregulierung	20
Die Regelung der Verstärkung	21
Die Entstehung der Diagramme	25
Abfallfehler	25
Schwerpunktsfehler	28
Isochronismusfehler	29
Temperaturfehler	29
Abweichende Schwingungszahlen	31
Wie reguliere ich eine Uhr mit dem CHRONOGRAFIC?	37

WIRKUNGSWEISE

Das CHRONOGRAFIC vergleicht die Schläge der zu prüfenden Uhr mit der eingebauten Quarzuhr höchster Genauigkeit und Konstanz, durch Registrierung auf einem laufenden Papierband. Das Gerät besteht grundsätzlich aus vier Teilen, die in Abb. 1 schematisch dargestellt sind:

1. Normalfrequenzgeber, bestehend aus dem Quarzoszillator, dem Frequenzteiler und dem Kräftverstärker zum Antrieb des Synchronmotors in der Registriermaschine.
2. Prüfuhrteil, bestehend aus Mikrophon, Verstärker und Thyatronröhre zur Betätigung der Aufzeichnungsscheibe in der Registriermaschine.
3. Registriermaschine, bestehend aus Synchronmotor, Aufzeichnungsscheibe, Relais, Papierführung und Papiertransport.
4. Speisungsteil (in Abb. 1 weggelassen) bestehend aus Netztransformator, Gleichrichter und Siebkette. Dieser Teil liefert den einzelnen Aggregaten aus dem Netz die Ströme in der benötigten Art und Stärke.

Die Aufzeichnungsscheibe wird vom Synchronmotor mit einer, durch die Quarzsteuerung genau konstant gehaltenen Drehzahl von 5 pro Sekunde, angetrieben. Dies entspricht der klassischen Schlagzahl von 5 pro Sekunde oder 18 000 in der Stunde, welche über 99 % aller tragbaren Uhren aufweisen. Die Aufzeichnungsscheibe führt das in ihrer Mitte frei beweglich gelagerte Stachelrad mit 11 Aufzeichnungstacheln unten am Papierstreifen vorbei. Das Zentrum des Stachelrades wird vom Relais durch einen Stromstoß der Thyatronröhre so nach oben ausgelenkt, daß bei jedem Schlag der Prüfuhr ein Stachel einen Punkt von unten in dem Papierstreifen aufstößt.

Bei einer Prüfuhr, deren Gang mit der Quarzuhr des CHRONOGRAFIC übereinstimmt, wird also das Aufzeichnungsorgan genau eine Umdrehung zwischen zwei Schlägen ausführen und im Moment der nächsten Schlagaufzeichnung genau an der vorherigen Aufzeichnungsstelle angelangt sein. Da der Papiertransport den Streifen inzwischen aber etwas bewegt hat, entsteht ein zweiter Punkt genau über dem ersten und in der Folge bei den weiteren Schlägen eine Punktreihe in der Ablaufrichtung des Papiers, also parallel zum Papierrand.

Die Aufzeichnungsscheibe dreht entgegen dem Uhrzeigersinn, bezogen auf den Papierstreifen also von rechts nach links. Falls nun die Prüfuhr vorgeht, erfolgt die Aufzeichnung des Punktes jeweils schon bevor die Scheibe den Ort des vorherigen Schlages erreicht hat, wodurch sich eine Verschiebung des neuen Punktes gegenüber dem vorherigen nach rechts ergibt und in der Folge ein Abfließen der ganzen Punktreihe nach rechts. In gleicher Weise erfolgt bei nachgehender Prüfuhr die Aufzeichnung

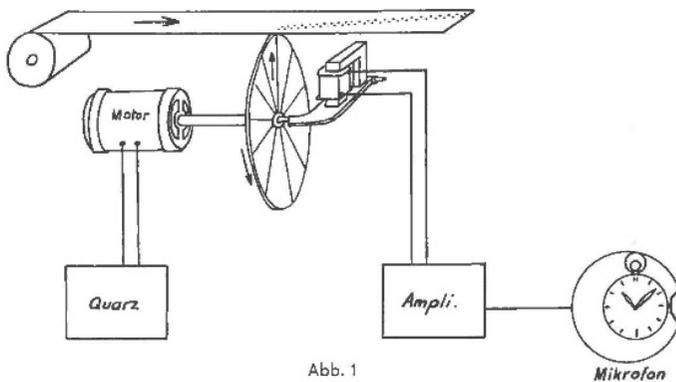


Abb. 1

jeweils erst etwas nach Erreichen des Ortes der vorhergehenden Aufzeichnung, wodurch sich ein Abfließen der Punktreihe nach links ergibt.

Eine große Gangabweichung ergibt eine große Querverschiebung pro Schlag und eine entsprechend starke Neigung der Punktreihe, die deshalb direkt als Maß für den Gang der Prüfuhr benützt wird.

Durch die getroffene Anordnung passieren pro Sekunde $5 \times 11 = 55$ Stacheln das Papier, somit können auch andere Uhrenschlagzahlen als 5, falls sie in 55 als Ganzes enthalten sind, geprüft werden, wie z. B. $2\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{2}$, $6\frac{1}{3}$ usw., wobei dann abwechslungsweise immer wieder ein anderer Stachel zur Aufzeichnung herangezogen wird. Durch Umschaltung der Teilverhältnisse im Frequenzteiler läßt sich die sekundliche Stachelzahl auf 54 bringen, wodurch noch weitere Schlagzahlen von 2, 3, $4\frac{1}{2}$, 6 usw. geprüft werden können. Werke, deren sekundliche Schlagzahl eine ganze Zahl und $\frac{1}{2}$ in der sekundlichen Stachelzahl enthalten

ist, lassen sich ebenfalls messen, es ergeben sich dann aber 2 Aufzeichnungsreihen auf die Distanz von 36 mm zwischen den Stacheln. In der Tat ist ein Stachel nach zwei Schlägen oder zwei Umdrehungen wieder am gleichen Ort angelangt, während jede weitere Aufzeichnung in der Mitte des Abstandes von zwei Stacheln liegt, wodurch sich die erwähnten 2 Punktreihen mit einer Distanz von 18 mm ergeben. Als Beispiele hierfür seien erwähnt $3\frac{1}{3}$, welche in 55 $16\frac{1}{2}$ mal enthalten sind, und 4, welche in 54 $13\frac{1}{2}$ mal enthalten sind. In gleicher Weise ergeben Werke, deren Schlagzahl pro Sekunde eine ganze Zahl und $\frac{1}{3}$ oder $\frac{2}{3}$ in der Stachelzahl pro Sekunde enthalten sind, 3 Aufzeichnungsreihen, bei einem Bruchteil von $\frac{1}{4}$ oder $\frac{3}{4}$ 4 Aufzeichnungsreihen usw.

Die Umfangsgeschwindigkeit des Aufzeichnungsorgans besitzt den hohen Wert von 2 Meter pro Sekunde. Ein Zeitunterschied von $\frac{1}{1000}$ -Sekunde erscheint also als Querverschiebung von 2 mm auf dem Registrierstreifen, was eine außergewöhnliche Präzision ergibt. Ein wesentlicher Vorzug des CHRONOGRAFIC besteht darin, daß die Aufzeichnung selbst unmittelbar sichtbar ist und daß dadurch die Ablesescheibe direkt über der Aufzeichnungsstelle angebracht werden konnte.

Die Ablesescheibe dient dazu, die Neigung der Aufzeichnung direkt in Resultaten pro 24 Stunden auszuwerten. Sie ist mit einer Reihe gleichlaufender Linien versehen, die durch Drehen der Scheibe mit der Aufzeichnung zur Deckung gebracht werden. Da die Scheibe einen gewissen Abstand von Papier einnimmt, kann durch entsprechenden schrägen Einblick stets Deckung einer Linie mit der Aufzeichnung erreicht werden, was eine sehr genaue und parallaxfreie Ablesung ergibt. Durch das Drehen wird die am Rande der Scheibe angebrachte Skala am feststehenden Markierungsstrich vorbeigeführt und die Resultate werden direkt darunter abgelesen. Die Zahlen für Vorgehen (+) sind rot, die für Nachgehen (—) schwarz gehalten. Von 0—90 handelt es sich um Sekunden, von 2—20 um Minuten pro 24 Stunden.

Abweichungen von mehr als etwa 20 Minuten werden vom CHRONOGRAFIC als einzigem Gerät ebenfalls angezeigt, bei direkter Beobachtung der Aufzeichnungsstelle scheint bei größerem Nachgehen die Aufzeichnung nach links zu laufen, bei größerem Vorgehen nach rechts.

Die Auswertung der Neigung kann auch ohne Ablesescheibe durch Messung geschehen. Dies kann in Frage kommen bei Streifen, die bereits von der Maschine weggenommen wurden oder für sehr genaue Messungen. Für je 100 mm Streifenlänge bedeutet eine Querverschiebung von einem Millimeter eine Abweichung von 1 Sekunde in 24 Stunden.

INBETRIEBSETZUNG

Nach sorgfältigem Auspacken und Kontrollieren aller Zubehörteile wird das Gehäuse durch Lösen der vier großen Schrauben abgehoben. Man prüfe sorgfältig, ob alle Röhren fest sitzen. Separat verpackte Quarze werden in die entsprechenden Sockel eingesetzt.

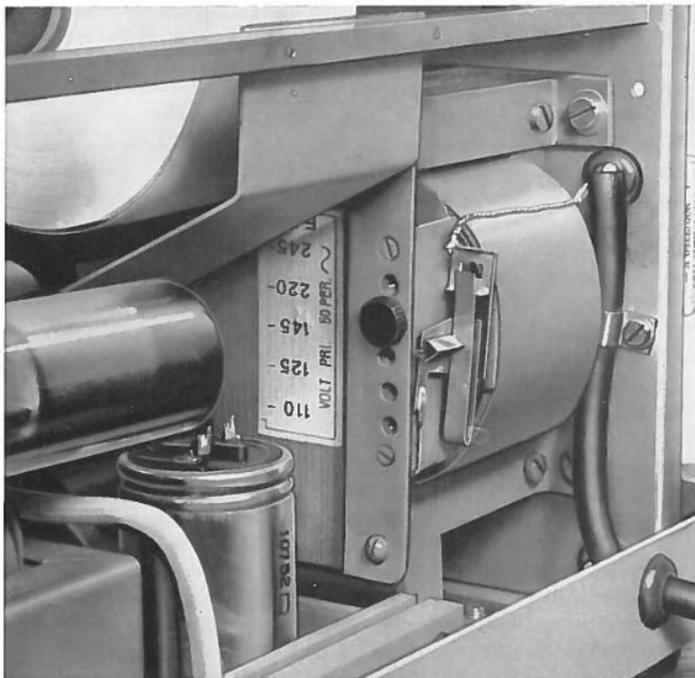


Abb. 2

Das Gerät ist für Netzspannungen von 110—125—145—220—245 Volt Wechselstrom, 40—60 Perioden, vorgesehen. Direkter Anschluß an Gleichstrom ist nicht möglich und hat Zerstörung zur Folge. Auf Wunsch ist ein Gerät für Gleichstromanschluß lieferbar. Die vorhandene Netzspannung wird, falls nicht bekannt, beim lokalen Elektrizitätswerk er-

fragt. Man vergewissere sich, daß die eingestellte Netzspannung ersichtlich an der Stellung der isolierten Schraube auf dem Netztransformator, mit der tatsächlich vorhandenen übereinstimmt. Siehe Abb. 2. Das Netzkabel des Gerätes enthält eine dritte gelbe Ader, die mit dem Gehäuse verbunden ist und aus Sicherheitsgründen geerdet werden soll. Man richte sich nach den Vorschriften der lokalen Elektrizitätsgesellschaft. Für die Funktion des Gerätes ist die Erdung indessen nicht notwendig und kann für provisorische Aufstellung weggelassen werden.

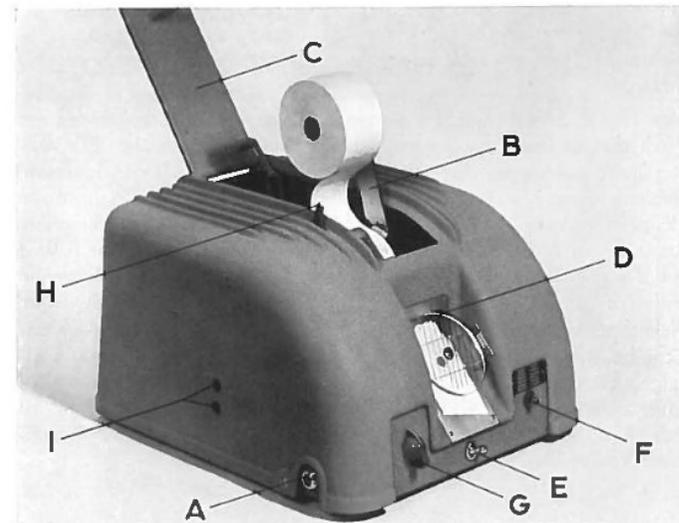


Abb. 3

Die Aufstellung erfolgt am besten auf einem festen Tisch in einem ruhigen Raume. Starke und harte Geräusche, wie Hämmern, Klopfen, Maschinenschreiben etc. sind in der Nähe des Gerätes während der Messung zu unterlassen, da sich sonst Streupunkte ergeben können. Man vermeide, das Mikrophon direkter Sonnenbestrahlung auszusetzen, da Temperaturen über etwa 45 ° C dasselbe beschädigen können. Das Mikrophon wird mittels der Überwurfmutter auf den Stützen A, links am Gerät, aufgeschraubt, bis sich das konische Stück nicht mehr drehen läßt.

Bei aufgesetztem Gehäuse läßt sich der Papierrollenhalter B bei geöffneter Klappe C herausdrehen. Siehe Abb.3. Das Papierende wird mit einer Schere in stumpfem Winkel angeschnitten und oben an der Maschine in die Papierführung eingeführt bis es zum vorderen Gehäuseausschnitt D herauskommt.

Das Gerät wird nun mittels des Netzkabels mit einer Steckdose verbunden. Diese soll sich in einwandfreiem Zustand befinden und nicht etwa zu Funken und Unterbrüchen Anlaß geben.

Mit dem Schalter E wird das Gerät unter Strom gesetzt, wobei sofort die Beleuchtung des Registrierstreifens anzeigt, daß das Gerät in Betrieb steht. Nach etwa 40 Sekunden wird sich der Motor in Bewegung setzen.

Eine Uhr wird im Mikrophon eingespannt, so daß die Schale oder das Werk den senkrechten, gummigelagerten Stift direkt berührt. Die Aufzugskrone soll gegen die gefedert geführte Gabel zu liegen kommen. Größere Uhren wie Wecker, Schreibtisch- und Wanduhren, Schaltuhren etc. prüft man vorteilhaft mit dem auf Wunsch lieferbaren Tastmikrophon, das z. B. am Aufzugschlüssel angeklemt wird. Der Umschalter F wird auf die gewünschte Schwingungszahl der Uhr gestellt. Die Stellungen umfassen ganze Gruppen von Schwingungszahlen, die alle ohne weitere Maßnahme geprüft werden können. Falls die Schwingungszahl einer Uhr nicht bekannt ist, versuche man nacheinander die verschiedenen Stellungen bis eine richtige Aufzeichnung erfolgt. Falls dies nicht zum Ziel führt, ziehe man den Abschnitt „Abweichende Schwingungszahlen“ zu Rate. Die einfache Umschaltung der Schwingungszahlen ist ein besonderer Vorzug des CHRONOGRAFIC.

Durch Nachvornelegen des Hebels H wird der Papiertransport eingeschaltet und gleichzeitig der Schreiber in Tätigkeit gesetzt. Der Verstärkungsregler G wird nun langsam aufgedreht bis eine Aufzeichnung erfolgt. Über die Bedienung der Verstärkerregelung und die Auswertung der Diagramme siehe den zweiten Abschnitt. Will man die Messung kurzzeitig unterbrechen, z. B. um eine andere Lage zu prüfen oder die Uhr zu wechseln, so lege man den Hebel H nach hinten, was den Papiertransport und den Schreiber ausschaltet. In dieser hinteren Stellung kann an die Buchsen I der mitgelieferte Telephonhörer angeschlossen werden, um die Tick-Geräusche abzuhören und eventuelle Fehler, wie Streifen und Reibungen, festzustellen. Bei Einschalten der Schreibvorrichtung durch Nachvornelegen des Hebels H, wird der Hörer abgeschaltet.

ZUBEHÖRTEILE

Drehbares Standmikrophon. Dieses als Standard Mikrophon mit jedem CHRONOGRAFIC gelieferte Gerät, gestattet das Einspannen aller Taschen- und Armbanduhren sowie deren Werke. Nach Lösen der Korndelschraube auf dem Schieber läßt sich die Klemmgabel für alle Größen einstellen. Durch einfaches Drehen des Mikrophonkörpers können die Uhren in alle Lagen gebracht werden. Das Mikrophon ist völlig frei von jeglichem Magnetismus, da es auf dem piezo-elektrischen Prinzip beruht und ein Seignette Kristall enthält. Der normale Temperaturbereich liegt zwischen etwa 0 und 40° C. Höhere Temperaturen als etwa 45° C führen zur Zerstörung des Kristalles, weshalb direkte Sonnenbestrahlung, Belassen in geschlossenen, der Sonne ausgesetzten Autos etc. zu vermeiden ist.

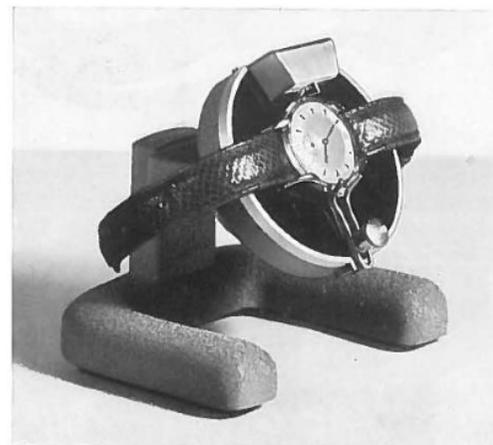


Abb. 4

Das CHRONOGRAFIC-Mikrophon besitzt eine außerordentlich hohe, abgegebene Spannung, weshalb alle Geräusche, selbst aus Uhren mit sehr massiver Schale oder aller kleinsten Stücken, einwandfrei registriert werden, ohne daß das Werk herausgenommen werden muß. Die gleiche wertvolle Eigenschaft sichert auch eine weitgehende Unempfindlichkeit

des CHRONOGRAFIC gegenüber äußeren elektrischen Störungen wie Straßenbahnen, Büromaschinen etc.

Tast-Mikrofon. Dieses als Zubehör erhältliche Mikrofon besitzt die gleichen günstigen Eigenschaften wie das Standmikrofon und ist unentbehrlich für die Prüfung von Weckern, Tischuhren, Wanduhren, Schalt-

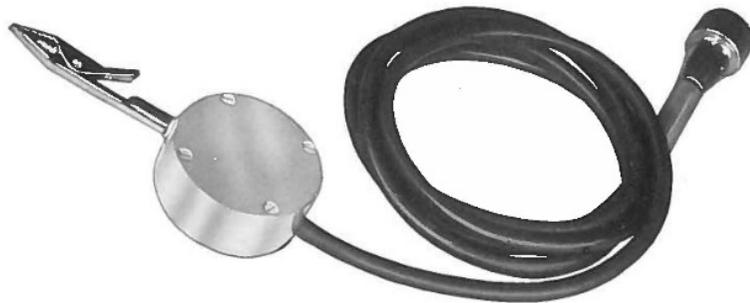


Abb. 5

uhren und dergleichen. Es ist mit einem Schraubanschluß ausgerüstet, der auf den Mikrofonstutzen des CHRONOGRAFIC paßt und dort an Stelle des Standmikrophones angeschlossen wird. Die gefederte Klemme kann an irgend einem Teil des Werkes, vorzugsweise in der Nähe der Hemmung, z. B. an Füßchen oder am Aufzugschlüssel usw., befestigt werden.

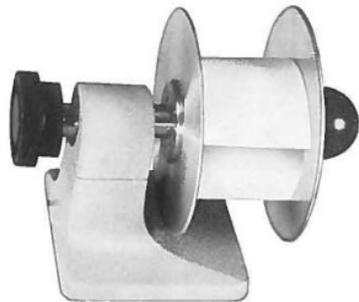


Abb. 6

Papieraufroller (Abb. 6). Dieses praktische Zusatzgerät gestattet, das vom Gerät ablaufende Papierband wieder aufzurollen und so mehrmals zu verwenden. Eine besondere Glättungsvorrichtung vermischt die vorherige Aufzeichnung, so daß die neue Perforation eindeutig neben der alten sichtbar wird. Das Gerät ist für das Aufschauben auf dem Werk Tisch vorgesehen.

Automatischer Netzspannungs-Stabilisator. In Verteilnetzen mit großen Spannungsschwankungen empfiehlt sich die Zwischenschaltung eines Spannungsreglers. Das hier gezeigte Gerät funktioniert vollautomatisch, ohne jede Bedienung und hält die Spannung innerhalb enger Grenzen konstant, selbst bei Schwankungen der Netzspannung von -30 bis $+20\%$. Der automatische Regler ist den bisher üblichen, handbedienten Reglern mit Stufentransformator und Meßinstrument stark überlegen, da die Erfahrung zeigt, daß die Handregler selten richtig bedient werden und daher eher Schaden stiften.



Abb. 7

Der automatische Regler gestattet den Anschluß von zwei CHRONOGRAFIC-Geräten oder eines CHRONOGRAFIC und eines weiteren Verbrauchers mit einer Leistungsaufnahme von ca. 100 VA. Die stabilisierte Spannung wirkt sich insbesondere auch günstig auf die Lebensdauer der Röhren in den Geräten aus.

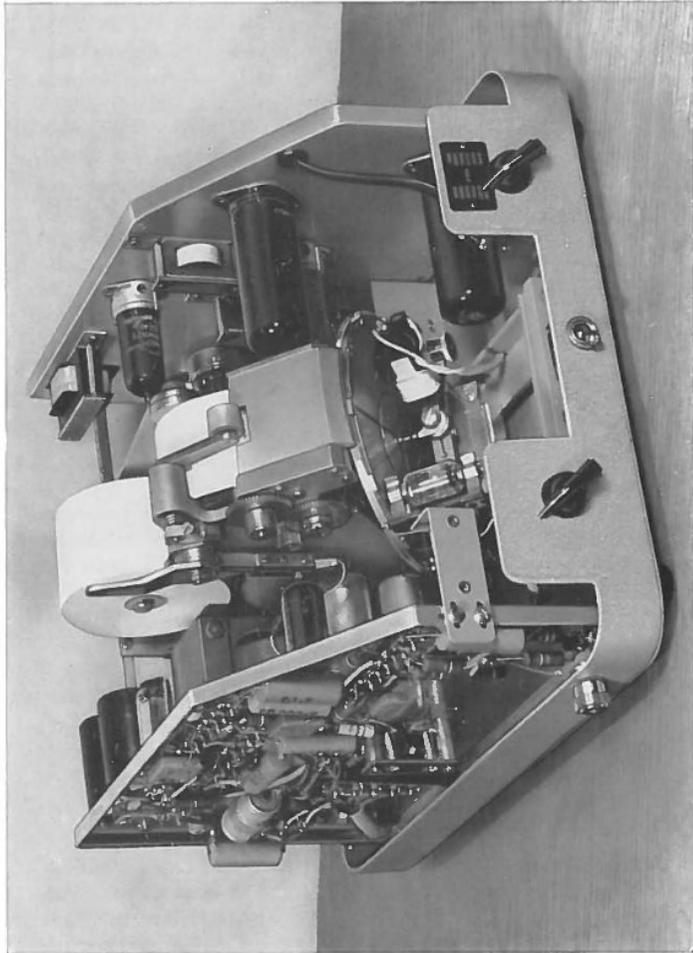


Abb. 8

WARTUNG

Die Konstruktion des CHRONOGRAFIC ist so getroffen, daß nur ein minimaler Unterhalt erforderlich ist.

Der Synchronmotor und die Aufzeichnungsscheibe besitzen vollständig geschlossene Kugellager mit Dauerschmierung. Sämtliche Zahnräder sollen nicht geschmiert werden, ebensowenig die aus gehärtetem Stahl bestehende Schnecke.

Zu jedem Gerät wird ein Ölgebeß geliefert, gefüllt mit dem Spezialöl „Teresso V 63“, welches ausschließlich verwendet werden darf.

Je nach Gebrauch gebe man monatlich oder in größeren Abständen je einen Tropfen auf die drei rot markierten Stellen der Maschine; nämlich: hinteres Lager der Achse der Aufzeichnungsscheibe, Zahnräderzwischenwelle und Welle der Transportrolle für den Papierstreifen. Sollte nach längerer Gebrauchsdauer die Aufzeichnung zu schwach werden, so kann die Einstichtiefe der Stacheln wie folgt nachreguliert werden: Nach Abnehmen des Gehäuses sieht man direkt unter der Aufzeichnungsscheibe eine Brücke, welche rechts das Relais trägt und links mit einer roten Schraube versehen ist. Siehe Abb. 8. Eine ganz geringe Drehung dieser Schraube gegen den Uhrzeigersinn läßt die Aufzeichnung wieder stärker hervortreten. Diese Korrektur muß bei aufzeichnender Maschine und sehr vorsichtig vorgenommen werden, um eine Beschädigung der Stacheln zu vermeiden. Man übertreibe die Einstichtiefe nicht, da sonst die Stacheln zu sehr beansprucht werden und brechen könnten.

BETRIEBSSTÖRUNGEN

Der Apparat erhält keinen Strom:

Man vergewissere sich mit einer Tischlampe, ob an der Steckdose Strom vorhanden ist. Sodann kontrolliere man das Netzkabel des Gerätes und nach Abheben des Gehäuses die Thermosicherung auf dem Netztransformator. Abb. 2 zeigt dieselbe im normalen Betriebszustand. Ist letztere ausgelöst, so muß ein Defekt im Speisungsteil vorliegen.

Der Motor dreht, aber es gibt keine Aufzeichnung:

a) **Das Ticken ist im Hörer nicht hörbar:**

Mikrophon abschrauben und mit dem Finger den Kontakt be-

rühren. Ist nun ein starkes Geräusch zu hören, so ist der Verstärker in Ordnung, jedoch das Mikrophon defekt.

Ist trotz vollaufgedrehtem Verstärkungsregler kein Geräusch zu hören, ersetze man die Röhre E 80 CC, A oder B. Siehe den Röhrenplan Abb. 9.

- b) Das Ticken ist normal hörbar:
Röhre PL 21 (2D 21) ersetzen.

Der Motor dreht, die Aufzeichnung erfolgt im Takt der Uhr, aber die Punkte sind unregelmäßig zerstreut:

Röhren E 80 CC, C oder D, ersetzen.

Der Motor dreht nicht, die Aufzeichnung erfolgt:

Röhre E 80 CC D oder die Röhre EL 84 ist zu ersetzen.

Der Motor dreht zu langsam oder ruckweise, die Aufzeichnung erfolgt:

Die Röhre EL 84 ersetzen.

Falls durch vorstehende Maßnahmen ein allfälliger Defekt nicht behoben werden kann, wende man sich an die Fabrik oder den nächsten Vertreter. Ein qualifizierter Radiofachmann ist allenfalls in der Lage, Fehler im Verstärker oder Speisungsteil zu beheben. Fehler im Normalfrequenzteil erfordern jedoch Spezialkenntnisse und Meßinstrumente, über welche nur die Fabrik oder ihre offiziellen Kundendienststellen verfügen.

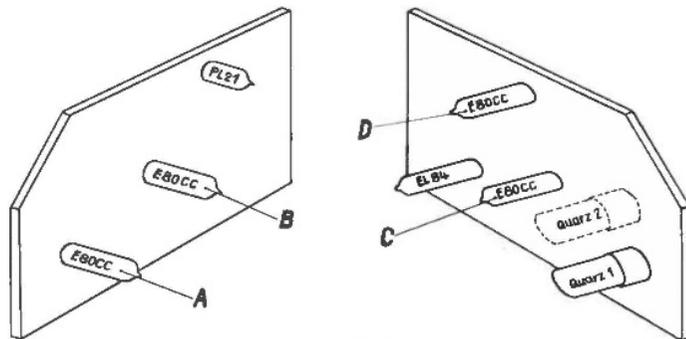


Abb. 9

ERSATZTEILE

Folgende Teile können von der Fabrik oder ihren Vertretern bezogen werden:

- Papierrollen in Packungen zu 10 Stück
- Beleuchtungslampe Soffitte 6 Volt/ 10 Watt
- Verstärkerröhre E 80 CC
- Thyratron PL 21 (Amerika Aequivalent 2D21)
- Endröhre EL 84
- Thermosicherung
- Telephon-Hörer
- Drehbares Standmikrophon
- Tastmikrophon zum Anklemmen
- Ablesescheibe komplett mit Montierung
- Mikrophonkabel
- Ölgeber mit Spezialöl Teresso V 63

GARANTIE

Jedes CHRONOGRAFIC wird, neben den zahllosen Einzelteilprüfungen während der Fabrikation, einer strengen Schlußprüfung unterzogen, bevor es zum Versand freigegeben wird. Falls es im Laufe der Zeit nicht mehr richtig arbeiten sollte, ziehe man den Abschnitt „Betriebsstörungen“ zu Rate, der in den meisten Fällen eine Behebung des Fehlers ermöglichen wird.

Für die Dauer eines Jahres nach erfolgter Lieferung, ersetzen oder reparieren wir kostenlos jeden Teil des Gerätes, der einen von uns festgestellten Material- oder Fabrikationsfehler aufweist. Die Röhren stehen nur während sechs Monaten unter Garantie. Die Inanspruchnahme der Garantie setzt voraus, daß das Gerät oder der defekte Teil der Fabrik oder einer unserer offiziellen Kundendienststellen angeliefert wird. Entstehende Transportkosten gehen zu Lasten des Eigentümers.

Unsachgemäße Behandlung, Eingriffe in das Gerät durch unberechtigte Dritte, Weiterverkauf entbinden uns von der Garantieverpflichtung.

In der Schweiz und in allen Ländern mit offiziellen Vertretern bestehen bestens ausgerüstete Kundendienststellen mit Ersatzteillagern, die Ihnen bei Ausfällen zur Verfügung stehen. Wenden sie sich für deren Nachweis an Ihren Lieferanten oder direkt an uns.

ALLGEMEINES ÜBER DIE SCHNELLREGULIERUNG

Um von einem Schnellreguliergerät, wie es das CHRONOGRAFIC darstellt, einen sinnvollen Gebrauch zu machen, muß man sich einige Tatsachen vergegenwärtigen, die die Grenzen der Methode bestimmen. Nach bisher üblicher Methode wird der Gang einer Uhr dadurch bestimmt, daß man ihren Stand in Intervallen von 24 Stunden mit einer Normalzeit vergleicht. Demgegenüber mißt das CHRONOGRAFIC die Uhr nur während einer sehr kurzen Zeit und die Auswertung erfolgt durch Extrapolation über 24 Stunden. Diese Angabe stimmt also nur unter der Voraussetzung, daß die Uhr tatsächlich während 24 Stunden unverändert so geht, wie im Moment der Aufzeichnung. Dies tun die Uhren jedoch umsoweniger, je schlechter ihre Qualität ist. Die Gründe hierfür liegen im Isochronismusfehler der Gangregler, die somit durch Abnahme der Zugfederspannung während des Ablaufes, Ungleichmäßigkeiten in der Kraftübertragung usw., in der Frequenz beeinflusst werden. Prellen ist eine weitere oft verborgene Fehlerquelle. Der Einfluß der Zugfederspannung läßt sich weitgehend reduzieren, indem man die Uhr zu einem Zeitpunkt ihres Federablaufes prüft, der der mittleren Federspannung entspricht.

Man halte sich an folgende Regeln:

Man messe eine Uhr, nachdem sie mindestens 2, aber nicht mehr als 14 Stunden vom Vollaufzug aus, abgelaufen ist.

Eine Uhr, bei der ein bestimmter Aufzugsstand schnell durch Abspannen oder nicht ganz Aufziehen der Feder hergestellt wird, kann einen anderen Gang zeigen, als wenn derselbe Stand durch normalen Ablauf vom Vollaufzug aus erreicht worden wäre. Der Grund liegt in einer möglicherweise ganz anderen Lage der Feder im Federhaus. In solchen Fällen lasse man die Uhr mindestens eine Stunde ablaufen, damit die Feder wieder eine normale Lage einnehmen kann.

Eine Messung bei einer Uhr, die ganz aufgezogen oder ganz abgelaufen ist, wird meistens zu erheblichen Fehlern führen. Eine Ausnahme bilden die automatischen Uhren, die bei Vollaufzug gemessen werden sollen, da dies ja ihrem normalen Arbeitsbereich entspricht. Bei Messung von vollaufgezogenen, automatischen Uhren in den senkrechten Lagen, vergewissere man sich, daß das Aufzugsgewicht nicht noch zusätzlich zur Federspannung wirkt, da hierdurch eine beträchtliche Gangabweichung hervorgerufen werden kann.

Eine Uhr, die längere Zeit unaufgezogen am Lager war, soll zuerst 24 Stunden laufen gelassen werden, um sich zu stabilisieren und das Öl wieder gleichmäßig in den Lagern zu verteilen.

Im Gegensatz zum Vorhergesagten, zeigt das CHRONOGRAFIC Gangdifferenzen, wie z. B. in verschiedenen Lagen oder Temperaturen unter allen Bedingungen richtig an. Ebenso kann, wenn der tatsächliche Gang in 24 Stunden bekannt ist, jederzeit diese Differenz ausreguliert werden. Eine Uhr geht z. B. nach Zeitzeichen 34 Sek. nach. Bei der Messung auf dem CHRONOGRAFIC zeigt sich jedoch nur ein Nachgehen von 10 Sekunden. Wenn man nun die Uhr auf dem CHRONOGRAFIC auf 24 Sekunden Vorgehen reguliert, so darf man sicher sein, die richtige Korrektur angebracht zu haben.

Trotz den erwähnten Einschränkungen wird der mit dem Gerät vertraute Fachmann aber bei jedem Aufzugstand einer Uhr sofort einen Überblick über ihre Qualität gewinnen.

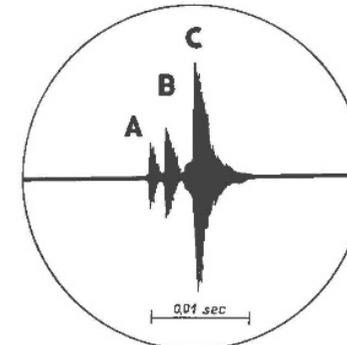


Abb. 10

DIE REGELUNG DER VERSTÄRKUNG

Zur Betätigung des CHRONOGRAFIC werden die Schläge der Uhren von einem Mikrophon abgenommen. Die von diesem erzeugten elektrischen Ströme werden über einen Verstärker einer Thyatron genannten Röhre zugeführt. Sie besitzt infolge ihrer Gasfüllung die Eigenschaft, bei einer bestimmten gleichbleibenden Signal-Steuerspannung plötzlich

leitend zu werden und über ein Relais die Aufzeichnung eines Punktes auf dem Papier zu bewirken. Hat einmal eine Aufzeichnung stattgefunden, so bleibt die Anordnung für alle folgenden Signale, ohne Rücksicht auf ihre Größe, für ca. 0,15 Sekunden gesperrt.

Da die Stärke der Schläge aus verschiedenen Uhren sehr große Unterschiede aufweisen, ist ein Verstärkungsregler vorgesehen, dessen richtige Bedienung von grundlegender Bedeutung ist. Außerdem gestattet die Regelung eine Auswahl der zu registrierenden Phänomene.

Das Tick-Tack-Geräusch einer Uhr ist in der Tat nicht ein Schlag von unendlich kurzer Dauer, sondern ein getreues Abbild des dynamischen Hemmungsablaufes in Funktion der Zeit. Die Abb. 10 zeigt schematisch diesen Verlauf, wie er auf dem Schirm eines Kathodenstrahloszillographen sichtbar wird. Darin bedeutet A die Auslösung durch Berühren der Ellipse an der Gabel. B Impuls durch Reiben der Hebesteine auf dem Ankerzahnrad. C Fall des Ankerrades. Im allgemeinen ist das Geräusch A das schwächste, C das stärkste. Von einem Schlag zum anderen können große Unterschiede auftreten. Die ganze zeitliche Dauer ist bei guten Ankeruhren etwa 0,01 Sekunden, kann aber bei Stiftankeruhren bis auf 0,05 Sekunden ansteigen.

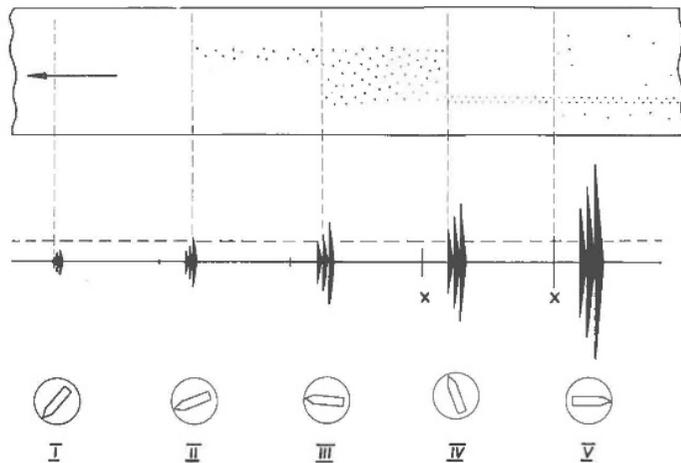


Fig. 11

Die Abb. 11 veranschaulicht schematisch, was bei langsamem Aufdrehen des Verstärkungsreglers vor sich geht. In der untersten Reihe sind die verschiedenen Stellungen des Regelknopfes dargestellt, in der Mitte die entsprechend verstärkten Geräusche der Uhr, wobei die gestrichelte Linie die Ansprechgrenze des Thyratrons angibt und oben die erhaltenen Aufzeichnungen auf dem Papierband.

- I. Das Signal ist noch so klein, daß die Ansprechgrenze des Thyratrons noch nicht erreicht wird; es findet noch keine Aufzeichnung statt.
- II. Die höchsten Spitzen des Signals, also das Geräusch C in Abb. 10 erreicht die Ansprechgrenze. Die zeitliche Folge der abfallenden Ankerradzähne wird aufgezeichnet. Fehler in der Teilung, der Zahnform, Exzentrizität usw. werden sichtbar.
- III. Das Geräusch A (Abb. 10) erreicht die Ansprechgrenze gerade knapp. Da dieses Geräusch zeitlich vor dem Fallgeräusch C erscheint, findet eine charakteristische Rechtsverschiebung des Diagrammes statt. Infolge kleiner Höhenunterschiede des Signals A, wird bald ein Signal A, bald ein Signal C aufgezeichnet, so daß die Punkte über eine gewisse Strecke streuen.
- IV. Das Signal A ist genügend hoch, um allein zur Anzeige zu gelangen. Da es direkt vom Gangregler selbst erzeugt wird, ist es das präziseste und wird für alle Regulierarbeiten ausschließlich verwendet. Dieses ist die richtige Einstellung für alle Messungen.
- V. Die Verstärkung ist unnötig hoch getrieben, so daß Nebengeräusche aus der Uhr oder aus dem Aufstellungsraum die Ansprechgrenze erreichen und Streupunkte erzeugen. Ein Nebengeräusch ist in der Abb. 11 schematisch durch den Strich X angedeutet.

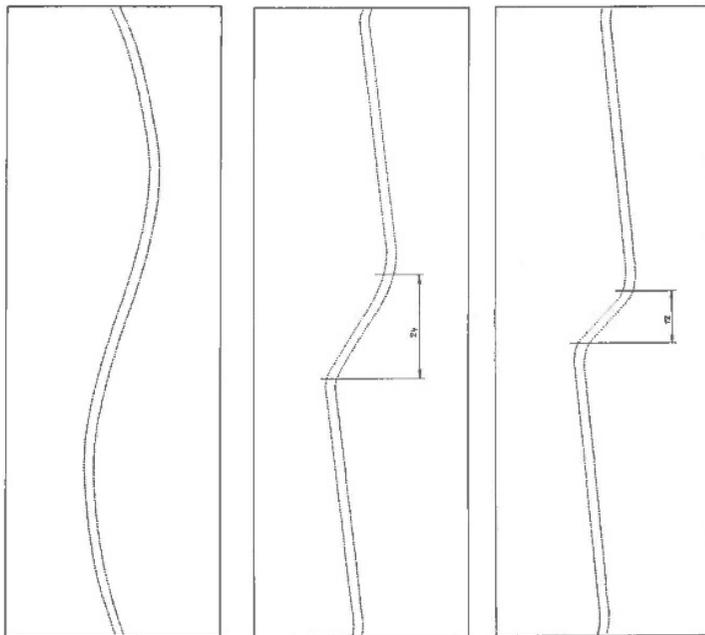
Als Regel für allgemeine Zwecke gilt also: Langsames Aufdrehen des Verstärkungsreglers, bis nach der charakteristischen Rechtsverschiebung des Diagrammes eine präzise Punktreihe entsteht. Liegt hierbei die erste Aufzeichnung zufällig am rechten Papierrand, so springt sie durch die Rechtsverschiebung auf den linken Papierrand über.

Das bisher gesagte gilt für alle Anker-, Stiftanker- und Roskopfhren.

Bei Zylinderuhren zeigt der Schlag nur ein Hauptgeräusch, hervorgerufen durch den Fall des Zylinderrandes auf die Innen- oder Außenfläche des Zylinders, begleitet von meist sehr starken Reibungsgeräuschen des

Zahnes auf dem Zylinder. Die Verstärkung für solche Uhren ist daher nur gerade soweit aufzudrehen, daß eben eine Aufzeichnung jedes Schläges erreicht wird. Diagramme von Zylinderuhren sind immer verhältnismäßig verstreut, da das Schlaggeräusch nicht vom Gangregler direkt, sondern vom Zylinderrad herrührt und alle Ungenauigkeiten desselben aufweist.

Gleich wie Zylinderuhren verhalten sich auch Pendeluhren, deren Schläge vorteilhaft mit dem Tasmikrophon an der Werkplatine abgenommen werden. Insbesondere Werke mit langsamer Periode und geringen Pendelausschlägen zeigen oft starke Streuungen, die eine Ablesung sehr erschweren.



Rad exzentrisch

Fehler am Pignon

Fehler an einem Radzahn

Abb. 12 Fehler am Sekundenrad schematisch

DIE ENTSTEHUNG DER DIAGRAMME

Es kann nicht der Zweck dieser Ausführungen sein, einen Lehrgang der Uhrenreparatur und Regulierung zu geben. Wohl kann eine ungelernete Kraft ohne weiteres das Gerät bedienen und die Resultate von Uhren registrieren; die vollständige Ausnützung aller Möglichkeiten des CHRONOGRAFIC ist jedoch dem Fachmann vorbehalten. Die folgenden Zeilen setzen daher die Kenntnisse voraus, die von einem gelernten Uhrmacher erwartet werden dürfen. Sie ergänzen diese insofern, als man durch sinnvolle Auswertung der Ergebnisse zu neuen, genaueren und rascheren Arbeitsmethoden gelangt.

Zum Verständnis der Diagramme muß man sich deren Entstehung vor Augen halten, wie dies im Abschnitt „Wirkungsweise“ eingehend erläutert wurde. In der Längsrichtung wird der Papierstreifen mit großer Genauigkeit um 144 mm pro Minute oder 2,4 mm pro Sekunde fortbewegt. Die Länge der Aufzeichnung ist also ein genauer Maßstab, um die Zeit zu bestimmen, die zwischen periodischen Erscheinungen des Diagrammes liegt. Beträgt ein solcher Abstand z. B. immer 14,4 mm, so ergibt das $14,4 : 2,4 = 6$ Sekunden und muß von einem Organ herrühren, das diese Umlaufzeit besitzt, also vom Ankerrad (Abb. 16). In analoger Weise deutet ein Abstand von 144 mm = 1 Minute auf das Sekundenrad. Die Dauer einer Anomalie läßt darauf schließen, ob es sich um ein exzentrisches Rad (langgezogene Kurve), einen Fehler am Pignon (Dauer der Störung etwa 10 Sek.) oder an einem Radzahn (Dauer der Störung etwa 5 Sek.) handelt. Die Abb. 12 verdeutlicht diese Verhältnisse schematisch.

Die Querverschiebung der Punkte gibt die Größe der Abweichung der Schläge gegenüber der Quarz-Normalzeit. Eine Verschiebung von 2 mm entspricht $\frac{1}{1000}$ Sekunde direkter Differenz.

Auf den Seiten 26/27 sind einige typische Diagramme schematisch dargestellt.

ABFALLFEHLER

Wohl eine der augenfälligsten Erscheinungen beim Betrachten eines Diagrammes, ist die Zweispurigkeit der Aufzeichnung, hervorgerufen durch Ungenauigkeiten in der Zentrierung der Hemmung. Infolge der guten Sichtbarkeit, wird dieser Erscheinung oft eine übertriebene Bedeutung beigemessen. Viel wichtiger als die Existenz dieses Schönheitsfehlers an sich ist die Möglichkeit, aus seiner Veränderung auf Ände-

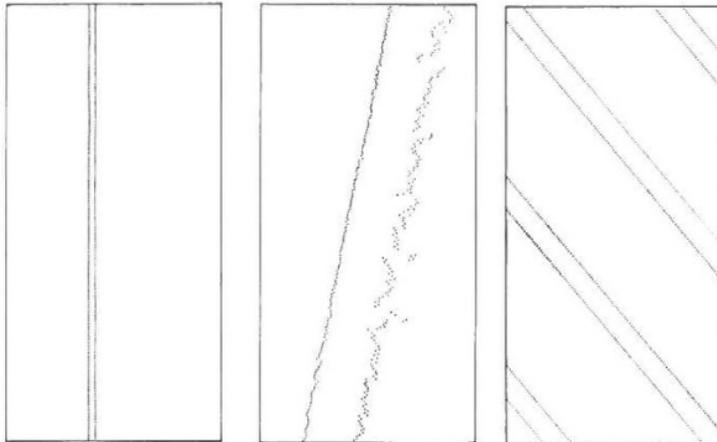


Abb. 13

Perfektes Werk



Abb. 14

Vorgehen 30 Sek.
Zentrierungsfehler
Eine Ankerklaue defekt

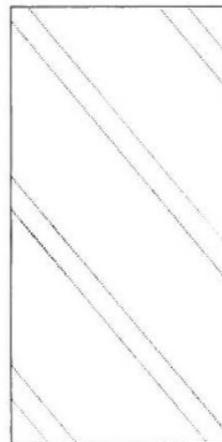


Abb. 15

Nachgehen 90 Sek.
Zentrierungsfehler
kann noch toleriert
werden

nung der Schwingungsweite der Unruhe zu schließen. In der Tat ist die relative Größe des Zentrierungsfehlers der Geschwindigkeit der Unruhe im Moment der Auslösung und somit der Amplitude, direkt proportional. Wie wertvoll diese Methode ist, braucht kaum hervorgehoben zu werden, steht doch die Amplitudenvariation am Anfang der meisten Reglagefehler. Gerade das CHRONOGRAFIC mit seiner äußerst präzisen und gestochen scharfen Aufzeichnung, gestattet bequem, auch kleine Veränderungen zu messen. Abbildung 19 zeigt schematisch ein Beispiel: In flacher Lage beträgt der Abstand der beiden Aufzeichnungen 6 mm, in senkrechter Lage dagegen 7 mm, die Amplitude hat also durch die Lagenveränderung um einen Sechstel abgenommen. Oft ist es wünschenswert zu wissen, ob die rechte oder die linke Aufzeichnung der Eingangsklaue bzw. der Ausgangsklaue des Ankers ent-

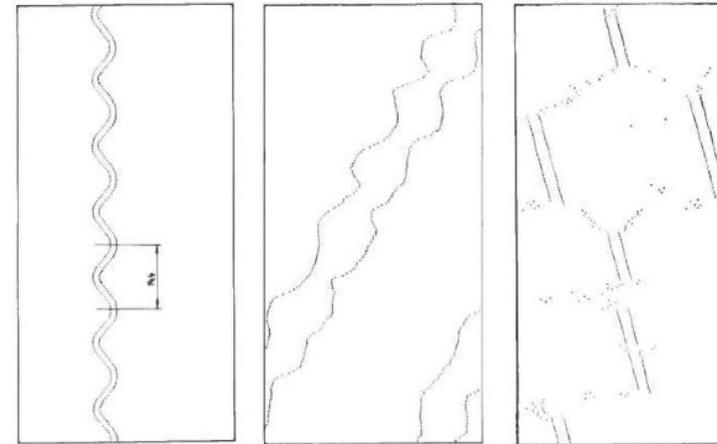


Abb. 16

Unrundes Ankerrad

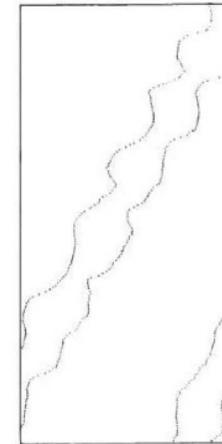


Abb. 17

Zu kleine Amplitude
der Unruhe

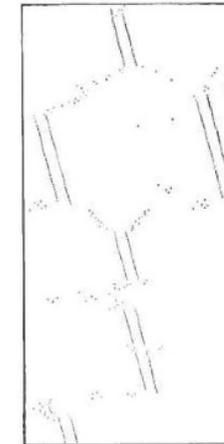


Abb. 18

Das Werk prellt mit
Unterbrüchen

spricht; sei es, um eine einseitige Anomalie (Abb. 14) zu lokalisieren, sei es, um eine Korrektur eines kleinen Abfallfehlers nach der richtigen Seite hin auszuführen. Da beim CHRONOGRAFIC die Aufzeichnung jedes Punktes unmittelbar sichtbar ist, kann das leicht festgestellt werden. Bei geöffnetem, auf dem Mikrophon liegendem Werk, wird die Unruhe in ihrem Totpunkt festgehalten. Man merkt sich die Stellung des Ankers, richtet dann den Blick auf die Aufzeichnungsstelle und läßt die Unruhe los. Sofort sieht man, ob der erste aufgezeichnete Punkt der linken oder der rechten Reihe angehört.

Die Zentrierung der Hemmung muß so vorgenommen werden, daß die Unruhe schon bei minimaler Federspannung sowohl beim Eingang wie beim Ausgang des Ankers einwandfrei anläuft. Dies muß nicht unbedingt eine genaue Deckung der beiden Punktreihen im Diagramm ergeben.

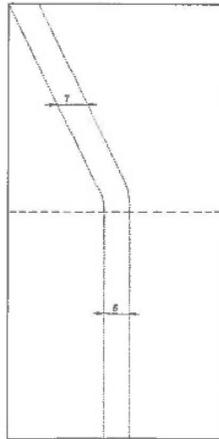


Abb. 19

SCHWERPUNKTSFEHLER

Das Gleichgewicht auch einer theoretisch genau ausgewuchteten Unruhe wird durch das Aufstecken der Spirale gestört. Durch die Bewegungen der Spirale während des Laufes werden die Verhältnisse noch weiter kompliziert. Durch unmittelbares Feststellen des summierten Einflusses aller Ursachen auf den Gang in den verschiedenen Lagen, gestattet das CHRONOGRAFIC in einfachster Weise ein wirkliches dynamisches Auswuchten der gesamten Gangpartie, was mit keiner anderen Methode möglich ist.

Zu diesem Zwecke wird das Werk soweit abgespannt, daß die Amplitude in senkrechter Lage nicht mehr als 360° beträgt, dies um die Kompensation des Schwerpunktfehlers, die bei 440° eintritt, zu vermeiden. Als dann drehe man das Mikrophon während der Aufzeichnung langsam durch alle vertikalen Lagen. Sofern sich in zwei gegenüberliegenden Lagen entgegengesetzte Gänge ergeben, liegt ein Schwerpunktfehler vor. Um dessen Ort zu bestimmen, suche man die Lage, wo der Gang am meisten zum Nachgehen neigt. Der Schwerpunkt befindet sich so-

dann bei ruhend gedachter Unruhe oben. Die Korrektur erfolgt durch Wegnehmen oder Hinzufügen von Masse am Unruheifen in bekannter Weise, je nachdem das Werk durchschnittlich vor oder nach geht.

ISOCHRONISMUSFEHLER

Unter Isochronismus versteht man die wünschenswerte Eigenschaft des Gangreglers, trotz wechselnder Amplitude, den Gang unverändert beizubehalten. Dem Isochronismus eines Werkes wird in steigendem Maße Bedeutung beigemessen, insbesondere seit man erkannt hat, daß er in engem Zusammenhang mit der Stabilität der Regulierung über längere Zeiträume steht. Die Ursachen eines fehlerhaften Isochronismus sind verschiedener Natur. In den senkrechten Lagen sind Schwerpunktfehler wirksam, indem zusätzlich zur Federkraft der Spirale eine unausgeglichene Masse als Pendel auftritt. Bei einer Amplitude von 440° heben sich diese Einflüsse auf, bei größeren und kleineren Amplituden treten sie mit entgegengesetzter Wirkung auf, in der Größe entsprechend der Amplitudenänderung. Ebenfalls amplitudenabhängig ist der Einfluß der Hemmung. Bei kleiner werdender Amplitude bewirkt sie ein zunehmendes Nachgehen. Die Schwingungen der Spiralen sind ebenfalls nicht isochron, was auf ihre inhomogene Mikrostruktur zurückzuführen ist. Die Spiralen reagieren sehr empfindlich auf Verformung, es genügt, eine Spirale an der Rolle einige Male hin und her zu biegen, um ihren Isochronismus unweigerlich zu zerstören. Eine unsaubere Befestigung kann dasselbe bewirken.

Zur Bestimmung des Isochronismusfehlers mit dem CHRONOGRAFIC, wählen wir die flache Lage, um die fast immer vorhandenen Schwerpunktseinflüsse auszuschalten. Wir machen eine Messung mit ganz aufgezo-genem und eine weitere mit fast ganz abgelaufenem Federhaus. Ein Vergleich der beiden Gänge, unter Berücksichtigung des eingetretenen Amplitudenabfalles (siehe Abschnitt „Abfallfehler“), gibt uns sofort den gewünschten Aufschluß.

TEMPERATURFEHLER

Die Uhren unterliegen im Gebrauch den verschiedensten Temperaturbedingungen, denken wir nur an den Uhrenträger, der nachts seine Uhr auf die kalte Marmorplatte seines Nachttisches legt, oder einen anderen,

der seine Uhr auch nachts am Arm behält. Eine Gebrauchsuhr wird normalerweise Temperaturen etwa zwischen $+5^{\circ}$ und $+25^{\circ}$ Celsius ausgesetzt sein.

Diesem Temperatureinfluss wird oft viel zu wenig Beachtung geschenkt. Obwohl heute fast ausschließlich selbstkompensierende Spiralen verwendet werden, bestehen doch große Unterschiede. Die Tabelle I gibt als Beispiel die Temperaturkoeffizienten, in Sekunden/24 Std. Abweichung pro Grad Celsius, der verschiedenen Qualitäten der Nivarox Spiralfedern.

	Temperaturkoeffizient	Sekundärfehler
Nivarox I für Werke 1016 und größer	0—0,5	0—4
Nivarox I für kleine Werke	0—1	0—8
Nivarox II	0—2	
Nivarox III	2—4	
Nivarox IV	4—6	
Nivarox V	6 und mehr	

Eine Spirale Nivarox II, also noch eine sehr gute Qualität, die in vielen Markenuhren der mittleren Preislage verwendet wird, kann einen Temperaturfehler im oben angegebenen Bereich von 40 Sekunden ergeben, rechnen wir noch den sekundären Fehler dazu, erreichen wir in ungünstigen Fällen schon fast die Minute. Es wundert uns nun nicht mehr, daß gewisse Uhren, die wir vom Arm des Trägers weg auf das Mikrophon legen, während der ersten Minuten ein zunehmendes Vorgehen zeigen in dem Maße, wie sie sich abkühlen.

Da heute fast überall ein Haushaltskühlschrank zur Verfügung steht, ist es ein leichtes, mit den CHRONOGRAFIC eine Temperaturprüfung vorzunehmen.

Um die Temperatur nach der Entfernung aus dem Kühlschrank nicht sofort wieder ansteigen zu lassen, empfiehlt es sich, das Werk zwischen zwei dicke Metallplatten, etwa zwei große Silber-Geldstücke zu legen und das ganze leicht in Seidenpapier einzuschlagen. Beim Herausnehmen aus dem Kühlschrank fasse man nur das Papier und bringe das ganze Paket rasch auf das Mikrophon. Für die Kontrolle in der Wärme genügt ein kurzes Halten des Werkes zwischen den Handflächen.

ABWEICHENDE SCHWINGUNGSZAHLEN

Auf dem Schild des Schalters F (Abb. 3) des CHRONOGRAFIC sind alle einigermaßen gebräuchlichen Schwingungszahlen aufgeführt. In seltenen Ausnahmefällen können noch andere Schwingungszahlen vorkommen, die sich jedoch ebenfalls mit dem CHRONOGRAFIC messen lassen. Dabei wird sich vielfach eine Aufzeichnung, für eine genau gehende Uhr, mit mehreren Punktreihen und eine Neigung des Diagramms ergeben. Die Tabelle I führt eine Anzahl solcher Uhren auf, für die sich das sonst unvermeidliche Auszählen der Räderzähne erübrigt.

Für die Auswertung der Diagramme abweichender Uhren gelten folgende Regeln:

Das Werk soll auf einen möglichst kleinen Zentrierungsfehler gebracht werden und durch Beobachten während einer kurzen Zeit von groben Reglagefehlern frei sein.

Ein Zentrierungsfehler zeigt sich dadurch, daß die Punktreihen, welche durch die Aufzeichnung in der Längsrichtung des Papiers entstehen, paarweise ungleiche Abstände haben, während ohne diesen Fehler die Linien genau gleichmäßig in der Breite des Streifens verteilt sind. Also gerade das umgekehrte Bild wie bei der normalen Aufzeichnung mit einer Reihe. Die Größe des Zentrierungsfehlers ergibt sich aus der Differenz der ungleichen Abstände. Treten z. B. Abstände von 13 mm und von 5 mm auf, so beträgt der Fehler $13 - 5 = 8$ mm.

Um festzustellen, wieviele Punktreihen ein Diagramm aufweist, darf nicht die ganze Breite des Papiers berücksichtigt werden, sondern nur eine Breite von 36 mm, was dem Abstand der Aufzeichnungsstacheln entspricht. Es empfiehlt sich, zum Auszählen der Punktreihen auf dem Streifen mit Bleistift zwei zum Papierrand parallele Striche mit einem Abstand von 36 mm anzubringen. 36 mm geteilt durch die halbe Summe ungleicher Abstände gibt ebenfalls die Anzahl Reihen. Im obigen Beispiel also $13 + 5 = 18 : 2 = 9$. $36 : 9 = 4$ Punktreihen. Für Werke, welche bei genauem Gang eine geneigte Aufzeichnung ergeben, stelle man die Ablesescheibe des CHRONOGRAFIC auf den Tabellenwert ein. Da wo sich nun die Zahl 0 der Skala befindet, halte man einen spitzen Gegenstand als Zeiger hin, der nun für die Ablesung des Ganges die Rolle des Nullstriches übernimmt. Abb. 20 zeigt als Beispiel ein fehlerfreies Werk mit 17 280 Schwingungen. Abb. 21 ein gleiches Werk mit Zentrierungsfehler und Vorgehen von 67 Sekunden. Dieselbe Aufzeich-

nung würde auch von einem genau gehenden Werk mit 19 332 Schwingungen und Zentrierungsfehler entstehen.

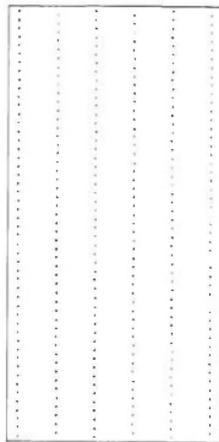


Abb. 20

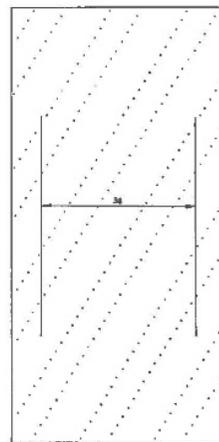


Abb. 21

Mit Hilfe nachstehender Formeln fällt sich die Berechnung des Diagrammes jeder beliebigen Schwingungszahl durchführen.

$$\text{Aufzeichnungstacheln pro Schlag} = \frac{\text{Aufzeichnungstacheln pro Sek.} \times 3600}{\text{Schlagzahl pro Sekunde}}$$

Zunächst berechnet man mit dieser Formel die Anzahl Aufzeichnungstacheln pro Schlag des Werkes, und zwar für beide Stellungen des Schalters „F“, wobei sich für die linke Stellung 55, für die rechte Stellung 54 Aufzeichnungstacheln pro Sekunde ergeben.

Alle Schwingungszahlen, die nach dieser Rechnung eine ganze Zahl ergeben, zeichnen ein normales Diagramm mit nur einer Punktreihe. Ergeben sich Bruchteile, so lasse man die ganze Zahl unberücksichtigt und untersuche, ob die Kommastellen eine Übereinstimmung mit einem der Brüche der Tabelle III ergeben. Ist dies der Fall, so erhält man für die

betreffende Schwingungszahl eine Aufzeichnung für ein genau gehendes Werk parallel zum Papierrand, mit der Reihenzahl, die neben dem Bruch auf der Tabelle III aufgeführt ist. Falls sich keine genaue Übereinstimmung ergibt, wird das Diagramm für ein genau gehendes Werk eine Neigung aufweisen.

Zur Bestimmung derselben suche man den Bruch in der Tabelle, der der gefundenen Zahl der Aufzeichnungstacheln pro Schlag (unter ausschließlicher Berücksichtigung der Kommastellen) am nächsten liegt. Hierbei untersuche man wieder beide Möglichkeiten mit 54 und 55 Aufzeichnungstacheln pro Sekunde und wähle denjenigen Wert, der die kleinste Differenz zu einem Tabellenwert ergibt. Der gefundene nächstliegende Tabellenwert gibt schon die Reihenzahl. Die Neigung errechnet sich aus der Differenz: Bruch in der Tabelle und Kommastellen der Aufzeichnungstacheln pro Schlag nach folgender Formel:

$$\text{Neigung in Sekunden pro Tag} = \frac{\text{Differenz} \times \text{Schlagzahl pro Std.} \times 24}{\text{Aufzeichnungstacheln pro Sekunde}}$$

Die Anzahl Aufzeichnungstacheln pro Schlag ist der Schlagzahl pro Sekunde umgekehrt proportional. Deswegen bedeutet eine positive Differenz Nachgehen und eine negative Differenz Vorgehen des Diagrammes eines genau gehenden Werkes.

Ein Beispiel wird das verdeutlichen. Wir suchen das Diagramm der Schwingungszahl 20 222. Als erstes wird die Anzahl der Aufzeichnungstacheln pro Schlag berechnet, für beide Stellungen des Schalters „F“, also

$$\frac{55 \times 3600}{20\,222} = 9,791\,316 \quad \text{und} \quad \frac{54 \times 3600}{20\,222} = 9,613\,292$$

Die ganze Zahl, also 9, wird nun nicht mehr berücksichtigt. Man untersucht, ob sich in der Tabelle III die Brüche 0,7913 oder 0,6132 vorfinden, was beides nicht der Fall ist. Das Diagramm wird also eine Neigung aufweisen. Sodann untersuche man, welcher Tabellenwert mit dem einen oder andern Bruch die kleinste Differenz aufweist. 0,7913 weist die kleinere Differenz auf als 0,6132. Das Diagramm wird also mit der Stellung links des Schalters „F“ erhalten, was 55 Aufzeichnungstacheln pro Sekunde bedeutet. Der nächste Tabellenwert ist 0,8, was 5 Aufzeichnungsreihen ergibt. Die Rechnung lautet nun:

$$\frac{0,0087 \times 20222 \times 24}{55} = 77 \text{ Sekunden pro 24 Stunden.}$$

Da die Differenz von 0,0087 gegenüber dem Tabellenwert negativ ist, handelt es sich um eine Neigung im Sinne von Vorgehen. Wenn man nun die Ablesescheibe des CHRONOGRAFIC auf 77 Sekunden Vorgehen stellt, so erhält man die Neigung, die ein genau gehendes Werk mit 20222 Schwingungen aufzeichnen wird, wobei 5 Punktreihen auf 36 mm entstehen.

Die Tabelle II enthält alle Angaben über die Diagramme einer großen Zahl abweichender Schwingungszahlen. Falls noch andere gemessen werden sollen, wird es nun ein leichtes sein, mit Hilfe der vorstehenden Angaben das entsprechende Diagramm zu bestimmen.

TABELLE I

Agassiz	7 ^{mm} (PCV, AO, Z)	20 944 ⁴ / ₉
	8 ^{mm} 8 AC	21 600
	8 ^{mm} 8 PCV	20 222
Alpina	5 ¹ / ₄ ^{mm} 466	19 800
Audemars Piguet	5/7 ^{mm} SB und 8 ^{mm} rund	20 222
	6/7 ^{mm} rund	21 031 ¹ / ₉
	6 ^{mm} HBT Bag. 8 ^{mm} oval, 6/7 ^{mm} oval	20 944 ⁴ / ₉
	8 ^{mm} LRB rechteck., 7 ^{mm} RBG rechteck.	21 000
Cartier	8 ^{mm} rund, JN, oval, 9 ^{mm} BF alt	21 600
Concord	5 ¹ / ₂ ^{mm} , 7 ³ / ₄ ^{mm} und R. Cart.	19 800
Cresarrow	3 ³ / ₄ ^{mm} Baguette	21 000
	6 ^{mm} rund	21 600
Elgin	26/0 Baguette	19 800
Gruen	151	19 332
	106, 107, 109, 130, 133, 137,	
	139, 155, 159, 161, 169, 181,	
	183, 306, 307, 327, 328, 329,	
	331, 520	20 160

Gruen	455, 457, 459, 465, 467, 469	19 800
	305, 837, 839, 847, 863	20 944 ⁴ / ₉
	105, 333, 840, 841, 845, 857	20 222
Haas	8 ^{mm} rund	20 222
Huguenin	5 ¹ / ₂ ^{mm}	20 160
International	5 ³ / ₄ ^{mm} 41	19 800
	5 ¹ / ₂ ^{mm} 92, 7 ¹ / ₂ ^{mm} 90 und 91	17 897 ¹ / ₂
	5/6 ^{mm} BF, 7 ^{mm} BF, 7 ^{mm} JN	21 600
Le Coultre	Baguette	18 514
Longines	7 ^{mm} oval	20 944 ⁴ / ₉
Merrimont	8 ^{mm} rechteck., 8/9 ^{mm} rund	21 600
Meylan Watch	7 ^{mm} rund, 7 ^{mm} kurz rechteck. 60	
	8 ^{mm} rund	20 222
	3 ¹ / ₂ ^{mm} Bag., 8 ^{mm} kurz rechteck., 7 ^{mm} do.	20 944
	7 ¹ / ₄ × 3 ^{mm} Bag., 3 ³ / ₄ ^{mm} Semi-Bag.	21 000
	6 ³ / ₄ ^{mm} rund 58 B	21 031 ¹ / ₉
	7 ^{mm} rund	20 944 ⁴ / ₉
Nardin Ulysse	alt 28.10 und 30.10 neu 330—359	19 800
	12.3 F	19 440
	13.5 und 17.8, 300—319, 240—259	21 600
Omega	11.5 210—219	21 306,12
	9 ^{mm} 90, 10 ^{mm} 200	19 800
	4 ^{mm} , 7 ^{mm} 70, 8 ^{mm} 80 und 85	21 000
Patek Philippe	6 ³ / ₄ ^{mm}	21 031 ¹ / ₉
	Stiftanker	17 280
Roskopf	17.5, 17.5—1, 17.5—21, 28.3,	
Tissot	28.23, 28.5—1, 28.5—21	19 800
	11.7 T (5 ¹ / ₄ × 6 ³ / ₄) ^{mm} , 13.6 (6 ¹ / ₄ × 8) ^{mm} ,	
	15.2, 15.3 (6 ³ / ₄ × 8) ^{mm}	21 600
Touchon	4 ^{mm} rechteckig	21 000
Universal	5 ¹ / ₄ ^{mm} 220	19 800
Vacheron & Const.	7 ^{mm} oval	20 944 ⁴ / ₉
Waltham	Baguette 400	21 600

TABELLE II

Schlagzahl pro Stunde	Stellung des Schalters F	Punktreihen auf 36 mm	Neigung in Sekunden/Tag
12 000	links	2	0
12 600	links	7	0
14 400	rechts	2	0
17 280	rechts	4	0
17 897 ¹ / ₇	rechts	7	— 40
18 514	rechts	2	0
19 332	links	4	+ 67
20 160	links	6	+ 105
20 222	links	5	+ 77
20 944 ⁴ / ₉	rechts	7	+ 38
21 000	rechts	7	0
21 031 ¹ / ₉	rechts	4	+ 61
21 306,12	rechts	8	+ 8
24 000	links	4	0
30 000	links	5	0

TABELLE III

Kommastellen	Punktreihen	Kommastellen	Punktreihen
0,1	10	0,5555	9
0,1111	9	0,5714	7
0,125	8	0,6	5
0,1428	7	0,625	8
0,1666	6	0,6666	3
0,2	5	0,7	10
0,2222	9	0,7142	7
0,25	4	0,75	4
0,2857	7	0,7777	9
0,3	10	0,8	5
0,3333	3	0,8333	6
0,375	8	0,8571	7
0,4	5	0,875	8
0,4285	7	0,8888	9
0,4444	9	0,9	10
0,5	2		

Wie reguliere ich eine Uhr mit dem
CHRONOGRATIC?

Die folgenden Zeilen wollen nicht etwa dem gewiegten Fachmann vorschreiben, wie er eine Uhr zu regulieren hat, sie sind nur als Anregung für eine rationelle Arbeitsweise gedacht.

Man behebe stets nur einen Fehler aufs Mal und setze das Werk wieder auf das Mikrophon, um den Einfluß auf das Diagramm zu studieren; nur so wird man mit den Auswirkungen der verschiedenen Fehler rasch vertraut.

Bei jedem Werk drängt sich die Frage auf, was für eine Reguliergenauigkeit man verlangen darf. Die als zulässig zu betrachtenden Fehler hängen natürlich ganz von der Qualität ab. Man lasse sich nicht durch eine imponierende Zahl der Steine täuschen, viel wichtiger ist deren Bearbeitungsqualität und die Sorgfalt, die beim Gangsetzen angewendet wurde.

Man lasse überhaupt den gesunden Menschenverstand walten und versuche nicht, übertrieben gesagt, aus einer Roskopfuhr einen Bordchronometer machen zu wollen!

Die Tabelle soll einen allgemeinen Anhaltspunkt geben, was man, je nach der Qualität, etwa von einem Werk erwarten kann.

Voraussetzung für die Regulierung eines Werkes ist ein mechanisch einwandfreier Zustand. Insbesondere sind folgende Punkte zu beachten:

Freie Entwicklung der Zugfeder. Freies Spiel des ganzen Räderwerkes. Unruhe genau ausgewuchtet, rund und flach gerichtet. Keine losen Unruhschrauben und Hebelsteine. Fester Sitz, genaue Zentrierung und flache Lage der Spirale an der Rolle, Konzentrische Entwicklung des letzten Spiralumganges im Bereich der Rükkerstifte. Kein Spiel der Spiralklinge in den Rükkerstiften. Keine losen Rükkerstifte. Vollständige Entmagnetisierung. Alle Steinlöcher und Zapfen einwandfrei sauber und fachmännisch geölt.

Die Schwingungsweite der Unruhe soll in flacher Lage 540° oder mehr betragen, jedoch keinesfalls zum Prellen führen. Die Abnahme der Schwingung in den vertikalen Lagen soll höchstens 90° erreichen.

Man beginne die Regulierung stets mit der flachen Lage, da hier Schwerpunktsfehler und Reibungen ausgeschaltet sind und bringe den Gang etwa auf eine Minute. Dann prüfe man den Isochronismus wie im betr. Abschnitt beschrieben und anschließend schreibe man zur Behebung von Schwerpunkts- und Lagenfehlern.

Wenn man den Gang auf diese Weise innerhalb annehmbarer Werte gebracht hat, stelle man die Uhr auf Zeit und lasse sie 24 Stunden in der vertikalen Hauptlage ablaufen. Falls sich kein vom Meßergebnis des CHRONOGRAFIC sehr verschiedener Wert des Ganges ergibt, kann die Uhr dem Kunden übergeben werden. Vorher stelle man sie nochmals genau auf Zeit und ersuche den Kunden, die Uhr selbst nach dem Radiozeitzeichen zu kontrollieren oder nach etwa 2 Tagen wieder vorbeizubringen, ohne die Zeigerstellung zu verändern. Eine sich allfällig ergebende Abweichung reguliere man nach dem Verfahren wie unter „Allgemeines über die Schnellregulierung“ angegeben aus. Für eine Präzisionsuhr wird es vielleicht notwendig sein, dieses Verfahren ein oder zweimal zu wiederholen.
Auf diese Weise wird man auch anspruchsvolle Kunden rasch zufriedenstellen können.

Die Prüf-Lagen:

- Taschenuhren:** 6 Lagen: Zifferblatt oben und unten
Krone oben, unten, links und rechts
- 4 Lagen: Zifferblatt oben
Krone oben, links und rechts
- 2 Lagen: Zifferblatt oben
Krone oben
- 1 Lage: Krone oben, Uhr 45° nach hinten geneigt
- Armbanduhren:** 6 Lagen: Zifferblatt oben und unten
Krone unten, oben, links und rechts
- 4 Lagen: Zifferblatt oben
Krone unten, links und rechts
- 2 Lagen: Zifferblatt oben
Krone unten
- 1 Lage: Krone unten, Uhr 45° nach hinten geneigt
- Vertikale Hauptlage:** Taschenuhren: Krone oben
Armbanduhren: Krone unten

FEHLERGRENZEN VERSCHIEDENER WERK-QUALITÄTEN

Art der Uhren	Anzahl Prüf-lagen	Lagenfehler pro 24 Std.	Temperaturfehler +50°/ +25°	Isochronismus über 24 Std.
A. Taschenuhren				
Präzisionswerk	6	5 Sek.	5-10 Sek.	5-10 Sek.
Durchschnittsqualität (bon courant)	4	30 Sek.	30-60 Sek.	30-60 Sek.
Einfache Anker, gute Stiftanker	2	1 Min.	1-2 Min.	2-3 Min.
Billige Stiftanker, Zylinder	1	2-3 Min.	2-5 Min.	3-5 Min.
B. Armbanduhren				
Präzisionswerk	6	10 Sek.	10 Sek.	10-20 Sek.
Durchschnittsqualität (bon courant)	4	30-60 Sek.	30-60 Sek.	40-80 Sek.
Einfache Anker, gute Stiftanker	2	1-2 Min.	1-2 Min.	2-3 Min.
Billige Stiftanker, Zylinder	1	3-5 Min.	3-5 Min.	5-10 Min.

Aus unserem Fabrikationsprogramm:



SPIROMATIC

Elektronisches Gerät zum Abgleichen der Unruhspiralen in der Serienfertigung.

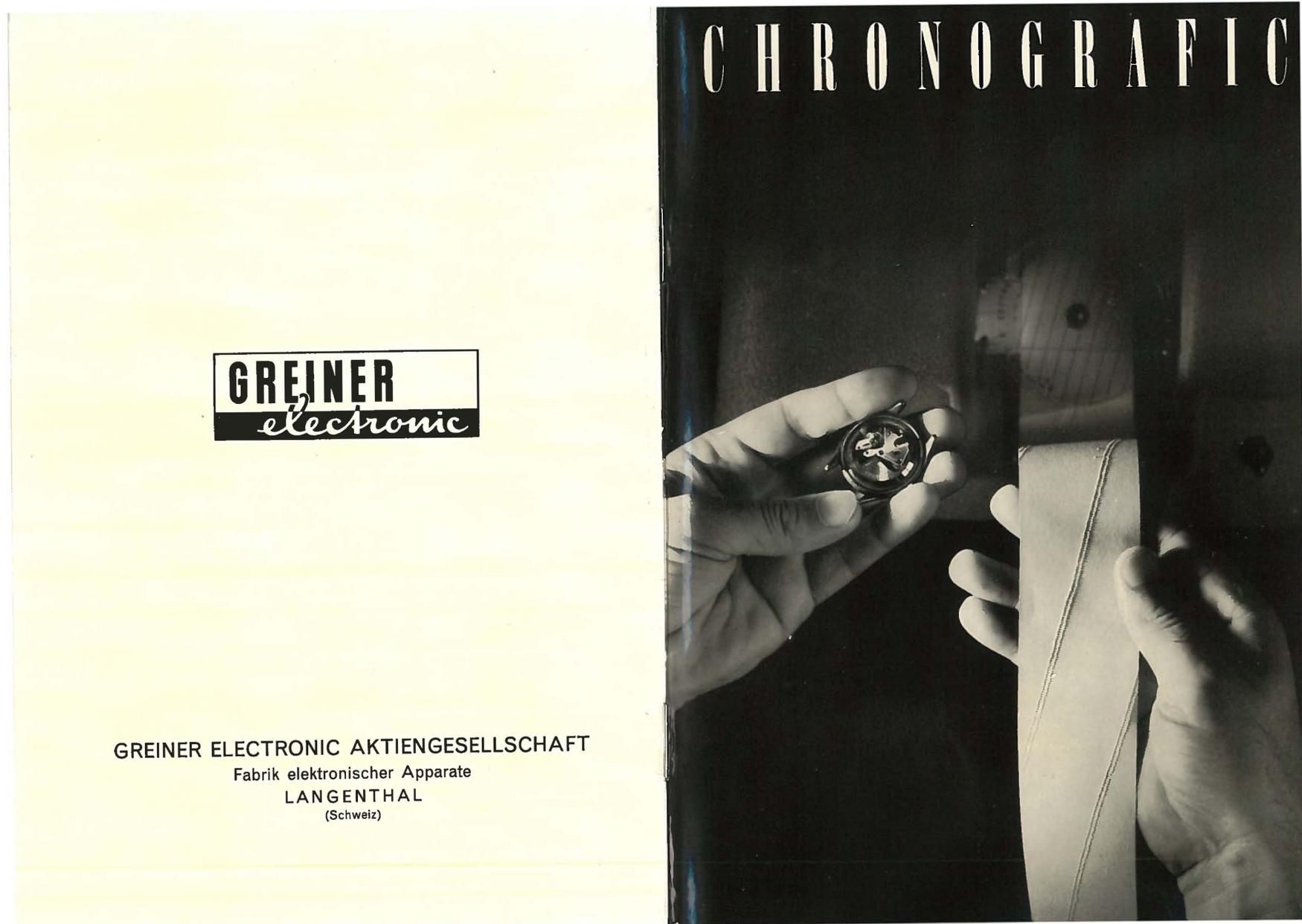


SWISS
CONSERVATION-RESTORATION
CAMPUS

haute école
neuchâtel berne jura

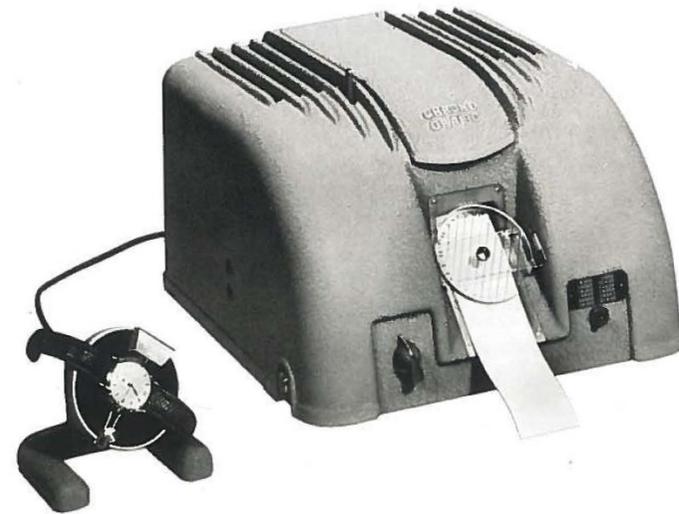
arc conservation
restauration
neuchâtel

Document 2 : Ebauche de traduction depuis l'allemand vers le français du mode d'emploi d'un Chronografic Greiner contemporain au notre (Sur base © Greiner Electronic)



CHRONOGRATIC

Handbuch



GREINER ELECTRONIC AKTIENGESELLSCHAFT
LANGENTHAL/SCHWEIZ

Sommaire

	Seite
I. L'appareil et sa manipulation	
Fonctionnement	7
Activation	10
Accessoires	13
Maintenance	17
Défauts de fonctionnement	17
Pièces de rechange	19
Garantie	19
II. L'évaluation des schémas	
Informations générales sur la régulation	20
Rapide La régulation du ferrailage	21
La genèse des schémas	25
Erreur Beat	25
Erreur Mise au point	28
Erreur d'isochronisme	29
Erreur de température	29
Nombre de vibrations déviant	31
Comment régler une montre avec le CHRONOGRAFIC?	37

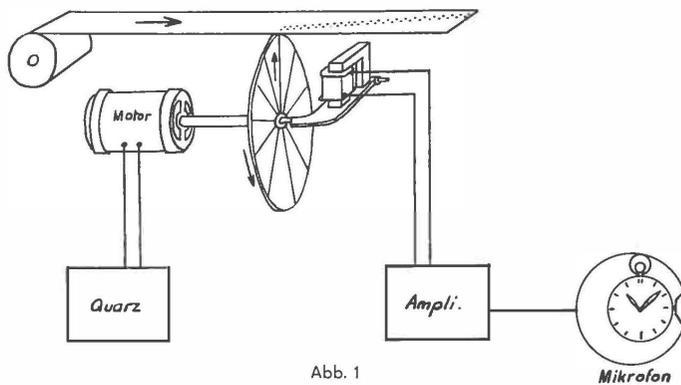
FONCTIONNEMENT

Le CHRONOGRAFIC compare le temps de l'horloge à tester avec l'horloge intégrée de la plus haute précision et de la plus grande constance, en s'enregistrant sur une bande de papier en mouvement. Le dispositif comprend essentiellement quatre parties, illustrées schématiquement à la figure 1 :

1. Générateur de fréquence normal, composé du oscillateur à quartz, du diviseur de fréquence et de l'amplificateur de puissance servant à entraîner le moteur synchrone dans la Machine d'enregistrement.
2. Pièce d'horloge de test comprenant un microphone, un amplificateur et un tube Thyatron (lampe) pour actionner le disque d'enregistrement dans la machine d'enregistrement.
3. Machine d'enregistrement composée d'un moteur synchrone, d'un disque d'enregistrement, d'un relais, d'un guide papier et d'un transport de papier.
4. Partie alimentation (omise sur la Fig. 1) comprenant un transformateur secteur, un redresseur et une chaîne de filtrage. Cette partie fournit le seul agrégats du réseau le flux dans le type et la force requise.

Le disque d'enregistrement est entraîné par le moteur synchrone à une vitesse de 5 par seconde, maintenue exactement constante par la commande à quartz. Cela correspond au taux de battement classique de 5 par seconde ou 18 000 par heure, ce qui représente plus de 99% de toutes les montres portables. Le disque d'enregistrement guide la roue à pointes librement montée en son centre avec 11 pointes d'enregistrement le long de la bande de papier. Le centre de la roue à pointes est dévié vers le haut par le relais au moyen d'une poussée vers l'avant des tubes de Thyatron, de sorte qu'à chaque coup de l'horloge de test, une pointe perce un point situé en dessous de la bande de papier. Dans une montre test, dont la vitesse coïncide avec celle de CHRONOGRAFIC, l'enregistreur effectuera exactement un tour entre deux temps et au moment du prochain enregistrement pour se trouver exactement au lieu d'enregistrement précédent. Comme le transport du papier a quelque peu déplacé la bande, un point à deux points est créé juste au-dessus du premier, puis, dans les temps suivants, une rangée de points dans le sens d'écoulement du papier, c'est-à-dire parallèle au bord du papier.

Le disque d'enregistrement tourne dans le sens anti-horaire, par rapport à la bande de papier, de droite à gauche. Si le chronomètre de test continue, l'enregistrement du point a lieu avant que le disque ait atteint l'emplacement de l'impact précédent, ce qui entraîne un décalage du nouveau point du précédent vers la droite et par conséquent une série complète de la ligne de points vers la droite. L'enregistrement est effectué de la même manière avec une montre de test ultérieure



dans chaque cas, seulement après avoir atteint l'emplacement de l'enregistrement précédent, ce qui entraîne une série de points à gauche. Une déviation importante de la trajectoire entraîne un décalage transversal important par trait et une forte inclinaison correspondante de la rangée de points, qui sert donc directement de mesure pour la démarche de la montre de test.

En raison de la disposition choisie, $5 \times 11 = 55$ épines par seconde traversent le papier et d'autres nombres d'horloges peuvent également être testés à 5, si elles sont dans leur intégralité, elles sont vérifiées. B. $2\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{2}$, $61 / 0$, etc., auquel cas on utilise alternativement une autre piqure pour l'enregistrement. En commutant les rapports partiels dans le diviseur de fréquence, le nombre d'épines secondaires peut être porté à 54, ce qui permet de tester encore plus de nombres de temps de 2, 3, $4\frac{1}{2}$, 6, etc.

Les montres dont le numéro d'attaque secondaire est un entier et la moitié du compte d'épine secondaire peuvent également être mesurées, mais il existe alors 2 séries d'enregistrements à une distance de 36 mm entre les filets. En fait, une piqure après deux temps ou deux tours est revenue au même endroit, tandis que tous les autres enregistrements sont au milieu de la distance de deux pics, ce qui donne les deux rangées de points mentionnées avec un espacement de 18 mm. Des exemples de ceci sont mentionnés dans 31 / a, qui ont été extraits 16 et 16 fois sur 55 et 4, qui sont contenus dans $54 \frac{13}{2}$ fois. De même, les œuvres dont le nombre de battements par seconde est un entier et $1 / a$ ou $2 / i$ sont contenues dans le nombre de battements par seconde, 3 séries d'enregistrements, avec une fraction de $\frac{1}{4}$ ou 4 rangées d'enregistrements, etc.

La vitesse périphérique de l'élément d'enregistrement a une valeur élevée de 2 mètres par seconde. Une différence de temps de $1/1000$ seconde apparaît comme un décalage ohmique de 2 mm sur la bande d'enregistrement, ce qui donne une précision extraordinaire. L'un des avantages essentiels de CHRONOGRAFIC est que l'enregistrement lui-même peut être enregistré directement et que le disque de lecture peut donc être monté directement au-dessus du lieu d'enregistrement.

Le disque de lecture sert à évaluer l'inclinaison de l'enregistrement directement dans les résultats par 24 heures. Il est fourni avec une série de lignes concurrentes, qui sont amenées à coïncider en faisant tourner le disque avec l'enregistrement. Comme le disque occupe une certaine distance du papier, il est toujours possible d'y parvenir en faisant correspondre une vision oblique couvrant toujours une ligne avec l'enregistrement, ce qui permet une lecture très précise et en parallaxe. En tournant, l'échelle fixée au bord du disque passe la ligne de marquage fixe et les résultats sont lus directement en dessous de celle-ci. Les chiffres pour l'avance (+) sont en rouge, ceux pour le retard (-) sont en noir. De 0 à 90 secondes, de 2 à 20 minutes par 24 heures.

Le CHRONOGRAFIC indique également que des déviations de plus de 20 minutes environ sont utilisées. Si le point d'enregistrement est observé directement, l'enregistrement semble se dérouler à gauche avec un suivi plus important, à droite avec une approche plus large. L'évaluation de l'inclinaison peut être faite sans lecture de disque par mesure. Cela peut être le cas pour des traînées déjà retirées de la machine ou pour des mesures très précises. Pour chaque longueur de bande de 100 mm, un décalage d'un millièmètre correspond à un écart d'une seconde sur 24 balayages.

MISE EN SERVICE

Après avoir soigneusement déballé et inspecté tous les accessoires, le boîtier est retiré en desserrant les quatre grandes vis: 1 Assurez-vous que tous les étriers sont bien serrés. Les quarts emballés séparément sont placés dans les sockets appropriés.

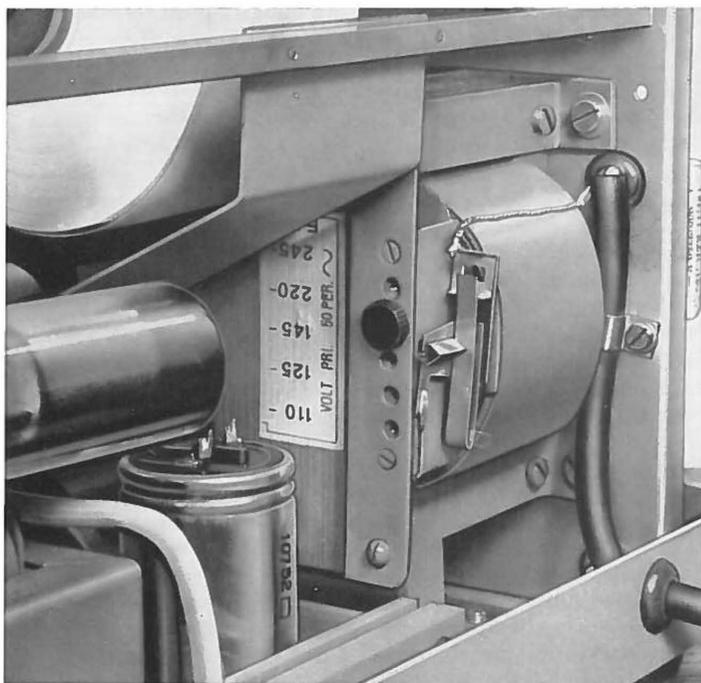


Abb. 2

L'appareil est conçu pour des tensions secteur de 110 - 125 - 145 - 220 - 245 V AC, 40 à 60 périodes. La connexion directe au CC n'est pas possible et entraînera la destruction. Sur demande, un appareil pour les connexions à courant continu est disponible.

10

La tension secteur existante est, si elle n'est pas connue, demandée à l'usine locale d'électricité. Assurez-vous que la tension secteur réglée correspond à la position de la vis isolée sur le transformateur de puissance, telle quelle. Voir Fig. 2. Le cordon d'alimentation de l'unité contient un troisième fil jaune connecté au châssis et doit être mis à la terre pour des raisons de sécurité. Suivez les règles de la compagnie d'électricité locale. Cependant, la mise à la terre n'est pas nécessaire au fonctionnement de l'appareil et peut être omise pour une installation temporaire.

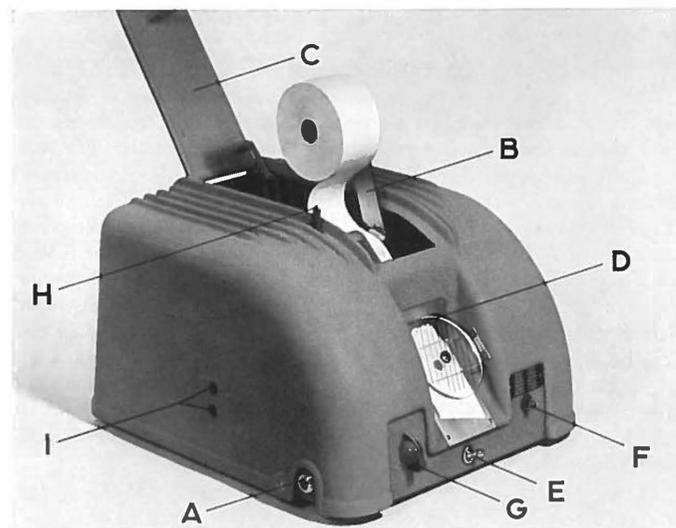


Abb. 3

L'installation s'effectue mieux sur une table fixe dans une pièce calme. Les bruits forts et durs tels que coups de marteau, coups, frappe, etc. doivent être évités à proximité de l'appareil pendant la mesure, sans quoi des points de dispersion pourraient en résulter. Évitez d'exposer le microphone à la lumière directe du soleil, car des températures supérieures à 45° C peuvent l'endommager.

Le microphone est vissé à l'aide de l'écrou-raccord sur les supports A, laissé sur l'appareil, jusqu'à ce que la pièce conique ne puisse plus tourner.

11

Lorsque le boîtier est en place, vous pouvez dévisser le support de rouleau de papier B avec le volet C ouvert. Voir Fig. 3. L'extrémité du papier est coupée avec des ciseaux à un angle obtus et insérée dans le haut de la machine dans le guide-papier jusqu'à ce qu'elle sorte par la découpe D.

L'appareil est maintenant connecté à une prise de courant à l'aide du cordon d'alimentation. Ceux-ci doivent être en parfait état et ne doivent pas donner lieu à des étincelles ou des interruptions.

Le commutateur E met l'unité sous tension, indiquant immédiatement l'éclairage de la bande de registre indiquant que l'unité est en marche. Après environ 40 secondes, le moteur commencera à tourner.

Une horloge est fixée dans le microphone, de sorte que l'enveloppe ou l'ouvrage touche directement la tige verticale à roulements en caoutchouc. La couronne de remontoir doit venir se poser contre la fourche à ressort. Les plus grandes horloges telles que les réveils, les horloges de bureau et murales, les minuteriers, etc. sont testées avantageusement avec le microphone tactile disponible en option, le z. B. est serré à la clé de profondeur. Le commutateur F est réglé sur le nombre d'oscillations souhaité de l'horloge. Les positions comprennent des groupes entiers de nombres de vibrations, qui peuvent être testés sans autre mesure. Si vous ne connaissez pas le nombre d'oscillations d'une horloge, essayez une par une les différentes positions jusqu'à ce qu'un enregistrement correct soit effectué. Si cela ne fonctionne pas, reportez-vous à la section "Différents nombres de vibrations". La simple commutation des nombres de vibrations est un avantage particulier de CHRONOGRAFIC.

Par le biais du levier H situé en façade avant, le transport du papier est activé et en même temps, l'enregistreur est mis en action. La commande de gain G est maintenant lentement augmentée jusqu'à ce que l'enregistrement ait lieu. Pour le fonctionnement de la commande de l'amplificateur et l'évaluation des schémas, voir la deuxième section. Si vous souhaitez interrompre la mesure pendant un court instant, z. Par exemple, pour vérifier une position différente ou pour changer l'horloge, placez le levier H en arrière, ce qui désactive le transport du papier et l'enregistreur. Dans cette position arrière, le récepteur téléphonique fourni peut être connecté aux prises I afin d'éliminer les bruits de retardement et de détecter les erreurs éventuelles telles que les rayures et les frictions. Lorsque l'appareil d'écriture est allumé en faisant avancer le levier H, l'appareil auditif est éteint.

ACCESSOIRES

Microphone sur pied rotatif. Cet appareil, fourni avec chaque microphone CHRONOGRAFIC en standard, permet le serrage de toutes les montres de poche et de poignet ainsi que de leurs mouvements. Après avoir desserré la vis à cordon du curseur, vous pouvez régler la fourche de serrage pour toutes les tailles. En tournant simplement le corps du microphone, les horloges peuvent être placées dans toutes les positions. Le microphone est complètement dépourvu de magnétisme puisqu'il repose sur le principe piézoélectrique et contient un cristal de Seignette. La plage de température normale est comprise entre environ 0 et 40 ° C. Des températures supérieures à environ 45 ° C entraînent la destruction du cristal, raison pour laquelle il faut éviter la lumière directe du soleil, en laissant dans les voitures fermées, exposées au soleil, etc.

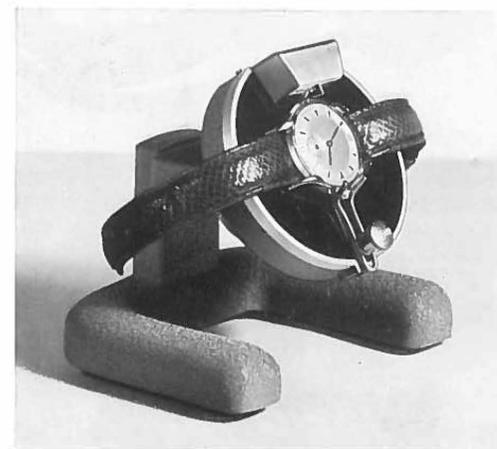


Abb. 4

Le microphone CHRONOGRAPHIC a une tension de sortie extrêmement élevée, raison pour laquelle tous les sons, même ceux provenant de montres avec une coque très solide ou de très petites pièces, sont enregistrés sans problème, sans qu'il soit nécessaire de supprimer le travail. La même fonctionnalité de valeur garantit également que CHRONOGRAFIC est insensible aux défauts électriques externes tels que les tramways, les machines de bureau, etc.

Microphone tactile: Ce microphone auxiliaire présente les mêmes caractéristiques favorables que le microphone sur pied et est indispensable pour tester les réveils, les horloges de table, les horloges murales, les horloges commutateurs, etc. Il est équipé d'une connexion à vis qui s'insère dans la prise microphone du CHRONOGRAFIC et qui y est connectée à la place des microphones fixes. La pince à ressort peut être attachée à n'importe quelle partie du mouvement, de préférence près de l'échappement, par ex. B. aux pieds ou sur la clé d'ascenseur, etc., sont fixés.

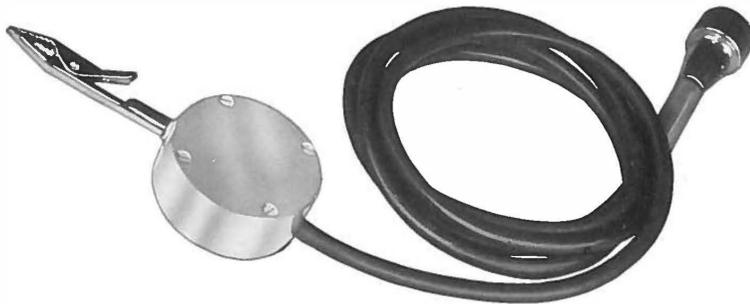


Abb. 5

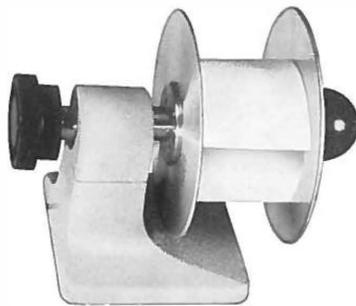


Abb. 6

Rouleau de papier (Fig. 6): Cet accessoire pratique vous permet de rembobiner le ruban adhésif de la machine et de l'utiliser plusieurs fois. Un dispositif de lissage spécial mélange l'enregistrement précédent de sorte que la nouvelle perforation devienne clairement visible à côté de l'ancien. L'appareil est conçu pour être vissé sur l'établi.

Stabilisateur automatique de la tension du secteur: dans les réseaux de distribution où les fluctuations de tension sont importantes, il est recommandé d'interposer un régulateur de tension. L'appareil présenté ici fonctionne de manière entièrement automatique, sans aucune opération et maintient la tension constante dans des limites étroites, même en cas de fluctuations de la tension du secteur de -30 à + 20%. Le régulateur automatique est de loin supérieur aux régulateurs à main classiques avec transformateur à prises et instrument de mesure, car l'expérience montre que les contrôleurs portables sont rarement correctement utilisés et sont donc plus susceptibles de causer des dommages.



Abb. 7

L'automate permet de connecter deux appareils CHRONOGRAFIC ou un CHRONOGRAFIC et un autre consommateur consommant environ 100 VA. La contrainte stabilisée a également un effet favorable sur la durée de vie des tubes dans les appareils.

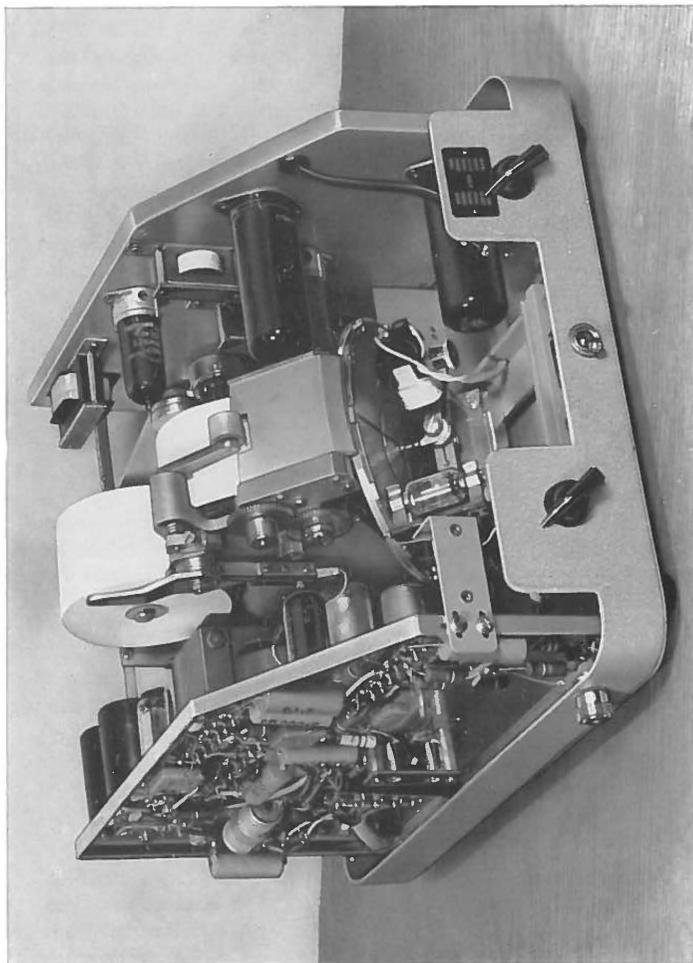


Abb. 8

ENTRETIEN

La construction du CHRONOGRAFIC est faite de sorte que seulement un minimum d'entretien est requis.

Le moteur synchrone et le disque d'enregistrement ont des roulements à billes complètement fermés avec lubrification permanente. Toutes les roues dentées ne sont pas lubrifiées, pas plus que l'escargot en acier trempé. Pour chaque appareil, un distributeur d'huile est livré, rempli de l'huile spéciale "Teresso V 63", qui ne peut être utilisée que.

Selon l'utilisation, placez un bouchon par mois sur les trois zones marquées en rouge de la machine, tous les mois ou sur de plus grandes distances;

A savoir: appui arrière de l'axe du disque d'enregistrement, arbre intermédiaire de transmission et arbre du rouleau de transport pour la bande de papier. Si l'enregistrement devient trop faible après une longue période d'utilisation, la profondeur de pénétration des pointes peut être réajustée comme suit: Après avoir retiré le boîtier, un pont est visible directement sous le disque d'enregistrement, qui porte le relais à droite et une vis rouge à gauche. Voir Fig. 8. En tournant cette vis légèrement dans le sens anti-horaire, l'enregistrement sera plus visible. Cette correction doit être effectuée avec une machine enregistreuse et avec beaucoup de précautions pour ne pas endommager les pointes. Ne pas exagérer la profondeur de pénétration, sinon les épines seraient trop stressées et pourraient se briser.

DISFONCTIONNEMENT

L'appareil ne reçoit pas d'alimentation:

Assurez-vous avec une lampe de table, de la prise de courant est fonctionnelle. Ensuite, vérifiez le cordon d'alimentation de l'appareil et, après avoir retiré le boîtier, le fusible thermique du transformateur d'alimentation. La figure 2 montre la même chose dans des conditions de fonctionnement normales. Si ce dernier est déclenché, il doit y avoir un défaut dans la partie alimentation.

Le moteur tourne, mais il n'y a pas de dessin:

a) *Le tic-tac n'est pas audible dans l'auditeur:*

Dévissez le microphone et touchez le contact avec votre doigt. S'il y a beaucoup de bruit, l'amplificateur est en ordre mais le microphone est défectueux.
Si aucun bruit n'est entendu malgré la mise en marche complète de l'amplificateur, remplacez la chaîne E 80 CC, A ou B.
Voir le schéma, fig. 9

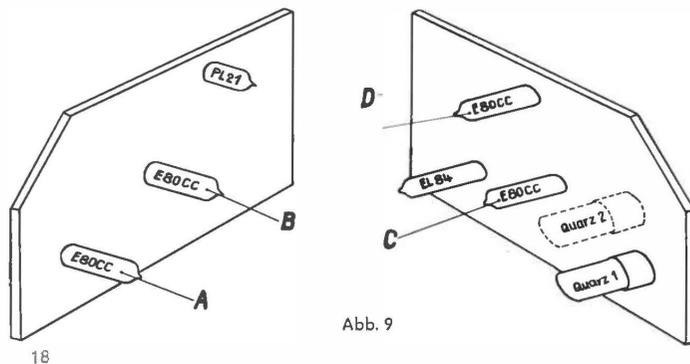
b) *Le Tictac est entendu normalement:*
Remplacer la ligne PL 21 (5727).

Le moteur tourne, l'enregistrement se déroule au rythme de l'horloge, mais les points sont dispersés de manière déraisonnable:
Remplacez les tubes E 80 CC, C ou D.

Le moteur ne tourne pas, l'enregistrement a lieu:
La E 80 CC D ou la EL 84 doivent être remplacées.

Le moteur tourne trop lentement ou brusquement, l'enregistrement est réussi:
Remplacez la lampe EL 84.

Si l'un des défauts ci-dessus ne peut pas être corrigé par les mesures ci-dessus, contactez l'usine ou le prochain représentant. Un spécialiste en radio qualifié est au mieux en mesure de remédier aux défauts de l'amplificateur ou de l'alimentation. Les erreurs dans la section de fréquence standard, cependant, nécessitent des connaissances et des outils spécialisés qui ne sont disponibles que pour l'usine ou ses centres de services officiels.



PIÈCES DE RECHANGE

Les pièces suivantes peuvent être obtenues auprès de l'usine ou de ses représentants:

- Rouleaux de papier en paquets de 10 pièces
- Lampe tube 6 Volt / 10 Watt
- Support amplificateur E 80 CC
- Thyratron PL 21 (5727)
- Section finale EL 84
- fusible thermique
- Auditeur téléphonique
- Microphone sur pied rotatif
- Microphone de travail pour le serrage
- Disque de lecture complet avec câble de microphone de montage
- Pique huile avec huile spéciale Teresso V 63

GARANTIE

Chaque CHRONOGRAFIC est soumis à une inspection finale rigoureuse, en plus des nombreux tests de composants effectués au cours de la fabrication, avant sa livraison. Si cela ne fonctionne pas correctement dans le temps, reportez-vous à la section intitulée "Erreurs de fonctionnement". Dans la plupart des cas, cela vous permettra de corriger l'erreur. Pendant une période d'un an à compter de la date de livraison, nous remplacerons ou réparerons toute pièce de l'appareil présentant un défaut de matériau ou de fabrication que nous avons identifié. Les tubes ne sont garantis que pendant six mois. Pour pouvoir bénéficier de la garantie, l'appareil ou la pièce défectueuse doit être livrée à l'usine ou à l'un de nos centres de service officiels. Tous les frais de transport seront à la charge du propriétaire. Un traitement inapproprié, une interférence avec l'appareil par des tiers non autorisés, la revente nous dégage de l'obligation de garantie. En Suisse et dans tous les pays ayant des représentants officiels, des centres de service après-vente bien équipés disposent d'entrepôts de pièces de rechange en cas de défaillance. Contactez votre fournisseur ou contactez-nous directement pour obtenir une preuve.

INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LA RÉGULATION RAPIDE

Pour utiliser de manière significative un régulateur rapide, tel que le CHRONOGRAPHIC, il convient de rappeler certains des faits qui déterminent les limites de la méthode. Selon la méthode habituelle, l'heure d'une montre est déterminée en comparant sa position à des intervalles de 24 heures avec une heure normale. En revanche, le CHRONOGRAFIC ne mesure l'horloge que pendant très peu de temps et l'évaluation se fait par extrapolation sur 24 heures. Cette déclaration est donc uniquement à la condition que l'horloge reste inchangée pendant 24 heures au moment de l'enregistrement. Cependant, plus la qualité des montres est mauvaise, moins elles sont précises. Cela s'explique par l'erreur d'isochronisme des régulateurs de vitesse, dont la fréquence dépend de la diminution de la tension du ressort de traction au cours du processus, des irrégularités dans la transmission de la puissance, etc. Le rebond est une autre source d'erreur souvent cachée. L'influence de la tension du ressort de tension peut être réduite dans une large mesure en vérifiant la montre à un point de sa séquence de ressort, qui correspond à la tension moyenne du ressort.

S'en tenir aux règles suivantes:

Mesurer une montre après son expiration au moins 2 heures, mais pas plus de 14 heures à partir de la charge complète.

Une pièce d'horlogerie dans laquelle une certaine quantité de levage est obtenue rapidement en desserrant ou en ne rétractant pas complètement le ressort peut afficher un rapport différent de celui obtenu si le niveau normal avait été atteint en fonctionnement normal depuis le levage complet. La raison réside dans une situation potentiellement très différente de la source dans le baril. Dans ce cas, laissez la montre fonctionner pendant au moins une heure afin que le ressort puisse revenir à une position normale.

Mesurer une horloge complètement enroulée ou complètement déchargée entraînera très probablement des erreurs importantes. Les montres automatiques, qui sont mesurées à l'altitude maximale, font exception, car elles correspondent à leur plage de travail normale. Lorsque vous mesurez des montres automatiques, en position verticale, en remontant complètement, veillez à ce que le poids de la nacelle n'a pas d'effet supplémentaire sur la tension du ressort, car cela pourrait entraîner une déviation considérable du rapport.

Une horloge qui n'a pas été utilisée pendant longtemps doit d'abord fonctionner pendant 24 heures pour stabiliser et répartir l'huile uniformément dans les camps. Contrairement aux prévisions, le CHRONOGRAFIC montre de telles différences dans les allées. B. dans différentes positions ou températures dans toutes les conditions. De même, si le rapport réel est connu dans 24 heures, cette différence peut être ajustée à tout moment. Une horloge va z. B. après le signal horaire 34 sec. Lors de la mesure sur le CHRONOGRAFIC, cependant, seulement un suivi de 10 secondes. Si vous réglez maintenant l'horloge sur le CHRONOGRAPHIC pendant 24 secondes, vous pouvez être sûr que vous avez appliqué la correction correcte. Malgré les limitations mentionnées ci-dessus, l'expert familiarisé avec l'appareil obtiendra immédiatement un aperçu de sa qualité à chaque tests d'une montre.

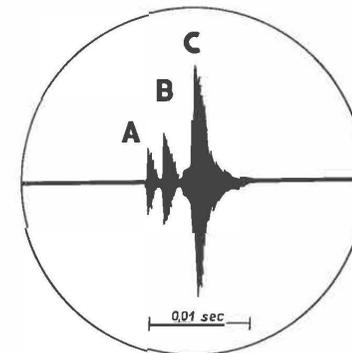


Abb. 10

LA REGULATION DE LA FORCE

Pour faire fonctionner le CHRONOGRAFIC, les battements des montres sont captés par un microphone. Les courants électriques ainsi générés sont alimentés par un amplificateur appelé tubes à thyatron. En raison de son remplissage en gaz, il a la propriété de devenir soudainement conducteur à une certaine tension de commande de signal constante et de provoquer l'enregistrement d'un point sur le papier via un relais.

Une fois qu'un enregistrement a eu lieu, la disposition de tous les signaux suivants, quelle que soit leur taille, reste bloquée pendant environ 0,15 seconde. Étant donné que la force du temps de différentes horloges présente de très grandes différences, un contrôle de gain est fourni, le bon fonctionnement est d'une importance fondamentale. De plus, la réglementation permet d'enregistrer une sélection des phénomènes.

Le bruit d'une horloge n'est pas un coup d'une durée infiniment courte, mais un reflet fidèle du processus dynamique de l'inhibition en fonction du temps. La figure 10 montre schématiquement ce cours, au fur et à mesure qu'il devient disponible sur l'écran d'un oscilloscope à rayons cathodiques. En cela, A signifie la libération en touchant l'ellipse sur la fourche. B pulsez en frottant les pierres de levage sur l'engrenage d'ancrage. C chute de la roue d'échappement. En général, le bruit A est le faible, C le fort. D'un coup à l'autre, de grandes différences peuvent se produire. La durée totale est d'environ 0,01 seconde pour les horloges à ancre fermée, mais peut atteindre 0,05 seconde pour les montres à ancre.

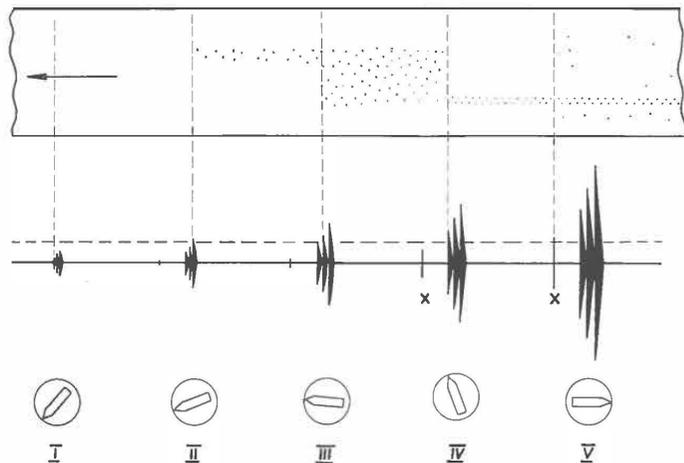


Fig. 11

La Fig. II illustre schématiquement ce qui se passe lorsque le superviseur est lentement relevé. La rangée inférieure indique les différentes positions du bouton de commande, le centre affiche les bruits de l'horloge amplifiés de manière correspondante, la ligne pointillée indiquant la limite de réponse du thyatron et la partie supérieure les enregistrements enregistrés sur la bande de papier.

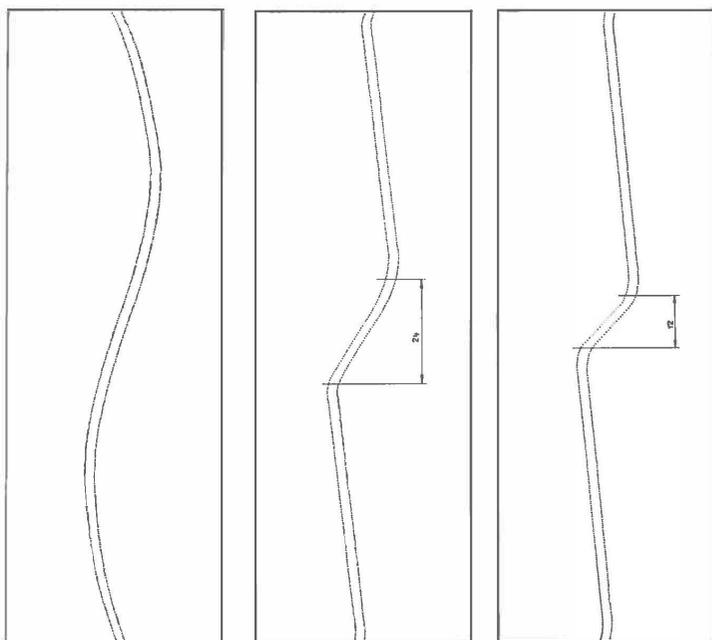
- I. Le signal est encore si faible que la limite de réponse du thyatron n'a pas encore été atteinte; il n'y a toujours pas d'enregistrement.
- II. Les pics les plus chauds du signal, le bruit C de la figure 10 atteint la limite de réponse. La séquence temporelle de la chute des dents de la roue d'ancrage est enregistrée. Les erreurs de hauteur, de forme de dent, d'excentricité, etc. deviennent visibles.
- III. Le bruit A (Fig. 1 0) n'atteint que le seuil de réponse. Ce bruit apparaissant devant le bruit de chute C, il se produit un décalage caractéristique du diagramme à droite. En raison de petites différences de hauteur du signal A, un signal A, bientôt un signal C, est bientôt établi, de sorte que les points glissent sur une certaine distance.
- IV. Le signal A est suffisant pour aller à l'écran seul. Comme il est produit directement par le régulateur lui-même, il est le plus précis et est utilisé exclusivement à toutes fins de régulation. C'est le réglage correct pour les mesures a / le.
- V. Le gain est inutilement élevé, de sorte que le bruit secondaire de l'horloge ou de la salle d'installation atteint la limite de réponse et génère des points de dispersion. Un bruit supplémentaire est indiqué schématiquement sur la figure 11 par la course X.

Ce qui suit s'applique aux fins générales: Augmentez lentement le contrôle de gain jusqu'à ce qu'une série précise de points soit créée après le décalage caractéristique du diagramme à droite. Si le premier enregistrement se trouve sur le bord droit du papier, il sautera vers le bord gauche du papier en raison du décalage vers la droite.

Jusqu'à présent, cela s'applique à toutes les ancres, ancres à quilles et Échappement pin-palette.

Dans les horloges de cylindre, le coup ne montre qu'un bruit important provoqué par la chute de la jante du cylindre sur la surface intérieure ou extérieure du cylindre, accompagné principalement d'un bruit de friction très

L'amplification de telles montres est donc à la mesure de l'enregistrement final de chaque coup porté. Les schémas des horloges de cylindre sont toujours dispersés proportionnellement, car le bruit d'impact ne provient pas directement du régulateur, mais de la roue du cylindre et présente toutes les imprécisions de celui-ci. Comme les horloges à cylindre, les horloges à pendule se comportent de la même manière, leurs coups sont avantageusement supprimés avec le microphone tactile situé sur la carte de circuit imprimé. En particulier, les œuvres avec une période lente et un faible rebond du pendule présentent souvent des écarts importants, ce qui rend la lecture très difficile.



Rad exzentrisch

Fehler am Pignon

Fehler an einem Radzahn

Abb. 12 Fehler am Sekundenrad schematisch

L'ORIGINE DES DIAGRAMMES

Le but de ces remarques ne peut être de donner un cours de réparation et de régulation de la montre. Probablement une personne non qualifiée peut facilement utiliser l'appareil et enregistrer les résultats des montres; Cependant, l'exploitation complète de toutes les possibilités de CHRONOGRAFIC est réservée au spécialiste. Les lignes suivantes nécessitent donc les connaissances que l'on peut attendre d'un horloger qualifié. Ils les complètent dans la mesure où une évaluation significative des résultats conduit à de nouvelles méthodes de travail plus précises et plus rapides.

Pour comprendre les diagrammes, il faut étudier leur origine, comme expliqué en détail dans la section "Dans le sens long, la bande de papier est déplacée avec une grande précision de 144 mm par minute ou de 2,4 mm par seconde. Si une distance est toujours de 14,4 mm, par exemple, cela donne 14,4 : 2,4 = 6 secondes et doit être de proviennent d'un organe qui a cette période orbitale plutôt que de la roue d'échappement (Fig. 16)

de manière analogue, une distance de 144 mm = 1 minute pointe vers la deuxième roue. La durée d'une anomalie suggère qu'il s'agisse d'une roue excentrique (courbe longue), d'un défaut de pignon (durée du défaut d'environ 10 secondes) ou d'une dent de roue (durée du défaut d'environ 5 secondes). La figure 12 illustre ces relations de manière schématique.

Le déplacement transversal de points représente la GRESSE l'écart de temps par rapport au temps à quartz standard. Un déplacement de 2 mm correspond à une différence directe de 1/1000 seconde.

Aux pages 26/27, certains schémas types sont illustrés schématiquement.

ERREUR DE DÉCHET

L'un des phénomènes qui attirent le plus l'attention lors de la visualisation d'un diagramme est le caractère à deux voies de l'enregistrement créé par des imprécisions dans le centrage de l'échappement. En raison de la bonne visibilité, cette apparence revêt souvent une importance exagérée. Ce qui est beaucoup plus important que l'existence de cette erreur flagrante, c'est la possibilité de déduire de son changement, de modifier l'amplitude de la perturbation. En fait, l'ampleur relative de l'erreur de centrage est directement proportionnelle au taux d'agitation au moment de l'excursion, et donc à l'amplitude. Il est à peine besoin de souligner combien cette méthode est précieuse, car la variation de l'amplitude est au début de la plupart des erreurs de régulateur.

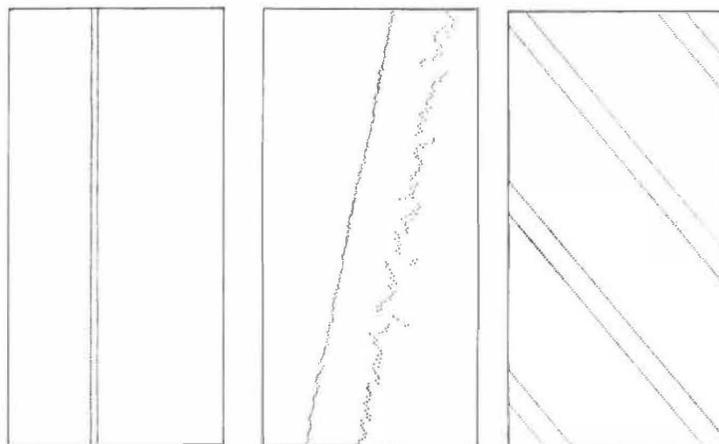


Abb. 13 Perfektes Werk
 Abb. 14 Vorgehen 30 Sek. Zentrierungsfehler Eine Ankerklaue defekt
 Abb. 15 Nachgehen 90 Sek. Zentrierungsfehler kann noch toleriert werden

En particulier, le CHRONOGRAFIC, avec son enregistrement extrêmement précis et précis, vous permet de mesurer facilement les changements même les plus minimes. La figure 19 montre un exemple schématique: dans une position à plat, la distance entre les deux enregistrements est de 6 mm, tandis que dans la position verticale de 7 mm, l'amplitude a diminué d'un six axes en raison de la distorsion de la couche. Il est souvent souhaitable de savoir si l'enregistrement de droite ou de gauche correspond à la griffe d'entrée de l'ancre; soit pour localiser une anomalie unilatérale (Figure 14), soit pour corriger une petite erreur de gaspillage du côté droit. Comme CHRONOGRAFIC peut voir l'enregistrement de chaque point immédiatement, cela peut être facilement déterminé.

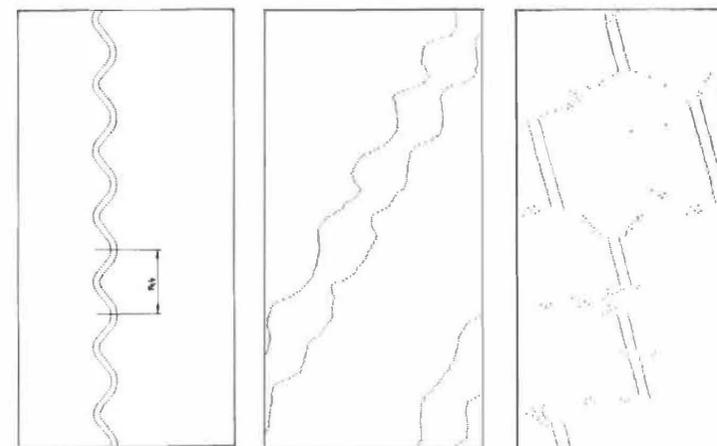


Abb. 16 Unrundes Ankerrad
 Abb. 17 Zu kleine Amplitude der Unruhe
 Abb. 18 Das Werk prellt mit Unterbrüchen

Lorsque le travail est ouvert sur le microphone, l'agitation est enregistrée dans son centre mort. On remarque la position de l'ancre, puis oriente la vue du point d'enregistrement et dissipe les troubles. Immédiatement, vous pouvez voir si le premier point enregistré appartient à la rangée gauche ou droite. Le centrage de l'échappement doit être effectué de manière à ce que le malaise commence parfaitement, même avec une tension de ressort minimale, à l'entrée et à la sortie de l'ancre. Cela n'exige pas nécessairement une couverture exacte des deux rangées de points du diagramme.

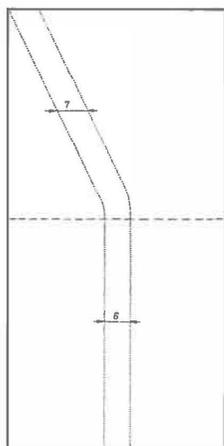


Abb. 19

ERREURS FOCALES

L'insertion de la spirale déclenche également l'équilibre d'une agitation bien équilibrée en théorie. À cause des mouvements de la spirale pendant la course, les conditions deviennent plus compliquées. En déterminant directement l'influence cumulée de toutes les causes sur la démarche dans les différentes positions, le CHRONOGRAFIC permet, de la manière la plus simple, un véritable équilibrage dynamique de la démarche dans son ensemble, ce qui est impossible avec toute autre méthode.

À cette fin, le travail est tellement étiré que l'amplitude en position verticale n'est pas supérieure à 360°, afin d'éviter la compensation de l'erreur du centre de gravité, qui se produit à 440°, puis tournez lentement le microphone à travers la verticale. S'il y a des trajectoires opposées dans deux positions opposées, il y a une erreur de centre de gravité. Pour déterminer son emplacement, recherchez la position où la trajectoire tend à suivre le plus possible. Le centre de gravité est alors au repos au-dessus d'une agitation imaginaire. La correction est effectuée en supprimant ou en ajoutant de la masse à la trépanation de manière connue, en fonction du nombre de vars moyens ou variables de la plante.

ERREURS D'ISOCRONISME

L'isochronisme est censé être la propriété souhaitable du régulateur, malgré des amplitudes variables, de maintenir le rapport inchangé. L'isochronisme d'une œuvre devient de plus en plus important

Importance, d'autant plus qu'il a été reconnu qu'elle est étroitement liée à la stabilité de la réglementation sur de plus longues périodes. Les causes d'isochronisme défectueux sont différentes. En position verticale, les erreurs de centrage sont efficaces. Outre la force du ressort de la spirale, il en résulte une masse déséquilibrée! À une amplitude de 440°, ces influences s'annulent, avec des amplitudes de plus en plus petites, elles apparaissent avec un effet opposé, d'amplitude correspondant au changement d'amplitude. L'influence de l'inhibition dépend également de l'amplitude. Lorsque l'amplitude diminue, il en résulte une augmentation du suivi. Les oscillations des spirales ne sont pas non plus isochrones, en raison de leur microstructure inhomogène. Les spirales sont très sensibles à la déformation, il suffit de plier une spirale sur le rouleau quelques fois pour détruire inévitablement leur isochronisme. Un attachement sale peut faire la même chose.

Pour déterminer l'erreur d'isochronisme avec CHRONOGRAFIC, nous avons choisi la position à plat afin d'éliminer les influences du centre de gravité presque toujours existantes. Nous prenons une mesure avec un barillet complètement remonté et une autre avec un barillet presque complètement déchargé. Une comparaison des deux cycles, en tenant compte de la chute d'amplitude (voir la section "Défaut de déchet"), nous donne immédiatement les informations souhaitées.

ERREUR DE TEMPERATURE

Les horloges sont soumises à une grande variété de conditions de température lors de leur utilisation, il suffit de penser au porte-horloge qui pose sa montre sur le dessus en marbre froid de sa table de nuit la nuit ou à quelqu'un d'autre qui garde sa montre sur son bras la nuit. Une horloge utilitaire sera normalement comprise entre + 5 et + 25 Celsius.

Souvent, trop peu d'attention est accordée à ce type d'influence. Bien que l'on utilise aujourd'hui presque exclusivement des spirales auto-compensatrices, il existe de grandes différences. Le tableau I donne, à titre d'exemple, les coefficients de température, en secondes / écart de 24 heures par degré Celsius, des différentes qualités des ressorts à boudins de Nivarox.

	Coefficient de température	erreur secondaire
Nivarox I pour 10 ¹ et plus gros	0—0,5	0—4
Nivarox I pour petit mouvements	0—1	0—8
Nivarox II	0—2	
Nivarox III	2—4	
Nivarox IV	4—6	
Nivarox V	6 et plus	

Une spirale Nivarox 11, qui est toujours une très bonne qualité utilisée dans de nombreuses montres de marque moyenne gamme, peut donner lieu à une erreur de température dans la plage susmentionnée de 40 secondes, et si nous ajoutons l'erreur secondaire, nous l'obtiendrons presque dans des cas défavorables. minute. Il n'est plus surprenant que certaines montres, placées sur le microphone par le bras du porteur, manifestent un comportement de plus en plus intense au cours des premières minutes de leur refroidissement.

Aujourd'hui, presque partout où un réfrigérateur domestique est disponible, il est facile d'effectuer un test de température avec le CHRONOGRAFIC.

Afin de ne pas augmenter la température après la sortie du réfrigérateur, il est conseillé de placer la pièce de travail entre deux plaques métalliques épaisses, par exemple deux grosses pièces de monnaie en argent, et de les enduire légèrement de papier de soie. Lorsque vous le retirez du réfrigérateur, saisissez simplement le papier et apportez rapidement le paquet entier au microphone. Pour le contrôle au chaud, une courte prise du travail entre les paumes suffit.

30

DIFFÉRENCE DES NUMÉROS DE VIBRATION

Tous les nombres de vibrations cinigermasse et conventionnelle sont indiqués sur la platine du commutateur F (fig. 3) du CHRONOGRAFIC. Dans des cas exceptionnels, il peut y avoir d'autres nombres de vibrations, mais celles-ci peuvent également être mesurées avec le CHRONOGRAPHIC. Cela aboutira souvent à un enregistrement, pour une horloge précise, avec plusieurs rangées de points et une pente du diagramme. Le tableau I énumère un certain nombre de ces montres pour lesquelles le paiement inutile des dents de la roue est inutile.

Les règles suivantes s'appliquent au déroulement des diagrammes d'horloges utilisées:

Le travail doit être réduit au minimum et ne pas comporter d'erreurs de fouille pendant une brève période d'observation.

Une erreur de centrage est illustrée par le fait que les rangées de points formées par l'enregistrement dans le Langsrichtung du papier sont soulevées par paires de distances inégales, tandis que sans cette erreur, les lignes sont exactement uniformes dans la largeur de la bande en largeur. Donc, juste la même image que dans l'enregistrement standard avec une série. La taille de l'erreur de centrage est la différence entre les volumes inégaux. Se produire z. B. distances de 13 mm et 5 tours, l'erreur est 13-5 = 8 mm.

Pour déterminer le nombre de rangées de points d'un diagramme, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la largeur totale du papier, mais seulement une largeur de 36 mm, ce qui correspond à l'espacement des pointes d'enregistrement. Il est conseillé de régler les rangées de points sur la bande avec la levée de la piste deux parallèles aux lignes du bord du papier avec une distance de 36 mm. 36 mm divisé par la moitié de la somme de la descente inégale g: bt également le nombre de rangées. Par conséquent, dans l'exemple ci-dessus, 13 + 5 = 18: 2 = 9. 36: 9 = 4 lignes de points. Pour les œuvres qui enregistrent régulièrement au même moment, placez le disque de lecture de CHRONOGRAFIC sur la table. Là où se trouve le numéro 0 de l'échelle, maintenez un objet hérissé en tant que pointeur, qui assume désormais le rôle de trait zéro pour la lecture du passage. La figure 20 montre un exemple de mouvement sans faille avec 17 280 vibrations. Fig. 21 le même travail avec erreur de centrage et procédure de 67 secondes. Le même enregistrement résulterait également d'un travail précis avec 19 332 vibrations et erreurs de centrage.

31



Abb. 20

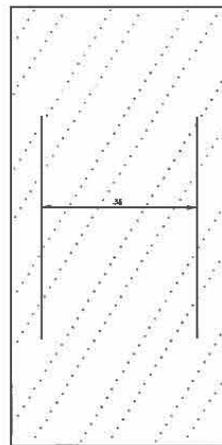


Abb. 21

A l'aide des formules suivantes, le calcul du diagramme peut être effectué sur n'importe quel nombre d'oscillations.

Enregistrement des épines par battement =

$$\frac{\text{Enregistrement d'épines par seconde} \times 3600}{\text{Nombre de battements par seconde}}$$

Nombre de battements par seconde

Tout d'abord, cette formule calcule le nombre de pointes d'enregistrement par battement de travail, pour les deux positions du commutateur "F", avec 55 à gauche pour la position à gauche et 54 à la position à droite.

Tous les nombres de vibrations, qui donnent un nombre entier conformément à ce calcul, dessinent un diagramme normal avec une seule ligne de points. Si des fractions sont trouvées, ignorez le nombre entier et vérifiez si les décimales sont en accord avec l'une des fractions du tableau III, le cas échéant, un enregistrement est obtenu pour le nombre exact d'oscillations parallèles à la marge du papier, avec le numéro de ligne indiqué à côté de la pause dans le tableau III. S'il n'y a pas de correspondance exacte, le graphique inclinera pour un travail précis.

Pour déterminer la même chose, recherchez dans le tableau la fraction la plus proche du nombre de pointes d'enregistrement par battement (en tenant compte uniquement des décimales). Là encore, examinez les deux options avec des pointes de réverbération de 54 et 55 par seconde et choisissez la valeur qui donne la plus petite différence à une valeur de table. La valeur de la table suivante trouvée donne déjà le numéro de la ligne. La pente est calculée à partir de la différence: fraction dans le tableau et décimales des pointes d'enregistrement par battement selon la formule suivante:

$$\text{Inclinaison en secondes par jour} = \frac{\text{Différence} \times \text{nombre de coups par heure} \times 24}{\text{enregistrement des épines par seconde}}$$

Le nombre de pointes d'enregistrement par battement est inversement proportionnel au nombre de battements par seconde. De ce fait, une différence positive signifie un suivi et une différence négative un diagramme du travail exact.

Un exemple clarifiera cela. On cherche le diagramme du nombre d'oscillations 20 222. On calcule tout d'abord le nombre de pointes d'enregistrement par battement, pour les deux positions du commutateur "F",

$$\text{Si } \frac{55 \times 3600}{20\,222} = 9,791\,316 \text{ et } \frac{54 \times 3600}{20\,222} = 9,613\,292$$

Le nombre entier, à savoir 9, n'est plus pris en compte. On examine si les fractions 0,7913 ou 0,6132 se trouvent dans le tableau III, ce qui n'est pas le cas. Le diagramme aura donc une pente. Ensuite, vérifiez quelle valeur de table avec l'une ou l'autre fraction présente la plus petite différence. 0,7913 a la plus petite différence à 0,6132. Ainsi, le graphique est placé à gauche du commutateur "F", ce qui correspond à 55 battements par seconde, et la valeur suivante du tableau est 0,8, ce qui vous donne 5 lignes d'enregistrements.

$$\frac{0,0087 \times 20222 \times 24}{55} = 77 \text{ secondes par 24 heures.}$$

Comme la différence de 0,0087 par rapport à la valeur de la table est négative, il s'agit d'une pente dans le sens de l'action. Si vous réglez maintenant le disque de lecture du CHRONOGRAFIC sur 77 secondes, vous obtenez l'inclinaison qui enregistrera un travail précis avec des oscillations 20222, ce qui donnera 5 rangées de points sur 36 mm.

Le tableau 1 contient toutes les informations sur les diagrammes d'un grand nombre de fréquences de vibration différentes. Si d'autres sont en cours de mesure, il sera maintenant facile de déterminer le diagramme approprié à l'aide des informations ci-dessus.

TABELLE I

Agassiz	7 ^{'''} (PCV, AO, Z)	20 944 ¹ / ₉
	8 ^{'''} 8 AC	21 600
	8 ^{'''} 8 PCV	20 222
Alpina	5 ¹ / ₄ ^{'''} 466	19 800
Audemars Piguet	5/7 ^{'''} SB und 8 ^{'''} rund	20 222
	6/7 ^{'''} rund	21 031 ¹ / ₉
	6 ^{'''} HBT Bag. 8 ^{'''} oval, 6/7 ^{'''} oval	20 944 ¹ / ₉
	8 ^{'''} LRB rechteck., 7 ^{'''} RBG rechteck.	21 000
Cartier	8 ^{'''} rund, JN, oval, 9 ^{'''} BF alt	21 600
Concord	5 ¹ / ₂ ^{'''} , 7 ³ / ₄ ^{'''} und R. Cart.	19 800
Cresarrow	3 ³ / ₄ ^{'''} Baguette	21 000
	6 ^{'''} rund	21 600
Elgin	26/0 Baguette	19 800
Gruen	151	19 332
	106, 107, 109, 130, 133, 137,	
	139, 155, 159, 161, 169, 181,	
	183, 306, 307, 327, 328, 329,	
	331, 520	20 160

Gruen	455, 457, 459, 465, 467, 469	19 800
	305, 837, 839, 847, 863	20 944 ¹ / ₉
	105, 333, 840, 841, 845, 857	20 222
Haas	8 ^{'''} rund	20 222
Huguenin	5 ¹ / ₂ ^{'''}	20 160
International	5 ³ / ₄ ^{'''} 41	19 800
	5 ¹ / ₂ ^{'''} 92, 7 ¹ / ₂ ^{'''} 90 und 91	17 897 ¹ / ₇
	Le Coultre	5/6 ^{'''} BF, 7 ^{'''} BF, 7 ^{'''} JN
Longines	Baguette	18 514
Merrimont	7 ^{'''} oval	20 944 ¹ / ₉
Meylan Watch	8 ^{'''} rechteck., 8/9 ^{'''} rund	21 600
	7 ^{'''} rund, 7 ^{'''} kurz rechteck. 60	
	8 ^{'''} rund	20 222
	3 ¹ / ₂ ^{'''} Bag., 8 ^{'''} kurz rechteck., 7 ^{'''} do.	20 944
	7 ¹ / ₄ × 3 ^{'''} Bag., 3 ³ / ₄ ^{'''} Semi-Bag.	21 000
Nardin Ulysse	6 ³ / ₄ ^{'''} rund 58 B	21 031 ¹ / ₉
	7 ^{'''} rund	20 944 ¹ / ₉
	Omega	alt 28.10 und 30.10 neu 330—359
Patek Philippe	12.3 F	19 440
	13.5 und 17.8, 300—319, 240—259	21 600
	11.5 210—219	21 306, 12
	9 ^{'''} 90, 10 ^{'''} 200	19 800
Roskopf	4 ^{'''} , 7 ^{'''} 70, 8 ^{'''} 80 und 85	21 000
	6 ³ / ₄ ^{'''}	21 031 ¹ / ₉
	Stiftanker	17 280
Tissot	17.5, 17.5—1, 17.5—21, 28.3,	
	28.23, 28.5—1, 28.5—21	19 800
	11.7 T (5 ¹ / ₄ × 6 ³ / ₄) ^{'''} , 13.6 (6 ¹ / ₄ × 8) ^{'''} ,	
15.2, 15.3 (6 ³ / ₄ × 8) ^{'''}	21 600	
Touchon	4 ^{'''} rechteckig	21 000
Universal	5 ¹ / ₄ ^{'''} 220	19 800
Vacheron & Const.	7 ^{'''} oval	20 944 ¹ / ₉
Waltham	Baguette 400	21 600

TABELLE II

Taux de battement par heure	Position de l'interrupteur F	Pointes sur 36 mm	Inclinaison en secondes / jour
12 000	gauche	2	0
12 600	gauche	7	0
14 400	droite	2	0
17 280	droite	4	0
17 897 ¹ / ₇	droite	7	— 40
18 514	droite	2	0
19 332	gauche	4	+ 67
20 160	gauche	6	+ 105
20 222	gauche	5	+ 77
20 944 ⁴ / ₉	droite	7	+ 38
21 000	droite	7	0
21 031 ¹ / ₉	droite	4	+ 61
21 306,12	droite	8	+ 8
24 000	gauche	4	0
30 000	gauche	5	0

TABELLE III

décimales	lignes	décimales	lignes
0,1	10	0,5555	9
0,1111	9	0,5714	7
0,125	8	0,6	5
0,1428	7	0,625	8
0,1666	6	0,6666	3
0,2	5	0,7	10
0,2222	9	0,7142	7
0,25	4	0,75	4
0,2857	7	0,7777	9
0,3	10	0,8	5
0,3333	3	0,8333	6
0,375	8	0,8571	7
0,4	5	0,875	8
0,4285	7	0,8888	9
0,4444	9	0,9	10
0,5	2		

Comment régler une montre avec le

CHRONOGRAFIC?

Les lignes suivantes ne veulent pas dicter à l'expert bien formé comment il doit régler une horloge, elles sont uniquement destinées à inciter à une opération rationnelle.

Corrigez toujours une erreur à la fois et remettez le travail sur le microphone pour étudier l'influence sur le diagramme. C'est le seul moyen de se familiariser rapidement avec les effets de diverses erreurs.

À chaque travail, la question se pose de savoir quel type d'exactitude réglementaire on peut exiger. Bien entendu, les erreurs à prendre en compte dépendent entièrement de la qualité. Ne vous laissez pas échanger contre un nombre impressionnant de pierres, leur qualité de fabrication et le soin apporté à leur mise en place sont bien plus importantes.

Faites preuve de bon sens et n'essayez pas, de manière exagérée, de créer un chronographe à partir d'une montre Roskopf!

Le tableau devrait donner un indice général sur ce que l'on peut attendre d'une œuvre, en fonction de la qualité. La condition pour la régulation d'un travail est une condition mécaniquement parfaite. Il convient de noter en particulier les points suivants: Développement libre du ressort de traction.

Jeu gratuit de tout le train d'engrenages. Équilibre sans repos, rond et plat. Pas de vis d'équilibrage et de blocs de levier desserrés. Siège fixe, centrage précis et position à plat de la spirale sur le rouleau.

Développement concentrique de la dernière action en spirale dans la zone des broches arrière. Aucun jeu de lame en spirale dans les stylos arrière.

Pas de dos lâches. Démagnétisation complète. Tous les trous de pierre et les cônes nettoyés correctement et professionnellement.

L'amplitude de la perturbation doit être de 540 s ou plus en position horizontale, mais ne doit en aucun cas entraîner de rebondissement. La diminution de la vibration dans les couches verticales devrait atteindre au maximum 90 °.

Commencez toujours la régulation avec la position à plat, car les erreurs de centre de gravité et les frottements sont éliminés et portez le rapport environ une minute. Ensuite, vérifiez l'isochronisme comme décrit dans le chapitre, puis procédez à la correction du centre de gravité et des erreurs de position.

Une fois que l'équipement a été ramené dans les niveaux acceptables, réglez la montre à l'heure et laissez-la fonctionner pendant 24 heures en position verticale principale. S'il n'y a pas de valeur du rapport qui soit très différente du résultat de CHRONOGRAFIC, l'horloge peut être remise au client. Avant de les remettre à l'heure exacte et de demander au client de contrôler l'horloge même après le signe de l'heure de la radio ou après environ deux jours, de le ramener à nouveau, sans changer le pointeur des mains. Tout écart résultant doit être réglé selon la procédure décrite dans les "Informations générales sur la régulation rapide". Pour une montre de précision, il peut être nécessaire de répéter cette procédure une ou deux fois. De cette manière, même les clients les plus exigeants seront rapidement satisfaits.

Les situations de test:

- Montres de poche:** 6 Position: cadran en haut et en bas
 Couronne en haut, en bas, à gauche et à droite
- 4 Position: cadran en haut
 Couronne en haut à gauche et à droite
- 2 Position: cadran en haut
 Couronne dessus
- 1 Position: couronne en haut, horloge inclinée à 45 °
- Montres-bracelets:** 6 Position: Cadran en haut et en bas
 Couronne vers le bas, en haut, à gauche et à droite
- 4 Position: Cadran en haut
 Couronne en bas, gauche et droite
- 2 Position: cadran en haut
 Couronne en dessous
- 1 Position: couronne en bas, horloge 45 ° inclinée vers l'arrière
- Position verticale principale:
 Montres de poche: couronne au-dessus
 Montres-bracelets: couronne en bas

LIMITES D'ERREUR DE DIFFÉRENTES EXÉCUTIONS DE TRAVAIL

Type de montres	Nombre d'essais	Retard par 24 heures	Erreur de température +5° / +25°	Isochronisme sur 24 heures
A. Montres de poche -Mouvement de précision	6	5 Sek.	5-10 Sek.	5-10 Sek.
- Durchschnittsqualität (bon courant)	4	30 Sek.	30-60 Sek.	30-60 Sek.
- Ancres simples, alévé levier de broche	2	1 Min.	1-2 Min.	2-3 Min.
- Ancre à goupille bon marché, cylindre	1	2-3 Min.	2-5 Min.	3-5 Min.
B. montres-bracelets -Mouvement de précision	6	10 Sek.	10 Sek.	10-20 Sek.
-Qualité moyenne (bon courant)	4	30-60 Sek.	30-60 Sek.	40-80 Sek.
- Simple ancre, bon levier de broche	2	1-2 Min.	1-2 Min.	2-3 Min.
- Ancre à goupille bon marché, cylindre	1	3-5 Min.	3-5 Min.	5-10 Min.

Aus unserem Fabrikationsprogramm:



SPIROMATIC

Elektronisches Gerät zum Abgleichen der Unruhspiralen in der Serienfertigung.



Document 3 : Fiche technique de l'huile "Microgliss D-5" de Moebius (© Moebius)

TECHNICAL DATA

MICROGLISS D-5

Huile classique pour la micromécanique



Description

Le groupe Microgliss D est décliné avec plusieurs viscosités croissantes de D-2 à D-5. Ces huiles sont une combinaison d'huiles minérales et végétales raffinées et spécialement additivées pour apporter une très bonne stabilité et une excellente résistance à la pression.



Caractéristiques techniques (valeurs indicatives)

Aspect	Brun-vert
Viscosité à 0°C	7300 cSt
Viscosité à 20°C	1200 cSt
Viscosité à 40°C	295 cSt
Point de figeage	-10 °C
Densité à 20°C	0.900 g/ml
Indice de réfraction à 20 °C	1.494
Acidité	2.0 mg KOH / g

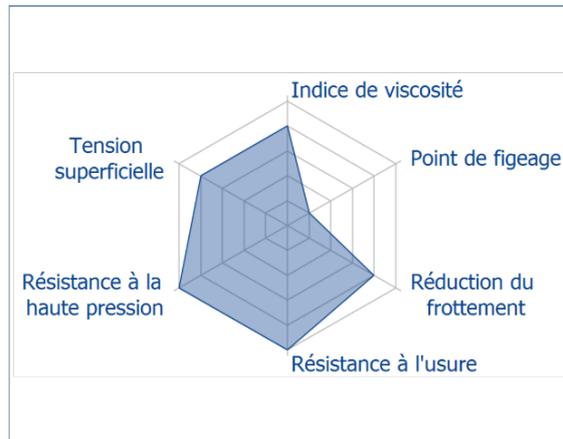
Onctuosité / Pouvoir lubrifiant	
Viscosité / Texture	
Résistance Vieillessement / Stabilité	
Adhérence / Tenue	
Compatibilité	Métaux et polymères
Application	Universelle
Durée de conservation	3 ans
Plage de température	-5 °C à +80 °C

Domaines d'application

Huile classique universelle employée pour :

- Micromécanique de précision (montre, minuterie, appareil de mesure, outils, ...)
- Instrumentation de bord et compteurs (automobile, aéronautique, naval,...)
- Micromoteurs et moteurs pas-à-pas
- Lubrification de mobiles lents soumis à des pressions et couples importants (engrenage, certains rouages,...)
- Lubrification de pièces dans des environnements difficiles nécessitant une bonne protection contre la corrosion et haute pression

Carte radar

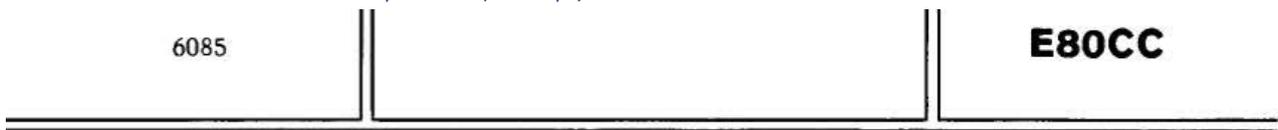


Stockage

Nous recommandons de conserver les produits Moebius dans leur emballage d'origine, protégés de la lumière, dans un endroit propre et sec et à une température idéale de 15 à 22 °C.



Document 4 : Fiche constructeur de la lampe E80CC (© Philips)



S.Q. TUBE

Special quality double triode designed for use as A.F. and D.C. amplifier.



QUICK REFERENCE DATA	
Life test	10 000 hours Low interface resistance after long periods of operation under cut-off conditions
Mechanical quality	Shock and vibration resistant
Base	Noval. Gold plated pins
Heating	Indirect A.C. or D.C. Series or parallel supply
Heater voltage	V_f 12.6 6.3 V
Heater current	I_f 0.3 0.6 A
Anode voltage	V_a 250 V
Grid voltage	V_g -5.5 V
Mutual conductance	S 2.7 mA/V

DIMENSIONS AND CONNECTIONS

Dimensions in mm

Base: Noval

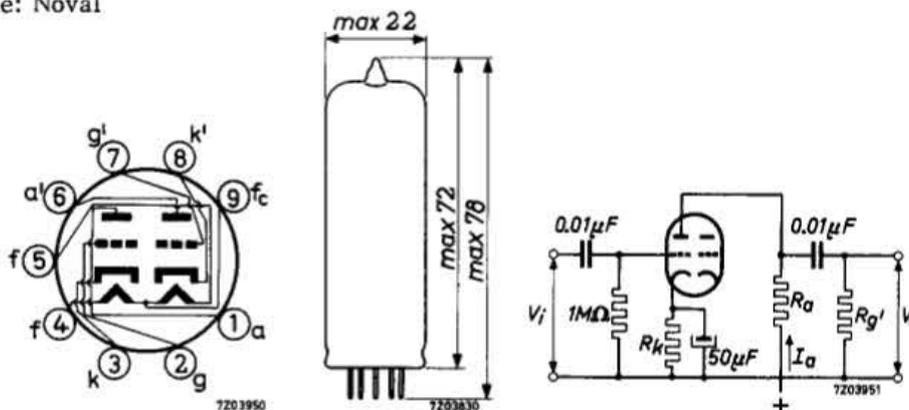


Fig. 1

E80CC**CHARACTERISTICS**

Column I Nominal value or setting of the tube

II Range values for equipment design: Initial spread

III Range values for equipment design: End of life

		I	II	III	
Heater voltage	V_f	12.6			V
Heater current	I_f	300	285 - 315		mA
Anode voltage	V_a	250			V
Cathode resistor	R_k	920			Ω
Anode current	I_a	6.0	5.4 - 6.6	min. 4.3	mA
Transconductance	S	2.7	2.2 - 3.2	min. 1.8	mA/V
Amplification factor	μ	27			
Internal resistance	R_i	10	min. 7		k Ω
Negative grid current	$-I_g$		max. 0.5	max. 1.0	μA
<u>Difference in anode current of two sections</u>	$ I_a - I_a' $		max. 3.0		mA
Anode voltage	V_a	250			V
Negative grid voltage	$-V_g$	5.5			V
<u>Cut-off voltage</u>	$-V_g$	17			V
Anode voltage	V_a	250			V
Anode resistor	R_a	1			M Ω
Anode current	I_a		max. 15		μA
<u>Hum voltage</u>	V_g		max. 75		μV_{RMS}
Grid resistor $R_g = 0.5 M\Omega$					
<u>Leakage current between cathode and heater</u>	I_{kf}		max. 12		μA
Voltage between cathode and heater $V_{kf} = 120 V$					
Cathode heating time		16	max. 23		sec
Cathode cooling time			min. 13		sec

E80CC

CAPACITANCES

		External screen		Without external screen		
		I	II	I	II	
Anode to cathode and heater	$C_{a/kf}$	3.5	2.8 - 4.2	0.45		pF
Grid to cathode and heater	$C_{g/kf}$	2.6	1.9 - 3.3	2.4		pF
Anode to grid	C_{ag}	3.0	2.4 - 3.6	3.1		pF
Grid to heater	C_{gf}		max.0.23		max.0.23	pF
Cathode to heater	C_{kf}	4.8		4.8		pF
Anode to cathode and heater	$C_{a'/k'f}$	3.0	2.3 - 3.7	0.55		pF
Grid to cathode and heater	$C_{g'/k'f}$	2.6	1.9 - 3.3	2.4		pF
Anode to grid	$C_{a'g'}$	3.0	2.4 - 3.6	3.0		pF
Grid to heater	$C_{g'f}$		max.0.23		max.0.23	pF
Cathode to heater	$C_{k'f}$	4.8		4.8		pF
Anode to anode other section	$C_{aa'}$	1.3	0.9 - 1.7	1.45		pF
Grid to grid other section	$C_{gg'}$		max. 13		max. 13	mpF
Anode to grid other section	$C_{ag'}$		max. 0.1		max. 0.1	pF
Grid to anode other section	$C_{ga'}$		max. 65		max. 65	mpF

SHOCK AND VIBRATION RESISTANCE

The following test conditions are applied to assess the mechanical quality of the tube. These conditions are not intended to be used as normal operating conditions.

Shock

The tube is subjected 5 times in each of 4 positions to an acceleration of 500 g supplied by an NRL shock machine with the hammer lifted over an angle of 30°.

Vibration

The tube is subjected during 32 hours in each of 3 positions to a vibration frequency of 50 Hz with an acceleration of 2.5 g.

E80CC**LIFE**

Production samples are tested to be within the end of life values (column III) under the following conditions during 10 000 hours.

Heater voltage	V_f	6.3 V
Anode voltage	V_a	250 V
Cathode resistor	R_k	920 Ω

LIMITING VALUES (Absolute max. rating system)

Anode voltage	V_{a0}	max. 600 V
	V_a	max. 300 V
Anode dissipation	W_a	max. 2 W
Cathode current	I_k	max. 12 mA
Cathode current peak value	I_{kp}	max. 150 mA
Grid current peak value		max. 30 mA
Duty factor		max. 0.005
Pulse duration		max. 10 μ s
Cathode current peak value	I_{kp}	max. 30 mA
Grid current peak value		max. 2 mA
Duty factor		max. 0.2
Pulse duration		max. 400 μ s
Grid voltage	$-V_g$	max. 200 V
Grid current, average value	I_g	max. 0.3 mA
peak value	I_{gp}	max. 30 mA
Voltage between cathode and heater	V_{kf}	max. 120 V
Bulb temperature	t_{bulb}	max. 170 $^{\circ}$ C
Grid resistor (automatic bias)	R_g	max. 1 M Ω
Grid resistor (fixed bias)	R_g	max. 0.5 M Ω

Heater voltage. The average heater voltage should be 6.3 V or 12.6 V. Variations of the heater voltage exceeding the range of 6.0 V to 6.6 V or 12.0 to 13.2 V will shorten the tube life. The tolerance of heater current (column II) should be taken into account.

E80CC

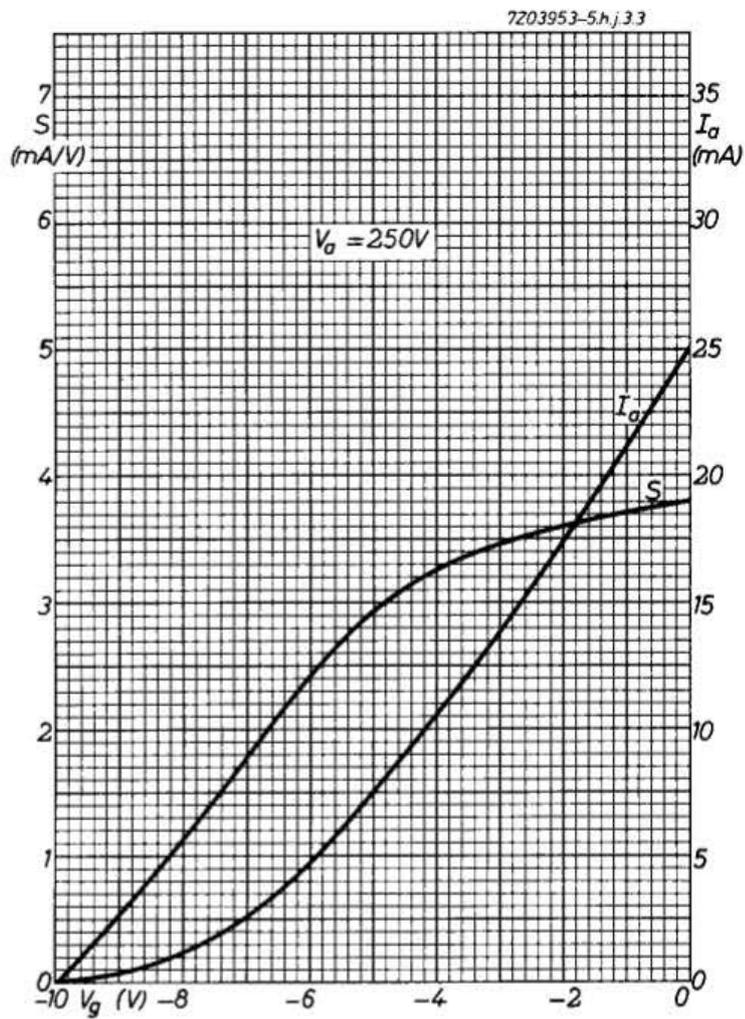
OPERATING CHARACTERISTICS

Resistance coupled A.F. amplifier. Fig.1 page 1

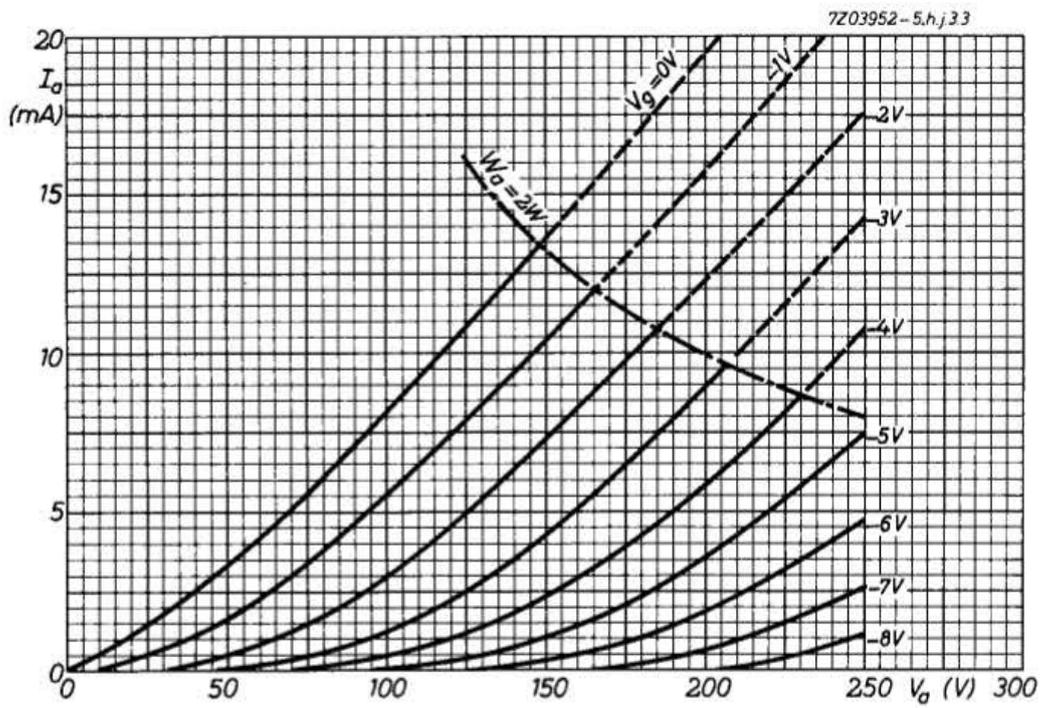
Anode supply voltage	V_{ba}	200	250	300	350	400	V
Anode resistor	R_a	47	47	47	47	47	k Ω
Cathode resistor	R_k	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	k Ω
Grid resistor	$R_{g'}$	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	M Ω
Anode current	I_a	1.86	2.45	3.15	3.80	4.40	mA
Voltage gain	V_o/V_i	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	
Output voltage at $+I_g = 0.3 \mu A$	V_o	20	30	40	50	60	V_{RMS}
Total distortion ¹⁾	d_{tot}	3.3	3.8	4.0	4.1	4.2	%
Anode supply voltage	V_{ba}	200	250	300	350	400	V
Anode resistor	R_a	100	100	100	100	100	k Ω
Cathode resistor	R_k	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	k Ω
Grid resistor	$R_{g'}$	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	M Ω
Anode current	I_a	1.00	1.30	1.65	1.95	2.30	mA
Voltage gain	V_o/V_i	20	20	20	20	20	
Output voltage at $+I_g = 0.3 \mu A$	V_o	22	32	42	52	63	V_{RMS}
Total distortion ¹⁾	d_{tot}	3.1	3.4	3.5	3.6	3.7	%
Anode supply voltage	V_{ba}	200	250	300	350	400	V
Anode resistor	R_a	220	220	220	220	220	k Ω
Cathode resistor	R_k	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	k Ω
Grid resistor	$R_{g'}$	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	M Ω
Anode current	I_a	0.52	0.67	0.83	0.99	1.15	mA
Voltage gain	V_o/V_i	21	21	21	21	21	
Output voltage at $+I_g = 0.3 \mu A$	V_o	19	29	38	47	58	V_{RMS}
Total distortion ¹⁾	d_{tot}	2.3	2.6	3.0	3.1	3.2	%

¹⁾ At lower output voltages the distortion is proportionally lower.

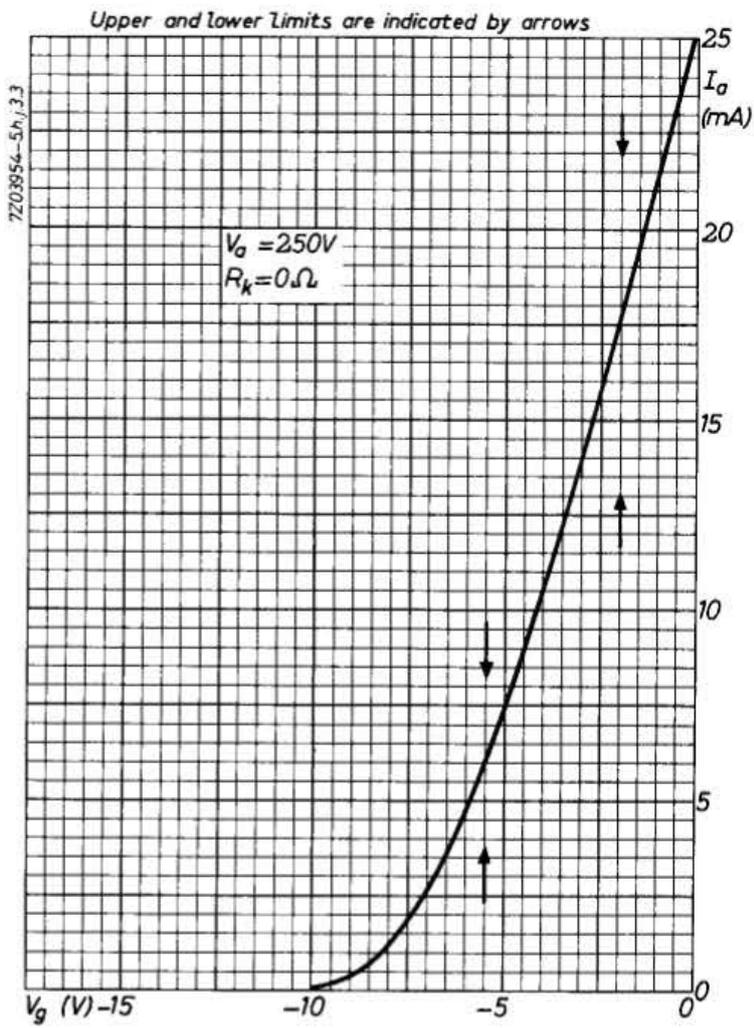
E80CC



E80CC



E80CC





E80CC

page	sheet	date
1	1	1968.12
2	2	1968.12
3	3	1968.12
4	4	1968.12
5	5	1968.12
6	6	1968.12
7	7	1968.12
8	8	1968.12
9	FP	2000.11.11

Document 5 : Fiche constructeur de la lampe 5727 (PL21) (© Mazda Belvu)

**MAZDA
BELVU**

THYRATRON TETRODE

Sécurité "Cinq Etoiles"

5727
2D21W
★★★★★

Le 5727/2 D 21 W est un thyatron tétrode de caractéristiques analogues à celles du 2 D 21.

Ce tube a été conçu pour résister aux chocs et vibrations auxquels peuvent être soumis les équipements mobiles employés en particulier dans l'Aéronautique ou les appareils électroniques utilisés dans l'Industrie.

Le filament du 5727/2 D 21 W est apte à supporter un minimum de 5 000 allumages et extinctions successifs.

CARACTERISTIQUES GENERALES

Cathode à chauffage direct

Alimentation du filament en parallèle

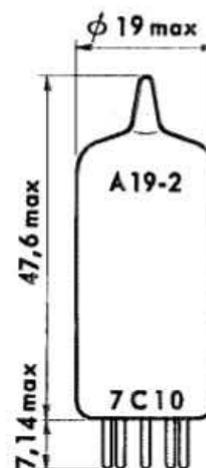
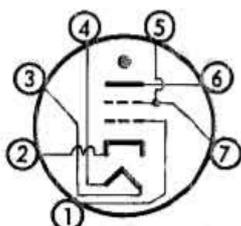
Tension filament	Vf	6,3 V
Courant filament	If	600 mA
Ampoule		A 19-2
Embase		7 C 10
Position de montage		quelconque

Capacités interélectrodes

Capacité grille n° 1/anode	Cg _{1/a}	0,026 pF
Capacité d'entrée	Ce	2,4 pF
Capacité de sortie	Cs	1,6 pF

BROCHAGE ET ENCOMBREMENT

- Broche n° 1 Grille n° 1
- Broche n° 2 Cathode
- Broche n° 3 Filament
- Broche n° 4 Filament
- Broche n° 5 Grille n° 2
- Broche n° 6 Anode
- Broche n° 7 Grille n° 2



5727
2D21W
 ★★★★★

MAZDA
BELVU

LIMITES MAXIMALES D'UTILISATION
 Système des limites absolues

Fonctionnement en relais et en redresseur à grille de commande.

Tension de crête directe d'anode	$V_{a\ cr}$	650 V max
Tension de crête inverse d'anode	$V_{a\ icr}$	1 300 V max
Tension de grille n° 2		
tension de crête avant l'amorçage	$V_{g_2\ cr}$	- 100 V max
moyenne, pendant la conduction (1)	V_{g_2}	- 10 V max
Tension de grille n° 1		
tension de crête avant l'amorçage	$V_{g_1\ cr}$	- 100 V max
moyenne pendant la conduction (1)	V_{g_1}	- 10 V max
Courant de cathode		
Valeur de crête	$I_{k\ cr}$	0,5 A max
Valeur moyenne (1)	I_k	0,1 A max
Valeur de pointe accidentelle pendant		
0,1 seconde max.	$I_{k\ pa}$	10 A max
Courant moyen de grille n° 2 (1)	I_{g_2}	+ 0,01 A max
Courant moyen de grille n° 1 (1)	I_{g_1}	+ 0,01 A max
Tension filament cathode		
filament positif par rapport à la cathode	V_{fk}	25 V max
filament négatif par rapport à la cathode	$-V_{fk}$	100 V max
Résistance en circuit de grille n° 1	R_{g_1}	10 M Ω max
Température de l'ampoule au point le plus chaud...		150° C max

Fonctionnement en impulsions

Tension de crête directe d'anode (2)	$V_{a\ cr}$	500 V max
Tension de crête inverse d'anode	$V_{a\ icr}$	100 V max
Tension de grille n° 2		
tension de crête avant l'amorçage	$V_{g_2\ cr}$	-50 V max
moyenne, pendant la conduction	V_{g_2}	-10 V max
Tension de grille n° 1		
tension de crête avant l'amorçage	$V_{g_1\ cr}$	-100 V max
moyenne, pendant la conduction	V_{g_1}	-10 V max
Courant de cathode		
Valeur de crête	$I_{k\ cr}$	10 A max
Valeur moyenne	I_k	0,01 A max
Courant de crête de grille n° 2	$I_{g_2\ cr}$	20 mA max
Courant de crête de grille n° 1	$I_{g_1\ cr}$	20 mA max

(1) Pendant une période de 30 secondes.

(2) Après la fin de l'impulsion, l'anode doit être portée à une tension inférieure à 10 V pendant 20 μ s au moins.

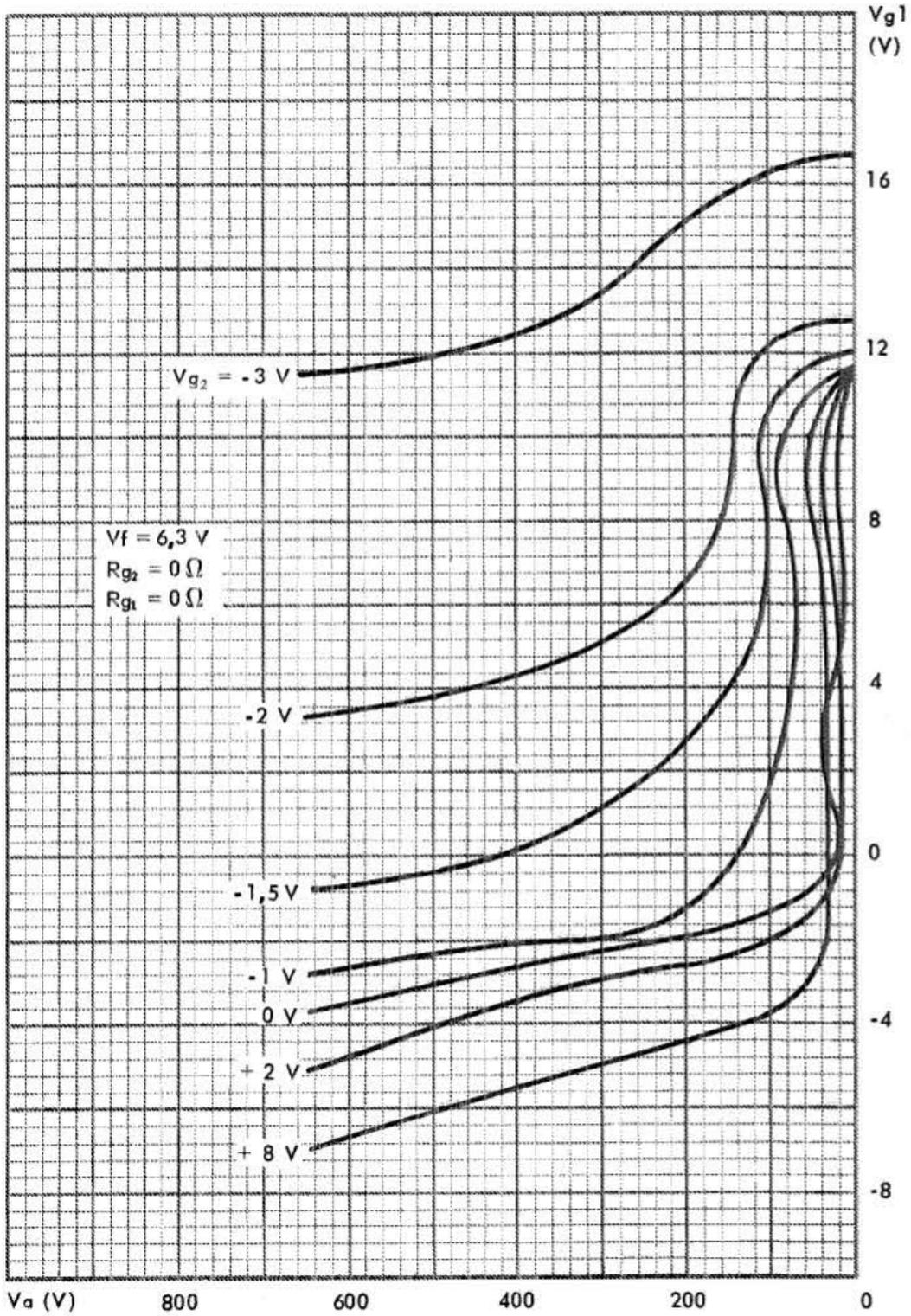
**MAZDA
BELVU**

5727
2 D 21 W
★★★★★

Tension entre filament et cathode	Vfk	0 V max
Résistance du circuit de grille n° 1	Rg ₁	0,5 MΩ max
Résistance du circuit de grille n° 2	Rg ₂	25 kΩ max 2 kΩ min
Fréquence des impulsions	fp	500 Hz max
Durée des impulsions	tp	5 μs max
Variation du courant d'anode	Δia/t	100 A/μs max
CARACTERISTIQUES NOMINALES		
Temps d'ionisation	ti	0,5 μs
Temps de désionisation Va = 125 V; Vg ₁ = 1000 Ω; Ia = 0,1 A		
Vg ₁ = -100 V	tdi	35 μs
Vg ₁ = -10 V	tdi	75 μs
Chute de tension interne		8 V
Rapport de contrôle entre la grille n° 1 et l'anode pour une tension de grille n° 2 nulle et une résistance en circuit de grille n° 1 de valeur nulle		250
Rapport de contrôle entre la grille n° 2 et l'anode pour une tension de grille n° 1 nulle et une résistance en circuit de grille n° 1 de valeur nulle et une résis- tance en circuit de grille n° 2 de la valeur nulle		1000
CONDITIONS NORMALES D'UTILISATION <i>Utilisation en relais</i>		
Tension d'anode	Va	117 400 Veff
Tension de grille n° 2	Vg ₂	0 0 V
Tension alternative sur la grille n° 1 (1)	Vg ₁	5 - Veff
Tension de polarisation de la grille n° 1	Vg ₁	- -6 V
Tension de crête d'entrée	Ve cr	5 6 V
Résistance du circuit de grille n° 1	Rg ₁	1 1 MΩ
Résistance du circuit d'anode (2)	Ra	1200 2000 Ω
<p>(1) Cette tension doit être déphasée d'environ 180° par rapport à la tension d'anode. (2) Une résistance de valeur suffisante doit être employée dans toute utilisation afin de limiter le courant dans le tube à une valeur admissible.</p>		

**MAZDA
BELVU**

5727
2D21W
★★★★★



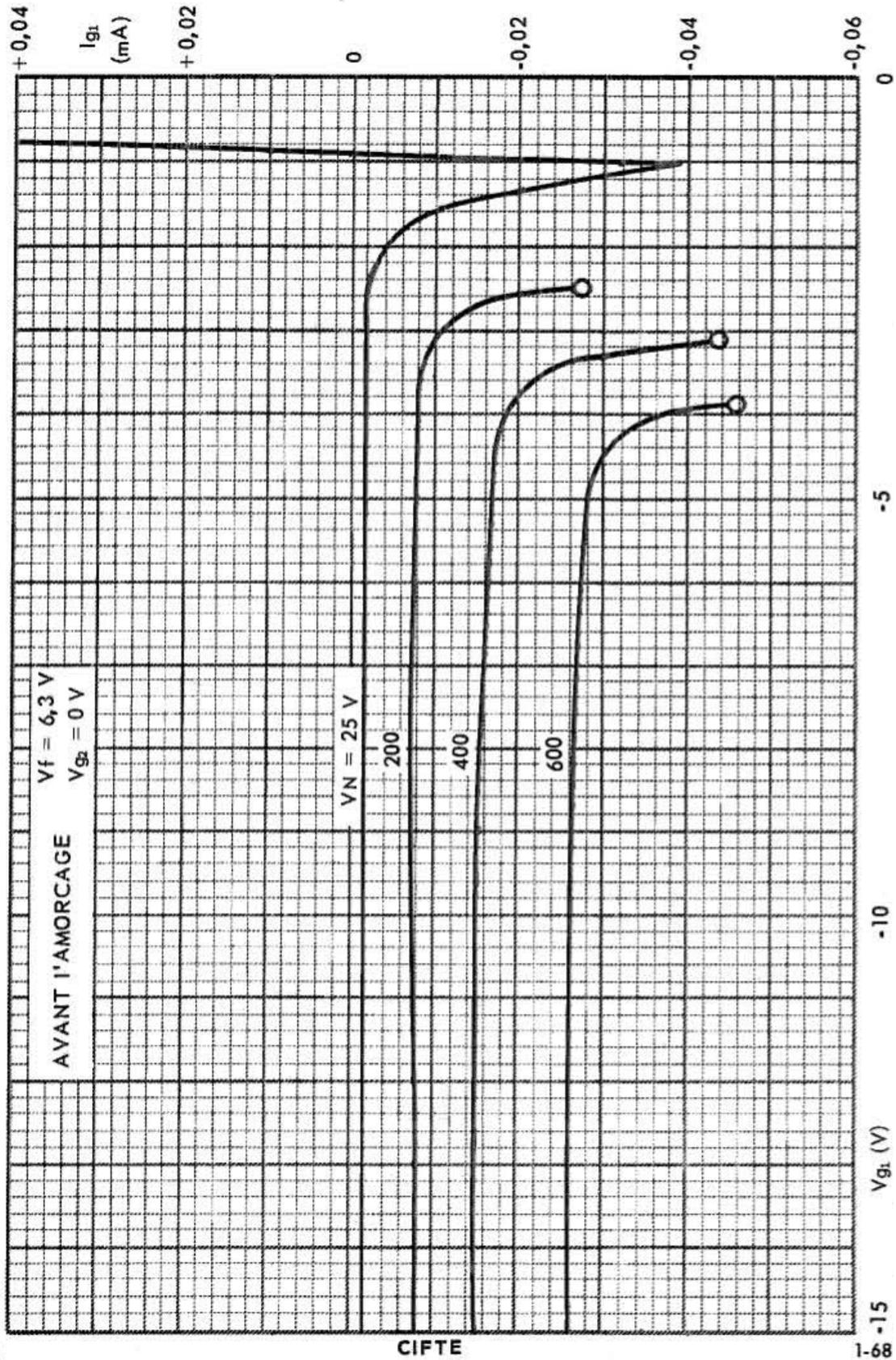
1-68

CIFTE

2.1

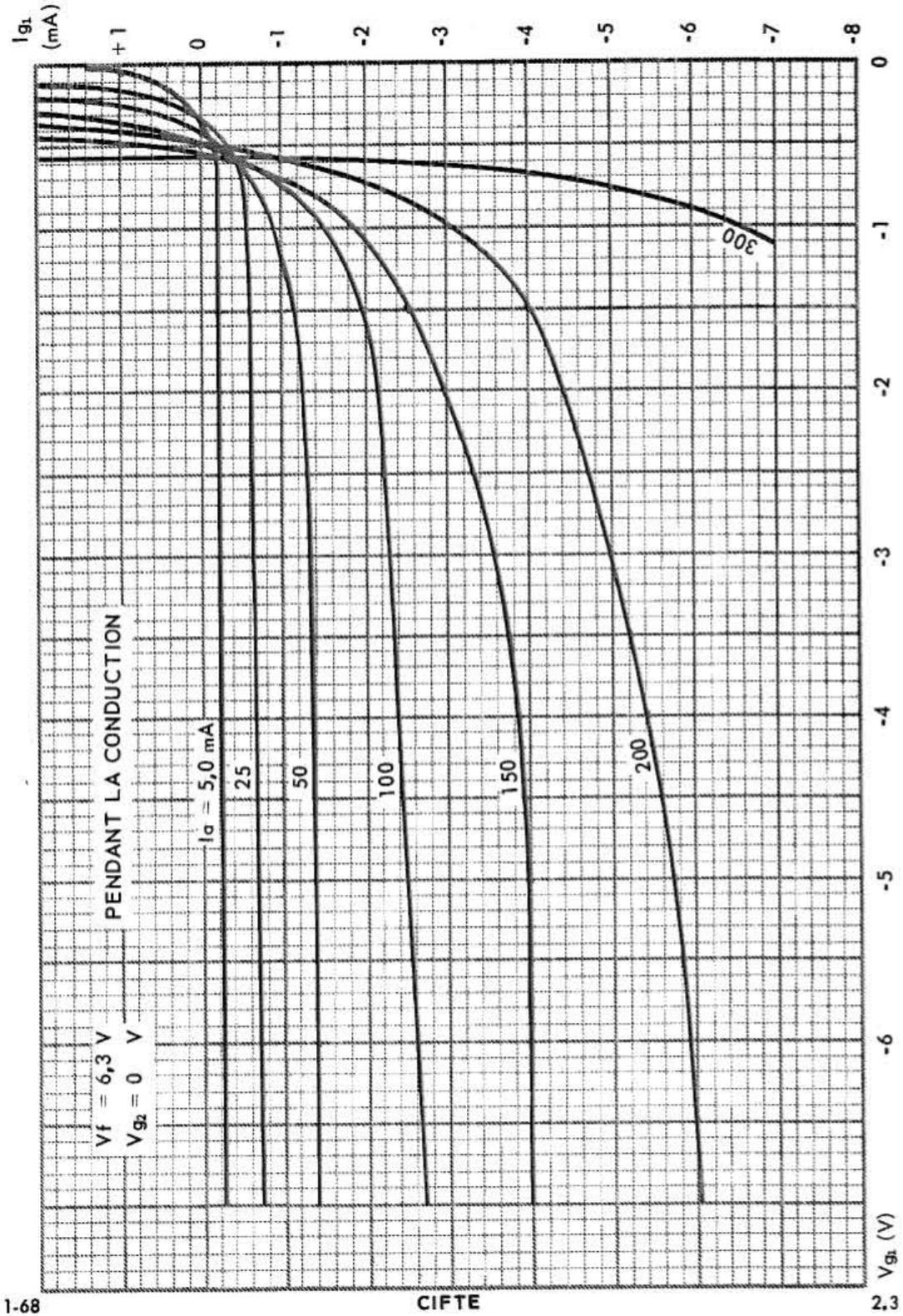
5727
2D21W
★★★★★

MAZDA
BELVU



**MAZDA
BELVU**

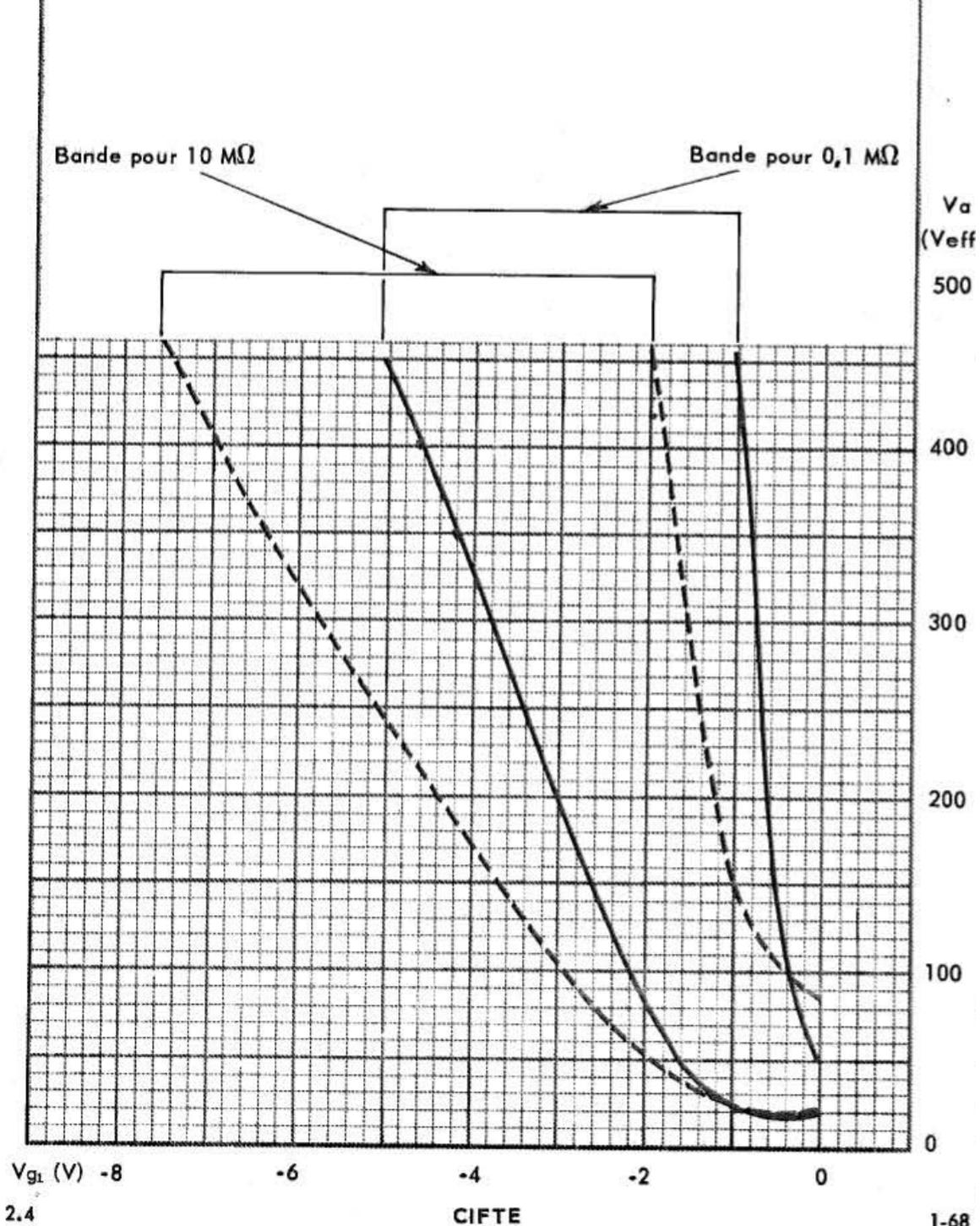
**5727
2D21W
★★★★★**



5727
2D21W
★★★★★

MAZDA
BELVU

Les bandes d'utilisation représentées ci-dessous pour deux valeurs de la résistance du circuit de grille n° 1 ($0,1\text{ M}\Omega$ et $10\text{ M}\Omega$) tiennent compte de la dispersion des caractéristiques en fabrication, du vieillissement du tube et de variations de la tension de chauffage (V_f compris entre $5,7\text{ V}$ et $6,9\text{ V}$).
 $V_{G_2} = 0\text{ V}$



Document 6 : Fiche constructeur de la lampe EL84 (© Mazda Belvu)

**MAZDA
BELVU**

PENTODE DE PUISSANCE
Amplificateur de sortie A.F.

EL 84
6BQ5

CARACTERISTIQUES GENERALES

Cathode à chauffage indirect
Alimentation du filament en parallèle

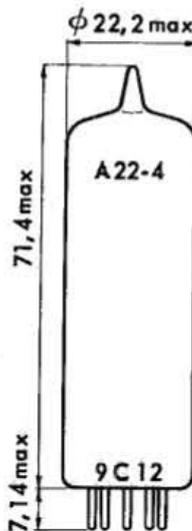
Tension filament	Vf	6,3 V
Courant filament	If	760 mA
Ampoule		A22-4
Embase		9C12 (noval)
Position de montage		quelconque

Capacités interélectrodes (sans blindage extérieur)

Capacité d'entrée	Ce	10,8 pF
Capacité de sortie	Cs	6,5 pF
Capacité grille n° 1/ anode.....	Cg _{1/a}	0,5 pF max
Capacité grille n° 1/ filament.....	Cg _{1/f}	0,25 pF max

BROCHAGE ET ENCOMBREMENT

- Broche n° 1 Connexion interne
- Broche n° 2 Grille n° 1
- Broche n° 3 Cathode et grille n° 3
- Broche n° 4 Filament
- Broche n° 5 Filament
- Broche n° 6 Connexion interne
- Broche n° 7 Anode
- Broche n° 8 Connexion interne
- Broche n° 9 Grille n° 2



EL 84
6BQ5

MAZDA
BELVU

LIMITES MAXIMALES D'UTILISATION

Système des limites moyennes

Tension d'anode à courant nul	$V_{a\ bl}$	550 V max
Tension d'anode	V_a	300 V max 1)
Dissipation d'anode	P_a	12 W max 1)
Tension de grille n° 2 à courant nul	$V_{g_2\ bl}$	550 V max
Tension de grille n° 2	V_{g_2}	300 V max 1)
Dissipation de grille n° 2	P_{g_2}	2 W max
Tension négative de grille n° 1	$-V_{g_1}$	100 V max
Tension négative de grille n° 1 pour un courant de grille n° 1 de + 0,3 μA	$-V_{g_1}$	1,3 V max
Courant de cathode	I_k	65 mA max
Résistance du circuit de grille n° 1	R_{g_1}	1 M Ω max 2)
Résistance du circuit de grille n° 1	R_{g_1}	0,3 M Ω max 3)
Tension entre filament et cathode	V_{fk}	100 V max
Résistance du circuit entre filament et cathode	R_{fk}	20 k Ω max

CARACTERISTIQUES NOMINALES

Tension d'anode	V_a	250	250 V
Tension de grille n° 2	V_{g_2}	250	250 V
Résistance de cathode	R_k	135	210 Ω
Tension de la grille n° 1	V_{g_1}	-7,3	-8,4 V
Courant d'anode	I_a	48	36 mA
Courant de grille n° 2	I_{g_2}	5,5	4,1 mA
Résistance interne	ρ	38	40 k Ω
Pente	S	11,3	10 mA/V
Résistance de charge d'anode	R_a	5,2	7 k Ω
Tension d'entrée	V_e	4,3	3,5 V _{eff}
Puissance de sortie	P_s	5,7	4,2 W
Distorsion	D	10	10 %

(1) Si la tension de chauffage et les tensions positives sont obtenues à partir d'un accumulateur, les valeurs maximales de V_a et de V_{g_2} sont ramenées à 250 V et celle de la dissipation d'anode à 9 W.

(2) Cas d'une polarisation automatique.

(3) Cas d'une polarisation fixe.

**MAZDA
BELVU****EL 84
6BQ5****CONDITIONS NORMALES D'UTILISATION***Amplificateur push-pull, classe B*

Tension d'anode	Va	250	300	V	
Tension de grille n° 2	Vg ₂	250	300	V	
Tension de grille n° 1	Vg ₁	-11,6	-14,7	V	
Résistance de charge entre anodes	Raa	8	8	kΩ	
Tension d'entrée	Ve	0	8	10 Veff	
Courant d'anode	Ia	2×10	2×37,5	2×7,5	2×46 mA
Courant de grille n° 2	Ig ₂	2×1,1	2×7,5	2×0,8	2×11 mA
Puissance de sortie	Ps	0	11	0	17 W
Distorsion totale	Dt	-	3	-	4 %

Amplificateur push-pull, classe AB.

Tension d'anode	Va	250	300	V	
Tension de grille n° 2	Vg ₂	250	300	V	
Résistance de cathode	Rk	130	130	Ω	
Résistance de charge entre anodes	Raa	8	8	kΩ	
Tension d'entrée	Ve	0	8	10 Veff	
Courant d'anode	Ia	2×31	2×37,5	2×36	2×46 mA
Courant de grille n° 2	Ig ₂	2×3,5	2×7,5	2×4	2×11 mA
Puissance de sortie	Ps	0	11	0	17 W
Distorsion totale	Dt	-	3	-	4 %

Amplificateur classe A, montage triode (G2 reliée à l'anode)

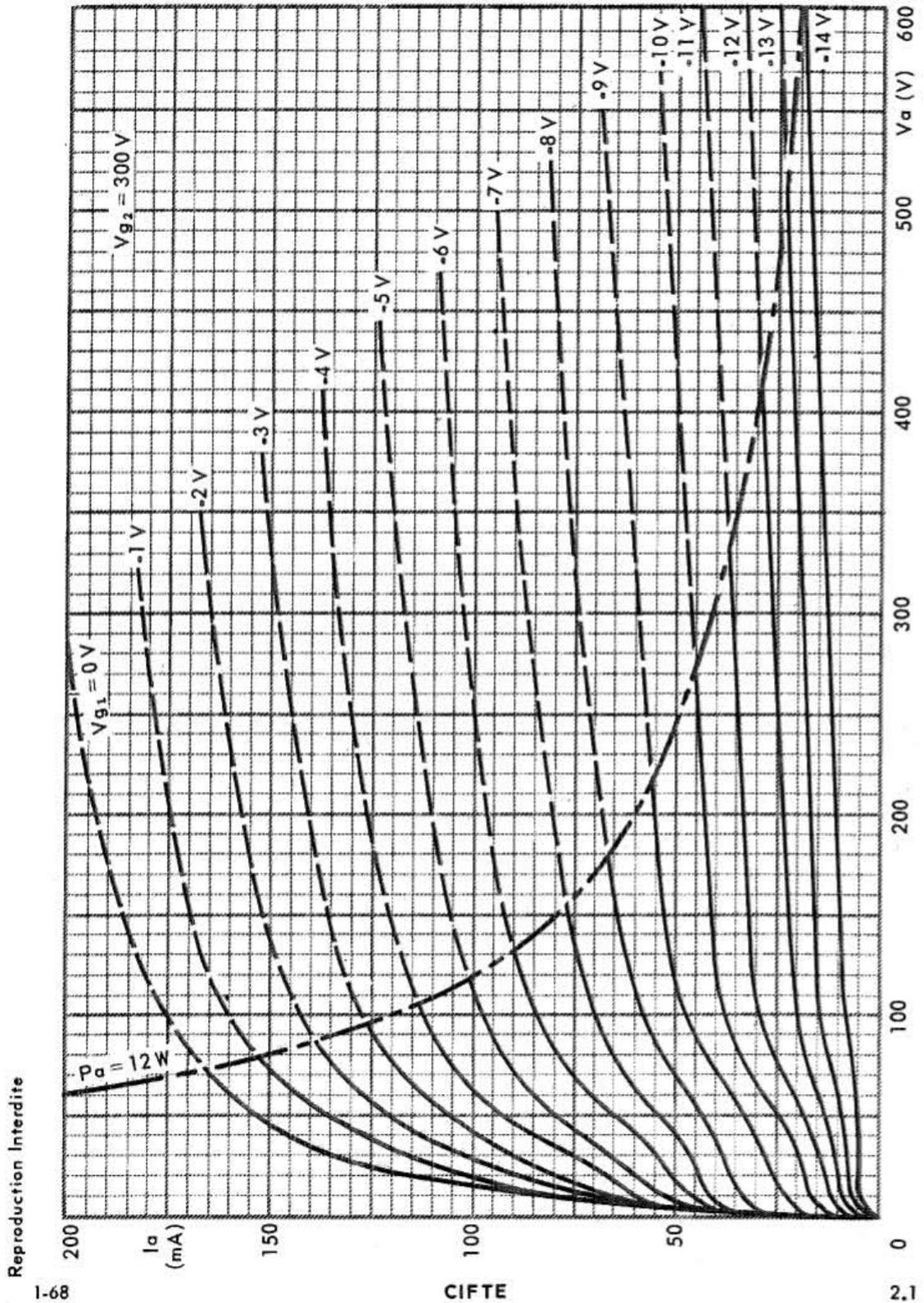
Tension d'anode	Va	250	V		
Résistance de cathode	Rk	270	Ω		
Résistance d'anode	Ra	3,5	kΩ		
Tension d'entrée	Ve	0	1,0	6,7	Veff
Courant d'anode	Ia	34	-	36	mA
Puissance de sortie	Ps	-	0,05	1,95	Watt
Distorsion totale	Dt	-	-	9	%

Amplificateur push-pull, classe AB, montage triode (G2 reliée à l'anode)

Tension d'anode	Va	250	300	V	
Résistance de cathode	Rk	270	270	Ω	
Résistance de charge entre anodes	Raa	10	10	kΩ	
Tension d'entrée	Ve	0	8,3	0	10 Veff
Courant d'anode	Ia	2×20	2×21,7	2×24	2×26 mA
Puissance de sortie	Ps	0	3,4	0	5,2 W
Distorsion totale	Dt	-	2,5	-	2,5 %

**MAZDA
BELVU**

**EL 84
6BQ5**



Reproduction Interdite

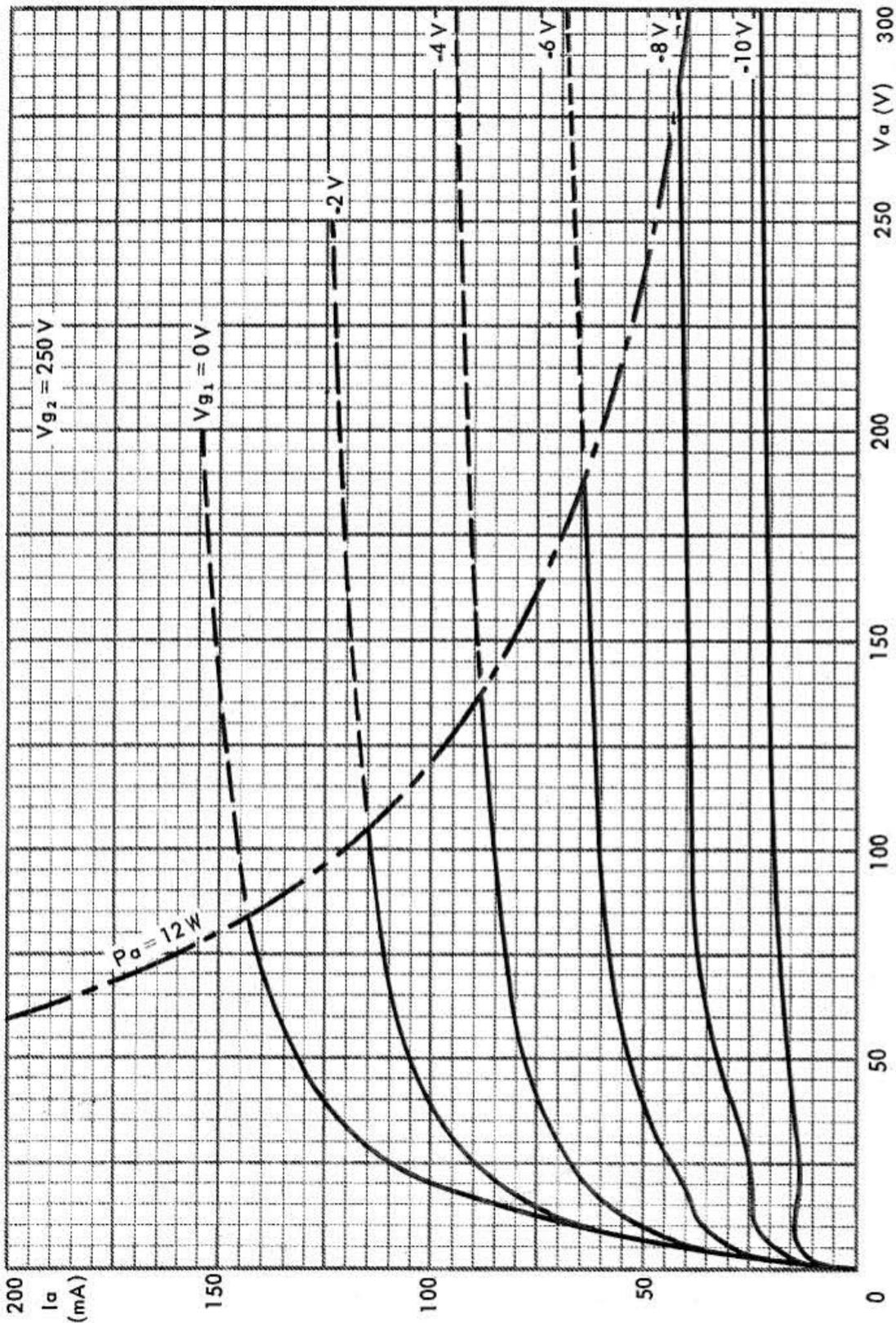
1-68

CIFTE

2.1

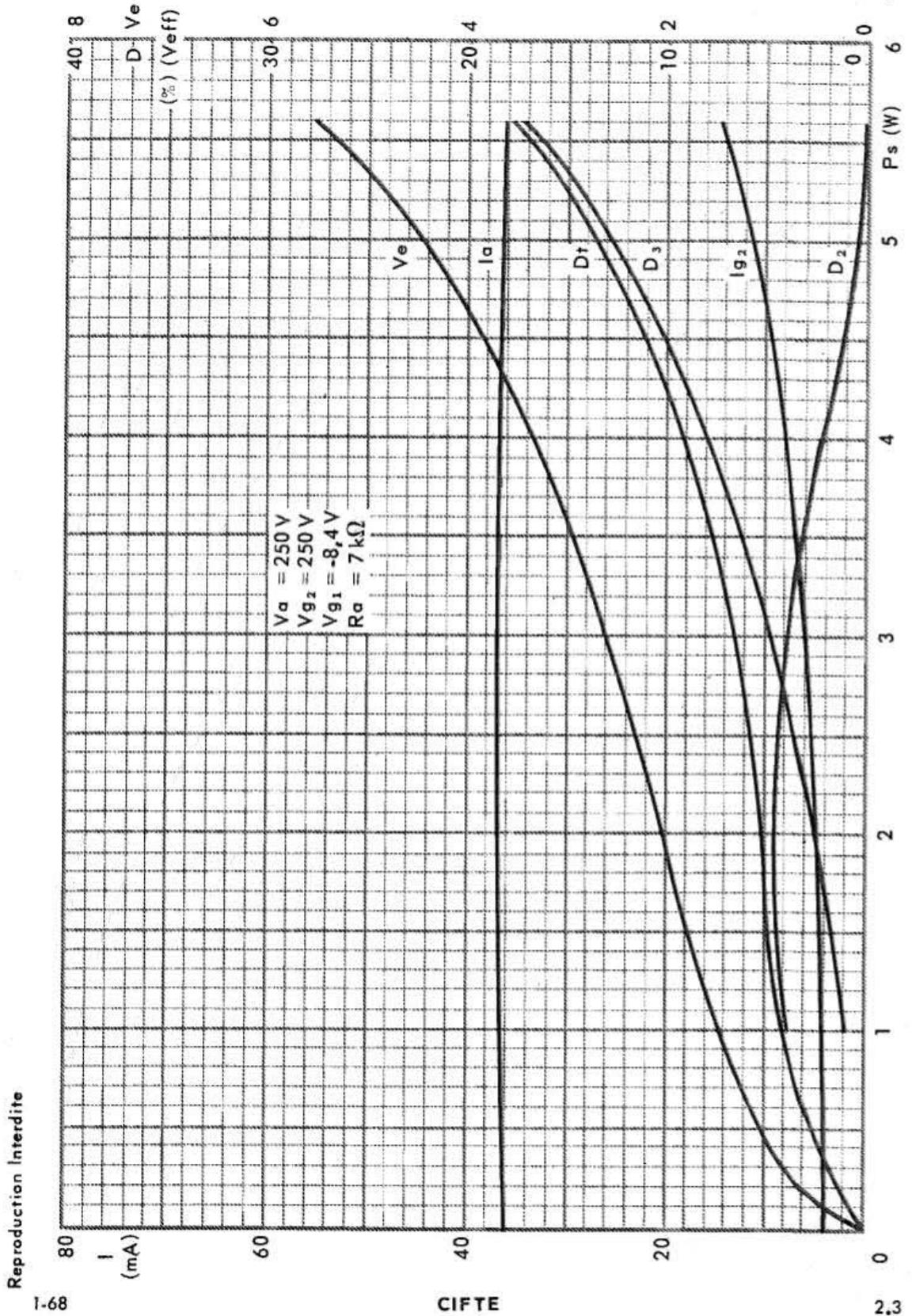
EL 84

6BQ5



**MAZDA
BELVU**

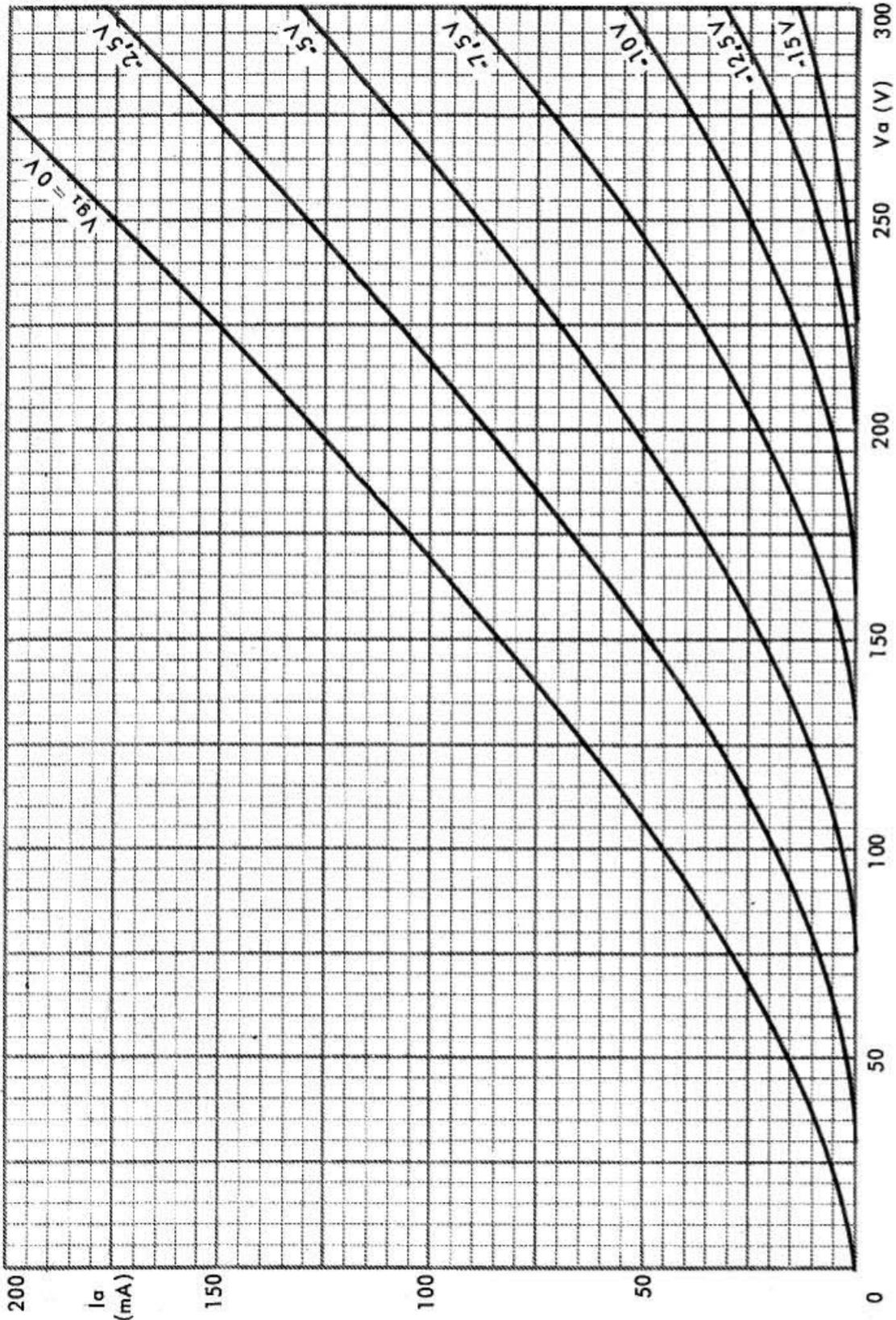
**EL 84
6BQ5**



EL 84 6BQ5



MONTAGE TRIODE





Mode d'emploi du découpe-rouleaux pour Greiner Chronografic :

Cet appareil, réalisé spécialement pour le chrono-comparateur Greiner Chronografic, permet d'obtenir des rouleaux de 48mm de largeur à partir de rouleaux de largeur supérieure (cet outil est livré réglé pour les rouleaux de 57mm de large, qui s'avèrent être les plus standards et simples à se procurer).

L'appareil consiste en un système enrouleur/dérouleur qui va alors dérouler la bobine d'origine d'un côté pour la réenrouler de l'autre sur un nouveau noyau de 48mm de large, une lame située entre les deux bobines permet une découpe à la bonne dimension.

Installation du papier :

Il faut d'abord dévisser les 7 éléments encerclés en figure 2 ci-contre. Nous noterons que les deux vis entourées en vert comportent deux rondelles qui permettent d'obtenir un espacement permettant l'installation des élastiques de maintien des lamelles de guidage. Il est important de les conserver et de les réinstaller ensuite. La vis entourée en bleu permet, en jouant sur son serrage, de gérer la tension du papier lors de la découpe.

Nous accédons donc à l'axe du moulinet (encerclé en rouge sur la figure 3 ci-contre). Il faudra alors y insérer le noyau du rouleau vide (Nous préconisons de conserver ces noyaux lorsque les rouleaux déjà réalisés (au nombre de 7) sont vides afin de ne pas avoir à refaire ces noyaux qui ont été découpés sur mesures). Enfin il suffit de placer le rouleau de 57mm sur l'autre dérouleur et de refermer l'appareil à l'aide des 7 vis.



Figure 1 : Dispositif de découpe

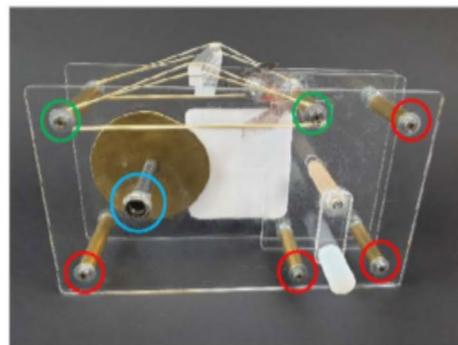


Figure 2 : Vue de dos du dispositif avec papier

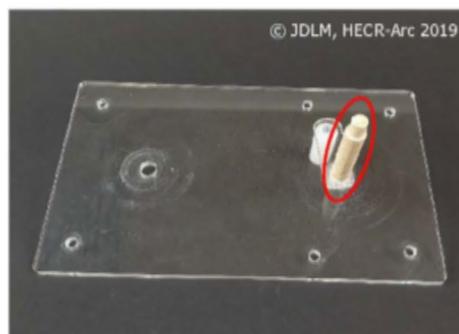
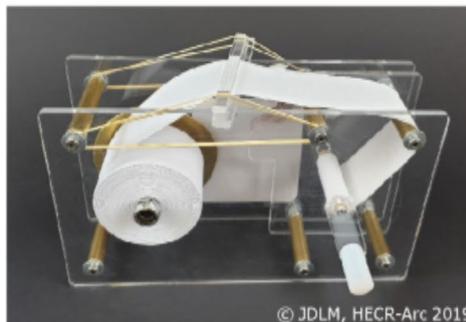


Figure 3 : L'axe du moulinet



Remontage de l'appareil et parcours réalisé par la bande papier :

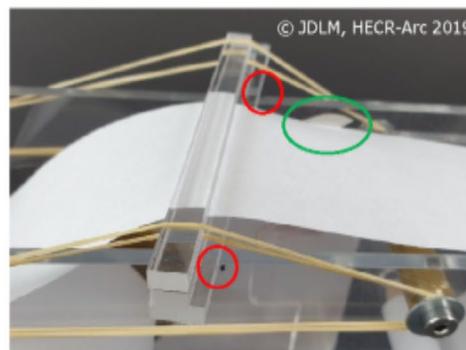
Le papier s'installe comme illustré en figure 4 ci-contre, il passe entre deux lamelles de plexiglass qui le maintiennent à plat à proximité de la lame afin de permettre une découpe régulière du papier.



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 4 : Vue de dos du dispositif avec papier

Ces 3 lamelles de plexiglass, maintenues à l'aide d'élastiques, se placent en respectant les deux marques noires présentes sur l'appareil (encadrées en rouge sur la figure 5 ci-contre). Ainsi le papier sera guidé et arrivera bien à plat contre la lame vissée au bâti (encadrée en vert sur la figure 5 ci-contre).



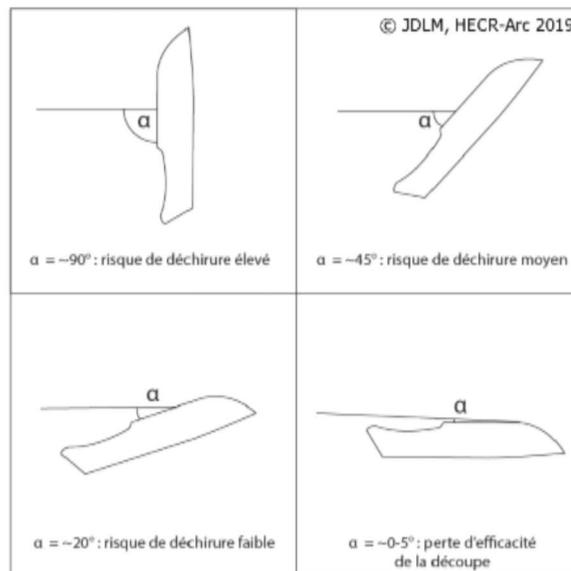
© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 5 : Le positionnement des lamelles de guidage

Les deux lamelles inférieures sont maintenues par un seul élastique, puis on y dépose la troisième lamelle qui sera maintenue par le deuxième élastique, le premier élastique permet d'avoir un espacement pour y faire passer le papier.

La lame utilisée est sujette à l'usure et nous recommandons de la changer lorsqu'elle ne semble plus faire son travail correctement (réurrence de déchirements lors de la découpe, etc.). C'est une lame de scalpel de Type N°10 qui est utilisée sur notre appareil.

Lors de son remplacement on veillera à régler l'inclinaison de la lame de façon optimale, sachant que cet angle jouera un rôle prépondérant sur la qualité de la découpe obtenue. Les effets de l'angle de la lame sont explicités en figure 6 ci-contre. Nous préconisons un angle d'environ 20°, ce réglage s'affine lors d'essais par l'opérateur.



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 6 : Impact de l'angle de la lame

Pour résumer : L'obtention d'une découpe nette et sans accroc dépendra donc de la planéité du papier lors de sa rencontre avec la lame (que l'on fait varier à l'aide des lamelles et du serrage de l'écrou bleu en figure 2), de l'angle d'inclinaison de la lame et enfin de la vitesse et la régularité du mouvement avec lequel l'utilisateur actionnera le moulinet.

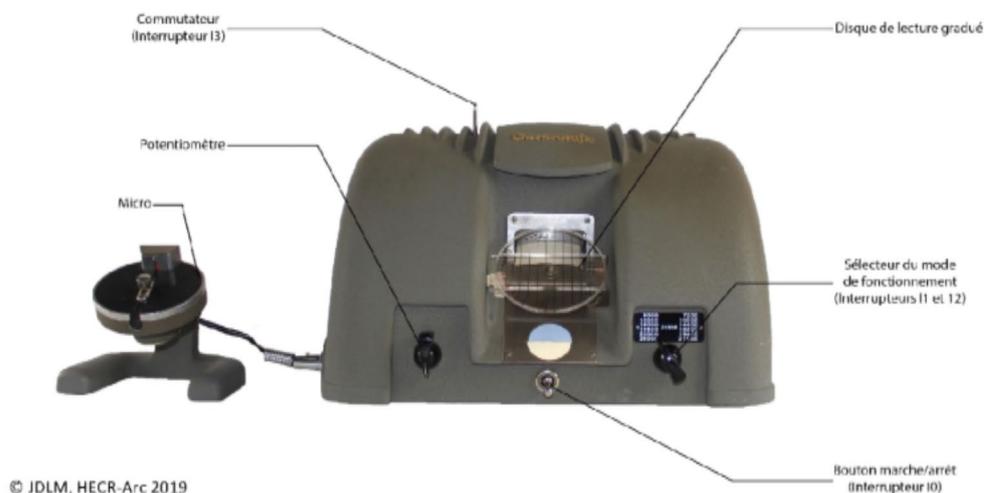


Guide d'utilisateur simplifié du Greiner Chronografic - Fonction de base : La précision journalière de la montre.

Afin de tester une montre pour connaître son avance journalière nous allons devoir passer par un certain nombre d'étapes et de vérifications. Tout d'abord nous recommandons un environnement d'utilisation qui n'est pas ou peu sujet aux poussières, sur une surface plane stable et non soumise à des vibrations et perturbations, sachant que le simple fait d'avoir sur la même table une personne qui rédige sur un clavier d'ordinateur suffit à venir parasiter l'écoute du mouvement horloger par le micro de l'appareil. Voici donc la marche à suivre afin d'utiliser ce chrono-comparateur :

Préparation de l'appareil :

Tout d'abord nous devons nous assurer que l'alimentation se fait bien à l'aide du boîtier abaisseur de tension (230 vers 220V), ensuite, le potentiomètre de gain du micro doit être réglé à son minimum (tourné vers la gauche), enfin, le micro doit être raccordé à l'appareil [Visibles en Figure 1 ci-dessous]. Nous sélectionnons alors le mode de fonctionnement désiré en fonction du nombre d'alternances par jours du mouvement horloger testé.



© JDLM, HECR-Arc 2019

Figure 1 : Nominations des éléments d'interaction du Greiner Chronografic

Nous plaçons ensuite notre montre/mouvement horloger sur le support du micro puis mettons l'appareil sous tension. Après une trentaine de secondes notre appareil est chaud et prêt à l'emploi, nous pouvons alors à l'aide du potentiomètre augmenter progressivement le gain du micro jusqu'à ce que le marquage du papier se fasse à rythme régulier.

Lecture de la courbe obtenue :

Nous obtenons alors un tracé composé de points en relief sur notre papier [comme présenté en Figure 3 ci-dessous], il nous faut alors tourner le disque de lecture jusqu'à ce que ses rayures soient parallèles à notre tracé. [Voir Figure 3 ci-dessous]

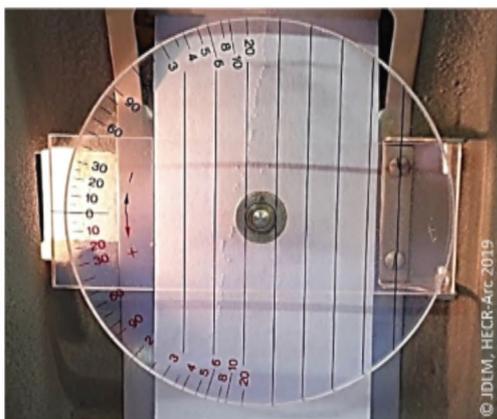


Figure 2 : Aperçu du tracé obtenu

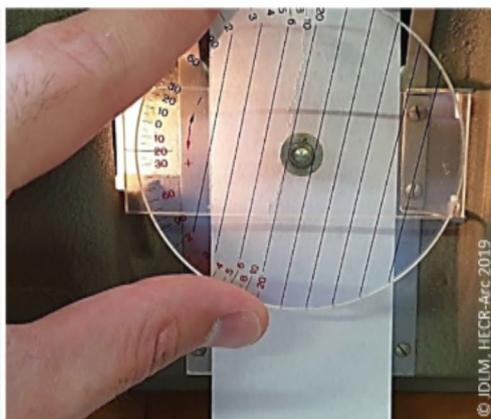


Figure 3 : Ajustement du disque de lecture sur la pente de notre tracé

Nous pouvons alors lire sur la graduation du disque quelle est l'avance ou le retard de notre mouvement horloger, les graduations en rouge correspondent à l'avance, celles en noir correspondent au retard. Dans l'exemple présenté en Figure 4 ci-contre, nous pouvons voir que notre mouvement accuse une avance de 20 secondes par jour.



Figure 4 : résultat de notre mesure

Une fois l'utilisation terminée nous pouvons alors couper la bande de papier utilisée, réduire au minimum le gain du micro à l'aide du potentiomètre et enfin éteindre l'appareil à l'aide du bouton « marche/arrêt ». Nous devons alors attendre un minimum de 15 minutes avant de déplacer notre appareil dans le cas où celui-ci doit être déplacé, ce laps de temps correspond au temps dont ont besoin les lampes pour refroidir. Un déplacement à chaud risque de causer des dommages à notre appareil.



Remplacement du papier :

Le remplacement du papier se fait uniquement lorsque l'appareil est à froid, afin d'éviter de risquer la dégradation du système électrique qui est plus fragile à chaud. Nous ouvrirons alors le capot situé sur le dessus de l'appareil afin de laisser apparaître le rouleau de papier. On pousse alors le commutateur [Voir Figure 1 en page 1] afin de soulever le rouleau de distribution du papier et ainsi libérer la bande de papier.

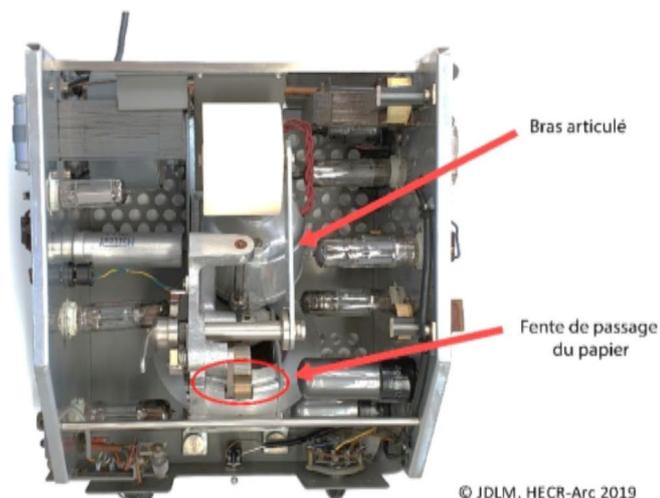


© JDLM, HE-CR-Arc 2019

Figure 5 : Appareil Chronografic avec son capot ouvert

Nous pouvons ensuite soulever le bras articulé [Voir Figure 6 ci-contre] sur lequel est placé le rouleau de papier afin de retirer le rouleau vide et d'y enfiler un rouleau neuf.

Le papier est alors glissé dans la fente de passage du papier [Voir Figure 6 ci-contre] où ce dernier passera entre les deux rouleaux de distribution.



© JDLM, HE-CR-Arc 2019

Figure 6 : Localisation du bras articulé et de la fente de passage du papier

Nous pouvons alors enfin abaisser le commutateur [Voir Figure 1 en page 1] pour à nouveau pincer la bande de papier entre les rouleaux de distribution qui régiront alors la vitesse de distribution du papier.