

Dossier de restauration

Montre de poche

date, mois, lever et coucher du soleil



Noa Bogdanski

2MIR-S-PKa – Technicienne ES en microtechniques, spécialisée en restauration et complications horlogères

CPNE-TI Le Locle

2024

Table des matières

1	Introduction.....	3
1.1	Présentation de la pièce.....	4
1.2	État de la montre.....	4
1.3	Référence de la pièce	4
2	Description esthétique	5
2.1	La boîte	5
2.2	Le cadran	7
2.3	Les aiguilles.....	8
2.4	La cage.....	9
2.5	Le mouvement.....	10
2.5.1	Côté petite platine.....	10
2.5.2	Rouage de temps grande platine	11
2.5.3	Rouage de temps petite platine	12
2.5.4	Rouage minuterie, date et lever coucher grande platine	13
2.5.5	Plaque additionnelle du lever coucher soleil	14
3	Description technique	15
3.1	Le mouvement temps	15
3.1.1	Le barillet	15
3.1.2	La fusée.....	17
3.1.3	Calculs barillet et fusée	18
3.1.4	Organe de transmission.....	21
3.1.5	Organe de distribution	23
3.1.6	L'organe de régulation	28
3.2	Mécanisme de date, mois et lever - coucher du soleil.....	29
3.2.1	Calcul de la latitude	30
4	Historique.....	32
4.1	Montres similaires.....	32
4.2	La montre	38
4.3	Contexte historique en France	42
4.3.1	En Horlogerie.....	42
5	Restauration	43
5.1	Nettoyage	44

5.2	Retirer les bouchons et l'étain	45
5.3	Replantation pivots	47
5.4	Le bouchonnage	49
5.5	Reprise des pivots, ailes et carré.....	50
5.6	Reprise de la verge et du balancier	51
5.7	Nouvelle vis	52
5.8	Changement de la goupille du ressort	52
5.9	Fabrication du bras de levier de l'horizon.....	53
5.10	Reprise des aciers	55
5.11	Reprise des vis	57
5.12	Montage et lubrification du mouvement.....	58
5.13	Les aiguilles.....	59
5.13.1	L'aiguille de rosette	59
5.13.2	Les aiguilles d'affichages	60
5.14	Le disque soleil	64
5.15	Nettoyage de la boîte.....	66
6	Conclusion	67
7	Bilan personnel.....	69
8	Bibliographie.....	70
8.1	Sites web	70
8.2	Livres.....	70
9	Annexe.....	71
9.1	Latitudes de tous les pays	71
9.2	Aiguille d'un travail annexe	78
9.3	Les plans	80

1 Introduction

Dans le cadre de ma troisième année de formation en tant que technicienne ES en restauration et complications horlogères, il m'a été confié de restaurer une montre de poche comportant un échappement à verge, lever/coucher du soleil avec affichage de la date et du mois. Ce projet captivant m'a offert l'opportunité d'explorer les multiples facettes de l'horlogerie.

Ce dossier débute par une présentation approfondie de l'objet à restaurer, mettant en lumière ses aspects esthétiques ainsi que techniques.

Il se poursuit d'un historique permettant de mieux comprendre la montre en lien avec son temps mais également de comment la dater.

Une fois le mouvement minutieusement étudié et toutes les informations nécessaires en main, la seconde partie du rapport se concentrera sur la restauration.

La section dédiée à la restauration explorera les causes des problèmes identifiés et détaillera la méthodologie utilisée pour remettre la montre en état.

En somme, ce rapport se divise en deux parties distinctes. La première offre une exploration approfondie de la montre sur les plans esthétique, technique, et historique, tandis que la seconde se concentre sur les travaux de restauration entrepris, offrant une compréhension complète du processus et des défis rencontrés.



Figure 1: la montre à réception

1.1 Présentation de la pièce

La pièce qui m'a été proposée est une montre de poche de type Lépine datant du début 19^{ème} siècle. La boîte est une demi bassine de style empire, en argent.

Le mouvement composé d'un échappement à roue de rencontre, ainsi que d'une fusée, est doté de complications, qui permettent l'affichage de la date, du mois et du lever - coucher du soleil.

On retrouve le poinçon « tête de Minerve » et un losange sur la boîte. Le mouvement est signé Js Pre Ducommun et F de FG ainsi que juin 1821(à la pointe sèche).



Figure 3: montre coté coq



Figure 2: montre coté cadran

1.2 État de la montre

À réception, la clé d'armage n'a pas été fournie avec la montre.

La montre ne fonctionne pas, la casse de certaines pièces est visible. On peut également apercevoir des traces d'oxydation sur les laitons et j'ai pu constater que des réparations ont déjà été faites auparavant. Le disque du soleil est totalement dépourvu d'émail, le cadran est abimé et les aiguilles cassées ou manquantes.



Figure 4: montre ouverte

1.3 Référence de la pièce

La montre provient du Musée régional de La Sagne et a été confiée à l'atelier de restauration du CPNE-TI au Locle. Son numéro d'inventaire est « 260013 ».

2 Description esthétique

Dans ce chapitre, je vais présenter les aspects esthétiques de la montre. Cette description a pour but de décrire et de mettre en lien l'esthétique de l'objet à une période et une époque afin de pouvoir la dater.

Cette démarche est primordiale en tant que restauratrice, car avant d'entreprendre un travail sur une pièce il est important de comprendre et de connaître son esthétique en rapport avec son époque. Cela assure que lors de la refabrication de pièces manquantes et de la remise en état, l'objet ne soit pas modifié par rapport à ce qu'il était d'origine.

2.1 La boîte

Les dimensions sont : diamètre 52,40mm, épaisseur sur verre 20,20mm.

La boîte, de forme demi bassin, est décorée ; la carrure est plate et guillochée en grain d'orge et le fond est fleuri, accompagné de courbes sinueuses enroulées sur elles même, genre feuilles d'acanthe, respectant une certaine symétrie.

La bélière et l'anneau sont de forme ronde et simple.

La lunette et le mouvement sont montés sur charrière.



Figure 6: Fond de la boîte



Figure 5: boîte vue de coté

La boîte est en argent. On retrouve poinçon de garantie « tête de Minerve 800 millièmes » soit 800^{0/00} d'argent et 200^{0/00} de cuivre. Ce poinçon est apposé dans la boîte et sur la bélière. Un losange est également frappé dans le fond ; c'est le poinçon de maître, mais il m'est impossible de déchiffrer le contenu, seule la lettre « B » est visible. Enfin on retrouve le nombre 63.

Le poinçon de contrôle, tête de Minerve, me permet de dire que la boîte vient de France et que le poinçon est apparu en 1838.

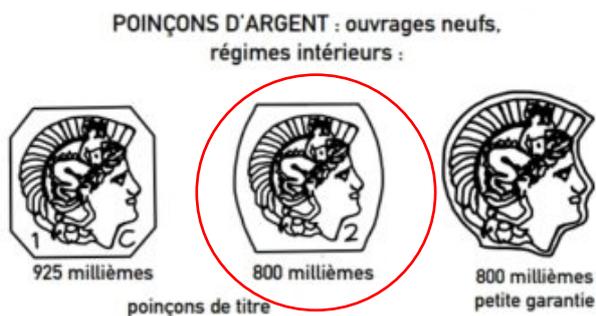


Figure 7: poinçon tête de Minerve 2



Figure 8: poinçons dans fond de boîte

2.2 Le cadran

Les dimensions du cadran sont les suivantes : 47,35mm de diamètre et 0,97mm d'épaisseur, légèrement bombé.

Le cadran est en émail blanc, les indications sont en chiffres arabes et en chiffres romains, peints en noir.

À 12h : -L'affichage du lever /coucher du soleil, à gauche l'inscription « *Lever du Soleil* », et à droite « *Coucher du Soleil* », l'inscription de l'heure du soleil sur 270° commençant à 4 heures et finissant à 8 heures (20 heures) en chiffres arabes, les demi-heures sont marquées d'un point doré. Le liseré au-dessus des chiffres est peint en doré et le dessous est marqué par un fin trait noir.

À 3h: - L'affichage du jour est entouré d'un liseré doré, les jours sont indiquée en chiffres arabes pour les nombres impairs et d'un point doré pour les nombres pairs. L'affichage se fait sur 31 jours.

À 6h: L'affichage de l'heure est inscrit en chiffres romains. La graduation des minutes est en râteau, les quarts d'heure en chiffres arabes et les cinq minutes marqués par un point doré.

À 9h : L'affichage du mois est entouré par un liseré doré, le mois sont indiqués par les trois premières lettres de celui-ci et sont séparés par un point doré. En dessous se trouve le nombre de jour du mois. L'année bissextile n'est pas prise en compte.



Figure 9: cadran

2.3 Les aiguilles

La montre possède quatre aiguilles, une pour l'affichage du jour, une pour les heures, une pour les minutes et une pour le mois.

La forme des aiguilles ressemble à du Breguet et elles sont en acier poli bleui. Elles sont cassées ou manquantes.

L'aiguille du jour ne tient pas correctement sur le carré ce qui peut laisser penser qu'elle n'est pas d'origine, mais nous nous attarderons plus sur la question dans la partie restauration du dossier. Sa forme est particulière, elle a une forme de poire au bout et de croissant en contre poids.



Figure 10: les aiguilles à l'arrivée

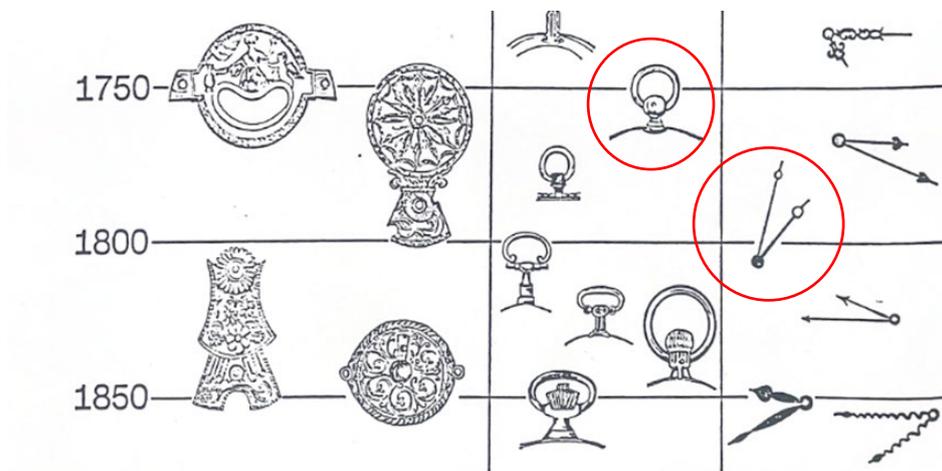


Figure 11: tableau style aiguilles et bélière

2.4 La cage

La cage est en laiton grené doré au mercure. Elle est composée d'une grande platine, d'une petite platine et d'une plaque additionnelle. Les platines sont de forme ronde et sont maintenues par des goupilles traversant les piliers de forme cylindrique.

La petite platine est signée : « J(ona)s P(ier)re Ducommun » et « F de GF ».

Sur la grande platine il est écrit à la pointe « juin 1821 »

Les dimensions : l'épaisseur totale est de 14mm, le diamètre de la grande platine est de 46,70 mm, celui de la petite platine de 44,70mm et l'entre portée de 4,20 mm.

On retrouve un décor canelé sur le pourtour de la grande platine.



Figure 12: les platines et plaque additionnel

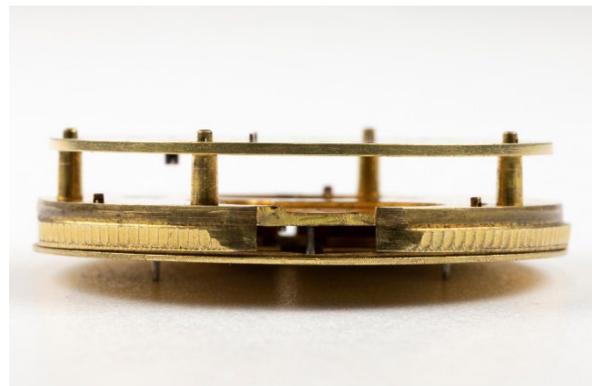


Figure 13: Les platines montées



Figure 14: la signature

2.5 Le mouvement

2.5.1 Côté petite platine

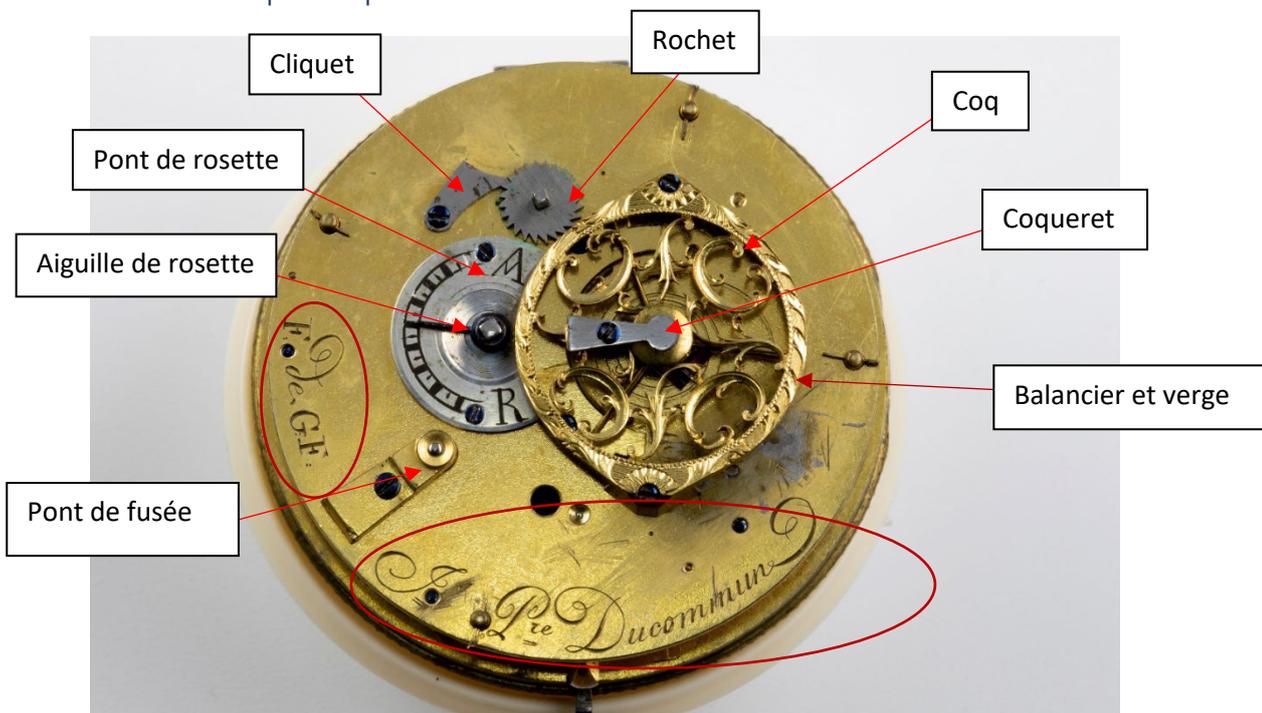


Figure 15: mouvement coté coq

La rosette : elle est en laiton plaque argentée. On y retrouve les inscriptions « avance et retard » ainsi qu'une graduation. Ces inscriptions sont gravées et remplies avec de la cire d'abeille noircie à la poudre de charbon.

L'aiguille de rosette : qui se trouve au-dessus est en acier bleui. Elle permet d'afficher la valeur de déplacement du râteau afin d'affiner le réglage.

Le coq : Il est fabriqué en laiton et doré. C'est un coq que l'on qualifie de Français de par sa forme et ses deux points d'attache. Il est également ciselé, donnant naissance à des formes fines, et souples, en feuilles d'acanthe et l'ensemble reste symétrique. Le coq recouvre entièrement le balancier.

Le coqueret : Il est en acier satiné finement et sert de plaque contre pivot. Sa forme est simple.

La verge : elle se trouve en dessous du coq elle est en acier trempé, maintenue par brasage à l'étain dans la siette du balancier .

Le rochet de pré armage : il est en acier traits tirés fin.

Le cliquet de pré armage : il est en acier poli miroir.

Le pont de fusée : est en laiton et fixé par une vis.

Général : la platine est gravée : « J(ona)s P(ier)re Ducommun » et « F de GF ». Elle est en laiton grené et doré au mercure. Des traces d'étain sont observées ; elles ne sont pas d'origine mais proviennent d'une ancienne réparation. Les vis à tête bombée sont en acier poli et bleui.

2.5.2 Rouage de temps grande platine

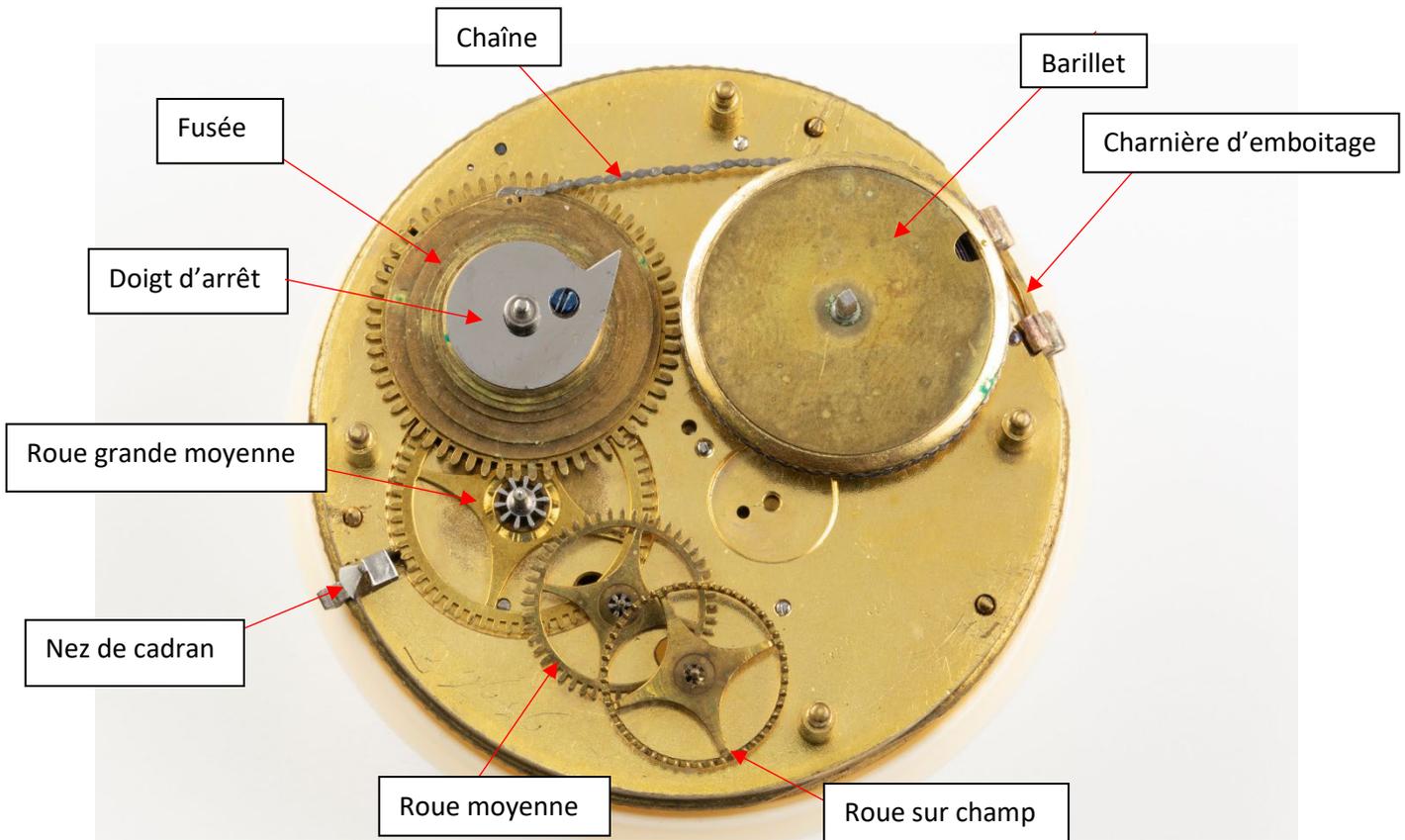


Figure 16: rouage temps grande platine

Les mobiles sont composés d'une roue en laiton doré et d'un pignon en acier avec la face polie.

La fusée : le corps de la fusée est en laiton doré. Son axe est en acier de même que la plaque de doigt d'arrêt.

Le barillet : le tambour et le couvercle sont en laiton doré, l'arbre est en acier et le ressort est en acier.

La chaîne : est composée de maillons et de crochets en acier.

Le nez de cadran : est en acier

La charnière : est en laiton

2.5.3 Rouage de temps petite platine

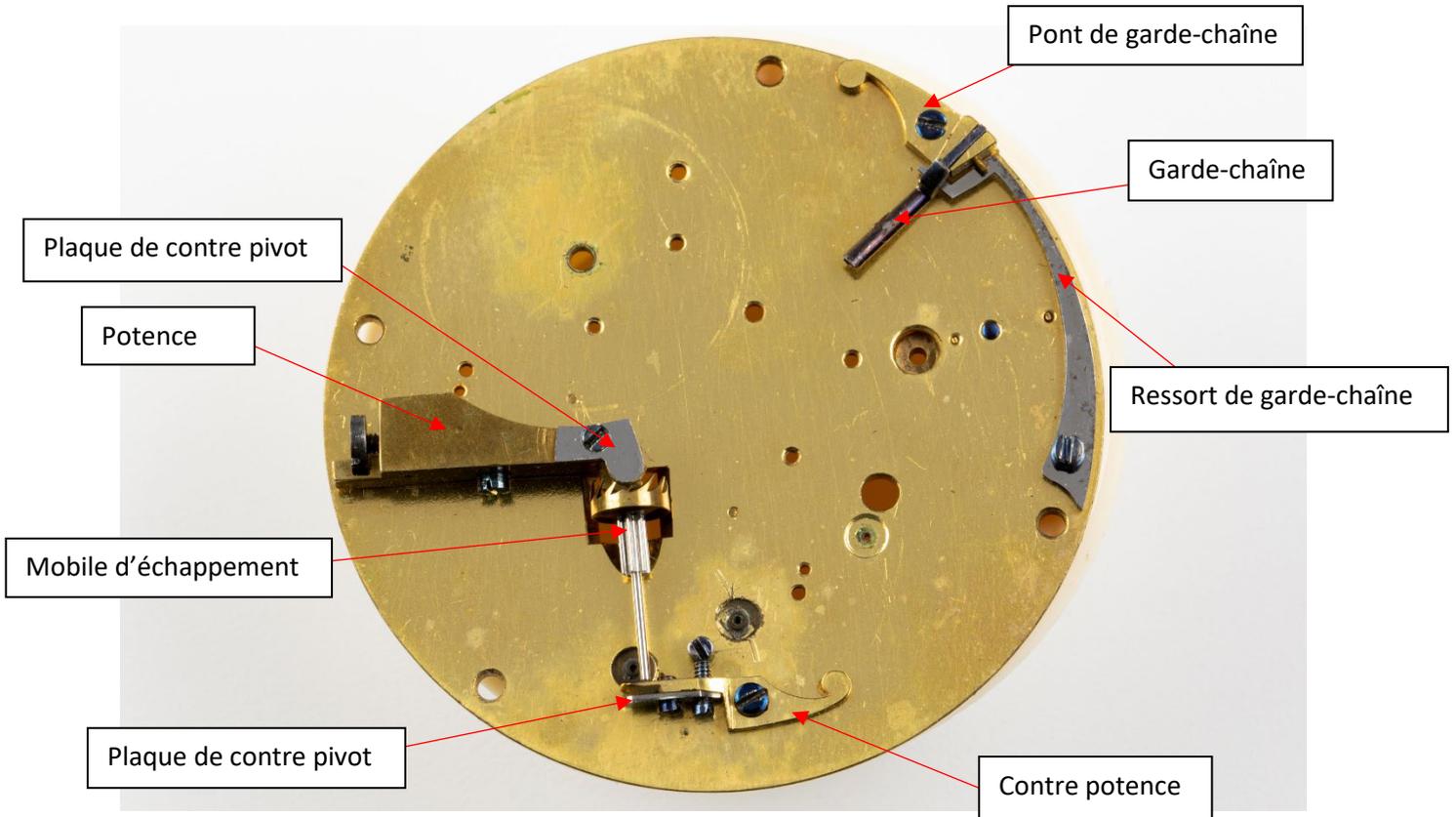


Figure 17: petite platine

Le garde-chaîne : est en acier bleui de finition finement satinée

Le ressort de garde-chaîne : Il est en acier poli miroir

Le mobile d'échappement : Fixé sur la petite platine, le mobile est positionné de manière horizontale, maintenu entre la potence et la contre potence. La roue est en laiton doré et son axe en acier.

La potence : est composée de deux parties en laiton maintenues par des vis.

La plaque contre pivot : est en acier poli, elle est vissée sur la potence

La contre-potence : est en laiton doré, elle est munie de la plaque contre pivot en acier poli

Les vis : sont bombées, en acier polie bleu, sauf celle de la potence qui est plate et polie

2.5.4 Rouage minuterie, date et lever coucher grande platine

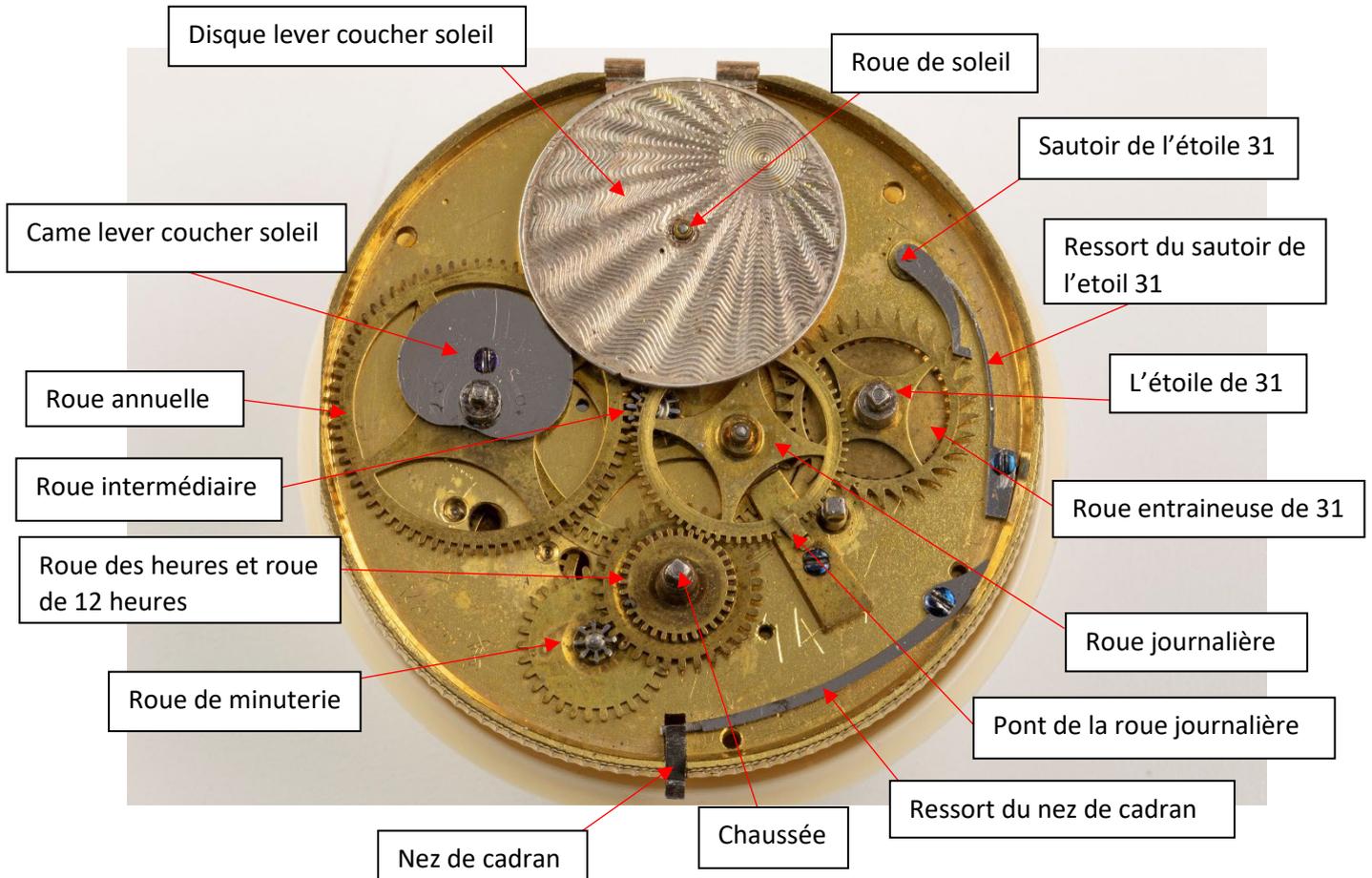


Figure 18: mécanisme du quantième et de minuterie

Les mobiles : les roues sont en laiton doré et les pignons en acier.

La came du lever coucher : elle est en acier poli miroir.

Disque lever coucher du soleil : plaque en argent guilloché (devrait être émaillé bleu roi et avoir un soleil en paillons d'or).

Le sautoir et les ressorts : sont en acier poli miroir.

Les vis : sont bombées en acier poli bleui.

2.5.5 Plaque additionnelle du lever coucher soleil

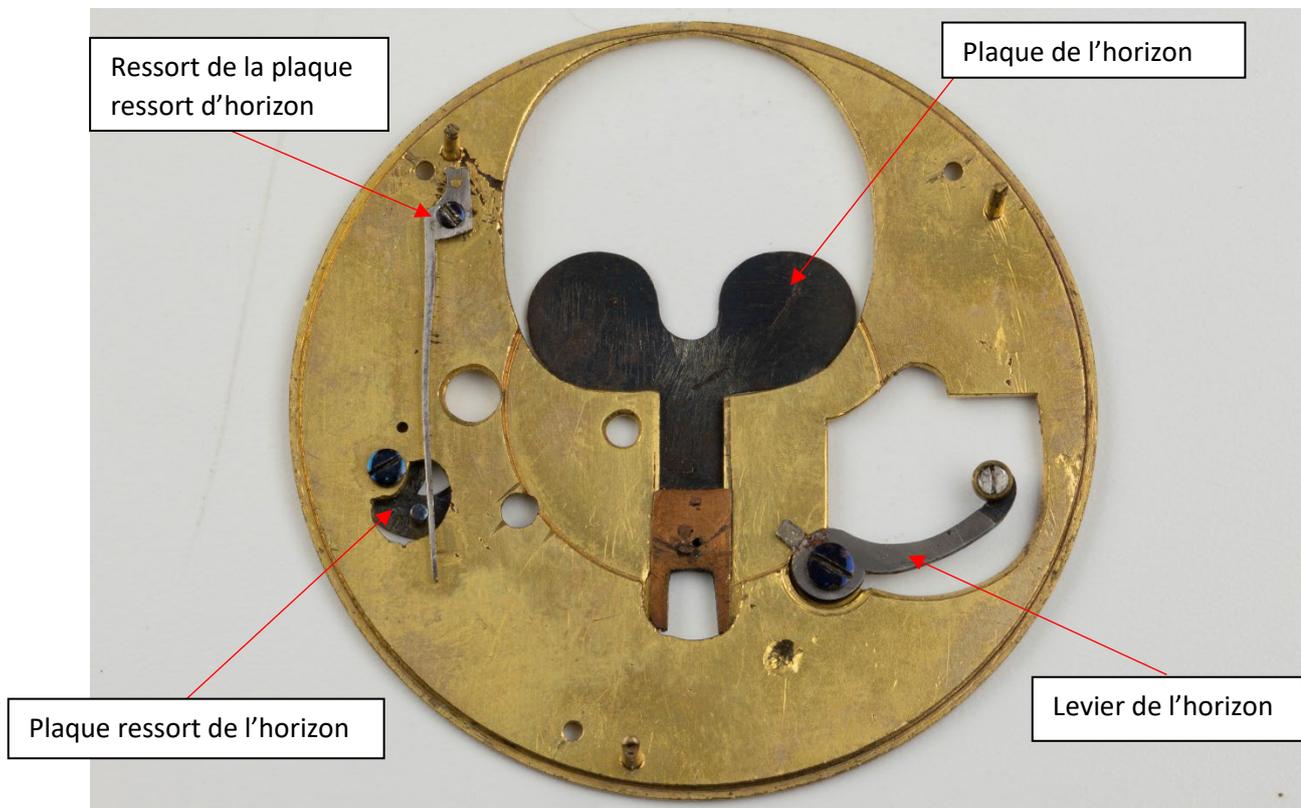


Figure 19: plaque additionnelle

La plaque de l'horizon : est en acier finement satiné et bleui

Le levier de l'horizon : il est en acier satiné avec une bague en laiton vissée servant de palpeur

Le ressort de plaque : est en acier traits tirés avec un pied en laiton

La plaque ressort d'horizon : est en acier finement satiné et bleui

3 Description technique

Dans ce chapitre, je vais décrire les parties techniques du mouvement. Je vais également retranscrire les calculs que j'ai effectués en lien avec le barillet, le rouage, et l'échappement afin de vérifier le bon fonctionnement.

3.1 Le mouvement temps

Je vais d'abord expliquer la partie temps de la montre en passant par chaque étape puis une fois terminer je passerai à la partie mois, jour et lever coucher du soleil.

3.1.1 Le barillet

Il est composé d'un tambour, d'un couvercle, d'un arbre et d'un ressort. Ce sont ces quatre éléments qui constituent le barillet.

Le barillet ne porte pas de denture, car il travaille avec la fusée par l'intermédiaire d'une chaîne. Ce système de transmission permet de régulariser la force transmise dans le rouage, entre le haut d'armage et le bas d'armage du ressort.



Figure 20: les éléments du barillet

Le ressort est en acier bleui, il est enroulé et maintenu par un œillet à chaque extrémité. Le barillet est positionné entre platine et son arbre est maintenu immobile par le rochet de préarmage. L'armage se fait depuis la fusée, grâce à la chaîne qui la relie au barillet. La chaîne étant enroulée autour du tambour en bas d'armage va, lors de l'armage, s'enrouler autour de la fusée et donc mettre en rotation le tambour de barillet. Le ressort est ainsi armé par le tambour qui l'enroule autour de la bonde.

Une fois enroulé, le ressort va vouloir reprendre sa position initiale et va ainsi transmettre l'énergie emmagasinée, en provoquant la rotation du tambour qui va, tout en enroulant la chaîne à nouveau autour de lui, mettre la fusée en rotation ainsi que le rouage de distribution.

Sur le ressort on trouve une inscription mais elle est indéchiffrable.



Figure 21: écriture sur le ressort de barillet

3.1.2 La fusée

Comme vu à la page précédente, la fusée permet de transmettre l'énergie au rouage via le barillet et la chaîne. Par sa forme elle permet une transmission la plus constante possible.

La fusée est en deux parties distinctes. La première qui porte le carré ainsi que les étages où la chaîne vient se loger. On retrouve à l'intérieur une denture « rochet » qui vient travailler avec la seconde partie qui est la roue motrice, elle est composée d'un cliquet rivé en acier et un ressort en laiton directement ancré dans la roue. L'assemblage des deux parties se fait par une bague en acier. Ce système permet lors du remontage de dégrainer la roue du corps de la fusée afin de ne pas entraîner le rouage dans le sens opposé.



Figure 22: les éléments de la fusée



Figure 23: rochet et cliquet de la fusée

La fusée est également constituée d'un arrêtage à l'armage pour éviter la sur tension de la chaîne et du ressort.

Sur le dessus, une plaque est vissée et porte un doigt d'arrêt. Le garde chaîne lui est maintenu dans la platine avec son ressort. Le principe de fonctionnement est simple : Lors de l'armage, au fur et à mesure que la chaîne s'enroule autour de la fusée le garde chaîne se trouvant au-dessus est alors remonter petit à petit avec la chaîne jusqu'à rencontrer le doigt d'arrêt sur la fusée. Le blocage se fait alors à ce moment-là

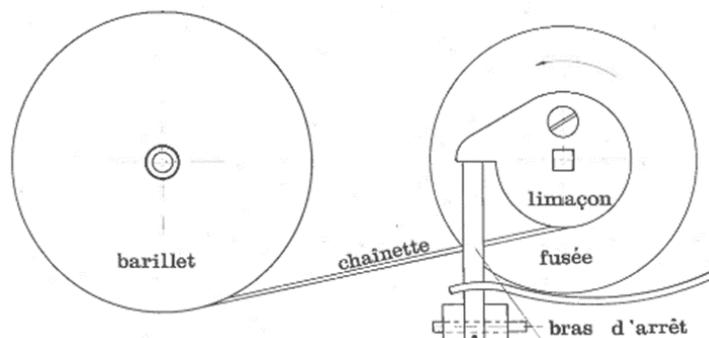


Figure 24: illustration barillet et fusée

3.1.3 Calculs barillet et fusée

La démarche ci-dessous me permet de vérifier l'efficacité de la fusée en lien avec le ressort dans le barillet. Autrement dit, je vérifie la régularité du couple qui entraîne le rouage à partir de la fusée.

Barillet			
Ø Tambour (D)	17,90 mm	Rayon tambour (R)	8,95mm
Ø Bonde (d)	5,68mm	Rayon bonde (r)	2,84mm
Ø Extérieur (D _{ext})	19,60mm	Rayon ext. (R _{ext})	9,80mm
Nombre de tours pratique (N _{pra})		5 Tours	
Nombre de tours utile (Nut)		3,17 Tours	

Ressort de barillet	
Hauteur (h)	3,20 mm
Épaisseur (e)	0,23 mm
Longueur (L)	620,00 mm

Fusée	
Rayon le plus grand (r ₀)	8,63 mm
Rayon le plus petit (r _y)	4,90 mm
Hauteur du corps (h _y)	2.85 mm
Pas de la fusée (ef)	0.46 mm
Longueur de la chaîne (L _{ch.utile})	195 mm (L _{tot} = 220mm)
Nombre de tours de la fusée (N _f)	5 Tours

$$N_{théor.} = \frac{1}{e} \cdot \left(\sqrt{r^2 + \frac{L_{pratique} \cdot e}{\pi}} + \sqrt{R^2 - \frac{L_{pratique} \cdot e}{\pi}} - R - r \right)$$

$$N_{théor.} = \frac{1}{0.23} \cdot \left(\sqrt{2.84^2 + \frac{620 \cdot 0.23}{\pi}} + \sqrt{8.95^2 - \frac{620 \cdot 0.23}{\pi}} - 8,95 - 2,84 \right) = 6.14 \text{ tours}$$

$$L_{théor.} = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{2 \times e} = \frac{\pi(8.95^2 - 2.84^2)}{2 \times 0.23} = 491,98 \text{ mm}$$

Pour la longueur totale théorique on rajoute le pourcentage correspondant au rapport K qui est ici de 24,7 % et on peut lire dans le tableau p.28 du Nicolet, 27,8 % .

$$L_{théor\ tot} = 491,98 * 1,278 = 628,75mm$$

La différence est de 8,75mm avec le ressort réel et est tout à fait admissible, puisque la théorie parle d'une fourchette de 10 à 33 %.

La longueur utile de la chaîne mesure 195 mm et il en découle un nombre de tours utilisé par le barillet.

$$N_{ut} = \frac{L_{ch}}{2 \times \pi \times R_{ext}} = \frac{195}{2 \times \pi \times 9,8} = 3.17tours$$

Le nombre de tours compté sur le barillet étant de 5, on peut déduire les tours pour les sécurités inférieures [S⁻] et supérieures [S⁺] :

$$S^+ + S^- = N_{pra} - N_{ut} = 5 - 3.17 = 1,83\ tours$$

Je fixe la sécurité supérieure [S⁺] à 0,83 tour et celle inférieure [S⁻], donc le préarmage, à 1 tour. Cela donne en radians :

$$N_{ut} = \alpha_y = 3.17 \times 2 \times \pi = 19,918\ rad$$

$$S^+ = 0,83 \times 2 \times \pi = 5,215\ rad$$

$$S^- = 1,00 \times 2 \times \pi = 6,283\ rad$$

Ensuite, je calcule l'angle d'armage [α_0] du ressort dans le barillet quand la montre est arrêtée. Cela me permettra de calculer l'angle d'armage maximum [α_{max}] de notre ressort dans le tambour.

$$hy = \frac{\alpha_0 * r_0 * R_{ext} * ef}{4 * \pi} * \left(\frac{1}{rx^2} - \frac{1}{r_0^2} \right)$$

$$\alpha_0 = \frac{4\pi * r_0 * r_y^2 * hy}{ef * R * r_0^2 - ef * R * r_y^2} = \frac{4\pi * 8,63 * 4,90^2 * 2.85}{0,46 * 9,80 * 8,63^2 - 0,46 * 9,80 * 4,90^2} = 32,619\ rad$$

$$\alpha_{max} = \alpha_0 + \alpha_y + S^+ = 32,619 + 19,918 + 5,215 = 57.752\ rad$$

La constante C de la fusée :

$$C = \frac{\alpha_0 * r_0 * R_{ext} * ef}{4 * \pi} = \frac{32,619 * 8,63 * 9,8 * 0,46}{4 * \pi} = 100,984$$

Moments maximum et minimum :

$$K = \frac{E * h * e^3}{12 * L} = \frac{210'000 * 3,2 * 0,23^3}{12 * 620} = 1,099$$

$$M_0 = \frac{K * \alpha_0 * r_0}{R} = \frac{1,099 * 32,619 * 8,63}{9,80} = \mathbf{31,57 Nmm}$$

$$M_y = \frac{K * (\alpha_0 + \alpha_y) * r_y}{R} = \frac{1,099 * (32,619 + 19,918) * 4,90}{9,80} = \mathbf{28,87 Nmm}$$

Si on décompose les étapes :

Moments maximum et minimum du ressort :

$$M_{b_y} = \frac{E * h * e^3}{12 * L} * (\alpha_0 + \alpha_y) = \frac{210'000 * 3,2 * 0,23^3}{12 * 620} * (32,619 + 19,918) = 57,73 Nmm$$

$$M_{b_0} = \frac{E * h * e^3}{12 * L} * \alpha_0 = \frac{210'000 * 2,85 * 0,22^3}{12 * 565} * 42,49 = 35,848 Nmm$$

Forces maximum et minimum sur la chaîne :

$$F_{ch} = \frac{Couple}{Bras de levier (R_{ext})} \quad : \quad F_{ch y} = \frac{M_{b_y}}{R_{ext}} = \frac{57,73}{9,80} = 5,892 N$$

$$F_{ch 0} = \frac{M_{b_0}}{R_{ext}} = \frac{35,848}{9,80} = 3,658 N$$

Couples maximum et minimum disponibles :

$$C_f = Force * Bras de levier (r_y ou r_0)$$

$$C_{f y} = F_{ch y} * r_y = 5,892 * 4,90 = \mathbf{28,87 Nmm}$$

$$C_{f 0} = F_{ch 0} * r_0 = 3,658 * 8,63 = \mathbf{31,57 Nmm}$$

Après le calcul du couple de la fusée en haut et en bas d'armage, on ne constate que peu de différence (moins de 10%). On peut donc en conclure que le ressort de barillet est en lien avec la fusée.

3.1.4 Organe de transmission

L'organe de transmission est composé d'un rouage multiplicateur. Il sert à transmettre l'énergie à l'organe de distribution puis au régulateur.

Voici les relevés du rouage :

Dénomination	Nbre dents
Roue de fusée (Zf)	60
Pignon de grande moyenne (Z')	10
Roue de grande moyenne (Z1)	60
Pignon de moyenne (Z2)	6
Roue de moyenne (Z3)	48
Pignon de chant (Z4)	6
Roue de chant (Z5)	48
Pignon d'échappement (Z6)	6
Roue d'échappement (Ze)	13

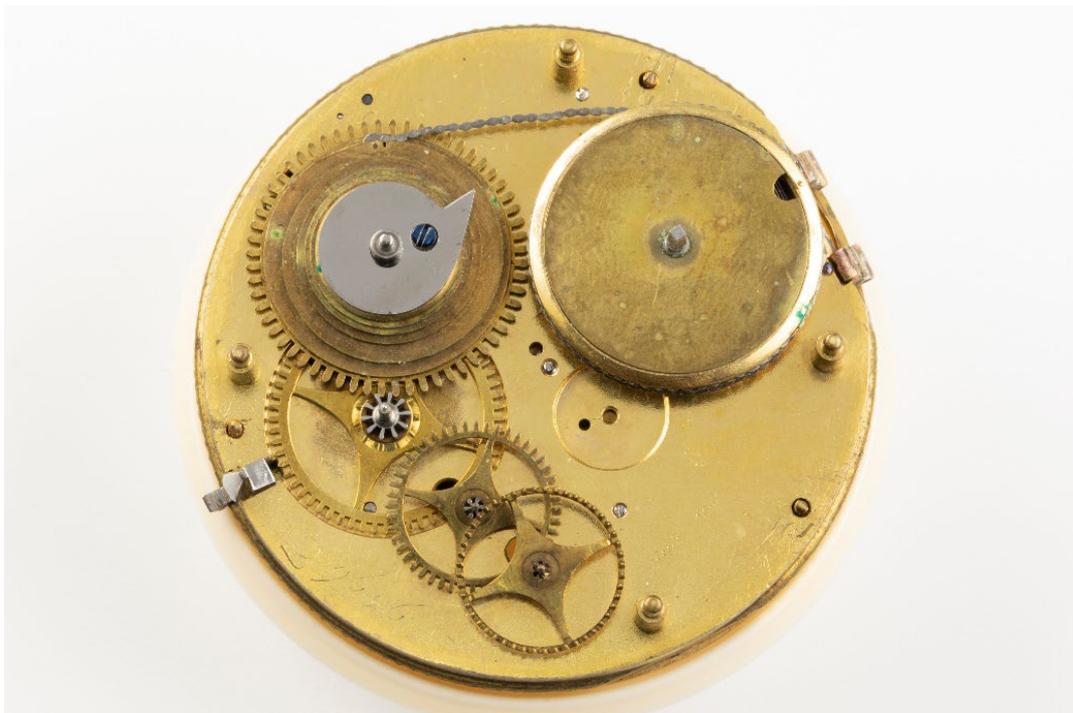


Figure 25: rouage temps grande platine

Rouage de minuterie :

Chaussée	10
Roue de minuterie	30
Pignon de minuterie	8
Roue des heures	32

Calcul de vérification du rouage de minuterie dont le rapport doit être d'un douzième pour assurer la rotation de l'aiguille des heures à partir de celle des minutes :

$$\frac{N_4}{N_1} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} \text{ et } \frac{1}{12} = \frac{10 \cdot 8}{30 \cdot 32}$$

Pour calculer la durée de marche, j'utilise le rapport entre la roue de fusée et le pignon de grande moyenne qui est positionné dans l'axe à 6h. Un tour du mobile de grande moyenne équivaut à une heure car la chaussée est lanternée sur l'axe du mobile de centre et porte donc l'aiguille des minutes.

Durée de marche :

$$D_m = \frac{Z_f \times N_f}{Z' \times N_1} = \frac{60 \times 5}{10 \times 1} = \mathbf{30 \text{ heures}}$$

La fréquence d'oscillations du régulateur qui permet une rotation du mobile de grande moyenne d'un tour par heure peut être calculée à partir du rouage.

Fréquence en alternances par heure et en Hertz :

$$A_h = N_1 \times \frac{Z_1 \times Z_3 \times Z_5 \times 2 \times Z_e}{Z_2 \times Z_4 \times Z_6} = 1 \times \frac{60 \times 48 \times 48 \times 2 \times 13}{6 \times 6 \times 6} = \mathbf{16640 \text{ alt/h}}$$

$$F = \frac{A_h}{2 \times 3600} = \frac{16640}{2 \times 3600} = \mathbf{2.311 \text{ Hz}}$$

3.1.5 Organe de distribution

L'organe de distribution est la partie qui permet de transmettre l'énergie reçue du rouage de transmission et d'entretenir les oscillations du balancier.

Dans cette montre on retrouve un échappement à verge aussi appelé à roue de rencontre. Il appartient à la catégorie des échappements à recul.

L'énergie est transmise par la roue d'échappement qui est positionnée parallèlement aux platines. La roue est maintenue et pivote dans sa potence et la contre-potence.

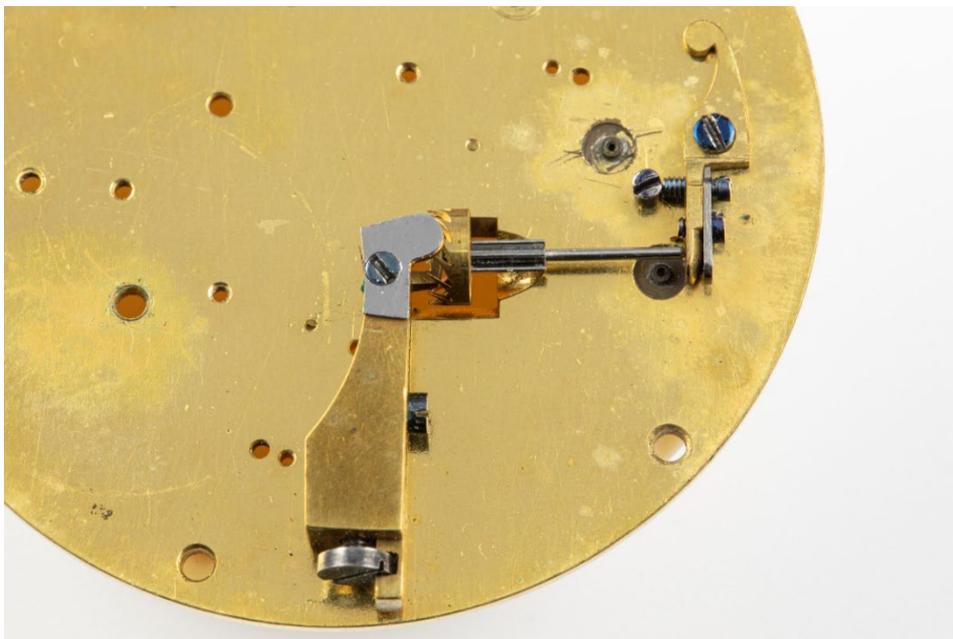


Figure 27: positionnement du mobile d'échappement

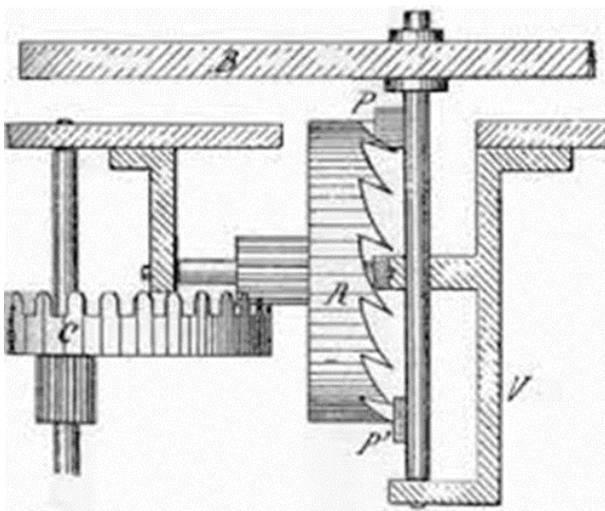


Figure 26: illustration de l'échappement

La potence est composée de plusieurs parties : le corps (1), le lardon (2) et la plaque contre pivot (3). Le corps est la pièce maîtresse sur laquelle sont maintenus le lardon et la plaque contre pivot.

La potence est vissée depuis l'extérieur de la platine, mais se situe côté intérieur du mouvement. On retrouve 4 vis sur la potence ; une permettant de la fixer à la platine, une autre permettant de régler la distance du lardon qui coulisse dans le corps et une autre qui sert au maintien du lardon. La quatrième sert à fixer la plaque contre pivot.

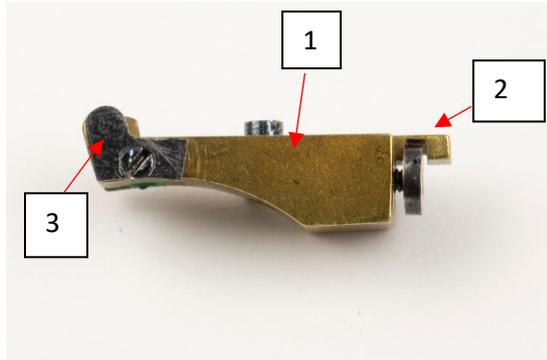
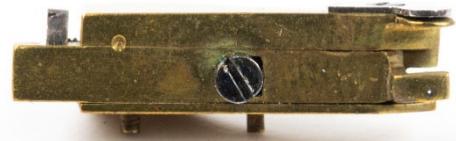


Figure 28: la potence



La contre-potence se trouve également côté intérieur de la petite platine. Elle est en 2 parties distinctes ; la contre potence (4) et la plaque contre pivot (5). La plaque contre pivot est maintenue par 2 vis dont une qui sert au réglage de la distance « d » de la roue d'échappement (distance entre la pointe des dents de la roue et le centre de la verge).

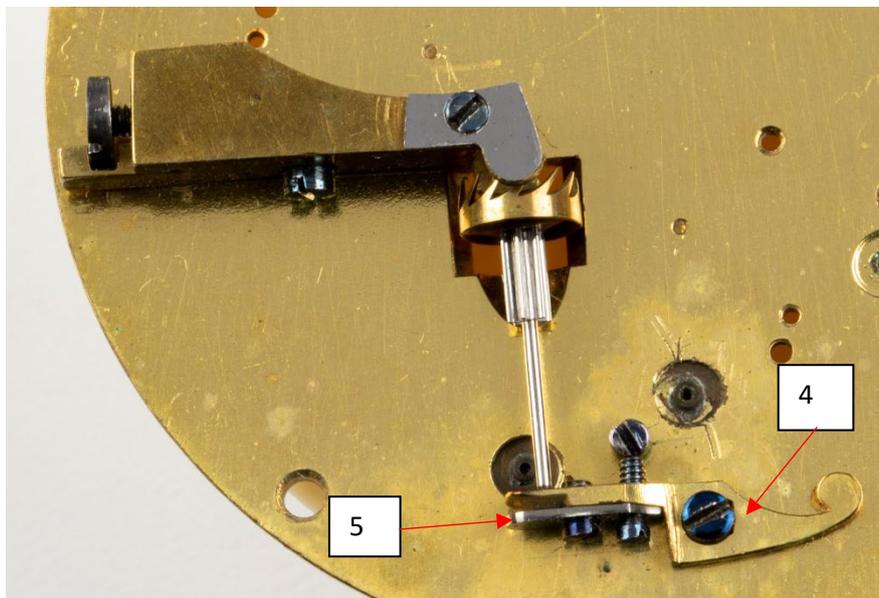


Figure 29: la contre potence

3.1.5.1 La verge

La verge pivote entre la potence et le coq, elle est en appui sur deux plaques contre pivot en acier poli, l'ébat ne peut alors être modifié. Celui-ci dépend de la longueur de la verge

Elle est fabriquée en une seule pièce, en acier et correspond à son environnement, c'est à dire que l'on définit ses dimensions par calcul en tenant compte de la roue d'échappement.

Comme dis précédemment, c'est un échappement appartenant à la famille des échappements à recul.

Lors de son fonctionnement on peut relever 3 phases distincte qui sont : l'impulsion, la chute et le recul.

L'impulsion est donnée lorsque la dent de la roue d'échappement entre en contact avec l'une des palettes de la verge et se termine lorsqu'elle la quitte.

La chute se produit lorsque la dent quitte la palette et se termine au moment où une autre dent entre en contact avec la seconde palette de la verge.

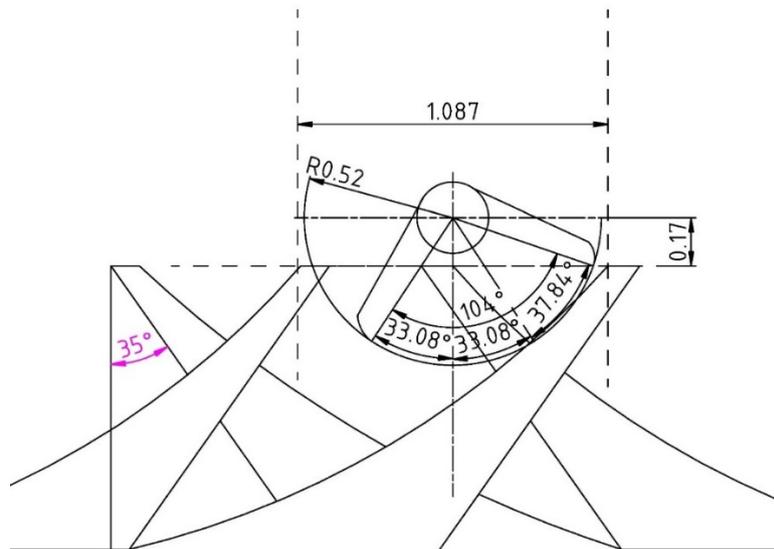
Le recul se produit après la chute, au moment où la dent entre en contact avec la palette, par un mouvement de recul de la roue sous l'action du régulateur qui effectue son arc supplémentaire.

En résumé, au moment où la dent de la roue d'échappement, celle qui donne l'impulsion, quitte la palette de la verge, la chute va s'effectuer et l'inertie du balancier, obtenue au moment de l'impulsion, va, durant son arc supplémentaire, provoquer un mouvement de recul à l'échappement ainsi qu'au rouage.

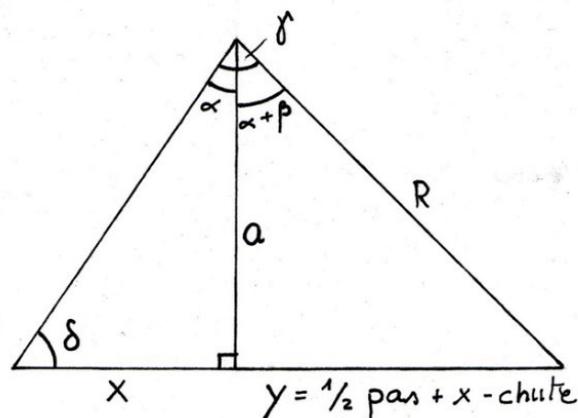


Figure 30: verge assemblée au balancier

3.1.5.2 Calculs en lien avec l'échappement



Dénomination	Symbole	Valeur
Nombre de dents de la roue d'échappement	Z_e	13 dents
Diamètre de la roue d'échappement	D_{roue}	4.50mm
Inclinaison des dents	δ	35°
Pas linéaire	p	1,087 mm
$\frac{1}{2}$ pas		0,5435mm
Distance centre de la verge – bout des dents (entre 0.10 et 0.28 mm ; fourchette de distance réglable)	a	0,17 mm
Rayon d'action des palettes	R	0.52 mm
Angle d'ouverture de la verge	γ	104°
Angle de levée	β	$37,84^\circ$
Angle de recul avant la ligne des centres	α	$33,08^\circ$
Chute	Chute	0,16 mm
Cheminement maximum pratique de la verge	ωp	174°
Amplitude maximum	Amp_{max}	87°



Calcul de la verge :

Le pas :

$$p = \frac{\pi \cdot D_{roue}}{Z} = \frac{\pi \cdot 4.50}{13} = \mathbf{1.087mm}$$

Angles de levée et de recul :

Dans la montre on aimerai que l'angle de levée soit compris entre 35° et 40°

$$(\alpha + \beta) = \cos^{-1} \frac{d}{R} = \cos^{-1} \frac{0.17}{0.52} = 70,92^\circ$$

$$\alpha = \gamma - (\alpha + \beta) = 104 - 70,92 = 33,08^\circ$$

$$\beta = \gamma - 2\alpha = 104 - 2 \cdot 33,08 = \mathbf{37,84^\circ}$$

La chute :

$$a = \frac{\frac{1}{2}p - chute}{\tan(\alpha + \beta) - \tan(\alpha)}$$

$$\Rightarrow \mathbf{chute} = 0.54 - (0.17 \cdot (\tan(33.08^\circ + 37.84^\circ) - \tan(33.08^\circ))) = \mathbf{0.16mm}$$

La chute est forte mais reste convenable (on aimerai la contenir autour de 0,10 mm).

Angle parcouru maximum

$$\omega p = 2(\alpha + \delta) + \beta = 2(33.08^\circ + 35^\circ) + 37.84^\circ = 174^\circ \Rightarrow Amp_{max} = \frac{\omega p}{2} = \frac{174^\circ}{2} = \mathbf{87^\circ}$$

D'après la théorie, les dimensions de la verge en place conviennent.

3.1.6 L'organe de régulation

L'organe de régulation est un système oscillant qui permet d'effectuer le comptage et de libérer le rouage à un rythme défini, afin de pouvoir donner l'heure de façon précise.

Dans mon cas, il s'agit d'un balancier annulaire à trois bras en laiton associé avec un ressort spiral en acier bleu.

La liaison entre le balancier et le ressort se fait par une virole en laiton que l'on vient chasser sur la siette du balancier. Le ressort spiral est goupillé dans la virole. L'ensemble est appelé balancier-spiral. À son autre extrémité, le spiral est goupillé au piton qui lui est fixé (légèrement chassé) dans la platine.

Quant à la verge, elle est maintenue à l'étain dans la siette du balancier. La siette possède une encoche permettant d'accueillir et de positionner la palette et également de sécuriser le maintien entre les deux pièces.

On retrouve sur la verge du balancier une goupille. Elle permet de limiter le déplacement angulaire du balancier, la glissière de rosette étant la butée. Cette goupille sert uniquement de sécurité lors de chocs ou d'une amplitude trop élevée et éviter que les palettes de la verge ne quittent le rayon d'action des dents de la roue d'échappement. Par conséquent le rouage ne serait plus maintenu et tournerait librement ce qui provoquerait de la casse et de l'usure.

Pour le réglage de la marche on utilise le carré de la roue de rosette, que l'on fait pivoter à l'aide d'une clé. La roue de rosette va, grâce à sa denture, engrener et déplacer un râteau qui porte deux goupilles. Les goupilles permettent de modifier la longueur active du ressort spiral et donc créer de l'avance ou du retard. Plus le spiral est court plus la marche prendra de l'avance et inversement, plus on le rallonge plus il prendra du retard.

Dans l'ensemble des composants servant à cette fonction on retrouve : le pont de rosette portant l'indication de l'orientation de l'avance et celle du retard, l'aiguille indiquant le retard et l'avance, la roue de rosette monter sur un axe avec un carré, le râteau avec une paire de goupilles à son extrémité, la glissière dans laquelle se déplace le râteau.

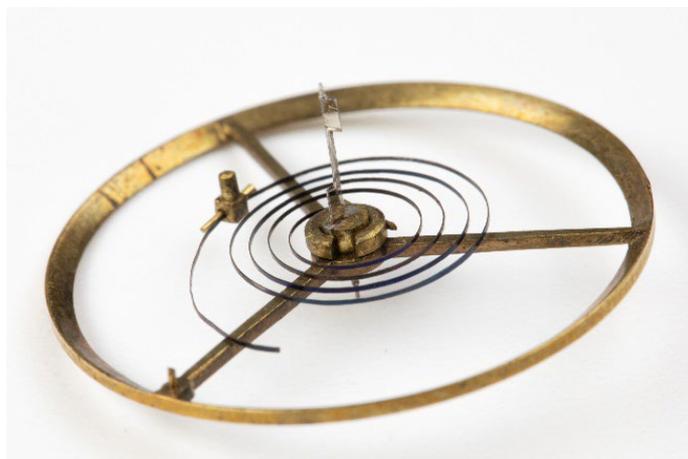


Figure 31: ensemble balancier - spiral

3.2 Mécanisme de date, mois et lever - coucher du soleil



Figure 31 mécanisme du lever coucher du soleil

1

Affichage du jour : la roue des heures entraîne la roue journalière qui porte une goupille sous un de ses bras. Cette goupille va entraîner avec elle une dent de l'étoile de 31 et va permettre l'affichage du jour.

Affichage du mois : la roue des heures entraîne la roue journalière qui porte une goupille sous un de ses bras. Cette goupille va entraîner avec elle une dent de l'étoile de 31 qui porte une roue en dessous qui va engrainer avec le mobile intermédiaire puis avec la roue annuelle qui permet l'affichage du mois.

L'affichage du lever et du coucher du soleil : la roue des heures entraîne la roue journalière qui porte une goupille sous un de ses bras. Cette goupille va entraîner avec elle une dent de l'étoile de 31 qui porte une roue en dessous qui va engrainer avec le mobile intermédiaire avec la roue annuelle puis avec la roue de soleil qui porte le disque du soleil et qui fait un tour par jour.

L'heure du lever et du coucher du soleil est défini par le rideau qui représente l'horizon. Celui-ci est positionné grâce à la came vissée sur la roue annuelle, sa forme permet de déterminer la longueur de chaque jour de l'année par rapport à une latitude spécifique. La liaison se fait par le levier il est plaqué contre la came par son ressort. Au fur et à mesure que la roue annuelle tourne la came tourne également et le levier palpeur va alors monter ou descendre et reproduire ce mouvement sur le rideau d'horizon. Le rideau de l'horizon coulisse dans la platine et est maintenu par un levier qui le plaque et le pousse contre le bas par un ressort.

¹ Voir nomenclature pages 13 et 14

3.2.1 Calcul de la latitude

Pour calculer et trouver à quelle latitude correspond le lever/coucher du soleil de la montre il me faut la durée du jour le plus long qui est celui du solstice d'été, le 21 juin.

Durée du jour le 21 juin	15 heures
Angle horaire (AH)	112,5°
Déclinaison du soleil le 21 juin (D)	23,45° (23°27')
La latitude (φ)	41,42°

Je commence par calculer l'angle horaire qui correspond à la moitié du jour le plus long (midi étant le milieu de la journée). En 24 heures la terre effectue une rotation de 360° et donc, en 1 heure, elle tourne de 15°.

$$AH = \frac{\frac{1}{2} \text{ jour}}{24h} * 360^\circ = \frac{7,5h}{24h} * 360^\circ = 112,5^\circ$$

$$X = -\cos(H) * \cos(D) = -\cos(112,5) * \cos(23,45) = 0,351076$$

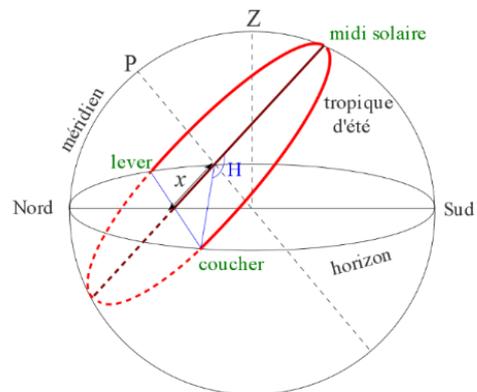
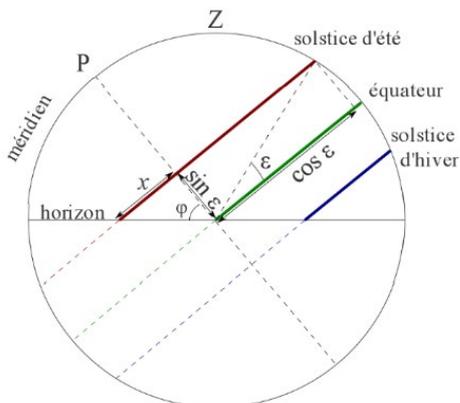
$$\tan(\varphi) = \frac{X}{\sin(D)}$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{0,351076}{\sin(23,45)}\right) = 41,41926^\circ$$

Autre démarche :

$$\tan(\varphi) = \frac{-\cos(H)}{\tan(D)}$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{-\cos(112,5)}{\tan(23,45)}\right) = 41,41926^\circ$$



Ces calculs me permettent de dire que cette montre a été fabriquée pour une latitude d'environ 40°, ce qui correspond géographiquement à cette partie du globe dans l'hémisphère nord :



Figure 32: carte du monde avec les latitudes

J'ai également ajouté en annexe dans le sous chapitre « Latitude de tous les pays » un tableau où on retrouve la valeur des latitudes de chaque pays par leur capitale.

En lien avec le XIXe siècle, on peut constater que la latitude d'environ 40° correspond à celle de Beijing (Pékin) ou encore à celle d'Ankara. La Chine et l'Empire ottoman sont, à l'époque, de très importants marchés de l'horlogerie européenne.

Rome et Madrid sont bien situés également.

4 Historique

Dans ce chapitre qui traite de l'historique de la montre, on retrouve trois parties distinctes ; la première qui réunit toutes les montres similaires qui ont pu être trouvées et donc comparées. La deuxième, qui relève les éléments de la montre qui peuvent me permettre de la dater et enfin, afin de mieux comprendre l'objet, nous allons nous replonger dans le contexte historique de l'époque de fabrication de la montre.

4.1 Montres similaires

Voici des montres similaires, qui elles aussi, ont un affichage du lever coucher du soleil ainsi que la date. Trouver des montres similaires nous permet de constater l'époque à laquelle cette complication apparaît et aussi sa densité, car il en existe relativement peu dans une période restreinte.

La première, est une montre appartenant au Musée d'art et d'histoire de Neuchâtel (MahN). Elle fut restaurée au CPNE en 2020 lors d'un travail de diplôme.

Elle est anonyme et datée du début 19^{ème} siècle. La boîte est en argent.



Figure 33: montre du MahN, inv. AA3490

Dans le livre « Montres et Horloges » de Radko Kyncl (édition Gründ, 2001, Paris), se trouve ma première découverte. Elle est signée sur le mouvement M(arc) H(enry) Brousson à Neuwied (Allemagne) et daterait du début du 19^{ème} siècle. La boîte est en ivoire.



Figure 34: montre M H Brousson

Dans le livre « Chefs-d'œuvre de l'horlogerie » de Luigi Pippa (Sperling & Kupfer Editori S.p.A., 1966, Milan), se trouve une montre signée Robert & Comp(agnie) à Paris et qui est datée vers 1800. La boîte est en or.

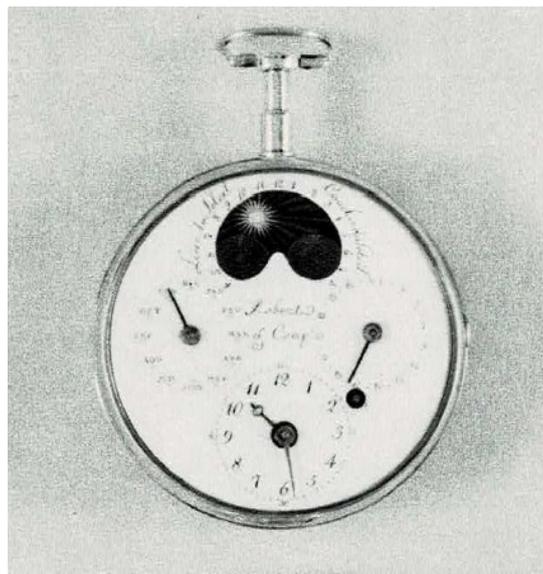


Figure 35: montre Robert et Comp.

Dans le livre/catalogue du Patek Philippe Museum de Peter Friess (Patek Philippe Museum, Volume IV, The Emergence of the Portal Watch) on trouve une montre, signée « Meuron & Comp. » à La Chaux-de-Fonds, et est datée du début le 19^{ème} siècle avec une boîte en or.



Figure 36: Meuron & Comp (PM inv. S0963)

Sur le site de la gazette Drouot, nous trouvons un mouvement avec cadran, signés Meuron & Comp, estimé du début du XIX^e siècle. La boîte est manquante



Figure 37: Meuron & Comp

Des illustrations d'une autre pièce ont suivi ; elle est signée Meuron & Comp(agnie) et provient d'une collection privée. La boîte est manquante.

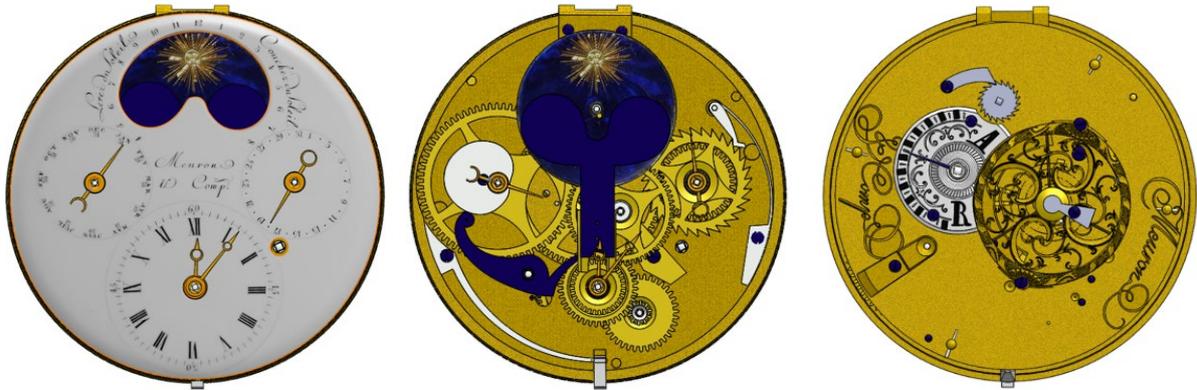


Figure 38: Meuron & Comp (collection privée)

Je présente encore quatre autres montres équipées en plus du calendrier, d'une répétition avec automates, de l'affichage de la lune ou encore, de l'équation du temps.

Dans le livre « Chefs-d'œuvre de l'horlogerie » de Luigi Pippa (Sperling & Kupfer Editori S.p.A., 1966, Milan), une montre équipée en plus d'une répétition avec automates, est anonyme et la boîte est en or.

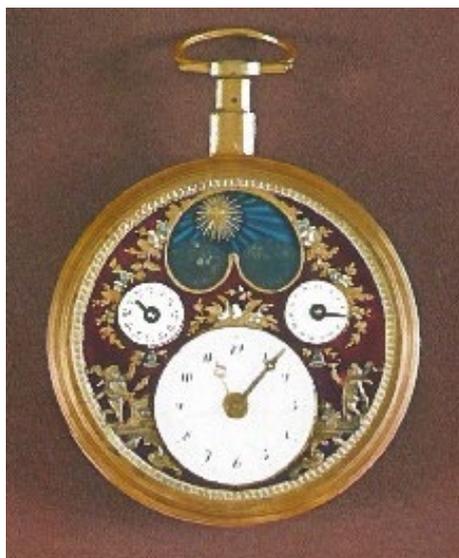


Figure 39: Anonyme, répétition et automates

Du Patek Museum, deux autres montres :

Sur cette montre, nous trouvons les phases, ainsi que l'âge de la lune. Elle est signée Duchêne à Genève sur le cadran comme sur le mouvement. La boîte semble être en argent.



Figure 40: Duchêne à Genève (PM inv. S0910)

Cette montre est équipée de l'équation du temps. Elle est signée S(amue)l Roi & fils sur le cadran et sur le mouvement. La boîte est en or rose.



Figure 41: S(amue)l Roi & fils (PM inv. S0918)

Une dernière, découverte après les travaux et les recherches ; sur le site de ventes aux enchères Koller à Zürich, montre anonyme, avec les phases de la lune, très proche esthétiquement de la S0910 du Patek Museum, boîte en or. Elle a été vendue 21000,- en 2021.



Figure 43: Anonyme, vente Koller

On peut constater, au travers de ces différents objets, que l'on trouve des similitudes en plus de l'affichage du soleil. Les mouvements de base (ébauches) et leur système d'emboîtement (à charnière) sont de même conception. La finition générale, les coqs, coquerets, cliquets, rochets et rosettes se ressemblent et correspondent à une technologie de la fin du XVIIIe siècle.

Ayant pu comparer ma montre à celle du musée de Neuchâtel, j'ai pu constater que les rouages n'avaient pas le même nombre de dents et pas les mêmes entraxes, cependant la base des mouvements est très proche et les dimensions aussi.

Il est difficile pour moi d'assurer que ces montres ont été produites par la même personne, car s'il y a des ressemblances, les mécanismes ne sont jamais identiques.

Nous avons pu rassembler plusieurs montres dont trois qui sont signées Meuron et Compagnie qui se situe à Neuchâtel, La Chaux-de-Fond, Genève et Paris entre la fin du XVIIIe et le milieu du XIXe siècle.

Dans les montres similaires on retrouve aussi une montre signée Duchêne à Genève, marchand d'horlogerie au début du XIXe siècle, ainsi qu'une signée St Roi & fils que l'on retrouve aussi établi durant la période de la fin XVIIIe et du début du XIXe siècle.

Les mouvements proviennent certainement de l'Arc jurassien et/ou de Paris et sont de la même période. Enfin, les boîtes sont de style Empire avec des anneaux elliptiques pour les boîtes en or et des pendants boule avec des anneaux ronds pour les boîtes en argent.

4.2 La montre

Pour dater ma montre je peux me baser sur plusieurs aspects tant esthétiques que techniques que je vais brièvement décrire puis rassembler dans un tableau.

L'échappement :

L'échappement à verge, également appelé échappement à roue de rencontre, est le premier appliqué en horlogerie. Il est également l'échappement utilisé durant la plus longue période, c'est-à-dire entre 1350 et 1850.

L'échappement à roue de rencontre fut le seul employé dans les horloges jusqu'au temps de Huygens au milieu du XVIIe siècle. Vers 1410, il fut adapté aux horloges portables, puis aux montres grâce à l'invention du ressort moteur et ce jusqu'après le milieu du XIXe siècle. Une telle longévité peut être expliquée par la facilité à fabriquer et à réparer ce type d'échappement.

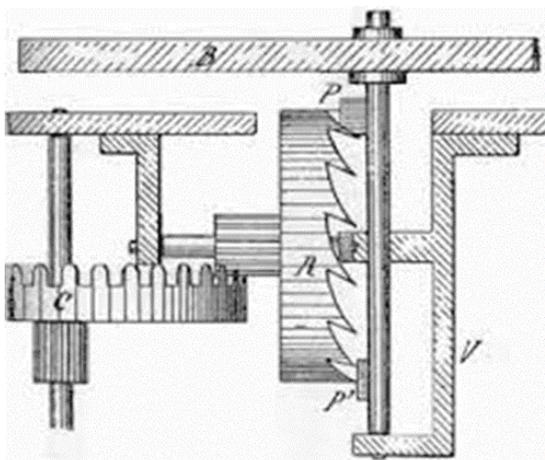


Figure 42: illustration de l'échappement à verge d'une montre

La fusée :

L'utilisation de l'échappement à verge dans la montre pose un problème. Les différences de couple du ressort entre l'armage maximum et le désarmage complet provoque des variations de la marche. Pour pallier ce problème, vers 1525, les allemands ont conçu un système de régulation de la force du ressort appelé « Stackfreed ». L'inconvénient de ce système est de freiner et donc de diminuer la force transmise au rouage ce qui provoque un fort raccourcissement de la durée de marche. C'est vers la fin du XVIe siècle qu'apparaît un autre système de régulation appelé la « fusée ». Il permet de transmettre un couple quasi identique durant toute la durée du désarmage du ressort. C'est grâce à ce système ingénieux que l'échappement reste d'actualité jusque vers 1850.

Le coq :

C'est le pont qui protège le balancier. Celui qui nous intéresse, est dit coq français par sa forme et ses deux points d'attache. Son ciselage permet de définir un style et une époque. Le coq ressemble à ceux du style Louis XVI. Ce style débute vers 1750 puis fut interrompu durant la période révolution (1789-1799) et est repris sous le directoire, l'empire et la restauration.



Figure 43: le coq et coqueret

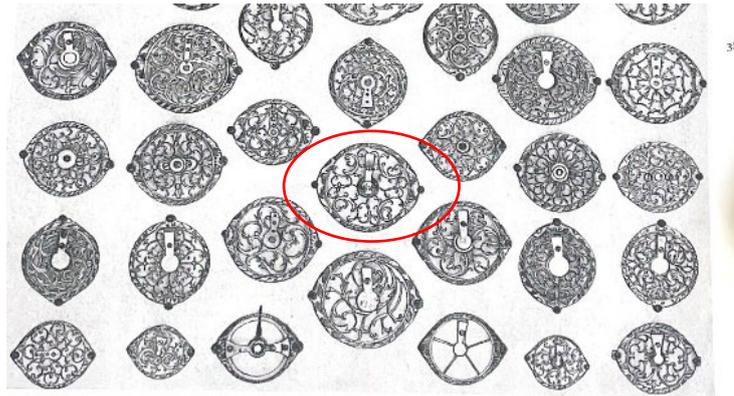


PLANCHE V - FRANCE. — Louis XV - Louis XVI.

Figure 44: illustration de coqs

Les piliers :

La forme des piliers permet de définir une époque. Ici les piliers sont de forme cylindrique simple, on retrouve cette forme entre 1750 et 1900²



Figure 45: pilier de la montre

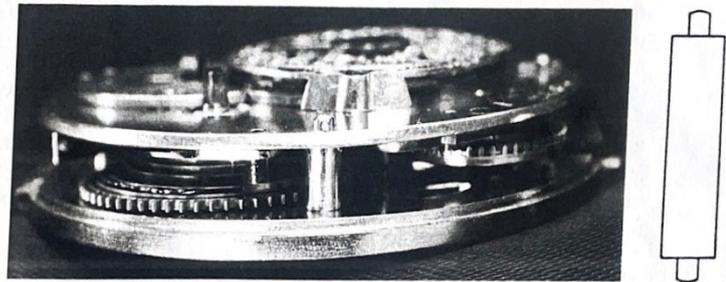


Figure 46: piliers de forme cylindre et simple

² Chronométrophile N°43, Sylvain Varone

Signatures :

Sur la petite patine on retrouve une signature « Js Pre Ducommun » dans les dictionnaires des horlogers j'ai pu trouver Jonas Pierre Ducommun dans la région de Chaux-de-Fond entre 1740-1820 horloger et pendulier.

Il y a inscrit à la pointe sèche « juin 1821 » sur la grande platine et « Ressort neuf, mai 1828 » sous le tambour de barillet.



Figure 47: signature à la pointe sèche "juin 1821"

La boîte :

Elle est en argent 800/1000^e, avec le poinçon de contrôle « tête de Minerve » qui est utilisé en France dès 1838. La décoration du fond de la boîte laisse à penser au style romantique que l'on retrouve durant la première moitié du XIX^e siècle.



Figure 50: boîte avec fond décoré romantique

Tableau :

	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1800	1820	1840	1860	1880	1900
Verge												
Coq												
Piliers												
Dimension mvt												
La boîte												
Poinçons												
Aiguilles et pendant												
Signature												

La montre date du début XIXe siècle ; le mouvement daterait de 1800-1820 et la boîte à partir de 1838 dû au poinçon.

Ce décalage peut être expliqué, comme la boîte qui aurait été changée ou que seul le décor du fond a été changé afin de suivre une tendance, ici romantique, et que les poinçons ont été rajoutés à ce moment-là.

4.3 Contexte historique en France

En 1789, la Révolution française provoque le renversement de la monarchie et de l'ordre social. Plus globalement, elle marque la fin du règne du roi Louis XVI, mort guillotiné et le début de l'ascension de Napoléon Bonaparte.

Le Premier Empire, est le régime impérial de la France qui débute en 1804 avec Napoléon Bonaparte comme empereur des Français et se termine en 1814.

La restauration est une période qui correspond à la restauration de la monarchie en tant que régime politique en France, ou plus exactement de ce qu'il restait de l'Empire napoléonien avec Louis XVIII qui revient sur le trône.

À la mort de Louis XVIII en 1824, son frère Charles X lui succède. Charles X est beaucoup plus conservateur et cherche à restaurer pleinement l'Ancien Régime, ce qui provoque des tensions avec les libéraux et les républicains. En 1830, arrive alors une seconde révolution, connue sous le nom des "Trois Glorieuses" (27,28,29 juillet 1830). Cette révolution force Charles X à abdiquer et à fuir en exil.

À la suite de cette révolution, Louis-Philippe d'Orléans est proclamé roi sous le titre de "Roi des Français". Louis-Philippe se positionne comme un "roi-citoyen" et adopte une politique plus libérale. Son règne est marqué par une certaine stabilité économique et un développement industriel, mais aussi par des inégalités sociales croissantes et une répression des mouvements républicains et ouvriers. C'est pourquoi, en 1848, une série de révoltes à travers l'Europe, notamment en France, mène à l'abdication de Louis-Philippe et à l'avènement de la deuxième république.



Figure 48: La Liberté guidant le peuple, Eugène Delacroix, 1830

4.3.1 En Horlogerie

L'industrialisation horlogère, débutant vers la fin du XVIIIe siècle, a révolutionné l'industrie en introduisant la mécanisation et la standardisation des processus de production. À partir des années 1780, l'utilisation de machines-outils simples a permis de fabriquer des composants horlogers plus rapidement et uniformément. Les fabriques d'ébauches comme Japy à Beaucourt (1777), puis la fabrique à Fontainemelon (1793), en sont l'illustration.

Des avancées significatives pour améliorer la précision dans la montre sont également arrivées avec, par exemple, les chronomètres de marine par John Harrison (première moitié du XVIIIe siècle) et l'invention du tourbillon par Abraham-Louis Breguet (1801).

5 Restauration

Liste des opérations :

1. Démontez, nettoyez et désoxydez les laitons du mouvement
2. Reprenez les pivots, rafraîchissez les ailes des pignons, les faces et les carrés
3. Replantez les pivots du mobile du moyen et du mobile sur chant
4. Faites 2 bouchons et retirez l'étain
5. Redressez les dents de la roue de rosette
6. Reprenez la verge
7. Comptez et réglez un nouveau spiral
8. Refaites un vis
9. Changez la goupille du ressort lever-couche
10. Fabriquez le levier de commande de l'horizon
11. Émailliez le disque du soleil
12. Reprenez environ 30 vis poli bombé bleu et 1 polie plate
13. Exécutez 11 polis bloqués sur les aciers
14. Faites d'autres reprises esthétiques comme bleuir le rideau
15. Nettoyez, remontez, lubrifiez de la montre
16. Fabriquez 3 aiguilles
17. Nettoyez le cadran et la boîte
18. Polissez la boîte

5.1 Nettoyage

Lors du démontage je procède par un premier chevillage grossier dans les pivotements avec une buchette de bois et de la benzine. Ensuite je plonge les composants dans un bain de R.G.1. Cette solution contient de l'éthanol, du butylglycol, de l'oléate d'ammonium et de l'ammoniac. Elle permet de dissoudre les graisses et les huiles sèches ainsi que toutes sortes de saletés. Seuls les composants en laiton y sont plongés, car cette solution peut avoir un effet néfaste sur l'acier. Pour les composants mixtes comme les mobiles (roue en laiton et pignon en acier) il est tout de même possible de les tremper dans la solution mais il faut toutefois rester vigilant sur le temps de traitement et sur le rinçage.

Temps dans le R.G.1 :

- 30 minutes pour les composants mixtes
- 1 à 2 heures pour les laitons

Une fois les composants sortis du bain de R.G.1, je viens les frotter avec une brosse que j'ai préalablement trempée dans la même solution et je les rince à l'eau pour ensuite bien les sécher à l'air comprimé et un passage à l'air chaud afin de sécher correctement et éliminer l'eau lors de cette étape. Je profite de venir cheviller les trous de pivotement avec une cheville de bois.

Je passe ensuite les composants dans un bain d'alcool isopropylique que je laisse tremper 10 minutes puis que je viens à nouveau sécher correctement pour ensuite, les plonger dans le dernier bain qui est celui de benzine, je les laisse également tremper 10 minutes et fini par les sécher.

L'alcool isopropylique permet d'assécher et de retirer tout film gras de la pièce, tandis que la benzine laisse un film gras sur les pièces servant de petite protection contre l'oxydation.



Figure 49: disque avant lavage



Figure 50: disque après lavage

5.2 Retirer les bouchons et l'étain

La montre à déjà été réparée au niveau des mobiles de moyenne et chant et on peut voir que cette réparation a été faite car deux pivots étaient cassés. Ce travail ne respecte pas les codes de la restauration ; au lieu de replanter les pivots, les tigeons ont été taillés en pointe et les pivotements dans la platine ont été bouchés afin de limiter l'ébat. De plus, les bouchons ont été grossièrement brasés à l'étain dans la platine. C'est pour cela que l'on retrouve des bouchons pleins avec des taches d'étain et des roues avec des tigeons taillés en pointes.



Figure 51: vue extérieure des bouchons pleins avec étain



Figure 52: tigeon taillé en pointe roue de chant



Figure 54: vue intérieure des bouchons avec étain



Figure 53: tigeon tailler en pointe roue de moyenne

Afin de pouvoir mesurer et avoir un plan d'ensemble des roues il me fallait retirer les bouchons et par la même occasion, retirer un maximum d'étain.

J'ai commencé par vérifier les entraxes qui ne sont pas les mêmes sur la petite et la grande platine. Je vais donc déterminer leur positionnement avec un compas aux engrenages, une fois que les mobiles seront remis en état.

Je retire les deux bouchons avec la potence, ils sortent facilement même avec l'étain.

Je commence par retirer l'étain des huiliers avec mes fraises à roulettes. Puis pour retirer le reste de l'étain sur la platine, j'ai commencé par utiliser la tresse de cuivre avec le fer à souder mais ça ne suffisait pas. Je passe donc à une autre technique en utilisant le produit « zinntod » qui en français donne « mort d'étain ». Ce produit est utilisé pour retirer des fines couches d'étain. Avec précaution, je l'applique à l'aide d'un coton tige, je tamponne le produit sur l'étain puis j'attends 1 à 2 minutes et viens frotter avec le coton tige. Je répète l'opération jusqu'à obtenir un résultat satisfaisant.



Figure 55: zinntod

Sachant que l'étain est compliqué à retirer, je savais que l'entièreté n'allait pas disparaître mais j'obtiens tout de même un résultat plutôt satisfaisant par rapport à ce que l'on avait.



Figure 59: vue extérieure platine avec bouchons et étain



Figure 60: vue extérieure platine sans bouchon et sans étain



Figure 56: vue intérieure platine avec bouchon et étain



Figure 57: vue intérieure platine sans bouchon et étain

5.3 Replantation de pivots

Dans la montre deux mobiles ont les pivots cassés, le mobile de moyenne et le mobile sur chant. En tout 3 pivots sont à remplacer.

J'ai commencé par replanter le pivot du mobile de moyenne côté pignon. Pour cela je viens reprendre la face à la pierre Degussit afin de retirer toutes les bavures. Puis au burin à main, je fais un point de centre et je perce avec une mèche de 0,20 mm en métal dur que je maintien dans un mandrin à main.

Je prends une barre d'acier tampon de 0,50 mm que je tourne à 0,20 mm très légèrement conique, le but étant de gripper le futur pivot et je crée une amorce de rupture pour que celle-ci cède une fois le pivot grippé. La roue étant percée et le pivot tourné, je les nettoie tous les deux à l'ultrason et à l'alcool isopropylique afin que les pièces soient entièrement propres et sèches. Puis je grippe mon pivot en faisant tourner la roue à une vitesse assez élevée et en enfonçant le pivot jusqu'à ce que l'amorce cède. Je contrôle la tenue du pivot, puis je roule le pivot à la dimension souhaitée.



Figure 58: tigeon percé



Figure 59: pivot replanté



Figure 60: pivot replanté

Pour les replantages suivants, j'utilise le même procédé, à l'exception qu'il ne suffit pas de replanter juste le pivot comme vu au-dessus, mais de faire un manchon afin replanter un bout de tige en plus du pivot.

Le tigeon a été modifié lors de la précédente réparation et il me faut alors éliminer la pointe qui a été créée pour ensuite venir percer un trou de 0,25 mm avec une mèche en métal dur.

Je tourne le manchon qui est en acier trempé bleui, puis je le grippe et je fini par rouler le pivot pour le mettre de bonne dimension.



Figure 61: mobile de moyenne avant



Figure 62: mobile de moyenne après

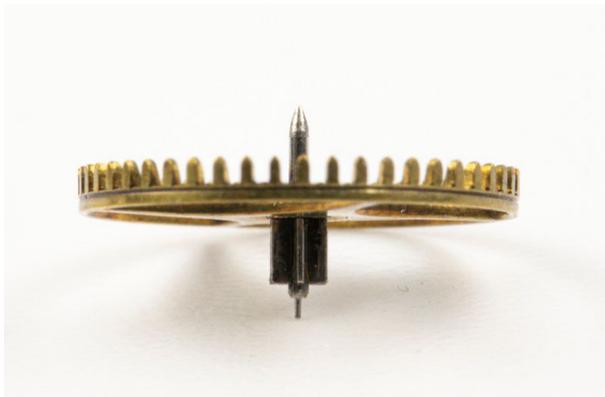


Figure 64: mobile sur chant avant

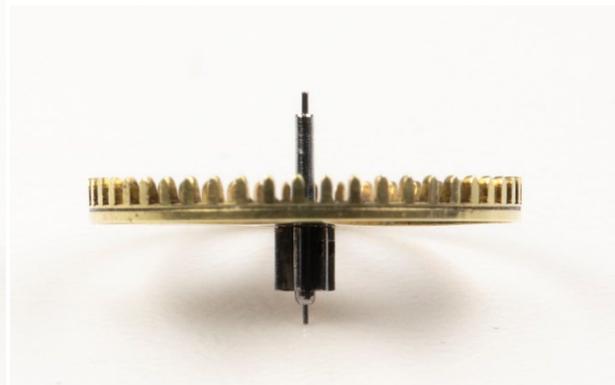


Figure 63: mobile sur chant après

5.4 Le bouchonnage

Maintenant que les deux roues ont des pivots je peux enfin contrôler l'entraxe avec le compas aux engrenages. Pour ça je viens me baser sur celui de la grande platine afin de vérifier si celui-ci est bon.

Je constate que les roues tournent bien et je décide de me baser sur la grande platine pour mes nouveaux bouchons.

Je donne un coup d'équarrissoir dans les trous existants après avoir retiré les bouchons, afin de les lisser puis je chasse une goupille conique en laiton. A l'aide de la potence, je frappe le dessus pour gonfler la matière, cela permet d'assurer la tenue du bouchon.

Une fois en place je peux percer les deux bouchons. La pointeuse n'étant pas disponible, j'ai utilisé la perceuse Picomax qui est équipée d'une lunette de centrage.

Je positionne la grande platine pour pouvoir me centrer à la lunette. Une fois centré je bloque les positions et je monte la petite platine sur la grande. Je perce avec une mèche de diamètre 0,20 mm. Je répète l'opération pour le second perçage.

Je peux maintenant finir l'aspect esthétique en créant l'huilier avec une fraise à roulette.

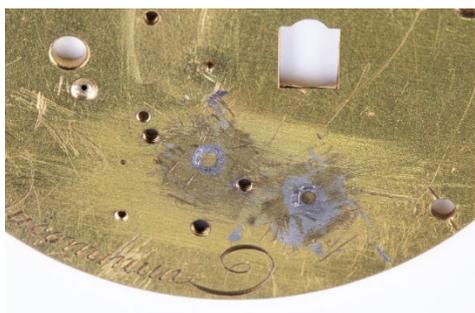


Figure 67: bouchons pleins avec étain



Figure 68: bouchon et étain retirés



Figure 65: nouveaux bouchons pleins chassés



Figure 66: nouveaux bouchons percés et avec huiliers



Figure 70: ancien bouchon coté intérieur de la platine



Figure 69: nouveau bouchon coté intérieur de la platine

5.5 Reprise des pivots, des ailes et des carrés

J'ai commencé à rafraîchir les ailes des pignons avec de la pâte Unipol sur une cheville de bois, puis les tigeons également à la pâte Unipol. Pour les pivots je les ai roulé afin de retirer les rayes superficielles et redurcir la surface.

Pour reprendre les carrés, j'ai utilisé un fer à polir avec du papier 30um et je reprend les plats sur un bouchon en liège.

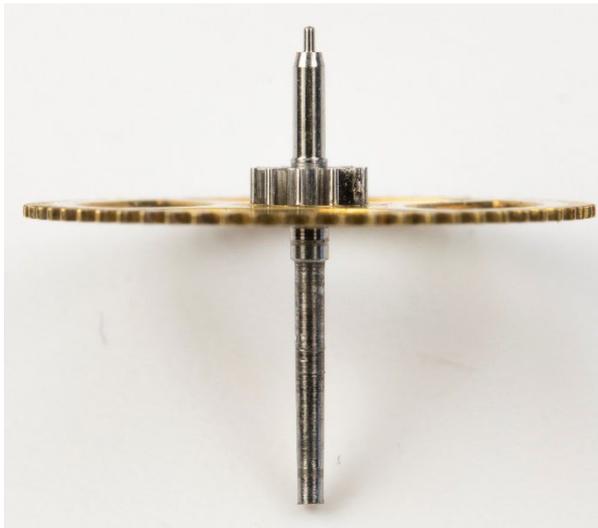


Figure 71: pignon et tigeon avant



Figure 72: pignon et tigeon après



Figure 73: carré avant



Figure 74: carré après

5.6 Reprise de la verge et du balancier

Pour reprendre les palettes de la verge, je commence par retirer le spiral que je nettoie en le trempant dans un bain Greiner et en le passant aux ultrasons. Je me munis de mon fer à polir en laiton et d'une cheville de bois avec de la pâte diamant $3\mu\text{m}$ et $1\mu\text{m}$ et je repoli les palettes.

Je passe le balancier au RG1 pour le déoxyder puis aux ultrasons, alcool isopropylique et à la benzine.



Figure 75: verge et balancier avant



Figure 76: verge et balancier après

5.7 Nouvelle vis

La vis du ressort du levier d'horizon fait clou. Le filetage de la vis ainsi que le taraudage dans la platine sont fortement abimés. Je décide de faire un bouchon et de remettre une nouvelle vis.

Je commence par percer dans la platine un trou à 2,00 mm pour venir y mettre un bouchon déjà percé.

Je chasse et rive le bouchon et le met de hauteur. Je rectifie le trou à 0,80 mm pour venir y passer les tarauds de M1. Puis je prends une vis existante et je la modifie afin qu'elle soit correctement adaptée à son environnement.



Figure 78: avant bouchon



Figure 77: après bouchon

5.8 Changement de la goupille du ressort d'horizon

La goupille de positionnement dans le talon du ressort d'horizon est en laiton ce qui n'est pas correct. Je retire donc la goupille en laiton pour la remplacer par une en acier que je chasse, met de longueur, puis je viens tirer les traits afin qu'elle ne soit plus visible.



Figure 80: avec goupille en laiton



Figure 79: avec goupille en acier

5.9 Fabrication du bras de levier de l'horizon

Le levier de commande est cassé ; il manque le bras de liaison avec le rideau d'horizon.

Je constate qu'une réparation a déjà été tentée car on peut apercevoir des restes d'étain sur la partie tronquée. De plus, on peut constater que l'opération n'a pas fonctionné, l'élément rapporté étant manquant



Figure 81: levier de commande cassé

Je commence par définir la fonction et la forme du bras manquant en m'inspirant des exemples à ma disposition.



Figure 84: exemple de levier de commande

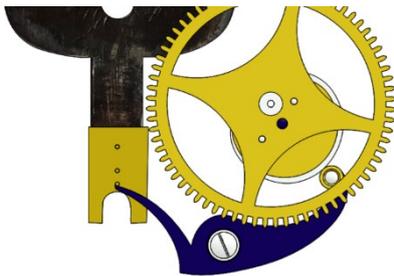


Figure 83: exemple de levier de commande

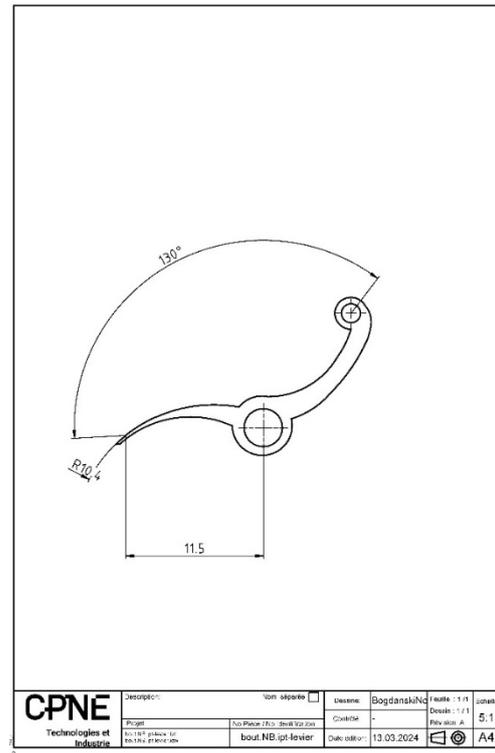


Figure 82: plan du levier de commande

Pour dessiner la forme du nouveau bras, je prends en compte la position la plus basse et la plus haute par rapport à la came et au rideau d'horizon. Il faut faire attention à bien suivre un rayon pour que la montée et la descente du rideau soient correctes. Pour la forme je m'inspire de ce qui existe mais aussi de la place disponible.

Je commence par tracer approximativement la forme du bras dans une plaque d'acier de 0,80mm d'épais que je découpe au bécfil. Puis je lime afin de dégrossir en utilisant le projecteur de profil et mon dessin pour m'aider à me rapprocher de la forme finale. Entre temps, je perce le levier et le bras que je suis en train de faire, afin de pouvoir y planter une goupille et je lime aussi un dégagement dans le bras pour que les deux pièces se superposent correctement.

Puis je trempe rouge cerise (800°) le bras que j'ai limé et la goupille. Je blanchie et je fais un revenu bleu roi (300°). Je reprends les faces puis je nettoie les pièces à l'ultrason puis à l'alcool afin qu'elles soient bien propres et sèches, car je vais les braser à l'argent.

Je prépare le flux décapant Castolin 1802 qui est en poudre en rajoutant de l'eau jusqu'à obtenir une pâte ressemblant à la texture du dentifrice. Je l'applique sur le raccord prévu des deux parties qui sont superposées. Je les assemble et chasse la goupille de maintien, puis je rajoute du flux décapant à l'endroit où l'argent doit se déposer.

Je positionne ma pièce sur un support qui résiste à la chaleur et aux flammes. Je dépose généreusement de la pâte de protection contre la chaleur. Puis au chalumeau je chauffe le flux jusqu'à que celui-ci ne fasse quasiment plus de bulles, je dépose un petit bout d'argent et je continue à chauffer jusqu'à qu'il soit correctement fondu et bien coulé aux endroits désirés. Je laisse refroidir et contrôle que la pièce soit bien brasée.

Je peux ensuite continuer à limer et à mettre d'épaisseur tout en vérifiant les fonctions et également en m'aidant du projecteur de profil.

Une fois la bonne forme obtenue, je passe à l'esthétique de la pièce en tirant en long les traits du satinage sur la face, ainsi que sur les flancs. D'après deux exemples similaires, ainsi que de traces sur la pièce d'origine, le levier doit encore être bleui.



Figure 86: éléments avant l'assemblage



Figure 85: levier assemblé et brasé à l'argent

5.10 Reprise des aciers

Le rideau d'horizon est oxydé ; la rouille orange signifie qu'elle est sûrement active et il est donc important de la retirer. Pour cela j'utilise un bout de sureau sur lequel j'applique de la pâte diamant $3\mu\text{m}$. J'exerce des mouvements circulaires sur le rideau puis, avec une pointe en maillechort je viens gratter dans les creux la rouille à crée. Je continue à polir jusqu'à ce que le résultat me convienne. Puis je le passe aux ultrasons le rince et le fait sécher à l'aire chaud puis à l'alcool isopropylique et je refais sécher à l'aire chaud. Ils important que la pièce soit bien sèche et propre pour le bleuissage. Pour bleuir je la positionne bien à plat des copeaux de laiton que je chauffe à la lampe à alcool jusqu'à obtenir la bonne couleur puis une fois la couleur obtenue je jette la pièce dans de la benzine afin de figer la couleur et la stopper.



Figure 88: rideau de l'horizon avant reprise



Figure 87: rideau de l'horizon après reprise

Les autres pièces en acier sont aussi oxydées et marquées ; il me faut donc éliminer l'oxydation et reprendre les états de surface.

Je commence par retirer l'oxydation à l'arrière de la pièce et sur les flancs et pour ça, j'utilise des bâtons d'émeri Cratex et mes fers avec du papier corindon. Pour les flancs polis, j'utilise les fers et de la pâte diamant et je fini au buis pour donner le flash. Ensuite pour reprendre la face qui est polie miroir, j'utilise mon tripode et les plaque en fer, en bronze et en étain. Sur celle en fer je travaille avec de la pâte diamant $5\mu\text{m}$, celle en bronze avec de la pâte 5 et $3\mu\text{m}$ et pour finir, celle en étain avec de la pâte 3 et $1\mu\text{m}$.



Figure 89: ressort monté sur tripode et fixé à la cire



Figure 100: ressort avant



Figure 99: ressort après



Figure 98: flanc du ressort avant



Figure 96: flanc du ressort après



Figure 97: doit d'arrêt avant



Figure 95: doit d'arrêt après



Figure 94: came du lever coucher avant



Figure 93: came du lever coucher après



Figure 92: ressort avant



Figure 91: ressort après



Figure 90: ressort après reflet noir du poli

5.11 Reprise des vis

Les vis sont de finitions polies bombées bleu. Pour les reprendre, je commence par passer le filetage dans de la gomme abrasive. Puis je reprends la fente en commençant pas le fond avec une cheville de bois et de la pâte Tetrabor. Ensuite je passe un coup de pierre pour rafraîchir les angles.

Je monte la vis sur un tour horloger. J'utilise la pierre pour reprendre le pourtour et éliminer les bavures. Puis je me muni d'un bouchon en liège sur lequel je colle des papiers corindon de 40 μm , 30 μm , 12 μm , 9 μm , 3 μm et 1 μm pour reprendre la face.

Pour le bleuissage des vis, il est important que celles-ci soient bien propre. J'utilise la lampe à alcool que je positionne en dessous d'une plaque à trous en laiton. Je dépose mes vis une à une sur la plaque qui chauffe. Au moment où la vis atteint la couleur désirée, un bleu roi, je la retire et la trempe immédiatement dans de la benzine afin de stopper le changement de couleur et de la refroidir.



Figure 101: vis de rosette avant - après



Figure 104: tête de la vis de charnière avant-après



Figure 103: vis de charnière avant-après



Figure 102: vis potence avant-après

5.12 Montage et lubrification du mouvement

Lors du remontage de la partie temps du mouvement, je lubrifie l'ensemble de façon ordinaire, avec comme point important, le fait de ne pas huiler les palettes de la verge.

Pour la lubrification j'utilise les produits ci-dessous :

Huile Moebius synt-a-lube 9010	Pour les pivotements très rapides avec peu de force
Huile Moebius synta-visco-lube 9020	Pour les pivotements rapides avec peu de force
Huile Moebius synt-HP 1300	Pour les pivotements plus lents
Graisse Jismaa bleu	Frottement acier-acier
Graisse Jismaa verte	Frottement acier-laiton
Graisse Moebius 8200	Ressort de barillet

Pour l'assemblage de la partie quantième, j'ai utilisé les points de repère marqués sur les roues afin de les positionner correctement et pour la lubrification j'utilise les mêmes lubrifiants que dans le tableau.



Figure 105 Mouvement lors de l'assemblage

5.13 Les aiguilles

5.13.1 L'aiguille de rosette

L'aiguille de rosette est oxydée et marquée : je commence par retirer l'oxydation au papier 12 μm et au Cratex. Une fois l'oxydation retirée, je m'occupe de l'état de surface et pour cela, j'utilise du papier 3 μm et mes fers à polir avec de la pâte à polir. Pour reprendre le plat du canon j'utilise mes blocs à polir. Une fois fini, je nettoie et bleui l'aiguille dans des copeaux de laiton et dès que j'obtiens la bonne couleur, je la refroidi dans la benzine.

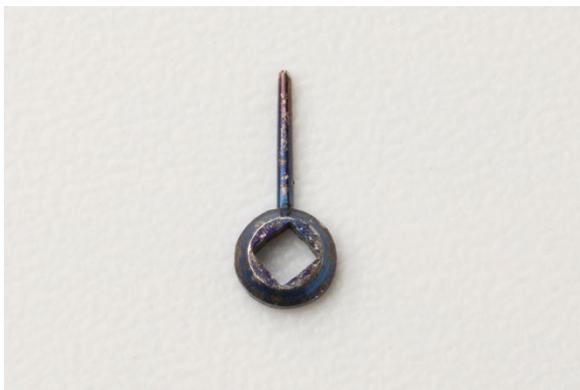


Figure 107: aiguille de rosette avant



Figure 108 : aiguille de rosette reprise



Figure 106: aiguille de rosette après bleuissement

5.13.2 Les aiguilles d'affichages

Les aiguilles des heures et des minutes sont cassées, celle des mois est manquante et celle de la date ne tient pas sur le carré.

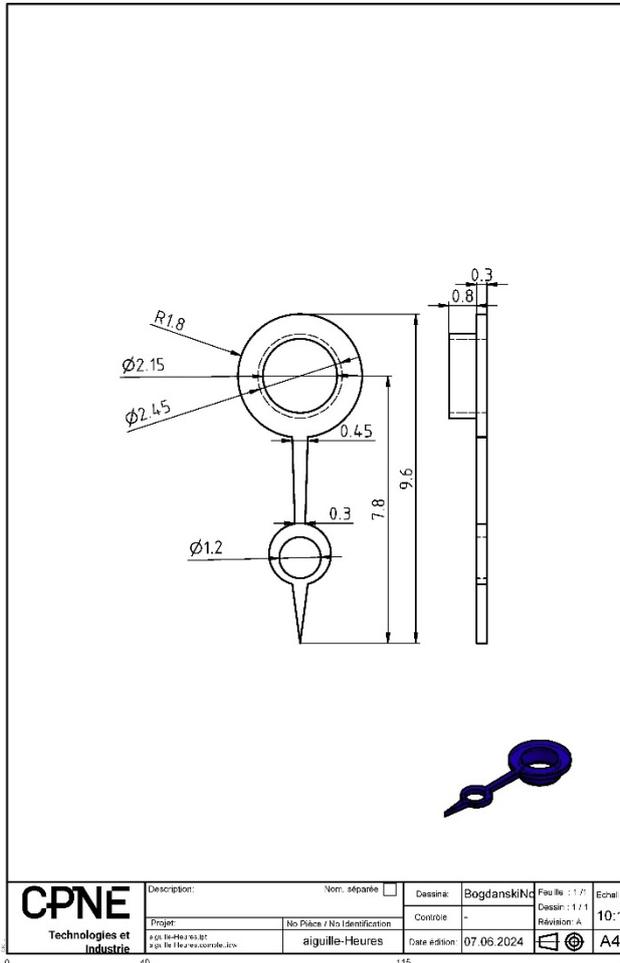


Figure 109: plan de l'aiguille des heures

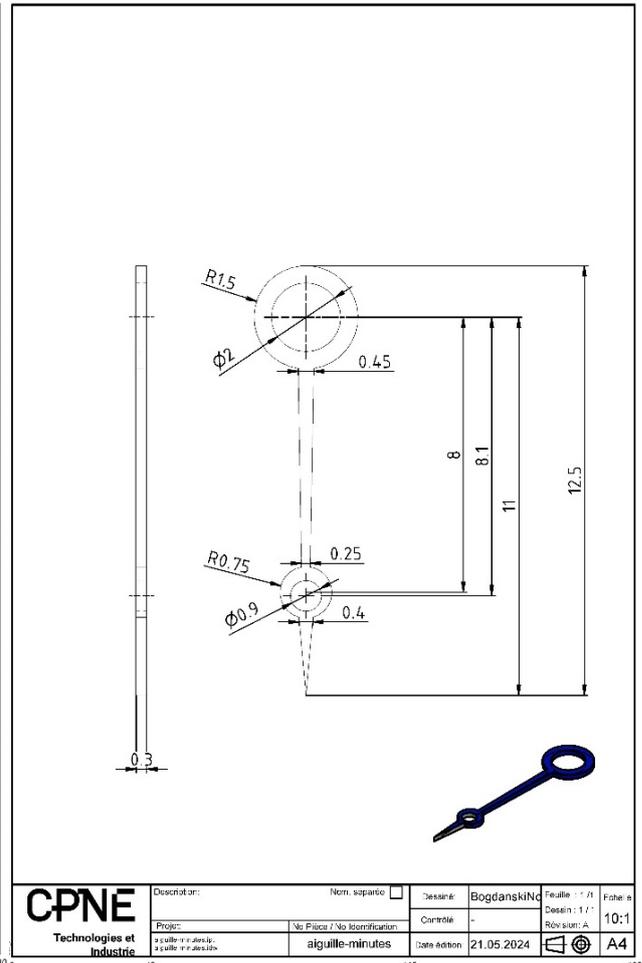


Figure 110: plan de l'aiguille des minutes

Je commence par m'occuper des aiguilles heures et minutes. Je me base sur les dimensions du cadran, des aiguilles restantes et d'images. Je constate que l'aiguille des minutes est plate mais que celle des heures est bombée entre le canon et la goutte. Je dessine les plans de mes aiguilles et je décide de les découper à la machine laser.

Pour se faire, j'enregistre en dxf le plan de l'aiguille en taille réelle 1 :1 et en retirant le cartouche et toutes les annotations, je le met sur un clé USB. J'allume la machine laser et ajoute mon plan dxf et dans le tableau « propriétés du graphique », sous Marquage, je mets « pièce 150°/ Gravure Rochet » puis je sélectionne « Pendulette aiguilles » et je porte le nombre de passes à 500.

Puis je mets ma plaque en acier d'épaisseur 0,35mm sur le plateau du laser (avec une autre plaque de 6mm d'épaisseur en dessous afin de protéger la machine) ; la hauteur totale est donc

de 6,35 mm que je rentre en axe Z et je lance les premières passes du laser, puis je descends l'axe Z de 0,20mm et je relance le laser. Je répète l'opération jusqu'à arriver à 5,90mm en Z.

Pour l'aiguille des heures, je décide de la faire d'une pièce avec son canon car celui-ci ne tient pas en étant chassé rivé. Pour ce faire je prends une plaque de 1,50mm et j'y découpe un carré, je perce au centre un trou de 2,10mm et je lime les angles afin de les arrondir. En parallèle, j'usine un support en laiton afin de pouvoir y coller ma plaque. Je peux alors tourner la plaque puis aller à la machine laser et découper la forme de l'aiguille. Les dimensions de l'aiguille sont de 1,10 mm de hauteur total et 0,30 mm de planche d'aiguille. L'aiguille est alors découpée, je reprends les flancs et je la trempe rouge cerise et la revient bleu roi. Je reprends à nouveau les flancs et retire la calamine puis je polie l'aiguille aux blocs et pour finir, je donne le bombé à la pierre Degussit et aux fers à polir.

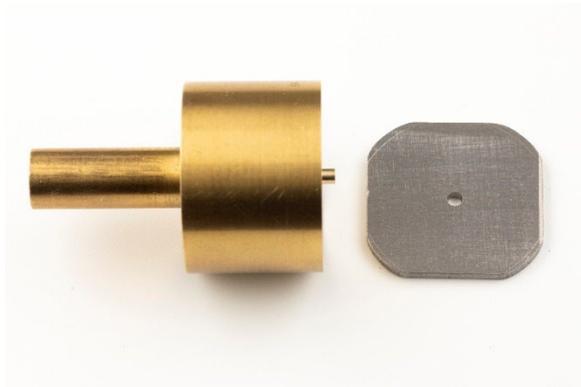


Figure 111: support et plaque percée



Figure 112: support avec la plaque tournée



Figure 115: la plaque-ébauche



Figure 113: aiguille des heures polie



Figure 114: aiguille des heures terminée

Pour l'aiguille des minutes je la découpe également à la machine laser et j'effectue les mêmes opérations que sur celle des heures, sauf qu'il me faut fabriquer le canon qui sera rapporté.

J'utilise le tour 70 afin de tourner le canon puis je lime le carré. Je trempe rouge cerise et reviens bleu la pièce et fini par lui donner son aspect esthétique. Puis je rive le canon à l'aiguille après avoir déterminé la position du carré.



Figure 116: aiguille des minutes assemblée

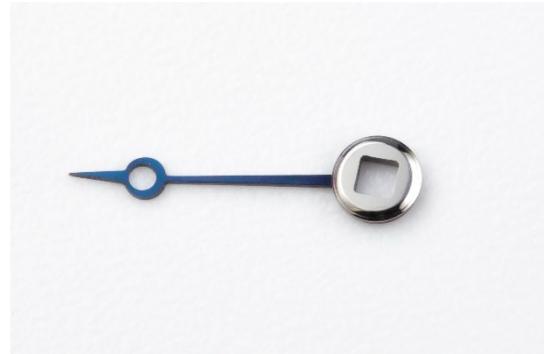


Figure 117: aiguille des minutes finie

Maintenant je peux passer aux aiguilles permettant d'afficher la date et le mois. Ici, l'aiguille d'origine est trop grande et ne tient pas sur les deux carrés on trouve aussi une autre aiguille qui a été fabriqué par un élève (voir en annexe) , celle-ci fonctionne pour l'affichage du jour.

Je décide de garde l'aiguille d'origine mais de lui retirer le canon afin d'en fabriquer un nouveau qui sera adapté au carré permettant d'afficher le mois.



Figure 118: aiguille quantième avant



Figure 120: canon retiré



Figure 119: aiguille quantième polie et nouveau canon

Pour retirer le canon qui est chassé et rivé, je fabrique un support en laiton avec un tenon adapté au carré permettant de centrer l'aiguille et de la coller. Je tourne le dessus du canon afin de l'éliminer. Une fois fait, je sors le reste du canon à la potence micrométrique. Je reprends l'état de surface de l'aiguille et je fabrique le nouveau canon. Pour la mise en place je procède de la même façon que pour l'aiguille des minutes.



Figure 121: aiguille de quatrième fini

Le jeu d'aiguilles est maintenant au complet avec 3 aiguilles refabriquées et une conservée où seul le canon a été changé.



Figure 122: jeu d'aiguilles au complet

5.14 Le disque soleil

Le disque permettant d'afficher le lever et coucher du soleil n'est pas émaillé. Ici le choix a été de le refaire émailler et de lui remettre un soleil afin de lui rendre son apparence d'origine.

Pour cela nous avons comparé plusieurs montres similaires afin de trouver le soleil qui se rapproche le plus de ce qu'il aurait pu être à l'origine.

Pour réaliser ce travail nous avons pris contact avec Madame Anita Porchet.

Anita Porchet est une artisane suisse, émailleuse, elle vit et travaille à Corcelles-le-Jorat. elle collabore avec des entreprises reconnues dans les métiers d'art telles que Patek Philippe pour la création de la montre de poche « Aube sur le lac », faite à l'occasion du 175^e anniversaire de l'entreprise ; Vacheron Constantin pour qui elle a effectué la reproduction du plafond de l'Opéra Garnier à Paris et encore beaucoup d'autres grandes entreprises.

Elle a volontiers accepté le projet de remise en état du disque. Pour cela nous avons aussi fait appel à Monsieur Paul Clementi afin d'avoir un avis supplémentaire.

Nous sommes allés, mon enseignant, Monsieur Landwerlin, et moi, rencontrer Madame Porchet afin de définir ensemble la forme, la disposition et l'allure du soleil et des paillons qui le constituent. Monsieur Clementi était également présent et a pu nous guider sur les choix à faire.

Nous nous sommes donc basé sur les soleils des montres signées Meuron et Compagnie, l'une provenant du site internet de ventes aux enchères drouot.com et l'autre d'une collection privée.



Figure 125: disque de ma montre



Figure 124:disque Meuron collection privée



Figure 123: disque Meuron Drouot

Voici le résultat :



Figure 127:disque soleil émaillé



Figure 126: disque soleil émaillé



Figure 133: roue de soleil



Figure 134: roue de soleil

Il ne restait plus qu'à assembler le disque et sa roue de soleil en respectant le positionnement prévu par la goupille plantée sur la roue et le trou dans le disque et les solidariser avec de la gomme laque.

5.15 Nettoyage de la boîte

La boîte de la montre est en argent. Comme on peut le constater, l'argent c'est oxydé, ce qui donne cette couleur plus foncée et dans des tons plus cuivrés.

Pour le nettoyage j'ai commencé par laisser la boîte tremper dans le RG1 durant une bonne demi-heure, puis je l'ai frottée avec une brosse douce sous l'eau et finir par la passer à l'alcool isopropylique et à la benzine en veillant à bien sécher la pièce à chaque fois.

Une bonne partie de l'oxydation est partie, mais de grosses taches noires sous le pendant sont toujours très visibles.

J'utilise un détergent pour l'argenterie qui est un produit liquide dans lequel je trempe l'objet pendant une trentaine de secondes, puis je rince à l'eau et si besoin, je répète l'opération. Cette solution m'as permis de retirer les taches noires.

Je fini par donner un coup de pâte Unipol que j'applique sur la boîte avec un bout de coton afin de redonner un flash. Je ne cherche pas à éliminer les rayures mais seulement lui redonner un côté brillant.



Figure 130: boîte avant



Figure 129: boîte après



Figure 131: boîte avant



Figure 128: boîte après

6 Conclusion

En conclusion, cette restauration m'as permis de me plonger dans la remise en état complète d'une montre et d'élargir mes connaissances et mes compétences.

L'analyse approfondie du mouvement a été le socle sur lequel repose toute la démarche de restauration. Comprendre le mécanisme a permis d'appréhender, de la bonne manière, les réparations à effectuer et de proposer des solutions adaptées. La partie historique a enrichi cette compréhension en me permettant de comparer mon objet a d'autres qui lui sont très similaire. Cela m'a également permis de prendre des décisions telles que pour la remise en état du disque et du levier de l'horizon.

La phase de restauration, quant à elle, a été une véritable aventure, entre, identifier les causes des problèmes, les précédentes réparations qui ont été effectuées d'une manière peu conventionnelle, la fabrication de pièces cassée ou manquantes et également tout le travail de reprise esthétique de chaque pièce.

Ce travail a exigé non seulement des compétences techniques et théoriques, mais aussi un bon esprit d'analyse et de conservation. Car oui, outre le fait de refaire fonctionner la montre, mon but était aussi de conserver au maximum l'objet tout en lui redonnant son aspect d'origine.

Aujourd'hui, le mouvement fonctionne et l'échappement permet une bonne amplitude du balancier, mais crée de l'avance en position horizontale. Il lui manque le disque du soleil qui est actuellement entre les mains de l'émailleuse.

Il me reste encore à régler la montre afin d'avoir moins d'avance, d'ajouter le disque et de l'emboîter.

Depuis la fin de l'action de Noa, l'ensemble du travail a été terminé, avec le disque du soleil émaillé, redonnant vie à cette montre.



Figure 139: avant



Figure 138: après



Figure 137: avant



Figure 136: après



Figure 132: avant



Figure 133: après



Figure 134: avant



Figure 135: après

7 Bilan personnel

La restauration de cette montre a une fois de plus renforcé mes compétences en tant que technicienne. Malgré les défis et les obstacles rencontrés, cette expérience a été formatrice, m'apportant de précieuses leçons et a aussi permis de continuer à améliorer mon regard pour les restaurations à venir.

J'ai énormément apprécié ce travail, car j'ai pu utiliser tout ce que mes précédentes restaurations m'ont apprises. Je sens mes compétences évoluer à travers chaque projet et pour celui-ci, j'ai le sentiment de d'avoir abordé correctement le projet. Le travail qui a été effectué est loin d'être simple et a demandé une grande patience, car il m'a fallu parfois plusieurs tentatives avant d'arriver au résultat final espéré.

Je suis fière du travail que j'ai fourni et de la façon dont j'ai su résoudre les problématiques.

Juin 2024, Noa Borgdanski

8 Bibliographie

8.1 Sites web

- Ressources scientifiques pour l'enseignement des sciences de la Terre et de l'Univers [En ligne]. [Consulté le 05.02.2024]. Disponible à l'adresse : [Déterminer la latitude d'un lieu — Planet-Terre \(ens-lyon.fr\)](https://www.planet-terre.fr/)
- Mouvement avec calendrier signé Meuron et comp [En ligne]. [Consulté le 05.02.2024]. Disponible à l'adresse [MOUVEMENT AVEC CALENDRIER SIGNÉ MEURON & COMP., DÉBUT 18... | Drouot.com](https://www.drouot.com/)
- Premier Empire Wikipédia [En ligne]. [Consulté le 05.06.2024]. Disponible à l'adresse : [Premier Empire — Wikipédia \(wikipedia.org\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Premier_Empire)
- Carte du monde [En ligne]. [Consulté le 07.06.2024]. Disponible à l'adresse : [Carte du monde avec Latitude et Longitude \(mapsofworld.com\)](https://www.mapsofworld.com/)
- L'horlogerie au 19eme [En ligne]. [Consulté le 15.06.2024]. Disponible à l'adresse : [Horlogerie du XIXe siècle : nouvelles technologies et industrialisation \(ohselection.com\)](https://www.ohselection.com/)
- Louis-Philippe Wikipédia [En ligne]. [Consulté le 15.06.2024]. Disponible à l'adresse : [Louis-Philippe Ier — Wikipédia \(wikipedia.org\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Louis-Philippe_Ier)
- Révolution Française [En ligne]. [Consulté le 15.06.2024]. Disponible à l'adresse [Révolution française — Wikipédia \(wikipedia.org\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9volution_fran%C3%A7aise)

8.2 Livres

- TARDY, *Coqs de montre de la collection M.E. Coinon*
- NICOLET J.-C., *La pendulerie*, éditions Simonin, Neuchâtel, ISBN : 978-2-9700573-7-6
- VARONE Sylvain, *Répertoire des piliers de montres*, Chronométriphilia n°43
- TARDY, *Dictionnaire des horlogers Français*, éditions Lienhart, Aubenas, 1972
- Classeur atelier, *habillage cadran-aiguilles*
- Classeur atelier, *A-N et O-Z*
- JEAN-PAUL BOURDIN, *Fabricants et horlogers Loclois*, éditions G d'Encre 2012
- KATHLEEN H. PRITCHARD, *Swiss timepiece makers*, éditions Antoine Simonin
- OSVALDO PATRIZZI, *Dictionnaire des horlogers Genevois*, éditions Antiquorum
- TARDY, *Poinçons d'argent*, éditions régionales de l'ouest, 2004

9 Annexe

9.1 Latitudes de tous les pays

Pays	Capital	Latitude	Longitude
Afghanistan	Kaboul	34°28'N	69°11'E
Albanie	Tirana	41°18'N	19°49'E
Algérie	Alger	36°42'N	03°08'E
Les Samoa américaines	Pago Pago	14°16'S	170°43'W
Andorre	La Vella de l'Andorre	42°31'N	01°32'E
Angola	Luanda	08°50'S	13°15'E
Antigua et Barbuda	W. Indes	17°20'N	61°48'W
Argentine	Buenos Aires	36°30'S	60°00'W
Arménie	Yerevan	40°10'N	44°31'E
Aruba	Oranjestad	12°32'N	70°02'W
Australie	Canberra	35°15'S	149°08'E
Autriche	Vienne	48°12'N	16°22'E
Azerbaïdjan	Bakou	40°29'N	49°56'E
Les Bahamas	Nassau	25°05'N	77°20'W
Bahreïn	Manama	26°10'N	50°30'E
Bangladesh	Dhaka	23°43'N	90°26'E
Les Barbade	Bridgetown	13°05'N	59°30'W
Le Belarus	Minsk	53°52'N	27°30'E
Belgique	Bruxelles	50°51'N	04°21'E
Belize	Belmopan	17°18'N	88°30'W
Bénin	Porto-Novo	06°23'N	02°42'E
Bhutan	Thimphu	27°31'N	89°45'E
Bolivie	La Paz	16°20'S	68°10'W
Bosnie-et-Herzégovine	Sarajevo	43°52'N	18°26'E
Botswana	Gaborone	24°45'S	25°57'E
Brésil	Brasilia	15°47'S	47°55'W
Iles Vierges britanniques	Road Town	18°27'N	64°37'W

Brunei Darussalam	Bandar Seri Begawan	04°52'N	115°00'E
Bulgarie	Sofia	42°45'N	23°20'E
Burkina Faso	Ouagadougou	12°15'N	01°30'W
Burundi	Bujumbura	03°16'S	29°18'E
Cambodge	Phnom Penh	11°33'N	104°55'E
Cameroun	Yaoundé	03°50'N	11°35'E
Canada	Ottawa	45°27'N	75°42'W
Cap Vert	Praia	15°02'N	23°34'W
Iles Cayman	Georgetown	19°20'N	81°24'W
République centrafricaine	Bangui	04°23'N	18°35'E
Tchad	Ndjamena	12°10'N	14°59'E
Chili	Santiago	33°24'S	70°40'W
Chine	Pékin	39°55'N	116°20'E
Colombie	Bogota	04°34'N	74°00'W
Comores	Moroni	11°40'S	43°16'E
Congo	Brazzaville	04°09'S	15°12'E
Costa Rica	San Jose	09°55'N	84°02'W
d'Ivoire de Cote	Yamoussoukro	06°49'N	05°17'W
La Croatie	Zagreb	45°50'N	15°58'E
Cuba	La Havane	23°08'N	82°22'W
Chypre	Nicosia	35°10'N	33°25'E
République Tchèque	Prague	50°05'N	14°22'E
Corée du Nord	P'yongyang	39°09'N	125°30'E
République démocratique du Congo	Kinshasa	04°20'S	15°15'E
Danemark	Copenhague	55°41'N	12°34'E
Djibouti	Djibouti	11°08'N	42°20'E
Dominique	Roseau	15°20'N	61°24'W
République Dominicaine	Santo Domingo	18°30'N	69°59'W
East Timor	Dili	08°29'S	125°34'E
Equateur	Quito	00°15'S	78°35'W
Egypte	Le Caire	30°01'N	31°14'E

Salvador	San Salvador	13°40'N	89°10'W
Guinée équatoriale	Malabo	03°45'N	08°50'E
Erythrée	Asmara	15°19'N	38°55'E
Estonie	Tallinn	59°22'N	24°48'E
Ethiopie	Addis Abeba	09°02'N	38°42'E
Les Malouines	Stanley	51°40'S	59°51'W
Les Iles Féroé	Tórshavn	62°05'N	06°56'W
Fiji	Suva	18°06'S	178°30'E
Finlande	Helsinki	60°15'N	25°03'E
France	Paris	48°50'N	02°20'E
Guyane française	Cayenne	05°05'N	52°18'W
Polynésie française	Papeete	17°32'S	149°34'W
Gabon	Libreville	00°25'N	09°26'E
Gambie	Banjul	13°28'N	16°40'W
Géorgie	Tbilissi	41°43'N	44°50'E
Allemagne	Berlin	52°30'N	13°25'E
Ghana	Accra	05°35'N	00°06'W
Grèce	Athènes	37°58'N	23°46'E
Groenland	Nuuk	64°10'N	51°35'W
Guadeloupe	Basse-Terre	16°00'N	61°44'W
Guatemala	Le Guatemala	14°40'N	90°22'W
Guernesey	Saint Pierre-Port	49°26'N	02°33'W
Guinée	Conakry	09°29'N	13°49'W
Guinée-Bissau	Le Bissau	11°45'N	15°45'W
Guyana	Georgetown	06°50'N	58°12'W
Haïti	Port-au-Prince	18°40'N	72°20'W
Les îles de McDonald		53°00'S	74°00'E
Honduras	Tegucigalpa	14°05'N	87°14'W
Hongrie	Budapest	47°29'N	19°05'E
Islande	Reykjavik	64°10'N	21°57'W
Inde	New Delhi	28°37'N	77°13'E

Indonésie	Jakarta	06°09'S	106°49'E
Iran	Téhéran	35°44'N	51°30'E
Irak	Bagdad	33°20'N	44°30'E
Irlande	Dublin	53°21'N	06°15'W
Israël	Jérusalem	31°47'N	35°12'E
Italie	Rome	41°54'N	12°29'E
Jamaïque	Kingston	18°00'N	76°50'W
Jordanie	Amman	31°57'N	35°52'E
Kazakhstan	Astana	51°10'N	71°30'E
Kenya	Nairobi	01°17'S	36°48'E
Kiribati	Tarawa	01°30'N	173°00'E
Koweït	Koweït-City	29°30'N	48°00'E
Kurdistan	Bichkek	42°54'N	74°46'E
Laos	Vientiane	17°58'N	102°36'E
Lettonie	Riga	56°53'N	24°08'E
Liban	Beyrouth	33°53'N	35°31'E
Lesotho	Maseru	29°18'S	27°30'E
Libéria	Monrovia	06°18'N	10°47'W
Libye	Tripoli	32°49'N	13°07'E
Liechtenstein	Vaduz	47°08'N	09°31'E
Lituanie	Vilnius	54°38'N	25°19'E
Luxembourg	Le Luxembourg	49°37'N	06°09'E
Macao	Macao	22°12'N	113°33'E
Madagascar	Antananarivo	18°55'S	47°31'E
Malawi	Lilongwe	14°00'S	33°48'E
Malaisie	Kuala Lumpur	03°09'N	101°41'E
Maldives	Mâle	04°00'N	73°28'E
Mali	Bamako	12°34'N	07°55'W
Malte	Valette	35°54'N	14°31'E
Martinique	Fort-de-France	14°36'N	61°02'W
Mauritanie	Nouakchott	20°10'S	57°30'E

Mayotte	Mamoudzou	12°48'S	45°14'E
Mexique	Mexico	19°20'N	99°10'W
Micronésie	Palikir	06°55'N	158°09'E
Moldavie	Chisinau	47°02'N	28°50'E
Mozambique	Maputo	25°58'S	32°32'E
Myanmar	Yangon	16°45'N	96°20'E
Namibie	Windhoek	22°35'S	17°04'E
Népal	Katmandou	27°45'N	85°20'E
Pays Bas	Amsterdam	52°23'N	04°54'E
Antilles néerlandaises	Willemstad	12°05'N	69°00'W
Nouvelle-Calédonie	Nouméa	22°17'S	166°30'E
Nouvelle Zélande	Wellington	41°19'S	174°46'E
Nicaragua	Managua	12°06'N	86°20'W
Niger	Niamey	13°27'N	02°06'E
Nigéria	Abuja	09°05'N	07°32'E
Île de Norfolk	Kingston	45°20'S	168°43'E
Mariannes du Nord	Saipan	15°12'N	145°45'E
Norvège	Oslo	59°55'N	10°45'E
Oman	Masquât	23°37'N	58°36'E
Pakistan	Islamabad	33°40'N	73°10'E
Palau	Koror	07°20'N	134°28'E
Panama	Le Panama	09°00'N	79°25'W
Papouasie-Nouvelle Guinée	Port Moresby	09°24'S	147°08'E
Paraguay	Asuncion	25°10'S	57°30'W
Pérou	Lima	12°00'S	77°00'W
Philippines	Manille	14°40'N	121°03'E
La Pologne	Varsovie	52°13'N	21°00'E
Portugal	Lisbonne	38°42'N	09°10'W
Porto Rico	San Juan	18°28'N	66°07'W
Qatar	Doha	25°15'N	51°35'E
Corée du Sud	Séoul	37°31'N	126°58'E

Roumanie	Bucuresti	44°27'N	26°10'E
Russie	Moscou	55°45'N	37°35'E
Rwanda	Kigali	01°59'S	30°04'E
Saint Kitts et Nevis	Basseterre	17°17'N	62°43'W
Saint Lucia	Castries	14°02'N	60°58'W
Saint Pierre et Miquelon	Saint-Pierre	46°46'N	56°12'W
Saint Vincent And The Grenadines	Kingstown	13°10'N	61°10'W
Samoa	Apia	13°50'S	171°50'W
Saint-Marin	Saint-Marin	43°55'N	12°30'E
Sao-Tomé-Et-Principe	Sao Tomé	00°10'N	06°39'E
Arabie Saoudite	Riyadh	24°41'N	46°42'E
Sénégal	Dakar	14°34'N	17°29'W
Sierra Leone	Freetown	08°30'N	13°17'W
Slovaquie	Bratislava	48°10'N	17°07'E
Slovénie	Ljubljana	46°04'N	14°33'E
Îles Salomon	Honiara	09°27'S	159°57'E
Somalie	Mogadiscio	02°02'N	45°25'E
Afrique du Sud	Pretoria	25°44'S	28°12'E
Espagne	Madrid	40°25'N	03°45'W
Soudan	Khartoum	15°31'N	32°35'E
Surinam	Paramaribo	05°50'N	55°10'W
Swaziland	Mbabane	26°18'S	31°06'E
Suède	Stockholm	59°20'N	18°03'E
Suisse	Berne	46°57'N	07°28'E
Syrie	Damas	33°30'N	36°18'E
Tadjikistan	Douchanbé	38°33'N	68°48'E
Thaïlande	Bangkok	13°45'N	100°35'E
Macédoine du Nord	Skopje	42°01'N	21°26'E
Togo	Lomé	06°09'N	01°20'E
Tonga	Nuku'alofa	21°10'S	174°00'W
Tunisie	Tunis	36°50'N	10°11'E

Turquie	Ankara	39°57'N	32°54'E
Turkménistan	Achgabat	38°00'N	57°50'E
Tuvalu	Funafuti	08°31'S	179°13'E
Ouganda	Kampala	00°20'N	32°30'E
Ukraine	Kiev	50°30'N	30°28'E
Emirats Arabes Unis	L'Abu Dhabi	24°28'N	54°22'E
Royaume-Uni	Londres	51°36'N	00°05'W
Tanzanie	Dodoma	06°08'S	35°45'E
Etats-Unis d'Amérique	Washington	39°91'N	77°02'W
Etats-Unis des Îles Vierges	Charlotte Amelie	18°21'N	64°56'W
Uruguay	Montevideo	34°50'S	56°11'W
Ouzbékistan	Tachkent	41°20'N	69°10'E
Vanuatu	Port-Vila	17°45'S	168°18'E
Venezuela	Caracas	10°30'N	66°55'W
Vietnam	Hanoi	21°05'N	105°55'E
Serbie	Belgrade	44°50'N	20°37'E
Zambie	Lusaka	15°28'S	28°16'E
Zimbabwe	Harare	17°43'S	31°02'E

9.2 Aiguille d'un travail annexe

Diplôme 2022

MHL3284

Jacques Portenier

Travail annexe

Dans le cadre de mon travail de diplôme, il m'a été demandé de fabriquer une aiguille sur une autre montre, en l'occurrence, une montre de poche équipée d'un mécanisme de lever-coucher du soleil, sur laquelle travaille un de mes collègues. Cette montre appartient au Musée régional de La Sagne où elle porte le numéro d'inventaire 260013.

Une des deux aiguilles index permettant la lecture de la date et du mois, est manquante. Je décide de fabriquer l'aiguille en me basant sur celle qui existe et sur un document provenant d'une collection privée reconstituant une autre montre lever-coucher de soleil.

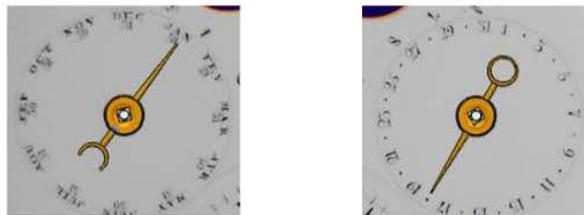


Figure 138 Images référence des aiguilles de la montre lever-coucher de soleil



Figure 139 Aiguille déjà existante, vue à 45° et vue de dessus

L'aiguille est constituée d'un carré en son centre qui est en acier poli plat ainsi que l'aiguille qui est en acier poli bleui légèrement arrondie.

J'opère en collant l'aiguille existante sur une plaque en acier de 0.30mm d'épaisseur que je colle sur un support en laiton. Je détour l'aiguille à l'aide d'une pointe à tracer. Par la suite je me centre à la lunette sur la pointeuse et je perce à 2mm de diamètre au centre, cela fait office de trou d'ajustement du carré. Je décolle l'aiguille existante et je lime le pourtour. J'effectue



Figure 140 Aiguille sans carré, refaite

Diplôme 2022

MHL3284

Jacques Portenier

une trempe puis un revenu de couleurs bleu roi. Je polis le dessus et je tire les traits sur les flancs, je rebleuis l'aiguille afin d'obtenir la couleur bleu roi.

Par la suite, je fabrique le carré. Je tourne une barre en acier à 2.8mm de diamètre puis je perce un trou à 0.7mm de diamètre. Je tourne une portée à 2.01mm de diamètre sur 0.31mm de longueur. Je tronçonne la barre à 0.50mm de long. Je tourne le chanfrein puis j'ébauche le carré à la lime carrée. Afin d'obtenir un carré avec des angles vifs, je crée une étampe en acier trempé revenu brun. J'étampe le carré en appliquant de la cire d'abeille pour ne pas la coincer. J'effectue une trempe puis un revenu de couleurs bleu roi. Je poli le chanfrein à la pierre Degussit puis au fer en laiton avec de la pâte à polir. Je poli le dessus avec des plaques à polir en bronze et en zinc avec de la pâte à polir de 5 et 3 microns.



Figure 141 Carré de l'aiguille, refait

Finalement, je chasse le carré dans l'aiguille à l'aide d'une potence, d'un tasseau et d'un poussoir. Je fais attention à orienter le carré dans la bonne position.

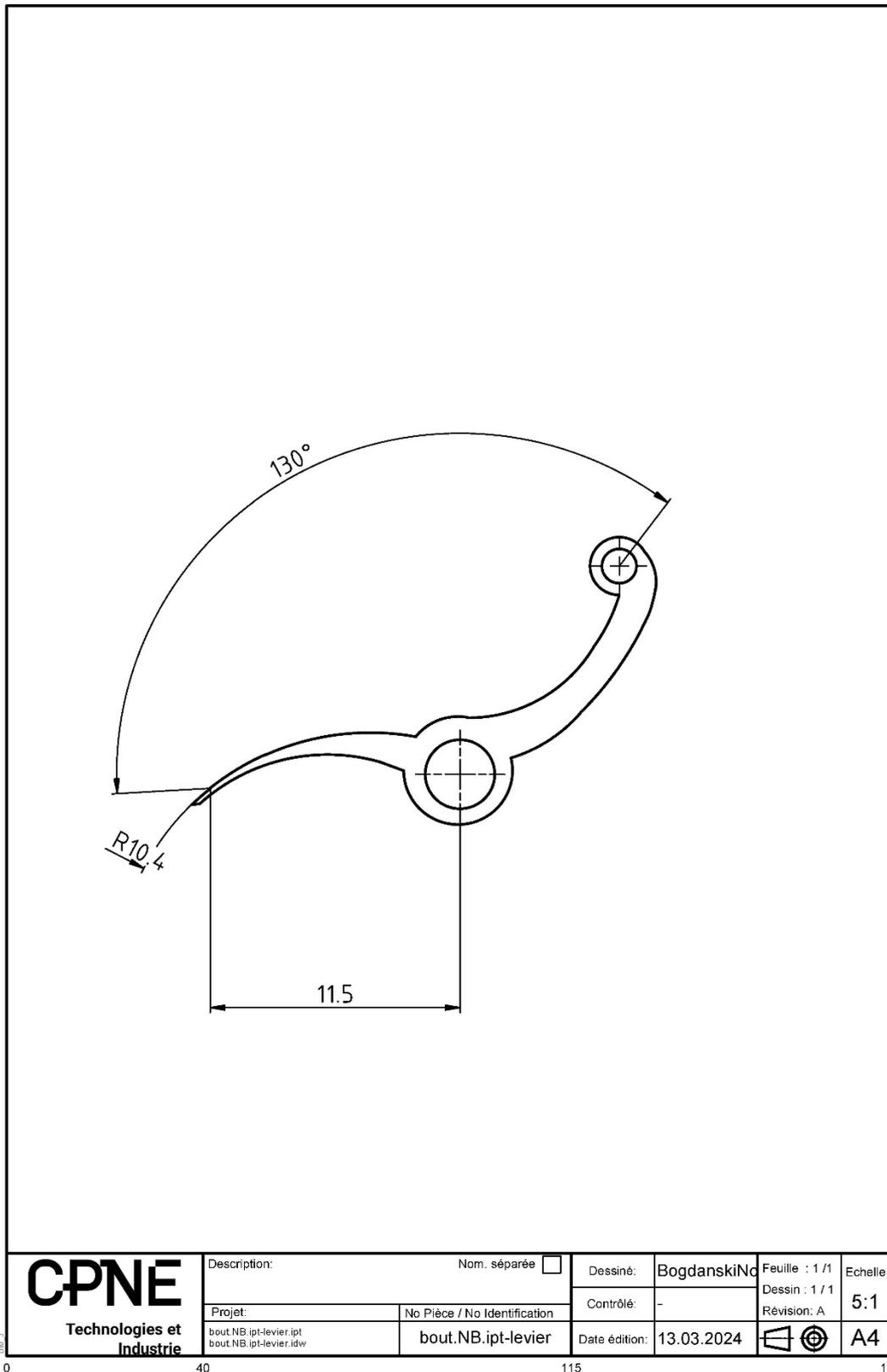


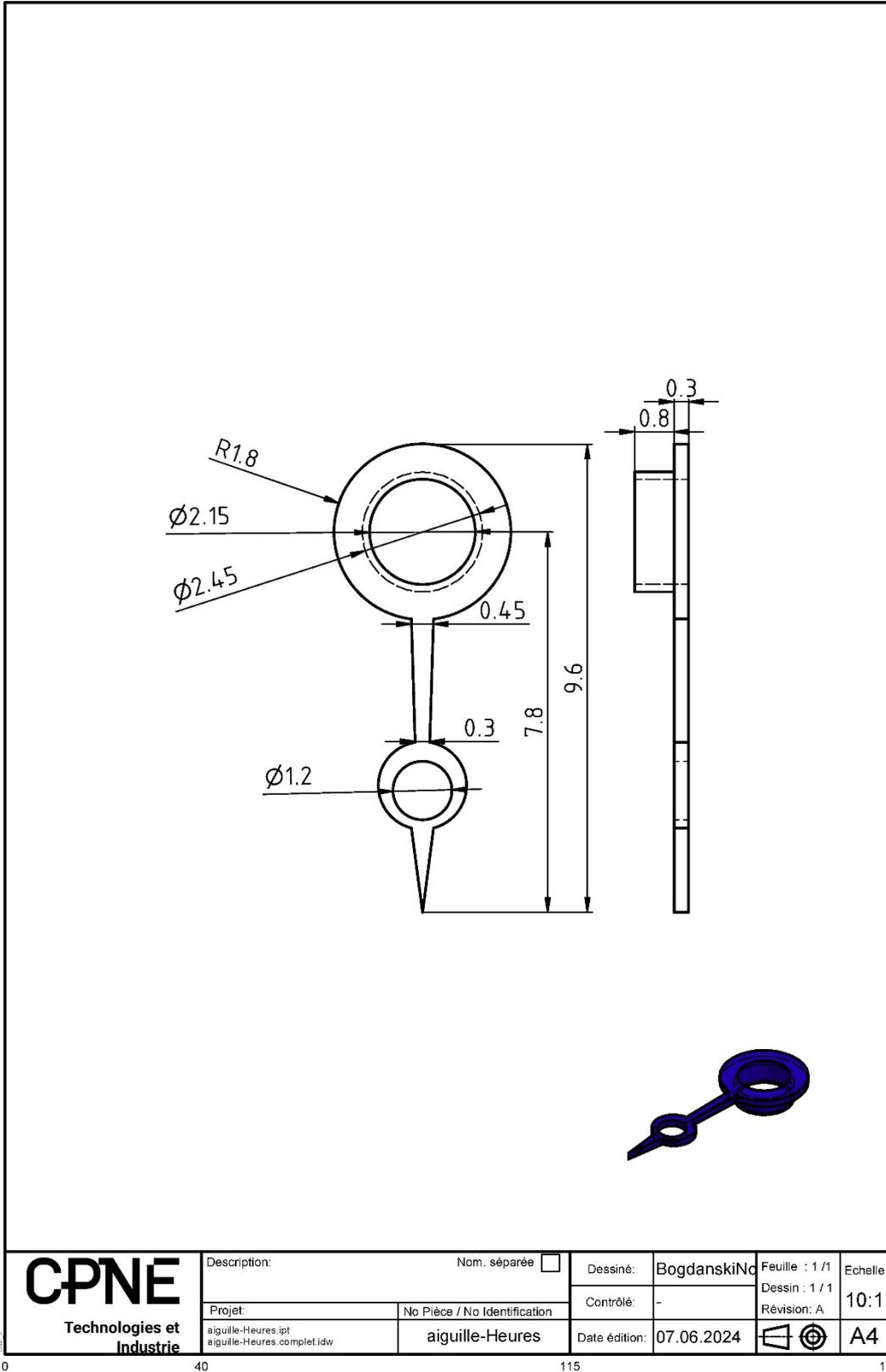
Figure 142 Aiguille refaite, vue de dessus

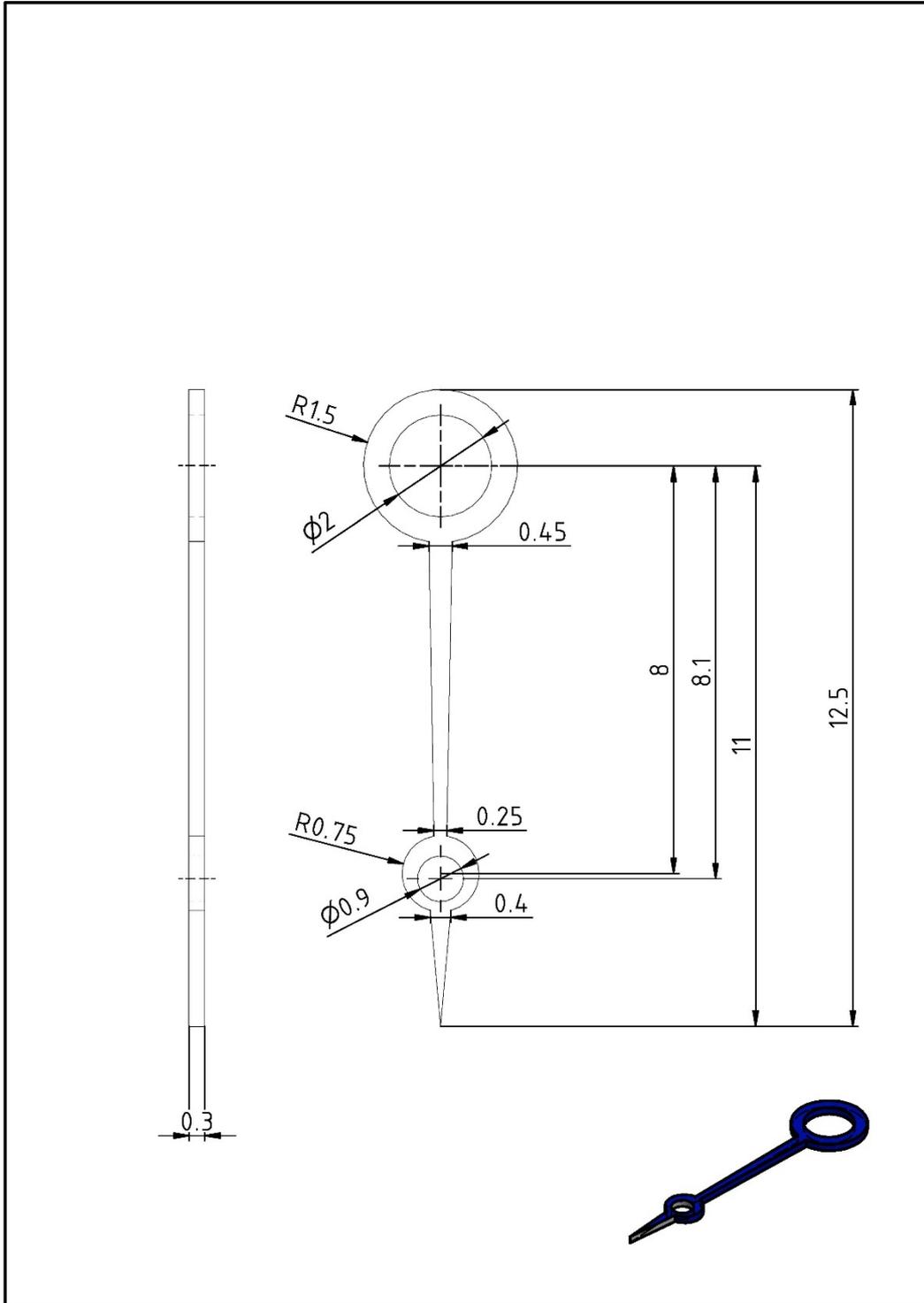


Figure 143 Aiguille refaite, vue à 45°

9.3 Les plans

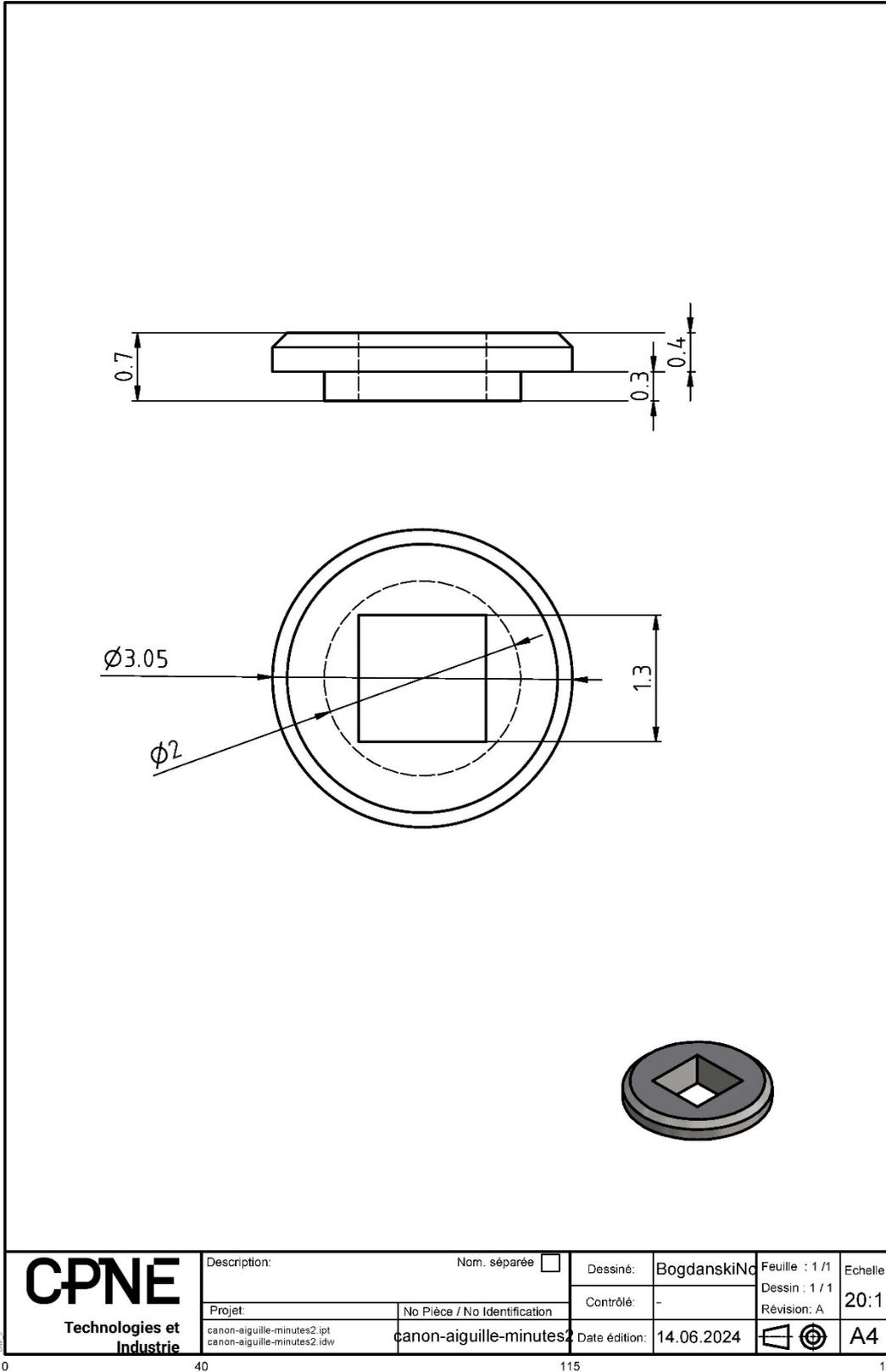


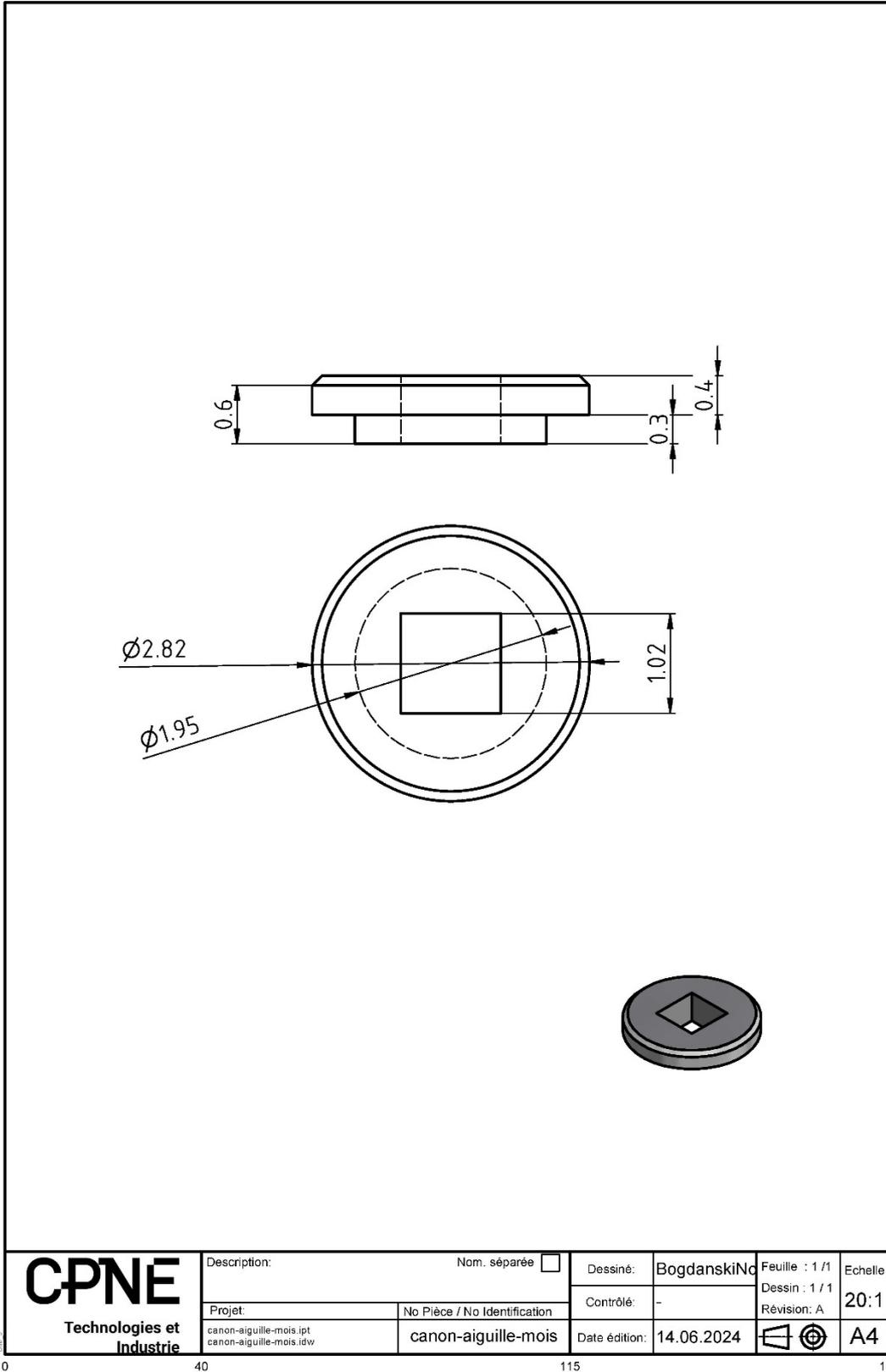




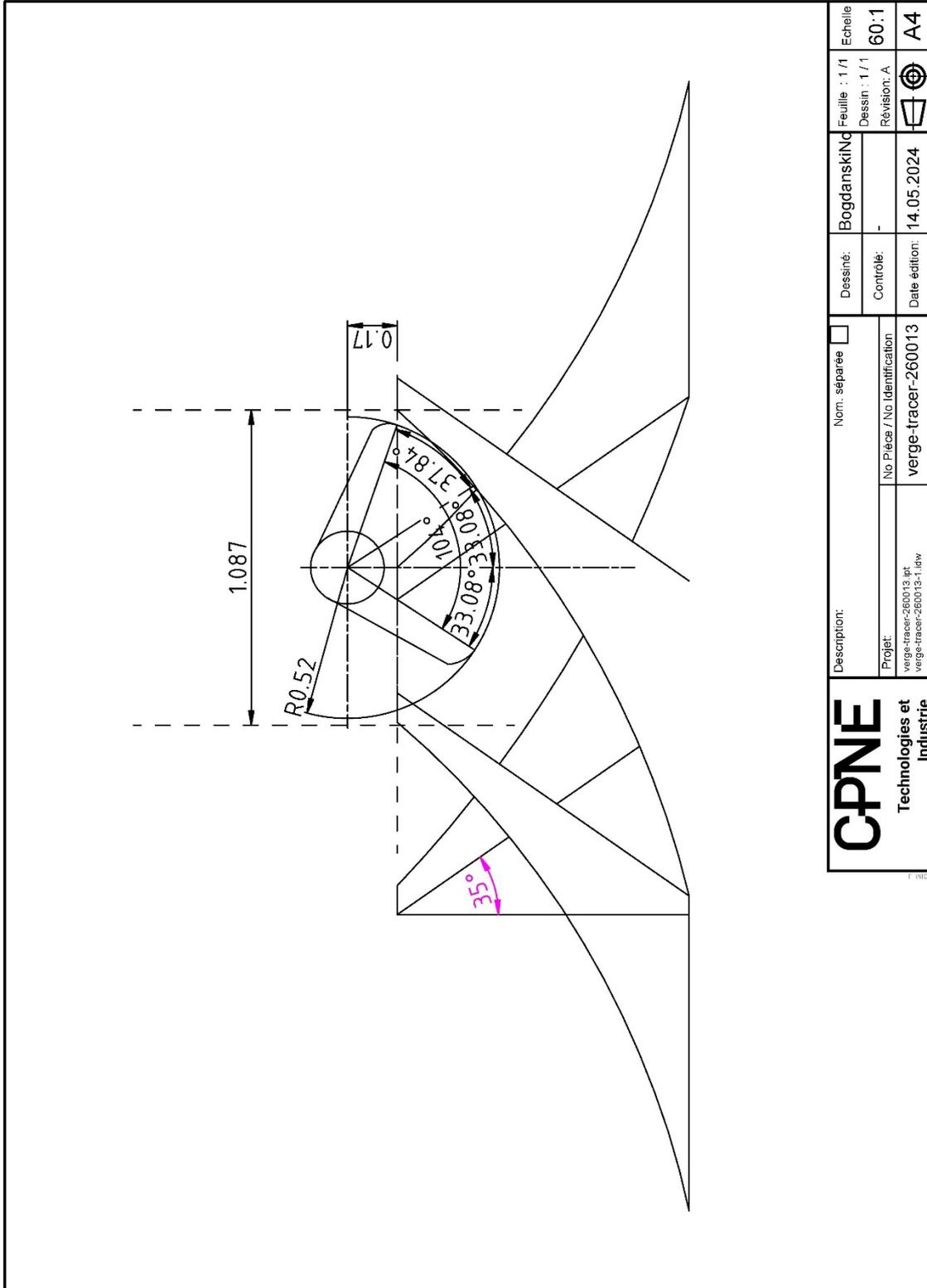
CPNE Technologies et Industrie	Description:		Nom. séparée <input type="checkbox"/>	Dessiné: BogdanskiNo	Feuille : 1 / 1	Echelle
	Projet:		No Pièce / No Identification	Contrôlé: -	Dessin : 1 / 1	10:1
	aiguille-minutes.ipt aiguille-minutes.idw	aiguille-minutes		Date édition: 21.05.2024		A4

0 40 115 180





CPNE Technologies et Industrie	Description:		Nom. séparée <input type="checkbox"/>	Dessiné: BogdanskiNo	Feuille : 1 / 1	Echelle
	Projet:		No Pièce / No Identification	Contrôlé: -	Dessin : 1 / 1	20:1
	canon-aiguille-mois ipt canon-aiguille-mois.idw		canon-aiguille-mois	Date édition: 14.06.2024		



Description:		Nom. séparée <input type="checkbox"/>		Dessiné: Bogdanski		Feuille : 1/1		Echelle	
Projet:		No. Pièce / No Identification		Contrôle: -		Dessin : 1/1		60:1	
verge-tracer-260013.lpt		verge-tracer-260013		Date édition: 14.05.2024		Révision: A		A4	
verge-tracer-260013-1.dwg		verge-tracer-260013							

180

115

40

0