

Haute école d'arts appliqués Arc
Filière : Conservation-restauration
Orientation : objets scientifiques, techniques et horlogers

Mémoire de diplôme en conservation-restauration

Guillaume Rapp

15 Septembre 2006

**Mise en conservation d'instruments scientifiques dans le
cadre d'une institution en activité.**

**Cas d'un chronographe Gautier 1905 appartenant à
l'Observatoire de Besançon**



Remerciements

François VERNOTTE, Directeur de l'Observatoire de Besançon

Olivier MOREL, conservateur-restaurateur sur métaux, Paris

Paul REAL, restaurateur en horlogerie, Lyon

Pierre-Yves CHATELAIN, enseignant d'histoire des sciences et des techniques, HEAA Arc, mentor, Neuchâtel

Dr. Jean-Yves HIHN, IUT Chimie, Université de Besançon

Dr. Pascal OLIVIER, Institut des traitements de surfaces
de Franche-Comté, Besançon

François PUEL, astronome honoraire, Observatoire de Besançon

Cécile AGUILLAUME, historienne, La Chaux-de-Fonds

Christian BINET, Conservateur-restaurateur, enseignant HEAA Arc,
La Chaux-de-Fonds

**Mise en conservation d'instruments scientifiques dans le
cadre d'une institution en activité.**

**Cas d'un chronographe Gautier 1905 appartenant à
l'Observatoire de Besançon**

Version corrigée

Résumé :

Le projet de « mise en conservation d'un chronographe Gautier 1905 » à l'Observatoire de Besançon, France, a été mis sur pied dans le cadre d'un stage de diplôme d'un étudiant en fin de formation en « conservation-restauration, orientation objets scientifiques, techniques et horlogers », à la Haute école d'arts appliqués Arc, à La Chaux-de-Fonds, Suisse,

L'objectif de ce travail était d'accomplir une étude de terrain sur l'exercice de la conservation-restauration dans le cadre d'une institution publique non-muséale abritant un riche patrimoine scientifique, en s'appuyant sur une intervention organisée de sorte qu'elle soit praticable sur le site de l'Observatoire de Besançon.

L'établissement d'un tel projet commence par une phase d'organisation d'un type particulier, puisque l'institution ne dispose pas d'une politique muséographique prédéfinie. C'est donc par une démarche inductive partant de l'intention de contribuer à la conservation de la collection d'instruments scientifiques du site, que l'idée de ce projet a été formulée, qu'une structure de travail s'est ensuite constituée, puis que des objets ont été sélectionnés pour étude préalable, donnant lieu à un mandat de mise en conservation sur un seul objet.

La réalisation de ce mandat a donc visé d'une part, à contribuer à la documentation d'une approche en conservation-restauration sur les instruments scientifiques, que l'on peut admettre être, en langage courant, des objets techniques, d'autre part à explorer un champ d'action possible pour la conservation-restauration des objets techniques.

La remise en fonctionnement de l'appareil figurant parmi les demandes exprimées dans le mandat, il a été nécessaire de s'interroger sur la position éthique que le conservateur-restaurateur peut adopter en pareil cas et en fonction du contexte d'intervention.

L'objet sélectionné, un chronographe imprimant Gautier daté de 1905, présente la caractéristique d'avoir été modifié profondément, passant du système d'entraînement mécanique original à un système électrifié. Ne disposant d'aucune documentation préliminaire sur ce chronographe, notre action a dû prendre en compte la recherche historique sur l'appareil et sa modification, dans un processus de confrontation entre les sources écrites ou orales disponibles et le constat d'état de l'objet.

Finalement, le traitement curatif de l'objet permet de présenter quelques unes des spécificités d'une telle action sur l'objet technique en général, à savoir l'intervention sur des objets composites ayant un grand nombre de pièces et qui ont leurs propres problématiques

de traitement ou d'identification telles que la sensibilité aux poussières, la dégradation des lubrifiants, ou la présence d'un revêtement galvanique sur des parties métalliques.

Abstract :

The plan to conserve a Gautier Chronograph from 1905 at the Besançon Observatory, in France, was set up in the framework of the practical work for the diploma of a student in his final year of training in conservation of scientific and technical instruments and clocks at the Haute école d'arts appliqués Arc, in La Chaux-de-Fonds, Switzerland.

The aim of this work was to carry out a field study on the application of conservation in a state scientific institution (but not a museum) containing a rich scientific heritage. The exercise was organised in such a way that it could be carried out on the site of the Besançon Observatory.

The setting up of such a project had to begin with an organisational phase of a special type, since the institution didn't possess a predefined conservation policy. Thus, it was by taking an inductive step starting with the intention of contributing to the conservation of the site's collection of scientific instruments that the idea for this project was formulated, and a working structure set up. Following this, some instruments were selected for a preliminary study, which then resulted in a mandate to conserve one instrument only.

The execution of this mandate then focused both on a written record of the conservation of scientific instruments (a part of what are commonly called technical artifacts), as well as on exploring a possible field of action for the conservation of such artifacts.

Since one of the requirements of the mandate was to put the instrument back into operation, it became necessary to question the ethical position that the conservator should adopt in such a case.

The instrument selected, a typing chronograph by Gautier from 1905 seemed to have been extensively modified, from its original mechanical clock system to an electrified drive. To begin with, as there was no information on this chronograph, our procedure had to involve historical research on it and on its modification. The scant written and oral information gathered later had to be compared with the physical state of the instrument.

Finally, the restoration work allowed us to see some of the specific problems which must be confronted when working on technical artifacts. Examples of such problems are : instruments composed of many parts that are sensitive to dust, made of various materials, sometimes with galvanic coatings, and whose lubricants deteriorate.

Sommaire

1	Introduction	1
2	Conservation du patrimoine scientifique dans le cadre d'une institution en activité	2
2.1	<i>Intérêt culturel des objets scientifiques</i>	4
2.1.1	Depuis quand, pourquoi, où et comment conserve-t-on des objets scientifiques ?	4
2.1.2	Conventions ministérielles sur le patrimoine des observatoires français	7
2.1.3	Spécificité régionale liée au bassin horloger jurassien	8
2.2	<i>Institution en activité et conservation du patrimoine.....</i>	10
2.2.1	Que veut-on dire par institution en activité ?	10
2.2.2	L'Observatoire de Besançon aujourd'hui, une institution scientifique en activité	11
2.2.3	Processus de conservation et de mise en valeur du site	14
2.3	<i>Projet de mise en conservation d'un chronographe à l'Observatoire de Besançon</i>	19
2.3.1	Concertation préliminaire des acteurs du projet.....	19
2.3.2	Mise en en place du projet.....	24
2.4	<i>Présentation du mandat.....</i>	28
2.5	<i>Position éthique.....</i>	31
3	Intervention sur un chronographe imprimant Gautier de 1905	38
3.1	<i>Introduction à cette partie.....</i>	38
3.2	<i>Documentation préalable du chronographe Gautier de l'Observatoire de Besançon</i>	38
3.2.1	Considérations méthodologiques concernant la documentation d'un objet technique	38
3.2.2	Historique de l'objet	40
3.2.3	Comparaison entre l'état originel présumé de l'objet et la description de l'objet actuel	42
3.3	<i>Interventions sur l'objet.....</i>	42
3.3.1	Considérations méthodologiques concernant l'intervention sur un objet technique	42
3.3.2	Synthèse et commentaire du constat d'état	44
3.3.3	Diagnostic	47
3.3.4	Proposition de traitement.....	54
3.3.5	Synthèse du rapport de traitement.....	60
4	Conservation préventive et sécurité.....	65
4.1	<i>Conservation préventive.....</i>	65
4.1.1	Etude climatique dans les différents espaces de conservation potentiels	65
4.1.2	Précautions prises lors de l'établissement de l'atelier provisoire	68
4.1.3	Précautions envisagées en vue de l'établissement de l'espace de conservation et d'exposition ..	68
4.1.4	Conseil en matière de conservation préventive	70
4.1.5	Echelle de priorité des dégradations possibles sur l'objet	72
4.1.6	Alternative au fonctionnement de l'objet	73
4.2	<i>Sécurité d'utilisation</i>	74
4.2.1	Présence d'une haute tension	74
4.2.2	Manutention et démonstration	75
5	Conclusion	77
6	Bibliographie et documentation.....	82
6.1	<i>Références bibliographiques</i>	82
6.2	<i>Liste des figures.....</i>	85
6.3	<i>Liste des tableaux</i>	85
6.4	<i>Liste des abréviations et sigles.....</i>	85

1 Introduction

Le choix de participer à la mise sur pied d'un projet de conservation-restauration sur le site de l'Observatoire de Besançon a été guidé par l'envie d'expérimenter la mise en perspective d'un objet dans son contexte, par le moyen d'une intervention de conservation-restauration. Participer à la documentation historique d'un lieu, contribuer à sa conservation, s'intégrer dans la vision que ses habitants ont de lui, est une démarche enrichissante à la portée du conservateur-restaurateur dans le cadre d'une intervention sur site.

L'étude de la mise en conservation d'instruments scientifiques à l'Observatoire de Besançon a révélé que le déroulement d'une telle action se divise en deux centres d'intérêts, la mise en place d'un cadre de travail et la réalisation de ce travail.

Il s'agira dans cette étude, d'une part, d'examiner le cadre d'une intervention en conservation-restauration dans une catégorie particulière de lieux du patrimoine scientifique, d'autre part, de discuter un ensemble de problématiques qui se sont présentées lors de l'intervention sur un objet tout à la fois scientifique, technique et horloger : le chronographe Gautier.

La conservation-restauration in situ dans le cadre d'une institution en activité, puisque telle est la démarche de l'expérience menée ici, est une situation originale pour le conservateur-restaurateur. Elle pourrait potentiellement se reproduire dans le domaine de la conservation-restauration des objets dits « techniques », étant donnée la tendance que l'on peut constater à l'ouverture progressive du champ patrimonial officiel aux sites industriels ou scientifiques.

Dans le cadre du patrimoine industriel, disons du patrimoine « technique » en général, ce genre de démarche de terrain se justifie naturellement dans les cas où des objets à traiter sont de grande ampleur et sont difficiles à transporter. Elle se base sur d'autres intentions s'il s'agit d'un objet de plus petite taille mais dont l'implantation et la fonction dans un réseau de production demande d'être élucidée.

Cette particularité d'un objet inséré dans l'historique d'un processus de production établit un lien fort entre l'objet et son contexte, devenu avec le temps son contexte de conservation. Pour que ce lien perdure malgré l'abandon du processus de production, la fonction de cet objet dans son contexte doit être réévaluée à l'aune de la valorisation du patrimoine constitué précisément par les vestiges de l'outil de production.

Le sujet de cette étude sera abordé en trois temps, correspondant aux trois centres d'intérêts dans lesquels l'action s'est inscrite, qui sont le projet, l'objet et le contexte de conservation.

2 Conservation du patrimoine scientifique dans le cadre d'une institution en activité

Introduction à cette partie

La conservation-restauration, dans ses principes, est une démarche que nous pourrions qualifier d'universelle, puisqu'elle peut s'appliquer à l'ensemble des biens culturels. Rappelons-nous pourtant que la référence générale de l'éthique en conservation-restauration est la charte de Venise (1964), qui pourtant était prévue à l'origine pour les monuments historiques. Si ce dispositif constitue la base éthique de la conservation-restauration, il ne règle pas automatiquement tous les cas pratiques où la réflexion éthique est engagée. Il est donc nécessaire de s'interroger sur le domaine du patrimoine dans lequel s'inscrit une action en conservation-restauration, car d'un domaine à l'autre du patrimoine culturel, l'ordre de priorité des attentes envers un objet conservé peut être fort différent. Qu'il s'agisse des attentes d'un propriétaire d'objet, d'un conservateur des collections, d'un muséographe ou d'autres partenaires encore, le conservateur-restaurateur doit pouvoir entrer en discussion de sorte que soient également respectés les principes éthiques de sa profession. Cette discussion est par définition intimement liée au contexte de l'action de conservation, il importe donc de le connaître. Cette réflexion vise à reconnaître un certain bien culturel dans sa fonction sociale de patrimoine culturel, tout en respectant au plus près les principes éthiques généralement acceptés et appliqués.

Dans cette partie « conservation du patrimoine scientifique dans le cadre d'une institution en activité », nous allons donc nous intéresser précisément au contexte de notre intervention sur un objet scientifique à l'Observatoire de Besançon, en allant du général au particulier. Nous allons dans un premier temps énoncer rapidement les fondements de la conservation du patrimoine scientifique à travers l'intérêt culturel qui lui est reconnu. Puis nous décrirons plus particulièrement le cas du patrimoine astronomique des observatoires en France et la spécificité culturelle de celui de Besançon. Dans un deuxième temps, nous observerons la situation économique et physique qui différencie l'Observatoire d'un musée, qui pourtant a sollicité notre intervention dans le cadre de sa collection d'instruments scientifiques. Finalement, nous présenterons le projet qui a été mis en œuvre, aboutissant à la définition d'un mandat, à l'établissement d'une structure de travail permettant de le réaliser, puis à sa réalisation. C'est alors seulement, que nous pourrions conclure la question de l'application de

l'éthique en conservation-restauration dans le cadre de ce projet précis, et dire de quelle façon elle nous a guidés pendant la réalisation de ce mandat.

2.1 *Intérêt culturel des objets scientifiques*

2.1.1 Depuis quand, pourquoi, où et comment conserve-t-on des objets scientifiques ?

L'intérêt pour les collections d'instruments scientifiques est présenté tantôt comme un phénomène récent, qui dans le cas du patrimoine astronomique, porterait ses fruits en France depuis les années 1990¹, tantôt, comme nous le rappelle Bénédicte ROLLAND-VILLEMOT², comme une idée très ancienne qui trouverait ses racines dans les propos du philosophe et mathématicien Leibniz (1646 – 1716). Celui-ci proposait dans une lettre datée de 1675 :

« Que quelques personnes de considérations, entendues aux belles curiosités et surtout aux machines soient d'accord pour en faire une représentation publique ».

Leibniz ne parlait donc pas de conserver, mais d'exposer de sorte que :

« Tout le monde en serait charmé et comme éveillé et l'entreprise pourrait avoir des suites aussi belles et aussi importantes que l'on ne saurait imaginer ».

C'est dans cet esprit de curiosité culturelle pour des objets insolites ou inédits, que s'est développée une certaine forme primitive de musées, les « cabinets de curiosités » du XVIIIe siècle.

De façon plus spécialisée, les « cabinets de physique » mis en place par les sociétés scientifiques du XVIIIe s. avaient pour principe que les meilleurs scientifiques d'un lieu se rassemblent pour faire part entre eux de leurs observations. La notion de reproductibilité des expériences conduisait ces savants à procéder devant leurs confrères aux expériences qu'ils avaient mises au point. Il était souvent nécessaire de recourir à un équipement spécifique, donc de faire fabriquer des instruments scientifiques pour ces applications. De riches collections d'un intérêt incomparable ont ainsi été créées et ont, après la Révolution française (dans le cas de la France) et la saisie de nombreux biens royaux ou privés, contribué à enrichir des collections appartenant désormais à l'Etat.

Dès la fin du XVIIIe siècle et pendant le XIXe, un autre type de collections scientifiques est apparu, représenté magistralement par l'ouverture en 1794 du Conservatoire National des Arts et Métiers, à Paris. Il s'agissait alors de permettre l'enseignement des matières techniques et scientifiques aux artisans et aux ingénieurs, en ayant recours à des

¹ Davoigneau J. et Leguet Tully F., L'inventaire et le patrimoine de l'astronomie. L'exemple des cercles méridiens et de leurs abris. *In Sitû*, 2005, 6, p.XX

² Rolland-Villemot, B. Le traitement des collections industrielles et techniques, de la connaissance à la diffusion. *La lettre de l'OCIM*, 2001-73, p.XX

démonstrations, à des expériences ou des observations mettant en œuvre des instruments, des machines...³ Il pouvait s'agir également d'abriter en un lieu la somme des connaissances scientifiques et technologiques du pays. Cette tradition didactique a perduré dans les universités, les lycées ou les écoles et on en trouve un cas notable en France avec la collection scientifique de l'Ecole polytechnique (elle aussi fondée en 1794), qui a fait l'objet d'un vaste programme de restauration à la fin des années 1990. Le Musée des Arts et Métiers a quant à lui été entièrement rénové et réorganisé par de grands travaux effectués entre 1997 et 2005, ce qui indique de façon indirecte l'intérêt que continue de lui reconnaître la collectivité en France et de façon plus générale, confirme que la culture scientifique et technique a atteint (ou conserve) un niveau reconnu au sein de la culture nationale française telle qu'elle est soutenue par l'Etat français.

Dans un troisième mouvement, nous pouvons constater l'émergence de l'histoire des sciences, qui a façonné peu à peu le discours autour des collections scientifiques dans les musées comme il en existe, par exemple, à Florence, Genève, Oxford ou Leiden (Pays-Bas). Là, la science est regardée à travers son histoire, l'évolution de ses méthodes, ses moyens, les hommes et les femmes qui l'ont faite. Les objets ont donc acquis une qualité de témoin ou de « preuve matérielle » des travaux des scientifiques. Dans ces cas, le lieu d'implantation des musées a une importance, car l'activité scientifique de grands savants dans ces villes ou dans ces pays justifie que ces musées y aient été créés. En rapport avec ce type de collections, il est intéressant à noter qu'actuellement, il existe un certain intérêt de la part d'historiens des sciences, conservateurs de musées ou d'enseignants en sciences à réaliser des expériences dans les conditions qui ont été celles de grandes découvertes. Ainsi ont été récemment réalisées les expériences de Galvani sur les grenouilles avec l'équipement de l'époque et cela a permis de mieux comprendre certaines conclusions du célèbre savant.

Aujourd'hui, les différentes intentions qui ont prévalu à l'établissement de ces collections ne sont plus aussi distinctes. Les cabinets de curiosités ont laissé la place aux musées, quoique les musées aiment à susciter l'intérêt en jouant sur l'effet de curiosité. Les collections d'objets du Conservatoire Nationale des Arts et Métiers sont devenues historiques avec le temps et il est lui-même devenu le Musée des Arts et Métiers. Finalement une perspective historique est nécessaire pour appréhender l'intérêt des objets qui sont exposés.

Quant aux instruments utilisés dans les milieux de recherche publics ou privés, ils ont généralement été considérés comme des instruments de précision sensibles, dont le coût de

³ Ferriot, D., Jacomy, B. et André, L. *Le Musée des Arts et Métiers*, Pierre Lemoine dir., Musées et monuments de France, Paris, 1995, p.XX

fabrication était élevé et d'une indispensable utilité pour la recherche. Ils ont donc été conservés « naturellement » par le fait que leurs utilisateurs s'en servaient avec beaucoup de soin. De plus, leur apparence très soignée et dans certains cas richement décorée, explique que les instruments les plus anciens (de la Renaissance au XVIIIe siècle) ont été donnés et exposés dans des musées⁴, qu'ils soient à vocation technique ou non. Certains de ces objets ont acquis un prestige énorme par le fait qu'ils ont été utilisés par des chercheurs célèbres, d'autres attirent par exemple par l'éclat de leurs surfaces, la forme et la matière de leurs composants ou le principe qu'ils démontrent. Bien entendu, des antiquaires et des collectionneurs ont depuis longtemps également montré leur intérêt pour ce type d'objets. Il s'agit donc ici de l'intérêt suscité par la fonction, la forme ou le prestige, où la valeur financière est à considérer.

Pour se rapprocher plus de notre sujet, on s'aperçoit, en parcourant quelques études réalisées autour du patrimoine des observatoires, que ces institutions ont en général conservé des instruments (et même des locaux) bien au-delà de leur durée d'utilisation. Cependant, lorsqu'on se penche sur l'évolution des moyens technologiques mis en œuvre dans la recherche astronomique au XXe siècle, on constate qu'un virage technologique s'est amorcé dès les années 1930 et plus nettement après la seconde guerre mondiale, avec le recours de plus en plus fréquent à l'électronique dans les appareils. L'époque des instruments essentiellement mécaniques, optiques et électriques qui durait depuis l'essor des sciences en Europe, à la Renaissance, a cédé en quelques années la place à l'époque de l'appareil asservi électroniquement. Une sorte de révolution, aboutie avec l'introduction systématique de l'ordinateur dans les méthodes de travail, à partir de la fin des années 1960. Une grande quantité d'instruments anciens est ainsi peu à peu passé d'un état de matériel de réserve à un état d'obsolescence totale et apparemment irréversible. Devant la nécessité d'acquiescer puis de libérer de la place pour les nouveaux instruments, on comprend que les institutions aient été tentées de se séparer petit à petit de leurs appareils et instruments anciens, que ce soit par le don à des musées ou par la démolition.

C'est donc en réaction à cette logique de disparition qu'a commencé à apparaître dans les années 1990 l'intérêt pour une conservation du patrimoine astronomique. Nous pouvons observer une certaine similitude de ce processus avec l'émergence de l'intérêt pour le patrimoine industriel dans les années 1980 (dans le cas de la France), qui lui, peut être vu comme une répercussion du processus économique de désindustrialisation déclenché progressivement en Europe occidentale à partir des années 1950, particulièrement ressenti

⁴ Brenni, P. The restoration of scientific instruments. *Proceedings of the workshop held in Florence, December 14-15, 1998*, Le Lettere, Istituto e Museo di storia della scienza et Opificio delle Pietre Dure, Firenze, 2000, p.XX

en France durant les décennies 1970 et 1980⁵. Nous pouvons donc reconnaître dans ce schéma l'intérêt en histoire sociale et économique ainsi que la notion d'un vecteur d'identité régionale, corollaire de ce type de démarche.

Finalement, un autre aspect récent et conjoncturel de l'intérêt pour le patrimoine scientifique trouve sa source dans le principe de « diffusion de la culture scientifique ». Répondant en premier lieu à la baisse d'intérêt de la part des étudiants pour les sciences en général, la décision a été prise au niveau politique d'adjoindre cette tâche de diffusion de la culture scientifique au cahier des charges des universités de France⁶. Il s'agit donc de véhiculer de façon attrayante différents aspects intéressants des sciences, afin de susciter l'engagement du jeune public dans un choix de carrière scientifique. Mais la démarche ne vise pas que les jeunes, elle vise également un but d'information à la population de l'activité scientifique que soutient l'Etat. Même si la conservation du patrimoine n'est pas en soi l'objectif visé, elle contribue à mettre en évidence le caractère riche de l'histoire des sciences du pays, ce qui permet par exemple de fonder un discours valorisant sur l'activité scientifique actuelle. Dans ce cas, le patrimoine représente, bien que de façon modeste, un intérêt économique potentiel.

2.1.2 Conventions ministérielles sur le patrimoine des observatoires français

Pour éclairer ce qui s'est passé en France au niveau de la politique culturelle et du patrimoine des observatoires, je reprendrai ici de façon résumée les propos de Jean DAVOIGNEAU et Françoise LEGUET TULLY, experts chargés par le ministère de la Culture de l'Inventaire du patrimoine de l'astronomie. Au tout début des années 1990, des astronomes français se sont constitué en collectif pour attirer l'attention de l'Institut national des sciences de l'univers (INSU) sur la situation du patrimoine astronomique. Aux yeux de ces scientifiques, une grande partie des témoins d'un passé culturellement riche était en train de disparaître, laissant un inévitable trou de mémoire. Une pré-enquête a été commanditée par l'INSU concernant le patrimoine de treize sites d'observations astronomiques français : Besançon, Bordeaux, Haute-Provence, Lyon, Marseille, Midi-Pyrénées, Montpellier, Nice, Paris-Meudon, Strasbourg, le Bureau des longitudes, à Paris, l'Institut d'astrophysique de Paris et le service d'astrophysique du Commissariat à l'énergie

⁵ Cohen E. *L'État brancardier. Politiques du déclin industriel (1974-1984)*. Calmann-Lévy, 1994.

⁶ « La loi de 1984 confie à l'université la mission « de la diffusion de la culture et de l'information scientifique et technique ». Cette partie, rédigée par D. Pallier, présente les missions que la DBMIST a confiées aux services de la documentation placés au sein de l'université afin de les insérer davantage dans le tissu universitaire. »

Extrait de : Keriguy J., *Les universités après la loi sur l'enseignement supérieur du 26 janvier 1984*. Berger Levrault, Paris, 1984.

atomique (CEA), à Grenoble. Cette étude a conclu que malgré la disparition de beaucoup d'objets il en restait encore, conservés dans les observatoires, au gré des possibilités des lieux. Il a été aussi relevé qu'en général, les objets conservés l'étaient par l'initiative de certains collaborateurs des observatoires ayant une sensibilité historique.

C'est alors que, l'information remontant au niveau de l'Etat, le ministère de la Recherche s'est saisi du problème et a mis en place un groupe de réflexion sur le patrimoine astronomique ayant pour vocation de « faire des propositions pour sa conservation et sa mise en valeur ». Ce groupe, composé d'astronomes et d'historiens des sciences et des techniques, a pris contact l'année suivante avec les services de l'Inventaire du ministère de la Culture. Il en a découlé successivement trois conventions triennales portant sur l'inventaire du patrimoine des observatoires de France, dont la dernière s'achève en 2006.

Nous ne disposons pas actuellement d'informations sur les suites qu'entend donner le ministère de la Recherche à cet inventaire en matière de valorisation des collections, mais on peut constater que l'intérêt porté sur le patrimoine astronomique par cette action a joué favorablement pour l'inscription de certains sites au titre de monuments historiques, dont celui de Besançon.

2.1.3 Spécificité régionale liée au bassin horloger jurassien

De même qu'il est compréhensible que Leiden ou Florence hébergent d'importants musées scientifiques étant donné l'importance des découvertes qui y ont été faites par des chercheurs célèbres, il est intéressant de s'interroger sur le rôle identitaire de l'Observatoire de Besançon en tant que site patrimonial. Pour commencer, quiconque se promène dans les rues de Besançon est frappé par la quantité de nom de rues attribués à des scientifiques célèbres, notamment des astronomes. La ville porte dans son architecture les marques des rehaussements nécessaires à l'établissement d'ateliers d'horlogerie, le Musée du Temps est magnifiquement mis en valeur dans un palais du XVI^e siècle en plein centre de la ville et la plupart des Bisontins n'ignorent pas que pendant longtemps le destin de leur ville était lié à celui de l'horlogerie comtoise, à ses succès et à ses peines.

Si l'horlogerie n'est plus une ressource prépondérante à Besançon aujourd'hui, il en reste un « pôle de compétitivité » en microtechnique reconnu⁷, une intense activité scientifique liée à

⁷ Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi. *Industrie.Gouv.fr*. Microtechniques à l'heure du défi mondial. [En ligne] Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi, mise à jour du 02.08.2007. [Page consultée le 15.10. 2007].

la recherche technologique et un tissu industriel qui n'a pas complètement disparu puisque la Franche-Comté est considérée comme une des régions les plus industrialisées de France, proportionnellement à sa population⁸. Or l'Observatoire de Besançon est historiquement lié au développement de cette activité, puisque c'est avant tout sur l'impulsion des horlogers bisontins⁹ que l'Observatoire s'est ouvert en 1882, dans le dessein de soutenir la concurrence avec le voisin helvétique dans ce domaine.

En effet, pour assurer la qualité de la production horlogère, il était nécessaire aux industriels et aux horlogers bisontins de disposer d'une source de temps et d'heure exacte et de pouvoir y comparer les pièces produites. Ainsi, la méthode utilisée jusqu'en 1967 pour déterminer le temps moyen utile à l'horlogerie était l'observation astronomique. Des études historiques actuellement en cours donneront sans doute un éclairage complet sur l'impact de l'Observatoire dans les milieux scientifiques et industriels auquel il s'est intégré, mais il suffit peut-être de rappeler que c'est en particulier grâce aux concours chronométriques organisés par cet observatoire que l'horlogerie comtoise a gagné ses lettres de noblesse dès la fin du XIXe siècle et pendant tout le XXe. Notons encore à ce sujet que si les observatoires de Neuchâtel et de Genève (desquels celui de Besançon devait être le pendant français), n'effectuent plus aujourd'hui de certifications chronométriques pour l'horlogerie, celui de Besançon est encore actif dans le domaine. En revanche, plusieurs marques françaises produisent actuellement de l'horlogerie de luxe en Suisse pour des raisons certes économiques, mais aussi sans doute grâce au prestige lié au savoir faire de la fabrication suisse. Ce savoir faire est, il faut le rappeler, largement relayé par les horlogers et ouvriers comtois frontaliers qui exercent en Suisse depuis de nombreuses années. Par ailleurs, une quantité non négligeable de fournitures nécessaires à l'horlogerie fait toujours partie de la production microtechnique française.

On peut donc conclure de ce qui précède que si l'horlogerie n'est plus une industrie de première importance pour Besançon, son histoire et son patrimoine restent les représentants d'un savoir faire qui est loin d'être perdu et dont l'activité s'est, d'une part, réorientée, d'autre part, exportée. Pour autant, les témoignages historiques visibles de celle-ci sont peu nombreux et méritent sans doute d'être valorisés dans un ensemble culturel compréhensible pour toutes sortes de publics.

⁸ Wikipédia, *Région française, Franche-comté, Economie*. [En ligne], Wikipédia, mise à jour du 12.10.2007. [Page consultée le 15.10. 2007].

Disponibilité et accès : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Franche-Comt%C3%A9>

⁹ Savoye Ch., *Notes sur les origines de la fabrique d'horlogerie de Besançon 1793-1893*, Gustave Fernier Ed., Besançon, 1893.

2.2 Institution en activité et conservation du patrimoine

2.2.1 Que veut-on dire par institution en activité ?

Le terme « institution en activité » n'est en soi pas précis et nous aimerions définir la notion pour laquelle nous l'employons. Il existe, comme nous l'avons dit, de nombreux types de lieux où il est possible de rencontrer du patrimoine technique. On peut préciser cet ensemble de lieux en observant s'il s'agit de lieux destinés par vocation à conserver du patrimoine ou non, s'ils sont en mains publiques ou privées, si le patrimoine en question est impliqué dans une activité productive ou non, et si oui, dans quelle mesure.

Les lieux ayant une vocation à conserver le patrimoine sont ceux pour lesquels il existe une décision qui inclut cette vocation au cahier des charges d'une entité économique active sur ces lieux. Les perspectives de conservation sont alors par principe, orientées vers une forme de mise en valeur du patrimoine et tendent à la pérennité de cette action. Tous les musées peuvent être associés à ce concept, qu'ils soient privés ou publics. Quant aux personnes physiques possédant du patrimoine historique, collectionneurs ou amateurs de curiosités, fédérés en association ou non, la vocation de conserver leur est acquise, mais la pérennité de cette démarche peut être soumise à l'aspect spéculatif inhérent à l'acte de collectionner.

La question des lieux en main publiques ou privées n'est pas aussi facilement tranchée. Il existe des domaines d'activité où économie publique et économie privée interagissent. Par exemple, une entreprise privée peut être assignée à une mission de service public ou par le biais de subventions publiques. Cette situation se rencontre fréquemment dans le domaine des transports où des véhicules ont qualité de patrimoine historique. On peut aussi la remarquer dans le cas de musées privés ou de patrimoine privé déclaré « monument historique », qui font l'objet de subventions. À l'inverse, des entreprises d'Etat qui ont été privatisées peuvent envisager des décisions qui privilégient la marche de leurs affaires. Il s'agit donc de mettre ici en évidence le pouvoir de décision qui découle du type de financement d'une entité économique abritant du patrimoine historique.

Quant à l'aspect d'implication productive d'un patrimoine historique, le cas des bâtiments historiques peut être cité comme une évidence. Les bâtiments historiques peuvent faire l'objet des mesures de conservation les plus respectueuses de leur intégrité, celle-ci est toujours subordonnée aux impératifs de sécurité et d'hygiène. L'implication productive concerne aussi les objets mobiliers, par exemple des machines, outils, véhicules, moyens de communication, qui sont encore intégrés à une chaîne de production. À la limite de cet

ensemble, se situe le patrimoine maintenu en activité (totale ou partielle) dans un but de démonstration.

Le terme d'entité économique utilisé ci-dessus englobe quant à lui différentes formes d'acteurs que nous proposons de reconnaître en fonction de leurs contraintes de rendement et leur qualité juridique. Nous trouvons : les entreprises, qui ont pour objectif vital de dégager un bénéfice, les institutions, qui ont pour objectif de maintenir leur activité par et pour l'accomplissement d'une mission, les associations, qui ont le plus souvent des buts non-lucratifs et les personnes physiques, qui fixent elles-mêmes leurs objectifs de rendement.

En regard de ces considérations, la formulation qui nous semblerait correcte pour définir l'Observatoire de Besançon serait : « institution publique en activité n'ayant pas, dans son cahier des charges, vocation à la conservation du patrimoine ».

2.2.2 L'Observatoire de Besançon aujourd'hui, une institution scientifique en activité

Administrativement, l'Observatoire de Besançon est une institution scientifique dépendant de deux administrations distinctes : le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) sous la forme d'une unité de recherche (UMR CNRS 6091) et l'Université de Franche-Comté. Une vingtaine de chercheurs y sont actifs dans trois principaux domaines ainsi nommés : l'astrophysique des grands relevés (AGR), la dynamique et photophysique des milieux dilués (DPMD) et le temps-fréquence (TF). Pour donner un bref aperçu de ces disciplines, nous renvoyons le lecteur à l'annexe II*, où nous nous sommes permis de reproduire certains passages du site internet de l'Observatoire de Besançon, qui les présente mieux que nous ne saurions le faire. Les décisions touchant à la politique de protection du patrimoine de l'Observatoire et de la mise en valeur de son site, sont la plupart du temps issues de la Direction de l'Observatoire et doivent être entérinées par le Conseil d'administration (CA) de l'Observatoire, composé de membres de l'Université, du personnel et des chercheurs.

Physiquement, l'observatoire est situé sur la colline dite de « la Bouloie », à 4 km du centre de Besançon en direction du nord-ouest, sur un terrain de 5,5 ha qui est entouré de part et d'autre par le campus et de nombreux bâtiments de l'Université de Besançon

Le site de l'Observatoire comprend les bâtiments suivants:

* Pour plus d'informations, consulter l'annexe II, p.57, Activités productives et domaines de recherche de l'Observatoire de Besançon.

Le bâtiment moderne, (construit en 1972) abrite la majorité du personnel et des activités. Un local y est consacré à l'entreposage des objets historiques de petite taille inventoriés en 2004 par les services de l'Inventaire général.

Le bâtiment abritant l'astrographe, construit en 1939, a reçu sa lunette équatoriale photographique Secrétan en 1954. S'y trouvent aussi un laboratoire de photographie hors fonction et une petite salle d'archives. Les observations à caractère scientifique ont cessé à l'astrographe au début des années 1980.

Le « bâtiment des horloges » (1933), a eu pour première vocation d'abriter les garde-temps de l'Observatoire. Il est aujourd'hui occupé par les bureaux de quelques chercheurs.

La bibliothèque (1884), toujours en activité, recèle un grand nombre d'annales d'observatoires d'Europe et d'ailleurs, en astronomie ou en météorologie. On y trouve naturellement aussi des collections de publications récentes, en majorité en astronomie, astrophysique, physique, mathématique continuellement mises à jour. Un ancien fond documentaire est constitué d'ouvrages en rapport avec l'activité astronomique du XXe siècle, la mesure du temps, l'horlogerie et des domaines connexes en théorie ou en applications (marine, géodésie, techniques de télécommunications, par exemple). Un « très vieux fond » contient les ouvrages scientifiques les plus anciens dont des éditions très anciennes d'ouvrages classiques de l'astronomie dont certains remontent au XVIIe siècle.

Le bâtiment abritant la lunette méridienne (1884), considéré comme la figure emblématique de la partie historique de l'observatoire, nous dirons plus loin pourquoi. Dans sa cave se trouvent les objets historiques volumineux qui ont été inventoriés. L'activité scientifique de ce bâtiment a cessé en 1981, mais il reste régulièrement visité car la lunette méridienne est considérée comme une curiosité typique de l'Observatoire, que l'on montre volontiers aux hôtes de passage ou au public, lors des journées européennes du patrimoine. Pour agrémenter le lieu, quelques « beaux objets » ont été disposés dans des vitrines dans la salle d'observation de la lunette méridienne, qui devient ainsi une petite exposition d'instruments anciens.

Le bâtiment ayant abrité la lunette équatoriale coudée (1884), profondément modifié depuis sa désaffectation en 1967, abrite les locaux de l'Association des astronomes amateurs de Franche-Comté. Dans un appentis situé à l'arrière du bâtiment reposent les éléments volumineux de la lunette équatoriale coudée démontée en 1967 également.

L'ancien atelier de mécanique, désaffecté.

L'ancien bâtiment de chronométrie, réaffecté en hangar lorsque le service de chronométrie a été déplacé dans le bâtiment moderne.

Le bâtiment des aides (1903), est le lieu où loge le concierge de l'Observatoire. Quatre chambres peuvent accueillir des « externes » (invités, doctorants, stagiaires).

La villa du directeur, (fin XIXe s.) ainsi nommée puisqu'elle permettait de loger le directeur et sa famille jusqu'à la fin des années 1980. Actuellement inoccupée pour raisons de normes de sécurité.

Outre les bâtiments, le parc boisé comporte une riche variété d'essences, de grandes surfaces vertes dégagées bordées par des haies qui demandent un entretien constant.

Comme on le constate, la villa du directeur, le bâtiment méridien, le bâtiment de l'astrographe et l'ancien atelier de mécanique ne sont plus occupés aujourd'hui pour des tâches productives. Les objets que ces bâtiments contenaient ont été inventoriés et rassemblés en deux principaux endroits, comme déjà dit ci-dessus.

La présence de locaux libres pour implanter un atelier provisoire, d'un atelier d'électronique et du personnel qualifié au sein du service Temps-Fréquence de l'Observatoire, ainsi que la proximité de l'Institut universitaire technique de chimie de l'Université de Besançon et de l'Institut des traitements de surface de Franche-Comté, ont joué un rôle important dans le choix de réaliser une partie de notre projet de sur le site de l'Observatoire de Besançon.

En effet, ces ressources matérielles et personnelles relativement disponibles ont été considérées utiles à la réalisation de travaux de conservation-restauration et permettant d'abaisser le coût de certaines opérations, qui dans le cas contraire devraient être « externalisées » dans des laboratoires de conservation-restauration ou d'analyses.

Un autre atout du site est de posséder sa propre documentation historique dans ses archives et sa bibliothèque, et d'être en contact avec les employés partis à la retraite, qui constituent des sources historiques ciblées très importantes pour documenter un objet aussi spécialisé qu'un chronographe d'observatoire. Les informations reçues oralement¹⁰ de MM. François PUEL, astronome, et Roger ANDREZ, technicien du Service de chronométrie, tous deux retraités de l'Observatoire de Besançon, ont été d'une utilité indispensable pour débiter les recherches historiques, confirmer des informations et préciser des détails qui ne figurent dans aucune documentation.

¹⁰ Voir les résumés des entretiens, **annexe II p. 70**

2.2.3 Processus de conservation et de mise en valeur du site

Débutant sur un site inconnu pour moi et tentant de m'approprier peu à peu le caractère particulier de l'endroit, quelques réflexions sur le « pourquoi a-t-on conservé cet endroit et ces objets » me sont devenues familières et je les rapporte ici. Dans un processus de conservation du patrimoine, il faut tout d'abord que l'intérêt d'un ou plusieurs objets soit remarqué parmi la masse des objets usuels dont le « cycle d'existence » dépend essentiellement de la durée d'utilisation, dans une séquence « élaboration-utilisation-abandon-destruction », qui ressemble à celle de « naissance-vie-mort » pour les êtres vivants. Si l'intérêt pour un objet mène à retenir le déroulement de cette séquence, le moment de sa destruction s'en trouve éloigné. Il s'agit en quelque sorte d'une « anomalie »¹¹ à ce cycle et dans le cas des objets techniques dont l'histoire est récente, on peut souvent trouver la trace de cette anomalie ou en estimer l'origine. Quant à l'expliquer par des données tangibles, il s'agit d'une réflexion fondamentale dépassant le cadre de ce travail que je ne tenterai donc pas véritablement d'élucider ici, mais pour laquelle il m'est possible de faire quelques hypothèses de travail. Selon mon point de vue, l'anomalie peut survenir dans chacune des phases suivantes et éventuellement dans plusieurs :

Un prototype, resté en son état d'instrument de recherche, est un objet dont le cycle d'existence s'est arrêté à l'élaboration. Son utilisation restreinte a continué de faire partie de son propre cycle d'élaboration, voire fait partie de celui d'un autre objet.

Un objet usuel dont l'usage reste requis peut être régulièrement rénové ou réparé pour prolonger son usage. Le patrimoine sacré est souvent concerné par ce genre de cas.

Un objet usuel désigné comme étant hors d'usage peut être gardé comme souvenir, comme modèle pour en acquérir un autre, comme pièce de secours si son remplaçant venait à faire défaut, comme objet spéculatif ou au moins ayant la valeur des matériaux de récupération qu'il comporte. Il peut s'agir aussi d'une hésitation ou d'un refus du propriétaire de l'objet de s'acquitter du prix de la destruction et récupération de son objet.

Un objet abandonné ou rebuté peut se dégrader naturellement ou être dégradé artificiellement par une destruction volontaire. Ces deux processus vont souvent de pair, mais l'on constate (particulièrement en archéologie) que certains processus de dégradation peuvent devenir particulièrement longs dans des milieux spécifiques. D'une autre manière, il

¹¹ Notion énoncée par M. Kornelius GOETZ, conservateur-restaurateur, dans le cadre du séminaire sur le patrimoine industriel donné à la HEAA- Arc , La Chaux-de-Fonds, septembre 2004.

arrive fréquemment que des objets techniques intéressants soient remarqués sur le tas de ferraille.

Une remarque s'impose à ce qui précède : ces phases ne sont pas des catégories imperméables entre-elles. En particulier la phase de destruction, qui commence dès l'élaboration du matériau constitutif de l'objet et que l'on peut expliquer par le principe d'entropie.

L'intérêt d'une telle réflexion pour le conservateur-restaurateur réside dans le fait qu'elle lui permet d'émettre des hypothèses sur les conditions d'utilisation d'un objet (ce qui est important pour sa documentation), puis de conservation de cet objet (ce qui influence l'interprétation du constat d'état lors du diagnostic), mais également de se questionner sur l'attente qu'il suscite en tant que patrimoine. C'est un élément important lorsque la question d'un mandat est abordée et discutée avec le propriétaire de l'objet.

Dans le cas des objets historiques conservés à l'Observatoire de Besançon, l'anomalie s'est produite pendant la phase d'abandon, qu'il serait plus correct d'appeler, dans un contexte industriel, « mise hors service ». A travers les exemples ci-dessus, je retiens que cette phase n'est pas qu'un simple point de basculement dont la durée serait infinitésimale. Lors d'un entretien avec Roger ANDREZ, j'ai été confirmé sur le fait qu'il était d'usage, à l'Observatoire, que certains appareils remplacés par de plus performants ou plus récents soient gardés en réserve. Il s'agit donc dans un premier temps, d'un intérêt fonctionnel. Puis on peut penser que de nombreux objets « de réserve » ont été oubliés ou ignorés dans cette fonction. Leur élimination aurait peut-être impliqué un effort jugé inutile, étant donnée la surface de stockage suffisante laissée par la cessation d'activité dans la partie la plus ancienne de l'Observatoire. Puis, considérant l'amas de matériels obsolètes, par conséquent peu présentable et d'un rendement nul, certaines personnes se sont prononcées pour une élimination ou en ont pris l'initiative. C'est alors que d'autres personnes, pour qui ces objets représentent un témoignage culturel, ont pris la peine d'en souligner l'intérêt. Ceci conduit à considérer deux choses :

Le premier stade de la conservation des instruments scientifiques à l'Observatoire de Besançon provient en premier lieu d'un choix de personnes, internes à l'institution, qui relève de leur intérêt lié à la conservation d'un savoir-faire. L'action de ces personnes a constitué principalement à maintenir des objets en réserve, alors qu'ils auraient pu ou du être éliminés, et à se réunir avec d'autres personnes partageant les mêmes convictions dans d'autres lieux pour donner une visibilité à leur action. Il s'agit ici du collectif d'astronomes que nous avons mentionné sous le point 2.2.2 .

L'intérêt pour cette conservation d'objets témoins à caractère culturel est relayé actuellement par la direction de l'Observatoire, qui s'investit activement à la mise en œuvre d'une stratégie de valorisation du site. Outre la conservation d'un savoir-faire, la documentation historique et la pérennité de la présence esthétique de ce patrimoine, c'est en premier lieu un objectif éducatif que vise l'actuelle direction, essentiellement dans une perspective de diffusion de la culture scientifique. Lorsque François VERNOTTE, directeur de l'Observatoire de Besançon, parle de culture scientifique on l'entend aussi parler de pensée scientifique et de méthode scientifique. Or la méthode scientifique comprend comme point essentiel la reproductibilité des expériences. Ce point de méthode scientifique prend peut-être tout son sens lorsque le souhait de voir remettre en fonctionnement des objets scientifiques historique est formulé.

Pour en revenir à ce processus de valorisation, qui en est encore à ses débuts à l'Observatoire de Besançon, on peut supposer qu'il a suivi jusqu'à présent un canevas très typique. Il me paraît intéressant de l'étudier dans la suite de ce chapitre, car ce schéma n'est certainement pas unique à l'Observatoire de Besançon, et du moins dans notre cas, il a conduit à la proposition d'un mandat à un conservateur-restaurateur.

Le premier acte fort posé en faveur de la conservation du patrimoine historique de l'Observatoire a été l'inventorisation du patrimoine immobilier et mobilier présent sur le site. Pour engager une réflexion sur l'intérêt potentiel et les ressources que contiennent un patrimoine (donc les besoins ou éventuellement les envies auxquels ce patrimoine peut subvenir), il est important d'en connaître la taille, la valeur, le contenu et l'emplacement. C'est pourquoi on trouve des inventaires dans plusieurs domaines de la vie courante, par exemple dans la gestion commerciale des stocks, les successions ou les assurances. Le patrimoine culturel a lui aussi besoin d'inventaires puisqu'il est constitué d'objets à qui à la valeur vénale, s'ajoutent les valeurs esthétique, historique et scientifique¹².

L'intérêt d'un inventaire est de concentrer en un lieu et de façon uniforme les données sur des entités fort différentes et éventuellement fort dispersées, de sorte à produire symboliquement la somme d'un patrimoine. Dans le prolongement de cette idée, on comprend que l'on puisse ensuite sommer entre eux de petits inventaires de sorte à produire un plus grand inventaire encore. Dans le cas des biens culturels en France, un tel inventaire rassemblant les informations au niveau national a été mis sur pied à partir de 1964, sur

¹² Caple C. *Conservation skills. Judgement, method and decision making*, réimpression 2004, Routledge, London, 2000, p.141.

l'initiative d'André MALRAUX, alors ministre de la Culture en France. On appelle cet inventaire, l'« Inventaire général ».

L'entrée récente du patrimoine des observatoires français dans l'Inventaire général a ouvert un nouveau champ culturel au sein de cet inventaire. En conséquence, Jean DAVOIGNEAU et Françoise LEGUET TULLY ont dû élaborer une méthodologie, un vocabulaire et une classification qui convienne à ces objets¹³. Nous noterons qu'ils les nomment de préférence « instruments scientifiques ».

Pour l'Observatoire de Besançon, l'inventorisation a permis de faire reconnaître la valeur de son patrimoine et de lui assurer un début de visibilité. Du même coup, se sont vus reconnus les efforts faits pour conserver les bâtiments, le mobilier, les instruments, les archives et les anciens fonds de bibliothèque.

Dans le sillage de cet inventaire fut entraînée une demande d'inscription à l'inventaire supplémentaire des Monuments historiques. En France, les monuments historiques peuvent être protégés de deux façon : le classement à l'Inventaire général des monuments historiques et l'inscription à l'Inventaire supplémentaire des monuments historiques. La première forme concerne les édifices de grande portée culturelle pour la France, comme les cathédrales, les palais, etc. La seconde forme intervient quelquefois avant la première dans la perspective d'un classement, mais le plus souvent, elle concerne les édifices de moindre prestige. Il existe donc nettement plus de sites inscrits que de sites classés. Les obligations de l'Etat sont aussi bien différentes entre les monuments classés et ceux qui sont inscrits : pour les monuments classés, l'Etat français pourvoit à tous les coûts engendrés par la conservation de l'édifice, il protège les alentours et tout le contenu de l'édifice. Pour les édifices inscrits, les conditions sont plus restrictives pour obtenir l'aide de l'Etat, qui peut participer jusqu'à hauteur de 40% pour financer la conservation. Le matériel mobilier n'est pas automatiquement inclus dans l'inscription et n'est pas sous protection. Cependant, il y a lieu d'avertir les autorités compétentes, en l'occurrence la Direction régionale des affaires culturelles (DRAC), lorsque des interventions sont prévues sur ce type de mobilier¹⁴. Ce cas concerne donc notre chronographe Gautier.

¹³ Leguet Tully F. et Davoigneau J. L'aventure de l'inventaire. *La Lettre de l'OCIM*, N°84, OCIM, 2002, p.8.

¹⁴ Ministère de la culture. *Fiches pratiques*. [Consulté mars 2006] Disponible sur : <http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/fiches/index-fiches.htm>

Le troisième pas franchi pour la mise en valeur du patrimoine de l'Observatoire de Besançon a été la création en décembre 2005, sur l'initiative de membres du personnel et de la Direction de l'Observatoire, de l'association Méridienne. Cette association (dite « Loi 1901 ») a pour but non-lucratif d'« à la fois répondre à des appétits de découverte (collaborations avec le milieu scolaire, affluence record pour les journées du patrimoine, de la science) et permettre l'entretien, la sauvegarde de ce patrimoine »¹⁵. Cette association devrait donc devenir le maillon indispensable entre l'Observatoire et son public, mais aussi un interlocuteur de premier ordre dans le cas de projets de conservation et de mise en valeur du patrimoine de l'Observatoire. Un autre objectif présidant à la création de cette association a été de contourner l'obstacle que représente le financement d'initiatives à caractère culturel dans le cadre de l'Observatoire. En effet, les budgets de l'Observatoire sont essentiellement destinés à la Recherche. Comme l'Observatoire fait partie de l'Université de Besançon une petite partie de ses attributions touche à la mission de diffusion de la culture scientifique des universités. Mais il est devenu peu à peu problématique de créer des événements autour du patrimoine, celui-ci ne représentant qu'une petite partie de cette masse culturelle. Des voix se sont élevées pour déplorer l'engloutissement de ces moyens exclusivement dans des projets à caractère historiques. Dorénavant, le domaine culturel de l'Observatoire est l'association Méridienne, qui sera à même de rechercher les types de financement correspondant à ses statuts et à ses buts propres, que ce soit auprès des autorités ou auprès des personnes privées.

¹⁵ La Méridienne : tout un symbole. *BVV*, mensuel juin 2006, Ville de Besançon, p.28, (Non-signé.)
(*BVV* est un journal local gratuit publié et distribué par la Ville de Besançon.)

2.3 *Projet de mise en conservation d'un chronographe à l'Observatoire de Besançon*

Pour parvenir à l'énoncé du mandat sous lequel le projet de mise en conservation d'un chronographe à l'Observatoire de Besançon a été réalisé, il a été nécessaire de passer par une phase d'élaboration que je crois utile de décrire, car elle peut illustrer précisément ce qui peut se produire dans une institution en activité qui cherche à conserver et mettre en valeur son patrimoine. Cette phase a d'abord consisté en une concertation des acteurs du projet, puis, lors de la mise en place du projet, une étude préliminaire a été menée pour parvenir à la constitution d'une « plateforme de travail » répondant aux besoins et aux choix spécifiques de ce travail. La version définitive du mandat n'est apparue qu'au terme de ce processus, c'est pourquoi je présente ici le mandat non comme un point de départ de la période de préparation du projet, mais comme sa résultante. Nous comprenons qu'il s'agit d'une démarche inductive, à l'inverse de ce qui pourrait se produire dans une institution telle qu'un musée, où le postulat de départ aurait été un mandat énoncé par un conservateur des collections et aurait entraîné de façon déductive une suite d'opérations prédéfinies.

2.3.1 Concertation préliminaire des acteurs du projet

La genèse du projet de mise en conservation d'instruments scientifique auquel j'ai participé à l'Observatoire de Besançon est antérieure de quelques mois à la constitution de l'Association méridienne, c'est pourquoi je n'ai pas travaillé dans le cadre de l'association, mais directement dans celui de l'Observatoire. Le premier contact établi à ce sujet l'a été dans des circonstances extraprofessionnelles, en mars 2005, lors d'une réception où j'étais convié et où j'ai pu rencontrer M.Vernotte. Echangeant nos actualités respectives, j'ai affirmé être à la recherche d'une place de stage pour effectuer mon travail de diplôme en conservation-restauration, tandis que François VERNOTTE m'a fait part de son intention de faire procéder à la restauration d'instruments de l'Observatoire de Besançon. Le choix de ces instruments n'était pour l'heure pas défini, mais l'intention était claire : après un inventaire ayant relevé l'intérêt de la collection d'instruments scientifiques de l'Observatoire de Besançon ainsi qu'une très prochaine inscription à l'inventaire supplémentaire des Monuments historiques, il convenait de donner une meilleure visibilité à ces objets et de permettre leur exposition. C'est alors que François VERNOTTE m'a proposé de reprendre contact dans la mesure où il serait possible de créer une synergie entre nos deux intentions.

Ayant obtenu en avril 2005 l'accord de Nathalie DUCATEL, responsable de la filière de Conservation-restauration de la Haute école d'arts appliqués Arc (HEAA Arc), pour

développer ce projet, j'ai proposé sur le conseil de Christian BINET, enseignant en conservation-restauration à la HEAA Arc, une réunion à Besançon, à laquelle participeraient François VERNOTTE et Edith BURGEY pour l'Observatoire, Tobias SCHENKEL, responsable de l'orientation « Objets scientifiques techniques et horlogers » à la HEAA Arc, Mme Cécile AGUILLAUME, à ce moment-là enseignante chargée du cours de Réflexion sur le patrimoine industriel à la HEAA Arc et qui a joué le rôle de trait d'union entre la HEAA Arc et l'Observatoire pendant cette phase de prise de contact, Christian Binet ainsi que moi-même.

Lors de cette réunion tenue en mai 2005, François VERNOTTE a présenté son projet de faire restaurer un ou plusieurs objets parmi les instruments de l'Observatoire, en mentionnant les points suivants :

Pour l'Observatoire, cette démarche était nouvelle et il était intéressant d'en tirer une certaine expérience pour pouvoir envisager et promouvoir la mise en valeur de la collection d'instruments scientifiques récemment inventoriés par l'Inventaire général.

Le financement utilisable pour ce projet se fonderait sur une demande au titre de la diffusion de la culture scientifique. Dans cette perspective, une remise en fonctionnement d'un objet au moins serait souhaitable, car cela permettrait de prendre appui sur cet objet pour effectuer des démonstrations commentées par des scientifiques, lors d'ouvertures publiques de l'Observatoire.

Le choix de l'objet ou des objets concernés par notre intervention pouvait être discuté, bien que l'objet de référence en matière de patrimoine de l'Observatoire soit la lunette méridienne.

J'avais pu remarquer, lors d'une première visite à l'Observatoire de Besançon en 2004, déjà organisée par Cécile AGUILLAUME dans le cadre de son cours, que la lunette méridienne était l'objet patrimonial le plus exposé de l'Observatoire, donc celui dont l'état est le mieux contrôlé. Son état de dégradation ne m'avait pas paru avancé, il m'a donc semblé qu'il s'agissait de l'objet historique dont la conservation me semblait la moins précaire à l'Observatoire. Me ralliant à une suggestion de Cécile AGUILLAUME, j'ai proposé de porter le choix sur un ou plusieurs objets moins visibles pour lesquels l'objectif de conservation serait moins certain. Je me suis permis d'attirer l'attention sur le fait que lors de ma première visite, j'avais pu remarquer que certains objets étaient mis en réserve dans des conditions peu favorables (pour la conservation et pour l'exposition), dans le sous-sol du bâtiment méridien. Mon intention pourrait devenir de participer à la valorisation d'objets moins connus

du patrimoine de l'Observatoire, dont les conditions de conservation allaient conduire à des dégradations considérables.

Edith BURGEY a souligné que pour obtenir le financement de la Délégation régionale à la Recherche et à la Technologie (DRRT) au titre du soutien à la diffusion de la culture scientifique, il serait plus favorable de ne choisir qu'un seul objet, remarquable par ses qualités ou par son ancienneté, et que le projet conduise à une présentation publique de l'objet dans une perspective éducative.

Christian BINET a ensuite pris la parole pour attirer notre attention sur plusieurs points à prendre en compte, en particulier :

Qu'il faudrait mettre en place une forme de supervision professionnelle pour qu'un étudiant de la HEAA Arc puisse effectuer un stage de diplôme dans une institution qui ne compte pas de conservateur-restaurateur parmi son personnel. Donc il faudrait, soit, que l'étudiant se déplace avec l'objet pour aller dans un laboratoire de conservation-restauration, soit, qu'un conservateur-restaurateur diplômé assiste l'étudiant sur le site de Besançon.

Que selon les dispositions en vigueur dans l'attribution des marchés publics en France, et par anticipation d'une nouvelle loi sur le personnel autorisé à intervenir sur les collections des Monuments historiques français*, il serait préférable de mettre en concurrence pour cette charge de responsable pratique de stage, au moins trois conservateurs-restaurateurs habilités par la Direction des musées de France. Cette « mise en concurrence » se ferait par un appel d'offres.

Qu'il serait nécessaire, pour convenir à l'objectif d'un travail de diplôme en conservation-restauration, que le mandat ne s'inscrive pas dans une intention unique de restauration de type artisanal, mais dans le respect des règles éthiques en vigueur en conservation-restauration et permette une réflexion critique sur l'intervention à réaliser. La question de savoir s'il serait véritablement nécessaire d'intervenir de façon curative sur l'objet (ou les objets) devrait être conditionnée à une étude préliminaire pour évaluer les besoins en

* Plusieurs interlocuteurs dont Isolde PLUDERMACHER, conservatrice du Patrimoine à la Direction régionale des affaires culturelles de Franche-Comté, m'ont expliqué qu'il s'agit d'une extension future au domaine des Monuments historiques de la « loi musées », qui stipule notamment que les interventions en conservation-restauration sur le patrimoine des Musées de France doivent être exécutées uniquement par des professionnels habilités par la Direction des Musées de France. Les conservateurs-restaurateurs de formation supérieure ou universitaire sont habilités d'office, quant aux restaurateurs de formations professionnelles, ils doivent être audités par une commission devant évaluer dans quelle mesure ces restaurateurs professionnels répondent ou non aux exigences méthodologiques souhaitées par la Direction des musées de France.

conservation ou en restauration de ce ou ces objets. En tous les cas, il serait important, étant donnée la qualité « non muséale » de l'Observatoire, de réaliser l'étude sous l'angle global d'une « mise en conservation », prenant en compte non seulement les interventions sur l'objet, mais aussi une étude de l'aménagement de conditions favorables à sa conservation.

Tobias SCHENKEL s'est déclaré favorable à la réalisation de la phase suivante du projet, telle que présentée par Christian Binet.

François VERNOTTE a accepté de rédiger un appel d'offres pour la supervision de mon stage de diplôme et de prévoir que je puisse être hébergé sur le site de l'Observatoire, comme il est de coutume pour tous les stagiaires de l'Observatoire de Besançon.

Plusieurs éléments importants se dégagent de ce qui précède, que l'on peut généraliser de façon constructive:

Il est indispensable d'élaborer un projet de conservation en énonçant clairement les intentions qui le sous-tendent, car l'on peut admettre qu'il existe plusieurs approches de l'objet en conservation-restauration. Il est particulièrement souhaitable que le choix de l'approche de l'objet résulte d'une discussion entre le propriétaire/conservateur de l'objet et le conservateur-restaurateur, tant le résultat et la qualité de l'intervention dépendent de l'adéquation du rapport existant entre les attentes formulées envers un objet et ce que cet objet peut véritablement « fournir » sans que sa conservation soit compromise. Je citerai ici à nouveau Bénédicte ROLLAND-VILLEMOT qui, dans le cadre d'un chapitre intitulé « La conservation-restauration d'un objet industriel »¹⁶, propose une classification en quatre catégories qui convient à mon sens également très bien au patrimoine scientifique, étant donnée la parenté étroite dans la constitution des objets de ce dernier avec le patrimoine industriel. Nous avons donc le choix entre :

« Une conservation-restauration archéologique : cette restauration vise à conserver l'objet dans l'état dans lequel il nous est parvenu. Elle consiste essentiellement en des opérations de stabilisation.

Une conservation-restauration technique. C'est le message technique de la machine qui est ici privilégié. Les interventions visent à rendre lisible cette dimension technique sans pour autant nécessairement refaire fonctionner la machine.

¹⁶ Rolland-Villemot B., *Le traitement des collections industrielles et techniques, de la connaissance à la diffusion. La lettre de l'OCIM*, n°73/2001, OCIM, p.17.

Une conservation-restauration fonctionnelle. Dans ce type d'intervention, il est alors procédé à une remise en fonctionnement dans le cadre « muséal », c'est-à-dire fondamentalement différent du contexte d'origine de la machine. Les conditions de sécurité d'un établissement recevant du public peuvent modifier l'aspect de la machine. [...] Ce type d'intervention pose le problème du rôle de chaque intervenant de l'équipe et celui de la collecte et de la conservation des savoir-faire nécessaires à la remise en fonctionnement.

Une conservation-restauration de type « ethnologique ». C'est une démarche globalisante qui conserve aussi bien la matérialité de l'objet que les dimensions immatérielles qui l'accompagnent (message, savoir-faire, archives) pour redonner à l'objet toute son authenticité et toute son intégrité. Cette conservation permet aussi de définir les acteurs de la conservation-restauration et le rôle de chacun en fonction du degré d'intervention selon le projet muséographique et de valorisation de l'objet ou du site retenu. »

Les acteurs d'un projet de conservation doivent pouvoir mobiliser suffisamment de ressources pour rendre un projet viable et surtout lui permettre de se dérouler jusqu'au bout. Dans le cas contraire, le risque de perte d'information ou de perte d'objets résultant d'une restauration inachevée équivaut à une dégradation potentielle délibérée de l'objet. Les ressources nécessaires doivent permettre d'indemniser les acteurs du projet, de fournir l'outillage les produits et les locaux nécessaires aux traitements et à leur documentation, de rassembler une documentation préalable, d'effectuer les tests et les analyses nécessaires (que ce soit sur l'objet ou en conservation préventive) et de couvrir l'intervention de spécialistes. La responsabilité du conservateur-restaurateur est ici fortement engagée puisque c'est lui qui doit évaluer le coût ou la disponibilité des ressources dont il a besoin. C'est la raison pour laquelle une étude préliminaire peut être nécessaire, en particulier hors du contexte muséal.

Le conservateur-restaurateur peut avoir un rôle important à jouer pour informer les partenaires d'un projet sur les procédures ou la législation dans le domaine qui l'occupe, c'est-à-dire, le domaine culturel. L'action initiée par le projet doit respecter les normes juridiques, disposer des autorisations nécessaires pour l'intervention et elles doivent être délivrées par les personnes effectivement responsables. L'éthique de la conservation, dont le document fondateur est et reste la charte de Venise, fait également partie des informations susceptibles de poser des limites à un projet et il convient de les exposer avec tact, en sachant expliquer tout l'avantage qu'il y a à les respecter.

Pour résumer, nous retiendrons que le conservateur-restaurateur doit être prêt à assumer un rôle consultatif en matière d'évaluation du potentiel de révélation de l'objet conservé, des ressources et du cadre juridique qu'implique le projet de conservation. Il importe donc, que

sa formation et son expérience lui permettent de fournir ce genre de prestations. Dans notre cas, Christian BINET a pu, par son expérience et ses connaissances, apporter les informations dont je ne disposais pas en tant qu'étudiant en conservation-restauration venant de Suisse, étant à la fois moins expérimenté et moins au courant des lois en vigueur en France.

2.3.2 Mise en en place du projet

A ce stade du développement du projet, il importait que la suite des opérations se déroule de façon logique. Nous devons mettre en place une infrastructure de travail adaptée à notre problématique (la « plateforme de travail »), ce qui impliquait que je devais réaliser une étude préliminaire sur l'objet ou les objets sur lesquels nous allons travailler, ce qui impliquait que le choix de ce ou ces objets ait été fait par l'Observatoire.

Le choix de trois objets qui a été fait par François VERNOTTE et Edith BURGEY révèle les critères suivants : la représentativité des objets de l'activité de l'Observatoire de Besançon dans sa spécificité de mesure chronométrique et de détermination de l'Heure, la représentativité de la collection d'objets historiques inventoriés et le potentiel éducatif de démonstration.

Ces trois objets sont des chronographes, c'est-à-dire des instruments permettant d'inscrire l'heure sur un support, en l'occurrence du papier. Ils correspondent aux critères énoncés ci-dessus pour les raisons suivantes :

Ils sont représentatifs de l'activité spécifique de l'Observatoire de Besançon dans la mesure où ce sont des instruments à mesurer le temps. Ceci ne signifie nullement que les autres observatoires en France et dans le monde n'aient pas utilisé des chronographes, bien au contraire, mais surtout qu'à Besançon, leur utilisation était particulièrement importante.

Ils sont représentatifs de la collection d'objets historiques inventoriés car les experts de l'Inventaire général chargés de leur inventorisation ont souligné, lors de cette opération, le fait que l'Observatoire de Besançon possède une chronologie relativement complète de ce type d'appareils.

Leur potentiel éducatif en matière de démonstration est évident, dans la mesure où les chronographes permettent de reproduire de façon visible le résultat d'observations de phénomènes observés selon des méthodes scientifiques. Dans le cas de la détermination de l'Heure, le lien entre la lunette méridienne et le chronographe est particulièrement éclairant, car on relève précisément au moyen du chronographe le moment de passage au méridien

d'un astre observé à la lunette méridienne. Jusqu'à maintenant, les explications concernant le fonctionnement de la lunette méridienne étaient tout à fait claires en ce qui concerne l'observation de l'astre ; il est évident pour les visiteurs même non spécialistes qu'en observant le ciel avec une lunette on voit des étoiles. Mais illustrer le lien entre ce phénomène et la mesure de l'Heure ne pouvait se faire que par le commentaire que la personne guidant les visiteurs pouvait donner de l'enregistrement de ce moment. La présence d'un chronographe en état de fonctionnement permettrait de donner une démonstration plus accessible de ce lien et de développer un discours plus riche autour de ce genre de méthodes.

Ce choix des objets étant fait, une étude pouvait être engagée sur ces trois appareils. Les éléments importants recherchés par cette étude étaient : les matériaux constitutifs des objets, leurs altérations visibles, une estimation de leur période de fabrication/conception les particularités technologiques des objets, les conditions de conservation du lieu de stockage, sans oublier leur taille et leur poids approximatifs. Voici pourquoi ces critères me semblent importants :

Les matériaux constitutifs et les altérations visibles permettent de prévoir dans quelle direction les recherches en documentation sur les traitements de stabilisation et de protection des surfaces doivent être envisagées. La détection avancée d'altérations sévères peut conduire à réaliser très tôt des tests ou des analyses pour savoir quels seront les besoins en traitement de ces altérations.

L'estimation de la période de fabrication/conception et des caractéristiques technologiques permet également d'orienter la recherche en documentation technique et historique de l'objet. Dans le cas qui nous occupe, cette recherche a permis de mettre tout de suite en évidence des anachronismes dans la constitution d'un objet, qui on conduit à l'hypothèse préalable que cet objet n'était pas dans sa version d'origine.

Un relevé des conditions de conservation du lieu de stockage permet de se prononcer sur l'adéquation entre ce lieu et l'objet. Il peut être intéressant, au moment du diagnostic de l'objet de comparer les causes probables de dégradations de l'objet avec les effets probables de dégradation qu'un lieu de conservation peut (ou non) occasionner.

La taille et le poids sont des paramètres importants lorsque le choix d'un nouveau lieu de conservation où un transport de l'objet sont probables.

Pour des raisons que j'expliquerai à la fin du chapitre 2.5, seul le chronographe Gautier de 1905 a été retenu comme objet de travail jusqu'au bout de ce stage de diplôme, c'est

pourquoi le lecteur ne trouvera que la fiche d'étude préalable correspondant à cet appareil dans l'annexe II¹⁷ jointe au présent document.

Parallèlement à l'étude préalable, l'appel d'offre permettant de trouver un responsable pratique de stage a été lancé. Il a été adressé à une sélection de quatre laboratoires ou indépendants actifs dans la conservation-restauration, susceptibles d'avoir une bonne pratique de la conservation et de la restauration des objets techniques. Nous avons pu constater en établissant la liste de ces personnes que même dans un grand pays comme la France, les conservateurs-restaurateurs aptes à intervenir sur des objets techniques ne sont pas légion. Il faut cependant rappeler, que nous recherchions des personnes disposant de l'habilitation de la Direction des Musées de France, ce qui réduit conséquemment le choix. Sur les quatre envois, deux réponses nous sont parvenues, celle d'Olivier MOREL, conservateur-restaurateur sur métaux à Paris et celle de Paul REAL, restaurateur en horlogerie à Lyon.

L'appel d'offre élaboré par l'Observatoire présente des différences notables avec le mandat que nous décrivons au point suivant. Dans ce document, l'Observatoire envisageait «... la restauration et la mise en valeur des divers modèles de chronographes dont dispose l'Observatoire... » , ce qui aurait porté à six le nombre d'objets à traiter. Cette différence s'explique par le fait que quelques semaines se sont écoulées entre la rédaction de l'appel d'offre et son envoi, durant lesquelles le choix « définitif » des objets à traiter est intervenu. Le document aurait évidemment dû être corrigé, mais il ne l'a pas été. En tout état de cause, le genre de compétences que nous recherchions pour cette charge ne dépendaient évidemment pas du nombre d'objets à traiter. Outre le fait d'avoir permis de recevoir deux offres parfaitement valables, cet appel d'offre a permis de projeter une base de mandat sur laquelle les partenaires de la plateforme de travail ont pu discuter, comme nous le verrons au chapitre suivant.

Disposant alors de réponses, l'Observatoire devait prononcer son choix de la personne responsable pour l'exécution du travail. M.VERNOTTE et moi en avons discuté en nous fondant sur les informations récoltées par l'étude préalable et sommes arrivés à la conclusion que les compétences des deux postulants étaient complémentaires et qu'il serait avantageux de partager la maîtrise d'ouvrage en deux parties : ce qui concernerait la problématique de conservation des surfaces métalliques serait confié à M. MOREL, tandis que la problématique de traitement d'un mécanisme de type horloger serait confié à Paul REAL. Ainsi prit forme la « plateforme de travail », reposant désormais sur l'Observatoire, la HEAA Arc et MM. MOREL et REAL.

¹⁷ Voir Annexe II, p. 66, Etude préalable sur chronographe Gautier.

2.4 Présentation du mandat

Le mandat élaboré à notre intention est le résultat d'une seconde réunion, qui a eu lieu en novembre 2005, où étaient présents tous les acteurs de la « plateforme de travail : François VERNOTTE, Edith BURGEY, Olivier MOREL, Paul REAL, Nathalie DUCATEL et moi-même. Il ne me semble pas utile de détailler ici le déroulement de cette réunion, mais seulement les principales décisions qui y ont été prises :

Mettre les trois objets en conservation demanderait certainement des traitements curatifs car des dégradations étaient à l'œuvre sur ceux-ci.

Ces traitements seraient réalisés chez Olivier MOREL à Paris pour les problématiques de corrosion des métaux.

L'étude et les traitements nécessaires pour la remise en fonctionnement se feraient chez Paul REAL à Lyon.

La documentation de l'objet et les opérations simples comme les nettoyages et l'application de moyens de protection des surfaces pourraient se faire avantageusement à Besançon.

Une étude climatique des locaux de conservation serait nécessaire.

Des mesures devraient être prises pour le transport des objets.

Le mandat a donc été formulé par l'Observatoire de la façon suivante : « mettre en conservation » trois chronographes, respectivement de 1905, 1945 et 1970. En ce qui concerne le chronographe Gautier datant de 1905, une remise en fonctionnement à des fins de démonstration a été demandée. Étant donné que l'Observatoire possède en tout trois appareils du type du chronographe Gautier, la remise en fonctionnement de l'un de ceux-ci ne sacrifie pas, a priori, le contenu historique que portent les deux autres appareils, pour lesquels aucune intervention n'a été prévue dans l'immédiat. De plus, il avait été demandé d'une part, qu'une étude préalable soit faite sur les objets concernant leurs besoins en conservation, d'autre part qu'une documentation sur l'appareil et sur l'intervention de restauration puisse être présentée au public dans le cadre des Journées européennes du patrimoine en 2006.

Financièrement parlant, la faisabilité du projet reposait sur l'attente d'une subvention de la Délégation régionale à la Recherche et à la Technologie (DRRT) au titre de la « diffusion de

la culture scientifique ». Partant d'un préavis positif, une demande¹⁸ a été adressée à cette administration, mais a finalement été refusée alors que le projet avait déjà démarré. Suite à cette défection, la charge financière s'est reportée sur l'Observatoire de Besançon et il a fallu considérablement restreindre l'envergure du projet dans le souci d'en limiter les coûts. Pour « sauver » ce qui pouvait l'être de ce projet, j'ai adressé une proposition de modification du mandat avec un budget corrigé¹⁹, qui dès lors ne portait plus que sur un seul objet, le chronographe Gautier de 1905.

En regard de ce qui précède, notre mandat consiste donc à agir conjointement sur l'objet et sur son contexte de conservation. En pratique, il nous a été demandé :

D'étudier les conditions de conservation du site et, au besoin, proposer certains aménagements permettant de limiter les risques de dégradations dus au contexte de conservation. Ceci implique donc une étude climatique dans la (les) zone(s) prévue(s) pour la conservation de l'objet et une réflexion sur les différents risques subséquents.

De proposer, puis éventuellement effectuer un travail de restauration dans le respect des règles éthiques en vigueur, mais incluant la demande de remise en fonctionnement de façon conditionnelle selon l'état de l'objet. Ceci implique donc une procédure curative dont la séquence classique est : constat d'état, diagnostic, proposition de traitement. Si l'option curative est qualifiée de « justifiée », elle donne lieu à un traitement, obligatoirement suivi d'un rapport de traitement.

Au premier abord, la conservation d'un appareil comme le chronographe Gautier ne pose pas de problème technique difficile à résoudre. On peut observer que :

Au point de vue préventif, le contexte de conservation, bien qu'hors de standards établis pour les musées, ne semble pas complètement inadapté à la conservation des objets scientifiques, puisqu'il en abrite depuis fort longtemps et que la plupart des objets inventoriés ne sont pas fortement dégradés.

D'un point de vue curatif, on constate que les matériaux constituant l'objet ne semblent pas sévèrement dégradés et les dégradations observées sont traitables par des moyens simples, connus et sans occasionner de très grosses dépenses.

En s'arrêtant à ces seules considérations, la mise en conservation ne pose pas de problématique pointue.

¹⁸ Voir annexe II, p. 60, Demande de financement DRRT Franche-comté.

¹⁹ Voir annexe II, p. 68, Rectification du mandat.

En y regardant de plus près, lors de l'étude préalable, on s'aperçoit que le chronographe Gautier présente des anachronismes dans sa constitution. En effet, pour un appareil ostensiblement daté de 1905, des câbles électriques gainés en PVC (chlorure de polyvinyle, un polymère thermoplastique dont l'usage courant s'est développé dès les années 1940 environ) ressortant d'un orifice de la face avant, ces détails mettent immédiatement en doute l'observateur sur l'intégrité originale de l'objet. Sur la face arrière, un petit moteur électrique de construction compacte faisant visuellement penser à la production des années 1950 renforce encore cette impression. Finalement, le couvercle en tôle pliée et peinte s'éloigne notablement du niveau de facture de l'ensemble mécanique. Une hypothèse prend alors corps : l'objet a subi une modification. Cependant, comme le stipule la charte de Venise, « la restauration [...] s'arrête là où commence l'hypothèse ». Il faut donc tenter de répondre le plus complètement possible à cette question ouverte. Il s'agit d'un travail d'enquête, qui va se révéler long. Cette problématique va mettre en lumière un aspect par ailleurs mentionné à plusieurs reprises dans la littérature, à savoir qu'une intervention de restauration sur un objet scientifique doit, avant toute chose, faire l'objet d'une recherche approfondie. A ce sujet, Paolo BRENNI²⁰ dit ceci : « Je crois que deux choses sont essentielles à une bonne restauration : de la sensibilité et une connaissance approfondie de l'objet. » Cette recherche va avoir une incidence profonde sur le constat d'état, qui permet de révéler de nombreux détails dus aux modifications. Plus généralement, c'est le processus d'interdépendance entre la documentation historique et le constat d'état qu'il devient intéressant de développer, ainsi que le rôle potentiel du conservateur-restaurateur dans le processus de documentation historique d'un objet technique et en particulier un instrument scientifique.

²⁰ Brenni P. The restoration of scientific instruments. *Proceedings of the workshop held in Florence, December 14-15, 1998*, Istituto e Museo di storia della scienza et Opificio delle Pietre Dure, Le Lettere, 2000, p.93.

2.5 *Position éthique*

Ayant maintenant une idée claire du mandat que j'ai reçu, et avant toute forme d'intervention sur le terrain, il convient de se poser la question de savoir si ce mandat contient une problématique éthique et comment l'envisager pratiquement.

L'éthique en conservation-restauration n'est pas un vain mot. Si, dans l'ensemble des disciplines, l'éthique professionnelle a été (et continue d'être) formée par l'expérience d'un champ d'action, de ses causes et de ses conséquences, je serais tenté de croire qu'en ce qui concerne la conservation-restauration, c'est aussi le cadre fixé par l'éthique qui définit la discipline. Bien sûr, cette éthique n'est pas sortie du néant. Elle s'est construite sur l'expérience de la restauration dans le domaine des beaux-arts et des monuments historiques, sur l'application de méthodes scientifiques dans ce domaine et du regard que des architectes, des historiens d'art, des scientifiques ou des philosophes tels que Camillo BOITO, Cesare BRANDI, Aloïs RIEGL, Harold PLENDERLEITH ou Paul PHILIPPOT ont porté sur elle au long du XIXe et du XXe siècle²¹.

Pourtant, dans la pratique quotidienne de la profession, il n'est point d'action qui ne soit soupesée à l'aune de cette règle, confrontée à cette pensée, que nous, conservateurs-restaurateurs, devons nous comporter avec la plus grande honnêteté envers le message culturel contenu dans les objets auxquels nous avons affaire. C'est souvent lorsque nous devons expliquer en langage courant à d'autres personnes, d'autres professions, nos partenaires ou le public (qui est un partenaire aussi, d'une certaine façon), que nous nous rendons compte du fait que, dans la même phrase qui affirme que nous traitons des objets et leurs conditions de conservation, nous soyons obligés de conclure par le respect de l'intégrité de l'objet. L'éthique de la conservation-restauration fait donc partie de la définition même de la conservation-restauration et dans le dialogue avec leurs partenaires, les conservateurs-restaurateurs ont souvent un rôle informatif voire éducatif à jouer en cette matière.

Pour éviter l'écueil de devoir sans cesse relire et réinterpréter les penseurs qui ont jeté les bases de notre réflexion éthique, des textes de synthèses ont été approuvés par la communauté des professionnels du patrimoine culturel. Ainsi trouve-t-on un support commun à plusieurs professions qui sont confrontées à la problématique de l'intégrité de l'objet culturel (ou à son déni) : la charte de Venise, adoptée par l'ICOMOS²² en 1965.

²¹ Ducatel N., Histoire de la conservation-restauration, éthique/déontologie. *Support de cours 1*, Haute école d'arts appliqués Arc, La Chaux-de-Fonds, 2002, *non publié*.

²² Les abréviations sont explicitées sous le point 7.4, en fin de document.

De cette charte sont nés les codes de déontologie que nous connaissons, relayés par les associations professionnelles en conservation-restauration.

Mon propos n'est pas ici de commenter toutes les dispositions qui nous sont ainsi fournies, mais de rappeler, pour mémoire, les grands principes qui restent présents à l'esprit lorsque lors de la discussion d'un mandat et de sa réalisation.

L'approche de la conservation-restauration est graduelle dans la perspective des interventions et commence, comme son nom l'indique, par la conservation. Utiliser les ressources de la conservation préventive, qui consistent à donner à un objet les meilleures conditions de conservation possible sans intervenir directement sur l'objet. Si cette action ne suffit pas à garantir une conservation à long terme, il y a lieu d'envisager une intervention curative sur l'objet par la stabilisation d'altérations dont le processus tendrait autrement à se poursuivre. Lorsqu'il s'agit de restituer une forme de lisibilité de l'objet pour permettre son étude ou son interprétation, la réflexion se tourne vers la question de savoir sous quelle forme conserver et présenter l'objet. Ce qui peut être fait pour présenter l'objet dans son entité uniquement sur la base du matériau existant s'appelle « réintégration », tandis que la restitution « [donne] à voir ce que l'œuvre ou l'objet, dans l'état actuel de leur stricte matérialité, ne donnent plus à voir »²³.

Le cadre des interventions curatives est quant à lui donné par les principes d'intervention minimale, d'innocuité des traitements pour les matériaux originels, de réversibilité des traitements, de lisibilité des compléments, de documentation des états de l'objet avant, pendant et après traitement ainsi que de la sélection discutée des produits et des méthodes de traitement. Ces principes découlent d'un principe plus large, le principe de sécurité, qui veut que l'on ne prenne aucune décision qui comporte un risque évident.

Sur la base de ces considérations, une demande de remise en fonctionnement telle que celle qui a été sollicitée dans le mandat semble dépasser le cadre des opérations respectueuses de l'intégrité de l'objet, puisque la restitution fonctionnelle est un processus dynamique qui engendre des effets potentiellement dommageables pour celui-ci en terme d'usure, d'échauffement, de chocs ou de proximité avec les utilisateurs, notamment. Elle entraîne aussi d'autres problématiques pratiques causées par les nécessités qui naissent d'un système mobile, comme la lubrification adéquate, l'alimentation appropriée en énergie, la compétence des utilisateurs à assurer un fonctionnement sûr.

²³ Berducou M. La restauration : quels choix ? « Dérestauration », restauration-restitution. *Technè*, N°13-14, CRRMF, 2001, p.216.

Dans ce cas, la solution statique qui signifierait de meilleures perspectives de conservation pour l'objet rentre en confrontation directe avec le projet du propriétaire de l'objet et l'on comprend rapidement que le principe de sécurité est susceptible de faire l'objet d'un consensus. Ce consensus existe par ailleurs, par exemple lorsqu'on expose des objets ou des œuvres à la lumière, alors qu'on sait celles-ci sensibles aux dégradations causées par les rayonnements lumineux et ultraviolets. Dans ces cas-là, des études sur les matériaux sensibles ont été réalisées puis des normes ont été édictées, fixant les valeurs admissibles d'éclairage des objets. Concernant l'usure des mécanismes lors de leur fonctionnement, de telles études manquent encore et les normes sont absentes, ce qui devrait appeler sans conditions l'application du principe de sécurité. Cette position impliquerait une fin de non-recevoir pour toute intention de remise en fonctionnement d'objets en conservation-restauration. Ceci aurait pour fâcheuse conséquence d'obliger les propriétaires/conservateurs de collections d'objets à vocation fonctionnelle de se tourner vers la « restauration » de type artisanal, faisant généralement peu de cas de l'information historique lisible sur les objets, ou de choisir l'abandon et l'oubli, qui impliquent également un risque important de dégradation ou de destruction des objets.

Il nous appartient donc probablement, à nous, conservateurs-restaurateurs d'objets scientifiques, techniques et horlogers, d'ouvrir d'une part le dialogue avec les propriétaires/conservateurs de collection techniques allant dans le sens de remises en fonctionnement « douces » et contrôlées, d'autre part de fournir les études de cas et le suivi qu'elles impliquent dans la résolution de la question de valeurs admissibles (c'est-à-dire aussi de valeurs limites) dans les cas de remise en fonctionnement.

Je considère ici par remise en fonctionnement « douce », les cas où l'on prend en compte certaines mesures qui semblent propices à limiter fortement les dégradations provoquées par le fonctionnement : la mise en fonctionnement exceptionnelle à des fins de documentation par l'enregistrement sur un média ou la mise en fonctionnement occasionnelle précédée et accompagnée de contrôles périodiques qui établissent fréquemment si l'objet est toujours fonctionnel sans grand risque. Cette vision inclurait donc un rapport régulier entre l'utilisateur et le conservateur-restaurateur, ce qui peut paraître surprenant dans le domaine du patrimoine culturel et ne l'est pas dans le domaine des objets fonctionnels de la vie courante qui demandent un entretien et un contrôle spécialisés.

Pour éclairer le cadre de cette réponse adaptée de la conservation-restauration d'objets techniques et la réintégrer par rapport aux pratiques et options courantes dans d'autres domaines de la conservation-restauration, Chris CAPLE²⁴, archéologue, conservateur et

²⁴ CapleC., *Conservation skills. Judgement, method and decision making*. Routledge, Londres, 2000, p.33-35.

directeur du Postgraduate Conservation Course à l'Université de Durham, a construit un diagramme triangulaire qui met en relation trois critères entrant en principe en concurrence en matière de conservation-restauration :

Revelation : dont le but est, par le nettoyage et l'exposition de l'objet, de donner à l'observateur l'occasion d'appréhender la forme et la fonction originales d'un objet. En français nous employons pour cela le terme « restitution ».

Investigation : rassemble les démarches d'analyses qui permettent de découvrir des informations sur l'objet, fussent-elle destructives. En français nous employons pour cela le terme « recherche ».

Preservation : qui est l'acte de chercher à maintenir l'objet dans sa forme actuelle en évitant autant que possible les détériorations ultérieures. En français nous employons pour cela le terme « conservation ».

Ce diagramme nous permet de comprendre la place que prend, selon Chris CAPLE, l'intervention sur les objets techniques en fonctionnement (*working objects*) par comparaison avec les interventions sur d'autres formes de biens culturels. Ceci permet aussi de désamorcer certaines incompréhensions qui surgissent parfois entre collègues et professionnels du patrimoine culturel de domaines différents sur les points de vue dont nous disposons et qui ne font que correspondre aux valeurs que véhiculent les objets sur lesquels nous travaillons.

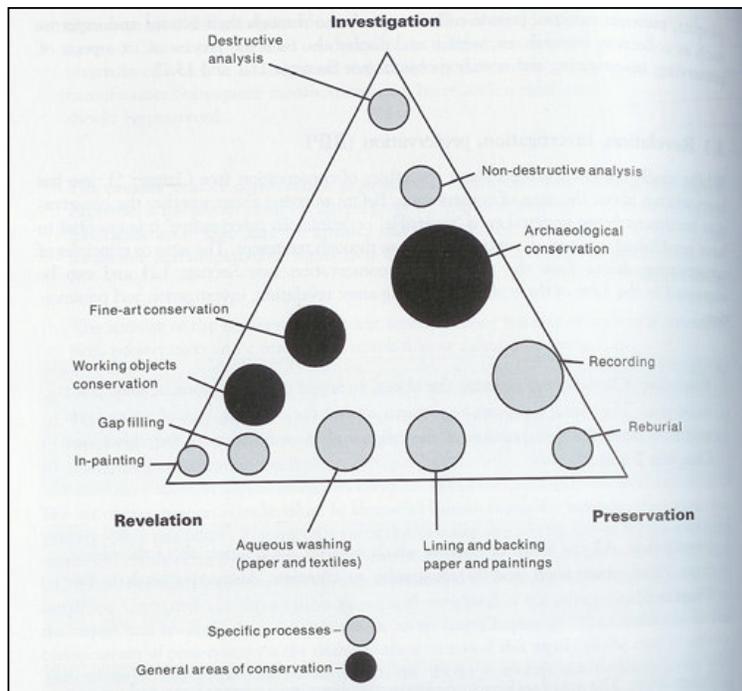


Fig.1 Diagramme « RIP balance », selon Chris CAPLE, 2000.

Quoi qu'il en soit de différents points de vue, l'appui sur les textes peut nous donner des informations divergentes : dans l'article 5 du code de déontologie d'ECCO²⁵ « le conservateur-restaurateur doit respecter [...] l'intégrité physique des biens culturels qui lui sont confiés », ce qui peut prêter à la critique dans le cas où nous admettons une remise en fonctionnement. Par contre, la Charte de Venise énonce que « La conservation des monuments est toujours favorisée par l'affectation de ceux-ci à une fonction utile à la société : une telle affectation est souhaitable, mais elle ne peut altérer l'ordonnance ou le décor des édifices. [...] ». Le problème restant, pour la Charte de Venise, qu'elle s'inscrit dans la conservation des monuments, donc de l'immobilier, alors que notre réflexion se porte sur du patrimoine mobilier.

A ce propos, il est intéressant de consulter à titre indicatif l'article 5 al. 1 de la Charte de Nizhny Tagil²⁶ qui est en consultation auprès de l'ICOMOS depuis 2003 et qui concerne le patrimoine industriel : « La conservation du patrimoine industriel dépend de la préservation de l'intégrité fonctionnelle du site, et les interventions sur un site industriel devraient viser à maintenir cette intégrité autant que possible. La valeur et l'authenticité d'un site industriel peuvent être fortement réduits si les machines sont retirées ou si des éléments secondaires faisant partie de l'ensemble sont détruits. »

Si nous considérons l'Observatoire de Besançon sous sa forme historique de producteur industriel de l'Heure, nous serions, avec ce projet de mise en conservation d'un chronographe Gautier, en plein cœur du discours de la Charte de Nizhny Tagil.

Ces différentes considérations m'ont amené à choisir de garder le terme « mise en conservation » pour le titre de ce document, bien qu'il n'était envisagé au début du projet que pour désigner une intervention préventive. Je comprends ici ce terme dans une acception globale, qui révèle que mettre un objet technique en conservation peut nécessiter des traitements curatifs allant jusqu'à la remise en fonctionnement. Cette mesure permet d'éviter le renoncement à toute forme d'intervention de conservation et donc participe de manière générale à la conservation de l'objet.

Il peut être utile encore de pointer ici le doigt sur deux autres aspects de la réalisation du projet de mise en conservation du chronographe Gautier ayant suscité une réflexion éthique, qui a pu dans certains cas être réglée par le texte, dans d'autres cas non. Il s'agit de l'attitude devant un objet modifié intentionnellement et du contenu ou l'étendue de la recherche historique préalable.

²⁵ E.C.C.O., Lignes de conduites professionnel, ECCO, 1993

²⁶ TICCIH, Charte de Nizhny Tagil pour le patrimoine industriel, TICCIH, 2003

Premièrement, ainsi que l'a suggéré l'étude préliminaire sur l'objet (et ce qui va se confirmer par la recherche historique), le chronographe Gautier est un objet qui a été profondément modifié. Cette donnée suscite un questionnement très typique de la part de partenaires qui ne sont pas sensibilisés dans le domaine des biens culturels : ne devrait-on pas « restaurer » l'objet techniquement et esthétiquement, pour qu'il soit conforme à sa version d'origine ? Ici encore, le dialogue est important, mais il ne découle pas de l'interprétation personnelle de l'extension au domaine des objets techniques de l'éthique générale de la conservation-restauration. Le conservateur-restaurateur peut très clairement s'appuyer ici sur l'article 11 de la Charte de Venise : « Les apports valables de toutes les époques à l'édification d'un monument doivent être respectés, l'unité de style n'étant pas un but à atteindre au cours d'une restauration. [...] ». La suite de l'article prévoit le comportement à avoir dans les cas exceptionnels où le dégagement d'états sous-jacents est particulièrement intéressant. Le cas du chronographe Gautier est tout à fait représentatif de l'intérêt qu'il y a de conserver toutes les « couches » d'histoire accumulées sur un objet, car il démontre par sa constitution l'importance de grands tournants technologiques du XXe siècle, par exemple l'adoption des oscillateurs à diapason, puis à quartz, comme base de temps dans les horloges directrices telles qu'on en a d'abord trouvé dans les observatoires. De plus, on peut constater en consultant la base de données Palissy²⁷ (résultant de l'Inventaire général) que parmi les quelques chronographes Gautier qui ont été conservés dans d'autres observatoires de France, on en trouve au moins un qui soit visiblement dans un état non modifié, celui de l'Observatoire de Nice. Le rôle culturel de l'Inventaire général est ici parfaitement illustré : il permet de mettre en relation des objets semblables et de les comparer.

Deuxièmement, quelle ampleur la recherche historique doit-elle avoir ? Toutes les sources en matière de conservation-restauration insistent sur le fait que l'action de restaurer doit être dûment documentée. Nous avons appris, durant notre formation en conservation-restauration, que la documentation recouvre non seulement les interventions mais aussi la description de l'objet. Pourtant, il pourrait suffire aux conservateurs-restaurateurs de reconnaître les matériaux constitutifs d'un objet et leurs altérations pour traiter ces matériaux. Je me rappelle avoir entendu à plusieurs reprises répéter qu'un des « pièges » des objets techniques est qu'on les aborde par leur fonctionnement, au détriment de leur constitution matérielle qui est pourtant le véritable lieu des altérations. Cela ne fait aucun doute, mais la classification des altérations entre les causes naturelles anthropiques (provoquées par l'utilisation) et accidentelles ne peut se faire que par une bonne compréhension de l'utilisation de l'objet. Dans le cas des objets techniques, il se trouve fort

²⁷ Disponibilité et accès : <http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/patrimoine/>

peu d'archéologues spécialistes de l'objet technique disponibles pour donner une interprétation de cette utilisation en amont du conservateur-restaurateur. Nous tentons alors de contourner l'obstacle par la recherche historique sur des objets où très souvent les données sont incomplètes, d'accès difficile, voire inexistantes. Nous sommes est fréquemment confrontés à de véritables « trous de mémoire » pour les objets techniques du XXe siècle. Le problème se pose alors pour le conservateur-restaurateur de rassembler les informations utiles sans que cette recherche consomme une grande partie des ressources en temps qui sont nécessaires pour accomplir sa tâche. Ce besoin m'amène à considérer que la collaboration avec les historiens actifs dans le domaine des sciences et des techniques peut devenir pour nous fondamentale et qu'il serait intéressant d'explorer les modalités de cet échange dans une recherche plus approfondie. Car échange il y a : le constat d'état en conservation-restauration peut devenir une source précieuse d'information historique qui se formule sous forme d'hypothèses lors de la « lecture de traces » que l'on peut faire de certaines altérations. Ceci n'est pas une fin en soi, mais peut contribuer à orienter la recherche historique de façon différente, d'introduire de nouveaux critères de recherche ou de confirmer par constatation sur l'objet des données historiques manquant de précision.

3 Intervention sur un chronographe imprimant Gautier de 1905

3.1 Introduction à cette partie

Le lecteur trouvera dans ce corps principal du mémoire les réflexions, les considérations méthodologiques et les conclusions qui ressortent des faits qui concernent la réalisation pratique du mandat sur le chronographe Gautier. Les données factuelles de ce travail sont quant à elles consignées dans le dossier de traitement qui a été versé en annexe I. C'est donc sous forme de synthèse que les informations nécessaires à la compréhension de notre recherche seront évoquées dans le présent texte.

3.2 Documentation préalable du chronographe Gautier de l'Observatoire de Besançon

3.2.1 Considérations méthodologiques concernant la documentation d'un objet technique

Le terme d' « objet technique » apparaissant dans le titre ci-dessus n'est pas d'une précision telle que l'on sache d'emblée de quoi l'on parle, car tous les objets réalisés de la main de l'homme sont représentatifs d'une technique de fabrication. C'est pourtant sous cette appellation générique que sont désignés en langage courant les objets qui renferment des systèmes mécaniques, électriques, pneumatiques, hydrauliques, thermiques, chimiques ou optiques, qui témoignent d'une combinaison plus ou moins complexe de connaissances mises en œuvre principalement depuis la Révolution industrielle en Europe, soit dès le milieu du XVIIIe siècle. On pourrait préférer le terme d' « objets industriels » à celui d'objets techniques, mais il faudrait alors accepter qu'il s'agisse uniquement d'une appellation de l'époque historique de leur fabrication et non d'une désignation de la méthode de construction de ces objets ou de leur vocation. En effet, il n'est pas rare que des objets techniques aient été réalisés artisanalement ou pour réaliser des tâches pour lesquelles la notion de production sérielle et d'interchangeabilité du produit est étrangère. Dans le sens de cette acception de l'objet technique, j'inclus les instruments scientifiques dans cette catégorie générale d'objets, qui présentent les mêmes caractéristiques de documentation et d'intervention.

Donc dans le sens commun, un objet technique est un objet renfermant un système physique ou chimique d'une complexité variable, ce qui peut demander des compétences particulières pour aborder sa mise en conservation. Ceci implique de combiner deux visions

de l'objet, soit la vision purement conservatrice qui tend à considérer particulièrement les matériaux constitutifs de sorte à circonvenir à leur dégradation, et la vision technique qui permet :

D'établir une documentation appropriée de l'objet

D'utiliser une méthode d'approche permettant d'aborder la complexité du système à traiter sans prendre de risque quant à l'intégrité de l'objet

D'appréhender la reconnaissance des traces présentes sur l'objet de manière fine, connaissant les techniques de fabrication de l'objet, son utilisation, les dégradations propres causées par l'usure ou le vieillissement des systèmes

De se prononcer sur le risque de dégradation que fait peser une demande régulièrement formulée dans le cas des objets techniques : la remise en fonctionnement.

Pour exercer cette vision, le conservateur-restaurateur d'objets scientifiques techniques et horlogers peut compter sur deux ressources : sa propre culture technique et l'information qu'il parvient à réunir. Il existe une interdépendance entre ces deux sources et elle est évidente en ce qui concerne l'apport des informations « extérieures » qui se versent à la connaissance du praticien. Dans le sens inverse, la connaissance théorique et pratique des techniques, la culture technique du praticien, lui permet de progresser dans ses recherches de façon ciblée, de trier l'information reçue et d'en souligner les éléments marquants.

Cette forme de culture, qui permet de porter un regard technique sur un objet, ne doit pourtant pas supplanter ou éclipser la vision conservatrice de l'objet. Elle doit lui être subordonnée de façon constructive puisque c'est la vision conservatrice qui garantit finalement l'objectif de conservation de l'objet. Les informations récoltées lors de la recherche historique et technologique sont nécessaires au constat d'état de l'objet, car à ce moment-là le conservateur-restaurateur se trouve devant des interrogations sur la nature de certaines altérations, spécialement les altérations anthropiques provenant de la modification d'un objet. Il ne s'agit pas de se substituer à l'historien, qui possède de meilleures méthodes de recherche et d'analyse comparée des données. Dans un projet tel que le nôtre, une collaboration entre les deux professions m'aurait probablement permis de gagner un temps précieux, ce qui s'est d'ailleurs illustré lorsque Cécile AGUILLAUME, historienne préparant une thèse en histoire dans le cadre de l'Observatoire de Besançon, m'a indiqué un ouvrage

technique de la période de 1950²⁸ qui a été la première pierre de l'enquête sur le fonctionnement du chronographe Gautier.

Dans notre cas, la recherche historique poursuivait deux buts : le premier a été énoncé plus haut, le second est en rapport avec la remise en fonctionnement. En effet, ni moi ni personne de l'Observatoire ne pouvait déterminer sous quelles caractéristiques de courant et de tension les moteurs électriques du chronographe Gautier modifié devaient fonctionner. Il convenait donc de préciser ce point d'abord par la recherche historique puis éventuellement par des tests d'alimentation sur les moteurs.

3.2.2 Historique de l'objet

Ne pouvant donc déterminer simplement l'époque et les caractéristiques de la modification de l'appareil, j'ai recherché autant que possible les références historiques au chronographe Gautier depuis ses débuts. Cette information paraissait intéressante à fournir à l'Observatoire dans le cadre de la documentation de ses objets historiques. La version détaillée de cette recherche se trouve en annexe I, dans la description de l'objet²⁹ précédant le constat d'état. En voici une version synthétisée :

Le chronographe imprimant Gautier est un instrument scientifique dont la fonction est de permettre d'imprimer sur une bande de papier l'heure exacte d'un événement. Cette fonction est importante lorsqu'il s'agit, par exemple, d'enregistrer le moment de passage d'un astre dans le plan méridien. Ce type d'appareil a donc été étroitement lié entre 1905 et 1962 environ (estimation personnelle), à l'utilisation de la lunette méridienne ou éventuellement d'un autre instrument optique de l'Observatoire de Besançon.

Dans sa version originale de 1905, cet appareil était constitué d'un **mouvement d'horlogerie mécanique** mû par un poids, accouplé à un **système d'impression** formé par trois roues graduées de chiffres en relief et tournant respectivement au rythme de la seconde, de la minute et de l'heure. Défilant sous ces trois roues, une bande de papier au carbone produisait l'impression de l'heure sur une bande de papier blanc chaque fois que les « marteaux » d'un **dispositif de frappe** étaient actionnés. Ce dispositif de frappe était mû par l'action brusque d'un électro-aimant commandé par l'astronome qui observait un phénomène et souhaitait en enregistrer l'heure, par exemple lors d'observations méridiennes. Lors de ces observations, l'astronome pointait la lunette dans une position angulaire déterminée avant le moment prévu dans les tables éphémérides pour le passage d'un astre au méridien. Lorsque l'astre entrait dans le champ de vision de la lunette,

²⁸ Granier J. *Mesures des petits intervalles de temps*, Ed. Edouard Privat, Toulouse, 1940.

²⁹ Voir annexe I, p.7, Description de l'objet.

l'astronome pouvait enregistrer le moment de ce passage sur une bande de papier à l'aide du chronographe imprimant.

De plus, pour garantir la précision de l'heure donnée par cet appareil, il était muni d'un système de **remise à l'heure automatique** commandé par un signal électrique très court, envoyé à **chaque seconde** sur une ligne télégraphique depuis une pendule directrice mécanique électrifiée. Cette dernière, située dans un premier temps dans la bibliothèque de l'Observatoire, fut ensuite placée dans un puits sous la bibliothèque, à température et pression constantes de manière à améliorer sa régularité de marche³⁰.

La précision de mesure du chronographe Gautier se situait aux environs de **0,02 à 0,03 secondes**, ce qui représentait, en 1905, un net progrès par rapport à la méthode dite « de l'œil et de l'oreille » où l'observateur d'un phénomène devait mémoriser la seconde qu'il entendait par le tic tac d'une l'horloge et en estimer le dixième de seconde au moment où il observait ledit phénomène.

En 1905, il n'y avait pas de réseau électrique collectif, les électro-aimants et la ligne télégraphique étaient donc alimentés par des piles ou des accumulateurs. Cela explique aussi pourquoi il était plus rentable que l'entraînement du mouvement d'horlogerie ait été effectué par la descente d'un poids de plus de 100kg dans le sous-sol du bâtiment méridien. S'il ne subsiste pas de traces évidentes de la descente du poids dans le bâtiment méridien, on dans la cave de ce bâtiment un chargeur de batteries ainsi que l'armoire ventilée où les batterie étaient déposées pendant la charge. Sur le mur figure même une inscription qui prend désormais tout son sens : « Batteries chronographes, Hydro VL 208 20V, Courant de charge $I = 6A$ »

Bien plus tard, **en 1952**, l'augmentation de la précision requise pour les observations ne permettait plus de continuer d'utiliser le chronographe Gautier dans sa version d'origine, tandis que l'électricité et l'électronique avaient fait beaucoup de progrès. L'Observatoire possédait en outre une horloge directrice Belin à quartz³¹ délivrant un signal électrique de haute fréquence. Il fut décidé de **modifier le chronographe** Gautier en l'entraînant désormais au moyen d'un **moteur électrique synchrone**, directement commandé par le signal de l'horloge directrice, à la fréquence de 1000 Hz (soit un courant alternatif de 1000 cycles par seconde). C'est probablement à cette occasion que le chronographe a perdu son cabinet d'origine en bois pour recevoir un habillage en tôle d'acier, peut-être à cause de

³⁰ Deux des quatre horloges à pression constante sont visibles au Musée du Temps de Besançon, les deux restantes sont toujours en place dans le puits.

³¹ L'horloge directrice à quartz Belin de l'Observatoire est également exposée de façon permanente au Musée du Temps de Besançon.

l'installation d'un système de régulation thermique qui utilisait une ampoule pour chauffer l'appareil à température constante.

3.2.3 Comparaison entre l'état originel présumé de l'objet et la description de l'objet actuel

Pour pouvoir établir un constat d'état fondé sur l'évolution d'un objet par ses altérations, le conservateur-restaurateur peut se fabriquer une « image virtuelle » de l'objet non-dégradé, qu'il peut ensuite comparer avec l'objet qu'il a sous les yeux. Cependant, aussi vrai qu'il est impossible de restituer l'état originel d'un objet, il est impossible de s'en faire une image parfaitement fidèle. Il s'agit là d'une interprétation constituée sur la base de données historiques et de l'image produite en remontant des effets des altérations à leurs causes scientifiquement avérées par l'expérience acquise en conservation-restauration sur les matériaux de tout genre. C'est précisément par la démarche du diagnostic, qui vise à expliquer les causes des altérations que l'on peut aussi tenter de décrypter les traces d'utilisation et de modification pour en faire une synthèse. Cette synthèse, appelons-la « lecture de traces ». On y trouve soit la confirmation des informations historiques recueillies, soit des divergences qui peuvent être utiles pour compléter la documentation historique de façon plus précise. C'est par ce biais-là que le conservateur-restaurateur peut éventuellement restituer une information à l'historien. Une démarche de type archéologique, en quelque sorte.

3.3 Interventions sur l'objet

3.3.1 Considérations méthodologiques concernant l'intervention sur un objet technique

L'intervention sur un objet technique ne diffère pas, sur le fond méthodologique, de celles menées dans d'autres catégories d'objets. On constitue progressivement une documentation de la forme « constat d'état – diagnostic - proposition de traitement - rapport de traitement » comprenant toutes les informations écrites et les photographies avant et après traitement, pendant aussi si le traitement présente des risques ou implique une progression de l'état de l'objet dans le temps. Cependant quelques adaptations sont nécessaires pour pouvoir prendre en charge un grand nombre de composants qui sont parfois très composites dans leurs matériaux, ce qui peut impliquer une multiplication des problématiques sur un seul objet.

Loin de chercher à réglementer l'approche sur les objets techniques, j'aimerais évoquer plus précisément ce problème de méthode dont on n'entend pas beaucoup parler dans les rapports de conservation-restauration. Je trouve donc ici l'occasion de soumettre quelques

propositions à la discussion ou la critique de mes collègues. Je constate que la problématique de la grande quantité de composants s'illustre en particulier lors des opérations suivantes :

Photographies : pour s'assurer qu'aucune photographie n'a été oubliée, principalement celles avant traitement et celles après, il peut être utiles de faire une liste des prises de vue avant et après à effectuer et marquer celles qui ont été faites. Pour être sûr que celles-ci sont utilisables, il faut les visualiser sur un écran avant de les déclarer bonnes et les enregistrer sur un support de données. Si j'en parle ici, c'est malheureusement parce que je ne l'ai pas fait et que je me suis aperçu trop tard que des images manquaient ou étaient floues. Il faut considérer qu'une intervention comme celle sur le chronographe Gautier peut engendrer la prise de plus de trois cent images. D'autre part, des plans généraux de l'objet ne suffisent pas, même s'ils sont exécutés avec une excellente définition. Il est très utile de multiplier les angles de vue et les détails, qui ont été nécessaires dans notre cas lors de l'analyse du système électrique (effectuée après le démontage pour une raison de calendrier) et du remontage.

Démontage : la nature même de la conception des mécanismes fait qu'il s'agit d'une arborescence. Un objet, constitué d'organes, lui-même constitué de composants qui peuvent comporter plusieurs pièces et ainsi de suite. Il ne suffit pas toujours de savoir quel composant va où. Il peut être nécessaire de connaître son orientation, son jeu par rapport à un autre élément, son ordre de montage (conjointement ou successivement à un autre composant). Connaître la fonction d'un composant dans l'ensemble est intéressant, mais connaître les conditions de son fonctionnement peut éviter de commettre certaines erreurs comme perdre une position ou une orientation précises. Si l'on ne tient pas compte de cela, il faut être conscient que l'on introduit une information erronée et non originale sur l'objet. Vouloir tenir à jour une liste de démontage précise est très fastidieux et peut-être inutile sur un organe simple. Dans ce cas, la photographie donne de bons résultats : des images de détail permettent de repérer la plupart des orientations. La succession de démontage peut quant à elle être présentée sur des plans d'ensemble « éclatés » où les composants sont disposés séparément les uns des autres mais visuellement dans la suite du démontage. Pour les ensembles très compliqués, on peut imaginer une numérotation, ce que je n'ai pas jugé nécessaire dans le cas du chronographe Gautier.

Traitements : il arrive que pour des raisons de calendrier ou de mesures de rationalisation du travail que certains traitements soient effectués en parallèle ou simultanément. Il devient difficile de se rappeler ce qui a déjà été fait sur tel ou tel composant et ce qu'il reste à faire.

Le cas ressemble à celui qui concerne les photographies et il peut être réglé de la même façon : en tenant à jour une liste des composants comportant les opérations à réaliser.

Ces trois points forment une documentation de travail qui présente assez peu d'intérêt dans un dossier de traitement, car ces problématiques ne sont pas des problématiques de conservation.

3.3.2 Synthèse et commentaire du constat d'état

Le constat d'état du chronographe Gautier a été effectué en plusieurs phases. Les altérations décelables sans connaissances techniques ou historiques ont été observées dès le début du projet, approximativement d'abord dans l'étude préliminaire puis, de façon précise lors du démontage de l'appareil qui a été réalisé chez Olivier MOREL, à Paris.

La procédure a été la suivante :

Photographies d'ensemble et détails avant traitement,

Ouverture de l'appareil,

Dépose des organes principaux et photos de démontage successives,

Examen des surfaces des composants,

Conditionnement des organes essuyés mais non démontés dans des sachets en polyéthylène soigneusement fermés.

En synthèse, le constat d'état a mis en évidence les problématiques de conservation suivantes :

Poussières et salissures

Etant donné le temps que l'objet a passé sans entretien dans une cave, que l'on peut estimer à une quarantaine d'années, une quantité de poussière importante s'est déposée sur et dans l'appareil. Pour les besoins de l'examen des surfaces, la poussière a été retirée (après les premières photographies) sur chaque pièce au cours du démontage pour éviter de

la transporter par la suite dans la zone de traitement propre qui du être aménagée à Besançon dans le bâtiment méridien pour la suite des traitements³².

Les salissures sont de trois natures : des auréoles de poussière agglutinée sur les surfaces externes de l'appareil, des taches d'encre sur le couvercle et des taches de suie sous ce couvercle.

Corrosions sur les métaux ferreux

Le stockage dans un climat humide a conduit à ce que des corrosions se développent sur les surfaces des métaux ferreux non recouvertes par des couches de peinture. Il s'agit principalement de zones de lacunes dans la peinture du bâti en fonte, du couvercle ou des noyaux de bobinages qui sont généralement fabriqués en fer. Pour autant, ces surfaces n'ont pas été fortement dégradées par des corrosions sévères du genre des corrosions perforantes ou par piqûres. Il ne s'agit là que de corrosions superficielles recouvertes de produits de corrosion brunâtres sur une faible épaisseur.

Corrosions sur les métaux cuivreux

Sur la plupart des surfaces des métaux cuivreux il s'agit d'une oxydation très superficielle de la surface du type des « patines ». Cependant, cette oxydation très légère a été difficile à appréhender sur les composants en laiton qui ne sont pas des engrenages (les platines, les éléments du support de minuterie et le pont de correcteur différentiel), car l'état de ces surfaces présente une rugosité uniforme qui aurait pu laisser penser qu'il s'agisse d'un traitement de surface par procédé d'oxydation.

Les platines devant et particulièrement de derrière portent des marques de corrosion en forme très reconnaissable d'empreintes digitales. Sur ces zones-là, une corrosion particulière s'est développée, de couleur blanche sur le contour des doigts, plus brunâtre sur le centre. L'emplacement correspond à la position des mains nécessaire à adopter lorsqu'une seule personne porte l'appareil.

D'autres pièces fonctionnelles telles que les roues d'impression de la minuterie sont apparemment en métaux cuivreux (bronze ou laiton), et sont recouvertes par un revêtement

³² Voir sous point 4.1.2

galvanique d'un métal gris clair et brillant, qui n'est pas mentionné dans la littérature sur le chronographe Gautier.

Dégradation des lubrifiants

Les lubrifiants qui couvrent les zones de friction des mécanismes sont en général encore sous forme liquide. Ceux qui ont stagné sur les surfaces des métaux cuivreux tendent à devenir très visqueux puis à se solidifier tout en produisant une forme particulière d'oxydation en rapport avec le changement d'état de ces lubrifiants.

Traces de modifications de l'objet

Cette partie du constat d'état s'est constituée à mesure que les informations historiques ont été récoltées. Il n'était pas possible dans un premier temps de déterminer visuellement toutes les traces appartenant ou non à la modification. L'intérêt de cette démarche est de pouvoir révéler l'intérêt historique de l'objet, ce qui lui assure un certain intérêt de la part de son propriétaire lors de sa mise en conservation, mais aussi de fournir les informations de base nécessaires à la remise en fonctionnement. Lors du démontage à Paris, quelques notes sur l'anachronisme de certains composants comme les moteurs électriques, les fils conducteurs ou les orifices inoccupés ont été relevées et un schéma du câblage de l'appareil également.

Etablir le constat d'état d'un objet se fait théoriquement sans qu'aucune intervention préalable de la part du conservateur-restaurateur puisse modifier l'apparence de cet état. C'est donc une démarche essentiellement visuelle, qui peut nécessiter de saisir l'objet, le retourner, le regarder sous une loupe binoculaire, de sorte à observer toutes les altérations remarquables. Dans le cadre d'un rapport commercial, c'est sur la base du diagnostic découlant du constat d'état que peut se faire le devis pour une éventuelle intervention. Pour un objet technique, instrument scientifique ou autre, il est plus difficile de se prononcer sur la base d'une observation des surfaces visibles à l'extérieur de l'objet, car la plupart des composants d'un tel objet se trouvent très souvent dans un contenant et sont solidarités de sorte qu'il est impossible de se faire idée de leur état sans un démontage préalable. La question de savoir ce qui est autorisé (éthiquement) de faire dans ce cas mérite peut-être d'être discuté, car il n'y a pas de recommandations « officielles » dans ce sens, du moins à ma connaissance, sinon le fait de ne rien toucher et rien modifier de l'objet.

Lors d'une étude préalable, comme cela a été le cas pour le chronographe Gautier, il est intéressant de pouvoir estimer le besoin en conservation de l'objet. De quels types de compétences aura-t-on besoin pour réaliser quel genre d'intervention est la question à résoudre, ne fut-ce que par estimation. Or déjà à ce moment-là, il faudrait avoir accès à l'intérieur de l'objet, même sans démonter, à proprement parler, des composants. Je pense que, dans cette situation, il serait souhaitable de s'autoriser à ouvrir les carénages, couvercles, trappes qui sont des éléments aisément démontables pour des raisons d'entretien. L'opération doit déjà être minutieuse, par exemple pour éviter d'intervertir des vis de fixation, et quoi qu'il en soit devrait être précédée de photographies. Bien sûr le port de gants est indispensable. On doit par contre éviter absolument, à mon avis, de vouloir faire fonctionner des parties de mécanisme, comme on le voit souvent faire par les personnes étrangères au domaine. Ceci peut avoir des conséquences graves étant donné la présence de poussières qui peuvent s'insérer dans les moindres recoins des mécanismes. Cette remarque vaut d'ailleurs aussi pour les mécanismes fonctionnels qui ont été traités mais sont restés longtemps en réserve. Cette action pourrait s'appeler « ouverture de l'appareil ».

Constater visuellement l'état d'un mécanisme est chose possible. Constater l'état fonctionnel d'un appareil électrique demande par contre de le mettre sous tension pour observer son comportement. Ceci dépasse largement ce qui est admissible dans un constat d'état car des dégradations peuvent résulter de cette action. Il s'agit en fait d'un test potentiellement destructif de même nature que prélever un échantillon de matériel pour le soumettre à une analyse destructive. Si cette analyse n'est pas nécessaire, elle sera évitée. Si elle est nécessaire, elle sera restreinte au minimum. Ceci vaut aussi pour les tests de fonctionnement. Ces tests sont donc à inclure dans la démarche du diagnostic et non du constat d'état.

3.3.3 Diagnostic

Le diagnostic en conservation-restauration vise à établir les causes des altérations qui ont été relevées lors du constat d'état. Sa fonction est de répondre à la question de savoir ce qu'il s'est passé sur l'objet pour qu'il en arrive à être altéré et ce qu'il risque de se produire si ce processus de dégradations continue. C'est donc sur la base du diagnostic que l'on décidera de traiter ou non telle ou telle altération. C'est aussi dans cette partie que les tests et les analyses sont discutés, puisqu'il s permettent d'identifier les processus d'altération. Concernant le chronographe Gautier, les altérations principales sont de quatre ordres :

poussières et salissures, corrosion sur les métaux ferreux et cuivreux, dégradation des lubrifiants et traces de modification de l'objet. Dans cette dernière catégorie, j'ai placé les tests nécessaires à la remise en fonctionnement de l'objet. Implicitement, cela signifie que je considère la remise en fonctionnement comme un traitement, ce qui est discutable. J'avancerai deux remarques : premièrement, il s'agit d'une tâche du conservateur-restaurateur qui a des implications sur les traitements et s'intègre dans la procédure « normale » de traitement. Deuxièmement, la remise en fonctionnement assure une visibilité à l'objet qui concourt à sa conservation en le sortant de l'oubli. C'est un pis-aller, peut-être, mais le cas est fréquent dans le domaine de l'objet technique.

Poussières et salissures

La plupart des poussières ne présentent pas un intérêt dans le cadre du diagnostic, il s'agit de dépôts de particules accumulés pendant le stockage. Cependant, leur présence affecte gravement les mécanismes, de deux manières : par coincement dans le jeu entre les pièces ajustées ensemble, et par abrasion lorsque les poussières se dispersent dans le lubrifiant.

Il faut être conscient, d'autant plus dans un contexte « hors musée » où les objets ne sont pas surveillés, que même lorsqu'un mécanisme est déclaré statique il reste souvent susceptible d'être mis en mouvement soit par inadvertance, soit délibérément par des personnes curieuses d'éprouver le mouvement du mécanisme.

Les salissures qui sont des coulées d'eau dans lesquelles des poussières se sont agglutinées ne présentent pas non plus un intérêt historique important. En revanche, les taches d'encre trouvées sur la face supérieure du couvercle de l'appareil sont des traces d'utilisation. Les taches d'échauffement situées sur la face intérieure de ce même couvercle sont situées juste au-dessus d'une douille d'ampoule électrique (sans ampoule) déposée au fond du chronographe. Il s'agit peut-être des ultimes traces attestant de l'utilisation de cette ampoule.

Corrosions sur les métaux ferreux ou cuivreux et lacunes de peinture

Les phénomènes de corrosion sur les métaux, qu'ils soient ferreux ou autres, sont des réactions électrochimiques résultant de la différence de potentiel électrochimique entre des zones plus et moins électronégatives. Cela peut se produire dans le métal même ou lorsque ce métal est en contact avec un autre métal. Le contact électrochimique est causé par la présence d'un électrolyte, en général de l'eau contenant divers ions provenant du milieu

ambiant. Il se produit alors une oxydation du métal et une réduction des ions solubilisés dans l'électrolyte, qui finissent par créer des sels. Ces sels sont les produits de corrosion que l'on remarque sur la surface des métaux attaqués.

Les produits de corrosion sont hygroscopiques, c'est-à-dire qu'ils emmagasinent une certaine quantité d'eau trouvée dans l'humidité de l'air ambiant. La présence d'eau dans ces sels peut alors initier d'autres réactions électrochimiques d'oxydation et de réduction et les réactions de corrosion se propagent ainsi en phases successives depuis la surface du métal.

Les polluants entrant dans la composition de l'électrolyte sous forme de particules ou de gaz présents dans l'atmosphère de l'endroit où se déroule la réaction influence le cours de celle-ci. Dans le cas des empreintes digitales c'est particulièrement évident, puisque la corrosion est très localisée à la forme des doigts qui se sont posés sur la surface métallique.

Sur les autres surfaces cela est moins évident, les corrosions sont apparues là où le métal est à l'air libre. Les zones de lacunes de peinture en sont des exemples. Là où la peinture manque, la corrosion a débuté. Les lacunes de peinture ont visiblement été causées par des chocs ou des abrasions car elle sont situées sur les parties les plus exposées dans le courant de l'utilisation, par exemple les coins et les arêtes du bâti en fonte.

Dégradation des lubrifiants

Les lubrifiants altérés que l'on rencontre plus fréquemment sur les mécanismes de type horloger que sur d'autres types, sont le résultat du choix de lubrifiants qui conviennent à la lubrification en « régime onctueux ». Selon la courbe de Stribeck³³, où le coefficient de frottement entre les mobiles est fonction de la vitesse et de la pression, les conditions de lubrification entre deux mobiles peuvent être de trois ordres : le régime onctueux, le régime hydrodynamique et le régime hydrostatique. Le régime onctueux est celui où la vitesse relative entre les mobiles est la plus faible, comprise entre 1 et 10 mm/s, mais où il faut aussi prendre en compte l'arrêt des mobiles qui provoque l'écrasement du film d'huile. Les mécanismes de type horloger, et en cela les mécanismes des instruments scientifiques leurs sont très parents, n'ont pas de systèmes de graissage qui assure la lubrification renouvelée des composants. Il faut donc que le lubrifiant déposé au montage ou lors de l'entretien « tienne en place ». La « tenue » d'une huile horlogère n'est pas chose facile à réaliser car il faut que l'huile ait une bonne affinité avec la surface métallique, ce qui s'exprime en termes

³³ Reymondin C.-A., Monnier G., Jeanneret D. et Pelaratti U. *Théorie d'horlogerie*, Fédération des écoles techniques de Suisse, Lausanne, 1998

de tension superficielle du liquide. Les huiles minérales ont une tension superficielle basse qui fait qu'elles s'étalent sur la plupart des surfaces, donc ne tiennent pas en place. Les huiles animale ou végétales ont une meilleure tenue du fait que les molécules qu'elles contiennent sont polaires. Il y a donc interaction moléculaire entre la surface métallique et les molécules triglycérides de l'huile. Ces triglycérides sont composés de glycérine et d'acides gras. Ce sont des esters naturels qui sont d'une part, sensibles à l'hydrolyse, d'autre part contiennent des acides gras insaturés qui sont susceptibles de former des liaisons lors de l'ouverture des doubles liaisons sur les chaînes de carbone qui les composent. Si plusieurs molécules se lient ensuite entre-elles par ces liaisons ouvertes, on assiste à la création d'un réseau de molécules qui tend à devenir solide à mesure que le phénomène progresse. On appelle ce processus la « réticulation ». Certains oxydes métalliques sont même des catalyseurs de cette réaction, c'est pourquoi ils sont parfois utilisés dans certaines peintures à l'huile où ce phénomène est recherché³⁴. Dans le cas des lubrifiants, le film d'huile plus ou moins solidifié n'entraîne que des inconvénients : les mobiles finissent par coller entre eux au lieu de glisser et il faut toujours plus de force pour effectuer le mouvement. Quant à l'hydrolyse de la molécule triglycéride, le résultat est que les acides gras, dont la tête est polarisée négativement, se lient facilement avec certains ions métalliques comme ceux du cuivre, par exemple. Il s'agit donc d'une oxydation du métal, qui produit un composé organo-métallique verdâtre. Sur le chronographe Gautier, on constate une telle altération sur tous les mobiles lubrifiés.

Traces de modifications de l'objet

Les traces de modifications sur le chronographe Gautier sont de trois sortes : les composants retirés ayant laissé des logements ou des orifices inoccupés, les composants adjoints, les composants échangés et les surfaces modifiées.

Les orifices inoccupés le sont parce que des éléments du système d'entraînement mécanique décrit par Boquet (1909), ont été retirés pour faire place aux composants électriques installés lors de l'électrification de l'appareil.

Les composants adjoints sont les deux moteurs électriques, le système de contrôle stroboscopique, la barrette de connexion, le câblage électrique. Les sources historiques nous apprennent que ce type de montage permet de commander la marche du

³⁴ Horie C. V. *Materials for conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings*, 6^e édition 1996, Reed educational and professional publishing Ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 1987.

chronographe par le signal de fréquence 1000 Hz provenant d'une horloge à quartz, via un amplificateur de tension. Ce dispositif permet d'obtenir théoriquement la même précision de l'heure sur le chronographe que sur l'horloge directrice à quartz et ainsi de s'affranchir des imprécisions qui caractérisaient le précédent système de mise à l'heure automatique, activé une fois par seconde seulement. Désormais, c'est mille fois par seconde que la synchronisation a lieu. La précision de l'appareil est donc très fortement augmentée.

Les surfaces modifiées sont la surface de laiton rugueuse et le revêtement galvanique. Les surfaces rugueuses concernent les platines, le support de minuterie et le pont de correcteur différentiel. Une photographie réalisée à l'Institut des traitements de surfaces de Franche-Comté sur un microscope avec un grossissement de 100x montre la rugosité de ces surfaces³⁵. Le fait que cette rugosité n'apparaisse que sur des zones planes et que tous les orifices fonctionnels ne la présentent pas, permet d'envisager avec une bonne probabilité que ces surfaces ont subi un traitement de type « sablage ». En effet, lors d'opérations de ce type, le niveau de la surface « gonfle » légèrement et c'est pourquoi il est d'usage, en mécanique, de protéger les zones d'ajustage ou d'assemblage par des bouchons pour éviter ce phénomène. Cette recherche n'a eu pour objet que de s'assurer qu'il n'y aurait pas un éventuel recouvrement qui serait sensible d'une façon ou d'une autre aux traitements à prévoir sur ces parties.

L'identification du revêtement galvanique a également été confiée à l'Institut des traitements de surfaces de Franche-Comté (ITSFC). Par deux analyses de spectroscopie à fluorescence X effectuées sur une pièce de la minuterie dont la surface est dégagée sur une petite zone de son revêtement galvanique gris clair assez brillant, et laisse apparaître son substrat en métal cuivreux.

Tests effectués dans le cadre de la demande de remise en fonctionnement

Systèmes électriques : la demande de remise en fonctionnement de ce système électrique implique d'effectuer des tests de fonctionnement avant de déclarer l'appareil apte au fonctionnement. Dans le cas du chronographe Gautier, les seules informations disponibles des caractéristiques d'alimentation électrique se trouvent sur la barrette de connexion et sont

³⁵ voir rapport de traitement annexe I, p.47, Diagnostic.

très laconiques. Les tests effectués sur les moteurs et principalement sur le moteur synchrone, dit « roue phonique », ont eu trois objectifs :

Déterminer les valeurs correctes de tension et forme du courant permettant une alimentation adaptée,

Etablir l'aptitude au fonctionnement,

Examiner si ce fonctionnement implique des risques de dégradation sévères, comme par exemple un échauffement des bobinages électriques ou des courts-circuits.

Le moteur asynchrone, testé chez Paul REAL, à Lyon, n'a pas posé de problèmes. Il s'agit d'une construction très résistante et alimentée avec un courant de 110V à 50Hz facile à produire avec un simple transformateur réducteur de tension du réseau. Bien sûr, il faut éviter d'alimenter un composant électrique de ce type à sa tension nominale de façon brusque. On utilise pour cela un transformateur-variateur de tension qui permet d'augmenter très progressivement la tension et de vérifier s'il se produit un échauffement anormal, ou si des vibrations excessives apparaissent.

Le moteur synchrone, en revanche, a été plus difficile à tester. N'ayant aucune indication précise sur ses caractéristiques de courant et de tension de ce moteur, Paul REAL et moi avons commencé par une tension partant de zéro volt, augmentée très progressivement jusque vers 90 V, avec une fréquence de 50 Hz, qui représente une valeur couramment utilisée. Le mouvement s'est produit à raison d'un demi tour par seconde, ce qui indique que pour fournir les 10 tours par secondes nécessaires au fonctionnement correct de la minuterie, il faudrait 1000 Hz. Il n'est pas difficile de produire un signal de 1000 Hz au moyen d'un générateur de fréquence, que l'on trouve dans tout atelier équipé pour l'électronique, mais il est nettement plus difficile de produire ce signal avec des tensions qui dépassent quelques volt. L'essai s'est donc arrêté là à Lyon et a été repris au département Temps-Fréquence de l'Observatoire de Besançon, où un amplificateur capable de fournir jusqu'à 700 V (valeur crête à crête du signal sinusoïdal) et en haute fréquence existe.

Un deuxième test a donc été réalisé à Besançon et a été fructueux. Il a été possible de faire tourner la roue phonique sans échauffement ni vibrations critiques à une fréquence de rotation de 10 tours par secondes avec une tension au maximum de l'amplificateur et une fréquence de 500 Hz. Cette fréquence s'explique par le fait que la roue phonique, par sa constitution, peut éventuellement fonctionner avec un sous multiple de sa fréquence si celui-ci n'en est pas trop éloigné.

En conséquence de ces tests, les deux moteurs ont été déclarés aptes au fonctionnement.

Les électro-aimants ont été testés n'ont pas été testés en fonctionnement, mais on a mesuré la résistance des bobinages en estimant que pourvu que les circuits des bobinages ne soit pas interrompus, ils devraient théoriquement fonctionner. Les trois bobinages ont donné des valeurs de résistance plausibles de $38,6\Omega$ (frappe), 7Ω (débrayage) et $5,6\Omega$ (avance papier).

Systèmes mécaniques : les mécanismes doivent avoir des jeux de fonctionnement adaptés à la fonction de organes qui les constituent. C'est en vérifiant attentivement le fonctionnement de chaque organe que l'on s'aperçoit si celui-ci fonctionne dans de bonnes conditions, sans coincement, sans jeu excessif, sans présenter des surfaces particulièrement usées ou déformées, sans fissures, sans pièces manquantes compromettant le fonctionnement et sans engendrer des vibrations critiques ni d'échauffement anormal. L'organe le plus critique dans ce cas sur le chronographe Gautier est la minuterie, où il faut tenir compte de vitesses plutôt élevées inhabituelles sur les mouvements d'horlogerie, comme pour la roue des centièmes tournant à un tour par secondes. Les moteurs électriques sont aussi des composants mécaniques ayant des vitesses (relativement) élevées et doivent être contrôlés selon ces critères. Les autres organes en mouvement qui ont été contrôlés de la sorte sont : le correcteur différentiel, les galets supérieur et inférieur, le levier de frappe, le levier de débrayage, les guides du papier et le dérouleur de papier.

Pour en revenir au commentaire méthodologique général, on remarque qu'effectuer des tests ou des analyses conduit souvent à envisager la collaboration technique avec d'autres professions, par exemple des chimistes, des biologistes, des ingénieurs... Il m'a souvent été répété pendant la formation en conservation-restauration que ce genre de collaboration est souhaitable et nécessaire, mais qu'elle implique que les demandes soient formulées clairement et que les explications qu'elles engendrent soient précises. Les scientifiques ont en effet pour méthode de travailler selon des protocoles stricts qui permettent d'évaluer la validité des analyses. Il est frappant de constater que ce qui nous semble clair à nous, conservateurs-restaurateurs, peut paraître original voire farfelu aux yeux d'autres professions. Dans notre projet, il est arrivé à deux reprises de devoir nouer de telles collaborations : avec des chimistes pour des analyses de surfaces et des ingénieurs pour les tests de fonctionnement. Dans les deux cas, il m'a semblé que des explications orales aussi claires que possible suffiraient, mais l'expérience a montré que l'on oublie facilement certains aspects parfois fondamentaux lorsqu'il y a beaucoup de composants sur un objet et

de paramètre à gérer dans le projet. Une meilleure solution, dans ce cas, aurait été de formuler des demandes écrites, justifiées précisément et techniquement.

3.3.4 Proposition de traitement

La proposition de traitement sur le chronographe Gautier n'a pas suivi un cours particulièrement rigoureux par exemple en établissant un document écrit, présenté et accepté une bonne fois pour toutes. Etant donné que le traitement englobe toutes les interventions, donc celles intéressant les problématiques de corrosion traitées chez Olivier MOREL à Paris et celles intéressant les problématiques du mécanisme de type horloger, étudiées chez Paul REAL à Lyon, il n'a pas été possible de constituer le constat d'état en une seule fois et par conséquent non plus pour le diagnostic. Pourtant, les traitements sur les parties corrodées ont eu lieu au mois de janvier 2006, tandis que le déplacement chez Paul REAL a eu lieu en mai 2006 (Dans l'intervalle a eu lieu la rectification du mandat³⁶, la recherche historique, l'établissement de l'atelier provisoire à l'Observatoire et le lancement de l'étude climatique).

A vrai dire, les traitements qui ont été proposés, soit par les deux spécialistes consultés soit par moi-même, n'ont pas été directement discutés avec François VERNOTTE, qui a pourtant dans cette affaire le rôle de propriétaire de l'objet. La tenue des objectifs du mandat suffisant à François VERNOTTE, je me suis contenté de lui communiquer les options prises, qui ont de toute façon été discutées avec les deux spécialiste.

N'ayant pas le but de réaliser dans le cadre de ce mémoire une recherche uniquement axée sur les moyens de traitement ou sur les causes physico-chimiques de problématiques choisies à l'avance, j'ai pris la décision de me fier à l'expertise des deux spécialistes quant au choix des produits et des méthodes de traitements. Les choix de traitements ont bien sûr été argumentés, mais pas forcément mis en balance avec tout un éventail de solutions comparables, comme on l'attend en principe d'un étudiant en conservation-restauration.

La raison de cette attitude est à rechercher dans le temps à disposition pour effectuer les deux missions chez les spécialistes, de trois jours effectifs sur place chaque fois, temps du transport non compté. Ces deux missions, pour des raisons de tenue du budget, ne devaient durer qu'une semaine chacune et il aurait été peu réalisable d'introduire une phase de recherche théorique dans un tel laps de temps. Pour suivre le schéma de l'intervention, je

³⁶ Voir annexe II, p.68, Rectification du mandat.

présenterai ici la proposition de traitement dans l'ordre des lieux où les décisions de traitements ont été prises, soit Paris, Lyon et Besançon.

Traitements à effectuer chez Olivier Morel, restaurateur sur métaux, Paris

La dépose des organes étant une action regardant le constat d'état, ainsi que la documentation photographique, j'admets ici qu'elle est réalisée.

Poussières et salissures

Le retrait du plus gros des poussières se fera lors de la dépose des organes de l'appareil, en essuyant avec du papier absorbant, à sec. Ainsi, si des petites pièces jonchent le fond de l'appareil, elle seront remarquées.

Les dépôts gras provenant de lubrifiants sur le bâti en fonte seront nettoyées par le dégraissage de la surface, par un chiffon imbibé d'un solvant. La compatibilité de ce solvant avec la surface doit être établie par un test de solubilité. Ce test donne les résultats suivants :

Tableau 1. Comparatif compatibilité/efficacité solvant/surface

	Compatibilité surface	Efficacité salissures	Efficacité dégraissage
Eau	bonne	bonne	insuffisante
50%Eau - 50%éthanol	Attaque légère de la peinture	bonne	insuffisante
Ethanol	Attaque de la peinture	insuffisante	bonne
White-spirit	bonne	insuffisante	bonne

Le couvercle de l'appareil, qui porte de nombreuses traces de salissures, pourra être nettoyé à l'eau déminéralisée avec quelques gouttes de tensio-actif.

Les éléments des différents organes seront nettoyés lors des bains, pour les mécanismes, par un essuyage au chiffon imbibé de white-spirit pour les pièces des moteurs en métal et simplement dépoussiérées au chiffon ou au pinceau pour les isolations électriques diverses. Les polymères ne seront mouillés d'aucune façon que ce soit et n'en ont pas besoin. Les isolations en papier ou textile non plus.

Corrosions sur les métaux ferreux

Les surfaces corrodées à proximité de couches de peinture seront traitées avec une solution à 5% du produit Bactifer® dans l'eau déminéralisée. Ceci concerne le bâti en fonte, le noyau du stator du moteur asynchrone et une petite zone de lacune corrodée sous le couvercle en tôle. La couleur de la couche peinte autour de ces lacunes étant noir et Bactifer® produisant naturellement une teinte noir après l'application sur les produits de corrosion, on obtient un effet de retouche de peinture sans avoir effectivement retouché.

Bactifer® est un produit commercial dont le principe actif reste mal connu malgré plusieurs recherches auprès de la société EMDEX, à St-Brieuc, France, qui est le fabricant du produit. La consultation de François STRAUB, enseignant de biologie au Lycée Blaise-Cendrars de La Chaux-de-Fonds et de Michel ARAGNO, professeur en microbiologie à l'Université de Neuchâtel n'a pas permis d'éclaircir le sujet. On trouve mention de ce produit dans l'étude réalisée par MM. DEGRIGNY, MOREL, MORVAN, MAIRE et BOUCHARD concernant une la restauration d'une autochenille Citroën à St-Jean d'Angély³⁷. D'après cette étude, Bactifer® est livré en poudre qui se dissout dans l'eau chaude pour réactiver les bactéries ; après trois heures, on peut appliquer la solution aqueuse et de pH neutre sur les parties corrodées. Olivier MOREL me recommande un temps de séchage de 24h.

Bactifer® sera appliqué au pinceau large sur toute la surface, traitant ainsi même les plus petites lacunes. L'excès de produit sur la surface peinte peut être retiré par un léger brossage.

Le noyau du bobinage de l'électro-aimant de frappe demande quant à lui un autre traitement car il n'est pas peint. Olivier MOREL conseille de procéder par microsablage très localisé de cet élément, le problème étant que le papier isolant du bobinage est contigu à la zone

³⁷ Degrigny C. *et al.* Nettoyage et stabilisation de surfaces métalliques peintes : application à la restauration d'une voiture autochenille. *Studies in Conservation*, 40, 1995, pp. 227-236.

corrodée à traiter. Le temps manquant à Paris, ce composant sera traité à Besançon. Ne disposant pas de machine de microsablage à Besançon, je propose de retirer mécaniquement les produits de corrosion les plus hygroscopiques au moyen d'un scalpel sous une lubrification de WD 40® (composé principalement d'huile minérale diluée dans un solvant type « naphta lourd »). Cette méthode permettra le traitement localisé des zones corrodées, mais nécessitera de soigneusement éviter de mouiller l'isolation en papier du bobinage avec le lubrifiant WD 40®.

A Paris seront encore traités deux sur les quatre piliers de platines en acier recouvert de nickel qui présentent de petites piqûres sur le revêtement. Un retrait mécanique des produits de corrosion par abrasion en utilisant de la laine d'acier 0000 sous lubrification de WD 40® permettra une action très superficielle et ne marquera pas la surface métallique en nickel.

L'isolation des surfaces métalliques avec le milieu ambiant, la « protection de surface », se fera par application de cire microcristalline à froid, appliquée au pinceau, puis laissée à sécher pendant un jour, éventuellement polie légèrement pour les pièces apparentes. La cire microcristalline est hydrophobe, l'humidité ne s'y condense pas facilement³⁸, ce qui retient notre choix pour un milieu de conservation à fort taux d'humidité relative. De plus, la fine couche de cire est chimiquement stable et peut être aisément dissoute dans les solvants type hydrocarbures, ce qui remplit le critère de réversibilité de l'intervention.

Corrosions sur les métaux cuivreux

Les corrosions sur les métaux cuivreux n'ont besoin de traitement que sur les grandes platines en laiton formant les deux faces de l'appareil. Les traces de doigts sont des corrosions dont les sels n'ont pas pu être analysés, mais sont volumineux et certainement très hygroscopiques. L'effet esthétique est aussi regrettable et dérange la lecture de la surface. Ces traces ne seront pas entièrement retirées, car cela impliquerait une modification profonde de la surface, mais atténuées par un bain de 15 minutes dans une solution de sels d'EDTA (acide tétraacétique d'éthylène diamine) tétrasodique à 5% dans l'eau. Par ce moyen, il est possible de capter les ions métalliques présents dans les sels et ainsi dissoudre les produits de corrosion en commençant par les plus solubles. Au préalable, un nettoyage de dégraissage à l'eau déminéralisée additivée de tensio-actif avec un léger brossage au moyen d'une brosse à poils synthétiques sera effectué. Après le rinçage à l'eau déminéralisée de la solution d'EDTA, les platines seront mises une heure à l'étuve à 105°C.

³⁸ Brüggerhoff S. *Korrosionsschutz für umweltgeschädigte Industriedenkmaler (Modelvorhaben). Zusammenfassender Endbericht zum Vorhaben DBU-Az : 06834*, Deutsches Bergbau Museum, Bochum, 2003.

A la sortie de l'étuve, elles seront enduites de cire microcristalline afin de réaliser la protection de la surface contre l'oxygène et l'humidité. L'application à chaud de la cire microcristalline permet à celle-ci de pénétrer plus profondément qu'à froid dans la surface et crée une couche plus homogène donc une isolation plus résistante.

Traitements à effectuer chez Paul REAL, restaurateur d'horlogerie, Lyon

Dégradation des lubrifiants

Je propose à Paul REAL de retirer les lubrifiants dégradés de toutes les parties fonctionnelles au moyen de bains dans l'alcool isopropylique, ce qu'il me confirme. L'huile séchée étant le résultat d'une réticulation, il est impossible de la retirer par dissolution. L'alcool isopropylique permet de « faire gonfler » ou d'attendrir ce film polymère, qu'il faut retirer mécaniquement³⁹. Pour les pièces d'une taille supérieure à celle des petites pièces d'horlogerie, il est plus commode d'employer des bains, dans lesquels on effectue directement un brossage au moyen d'une brosse à poils synthétiques genre brosse à dents ou brosse à ongles. Le brossage doit se faire en immersion et l'alcool isopropylique doit être changé souvent, sinon les particules retirées se redéposent. A la fin du brossage, on rince avec un jet d'alcool isopropylique propre.

Les tests de nettoyage seront effectués à Lyon, mais la plus grande quantité des pièces seront nettoyées à Besançon, dans l'atelier provisoire. Les composants effectivement nettoyés à Lyon sont ceux de la minuterie, dont l'état de fonctionnement doit être évalué.

Traces de modifications de l'objet

Les taches, dépôts, chocs, lacunes que portent les composants devront être soigneusement conservés, c'est-à-dire ne pas être retirés ou réduits, à l'exception des altérations susceptibles de générer des problématiques de conservation, comme c'est le cas pour les empreintes digitale des platine.

Toutes les traces de modification de l'objet seront conservées, au besoin certains conducteurs électriques seront conservés dans une boîte jointe au chronographe s'il ne peuvent pas être laissés sur l'appareil. Les conducteurs électriques revêtus d'isolations diverses et la barette de connexions ne sont pas altérés et ne nécessitent aucun traitement.

³⁹ Masschelein-Kleiner L. *Les solvants*, I.R.P.A., Bruxelles, 1981. et

Masschelein-Kleiner L. *Liants, vernis et adhésifs anciens*, 2^e édition, I.R.P.A., Bruxelles, 1983.

C'est en particulier l'intérêt de la démarche de remise en fonctionnement de pouvoir montrer la composition d'un appareil qui a été adapté en fonction de l'évolution technologique de la mesure du temps. La demande de remise en fonctionnement implique la conception d'un système d'alimentation électrique spécifique permettant de fournir de façon sûre trois types de courants différents :

16V à 5A en courant continu pour alimenter les électro-aimants.

110V à 50Hz courant alternatif sinusoïdal pour alimenter le moteur asynchrone.

1000V à 1000Hz et 40mA en courant alternatif sinusoïdal en base de temps sidéral pour alimenter la roue phonique et le contrôle stroboscopique.

3.3.5 Synthèse du rapport de traitement

Les traitements se sont déroulés à très peu de choses près de la façon prévue dans la proposition de traitement. Il ne me semble pas pertinent de copier ici ce qui a été dit dans le sous-chapitre précédent. Il est en revanche plus intéressant de montrer en images quelques uns des traitements mis en œuvre et d'indiquer les phases qui se sont écartées de la proposition de traitement.

Poussières et salissures

Les traces de suie en forme d'auréoles sous le couvercle me sont apparues comme étant d'un intérêt historique particulier : elle sont les seules preuves matérielles de l'emploi d'une ampoule dans la douille d'ampoule vide qui a été trouvée dans l'appareil. Cette ampoule a chauffé et de la suie s'est déposée sur l'intérieur du couvercle. La littérature trouvée sur le chronographe Gautier ne parlait qu'à demi-mot de ce genre de système, semble-t-il destiné à assurer une régulation thermique de l'appareil. Cette ampoule était peut-être reliée à un thermostat, mais il n'y en avait pas traces au démontage du chronographe. J'ai alors décidé



Fig. 2 Le couvercle après traitement. La face intérieure et ses auréoles d'échauffement de l'ampoule.

de ne pas nettoyer et ne pas protéger à la cire la face intérieur supérieure du couvercle. On voit sur la fig.2 le couvercle après traitement.

Corrosions sur les métaux ferreux

La solution de Bactifer® appliquée à Paris a donné un résultat qui m'a laissé perplexe. Bactifer® est légèrement couvrant et laissait un dépôt mat sur la surface. Certaines zones corrodées qui devaient se teinter en noir étaient restées brun foncé. De plus, les salissures véhiculées par des ruissellements sur l'appareil n'avaient pas été véritablement retirés par le nettoyage au white-spirit. J'ai décidé en fonction du tableau de l'essai de solubilité d'essuyer la surface avec un chiffon à microfibras légèrement humidifié avec de l'eau déminéralisée.

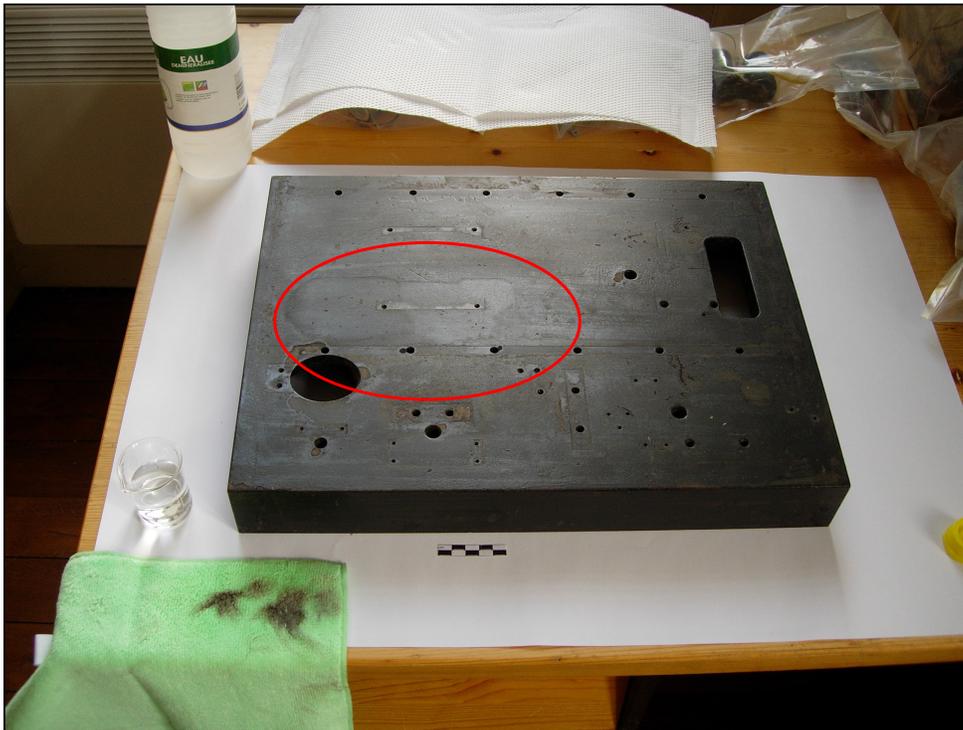


Fig. 3 On distingue au centre la zone d'essai ou le chiffon humide a essuyé la surface.

Ensuite, J'ai demandé à Olivier MOREL de m'envoyer une petite quantité de Bactifer® pour reprendre le traitement, cette fois uniquement sur les zones de corrosion avec un petit pinceau taille 0. Finalement la cire microcristalline Kremer Cosmoloid® H80 a été appliquée sur toute la surface avec un pinceau large.

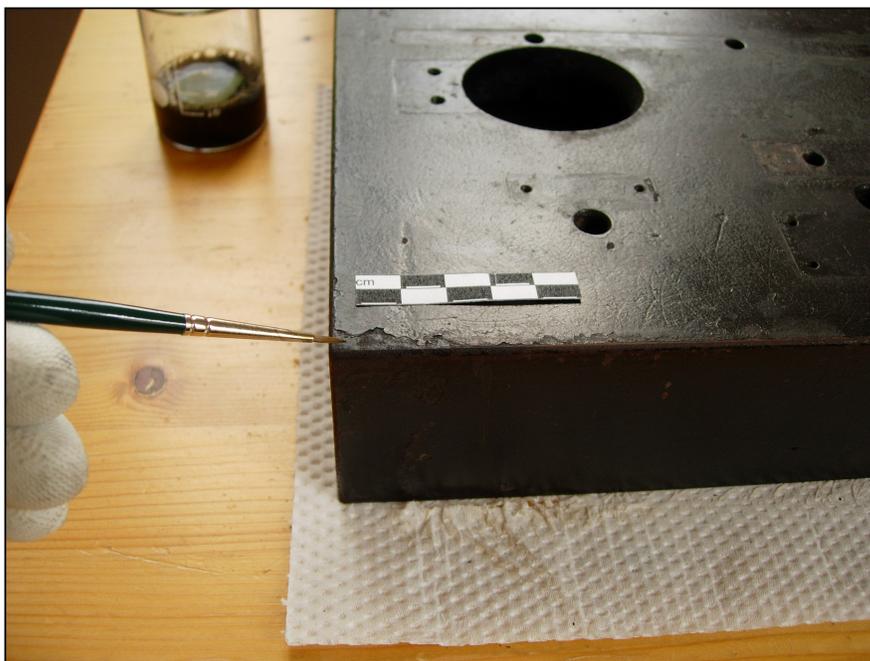


Fig. 4 Le deuxième traitement au Bactifer®, avec un petit pinceau, uniquement sur les zones de corrosion.

Corrosions sur les métaux cuivreux

La corrosion sur les platines a été traitée comme prévu par la proposition de traitement. Je n'ai malheureusement pas réalisé de photographie de ce traitement chez Olivier MOREL.

Fig.5 Face intérieure de la platine arrière. Après le traitement, les traces et la patine sont conservés.



Dégradation des lubrifiants

Les traitements de retrait des lubrifiants dégradés sont longs et demandent parfois plusieurs passages. Pour éviter de salir trop rapidement l'alcool isopropylique, on peut dissoudre les restes encore liquide de lubrifiant dans un premier bain de white-spirit.

Fig.6 Deux bains consécutifs de white-spirit et alcool isopropylique



Fig.7 Galet inférieur et rochet, avant le retrait des lubrifiants

Fig.8 Vue éclatée du galet inférieur et ses composants, après le retrait des lubrifiants



Traces de modifications de l'objet

Dans le cadre de ce projet, la documentation des traces de modification du chronographe conduit à la remise en fonctionnement en essayant de respecter au maximum l'intégrité de l'objet. Cependant dans le cas de l'électro-aimant de débrayage, les fils d'alimentation modifiés étant de section nettement supérieure à ceux d'origine, les contraintes mécaniques avaient fini par avoir raison d'un des deux fils d'alimentation, ce qui rend le fonctionnement impossible. J'ai du prendre exceptionnellement la décision de séparer ces deux fils de leur pièce et de les remplacer par des nouveaux, de section correspondante à ceux de 1905.



Fig.9 L'électro-aimant de débrayage après la pose de nouveaux fils conducteurs. A côté, les anciens.

4 Conservation préventive et sécurité

4.1 *Conservation préventive*

4.1.1 Etude climatique dans les différents espaces de conservation potentiels

Parmi les demandes du mandat figuraient l'étude climatique de l'espace de conservation prévu pour l'objet traité. Cette mesure vise à reconnaître d'éventuels facteurs de dégradations sur ce lieu et de pouvoir ensuite les signaler voire proposer des aménagements qui permettraient de diminuer les risques de dégradations subséquents.

Ce genre d'étude se base essentiellement sur deux sources d'information : les mesures climatiques et l'observation des caractéristiques du lieu. Les moyens à mettre en œuvre sont donc la pose d'instruments de mesure dans les endroits choisis et effectuer le relevé des points critiques du bâtiment, du local puis du conditionnement dans lequel se trouve l'objet. Une fois ces informations récoltées, une interprétation des conditions actuelles de conservation peut être donnée et les points critiques amènent à suggérer des aménagements.

Les constatations faites lors d'une telle étude peuvent également influencer le choix des traitements et la conception du conditionnement de l'objet, ce qui suppose qu'elle devrait se faire avant que des interventions curatives soient réalisées. Concernant le climat, pour parvenir à une somme d'informations représentative, il serait utile de réaliser les mesures sur un cycle saisonnier complet, soit une année.

Dans les conditions de réalisation de ce projet, cette étude n'a pu être réalisée de manière véritablement convaincante. Les raisons en sont les suivantes : étant donné l'importante restriction budgétaire ayant suivi l'annonce du non octroi à ce projet de la subvention de la DRRT, j'ai adopté une attitude prudente vis-à-vis des dépenses n'étant pas immédiatement liées à la réalisation des travaux de traitement, l'étude climatique s'est donc trouvée préteritiée dans le déroulement du projet. Ainsi ai-je renoncé à demander la location d'instruments de mesure. Considérant toutefois que cette enquête était importante, j'ai visé l'objectif de parvenir autant que possible à une bonne approximation des conditions climatiques en utilisant des moyens à disposition à l'Observatoire. J'ai pu trouver un thermohygrographe mécanique à mouvement d'horlogerie dont on m'a assuré qu'il fonctionnait jusqu'il y a peu de temps dans le local des horloges atomiques de l'observatoire,

qui nécessitent un contrôle continu du climat en température et en humidité relative. Comme ce local est à présent contrôlé par des sondes électroniques très précises et qui effectuent l'enregistrement des données automatiquement, ce thermohygrographe était devenu inutile.

Cet appareil étant inutilisé depuis cinq ans, j'ai jugé nécessaire de vérifier son étalonnage en le plaçant pendant quelques jours dans le local des horloges atomiques, considérant le climat de ce local comme une bonne référence car l'étalonnage des sondes y est périodiquement contrôlé. La mesure du thermohygrographe a montré un défaut d'environ 2°C et 3,5% d'humidité relative (HR) sur le résultat des sondes. Comme ces deux valeurs correspondent à la même distance sur le papier, plutôt que de risquer un réglage délicat du mécanisme, j'ai préféré rogner le papier sur environ 2mm au niveau du zéro de la bande. Cette méthode que je reconnais être peu académique, a donné un résultat correct après vérification.

Comme un seul appareil ne suffisait pas pour contrôler deux locaux au moins, j'ai acheté dans le commerce un thermomètrehygromètre électronique d'appartement avec sonde externe, que j'ai soumis au même test que le thermohygrographe. J'en ai relevé l'erreur et ainsi les mesures ultérieures ont pu être corrigées. J'ai ainsi pu utiliser trois mesures de température et deux mesures d'humidité. L'inconvénient étant que les mesures de l'appareil électronique n'étaient pas enregistrées. Il a donc fallu opérer par relevés périodiques, avec tout le risque d'oubli que cela suppose !

Sans rentrer dans les détails fastidieux du relevé de toutes les mesures produites par les deux appareils à disposition, on peut se référer à l'annexe II pour consulter huit thermohygrogrammes choisis sur la période d'essai de mars à août 2006. En voici l'interprétation :

N°1 : il s'agit là de l'essai d'étalonnage du thermo-hygrographe dans le local des horloges. La température est maintenue très précisément, ce qui n'est pas le cas de l'humidité relative. Par relevés périodiques j'ai pu comparer les valeurs de la sonde et du thermo-hygrographe et déterminer l'erreur de ce dernier.

N°2 : Climat dans le bureau méridien où devrait vraisemblablement être conservé le chronographe Gautier après l'intervention. Ce local n'était alors pas chauffé et on constate d'importantes variations diurnes dues à l'exposition au soleil du bâtiment. Ces variations créent des cycles de stress (température) et d'évaporation-condensation (hygrométrie) dans et sur les matériaux. A éviter pour la conservation.

N°3 : Le bureau dans lequel les mesures ont été réalisées étant aussi devenu le local de l'atelier provisoire pour notre projet, il a été nécessaire d'y installer un chauffage électrique

thermostatique. Les variations sont moins amples, mais l'humidité relative peut rester élevé dans le confinement du bureau. En ouvrant la porte l'air peut mieux circuler, mais le cas inverse de ce qu'on lit sur cette bande peut aussi se produire : plus sec dans le bureau et plus humide à l'extérieur. Moins de stress, mais toujours humide, ça n'est pas la solution, mais ça s'améliore.

N°4 : Voici le climat moyen du bureau. Ouverture de la porte pendant les heures de travail, fermeture pendant la nuit, la moyenne de HR reste en-dessous de 60% la plupart du temps.

N°5 : En été, par beau temps, le climat est plutôt bon, si l'on considère que l'on conserve de métaux historiques (et non archéologiques), qui plus est des objets composites pour lesquels une moyenne de 50% de HR serait l'idéal.

N°6 : En été toujours, mais cette fois avec un temps humide, l'HR est remontée souvent au-dessus des 60% critiques pour le développement des corrosions.

N°7 : Eté, temps caniculaire. Les métaux sont hors de danger, mais pas les cabinets en bois de certains instruments scientifiques. A surveiller également.

N°8 : Eté, temps ensoleillé, mais avec un cycle de mesure dans la cave où le chronographe Gautier a été conservé au moins depuis les dix dernières années. La HR très élevée est favorable au développement de corrosions, mais des mesures complémentaires avec la sonde électronique ont montré (logiquement) que c'est la zone du bâtiment présentant le plus d'inertie climatique. Les cycles d'évaporation-condensation n'ont peut-être pas été très amples. Cependant, certaines surfaces métalliques nues sur d'autres objets conservés dans cette zone sont passablement corrodées.

Pour éclairer ces constatations, il faut tenir compte de la conception du bâtiment méridien. Ce bâtiment est longitudinal est-ouest et symétrique. La salle d'observation où se trouve la lunette méridienne est au centre du bâtiment. Aux quatre coins, se trouvent quatre bureaux. La salle d'observation est conçue de sorte que lorsque son toit à deux pans puisse être ouvert par la moitié. Elle n'est pas chauffée et ne doit pas l'être, car la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur doit être aussi minime que possible pour éviter des perturbations atmosphériques qui faussent les observations à la lunette. Ce local a donc le moins d'inertie climatique possible. Mais c'est pourtant là que sont exposés les instruments scientifiques qui sont montrés au public lors des visites.

Les bureaux, en revanche ont été conçus pour être habitables et étaient prévus pour être chauffés. Cependant, l'ouverture des portes des bureaux les relie au climat de la salle

d'observation, moins en ce qui concerne les bureaux est, isolés par une porte intercalaire. C'est précisément dans l'un de ces bureaux que les mesures graphiques ont été faites, et c'est probablement l'endroit qui offre les meilleures perspective d'aménagement du climat.

4.1.2 Précautions prises lors de l'établissement de l'atelier provisoire

Avant de s'installer sur un emplacement pour y traiter et y conserver des mécanismes, il faut s'assurer que la quantité de poussière y soit aussi faible que possible. L'atelier provisoire de traitement de conservation-restauration a été installé dans les deux bureaux est du bâtiment méridien. Pour la raison invoquée ci-dessus, ils ont été nettoyés avant l'installation de l'atelier. Dans la même idée, les poussières importées de la cave sur l'objet ne devaient pas se trouver sur la zone de stockage et de montage. Un des deux bureaux est donc devenu la « pièce sale », l'autre la « pièce propre ».

L'objet ayant été partiellement démonté et photographié avant traitement à Paris, ce sont les démontages fins et les traitement de nettoyage et de retrait des lubrifiants dégradés qui ont été effectuées dans la pièce sale. Les traitements de protection des surfaces et les photographies après traitement ont été faits dans la pièce propre.

Constatant les importantes variations diurnes, en cette fin d'hiver (voir graphique N°2) de la température et de l'HR (mais surtout pour une question de température du lieu de travail !), François VERNOTTE m'a proposé de faire installer un chauffage électrique à thermostat. Ceci a eu effectivement une influence positive sur le climat de conservation et sur les conditions de travail.

4.1.3 Précautions envisagées en vue de l'établissement de l'espace de conservation et d'exposition

A l'heure où ce mémoire est rédigé, la phase finale du projet n'est pas encore terminée. Les mesures prévues pour mettre véritablement le chronographe Gautier en conservation n'ont pas été entièrement réalisées, puisque son conditionnement définitif, une vitrine, n'a pas encore été construit ou acheté. De même, l'emplacement définitif de cette vitrine ne peut être

simplement décidé sans tenir compte du fait que les bureaux sont parfois loués à des associations scientifiques comme la Société chronométrique française, par exemple.

Pour concevoir le conditionnement du chronographe Gautier, je crois devoir prendre en compte les paramètres suivants :

L'objet est moyennement sensible à l'humidité et à la lumière, mais très sensible à la poussière

Le système d'alimentation électrique du chronographe doit être raccordé de façon permanente au chronographe pour ne pas demander des manipulations engendrant des risques de mauvais branchement.

Le coût de la vitrine doit être modéré.

Le climat ne sera peut-être pas régulé par un déshumidificateur hygrostatique avant quelques temps.

Les bureaux qui offrent les meilleures conditions climatiques seront peut-être utilisés à d'autres fins que la conservation.

L'intérêt d'une démonstration du chronographe est de la faire à proximité de la lunette méridienne puisque ces deux instruments vont de pair pour effectuer des observations méridiennes.

En conséquence de quoi, je propose de faire construire, soit par Eric DUAULT, paysagiste de l'Observatoire au bénéfice d'une formation en menuiserie, soit par une entreprise externe, une vitrine posée sur un chariot muni de roulettes. Cette vitrine mobile pourrait ainsi être facilement disposée dans la salle d'observation lors des démonstrations, puis être remise dans le bureau sud-est lorsque la présentation est terminée. L'humidité relative parfois très élevée dans ces locaux plaide pour une bonne aération de l'objet, car les vitrines économiquement accessibles sont rarement étanches au point de garantir les objets contre l'humidité. Elles le sont cependant suffisamment pour devenir des confinements où l'HR se maintient de façon critique à des valeurs élevées. Cette vitrine mobile devrait donc être ventilée, tout au moins aérée. Elle ne doit pas laisser entrer la poussière, les aérations devraient être munies de filtres.

Ceci étant, il est bien sûr possible de faire d'autres propositions permettant d'agir sur le climat et d'autres facteurs de conservation préventive, qui seront abordés au point suivant.

4.1.4 Conseil en matière de conservation préventive

La conservation préventive est la branche de la conservation qui tend à agir sur tous les facteurs extérieurs à l'objet dans le but de lui offrir un lieu de conservation sûr. Un bon climat est un facteur important pour la conservation à long terme, mais il faut se rappeler que le facteur de risque arrivant en tête de tous reste le facteur humain : la manipulation erronée ou la déprédation volontaire des objets est la cause des plus importants dégâts. C'est pourquoi, les objets conservés ne devraient être manipulés que par des personnes formées aux précautions élémentaires de manipulation, qui sont par exemple le port de gants, le choix d'un point de dépôt stable avant de commencer à porter, le port avec les deux mains en saisissant par la base de l'objet en ne se fiant jamais aux poignées, ne pas déposer les objets devant un chauffage ou une entrées d'air. Dans la même idée, il faut s'assurer que les personnes effectuant des nettoyages dépoussiérages courants dans les locaux ou sur les objets en aient le plus grand soin, évitent l'emploi de produits de nettoyage pulvérisés à proximité des objets, n'utilisent pas l'aspirateur, qui pourrait avaler des éléments de l'objet, ne produisent pas de chocs et respectent les consignes d'usage des locaux visant à contrôler le climat. Concernant le facteur humain toujours, il serait préférable que les locaux abritant du patrimoine ne soient pas laissés sans surveillance lors d'ouverture publiques, car le risque de vol existe aussi pour les instruments scientifiques. En ce sens, l'installation d'un système d'alarme dans le bâtiment méridien est à saluer. Peut-être faudrait-il que les personnes de l'Observatoire qui entendent conduire des visites, sachent précisément l'utiliser car la multiplication de fausses alertes rend le système inopérant.

La présence d'extincteurs correctement placés dans le bâtiment méridien est à relever. Il serait certainement pertinent de signaler aux services qui assurent, en France, les interventions en cas de catastrophe ou d'incendie, la protection d'un patrimoine culturel à l'Observatoire de Besançon. Les pompiers, notamment, prennent en compte ce genre d'information lorsqu'ils préparent l'intervention sur le lieu d'un sinistre.

Les critères climatiques établis pour une bonne conservation d'objets composites tels que le sont la plupart des instruments scientifiques se situent aux environs de 50% \pm 15% d'humidité relative à des température voisines de 20 degrés pour les espaces d'exposition. Les valeurs limites d'exposition aux rayons ultraviolets pour les objets moyennement sensibles se situent à 75 microwatts par lumen. L'éclairement, c'est-à-dire l'intensité

lumineuse, ne devrait pas dépasser 150 lux pour les objets peints. Les instruments scientifiques en laiton dont la surface est vernie ou peinte sont considérés comme tels.

On peut abaisser et stabiliser efficacement l'humidité relative trop élevée en employant un déshumidificateur à hygromstat. Il faut cependant penser à vider le bac de rétention régulièrement, ce qui nécessite encore une fois une intervention d'entretien de la part du personnel.

La température dans les deux bureaux est du bâtiment méridien peut être considérée comme assez stable depuis l'installation du chauffage thermostatique, réglé pour une température minimale de 17°C et où la température atteint facilement plus de 20 °C les jours ensoleillés. Pour des raisons de coûts et de disponibilité, il me paraît peu évident que des travaux d'aménagement de zone de conservation soient réalisés dans le bâtiment méridien avant un certain temps, difficile à évaluer. Je propose donc par quelques moyens économiques de s'approcher des conditions favorables à la conservation des objets :

En installant les objets encore stockés dans la cave du bâtiment méridien dans un des bureaux est, en laissant la porte intercalaire du couloir avec la salle d'observation fermée, mais en ouvrant les portes des deux bureaux.

En posant des rideaux aux fenêtres, qui seraient fermés hors des jours de visites et de vérifier (et réparer) l'étanchéité de ces fenêtres.

En établissant un programme d'entretien périodique des surfaces du bâtiment, soit le dépoussiérage hebdomadaire, effectué par une personne avisée des risques à prendre en considération.

En veillant à ce que le chauffage reste enclenché avec le thermostat réglé à au moins 17°C durant toute l'année, avec si possible un relevé de mesures thermo-hygrographiques au moins pendant une année.

Que les opérations de transport soient réalisées également par des personnes avisées des risques à prendre en considération.

En envisageant à moyen terme l'achat d'un déshumidificateur à hygromstat, qui demandera lui aussi une maintenance au moins hebdomadaire.

Il paraît superflu de rappeler que les voies d'eau provenant du toit de la salle d'observation augmentent certainement l'humidité dans cette salle. L'Observatoire est conscient du problème et un projet de restauration du bâtiment devrait aboutir dans le cadre de l'inscription aux Monuments historiques. En revanche, il est utile d'attirer l'attention sur le fait

que dans cette salle, des appareils électriques ne doivent pas rester branchés hors des heures de présence de personnes sur les lieux. Ceci concerne bien sûr les projecteurs d'éclairage qui s'y trouvent, mais désormais aussi le chronographe Gautier et son amplificateur à haute tension.

4.1.5 Echelle de priorité des dégradations possibles sur l'objet

Comme déjà largement mentionné dans les sous-chapitres précédents, le chronographe Gautier est susceptible, malgré l'intervention de conservation-restauration, de continuer de s'altérer. Pour ordonner la surveillance de cet appareil, il peut être judicieux d'indiquer, selon moi, les facteurs les plus probables qui risquent de se présenter, dans leur ordre d'importance :

Les poussières sont particulièrement agressives pour les mécanismes du type de celui de la minuterie du chronographe Gautier, qui se trouve sur la face avant de l'appareil et n'est pas protégée par un couvercle. Toute mise en service pour démonstration devrait coïncider avec un contrôle préalable de l'absence de poussière sur cet élément. Ceci implique qu'une personne soit formée pour ce contrôle, je me suis donc approché avec succès de Kevin VAN KEULEN, informaticien à l'Observatoire de Besançon, pour lui proposer cette tâche. Je conseille que l'appareil soit vérifié une fois par année au moins par un conservateur-restaureur, qui pourra établir si l'appareil est toujours en état de fonctionnement en fonction de l'usure potentielle des composants, qu'il est pour l'heure difficile d'évaluer.

La mise en fonctionnement doit être exécutée correctement, Il est préférable que toutes les personnes intéressées à effectuer des démonstrations avec le chronographe assistent à une formation sur son maniement et sur les risques en présence de cet appareil, que ce soit pour l'appareil ou, surtout, pour le démonstrateur et le public. Ceci pourra être organisé. Je suggère pourtant que seul M. VERNOTTE soit autorisé à faire ce genre de démonstration. La raison en est qu'il vaut mieux qu'une seule personne soit responsable du fonctionnement et c'est François VERNOTTE qui conduit le plus souvent les visiteurs dans le bâtiment méridien.

Les causes de dégradations humaines dues au transport et au nettoyage de l'objet méritent elles-aussi qu'une personne soit formée à cette problématique. En raison de la probabilité de

sa présence sur le lieu du bâtiment méridien, j'ai transmis à Eric DUAULT les indications les plus importantes.

Un taux d'humidité relative trop élevé, au dessus de 60% HR, cause une très forte probabilité de développement de corrosions sur les métaux. Ici, les mesures à prendre demandent une certaine organisation et devront être discutées avec François VERNOTTE.

4.1.6 Alternative au fonctionnement de l'objet

Documentation sur un média audio visuel, muséographie explicite du fonctionnement

L'étude réalisée par lors de la procédure de classement de l'Observatoire a suscité certains intérêts, de la part de scientifiques intéressés à l'histoire et de conservateurs de la Direction régionale des affaires culturelles, notamment, pour la documentation de l'usage de la lunette méridienne. M. PUEL, astronome honoraire de l'Observatoire, est un des derniers représentants des utilisateurs jadis quotidiens de la lunette méridienne. La remise en fonctionnement du chronographe Gautier pouvant être liée à des démonstrations d'observations méridiennes, je trouverais particulièrement intéressant d'en faire un document audio-visuel. Ceci permettrait de montrer au public le fonctionnement du chronographe sans absolument devoir le mettre en service à chaque occasion ou pendant de trop longues périodes.

Une modélisation informatique du mécanisme peut bien sûr aussi permettre de montrer une animation du mouvement, mais dans ce cas, il serait peut-être plus intéressant de reconstituer le mouvement mécanique aujourd'hui perdu. Notons dans ce sens, qu'une récente et belle réalisation de l'Université Technique de Belfort Montbéliard (UTBM) a permis de reconstituer en une animation en 3 dimensions l'environnement et le bâtiment de la lunette équatoriale coudée de l'Observatoire de Besançon, hors service depuis une trentaine d'années. L'animation 3D est décidément à considérer comme un outil contemporain de restitution de première importance.

4.2 Sécurité d'utilisation

4.2.1 Présence d'une haute tension

Le chronographe Gautier est un instrument scientifique de précision qui a été conçu et modifié à une époque où les normes de sécurité n'étaient pas aussi préventive qu'elles le sont aujourd'hui.

L'amplificateur de tension nécessaire au fonctionnement du chronographe Gautier, actuellement en construction au laboratoire Temps-Fréquence de l'Observatoire, devra fournir une tension de 1000V à 1000Hz de fréquence, avec un courant maximum de 40mA, ce qui est peu. Les effets physiologiques du courant électrique en cas d'électrocution dépendent de l'intensité du courant, soit précisément, de ces 40mA. Cette valeur ne fait pas en principe courir un risque mortel en cas de choc électrique, cependant il est indispensable que les utilisateurs et le public soient « au courant » de la présence de haute tension. Les isolations ainsi que le système électrique de l'amplificateur seront dimensionnés et branchés de sorte que ce risque soit aussi faible que possible. La présence de haute tension sera affichée de façon visible sur l'amplificateur.

Le mouvement mécanique du système de minuterie est aussi à prendre en considération. Il arrive parfois que des vêtements se prennent dans les mobiles en rotation et provoquent des accidents.

Lors de séances de démonstrations, il faudra impérativement observer les consignes suivantes:

Le public ne s'amassera pas à proximité de l'appareil en fonctionnement à moins d'un mètre, et seulement face à l'appareil. Cette consigne vaut particulièrement pour les enfants, qui peuvent échapper à l'attention des adultes en se cachant derrière le socle de la vitrine mobile.

Il sera strictement interdit de toucher l'appareil pendant la démonstration. Seul le démonstrateur sera autorisé à utiliser l'appareil. La démonstration au public se fera vitrine en place, posée sur l'appareil et couvercle de l'appareil fermé.

Les explications qui requièrent de se pencher sur l'appareil ou de s'en approcher ne pourront avoir lieu que si l'amplificateur a été débranché.

4.2.2 Manutention et démonstration

La manutention du chronographe, une fois installé sur son socle définitif et raccordé à l'amplificateur, devra être conduite par deux personnes au moins. La masse du chronographe est de 50 kg environ, ce qui signifie qu'une personne prend un risque considérable pour elle-même et pour l'appareil en le portant seule.

Pour éviter des erreurs de branchement ou une mauvaise manipulation des connecteurs, je conseille que toute action en rapport avec la séparation entre l'amplificateur et le chronographe (débranchement ou branchement) soit réalisée avec le concours d'un membre du département de Temps-Fréquence de l'Observatoire.

L'amplificateur en cours de construction prévoit trois commandes distinctes pour actionner les différents organes du chronographe :

L'interrupteur d'alimentation du moteur asynchrone à proximité duquel se trouve un potentiomètre permettant le réglage de la fréquence de rotation de celui-ci.

L'interrupteur d'alimentation de la roue phonique

Le contacteur de commande de frappe, à côté duquel sera ménagée une prise pour brancher une commande à distance.

Pour la mise en marche de l'appareil, l'utilisateur devra :

Avertir le public des consignes de sécurité

Mettre en marche l'amplificateur

Mettre en marche le moteur asynchrone, le laisser atteindre sa fréquence de rotation stabilisée.

Enclencher l'alimentation de la roue phonique, et jouer sur le réglage du potentiomètre du moteur asynchrone pour que la rotation corresponde à la fréquence d'alimentation de la roue phonique. Le contrôle stroboscopique permettra d'évaluer visuellement cette coïncidence.

La fréquence de rotation atteinte, déclencher l'alimentation du moteur asynchrone.

En fin de démonstration, qui pour limiter l'usure de l'appareil ne devrait pas excéder 10 minutes, interrompre l'alimentation de la roue phonique, éteindre l'amplificateur et le débrancher du réseau.

Lorsque les séances de démonstration sont terminées, penser à rapporter le chronographe dans son espace de conservation, dans un des deux bureaux est du bâtiment méridien.

5 Conclusion

Lors de la préparation d'un sujet de mémoire en conservation-restauration, quelques options « classiques » se proposent aux étudiants : il peut s'agir de recherches sur les matériaux constitutifs des objets ou sur des traitements demandant des essais. Cela peut être aussi sur des problématiques théoriques concernant l'éthique de notre profession. Quelquefois, un genre de pièce de maîtrise peut être choisi, pourtant la préférence va aux recherches, si utiles dans la pratique ultérieure du métier. Le but est donc de permettre d'enrichir l'expérience et la documentation sur les thèmes contemporains de la pratique ou la théorie de notre profession, tout en donnant aux étudiants la possibilité de prouver qu'ils sont à même de réaliser un travail abouti.

En tant qu'étudiant de la première volée de conservateurs-restaurateurs d'objets scientifiques, techniques et horlogers formés à la HEAA Arc, il me semblait important que notre action puisse participer à documenter un aspect particulier de notre spécialité, dont on ne manque pas de lire régulièrement qu'elle pose des problèmes spécifiques liés à la diversité des matériaux, la complexité des systèmes ou la problématique éthique du fonctionnement des objets, pour n'en citer que quelques uns.

Il est vrai que l'expérience portant sur les processus de dégradation des matériaux artificiels ou de synthèse produits depuis la révolution industrielle pose un énorme problème de variété et de diversité, tant il est probable que l'homme n'ait jamais conçu tant de matériaux différents pour autant d'applications spécifiques. Il est vrai aussi que la restauration d'objets scientifiques, techniques ou horlogers, entendus ici comme objets industriels, peut s'envisager dans différentes perspectives, en fonction du « message que doit transmettre l'objet »⁴⁰.

Pourtant, en portant le regard dans un champ plus large que celui de la seule problématique de conservation, on s'aperçoit que dans la masse du patrimoine technique, une part non négligeable se trouve hors de portée des conservateurs-restaurateurs, car leur activité se développe principalement à travers la politique publique de conservation du patrimoine, principalement supportée par les musées ou par la protection des monuments et des sites historiques. C'est en effet dans ce type d'environnement que l'on reconnaît une valeur particulière à l'authenticité des objets, car ils y sont susceptibles d'être étudiés pour leur intérêt culturel. Ceci requiert donc une attitude respectueuse de l'intégrité des objets de la

⁴⁰ Rolland-Villemot, 2001, p.17.

part des conservateurs-restaurateurs, qui sont par formation, acquis à une éthique professionnelle.

D'une tout autre nature est le domaine privé, qui recèle certainement la plus grande partie du patrimoine technique, où l'on trouve des musées privés ou tenus par des associations à but non lucratif, des collectionneurs privés ou des antiquaires ayant la plupart du temps des buts lucratifs, des entreprises qui possèdent du matériel ou des bâtiments anciens en activité productive ou non, des friches dont on ne sait à qui elle appartiennent... Là, notre éthique est absente et la perte d'information historique ne soulève aucune émotion.

A la frontière de ces deux mondes, il existe d'autres lieux de conservation du patrimoine technique, par exemple des entreprises ou des institutions publiques n'ayant pas vocation à conserver du patrimoine, mais qui nécessitent autant que les collections des musées une attitude respectueuse sur le plan éthique. Cependant, si la vocation n'est pas à conserver le patrimoine, alors pourquoi et comment le conserverait-on ?

Il m'a semblé que la réalité de cette variété de cas valait la peine de mettre à l'épreuve les connaissances acquises durant notre formation de façon à mettre en lumière certains aspects originaux de l'activité de conservateur-restaurateur d'objets scientifiques, techniques et horlogers. C'est pourquoi j'ai choisi l'expérience de la mise en conservation d'objets scientifiques dans le cadre d'une institution publique en activité mais n'ayant pas vocation à la conservation du patrimoine : l'Observatoire des sciences de l'univers de Besançon.

Il se détache plusieurs aspects de cette expérience et j'ai souhaité en faire part au milieu de la conservation-restauration avec l'intention (et dans la position) de susciter la discussion. Une fois encore dans le domaine du patrimoine technique, on se retrouve devant un « objet mystérieux » où se côtoient des anachronismes technologiques sans pouvoir a priori se les expliquer. Dans le cadre de ce mandat, il était attendu que la documentation de restauration permette de construire un propos à la fois technique et historique orienté vers un principe de diffusion de la culture scientifique. Ce propos, le conservateur-restaurateur, seul intervenant sur la collection et encore de façon temporaire, est aussi seul à pouvoir le construire dans la situation présente. Pourtant, l'analyse de vestiges et de traces n'est pas un domaine pour lequel le conservateur-restaurateur est spécialement qualifié, puisque la tâche incombe en principe aux archéologues. Les recherches documentaires quant à elles, sont du fait des historiens. Ceci étant, la démarche qui a cours en archéologie industrielle se base principalement sur l'étude de documents papier et s'est longtemps concentrée sur les questions architecturales, urbanistiques et socioéconomiques de la société industrielle. Dans ces conditions, la lecture de traces sur des objets techniques semble encore peu courante en archéologie industrielle.

Il n'est pas rare que des objets du XXe siècle présentent a priori un caractère d'inconnue partielle ou totale du point de vue historique, soit parce qu'aucune recherche historique n'a été faite sur cet objet, soit parce que l'information a été perdue, détruite ou très difficilement accessible. Le conservateur-restaurateur se trouve alors en défaut d'information pour « comprendre son objet » dans sa fonction et son fonctionnement, ce qui peut entraîner des difficultés dans les choix de traitement et peut-être la perte de traces importantes historiquement. Cependant, sa position face à l'objet est privilégiée pour récolter des informations sur sa constitution, car il est indispensable, dans la conduite du travail du conservateur-restaurateur, qu'il en donne un constat d'état. Celui-ci, basé avant tout sur une observation de l'état de dégradation des matériaux (altérations), doit donc pouvoir se baser sur une connaissance de l'état non dégradé de l'objet qui est une image virtuelle. Cette connaissance se fonde sur un acquis culturel technologique qui peut provenir de deux principales sources :

La connaissance pratique et théorique de la technologie et des matériaux mise en œuvre sur l'objet en tant que base culturelle, acquise par exemple par la pratique antérieure d'une profession utilisant la technologie en question. D'une autre manière, une accumulation de cas connus et d'expériences vécues peut servir de base d'approche dans la compréhension des altérations ou des types de construction.

La connaissance non acquise et restant à acquérir par diverses méthodes. Ici, le succès de l'opération dépend notamment de la capacité du conservateur-restaurateur à projeter sa base culturelle vers un domaine peu connu ou non connu de lui. Mais pour cela, il a besoin d'outils d'acquisition, qui sont essentiellement : la littérature généraliste dans le domaine de recherche, les archives ou toutes autres traces écrites mentionnant tout ou partie de l'objet (plans, notes de service, panneaux de mise en garde, inscriptions sur l'objet...), et bien sûr, les informations orales qui peuvent être reçues de témoins, de spécialistes ou de collègues conservateurs-restaurateurs.

Cette connaissance ne se développe pas dans le but de se substituer à la tâche de l'historien, de l'archéologue ou du muséographe. Elle peut y contribuer, voire palier momentanément à une absence totale d'autres informations, mais son véritable but est ailleurs. Il s'agit avant tout pour le conservateur-restaurateur de construire son « image virtuelle de l'objet non altéré », de manière à pouvoir différencier les types d'altérations qui se posent en problématiques de traitement sur l'objet. C'est notamment sur cette base que le conservateur-restaurateur peut classer la cause probable d'altérations entre causes naturelle, anthropique et accidentelle.

On ne traitera pas de la même façon une altération accidentelle, qui s'est par définition produite de manière involontaire pendant la période de conservation de l'objet, ou une altération anthropique comme par exemple une amélioration apportée à l'objet dans le courant de sa période d'utilisation. Il est préférable que l'altération du premier cas ne nuise pas à la « lecture » du second.

Ceci porte donc à interpréter la cause des altérations en partant de données historiques, mais à l'inverse, on peut établir que des données historiques manquent lorsque des altérations observées (en particulier anthropiques) restent inexplicables. La morphologie de ces altérations peut alors permettre d'orienter des recherches. Finalement, l'objectif documentaire est atteint lorsque les données historiques peuvent être comparées avec les données matérielles observées.

Que cette information soit ou non valorisée ensuite en histoire, en archéologie ou en muséographie n'importe pas, mais il devient évident ici que l'échange interdisciplinaire peut être favorable et même rentable. c'est entre autres pourquoi, nous le pensons, la charte de Nizhny Tagil⁴¹ préconise une approche horizontale et multidisciplinaire du patrimoine industriel. Dans cet esprit, l'idée selon laquelle les conservateurs-restaurateurs sont des exécutants limités à des tâches matérielles paraît erronée.

Concernant le projet mis en place pour répondre au mandat de mise en conservation d'un chronographe Gautier, après avoir lancé un appel d'offres ayant pour but de trouver un responsable de stage pratique pour encadrer notre travail, la discussion s'ouvre à l'Observatoire pour savoir où et par qui les objets seront traités. Suite à l'étude préalable, il est décidé que les objets seront traités sur trois sites différents et avec l'aide de deux responsables de stages, dont un est spécialiste de la restauration des métaux et l'autre restaurateur en horlogerie. Ces deux spécialistes interviendront pour le traitement des problématiques de fond, puis les coûts d'intervention seront minimisés pour les tâches « faciles », qui peuvent être effectuées sans encadrement dans les locaux de l'Observatoire. Pratiquement, cela implique du transport d'objet et la mise sur pied d'un atelier provisoire à l'Observatoire. Cependant, dans une logique budgétaire forcément restreinte étant donné l'absence de vocation officielle de l'Observatoire de Besançon à conserver du patrimoine, l'idée conductrice (volontairement acquise d'ailleurs, car j'ai jugé l'exercice intéressant) deviendra d'utiliser au maximum les ressources du site. C'est alors qu'apparaît une évidence quasiment tautologique : les sites abritant du patrimoine technique peuvent, par leur activité propre, être riches en ressources pour le conservateur-restaurateur. Ainsi peut être relevé

⁴¹ La charte de Nizhny Tagil est le projet de charte concernant la protection et la conservation du patrimoine industriel. Publiée par le Comité international pour la conservation du patrimoine industriel

l'intérêt d'une démarche in situ dans le cadre de la conservation-restauration de patrimoine technique, même s'il ne s'agit pas d'objets intransportables.

Finalement, sans avoir eu pour but de réaliser une étude fondamentalement axée sur les problématiques de conservation-restauration des objets scientifiques, les altérations rencontrées sur le chronographe Gautier ont permis de donner l'exemple d'un cas de traitement d'objet situé au carrefour de l'objet horloger, de l'instrument scientifique et de l'objet technologiquement contemporain, c'est-à-dire intégré dans un réseau et contenant des circuits électriques dont on ignore parfois la fonction et le fonctionnement. L'ampleur que prend alors la recherche documentaire en histoire et en technique pourrait bien donner la mesure de ce qui attend les conservateurs-restaurateurs d'objets scientifiques techniques et horlogers face au patrimoine technologique de la fin du XXe siècle.

6 Bibliographie et documentation

6.1 *Références bibliographiques*

Bacchus P. Adaptation d'un chronographe Gautier à la chronographie de précision. *Annales françaises de chronométrie*, n°2/1952, Observatoire national de Besançon, Besançon, 1952, pp. 139-150.

Baillaud R. et Fayet G. Etude expérimentale du chronographe Gautier. *Journal des Observateurs*, n°6, vol.5, pp.41-50.

Berducou M. La restauration : quels choix ? « Dérestauration », restauration-restitution. *Technè*, N°13-14, CRRMF, 2001.

Bertholon R. et Relier C. Les métaux archéologiques. *La conservation en archéologie*, M.-C. Berducou dir., Masson, Paris, 1990.

Boquet F. *Les observations méridiennes*, tome II, Octave Doin, Paris, 1909.

Brenni P. The restoration of scientific instruments. *Proceedings of the workshop held in Florence, December 14-15, 1998*, Istituto e Museo di storia della scienza et Opificio delle Pietre Dure, Le Lettere, 2000.

Brück P. et Sallet A. Note sur les chronographes P. Gautier et A. Fénon. *XVIIème bulletin chronométrique années 1904-1905*, Observatoire national astronomique, chronométrique et météorologique de Besançon, Besançon, 1906, pp. 47-58.

Brüggerhoff S. Korrosionsschutz für umweltgeschädigte Industriedenkmaler (Modelvorhaben). Zusammenfassender Endbericht zum Vorhaben DBU-Az : 06834, Deutsches Bergbau Museum, Bochum, 2003.

Calot P. Le chronographe imprimant du Père Verschaffel. *Annales françaises de chronométrie*, n°1/1933, Observatoire national de Besançon, Besançon, 1933, p.13

Caple C., Conservation skills. Judgement, method and decision making. Routledge, Londres, 2000.

Cohen E. *L'État brancardier. Politiques du déclin industriel (1974-1984)*. Calmann-Lévy, Paris, 1994.

Davoigneau J. et Leguet Tully F. L'inventaire et le patrimoine de l'astronomie. L'exemple des cercles méridiens et de leurs abris. *In situ*, n°6 septembre 2005, Ministère de la culture et de la communication, Paris, 2006.

Ducatel N., *Histoire de la conservation-restauration, éthique/déontologie*, support de cours 1, Haute école d'arts appliqués Arc, La Chaux-de-Fonds, 2002, non publié.

Dumas M. et Parcelier M. Chronographe imprimant à roue phonique. *Annales françaises de chronométrie*, n°2/1952, Observatoire national de Besançon, Besançon, 1952, pp. 135-137

E.C.C.O., Lignes de conduites Professionnel, ECCO, 1993.

Ferriot D., Jacomy B. et André L. *Le Musée des Arts et Métiers*, Pierre Lemoine dir., Musées et monuments de France, Paris, 1995.

Granier J. *Mesures des petits intervalles de temps*, Ed. Edouard Privat, Toulouse, 1940.

Horie C.V. Materials for Conservation. Organic consolidants adhesives and coatings, Butterworth and Heinemann, 2000.

Keriguy J., Les universités après la loi sur l'enseignement supérieur du 26 janvier 1984. Berger Levrault, Paris, 1984.

Kittel H. Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen. Geschichte, Grundlagen, Naturstoffe, anorganische Bindemittel, Band 1, S. Hirzel Verlag, Leipzig, 1998.

Koesling V. *Vom Feuerstein zum Bakelit. Historische Werkstoffe verstehen*, AdR-Schriftenreihe zur Restaurierung und Grabungstechnik, AdR Theiss,

Marchis V. Détruire pour conserver. *La lettre de l'OCIM*, no73, OCIM, 2001.

Masschelein-Kleiner L. *Les solvants*, I.R.P.A., Bruxelles, 1981.

Masschelein-Kleiner L. *Liants, vernis et adhésifs anciens*, 2^e édition, I.R.P.A., Bruxelles, 1983.

Mimeur R. *Technique du petit appareillage électromécanique*, Philippe Charat Ed., Pont-de-Beauvoisin (Savoie), 1949,

Reymondin C.-A., Monnier G., Jeanneret D. et Pelaratti U. *Théorie d'horlogerie*, Fédération des écoles techniques de Suisse, Lausanne, 1998

Rolland-Villemot B. Le traitement des collections industrielles et techniques, de la connaissance à la diffusion. *La lettre de l'OCIM*, n°73, OCIM, 2001.

Savoie Ch. Notes sur les origines de la fabrique d'horlogerie de Besançon 1793-1893, Gustave Fernier Ed., Besançon, 1893.

TICCIH, Charte de Nizhny Tagil pour le patrimoine industriel, TICCIH, 2003.

Wehlte K. *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, Ravensburger Buchverlag Otto Maier GmbH, Ravensburg, 1966, réédition 1992.

La Méridienne : tout un symbole. *BVV*, mensuel juin 2006, Ville de Besançon, p.28.

6.2 Liste des figures

Fig.1(p.34) Diagramme « RIP balance triangle ». Chris Caple, ©Routledge, Londres, 2000.

Fig. 2 (p.60) Le couvercle après traitement. La face intérieure et ses auréoles d'échauffement de l'ampoule. Cliché © G. Rapp, 2006.

Fig. 3 (p.61) Zone d'essai ou le chiffon humide a essuyé la surface (base en fonte). Cliché © G. Rapp, 2006.

Fig. 4 (p.62) Le deuxième traitement au Bactifer®. Cliché © G. Rapp, 2006.

Fig. 5 (p.62) Face intérieure de la platine arrière. Après le traitement. Cliché © G. Rapp, 2006.

Fig. 6 (p.63) Deux bains consécutifs de white-spirit et alcool isopropylique. Cliché © G. Rapp, 2006.

Fig. 7 (p.63) Galet inférieur et rochet, avant le retrait des lubrifiants. Cliché © G. Rapp, 2006.

Fig. 8 (p.64) Vue éclatée du galet inférieur et ses composants. . Cliché © G. Rapp, 2006.

Fig. 9 (p.64) L'électro-aimant de débrayage après la pose de nouveaux fils conducteurs. Cliché © G. Rapp, 2006.

6.3 Liste des tableaux

Tableau 1. (p.47) Comparatif compatibilité/efficacité solvant/surface.

6.4 Liste des abréviations et sigles

ECCO : Confédération européenne des organisations de conservateurs.restaurateurs.

ICOMOS : Conseil international des monuments et des sites.

TICCIH : Comité international pour la conservation du patrimoine industriel.

DRRT : Délégation régionale à la Recherche Technologique

Haute école d'arts appliqués Arc
Filière : Conservation-restauration
Orientation : objets scientifiques, techniques et horlogers

Mise en conservation d'instruments scientifiques dans le cadre d'une institution en activité.

Cas d'un chronographe Gautier 1905 appartenant à l'Observatoire de Besançon

Annexes I et II

Guillaume Rapp

15 Septembre 2006



Sommaire des annexes

Annexe I : Dossier de traitement du chronographe Gautier de l'Observatoire de Besançon	4
Objet de la mise en conservation	5
Mandat	6
Description de l'objet	7
Données historiques et techniques	7
Constat d'état du chronographe Gautier de l'Observatoire de Besançon	11
A. Structure/habillement	12
Bâti en fonte (base de l'appareil)	12
Couvercle en tôle.....	14
Platines.....	17
Piliers de platines et leurs vis.....	20
B. Entraînement/comptage/minuterie	23
Moteur asynchrone LIP.....	24
Moteur synchrone, dit « roue phonique »	26
Comptage et correction angulaire différentielle	30
Minuterie.....	32
C. Alimentation et régulation électrique	34
Barrette de connexion.....	34
Conducteurs électriques :.....	35
Rhéostat fixé	36
Contacteur de frappe.....	36
D. Système d'impression	37
Dériveur de papier.....	37
Guides inférieur et supérieur des bandes de papier.....	37
Lever de frappe.....	38
Electro-aimant de frappe	39
Galet inférieur	40
Galet supérieur	42
Electro-aimant d'avance du papier.....	44
Diagnostic et lecture de traces	45
Diagnostic.....	45
Salissures et poussières	45
Oxydation et corrosion sur les métaux	45
Lubrifiant en voie de solidification ou solidifié.....	46
Lacunes dans les couches de peinture	47
Lecture de traces.....	47

Proposition de traitement	51
<i>Salissures et poussières</i>	51
<i>Oxydation et corrosion sur les métaux</i>	51
<i>Lubrifiant en voie de solidification ou solidifié</i>	52
<i>Lacunes dans les couches de peinture</i>	53
Rapport de traitement	54
<i>Salissures et poussières</i>	54
<i>Oxydation et corrosion sur les métaux</i>	54
<i>Lubrifiant en voie de solidification ou solidifié</i>	55
<i>Lubrification renouvelée</i>	55
<i>Remise en fonctionnement du chronographe au moyen d'un nouveau système d'alimentation</i>	55
Annexe II : Documents significatifs	56
<i>Activités productives et domaines de recherche de l'Observatoire de Besançon</i>	57
<i>Appel d'offres</i>	58
<i>Demande de financement à la Direction régionale de la recherche technologique de Franche-Comté</i>	60
<i>Etude préalable sur un chronographe Gautier</i>	66
<i>Rectification du mandat</i>	68
<i>Informations de François PUEL sur le chronographe Gautier</i>	70
<i>Spectrogrammes fuorescence X</i>	73
<i>Graphiques du thermo-hygrographe</i>	76

**Annexe I : Dossier de traitement du chronographe Gautier
de l'Observatoire de Besançon**

Objet de la mise en conservation

Objet : chronographe imprimant Gautier 1905. Modification de l'entraînement par remplacement du mécanisme d'horlogerie par un moteur synchrone vers 1952.

Propriétaire : Observatoire de Besançon, Doubs, France

N° inventaire : 134 (Inventaire des objets mobiliers historiques de l'Observatoire de Besançon, réalisé par les services de l'Inventaire général, Ministère de la Culture, France)

Mesures :

- Dimensions : 44 x 33 x 23 cm
- Masse : 50 kg environ

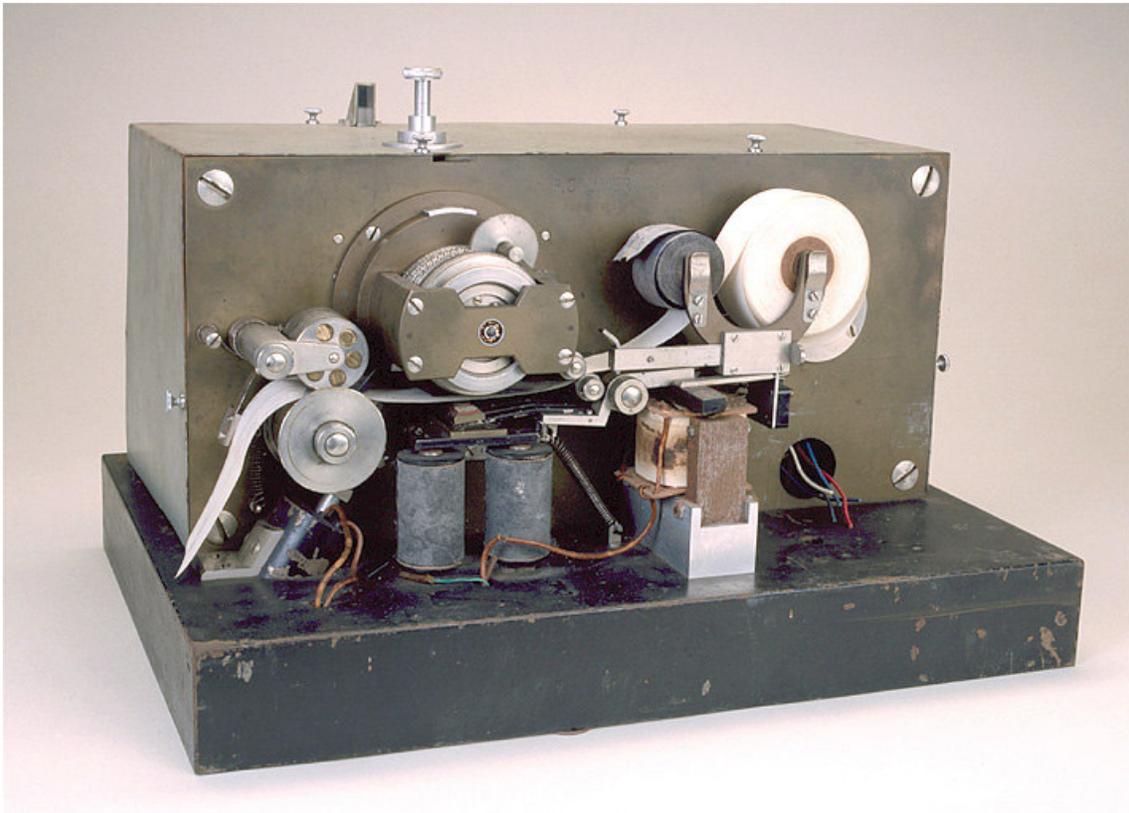


Fig.1 Chronographe imprimant Gautier de l'Observatoire de Besançon (photo : Inventaire général, 2004)

Mandat

Au terme des discussions initiales du mois d'octobre 2005 concernant le contenu du mandat de ce stage de diplôme HES entre les différents partenaires du projet, puis de la nécessaire réduction de celui-ci en rapport avec le refus de la subvention DRRT qui aurait permis l'intervention sur trois chronographes, (voir courrier du 30 mars 2006 de G RAPP à F. VERNOTTE, annexe II p.70), Il subsiste que la demande se concentrera sur le seul chronographe Gautier de 1905 et que le travail à réaliser se composera des éléments suivants :

- Une étude climatique étude afin de déterminer si les conditions de conservation de la collection de chronographes sont à améliorer.
- Une étude historique permettant de reconstituer la fonction et l'utilisation de ces objets dans le cadre de l'observatoire
- Un constat d'état au démontage établi en collaboration avec Olivier MOREL et Paul REAL, nécessitant de se rendre dans les ateliers de chacun avec l'objet.
- Un diagnostic suivi d'une proposition de traitement émanant de l'étudiant en conservation
- Le traitement des altérations et la remise en fonctionnement, effectué à Besançon dans un atelier temporaire aménagé au sein de l'Observatoire. Les deux spécialistes y participeront à raison de deux journées de travail chacun, le reste étant effectué par l'étudiant en conservation-restauration.
- L'aménagement et l'installation de l'objet restauré en vue de l'exposition et de la démonstration.

Description de l'objet

Données historiques et techniques

Les premiers chronographes imprimant l'heure par des chiffres sur une bande de papier ont été mis au point aux Etats-Unis dans les années 1860 (chronographe de Hough), mais c'est seulement vers la fin des années 1890 que le Père Verschaffel, directeur de l'Observatoire d'Abbadia, près d'Hendaye (France), commanda la construction du premier chronographe imprimant français. Loin de convaincre, au début, la communauté scientifique française de l'époque, la méthode chronographique appliquée aux observations astronomiques intéressa peu à peu les astronomes après que l'appareil du Père Verschaffel fut présenté à l'Exposition universelle de Paris en 1900, puis testé avec succès à l'Observatoire de Paris l'année suivante¹. La base de temps du chronographe de Verschaffel était donnée par l'oscillation d'un pendule installé sur l'appareil tandis que le système d'impression était commandé par l'action d'un électro-aimant libérant un levier armé par un ressort. Le chronographe de Verschaffel ayant donné des résultats jugés excellents par rapport à la méthode de l'œil et de l'oreille que les astronomes utilisaient jusque-là, la méthode d'enregistrement des temps de passage des astres dans le champs des lunettes méridiennes devint la règle à partir du début des années 1900.

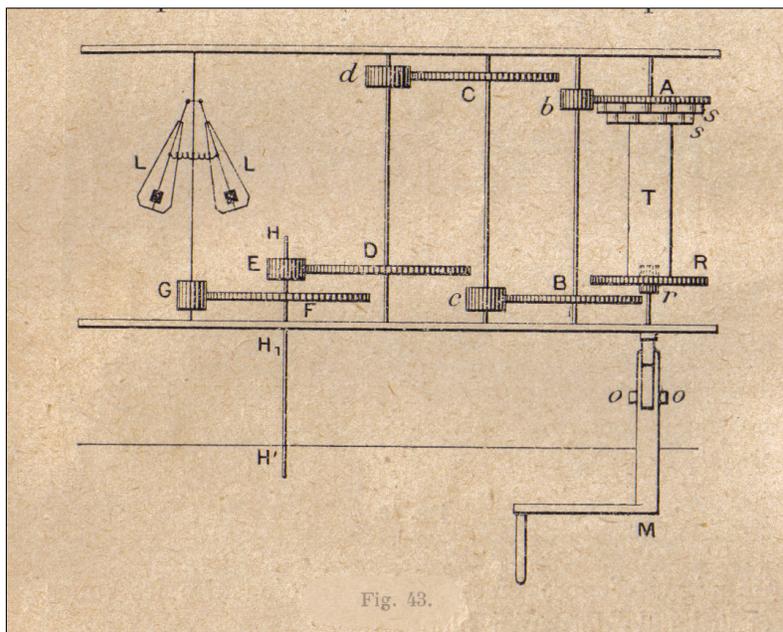


Fig.2 Schéma vu de dessus du mouvement mécanique originel entraînant le chronographe Gautier.

On distingue bien l'échappement centrifuge dit « de Foucault » (L) ainsi que le tambour d'enroulement du câble portant le poids moteur (T).

(Tiré de :Boquet F.,1909)

¹ Calot P., Le chronographe imprimant du Père Verschaffel. *Annales françaises de chronométrie*, n°1/1933, Observatoire national de Besançon, Besançon, 1933, p.13

La première mention du chronographe de Paul Gautier (à qui l'on doit la lunette méridienne de l'Observatoire de Besançon) est datée de 1903, date à laquelle l'Observatoire de Paris en acquit un exemplaire, le testa et publia les résultats obtenus par la main d'un des astronomes du lieu, Félix Boquet. Selon sa description, le chronographe Gautier consistait en l'assemblage d'un mouvement d'horlogerie et d'un système de télégraphe. Le mouvement d'horlogerie était mû par un poids dont la masse était de plus de 100kg. Son système d'impression « télégraphique » était également commandé par électro-aimants mais sa régulation était réalisée par un régulateur centrifuge à ailettes, présentant en outre l'avantage sur le chronographe de Verschaffel d'avoir un système d'impression plus rapide à réarmer. Ceci permettait d'enregistrer deux mesures (dites « tops ») successives dans un laps de temps de 0,3 secondes contre 2,5 secondes pour l'appareil de Verschaffel. Sa construction plus compacte, ainsi que son absence de pendule, furent considérées comme des avantages pratiques indéniables. Sa précision de mesure évaluée à 0,02 secondes était à cette époque considérée comme remarquable. Ainsi l'utilisation de ce modèle de chronographe se répandit dans les observatoires de France et parfois à l'étranger, équipant successivement les observatoires de Paris, Besançon, Toulouse, Nice, Bordeaux, l'Ecole d'ingénieurs de Porto-Alegro (Brésil), Uccle (Bruxelles), et Alger.

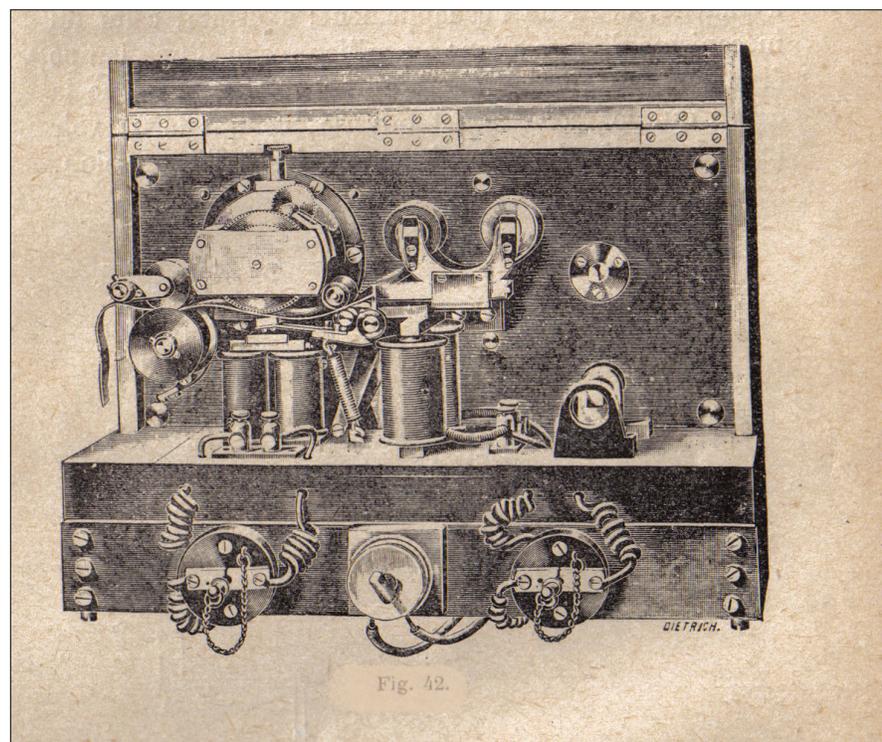


Fig.3 Gravure montrant l'apparence originelle du chronographe Gautier.
(Tiré de :Boquet F.,1909)

Le chronographe Gautier de l'Observatoire de Besançon fut commandé en 1904 grâce au don des fonds nécessaires par le Ministre de l'Instruction publique, et livré à Besançon au

mois d'avril 1905 où il fut de suite mis en activité pour essais par MM. Brück et Sallet² du Service méridien. On constate donc que le chronographe Gautier était un instrument prévu d'abord pour les observations méridiennes et cette constatation vaut aussi bien pour Besançon que pour les autres observatoires qui en furent équipés.

En 1922, une étude sur la précision du chronographe Gautier est publiée par MM. Baillaud et Fayet³ de l'Observatoire de Besançon, concernant les écarts de marche qui peuvent se produire en une seconde. En effet, si la marche du chronographe Gautier sur une journée est irréprochable car il est chaque seconde remis à l'heure par un signal électrique provenant de la pendule directrice de l'Observatoire, son système de synchronisation semble provoquer des retards à l'intérieur d'une même seconde. L'étude Baillaud et Fayet de 1922 s'appuie sur un appareillage électrique sophistiqué permettant de comparer le comportement de la roue des secondes avec la régulation d'un pendule, d'une part et d'un diapason métallique entretenu électriquement à une fréquence de 100 Hz, d'autre part. La cause du comportement irrégulier du chronographe Gautier put ainsi être déterminée comme provenant du système de débrayage de la roue des secondes (qui porte 100 chiffres en relief sur sa périphérie de sorte qu'on peut lui faire inscrire théoriquement le 1/100^e de seconde). En effet, le principe du système de synchronisation était de donner une très légère avance au parcours de la roue des secondes (de l'ordre de 0,02 s par tour), puis de la débrayer mécaniquement de sorte qu'un bref arrêt (du même ordre que l'avance précédemment citée) se produise au centième zéro, puis que cette roue soit réembrayée électriquement par l'action de l'électro-aimant commandé par la pendule directrice de l'Observatoire. A l'époque, cette pendule directrice était la pendule Fénon n°53.

La suite de l'histoire se trouve dans les archives de l'Observatoire, parmi les correspondances écrites au sujet des équipements techniques. Là, on apprend que les chronographes Gautier et Prin ont du être envoyés pour réparations chez le constructeur d'instruments Secrétan à Paris en juillet 1942, suite à des dégradations causées par les forces d'occupation allemandes au printemps 1940. Il est fait mention du chronographe Gautier comme étant un chronographe à poids, ce qui me permet de conclure que jusqu'à fin 1945, date à laquelle le chronographe a été restitué à Besançon, ce chronographe était encore entraîné mécaniquement.

² Brück P. et Sallet A., Note sur les chronographes P. Gautier et A. Fénon. *XVII^{ème} bulletin chronométrique*, années 1904-1905, Observatoire national astronomique, chronométrique et météorologique de Besançon, Besançon, 1906, pp. 47-58.

³ Baillaud R. et Fayet G., Etude expérimentale du chronographe Gautier. *Journal des Observateurs*, n°6, vol.5, pp.41-50 (obtenu sans références d'édition, sur le site <http://adsabs.harvard.edu/abs/1922JO.....5...41B>)

La période de la modification se précisant petit à petit une recherche plus ciblée dans les « annales chronométriques françaises » à partir de 1946 permet de trouver en 1952 deux articles concernant l'électrification de chronographes Gautier, l'un à Bordeaux⁴, l'autre à Strasbourg⁵. Celui de Besançon n'a apparemment fait l'objet d'aucune publication, mais sa modification ressemble en de nombreux points à celles de Bordeaux et de Strasbourg. Sur ces deux appareils, le système d'entraînement mécanique a été entièrement déposé et remplacé par un moteur synchrone attaquant directement le dernier rouage situé avant la minuterie. On y apprend que ces chronographes étaient équipés de moteurs synchrones appelés « roue phonique » fabriqués par Belin, alimentés par des amplificateurs électriques, eux mêmes commandés par des signaux à fréquence élevée provenant d'horloges à diapason ou à quartz. La tension d'alimentation était de 1000 V et la fréquence de 1000Hz. Les archives de l'Observatoire donnent une fois encore une information intéressante : en fin 1951, l'Observatoire a commandé à une entreprise de matériel électrique et électronique des composants propres à construire un amplificateur de tension et un transformateur prévu pour entraîner une roue phonique de 1000V à la fréquence de 1000Hz. Pour l'historien, ce recoupement est peut-être d'une fiabilité discutable ; pour le conservateur-restaurateur, cette information donne une piste intéressante pour l'interprétation des essais de fonctionnement.

C'est dans cette version modifiée que le chronographe Gautier se présente aujourd'hui à nos yeux, riche de l'histoire technique accumulée pendant plus de soixante années d'utilisation au sein de l'Observatoire de Besançon.

⁴ Dumas M. et Parcelier M., Chronographe imprimant à roue phonique. *Annales françaises de chronométrie*, n°2/1952, Observatoire national de Besançon, Besançon, 1952, pp. 135-137

⁵ Bacchus P., Adaptation d'un chronographe Gautier à la chronographie de précision. *Annales françaises de chronométrie*, n°2/1952, Observatoire national de Besançon, Besançon, 1952, pp. 139-150.

Constat d'état du chronographe Gautier de l'Observatoire de Besançon

Note à l'intention du lecteur :

Le constat d'état est le relevé des altérations observées sur le chronographe Gautier. Les illustrations montrent le chronographe et ses composants avant les phases de traitement.

Chaque paragraphe commence par un bref descriptif de l'organe concerné permettant de mettre en relation directe la fonction de l'organe et ses altérations.

Les altérations dues au vieillissement des matériaux ou à l'utilisation du chronographe sont signalées en caractères gras noirs, tandis que celles concernant l'observation des **traces attribuées à la modification du chronographe** sont en bleu.

Pour des raisons de lisibilité, la mise en page en « paysage » a été adoptée, elle permet de montrer les images sur la droite de la page directement en relation avec le texte.

A. Structure/habillement

Bâti en fonte (base de l'appareil)

Bâti parallélépipédique en métal ferreux de 440mm x 330mm x 80mm percé de trous de fixation et orifices de passage, peint en noir. L'appareil repose sur cette base, elle sert en particulier de support aux platines. Comme l'état des surfaces montre qu'il a certainement été obtenu par coulée, puis usiné, le matériau utilisé est vraisemblablement de la fonte, ce qui est confirmé par Boquet (1909)⁶.

Peinture noire, identification : Surface légèrement brillante avec rides de séchage, surtout près de certains bords, typique des peintures à liant huile siccatif. Couleur noire, pigment non déterminé, mais probablement de l'oxyde de magnésium, courant dans les peintures industrielles de la fin du XIXe siècle et du début du XXe, avait l'avantage d'accélérer le séchage du liant par effet de catalyse⁷.

Salissures : La surface est ternie par la présence de poussière,



Fig.4 Plaque de base de l'appareil, en fonte, après démontage.

© G. Rapp, 2006

⁶ Boquet F., *Les observations méridiennes*, tome I, Doin, Paris, 1909

⁷ Kittel H., *Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen. Geschichte, Grundlagen, Naturstoffe, anorganische Bindemittel*, Band 1, S. Hirzel Verlag, Leipzig, 1998.

salissures, coulures. Lacunes dans la couche peinte principalement sur les arêtes du volume.

Lacunes : Certaines lacunes de la couche noire laissent apparaître une sous-couche grise qui est probablement une sous-couche de protection contre la corrosion, probablement à base de plomb. D'autres lacunes laissent apparaître directement le métal corrodé.

Corrosions sur fonte : Sur la surface métallique mise à nu par les lacunes, des corrosions superficielles se sont développées. Lacunes situées dans zones de chocs. Parties saillantes, accès principalement. Hors de ces zones, la peinture est toujours très adhérente et protège efficacement le métal.

Orifices inoccupés: Plusieurs orifices percés dans le bâti sont inoccupés par quoi que ce soit ou servent de passage à des fils électriques. Le plus remarquable de ceux-ci est un évidemment oblong de 60mm x 160mm environ situé dans la partie centrale de la surface supérieure du bloc. Le chronographe étant mécanique à l'origine, la fonction de ces orifices a été détournée lors de la modification de l'appareil. Selon Boquet⁸, l'orifice oblong correspond au passage du câble de l'ancien poids moteur.

⁸ Boquet F., *Les observations méridiennes*, tome I, Doin, Paris, 1909, pp.114-139.

Couvercle en tôle



Fig.5 Couvercle en tôle, vu de dessous. On remarque les auréoles d'échauffement témoignant du fonctionnement de l'ampoule logée dans l'appareil. © G. Rapp, 2006



Fig.6 Le même couvercle, vu de dessus. On distingue quelques taches. Un prisme à 45° est monté sur la surface et joue le rôle de miroir permettant d'apercevoir un contrôle de rotation stroboscopique. © G. Rapp, 2006

Pièce de tôle d'acier rectangulaire pliée sur deux bords, peinte en gris verdâtre. 5 vis maintiennent cette pièce sur la tranche des deux platines qui enserrant le mouvement. Cet élément a visiblement été réalisé par pliage d'une tôle d'acier. Les trous de passage des vis sont grossièrement exécutés. Sur la face supérieure, on distingue un trou de passage pour la tige de commande du correcteur différentiel, entouré d'un cercle gradué. De l'autre côté se

trouve un prisme en verre taillé à 45° enserré dans une pièce de tôle, qui permet de regarder à l'intérieur de l'appareil.

Peinture grise, identification : La pièce a été peinte au pinceau avec une peinture qui n'a ni les caractéristiques d'une peinture à l'huile (ridules de séchage), ni celles d'une peinture cellulosique (couche dure, cassante et très lisse), il peut s'agir d'une peinture à liant alkyde⁹.

Composant non originel : La qualité de la facture semble inférieure à celle prévalant sur d'autres composants : les traits de peinture au pinceau sont visibles et les trous de passage des vis sont disposés approximativement. Les autres chronographes du même type sont équipés de cabinets en bois verni.

Prisme à 45° du contrôle stroboscopique: ce prisme est situé à l'aplomb de l'axe moteur, juste au-dessus d'une roue graduée en 100 parties qui est fixée sur cet axe. Ce prisme, ainsi que la roue graduée sont des avatars de l'électrification de l'appareil. Il s'agit d'un contrôle stroboscopique permettant de vérifier que le moteur synchrone tourne à la fréquence de rotation correspondant à la fréquence de l'alimentation électrique du moteur.

Taches circulaires bleues : deux taches en forme d'arc de cercle sont visible sur la face supérieure.

⁹ Kittel H., *Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen. Geschichte, Grundlagen, Naturstoffe, anorganische Bindemittel*, Band 1, S. Hirzel Verlag, Leipzig, 1998.

Salissures : ce couvercle porte de nombreuses traces de salissure, qu'il s'agisse de poussière agglutinée par des gouttes d'eau ou d'autres taches de liquides.

Lacunes de peinture : Quelques petites lacunes de moins d'un centimètre dans lesquelles des corrosions légères se sont développées.

Taches noires : des taches noircies sur la peinture de la face intérieure sont situées juste au-dessus de la douille d'ampoule (support) se trouvant à l'intérieur de l'appareil.

Vis manquantes : le couvercle comporte huit trous de passage, ainsi que les platines comportent huit taraudages. On en déduit que trois vis manquent.

Platines



Fig.7 Platine de devant. © G. Rapp, 2006



Fig.8 Platine de derrière. © G. Rapp, 2006

Deux plaques de laiton de 410 x 190 x 9mm forment ce qu'en horlogerie on appelle les platines, à savoir des plaques métalliques portant de nombreux orifices, en particulier ceux faisant office de tourillons pour les axes des rouages du mouvement.

Laiton, identification : Selon Boquet (1909) ces plaques sont en cuivre, mais Brück et Sallet (1906)¹⁰ les décrivent comme étant en laiton, ce que la couleur du métal confirme avec évidence.

Rugosité de la surface des platines : La surface de ces platines présente la particularité d'être matte et légèrement granuleuse telle qu'elle le serait après un sablage. Cette observation ne correspond pas avec ce que l'on connaît des instruments scientifiques en général, du chronographe Gautier de Nice ni des autres chronographes Prin et Secrétan. Il est probable que ces surfaces ont été sablées (ou autre abrasif projeté par de l'air sous pression) lors de la modification mécanique.

Absence de protection de surface : On ne trouve pas de couche de protection sur la surface actuelle, mais une pellicule de lubrifiant séché y a probablement migré ou y a été déposée intentionnellement. Cette absence est difficilement compréhensible étant donnée l'habitude quasi générale de protéger les surfaces en laiton des instruments scientifiques avec des vernis (« zapon »). On peut envisager qu'au moment de la modification, la couche de vernis était déjà très dégradée et qu'il n'ait pas été choisi de la refaire, mais de l'enlever complètement.

Corrosion, ternissure : Corrosion superficielle uniforme dans le genre d'une patine

¹⁰ Brück P. et Sallet A., Note sur les chronographes P. Gautier et A. Fénon. *XVIIe bulletin chronométrique*, année 1904-1905, Observatoire national de Besançon, Besançon, 1906, pp 47-58.

naturelle du laiton, de couleur vert foncé à brun clair. Corrosion locale accentuée, de couleur blanchâtre au centre des taches puis brune sur les bords, en forme de traces de doigts, principalement sur la face extérieure de la platine arrière de l'appareil.

Orifices inoccupés : Avant démontage, on constate que plusieurs orifices de différentes tailles sont inoccupés. L'un d'eux sert de passage à des fils électriques. Il s'avère que dans la forme originelle de l'appareil il s'agissait du trou de passage de la manivelle utilisée pour remonter le poids moteur entraînant le mouvement mécanique.

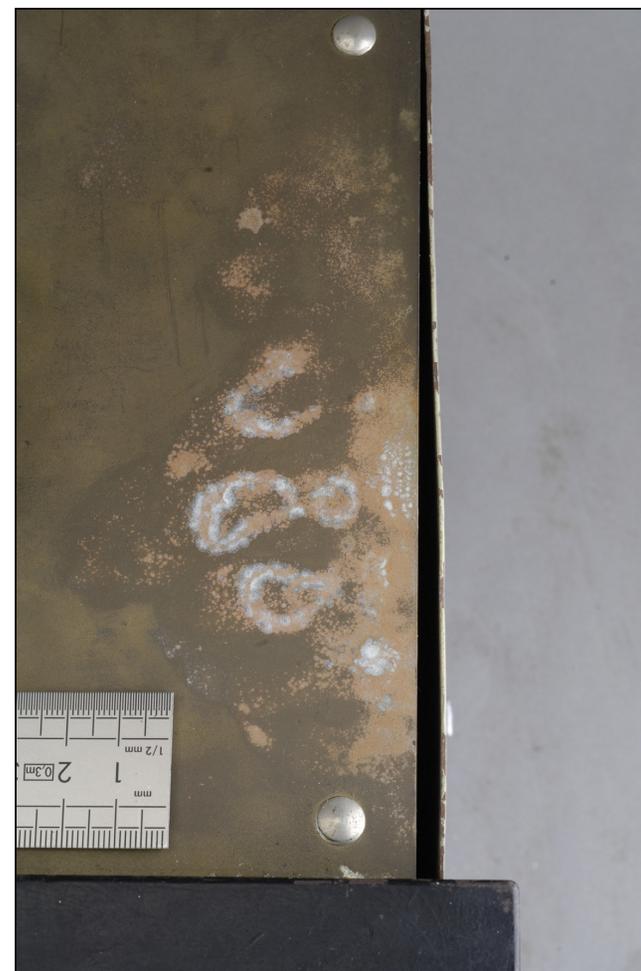


Fig.9 Platine de derrière : corrosion en forme d'empreintes digitales. © G. Rapp, 2006

Piliers de platines et leurs vis



Fig.10 Marquage par points sur les piliers de platines.
© G. Rapp, 2006

Fig.11 Corrosion superficielle sur les piliers de platines. Présence de poussières et d'insectes.
© G. Rapp, 2006

Les piliers de platines sont les entretoises en acier nickelé qui assemblent les platines entre-elles. Ils sont numérotés de un à quatre par le nombre des points frappés sur les portées situées aux extrémités des piliers. Cette numérotation correspond à celle du même type qui est inscrite à proximité des trous de passage des piliers dans les platines. La distance de portée à portée est de 190 mm.

Acier nickelé, identification : le revêtement des piliers n'a pas été directement analysé. L'analyse portant sur le revêtement nickel a été faite par spectroscopie à fluorescence par rayons X sur une pièce de la minuterie¹¹. Mais la couleur de ce revêtement est tout à fait reconnaissable sur un grand nombre de composants du chronographe Gautier modifié.

Présence d'un revêtement de nickel : dans aucune source du début du XXe siècle, qu'il s'agisse de Boquet (1909) ou de Brück et Sallet (1906), on ne trouve de mention de ce revêtement, pour quelque pièce que ce soit. Ce traitement est unique au chronographe Gautier de l'Observatoire de Besançon. Les deux autres chronographes du même type ne possèdent pas cette caractéristique, ni les chronographes Gautier des observatoires de Nice ou d'Abbadia dont on trouve les photographies dans la base de données « Palissy » établie par l'Inventaire général¹². Ce revêtement galvanique a été déposé aussi bien sur des composants en acier comme les piliers ou des goupilles coniques assurant la fermeture des axes. La goupille tenant lieu d'axe de rotation du galet supérieur est également revêtue, ce qui a posé un problème d'usure du revêtement. Ailleurs, sur les roues d'impression à chiffres de la minuterie, les composants des galets supérieur et inférieur ou le levier de frappe, ce revêtement a été posé sur des métaux cuivreux, laiton ou bronze. Le résultat esthétique de cette opération, conjugué avec la forme « dépouillée » du couvercle de tôle peint en gris, participe à donner (à tort) l'impression que le chronographe Gautier de l'Observatoire de Besançon est plus récent que la date gravée sur sa face avant (platine de devant).

¹¹ Voir spectrogramme, annexe II, p. 74

¹² accessible à l'adresse : <http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/patrimoine/>

Corrosion superficielle par points du revêtement : sur deux des quatre piliers, une corrosion superficielle formant des petits points de moins d'un mm de diamètre est visible sur la portion cylindrique entre les portées.

Ordre de montage erroné : lors du démontage de l'appareil chez M. MOREL, à Paris, je me suis aperçu que la position des piliers ne correspondait pas à celle qui est inscrite sur les platines. La disposition des piliers et des vis est reportée dans le tableau ci-contre.

Traces de ripage dans les fentes de vis : les fentes de vis présentent des traces caractéristiques de ce qui se produit lorsqu'on essaie de la dévisser et que le tournevis glisse brusquement hors de la fente.

Tab. 2 Correspondances n° trous/piliers/vis.

N° du trou de passage dans la platine	N° du pilier	N° de la vis
1	1	4
2	2	3
3	4	2
4	3	1



Fig.12 Fente de vis abîmée. Une altération fort courante.

© G. Rapp, 2006

B. Entraînement/comptage/minuterie

On trouve dans cet ensemble les composants mécaniques qui permettent de fournir l'heure sur cet appareil. L'entraînement est réalisé par deux moteurs électriques, soit un moteur monophasé synchrone pour assurer une fréquence de rotation précise et constante, et un moteur monophasé asynchrone pour fournir le restant du couple nécessaire à l'entraînement du mouvement de minuterie¹³. Pourtant, selon d'autres sources¹⁴, le moteur asynchrone n'est nécessaire dans cette construction que pour le lancement du moteur synchrone et doit être coupé après la montée en régime des organes d'entraînement, ce qui est plus probable.

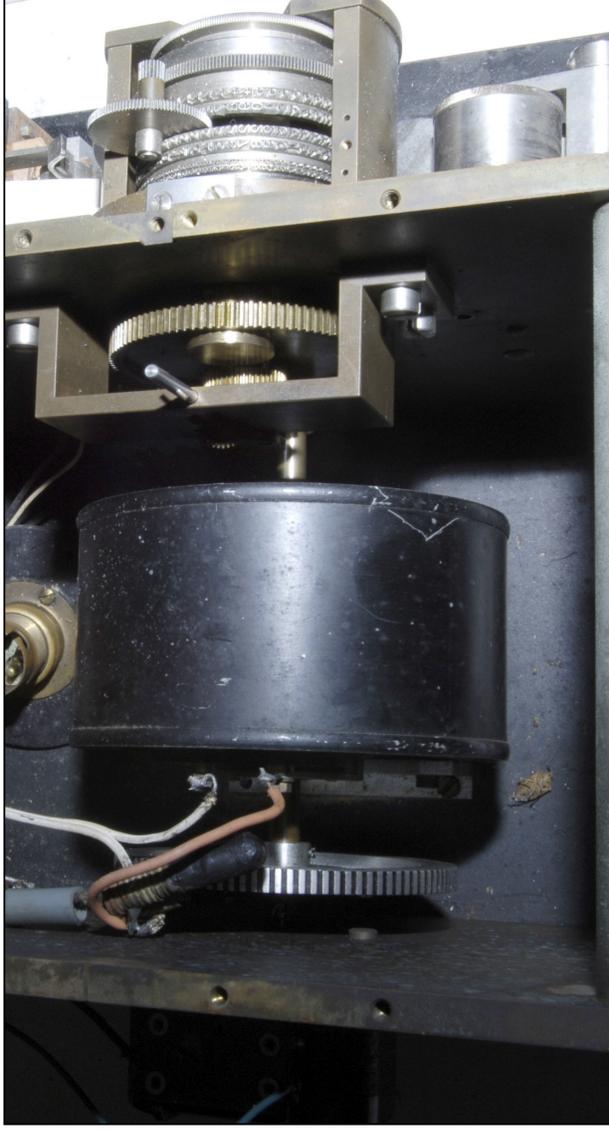


Fig.13 Entraînement, comptage et minuterie. Tout à gauche on remarque la roue graduée et l'ampoule stroboscopique du contrôle de la fréquence de rotation. Puis, en allant vers la droite, la roue phonique Belin, le correcteur différentiel et enfin l'affichage, à l'extérieur de la platine de devant. © G. Rapp, 2006

¹³ Granier J., *Mesure des petits intervalles de temps*. Edouard Privat, Toulouse, 1940.

¹⁴ Bacchus P. Adaptation d'un chronographe Gautier à la chronographie de précision. *Annales françaises de chronométrie*, n°2/1952, Observatoire national de Besançon, Besançon, 1952, pp. 139-150.

Moteur asynchrone LIP

Sur la face arrière du chronographe, on peut apercevoir un moteur asynchrone monophasé de la marque LIP (célèbre fabricant d'horlogerie et de mécanique basé à Besançon, dont l'activité a cessé progressivement des années 1970 aux années 1980). L'inscription de la marque est moulée dans la bakélite qui forme son enveloppe. Il s'agit apparemment d'un modèle bi-tension 110V ou 220V car on peut sélectionner l'un ou l'autre circuit par un petit levier situé sur le bornier du moteur. Un moteur asynchrone est un moteur à courant alternatif dont la fréquence de rotation ne suit pas par une règle fixe la fréquence de son courant d'alimentation. Le principe de fonctionnement repose sur le fait que le rotor (la partie tournante du moteur) subit l'action d'un champ magnétique tournant dans le stator (partie fixe du moteur) sans liaison électrique entre l'un et l'autre. Le couple de ce moteur est proportionnel au courant qui traverse le bobinage de fils de cuivre composant une partie du stator et qui génère le champ magnétique. La fréquence de rotation de ce type de moteurs dépend donc d'un rapport (qui peut être très variable) entre le couple généré par l'intensité du champ magnétique et le couple résistant mécaniquement sur l'arbre du moteur. La « souplesse » d'utilisation est le plus grand avantage de cette construction : Sitôt que le courant est établi dans le bobinage du stator, un couple apparaît sur l'arbre du moteur, alors même que sa vitesse est nulle. Cela en fait un excellent moteur de

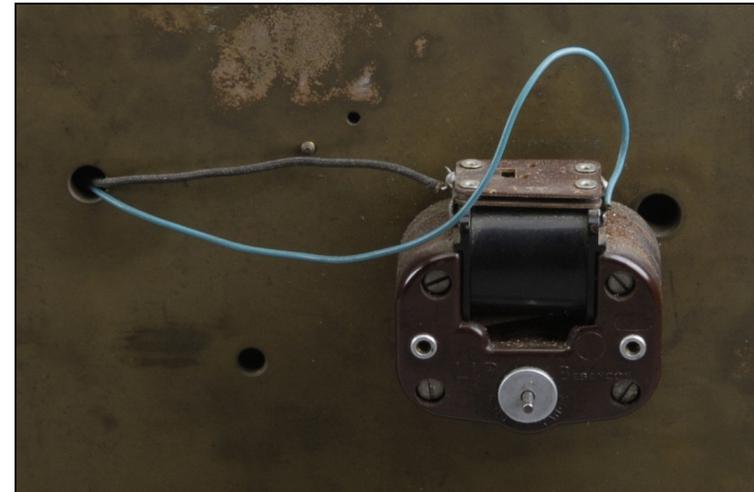


Fig.14 Le moteur asynchrone LIP. En position sur la platine de derrière. © G. Rapp, 2006



Fig.15 Le moteur asynchrone LIP. Demonté. © G. Rapp, 2006

démarrage. Par la suite, il est possible de fixer un régime donné, quoique de façon peu précise, en limitant le courant traversant le bobinage par une résistance électrique montée en série sur la ligne d'alimentation du moteur. On peut donc obtenir une fréquence de rotation relativement constante si le couple antagoniste sur l'arbre du moteur l'est aussi, ce qui est le cas dans la construction du chronographe Gautier modifié.

Evaluation visuelle de l'état fonctionnel du moteur asynchrone : les moteurs asynchrones dits « à cage d'écurueil » comme celui dont nous nous occupons sont de construction simple et robuste, ils sont peu sensibles à l'usure. Cependant, la longue période d'inactivité du chronographe et sa conservation dans un endroit poussiéreux ont conduit à un grippage léger de l'arbre du moteur. L'état fonctionnel doit être confirmé par un test de fonctionnement.

Corrosion sur le noyau ferreux du stator : le stator est composé principalement du bobinage (en fils de cuivre et isolé extérieurement par du papier fort noir) enserrant un noyau en fer « feuilleté » composé de plaques de fer rivetées ensemble, qui forme une boucle autour du rotor. Ce noyau en fer est peint en noir et sa peinture s'est soulevée, laissant apparaître une corrosion sous-jacente.

Torsion du dispositif d'accouplement du moteur asynchrone: L'accouplement souple reliant les axes des deux moteurs, un ressort solidaire des deux arbres, a subi une torsion qui l'a complètement déformé.



Fig.16 Moteur LIP Détail des corrosions sous couche peinte. © G. Rapp, 2006

Moteur synchrone, dit « roue phonique »

La roue phonique est un moteur électrique synchrone d'un type particulier : sa construction fait penser à celle d'un moteur de type asynchrone car, on a d'une part un stator muni de bobinages et d'autre part, un rotor qui ne lui est pas relié électriquement et n'est polarisé d'aucune manière. Mais sa construction n'est pas axée sur l'établissement d'un unique champ magnétique tournant dans un inducteur. Elle repose sur l'effet d'attraction par impulsions que subissent les créneaux portés par le rotor lorsqu'ils passent devant les créneaux portés par l'extrémité de six bobinages disposés sur le stator. L'entrefer entre les créneaux fixes et les créneaux mobiles est de l'ordre de quelques dixièmes de mm. Le champ magnétique alternatif produit par les bobinages est concentré dans leurs extrémités en forme de créneaux, ce qui provoque l'attraction ou la répulsion des créneaux correspondants du rotor se trouvant vis-à-vis. La somme de ces attractions magnétiques se constitue en réaction mécanique sur le rotor qui est libre sur son axe, ce qui provoque son mouvement de rotation. Cependant, le phénomène n'est pas d'une ampleur suffisante pour initier spontanément la rotation du rotor lors d'un enclenchement de l'alimentation des bobinages avec une fréquence électrique élevée, comme c'est généralement le cas. Ce type de moteur doit donc être « lancé » jusqu'à atteindre précisément la fréquence de rotation qui correspond exactement à la fréquence d'alimentation électrique. Ceci explique la présence d'un moteur asynchrone en prise sur l'arbre de la roue phonique pour effectuer son démarrage. Le grand avantage de la roue

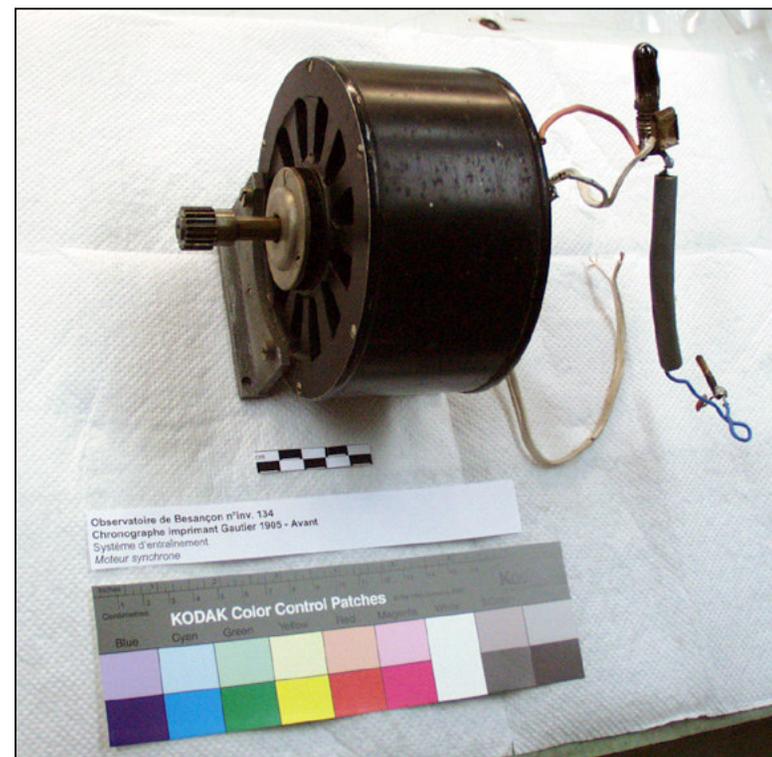


Fig.17 La roue phonique Belin après dépose. On remarque la lampe stroboscopique pontée en parallèle avec l'alimentation de ce moteur d'un genre très particulier.
© G. Rapp, 2006

phonique est qu'elle peut être alimentée avec des fréquences élevées et que sa fréquence de rotation est inversement proportionnelle au nombre de créneaux que porte le rotor, dans un rapport fixé une bonne fois pour toutes. Sa fréquence de rotation, une fois atteinte, est parfaitement stable si la fréquence d'alimentation électrique est stable et si le couple antagoniste reste modéré. Si celui-ci augmente de façon exagérée, l'arrêt de la roue se produit et il faut au besoin la redémarrer.

La roue phonique utilisée dans le chronographe Gautier modifié comporte 100 créneaux repartis sur la périphérie du rotor pour une fréquence d'alimentation électrique de 1000 Hz (soit 1000 cycles par seconde). Chaque cycle faisant tourner la roue d'un centième de tour, la fréquence de rotation de l'arbre du moteur est de 10 tours par seconde.

L'emploi de fréquences d'alimentation électrique élevées dans les bobinages électromagnétiques se heurte à l'effet de « résistance apparente » ou « impédance ». En effet, plus la fréquence du courant électrique augmente, plus le bobinage devient résistant au passage du courant. Pourtant, c'est bien l'intensité du courant électrique qui est déterminante pour créer le champ magnétique dans les bobinages, il est donc nécessaire que celui-ci atteigne une valeur minimum pour occasionner le phénomène mécanique décrit plus haut. Ceci explique pourquoi la tension d'alimentation doit être d'autant plus élevée que la fréquence l'est aussi, selon la loi d'Ohm :



Fig.18 La roue phonique après ouverture, chez Paul REAL. © G. Rapp, 2006

$$U = R * I$$

U : tension
R : Résistance
I : courant

Dans le cas de la roue phonique du chronographe Gautier, cette tension a pu être établie comme étant de 1000V, selon nos recherches historiques¹⁵ sur des appareils munis du même type de moteur et partant de l'inscription « 1000 » que comporte le feuillet de papier de la barrette de connexion du système d'alimentation électrique.

Evaluation visuelle de l'état fonctionnel du moteur synchrone : Le moteur synchrone est visuellement en bon état. Des poussières se sont introduites par les événements pratiqués dans le carénage, mais globalement l'état des isolations en papier entourant les bobinages est bon. Ces isolations sont complètes, solides et en place. La construction avec rotor en cage d'écureuil rend le dispositif particulièrement fiable car il n'y a pas de contacts soumis à l'usure comme dans un moteur pourvu de collecteur et de « balais ». Les paliers du moteur sont des roulements rigides à billes. L'état fonctionnel doit être confirmé par un test de fonctionnement.

¹⁵ Recherches principalement réalisée dans les Annales chronométriques françaises (voir bibliographie, dossier de mémoire) et dans les archives de l'Observatoire de Besançon, période 1950 à 1953, pour les commandes de matériel.

Etat des roulements à billes du moteur synchrone : Ces roulements, bien qu'emprisonnés dans des logements fermés ont été peu contaminés par les poussières. Ils sont en bon état. Cependant leur lubrification est certainement hors d'âge et s'ils doivent être lubrifiés à nouveau, il doivent être aussi nettoyés auparavant.

Lacune sur le volant amortisseur du moteur synchrone : Le moteur synchrone possède un dispositif d'amortisseur mécanique intégré dans le moteur qui se présente sous la forme d'un volant libre à battement limité. Ce battement est limité par le jeu compris entre deux vis prises dans un flasque solidaire de l'arbre moteur et les trous de passage de ces vis au travers dudit volant. Des restes de caoutchouc encore agglutinés autour d'une de ces vis nous montre qu'un matériau intercalaire devait absorber les chocs à cet endroit-là.

Comptage et correction angulaire différentielle

Montée sur un pont qui lui est propre, la dernière roue restant du rouage de comptage d'origine est devenue, après l'électrification de l'appareil, la roue sur laquelle attaque le pignon du moteur synchrone. Cette roue porte un pignon satellite qui attaque simultanément un planétaire fixe, d'un côté de la roue, et de l'autre un planétaire mobile qui est accouplé à la roue imprimante des secondes sur la minuterie par l'intermédiaire d'un accouplement à crabots. La position angulaire du planétaire fixe peut être réglée manuellement par l'intermédiaire d'un engrenage conique et une tige de commande à l'extrémité de laquelle se trouve une molette.

Surface des rouages sale : La roue de comptage ainsi que le crabot présentent une surface de deux couleurs différentes : salissure noirâtre et laiton brillant. La présence de graisse graphitée comme lubrifiant entre les deux parties du dispositif de crabotage a visiblement conduit à ce que cette graisse fuie vers le reste du rouage et salisse les autres surfaces alentour.

Ternissure et rugosité de la surface du pont : La surface du pont qui porte le comptage présente les mêmes caractéristiques



Fig.19 Le réducteur et correcteur différentiel assure la fonction de comptage, dans ce mouvement modifié. La version originelle mécanique nécessitait pour cela de quatre couples d'engrenages en provenance du tambour d'entraînement par poids. (Voir fig.2, p.7 de ce document) © G. Rapp, 2006

de rugosité et de couleur que les deux platines. Sa couleur correspond à celle d'un laiton.

Absence de composants mécaniques d'entraînement et de comptage : En effet, ce chronographe est décrit par Boquet (1909) comme étant basé sur un mouvement d'horlogerie classique. Il ne reste plus de ces composants que la dernière roue du comptage et les orifices vides des paliers d'axes des autres roues que l'on constate sur les platines. Cependant, parmi les objets inventoriés se trouve une pièce tout à fait intéressante et à notre sens à rapprocher du chronographe Gautier tel qu'il était à l'origine : un échappement centrifuge à ailettes. Il s'agit précisément du même type d'échappement que celui décrit dans Boquet (1909) et dans Brück et Sallet (1906). Il porte une inscription gravée « Gautier », ce qui porte à croire qu'il ne s'agit pas de l'échappement mécanique du chronographe Prin ou Secrétan, (successeurs de Paul Gautier) basés sur le même principe, mais construits sous leurs noms respectifs. D'après les auteurs, ce type d'échappement a été mis au point par Léon Foucault.

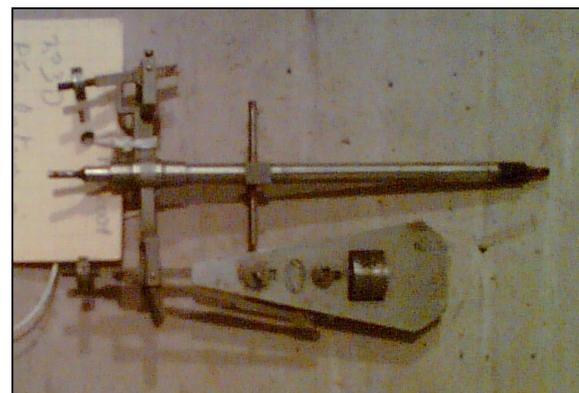


Fig.20 L'échappement centrifuge dit « de Foucault », dont une ailette est manquante. La pièce a été retrouvée bien loin de son appareil, parmi un lot de pièces diverses inventoriée séparément.

© G. Rapp, 2006

Minuterie

On appelle ainsi la partie d'un mouvement d'horlogerie qui permet d'utiliser le mouvement des rouages de comptage pour en faire une information lisible de l'heure. Sur le Chronographe Gautier, il s'agit des roues d'impression portant les chiffres matricés et de leurs engrenages de réduction. Le pont qui porte ces roues est composé d'un support en forme de tambour ouvert dessus et dessous d'une couleur correspondant à celle d'un bronze, fermé par une barrette qui elle, est d'une couleur correspondant à celle d'un laiton. Enchâssé dans la barrette se trouve un roulement à billes.

Ternissure et rugosité de la surface du pont : La surface du pont qui porte la minuterie présente les mêmes caractéristiques de rugosité et de couleur que les deux platines. Sa couleur correspond à celle d'un bronze. Une pellicule de lubrifiant séché a emprisonné une partie des produits de corrosion de la ternissure.

Lubrifiant solidifié sur la surface : la surface du support de minuterie ainsi que les rouages sont couverts par un film de lubrifiant plus ou moins solidifié qui n'est guère visible, mais occasionne une ternissure et entraîne un risque d'usure par abrasion en cas de remise en fonctionnement.

Rayures, chocs : des traces de rayures ou de déformations sont visibles sur à peu près toutes les têtes de vis de la minuterie.

Une dent de la roue intermédiaire porte une trace de choc, mais sans affecter son profil au point de perturber le fonctionnement.

Usure : des rayures d'usure suivant le déplacement de pièces mobiles sont visibles dans le dispositif de débrayage de la roue des heures. Le revêtement galvanique de nickel a disparu de la surface supérieure des chiffres matricés, surface qui vient en contact avec le papier. Cette usure s'est développée sur tout le pourtour de la roue des centièmes de secondes (faisant un tour par seconde), tandis qu'elle est peu prononcée sur la roue des secondes (faisant un tour par minute) et n'affecte la roue des minutes (faisant un tour par heure) que sur les dix premiers chiffres.

Roulement à billes anachronique : La présence d'un roulement à billes sur le palier de l'axe de minuterie situé sur le pont de minuterie semble anachronique pour 1905. Une comparaison avec le chronographe Gautier de l'Observatoire de Nice confirme cette impression, car ce dernier ne possède pas de roulement à cet endroit. Les chronographes Prin et Secrétan de Besançon non plus.

Revêtement galvanique de nickel : ce revêtement ne fait pas partie de la description de Boquet du chronographe Gautier. Ce genre de revêtement n'apparaît pas sur les deux autres chronographes du même type que sont le chronographe Prin et le chronographe Secrétan, où les pièces correspondantes sont visibles avec leur surfaces métalliques nues.

C. Alimentation et régulation électrique

Barrette de connexion

A l'intérieur de l'appareil se trouve une barrette de connexion à deux côtés qui concentre les câbles conducteurs électriques entrants, d'un côté, et sortants, de l'autre côté. Cette barrette comporte 11 pôles dont certains sont identifiés sur un feuillet en papier glissé dans un rail visible sur le dessus de la barrette. On peut y voir inscrits des chiffres et des lettres. Il est d'usage en électricité que les tensions et les types de signaux qui passent par des pôles de connexions soient ainsi repérés.

Dans le cas présent :

{⊥ ; 110~ ; 6,3 ; 1000 ; M ; S ; ⊥}

Sur une des deux vis de fixation de cette barrette a été fixée une grosse résistance semblable à un rhéostat auquel le curseur aurait été remplacé par un collier vissé, de sorte à régler une fois pour toutes une valeur de résistance. Cette résistance est montée en série sur le circuit du moteur asynchrone de lancement.

Remarque : Les câbles sont connectés par des

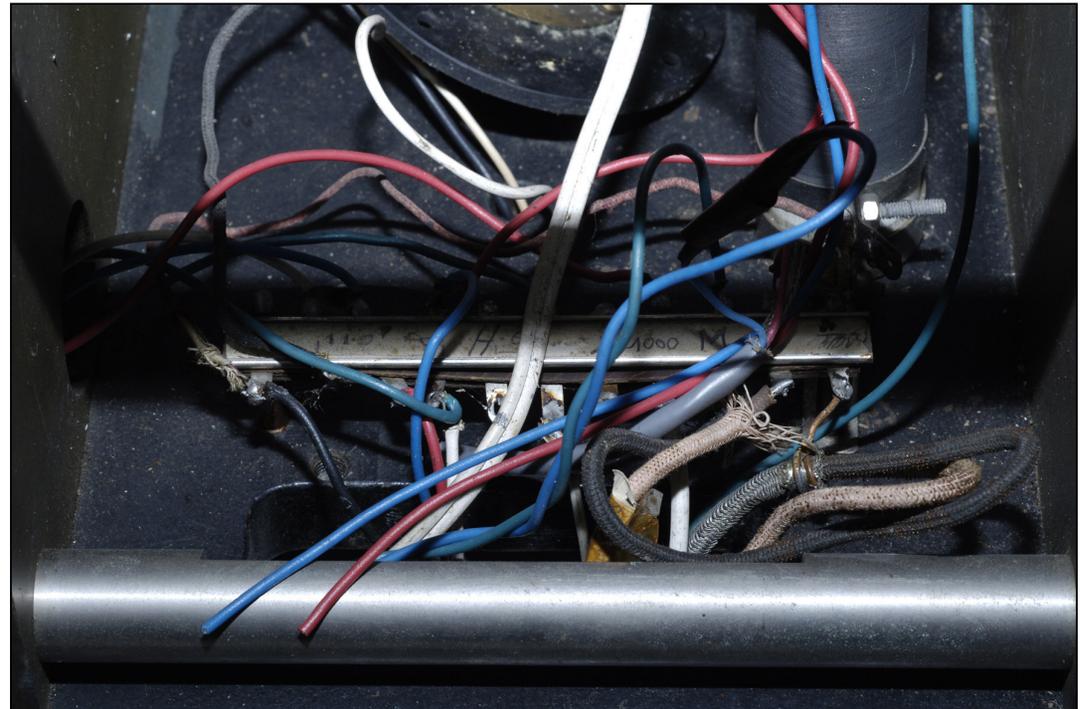


Fig.21 La barrette de connexions électriques. Seul document tangible sur les caractéristiques d'alimentation de l'appareil. Le contenu est à décoder à l'aide de la littérature de l'époque et des témoignages recueillis. © G. Rapp, 2006

« soudures »¹⁶ à l'étain, aussi bien sur la barrette que sur les organes du chronographe. Pourtant, seuls le moteur asynchrone de lancement et la douille d'ampoule électrique sont raccordés directement à la barrette. Les autres organes du chronographe n'y sont pas raccordés, leurs fils sont interrompus.

Présence de composants électriques anachroniques : bien que difficile à dater précisément, la barrette de connexion ne fait pas partie de l'équipement d'origine du chronographe Gautier. Elle correspond à l'équipement ultérieur du chronographe, lors de sa modification en appareil asservi électriquement, vers 1952. Leur état actuel est à évaluer dans le cas d'une remise en fonctionnement.

Conducteurs électriques :

Les divers fils électriques assurant la conduite du courant vers les différents organes sont très disparates dans leurs matériaux d'isolation, section et couleurs. Cette diversité suggère un type de montage artisanal, voire des réparations ou des modifications fréquentes du câblage.

¹⁶ Le terme correct pour ce genre d'assemblage est : brasure tendre à l'étain

Rhéostat fixé

Sur la ligne d'alimentation du moteur asynchrone, se trouve branché en série une résistance qui permet de limiter le courant passant dans ce moteur, ce qui a vraisemblablement pour but de maintenir sa vitesse dans une gamme de régime légèrement supérieure à celle de la roue phonique.

Cet élément correspond aux besoins de la modification du chronographe.

Contacteur de frappe

Fixé sur le dérouleur de papier, un contacteur mécanique commandé par une tige métallique est actionné par le mouvement du levier de frappe. Sa fonction exacte n'est pas connue, mais on peut supposer que cet élément pouvait commander l'action de l'électro-aimant de débrayage de la minuterie afin que l'arrêt du au débrayage soit aussi court que possible.

Cet élément correspond aux besoins de la modification du chronographe.

D. Système d'impression

Dérouleur de papier

Le dérouleur de papier est le support sur la face avant de l'appareil où les deux bobines peuvent être facilement posées. Il comporte un guide coulissant permettant de maintenir la bande dans une position correcte.

Soulèvement du revêtement galvanique : sur deux des quatre attaches ressort des bobines, le revêtement galvanique tend à s'écailler et à se soulever.

Guides inférieur et supérieur des bandes de papier

Les guides inférieur et supérieur de la bande de papier sont des galets libres qui emprisonnent les bandes avant leur passage sous la minuterie. Pas d'altérations à signaler.

Levier de frappe

Le levier de frappe est l'organe qui permet de comprimer brusquement la bande de papier et celle de papier carbone contre les chiffres de la minuterie. Il porte trois marteaux dont les extrémités sont en caoutchouc. Sur deux de ces extrémités de marteaux, des morceaux de carton ont été collés. Ce caoutchouc est encore en bon état.

Lubrifiant solidifié sur la surface : ici aussi, la surface est couverte par un film de lubrifiant plus ou moins solidifié qui n'est guère visible, mais occasionne une ternissure et entraîne un risque d'usure par abrasion en cas de remise en fonctionnement.

Revêtement galvanique de nickel : le levier de frappe a également été nickelé. Il est intéressant de constater que dans sa partie centrale, des entrées ont été fraisées puis limées pour dégager de la matière. Sur ces surfaces travaillées après la pose du revêtement, la couleur du métal cuivreux sous-jacent est bien visible.

Electro-aimant de frappe

L'électro-aimant de frappe permet d'actionner le levier de frappe, qu'il attire violemment vers lui lorsqu'il est traversé par un courant. C'est l'observateur, lorsqu'il donne le « top » qui enclenche ce circuit.

Corrosion du noyau feuilleté : le noyau de cet électro-aimant est recouvert d'une fine couche de corrosion brunâtre uniforme.

Composant non originel : étant donné sa construction avec noyau feuilleté, cet électro-aimant n'a pas pu être monté en 1905. Il est de plus monté sur un support en aluminium fraisé qui n'aurait pas eu lieu d'être dans cette situation à cette époque-là. Tous deux sont vraisemblablement des adaptations liées à la modification du chronographe.

Galet inférieur

Le galet inférieur a pour fonction d'entraîner la bande de papier après chaque impression. Il est ainsi composé de plusieurs pièces dont un système de rochet, de levier et de ressort actionnés par l'électro-aimant d'avance du papier.

Salissures, poussières : Au démontage, les surfaces portent en général des dépôts sales de restes de lubrifiants, partiellement solidifiés dans le cas de la surface de contact tambour-rochet. Des poussières sont dispersées dans les anfractuosités, généralement agglutinées dans le lubrifiant.

Lubrifiant : Le lubrifiant utilisé était probablement une huile, la composition n'est pas connue, mais des zones où il tend à se solidifier laisse penser que ce lubrifiant contient des acides gras insaturés. (Voir partie « diagnostic »)

Rayures, chocs : Le rochet porte des traces de rayures sur la face de devant. Des traces de chocs répétés dans la denture montrent que cette partie a été longuement sollicitée.

Le galet porte une trace de choc sur la face devant.

L'anneau de fermeture de l'arbre ainsi que la goupille de fermeture portent de nombreuses traces de chocs et des rayures dans les zones d'accès des outils utilisés lors de démontages d'entretien.

Lacunes dans le revêtement galvanique : Le revêtement nickel est retiré sur la face de contact du galet (bronze) avec la portée du levier porte cliquet (bronze). Ce dernier présente la même altération dans cette zone de contact. Le cliquet d'arrêt (acier) présente lui aussi un revêtement nickel lacunaire. Il s'agit d'une des rares pièces en acier à avoir été nickelées sur l'appareil.

Idem pour la face antérieure du moyeu du cliquet mobile monté sur le balancier.

Ressorts ; fatigue, corrosion, cassure : Le ressort à boudin faisant rappel du balancier est un peu distendu

Le ressort à lame faisant butée du levier porte cliquet est cassé à l'extrémité recourbée et est corrodé superficiellement.

Revêtement galvanique de nickel : ce revêtement ne fait pas partie de la description de Boquet du chronographe Gautier. Ce genre de revêtement n'apparaît pas sur les deux autres chronographes du même type que sont le chronographe Prin et le chronographe Secrétan, où les pièces correspondantes sont visibles avec leur surfaces métalliques nues.

Galet supérieur

Salissure, trace d'utilisation : Le galet supérieur porte des traces noirâtres sur la partie cylindrique en contact avec la bande de papier au carbone.

Lacunes dans le revêtement galvanique : L'axe de pivotement du galet, une goupille conique, a visiblement été recouvert galvaniquement par une couche de nickel comme c'est le cas sur d'autres composants. Ce revêtement tend à se soulever puis à s'effriter, on constate déjà quelques lacunes.

Une altération identique à celle ci-dessus est visible sur l'axe principal portant le galet et son support mobile.

Ressort ; corrosion : Le ressort à boudin faisant pression sur l'ensemble du galet mobile est légèrement corrodé.

Perçages rebouchés : Le galet présente la particularité d'avoir été percé transversalement de six trous de diamètre 5mm, puis ces trous rebouchés par des tronçons cylindriques en laiton. La finition de ces tronçons est très sommaire, quant à l'état de surface de leur extrémité et leur longueur.

Revêtement galvanique de nickel : ce revêtement ne fait pas partie de la description de Boquet du chronographe Gautier. Ce genre de revêtement n'apparaît pas sur les deux

autres chronographes du même type que sont le chronographe Prin et le chronographe Secrétan, où les pièces correspondantes sont visibles avec leur surfaces métalliques nues.

Electro-aimant d'avance du papier

L'électro-aimant d'avance du papier est noyé partiellement dans la base en fonte. Il est commandé en même temps que les autres électro-aimants et son action sur le dispositif d'avance du papier attaché au galet inférieur ne produit l'avance du papier que lorsque le courant s'interrompt. Il s'agit d'un enroulement solénoïde enveloppé dans un boîtier métallique au centre duquel passe la tige de commande du système d'avance de papier.

Peinture lacunaire : La peinture du boîtier métallique est lacunaire par endroits, mais ne présente pas de soulèvements critiques.

Diagnostic et lecture de traces

Diagnostic

Salissures et poussières

Les salissures diverses, outre le fait qu'elle donnent un aspect négligé à l'objet, présentent le grave inconvénient de s'agglutiner pour former des zones de rétention de l'humidité. Ceci a pour effet d'accentuer les processus de dégradation liés à la présence d'eau sur les surfaces comme l'oxydation des métaux ou l'hydrolyse des polymères.

Les poussières, à part leur rôle de rétention d'humidité présentent le grave inconvénient de s'insérer entre les mobiles des mécanismes, d'où l'image populaire du « grain de sable dans l'engrenage ». La taille des poussières pouvant être notablement plus importante que celle des jeux de fonctionnement, il en résulte un coincement. Ce coincement crée des contraintes sur les matériaux qui peuvent rester relativement indemnes si la contrainte ne fait que jouer sur l'élasticité du matériau. Mais souvent, c'est la déformation plastique qui se produit.

Oxydation et corrosion sur les métaux

La corrosion sur les métaux est un processus électrochimique qui se déclenche en présence d'un électrolyte. A cause de la présence de cet électrolyte, les zones cathodiques et les zones anodiques naturellement présentes dans le métal ou dues à la proximité d'éléments métalliques ayant des potentiels électrochimiques différents, des transferts d'électrons se produisent dans l'électrolyte, qui cause l'oxydation du métal ou de la zone du métal qui a le plus faible potentiel. Dans ce processus, l'humidité relative a un rôle très important puisque c'est par elle que de l'eau peut se condenser sur la surface du métal.

Sur les surfaces oxydées se développent des produits de corrosion qui sont des sels résultant de la combinaison des ions métalliques qui se détachent du métal oxydé et des anions présents dans l'électrolyte. Ces produits de corrosion sont hygroscopiques, c'est-à-dire qu'ils emmagasinent de l'humidité, ce qui favorise encore le développement de la corrosion.

Pour enrayer ce type de processus, il y a lieu d'agir sur la zone du métal où l'oxydation se produit. Sur la surface même il est possible de retirer les produits de corrosion les plus hygroscopiques sans modifier le caractère de la surface. On peut agir chimiquement ou mécaniquement sur ce type de problème. Les traitements chimiques engagent des produits complexants qui permettent soit de capter et de solubiliser les ions métalliques, soit de les convertir en produits beaucoup plus stables et beaucoup moins solubles. Les produits de

corrosion sont alors soit dissous, soit stabilisés. Dans le cas des solutions complexantes permettant de dissoudre, l'ampleur du phénomène peut être contrôlée par le temps d'action de la solution complexante. Ce type de traitement s'utilise très couramment sur les métaux cuivreux avec des solutions d'acide tétra-acétique d'éthylène diamine. (EDTA)

Cependant, la façon la plus commode d'appliquer ces traitements se fait par immersion de la pièce métallique dans un bain. Ceci ne convient pas nécessairement aux corrosions localisées, où le métal ne nécessite d'être traité que sur une petite surface.

Dans le cas des solutions complexantes agissant comme convertisseur pour stabiliser les produits de corrosion, une application générale ou locale peut être dispersée au pinceau.

Les traitements mécaniques de retrait des produits de corrosion ont par contre l'avantage de pouvoir s'exercer sur de petites surfaces et de façon mieux contrôlée. On utilise pour cela des outils tels que le scalpel, qui permet d'être très précis ou alors, si la zone est assez étendue la laine d'acier très fine (0000) peut être employée.

De façon complémentaire au retrait des produits de corrosion, on peut agir en isolant la surface par un revêtement. C'est pourquoi beaucoup de surfaces métalliques sur les objets sont peintes.

Par ailleurs, il y a lieu de contrôler le taux d'humidité relative autour de l'objet, c'est-à-dire d'agir sur le climat des locaux.

Lubrifiant en voie de solidification ou solidifié

Le lubrifiant utilisé sur le chronographe Gautier était probablement une huile du genre de celles utilisées en hologerie. Sa composition n'est pas connue, mais des zones où il tend à se solidifier laisse penser que ce lubrifiant contient des acides gras insaturés. Les acides gras insaturés ont la propriété de pouvoir ouvrir leurs chaînes d'atomes de carbone de sorte qu'ils parviennent à se lier entre eux et à créer un polymère solide. Ce phénomène est appelé « réticulation » et est irréversible. Cette propriété est largement utilisée dans le domaine de la peinture à l'huile où le liant est une huile comportant de nombreuses variantes d'acides gras insaturés. Dans les huiles de lubrification, ce comportement est un inconvénient majeur, car non seulement le lubrifiant perd ses qualités, mais il forme un film qui réduit les jeux de fonctionnement et cause le grippage (coincement). En rapport avec la problématique des poussières, si celles-ci se déposent dans le lubrifiant de façon importante, il en résulte une combinaison qui favorise l'usure par « rodage » techniquement appelée « usure à trois corps » puisque entre les deux parties en frottement un troisième corps s'insère.

Lacunes dans les couches de peinture

Les lacunes dans les couches de peinture ont été généralement occasionnées par des chocs. Dans la plupart des cas la peinture ne se soulève pas, à l'exception du noyau du bobinage du moteur asynchrone.

Lecture de traces

Interprétation des traces trouvées sur les surfaces de l'objet :

La surface rugueuse des pièces en alliages cuivreux a pu être déterminés comme ayant été probablement causée par un micro sablage, soit la projection d'un abrasif sur la surface métallique. Une photographie réalisée avec un microscope optique à 100x montre le détail de la surface :

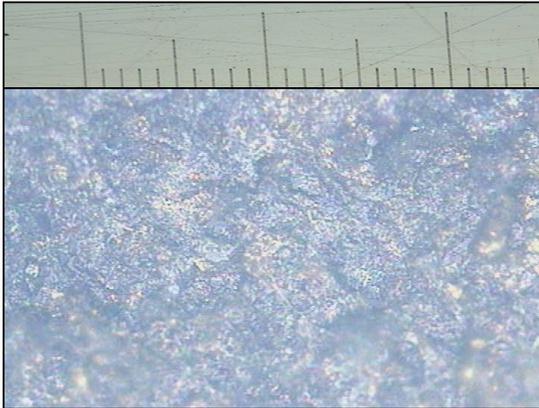


Fig. 22 Surface du laiton sur une pièce de la minuterie. Une grande graduation de l'échelle ci-contre vaut 1mm. © ITSFC, 2006

Le revêtement de nickel a été analysé par spectroscopie à fluorescence X à l'Institut des traitements de surfaces de Franche-Comté pour confirmer à la fois le matériau de surface et le matériau sous-jacent (voir spectrogramme page suivante). L'utilisation de revêtements galvaniques visant en général à protéger les pièces métalliques de la corrosion, on peut en déduire que le chronographe Gautier nécessitait un tel traitement au moment de la modification de l'appareil. Les conditions climatiques du bâtiment méridien y sont certainement pour quelque chose car le climat dans la salle d'observation doit être autant que possible proche de celui régnant à l'extérieur du bâtiment pour éviter les perturbations atmosphériques qui peuvent affecter les observations faites avec des instruments optiques.

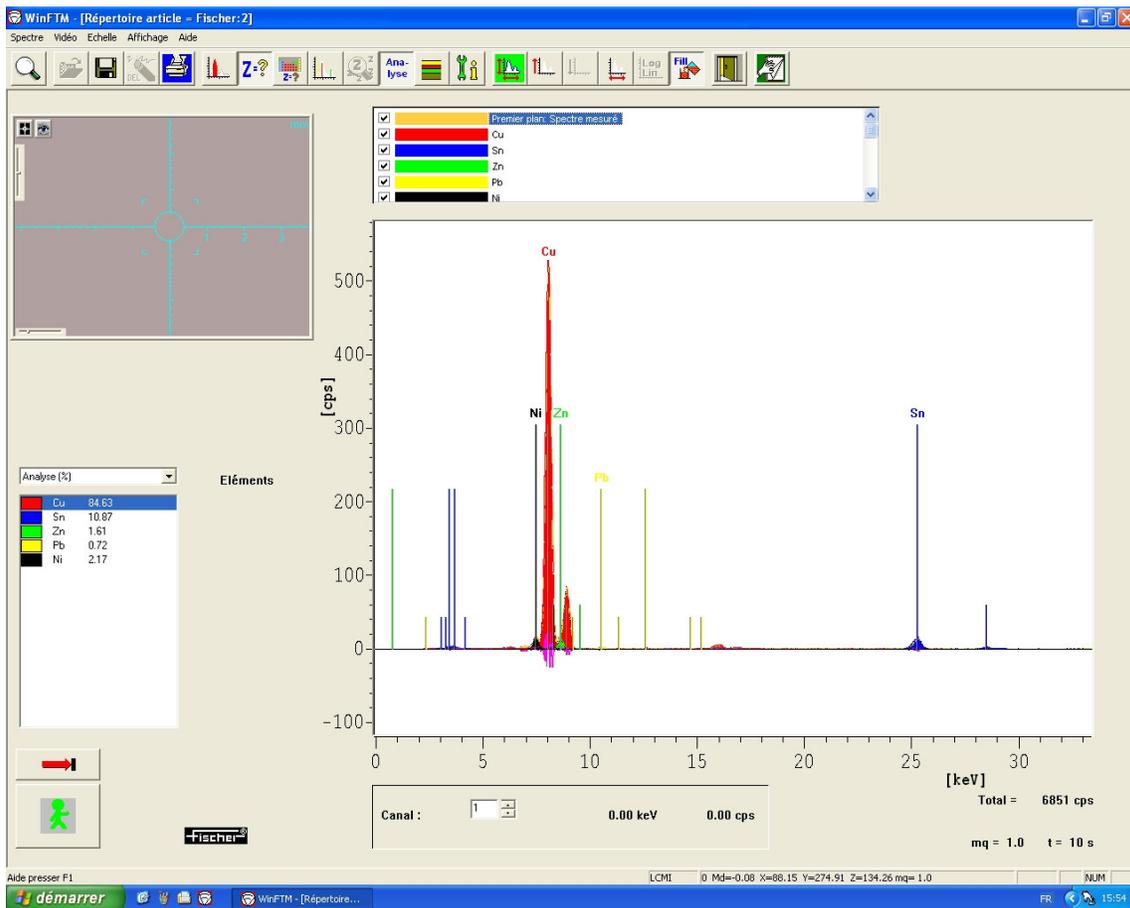


Fig. 23 Spectrogramme de fluorescence X sur une roue d'impression de la minuterie. Le pic bleu situé à la gauche du grand pic rouge du cuivre signale la présence de nickel. Le pic vert à sa droite représente la concentration de zinc, le bleu marine sur la droite correspond à l'étain. © ITSFC, 2006

Interprétation des indications de la barrette de connexion : Si les inscriptions 110~ et ⊥ ne font aucun mystère, (le 110V alternatif étant la tension de secteur à l'époque de l'utilisation du chronographe et ⊥ est resté le symbole indiquant la terre ou la masse), les inscriptions 6,3 ; 1000 ; M ; S sont soumises à interprétation. Nous les soumettons ci-après :

« 6,3 » : 6,3V est une tension qui est mentionnée par ailleurs dans les schémas d'amplificateurs de signaux trouvés dans les archives de l'Observatoire entre les années 1940 et 1960. Il s'agit d'une tension alternative utilisée pour alimenter le circuit de chauffage

des cathodes de certains « tubes électroniques »¹⁷, soit des composants électroniques utilisés avant l'introduction massive des composants semi-conducteurs comme les transistors, par exemple. La présence de cette tension à la barrette de connexion du chronographe, alors que le chronographe lui-même ne contient aucun tube électronique, indique que cette barrette alimentait probablement à la fois le chronographe et un amplificateur destiné au chronographe.

« 1000 » : plusieurs interprétations ont été faites pour ce chiffre (signal de 1kHz issu du diapason de référence, tension d'excitation de 1000V en rapport avec un amplificateur à tubes électroniques), mais les essais de fonctionnement réalisés sur le moteur synchrone, ainsi que des documents d'archives concernant ce type de moteur ont permis de savoir qu'il s'agit d'une tension alternative de 1000V crête à crête à 1 kHz nécessaire à l'alimentation du moteur synchrone.

« M » et « S » : Quant à M et S, ils proviennent d'un câble blindé à deux conducteurs, soit deux fils de cuivre dans une épaisse isolation, elle-même entourée d'une gaine en treillis métallique reliée à la terre. Ce genre de câbles est utilisé en particulier pour transmettre des signaux de haute fréquence qui ne devaient pas être perturbés. On peut en conclure que, si sur tous les fils présents un au moins devrait provenir du garde-temps de l'observatoire, ce serait un câble blindé. Les deux fils sont soudés côte à côte sur des pôles indépendants, sur le côté « entrée » de la barrette, devant les lettres M et S.

Là encore, l'interprétation n'est pas immédiatement aisée. Faut-il voir ces deux lettres séparément, ou au contraire ensemble, ce qui pourrait signifier « Moteur Synchrone » ? Mais alors, pourquoi le moteur synchrone n'y est-il pas raccordé ? Les fils partant de la barrette ne nous donnent pas de réponse, car ils sont orientés comme s'ils devaient passer par un autre agrégat électrique avant de revenir dans l'appareil.

On peut déduire de la disposition présente que si un électricien a réalisé ce montage de sorte qu'il a fait entrer sur la barrette de connexions du chronographe un ensemble de tensions et de signaux destinés à alimenter le chronographe, puis de sa barrette de connexion, n'alimente pas directement les organes du chronographe mais fait ressortir ces signaux et ces tensions, c'est donc probablement qu'un agrégat attenant était extrêmement proche du chronographe. C'est ensuite cet agrégat qui aurait pu alimenter le chronographe,

¹⁷ Mimeur R., *Technique du petit appareillage électromécanique*, Philippe Charat Ed., Pont-de-Beauvoisin (Savoie), 1949, p.332

ce qui expliquerait pourquoi les fils d'alimentation des organes du chronographe ne sont actuellement raccordés à rien.

En recherchant dans les archives¹⁸ de l'Observatoire, sur les plans de l'horloge à quartz Belin (livrée en 1946), on apprend que la caractéristique du signal venant du garde-temps de l'Observatoire était de 1kHz sous 12V et devait être amplifié conséquemment pour pouvoir alimenter un moteur synchrone qui réclame une tension voisine de 1000V.

Donc si les fils arrivant devant les lettres M et S sont des signaux à basse tension qui ne peuvent alimenter directement un moteur nécessitant une haute tension, ces lettres peuvent plutôt correspondre au type de signal reçu du garde-temps. Dans cette perspective, il apparaît plus plausible que M signifie « temps moyen » et S « temps sidéral ».

Tests du circuit électrique

Risque de court-circuit : Les pôles mal assujettis de la barrette de connexion, ainsi que les épissures isolées par de l'adhésif sont des causes probables de court-circuit en cas de mise sous tension (dans le cas d'une remise en fonctionnement). Cette remarque est valable pour toutes les connexions électriques de l'appareil.

Test de fonctionnement du moteur asynchrone : ce moteur a été testé chez Paul REAL, restaurateur en horlogerie, à Lyon. Après nettoyage, la mise sous tension progressive par un variateur de tension a montré que ce moteur est encore apte au fonctionnement, sous une tension alternative de 110V.

Tests de fonctionnement du moteur synchrone, dit « roue phonique » : la roue phonique a demandé plusieurs tests. Testée une première fois chez Paul REAL à Lyon sous une tension alternative augmentée progressivement jusqu'à 85V sous 50Hz, ce moteur a montré son aptitude au fonctionnement. Cependant, sa fréquence de rotation de ½ tour par seconde a indiqué que sa fréquence d'alimentation devrait être nettement supérieure, de l'ordre de 1kHz pour obtenir une fréquence de rotation de 10 tours par seconde. Des essais permettant d'atteindre 10t/s ont été réalisés à Besançon au département Temps-Fréquence de l'Observatoire en collaboration avec Eric MEYER, ingénieur.

¹⁸ Dossier Belin, dans carton « Notices vieux appareils », étagère d'appareils hors service, sous-sol nord du bâtiment moderne.

Proposition de traitement

Salissures et poussières

Les salissures couvrant accidentellement les surfaces ne présentent généralement pas un grand intérêt historique. Une exception notable est toutefois à souligner : la présence de suie sur l'intérieur du couvercle du chronographe atteste la présence d'une ampoule ayant fonctionné dans la douille d'ampoule retrouvée dans l'appareil. **Ces traces d'échauffement doivent être soigneusement gardées car c'est la seule preuve qu'une ampoule ait fonctionné à cet endroit-là, avec pour fonction probable de réguler la température du système mécanique du chronographe.**

De même, les taches circulaires sur le dessus du couvercle sont peut-être des taches d'encre et il se peut qu'elle soient elles aussi liées à l'utilisation de l'appareil. Elles seront donc également conservées.

Toutes les autres parties soumises à l'action des poussières et en particulier les trains d'engrenages devront être soigneusement nettoyés et autant que possible protégés de l'atteinte des poussières.

Oxydation et corrosion sur les métaux

Note : la technologie de traitement applicable pour les corrosions a été discutée avec M. Olivier MOREL, conservateur-restaurateur sur métaux, lors du déplacement à Paris. Les propositions présentées ici relèvent des conseils reçus à cette occasion.

Peu de surfaces du chronographe Gautier demandent d'être dégagées de leurs produits de corrosion. Le traitement proposé pour le retrait des corrosions sur les quelques pièces où c'est nécessaire (piliers de platines, noyau de l'électro-aimant de frappe) des pièces de l'objet est donc de type mécanique. Il est possible en agissant avec un scalpel et en lubrifiant la surface traitée de faire « éclater » les produits de corrosion de façon très localisée.

Pour les autres corrosion sur les métaux ferreux (bâti, couvercle, noyau du stato du moteur asynchrone), une solution aqueuse du produit commercial Bactifer® est envisagée. Cette solution aqueuse à pH « neutre » (environ 7) présente la meilleure compatibilité avec les surfaces peintes jouxtant les zones corrodées.

Les platines en laiton, cependant, portent des marques généralisées qui sont susceptibles d'être traitées par voie chimique avec une phase mécanique sur les zones plus atteintes par la corrosion.

Les traitements applicables en conservation-restauration doivent être autant que possible réversibles. C'est pourquoi, seuls certains produits peuvent être envisagés dans le but de créer un revêtement isolant sur les surfaces métalliques.

Parmi ceux-ci, les plus couramment utilisés¹⁹ sont les copolymères acryliques et les cires microcristallines, tous deux très solubles dans des solvants courants (acétone, white-spirit)

Dans le cadre très humide du bâtiment méridien, il ne paraît pas indiqué d'utiliser les copolymères acryliques pour ces revêtements, car ils sont sensibles aux forts taux d'humidité relative. Ils peuvent dans les cas extrêmes être sujets à l'hydrolyse, qui coupe les chaîne du polymère et en affecte fortement les propriétés.

Le traitement proposé pour la protection des surfaces métalliques est la cire microcristalline, qui se dilue dans le white-spirit et pourra être appliquée au pinceau.

Lubrifiant en voie de solidification ou solidifié

Les lubrifiants dégradés peuvent faire partie des matériaux de l'objet qui ont une valeur historique. Dans le cas des surfaces n'ayant pas de fonction mécanique en mouvement ou d'assemblages, il n'est pas nécessaire de les retirer. Cependant, le chronographe Gautier étant un objet particulièrement fonctionnel, la plupart des surfaces métalliques sont le lieu d'un mouvement mécanique ou d'un assemblage avec d'autres pièces. Il est donc indispensable de retirer les lubrifiants dégradés.

Selon les cas, si les pièces métalliques sont d'un seul tenant et non composites, c'est-à-dire sans autre matériau impossible à désolidariser, elles pourront être traitées par bain dans l'alcool isopropylique qui permet d'attendrir les films de lubrifiants séchés et de les retirer en suite mécaniquement en brossant légèrement la surface avec une petite brosse synthétique genre brosse à dents. Dans le cas de pièces composites, il ne sera possible de les traiter que par application de compresses au coton-badigeon, pour éviter de mettre des matériaux sensibles en contact avec l'alcool isopropylique.

Dans le cadre du mandat de remise en fonctionnement, il est nécessaire de lubrifier à nouveau les pièces en mouvement. Ceci doit se faire avec parcimonie. Les composants concernés sont : l'ensemble des axes et tourillons de la minuterie et du correcteur différentiel, les axes des galets inférieur et supérieur, les axes du mécanisme d'avance du papier, la coulisse du support de papier, l'axe du levier de frappe, la denture de l'accouplement de la minuterie et les billes des roulements des deux moteurs électriques.

Il faudra utiliser une huile qui garantisse autant que possible contre la réticulation des acides gras. A ce titre, l'huile horlogère synthétique Moebius® 9020 à base de groupes

¹⁹ Brüggerhof S., *Korrosionsschutz für umweltgeschädigte Industriedenkmäler aus Eisen und Stahl*. Zusammenfassender Endbericht zum Vorhaben DBU-Az 06834, Deutsches Bergbau-Museum, Bochum, 2003.

insaponifiables d'éther et d'alcool (alkyle-aryle-oxidibutylène-glycols)²⁰ est une réponse adaptée. Ce choix a été discuté avec M. REAL et s'est imposé.

Lacunes dans les couches de peinture

Les lacunes dans les couches de peinture, exclusivement situées sur des parties métalliques seront couvertes par la couche de cire microcristalline. La compatibilité du solvant white-spirit a été testée sur toutes les couches de peinture par des compresses de petite dimension disposées dans les endroits les moins visibles. Aucune réaction des peintures à ce solvant n'a pu être constatée, même après une dizaine de minutes.

Risque de court-circuit sur les pôles mal assujettis et les épissures des conducteurs électriques originaux

Dans le cas de la remise en fonctionnement, il est jugé dangereux d'alimenter à nouveau l'appareil par ces connexions. Le système d'alimentation actuellement mis au point par le département Temps-Fréquence de l'Observatoire alimentera le chronographe par de nouveaux conducteurs qui seront repérés « Restauration 2006 » ou « R 2006 ». Les conducteurs originaux seront maintenus en place dans l'appareil, mais isolés électriquement du système actif.

Fonctionnement des organes électriques de l'appareil pour la remise en fonctionnement

L'alimentation électrique des organes de l'appareil que sont le moteur asynchrone, le moteur synchrone dit « roue phonique », l'électro-aimant de frappe, l'électro-aimant de débrayage et l'électro-aimant d'avance du papier devra être réalisée par un appareillage actuel étant donnée que l'équipement historique le permettant n'existe plus et pour d'évidentes raisons de sécurité liées aux risques de court-circuits. Cet appareil d'alimentation sera réalisé à l'Observatoire de Besançon par le département Temps-Fréquence. Son développement sera assuré par Eric MEYER.

²⁰ Huiles de synthèse pour la micromécanique de haute précision. Documentation technique, H. Moebius & fils, Allschwil.

(H. Moebius & fils à Allschwil (BL), Suisse, sont fournisseurs spécialisés de lubrifiants en horlogerie)

Rapport de traitement

Salissures et poussières

Les salissures et les poussières ont été complètement retirées selon les critères de la proposition de traitement, laissant donc intacte la surface intérieure du couvercle. La surface supérieure ainsi que la surface du bâti en fonte ont été nettoyées au moyen d'un chiffon à micro-fibres légèrement humecté d'eau déminéralisée. Ce moyen a permis de conserver les traces prévues, car l'action est très superficielle et non abrasive.

Oxydation et corrosion sur les métaux

Traitement des produits de corrosion :

Note : les traitements sur les platines sur le bâti en fonte et sur les piliers ont été effectués à l'atelier de M. MOREL.

Les platines en laiton ont été traitées dans un premier temps par un bain de 15 minute dans une solution d'EDTA tétrasodique à 5% dans l'eau. Après ce traitement, les marques d'empreintes digitales n'avaient pas disparu, il a été décidé sur le conseil de M. MOREL de procéder mécaniquement en abrasant très légèrement les zones d'empreintes à la laine d'acier 0000 sous une lubrification de WD40® (huile paraffinique). Comme ce lubrifiant d'origine majoritairement minérale possède une tension superficielle très basse, il pénètre profondément dans la couche de corrosion superficielle et la fragilise, ce qui rend son retrait mécanique plus aisé, eut égard aux surfaces contiguës à préserver sans traces d'abrasion.

Les piliers en acier nickelé et le noyau de l'électro-aimant de frappe ont également été traités mécaniquement de sorte à retirer les produits de corrosion par abrasion légère à la laine d'acier 0000 sous lubrification de WD40®.

Les zones corrodées du bâti, du couvercle et du noyau du bobinage du moteur asynchrone ont été traitées par l'application au pinceau n°0 (fin) de Bactifer® (convertisseur de corrosion à action bactérienne)* uniquement sur les zones de corrosion.

* Une fois encore, nous devons nous excuser de n'avoir pu rassembler aucune information documentaire technique tangible sur ce produit, malgré de nombreuses relances auprès du producteur.

Protection des surfaces :

En général, les surfaces métalliques, qu'elles soient corrodées ou non, ont été protégées de l'action de l'humidité par une couche de cire microcristalline appliquée au pinceau, y compris les surfaces peintes. Les exceptions sont :

- La face intérieure du couvercle présentant les traces d'échauffement, qui auraient été effacées par le frottement d'un pinceau
- Les conducteurs électriques ayant des isolations

Lubrifiant en voie de solidification ou solidifié

Dans leur ensemble les lubrifiants dégradés ont été retirés, soit par bain dans l'alcool isopropylique soit par compresses.

Lubrification renouvelée

Une nouvelle lubrification à l'huile Moebius® 9020 a été posée au moyen d'un pinceau 0 sur toutes les parties prévues dans la proposition de traitement.

Remise en fonctionnement du chronographe au moyen d'un nouveau système d'alimentation

À l'heure où ce rapport est écrit, la remise en fonctionnement n'a pas encore eu lieu. Le système d'alimentation électrique est en cours de développement au département Temps-Fréquence de l'Observatoire de Besançon. Le câblage actuel n'a été réalisé que sur l'électro-aimant de débrayage, pour lequel il a été exceptionnellement décidé de retirer les conducteurs historiques, car ceux-ci menacent de se rompre. Ceci étant dû à une importante fatigue mécanique causée par la rigidité trop importante des fils électriques ajoutés dans les années 1950, ces conducteurs originaux seront conservés repérés dans une boîte logée à l'intérieur de l'appareil avec la mention « câblage historique de l'électro-aimant de débrayage, retrait lors de la restauration 2006 », accompagné d'une illustration de l'implantation avant traitement.

La fin des travaux liés à la remise en fonctionnement, initialement prévue pour le 15 septembre 2006, interviendra dans la mesure du possible d'ici à la fin de l'année 2006.

Le chronographe Gautier a néanmoins été présenté au public en version statique dans le cadre des Journées européennes du Patrimoine à l'Observatoire de Besançon.

Annexe II : Documents significatifs

Activités productives et domaines de recherche de l'Observatoire de Besançon

Temps- Fréquence : les domaines de recherche sont l'étude de la stabilité des pulsars millisecondes, le transfert de temps, la mesure de la stabilité temporelle des oscillateurs, les liens inter-laboratoires et l'incertitude sur les coefficients d'interpolation linéaire et les résidus.

Source : Obs Besançon, site internet

Dynamique et photophysique des milieux dilués : « Notre groupe traite deux thèmes différents qui impliquent tous deux le concept de molécule et de son interaction avec l'environnement de matière et de rayonnement électromagnétique dans les milieux astrophysiques. Le premier intitulé "Théorie et modèle des milieux astronomiques dilués" étudie les collisions inélastiques et les processus photoréactifs de molécules isolées ou déposées sur des grains. Ces études se font dans le cadre du développement de méthodes et de modèles numériques originaux qui permettent également de traiter des thèmes plus généraux comme le transport adiabatique en mécanique quantique et le contrôle photoréactif en champ laser intense. Le second thème intitulé "Dynamique des atmosphères planétaires" étudie la contribution atmosphérique aux observations astronomiques en traitant simultanément les aspects de l'étude du fond de ciel astronomique et de la dynamique de l'atmosphère. »¹

« L'équipe Astrophysique des Grands Relevés (AGR) met en oeuvre des méthodes et des outils communs pour aborder l'étude de divers objets astrophysiques. Le travail repose sur l'acquisition de données au cours de grands relevés (caméras grand champ, CFHT Legacy Survey(CFHTLS), sondages complets ou partiels du ciel en visible et infrarouge, ...), la création de bases de données, et la modélisation, en particulier les simulations numériques.

Les champs d'étude vont du système solaire jusqu'à la Galaxie et passant par les étoiles doubles et multiples. Les objectifs sont de comprendre la formation et l'évolution d'ensemble d'objets astrophysiques dynamiquement liés, les objets étant des traceurs de la structure complexe (petits corps du système solaire, systèmes stellaires, étoiles dans la galaxie). Ces études passent par la détermination des paramètres fondamentaux et de l'évolution interne des objets individuels. On en déduit un scénario de formation et d'évolution de la structure depuis sa genèse jusqu'à aujourd'hui. »

Appel d'offres

RESTAURATION DES CHRONOGRAPHES DE L'OBSERVATOIRE DE BESANÇON



1. Contexte

L'observatoire de Besançon et la mesure du temps

L'observatoire de Besançon a été construit à la fin du XIX^{ème} siècle pour répondre à trois missions principales : la recherche en astronomie, la météorologie et la chronométrie. Cette dernière activité était évidemment destinée à soutenir l'horlogerie franco-comtoise, fleuron de la région. Aujourd'hui, bien que cette industrie soit beaucoup moins florissante que lors de la première moitié du XX^{ème} siècle, le service de chronométrie existe toujours et est une composante essentielle de l'équipe « temps-fréquence » de l'observatoire de Besançon.



La lunette méridienne

L'inventaire du patrimoine astronomique français



Chronographe Gauthier - 1905

Trois conventions depuis 1995 entre le ministère de la Culture et le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche ont permis l'étude des observatoires de France et la protection au titre des monuments historiques de l'architecture et des objets d'un certain nombre d'entre eux, dont celui de Besançon. En particulier, il a été souligné que cet établissement était le seul à disposer de la chaîne complète d'instruments de mesure de temps de la fin du XIX^{ème} siècle à nos jours. Malheureusement, certains de ces appareils sont dans un mauvais état de conservation.

2. Objectif

Le but de cet appel d'offre concerne la restauration et la mise en valeur des divers modèles de chronographes dont dispose l'observatoire. Dans certains cas, un seul exemplaire hors d'usage d'un type d'appareil est disponible : nous souhaitons alors privilégier une démarche de conservation, avec toutes les pièces d'origine, même si elles sont défectueuses. Dans d'autres cas, nous disposons de plusieurs exemplaires du même modèle et nous pourrions envisager conjointement la conservation d'un appareil et la remise en fonctionnement d'un autre.



Chronographe Belin - 1945

3. Modalités



Chronographe Omega - 1970

L' observatoire de Besançon dispose de 3 chronographes Gauthier, 2 chronographes Belin et 1 chronographe Omega.

Conservation

Dans un premier temps, il faudra assurer des conditions de conservations décentes pour chacun de ces appareils. Ils devront être étudiés, documentés et traités afin de pouvoir être exposé.

Remise en fonctionnement

Ensuite, leur état de fonctionnement devra être vérifié. Dans la mesure où cet état le permet, il est souhaité qu' un chronographe de chaque type soit remis en fonctionnement.

Encadrement

Ce travail devra être complété par l' encadrement d' un élève conservateur-restaurateur de la Haute école d' arts appliqués Arc, filière conservation restauration, orientation « objets scientifiques techniques et horlogers », à La Chaux-de-Fonds (Suisse), effectuant son stage de diplôme à l' observatoire de Besançon. Cet encadrement ne pourra donc être assuré que par un conservateur-restaurateur officiellement reconnu.

Durée

Ce travail devra s' étendre d' octobre 2005 à septembre 2006.

Contact :

François Vernotte, Edith Burgey
Observatoire de Besançon
41 bis avenue de l' observatoire
B. P. 1615
25010 Besançon Cedex
FRANCE

Tél. : +33 (0)3 81 66 69 00
Fax : +33 (0)3 81 66 69 44

E-mail : francois.vernotte@obs-besancon.fr, edith.burgey@obs-besancon.fr

Web : <http://www.obs-besancon.fr>

Demande de financement à la Direction régionale de la recherche technologique de Franche-Comté. (Réd. document G. RAPP)

Conservation et mise en exposition de trois chronographes retraçant l'évolution de la mesure du temps à l'Observatoire de Besançon

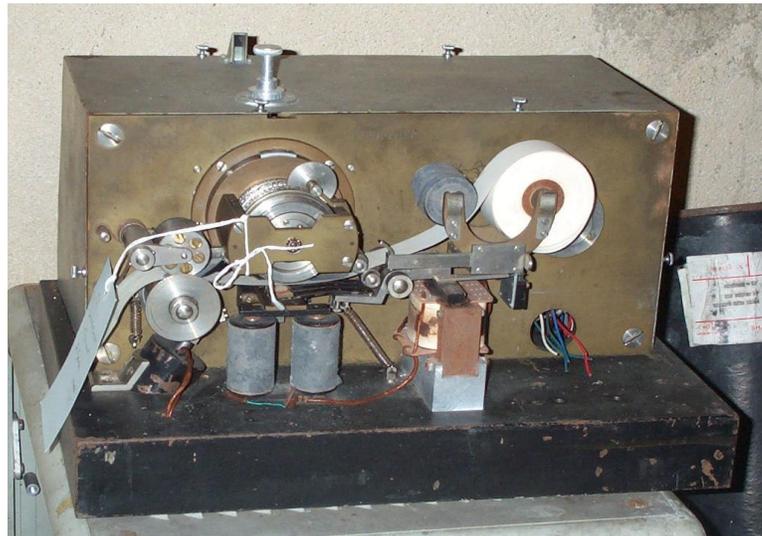
Propositions de l'Observatoire de Besançon

Intérêt de la démarche

Trois conventions depuis 1995 entre le ministère de la Culture et le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche ont permis l'étude des observatoires de France et la protection au titre des monuments historiques de l'architecture et des objets d'un certain nombre d'entre eux, dont celui de Besançon. En particulier, il a été souligné que cet établissement était le seul à disposer de la chaîne complète d'instruments de mesure de temps de la fin du XIX^{ème} siècle à nos jours. Malheureusement, certains de ces appareils sont dans un mauvais état de conservation.

Durant tout le XXe siècle, les chronographes à inscription sur bande de papier ont été étroitement liés à la méthode de détermination de l'heure exacte par l'observation astronomique au moyen de la lunette méridienne. Le chronographe, actionné par l'observateur, servait en particulier à enregistrer à quel moment était passée une étoile dans le plan méridien.

Si l'intérêt et la façon d'observer le passage des étoiles dans le plan méridien peuvent être expliqués clairement lorsqu'on se trouve devant la lunette méridienne, il est moins évident de comprendre comment cette observation est reliée à la mesure du temps. Un chronographe en état de fonctionnement permettrait de compléter judicieusement par une démonstration les explications données au public lors de visites guidées.



Chronographe Gautier, 1905
© G. Rapp, 2005

Projet de restauration

Souhaitant mettre en valeur la restauration de nos instruments scientifiques, nous encadrons un travail de fin d'étude en conservation-restauration, de la Haute Ecole d'Arts Appliqués Arc de La Chaux de Fonds en Suisse. Ce travail consiste à la mise en conservation de trois chronographes, utilisés à l'Observatoire qui ont été choisis de manière à révéler l'évolution de leur construction et de leur utilisation. Les dates de fabrication de ces appareils sont respectivement 1905, 1945 et 1970. Nous allons travailler en priorité sur le chronographe « Gautier » datant de 1905.

Ce travail consiste tout d'abord en une évaluation du contexte de conservation et de l'état de l'objet, puis de la faisabilité de sa restauration. Ensuite seront mis en œuvre les traitements nécessaires à sa conservation et à sa remise en fonctionnement.

Ce travail, effectué par un étudiant de la Haute Ecole Arc, sera encadré par deux conservateurs restaurateurs, l'un à Paris, est spécialiste du traitement des corrosions, l'autre, à Lyon, est spécialisé dans les restaurations horlogères. Tous deux sont habilités par la Direction des Musées de France. L'exposition de cet objet en tant que pièce intégrante de la partie visitable de nos collections sera inaugurée durant les journées du patrimoine 2006 (voir programme en annexe I), et nous consacrerons un espace expliquant de quelle manière s'effectue la restauration d'un objet scientifique et technique.

Pratiquement, ce projet demandera de mener les actions suivantes :

- Une étude climatique étude afin de déterminer si les conditions de conservation de la collection de chronographes sont à améliorer.
- Une étude historique permettant de reconstituer la fonction et l'utilisation de ces objets dans le cadre de l'observatoire
- Un constat d'état au démontage établi en collaboration des deux spécialistes précités, nécessitant de se rendre dans les ateliers de chacun avec l'objet.
- Un diagnostic suivi d'une proposition de traitement émanant de l'étudiant en conservation
- Le traitement des altérations et la remise en fonctionnement, effectué à Besançon dans un atelier temporaire aménagé au sein de l'Observatoire. Les deux spécialistes y participeront à raison de deux journées de travail chacun, le reste étant effectué par l'étudiant en conservation-restauration.
- L'aménagement et l'installation de l'objet restauré en vue de l'exposition et de la démonstration.

Le budget proposé pour ce projet se trouve sur les pages suivantes.

Journées du patrimoine 2006

Pour les journées du patrimoine 2006, l'Observatoire de Besançon propose à nouveau un parcours de découverte de ses activités passées et présentes au travers de ses bâtiments historiques. Les lieux à visiter seront signalés aux deux entrées du parc de l'Observatoire (côté anciens bâtiments et côté cadran solaire) par des plans de situation.

Le public sera accueilli dans la bibliothèque et dans le bâtiment de l'instrument méridien par le personnel de l'Observatoire.

Il sera organisé des visites guidées et des visites libres.

Visite libres :

• Bâtiment Méridien :

- Exposition d'instruments anciens de mesure et d'observation.
- Installation de deux bornes interactives : l'une montrant les photographies anciennes de l'Observatoire numérisées, l'autre montrant une reconstitution graphique animée de l'implantation de la lunette équatoriale coudée disparue en 1967.
- Exposition de chronographes : présentation des travaux de conservation-restauration.

• Bibliothèque :

- Exposition de photos de l'Observatoire de la fin du 19ème siècle et du début du 20ème siècle montrant l'évolution du site au cours des années.
- Exposition d'ouvrages, et d'anciens registres de chronométrie qui permettaient d'attester de la bonne marche des montres et chronomètres des fabricants de la région. Le premier registre date de 1885.
- Exposition de plaques photographiques montrant le résultat des observations astronomiques effectuées à l'astrographe à partir de 1956.
- Installation d'une borne interactive montrant les photographies anciennes numérisées de l'Observatoire

• Visite guidées :

Des visites guidées, pour des groupes de **90 personnes maximum**, seront organisées durant les deux jours à **10 h, 14 h, 16 h, et 18h**. Chaque groupe sera scindé en 2 groupes de 45 personnes.

Un premier groupe de 45 personnes suivra la présentation historique et architecturale (durée 30 minutes), et 3 groupes de 15 personnes alterneront entre le bâtiment méridien, l'astrographe et le laboratoire Temps-Fréquence (10 minutes pour chaque visite).

Ensuite, les 2 groupes de 45 personnes échangeront les visites (voir détail ci-dessous).

• Visites historiques et architecturale (durée 30 mn., groupe de 45 personnes) :

- Visites historiques et architecturales des bâtiments et du parc assurées par un ingénieur et un chargé d'études documentaires de la Direction Régionale des Affaires Culturelles.
- Le cadran solaire analemmatique.

• Bâtiment Méridien (durée 10 mn, groupe de 15 personnes):

- Visites commentées montrant le fonctionnement de l'instrument méridien, par ceux qui l'ont utilisé.

• Astrographe (durée 10 mn, groupe de 15 personnes) :

- Visites guidées de la coupole animées par les astronomes.

• Temps-Fréquence (durée 10 mn, groupe de 15 personnes):

- Visites guidées du laboratoire animées par les ingénieurs et chercheurs de l'équipe Temps-Fréquence.

Nous mettrons à disposition des visiteurs 4.000 exemplaires de la documentation « Balade dans le parc de l'Observatoire de Besançon », éditée par le journal "En Direct" (voir document ci-joint).

Budget pour la mise en conservation de trois chronographes	Détail coûts	Coûts	Financement
2 Missions du stagiaire de diplôme en conservation-restauration, chez 2 spécialistes ; l'un à Lyon, l'autre à Paris <u>Lyon :</u> Travaux avec le maître de stage de Lyon : Hébergement : Voyage avec transport objet : Nourriture : Total :	€ 600.- € 100.- € 150.- € 100.- € 950.-		
2 missions à Lyon	€ 1'900.-	€ 1'900.-	
<u>Paris :</u> Travaux avec le maître de stage de Paris : Hébergement : Voyage avec transport objet : Nourriture : Total :	€ 600.- € 150.- € 250.- € 100.- € 1'100.-		
2 missions à Paris	€ 2'200.-	€ 2'200.-	
<u>Travaux sur le site de l'Observatoire de Besançon</u> Matériel pour l'atelier temporaire à Besançon : Trajets hebdomadaire du stagiaire: 33 x €45.- Hébergement mensuel du stagiaire : 9 x €80.- Total :	€ 1'500.- € 1'500.- € 720.- € 3'720.-		
<u>Déplacements de spécialistes à Besançon</u> Réunion initiale du 26.11.2005, € 500.- / pers. : Transport + heures de travail, forfait de € 900.- / pers. / jours 2 pers. x 2 jours : Total :	€ 1'000.- € 3600.- € 4'600.-		
Totaux à reporter		€ 12'420.-	0.-

Reports		€ 12'420.-	€ 0.-
<u>Mise en exposition à l'Observatoire</u>			
Affiches, iconographie :	€ 100.-		
Installation électrique :	€ 100.-		
Total :	€ 200.-	€ 200.-	
Total intermédiaire des coûts du projet	€ 12'620.-		
Frais de gestion du dossier par l'Observatoire : 8% des coûts du projet	€ 1009.-	€ 1009.-	
Financement propre, par l'Observatoire de Besançon : (environ 1/4 du total final)			€ 3'629.-
Financement TTC souhaité de la DRRT : (≈3/4 du total final)			€ 10'000.-
Total final		€ 13'629.-	€ 13'629.-

Budget pour la mise en conservation d'un chronographe Gautier (1905)	Détail coûts	Coûts	Financement
<p>Mission à Lyon : Travaux avec le maître de stage de Lyon : Hébergement : Voyage avec transport objet : Nourriture :</p> <p>Total :</p>	<p>€ 300.- € 100.- € 150.- € 100.-</p> <p>€ 650.-</p>	<p>€ 650.-</p>	
<p>Mission à Paris : Travaux avec le maître de stage de Paris : Hébergement : Voyage avec transport objet : Nourriture :</p> <p>Total :</p>	<p>€ 0.- € 150.- € 250.- € 100.-</p> <p>€ 500.-</p>	<p>€ 500.-</p>	
<p><u>Frais liés aux travaux sur le site de l'Observatoire de Besançon</u></p> <p>Matériel, produits, analyses: Trajets hebdomadaire du stagiaire: 33 x €45.- Hébergement mensuel du stagiaire : 9 x €80.-</p> <p>Total :</p>	<p>€ 1000.- € 1500.- € 720.-</p> <p>€ 3220.-</p>	<p>€ 3220.-</p>	
<p><u>Déplacements de spécialistes à Besançon</u></p> <p>Réunion initiale du 26.11.2005</p>	<p>€ 1000.-</p>	<p>€ 1000.-</p>	
<p><u>Mise en exposition à l'Observatoire</u></p> <p>Affiches, iconographie : Installation électrique :</p> <p>Total :</p>	<p>€ 100.- € 100.-</p> <p>€ 200.-</p>	<p>€ 200.-</p>	
<p><u>Financement</u></p> <p>Financement TTC par l'Observatoire de Besançon</p>			<p>€ 5570</p>
<p><u>Totaux</u></p>		<p>€ 5570.-</p>	<p>€ 5570.-</p>

Etude préalable sur un chronographe Gautier. (Réd. G. RAPP, Octobre 2005)

réf. Inventaire Observatoire de Besançon n°134

Dimensions : 44 x 33 x 23 cm

Poids approximatif : 40 à 50 kg

Période : (selon inscription sur l'objet) 1905

Matériaux constitutifs principaux, visuellement reconnus : acier (éléments mécaniques), fonte (bâti), tôle d'acier, métaux cuivreux (conducteurs électriques, éléments mécaniques), polymères (isolations, peinture), lubrifiants (?).

Construction : base fonte, système d'impression de caractères sur bande de papier enroulée par papier carbone, entraîné par un moteur électrique. Système de frappe des caractères sur la bande de papier commandé par électro-aimant. Dérouleur de papier avec bobines encore présentes. Plusieurs électro-aimants ayant différentes fonctions, à rechercher.

Fonctionnement : pas d'indications précises pour le moment, il est possible de contacter M. François PUEL, ancien membre de l'équipe de l'observatoire. Il est possible que des accessoires ou appareils annexes soient nécessaire pour le fonctionnement de cet objet, si tel est le cas.

Fonction présumée: (selon explications de M. François VERNOTTE, directeur de l'Observatoire de Besançon) mesure de la précision de marche de mouvements d'horlogerie.

Pas de documentation directement accessible sur cet objet.

Altérations visibles :

- poussières diverses minérales et autres,
- corrosion très superficielle de métaux ferreux et cuivreux.
- Certaines isolations de fils paraissent plus tardives (PVC ?) et disparates. L'appareil a peut-être été partiellement recablé. modifié ou complété. Présence de composants anachroniques comme un moteur électrique sur la face arrière, rappelant esthétiquement les années 1940 à 1960.
- Impression visuelle non homogène quant à l'époque de fabrication stipulée sur la face avant de l'appareil.

Aucun démontage ou test de fonctionnement n'a été fait.

Conditions de conservation : l'objet est stocké dans la cave du bâtiment méridien posé sur une étagère en bois. Il est conservé dans un climat froid, sans doute assez humide et dans l'obscurité. Il n'est pas à l'abri de la poussière, il n'est pas protégé contre le contact d'éventuels visiteurs. L'objet porte apparemment des marques d'empreintes digitales sur les faces devant et derrière. On ignore depuis combien de temps cet objet est conservé à cet endroit.

Images :



Chronographe Gautier vu de face, cave du bâtiment méridien, Observatoire de Besançon, octobre 2005. © G. Rapp, 2005



Chronographe Gautier vu de $\frac{3}{4}$ arrière, cave du bâtiment méridien, Observatoire de Besançon, octobre 2005. © G. Rapp, 2005

Rectification du mandat

Guillaume Rapp
Etudiant HES en conservation-restauration
Haute école d'arts appliqués Arc
Rue de la Paix 60
CH-2300 La Chaux-de-Fonds

Observatoire de Besançon
Monsieur
François VERNOTTE
Directeur
41 bis, rue de l'Observatoire
F-25000 Besançon

Besançon, le 30 mars 2006

Concerne : Proposition de rectification du mandat

Monsieur,

Suite à l'annonce du refus de la subvention espérée au titre de la diffusion de la culture scientifique par la Direction régionale de la recherche technologique (DRRT), qui selon tout espoir devait financer le projet à hauteur de 75% environ, nous nous voyons contraints de réorienter notre objectif vers un exercice moins coûteux.

Parmi les postes du budget que nous avons établi, il apparaît que les défraiements suites à deux fois deux missions où je me serais déplacé à Paris et à Lyon ainsi que des visites des maîtres de stages à Besançon pourraient être réduits. Ceci implique à mon sens une rectification du mandat d'origine, que je rappelle ci-dessous.

Mandat d'origine

Depuis novembre 2005 a été engagée une étude concernant la **mise en conservation de trois chronographes** appartenant à l'Observatoire de Besançon, le chronographe Gautier (1905), le chronographe Belin (1945) et le chronographe Oméga (1970). Conformément aux souhaits que vous avez émis dans l'appel d'offres pour la recherche de maîtres de stages destinés à encadrer ce travail effectué par mes soins en tant qu'étudiant HES en conservation-restauration à La Chaux-de-Fonds, **l'étude a conduit en priorité à la mise en œuvre de travaux sur le Chronographe Gautier (1905), pour lequel une demande de remise en fonctionnement a été émise.**

Dans le cas des autres chronographes, seule une conservation statique a été retenue.

Par ailleurs, il a été demandé que les **travaux effectués dans le cadre de ce projet soient présentés** de façon didactique (sur des panneaux) aux visiteurs pendant les journées du patrimoine 2006.

En conséquence de ce qui précède, je sou mets donc ce jour à votre examen une :

Proposition de mandat rectifié

Le nombre des missions à Paris et à Lyon étant à limiter autant que possible, je suggère que vous ne demandiez que la **mise en conservation du chronographe Gautier (1905)**.

Dans ce concept de mise en conservation, il est prévu qu'une action curative et une action préventive se complètent, donc **que soient aussi étudiées, voire aménagées, les conditions de conservation** dans les locaux qui abritent les objets.

Par ailleurs, pour favoriser la pérennité de cette conservation liée au site, une forme de **mise en valeur doit permettre de présenter au public des caractéristiques originales** tournant autour de l'objet. Or il me semble que le chronographe Gautier présente un réel intérêt de ce point de vue, cependant la forme de cette mise en valeur pourrait être encore discutée et définie en marge de ce mandat.

Pour y parvenir et afin que la teneur du mémoire de diplôme que je réalise actuellement soit qualitativement préservée, je sollicite votre soutien éventuel auprès d'organismes universitaires de la Région de Franche-Comté.

Dans l'attente de votre réponse, je vous prie de recevoir, Monsieur, mes salutations distinguées.

Guillaume Rapp

Informations de François PUEL sur le chronographe Gautier

Collectées en plusieurs rencontres avec Monsieur François PUEL, astronome honoraire de l'observatoire de Besançon, entre janvier et mai 2006.

- Les chronographes étaient liés au « service de l'Heure ». [Cette affirmation est confirmée par la lecture de Boquet, qui précise que le chronographe Gautier indique le temps sidéral. On doit pouvoir confirmer cette information en relevant les nombres de dents des engrenages de la minuterie du chronographe. En effet, le jour sidéral correspond à une révolution de la Terre par rapport aux étoiles fondamentales, tandis que le jour solaire correspond à une révolution par rapport au soleil. Cette évidence implique que le jour solaire balaie un angle légèrement supérieur au jour sidéral puisque, pendant une journée, la Terre n'a pas seulement tourné sur elle-même mais aussi autour du soleil. Donc le jour sidéral « dure » un tout petit peu moins longtemps que le jour solaire. Ceci rend donc le chronographe impropre à contrôler, par exemple, la marche d'une montre réglée sur le temps solaire. Cette information infirme donc (partiellement, nous y reviendrons) peut-être l'hypothèse selon laquelle notre chronographe ait été utilisé au « service de chronométrie » de l'Observatoire, qui s'occupait de certification des produits horlogers de la région.]
- Le service de l'heure observait chaque nuit un certain nombre d'étoiles fondamentales permettant, d'après leur position fixe dans le ciel, de déterminer l'heure exacte de la visée lors de leur passage dans le plan méridien de Besançon. Cependant, la lunette méridienne a aussi beaucoup servi, dans une procédure inverse à celle permettant de déterminer l'heure, à compléter les catalogues français d'étoiles. Des étoiles circumpolaires, notamment. En effet, si l'on dispose d'un garde-temps fiable permettant de savoir à quelle heure (soit à quelle position angulaire de la terre) une observation a été faite, il est possible de relever deux coordonnées angulaires (déclinaison et ascension droite) qui permettront ensuite de la situer dans le ciel. De grands programmes ont été réalisés au XX^{ème} siècle dans les observatoires de France, pour lesquels chaque observatoire avait « sa » portion de ciel à relever. Une nuit d'observation comprenait donc des visées sur des étoiles fondamentales qui permettaient de régler l'heure et d'autres visées sur les portions de ciel à relever. [Les relevés d'étoiles précis ont été particulièrement utiles en cartographie, elle-même indispensable à la navigation et à l'armée.]
- Les chronographes ont été modifiés avec des moteurs synchrones, M. PUEL qui a commencé à travailler à l'Observatoire en 1964, n'a jamais connu que cette version-là de ces appareils. De plus, il se souvient que les chronographes utilisés étaient ouverts, donc sans couvercle pour protéger le mécanisme de la face avant. M. PUEL ne se rappelle pas bien si le chronographe qu'il utilisait pour les mesures avait ou non un cabinet en bois. [En entendant M. PUEL, on penserait que plusieurs chronographes étaient utilisés et non un seul. En effet, il

reste trois chronographes basés sur le système de Gautier à Besançon. Etant donné que des chronographes pouvaient être utiles pour chaque instrument optique (lunette méridienne, équatorial coudé, altazimuth) peut-être étaient-ils dispersés sur le site]

- Trois systèmes d'enregistrement de l'heure de passage des astres par des chronographes dans le champ méridien se sont succédés depuis 1905 :
 - Les tops donnés par un contacteur actionné par l'observateur (coïncidant au moment de passage de l'astre sur chacun des filaments du réticule de la lunette méridienne). En « donnant un top », on ferme le circuit de l'électro-aimant de frappe de l'heure sur la bande de papier. L'heure du top est donc presque instantanément inscrite.
 - Les tops donnés par un « micromètre impersonnel » qui est un système mécanisé actionné par l'observateur, où un fil mobile suit l'astre dans le champ du réticule de la lunette et qui donne des tops à intervalles réguliers. M. PUEL parle du système « Repsold » (constructeur allemand, ayant équipé notamment l'observatoire de Strasbourg).
 - Le micromètre impersonnel de seconde génération avec entraînement automatique, où l'observateur ne fait que corriger la position de suivi de l'astre dans le réticule. La dernière génération de ce type de micromètre a été remontée sur la lunette méridienne dans les années 1990 par M. PUEL, pour rendre compte de l'état antérieur de la lunette.

- Le dernier système de lecture, complètement impersonnel, développé par M. SAUZEAT à la fin des années 1960 n'utilisait plus les chronographes. Basé sur un système de détection photoélectrique de l'astre, le moment de passage était dès lors enregistré sur un ordinateur. Ce système aurait été mis en service en 1971. Ceci signifie que les chronographes ont pu être mis hors service à ce moment-là.

- Un certain nombre de bandes enregistrées se trouvent dans les archives au sous-sol de la bibliothèque, M. PUEL nous les a montrées. M. PUEL précise que chaque passage d'astre donnait lieu à une série de tops avant et après le passage au méridien et qu'ensuite, les enregistrements étaient « réduits » en calculant la moyenne de ces heures pour trouver l'heure de passage au méridien. Ces calculs se faisaient par du personnel engagé expressément pour cette tâche.

- Les « Annales de chronométrie », publiées par l'Observatoire, ont été suspendues entre la fin de la direction de M. GRUEY et celle de M. BAILLAUD. Elles ne reprennent qu'en 1930. Pourtant, c'est dans la période 1940 – 1960 que le trou de mémoire est le plus grand. (C'est précisément sur cette période que le chronographe Gautier modifié attire notre attention.)

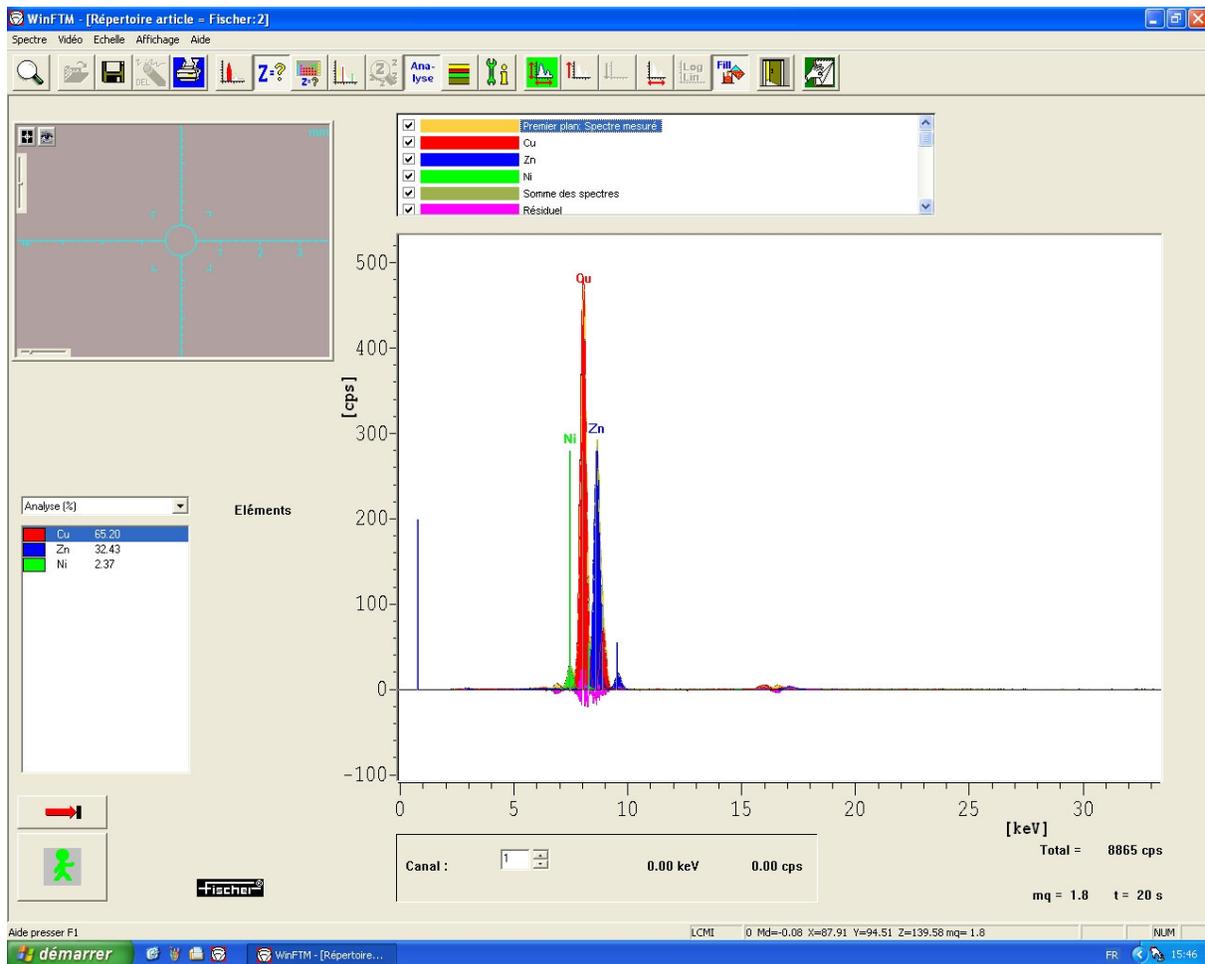
- M. PUEL a pu nous montrer l'emplacement des « Rapports des observatoires de province » où il est fait mention de la construction d'un chronographe Gautier pour 1905. Il s'agit d'un don du ministère de l'instruction publique. Le rapport de l'année suivante mentionne que ce chronographe a été reçu en avril 1905.

- M. PUEL ne se souvient plus où se trouvaient les diapasons qui servaient de base de temps de référence à cette époque-là. Aujourd'hui, un des deux est au Musée du temps, à Besançon et l'autre est dans le sous-sol du bâtiment méridien. Il est possible que ces deux appareils aient été dans le bâtiment des horloges, la place naturelle des garde-temps, quant aux horloges à pression constante, elles se trouvaient dans un puits sous la bibliothèque.
- A la question de savoir quelles traces écrites nous pourrions retrouver des modifications faites sur ce chronographe comme, par exemple, des PV de conseil de laboratoire, M. PUEL nous rappelle le fonctionnement « autocratique » des observatoires au temps des directeurs nommés à vie. Il nous semble pourtant que de telles modifications n'auraient pu se faire sans plans**.
- A la question de savoir où de telles modifications auraient pu être réalisées, à l'Ecole d'Horlogerie de Besançon, par exemple, M. PUEL répond que l'Observatoire possédait son propre atelier de mécanique et que jusque dans les années 1980 deux mécaniciens ou horlogers y travaillaient. Aujourd'hui, le bâtiment qui abritait cet atelier est une friche où sont entassés des objets de rebut en tout genre. Cependant, les grands établis en bois sont encore visibles.
- M. PUEL nous avait recommandé la lecture d'un ouvrage : « Les observations méridiennes », de F. Boquet, Doin, 1909. Au cours de la lecture, nous avons trouvé un marque-page mentionnant laconiquement que « l'échappement à ailettes provient d'un chronographe ». Partant de l'hypothèse qu'une telle note pouvait désigner un objet isolé qu'on essaierait de rattacher à un ensemble, nous avons essayé de déterminer qui était l'auteur de ce mot, pour ensuite retrouver l'objet et le comparer aux informations tirées de Boquet, où un tel échappement est mentionné pour la version mécanique originale du chronographe. Nous avons remarqué la similitude avec l'écriture de M. PUEL et lui avons demandé s'il se souvenait de quoi il s'agissait. M. PUEL a répondu qu'en effet, à son souvenir, un volant à ailettes avait été enregistré parmi les objets inventoriés par les experts de l'Inventaire en 2003-2004 et que lui-même avait noté sa probable provenance.
- En conséquence, nous avons demandé à accéder au local qui renferme les objets inventoriés et avons trouvé les restes d'un tel dispositif d'échappement. Il ne subsiste qu'une des deux ailettes, l'autre ayant visiblement été cassée. Cette ailette porte gravé le nom Gautier. Paul Gautier n'a produit qu'un seul chronographe pour Besançon, les deux autres chronographes basés sur un plan identique ont été fabriqués par ses successeurs, Prin en 1933 et Secrétan en 1942*.

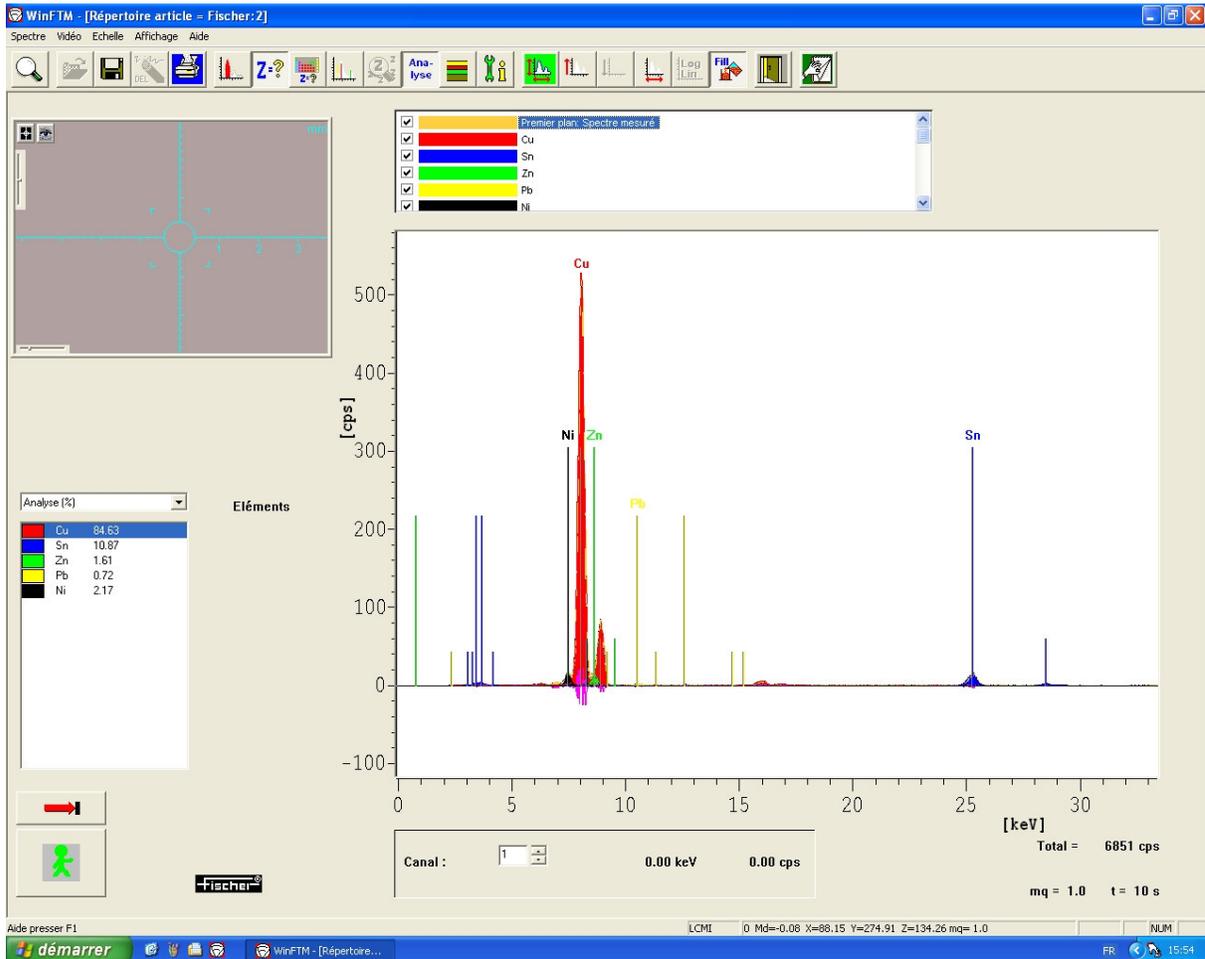
** Nous avons pu retrouver, situé dans le sous-sol nord du bâtiment principal, un carton renfermant divers documents ayant trait aux anciens appareils, comme des notices, plans, projets. Parmi ceux-ci, un plan traitant d'un chronographe électrifié, mais le cartouche seul est lisible. Le reste du document ne permet même pas une mauvaise reproduction, c'est pourquoi il n'est pas montré ici. Ce document a vraisemblablement été endommagé par une exposition prolongée à la lumière, telle qu'elle pourrait se produire si un plan restait longtemps sur un établi ou un bureau, pour consultation, par exemple.

* Cette information provient de la consultation des archives de l'Observatoire concernant les acquisitions de matériel. Recherches en 2006, archives situées dans le bâtiment de la lunette équatoriale Secrétan.

Spectrogrammes fuorescence X



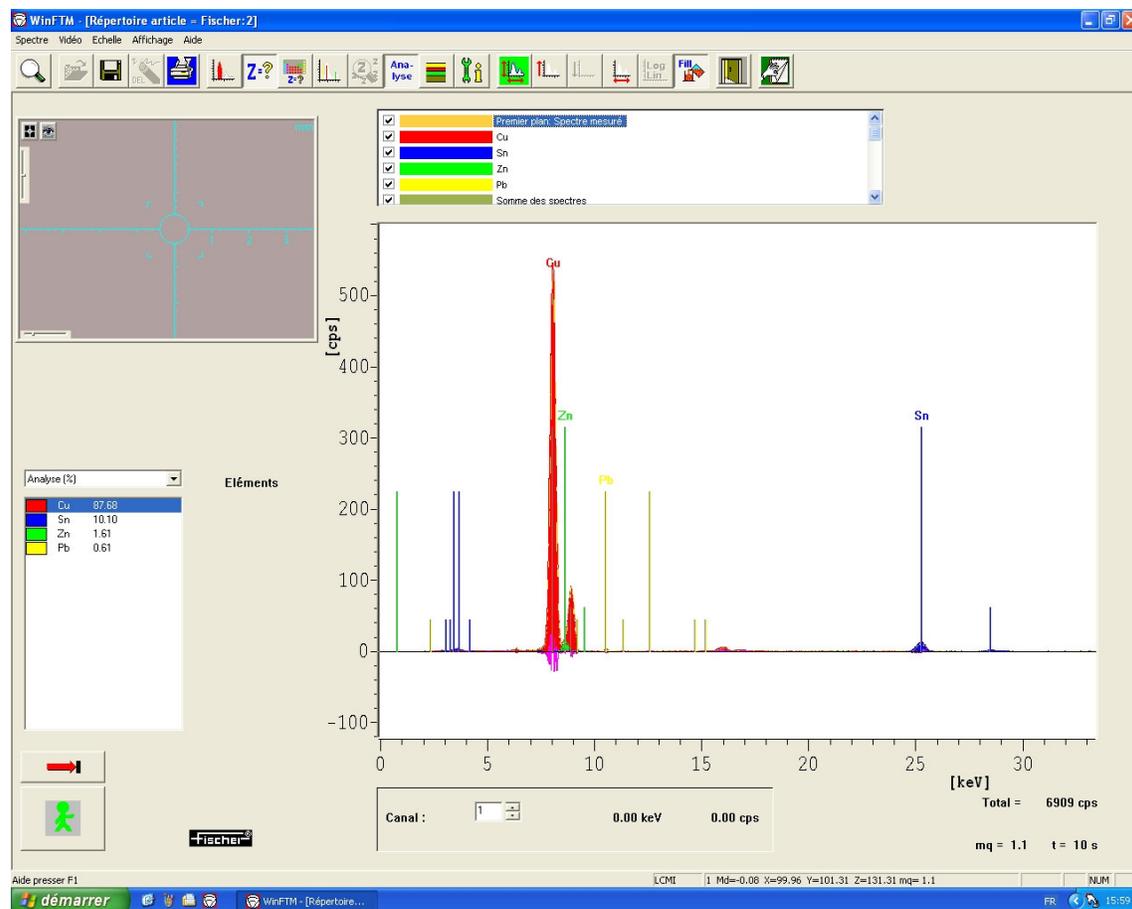
Ce spectrogramme a été réalisé sur une des pièces de la minuterie dont Boquet (1909) dit qu'il s'agit de cuivre. La spectroscopie permet de corriger cette information : étant donnée la concentration de plus de 32% de zinc, il s'agit bien d'un laiton.



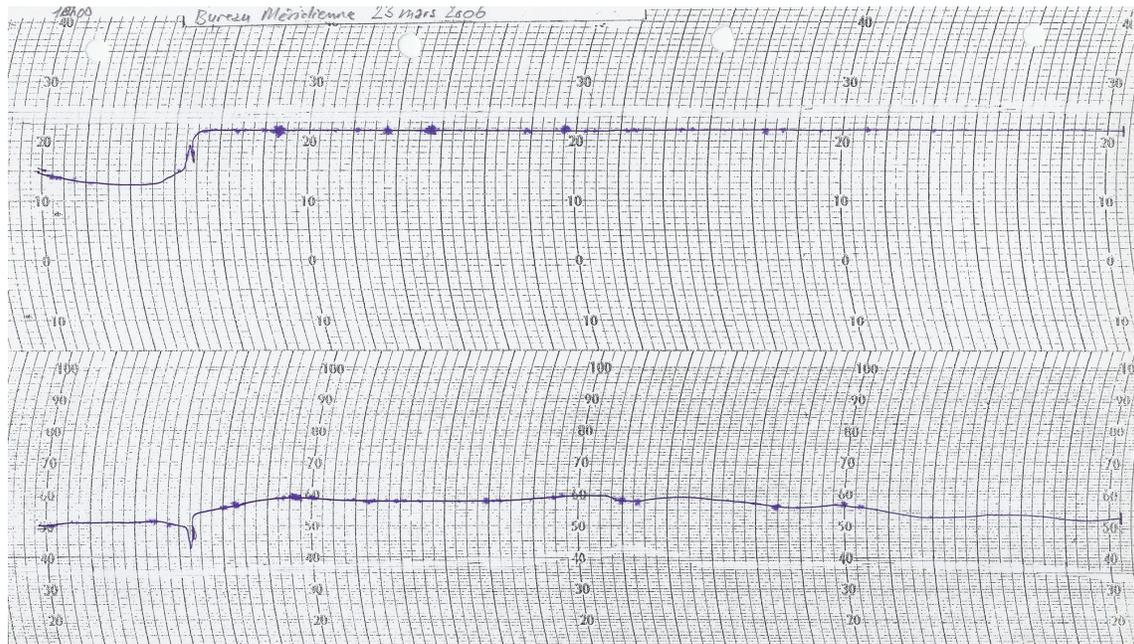
Ce spectrogramme a été réalisé sur la surface métallique couleur gris très clair de la roue des minutes de la minuterie (roue portant les 60 graduations des minutes). Cette pièce comporte une zone recouverte par le traitement galvanique et une zone où il a été retiré. Ici, le spectrogramme de la zone recouverte. On remarque à gauche du grand pic rouge de la concentration de cuivre, un pic bleu foncé indiquant une (faible) concentration de nickel. A la page suivante, le spectrogramme de la même pièce, mais sans le recouvrement galvanique.

Sur cette page, le spectrogramme d'une zone non-recouverte par le traitement galvanique de nickel, sur la roue des minutes.

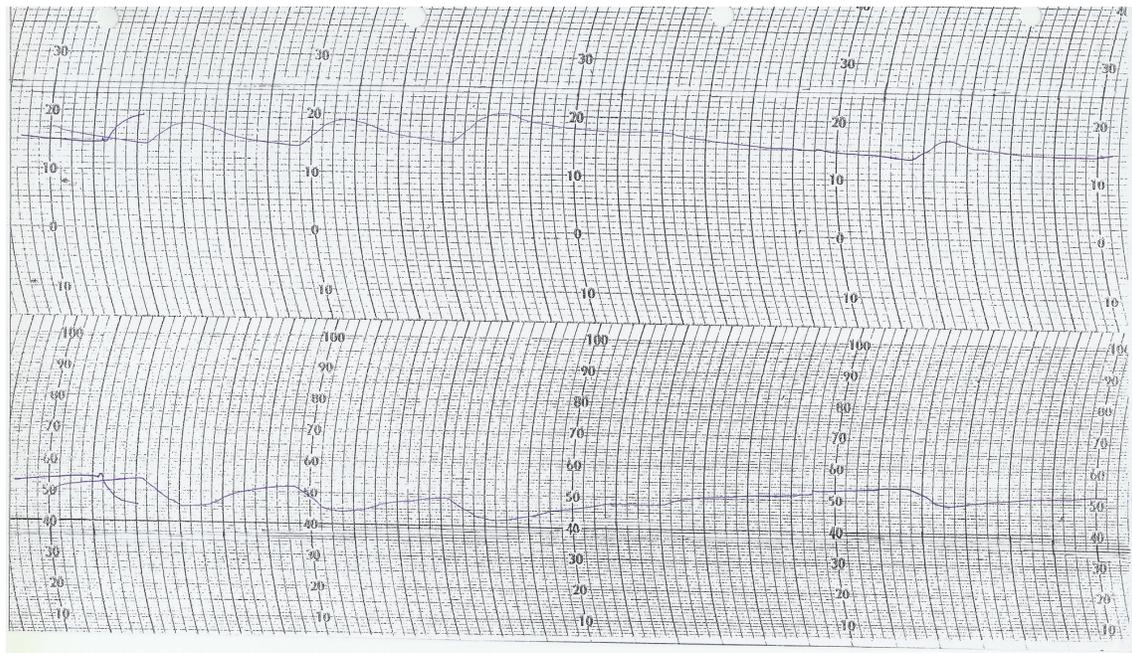
Le pic de couleur bleu marine situé sur la droite du graphique indique la concentration d'étain. Le rapport entre la concentration de cuivre et celle d'étain confirme qu'il s'agit d'un bronze.



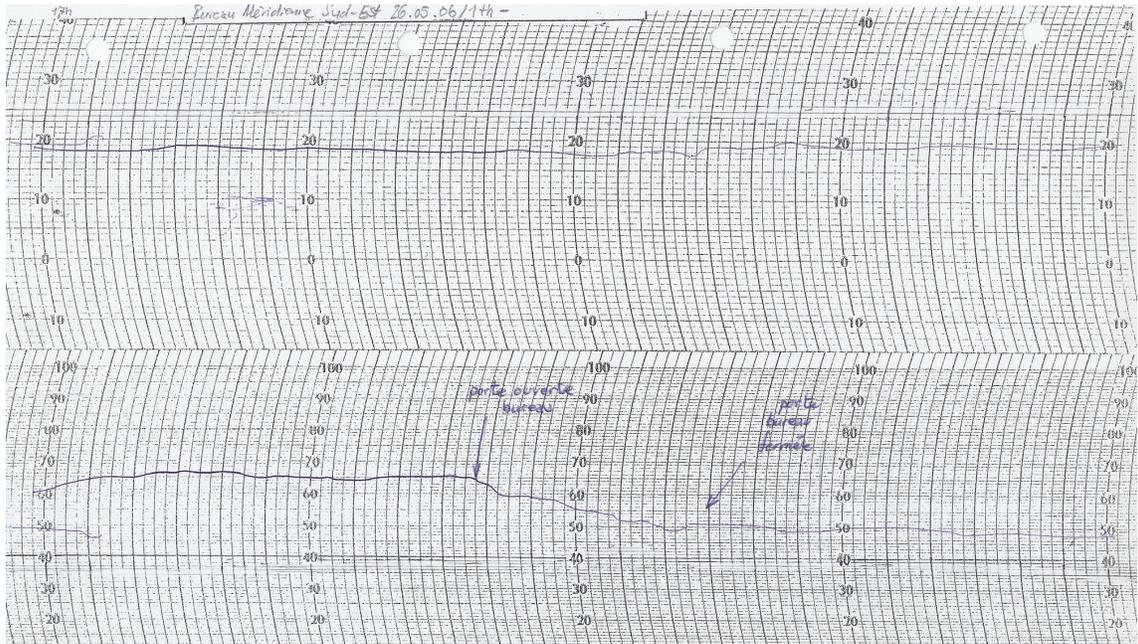
Graphiques du thermo-hygrographe



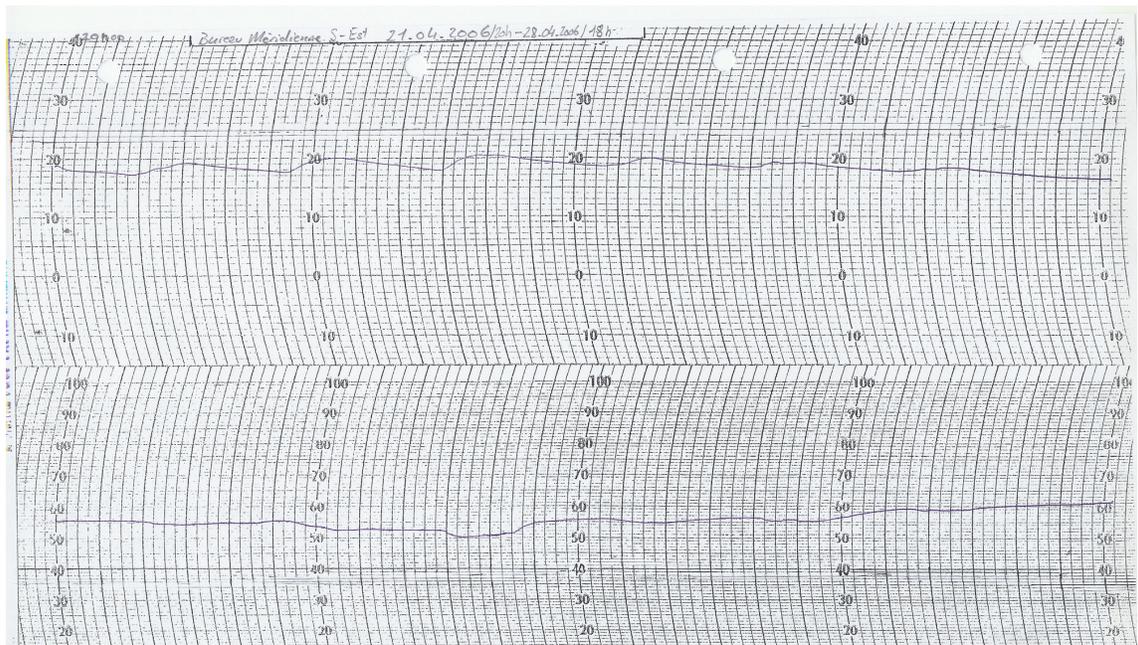
Thermohygrogramme 1 : Etalonnage du thermo-hygrographe dans le local des horloges atomiques



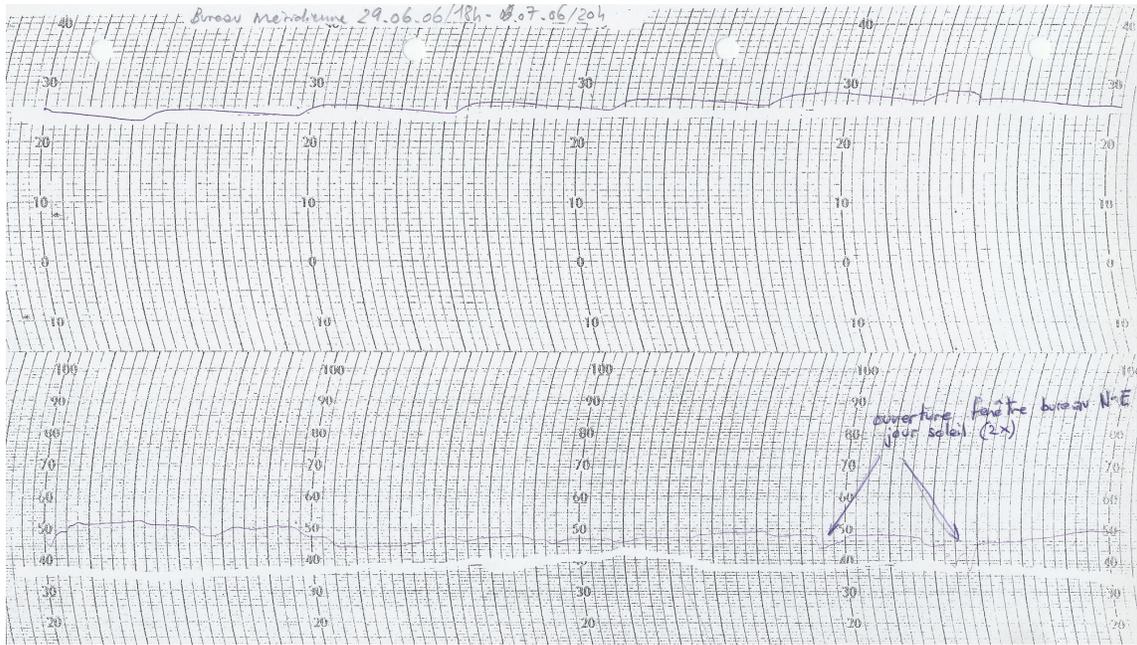
Thermohygrogramme 2 : Bureau méridienne, hiver, non chauffé. Début de semaine ensoleillé, températures extérieures fréquemment en dessous de zéro



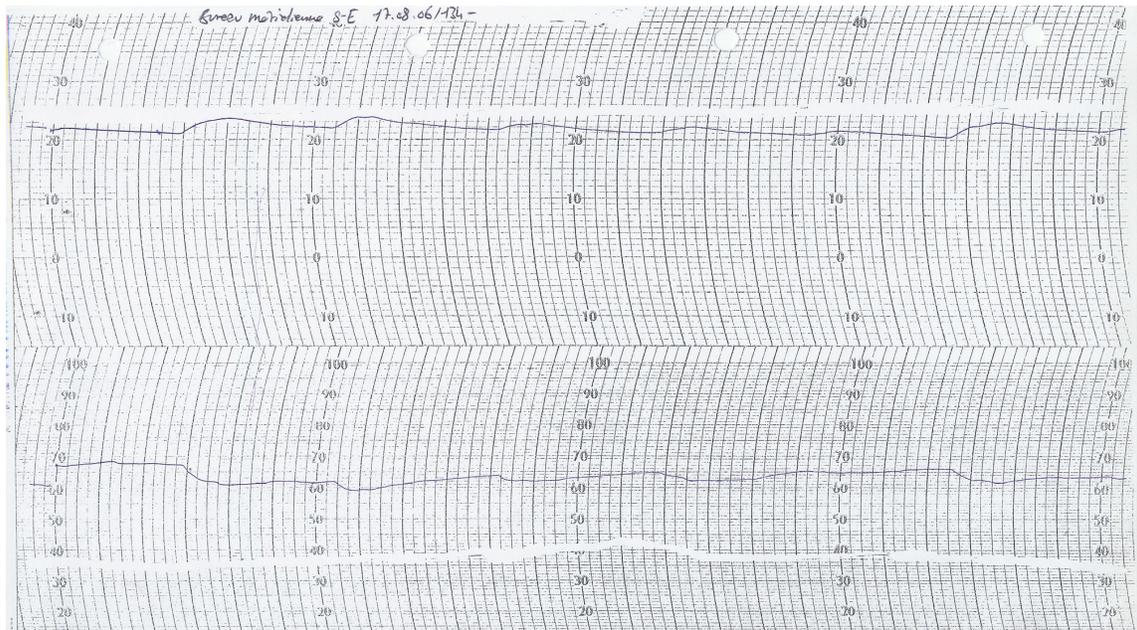
Thermohygrogramme 3 : Bureau méridienne, hiver, chauffage thermostatique, ouverture de la porte du bureau un jour de froid sec, après plusieurs jours de froid humide



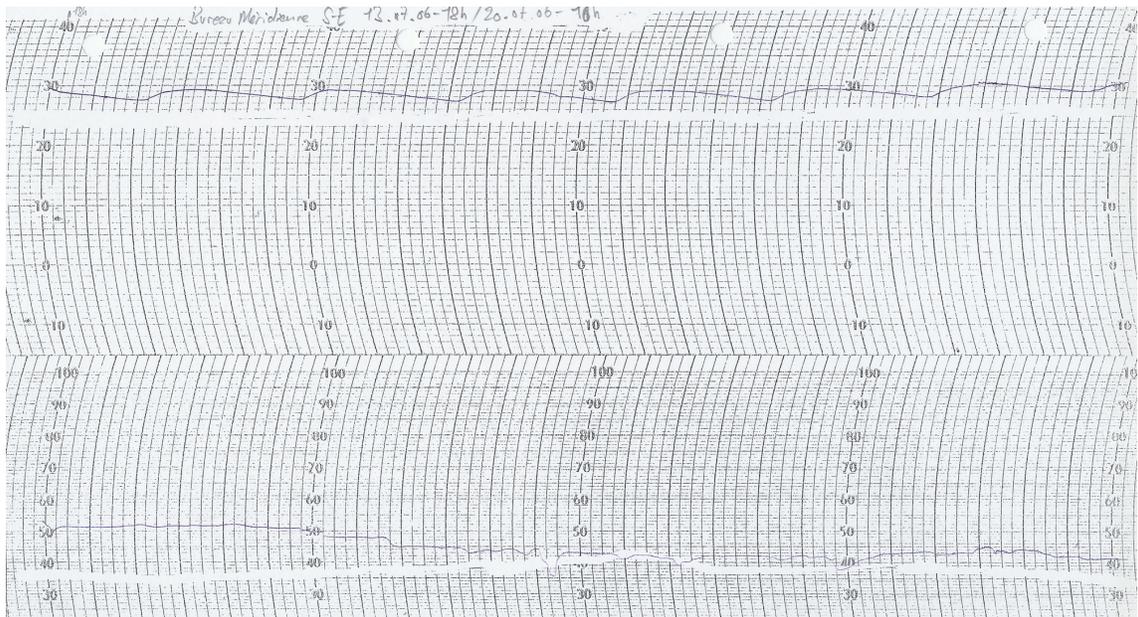
Thermohygrogramme 4 : Bureau méridienne, printemps, temps variable



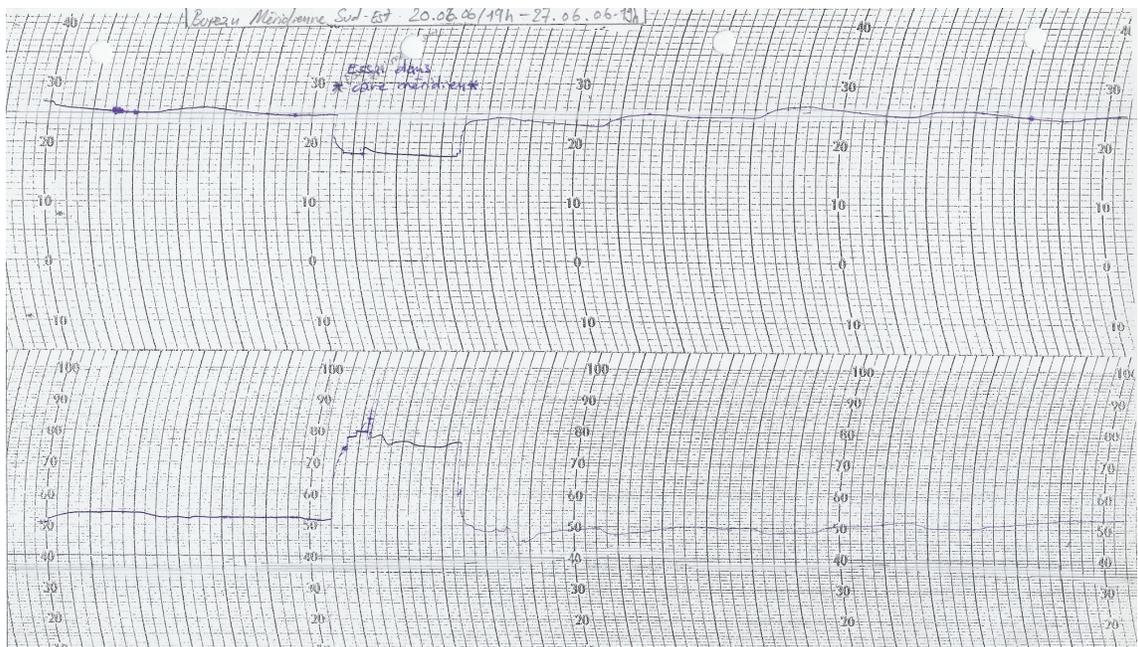
Thermohygrogramme 5 : Bureau méridienne, été temps ensoleillé, 2 ouvertures de fenêtres



Thermohygrogramme 6 : Bureau méridienne, été, temps humide et variable



Thermohygrogramme 7 : Bureau méridienne, été temps caniculaire



Thermohygrogramme 8 : Jours d'été, temps ensoleillé, passage du bureau à la cave du bâtiment méridien pendant un jour.