

Ternissement de l'argent : test de comparaison de matériaux de protection et application au conditionnement des instruments de musique argentés du Musée Historique de Bâle

Mémoire présenté par :

Meystre Zoé

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO en Conservation

Objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2021-2022

Remise du travail : 18.07.2022

Jury : 22.08.2022

Nombre de pages : 49

Engagement

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

Date et signature :

Remerciements

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidée de proche ou de loin à la réalisation de ce diplôme.

Des remerciements particuliers vont aux personnes suivantes :

Le personnel du Musée historique de Bâle :

Madame Janine MEIER, Conservatrice-restauratrice d'objets en métal et Maître de stage, pour sa disponibilité et grâce à qui ce travail a été ponctué de nombreux conseils, partages et échanges enrichissants.

Monsieur Marcus JACOB, responsable de la Conservation au HMB, pour avoir accepté ma demande de stage et ainsi pouvoir réaliser mon Bachelor à Bâle.

Toute l'équipe du HMB pour leur accueil chaleureux et bienveillant. En particulier Mesdames Stephanie WÜMMERS et Franziska SCHILLINGER JOSEPH, Conservatrices-restauratrices d'Objets d'histoire culturelle, Gesa BERNGES, Conservatrice-restauratrice de Textiles, Claudia GÜRTLER SUBAL et Vanesa FERNANDEZ RODRIGUEZ, Conservatrices-restauratrices de Peinture et sculpture, Jasmine SCHULZE, conservatrice-restauratrice d'Objets en papier, pour leurs conseils et grâce à qui j'ai pu accéder à la réserve. Monsieur Martin SAUTER, Conservateur-restaurateur d'Armes et métaux précieux, pour l'accueil dans son atelier.

Les enseignants et intervenants à la Haute-Ecole Arc :

Les membres du Collège de diplôme, Messieurs Régis BERTHOLON, Valentin BOISSONNAS, Tobias SCHENKEL et Thierry JACOT, pour leur suivi tout au long de ce travail de diplôme.

Messieurs Romain JEANNERET, Conservateur-restaurateur du Trésor de l'Abbaye de Saint-Maurice, et Christian DEGRIGNY, Enseignant et chercheur en conservation-restauration, pour leur proposition de collaboration bien que le sujet n'ait finalement pas été retenu.

Madame Bluenn BOULANGÉ, Conservatrice-restauratrice d'Objets métalliques, pour ses conseils et partage de contacts.

Les professionnels du patrimoine contactés par courriel :

Monsieur Adrian von STEIGER, Directeur du Klingendes Museum de Berne, Madame Marie-Anne LOEPER-ATTIA, Conservatrice-restauratrice chargée de la conservation préventive et curative des collections à la Cité de la Musique à Paris, Madame Marie-Claire LORY-DELAVALLEE, Conservateur du Patrimoine au MuPop de Montluçon, Monsieur Arnold MYERS, Professeur et chercheur au Conservatoire royal d'Ecosse et ancien Conservateur et Directeur de la collection d'instruments de musique historiques de l'université d'Édimbourg (St Cecilia's Hall), Monsieur Joël EYMARD, Trompettiste et auteur du site internet *la.trompette.online.fr*, Madame Lauren FAIR, Conservatrice-restauratrice d'Objets au Winterthur Museum, Garden & Library (USA). Merci à tous pour leur partage de connaissances, d'expérience, et pour leurs conseils.

Les spécialistes des instruments de musique :

Monsieur Bertrand GEISER, Responsable de l'Atelier Musical (vente et réparation d'instruments à vent) à Neuchâtel, Monsieur Elie DARBELLAY, Réparateur d'instruments à vent chez Musik Beat Zurkinden à Guin, Madame Chantal MEYSTRE, trompettiste. Grâce à votre accueil et vos partages de connaissance, le monde de la trompette m'est devenu plus familier.

Le personnel de l'entreprise Silbag AG à Lucerne :

Pour la réalisation de l'argentage de mes coupons en laiton.

Le personnel de chez Oeckopack Conservus AG :

Plus spécialement Monsieur Dario D'ANTONIO pour la réalisation d'un devis.

Mes nombreuses relectrices :

Mesdames Valérie WINTELER, également flûtiste hors pair, Janine MEIER, Cristina RANDIN, Zoé MEYER, Marianne BÜHLER.

Mes camarades d'études :

Une pensée spéciale à tous les champions de la volée 2019-2022, pour ces 3 années intenses entrecoupées de rires et de beaux moments partagés.

Mes colocataires :

Vjosa, Jules et Robin, votre patience et vos encouragements ont été précieux lors de ces mois d'étude peu festifs.

Ma famille :

Merci pour votre soutien infaillible. Une pensée à Christian le musicien, André l'écrivain et Jean l'épicurien.

Table des matières

Résumé	1
Abstract	2
Zusammenfassung	3
1. Introduction	4
2. Mandat et problématique	5
3. Méthode	5
4. Instruments de musique : les trompettes.....	6
4.1. Technologie	6
4.2. Matériaux	6
4.3. Les vernis et les lubrifiants	7
4.4. Les trompettes du HMB	8
4.4.1. Evolution des surfaces argentées et anciennes restaurations	10
5. Utilisation et altération de l'argent.....	11
5.1. Oxydation, tarnissement et corrosion	11
5.2. Facteurs d'altération de l'argent.....	12
5.3. Entretien de l'argent.....	14
5.3.1. Méthodes de prévention.....	14
5.3.2. Méthodes de nettoyage et leur impact.....	14
6. Les réserves du HMB	15
6.1. Conditions de stockage actuelles	15
6.2. Climat et polluants	16
7. Test de comparaison de matériaux de protection contre le tarnissement	17
7.1. Objectif	17
7.2. Méthode.....	17
7.3. Choix des matériaux	18
7.3.1. Textiles et papier de protection	18
7.3.2. Métaux et alliages	18
7.3.3. Matériaux pour les enceintes	18
7.4. Préparation.....	19
7.5. Déroulement.....	20
7.6. Tests additionnels	21
7.6.1. Test pour déceler les interactions entre Pacific Silvercloth® et surface métallique.....	21
7.6.2. Test d'influence des matériaux sur le pH de l'eau	21
7.7. Résultats et interprétation.....	22
7.7.1. Comparaison des matériaux de protection	22
7.7.2. Interactions entre Pacific Silvercloth® et surface métallique.....	29
7.7.3. Influence des matériaux sur le pH de l'eau	30

7.8. Critères d'évaluation	31
7.9. Discussion des résultats et conclusion	32
8. Conditionnement des instruments de musique	33
8.1. Choix des matériaux	33
8.2. Choix du design	34
8.3. Réalisation	37
8.4. Recommandation pour le suivi des objets	37
8.5. Calcul des coûts	37
8.6. Conclusion de l'amélioration du stockage des instruments de musique argentés.....	38
9. Conclusion	39
Glossaire.....	40
Références bibliographiques	43
Crédits photographiques du document principal	49
Crédits photographiques des annexes.....	49

Résumé

Le Musée Historique de Bâle conserve dans ses réserves une vingtaine d'instruments de musique argentés. Comme beaucoup d'autres objets en argent, ces instruments de musique sont appréciés pour leurs surfaces claires et brillantes. L'argent est sujet au tarnissement, qui modifie ses propriétés de surface et altère la valeur esthétique des objets. Le Musée Historique de Bâle souhaite prendre des mesures préventives pour éviter le développement ou le renforcement du tarnissement hétérogène sur les instruments de musique. Ces mesures contribueront à minimiser les travaux de nettoyage réalisés par le personnel et les coûts qui y sont liés.

Pour ce travail, onze instruments de musique argentés ont été sélectionnés afin d'évaluer et d'améliorer leur conservation : cinq trompettes naturelles, quatre trompettes à pistons et deux cornets.

L'environnement et le mode de stockage des objets ont été examinés de plus près et plusieurs facteurs potentiels accélérant le tarnissement ont été mis en évidence, notamment le stockage des instruments de musique à l'air libre et la présence de matériaux émettant des composés sulfurés. Cette problématique a mis en évidence l'importance d'améliorer le mode de stockage.

Des recherches ont été menées afin de connaître les différentes possibilités qui existent pour protéger les surfaces argentées. L'utilisation d'un matériau de protection qui absorbe les composés sulfurés a été retenue. Divers matériaux remplissant cette fonction sont utilisés dans différents domaines.

Un test de vieillissement accéléré a été réalisé afin de sélectionner le matériau le plus efficace et de garantir sa compatibilité avec les objets. Après étude des pratiques dans différentes professions, six matériaux (textile et papier) ont été choisis pour être comparés.

Des coupons métalliques ont été placés dans des pochettes cousues avec les matériaux absorbants. Les alliages choisis correspondent le plus possible aux matériaux des instruments de musique étudiés. Les pochettes et les coupons ont été suspendus dans des enceintes. Des œufs ont été ajoutés comme source de composés sulfurés afin de produire un tarnissement accéléré.

La documentation photographique avant et après le test a permis de suivre l'évolution du tarnissement et de déterminer l'effet protecteur des matériaux.

Les résultats montrent que le textile en coton imprégné d'argent Pacific Silvercloth® génère la protection la plus élevée. Un test supplémentaire a montré une interaction entre les coupons métalliques et le Pacific Silvercloth®. Un contact direct entre la surface de l'objet et le textile doit donc être évité. Cela peut être réalisé en doublant le Pacific Silvercloth® avec l'intissé en polyéthylène Tyvek®. Cette interface est imperméable à l'eau et perméable aux gaz, ce qui n'affecte pas l'efficacité du textile protecteur. De plus, un contact direct entre la surface métallique et le textile n'est pas nécessaire pour qu'il soit efficace.

Sur la base des recherches et des résultats des tests, un conditionnement avec intégration du Pacific Silvercloth® a été développé. Outre la protection contre le tarnissement, le conditionnement protège également les objets de la poussière, de l'abrasion, des chocs et des vibrations. Des boîtes et des supports en carton non acide avec des inserts en mousse de polyéthylène ont été fabriqués. Les supports intérieurs se logent et se retirent facilement des boîtes, ce qui permet de sortir les objets sans les toucher directement. Pour optimiser l'espace, deux instruments de musique ont été placés dans chaque conditionnement.

Le Pacific Silvercloth® doublé de Tyvek® a été fixé aux boîtes à l'aide de bandes de coton afin de faciliter son remplacement. Le textile recouvre entièrement les instruments de musique, la face en Tyvek® étant tournée vers l'objet.

Il est difficile d'estimer combien de temps le Pacific Silvercloth® sera efficace. C'est pourquoi des coupons de contrôle en argent 925 ont été ajoutés dans chaque conditionnement. Si une altération de ces coupons de référence est constatée, le textile absorbant doit être remplacé.

Abstract

The Historical Museum of Basel holds about 20 silver plated musical instruments in its storerooms. Like many silver objects, these musical instruments are valued for their bright, shiny surfaces. Silver is subject to tarnishing, which changes its surface properties and affects the aesthetic value of the objects. The Historical Museum Basel wants to take preventive measures to avoid the development or the reinforcement of heterogeneous tarnishing on the musical instruments. These measures will help to minimize the cleaning work done by the staff and its associated costs.

For this project, eleven silvered musical instruments were selected to evaluate and improve their conservation : five natural trumpets, four valve trumpets and two cornets.

The environment and storage conditions of the objects were closely examined and several potential factors that accelerate tarnishing were identified, including the storage of musical instruments in open air and the presence of materials that emit sulfur compounds. This issue has highlighted the importance of improving the storage method.

Research has been carried out to list the different existing possibilities to protect silver surfaces. The use of a protective material that absorbs the sulfur compounds was chosen. Various materials fulfilling this purpose are used in different fields.

An accelerated ageing test was carried out to select the most effective material and to ensure its compatibility with the objects. After studying the practices in different professions, six materials (textile and paper) were chosen for comparison.

Metal coupons were placed in sewn pockets of the absorbent materials. The alloys chosen corresponded as closely as possible to the materials of the musical instruments studied. The pouches and coupons were suspended in chambers. Eggs were added as a source of sulfur compounds to produce accelerated tarnishing.

Photographic documentation before and after the test was used to monitor the progress of the tarnishing and to determine the protective effect of the materials.

The results showed that the impregnated cotton fabric Pacific Silvercloth® generated the highest protection. An additional test showed an interaction between the metal coupons and the Pacific Silvercloth®. Direct contact between the surface of the object and the fabric should therefore be avoided. This can be achieved by lining the Pacific Silvercloth® with the nonwoven polyethylene sheet Tyvek®. This interface is waterproof and gas permeable, which does not affect the effectiveness of the protective textile. In addition, direct contact between the metal surface and the fabric is not required to be effective.

Based on the research and test results, a packaging with integrated Pacific Silvercloth® was developed. In addition to protection against tarnishing, the packaging also protects the objects from dust, abrasion, shock, and vibration. Acid-free cardboard boxes and holders were manufactured with polyethylene foam inserts. The inner supports are easily inserted and removed from the boxes, allowing the objects to be taken out without directly touching them. To optimize the storage space, two musical instruments were placed in each package.

Tyvek®-lined Pacific Silvercloth® was attached to the boxes with cotton strips for easy replacement. The textile completely covers the musical instruments, with the Tyvek® side facing the object.

It is difficult to estimate how long the Pacific Silvercloth® will be effective. That's why silver 925 control coupons have been added to each package. If these reference coupons are found to have tarnished, the absorbent textile must be replaced.

Zusammenfassung

Das Historische Museum Basel bewahrt im Depot rund zwanzig versilberte Musikinstrumente auf. Versilberte Musikinstrumente werden, wie viele andere Silberobjekte, für die hellen glänzenden Oberflächen geschätzt. Silber ist anfällig für das Anlaufen, welches seine Oberflächeneigenschaften verändert und den ästhetischen Wert der Objekte beeinträchtigt. Das Historische Museum Basel möchte mit präventiven Massnahmen die Entwicklung oder Verstärkung heterogener Anlauffarben auf Musikinstrumenten verhindern. Diese Massnahmen werden dazu beitragen, die Reinigungsarbeiten und den damit verbundenen Personal- und Kostenaufwand zu minimieren.

Für diese Arbeit wurden elf versilberte Musikinstrumente ausgewählt, um deren Aufbewahrungssituation zu evaluieren und zu verbessern: fünf Langtrompeten, vier Ventiltrompeten und zwei Kornette.

Die Umgebung und die Art der Lagerung der Objekte wurde genauer betrachtet und mehrere potenzielle Faktoren aufgezeigt, welche das Anlaufen beschleunigen, insbesondere die Lagerung der Musikinstrumente im Freien und das Vorhandensein von Schwefel emittierenden Materialien. Diese Problematik hat gezeigt, wie wichtig es ist, die Art der Lagerung zu verbessern.

Es erfolgten Recherchen zu den in verschiedenen Bereichen verwendeten präventiven Schutzmassnahmen von silbernen Objekten. Die Verwendung eines Schutzmaterials, das die Schwefelverbindungen absorbiert, wurde ausgewählt. Diverse Materialien, welche diese Funktion erfüllen, werden in verschiedenen Bereichen eingesetzt.

Um das wirksamste Material auszuwählen und seine Verträglichkeit mit den Objekten zu gewährleisten, wurde ein beschleunigter Alterungstest durchgeführt. Sechs Materialien (Textilien und Papier) wurden zum Vergleich ausgewählt nach Untersuchung der Praktiken in verschiedenen Berufen.

Metall Coupons wurden in Taschen eingelegt, die aus jeweils einem der absorbierenden Materialien bestanden. Es wurden Legierungen gewählt, welche möglichst dem Material der untersuchten Musikinstrumente entsprachen. Die Taschen und Coupons wurden in Gefässe gehängt, in denen Eier als Quelle für Schwefelverbindungen hinzugefügt wurden, um ein beschleunigtes Anlaufen zu erzeugen.

Anhand der Fotodokumentation vor und nach dem Test konnte die Entwicklung des Anlaufens dokumentiert und die Schutzwirkung der Materialien ermittelt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass das silberimprägnierte Baumwolltextil Pacific Silvercloth® den höchsten Schutz erzeugt. Ein direkter Kontakt zwischen der Metalloberfläche und dem Textil ist dabei nicht notwendig. Ein zusätzlicher Test zeigte eine Interaktion zwischen den Metallcoupons und dem Pacific Silvercloth®. Ein direkter Kontakt zwischen der Oberfläche des Objekts und dem Textil sollte daher vermieden werden. Dies kann durch die Doublierung des Pacific Silvercloth® mit dem Polyethylenvlies Tyvek® erfolgen. Diese Schnittstelle ist wasserundurchlässig und gasdurchlässig, wodurch die Wirksamkeit des Textils nicht beeinträchtigt wird.

Aufgrund der Recherchen und den Testresultaten wurde eine Verpackung mit integriertem Pacific Silvercloth® entwickelt. Neben dem Schutz vor dem Anlaufen schützt die Verpackung die Gegenstände auch vor Staub, Abrieb, Stößen und Vibrationen. Es wurden Schachteln und Innenschachteln aus säurefreiem Karton mit Einpassungen aus Polyethylenschaum hergestellt. Die Innenschachteln lassen sich leicht in die Schachteln einsetzen und herausnehmen, sodass die Objekte herausgenommen werden können, ohne die Objekte direkt zu berühren. Zu Platz Optimierung wurden in jede Verpackung zwei Musikinstrumente eingebracht.

Das mit Tyvek® doublierte Pacific Silvercloth® wurde mit Baumwollbändern an den Schachteln befestigt, um das Ersetzen zu erleichtern. Das Textil bedeckt die Musikinstrumente vollständig, wobei die Tyvek®-Seite dem Objekt zugewandt ist.

Es ist schwierig einzuschätzen wie lange Pacific Silvercloth® in der Umgebung wirksam sein wird. Daher wurde in jeder Packung Kontrollcoupons aus 925er Silber hinzugefügt. Wird eine Veränderung dieser Referenzcoupons festgestellt, muss das absorbierende Textil ersetzt werden.

1. Introduction

Le présent mémoire a été effectué durant deux mois et clos 3 ans d'études en conservation à la Haute-Ecole Arc de Neuchâtel pour l'obtention du Bachelor. Il a été réalisé au Musée historique de Bâle, sous la supervision d'un Maître de stage, Madame Janine Meier, conservatrice-restauratrice d'objets en métal au sein de cette institution patrimoniale et responsable de la collection étudiée.

Ce mémoire décrira les différentes étapes qui ont amené à une solution d'amélioration de stockage des instruments de musique argentés afin de stopper l'évolution du tarnissement.

Le Musée Historique de Bâle expose au public des collections variées depuis plus de 120 ans.¹

Parmi les 300'000 objets conservés se trouve une collection d'instruments de musique. Depuis une trentaine d'années, cette collection est stockée dans une réserve externe, située dans le quartier de Dreispitz.²

Une vingtaine d'objets présentant une surface argentée font partie de cette collection. Leurs conditions de stockage ne sont pas adaptées à une conservation pérenne : un tarnissement hétérogène est visible à la surface des instruments argentés.

Lors de ce travail, des recherches dans la littérature spécialisée porteront sur les mécanismes de tarnissement de l'argent et les différents critères entrant en jeu. Grâce à ces recherches, les facteurs potentiels de tarnissement des surfaces argentées dans la réserve du HMB pourront être mis en évidence.

Parallèlement, les instruments de musique sélectionnés, leur historique et leurs techniques de fabrication seront documentés.

Deuxièmement, différentes solutions pour stopper l'évolution du tarnissement de l'argent seront répertoriées. Une sélection de matériaux protecteurs sera réalisée.

Troisièmement, un test de vieillissement accéléré sera élaboré afin de comparer l'efficacité des différents matériaux sélectionnés. Cette comparaison permettra de définir le plus efficace et adéquat en vue de son utilisation dans un contexte patrimonial pour la collection étudiée au HMB et également pour d'autres collections avec des besoins comparables.

En dernier lieu, en prenant compte des connaissances acquises lors de la recherche et des résultats des tests pratiques, le matériau absorbant ayant obtenu le meilleur résultat sera intégré à l'amélioration du stockage des instruments de musique du HMB. Des recommandations pour leur stockage et leur suivi seront également énoncées.

¹ Pour alléger la lecture, le *Musée Historique de Bâle*, en version allemande *Historisches Museum Basel*, sera abrégé en « HMB » à la suite du texte.

² Inventaire général, 2022, [En ligne].

2. Mandat et problématique

Le HMB conserve dans l'une de ses neuf réserves externalisées une collection d'instruments de musique.

Au sein de cette collection se trouve une vingtaine d'objets présentant une surface argentée.

Un tarnissement hétérogène est visible à la surface des instruments de musique argentés. Cette problématique est connue du HMB, qui souhaite trouver une solution afin de stopper cette évolution.

Les objets en argent sont les héritiers d'une longue tradition, et leur tarnissement n'est pas apprécié du public. Les changements visuels qui en découlent portent atteinte à la valeur esthétique des objets. Lorsque des œuvres argentées sont exposées, le public s'attend à trouver une surface uniforme, claire et brillante.³

L'objectif de ce travail est de répondre à la question suivante :

Comment stopper l'évolution du tarnissement des instruments de musique argentés stockés dans la réserve du HMB au moyen de la conservation préventive ?

Cette solution devra permettre de minimiser les futures interventions de nettoyage dommageables pour les objets ainsi que les ressources humaines et financières nécessaires à leur traitement.

A l'issue de ce travail, le HMB souhaite que les points suivants aient été traités :

- Le développement et la réalisation d'un conditionnement améliorant le stockage et intégrant une solution de prévention du tarnissement pour une sélection d'instruments de musique argentés,
- Un test de vieillissement accéléré pour orienter les choix des matériaux selon une démarche scientifique,
- Un protocole de suivi des objets présentant une surface argentée.

3. Méthode

Pour mener à bien ce travail, onze instruments de musique argentés ont été sélectionnés : cinq trompettes naturelles, quatre trompettes à pistons* et deux cornets.

Une première partie du travail commencera par la documentation des instruments de musique, basée sur la littérature spécialisée ainsi que les témoignages recueillis auprès de professionnels nous renseignant sur l'histoire, les techniques courantes de fabrication et d'entretien. Un état de la situation rencontrée au HMB sera également exposé. Parallèlement, des recherches seront menées pour comprendre et exposer les principaux mécanismes du tarnissement de l'argent.

Dans un deuxième temps, l'environnement et le mode de stockage des objets devront être étudiés afin de mettre en évidence les facteurs accélérant le tarnissement. Le mode de stockage actuel dans la réserve est complexe ; une évolution a eu lieu depuis trente ans au grès des acquisitions, des ressources financières et humaines disponibles.

Par la suite, des recherches se penchant sur les pratiques suivies par les professionnels de la conservation, des instruments de musique et des métaux précieux seront menées afin de sélectionner plusieurs matériaux de protection contre le tarnissement des surfaces argentées.

Cette sélection de matériaux sera comparée durant un test de vieillissement accéléré. Les résultats permettront de sélectionner la solution la plus efficace et adaptée à un contexte patrimonial. Pour y parvenir, une liste de critères devra être établie.

Finalement, le matériau obtenant le meilleur résultat en tenant compte des critères à respecter dans un environnement muséal sera intégré à un concept de conditionnement. Cette solution sera mise en œuvre pour améliorer les conditions de stockage des onze trompettes et cornets du HMB. Des recommandations de suivi pour privilégier la conservation pérenne des objets seront également proposées.

³ Magnusson, 2016, p.29.

* Les mots suivis d'un astérisque sont expliqués dans le glossaire, p.40-41.

4. Instruments de musique : les trompettes

4.1. Technologie

Au XIX^{ème} siècle, la fabrication des cuivres européens s'effectue principalement à Paris, Lyon et Strasbourg.⁴

L'histoire et l'évolution des trompettes est résumée pour les mélomanes en annexes⁵.

De nombreuses étapes sont nécessaires pour fabriquer une trompette, notamment la mise en forme du métal par martelage et les assemblages à chaud par brasage. Ces techniques créent des faiblesses ou tensions dans le métal et peuvent avoir une influence lors du vieillissement des instruments.

En regroupant les explications données par diverses manufactures de trompettes⁶, ainsi que les compléments d'informations de Monsieur Joël Eymard⁷, les principales étapes de fabrication sont résumées dans un tableau en annexes.⁸

Au terme de leur réalisation, la plupart des trompettes à pistons sont composées de neuf éléments prévus pour être désassemblés : le corps de l'instrument (pavillon, tube et bloc des pistons en une partie), quatre coulisses, trois pistons et une embouchure*. Un schéma avec la terminologie de ces éléments se trouve en annexes⁹ ainsi que des photographies illustrant les différentes parties mobiles¹⁰.

4.2. Matériaux

L'alliage* couramment utilisé pour réaliser les trompettes est le laiton. Plusieurs types de laiton sont choisis pour leurs différentes propriétés physiques, notamment la couleur¹¹ :

- Le laiton "jaune" ; avec env. 70% de cuivre et 30% de zinc,
- Le laiton "doré" ; avec env. 75 à 80% de cuivre et 25 à 20% de zinc,
- Le laiton "rouge" ; avec plus de 80% de cuivre et le reste de zinc.¹²

L'alliage constitutif des instruments anciens le plus souvent retrouvé est le laiton « jaune », avec env. 74% de cuivre.¹³ Plus rarement, certains instruments ont été réalisés en alliage d'argent massif. Certaines parties de l'instrument peuvent présenter env. 1% de plomb¹⁴, et certaines parties en maillechort.¹⁵ Les pistons de certains modèles sont réalisés en alliage de monel.¹⁶

L'argenture présente sur certains instruments est appliquée à la surface par électrolyse.¹⁷ L'instrument est d'abord poli, nettoyé et dégraissé. Une couche de pré-argenture est déposée, puis celle de l'argenture. Son épaisseur est généralement de 5 à 7 µm. Certaines parties constamment en contact avec les mains du musicien peuvent avoir une plus grande épaisseur (boutons de pistons, embouchure, etc.).¹⁸

⁴ von Steiger, 2016, p.378.

⁵ Annexe 1, p.4.

⁶ Fabrication trompette, 2009, [En ligne].
A Factory Tour, 2003, [En ligne].

⁷ Comment fabrique-t-on une trompette ?, 2022, [En ligne].

⁸ Annexe 1, Tab.11, p.6.

⁹ Annexe 1, Schéma 3, p.5.

¹⁰ Annexe 1, Fig.23-24, p.5.

¹¹ La composition exacte des alliages diffère d'un fabricant à l'autre.

¹² L'apport de zinc augmente la résistance mécanique et la dureté de l'alliage tout en diminuant sa température de fusion.
Laiton : définition et propriétés, 2022, [En ligne].

¹³ Information donnée par Monsieur Elie Darbellay, réparateur d'instruments à vent.

¹⁴ Cet apport facilite notamment l'usinage au tour.

¹⁵ Alliage de cuivre, zinc et nickel.

¹⁶ Cet alliage breveté au début du XX^e siècle est composé de nickel, cuivre et fer. Il est utilisé pour ses propriétés de résistance à la corrosion.

¹⁷ Les instruments argentés datés avant l'apparition de cette technique sont généralement en alliage d'argent massif.

¹⁸ Ces renseignements ont été transmis par Monsieur Elie Darbellay, réparateur d'instruments à vent.

4.3. Les vernis et les lubrifiants

Un instrument peut être vernis entièrement, partiellement ou ne présenter aucun vernis. Les vernis ont une influence sur la résistance, l'esthétisme et la sonorité.¹⁹

Les vernis anciens renseignent sur la technique et le geste du facteur de l'instrument : ils font partie intégrante de l'instrument.²⁰ Historiquement, les vernis sont des mélanges de plusieurs résines et d'un solvant. Ceux-ci ont longtemps été appliqués exclusivement sur des instruments en bois et non en métal, car ils n'offraient pas une solidité suffisante.²¹ Il faut attendre le XIX^{ème} siècle avec l'arrivée des vernis en polymères de synthèse pour leur utilisation sur des instruments métalliques. Actuellement, la plupart sont vernis pour les protéger de la corrosion*. Les films obtenus peuvent avoir des propriétés variées (brillance, couleur, dureté, adhésion, perméabilité).²² Si le vernis est endommagé (fissures, rayes, éclats), une corrosion filiforme peut se développer.²³ Le résultat sera une ternissure* irrégulière et dérangeante esthétiquement.

Quant aux lubrifiants, ils sont appliqués par le musicien lors de l'entretien de l'instrument sur les parties mobiles (pistons et coulisse) pour garantir un glissement adéquat. Généralement, des huiles synthétiques sont utilisées pour les pistons et des graisses pour les coulisses.²⁴

¹⁹ Echard, 2003, p.5.

²⁰ Ibidem, p.19.

²¹ Le métal est moins sensible aux fluctuations d'humidité relative que le bois : un vernis est donc moins essentiel.

²² Ibidem, p.4.

²³ La corrosion filiforme est expliquée au chapitre 5, p.11.

²⁴ La fluidité peut différer d'un produit à l'autre, engendrant une application plus ou moins régulière. Ces produits sont vendus par des fournisseurs spécialisés pour les instruments de musique, et la composition exacte est rarement connue. Certains contiennent des inhibiteurs de corrosion.

Produits d'entretien pour les instruments à vent en bois et en cuivre, 2021, [En ligne].

4.4. Les trompettes du HMB

Parmi une vingtaine d'instruments de musique avec une surface argentée présents dans la réserve du HMB, onze trompettes et cornets ont été sélectionnées (Fig.1). La similarité des objets permettra l'expérimentation et la comparaison des solutions amenées. Toute anomalie isolée liée à un facteur additionnel non prévisible pourra ainsi être écartée par le personnel du musée lors du suivi des objets.



Fig. 1 : Ensemble des 11 trompettes et cornets avec une surface argentée de la collection du HMB

Des fiches d'identité regroupant et résumant les informations relatives à chaque objet ont été réalisées. Elles sont consultables en annexes.²⁵

Les instruments de musique du HMB font principalement partie de la collection Bernoulli, entrée en 1980 dans l'institution.²⁶ Six objets étudiés sont concernés. Les cinq instruments restants ont été acquis plus récemment par le HMB : deux objets en 2004, et les trois derniers en 2010, 2017 et 2018.²⁷

Les instruments présentent des inscriptions et décors réalisés avec plusieurs techniques d'enlèvement de matière. Un tableau en annexes détail ces techniques.²⁸ Les inscriptions présentes sur les pavillons nous donnent diverses informations. Les instruments ont été fabriqués entre les XVIII^{ème} et XX^{ème} siècle. Ils sont de fabrications nationales (Bâle, Winterthur), européennes (Berlin, Londres, Markneukirchen, Paris) et américaines (Elkart).²⁹

Le matériau constitutif de 9 instruments étudiés est le laiton, avec un placage d'argent effectué par électrodeposition.³⁰ Un alliage d'argent a été utilisé pour la réalisation des 2 trompettes restantes. D'autres matériaux sont présents sur les boutons de pistons et les clés de certains instruments : du feutre, du liège et de la nacre (Fig.2-4, p.9).

²⁵ Annexe 2, p.8-13.

²⁶ Cette famille bâloise de chercheurs, scientifiques et érudits est également à l'origine de donations ethnologiques et zoologiques dans différents musées.
Bernoulli, 2004, [En ligne].

²⁷ Ces informations proviennent de la base de données du HMB transmise par Madame Janine Meier.

²⁸ Annexe 4, Tab.13, p.18.

²⁹ Certains proviennent d'ateliers familiaux (Oesch), de maisons célèbres (Besson, Blanvalet, Boosey & Hawkes, C.G. Conn), ou sont associés à des facteurs reconnus (William Shaw).

³⁰ Selon Monsieur Bertrand Geiser, responsable de l'Atelier Musical à Neuchâtel, les argentures sur les instruments de la famille des cuivres sont exclusivement réalisées par procédé électrochimique.



Fig. 2 : Liège sous les boutons de pistons. N° inventaire 2018.761.



Fig. 3 : Feutre sous les boutons de pistons. N° inventaire 2010.279.



Fig. 4 : Nacre sur les boutons de pistons. N° inventaire 2004.218.

L'état structurel général des instruments est bon. Cependant, un ternissement général des surfaces est observable à des stades différents selon les instruments. Cette disparité visuelle impacte la valeur esthétique des instruments. D'un objet à l'autre, plusieurs facteurs ne sont pas identiques et peuvent expliquer cette hétérogénéité : la facture de l'instrument, le matériau constitutif des objets, la présence ou l'absence d'une protection de surface, l'historique avant l'arrivée au HMB, les conditions de stockage et d'exposition au HMB.

Plusieurs éléments prévus pour pouvoir être désassemblés sont bloqués. Cette problématique impacte la valeur de recherche des objets, car ils ne peuvent pas être étudiés dans un état fonctionnel. Les altérations types visibles sur les objets sont présentées en annexes.³¹

Un test de conductivité a permis de renseigner la surface des instruments : sur les onze trompettes, trois sont vernies (Fig.5).³² Les facteurs de trompettes vernissent ou argentent les instruments, mais n'ajoutent pas les deux possibilités. Il est donc probable que les vernis ne soient pas originaux, mais qu'il s'agit d'une protection de surface appliquée par un conservateur-restaurateur. Ces vernis ne remplissent plus leur rôle : des lacunes sont visibles, amorçant le développement d'un ternissement irrégulier (Fig.6).



Fig. 5 : Test de conductivité réalisé pour mettre en évidence la présence ou non d'un vernis



Fig. 6 : Lacune dans le vernis provoquant un ternissement local, N° Inv. 2004.218. Agrandissement 60x

³¹ Annexe 3, Tab.12, p.14.

³² N°Inv. 1980.2676., N°Inv. 2004.118., N°Inv. 2004.220.

4.4.1. Evolution des surfaces argentées et anciennes restaurations

Grâce à la consultation de la base de données du HMB, diverses informations concernant l'historique des instruments au sein de la collection ont pu être obtenues. En observant la documentation visuelle de certains objets, il est possible de voir l'évolution du tarnissement des surfaces argentées. Deux trompettes naturelles entrées l'année 1980 dans la collection illustrent cette évolution. D'anciennes photographies prises au HMB montrent un tarnissement uniquement sur la base des deux objets (Fig.7), alors qu'ils sont actuellement entièrement ternis (Fig.8).



Fig. 7 : Etat de surface en 1980, N°Inv. 1980.2878



Fig. 8 : Etat de surface actuel, N°Inv. 1980.2878.

Une ancienne problématique de corrosion sur certains instruments est mentionnée. Elle aurait été amorcée par la doublure en velours de l'étui.³³

La documentation des instruments mentionne des interventions de restauration pour trois objets, respectivement en 1997, 1998 et 2018 :

N° Inv.1980.2291. : Eléments désolidarisés brasé à l'étain, nettoyage avec du Cuproten³⁴, polissage.

N° Inv.1980.2546. : Nettoyage avec un produit Silver King³⁵, polissage.

N° Inv.2017.111. : Désassemblage, débosselage, élément désolidarisé brasé, nettoyage avec du Cuproten, polissage, changement de 3 feutres et du bouchon de la clé d'eau.

Les Figures 9 et 10 illustrent le changement de surface lié à ces interventions. Actuellement, un tarnissement est à nouveau visible sur l'objet N°Inv. 1980.2546.³⁶



Fig. 9 : Surface avant restauration, N°Inv. 2017.111.



Fig. 10 : Surface actuelle, N°Inv 2017.111.

³³ Cette information renseigne sur les anciennes conditions de stockage des objets : ils ont été conservés pendant un certain temps dans leur étui d'origine.

³⁴ Produit utilisé habituellement dans des bains pour le nettoyage et le décapage des alliages de cuivre et de laiton. Cuproten, 2022, [En ligne].

³⁵ Orfèvre américain fournisseur de produits de nettoyage pour l'argent. Polishing Product, 2022, [En ligne].

³⁶ Voir Annexe 2, p.9.

5. Utilisation et altération de l'argent

Apprécié pour son caractère précieux, sa couleur argentée, sa brillance et son éclat, l'argent est utilisé depuis des millénaires pour la fabrication de divers objets (bijoux, pièces de monnaies, statuettes, etc.).³⁷

Trouvé dans la nature à l'état métallique ou plus généralement associé à des minerais de plomb, l'argent est ductile* et malléable*. Afin de le durcir et permettre de le travailler et d'élargir ses possibilités d'utilisation, il est souvent allié au cuivre.³⁸ L'argent allié est poinçonné à différents titres* légaux : 999 ‰, 925 ‰, 800 ‰.³⁹ L'argent 925 est parfois trouvé dans la littérature sous le terme d'Argent Sterling.⁴⁰

L'argent est aussi utilisé comme revêtement de surface pour d'autres matériaux selon différentes techniques.⁴¹

Dès le début de l'utilisation de l'argent, le tarnissement de sa surface a été observé. Ce phénomène n'est traditionnellement pas apprécié et son nettoyage est déjà décrit au Moyen-Âge.⁴²

5.1. Oxydation, tarnissement et corrosion

Divers termes sont employés pour exprimer le même phénomène à l'origine des réactions provoquant des changements de coloration et la perte d'éclat de l'argent :

L'oxydation* : Interaction entre la surface du métal et l'oxygène présent dans l'air, formant des liaisons chimiques⁴³. Terme peu employé pour l'argent car souvent insuffisant pour caractériser son état de surface spécifique.

Le tarnissement : Phénomène lors duquel une fine couche de produits de corrosion se forme à la surface d'un métal, altérant son éclat et provoquant une décoloration⁴⁴. Ce terme est le plus utilisé dans le langage courant pour l'argent.

La corrosion : Désigne les réactions électrochimiques (oxydation et réduction*) entre un métal et son environnement au cours desquelles un transfert d'électrons a lieu. Plusieurs éléments doivent être présents pour qu'un métal se corrode : une *anode* (le métal), où se produit l'oxydation, une *cathode* (le métal identique à l'anode ou un métal différent), où se produit la réduction, un *conducteur électrique* (p. ex. le métal), permettant le passage des électrons de l'anode à la cathode, et un *électrolyte* (p. ex. l'eau), permettant le passage des ions entre anode et cathode.⁴⁵

Une morphologie de corrosion particulière se retrouve fréquemment sur les objets en argent vernis : la **corrosion filiforme**. Lors du vieillissement ou de l'endommagement d'un vernis protecteur, celui-ci va se fissurer. En présence d'humidité relative et de polluants*, une couche de corrosion peut se développer sous la couche de vernis fissurée.

Un type particulier de corrosion concerne les objets plaqués en argent lors d'altération de ce traitement de surface : la **corrosion galvanique**.⁴⁶ Deux métaux différents doivent être présents pour qu'elle se développe. Le plus réactif va se corroder en premier avec une vitesse plus rapide qu'habituellement. Le métal le moins réactif sera protégé et corrodera moins rapidement. Le terme de *métal noble* est parfois employé pour désigner les métaux peu réactifs.

³⁷ Selwyn, 2004, p.144.

³⁸ Ibidem.

³⁹ Titres légaux des ouvrages en métaux précieux et des ouvrages multimétaux, 2022, [En ligne].

⁴⁰ Selwyn, 2004, p.145.

⁴¹ Argenture à la feuille, argenture au mercure, placage, argenture par réduction, et dès le XIX^{ème} siècle par électrodeposition. Selwyn, 2004, p.147.

⁴² De l'Escalopier, 1843, p.253.

⁴³ Ares, 2006, p.17.

⁴⁴ Selwyn, 2004, p.221.

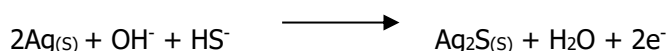
⁴⁵ Ibidem, p.20-22.

⁴⁶ Ibidem, p.31-33.

5.2. Facteurs d'altération de l'argent

Plusieurs facteurs peuvent influencer les mécanismes de corrosion de l'argent et leur vitesse de développement :

L'oxygène et les composés sulfureux : La surface de l'argent va réagir avec l'oxygène pour former une fine couche d'oxydes. En présence de gaz sulfureux*, une seconde réaction aura lieu, formant des liaisons plus stables.⁴⁷ Lors de cette corrosion atmosphérique, un procédé électrochimique a lieu entre l'argent et le soufre selon la réaction suivante⁴⁸ :



La couche de corrosion qui en résulte est formée de sulfure d'argent (Ag_2S) : l'acanthite. Il s'agit d'une couche protectrice.⁴⁹ Sa croissance est rapide au début du processus, puis va fortement ralentir.⁵⁰ Selon son épaisseur, une observation à l'œil nu révèle différentes couleurs.⁵¹

Le sulfure d'hydrogène (H_2S) est le gaz sulfureux le plus souvent responsable du tarnissement de l'argent. De faibles concentrations suffisent à voir apparaître une ternissure à sa surface. La concentration moyenne présente dans une salle est de 0,3 à 0,6 ppb ⁵², alors que la dose minimale avec effets nuisibles observables* (DMENO) est de 0,1 ppb.⁵³ Les sources principales de ce polluant sont les substances protéiniques (certains adhésifs par exemple), les caoutchoucs vulcanisés et la présence humaine (personnel et visiteurs).⁵⁴

Les polluants additionnels : La vitesse de formation de la ternissure de l'argent augmente avec celle de la concentration de polluants dans l'environnement des collections, notamment l'ozone (O_3), le dioxyde d'azote (NO_2) et le chlore (Cl_2).

La présence du dioxyde de soufre (SO_2) est peu problématique pour l'argent pur. En revanche, elle l'est pour les alliages d'argent contenant du cuivre. En effet, le cuivre est sensible à ce polluant à des concentrations plus faible que l'argent.⁵⁵ La teneur en cuivre dans les alliages d'argent a donc un impact sur leur vitesse de tarnissement.⁵⁶ Une corrosion galvanique peut également être observée.⁵⁷

L'humidité relative : La présence d'humidité relative est obligatoire pour qu'un mécanisme de corrosion débute. Un taux élevé d'humidité relative accélère la vitesse des réactions d'oxydoréduction. En conséquence, le mécanisme du tarnissement sera également accéléré.⁵⁸

La poussière : La présence de particules volatiles déposées à la surface des objets peut être à l'origine de départs de corrosion ponctuels. En effet, la poussière a la capacité d'absorber l'humidité relative, créant localement un microclimat avec une humidité relative élevée.⁵⁹

⁴⁷ La réactivité de la surface de l'argent est due à sa configuration électronique : les atomes avec des couches de valence incomplètes peuvent former facilement des liaisons avec d'autres éléments présents dans l'air.

Costa, 2001, p.21.

⁴⁸ Selwyn, 2004, p.40.

⁴⁹ Costa, 2001, p.21.

⁵⁰ Ibidem.

⁵¹ En dessous de 100 nm d'épaisseur, celle-ci ne se remarque pas, entre 10-100 nm elle apparaît colorée (jaune, rouge, bleue), et en dessus de 100 nm elle devient noire.

Selwyn, 2004, p.150.

⁵² Costa, 2001, p.21.

⁵³ Facteur de conversion : 1 ppb = 1,42 $\mu\text{g m}^{-3}$

⁵⁴ Tétreault, 2003, p.7, 11, 16, 67.

⁵⁵ Costa, 2001, p.22.

⁵⁶ Selwyn, 2004, p.150.

⁵⁷ Costa, 2001, p.22.

⁵⁸ Selwyn, 2004, p.150-151.

⁵⁹ Powerhouse Museum Conservation department, 2010, p.2.

Les chlorures : Lors de la manipulation des objets, une réaction entre l'argent et le chlorure de sodium forme des chlorures d'argent. Ces composés photosensibles noircissent avec le temps⁶⁰ et des traces de doigts sont visibles à la surface des objets (Fig.11).

Leurs sources peuvent être les matériaux de stockage en contact avec les objets, les matériaux constitutifs d'objets stockés à proximité, ou la sueur.

Les produits d'entretien : Ils contiennent souvent de l'hydroxyde d'ammonium qui forme des complexes avec le cuivre contenu dans les alliages d'argent ou dans le métal sous l'argenture. Une fois dissout, le cuivre réagit avec les gaz présents dans l'air et produit des sels de cuivre verts qui vont migrer et seront visibles à la surface de l'argent.⁶¹

L'abrasion mécanique : L'argent a une faible dureté. Elle augmente avec l'ajout de cuivre dans l'alliage⁶², mais de nombreux abrasifs ont une dureté plus élevée et des rayes seront visibles à la surface de l'argent après nettoyage. Les manipulations peuvent aussi être à l'origine de rayures en surface.

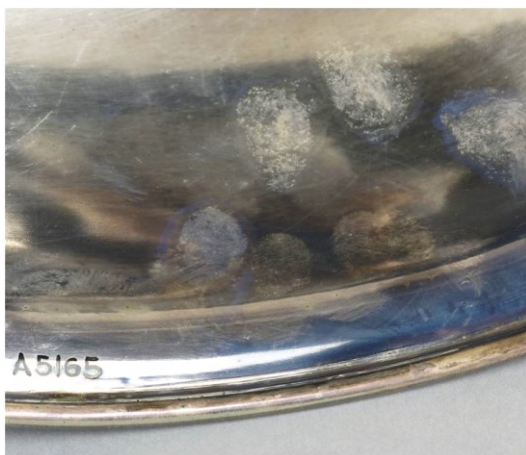


Fig. 11 : Traces de doigts visibles à la surface d'un objet en argent

⁶⁰ Powerhouse Museum Conservation department, 2010, p.2.

⁶¹ Ibidem.

⁶² Dureté de l'argent pur = 35 Vickers, de l'argent 925 = 70 Vickers, de l'argent 800 = 80 Vickers. Données d'alliages produits semi-finis, 2022, [En ligne].

5.3. Entretien de l'argent

La tarniture de l'argent agit comme une couche protectrice et ralentit le développement de la corrosion. Néanmoins, cette couche de corrosion modifie l'apparence de la surface, et diffère de l'esthétisme recherché lors de sa fabrication. Afin d'y remédier, diverses méthodes de prévention et de nettoyage sont connues.

5.3.1. Méthodes de prévention

Des recherches documentaires se basant sur la littérature spécialisée ont été menées afin de connaître les différentes pratiques relatives à la gestion de la tarniture des objets en argent. Pour compléter ces recherches, plusieurs personnes de différentes professions ont été contactées.

Une synthèse des solutions utilisées dans différents domaines afin de stopper ou ralentir le tarnissement se trouve en annexes⁶³. Les solutions ont été divisées en deux groupes distincts : utilisation dans un contexte patrimonial et non patrimonial.

Les solutions pour les objets patrimoniaux sont proposées dans le but de conserver leur intégrité à long terme sans modifications chimiques ou physiques. Les matériaux utilisés doivent être stables dans le temps. A l'inverse, certains matériaux de protection proposés dans un contexte non patrimonial peuvent se dégrader rapidement car leur utilisation n'est pas prévue pour être durable.

L'aspect fonctionnel de la plupart des objets du quotidien est très important, alors que les objets conservés dans un musée ne le sont pas uniquement pour leur valeur d'usage. Les solutions de prévention proposées sont donc différentes.

Néanmoins, des similitudes existent. L'incompatibilité entre certains matériaux est par exemple une problématique connue dans tous les domaines étudiés. Les solutions proposées dans un contexte patrimonial ont souvent d'abord été développées pour une application industrielle, où les budgets accordés à la recherche sont conséquents, puis reprises et adaptées selon les besoins et normes en vigueur.

5.3.2. Méthodes de nettoyage et leur impact

Une longue tradition entraîne le besoin de nettoyer les objets ternis pour leur rendre leur éclat et leur couleur argentée. Ce phénomène est présent dans les musées : l'argent avec un aspect noirci n'est pas apprécié du public. Plusieurs méthodes existent afin de retirer cette couche : des méthodes mécaniques, chimiques ou électrochimiques. Elles sont décrites plus en détail en annexes.⁶⁴

Par définition, la couche de tarniture (sulfure d'argent) contient des particules d'argent. En la retirant, des particules d'argent métallique seront donc éliminées.⁶⁵ Comme chaque traitement entraîne irrémédiablement la perte d'une partie du métal⁶⁶, la surface et des détails de l'objet peuvent être endommagés. Selon la méthode retenue, cet impact sera plus ou moins marqué.

L'importance d'une stratégie de conservation préventive adaptée est donc cruciale pour éviter l'altération ou la perte de la surface argentée des objets patrimoniaux.

⁶³ Annexe 9, p.26-27.

⁶⁴ Annexe 10, p.28.

⁶⁵ Powerhouse Museum Conservation department, 2010, p.3.

⁶⁶ Selwyn, 1993, p.1.

6. Les réserves du HMB

Les objets conservés au HMB sont répartis dans 9 réserves externes. La réserve stockant les instruments de musique se situe dans le quartier de Dreispitz à Bâle.⁶⁷

Cet emplacement est loué par le HMB depuis 1991.⁶⁸

Des objets en bois hors format sont stockés au rez-de-chaussée, qui accueille sept salles avec des ateliers et laboratoires de restauration, ainsi qu'une salle de quarantaine pour le traitement d'objets par anoxie dynamique*.

Le 1^{er} sous-sol conserve diverses collections d'objets du HMB : instruments de musique, armes, papier, textile, etc. Sa surface est d'env. 2'800 m². Le 2^{ème} sous-sol conserve des archives de l'Etat et un appartement d'habitation est loué au 1^{er} étage.⁶⁹



Fig. 12 : Vue générale de l'espace de stockage des instruments de musique dans la réserve

6.1. Conditions de stockage actuelles

Une partie du mobilier de rangement date des années 1980 et ne répond plus aux exigences de conservation. Au fil des ans, un manque de ressources humaines et financières a conduit à trouver des solutions d'urgence. Initialement prévues pour être provisoires, elles sont devenues permanentes. Le mobilier de rangement hétéroclite (armoires métalliques, étagères et armoires en bois dégageant des composés organiques volatils*) et la galerie installée à partir d'échafaudage engendrant des vibrations et ne convenant pas aux objets sensibles sont deux exemples (Fig.12).⁷⁰



Fig. 13 : Stockage avant conditionnement des 5 trompettes naturelles argentées sur le tablard K1

La réserve a un taux d'occupation supérieur à 100% (fort encombrement des passages et surcharge des mobiliers de rangement) Cette situation entraîne un nettoyage et un entretien des locaux délicat avec l'augmentation de la poussière sur les objets et un risque d'entrechoquement lors de leur manipulation (faible coefficient de manipulation).

L'identification des objets est problématique : leur manipulation est nécessaire pour trouver leur numéro d'inventaire. Ils sont inscrits sur les objets ou sur des étiquettes fixées aux objets.

Plusieurs instruments de musique sont stockés à l'air libre, sans conditionnement ou avec un conditionnement inadapté (contact direct avec des matériaux acides).

Les tablards des étagères sont étroits : ils ne sont pas adaptés aux dimensions de certains objets. Pour éviter un basculement, les objets sont maintenus avec des bandelettes en coton. A long terme, ce système risque de créer des déformations et/ou des abrasions de surface.

Les onze instruments étudiés sont stockés sur des tablards d'étagères en bois (Fig.13) et sur des tablards métalliques dans des armoires.⁷¹

⁶⁷ Pour des raisons de confidentialités, l'adresse exacte ne sera pas mentionnée dans ce document.

⁶⁸ Jacob, 2018, p.10.

⁶⁹ Ibidem.

⁷⁰ Voir Annexe 5, Fig.42-43, p.19.

⁷¹ Voir Annexe 5, Fig.44-45, p.19.

6.2. Climat et polluants

Le bâtiment n'a pas de système de filtration de l'air. Le rez-de-chaussée (lieu de travail) n'est pas climatisé. Les fenêtres et les portes sont régulièrement ouvertes. Une grande porte de livraison non isolée modifie le climat, principalement lors de son ouverture.

La réserve au 1^{er} sous-sol est climatisée. Les prescriptions climatiques doivent prendre en compte les collections conservées, constituées de matériaux organiques et inorganiques (métal, bois, papier, textile, etc.). Les valeurs à atteindre fixées par le HMB respectent ce compromis : température entre 19 et 23°C, humidité relative entre 48 et 58%.⁷²

Des enregistreurs de la marque Testo® renseignent sur la T et l'HR de la réserve. Un graphique illustre cette évolution sur une période de 14 mois, du 1^{er} avril 2021 au 1^{er} juin 2022.⁷³ Les moyennes, maximums et minimums enregistrés durant cette période sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tab.1) :

	Moyenne	Maximum	Minimum
Température [°C]	19.2	22.5	17.2
Humidité relative [%]	51.6	71.3	32.1

Tab. 1 : Valeurs moyennes, maximum et minimum de température et d'humidité relative dans la réserve

Les moyennes enregistrées respectent les prescriptions définies par l'institution. Cependant, l'HR supérieure à 65% observée durant les 3 mois d'été est inadéquate pour la conservation optimale des objets métalliques.

Les fluctuations enregistrées sont principalement dues à l'échange d'air entre le sous-sol et le rez-de-chaussée. Cet échange a lieu lors de l'utilisation de l'ascenseur reliant les étages et lors de l'ouverture des portes. La présence ponctuelle du personnel muséal dans la réserve peut également influencer les hausses de T et baisses d'HR.

La présence ou non de polluant(s) dans l'air de la réserve ou l'émission de polluants par certains matériaux n'est pas documenté.

Afin de connaître la concentration de polluants présents et de déceler de potentielles sources, deux tests ont été effectués lors de ce travail. La méthodologie et les résultats détaillés de ces tests se trouvent en annexes.⁷⁴

Test ponctuel avec des tubes Dräger®. Ce test permet de quantifier la concentration d'hydrogène sulfuré (H₂S) présente dans l'air. Le résultat montre que l'atmosphère au sein de la réserve ne contient pas une concentration de H₂S suffisante pour que les tubes réagissent, sans exclure la présence de ce polluant.

La concentration à laquelle un 1^{er} effet nuisible peut être observé sur une surface argentée est 1'000 fois plus basse que le minimum du domaine de mesure des tubes : ce résultat ne confirme pas une qualité de l'air compatible avec la conservation d'objets argentés sans risque de développement de tarnissement.

Test à l'acétate de plomb. Ce test permet de déceler la présence de soufre dans les matériaux. Les résultats indiquent que la majorité des matériaux de stockage présents dans la réserve contiennent des composés soufrés. Ce résultat met en évidence leur incompatibilité avec la conservation pérenne d'objets argentés. Néanmoins, 4 matériaux utilisés sont adéquats : la mousse en polyéthylène Alvéolit, le textile des rideaux, le fil encollé pour fixer les étiquettes aux objets et l'intissé en polyéthylène Tyvek®.

⁷² La température sera abrégée par T et l'humidité relative par HR à la suite de ce document.

⁷³ Voir Annexe 6, Graph.1, p.20.

⁷⁴ Voir Annexes 7-8, p.21-25.

7. Test de comparaison de matériaux de protection contre le ternissement

Ce test s'inscrit dans le mandat délivré par le HMB. L'institution souhaite que la sélection d'un matériau de protection soit effectuée en suivant une démarche scientifique afin de pouvoir l'utiliser dans un contexte muséal.

7.1. Objectif

Le but de ce test est de trouver le matériau de protection contre le ternissement le plus efficace et adapté à la collection d'instruments de musique argentés du HMB pour l'intégrer dans l'amélioration du stockage. À la suite des recherches des différentes solutions existantes, six combinaisons de matériaux absorbants ont été sélectionnées. Leur application ordinaire s'effectue dans le domaine de l'orfèvrerie, des instruments de musique et des musées. L'efficacité de ces matériaux est comparée grâce à un test de vieillissement accéléré.

7.2. Méthode

La méthode choisie se base sur le principe du test d'Oddy*.⁷⁵ Ce test permet de définir si l'utilisation d'un matériau est compatible avec la conservation pérenne des biens patrimoniaux. Le matériau à tester est placé dans une enceinte avec des coupons métalliques (cuivre, argent, plomb) sensibles aux polluants. Le vieillissement est accéléré par élévation de la T et de l'HR.

Lors du présent travail, le test vise à accélérer le ternissement de l'argent et du cuivre. A la place de la T et de l'HR, la concentration de composés soufrés doit donc être augmentée. Des œufs cuits ont été ajoutés aux enceintes comme source de sulfure d'hydrogène.⁷⁶ Cette approche a été proposée par Lyndsie Selwyn⁷⁷, et différents travaux l'ont déjà reprise et adaptée.⁷⁸

Les matériaux à tester (textile et papier) serviront à réaliser des pochettes protectrices. Des coupons métalliques d'alliages comparables aux objets étudiés seront placés dans les pochettes, puis dans des enceintes contenant des œufs. Après une durée définie à 3 heures ⁷⁹, les différents degrés de ternissement des coupons permettront de comparer l'efficacité des matériaux de protection.

Lors du test, les coupons métalliques placés dans les pochettes ne seront pas visibles. Des petits coupons de cuivre, d'argent et de plomb sans protection sont ajoutés à chaque enceinte pour suivre l'évolution du ternissement. Comme ils ne sont pas en contact direct avec le matériau de protection, ils seront source d'informations complémentaires.

Les combinaisons de matériaux seront testées à double ou à triple le plus souvent possible afin que les résultats soient fiables. Des coupons métalliques sans ajout d'œufs dans les enceintes et d'autres sans matériau de protection serviront de référence pour les comparaisons finales.

Avant et après le test, une documentation des surfaces métalliques et des matériaux testés sera réalisée avec un appareil photo⁸⁰ et avec un microscope numérique DinoLite®.

⁷⁵ Ce test a été développé en 1973 par Antony Wernder et adapté à une utilisation muséale par Andrew Oddy en 1975. Le test Oddy – Possibilités et limite, 2013, [en ligne].

⁷⁶ Le sulfure d'hydrogène est contenu dans les protéines du blanc d'œuf. McGee, 1984, p.87.

⁷⁷ Comprendre comment ternissent les objets en argent, 2021, [en ligne].

⁷⁸ De Weck, 2019, p.64.

⁷⁹ Lors d'un test d'essai, un coupon en argent 925 a été placé dans un bocal avec une quantité d'œuf connue, sans textile absorbant. Après 3 heures, un fort ternissement était déjà visible à la surface de l'argent. Cette durée a donc été jugée suffisante et retenue pour le test.

⁸⁰ Une mire colorimétrique ColorChecker® a été utilisée pour pouvoir calibrer les couleurs.

7.3. Choix des matériaux

Afin de créer des conditions de test favorables, chaque matériau utilisé a été sélectionné soit pour ses capacités protectrices, sa surface proche de celle des instruments étudiés ou son absence de dégagement de COV additionnels.

7.3.1. Textiles et papier de protection

Les matériaux à tester ont été sélectionnés après l'étude de la littérature spécialisée et après avoir échangé avec des professionnels de différents domaines (conservateurs-restaurateurs, facteurs d'instrument à vent, orfèvres).

Six combinaisons de textiles et papier de protection ont été sélectionnées :

1. Le textile 100% coton avec ajout d'un **papier anti-ternissement Brillant®**,
2. Le **textile Pacific Silvercloth®** en coton imprégné de particules d'argent,
3. Le Pacific Silvercloth® doublé avec un **intissé Tyvek®** 100% polyéthylène,
4. Le **textile Flexzorb®** en fibres de charbon actif,⁸¹
5. Le **textile Marischael®** en feutrine 40% laine et 60% viscose,
6. Le **textile Robbe&Berking®**.⁸²

Le papier Brillant® est utilisé pour protéger les instruments de musique. Les textiles Pacific Silvercloth®, Tyvek® et Flexzorb® sont utilisés dans un contexte patrimonial. Les orfèvres Marischael® et Robbe&Berking® proposent leurs propres textiles.⁸³

Des informations complémentaires sur ces matériaux se trouvent en annexes.⁸⁴

7.3.2. Métaux et alliages

Les matériaux choisis pour les coupons, similaires à ceux des alliages constitutifs des instruments de musique étudiés,⁸⁵ permettront de prévoir le vieillissement des objets dans la réserve du HMB.

3 alliages ont été sélectionnés pour les coupons : Alliage d'argent 925, Alliage de laiton argenté, Alliage de laiton avec brasure tendre*.⁸⁶

Les matériaux choisis pour les coupons de contrôle, sensibles à différents polluants (composés soufrés, acides organiques et aldéhydes), permettent de déceler la présence de polluants additionnels dans les enceintes.

3 alliages et métaux ont été sélectionnés : Argent 925, Cuivre et Plomb.

7.3.3. Matériaux pour les enceintes

Les matériaux choisis ne dégagent pas de COV pour ne pas fausser les tests⁸⁷.

Les bords et couvercles pour les enceintes sont en verre. L'hermétisme est assuré par de la mousse de polyéthylène. La fermeture des bords se fait sur l'extérieur avec des crochets en acier inoxydable.

⁸¹ Ce textile est vendu doublé sur une face avec un intissé de viscose blanche.

⁸² Ce textile absorbant est de composition inconnue.

⁸³ Les caractéristiques précises de ces matériaux sont regroupées dans un tableau en annexe (Tableau X).

⁸⁴ Annexe 11, p.29-30.

⁸⁵ Ce choix a été réalisé suite à l'étude des trompettes du HMB, de la littérature relative aux techniques de fabrication des instruments de musique et grâce aux informations obtenues par des facteurs d'instruments à vent ; Messieurs Bertrand Geiser, responsable de l'Atelier Musical à Neuchâtel et Elie Darbellay, réparateur d'instruments à vent chez Musik Beat Zurkinden à Guin.

⁸⁶ La composition de l'alliage de laiton (63% de cuivre et à 37% de zinc) est connue grâce à une analyse XRF réalisée à la HE-Arc par Monsieur Tobias Schenkel le 12.05.2022.

⁸⁷ Un ternissement avec une source additionnelle à celle voulue pourrait fausser les tests et en conséquence l'interprétation des résultats.

7.4. Préparation

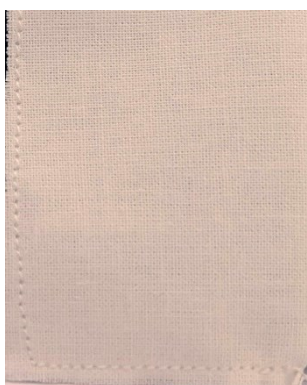
Un tableau regroupant tout le matériel nécessaire à la réalisation du test est consultable en annexes.⁸⁸

Les diverses étapes nécessaires à la réalisation des pochettes protectrices, des coupons métalliques et à l'aménagement des enceintes y sont également exposées.⁸⁹

Les matériaux testés et les coupons métalliques ont été manipulés avec des gants pour assurer leur propreté et éviter le dépôt de chlorures de sodium. Ils ont été placés dans des sachets en polyéthylène pour minimiser le contact avec l'air.⁹⁰

Au total, 38 pochettes, 47 coupons, 144 coupons de contrôle et l'aménagement de 48 enceintes ont été réalisés.

Les exemples ci-dessous sont à l'échelle 1 : 1.



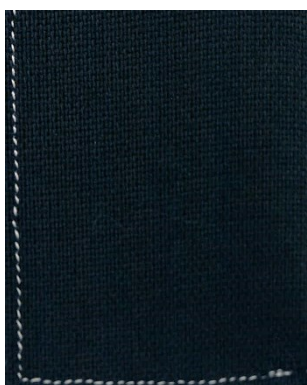
Textile coton



Pacific Silvercloth



Pacific Silvercloth doublé Tyvek



Flexzorb



Marischael



Robbe&Berking



Argent 925



Laiton argenté



Laiton et brasure



Ag



Pb



Cu

⁸⁸ Annexe 12, p.31.

⁸⁹ Annexe 13, p.32-33.

⁹⁰ Un contact avec l'air est susceptible de diminuer l'efficacité des matériaux de protection et de ternir les coupons métalliques.

7.5. Déroulement

Documentation : Les surfaces des coupons métalliques, des coupons de contrôle et les pochettes textiles ont été documentées avec un appareil photo et un microscope numérique DinoLite® avant et après chaque durée du test. Un tableau a été rempli au fur et à mesure pour effectuer le suivi des tests⁹¹, et le climat de la pièce a été relevé (T = 23°C et HR = 45%).

Ajout de composé soufré dans les enceintes : Des œufs durs froids ont été mixés et 26 gr ont été ajoutés dans chaque bocal (≈ 1/2 œuf).

Mise en place des pochettes et coupons métalliques : Les coupons dans leurs pochettes ont été suspendus avec des fils polyamide au-dessus des œufs sans contact direct, suivi des coupons de contrôle. Les fils sont maintenus par la fermeture des bouchons (Schéma 1-2).

Durées du test : Les coupons ont été placés 3 heures dans les enceintes.⁹² En absence de tarnissement, les coupons ont été replacés avec les mêmes paramètres pour 6 heures supplémentaires.

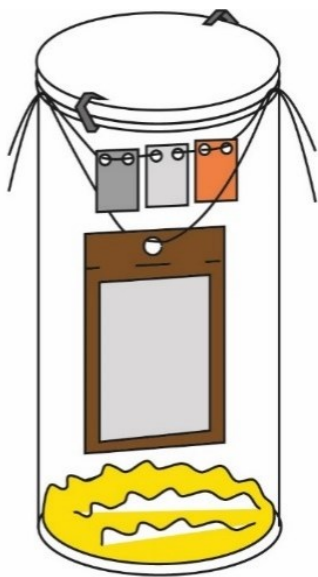


Schéma 1 : Bocal prêt pour le test de vieillissement accéléré

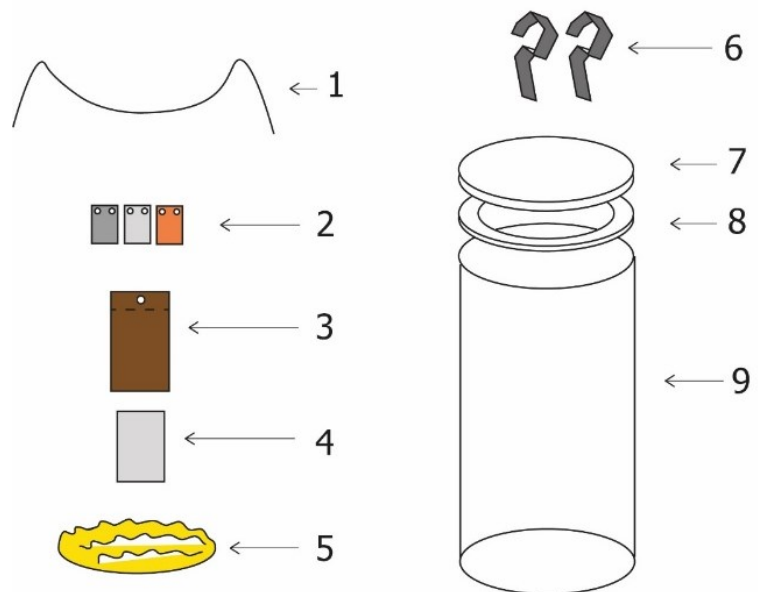


Schéma 2 : Matériaux utilisés lors du test de vieillissement accéléré : Fil polyamide (1) Coupons de contrôle Pb, Ag, Cu (2) Pochette protectrice (3) Coupon (4) Œufs (5) Crochets en acier inoxydable (6) Couvercle en verre (7) Joint d'étanchéité en mousse PE (8) Bocal en verre (9)

⁹¹ Voir Annexe 14, Tab.16, p.34-35.

⁹² Un test d'essai avec les paramètres identiques a montré que 3 heures suffisent à ternir les surfaces en argent 925 sans protection.

7.6. Tests additionnels

Pour affiner le choix du matériau de protection, deux tests additionnels ont été réalisés pour obtenir des renseignements complémentaires.

7.6.1. Test pour déceler les interactions entre Pacific Silvercloth® et surface métallique

Objectif

Le but de ce test est de connaître la réaction des métaux en contact direct avec le Pacific Silvercloth® mouillé.

Cette situation est probable au HMB. Des canalisations traversent la réserve et aucun détecteur d'eau n'est présent : plusieurs jours peuvent s'écouler avant la découverte d'un sinistre.⁹³ En outre, un taux d'HR de plus de 65% a été enregistré pendant 3 mois en 2021.

Méthode

Pour comparer une situation lors de contact direct et indirect entre la surface métallique et le textile absorbant, les pochettes en Pacific Silvercloth et celles en Pacific Silvercloth doublé de Tyvek ont été utilisées.⁹⁴

Après immersion des pochettes contenant les coupons dans l'eau courante, elles ont été placées dans les enceintes sans ajout de source de composé soufré. Le microclimat créé peut être comparé à celui du conditionnement d'un objet en cas de sinistre.⁹⁵

La durée probable pour une intervention post-sinistre est d'env. 48 heures : elle a été retenue pour le test.

Les surfaces des coupons métalliques, des coupons de contrôle et les pochettes textiles ont été documentées avec un appareil photo et un microscope numérique DinoLite® avant et après le test.

7.6.2. Test d'influence des matériaux sur le pH de l'eau

Objectif

Ce test a pour but de déceler une modification du pH de l'eau engendrée par la présence des matériaux de protection. En cas d'inondation ou de forte HR dans la réserve, l'acidification de l'eau serait problématique si elle est ensuite en contact avec les objets métalliques (risque de corrosion).

Méthode

Des coupons des 6 matériaux constitutifs des pochettes de protection (40 x 50 mm) ont été plongés dans des contenants remplis de 100 ml d'eau courante.

Après 48 heures, ils ont été retirés et le pH de l'eau a été mesuré avec des bandelettes indicatrices du fournisseur Roth®.

Des photographies ont été prises pour documenter l'évolution de la couleur de l'eau.

⁹³ Jacob, 2018, p.15.

⁹⁴ Le Tyvek crée une interface entre surface métallique et Pacific Silvercloth.

⁹⁵ Une augmentation de l'HR dans l'enceinte est à considérer puisque les tissus sont mouillés.

7.7. Résultats et interprétation

Les résultats et observations obtenus à la suite du test de vieillissement accéléré, du test en présence d'eau et du test de modification du pH sont exposés séparément et interprétés pour comparer les matériaux sélectionnés.

7.7.1. Comparaison des matériaux de protection

L'efficacité des matériaux de protection peut être comparée grâce à l'observation du ternissement des coupons métalliques.






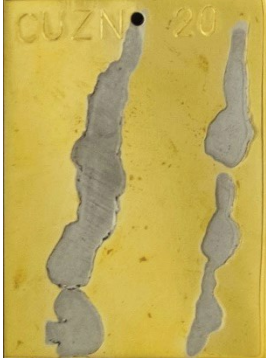
Contact direct

Le ternissement observé sur les surfaces métalliques n'est pas homogène ; il est plus avancé sur le bas des coupons que sur le haut. Le positionnement des coupons dans les enceintes explique cette situation : le bas est plus proche de la source de gaz sulfureux que le haut. L'entièreté de la documentation des surfaces métalliques est consultable en annexes.⁹⁶

Les surfaces métalliques après le test n'ont pas toutes les mêmes stades de ternissement selon les matériaux de protection, reflétant leurs efficacités différentes.

Les coupons de référence sans matériau de protection ont montré 2 stades de ternissement caractéristiques. Les coupons sans source de H₂S ne présentent *aucun* ternissement à l'œil nu et au microscope, et ceux avec source de H₂S présentent un ternissement *très fort* (Tab.2). Ils ont servi à créer une échelle avec 5 stades de ternissement pour comparer et quantifier le ternissement de chaque coupon.

Tab. 2 : Stades de ternissement caractéristiques sur les coupons de référence sans matériau de protection après une durée de 3 heures dans les enceintes







	Argent 925	Laiton argenté	Laiton avec brasure
Sans ajout de H ₂ S			
Avec ajout de H ₂ S			

⁹⁶ Annexe 15, Tab.17, p.36-47.

Les deux stades de tarnissement caractéristiques dus à l'absence ou la présence d'œufs confirment l'efficacité de leur utilisation comme source de gaz sulfureux.

L'ajout d'œuf a accéléré le tarnissement des surfaces argentées, mais très peu le tarnissement des surfaces en laiton : l'argent est plus sensible aux composés soufrés que le cuivre. Bien que peu ternies, les surfaces en laiton sont protégées par le Pacific Silvercloth® (Tab.3). La brasure tendre ajoutée aux coupons en laiton n'a pas subi de changement visible.

Tab. 3 : Résultats de l'évolution de la surface des coupons en laiton avec ajout de brasure tendre : le tarnissement est moins visible que sur l'argent, mais est également protégé par le Pacific Silvercloth®.

	Avant test	Après test 3 heures	Après test 9 heures
Laiton sans protection			
Laiton avec protection Pacific Silvercloth®			

Des taches colorées sont visibles sur certaines surfaces de coupons en Argent 925 : elles sont probablement dues à des résidus de produits de nettoyage utilisés pour retirer la pâte abrasive après le polissage. Ces taches ont exercé une influence sur le développement d'un tarnissement plus prononcé localement et non homogène (Fig.14).



Fig. 14 : Tache présente sur la surface d'un coupon en Argent 925 avant test à gauche et son influence sur l'évolution du tarnissement à droite.

Le tableau ci-dessous (Tab.4) offre un aperçu du stade de ternissement des coupons, obtenu après une durée de 3 heures dans les enceintes.

Les tests reproduits à double ou à triple montrent presque tous des résultats identiques, permettant d'écarter des interprétations erronées.

Tab. 4 : Synthèse des différents stades de ternissement observés à la surface des coupons métalliques après une durée de 3 heures dans les enceintes

	Argent 925			Laiton argenté			Laiton + brasure		
									
a. Référence	1			1			1		
b. Sans protection	5	5	5	5	5		2		
1. Coton + Papier Hagerty	4	4	4	3	3	3	1		
2. Pacific Silvercloth	1	1	1	1	1	1	1		
3. Pacific Silvercloth + Tyvek	1	1	1	1	1	1	1		
4. Flexzorb	1	1	1	1	1	1	1		
5. Marischael	4	3	3	2	3	3	2		
6. Robbe & Berking	5	4							

Reproduction des tests

I 

II 

III 

Degré de ternissement

Aucun 

Faible 

Moyen 

Fort 

Très fort 

Bien que le degré de l'évolution du ternissement soit comparable entre les coupons en argent 925 et ceux en laiton argenté, chaque alliage a une ternissure caractéristique (Fig.15). Cette différence peut être due au matériau constitutif (argent/laiton) et/ou à l'état de surface des coupons.⁹⁷ Une corrosion galvanique a probablement lieu sur les coupons en laiton argenté.

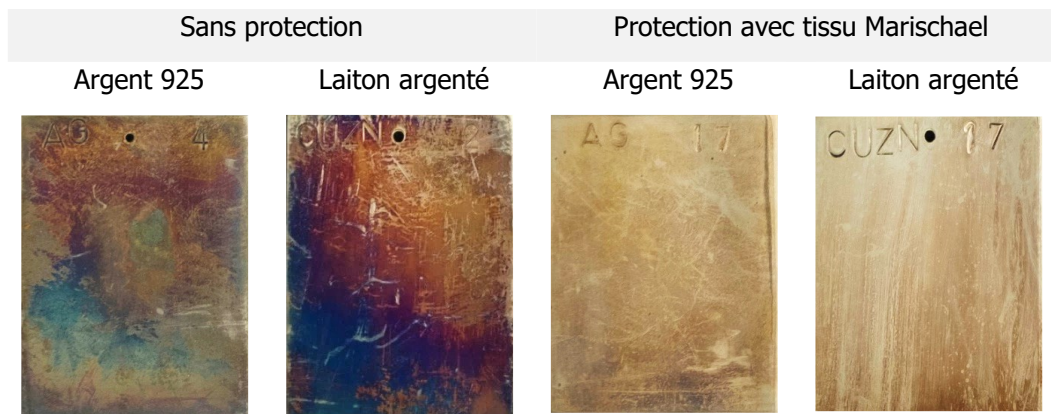




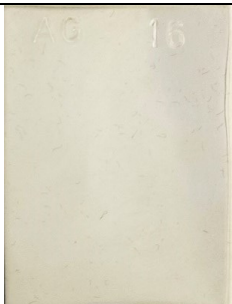
Fig. 15 : Comparaison du type de ternissement entre coupon Argent 925 (à gauche) et Laiton argenté (à droite) avec les mêmes conditions de protection

⁹⁷ Tous les coupons sont polis, cependant ceux en argent 925 et en laiton ont été préparés à la HE-Arc tandis que ceux en laiton argenté ont été préparés par l'entreprise Silbag AG. De plus, un bain de pré argentage est effectué avant celui de l'argentage. Cette différence peut exercer une influence sur le développement du ternissement.

En comparant les surfaces métalliques, les différents matériaux protecteurs peuvent être classés en trois groupes selon si leur efficacité est faible, locale ou bonne (Tab.5).

Ce tri regroupe les matériaux selon leurs domaines d'application courants.

Tab. 5 : Regroupement des 6 combinaisons de matériaux de protection selon leur efficacité (faible, locale, bonne) en observant la surface des coupons métalliques après 3 heures de test

Efficacité	Matériau protecteur	Domaine d'application	Résultat après 3 heures Argent 925
Faible	Feutrine Marischael® Textile Robbe&Berking®	Recommandé par les orfèvres pour l'argenterie	
Locale	Papier anti-ternissement Brillant®	Recommandé par les facteurs pour les instruments de musique	
Bonne	Textile Pacific Silvercloth® Textile Pacific Silvercloth® + intissé Tyvek® Textile Flexzorb®	Recommandé par les spécialistes de la conservation pour les objets patrimoniaux	



















La composition exacte des matériaux de protection offrant une efficacité faible ou locale n'est pas connue. D'après les résultats des tests, la barrière physique qu'ils créent entre les gaz sulfureux et la surface des coupons ne suffit pas à stopper le ternissement.⁹⁸

La composition des textiles Pacific Silvercloth® et Flexzorb® explique leur bonne efficacité. Les fibres du Pacific Silvercloth® sont imprégnées de particules d'argent : les gaz sulfureux vont réagir avec l'argent contenu dans le tissu avant d'atteindre la surface du coupon. Le Flexzorb® a une très bonne capacité à absorber les polluants car il est composé de charbon actif.

⁹⁸ Cette observation amène l'hypothèse que les matériaux ne sont pas imprégnés de particules réactives aux gaz sulfureux ou uniquement en faible quantité.

Lors du remplacement des 3 combinaisons des matériaux les plus efficaces dans les enceintes pour 6 heures supplémentaires, aucun changement notable n'a eu lieu (Tab.6). Cette observation prouve la grande efficacité des textiles Pacific Silvercloth® et Flexzorb®. Elle prouve aussi que l'ajout d'une interface de Tyvek® ne diminue pas l'efficacité du Pacific Silvercloth®. Le Tyvek® est perméable aux gaz et explique cette situation.

Tab. 6 : Résultats des tests révélant une bonne efficacité des textiles Pacific Silvercloth® (avec et sans Tyvek®) et Flexzorb® après 3 heures et 9 heures

	Pacific Silvercloth®		Pacific Silvercloth® + intissé Tyvek®		Flexzorb®	
	Argent 925	Laiton argenté	Argent 925	Laiton argenté	Argent 925	Laiton argenté
Avant test						
Après 3 heures						
Après 9 heures						

Contact indirect

L'entièreté de la documentation des surfaces métalliques est consultable en annexes.⁹⁹




Grâce à la comparaison des surfaces des coupons de contrôle après le test, les matériaux de protection ont été classés en 3 catégories selon leur efficacité en contact indirect.

La feutrine Marischael®, le textile Robbe&Berking® et le papier anti-tarnissement Brillant® ont montré une faible efficacité. Le textile Flexzorb® a une efficacité moyenne. Le Pacific Silvercloth® et le Pacific Silvercloth® doublé de Tyvek® ont une bonne efficacité (Tab.7).

Seul le textile Pacific Silvercloth® offre une bonne efficacité pour tous les matériaux (plomb, argent 925, cuivre).

Une source d'aldéhydes dans l'enceinte a été mise en évidence par l'évolution de la surface du plomb. Cette source est probablement le fil de polyamide. De façon non systématique, la présence de certains matériaux protecteurs semble avoir protégée les coupons.

Tab. 7 : Résultats de l'efficacité des matériaux protecteurs en contact indirect avec la surface métallique

Efficacité	Matériau testé	Exemple de surface métallique obtenue après 3 heures de test
Faible		Plomb, Argent 925, Cuivre
	Feutrine Marischael®	
	Textile Robbe&Berking®	
	Papier anti-tarnissement Brillant®	
Moyenne	Textile Flexzorb®	
Bonne	Textile Pacific Silvercloth®	
	Textile Pacific Silvercloth® doublé de Tyvek®	

⁹⁹ Annexe 15, Tab.18, p.48-53.

7.7.2. Interactions entre Pacific Silvercloth® et surface métallique

Les coupons en argent 925 ne réagissent pas en présence du Pacific Silvercloth® mouillé, indépendamment d'un contact direct ou indirect (interface de Tyvek®). La situation est identique pour les coupons en laiton argenté en contact indirect (Tab.8).

Cependant, une interaction a lieu lors de contact direct entre les coupons en laiton argenté et le Pacific Silvercloth®. Après 48 heures, toute la surface métallique présente un dépôt. Ce dépôt est renforcé à l'endroit où le textile a séché en dernier. Une tache colorée s'observe au même endroit sur la pochette. La migration des composés contenus dans le textile est probablement causée par l'eau, expliquant cette coloration. Cette migration a également teinté en rose le coton initialement blanc de la couture.

Comme les coupons en argent 925 ne réagissent pas, la composition du laiton (cuivre et zinc) sous l'argenture joue un rôle dans le mécanisme réactionnel.

Tab. 8 : Résultats du test après immersion dans l'eau puis placement dans des enceintes pour 48 heures

	Vue générale		Agrandissements	
	Pacific Silvercloth® doublé de Tyvek®	Pacific Silvercloth®	Pacific Silvercloth® doublé de Tyvek®	Pacific Silvercloth®
Argent 925				
Laiton argenté				
Pochette Laiton argenté				

7.7.3. Influence des matériaux sur le pH de l'eau

Le pH* de l'eau n'a pas été modifié par la présence des matériaux de protection. Les prises de mesures avant et après les tests indiquent toutes un pH à 8.0.

Le test a permis de révéler d'autres informations concernant la décoloration des matériaux protecteurs après 48 heures. Les textiles Robbe&Berking®, Pacific Silvercloth® et Marischael® ont teintés l'eau. Le textile Flexzorb®, le papier Brillant® et l'intissé Tyvek® n'ont pas modifié la couleur de l'eau (Fig.16-17).

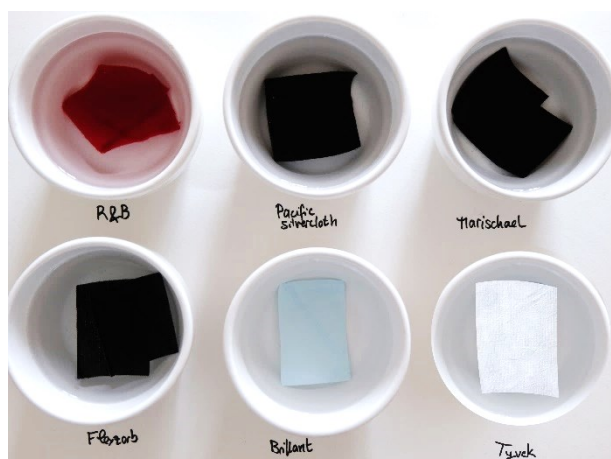


Fig. 16 : Matériaux de protection immergés lors du test



Fig. 17 : Coloration de l'eau après 48 heures

Les fibres laissées dans l'eau ont été quantifiées. Le tissu Flexzorb® a perdu beaucoup de fibres. Les textiles Robbe&Berking®, Pacific Silvercloth® et Marischael® ont perdu quelques fibres (Tab. 9).

Tab. 9 : Résultats de l'immersion des matériaux protecteurs dans l'eau après 48 heures

Matériau immergé dans l'eau	pH	Coloration de l'eau	Dépôt de fibres
Aucun	8.0	-	-
Textile <i>Robbe&Berking</i> ®	8.0	Très visible, orangée	Visible
Textile <i>Pacific Silvercloth</i> ®	8.0	Très visible, violette	Visible
Textile <i>Marischael</i> ®	8.0	Visible, brune-jaune	Visible
Textile <i>Flexzorb</i> ®	8.0	Aucune	Très visible
Papier <i>Brillant</i> ®	8.0	Aucune	Aucun
Intissé <i>Tyvek</i> ®	8.0	Aucune	Aucun

7.8. Critères d'évaluation

6 critères ont été choisis pour réaliser une synthèse regroupant les observations et informations obtenues sur les matériaux de protection testés : l'efficacité en contact direct (1) et indirect (2), l'a facilité d'utilisation (3), la quantité de dépôts (4), la décoloration dans l'eau (5) et le coût (6).

L'attribution d'une pondération de 1 (meilleur résultat) à 3 (résultat le moins bon) pour chaque critère est expliquée en annexes.¹⁰⁰

Le tableau obtenu offre une vue globale des résultats et observations à la suite des tests (Tab.10).

Tab. 10 : Comparaison des matériaux de protection testés selon 6 critères

	Efficacité contact direct	Efficacité contact indirect	Facilité d' utilisation	Dépôts	Décoloration dans l' eau	Coût
1. Coton + Papier Hagerty	3	3	2	1	1	1
2. Pacific Silvercloth	1	1	1	2	3	2
3. Pacific Silvercloth + Tyvek	1	1	1	1	3	2
4. Flexzorb	1	3	3	3	1	3
5. Marischael	3	3	1	2	2	1
6. Robbe & Berking	3	3	1	1	3	2

¹⁰⁰ Annexe 16, Tab.19, p.54.

7.9. Discussion des résultats et conclusion

Lors des tests réalisés, six combinaisons de matériaux de protection contre le tarnissement ont pu être comparées grâce au suivi de la surface de coupons métalliques. La documentation de la surface de chaque coupon avant et après test avec appareil photo et microscope numérique a été une solution adéquate pour comparer les résultats.

L'ajout d'œufs dans les enceintes comme source de sulfure d'hydrogène s'est révélé très efficace pour accélérer le tarnissement des coupons métalliques en alliage d'argent 925 et de laiton argenté. Cette méthode s'est montrée peu efficace pour terner les coupons en laiton car le cuivre est d'avantage sensible aux acides organiques.

Les différents stades de tarnissement obtenus sur les coupons avec une surface argentée s'observent également sur les instruments de musique étudiés. Le test de vieillissement accéléré a donc permis de reproduire un tarnissement similaire à celui présent dans la réserve du HMB.

Les valeurs thermo-hygrométriques enregistrées dans la pièce lors des tests ne sont pas identiques aux valeurs moyennes enregistrées dans la réserve du HMB mais le type de climat est comparable.

Les textiles Marischael® et Robbe&Berking® montrent une efficacité insuffisante contre le tarnissement. Le papier Brillant® nécessite un contact direct pour être efficace, et le textile Flexzorb® perd beaucoup de fibres. Leur utilisation a donc été écartée.

Le meilleur résultat pour la prévention du tarnissement des surfaces argentées a été obtenu avec le textile en coton imprégné de particules d'argent Pacific Silvercloth®. Après une durée de 9 heures de test dans une enceinte de 340 cm³ avec ajout de 26 gr d'œuf, les surfaces des coupons métalliques ne montrent pas de tarnissement. Les résultats révèlent qu'un contact direct entre la surface métallique et ce textile n'est pas nécessaire pour que la protection contre le tarnissement soit efficace.

Des tests additionnels ont révélé des interactions lors de contact direct entre le laiton argenté et le Pacific Silvercloth® après immersion dans l'eau. La migration de certains composants du textile en est probablement la cause. De plus, une étude réalisée en 2016 a démontré que des halos blancs peuvent se former à la surface de l'argent lors d'un contact direct avec le Pacific Silvercloth®.¹⁰¹

Ce problème peut être résolu en ajoutant une interface d'intissé en polyéthylène Tyvek® entre le Pacific Silvercloth® et la surface métallique, comme le montrent les résultats des tests (Tab.8, p.29). Le Tyvek® ne diminue pas l'efficacité contre le tarnissement du Pacific Silvercloth®, probablement dû à son imperméable à l'eau et sa perméable aux gaz. Cette interface permet également de diminuer les dépôts de fibres sur la surface métallique causés par le Pacific Silvercloth®. Un besoin de dépoussiérage est ainsi évité.

En plus de son efficacité contre le tarnissement, les propriétés physiques du Pacific Silvercloth® sont très intéressantes pour faciliter sa manipulation et sa mise en œuvre (non rigide, cousu aisément, absence de déchirure, relativement peu épais).

¹⁰¹ Porteous et al., p.1, 2016.

8. Conditionnement des instruments de musique

L'analyse de la situation avant intervention dans la réserve du HMB a permis de mettre en évidence les risques suivants pour les onze instruments de musique étudiés :

Risque de corrosion dû à l'utilisation de matériaux acides en contact direct avec les objets, démontré par le test à l'acétate de plomb,

Risque de chute dû aux tablards trop étroits des étagères desquels les objets peuvent basculer,

Risque de déformation dû au positionnement inadéquat et à la suspension de certains objets,

Risque d'entrechoquement des objets dû à un coefficient de manipulation trop faible,

Risque de dissociation dû au manque de visibilité des objets et dans certains cas de leur numéro d'inventaire,

Risque d'empoussièrement et de ternissement dû au stockage à l'air libre et/ou sans conditionnement.

L'amélioration du mode de stockage des instruments de musique est donc nécessaire pour une conservation pérenne des objets. La réalisation d'un conditionnement adapté doit permettre de supprimer les risques mentionnés.

8.1. Choix des matériaux

Le choix des matériaux s'est fait en suivant les prescriptions en conservation préventive. La disponibilité des matériaux présents au HMB et habituellement utilisés par son personnel a également été prise en compte. Les critères suivants ont été suivis pour assurer la conservation pérenne des objets :

Stabilité des matériaux

Les matériaux sélectionnés doivent être non acides, ne doivent pas subir de modifications chimiques dans le temps ni dégager de COV¹⁰². Le carton cannelé non acide, la mousse de polyéthylène Ethafoam®, la mousse fine de polyéthylène Alveolit¹⁰³, l'intissé polyéthylène Tyvek®, le ruban sergé en coton, le papier non acide et le fil en coton ont été sélectionnés.¹⁰⁴

Protection contre les abrasions

La mousse PE Ethafoam® ne doit pas être en contact direct avec l'objet : des interfaces de Tyvek® et de mousse PE Alveolit remplissent cette fonction.

Protection contre les chocs et vibrations¹⁰⁵

La stabilité des objets est assurée par des mousses de polyéthylène Ethafoam® ép. 5 cm, permettant d'absorber les chocs et de supprimer les vibrations.¹⁰⁶

Protection contre le ternissement

Grâce au test de comparaison des matériaux de protection, le coton imprégné de particules d'argent Pacific Silvercloth® a été défini comme le plus efficace et adéquat à un contexte patrimonial. Il sera intégré dans les conditionnements. Un contact direct avec les objets est à éviter¹⁰⁷ : une interface de Tyvek® sera ajoutée.¹⁰⁸

¹⁰² Conditionnement, 2021, [en ligne].

¹⁰³ Cette dénomination est employée par le personnel du HMB. Ce matériau est aussi trouvé sous l'appellation Volara. Volara, 2020, [en ligne].

¹⁰⁴ L'utilisation de ces matériaux à long terme est validée par les résultats obtenus lors de tests d'Oddy. Ces tests ont été réalisés par différents professionnels de la conservation et sont consultables sur la base de données en ligne du site AIC Wiki développé par l'American Institute for Conservation.

Materials testing results, 2022, [en ligne].

¹⁰⁵ Tétreault, 2017, p.49.

¹⁰⁶ Cette mousse à cellules fermées a été sélectionnée car elle est plus dense (moins sujette aux déformations par écrasement) que les mousses à cellules ouvertes en polyuréthane. Elle est donc plus adaptée à des objets présentant un poids conséquent.

¹⁰⁷ Les tests de vieillissement ont montré des interactions en présence d'eau, et la littérature spécialisée parle de développement de halos blancs à la surface du métal en cas de contact direct.

¹⁰⁸ Cette interface permet également que des résidus de Pacific Silvercloth® ne se déposent pas à la surface des objets.

8.2. Choix du design

Une solution de conditionnement dans des housses textile cousues avec un textile absorbant a été initialement envisagée. La protection efficace contre le ternissement aurait été assurée, mais les housses n'auraient pas offert de soutien mécanique aux objets.¹⁰⁹ A long terme, l'empoussièrement des textiles aurait été problématique. Les tests de vieillissement accéléré ont démontré que les objets n'ont pas besoin d'être entourés entièrement de tissu absorbant, ni en contact direct pour que la protection soit efficace. Cette proposition a donc été abandonnée.

La proposition suivante a été retenue : l'intégration du textile absorbant dans des boîtes.

La forme du conditionnement doit pouvoir répondre à ses fonctions. Les choix effectués se sont appuyés sur les observations réalisées au cours du travail ainsi qu'en tenant compte des préconisations trouvées dans la littérature spécialisée.¹¹⁰ Le choix d'une boîte comme solution de conditionnement permet de respecter les critères suivants :

Protection contre la poussière : En créant une enceinte fermée, les boîtes optimisent également l'efficacité du tissu absorbant.

Optimisation de l'espace : Les trompettes et cornets étudiés ont été regroupés par taille. En plaçant les pavillons des trompettes dans les directions opposées, il est possible de stocker deux objets par boîte¹¹¹. Les dimensions des tablards (950x500mm) des armoires métalliques ont été prises en compte.

Selon les dimensions des objets deux grandeurs de boîtes ont été définies : 500(L) x 300(l) x 200(h) mm pour les trompettes à pistons et les cornets, 800(L) x 300(l) x 160(h) mm pour les trompettes naturelles. Ces dimensions permettent de placer les 3 boîtes les plus petites sur un tablard et les boîtes les plus grandes sur un tablard (Fig.18-19). Un total de 4 tablards est nécessaire au rangement des 6 boîtes stockant les 11 instruments de musique.



Fig. 18 : Rangement des trois petites boîtes sur le tablard d'une armoire métallique de la réserve du HMB



Fig. 19 : Rangement d'une grande boîte sur le tablard d'une armoire métallique de la réserve du HMB

¹⁰⁹ L'ajout d'un support à l'intérieur des housses a été imaginé mais il aurait rendu les manipulations peu intuitives, conduisant à des risques de chute lors de la consultation des objets.

¹¹⁰ Notamment d'après les publications du Comité international des musées et collections d'instruments de musique (CIMCIM) et le bulletin technique de l'ICC relatifs au soin des collections d'instruments de musique.

Barclay, 1997, pp.19-24.

Barclay, 1980, pp.16-18.

¹¹¹ A l'exception d'une trompette naturelle présentant une typologie légèrement différente (N°Inv. 1980.2495.) et car le nombre d'objets conditionnés est impaire (onze).

Accessibilité et manipulation aisée des objets : Pour faciliter le transport sur de courtes distances pour la consultation et l'étude des objets, des supports ont été réalisés. Les objets peuvent être sortis des conditionnements, déplacés et observés sans devoir les toucher.

Les boîtes ont été conçues pour que les supports et les objets puissent être aisément retirés : le fond et les parois ne sont pas solidaires. Un système de fixation avec des rubans sergés d'attache en coton a été réalisé pour faciliter la remise en place du couvercle.¹¹²

Robustesse du conditionnement¹¹³ : L'épaisseur du carton de 3.0 mm pour la réalisation des boîtes et de 1.6 mm pour la réalisation des supports assure un maintien suffisant pour soutenir le poids des objets.

Compréhension des objets : Des échanges avec plusieurs professionnels pour connaître la pratique courante de stockage des trompettes¹¹⁴ et avec Madame Janine Meier¹¹⁵ ont conduits au choix de conditionner les objets assemblées,¹¹⁶ dans leur position de jeu.¹¹⁷ Cette solution facilite la compréhension lors d'études des instruments. Les gravures présentes sur le pavillon des trompettes et cornets sont visibles sans avoir à les manipuler.

Les embouchures ont été conditionnées à côté des instruments pour éviter des déformations du tube de logement. Du jeu entre les tubes et les embouchures existe sur certaines trompettes du HMB. Un risque de chute lors de manipulations est évité avec ce mode de stockage.

Stabilité des objets : Des logements adaptés à la forme spécifique de chaque instrument ont été réalisés dans la mousse PE Ethafoam®. Pour que le placement d'un objet dans le bon logement et la bonne orientation soit simple et intuitif, des schémas des instruments ont été ajoutés sur le fond des supports.¹¹⁸

Les embouchures sont fixées avec des rubans sergés en coton. La stabilité est garantie et un retrait aisé lors de leur manipulation également (Fig.20).



Fig. 20 Rubans sergés d'attache des embouchures et étapes pour les retirer

¹¹² Voir Annexe 17, Fig.68, p.57.

¹¹³ Tétreault, 2017, p.44.

¹¹⁴ Echanges par courriels avec Monsieur Joël Eymard et discussions avec Madame Chantal Meystre, tous deux trompettistes professionnels.

¹¹⁵ Conservatrice-restauratrice responsable de la collection d'instruments de musique.

¹¹⁶ Certains musiciens proposent de stocker les instruments non joués en désassemblant leurs différents éléments constitutifs, évitant ainsi le risque que les éléments prévus pour être désassemblés soient bloqués à cause de développement de corrosion dans les tubes créant des adhérences ou des lubrifiants perdant leurs propriétés en vieillissant. Cependant, la décision de stocker les trompettes assemblées a été prise pour diverses raisons. Dans un contexte patrimonial, cette solution engendre un risque de dissociation élevé. Elle demande une bonne connaissance de l'instrument pour pouvoir assurer son remontage et nécessite un plus grand espace de stockage. Pour une conservation pérenne de l'objet, de nombreuses manipulations sont ainsi évitées en stockant l'objet assemblé.

¹¹⁷ Voir Annexe 20, Tab.21, p.63.

¹¹⁸ Voir Annexe 17, Fig.72, p.58.

Les objets sont dans un état de conservation suffisant pour soutenir leur propre poids. Néanmoins, des calages préventifs ont été placés pour répartir le poids sur différents points de contact¹¹⁹ sans risque de déformation. Le mécanisme des pistons est une partie délicate de l'instrument : il n'est pas en contact avec le support afin d'éviter tout risque d'altération.

Identification simple et rapide : Le numéro d'inventaire doit être visible sur le conditionnement.¹²⁰ Des fiches d'identité ont été fixées à l'extérieur des boîtes.¹²¹ Les numéros d'inventaire des objets ont aussi été inscrits sur le fond des supports.

De nouvelles étiquettes ont été fixées aux instruments et aux embouchures avec leurs numéros d'inventaire. Elles ont remplacé l'absence d'étiquettes ou les anciennes étiquettes en papier acide et attache en fil teinté rouge (Fig.21).

Intégration du matériau protecteur : Le tissu absorbant Pacific Silvercloth® et l'interface en Tyvek® ont été cousu ensemble pour faciliter leur intégration dans le conditionnement. Le tissu doublé obtenu peut être posé directement sur les objets, les recouvrant entièrement. Les boîtes ont été prévues pour être constituées d'une seule partie. Cette configuration permet de pouvoir intégrer le tissu absorbant en le fixant à la base de la partie reliant le couvercle et le fond. Tout risque de perte du textile, d'oubli de sa remise en place ou de remplacement avec la mauvaise face contre la surface métallique sont évités. Pour consulter les objets, il suffit de soulever le textile et de le placer dans le couvercle de la boîte. Ce logement permet au textile de rester à l'abri de la poussière. La fixation du textile avec des rubans d'attache noués à l'extérieur des boîtes permettra de le remplacer aisément lors de sa saturation.

Suivi de l'évolution du tarnissement : D'après le fournisseur Long Life for Art, le Pacific Silvercloth® devrait changer de couleur lors de sa saturation en passant du brun au noir.¹²² Cependant, les tests de vieillissement accéléré effectués et la littérature à ce sujet ne font état d'aucun changement notable.

Pour savoir à quel moment il sera judicieux de renouveler le Pacific Silvercloth®, des coupons d'argent 925 ont été intégrés dans les conditionnements.¹²³ En contrôlant régulièrement l'évolution de la surface des coupons, il sera possible de juger si un (re)tarnissement a lieu, indiquant que le Pacific Silvercloth® n'est plus efficace et qu'il faut le remplacer.

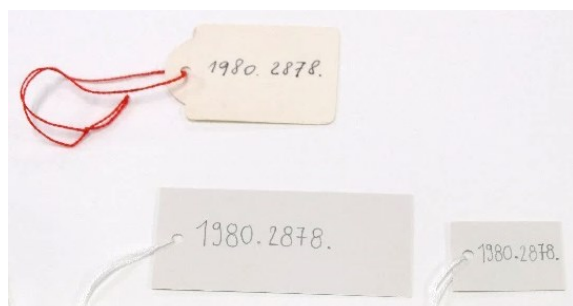


Fig. 21 : Ancienne étiquette (en haut) et nouvelles étiquettes (en bas)

¹¹⁹ Une attention particulière a été donnée aux endroits présentant des décors.

¹²⁰ Tétreault, 2017, p.44.

¹²¹ Voir Annexe 18, p.59.

¹²² Silbertuch Pazifik, 2021, [En ligne].

¹²³ L'utilisation de cet alliage a été préférée à celui de l'argent pur car il a une plus grande réactivité.

8.3. Réalisation

Les étapes suivies pour réaliser les boîtes, les supports et pour intégrer le textile de protection et les coupons de contrôle pour le suivi de l'évolution des surfaces sont exposées en annexes.¹²⁴ Les conditionnements terminés y sont également présentés¹²⁵, avec un aperçu ci-dessous (Fig.22).



Fig. 22 : Boîte ouverte avec Pacific Silvercloth replié dans le couvercle et deux objets visibles sur leur support.

8.4. Recommandation pour le suivi des objets

Le mandat initial donné par le HMB inclut un protocole de suivi des objets présentant une surface argentée. Les précautions de manipulation, les recommandations climatiques et le suivi du tarnissement des surfaces argentées pour une conservation pérenne des instruments de musique sont exposés en annexes.¹²⁶

8.5. Calcul des coûts

Une estimation du coût total nécessaire à la réalisation des 6 conditionnements mis en œuvre a été calculée. Elle regroupe les besoins en fournitures et en personnel.

Le coût total de l'intervention s'élève à env. 3'150.- CHF. Cette estimation des coûts montre que le matériel représente uniquement 11% du coût total (env. 350.- CHF). Le salaire d'un collaborateur en conservation représentant le pourcentage restant.

Le détail de ce calcul se trouve en annexes.¹²⁷

¹²⁴ Annexe 17, p.55-58.

¹²⁵ Annexe 20, p.62-66.

¹²⁶ Annexe 23, p.73.

¹²⁷ Annexe 19, p.60-61.

8.6. Conclusion de l'amélioration du stockage des instruments de musique argentés

Le conditionnement des onze instruments de musique argentés étudiés a été réalisé afin de stopper l'évolution du tarnissement tout en améliorant leurs conditions de stockage.

Six conditionnements, incluant la réalisation de boîtes, de supports et de leur aménagement pour stabiliser les objets ont été réalisés en deux semaines.

Les matériaux sélectionnés pour la mise en œuvre (carton non acide, mousses PE Ethafoam® et Alveolit, intissé de PE Tyvek) sont stables dans le temps et ne dégagent pas de COV. Ils permettent de donner une robustesse suffisante aux boîtes et supports.

Les boîtes offrent aux objets une protection contre la poussière, les abrasions, les chocs et les vibrations. Les instruments de musique sont facilement identifiables grâce à des fiches d'identification présentes sur l'extérieur des boîtes.

Les objets sont facilement identifiables grâce à des fiches d'identification présentes sur l'extérieur des boîtes.

Les instruments sont stockés dans leur position de jeu. Ce choix facilite la compréhension des objets et permet d'avoir un accès visuel aux décorations de surface présentes sur les pavillons.

Grâce aux supports en carton non acide, il n'est pas nécessaire de toucher les objets pour les sortir des boîtes.

L'intégration dans les boîtes de Pacific Silvercloth® doublé avec du Tyvek® permet de protéger les instruments de musique du tarnissement. La face Tyvek® se pose directement sur les objets, les recouvrant entièrement. Les boîtes ont été prévues pour être réalisées en une seule partie. Cette configuration permet de pouvoir intégrer le textile doublé en le fixant à la base de la partie reliant le couvercle et le fond. Pour consulter les objets, il suffit de soulever le textile et de le placer dans le couvercle de la boîte. Ce logement permet au textile de rester à l'abri de la poussière.

Afin de savoir à quel moment le Pacific Silvercloth® devra être renouvelé, des coupons d'argent 925 ont été intégrés dans les conditionnements. L'utilisation de cet alliage a été préféré à celui de l'argent pur car il a une plus grande réactivité. En contrôlant régulièrement l'évolution de la surface des coupons, il sera possible de juger si un (re)tarnissement a lieu, indiquant que le Pacific Silvercloth® n'est plus efficace et qu'il faut le remplacer.

L'estimation du coût de cette intervention s'élève à environ 3'150.- CHF, incluant les ressources en matériel et en personnel.

9. Conclusion

Au terme de ce travail, une solution afin de stopper l'évolution du tarnissement des instruments de musique argentés stockés dans la réserve du HMB a pu être proposée et appliquée aux onze trompettes et cornets sélectionnés.

Les recherches basées sur la littérature spécialisée ainsi que les témoignages recueillis par des professionnels de différents domaines ont permis de comprendre l'hétérogénéité du tarnissement de surface des instruments. Plusieurs facteurs entrent en jeu, dont notamment les différents alliages constitutifs des trompettes et cornets argentés, la présence ou non d'un vernis, le repolissage de certains instruments mentionné dans le rapport d'anciennes restaurations, ainsi que les conditions non connues de stockage et d'entretien des instruments lors de leur utilisation avant leur entrée dans la collection.

L'étude de l'environnement et du mode de stockage au sein de la réserve a démontré différentes problématiques accélérant le tarnissement, notamment la présence de matériaux dégageant des composés soufrés, le stockage à l'air libre des objets et l'humidité relative supérieures aux prescriptions recommandées pour le stockage des objets métalliques durant les mois d'été.

La concentration en sulfure d'hydrogène (principal responsable du tarnissement de l'argent) dans la réserve n'a pas pu être quantifiée car elle n'est pas suffisante pour pouvoir être détectée avec la technique employée.

Six matériaux de protection ont été sélectionnés pour être comparés grâce avec la réalisation d'un test de vieillissement accéléré. Le textile en coton imprégné de particules d'argent Pacific Silvercloth® a montré la protection la plus efficace. Un test supplémentaire a montré une interaction entre les coupons métalliques et le Pacific Silvercloth®. Le test démontre qu'un contact direct entre la surface de l'objet et le textile doit être évité. Une solution a été trouvée en doublant le Pacific Silvercloth® avec l'intissé en polyéthylène Tyvek®. Cette combinaison de matériaux permet d'obtenir tous les avantages du matériau le plus efficace sans risque de dépôts exogènes ou d'interactions en cas d'inondation ou de forte humidité.

Sur la base des recherches et des résultats des tests, un conditionnement avec intégration du Pacific Silvercloth® a été développé. Outre la protection contre le tarnissement, le conditionnement protège également les objets de la poussière, de l'abrasion, des chocs et des vibrations. Des boîtes et des supports en carton non acide avec des inserts en mousses en polyéthylène adaptés aux dimensions des instruments ont été mis en œuvre. Chaque conditionnement est prévu pour accueillir deux objets : la réalisation de six boîtes et supports a été nécessaire pour stocker les onze trompettes et cornets du HMB. Les supports s'intègrent et se retirent aisément des boîtes, permettant de sortir les objets sans les toucher directement. Le coût total de cette intervention est estimé à 3'150.- CHF, incluant les frais en matériaux et en personnel.

Une solution non réalisée pour abaisser l'humidité relative excessive en été serait l'ajout d'un dessicatif dans les conditionnements pour créer un microclimat. Cependant, avant d'intervenir une étude supplémentaire doit être réalisée afin d'estimer les risques qu'encourent les différents matériaux présents sur certains instruments de musique (liège, feutre, nacre).

Il est difficile d'estimer combien de temps le Pacific Silvercloth® sera efficace. Le temps limité de ce travail n'a pas permis d'étudier plus spécifiquement ce phénomène. Afin d'assurer le suivi des objets, des coupons de contrôle en argent 925 ont été ajoutés dans chaque conditionnement. Si une altération de ces coupons de référence est constatée, le textile absorbant doit être remplacé.

Cette solution de conditionnement est applicable aux instruments de musique argentés du HMB non traités lors de ce travail, et plus généralement aux objets patrimoniaux présentant une surface argentée. Elle est particulièrement intéressante pour des objets nécessitant une observation ou une manipulation fréquente. Pour des objets demandant très peu de consultation, il serait intéressant de créer des conditionnements avec un renouvellement d'air plus faible afin de maximiser l'efficacité du tissu de protection.

En plus de protéger les surfaces des onze objets étudiés, la mise en œuvre des conditionnements développés au cours de ce travail permettra de faciliter l'étude des trompettes et cornets argentés, rassiant ainsi la soif de connaissances des générations curieuses à venir.

Glossaire

Agents de détérioration : Agents actifs menaçant les collections. Ils sont rassemblés en dix groupes : les forces physiques (1), le vol et le vandalisme (2), les incendies (3), l'eau (4), les ravageurs (5), les polluants (6), la lumière, les ultraviolets et les infrarouges (7), la température inadéquate (8), l'humidité relative inadéquate (9), la dissociation (10).¹²⁸

Alliage : Ajout d'un ou plusieurs éléments à un ou plusieurs métaux.¹²⁹

Anoxie dynamique : Technique de retrait d'oxygène dans une enceinte avec ajout d'azote.¹³⁰

Braser : Action de joindre deux surfaces métalliques à l'aide d'un métal d'apport fondu. Le métal d'apport doit avoir un point de fusion plus bas que celui des métaux à joindre.¹³¹

Brasure tendre : Brasure avec un point de fusion inférieur à 450°C.¹³²

Dose minimale de polluant avec effets nuisibles observables : Dose cumulative à laquelle les premiers changements perceptibles à l'œil nu causés par un polluant sur un matériau apparaissent.¹³³

Composé organique volatil : Mélanges de composés chimiques formés d'au moins un atome de carbone. Etat gazeux à température ambiante.¹³⁴

Corrosion : Réaction électrochimique entre un métal et son milieu. Au cours de la réaction, des électrons passent du métal à l'autre espèce.¹³⁵

Couche de valence : Couche électronique la plus éloignée du centre d'un atome, appelée également couche périphérique. Les atomes s'y trouvant sont responsables de la création de liaisons chimiques.¹³⁶

Coulisse d'accord : Partie mobile du tube principal d'un instrument de musique permettant de l'accorder.¹³⁷

Ductilité : Capacité d'un métal à être étiré en fil sans se rompre.¹³⁸

Embouchure : Partie d'un instrument à vent en contact avec les lèvres du musicien.

Gaz sulfureux réduit : Composé sulfureux avec un atome de soufre à l'état d'oxydation -2. Le sulfure d'hydrogène est un gaz sulfureux réduit.¹³⁹

Malléabilité : Capacité d'un métal à être travaillé, laminé, martelé, etc. sous pression sans se briser.¹⁴⁰

Oxydation : Réaction chimique lors de laquelle les éléments perdent des électrons.¹⁴¹

pH : Potentiel hydrogène. Mesure de l'activité chimique des protons, sur une échelle de 1 à 14, renseignant sur la basicité ou l'alcalinité d'une solution.

Piston : Élément d'un instrument de musique permettant de dévier l'air et ainsi de créer différentes notes.¹⁴²

¹²⁸ Agents de détérioration, 2017, [en ligne].

¹²⁹ Selwyn, 2004, p.209.

¹³⁰ Anoxie dynamique, 2022, [en ligne].

¹³¹ Selwyn, 2004, p.209.

¹³² Ibidem.

¹³³ Tétreault, 2003, p.23.

¹³⁴ Ibidem, p.20.

¹³⁵ Selwyn, 2004, p.212.

¹³⁶ Couche de valence, 2022, [en ligne].

¹³⁷ Les coulisses d'accord, 2022, [en ligne].

¹³⁸ Selwyn, 2004, p.214.

¹³⁹ Tétreault, 2003, p.145.

¹⁴⁰ Selwyn, 2004, p.218.

¹⁴¹ Ibidem, p.219.

¹⁴² Les pistons et palettes, 2022, [en ligne].

Polluant : Gaz, vapeur, liquide ou particule solide qui a des effets nuisibles sur les collections muséales. Ils peuvent être aéroportés, en contact avec l'objet ou faire partie de l'objet.¹⁴³

Recuire : Chauffer un métal pour changer ses propriétés physiques, permettant de le travailler à nouveau.

Réduction : Réaction chimique lors de laquelle les éléments gagnent des électrons.¹⁴⁴

Réseau NABEL : Réseau national d'observation des polluants atmosphériques.

Ternissure : Fine couche de produits de corrosion à la surface d'un métal, altérant son éclat et provoquant une décoloration.¹⁴⁵

Test d'Oddy : Test de vieillissement accéléré lors duquel un échantillon du matériau à tester est placé dans une enceinte avec des coupons métalliques sensibles aux polluants (cuivre, argent et plomb). L'augmentation de la température et de l'humidité relative accélère les réactions potentielles. Un dégagement de COV par le matériau testé est décelable en observant l'évolution de la surface des coupons métalliques. Il est ainsi possible de définir si le matériau est utilisable pour une conservation pérenne des objets patrimoniaux ou non.¹⁴⁶

Titre : Proportion de métal précieux pur contenu dans un alliage, exprimé en millièmes.¹⁴⁷

¹⁴³ Tétreault, 2003, p.147.

¹⁴⁴ Selwyn, 2004, p.220.

¹⁴⁵ Ibidem, p.221.

¹⁴⁶ Le test Oddy – Possibilités et limite, 2013, [en ligne].

¹⁴⁷ Titres légaux, 2022, [en ligne].

Liste des abréviations

CHF :	Franc suisse
cm :	Centimètre
COV :	Composés organiques volatils
de g. à dr. :	De gauche à droite
DMENO :	Dose minimale de polluant avec effets nuisibles observables
env. :	Environ
ép. :	Epaisseur
Fig. :	Figure
gr :	Gramme
Graph. :	Graphique
HE-Arc :	Haute Ecole Arc
HMB :	Historisches Museum Basel
HR :	Humidité relative
ICC :	Institut Canadien de Conservation
ml :	Millilitre
mm :	Millimètre
PE :	Polyéthylène
Ppb :	Partie par milliard (<i>part per billion</i>)
Ppm :	Partie par million. 1 ppm = 1000 ppb
T :	Température
Tab. :	Tableau
µg :	Microgramme

Références bibliographiques

Nota bene : cette liste contient les références présentes dans ce document et le document des annexes.

A Factory Tour, 2022, [En ligne] : *A Factory Tour* [En ligne]. Zachary Music, 2022 [consulté le 02.04.2022]. http://www.zacharymusic.com/Zachary_Music/ZTR900Factory.htm

Agents de détérioration, 2017, [en ligne] : *Agents de détérioration* [en ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2017 [consulté le 30.06.2022]. <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/agents-deterioration.html>

Anoxie dynamique, 2022, [en ligne] : *Anoxie dynamique* [en ligne]. Hygiène office, 2022 [consulté le 08.06.2022]. <https://anoxie.fr/anoxie-dynamique/>

Ares, 2006 : Ares, José Antonio. *Le métal : les techniques de mise en forme, forgeage et soudage*. Editions Gründ, Paris, 2006.

Argent et cuivre, 2021, [en ligne] : *Argent et cuivre* [en ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2021 [consulté le 02.05.2022]. <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/publications-conservation-preservation/bulletins-techniques/polluants-musees-archives.html>

Barclay, 1980 : Barclay, Robert L. *Le soin des collections canadiennes d'instruments de musique. Bulletin technique N°4*. Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1980.

Barclay, 1997 : Barclay, Robert L. *The Care of Historical Music Instrument*. Museums & Galleries Commission, Edinburgh, 1997.

Bernoulli, 2004, [en ligne] : *Bernoulli* [en ligne]. Dictionnaire historique de la Suisse, 2004 [consulté le 03.07.2022]. <https://hls-dhs-dss.ch/fr/articles/020951/2004-06-11/>

Colle transparente Planatol® BB, 2022, [En ligne] : *Colle transparente Planatol® BB* [En ligne]. Gerstaecker, 2022 [consulté le 26.06.2022]. https://www.gerstaecker.ch/fr/Colle-transparente-Planatol-BB.html?gclid=CjwKCAjwhCVBhB8EiwAjFEPGSbsoPQoCGuLsJHRo6Gc3z9QqzVbJgP_DLtPySFhY_Wlhn8NsgvUOxoCpHUQAvD_BwE

Comprendre comment ternissent les objets en argent, 2021, [en ligne] : *Comprendre comment ternissent les objets en argent* [en ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2021 [consulté le 04.06.2022]. <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/formations-apprentissage/ateliers-en-personne/comprendre-ternissent-argent.html>

Comment déceler la présence de soufre dans les matériaux à l'aide d'un papier réactif à l'acétate de plomb, 2017, [en ligne] : *Comment déceler la présence de soufre dans les matériaux à l'aide d'un papier*

réactif à l'acétate de plomb [en ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2017 [consulté le 27.03.2022]. <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/publications-conservation-preservation/notes-institut-canadien-conservation/deceler-presence-soufre-papier-acetate.html>

Comment fabrique-t-on une trompette ?, 2022, [En ligne] : *Comment fabrique-t-on une trompette ?* [En ligne]. La trompette, 2022 [consulté le 04.04.2022]. <http://la.trompette.online.fr/questions.htm#10>

Comment prévenir la corrosion ?, 2022, [En ligne] : *Comment prévenir la corrosion ?* [En ligne]. Raja, 2022 [consulté le 01.07.2022]. <https://www.rajapack.be/blog-be/protection-anticorrosion/>

Conditionnement, 2021, [en ligne] : *Conditionnement* [en ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2021 [consulté le 24.05.2022]. <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/publications-conservation-preservation/bulletins-techniques/emballage-transport-efficaces-art.html#a4a1>

Costa, 2001: Costa, Virginia. «The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation». *Studies in Conservation*, 46, 2001, pp.18-34.

Couche de valence, 2022, [En ligne] : *Couche de valence* [En ligne]. Wikipedia, 2022 [consulté le 12.07.2022]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Couche_de_valence

Cuproten, 2022, [En ligne] : *Cuproten* [En ligne]. CIS Puretec, 2022 [consulté le 03.07.2022]. <https://cis-puretec.com/cuproten/?lang=fr>

Degrigny et al., 2015 : Degrigny, Christian, Jeanneret, Romain, Witschard, Denise. «Local cleaning with the PLECO Electrolytic Pencil of the tarnished Saint Candide Reliquary Head at the Treasury of Saint-Maurice Abbey, Valais (switzerland) ». *e-Preservation Science*, 12, 2015, pp.20-27.

De L'Escalopier, 1843 : De L'Escalopier, Charles. *Théophile. Essai sur divers arts*. Firmin-Didot, Paris, 1843.

De Weck, 2019 : De Weck, Sabine. *Développement d'un protocole de traitement pour le nettoyage de surface de cuivre argenté terni par gel complexant. Cas de la châsse de l'abbé de Nantelme du très or de l'abbaye de Saint-Maurice (VS)*. Mémoire de Master. Neuchâtel, 2019, non publié.

Données d'alliages produits semi-finis, 2022, [En ligne] : *Données d'alliages produits semi-finis* [En ligne]. Gyr, 2022 [consulté le 01.07.2022]. <https://gyrboard.gyr.ch/datenblaetter/halbzeuge/>

Echard, 2003 : Echard, Jean-Philippe. *Le vernis des instruments de musique : principe et spécificités. Art et Chimie : Les polymères, Paris, Congrès tenu du 15.10.2002 au 16.10.2002*. CNRS Editions, Paris, 2003.

Elkin et Norris, 2019 : Elkin, Lisa et Norris, Christopher A. *Preventive conservation : Collection storage*. Society for the Preservation of Natural History Collections, New York, 2019.

Fabrication trompette, 2009, [En ligne] : *Fabrication trompette* [En ligne]. Youtube, 2009 [consulté le 02.04.2022]. <https://www.youtube.com/watch?v=tR5BbW3IACg&t=295s>

Fragment de trompette de forme tronconique, 2022, [En ligne] : *Fragment de trompette de forme tronconique* [En ligne]. Collections du Louvre, 2022 [consulté le 05.03.2022]. <https://collections.louvre.fr/ark:/53355/cl010155672>

Grenot, 2016 : Grenot, Cyrille. *Romantic Brass. Französische Hornpraxis und historisch informierter Blechblasinstrumentenbau*. Edition Argus, Schliengen, 2016. Chapitre I, La facture instrumentale des cuivres dans la seconde moitié du XIXe siècle en France, pp.12-102.

Inventaire général, 2022, [En ligne] : *Inventaire général* [En ligne]. Musée historique de Bâle, 2022 [consulté le 02.04.2022]. <https://www.hmb.ch/fr/musees/objets-de-la-collection/inventaire-general/>

Jacob, 2018 : Jacob, Marcus. *Depotkonzept Historisches Museum Basel*. Rapport interne. Bâle, 2018, *non publié*.

La métamorphose de la trompette, 2021, [En ligne] : *La métamorphose de la trompette* [En ligne]. Radiofrance, 2021 [consulté le 04.05.2022]. <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/la-serie-musicale/les-metamorphoses-de-la-trompette-2905961>

Laiton : définition et propriétés, 2022, [En ligne] : *Laiton : définition et propriétés* [En ligne]. Techniques de l'ingénieur, 2022 [consulté le 10.05.2022]. <https://www.techniques-ingenieur.fr/glossaire/laiton>

Le soin des objets métalliques, 2021, [En ligne] : *Le soin des objets métalliques* [En ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2021 [consulté le 27.03.2022]. <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/conservation-preventive/lignes-directrices-collections/objets-metalliques.html>

Le test Oddy – Possibilités et limite, 2013, [en ligne] : *Le test Oddy – Possibilités et limite* [en ligne]. KLUG-Conservation, 2013 [consulté le 11.06.2022]. <https://www.klug-conservation.fr/Le-test-Oddy-Possibilites-et-limite>

Les coulisses d'accord, 2022, [En ligne] : *Les coulisses d'accord* [En ligne]. Médecine des arts, 2022 [consulté le 04.05.2022]. <https://www.medecine-des-arts.com/fr/article/les-cuivres-le-corps-et-pistons-palettes-de-l-instrument-anatomie-de-l-instrument-a-vent-lecon-3/pistons-palettes-noix-barillets-et-cles-de-pouce.php>

Les pistons et palettes, 2022, [En ligne] : *Les pistons et palettes* [En ligne]. Médecine des arts, 2022 [consulté le 04.05.2022]. <https://www.medecine-des-arts.com/fr/article/les-cuivres-le-corps-et-pistons-palettes-de-l-instrument-anatomie-de-l-instrument-a-vent-lecon-3/pistons-palettes-noix-barillets-et-cles-de-pouce.php>

Lusterloc™, 2022, [en ligne] : *Lusterloc™* [en ligne]. Wolf 1834, 2022 [consulté le 27.03.2022]. <https://www.wolf1834.com/innovation>

Magnusson, 2016 : Magnusson, Yngve. « Verpackungsmaterial als Korrosionsschutz. Die Sicherung und Verpackung der "Silberschatz-Ausstellung" im Kunstmuseum KODE 1 ». *Restaurator Zeitschrift für Konservierung und Restaurierung*, 6, 2016, pp.24-29.

Materials Testing Results, 2022, [en ligne] : *Materials Testing Results* [en ligne]. AIC Wiki, 2022 [consulté le 11.07.2022]. https://www.conservation-wiki.com/wiki/Materials_Testing_Results

McGee, 1984: McGee, Harold. *On Food and Cooking : The science and Lore of the Kitchen*. Charles Scribner's Sons, New York, 1984.

Mesures de soin préventif pour la collection d'argent Birks au Musée des beaux-arts du Canada, 2021, [En ligne] : *Mesures de soin préventif pour la collection d'argent Birks au Musée des beaux-arts du Canada* [En ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2021 [consulté le 30.06.2022]. <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/conservation-preventive/lignes-directrices-collections/objets-metalliques.html#a5b>

Polishing Product, 2022, [En ligne] : *Polishing Product* [En ligne]. Silver King, 2022 [consulté le 07.07.2022]. <https://www.silverkingusa.com/polishing-product>

Porteous et al., 2016 : Porteous, Gyllian, Anastassiades, Amandina, Murray, Alison. *Pacific Silvercloth: Recommendations for Its Use as an Anti-Tarnishing Agent in Silver Collections*, Montreal, Conférence du 13 au 17 mai 2016. Poster. Kingston, 2016, non publié.

Powerhouse Museum Conservation department, 2010 : Powerhouse Museum Conservation department. *Conservation information sheet. Looking after silver*. Trustees of the Museum of Arts and Sciences, Sydney, 2010.

Produits d'entretien pour les instruments à vent en bois et en cuivre, 2021, [En ligne] : *Produits d'entretien pour les instruments à vent en bois et en cuivre* [En ligne]. La Tromba, 2021 [consulté le 03.07.2021]. <https://www.la-tromba.ch/produkte?lang=fr>

Selwyn, 1993 : Selwyn, Lyndsie. *Le soin de l'argent. Note de l'ICC 9/7*. Institut canadien de conservation, Ottawa, 1993 (révisions 1997 et 2007).

Selwyn, 2004 : Selwyn, Lyndsie. *Métaux et corrosion : un manuel pour le professionnel de la conservation*. Institut canadien de conservation, Ottawa, 2004.

Silbertuch Pazifik, 2021, [En ligne] : *Silbertuch Pazifik* [En ligne]. Long Life for Art, 2021 [consulté le 20.12.2021]. <https://llfa.de/silbertuch-pazifik.html>

Température inadéquate, 2018, [en ligne] : *Température inadéquate* [en ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2018 [consulté le 24.05.2022]. <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/agents-deterioration/temperature.html>

Tétreault, 2003 : Tétreault, Jean. *Polluants dans les musées et les archives : évaluation des risques, stratégies de contrôle et gestion de la préservation*. Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 2003.

Tétreault, 2017 : Tétreault, Jean. *Produits utilisés en conservation préventive. Bulletin technique 32*. Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 2017.

Titres légaux, 2022, [En ligne] : *Titres légaux* [En ligne]. Fedlex, 2022 [consulté le 30.06.2022]. https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/50/345_357_401/fr#chap_2/lvl_d4e9

Titres légaux des ouvrages en métaux précieux et des ouvrages multimétaux, 2022, [En ligne] : *Titres légaux des ouvrages en métaux précieux et des ouvrages multimétaux* [En ligne]. Fedlex, 2022 [consulté le 30.06.2022]. https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/50/345_357_401/fr#annex_2/lvl_d4e166

Tubes réactifs Dräger pour mesure ponctuelle, 2022, [en ligne] : *Tubes réactifs Dräger pour mesure ponctuelle* [en ligne]. Draeger, 2022 [consulté le 02.05.2022]. https://www.draeger.com/fr_ch/Products/Short-term-Tubes#download

Volara, 2020, [en ligne] : *Volara* [en ligne]. Conservation and Art Material Encyclopedia Online, 2020 [consulté le 12.07.2022]. <https://cameo.mfa.org/wiki/Volara>

von Steiger, 2016 : von Steiger, Adrian. *Romantic Brass. Französische Hornpraxis und historisch informierter Blechblasinstrumentenbau*. Edition Argus, Schliengen, 2016. Chapitre XIV, Historisch informierter Blechblasinstrumentenbau. Ein Projekt zur Erforschung von Handwerkstechniken im Blechblasinstrumentenbau in Frankreich im 19. Jahrhundert, pp.377-383.

Liste des Figures

Fig. 1 : Ensemble des 11 trompettes et cornets avec une surface argentée de la collection du HMB.....	8
Fig. 2 : Liège sous les boutons de pistons. N° inventaire 2018.761.....	9
Fig. 3 : Feutre sous les boutons de pistons. N° inventaire 2010.279.....	9
Fig. 4 : Nacre sur les boutons de pistons. N° inventaire 2004.218.....	9
Fig. 5. : Test de conductivité réalisé pour mettre en évidence la présence ou non d'un vernis.....	9
Fig. 6 : Lacune dans le vernis provoquant un tarnissement local, N° Inv. 2004.218. Agrandissement 60x.....	9
Fig. 7 : Etat de surface en 1980, N°Inv. 1980.2878.....	10
Fig. 8 : Etat de surface actuel, N°Inv. 1980.2878.....	10
Fig. 9 : Surface avant restauration, N°Inv. 2017.111.....	10
Fig. 10 : Surface actuelle, N°Inv 2017.111.....	10
Fig. 11 : Traces de doigts visibles à la surface d'un objet en argent.....	13
Fig. 12 : Vue générale de l'espace de stockage des instruments de musique dans la réserve.....	15
Fig. 13 : Stockage avant conditionnement des 5 trompettes naturelles argentées sur le tablard K1.....	15
Fig. 14 : Tache présente sur la surface d'un coupon en Argent 925 avant test à gauche et son influence sur l'évolution du tarnissement à droite.....	23
Fig. 15 : Comparaison du type de tarnissement entre coupon Argent 925 (à gauche) et Laiton argenté (à droite) avec les mêmes conditions de protection.....	25
Fig. 16 : Matériaux de protection immergés lors du test.....	30
Fig. 17 : Coloration de l'eau après 48 heures.....	30
Fig. 18 : Rangement des trois petites boîtes sur le tablard d'une armoire métallique de la réserve du HMB.....	34
Fig. 19 : Rangement d'une grande boîte sur le tablard d'une armoire métallique de la réserve du HMB.....	34
Fig. 20 Rubans sergé d'attache des embouchures et étapes pour les retirer.....	35
Fig. 21 : Ancienne étiquette (en haut) et nouvelles étiquettes (en bas).....	36
Fig. 22 : Boîte ouverte avec Pacific Silvercloth replié dans le couvercle et deux objets visibles sur leur support.....	37

Liste des Schémas

Schéma 1 : Bocal prêt pour le test de vieillissement accéléré.....	20
Schéma 2 : Matériaux utilisés lors du test de vieillissement accéléré : Fil polyamide (1) Coupons de contrôle Pb, Ag, Cu (2) Pochette protectrice (3) Coupon (4) Œufs (5) Crochets en acier inoxydable (6) Couvercle en verre (7) Joint d'étanchéité en mousse PE (8) Bocal en verre (9).....	20

Liste des Tableaux

Tab. 1 : Valeurs moyennes, maximum et minimum de température et d'humidité relative dans la réserve.....	16
Tab. 2 : Stades de tarnissement caractéristiques sur les coupons de référence sans matériau de protection après une durée de 3 heures dans les enceintes.....	22
Tab. 3 : Résultats de l'évolution de la surface des coupons en laiton avec ajout de brasure tendre : le tarnissement est moins visible que sur l'argent, mais est également protégé par le Pacific Silvercloth®.....	23
Tab. 4 : Synthèse des différents stades de tarnissement observés à la surface des coupons métalliques après une durée de 3 heures dans les enceintes.....	24
Tab. 5 : Regroupement des 6 combinaisons de matériaux de protection selon leur efficacité (faible, locale, bonne) en observant la surface des coupons métalliques après 3 heures de test.....	26
Tab. 6 : Résultats des tests révélant une bonne efficacité des textiles Pacific Silvercloth® (avec et sans Tyvek®) et Flexorb® après 3 heures et 9 heures.....	27
Tab. 7 : Résultats de l'efficacité des matériaux protecteurs en contact indirect avec la surface métallique.....	28
Tab. 8 : Résultats du test après immersion dans l'eau puis placement dans des enceintes pour 48 heures.....	29
Tab. 9 : Résultats de l'immersion des matériaux protecteurs dans l'eau après 48 heures.....	30
Tab. 10 : Comparaison des matériaux de protection testés selon 6 critères.....	31

Crédits photographiques du document principal

Toutes les figures, schémas et plans techniques présents dans ce document sont crédités comme suit :

© **Meystre, HE-Arc, HMB, 2022.**

A l'exception des éléments suivants :

Fig. 7 et 9 : © **Historisches Museum Basel**

Fig. 11 : © **Trustees of the Museum of Applied Arts and Sciences**

Crédits photographiques des annexes

Toutes les figures, schémas et plans techniques présents dans les annexes sont crédités comme suit :

© **Z.Meystre, HE-Arc, HMB, 2022.**

A l'exception des éléments suivants :

Fig. 25, 26, 28, 29 : © **Zachary Music**

Graph. 1 : © **Historisches Museum Basel**

Schéma 4 : © **Dräger Safety AG & Co. KGaA**

Schéma 5 : © **Gouvernement du Canada, Institut canadien de conservation**

Ternissement de l'argent : test de comparaison de matériaux de protection et application au conditionnement des instruments de musique argentés du Musée Historique de Bâle

-Annexes-

Mémoire présenté par :

Meystre Zoé

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO en Conservation

Objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2021-2022

Remise du travail : 18.07.2022

Jury : 22.08.2022

Nombre de pages : 79

Table des matières

Annexe 1 : Les trompettes.....	4
Annexe 2 : Fiches d'identité des instruments de musique du HMB	8
Trompette naturelle 1980.2291.....	8
Trompette naturelle 1980.2495.....	8
Trompette à pistons 1980.2546.	9
Trompette naturelle 1980.2676.....	9
Trompette naturelle 1980.2878.....	10
Trompette naturelle 1980.2879.....	10
Trompette à pistons 2004.218.	11
Trompette à pistons 2004.220.	11
Cornet 2010.279.....	12
Trompette à pistons 2017.111.	12
Cornet 2018.761.....	13
Annexe 3 : Altérations types des instruments de musique étudiés	14
Annexe 4 : Décors types des instruments de musique étudiés	18
Annexe 5 : Documentation photographique de la réserve	19
Annexe 6 : Evolution thermo-hygrométrique de la réserve.....	20
Annexe 7 : Test ponctuel avec tube réactif Dräger.....	21
Annexe 8 : Test à l'acétate de plomb.....	24
Annexe 9 : Méthodes de prévention du ternissement	26
Annexe 10 : Méthodes de retrait du ternissement.....	28
Annexe 11 : Documentation des matériaux de protection testés	29
Annexe 12 : Besoins en matériaux pour le test de vieillissement accéléré.....	31
Annexe 13 : Préparation des pochettes, des coupons et des enceintes	32
Annexe 14 : Fiche pour le suivi lors du test de vieillissement accéléré.....	34
Annexe 15 : Evolution de la surface des coupons métalliques	36
Annexe 16 : Pondération des critères d'évaluation du test de vieillissement accéléré.....	54
Annexe 17 : Réalisation des conditionnements	55
Annexe 18 : Fiche pour identification et manipulation des objets conditionnés.....	59
Annexe 19 : Estimation des coûts.....	60
Annexe 20 : Conditionnements finaux.....	62
Annexe 21 : Plans techniques des conditionnements.....	67
Annexe 22 : Caractéristiques des matériaux utilisés pour réaliser les conditionnements.....	72
Annexe 23 : Recommandations pour le suivi des objets.....	73
Annexe 24 : Fournisseurs	74
Annexe 25 : Fiches techniques	75

Liste des Figures

Fig. 23 : Exemple de pistons désassemblés d'un instrument non patrimonial.....	5
Fig. 24 : Exemple de coulisses désassemblées d'un instrument non patrimonial.....	5
Fig. 25 : Tubes mis en forme par pliage à partir d'une plaque de métal	6
Fig. 26 : Mise en forme du pavillon par martelage	6
Fig. 27 : Traces technologiques visibles (rabat de la matière sur le bord du pavillon) sur un objet du HMB. N° Inventaire 1980.2676.....	6
Fig. 28 : Bouchons venant d'être brasés au piston	7
Fig. 29 : Logements pour quatre pistons et logement pour quatre coulisses assemblées par brasure.....	7
Fig. 30 : Traces technologiques visibles (brasure pour joindre tube et tube de logement de l'embouchure) sur un objet du HMB. N° Inventaire 2004.220. Agrandissement 15x	7
Fig. 31 : Objet N°1980.2291.....	8
Fig. 32 : Objet N°1980.2495.....	8
Fig. 33 : Objet N° 1980.2546.....	9
Fig. 34 : Objet N° 1980.2676.....	9
Fig. 35 : Objet N° 1980.2878.....	10
Fig. 36 : Objet N° 1980.2879.....	10
Fig. 37 : Objet N° 2004.218.....	11
Fig. 38 : Objet N° 2004.220.....	11
Fig. 39 : Objet N° 2010.279.....	12
Fig. 40 : Objet N° 2017.111.....	12
Fig. 41 : Objet N° 2018.761.....	13
Fig. 42 : Piliers d'échafaudage soutenant l'étage additionnel au milieu des travées du mobilier de rangement.....	19
Fig. 43 : Mobilier de rangement : armoires métalliques et étagères en bois avec rideaux textiles	19
Fig. 44 : Stockage actuel de 4 trompettes argentées à pistons et cornets argentés dans l'armoire K27	19
Fig. 45 : Stockage actuel de 2 trompettes argentées à pistons dans l'armoire K23	19
Fig. 46 : Mesure ponctuelle au sein des étagères de stockage.....	23
Fig. 47 : Mesure ponctuelle dans l'étui avec matériau de calage violet.....	23
Fig. 48 : Coloration des tubes Dräger® : Tube de référence (1) Atmosphère des étagères en bois obstruées par des rideaux (2) Atmosphère de l'étui d'un instrument avec laine violette (3) Atmosphère des boîtes contenant des polymères (4) Atmosphère des bouchons avec des œufs (5).....	23
Fig. 49 : Pyrolyse d'un échantillon de matériau	24
Fig. 50 : Coloration des 12 bandelettes à la suite des tests	25
Fig. 51 : Tissu 100% coton, agrandissement 50x.....	29
Fig. 52 : Papier anti-tarnissement Brillant®, agrandissement 50x.....	29
Fig. 53 : Intissé Tyvek®, agrandissement 50x.....	29
Fig. 54 : Intissé Pacific Silvercloth®, agrandissement 50x.	29
Fig. 55 : Tissu Flexzorb®, agrandissement 50x.	29
Fig. 56 : Doublage du tissu Floxorb®, agrandissement 50x.	29
Fig. 57 : Intissé Marischael®, agrandissement 50x	30
Fig. 58 : Tissu Robbe&Berking®, agrandissement 50x	30
Fig. 59 : Pochettes prêtes pour le test. Coton et papier Brillant® (1), Pacific Silvercloth® (2), Pacific Silvercloth® doublé avec du Tyvek® (3), Flexzorb® (4), Marischael® (5), Robbe & Berking® (6)	32
Fig. 60 : Fermeture par couture des pochettes avec du fil Nylon®	32
Fig. 61 : Recuite des coupons Argent 925	32
Fig. 62 : Ajout de brasure tendre sur les coupons laiton	32
Fig. 63 : Perçage des coupons	33
Fig. 64 : Estampage des coupons.....	33
Fig. 65 : Séparation de la partie cannelée du carton et des deux feuilles externes avant le collage.....	57
Fig. 66 : Maintient avec des pinces-lettres durant le séchage de la colle	57
Fig. 67 : Calages en mousse PE insérés dans les parois des boîtes.....	57

Fig. 68 : Système de fermeture des parois des boîtes	57
Fig. 69 : Tissus absorbants conservés dans des sachets en polyéthylène	57
Fig. 70 : Système de fixation du Pacific Silvercloth aux boîtes	57
Fig. 71 : Coupons de contrôle en Argent 925 avec inscription de la date de mise en place.....	58
Fig. 72 : Schéma du positionnement de l'instrument et N° d'inventaire inscrits sur le fond des supports	58
Fig. 73 : Boîte terminée vue de face	62
Fig. 74 : Boîte terminée vue de dos avec fixation du tissu protecteur	62
Fig. 75 : Fiche pour identifier les objets fixée sur la boîte	62
Fig. 76 : Ensemble des 6 conditionnements réalisés	62

Liste des Schémas

Schéma 3 : Terminologie des parties composant une trompette à pistons : Crochet de pouce (1), Bouton de piston (2), Crochet de petit doigt (3), Entretoise (4), Coulisse d'accord (5), Embouchure (6), Récepteur d'embouchure (7), Branche d'embouchure (8), Coulisse d'accord de piston (9), Piston (10), Clé d'évacuation d'eau (11), Pavillon (12).....	5
Schéma 4 : Tube Dräger et échelle inscrite sur le verre.....	21
Schéma 5 : Mise en place du test à l'acétate de plomb.....	24

Liste des Tableaux

Tab. 11 : Etapes de fabrication d'une trompette à pistons	6
Tab. 12 : Altérations types rencontrées sur les trompettes et cornets argentés du HMB	14
Tab. 13 : Techniques de décoration rencontrées sur les trompettes et cornets argentés du HMB	18
Tab. 14 : Caractéristiques des matériaux testés.....	30
Tab. 15 : Récapitulatif du matériel utilisé lors du test de comparaison de matériaux de protection	31
Tab. 16 : Répertoire des numéros des bouches, des coupons et des durées lors des tests	34
Tab. 17 : Evolution de l'état de surface des coupons en contact direct avec le matériau protecteur	36
Tab. 18 : Evolution de l'état de surface des coupons de contrôle en contact indirect avec les matériaux protecteurs	48
Tab. 19 : 6 critères d'évaluation des matériaux testés et leur pondération	54
Tab. 20 : Estimation du coût de l'intervention de conditionnement réalisée	60
Tab. 21 : Supports en carton non acide et inserts en polyéthylène	63
Tab. 22 : Boîtes en carton non acide, supports, tissus absorbants intégrés et instruments.....	66
Tab. 23 : Matériaux utilisés pour la réalisation des conditionnements	72
Tab. 24 : Liste des fournisseurs des différents matériaux utilisés lors du mémoire	74

Liste des Graphiques

Graph. 1 : Evolution thermo-hygrométrique de la réserve des instruments de musique du HMB.....	20
Graph. 2 : Moyenne horaire de la concentration de SO ₂ en région bâloise.....	22

Liste des Plans techniques

Plan tech. 1 : Petit support en carton cannelé	67
Plan tech. 2 : Grand support en carton cannelé	68
Plan tech. 3 : Petite boîte en carton cannelé.....	69
Plan tech. 4 : Grande boîte en carton cannelé	70
Plan tech. 5 : Patron pour la découpe des textiles absorbants Pacific Silvercloth®	71

Liste des Fiches techniques

Fiche tech. 1 : Carton cannelé.....	75
Fiche tech. 2 : Dispersion de colle aqueuse Planatol BB.....	76
Fiche tech. 3 : Textile absorbant Pacific Silvercloth	77
Fiche tech. 4 : Tube réactif Dräger	78
Fiche tech. 5 : Mousse en polyéthylène Ethafoam.....	79

Annexe 1 : Les trompettes

Histoire et évolution des trompettes

Les instruments de musique sont regroupés généralement en trois catégories : les cordes, les percussions et les instruments à vents. Ces catégories sont définies par la façon dont le son est obtenu. Le son des trompettes est obtenu par vibration des lèvres de l'instrumentiste, appuyées sur une embouchure. Sous l'effet de la pression de l'air, le son va ensuite résonner dans l'instrument.¹

Les trompettes font partie des instruments à vent, plus précisément de la sous-catégorie des cuivres. Ce terme est utilisé indifféremment de l'alliage métallique utilisé pour fabriquer l'instrument. Dans le langage courant, le terme *trompette* est généralement employé pour les instruments avec pistons et coulisses, et celui de *trompette naturelle* pour les instruments sans mécanisme.

Les trompettes ont longtemps été constitué d'un unique tuyau droit. De nombreux exemples illustrent l'histoire ancienne de ces instruments de musique ; notamment des trompettes en argent datant de 2000 ans avant notre ère² ou deux autres découvertes dans la tombe de Toutankhamon³.

Ce n'est qu'au XIV^{ème} siècle que les facteurs commencent à courber le métal. Jusqu'à la Renaissance, les trompettes n'ont pas de pistons et un son très aigu. Grâce à la musique baroque arrivant à cette même période, cet instrument va être mis en valeur et sortir des domaines où il était habituellement consigné : les champs de bataille et l'iconographie religieuse. Enfin, il faudra attendre 1815 pour l'invention des pistons par Messieurs Heinrich Stölzel et Friedrich Blühmel.⁴

Dix-sept ans plus tard, le cornet est inventé par Antoine Halary père.⁵

¹ Barclay, 1980, p.5.

² Fragment de trompette de forme tronconique, 2022, [En ligne].

³ Ibidem.

⁴ La métamorphose de la trompette, 2021, [En ligne].

⁵ Grenot, 2016, p.12.

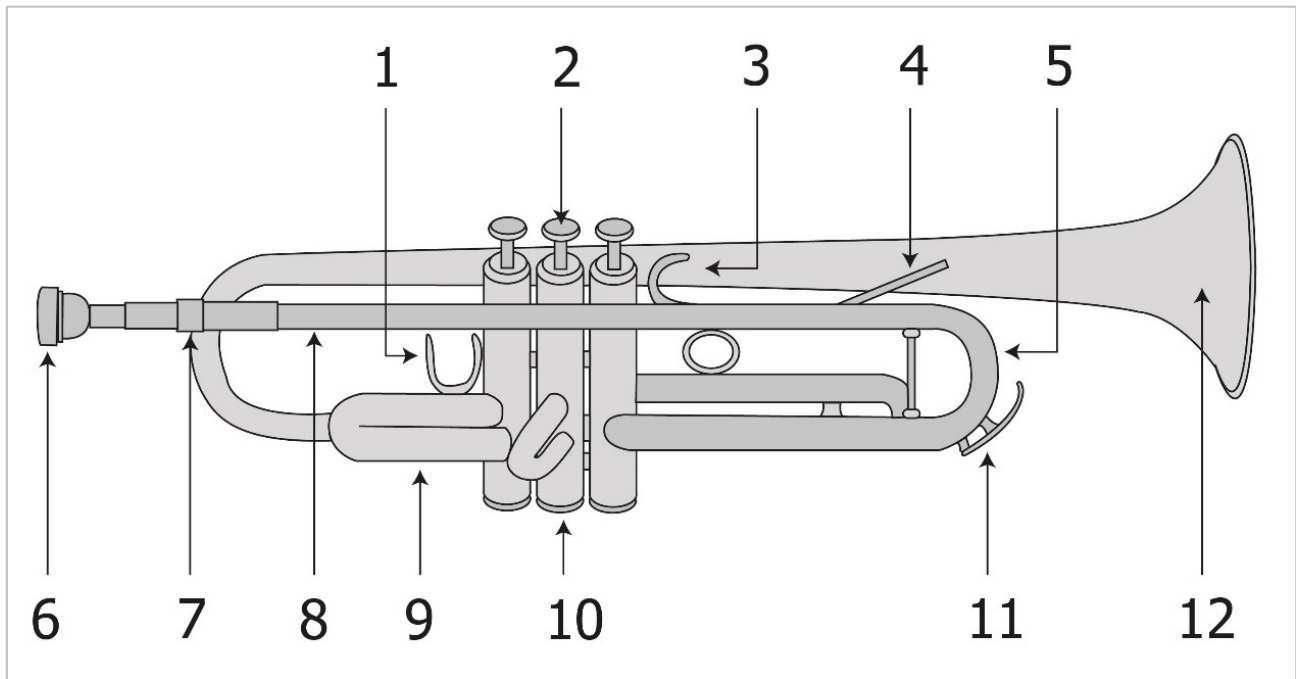


Schéma 3 : Terminologie des parties composant une trompette à pistons : Crochet de pouce (1), Bouton de piston (2), Crochet de petit doigt (3), Entretoise (4), Coulisse d'accord (5), Embouchure (6), Récepteur d'embouchure (7), Branche d'embouchure (8), Coulisse d'accord de piston (9), Piston (10), Clé d'évacuation d'eau (11), Pavillon (12)



Fig. 23 : Exemple de pistons désassemblés d'un instrument non patrimonial



Fig. 24 : Exemple de coulisses désassemblées d'un instrument non patrimonial

Tab. 11 : Etapes de fabrication d'une trompette à pistons

Tube principal et pavillon

- Découpe d'une plaque de cuivre :

La forme du tube est tracée à l'aide d'un patron sur une plaque de cuivre, laiton ou argent selon le matériel choisi. La longueur du tube est d'env. 1m50. Cette forme est ensuite découpée avec un ciseau à métaux.

- Repli de la plaque :

La plaque métallique est pliée en deux avec une presse (Fig.25).

- Fermeture du tube :

Le bord du pavillon est cranté avec une pince. Le tube est mis en forme avec un maillet à tête en cuir en emboîtant les parties crantées, puis il est assemblé par brasage.

- Mise en forme du pavillon :

Une contreforme évasée est utilisée pour donner une forme conique au pavillon en le martelant au maillet (Fig.26). La surface est ensuite reprise au tour pour la lisser.

- Création d'une gouttière :

Les bords du pavillon sont arrondis pour former une gouttière. Un fil métallique y est inséré et fixé par rabat de la matière et brasure (Fig.27). Le fil permet d'alourdir l'instrument et d'améliorer le son.

- Cintrage du tube :

Le tube et son pavillon sont remplis d'une solution savonneuse puis gelés à -49°C (technique actuelle), ou remplis de plomb en fusion (technique traditionnelle). Ainsi, le tube peut être courbé avec un mandrin de cintrage en évitant de l'écraser.



Fig. 25 : Tubes mis en forme par pliage à partir d'une plaque de métal



Fig. 26 : Mise en forme du pavillon par martelage



Fig. 27 : Traces technologiques visibles (rabat de la matière sur le bord du pavillon) sur un objet du HMB. N° Inventaire 1980.2676.

Pistons

- Réalisation des cheminées :

Un tube métallique (futur piston) est percé pour y créer des cheminées (dirigent les vibrations de l'air selon l'enfoncement du piston).

- Brasage des bouchons :

Des bouchons métalliques sont ajoutés aux cheminées par brasage (Fig.28). Les pistons sont ensuite nettoyés et leur diamètre est ajusté au tour.



Fig. 28 : Bouchons venant d'être brasés au piston

Assemblages à chaud

- Assemblage du bloc de logement des pistons :

Après ajustage, les tubes de logement pour les pistons (3 ou 4 selon les modèles) sont brasés ensemble, suivi des tubes de logement pour les coulisses (Fig.29).

- Assemblage du bloc pistons, du pavillon et du tube d'embouchure :

Les différents éléments sont assemblés par brasage (Fig.30).



Fig. 29 : Logements pour quatre pistons et logement pour quatre coulisses assemblées par brasure

Finitions

- Polissage de l'instrument
- Nettoyage

Les résidus laissés lors du polissage sont retirés en plongeant l'instrument dans un bain à ultrason.

- Vernissage ou argentage

Selon l'état de surface voulu, un vernis est appliqué par pulvérisation à la surface de l'instrument ou celui-ci est argenté par bain électrolytique.



Fig. 30 : Traces technologiques visibles (brasure pour joindre tube et tube de logement de l'embouchure) sur un objet du HMB. N° Inventaire 2004.220. Agrandissement 15x

Insertion des éléments mobiles

- Insertion des coulisses et des pistons :

Après lubrification, les éléments mobiles sont glissés dans leurs logements.

Annexe 2 : Fiches d'identité des instruments de musique du HMB

Trompette naturelle 1980.2291.

N° d'inventaire 1980.2291.		
Dénomination :	Trompette naturelle	
Embouchure :	Non	
Vernis :	Non	
Dimensions [mm] : L x H x Ø	2045 x 674 x 112	
Manufacture, facteur :	Blanvalet	
Inscriptions :	BLANVALET A BERLIN 1721	
Matériaux :	Argent	
Date et lieu de fabrication :	1721, Berlin	
Restauration :	Brasure, nettoyage et repolissage en 1997	

Fig. 31 : Objet N°1980.2291.

Trompette naturelle 1980.2495.


N° d'inventaire 1980.2495.		
Dénomination :	Trompette naturelle	
Embouchure :	Oui	
Vernis :	Non	
Dimensions [mm] : L x H x Ø	1985 x 689 x 118	
Manufacture, facteur :	F.Besson	
Inscriptions :	F.BESSON LONDON	
Matériaux :	Laiton argenté	
Date et lieu de fabrication :	Env. 1875, Londres	
Restauration :	-	

Fig. 32 : Objet N°1980.2495.

Trompette à pistons 1980.2546.

N° d'inventaire 1980.2546.	
Dénomination :	Trompette à pistons
Embouchure :	Non
Vernis :	Non
Dimensions [mm] : L x H x Ø	1450 x 413 x 120
Manufacture, facteur :	C.G.Conn ltd
Inscriptions :	MADE BY C.C. CONN LTD ELKAHRT IND. USA
Matériaux :	Laiton argenté, nacre
Date et lieu de fabrication :	1924, Elkart (Indiana-USA)
Restauration :	Nettoyage et repolissage en 1998



Fig. 33 : Objet N° 1980.2546.

Trompette naturelle 1980.2676.

N° d'inventaire 1980.2676.	
Dénomination :	Trompette naturelle
Embouchure :	Non
Vernis :	Oui
Dimensions [mm] : L x H x Ø	1990 x 656 x 116
Manufacture, facteur :	Shaw & Son
Inscriptions :	Shaw & Son 21 Red Lion Street, Holborn, London
Matériaux :	Argent
Date et lieu de fabrication :	1815, Londres
Restauration :	Oui, non datée



Fig. 34 : Objet N° 1980.2676.

Trompette naturelle 1980.2878.

N° d'inventaire 1980.2878.	
Dénomination :	Trompette naturelle
Embouchure :	Oui
Vernis :	Non
Dimensions [mm] : L x H x Ø	1975 x 693 x 134
Manufacture, facteur :	Boosey & Co
Inscriptions :	BOOSEY&C ^o MAKERS LONDON 116217 British Throughout
Matériaux :	Laiton argenté
Date et lieu de fabrication :	Entre 1850 et 1930, Londres
Restauration :	-



Fig. 35 : Objet N° 1980.2878.

Trompette naturelle 1980.2879.

N° d'inventaire 1980.2879.	
Dénomination :	Trompette naturelle
Embouchure :	Oui
Vernis :	Non
Dimensions [mm] : L x H x Ø	1975 x 693 x 134
Manufacture, facteur :	Boosey & Co
Inscriptions :	BOOSEY&C ^o MAKERS LONDON 116218 British Throughout
Matériaux :	Laiton argenté
Date et lieu de fabrication :	1922, Londres
Restauration :	-



Fig. 36 : Objet N° 1980.2879.

N° d'inventaire 2004.218.	
Dénomination :	Trompette à pistons
Embouchure :	Oui
Vernis :	Oui
Dimensions [mm] : L x H x Ø	1340 x 500 x 110
Manufacture, facteur :	Ernst Giger
Inscriptions :	E GIGER INSTRUMENTEN- FABRIKATION WINTERTHUR
Matériaux :	Laiton argenté, maillechort, nacre
Date et lieu de fabrication :	XXe siècle, Winterthur
Restauration :	-

Fig. 37 : Objet N° 2004.218.

N° d'inventaire 2004.220.	
Dénomination	Trompette à pistons
Embouchure	Oui
Vernis	Oui
Dimensions [mm] L x H x Ø	1370 x 448 x 116
Manufacture, facteur	C.G.Conn
Inscriptions	NEW WONDER MADE BY CC CONN ELKHART IND.
Matériaux	Laiton argenté, nacre
Date et lieu de fabrication	1915-1916, Elkhart (Indiana, USA)
Restauration	-

Fig. 38 : Objet N° 2004.220.

Cornet 2010.279.

N° d'inventaire 2010.279.	
Dénomination :	Cornet
Embouchure :	Oui
Vernis :	Non
Dimensions [mm] : L x H x Ø	1363 x 330 x 124
Manufacture, facteur :	Otto Schüssler
Inscriptions :	OTTO SCHÜSSLER MUSIK-INSTRUMENTEN MANUFAKTUR MARKNEUKIRCHEN SA.
Matériaux :	Laiton argenté
Date et lieu de fabrication :	Entre 1900 et 1920, Markneukirchen (DE)
Restauration :	-



Fig. 39 : Objet N° 2010.279.

Trompette à pistons 2017.111.

N° d'inventaire 2017.111.	
Dénomination :	Trompette à pistons
Embouchure :	Non
Vernis :	Non
Dimensions [mm] : L x H x Ø	1345 x 480 x 118
Manufacture, facteur :	Oesch
Inscriptions :	OESCH BASEL
Matériaux :	Laiton argenté
Date et lieu de fabrication :	Entre 1960 et 1970, Bâle
Restauration :	Débosselage, brasures, repolissage, et changement des feutres en 2018



Fig. 40 : Objet N° 2017.111.

Cornet 2018.761.

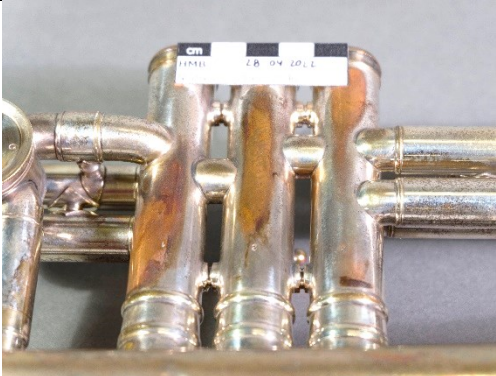

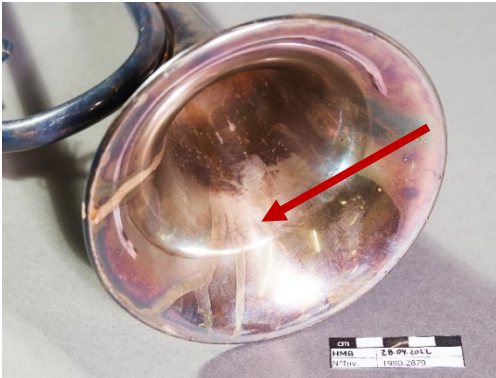

N° d'inventaire 2018.761.	
Dénomination :	Cornet
Embouchure :	Oui
Vernis :	Non
Dimensions [mm] : L x H x Ø	1017 x 237 x 110
Manufacture, facteur :	Adolphe Sax
Inscriptions :	N° 27471 Adolphe Sax Breveté à Paris Fleur de la M ^{son} Mil ^{re} de l'Empereur
Matériaux :	Laiton argenté
Date et lieu de fabrication :	Entre 1854 et 1871, Paris
Restauration :	-

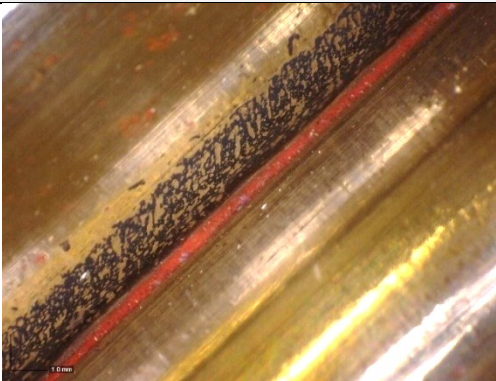







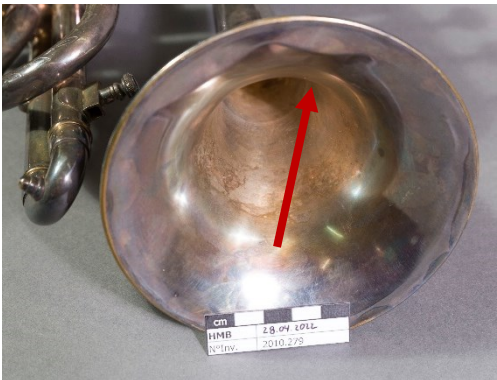

Fig. 41 : Objet N° 2018.761.




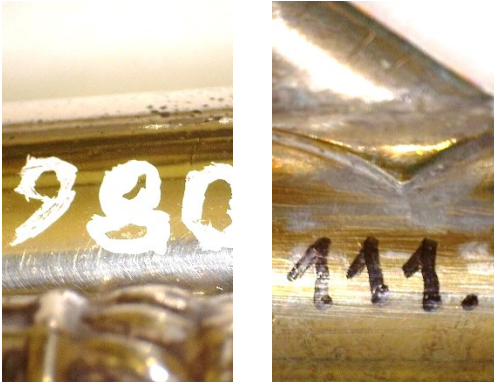
Annexe 3 : Altérations types des instruments de musique étudiés

Tab. 12 : Altérations types rencontrées sur les trompettes et cornets argentés du HMB

Nom	Description	Photographie
Altérations de surface		
Abrasion :	Perte de la surface argentée due à la manipulation lors du jeu de l'instrument <i>N° Inventaire 1980.2546.</i>	
	Abrasion de la surface provoquant des lacunes de l'argente et l'apparition de l'alliage de laiton sous-jacent <i>N° Inventaire 1980.2291.</i> <i>Agrandissement 45x</i>	
Coulure :	Coulures visibles à l'intérieur du pavillon, probablement liées à la condensation lors du jeu de l'instrument <i>N° inventaire 1980.2879.</i>	
Dépôt exogène :	Lubrifiant proche d'un pas de vis <i>N° Inventaire 2004.220.</i> <i>Agrandissement 30x</i>	





Nom	Description	Photographie
Altérations de surface		
Dépôt exogène :	<p>Produit de polissage (ligne rouge) non retiré dans les endroits difficilement accessibles</p> <p><i>N° Inventaire 1980.2495.</i> <i>Agrandissement 30x</i></p>	
	<p>Dépôt gênant l'appréciation de la gravure</p> <p><i>N° Inventaire 1980.2878.</i> <i>Agrandissement 20x</i></p>	
Lacune :	<p>Lacune dans le vernis provoquant un ternissement de la surface</p> <p><i>N° Inventaire 2004.218.</i> <i>Agrandissement 35x</i></p>	
Altérations structurelles		
Corrosion :	<p>Corrosion par piqûres</p> <p><i>N° Inventaire 1980.2676.</i> <i>Agrandissement 20x</i></p>	

Nom	Description	Photographie
Altérations structurelles		
Corrosion :	<p>Ternissement hétérogène de la surface provoquant des irisations</p> <p><i>N° Inventaire 1980.2546.</i></p>	
	<p>Ternissement hétérogène gênant à l'appréciation visuelle générale de l'objet</p> <p><i>N° Inventaire 1980.2495.</i> <i>Agrandissement 40x</i></p>	
Déformation :	<p>Pavillon déformé à la suite d'un coup reçu</p> <p><i>N° Inventaire 2010.279.</i></p>	
Fissure :	<p>Fissure du métal dans le pavillon</p> <p><i>N° Inventaire 1990.2676.</i> <i>Agrandissement 20x</i></p>	

Nom	Description	Photographie
Altérations structurelles		
Fissure :	<p>Fissure sur le tube de logement de l'embouchure</p> <p><i>N° Inventaire 1980.2291.</i> <i>Agrandissement 20x</i></p>	
Anciennes interventions		
Ajout de matière :	<p>Remplacement de partie endommagée</p> <p><i>N° Inventaire 2010.279.</i></p>	
Brasure :	<p>Réparation d'une fissure dans le pavillon</p> <p><i>N° Inventaire 1980.2676.</i> <i>Agrandissement 35x</i></p>	
Marquage :	<p>N° d'inventaire apposé directement à la surface de l'objet</p> <p><i>N° inventaire 1980.2676. et 2017.111.</i> <i>Agrandissement 20x</i></p>	

Annexe 4 : Décors types des instruments de musique étudiés

Tab. 13 : Techniques de décoration rencontrées sur les trompettes et cornets argentés du HMB

Nom	Description	Photographie
La ciselure	Déplacement de matière avec un ciselet <i>N° Inventaire 1980.2291.</i>	
L'estampage	Mise en forme d'un décor avec une matrice ou un poinçon <i>N° Inventaire 1980.2495.</i>	
La gravure	Retrait de matière avec un burin <i>N° Inventaire 1980.2291.</i>	
Le repoussé	Mise en forme d'une feuille de métal en relief par déformation plastique <i>N° Inventaire 1980.2676</i>	

Annexe 5 : Documentation photographique de la réserve



Fig. 42 : Piliers d'échafaudage soutenant l'étage additionnel au milieu des travées du mobilier de rangement



Fig. 43 : Mobilier de rangement : armoires métalliques et étagères en bois avec rideaux textiles

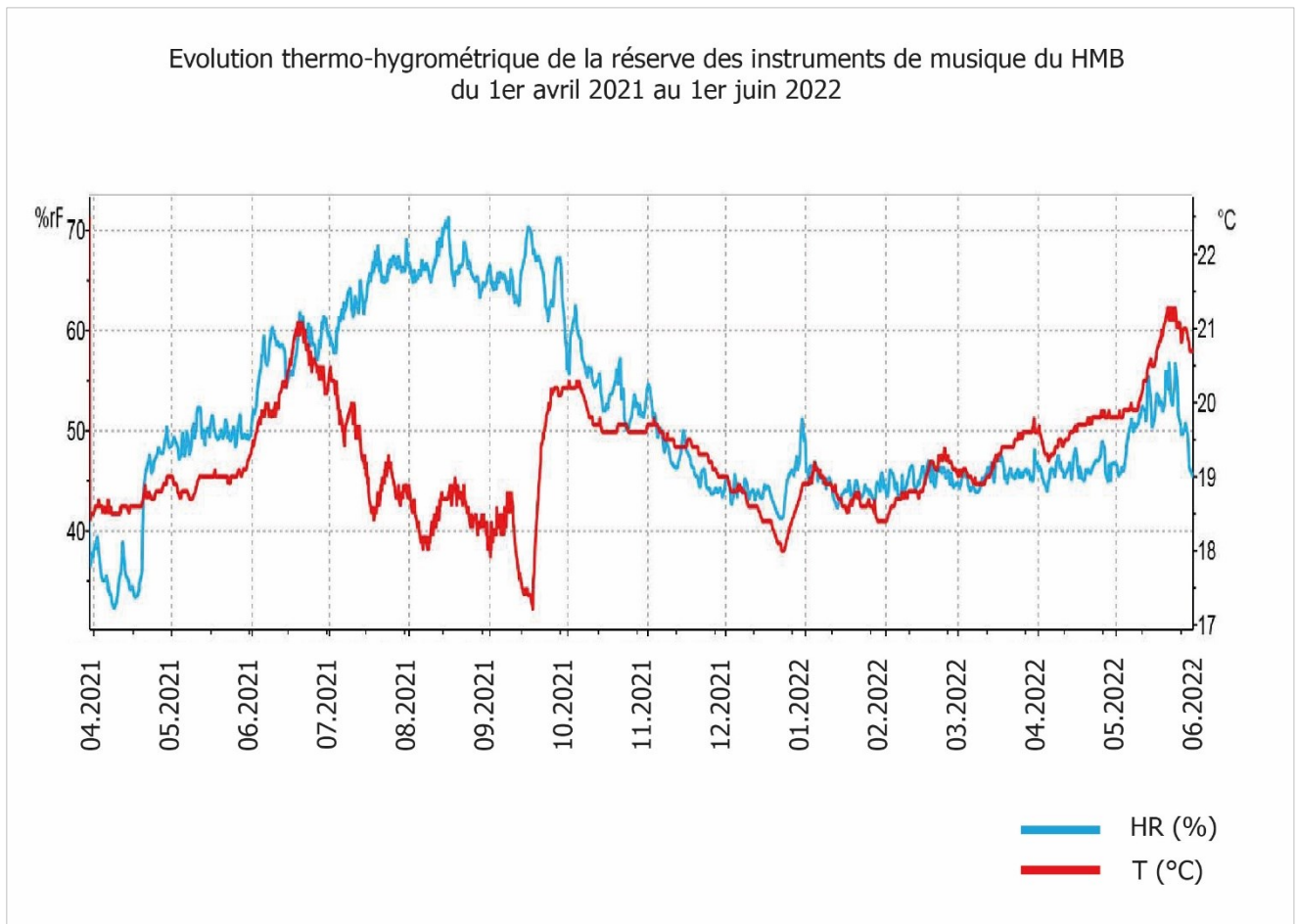


Fig. 44 : Stockage actuel de 4 trompettes argentées à pistons et cornets argentés dans l'armoire K27



Fig. 45 : Stockage actuel de 2 trompettes argentées à pistons dans l'armoire K23

Annexe 6 : Evolution thermo-hygrométrique de la réserve



Graph. 1 : Evolution thermo-hygrométrique de la réserve des instruments de musique du HMB

Annexe 7 : Test ponctuel avec tube réactif Dräger

Objectif

Certains instruments de musique avec une surface argentée conservés dans la réserve du HMB présentent un fort ternissement. La cause probable de ce mécanisme est la présence de gaz sulfureux.

Le but de ce test est de détecter et quantifier la présence de sulfure d'hydrogène (H₂S) dans l'air de la réserve afin de mieux connaître l'environnement des objets.

Méthode

Des tubes Dräger ont été utilisés. Cette méthode d'analyse de l'air est quantitative et non qualitative. Un tube cible un polluant spécifique : il faut au préalable définir quel gaz est suspecté.

Il a été choisi de détecter la présence de sulfure d'hydrogène, car ce gaz sulfureux est le principal responsable du mécanisme de ternissement de l'argent. Une très faible concentration suffit à observer un 1^{er} effet nuisible : la DMENO pour l'argent est de 0.1 ppb et pour le cuivre de 1 ppb.⁶

Le tube Dräger commercialisé avec le domaine de mesure le plus bas a été sélectionné, soit de 0.2 à 5.0 ppm (tube N° 81 01 461).⁷

Une présence humaine peut être la source d'un dégagement de 0.1 ppm de sulfure d'hydrogène. Si des sources additionnelles de sulfure d'hydrogène se trouvent dans la réserve, il est probable d'obtenir un résultat détectable par le tube.

Un autre gaz, le dioxyde de soufre (SO₂), peut jouer un rôle dans le mécanisme du ternissement des surfaces argentées. Cependant, la DMENO pour ce polluant est de 50 ppb pour le cuivre (plus réactif que l'argent dans ce cas).⁸ En analysant les données fournies par le réseau NABEL sur une période d'une année, la région bâloise enregistre une concentration moyenne annuelle de dioxyde de soufre de 0.3 ppb. Cette concentration ne représente pas un risque pour les objets étudiés (Graph.2, p.22). Il a donc été décidé de ne pas tester la présence de ce gaz.

Pour l'utiliser, le tube réactif est inséré dans une petite pompe manuelle. L'air est ensuite aspiré à travers le tube. Un nombre de courses spécifique à chaque tube en fonction du polluant ciblé est défini. Pour le sulfure d'hydrogène, 10 courses sont nécessaires. Au terme du pompage (5 minutes environ), le résultat est lisible immédiatement en comparant le changement de couleur du tube testé avec un tube de référence. La concentration du gaz peut ensuite être lue grâce à l'échelle inscrite sur le tube en verre (Schéma 4).

Le principe réactionnel faisant passer le réactif du blanc au marron clair est le suivant :

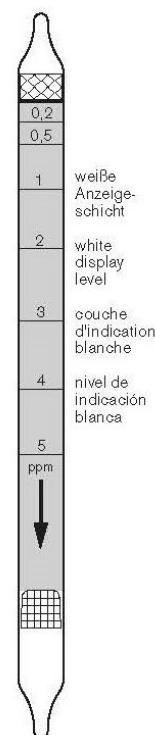
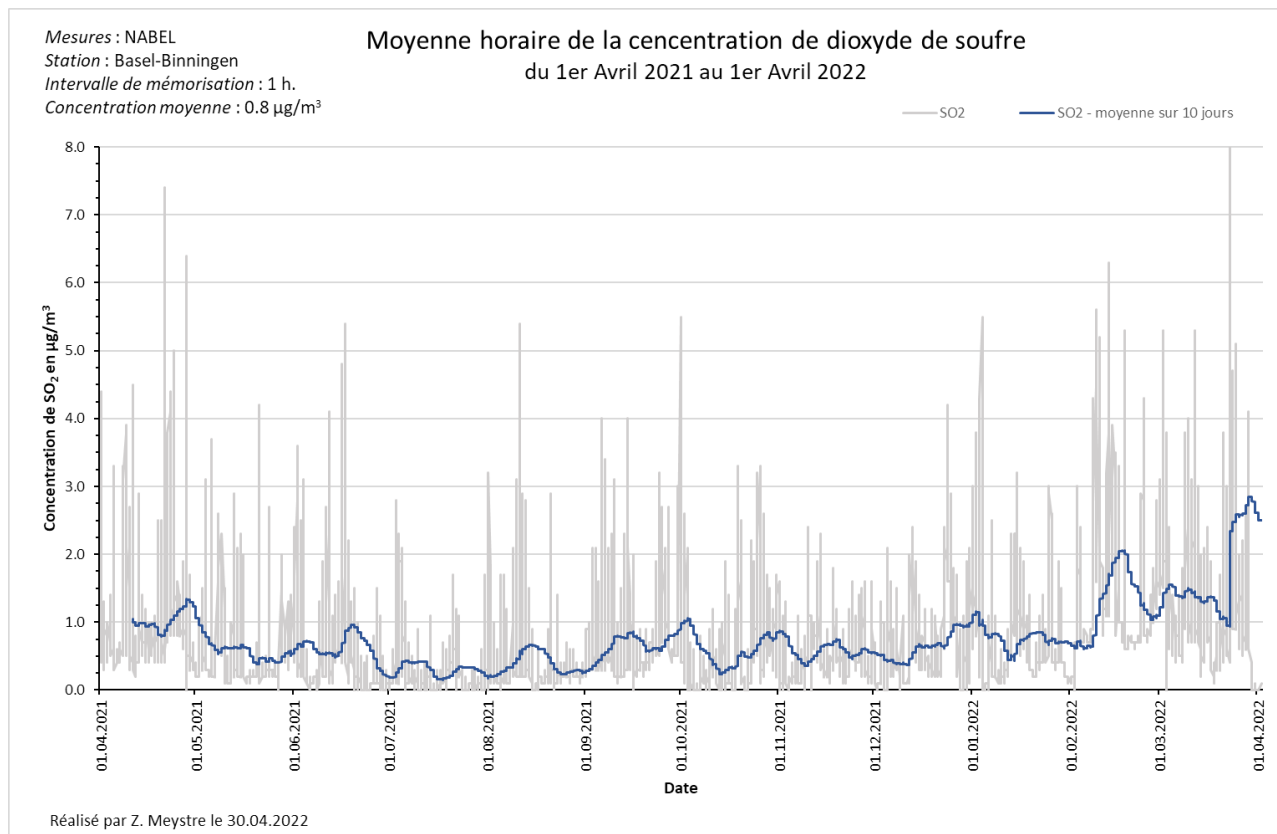


Schéma 4 : Tube Dräger et échelle inscrite sur le verre

⁶ Argent et cuivre, 2021, [en ligne].

⁷ Tubes réactifs Dräger pour mesure ponctuelle, 2022, [en ligne].

⁸ Argent et cuivre, 2021, [en ligne].



Graph. 2 : Moyenne horaire de la concentration de SO₂ en région bâloise

Déroulement

Afin de vérifier le bon fonctionnement des tubes réactifs, un test d'essai a été réalisé. Un environnement connu pour contenir une quantité de soufre élevée était nécessaire. Une enceinte fermée contenant des œufs durs a rempli ce critère.

Trois tests ponctuels ont été effectués dans différents endroits de la réserve :

1. Les étagères en bois obstruées par des rideaux stockant divers instruments de musique (Fig.46, p.23),
2. L'étui d'un aérophone contenant de la laine violette, son matériau de calage d'origine (Fig.47, p.23),
3. Une boîte en polypropylène avec couvercle contenant des polymères fortement dégradés.

Le premier lieu a été choisi car il représente un espace de stockage du HMB contenant des matériaux non pérennes. Les deux autres ont été choisis car ce sont des espaces clos contenant des matériaux connus pour être des sources de COV. Ces trois lieux sont donc suspectés de dégager une concentration de sulfure d'hydrogène détectable dans le domaine de mesure des tubes.



Fig. 46 : Mesure ponctuelle au sein des étagères de stockage



Fig. 47 : Mesure ponctuelle dans l'étui avec matériau de calage violet

Résultats et conclusion

Les trois tubes utilisés dans la réserve du HMB ne se sont pas colorés : la concentration en sulfure d'hydrogène est donc <0.2 ppm (Fig.48, p.23).

L'atmosphère au sein des réserves ne contient pas une concentration d'hydrogène sulfuré suffisante pour que le tube réagisse. Cependant ce résultat ne veut pas dire que la qualité de l'air est compatible avec une conservation d'objets argentés sans risque de développement de ternissure. En effet, la concentration à laquelle un 1^{er} effet nuisible peut être visible sur une surface argentée est 1000 fois plus basse que le minimum du domaine de mesure du tube Dräger.

En revanche, le test d'essai effectué dans l'enceinte avec des œufs durs s'est entièrement coloré, démontrant une quantité élevée de sulfure d'hydrogène (>5 ppm). En plus d'avoir validé le bon fonctionnement des tubes Dräger et de la pompe manuelle, ce résultat prouve l'efficacité de l'ajout d'œufs durs dans une enceinte fermée comme source de gaz sulfureux.

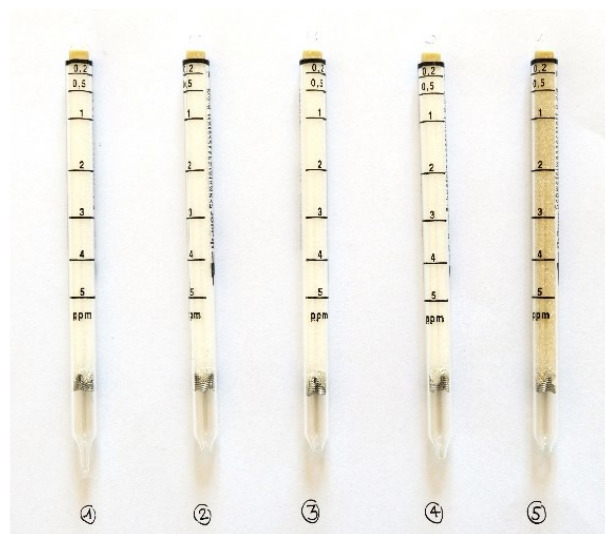


Fig. 48 : Coloration des tubes Dräger® : Tube de référence (1) Atmosphère des étagères en bois obstruées par des rideaux (2) Atmosphère de l'étui d'un instrument avec laine violette (3) Atmosphère des boîtes contenant des polymères (4) Atmosphère des bocaux avec des œufs (5)

Annexe 8 : Test à l'acétate de plomb

Objectif

Ce test a pour but de déceler la présence de composés soufrés dans la composition des matériaux. Il offre la possibilité de savoir si les matériaux utilisés dans la réserve du HMB sont compatibles avec le stockage d'objets argentés, ou si ceux-ci risquent un ternissement accéléré.

Méthode

Le test à l'acétate de plomb est destructif : des échantillons sacrificiels des matériaux à tester sont nécessaires.

Des échantillons d'environ 10 mg des différents matériaux ont été prélevés. Ils ont été placés au fond d'une éprouvette en verre. Une bandelette de papier indicateur imprégnée d'acétate de plomb⁹ ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) d'environ 5 cm a ensuite été humidifiée avec quelques gouttes d'eau déminéralisée, puis maintenue en haut de l'éprouvette grâce au bouchon (Schéma 5). L'échantillon et le papier ne doivent pas être en contact direct.

La pyrolyse de l'échantillon a été effectuée grâce à un chalumeau à gaz (Fig.49). La fumée dégagée lors de la combustion doit entrer en contact avec la bandelette. Si du sulfure d'hydrogène est présent dans l'échantillon, la fumée dégage du sulfure de plomb sur le papier réactif. Le papier change alors de couleur, en passant du blanc au brun.¹⁰ La pyrolyse doit s'effectuer sous une hotte aspirante, car de fortes vapeurs irritantes peuvent être dégagées.

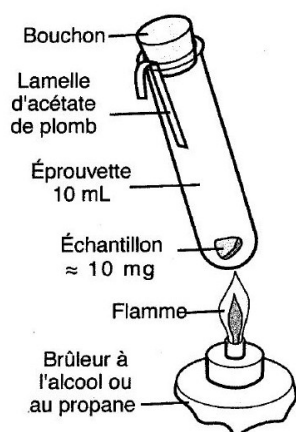


Schéma 5 : Mise en place du test à l'acétate de plomb



Fig. 49 : Pyrolyse d'un échantillon de matériau

Divers matériaux de mobiliers de rangement, de calage ou servant d'interface entre les objets et le mobilier ont été sélectionnés. Des échantillons des 12 matériaux suivants ont été prélevés dans la réserve du HMB :

Le papier de soie ligné (1), le papier orangé (2), la mousse en polyéthylène Alveolit (3), les bandelettes textiles utilisées pour stabiliser certains objets (4), le papier de soie classique (5), le textile des rideaux (6), le bois des étagères (7), le bois des étagères avec revêtement peint (8), le papier orangé des étiquettes pour inscrire le numéro d'inventaire des objets (9), le fil encollé pour fixer les étiquettes aux objets (10), l'intissé polyéthylène Tyvek® (11), la gaine plastique noire (12).

⁹ Celle de la marque Whatman™ vendues par Cytiva ont été utilisées (CAT No. 2602-501A).

¹⁰ Comment déceler la présence de soufre dans les matériaux à l'aide d'un papier réactif à l'acétate de plomb, 2017, [en ligne].

Résultats et conclusion

Les bandelettes d'acétate de plomb se sont colorées lors de la pyrolyse de huit échantillons : le papier de soie ligné, le papier orangé, les bandelette textiles utilisées pour stabiliser certains objets, le papier de soie classique, le bois des étagères, le bois des étagères avec revêtement peint, le papier orangé des étiquettes pour inscrire le numéro d'inventaire des objets, la gaine plastique noire (Fig.50).

Cette coloration indique que la majorité des matériaux de stockage présents dans la réserve du HMB contiennent des composés soufrés. Ces résultats mettent en évidence la nécessité de les remplacer, car ils sont incompatibles avec la présence d'objets argentés (sensibilité élevée au composés soufrés).

Afin de confirmer les résultats obtenus, il est préconisé d'ajouter une goutte de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) à la surface des bandelettes ayant réagi (coloration brune). Le retour à une couleur blanche valide la présence de soufre dans l'échantillon testé. Cette étape n'a pas pu être réalisée car le peroxyde d'hydrogène n'était pas disponible.

Les bandelettes ne se sont pas colorées lors de la pyrolyse des quatre échantillons suivants : la mousse en polyéthylène Alvéolit, le textile des rideaux, le fil encollé pour fixer les étiquettes aux objets et l'intissé polyéthylène Tyvek®.

Ces résultats peuvent s'expliquer pour la mousse en polyéthylène Alvéolit, le fil encollé pour fixer les étiquettes aux objets et l'intissé polyéthylène Tyvek® car ils ont fondu sans provoquer de dégagement de fumée. Ils permettent de valider l'utilisation sans risque des matériaux vendus par les fournisseurs spécialisés en conservation (Tyvek et Alvéolit).



Fig. 50 : Coloration des 12 bandelettes à la suite des tests

Annexe 9 : Méthodes de prévention du ternissement

Contexte patrimonial

Diverses stratégies sont recommandées afin de créer une barrière physique pour stopper les polluants ou pour les absorber avant qu'ils n'atteignent la surface argentée :

- Port de gants en coton propres ou de gants jetables en vinyle : évite de déposer des acides organiques à la surface du métal,¹¹
- Granules absorbantes : ajout de granules absorbantes dans les conditionnements ou les vitrines contenant les objets. Il peut s'agir de catalyseurs à base d'oxyde de zinc, de charbon actif ou d'alumine activée imprégnée de permanganate de potassium¹²,
- Textiles avec charbon actif : ajouté aux enceintes comme barrière pour bloquer les polluants,
- Textiles imprégnés avec des particules d'argent (Pacific Silvercloth®) : utilisé comme tissu de revêtement ou d'emballage pour les objets¹³,
- Films imprégnés avec des particules de cuivre (Corrosion Intercept®) : utilisé pour emballer les objets¹⁴ et également vendu en sachets,
- Gel de silice : en le plaçant dans les vitrines ou les conditionnements, ce matériau assure un faible taux d'humidité relative¹⁵,
- Protection de surface : l'application d'une cire ou d'un vernis protecteur peut être effectuée par un conservateur-restaurateur, en veillant à ce que la couche soit uniforme¹⁶,
- Mobilier de rangement : le choix d'un mobilier métallique est privilégié à un mobilier en bois (potentielle source de COV),
- Enceintes étanches : permet d'isoler les objets de leur environnement¹⁷,
- Voute de mise en réserve avec faible humidité relative : création d'un microclimat dans la réserve avec une humidité relative de 35%¹⁸.

Les témoignages de plusieurs professionnels du domaine muséal révèlent que les instruments de musique argentés sont majoritairement stockés sans conditionnement spécifique au sein des réserves¹⁹.

La Cité de la Musique à Paris utilise des housses en Tyvek® cousues sur mesure, suffisant dans ce cas pour protéger les instruments argentés du ternissement.²⁰

Le Winterthur Museum, Garden & Library (USA) enveloppe ses collections d'argenterie dans du Pacific Silvercloth®. Les objets sont au préalable emballés dans un textile non acide pour éviter un contact direct. Le tout est ensuite scellé dans des sachets en polyéthylène.²¹

Le Musée des beaux-arts du Canada (Ottawa) a placé sa collection d'orfèvrerie dans une réserve avec un climat contrôlé (HR 35% et T 21°C). L'air est filtré pour diminuer la concentration de polluants avec des filtres antipoussière et du charbon actif. Les tiroirs et les tablaris des armoires de stockage sont recouverts de Pacific Silvercloth® cousu sur des feuilles de mousse de polyéthylène Nalgene®.²²

¹¹ Powerhouse Museum Conservation department, 2010, p.1.

¹² Le soin des objets métalliques, 2021, [En ligne].

¹³ Elkin et Norris, 2019, p.675.

¹⁴ Magnusson, 2016, pp.24-29.

¹⁵ Selwyn, 1993, p.3.

¹⁶ Ibidem, p.150.

¹⁷ Tétreault, 2003, p.67.

¹⁸ Mesures de soin préventif pour la collection d'argent Birks au Musée des beaux-arts du Canada, 2021, [En ligne].

¹⁹ Ces propos ont été recueillis par échanges de courriels avec Madame Marie-Claire Lory-Delavallée, Conservateur du Patrimoine au MuPop de Montluçon, Monsieur Adrian v. Steiger, Directeur du Klingendes Museum de Berne, et Monsieur Arnold Myers, Professeur et chercheur au Conservatoire royal d'Ecosse et ancien Conservateur et Directeur de la collection d'instruments de musique historiques de l'université d'Édimbourg (St Cecilia's Hall).

²⁰ Propos recueillis par courriel par Madame Marie-Anne Loeper-Attia, Conservatrice-restauratrice chargée de la conservation préventive et curative des collections à la Cité de la Musique à Paris.

²¹ Propos recueillis par courriel par Madame Lauren Fair, Conservatrice-restauratrice d'Objets au Winterthur Museum, Garden & Library (USA).

²² Mesures de soin préventif pour la collection d'argent Birks au Musée des beaux-arts du Canada, 2021, [En ligne].

Contexte non patrimonial

Le stockage des instruments de musique de la famille des cuivres se fait généralement en les plaçant dans un étui à coque plus ou moins rigide.²³ Les objets sont ainsi protégés des chocs et des abrasions lors de leur transport, et gardé à l'abri de la poussière. Cependant, les matériaux constitutifs des étuis n'ont pas pour but de prévenir le tarnissement des surfaces argentées. Pour y remédier, les matériaux suivants peuvent être utilisés :

- Papiers anti-tarnissement : placés dans l'étui de l'instrument, ils ont des capacités à absorber le sulfure d'hydrogène. Plusieurs entreprises en commercialisent, notamment Hagerty®, Daubert Cromwell® ou encore Brillant®. Cependant, les musiciens professionnels et facteurs d'instruments à vent interrogés sur le sujet ne sont pas convaincus de l'efficacité de ces papiers, qui doivent être régulièrement changés.²⁴
- Eviter les stockages incompatibles : il est connu par les réparateurs d'instruments à vent que la présence de gomme en caoutchouc pour crayon de papier laissée dans les étuis peut provoquer un tarnissement local. Dans certains cas spécifiques, l'incompatibilité des différents matériaux constitutifs des instruments accélère le tarnissement : les claies en argent des clarinettes tarnissent rapidement car le corps des instruments est fait d'ébonite, un caoutchouc vulcanisé avec forte teneur en soufre.
- Stockage avec une humidité relative <40% : évite la formation d'un produit de corrosion du cuivre (l'acétate de cuivre, appelé communément vert-de-gris²⁵) à l'intérieur des instruments joués. Bénéfique également pour ralentir le processus de tarnissement de l'argenterie.

Le domaine des arts de la table propose les solutions suivantes pour protéger les couverts en argent du tarnissement :

- Housse de protection : les objets sont emballés dans des housses faites de tissus imprégnés. Plusieurs orfèvres et fournisseurs spécialisés en commercialisent sans spécifier la composition exacte des tissus, notamment les entreprises Christofle®, Robbe&Berking® ou encore Marischael®.

Les bijoutiers et horlogers proposent également des alternatives pour éviter le tarnissement de leurs ouvrages :

- Rhodiage : au cours de ce procédé électrochimique, une couche de rhodium est déposée à la surface de l'argent. Comme le rhodium est moins réactif que l'argent, celui-ci sera protégé du tarnissement.
- Rangement spécialisé : l'entreprise Wolf 1834® commercialise des boîtes en cuir avec une doublure anti-tarnissement brevetée nommée *LusterLoc*®.²⁶

Dans les secteurs de la métallurgie et de l'industrie automobile, différentes solutions sont utilisées afin de protéger les métaux et alliages non-ferreux de la corrosion. Les solutions suivantes sont proposées par le fournisseur Raja®²⁷ :

- Emballages VCL (Volatile Corrosion Inhibitor) : des films de polyéthylène sont enduits d'une couche protectrice. Cette couche adhère à la surface métallique, créant une barrière physique imperméable aux échanges d'air et à l'humidité relative.
- Papier goudronné armé : les objets sont emballés dans un papier composé d'une couche de bitume et d'une gaine de polyester, le tout recouvert de deux feuilles de papier kraft.
- Papier paraffiné : les objets sont enveloppés dans un papier enduit de paraffine. Cette technique permet de garantir l'étanchéité de l'emballage.
- Sachets déshydratants : placés dans la boîte de transport de l'objet, ces sachets contenant de l'argile permettent de garder une faible humidité relative.

²³ Actuellement l'intérieur de l'étui est généralement fait de mousse polyuréthane haute densité injectée, épousant la forme des instruments. Un tissu synthétique pour éviter les abrasions et rayures lors de la manipulation recouvre la mousse. Anciennement, les étuis étaient faits en bois avec ajout de feutrine pour caler l'objet.

²⁴ Témoignages recueillis en rencontrant Monsieur Elie Darbellay, réparateur d'instruments à vent, et Monsieur Bertrand Geiser, responsable de l'Atelier Musical de Neuchâtel.

²⁵ Selwyn, 2004, p.68.

²⁶ D'après la marque, le tarnissement des bijoux en argent serait évité pendant une période pouvant aller jusqu'à 35 ans. *Lusterloc*™, 2022, [en ligne].

²⁷ Comment prévenir la corrosion?, 2022, [En ligne].

Annexe 10 : Méthodes de retrait du ternissement

Méthodes mécaniques : Retrait du ternissement en frottant l'objet avec un agent de polissage. Plusieurs matériaux sont commercialisés : des chiffons de polissage, des ouates de polissage, des liquides, des pâtes et des mousses. Certains produits contiennent des inhibiteurs de corrosion.

Les agents de polissage sont abrasifs ; des rayes peuvent être créées à la surface de l'objet.

En outre, il faut veiller à bien retirer les résidus. Certains contiennent de l'ammoniac, et un retrait incomplet peut entraîner la dissolution du cuivre présent dans les alliages.²⁸

Des recettes artisanales d'agent de polissage existent également. Par exemple en mélangeant du carbonate de calcium précipité avec de l'eau.

Méthodes chimiques : Utiliser une solution de trempage pour dissoudre l'oxydation.²⁹ Après cette intervention le relief des décors des objets peut sembler moins important car la ternissure dans les creux est également retirée. Plutôt que d'immerger l'objet, il est recommandé d'appliquer la solution au coton-badigeon, puis de rincer à l'eau distillée.

Méthodes électrochimiques : Réduction de la corrosion. L'objet est plongé avec un morceau d'aluminium dans une solution tiède de carbonate de sodium (Na_2CO_3). En se corrodant, l'aluminium va dégager de l'hydrogène. L'hydrogène va ensuite réduire le sulfure d'argent (la ternissure) en argent métallique.³⁰

Afin de maîtriser localement le retrait du ternissement, l'utilisation d'un pinceau électrolytique (PLECO) est possible. Cette méthode permet d'adapter les paramètres à la quantité de ternissure présente sur la surface de l'objet : elle est intéressante pour des surfaces avec un ternissement non homogène.³¹ Cette technique nécessite plus de temps que les autres méthodes évoquées.

²⁸ Selwyn, 1993, p.2.

²⁹ Ibidem, p.3.

³⁰ Selwyn, 1993, p.3.

³¹ Degriy et al., 2015, p.20.

Annexe 11 : Documentation des matériaux de protection testés

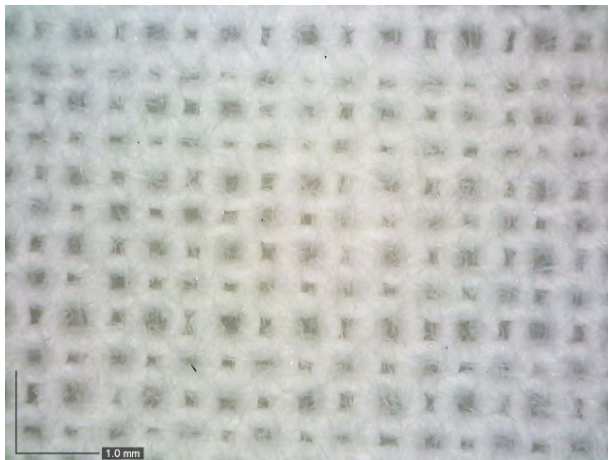


Fig. 51 : Tissu 100% coton, agrandissement 50x.

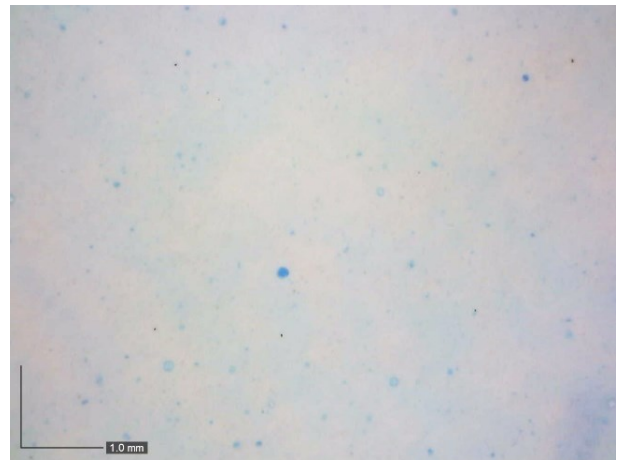


Fig. 52 : Papier anti-ternissement Brilliant®, agrandissement 50x.

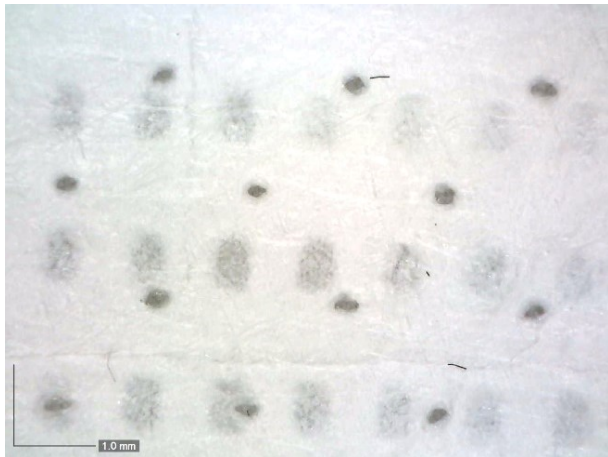


Fig. 53 : Intissé Tyvek®, agrandissement 50x



Fig. 54 : Intissé Pacific Silvercloth®, agrandissement 50x.

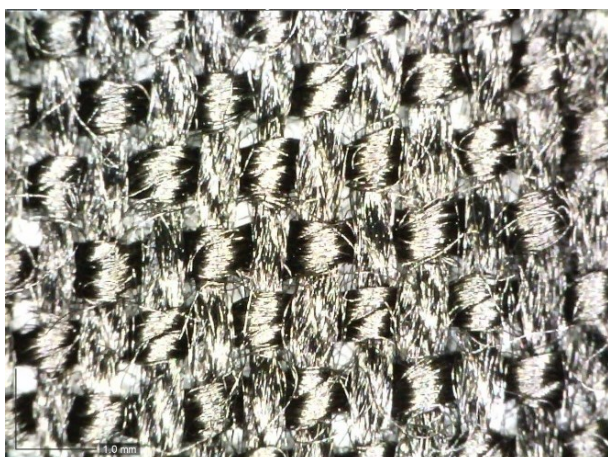


Fig. 55 : Tissu Flexzorb®, agrandissement 50x.



Fig. 56 : Doublage du tissu Floxzorb®, agrandissement 50x.



Fig. 57 : Intissé Marischael®, agrandissement 50x






Fig. 58 : Tissu Robbe&Berking®, agrandissement 50x

Tab. 14 : Caractéristiques des matériaux testés

MATÉRIAUX TESTÉS					
Nom	Fournisseur	Prix	Composition	Polluant ciblé	Référence
Coton	Kreando	12.00 CHF le mètre	100% coton	Aucun	https://www.kreando.ch/fr/cretonne-de-coton-uni-made-in-germany-blanc-casse/
Feutrine antioxydante	Marischael	17.00 € le mètre	Feutre traité antioxydant : 40% laine, 60% viscose.	Non précisé	https://www.marischael.com/feutrine-antioxydante.html
Flexzorb®	Long Life for Art	De 73.78 € à 79.73 € le mètre (doublé ou non)	Tissu en fibres de charbon actif. Disponible doublé sur 1 ou 2 faces avec un non-tissé de viscose blanche.	Acide acétique et autres acides organiques volatils, H ₂ S, NO ₂ et SO ₂ , formaldéhyde et les gaz non polaires.	https://llfa.eu/activated-carbon-cloth.html
Pacific Silvercloth®	Long Life for Art	29.75 € le mètre	Coton imprégné de particules d'argent.	Sulfure d'hydrogène, oxydes de soufre, oxydes d'azote et chlorures.	https://llfa.eu/silver-cloth-pacific.html
Papier protecteur	Brillant	8.50 € les 8 papiers de 18.0 x 5.0 cm	Non précisé	Non précisé	https://www.brillant-schmuckpflege.de/silber-schutzstreifen/18/brillant-silber-schutzstreifen?number=772-1
Tissu antioxydant	Robbe&Berking	13.00 CHF le coupon de 51.5 x 38.5 cm	Non précisé	Non précisé	https://shop.robbeberking.com/collections/silver-and-silver-plated-cutlery/silver-care-storage/abdecktuch-f-kassette185-tlg.html?store=ruben
Tyvek®	Long Life For Art	49.98 € le rouleau de 25 mètres (larg. 76 cm)	Non-tissé composé à 100% de polyéthylène.	Aucun	https://llfa.eu/tyvek-1623e.html

Annexe 12 : Besoins en matériaux pour le test de vieillissement accéléré

Tab. 15 : Récapitulatif du matériel utilisé lors du test de comparaison de matériaux de protection

Matériel pour le test		
Matériel	Quantité	Représentation schématique
Œufs	24	
Bocaux	48	
Coupons Argent 925	22	
Coupons Laiton argenté	18	
Coupons Laiton et brasure tendre	7	
Total Coupons	47	
Coupons de contrôle Cu	48	
Coupons de contrôle Ag 925	48	
Coupons de contrôle Pb	48	
Total Coupons de contrôle	144	
Pochettes Coton et papier Hagerty	7	
Pochettes Pacific Silvercloth	7	
Pochettes Pacific Silvercloth et Tyvek	7	
Pochettes Flexzorb	7	
Pochettes Marischael	7	
Pochettes Robbe&Berking	3	
Total pochettes	38	

Annexe 13 : Préparation des pochettes, des coupons et des enceintes

Pochettes protectrices

Les 38 pochettes protectrices ont été cousues aux dimensions de 40 x 50 mm (Fig.59). Une couture finale avec du fil polyamide ferme les pochettes et permet de les suspendre dans les enceintes (Fig.60).



Fig. 59 : Pochettes prêtes pour le test. Coton et papier Brillant® (1), Pacific Silvercloth® (2), Pacific Silvercloth® doublé avec du Tyvek® (3), Flexzorb® (4), Marischael® (5), Robbe & Berking® (6)

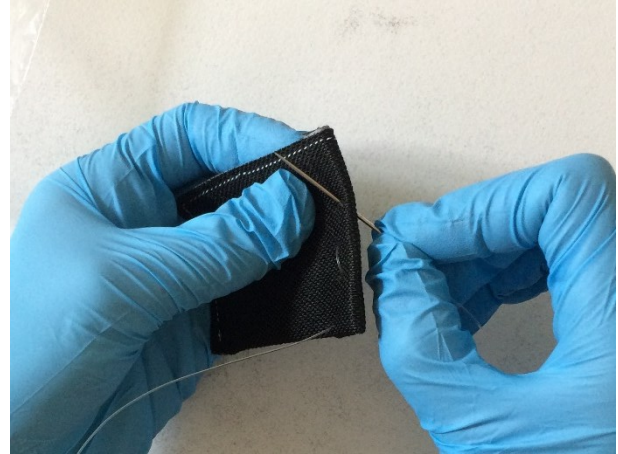


Fig. 60 : Fermeture par couture des pochettes avec du fil Nylon®

Coupons métalliques

Les 47 coupons et les 144 coupons de contrôle ont été réalisés à la HE-Arc (Fig.61-64).



Fig. 61 : Recuite des coupons Argent 925

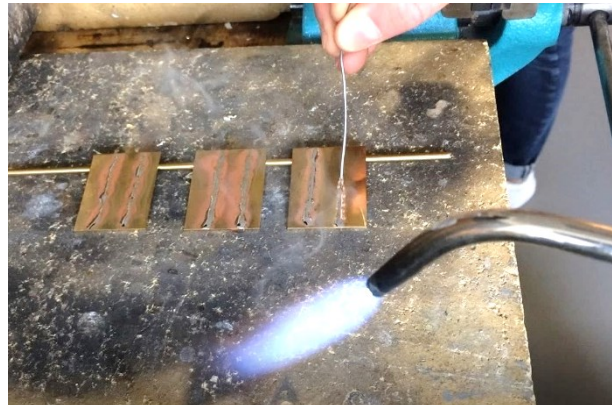


Fig. 62 : Ajout de brasure tendre sur les coupons laiton

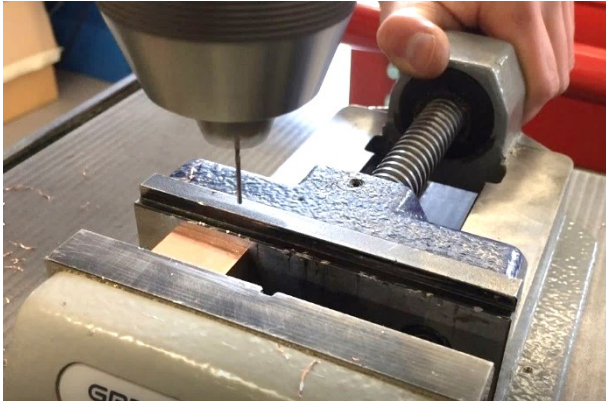


Fig. 63 : Perçage des coupons



Fig. 64 : Estampage des coupons

Les coupons ont des dimensions de 30 x 40 x 1 mm. Leur état de surface est poli afin d'être proche des objets étudiés. Des numéros leur ont été attribués et estampés pour les identifier. L'argentage des coupons en laiton argenté a été réalisé par l'entreprise Silbag AG, spécialisée dans les revêtements de surface pour les instruments de musique.

Les coupons de contrôle en argent 925, plomb et cuivre ont des dimensions de 15 x 20 x 1 mm. Ils ont un état de surface sablé, réalisé avec des billes de verre. Ces finitions ont été choisies car les surfaces sablées sont plus réactives que les surfaces polies. De plus, il est techniquement peu aisé de polir le plomb dû à sa grande malléabilité et les finitions des 3 coupons doivent être identiques pour être comparables.

Enceintes

Les 48 bocaux sont cylindriques pour faciliter la mise en place des tests. Ils ont une contenance de 340 ml, une hauteur de 133 mm et un diamètre de 63 mm. Les dimensions les plus petits possibles ont été sélectionnées pour obtenir une forte concentration en gaz sulfureux, tout en permettant de suspendre les coupons de contrôle et les pochettes contenant les coupons sans qu'ils ne soient en contact et sans qu'il n'y ait de contact avec les œufs.

Les bocaux et couvercles ont été numérotés. Ces numéros ont été reportés sur une liste indiquant leur contenu (coupon métallique et pochette textile) pour leur suivi (Annexe 14, Tab.16, p.34-35).

Annexe 14 : Fiche pour le suivi lors du test de vieillissement accéléré

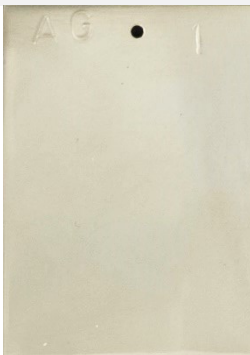


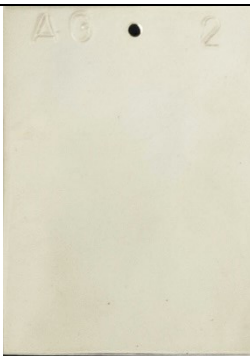





Tab. 16 : Répertoire des numéros des bocaux, des coupons et des durées lors des tests

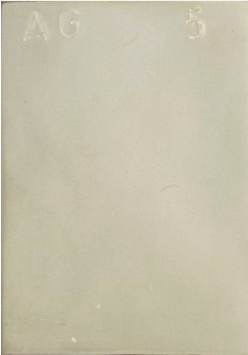

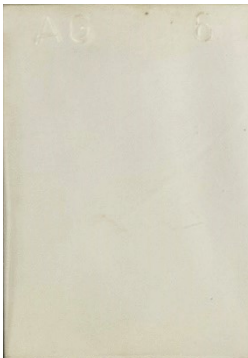

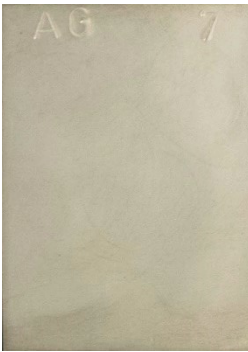


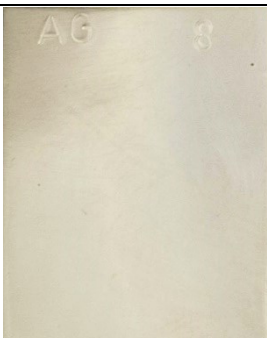


TEST DE VIEILLISSEMENT ACCÉLÉRÉ AVEC AJOUT DE COMPOSÉ SOUFRE							
Un « X » signifie la présence du critère, et un « - » signifie l'absence du critère							
N° Bocal	N° Test	Matériau coupon	Matériau pochette	Œuf	Test 3	Test + 6 heures	Test + 48 heures après immersion (sans œuf)
1	Ag 1	Argent 925	-	-	X	-	-
2	Ag 2	Argent 925	-	X	X	-	-
3	Ag 3	Argent 925	-	X	X	-	-
4	Ag 4	Argent 925	-	X	X	-	-
5	Ag 5	Argent 925	Coton et papier Hagerty	X	X	-	-
6	Ag 6	Argent 925	Coton et papier Hagerty	X	X	-	-
7	Ag 7	Argent 925	Coton et papier Hagerty	X	X	-	-
8	Ag 8	Argent 925	Pacific Silvercloth	X	X	X	X
9	Ag 9	Argent 925	Pacific Silvercloth	X	X	X	X
10	Ag 10	Argent 925	Pacific Silvercloth	X	X	X	X
11	Ag 11	Argent 925	Pacific Silvercloth et Tyvek	X	X	X	X
12	Ag 12	Argent 925	Pacific Silvercloth et Tyvek	X	X	X	X
13	Ag 13	Argent 925	Pacific Silvercloth et Tyvek	X	X	X	X
14	Ag 14	Argent 925	Flexzorb	X	X	X	-
15	Ag 15	Argent 925	Flexzorb	X	X	X	-
16	Ag 16	Argent 925	Flexzorb	X	X	X	-
17	Ag 17	Argent 925	Marischael	X	X	-	-
18	Ag 18	Argent 925	Marischael	X	X	-	-
19	Ag 19	Argent 925	Marischael	X	X	-	-
20	Ag 20	Argent 925	Robbe&Berking	X	X	-	-
21	Ag 21	Argent 925	Robbe&Berking	X	X	-	-
22	Ag 22	<i>non existant</i>	-	-	-	-	-
23	CuZn 1	Laiton argenté	-	-	X	-	-
24	CuZn 2	Laiton argenté	-	X	X	-	-
25	CuZn 3	Laiton argenté	-	X	X	-	-
26	CuZn 4	Laiton argenté	Coton et papier Hagerty	X	X	-	-
27	CuZn 5	Laiton argenté	Coton et papier Hagerty	X	X	-	-
28	CuZn 6	Laiton argenté	Coton et papier Hagerty	X	X	-	-
29	CuZn 7	Laiton argenté	Pacific Silvercloth	X	X	X	X
30	CuZn 8	Laiton argenté	Pacific Silvercloth	X	X	X	X
31	CuZn 9	Laiton argenté	Pacific Silvercloth	X	X	X	X
32	CuZn 10	Laiton argenté	Pacific Silvercloth et Tyvek	X	X	X	X
33	CuZn 11	Laiton argenté	Pacific Silvercloth et Tyvek	X	X	X	X
34	CuZn 12	Laiton argenté	Pacific Silvercloth et Tyvek	X	X	X	X
35	CuZn 13	Laiton argenté	Flexzorb	X	X	X	-
36	CuZn 14	Laiton argenté	Flexzorb	X	X	X	-

N° Bocal	N° Test	Matériau coupon	Matériau pochette	Œuf	Test 3 heures	Test + 6 heures	Test + 48 heures après immersion (sans œuf)
37	CuZn 15	Laiton argenté	Flexzorb	X	X	X	-
38	CuZn 16	Laiton argenté	Marischael	X	X	-	-
39	CuZn 17	Laiton argenté	Marischael	X	X	-	-
40	CuZn 18	Laiton argenté	Marischael	X	X	-	-
41	CuZn 19	Laiton et brasure tendre	-	-	X	-	-
42	CuZn 20	Laiton et brasure tendre	-	X	X	X	-
43	CuZn 21	Laiton et brasure tendre	Coton et papier Hagerty	X	X	X	-
44	CuZn 22	Laiton et brasure tendre	Pacific Silvercloth	X	X	X	-
45	CuZn 23	Laiton et brasure tendre	Pacific Silvercloth et Tyvek	X	X	X	-
46	CuZn 24	Laiton et brasure tendre	Flexzorb	X	X	X	-
47	CuZn 25	Laiton et brasure tendre	Marischael	X	X	X	-
48	Coupons de contrôle	Cuivre, argent 925, plomb	-	X	X	-	-

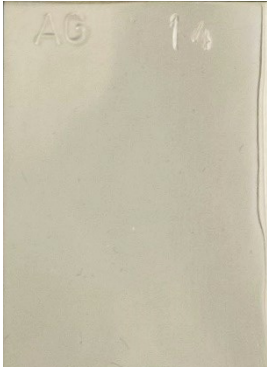
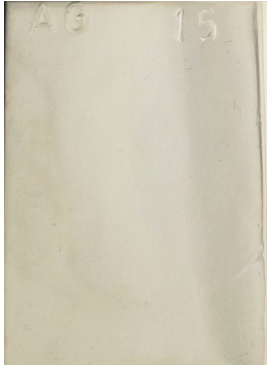
Annexe 15 : Evolution de la surface des coupons métalliques


Tab. 17 : Evolution de l'état de surface des coupons en contact direct avec le matériau protecteur

TEST DE VIEILLISSEMENT ACCELERE				
Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Argent 925				
Référence Sans pochette Sans œuf				<i>Non testé</i>
Sans pochette Avec œufs			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>

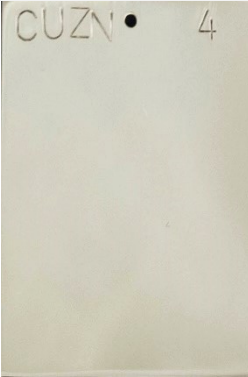






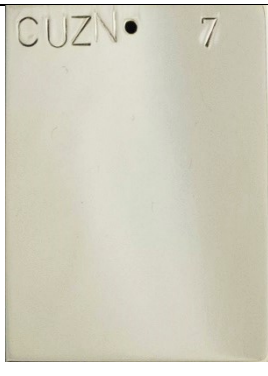


Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Argent 925				
Coton et papier Brillant®			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
Pacific Silvercloth				



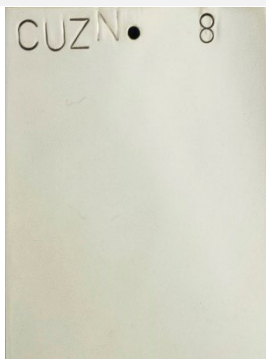


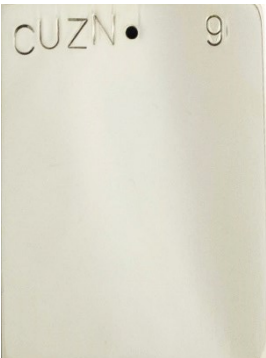
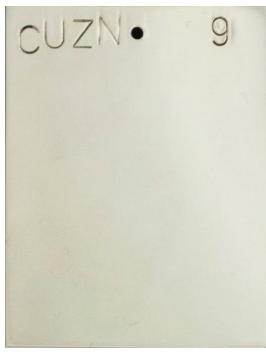
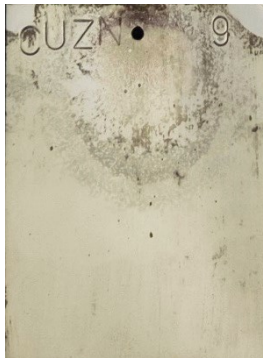

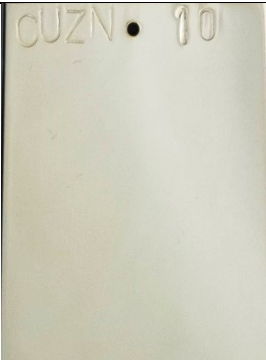



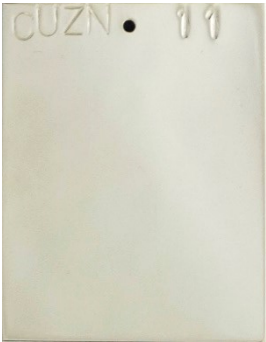

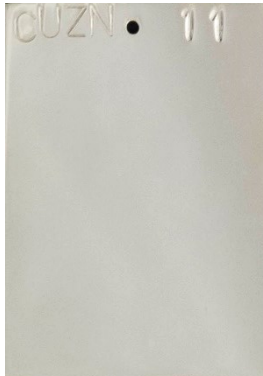
Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Argent 925				
Pacific Silvercloth				
				
Pacific Silvercloth et Tyvek				
				

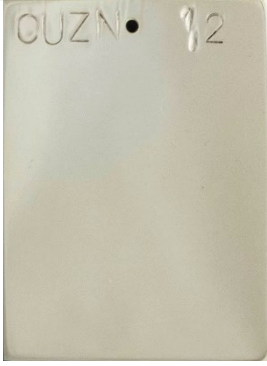


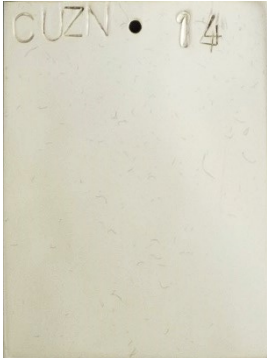

Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Argent 925				
Pacific Silvercloth et Tyvek				
Flexzorb				<i>Non testé</i>
				<i>Non testé</i>
				<i>Non testé</i>


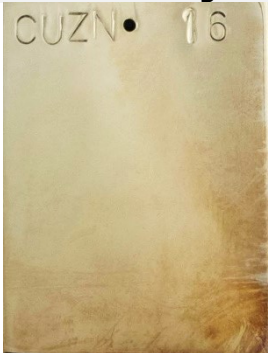


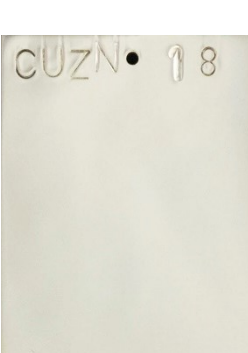
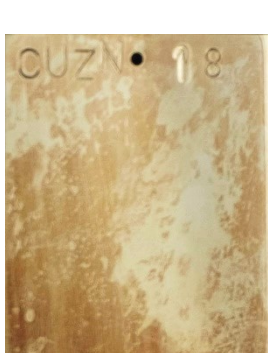

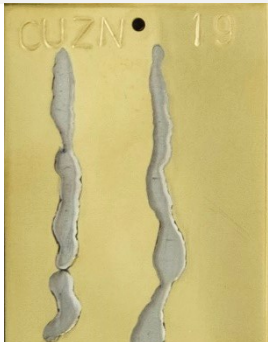
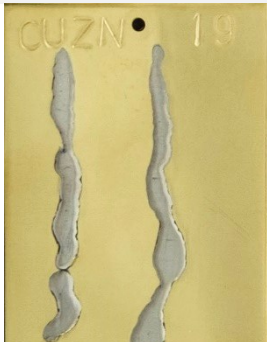
Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Argent 925				
Marischael			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
Robbe&Berking			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>


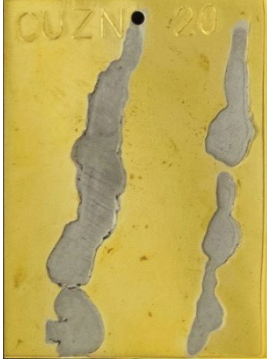







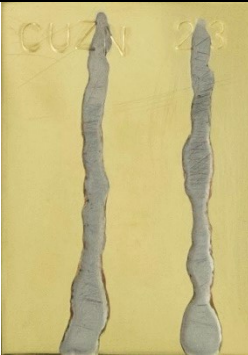
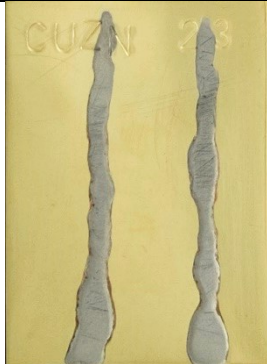

Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Argent 925				
Robbe&Berkling			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
Laiton argenté				
Référence Sans pochette Sans œuf				<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
Aucun			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>


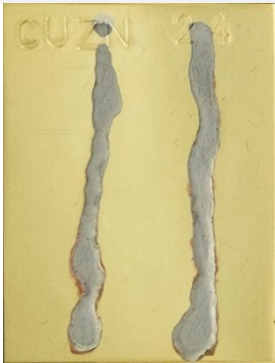
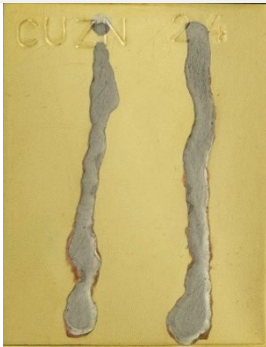



Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Laiton argenté				
Coton et papier Brillant			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
Pacific Silvercloth				

Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Laiton argenté				
Pacific Silvercloth				
				
Pacific Silvercloth et Tyvek				
				




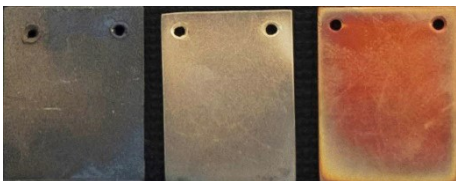



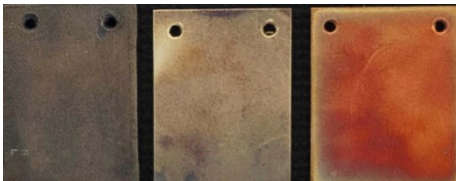
Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Laiton argenté				
Pacific Silvercloth et Tyvek				
Flexzorb				<i>Non testé</i>
				<i>Non testé</i>
				<i>Non testé</i>


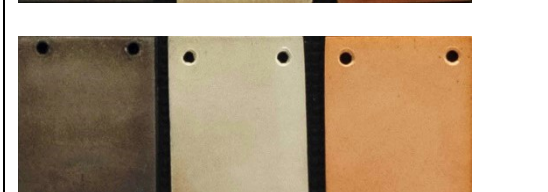

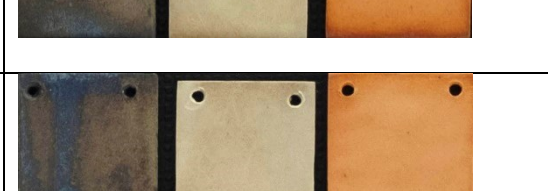



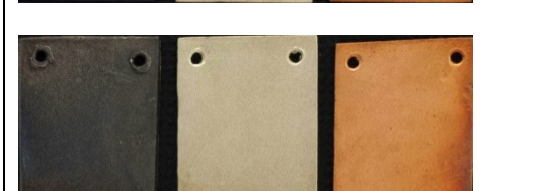

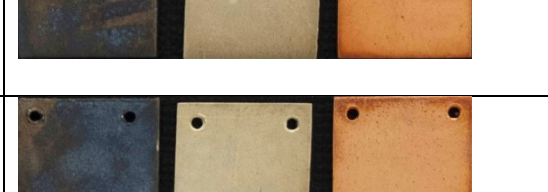
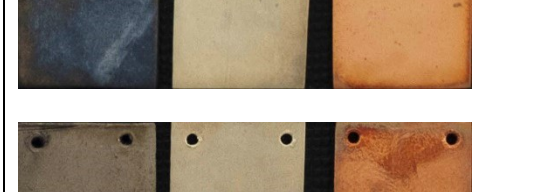
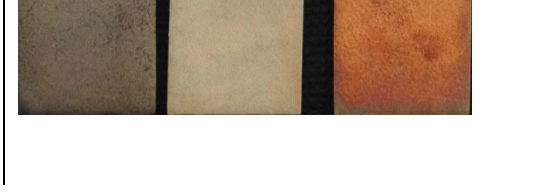


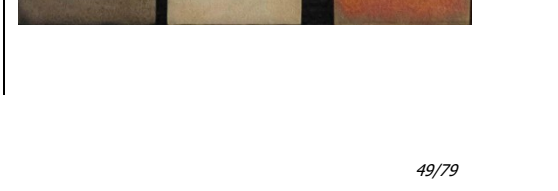

Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Laiton argenté				
Marischael			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
			<i>Non testé</i>	<i>Non testé</i>
Laiton et brasure tendre				
Référence Sans pochette Sans œuf				<i>Non testé</i>

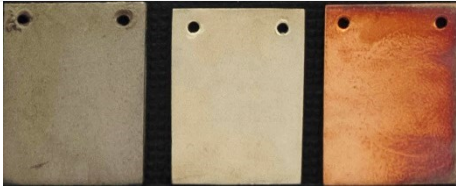






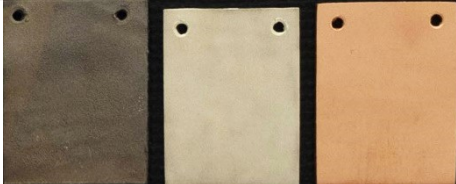

Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Laiton et brasure tendre				
Aucun				<i>Non testé</i>
Coton et papier Brillant				<i>Non testé</i>
Pacific Silvercloth				<i>Non testé</i>
Pacific Silvercloth et Tyvek				<i>Non testé</i>













Matériau protecteur	Avant test	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures	Test 3 Après 48 heures et trempé dans l'eau
Laiton et brasure tendre				
Flexrorb				<i>Non testé</i>
Marischael				<i>Non testé</i>

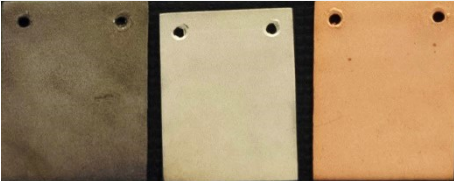


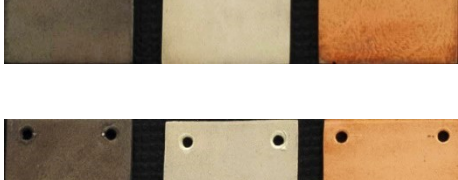
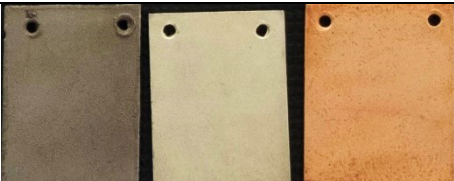


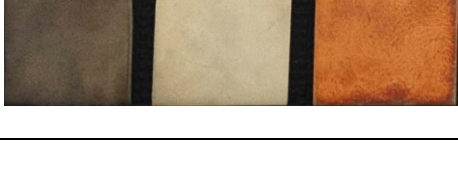
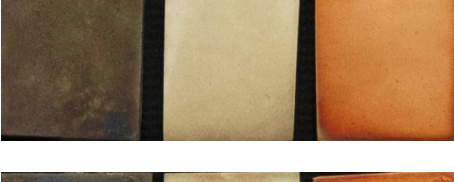
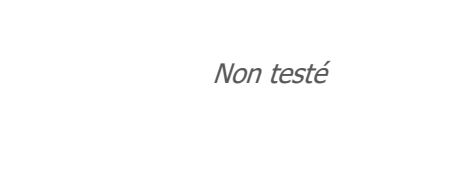

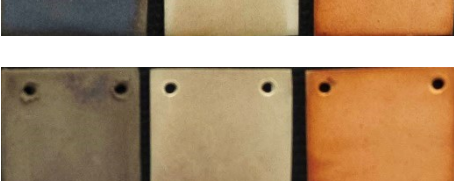
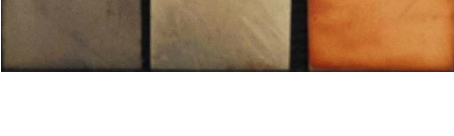
Tab. 18 : Evolution de l'état de surface des coupons de contrôle en contact indirect avec les matériaux protecteurs




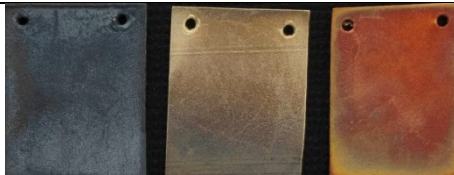



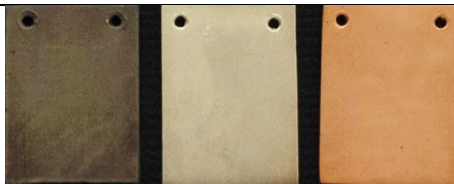


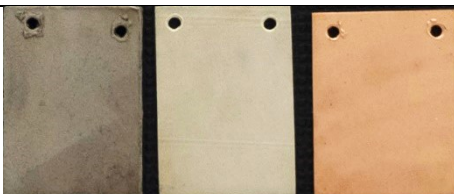



Coupon de contrôle Pb, Ag, Cu			
Matériau protecteur	Test 1		Test 2
	Après 3 heures		Après 9 heures
Enceinte avec coupon Ag 925			
Référence Sans œuf			
Aucun			Non testé
			Non testé
			Non testé
Coton et papier Brillant®			Non testé
			Non testé
			Non testé

Matériau protecteur	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures
Enceinte avec coupon Ag 925		
Pacific Silvercloth		
		
		
Pacific Silvercloth et Tyvek		
		
		
Flexzorb		
		

Matériau protecteur	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures
Enceinte avec coupon Ag 925		
Flexzorb		
Marischael		<i>Non testé</i>
		<i>Non testé</i>
		<i>Non testé</i>
Robbe&Berking		<i>Non testé</i>
		<i>Non testé</i>
Enceinte avec coupon laiton argenté		
Aucun, sans œuf		<i>Non testé</i>
Aucun		<i>Non testé</i>

Matériau protecteur	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures
Enceinte avec coupon laiton argenté		
Aucun		<i>Non testé</i>
Coton et papier Brillant®		<i>Non testé</i>
		<i>Non testé</i>
		<i>Non testé</i>
Pacific Silvercloth		
		
		
Pacific Silvercloth et Tyvek		

Matériau protecteur	Test 1 Après 3 heures	Test 2 Après 9 heures
Enceinte avec coupon laiton argenté		
Pacific Silvercloth et Tyvek		
		
Flexzorb		
		
		
Marischael		<i>Non testé</i>
		
		

Matériau protecteur	Test 1 Après 3 heures			Test 2 Après 9 heures		
	Enceinte avec coupon laiton et brasure tendre					
Aucun, sans œuf						
Aucun						
Coton et papier Brillant®						
Pacific Silvercloth						
Pacific Silvercloth et Tyvek						
Flexrorb						
Marischael						

Annexe 16 : Pondération des critères d'évaluation du test de vieillissement accéléré

Tab. 19 : 6 critères d'évaluation des matériaux testés et leur pondération

Critères	Pondération	Explication
Efficacité en contact direct	1	L'absence de ternissement du coupon montre une bonne efficacité du matériau
	2	Le léger ternissement du coupon montre une efficacité moyenne du matériau
	3	Le fort ternissement du coupon montre une faible efficacité du matériau
Efficacité en contact indirect	1	L'absence de ternissement du coupon montre une bonne efficacité du matériau
	2	Le léger ternissement du coupon montre une efficacité moyenne du matériau
	3	Le fort ternissement du coupon montre une faible efficacité du matériau
Facilité d'utilisation	1	L'absence de déchirures lors de la manipulation et de la couture montre une bonne praticité du matériau
	2	De légères déchirures lors de la manipulation et de la couture montrent une praticité moyenne du matériau
	3	Des déchirures lors de la manipulation et de la couture montrent une mauvaise praticité du matériau
Quantité de dépôts	1	Le matériau ne perd aucune fibres
	2	Le matériau perd quelques fibres
	3	Le matériau perd beaucoup de fibres
Décoloration dans l'eau	1	Le matériau ne déteint pas dans l'eau
	2	Le matériau déteint faiblement dans l'eau
	3	Le matériau déteint fortement dans l'eau
Coût	1	Le matériau est vendu entre 0.- et 20.- CHF/mètre
	2	Le matériau est vendu entre 21.- et 40.- CHF/mètre
	3	Le matériau est vendu entre 41.- et 100.- CHF/mètre.

Annexe 17 : Réalisation des conditionnements

Les boîtes

Les dimensions des conditionnements sont plus grandes de celles proposées par les fournisseurs spécialisés en conservation. Les 6 boîtes ont été réalisées entièrement sur mesure. Cette situation a permis d'amener diverses adaptations spécifiques aux trompettes et cornets du HMB.

Le prototype d'une boîte a été réalisé pour pouvoir tester et optimiser le système de fermeture tout en s'assurant de son fonctionnement intuitif. Un système de fixation avec des rubans sergé d'attache en coton a été retenu, permettant de faciliter la remise en place du couvercle (Fig.68, p.57). Grâce à cet essai, certaines dimensions et finitions ont aussi pu être adaptées et modifiées. Les plans techniques finaux des boîtes sont consultables dans l'annexe 21 (Plan tech.3-4, p.69-70).

Les plaques de carton cannelé non acide de 3.0 mm utilisées ont des dimensions de 1100 x 1720 mm. Les boîtes aux dimensions les plus petites³² ont pu être réalisées en une seule partie, alors que celles aux dimensions plus grandes³³ ont nécessité deux plaques rattachées. Au total, 9 plaques ont été nécessaires.

Les plaques ont été découpées aux dimensions voulues à l'aide d'un cutter.

Pour fermer les couvercles et solidariser le fond avec le couvercle, les assemblages ont été réalisés avec une dispersion de colle aqueuse utilisée par les conservateurs-restaurateurs spécialisés en papier (notamment pour les reliures) : le Planatol® BB³⁴. Le retrait de la partie cannelée du carton permet de conserver uniquement les deux feuilles de papier qui l'entourent (Fig.65, p.57). Ces feuilles peuvent ensuite être collées à la plaque voulue sans causer de surépaisseur. Des pinces-lettre ont été utilisées pour maintenir le tout pendant la durée de séchage d'environ une heure (Fig.66, p.57).

Les supports

Les dimensions des 6 supports ont été adaptées afin qu'ils puissent s'insérer aisément dans les boîtes. 3 supports de chaque taille ont été réalisés :

- 494(L) x 294(l) x 50(h) mm pour les trompettes à pistons et les cornets,
- 794(L) x 294(l) x 50(h) mm pour les trompettes naturelles.

Ils ont un rebord de 50 mm de haut, suffisant pour un transport pratique et sans danger des objets.

Les plans techniques des supports peuvent être consultés dans l'annexe 21 (Plan tech.1-2, p.67-68).

Deux plaques de carton non acide aux dimensions de 1100 x 1720 mm et épaisseur de 1.6 mm ont été nécessaires à la réalisation des 6 supports.

La technique de découpe et d'assemblage des supports est identique à celle des boîtes.

Des logements dans de la mousse PE Ethafoam de 5 cm d'épaisseur ont été adaptés à la forme spécifique de chaque instrument. Ils ont été réalisés à l'aide de cutter et d'un coupeur à fil chaud de la marque Proxxon®. Afin de reporter les dimensions des objets sur les mousses, des cure-dents ont été utilisés. Cette technique permet d'éviter l'utilisation fastidieuse de patrons et d'éviter l'utilisation de marqueurs. Les mousses ont été fixées aux fonds des supports en carton non acide avec de la colle thermofusible.³⁵

Une interface a été ajoutée entre la mousse de polyéthylène Ethafoam® et la surface des objets pour éviter les abrasions. De la mousse fine de polyéthylène Alveolit a été ajoutée aux endroits de contact supportant l'objet,

³² Dimensions : 500(L) x 300(l) x 200(h) mm

³³ Dimensions : 800(L) x 300(l) x 160(h) mm

³⁴ Cette colle est utilisée par les conservateurs-restaurateurs spécialisés en papier, notamment pour les reliures. Elle est sans acide et a un pH neutre.

Colle transparente Planatol® BB, 2022, [en ligne].

³⁵ La composition exacte de cette colle n'est pas connue, mais elle est fréquemment utilisée par les professionnels du HMB qui ont pu s'assurer de sa stabilité dans le temps. A titre indicatif, elle est comparable au produit *Hot Melt Adhesive 3792* vendu par la marque 3M.

et l'intissé en polyéthylène Tyvek® a été inséré sur les côtés. La mousse Alveolit a été fixée avec de la colle thermofusible et le Tyvek® a été inséré grâce à des rainures faites au cutter dans la mousse Ethafoam®.

Pour que le calage des objets soit optimal au sein des boîtes, des rembourrages en mousse fine de polyéthylène Alveolit ou en mousse polyéthylène Ethafoam® avec une interface de Tyvek® ont été ajoutés à certaines parois des boîtes (Fig.67, p.57). Cet ajout permet également d'éviter un contact direct entre les instruments et le carton non acide.

Le textile protecteur

Deux dimensions de textiles différentes ont été préparées en fonction des dimensions des boîtes. La surface des textiles est égale à la surface du couvercle additionnée à la surface de la paroi reliant le couvercle au fond de la boîte. Cette taille permet de recouvrir entièrement les trompettes et de ranger le tissu dans le couvercle lors de consultation des objets.

3 coupons de textile de chaque taille ont été découpés :

- 50 x 54 cm pour les petites boîtes,
- 50 x 80 cm pour les grandes boîtes.

Le Pacific Silvercloth® commercialisé a une largeur de 100 cm. Pour découper les 6 textiles à intégrer dans les conditionnements, une longueur de 214 cm est nécessaire (Annexe 21, Plan tech.5, p.71).

Avant d'intégrer le textile absorbant Pacific Silvercloth® aux conditionnements, celui-ci a été doublé avec un intissé de Tyvek®. Les deux matériaux ont des dimensions identiques. Du fil de coton blanc a été utilisé pour les coudre ensemble.

Des incisions ont été faites avec un cutter dans la boîte et dans le textile doublé afin d'y passer un ruban coton sergé (Fig.70, p.79). Ce ruban a été noué à l'arrière de la boîte pour fixer le textile. Les extrémités des rubans ont été enduites au pinceau de résine acrylique (Paraloïd® B44 dans l'acétone) pour éviter un effilochage.

Les coupons pour le suivi du tarnissement

Les coupons en Argent 925 ont des dimensions de 60 x 40 mm et une épaisseur de 0.5 mm. Ils ont été recuits et laminés pour obtenir l'épaisseur voulue. Un polissage réalisé avec un micromoteur et des disques en coton enduits de pâte abrasive a été réalisé pour obtenir un état de surface similaire à celui des instruments de musique. La date de leur placement dans les conditionnements a été gravée sur la surface à l'aide d'une fraise en acier montée sur un micromoteur. Cette inscription permet de savoir depuis quand les textiles absorbants se trouvent dans les boîtes.

Les deux extrémités sur la largeur des coupons métalliques ont été repliées à 90° sur env. 5 mm. Ces angles formés ont permis d'insérer les coupons dans des plots de mousse polyéthylène préalablement fixés aux supports en carton non acide afin de les intégrer dans les conditionnements (Fig.71, p.58).

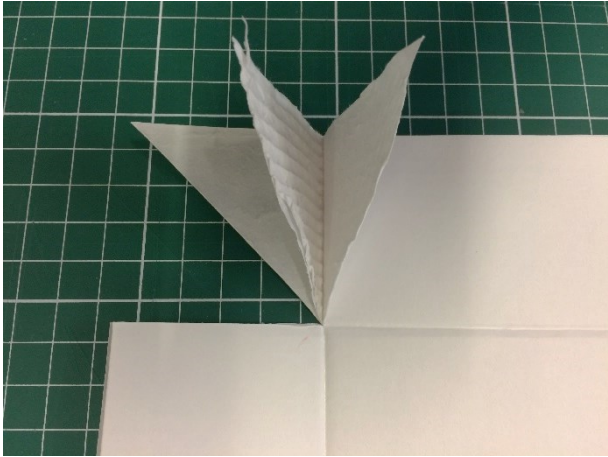


Fig. 65 : Séparation de la partie cannelée du carton et des deux feuilles externes avant le collage

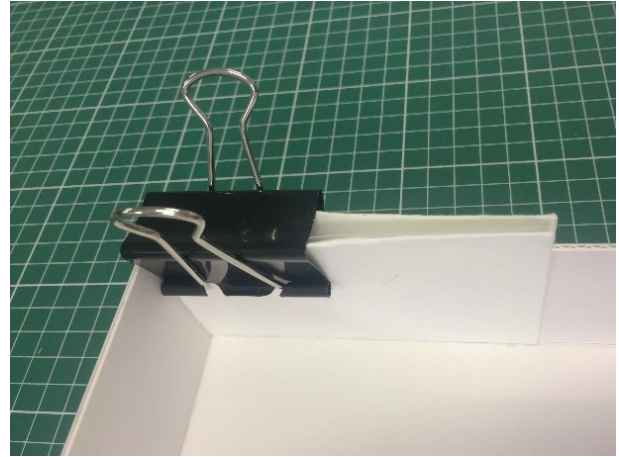


Fig. 66 : Maintient avec des pinces-lettres durant le séchage de la colle



Fig. 67 : Calages en mousse PE insérés dans les parois des boîtes



Fig. 68 : Système de fermeture des parois des boîtes



Fig. 69 : Tissus absorbants conservés dans des sachets en polyéthylène



Fig. 70 : Système de fixation du Pacific Silvercloth aux boîtes

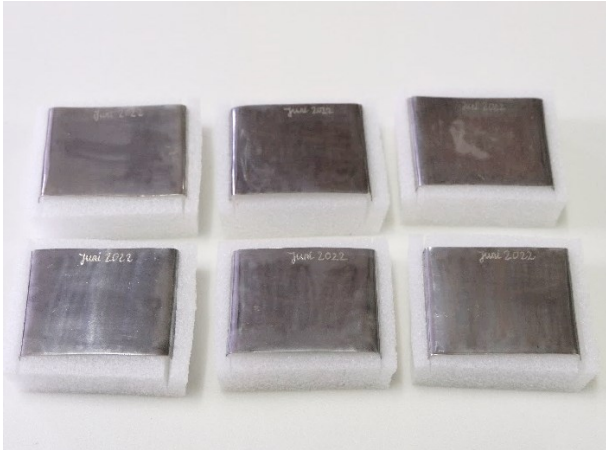

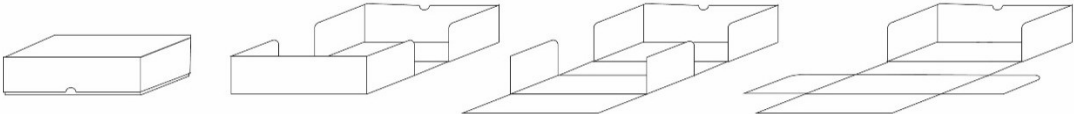


Fig. 71 : Coupons de contrôle en Argent 925 avec inscription de la date de mise en place



Fig. 72 : Schéma du positionnement de l'instrument et N° d'inventaire inscrits sur le fond des supports

Annexe 18 : Fiche pour identification et manipulation des objets conditionnés

<p>Inv. -Nr. : 2004.220.</p> <p>Objekt : Ventiltrompete</p>	
<p>Inv. -Nr. : 1980.2546.</p> <p>Objekt : Ventiltrompete</p>	
<p>Handhabung :</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deckel hochklappen, 2. Stoff hochheben, 3. Mundstück lösen, 4. Seitenklappen herunterklappen, 5. Objekte zusammen mit der Stütze herausnehmen.
	

Annexe 19 : Estimation des coûts

Tab. 20 : Estimation du coût de l'intervention de conditionnement réalisée

Ressource	Fournisseur	Coût	Quantité	Prix par ressource
Argent 925	Gyr Métaux précieux SA	Env. 0,7.- CHF le gramme	6 coupons ≈ 70 grammes	50.- CHF
Carton cannelé non acide Ep. 1.6 mm	Oekopack Conservus AG	14,70.- CHF la plaque de 1100x1720 mm	2 plaques	29,40.- CHF
Carton cannelé non acide Ep. 3.0 mm	Oekopack Conservus AG	14,70.- CHF la plaque de 1100x1720 mm	9 plaques	132,30.- CHF
Colle thermofusible	3M	Non connu	<i>Faible</i>	<i>Non pris en compte</i>
Ethafoam® <i>Mousse de polyéthylène à cellules fermées</i>	Vibraplast	47,40.- CHF le m ²	1 m ²	47,40.- CHF
Pacific Silvercloth® <i>Tissu en coton imprégné de particules d'argent</i>	Long Life for Art	Env. 30.- CHF le mètre	100 x 220 cm	66,00.- CHF
Planatol BB <i>Dispersion de colle aqueuse</i>	Gerstaecker	28,50.- CHF le kilo	<i>Faible</i>	<i>Non pris en compte</i>
Paraloid® B44 <i>Résine acrylique</i>	Kremer Pigmente	32.- CHF le sac de 1 kg	<i>Faible</i>	<i>Non pris en compte</i>
Plastazote® <i>Mousse de polyéthylène réticulé</i>	Vibraplast	14,10.- CHF le m ²	0.5 m ²	7,05.- CHF
Ruban sergé 100% coton	Sprintis Schenk	Env. 30.- CHF le rouleau de 50 mètres	8 mètres	4,80.- CHF
Tyvek® <i>Intissé de polyéthylène</i>	Deffner & Johann	140.- CHF le rouleau de 50 mètres	3,5 mètres	9,80.- CHF
Coût du matériel :				346,75.- CHF
Collaborateur en conservation	–	35.-/ heure	10 jours de 8 heures = 80 heures	2'800.- CHF
Coût Total :				3'146,75.- CHF

Les matériaux mentionnés sont habituellement à disposition dans les ateliers du HMB et utilisés par le personnel. Aucun achat spécifique n'a été nécessaire.

Le coût des matériaux utilisés pour les assemblages et les finitions (Planatol® BB, colle thermofusible, Paraloid® B44) n'a pas été pris en compte car une faible quantité a été utilisée.

Uniquement la quantité exacte des matériaux employés a été comptabilisée car l'excédent sera réutilisé au HMB.

Comme aucun renseignement de prix n'a été trouvé pour la mousse PE Alveolit®, la mousse PE Plastazote® comparable a été utilisée pour réaliser le calcul.

Le coût total de l'intervention s'élève à env. 3'150.- CHF. Cette estimation des coûts montre que le matériel représente uniquement 11% du coût total (env. 350.- CHF). Le salaire d'un collaborateur en conservation représentant le pourcentage restant.

Un devis pour la réalisation de boîtes sur mesure a été demandé et transmis par le fournisseur Oekopack Conservus AG. Le coût d'une boîte aux dimensions de 800(L) x 300(l) x 190(H) mm s'élève à 125.- CHF. Cette somme est uniquement indicative car elle ne prend pas en compte les matériaux (supports, calages des objets, textile de protection contre le ternissement, coupons de suivi) et le personnel nécessaire à l'aménagement intérieur des boîtes.

Annexe 20 : Conditionnements finaux

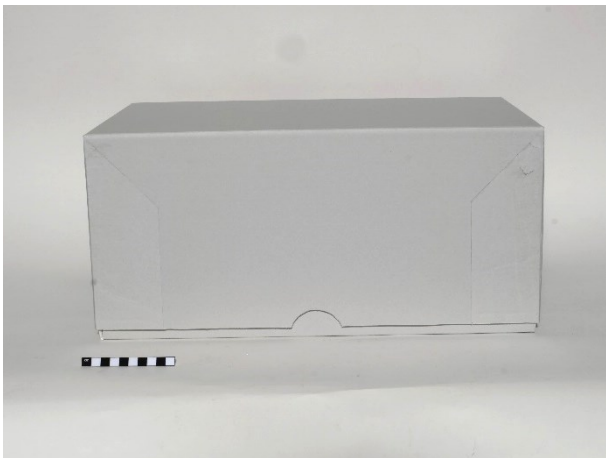


Fig. 73 : Boîte terminée vue de face



Fig. 74 : Boîte terminée vue de dos avec fixation du tissu protecteur



Fig. 75 : Fiche pour identifier les objets fixée sur la boîte



Fig. 76 : Ensemble des 6 conditionnements réalisés

Tab. 21 : Supports en carton non acide et inserts en polyéthylène

Support en carton cannelé et logements en
mousse PE

Instruments dans leur support vu de dessus

Intruments dans leur support vu de 3/4

N° Inv. 1980.2546.
N° Inv. 2004.220.



N° Inv. 2017.111.
N° Inv. 2004.218.



Support en carton cannelé et logements en
mousse PE

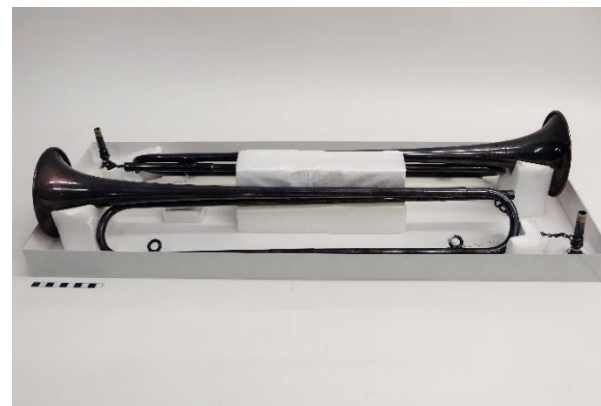
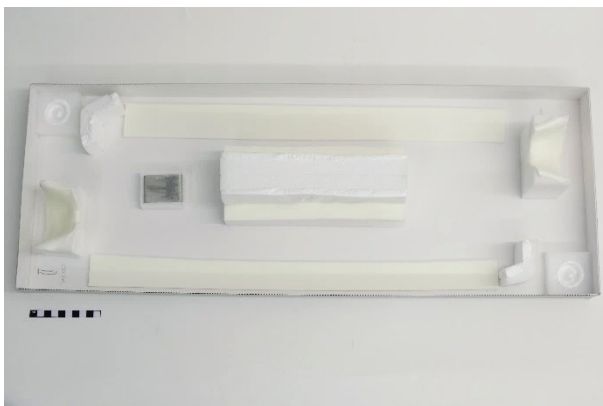
Instruments dans leur support vu de dessus

Intruments dans leur support vu de 3/4

N° Inv. 2018.761.
N° Inv. 2010.279.



N° Inv. 1980.2879.
N° Inv. 1980.2878.



Support en carton cannelé et logements en
mousse PE

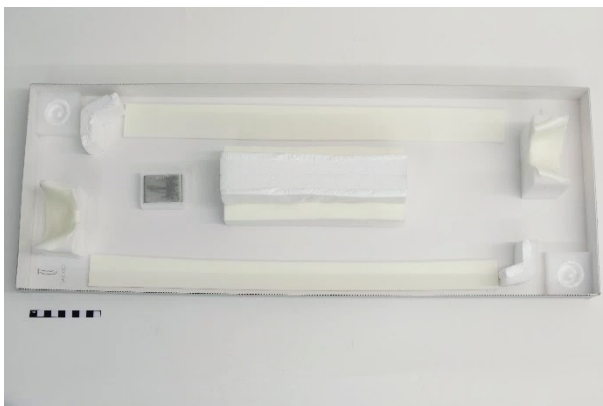
Instruments dans leur support vu de dessus

Intruments dans leur support vu de 3/4

N° Inv. 1980.2676.
N° Inv. 1980.2291.



N° Inv. 1980.2495.

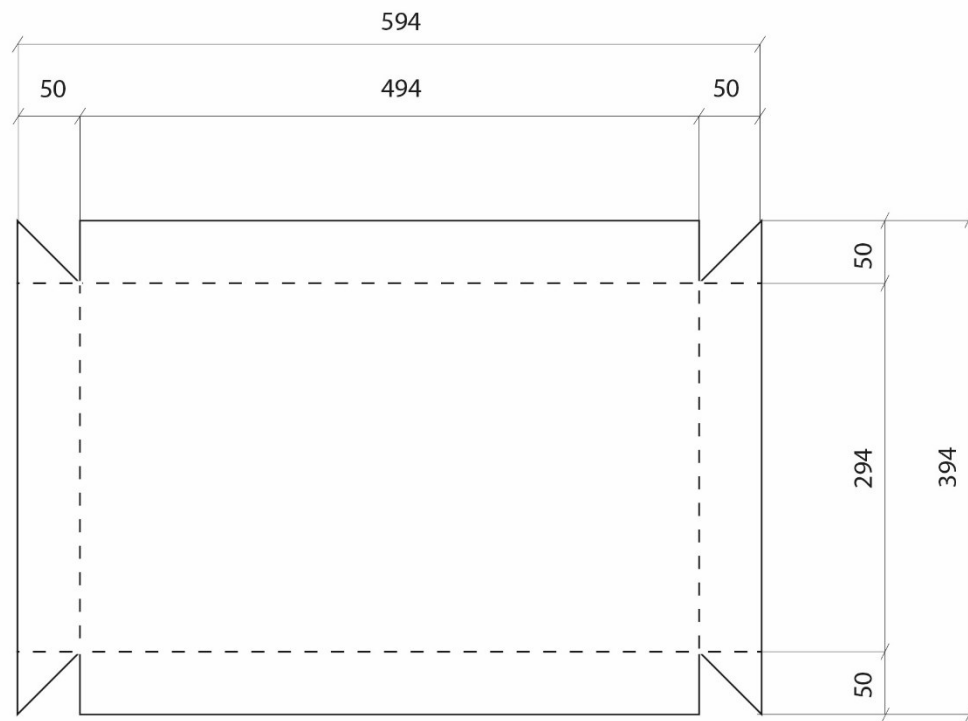


Tab. 22 : Boîtes en carton non acide, supports, tissus absorbants intégrés et instruments

	Instruments recouverts du tissu absorbant doublé	Tissu absorbant doublé retiré et placé dans le couvercle	Parois de la boîte rabattues
N° Inv. 2004.220. N° Inv. 1980.2546.			
N° Inv. 1980.2879. N° Inv. 1980.2878.			

Annexe 21 : Plans techniques des conditionnements

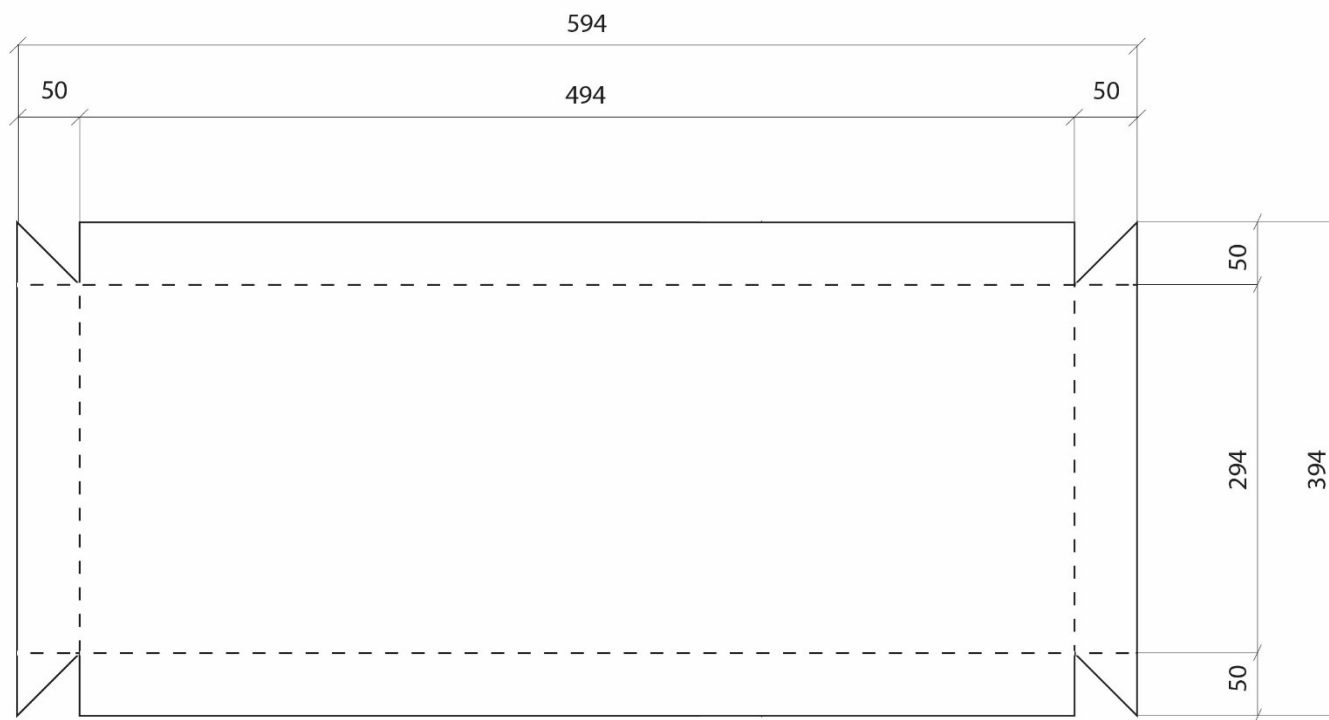
Plan tech. 1 : Petit support en carton cannelé



--- Trait de pliure

Plan de support pour trompettes et cornets	Cotes en mm	Echelle 1:5	Ep. carton 1.6 mm	HE-Arc, Z.Meystre	29.06.2022
--	-------------	-------------	-------------------	-------------------	------------

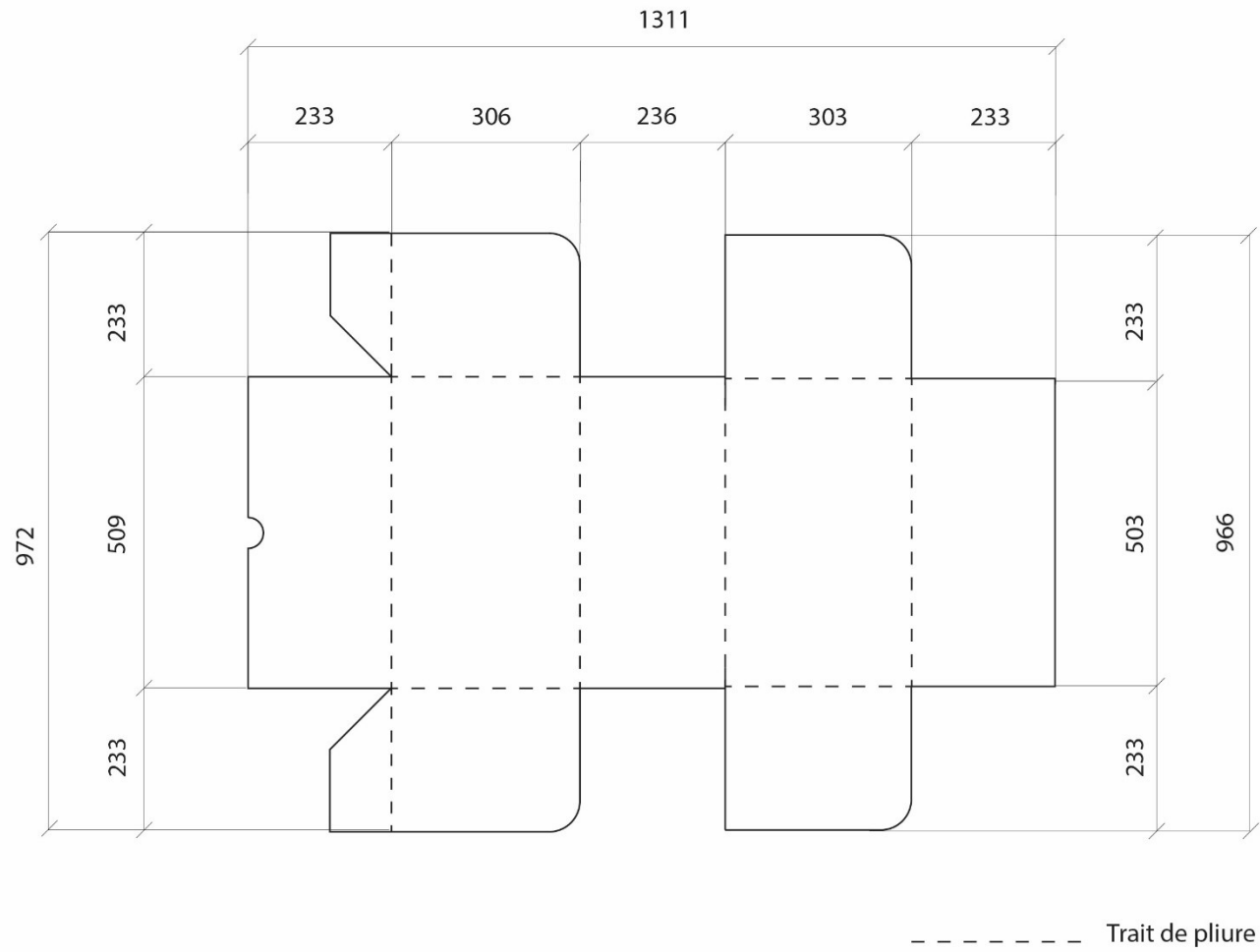
Plan tech. 2 : Grand support en carton cannelé



--- Trait de pliure

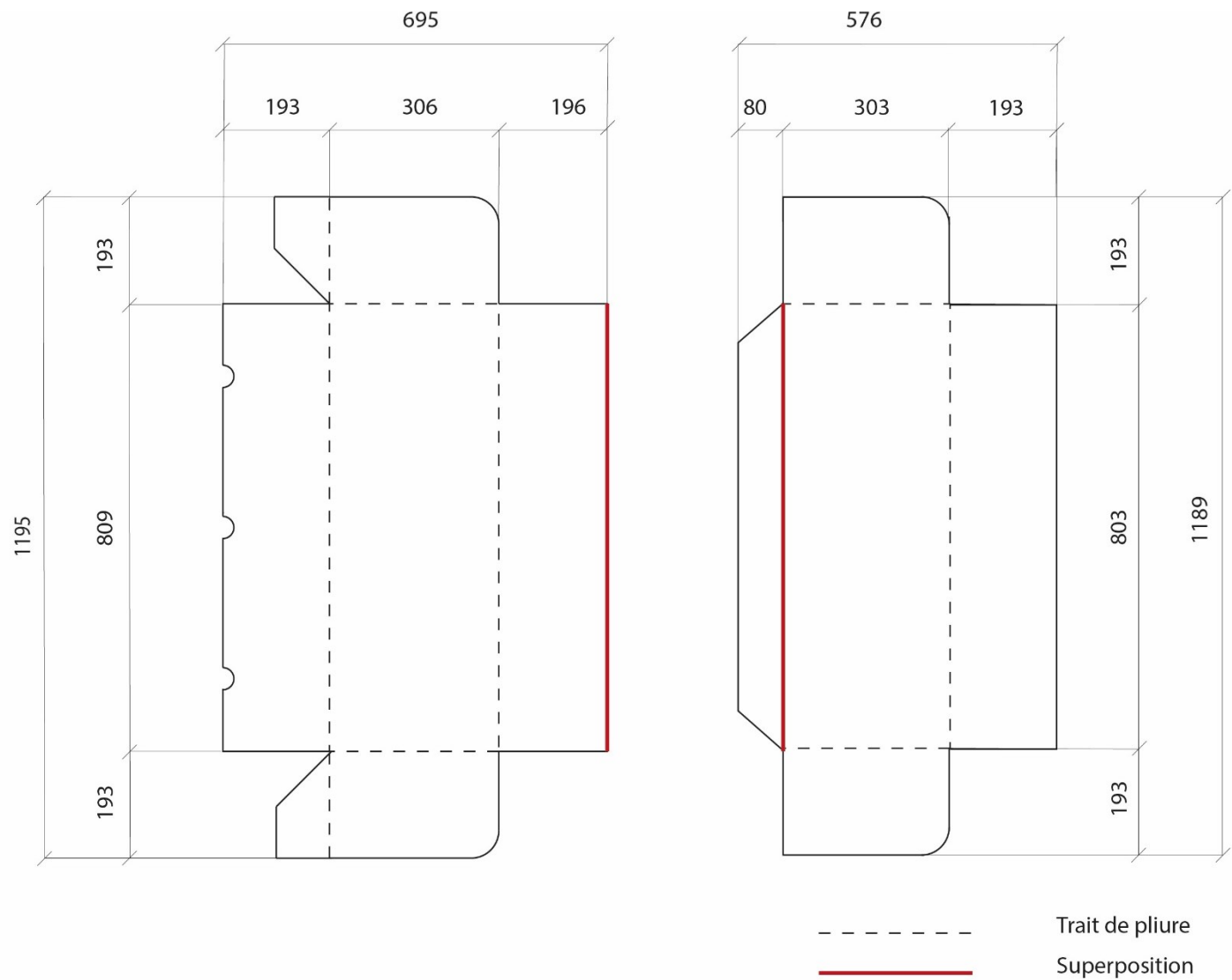
Plan de support pour trompettes naturelles	Cotes en mm	Echelle 1:5	Ep. carton 1.6 mm	HE-Arc, Z.Meystre	29.06.2022
--	-------------	-------------	-------------------	-------------------	------------

Plan tech. 3 : Petite boîte en carton cannelé



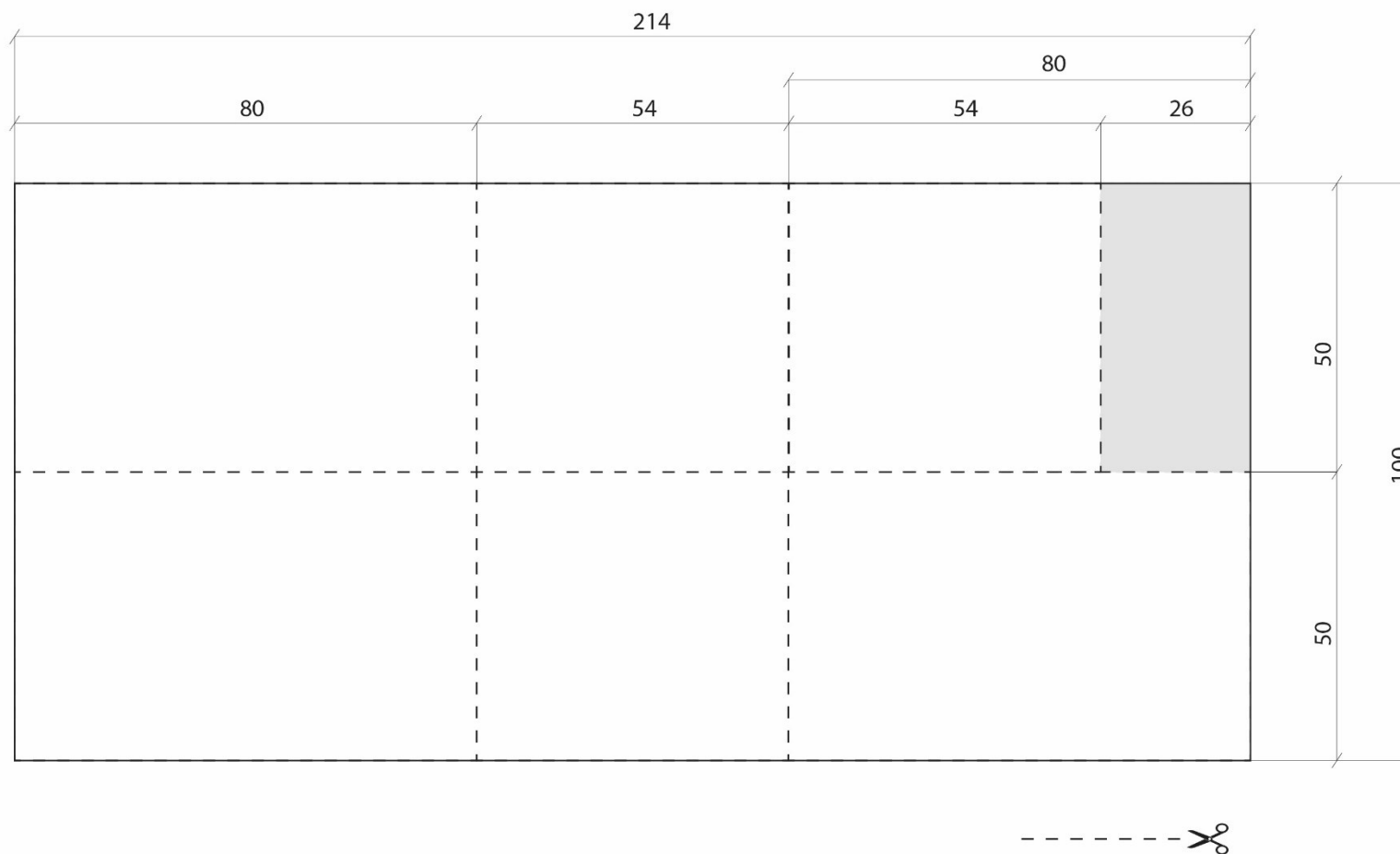
Plan de boîte pour trompettes et cornets	Cotes en mm	Echelle 1:10	Ep. carton 3 mm	HE-Arc, Z.Meystre	20.06.2022
--	-------------	--------------	-----------------	-------------------	------------

Plan tech. 4 : Grande boîte en carton cannelé



Plan de boîte pour trompettes naturelles	Cotes en mm	Echelle 1:10	Ep. carton 3 mm	HE-Arc, Z.Meystre	20.06.2022
--	-------------	--------------	-----------------	-------------------	------------

Plan tech. 5 : Patron pour la découpe des textiles absorbants Pacific Silvercloth®



Plan de découpe du Pacific Silvercloth pour les 6 boîtes	Cotes en cm	Echelle 1:10	HE-Arc, Z.Meystre	04.07.2022
--	-------------	--------------	-------------------	------------

Annexe 22 : Caractéristiques des matériaux utilisés pour réaliser les conditionnements

Tab. 23 : Matériaux utilisés pour la réalisation des conditionnements

NOM	FOURNISSEUR	PRIX	DESCRIPTION
Argent 925	Gyr	Env. 0,7.- CHF le gramme	Plaque Argent 925 Ep. 0.5 mm
Carton cannelé 1.6 mm	Oekopack Conservus AG ³⁶	14,70.- CHF la plaque de 1100x1720 mm	Carton non acide Ep. 1.6 mm Densité 560 g/m ²
Carton cannelé 3.0 mm	Oekopack Conservus AG	14,70.- CHF la plaque de 1100x1720 mm	Carton non acide Ep. 3.0 mm Densité 570 g/m ²
Colle thermofusible	3M	Non connu	Adhésif transparent Point de fusion \approx 80°C.
Ethafoam®	Vibraplast	47,40.- CHF le m ²	Mousse de polyéthylène à cellules fermées Ep.50 mm Densité 35 kg/m ³
Pacific Silvercloth®	Long Life for Art	Env. 30.- CHF le mètre	Tissu en coton imprégné de particules d'argent
Paraloid® B44	Kremer Pigmente	32.- CHF le sac de 1 kg	Résine acrylique
PLanatoI® BB	Gerstaecker	28,50.- le kilo	Dispersion de colle aqueuse
Plastazote®	Vibraplast	14,10.- CHF le m ²	Mousse de polyéthylène réticulé Ep.5.0 mm Densité 29 kg/m ³
Ruban sergé	Sprintis Schenk	Env. 30.- CHF le rouleau de 50 mètres	Ruban sergé 100% coton Larg. 10.0 mm
Tyvek®	Deffner & Johann	140.- CHF le rouleau de 50 mètres	Intissé de polyéthylène

³⁶ Revendeur pour la Suisse de la marque Klug-Conservation

Annexe 23 : Recommandations pour le suivi des objets

Précautions de manipulation

Afin de sortir les supports des boîtes pour consulter les objets, ces différentes étapes sont à respecter :

- Relever le couvercle,
- Retirer le tissu et le placer dans le couvercle,
- Détacher les embouchures,
- Abaisser les parois.

Le remplacement des objets avec leur support se fait en suivant les étapes dans l'ordre inversé.

Lors de manipulation des instruments, le port de gants en coton propres ou de gants jetables en vinyle permet d'éviter de déposer des acides organiques à la surface du métal.³⁷

Les instruments de musique sont encombrants : il est essentiel de préparer l'endroit d'arrivée de l'objet avant de le déplacer. L'utilisation d'un chariot est à privilégier lors de tout déplacement.³⁸

Certains éléments de l'instrument peuvent être prévus pour être retirés, par exemple les coulisses des trompettes. Au fil du temps, un écart plus grand que celui initial a pu se former entre eux et l'ajustement n'est plus satisfaisant. Il faut être particulièrement vigilant au risque de chute et retirer les pièces mobiles avant le transport de l'instrument.

Recommandations climatiques

L'humidité relative présente dans l'air entre dans le processus de corrosion des métaux. Plus elle est élevée, plus le risque de son développement augmente. Trois situations et leur taux d'humidité relative sont à retenir :

- Situation idéale : <30% ; ralentissement/arrêt de la corrosion,
- Situation optimale : 40-55% ; corrosion évitée en présence d'une couche d'oxydes stable,
- Situation à éviter : >65% ; forte accélération de la corrosion.³⁹

Afin de pouvoir abaisser l'humidité relative excessive enregistrée dans la réserve durant les mois d'été, l'ajout de déshumidificateurs serait une solution adéquate. Cependant, la réserve conserve divers matériaux organiques. Un compromis entre les différentes sensibilités des matériaux présents doit être adopté. Une solution intéressante pour les métaux serait l'ajout d'un dessicatif dans les conditionnements des instruments de musique métalliques pour créer un microclimat avec une faible humidité relative. Avant d'intervenir une attention particulière doit être donnée aux différents matériaux constitutifs additionnels présents (liège, feutre, nacre) sur certains instruments.

Les métaux ont une faible sensibilité à la température⁴⁰. Cependant, ce facteur va influencer la vitesse des réactions chimiques. Une température élevée accélérera le processus de corrosion. Il est recommandé de stocker les objets métalliques aux températures les plus basses possibles.⁴¹

Suivi du tarnissement des surfaces argentées

Grâce aux conditionnements créant une barrière physique, les objets étudiés sont protégés de l'empoussièrement. Néanmoins, comme il s'agit d'un facteur accélérant le processus de tarnissement des surfaces argentées, une inspection régulière des réserves permettra de repérer une accumulation de poussière et de la retirer. Lors de cette inspection, les coupons de contrôle placés dans les conditionnements devront également être observés et si possible documentés afin de détecter les premiers signes de tarnissement.

Le tarnissement des composants indiquera la saturation du textile de protection conduisant à son inefficacité. A ce moment-là, le textile devra être remplacé.

³⁷ Powerhouse Museum Conservation department, 2010, p.1.

³⁸ Barclay, 1980, p.3.

³⁹ Le soin des objets métalliques, 2021, [en ligne].

⁴⁰ Hormis des climats extrêmes, mais ceux-ci ne se rencontrent habituellement pas dans une réserve.

⁴¹ Température inadéquate, 2018, [en ligne].

Annexe 24 : Fournisseurs

Tab. 24 : Liste des fournisseurs des différents matériaux utilisés lors du mémoire

NOM	DOMAINE/ MATERIAUX	CONTACT
Créa'Fil Sàrl	Mercerie, tissus.	+41 32 725 20 25 https://www.creafil.ch/
Cytiva	Fournitures, équipements et accessoires de laboratoire	https://www.cytivalifesciences.com/en/ch
Deffner & Johann GmbH	Outils, peinture, conditionnement, contrôle climatique, etc.	+49 0 9723 9350-0 https://deffner-johann.de/en/
Dräger	Détection des gaz, équipement de sécurité, technologie de sécurité	+41 58 748 74 74 https://www.draeger.com/fr_ch/Home
Droguerie Schneitter SA	Droguerie, herboristerie, teintures, chimie, laboratoires.	+41 32 725 24 52
Hagerty SA	Produits de nettoyage pour art de la table, bijoux, montres, tapis, etc.	+41 32 724 44 64 https://hagerty.world/ch
Johnson Matthey & Brandenberger AG	Métaux précieux, brasure.	+41 44 307 19 19 https://www.johnson-matthey.ch/
Klug-Conservation	Cartons non acide, boîtes, pochettes, etc.	+49 (0)8323 9653 30 https://www.klug-conservation.fr/
Kreando AG	Tissus	+41 32 365 21 21 https://www.kreando.ch/fr/
Long Life for Art	Domaine muséal : Contrôle climatique, conservation, dessiccants, films et sachets, instruments de mesure.	+49 (0) 7663 608 99-0 https://llfa.eu/
Marischael	Orfèvre	+33 (0)1 42 78 53 67 https://www.marischael.com/
Oeckopack Conservus AG	Papier et carton non acide	+41 33 655 90 55 https://www.oekopack.ch/home.html?L=2
Planatol GmbH	Adhésifs	+49 (0) 8031 720-0 https://www.planatol.de/fr/
Proxxon S.A.	Outils électriques et à main	https://www.proxxon.com/fr/
Robbe & Berking	Orfèvre	+49 (0)461 90306 0 https://shop.robbeberking.com/
Silbag AG	Traitement de surface des métaux, atelier de réparation.	+41 41 259 43 43 https://www.silbag.ch/
Vibraplast AG	Mousses de conditionnement	+41 52 368 00 50 https://www.vibraplast.ch/fr
Weck	Verres, bouteilles et bouchons	https://www.weckshop.ch/
3M	Adhésifs, abrasifs, lubrifiants	https://www.3msuisse.ch/3M/fr_CH/unternehmen-alpine/

Annexe 25 : Fiches techniques

Fiche tech. 1 : Carton cannelé



Certificat de qualité

Cartons cannelés - MW 1.6 mm - 560 g/m²



Nous vous confirmons les éléments suivants :

Pâte à papier

- 100 % cellulose blanchie
- exempte de fibres recyclées
- exempte de pâte mécanique
- grammage 560 g/m²
- exempt(e) de lignine : indice Kappa < 5
- pH 7,5 – 10,0 (conforme à la norme ISO 6588-1:2020) = sans acide
- réserve alcaline > 2% carbonate de calcium natif (GCC)
- encollage neutre / synthétique (exempt d'alun)
- surface supérieure: Cobb₆₀ conformément à la norme ISO 535 < 25
- sans azurants optiques
- stabilisé à la lumière indice 7 – 8 (= élevé) sur l'échelle bleue, conformément à la norme ISO 105-B02
- solidité au dégorgeement selon ISO 16245:2012
- très bonne résistance à l'abrasion selon DIN 53109:2008
- surface améliorée, gommable et antistatique
- PAT positif conformément à la norme ISO 18916:2007

Colle entre composants du carton cannelé

- colle d'amidon
- pH 7,0 – 8,0
- contrecollage spécial, garantissant une résistance à l'humidité d'au moins 24 heures.

Ce matériau répond aux principes technologiques des normes suivantes :

DIN EN ISO 9706	Caractéristiques à respecter par un papier – documents manuscrits et documents imprimés – base pour une haute tenue au vieillissement
DIN ISO 16245 - type A	Information and documentation – Boxes, file covers and other enclosures, made from cellulosic materials, for storage of paper and parchment documents.
NF Z 40-014	Prescriptions et critères de sélection des papiers et cartons pour la conservation des documents papiers et parchemins
ANSI/ NISO Z.39.48	American National Standard for Permanence of Paper for Publications and Documents in Libraries and Archives
DIN 6738:2007	haute tenue au vieillissement conformément à la LDK 24-85

Nous garantissons que le matériau décrit ci-dessus répond aux caractéristiques mentionnées. Il est résistant au vieillissement et contribue ainsi activement à la protection des biens patrimoniaux. Cette garantie nous engage juridiquement.

KLUG-CONSERVATION mise à jour juin 2022

Fiche tech. 2 : Dispersion de colle aqueuse Planatol BB

PDFMAILER.DE

PROVIDED BY THE WEBMASTERS SOURCE - www.IPWD.de

KLEBSTOFF-MERKBLATT
ADHESIVE DATA SHEET
FICHE TECHNIQUE DE LA COLLE



PLANATOL BB superior
PLANATOL BB

Dispersions de colle aqueuses. Elles contiennent des plastifiants et ne sont pas soumises au marquage obligatoire. Leur films sont, en état séché, très visqueux, résistants à humidité ainsi qu'au vieillissement et d'aspect incolore-transparent.

Viscosité:	PLANATOL BB	env. 12,000 mPas (à 293 K / 20°C)
	PLANATOL BB superior	env. 6,500 mPas (à 293 K / 20°C)
Valeur pH:	PLANATOL BB	env. 7 (à 293 K selon HAAKE RS 50 / ISO 3219)
	PLANATOL BB superior	env. 6 (à 293 K selon HAAKE RS 50 / ISO 3219)

Utilisation

PLANATOL BB est une colle spéciale pour la reliure manuelle de tous les types de papiers usuelles comme papiers d'ouvre, papiers Offset pour papiers pour illustrations, pour en confectionner des brochures, livres, catalogues, revues, calendriers etc.. Cette colle a également fait ses preuves comme colle universelle pour la production manuelle des couvertures et la fixation des feuilles de garde. Elle se prête aussi aux travaux de collages des dos de blocs, au collage des tranchefiles et des tubes, aux travaux de contre-collage et d'emboîtement, de doublage, d'étiquetage ainsi que de restauration. En plus, **PLANATOL BB** peut être utilisée avec succès pour des divers travaux de collage de table dans des ateliers de relieur. Ce produit donne un pellicule solide aux blocs obtenus avec lui.

PLANATOL BB Superior s'est développée de **PLANATOL BB** et offre un champ d'application encore plus large. Cette colle permet, par exemple, la réalisation des collages en utilisant des papiers couchés et même des papiers avec fibres courant de travers, tout en donnant un résultat d'encollage excellent. En plus, **PLANATOL BB Superior** s'utilise dans la domaine de productions semi-automatiques. Par contre, des matières plastiques comme PVC ne peuvent pas être encollées avec cette colle, pour telles applications, nous recommandons l'utilisation de notre colle **PLANATOL AD 94/5B**.

Mode d'emploi

PLANATOL BB et **PLANATOL BB Superior** sont livrées prêtes à la reliure manuelle. Pour d'autres travaux de collage on y peut ajouter, en cas de besoin, jusqu'à 10% d'eau; c'est particulièrement valable pour l'encollage des blocs.

Important! Toutes nos informations, même les recommandations écrites ou verbales, sont le résultat de nos propres expériences, essais ou développements. Cependant aucune garantie ne peut être assurée par PLANATOL en ce qui concerne les résultats. Trop de paramètres, notamment les conditions d'utilisation de la colle et des matériaux sont indispensables à notre contrôle pour nous assurer de la qualité de nos produits.

Important! Any instructions and recommendations given, verbal or written, are based on our personal experience, tests and research. Preliminary testing for suitability of adhesive on materials to be used is recommended. We cannot be held liable for unsatisfactory results, as adhesives must undergo modification and culture in various situations, which are beyond our control.

PLANATOL Adhesive GmbH
 Postfach 62 · 83099 Rohrdorf
 Fabrikstraße 30-32 · 83101 Rohrdorf
 Germany

Telefon +49 (0)80 31 720-0
 Telefax +49 (0)80 31 720-180
 e-Mail info@planatol.de
www.planatol.de

Wichtiger Hinweis! Alle Angaben, auch mündlich gegebene Empfehlungen, entsprechen unseren Erfahrungen, Prüfungen und Entwicklungsergebnissen. Prüfen Sie bitte die Eignung des Klebstoffes für Ihr Material durch Eigenversuch. Eine Verbindlichkeit für die durch Sie zu erzielenden Ergebnisse kann nicht übernommen werden, denn Klebstoff und Klebearbeit unterliegen beim Verarbeiten den verschiedenen Einflüssen, die der Kontrolle des Klebstoffherstellers entzogen sind.



Fiche tech. 3 : Textile absorbant Pacific Silvercloth



Überarbeitet: 25.01.2012

Druckdatum: 14.04.2020

Seite 1 von 1

Sicherheitsdatenblatt Silbertuch Pazifik

Hersteller:	Springs Creative Products Group, LLC 220 West White Street Rock Hill, SC 29730, USA Telefon: 001 803 324 6946 001 800 262 8200 (Chemtrec)
Chemische Charakterisierung: Gefährliche Inhaltsstoffe:	Mit Silbernitrat behandeltes Textil. Silbernitrat (<10%), CAS No 7761-88-8 MAK-Wert (in USA): OSHA PEL: 0,01 mg/m ³ (Dies sind die Angaben des Herstellers, das Gewebe enthält jedoch sicher kein Silbernitrat sondern aus Silbernitrat ausgefälltes Silber!)
Angaben zur Toxikologie:	Durch Staubaufwirbelung sind Reizungen von Augen und der Atmungsorgane möglich. Reizung und Rötungen bei Hautkontakt.
Erste-Hilfe-Maßnahmen:	<u>Augen:</u> Sofort mit viel Wasser ausspülen, auch unter den Augenlidern. <u>Haut:</u> Mit Seife und viel Wasser abwaschen. <u>Bei Einatmen:</u> Betroffenen an die frische Luft bringen.
Expositionsbegrenzung und persönliche Schutzausrüstung:	Arbeitsplatzabsaugung oder Raumlüftung, um Konzentration in der Luft unter den Grenzwerten zu halten. Wo dies nicht möglich ist, Benutzung einer Staubschutzmaske FFP2 oder FFP3. Hautkontakt nach Möglichkeit vermeiden. Betroffene Hautstellen häufig waschen.
Gefährliche Zersetzungsprodukte:	Stickoxyde (laut Hersteller – dies ist jedoch fraglich, da das Gewebe kein Nitrat enthält), Metalloxyde.
Zu vermeidende Bedingungen:	Licht, Hitze
Zu vermeidende Stoffe:	Oxydantien, Licht, leicht reduzierbare Substanzen (nach Angaben des Herstellers - auch dies ist sehr fraglich, da das Gewebe kein Nitrat enthält)
Maßnahmen zur Brandbekämpfung:	
Besondere Gefährdung:	keine
Schutzausrüstung:	Vollschutzmaske mit Überdruck-Atemgerät
Ungeeignete Löschmittel:	keine
Flammpunkt:	> 90°C
Entsorgung:	Hausmülldeponie

Fiche tech. 4 : Tube réactif Dräger

Mode d'emploi	Dräger Tube réactif
Hydrogène sulfuré 0,2/a	81 01 461
	FRANÇAIS

**ATTENTION !**

Le contenu du tube de contrôle a des propriétés toxiques/irritantes. Ne pas avaler et éviter tout contact avec la peau ou les yeux. Attention à l'ouverture, risque de projection d'éclats de verre. Risque de blessures occasionnées par des pointes coupantes. Mettre au rebut le tube de contrôle avec les déchets dangereux ou le retourner dans son emballage. Stocker dans un endroit sûr à l'abri des personnes non autorisées.

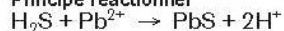
Domaine d'application

Détermination de l'acide sulfhydrique (H_2S) dans l'air ou les gaz techniques.

Plage de mesure : 0,2 à 5 ppm
 Nombre de courses (n) : 10
 Durée de la mesure : env. 5 min
 Ecart type : $\pm 5\%$ à 10%
 Changement de couleur : blanc \rightarrow marron clair

Conditions ambiantes

Température : $10^\circ C$ à $30^\circ C$
 Humidité : 3 - 15 mg/L (correspond à 65 % d'humidité relative à $25^\circ C$)
 Pression atmosphérique : $F = 1013$ /pression atmosphérique réelle (hPa)

Principe réactionnel**Conditions**

Les modes de fonctionnement des tubes réactifs Dräger et des pompes Dräger accuro, accuro 2000 et Quantimeter 1000 sont conçus pour être utilisés ensemble. Il n'est pas possible de garantir un bon fonctionnement des tubes réactifs Dräger s'ils sont utilisés avec d'autres pompes.

Respecter le mode d'emploi de la pompe (test de densité !).

La valeur mesurée ne s'applique qu'au lieu et au moment de la mesure.

Effectuer et analyser la mesure

- Casser les deux pointes du tube réactif dans le dispositif d'ouverture des tubes.
- Insérer à fond le tube réactif dans la pompe. La flèche est tournée vers la pompe.
- Aspirer l'échantillon d'air ou de gaz à travers le tube réactif.
- Relever la longueur complète de la coloration.
- Tenir compte des éventuelles sensibilités croisées.
- Multiplier la valeur avec le facteur F pour la correction de la pression atmosphérique.
- Rincer la pompe avec de l'air après utilisation.

$$1 \text{ ppm } H_2S = 1,42 \text{ mg } H_2S/m^3$$

$$1 \text{ mg } H_2S/m^3 = 0,71 \text{ ppm } H_2S \text{ (à } 20^\circ C, 1013 \text{ hPa)}$$

Sensibilités transversales

SO_2 et HCl ne perturbent pas l'affichage dans la plage de leurs valeurs MAK.

Informations complémentaires

Sur la bandelette d'emballage figurent : code de commande, date de péremption, température de stockage et no de série. Pour toute question, indiquer le numéro de série.

Fiche tech. 5 : Mousse en polyéthylène Ethafoam

TECHNISCHE DATEN



PE Ethafoam® 220 Verpackungsschaumstoffe schwarz/weiss



PRODUKTBECHREIBUNG

Ethafoam Verpackungsprodukte bieten wirkungsvolle Lösungen für selbst die schwierigsten Anwendungen. Ethafoam zeichnet sich durch eine gute Haltbarkeit aus, zeigen kaum Abnutzung und überbieten mit diesen Eigenschaften andere Verpackungsschäume.

Kurz gesagt bildet Ethafoam mit diesen Eigenschaften und der Beweglichkeit der Produkte die beste Lösung für Langzeitanwendungen.

Ethafoam sind der Industriestandard für Schutzverpackungen für eine breite Produktpalette, die von empfindlichen medizinischen Instrumenten bis zu schweren Geräten und militärischen Bewaffnungen reicht. Ethafoam sind in einer Vielzahl von Dichten und von Größen, sowie auch in antistatischen und flammhemmenden Zusammensetzungen erhältlich.

Alle Ethafoam Produkte bieten eine langlebige, kompakte und zuverlässige Lösung mit ausgezeichnetem Feuchtigkeits- und Chemikalienwiderstand. Zudem sind Ethafoam einfach in der Bearbeitung und können in einem grossen Temperaturspektrum eingesetzt werden.

Lassen Sie sich von uns beim Entwurf Ihrer Verpackung helfen, welche folgende Herausforderungen bewältigen muss:

- Schutz vor Beschädigung
- Erschütterung
- Verkrätzen
- Materialtransport
- Lagerung
- Feuchtigkeit

PRODUKTE

Ethafoam Verpackungsprodukte sind führend im Bereich der unvernetzten Schaumgummiverpackungen. Ethafoam bestehen aus extrudiertem Polyäthyl, sind kompakt, elastisch, energieabsorbierend und können in einem grossen Temperaturbereich eingesetzt werden. Die langlebigen, geschlossenzelligen Schäume sind in diversen Dichten, Farben und Größen erhältlich.

Sie erfüllen somit die Bedürfnisse für hochwertige Polsterverpackungen, militärische Verpackungen, Elektronikschutz-Verpackungen (antistatisch), Anwendungen der Automobilindustrie, Materialtransporte, Sport u. Freizeit ausrüstung sowie Flugzeugsitzen. Ethafoam Produkte sind wieder verwertbar und haben einen ausgezeichneten Feuchtigkeits- und Chemikalienwiderstand. Ethafoam sind auch mit anti-statischen und flammhemmenden Eigenschaften lieferbar.

Die leichte Bearbeitbarkeit (stanzen, zuschneiden, spalten, schweissen...) erlaubt es Ihnen, leistungsfähige Verpackungen zu äusserst wettbewerbsfähigen Kosten zu verwirklichen.

Die Angaben erfolgen nach bestem Wissen und technischen Kenntnissen. Vorbehalten bleiben Änderungen.

Vibraplast AG
 Wittenwilerstrasse 25
 8355 Aadorf

T +41 (0)52 368 00 50

info@vibraplast.ch
 www.vibraplast.ch

TECHNISCHE DATEN



TECHNISCHE DATEN / TECHNICAL DATA

Spezifikation specifications	Methode method	Masseinheit unit	Wert value
Ethafoam			220-E
Dichte / density (skin to skin)	DIN 53420	Kg/m ³	35
Eigenschaften (Durchschnittswerte) / properties (average values)			
Bruchdehnung / elongation at break	DIN 53571	%	60
Zugfestigkeit / tensile strength	DIN 53571	kPa	300
Stauchhärte / compression hardness (Druckspannung / pressure relaxation)	ASTM D 3575	kPa	
bei 10 % Verformung / with deformation			40
bei 25 % Verformung / with deformation			55
bei 50 % Verformung / with deformation			110
Druckverformungsrest / compression set	DIN 53572		
22 h/23° C / 50 % nach / after 24 h		%	5
Wasseraufnahme / absorption	DIN 53428	Vol. %	
24 h Unterwasserlagerung / underwater storage			2
Wärmeleitfähigkeit / heat conductivity (bei / with 20 ° C)	DIN 52612	W/(K·m)	0,062
Reissfestigkeit / tensile strength	DIN 53575	N/mm	1,2

Farben / colors: weiss / white, schwarz / black

Die Angaben erfolgen nach bestem Wissen und technischen Kenntnissen. Vorbehalten bleiben Änderungen.

Vibraplast AG
 Wittenwilerstrasse 25
 8355 Aadorf

T +41 (0)52 368 00 50

info@vibraplast.ch
 www.vibraplast.ch