

Les matériaux dangereux
dans les objets techniques cinématographiques

Mémoire présenté par :

Alexandra Lefebvre

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO en Conservation
Objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2018-2019

Remise du travail : 15.07.2019

Jury : 27.08.2019

Nombre de pages : 157

Version corrigée, du 7.10.2019

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 :

À Neuchâtel, le 15.07.2019

Alexandra Lefebvre

Remerciements

J'aimerais sincèrement remercier les personnes suivantes pour leur contribution et leur soutien dans la réalisation de ce mémoire.

Thomas Bissegger, responsable du secteur iconographie et appareils cinématographiques au Centre de recherche et d'archivage de la Cinémathèque suisse à Penthaz pour son accueil et sa confiance.

Tobias Schenkel, référent et enseignant à la Haute Ecole Arc, pour sa disponibilité et ses conseils.

Lara Kreuzburg, conservatrice restauratrice spécialisée en papier et matériaux modernes au Centre de recherche et d'archivage de la Cinémathèque suisse à Penthaz pour m'avoir épaulée dans le dessin de ce sujet.

David Landolf, Directeur de la Cinémathèque de Berne, pour son accueil et pour m'avoir permis de travailler auprès d'objets de la collection, ainsi que pour le partage de ses savoirs techniques et historiques.

Laurent Mannoni, Directeur scientifique du patrimoine et du Conservatoire des techniques de la Cinémathèque française, pour son accueil, son intérêt et le partage de ses connaissances techniques et historiques.

Antonin Tarchini, conservateur-restaurateur et microtechnicien spécialisé en objets techniques à la Fondation Matériel Historique de l'Armée Suisse à Thoun, pour son accueil, ses conseils et le partage de ses connaissances.

Steve Steiger, inspecteur des produits chimiques à la Direction générale de l'environnement, pour avoir coordonné cette rencontre autour de la problématique des PCB ainsi que pour ses conseils.

Roland Arnet, ancien inspecteur des produits chimiques à la Direction générale de l'environnement, pour le partage sans limites de ses connaissances autour des PCB.

François Zosso, conseiller et expert en produits chimiques, pour ses conseils, le partage de ses connaissances et pour son intérêt.

Klaus Lorenz, conservateur-restaurateur, pour sa disponibilité et le partage de ses connaissances.

Stephan Ramseyer, collaborateur technique à la Haute Ecole Arc Ingénierie, analyses MEB, pour avoir réalisé les analyses et pris le temps de répondre à mes questions à ce sujet.

Joseph Edith et Brambilla Laura, chercheuses à la Haute Ecole Arc, pour leur disponibilité et la réalisation des analyses FTIR.

Goetz François, physicien et enseignant en physique à la Haute Ecole Arc à Neuchâtel, pour ses réponses sur le domaine électrique et le prêt d'un compteur Geiger-Müller.

Manon Rais, conservatrice-restauratrice et assistante à la Haute Ecole Arc, pour sa disponibilité et le prêt de matériel.

L'équipe du Musée suisse de l'appareil photographique et particulièrement David Schenker, médiateur culturel et photographe, pour sa disponibilité et pour m'avoir laissé approcher les collections en lien avec la problématique de mon travail.

Castellani Pascal, responsable surveillance du marché des produits chimiques, département du développement territorial et de l'environnement, service de l'énergie et de l'environnement, canton de Neuchâtel, pour sa disponibilité.

Echinard Jane, conservatrice-restauratrice et responsable du pôle Arc'Antique, pour ses conseils.

Les membres du jury, Régis Bertholon, Valentin Boissonnas et Thierry Jacot, directeur et enseignants à la Haute École Arc, pour leur accompagnement et leurs conseils tout au long de ce travail.

Mes collègues du secteur iconographie à la Cinémathèque, pour leur accueil et leur bienveillance.

Nydegger Noémie, étudiante en 3^{ème} année à la Haute Ecole Arc, pour ses recommandations et son soutien sans failles.

Giran Morgane, pour sa bienveillance et son soutien moral inconditionnel.

Freitas Vania, étudiante en 1^{ère} année à la Haute Ecole Arc et collègue à la Cinémathèque, pour son soutien.

Ma famille et Ruben pour m'avoir écoutée et épaulée tout au long de ce travail.

Sommaire

Résumé	6
Abstract	7
Introduction générale	8
1 Contexte	9
1.1 La collection du Centre de recherche et d'archivage de la Cinémathèque suisse.....	9
1.2 Corpus d'étude	10
2 Caractéristiques, toxicologie et normes des matériaux dangereux	11
2.1 Amiante	11
2.1.1 Nature et propriétés.....	11
2.1.2 Histoire	13
2.1.3 Aspects toxicologiques	14
2.1.4 Institutions compétentes et normes	15
2.2 Mercure	15
2.2.1 Nature et propriétés.....	15
2.2.2 Histoire	16
2.2.3 Aspects toxicologiques	17
2.2.4 Institutions compétentes et normes	17
2.3 Biphényles polychlorés	18
2.3.1 Nature et propriétés.....	18
2.3.2 Histoire	19
2.3.3 Aspects toxicologiques	20
2.3.4 Institutions compétentes et normes	20
2.4 La radioactivité	21
2.4.1 Nature et propriétés.....	21
2.4.2 Histoire	21
2.4.3 Aspects toxicologiques	22
2.4.4 Institutions compétentes et normes	22
3 Etude du corpus d'appareils	23
3.1 Descriptif technique des appareils.....	23
3.2 L'amiante dans les appareils.....	23
3.2.1 Localisation	23
3.2.2 Forme et fonction	27
3.3 Le mercure dans les appareils	30
3.3.1 Localisation	30

3.3.2	Forme et fonction	32
3.4	Les biphényles polychlorés dans les appareils	34
3.4.1	Localisation	34
3.4.2	Forme et fonction	37
3.5	La radioactivité	42
3.5.1	Localisation	42
3.5.2	Forme et fonction	43
3.6	Identification et évaluation des risques	43
3.6.1	Amiante	43
3.6.2	Mercure	44
3.6.3	PCB	46
3.6.4	Radioactivité	47
3.6.5	Synthèse des risques	48
4	Déontologie et législation	49
5	Protocoles de gestion des objets à risques	49
5.1	Diagnostic et identification	50
5.2	Transport	53
5.3	Protection et outils	54
6	Recommandations de manipulation et de conservation préventive	55
6.1	Stockage	55
6.2	Manipulation	56
7	Discussion	56
8	Conclusion	57
9	Bibliographie	57
9.1	Références citées	57
9.2	Références écrites et orales	67
10	Annexes	68
10.1	Méthode	68
10.2	Liste des figures et crédits photographiques	69
10.3	Liste des tableaux	72
10.4	Liste des schémas	72
10.5	Glossaire	72
10.6	Acronymes et abréviations	74
10.7	Annexe 1 : Figures	75
10.8	Annexe 2 : Tableaux	75
10.9	Annexe 3 : Tests et analyses	75
10.10	Annexe 4 : Fiches objets	81

10.11	Annexe 5 : Constats d'état	127
10.12	Annexe 6 : Signalétique matériaux dangereux	151
11	Corrigendum	153

Résumé

Le Centre de recherche et d'archivage de la Cinémathèque suisse, à Penthaz, conserve une collection de 3000 objets techniques cinématographiques du XVIIIème siècle à nos jours.

La problématique de ce mémoire traite des matériaux dangereux dans les objets techniques cinématographiques : amiante, mercure, biphényles polychlorés (PCB) et radioactivité. L'usage de ces matériaux aux propriétés intéressantes s'est généralisé à l'aube du XXème siècle, pour répondre aux besoins techniques des appareils. Un corpus représentatif de 8 huit appareils de projection accompagnés de leurs accessoires électriques (résistances, redresseurs) a été constitué et étudié à des vues de transposition sur l'ensemble de la collection de la Cinémathèque.

Il en résulte que l'amiante était utilisé comme protection face à la chaleur des sources lumineuse et des résistances, ainsi que comme protection anti-feu pour les supports en nitrate de cellulose hautement inflammables, dès 1880 jusqu'à 1960. L'usage du mercure qui se généralise entre 1920 et 1945, était quant à lui lié à sa vaporisation qui permet de redresser le courant des lampes à arc des projecteurs de films muets, mais aussi à sa liquidité à température ambiante, qui dans un interrupteur de sécurité permet l'extinction immédiate d'un moteur ou d'un lecteur son en cas de problème lors de la projection. Quant aux PCB, ce sont leurs propriétés isolantes qui sont mises à profit dans certains condensateurs à tubes, de 1929 à 1986. Pour ce qu'il s'agit de la radioactivité, on trouve du thorium 232 dans les lentilles des caméras à grand-vitesse pour améliorer leurs propriétés optiques. La consultation de professionnels et des analyses MEB et FTIR ont permis de poser ces informations.

Suite à cette étape, l'identification et l'évaluation des risques a permis de hiérarchiser ces derniers et de montrer que le risque amiante est le plus important pour le collaborateur, car intrinsèquement lié à la sensibilité des supports, altérés par la mise en fonction des appareils.

La mise en parallèle de la législation et de la déontologie de la conservation-restauration a montré que le mercure et les PCB présents dans des collections patrimoniales ne sont pas à éliminer catégoriquement. Pour l'amiante, la mise en résine des supports d'appareils n'étant pas destinés à fonctionner est une solution. Pour la radioactivité, seuls les objets dépassant une certaine dose*¹ de rayonnement doivent être éliminés.

Cette étude propose aussi des moyens d'identification simplifiés des matériaux dangereux à partir de chemins de décision pour chacun d'entre eux.

¹ Les termes définis par un astérisque sont définis dans le glossaire en p.72

Enfin, les recommandations de conservation préventive, de manipulation et de transport sont majoritairement liées à la prévention, qui passe par la protection et l'information des collaborateurs.

Abstract

The Research and Archiving Center of the swiss Cinematheque, located in Penthaz, preserves a collection of 3000 technical cinematic objects, dated from the eighteen century til today.

The issue of this thesis deals with dangerous materials in technical cinematic objets : asbestos, mercury, polychlorinated biphenyl (BPC) and radioactivity. The use of these materials with interesting properties spreads at the start of the twentieth century, in order to solve technical issues. A group of 8 projectors and their accessories (resistors, rectifier) has been constituted and studied in order to apply the results to the whole collection.

It appears thas asbestos was used between 1880 and 1960 as heat protection near light sources and also as fire protection while flammable cellulose nitrate films were the main projection medium in use. Thus mercury was mainly employed between 1920 and 1945 because of its vaporisation property, which helped converting AC in DC current to charge silent films projectors arc lamp. It was also used because of its fluidity at room temperature in security contactors, in order to put out the motor or the sound reader if a problem occured during the projection. BPC isulation properties were employed in some tube condensators manufactured between 1929 and 1986. Also, radioactive thorium 232 was mixed in high-speed camera lenses to improve their optical properties. Refering to professionals, SEM and FTIR analysis enriched the study.

The risk identification and assessment helped ranking the risks. It revealed that asbestos is the main issue, intrinsically tied with the sensibility of the medium, deteriorated by the operation of the machines.

The bond made between legislation and conservation ethics indicates that mercury and BPC shouldn't be eliminated from collections categorically. Also, the covering of asbestos with resin is possible for non operated objects. Besides, radioactive objects exceeding the legal amount must be eliminated.

This study proposes simple identification methods of dangerous materials based on organization charts for each of them.

Finally, preventive conservation, manipulation and transport recommandations are strongly tied to prevention and communication between colleagues.

Introduction générale

Les collections patrimoniales scientifiques, techniques et industrielles se définissent par leur caractère très composite, inhérent à leurs besoins techniques, que les propriétés des matériaux permettent d'assurer. En plus des problématiques de conservation liées à la coexistence de métaux, de polymères ou encore de verre, ces objets sont porteurs de substances dangereuses et nocives, dont l'usage s'est généralisé au cours du XX^{ème} siècle : l'amiante, le mercure, les biphényles polychlorés et la radioactivité. Bien que porteurs de propriétés intéressantes pour l'industrie, la toxicité pour l'homme et l'environnement de ces matériaux génère aujourd'hui des questionnements dans le cadre de la patrimonialisation des objets techniques et industriels. En effet, ces matériaux font aujourd'hui l'objet d'une réglementation stricte au niveau national et international, pouvant mener à leur destruction. Cela n'est cependant pas compatible avec la mission de conservation des institutions patrimoniales, puisque ces matériaux sont des parties constitutives des objets à part entière et qu'ils deviennent, suite à la recherche de substituts de remplacement à cause de leur toxicité et des progrès technologiques, eux-mêmes du patrimoine².

Ainsi, ces objets porteurs de matériaux toxiques sont aujourd'hui en contact avec le personnel chargé de leur conservation, mais aussi avec des professionnels externes aux institutions, ou encore avec le public, dans le cadre de leur exposition. Il devient ainsi important de développer un protocole de gestion de ces objets à risque dans les institutions patrimoniales.

Le Centre de recherche et d'archivage de la Cinémathèque suisse à Penthaz conserve une collection d'environ trois-mille objets techniques cinématographiques et se questionne sur la présence de ces matériaux dangereux dans ces collections, qui est attestée mais pas précisément documentée ni localisée dans les objets, ainsi que sur la gestion de ces objets porteurs de plusieurs matériaux toxiques.

Les objectifs de ce travail sont ainsi d'identifier les principaux types d'objets techniques cinématographiques porteurs de ces matériaux toxiques, de définir des recommandations de conservation préventive et de manipulation de ces objets mais aussi de définir des protocoles de gestion des objets concernés qui pourraient ensuite être étendus à l'ensemble de la collection, comme à d'autres collections cinématographiques ou techniques.

Ce dossier, articulé en six chapitres principaux, introduit ainsi dans une 1^{ère} partie le contexte de l'étude. Le 2nd chapitre présente les caractéristiques, les informations toxicologiques et les normes

² Tarchini, Antonin, 2006 p.13

liées aux matériaux dangereux. Le 3^{ème} développe l'étude des appareils. Le 4^{ème} confronte la déontologie de la conservation avec la législation en vigueur. Le 5^{ème} évoque les protocoles de gestion des objets à risque tandis qu'une 6^{ème} partie développe les préconisations de manipulation et de conservation préventive.

1 Contexte

1.1 La collection du Centre de recherche et d'archivage de la Cinémathèque suisse

La Cinémathèque suisse est une fondation de droit privé d'utilité publique fondée en 1948 par le Cinéclub de Lausanne et dirigée par Freddy Buache dès ses prémices pendant quarante années³. Elle a pour visées la sauvegarde, la conservation, la restauration, la diffusion et l'accessibilité du patrimoine cinématographique suisse. L'ampleur de sa collection, de types film et non-film - cette seconde typologie regroupant les affiches, photographies, appareils ou encore les archives - en fait la sixième cinémathèque au monde. L'institution est établie sur trois sites : le Casino de Montbenon à Lausanne, qui prend en charge les aspects directionnel et administratif, la programmation et les projections cinématographiques in situ au Capitole ; la Dokumentationsstelle à Zurich, qui regroupe les archives germanophones ; ainsi que le Centre de recherche et d'archivage à Penthaz, qui gère les pôles informatique et logistique et conserve les collections film et non-film⁴.

Parmi les collections de type non-film du Centre de recherche et d'archivage, est conservé un ensemble de 3000 appareils cinématographiques datés du XVIII^{ème} au XXI^{ème} siècle. Il s'agit d'appareils de tournage*, de projection, de montage, de visionnement ou encore de développement. Probablement constituée dès les environs des années 1950⁵, cette collection se forme par le biais d'achats, de dépôts* et de dons de cinéastes amateurs ou professionnels qui déposent leur matériel technique en plus de leurs films, de particuliers, d'entreprises de production et de distribution de films, de cinémas lors du passage au film numérique, ou encore de professionnels du domaine. Un sommaire inventaire accompagnait cette collection⁶.

³ Cinémathèque suisse, 2014 [En ligne], p. 5

⁴ Cinémathèque suisse, 2014 [En ligne], p. 4

⁵ Bissegger, Thomas, 2019

⁶ Bissegger, Thomas, 2019

En 2010, le projet d'agrandissement du site de Penthaz a mené à la réalisation d'un inventaire complet et d'une campagne photographique avant de déplacer la collection dans des dépôts externalisés⁷.

Pour la majorité, les appareils ne sont pas destinés à être remis en fonction, hormis pour les plus récents post années 1980, certains projecteurs pouvant être utilisés pour la diffusion de films à la Cinémathèque. L'institution prête régulièrement des appareils à d'autres établissements dans le cadre d'expositions⁸.

1.2 Corpus d'étude

Huit appareils cinématographiques⁹ ont été sélectionnés afin de former un corpus d'étude de référence représentatif de la collection, permettant d'y localiser et d'y étudier les matériaux dangereux. Il s'agit d'appareils de projection, pour les salles de cinéma ou le foyer, auxquels ont été adjoints leurs accessoires électriques, ces derniers étant également concernés par la problématique. Ils sont répertoriés dans le Tableau 1 : Appareils formant le corpus d'étude. Ils ont été choisis selon la méthode¹⁰ détaillée en annexes.

Numéro d'inventaire	Provenance	Typologie d'appareil	Modèle	Format*	Date
27318	Berne	Projecteur de salle	Cinématographe Pathé Gaumont et son redresseur à mercure	35 mm	1920's
485	Penthaz	Projecteur domestique	Acme portable projector	35 mm	1920's
TBAL.01 ¹¹ TBAL.02 TBAL.03	Penthaz	Projecteur domestique	- Pathé Baby Super Type G, - Rhéostat	9.5 mm	1926

⁷ Bissegger, Thomas, 2019

⁸ Bissegger, Thomas, 2019

⁹ Voir Annexe 4 Fiches objets p.81

¹⁰ Voir Annexe 10.1 Méthode, p. 68

¹¹ En accord avec le maître de stage, des numéros d'inventaire provisoires ont été donnés aux objets n'en étant pas munis, soit car il s'agit d'arrivages récents, soit car il s'agit de doublons d'appareils déjà inventoriés. (TBAL = Travail de Bachelor Alexandra Lefebvre).

Numéro d'inventaire	Provenance	Typologie d'appareil	Modèle	Format*	Date
TBAL.04			réglable lampe, - Rhéostat réglable double moteur - Transformateur		
TBAL.05	Penthaz	Projecteur de salle	Bauer M7	35 mm	1928
1100	Penthaz	Projecteur de salle	Ernemann IV	35 mm	1937
2140	Penthaz	Projecteur domestique	Siemens 2000	16 mm	1954
768	Penthaz	Projecteur de salle	Micron 18	16 mm	1958
TBAL.06	Penthaz	Projecteur domestique	Bauer T 600	Super 8	1977

Tableau 1 : Appareils formant le corpus d'étude

2 Caractéristiques, toxicologie et normes des matériaux dangereux

2.1 Amiante

2.1.1 Nature et propriétés

L'amiante est un matériau naturel minéral, d'aspect fibreux et cristallin, extrait des roches métamorphiques*¹². Également connu sous le nom « asbeste », venant du latin « asbestos » qui signifie incombustible, ce matériau provient de deux familles de roches :

- Les roches serpentines, comportant une variété d'amiante appelée chrysotile, de couleur blanche ;
- Les roches amphiboles, comportant cinq variétés d'amiante : la trémolite, l'anthophyllite, l'actinolite, l'amosite, et la crocidolite. Parmi celles-ci, l'amiante amosite, de couleur brune et l'amiante crocidolite, de couleur bleue, ont été les plus utilisées.

Ces variétés d'amiantes ont pour point commun d'être majoritairement composées d'atomes de silicium (Si) et d'oxygène (O) dont la structure est tétraédrique* (SiO₄). Ce qui les différencie est le

¹² Echinard, Jane, non daté, p. 2 [En ligne]

fait que d'autres atomes se combinent avec les atomes d'oxygène, comme le fer (Fe), le sodium (Na) ou encore le magnésium (Mg), ainsi que la taille de leurs fibres¹³, qui est 400 à 2000 fois plus petite qu'un cheveu humain¹⁴. En effet, les fibres d'amiante ont la capacité de se diviser dans le sens de la longueur et de former des fibrilles, de dimensions encore plus réduites¹⁵. Le Tableau 2 ci-dessous met en évidence les caractéristiques propres à chacune.

Famille	Serpentine	Amphiboles	
Variété	Chrysotile	Amosite	Crocidolite
Couleur	Blanc	Brun	Bleu
Longueur maximale des fibres	40 mm	70 mm	70mm
Diamètre des fibrilles	0.02 µm	0.1 µm	0.08 µm
Atome(s) associé(s) à la structure de base SiO ₄ de l'amiante	Magnésium (Mg)	Magnésium (Mg), Fer (Fe)	Fer (Fe), Sodium (Na)
Formule chimique ¹⁶	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	(Fe,Mg) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	Na ₂ (Fe ₊₊₊ Fe ₊₊₊)Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂

Tableau 2 : Caractéristiques des trois principales variétés d'amiante¹⁷ ©INRS

L'amiante est caractérisé par plusieurs propriétés physiques et chimiques. En effet, sa faible conductivité thermique, électrique et acoustique en fait un excellent isolant¹⁸. C'est un matériau résistant au feu et par conséquent incombustible¹⁹. Il présente une résistance mécanique, ainsi qu'une certaine élasticité. L'amiante est également imputrescible²⁰ et résistant à la corrosivité des produits chimiques. Enfin, c'est un matériau de faible coût qui peut être tissé et filé²¹, mais aussi aisément mélangé à des résines ou des ciments²².

¹³ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 4

¹⁴ Echinard, Jane, non daté, p. 2 [En ligne]

¹⁵ SUVA, 2016, [En ligne], p. 4

¹⁶ Canu, Emanuele, *et al.*, 2007, [En ligne], p.15

¹⁷ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 4

¹⁸ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 5

¹⁹ Echinard, Jane, non daté, p. 2 [En ligne], p. 2

²⁰ Echinard, Jane, non daté, p. 2 [En ligne], p. 2

²¹ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 5

²² SUVA, 2016, [En ligne]

2.1.2 Histoire

L'extraction d'amiante est pratiquée depuis l'Antiquité jusqu'au XVIème siècle de manière épisodique. Les premières mines sont découvertes au XVIIème siècle. Cependant, c'est dès 1860 que son exploitation devient industrielle et commerciale : son utilisation devient croissante. L'amiante est ainsi employé pour ses propriétés dans les matériaux de construction tels que le fibrociment, les colles de carrelage, les mastics de vitrage, les revêtements de sol synthétiques et les matériaux d'isolation ou encore le matériel de laboratoire, l'automobile, les appareils ménagers et les appareils cinématographiques²³. On en fait même des rideaux dans les cinémas²⁴. Dès 1975, son utilisation décroît, en concomitance avec les directives de protection des travailleurs et de limitation d'exposition aux matériaux amiantés²⁵, jusqu'à son interdiction en Suisse en 1990²⁶. Cependant, depuis le 1^{er} juin 2019, la Suisse a ré-autorisé l'utilisation d'amiante serpentinite dans le cadre de travaux de réparation ou de restauration, dans le cas où aucun autre matériau ne convienne pour des raisons esthétiques, malgré le veto de la Ligue suisse contre le cancer²⁷.



Figure 1 : Publicité pour des rideaux amiantés ©Mannoni Laurent

²³ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 11

²⁴ Mannoni, Laurent, 2019

²⁵ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 11

²⁶ Association suisse des consultants d'amiante, 2016, [En ligne], p. 4

²⁷ RTN, 2019, [En ligne]

2.1.3 Aspects toxicologiques

La plupart des supports amiantés libèrent des fibres en très grand nombre²⁸ et leurs dimensions microscopiques les rendent invisibles dans les poussières atmosphériques²⁹. Ces paramètres font que les fibres peuvent aisément être inhalées et se loger dans les alvéoles pulmonaires, le péritoine et la plèvre et y rester plusieurs décennies³⁰. Elles peuvent alors engendrer des maladies respiratoires graves à la suite de faibles expositions, bien qu'une exposition répétée puisse augmenter le risque de maladie³¹. Plus les fibres sont petites, longues et fines, plus elles s'encrent dans l'appareil respiratoire et interagissent avec les tissus, pouvant y générer des lésions et perturber la division cellulaire. L'organisme ne peut les éliminer que partiellement³².

L'amiante peut alors engendrer des plaques pleurales³³, qui consistent en un épaissement fibreux bénin de la plèvre pariétale³⁴. Elle est aussi responsable de l'asbestose, une maladie évolutive des poumons pouvant générer des insuffisances respiratoires, ainsi que du cancer des poumons³⁵, qui consiste en la prolifération d'une tumeur sur un tissu de l'organisme³⁶. Un mésothéliome³⁷, qui est une tumeur maligne de la plèvre - une membrane protectrice autour des poumons - et du péritoine - une membrane qui recouvre les organes abdominaux - peut également survenir et se propager sous forme de métastases sur d'autres parties du corps³⁸. Ces maladies se déclarent entre 15 et 40 ans après l'exposition³⁹. Chaque année en Suisse, 120 personnes meurent d'un mésothéliome induit par une exposition à l'amiante⁴⁰. Ces quatre maladies liées à l'amiante sont reconnues comme maladies professionnelles selon la loi fédérale suisse sur l'assurance-accidents et sont prises en charge comme telles⁴¹.

²⁸ République et canton de Genève, non daté, [En ligne], p. 4

²⁹ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 2

³⁰ SUVA, 2016, [En ligne], p. 4

³¹ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 2

³² Ligue suisse contre le cancer, non daté, a, [En ligne]

³³ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 14

³⁴ Ban asbestos France, 2007, [En ligne]

³⁵ SUVA, 2016, [En ligne], p. 5

³⁶ Ligue suisse contre le cancer, non daté, b, [En ligne]

³⁷ Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018, p. 14

³⁸ Société canadienne du cancer, 2019, [En ligne]

³⁹ CDS Ingénieurs, 2015, [En ligne], p. 15

⁴⁰ RTN, 2019, [En ligne]

⁴¹ Le Conseil fédéral, 2017, [En ligne]

2.1.4 Institutions compétentes et normes

L'**Office fédéral de la santé publique** (OFSP) est responsable de la politique nationale de la santé et est responsable de l'assurance accident. Elle comporte la **Division des produits chimiques**, qui évalue les effets de ceux-ci sur la santé, et met en avant leur utilisation adéquate⁴².

L'**Office fédéral de l'environnement** (OFEV) est l'autorité compétente au niveau environnemental. Au niveau cantonal, le **Service de l'environnement et de l'énergie** de la **Direction générale de l'environnement** (DGE) est compétent au niveau toxicologique.

La **SUVA** régit la prévention, l'assurance et le soutien des victimes dans le cadre des accidents et des maladies professionnelles.

Le **Forum Amiante Suisse** (FACH) est une plateforme commune à ces l'OFSP, l'OFEV et la SUVA qui informe sur les risques sanitaires, les dispositions légales et les organes compétents⁴³.

L'**Association Suisse des Consultants Amiante** (ASCA) regroupe des professionnels conseillant et proposant des services liés⁴⁴.

CRIDEC SA est une entreprise de valorisation des déchets spéciaux⁴⁵.

L'exposition liée à l'activité professionnelle et sociale est celle qui concerne les institutions patrimoniales, puisque la santé des collaborateurs est concernée. En Suisse, la valeur moyenne d'exposition* (VME) est de 0.01 fibre d'amiante/mL, soit 10 000 fibres/m³. Cependant, pour les postes de travail où il n'est pas obligatoire de travailler auprès d'amiante, celle-ci est de 0.001 fibre d'amiante/mL, soit 1000 fibres/m³⁴⁶.

2.2 Mercure

2.2.1 Nature et propriétés

L'élément mercure est un métal que l'on retrouve dans la 12^{ème} période du tableau périodique sous le nom « Hg »⁴⁷, portant le numéro atomique 80⁴⁸. Il est principalement issu d'un minerai, le cinabre, qui est un sulfure de mercure⁴⁹. Le mercure peut prendre trois formes. Le mercure élémentaire est la

⁴² DFI, non daté, [En ligne]

⁴³ Forum Amiante Suisse, non daté, [En ligne]

⁴⁴ Association Suisse des Consultants Amiante, non daté, [En ligne]

⁴⁵ CRIDEC, 2017, [En ligne]

⁴⁶ SUVA, non daté, p.16

⁴⁷ Tarchini, Antonin, 2006, p.24

⁴⁸ Gouvernement du Canada, 2013, [En ligne]

⁴⁹ Tarchini, Antonin, 2006, p.15

forme métallique du mercure, présentant un aspect argenté à la surface miroitante. Il est liquide à température ambiante. C'est sous cette forme qu'on le retrouve dans les objets techniques. Ensuite, les composés du mercure sont la combinaison entre le mercure élémentaire et d'autres éléments (oxygène, etc.). Puis les amalgames, qui sont des alliages métalliques entre le mercure et d'autres métaux.



Figure 2 : Mercure élémentaire ©Centreantipoison.be

Concernant ses propriétés, le mercure élémentaire est le seul métal à l'état liquide à 0°C en raison de son point de fusion bas. C'est aussi un métal relativement lourd : un litre de mercure pèse 13.6 kg⁵⁰. Bien que liquide, le mercure ne mouille pas les surfaces en raison de sa tension superficielle très élevée. Ainsi lorsqu'il est versé sur un substrat, celui-ci forme des billes de diamètre variable, parfois microscopique⁵¹. Il peut générer des vapeurs incolores et inodores, dès -40°C. Sa vaporisation est plutôt lente à température ambiante, mais triple dès 40°C⁵². Son état liquide à température ambiante et sa conductivité font qu'il est utilisé en électronique ainsi qu'en électricité⁵³.

2.2.2 Histoire

Le mercure est utilisé sous sa forme minérale (cinabre) dès le Néolithique comme pigment. Dès l'Antiquité, son amalgamation est mise à profit pour la purification de l'or ou la fabrication de miroirs. Il est aussi employé dans les peintures murales, pour décorer des objets ou encore par les Incas pour le tatouage⁵⁴. Au Moyen-Âge, les alchimistes tentent de le transformer en or⁵⁵. Il est exploité sous sa forme métallique dans les mines dès l'Antiquité et de manière grandissante dès le XVIème siècle,

⁵⁰ Sénat, 2019, [En ligne]

⁵¹ Tarchini, Antonin, 2006, p. 24

⁵² Tarchini, Antonin, 2006, p.25

⁵³ Tarchini, Antonin, 2006, p.35

⁵⁴ Tarchini, Antonin, 2006, p.15

⁵⁵ Tarchini, Antonin, 2006, p.21

d'abord par amalgamation, distillation puis évaporation⁵⁶. Il est aussi utilisé pour le fonctionnement d'objets techniques, de la sphère armillaire en passant par le baromètre ou le thermomètre⁵⁷. Sa toxicité semble connue depuis l'Antiquité, au vu du nombre d'intoxications et de décès croissant avec son utilisation minière et industrielle. Des mesures sont progressivement mises en place au XXème siècle, et le mercure est pour la première fois reconnu comme substance toxique en 1973 aux Etats-Unis. Son utilisation est alors limitée et le mercure remplacé, décroissant ainsi progressivement⁵⁸.

2.2.3 Aspects toxicologiques

Le mercure est toxique, écotoxique et reprotoxique quelle que soit sa forme. Sous sa forme élémentaire, c'est lorsqu'il se vaporise qu'il peut être inhalé par les individus, et demeurer à 80% dans le corps humain pour se diffuser dans le sang et atteindre les organes. L'ingestion immédiate ou progressive d'une grande quantité de mercure peut entraîner une intoxication, dont les symptômes sont la fatigue, l'instabilité émotionnelle ou encore le tremblement. Il est en effet extrêmement préjudiciable pour le système nerveux. Le mercure peut aussi être fatal, en provoquant œdèmes cérébraux, insuffisances respiratoires ou encore arrêts cardiaques. Il peut également provoquer des réactions cutanées sévères⁵⁹. Déversé dans la nature, il se retrouve ainsi dans la chaîne alimentaire de par sa grande solubilité dans l'eau⁶⁰. Il est à noter que le mercure élémentaire est incompatible avec certains matériaux (nitrate, dioxyde de chlore, acide peroxyformique), pouvant engendrer des explosions. Il a aussi la particularité de dissoudre de nombreux métaux, formant conséquemment des amalgames (cuivre, bronze, zinc, argent, étain, plomb, or, etc.).⁶¹

2.2.4 Institutions compétentes et normes

En Suisse, l'**OFSP** et la **Division des produits chimiques**, l'**OFEV**, le **Service de l'environnement et de l'énergie** de la **Direction générale de l'environnement, CRIDEC AG** et la **SUVA** sont compétents pour les mêmes raisons que celles citées pour les matériaux amiantés.

La VME au mercure sous forme de vapeur est de 0.05mg/m³ ⁶².

⁵⁶ Tarchini, Antonin, 2006, p.16

⁵⁷ Tarchini, Antonin, 2006, p.21

⁵⁸ Tarchini, Antonin, 2006, p.40-41

⁵⁹ Tarchini, Antonin, 2006, p.45

⁶⁰ Tarchini, Antonin, 2006, p.44

⁶¹ Tarchini, Antonin, 2006, p.47

⁶² Suva Pro, 2016, p.90

2.3 Biphényles polychlorés

2.3.1 Nature et propriétés

Les biphényles polychlorés (BPC), ou polychlorobiphényles (PCB), sont un groupe de 209 composés chimiques⁶³ présents en concentrations variables dans les mélanges techniques. Ce sont des liquides huileux jaunâtres, à forte odeur aromatique, dont le poids est 1.2 à 1.6 fois supérieur à celui de l'eau⁶⁴.

Ils sont commercialement connus sous le nom générique de pyralène⁶⁵, mais ont aussi été lancés sur le marché mondial sous des noms tels que ceux nommés dans le tableau suivant.

Dénominations commerciales des huiles contenant des PCB		
Aroclor	Delortherm	No Flamol
Askarel	Tétrachlorure de diphényle	Phenoclor
Clophène	Elaol	Pyralène
Chemiko	Fenclor	Pyranol
Chlorodiphényle	Hydelor	Santotherm
Delor	Kanechlor	Sovol

Tableau 3 : Dénominations commerciales des PCB⁶⁶ ©Chemsuisse, 2011

Les PCB sont des produits de synthèse de nature organique*, c'est-à-dire qu'ils sont issus d'un matériau naturel qui a subi des modifications par l'Homme. De formule chimique $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$, avec n étant compris entre 1 et 10⁶⁷, les PCB sont des isomères, c'est-à-dire des composés ayant la même formule chimique de base, mais détenant des propriétés différentes liées à l'agencement variable des atomes dans la molécule. Ici, n est compris entre 1 et 10 car il existe plusieurs degrés de chloration des PCB, qui selon le nombre et la position des atomes de chlore confère des propriétés physiques différentes aux 209 PCB⁶⁸. Leur structure chimique se constitue ainsi de deux phényles formant un biphényle, chaque phényle pouvant comporter jusqu'à cinq atomes de chlore⁶⁹. Chaque PCB est numéroté de 1 à 209 selon la nomenclature de l'Union internationale de chimie pure et appliquée⁷⁰.

⁶³ Etat de Fribourg, non daté, [En ligne], p. 1

⁶⁴ Chemsuisse, non daté, [En ligne], p. 1

⁶⁵ Futura Maison, 2019, [En ligne]

⁶⁶ Chemsuisse, non daté, [En ligne], p.16

⁶⁷ INERIS, 2011, [En ligne], p. 3

⁶⁸ INERIS, 2011, [En ligne], p.3

⁶⁹ Etat de Fribourg, non daté, [En ligne], p. 1

⁷⁰ INERIS, 2011, [En ligne], p. 3

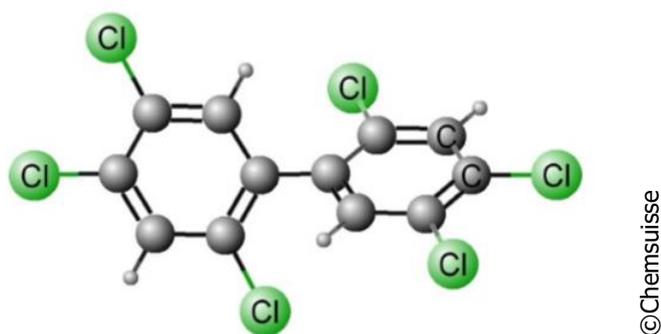


Figure 3 : Deux phényles formant un biphenyle (gris) chaque phényle portant jusqu'à 5 atomes de chlore (Cl, vert)

Concernant leurs propriétés physico-chimiques, ils sont insolubles dans l'eau et très stables à la chaleur, ne se décomposant qu'à une température supérieure à 1000°C. Ils sont également peu sensibles aux oxydants, acides et bases, de par leur inertie chimique. Ils ont la capacité d'altérer certains polymères, notamment le caoutchouc, en les ramollissant ou en les dissolvant⁷¹.

2.3.2 Histoire

Les propriétés isolantes des PCB intéressent les chimistes dès le début du XX^{ème} siècle⁷². Ils sont ainsi utilisés dès 1929⁷³ en tant que plastifiants dans les masses d'étanchéité des joints de dilatation en béton, dans les peintures, les vernis et les revêtements anticorrosion, où ils apportent une élasticité sur le long terme. Dans le domaine électrotechnique, ils sont également utilisés en tant que fluides diélectriques*, isolants et de refroidissement dans les condensateurs et les transformateurs⁷⁴, que l'on retrouve dans les appareils cinématographiques.

Les PCB sont majoritairement produits aux Etats-Unis par l'entreprise Monsanto, qui a élaboré leur système de production industriel ainsi qu'en Eurasie par l'Autriche, l'ex-Tchécoslovaquie, la France, l'Allemagne, l'Italie, l'Espagne et le Royaume-Uni, l'ex-URSS, la Chine et le Japon⁷⁵.

Ils sont employés en Suisse entre 1929 et 1986. Leur utilisation est réduite aux systèmes fermés dès 1972, puis entièrement interdite en 1986⁷⁶.

⁷¹ Wikipédia, 2019, b, [En ligne]

⁷² Wikipédia, 2019, b, [En ligne]

⁷³ Chemsuisse, non daté, [En ligne], p. 1

⁷⁴ VABS-ASCA, 2019, [En ligne], p. 2

⁷⁵ Wikipédia, 2019, b, [En ligne]

⁷⁶ République et canton de Genève, non daté, [En ligne], p. 6

2.3.3 Aspects toxicologiques

La toxicité des PCB est liée à leur faible biodégradabilité dans l'environnement et à leur liposolubilité. Ces polluants* se dispersent ainsi dans la nature (air, sol, eau)⁷⁷, comme dans les tissus adipeux des mammifères et des poissons, se retrouvant ainsi dans la chaîne alimentaire⁷⁸. Conséquemment, ils se logent chez les Hommes⁷⁹. Ils font ainsi partie des 10 polluants organiques les plus persistants⁸⁰.

Dans le domaine technique, un court-circuit, un incendie ou l'explosion d'un appareil contenant des PCB suite à une surchauffe, peuvent mener au dégagement de composés extrêmement toxiques (dioxines*) qu'il n'est possible d'assainir qu'avec une intervention de spécialistes se mesurant en centaine ou milliers de francs⁸¹.

De même, ils peuvent être ingérés par inhalation ou par contact avec la peau. En cas d'exposition répétée, ils peuvent endommager le système nerveux central et le système immunitaire, mais aussi avoir des conséquences sur l'équilibre hormonal, agissant comme des perturbateurs endocriniens⁸².

En 1976, à Soveso⁸³ en Italie, un réacteur dysfonctionnel dans une usine de produits chimiques libère un nuage de dioxines. Ce dernier a des conséquences terribles : 358 hectares contaminées menant à la destruction de récoltes, de bétail et de petits animaux, mais aussi 450 victimes souffrant de lésions de la peau et des interruptions de grossesse⁸⁴.

2.3.4 Institutions compétentes et normes

En Suisse, l'**OFSP** et la **Division des produits chimiques**, l'**OFEV**, le **Service de l'environnement et de l'énergie** de la **Direction générale de l'environnement, CRIDEC AG** et la **SUVA** sont compétents pour les mêmes raisons que celles citées pour l'amiante et le mercure.

⁷⁷ Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, [En ligne], p. 2

⁷⁸ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 2

⁷⁹ Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, [En ligne], p. 2

⁸⁰ Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, [En ligne], p. 2

⁸¹ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 2

⁸² Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 2

⁸³ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 2

⁸⁴ Le Parisien, 2016, [En ligne]

L'**ASCA** est également compétente pour le repérage des PCB dans les bâtiments notamment. La VME n'est pas connue dans la littérature⁸⁵.

2.4 La radioactivité

2.4.1 Nature et propriétés

La radioactivité est un phénomène naturel propre à certains atomes dont le noyau est instable. La matière vise un état énergétique stable. Pour cela, les noyaux instables dits « radionucléides » se transforment en générant des rayonnements et des particules. Ce phénomène est nommé « désintégration » et sa vitesse varie selon le radionucléide concerné⁸⁶. Il existe des sources naturelles de rayonnement (cosmique, isotopes* naturels comme le potassium 40, composant radioactif du corps humain) et des sources artificielles (traitements médicaux, centrales à énergie nucléaire, essais d'armes nucléaires)⁸⁷. Cependant, ceux-ci présentent les mêmes propriétés. Plusieurs types de rayonnements sont émis par les radionucléides. Les rayonnements alpha et bêta sont liés aux électrons, tandis que les rayonnements gamma à une lumière de haute énergie. L'unité de mesure de la dose de rayonnement ionisant est le Sievert (Sv) mais le Millisievert (mSv, millième de sievert) est plus couramment utilisé car plus petit et adapté aux doses communes. La demi-vie est une notion qui exprime le temps s'écoulant jusqu'à ce que la moitié d'une quantité initiale d'atomes instables se désintègre, et conséquemment le temps que le rayonnement radioactif diminue de moitié. Chaque isotope a sa demi-vie⁸⁸. Par exemple, celle du thorium 232 est de 14 milliards d'années⁸⁹.

2.4.2 Histoire

Le phénomène a été découvert dès la fin du XIX^{ème} siècle par les travaux successifs de plusieurs scientifiques. En 1896, Henri Becquerel lors de travaux sur la phosphorescence, découvre les rayons ionisants, c'est-à-dire produisant des charges électriques en traversant l'air. En 1897, J.J Thomson découvre que les électrons sont des parties constitutives essentielles des atomes. En 1898, Pierre et Marie Curie découvrent le polonium et le radium et apposent le terme « radioactivité » aux rayons émis par le radium, le thorium, ou encore l'uranium. En 1899, les rayons alpha et bêta sont découverts et l'année suivante, les rayons gamma. En 1908 est inventé le compteur Geiger-Müller pour détecter la radioactivité alpha et en 1910, la masse atomique du radium métallique est découverte. L'existence des isotopes et le modèle de l'atome se construisent également à cette

⁸⁵ SUVA, 2016, [En ligne], p.49

⁸⁶ Daval, Marion, 2012, p.33

⁸⁷ Daval, Marion, 2012, p.33-34

⁸⁸ Kernenergie, 2018, [En ligne]

⁸⁹ Universalis, 2019, [En ligne]

période. En 1934, la radioactivité artificielle est découverte et quelques années plus tard, le phénomène de fission qui mènera aux travaux sur la bombe atomique⁹⁰. Le radium fascine et semble soigner tous les maux dans l'imaginaire collectif. Il se retrouve dans de nombreux produits, comme les bains thermaux enrichis au radium, les crèmes de beauté ou encore les traitements médicaux. Aussi, la luminescence des sels de radium est mise à profit sur les aiguilles des montres⁹¹.

2.4.3 Aspects toxicologiques

Il est naturel que les cellules meurent et soient remplacées par d'autres, sous l'exposition à des rayonnements ionisants faibles. Dans le cas où la dose de rayonnements est élevée, le nombre de cellules mortes augmente et le corps ne parvient pas à les remplacer. Au-dessus de 0.5 Sv, l'irradiation génère des effets croissant selon la dose, allant de la lésion, à des vomissements, à une maladie du sang et des muqueuses, jusqu'au décès. Mais utilisés de manière contrôlée en radiothérapie, les rayonnements peuvent tout à fait être bénéfiques dans le soin du cancer⁹². La dose annuelle pour les travailleurs non spécialisés en radioactivité, comme le personnel d'institutions patrimoniales, est de 1 mSv par an⁹³.

2.4.4 Institutions compétentes et normes

L'**OFSP** est l'autorité compétente pour la gestion des risques radiologiques au niveau environnemental ainsi que pour la délivrance d'autorisations aux lieux publics. Elle participe à la légifération autour de la radioactivité⁹⁴.

La **SUVA** gère l'assurance, la prévention et la réadaptation des personnes en activité et notamment le risque professionnel lié à la radioactivité. Elle assure la surveillance dans les entreprises et dispense des formations⁹⁵.

Le **Centre de compétence Radioprotection** est un laboratoire interne à l'Office fédéral de la protection de la population. Il travaille en collaboration avec l'armée sur les questions de risques atomiques et gère le matériel militaire en lien. Il est mandaté par l'OFSP pour surveiller la radioactivité environnementale.

La **Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (NAGRA)** gère les déchets radioactifs provenant de particuliers ou de l'industrie nucléaire.

⁹⁰ Musée Curie, 2019, [En ligne]

⁹¹ Daval, Marion, 2012, p. 22,25,26

⁹² Daval, Marion, 2012, p.42

⁹³ Daval, Marion, 2012, p.51

⁹⁴ Daval, Marion, 2012, p. 49

⁹⁵ Daval, Marion, 2012, p. 50

3 Etude du corpus d'appareils

3.1 Descriptif technique des appareils

Afin de faciliter la compréhension technique et fonctionnelle des appareils, mais aussi pour appréhender aisément la localisation des matériaux dangereux dans ceux-ci, des fiches objets ont été réalisées pour chaque appareil du corpus d'étude. En effet, technicité, fonction et présence de ces matériaux sont intrinsèquement liés puisque les propriétés des matériaux permettent de répondre aux besoins techniques des appareils. Conséquemment, la mise en fonction des appareils peut altérer les matériaux.

Chaque fiche se compose d'une notice de l'appareil, de la description écrite et illustrée de son fonctionnement ainsi que d'une signalisation visuelle de l'amiante, du mercure, des PCB et de la radioactivité. L'Annexe 4 : Fiches objets en page 81 les regroupe dans l'ordre chronologique d'apparition des appareils.

Toutefois, ce chapitre synthétisera l'ensemble des informations sur la localisation de l'amiante, du mercure des PCB et de la radioactivité dans les appareils cinématographiques, de même que les différentes formes que prennent ces matériaux et sur quelle temporalité on les retrouve.

3.2 L'amiante dans les appareils

3.2.1 Localisation

Les observations réalisées montrent que l'on trouve de l'amiante dans les appareils de projection dès la fin du XIX^{ème} siècle jusqu'aux années 1960. L'objet le plus ancien dans lequel a été observé de l'amiante est une triple lanterne de projection datée de 1886 et conservée à la Cinémathèque française⁹⁶.

⁹⁶ Observation réalisée le 31.04.2019 à la Cinémathèque Française, avec M. Laurent Mannoni



Figure 4 : Triple lanterne de projection « The Noakes' Triple » contenant de l'amiante⁹⁷ ©Cinémathèque française

On peut constater que la présence d'amiante dans les appareils de projection cinématographique est intrinsèquement liée à la nature des supports filmiques et des sources lumineuses. En effet, le film en nitrate de cellulose est le premier support souple commercialisé par la firme Eastman Kodak Company en 1889⁹⁸. Malgré d'excellentes propriétés physiques, ce support souffre d'instabilité chimique et de haute inflammabilité⁹⁹. Il demeure le support principal jusqu'en 1951 où le support acétate devient obligatoire¹⁰⁰.

De même, l'arc électrique à charbon est utilisé dès la seconde moitié du XIXème siècle pour la projection lumineuse d'abord, puis pour la projection cinématographique¹⁰¹. Inventé en 1811 par Sir Humphrey Davy¹⁰², le principe de la lampe à arc est de produire de la lumière grâce à une source d'électricité, sous la forme d'un arc électrique. Ce dernier consiste en une décharge entre deux bâtons de charbon écartés de quelques millimètres, par le transfert d'électrons provenant du charbon négatif (inférieur, usé en forme de pointe) vers le charbon positif (supérieur, usé en forme de cratère)¹⁰³. On trouve des lampes à arc dans les lanternes des projecteurs cinématographiques de salle, nécessitant une plus grande puissance lumineuse que les projecteurs domestiques. L'arc électrique au carbone

⁹⁷ La Cinémathèque française, 2014, b, [En ligne]

⁹⁸ Knapp, Tony et Vogt-O'Connor, Diane, 2004, p. 1

⁹⁹ Eastman Kodak Company, 2006, p. 1

¹⁰⁰ Eastman Kodak Company, 2006, p. 1

¹⁰¹ Mannoni, Laurent, non daté, [En ligne], p. 3

¹⁰² Mémoire de l'Électricité du Gaz et de l'Éclairage public, 2017, [En ligne]

¹⁰³ Mannoni, Laurent, non daté, [En ligne], p.3

dégage une chaleur pouvant atteindre 3600°C¹⁰⁴. Les lampes à arc électrique au carbone sont utilisées jusque dans les années 1980, de manière décroissante¹⁰⁵, étant progressivement remplacées par les lampes à arc au xénon*, plus durables et dégageant une température bien inférieure, d'environ 200°C¹⁰⁶.

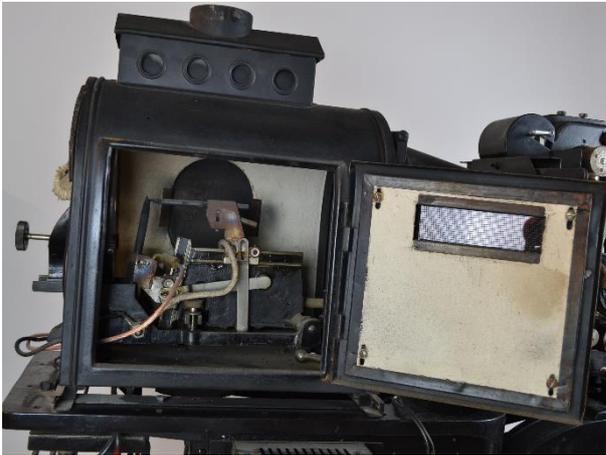


Figure 5 : Lampe à arc dans sa lanterne, projecteur Ernemann IV Figure 6 : Arc électrique entre deux charbons
©Wikipédia

On trouve également dans les lanternes de projection de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle et dans les projecteurs du début du XX^{ème} siècle¹⁰⁷, des lampes oxyhydriques à bâtons de chaux¹⁰⁸. C'est d'ailleurs le cas de la triple lanterne amiantée présentée un peu plus haut. Un bâton de chaux est alors porté à incandescence par la flamme d'un chalumeau, dont la source est un mélange d'oxygène et d'hydrogène¹⁰⁹. La température émise atteint 1710°C¹¹⁰.

¹⁰⁴ Edison Tech Center, 2016, [En ligne]

¹⁰⁵ Edison Tech Center, 2016, [En ligne]

¹⁰⁶ Ushio France, non daté, [En ligne]

¹⁰⁷ Mannoni, Laurent, non daté, [En ligne], p.43

¹⁰⁸ Mannoni, Laurent, 2019

¹⁰⁹ Mannoni, Laurent, non daté, [En ligne], p.43

¹¹⁰ Féry, Ch. et Chéneveau, Ch., 1910, [En ligne], p.406

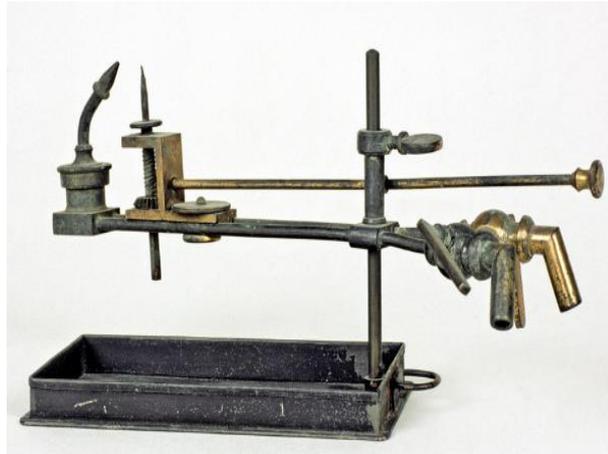


Figure 7 : Lampe oxyhydrique à bâton de chaux¹¹¹ @Cinémathèque française

Ainsi, l'amiante peut être présent près des sources de chaleur, tapissant les lanternes de projection d'appareils munis de lampe oxyhydrique ou de lampe à arc. Dans le cas des lampes à arc, il s'agit surtout des appareils de salle projetant du film nitrate. Des rideaux d'amiante étaient parfois fixés à l'arrière des lanternes. Concernant les appareils domestiques, l'amiante peut y être présente en tant que revêtement intérieur de l'appareil, surtout dans les projecteurs du début du XX^{ème} siècle au support nitrate. Ainsi, on en retrouve jusqu'au cours des années 1950.



Figure 8 : Amiante dans une lampe à arc, Bauer M7, 1928

Figure 9 : Rideau d'amiante, Ernemann IV, 1937

Figure 10 : Amiante tapissé et plaque d'amiante dans la lanterne d'un projecteur domestique, Acme, 1920

On peut également en trouver dans les carters des projecteurs et en revêtement extérieur ou intérieur de câbles électriques dans les lanternes ou les boîtiers électriques. Le matériau a également été

¹¹¹ La Cinémathèque française, 2014, a, [En ligne]

identifié dans les interrupteurs de lampes à arc, fixés sous les lanternes ainsi que dans certaines résistances¹¹², ce qu'ont mis en évidence les analyses au microscope électronique à balayage.



Figure 11 : Câble amianté dans la lanterne, Ernemann IV, 1937

Figure 12 : Carter amianté, Bauer M7, 1928

Figure 13 : Support amianté et câble à l'intérieur amianté dans un boîtier électrique, Acme Portable Projector, 1920

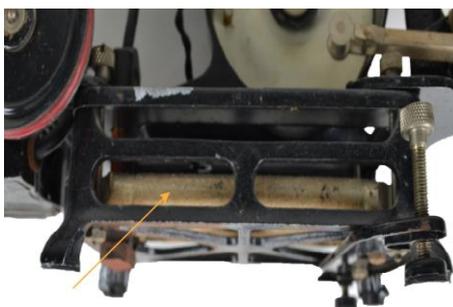


Figure 14 : Amiante dans une résistance, Pathé Baby Super, 1926

Une diminution progressive de la présence d'amiante dans les appareils se constate au fil du XX^{ème} siècle, notamment à cause de l'évolution du support film qui passe du nitrate, à l'acétate (dit film de sécurité) puis au polyester.

3.2.2 Forme et fonction

Plusieurs types de matériaux amiantés peuvent être observés dans les appareils cinématographiques. Ils présentent tous une couleur blanchâtre, sauf exception mentionnée.

L'amiante en feuille ou en plaque est constitué d'amiante faiblement aggloméré. Il est utilisé comme isolant thermique¹¹³. Visuellement, il se présente sous la forme d'une plaque dont l'épaisseur varie entre 3 et 5 mm¹¹⁴ et dont les angles montrent une constitution faite de plusieurs feuilles. Sa

¹¹² Voir Annexe 3 Tests et analyses, p.75 1/Microscope électronique à balayage, résultats 4 et 6

¹¹³ Echinard, Jane, non daté, [En ligne], p.3

¹¹⁴ Observation réalisée sur les appareils.

faible agglomération fait que le matériau a un aspect très fibreux. Ce matériau peut se trouver dans un support en tôle repliée sur lequel il peut aussi être vissé, ou alors être uniquement fixé avec des attaches parisiennes.



Figure 15 : Aspect fibreux d'une plaque d'amiante

Figure 16 : Constitution en feuilles

L'**amiante tissé ou tressé** est constitué d'amiante pur¹¹⁵ faiblement aggloméré¹¹⁶. Il est utilisé comme isolant thermique ou électrique. Il prend la forme d'un textile au maillage régulier plus ou moins épais selon les supports qui le rend reconnaissable. En fine épaisseur, il peut être collé ou vissé sur un support en tôle replié dans l'enceinte d'une lanterne par exemple¹¹⁷ ou placé dans un interrupteur de lampe à arc comme isolant électrique. Sous la forme d'un rideau, il peut être directement vissé sur une lanterne. Enfin, il est également visible autour et dans les câbles électriques en tant que gaine isolante.



Figure 17 : Rideau d'amiante tissé, Ernemann IV, 1937

¹¹⁵ Echinard, Jane, non daté, [En ligne], p.3

¹¹⁶ Polludoc, 2018, [En ligne], p. 1

¹¹⁷ Echinard, Jane, non daté, [En ligne], p.3

Figure 18 : Cordon électrique d'amiante tressé, Ernemann IV, 1937



Figure 19 : Amiante tissé, Bauer M7, 1928

L'**amiante fortement aggloméré** prend l'aspect d'un carton¹¹⁸ au rainurage régulier et peu marqué. Il peut être blanc ou présenter un revêtement coloré imprimé. Il est utilisé comme isolant thermique et électrique.



Figure 20 : Carton d'amiante fortement aggloméré, Bauer M7, 1928

Figure 21 : Carton d'amiante fortement aggloméré, coloré et imprimé, Acme Portable Projector, 1920

L'amiante peut également être **pressé** ou **moulé**¹¹⁹. C'est le cas de certaines résistances qui contiennent de l'amiante. Ce n'est cependant pas le cas de toutes, certaines étant faites de silicates d'alumine, dont la résistance aux hautes températures et les propriétés isolantes électriques sont

¹¹⁸ Echinard, Jane, non daté, [En ligne], p. 4

¹¹⁹ Lorenz, Klaus, 2019

attestées¹²⁰ ¹²¹. Les résistances amiantées ne peuvent être visuellement différenciées des résistances au silicate d'alumine avec certitude car leur apparence est très semblable. De plus, l'amiante est parfois mélangée à un autre matériau. Dans le cas présent, une analyse au microscope électronique à balayage¹²² a permis d'observer si les échantillons étudiés étaient fibreux et si leur spectre correspondait à celui de l'amiante. ¹²³

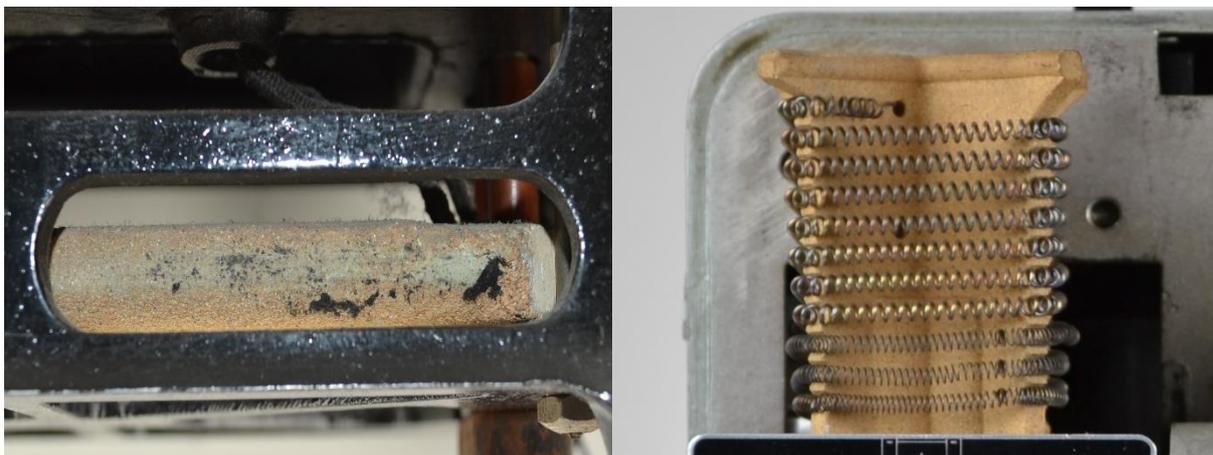


Figure 22 : Résistance amiantée, Pathé Baby Super, 1926

Figure 23 : Résistance en silicate d'alumine, Siemens 2000, 1954

Au vu de l'état d'altération de certains matériaux amiantés dans les appareils, il est parfois difficile de les différencier avec certitude. La consultation d'un spécialiste peut donc s'avérer nécessaire.

3.3 Le mercure dans les appareils

3.3.1 Localisation

On trouve du mercure dans les interrupteurs à mercure à bascule et dans les redresseurs à vapeurs de mercure, dès 1920 jusqu'après la Seconde Guerre Mondiale¹²⁴.

Inventé en 1900 par Peter Cooper Hewitt¹²⁵, l'interrupteur à mercure, ou « contacteur », permet l'ouverture ou la fermeture d'un circuit électrique. Il est constitué d'une ampoule en verre contenant

¹²⁰ Voir Annexe 3 Tests et analyses, p.75 1/Microscope électronique à balayage, résultat 4

¹²¹ Final Advanced Materials, non daté, [En ligne]

¹²² Microscan Service SA, non daté, [En ligne]

¹²³ Voir Annexe 3 Tests et analyses, p.75 1/Microscope électronique à balayage, résultats 4 et 6

¹²⁴ Mannoni, Laurent, 2019

¹²⁵ Tarchini, Antonin, 2006, p. 92

entre 0.4 et 71 grammes¹²⁶ de mercure ainsi qu'un gaz parfait, l'hydrogène à pression atmosphérique, faisant que le mercure reste au bas de l'ampoule. Deux contacts en métal permettent de relier l'ampoule au circuit électrique dans lequel l'interrupteur s'inscrit. Le basculement de l'ampoule permet de mettre en contact les électrodes avec le mercure, qui en tant que conducteur laisse passer le courant. Le basculement en sens inverse ouvre le circuit¹²⁷. Leur angle de basculement et leur forme, plus ou moins courbe varie selon les modèles.

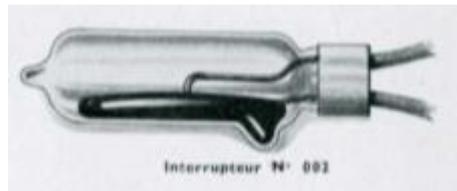


Figure 24 : Interrupteur à mercure ©SRPI

Du même inventeur, le redresseur à vapeurs de mercure est un composant électrique permettant de convertir le courant alternatif* (AC) en courant continu* (DC)^{128 129}. Il est utilisé pour alimenter les lampes à arc de carbone des projecteurs en courant continu. On trouve le mercure en tant que cathode¹³⁰ dans le culot des ampoules permettant de redresser le courant. Le redresseur peut être interne au projecteur ou externe. L'utilisation des redresseurs à mercure décroît avec l'arrivée du film sonore au cours des années 1930¹³¹, le redresseur au sélénium lui étant préféré pour l'application en basse tension nécessaire à ce type de support¹³². Dans le corpus, le Cinématographe Pathé (1920) dispose d'un redresseur à mercure tandis que le projecteur Micron 18 (1958) bénéficie d'un redresseur au sélénium.

¹²⁶ Tarchini, Antonin, 2006, p. 35

¹²⁷ Société de recherches et de perfectionnements industriels, 1956

¹²⁸ Landolf, David, a, 2019

¹²⁹ Pour un descriptif détaillé du fonctionnement, voir fiche objet Cinématographe Pathé p.82

¹³⁰ Tarchini, Antonin, 2006, p.78

¹³¹ Mannoni, Laurent, 2019

¹³² Landolf, David, b, 2019



Figure 25 : Redresseur à mercure interne à l'appareil, Cinématographe Pathé, 1920



Figure 26 : Redresseur à mercure externe, conservé à la Cinémathèque de Berne

3.3.2 Forme et fonction

Le mercure se présente sous sa forme élémentaire, c'est-à-dire liquide à température ambiante, de couleur argentée et à la surface miroitante¹³³ dans les interrupteurs et les ampoules des redresseurs des appareils de salle. Cependant, la présence de mercure dans les ampoules des redresseurs est aussi détectable par une irisation et une opacification grise-noire de l'intérieur du verre provoquée par la vaporisation du mercure lors du fonctionnement des appareils.

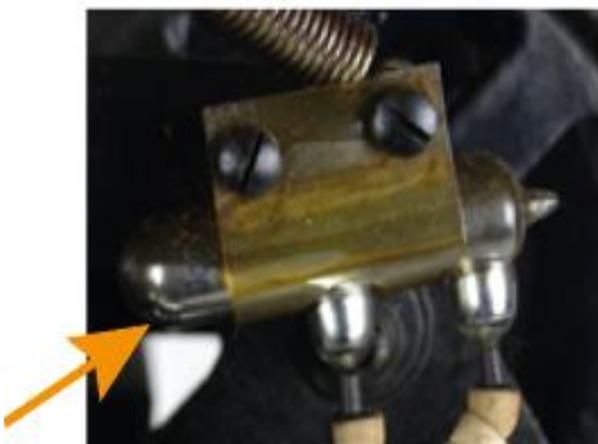


Figure 27 : Mercure dans un interrupteur



Figure 28 : Irisation des ampoules à mercure

¹³³ Tarchini, Antonin, 2006, p.24

On ne trouve pas d'interrupteurs à mercure à proximité directe des lampes à arc à cause de la présence possible d'étincelles¹³⁴. Cependant, ils peuvent servir d'interrupteurs de sécurité en permettant d'établir ou de couper le courant électrique dans l'arc, par un système mécanique relié à la porte de l'appareil. On en trouve aussi dans les projecteurs au xénon¹³⁵. Dans un autre cas de figure, l'interrupteur a deux fonctions : de sécurité et coupe-feu. Un double interrupteur à mercure permet de couper électriquement le moteur et le lecteur sonore du projecteur, puis de relever mécaniquement un clapet coupe-feu entre la lanterne et le couloir du film en cas d'incendie de la pellicule¹³⁶. Un triple interrupteur semblable a également pu être observé. L'interrupteur peut être partiellement dissimulé et recouvert d'un cache de protection en polymère ou en métal.

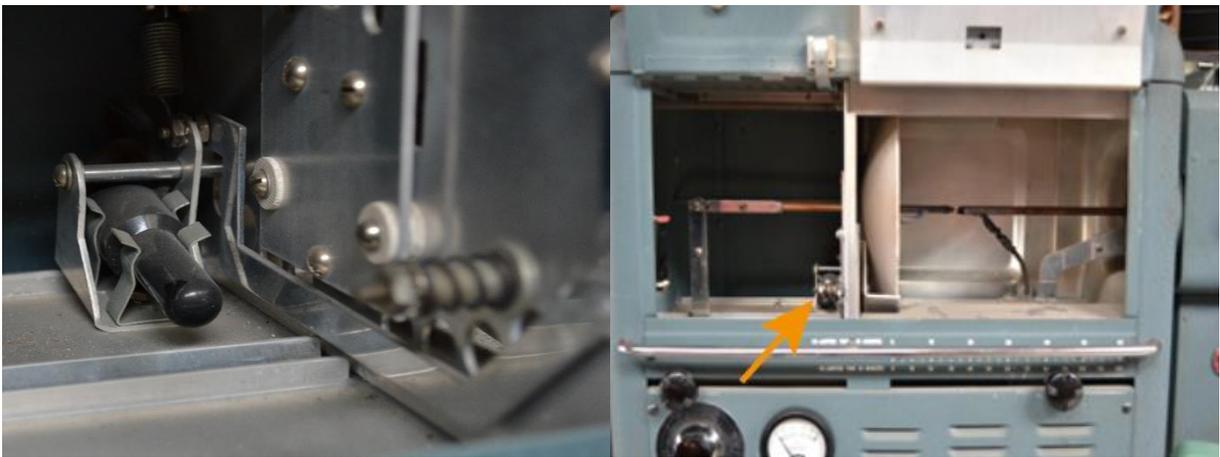


Figure 29 : Interrupteur à mercure dans un cache en polymère, projecteur RCA 400, conservé à la Cinémathèque de Berne

Figure 30 : Interrupteur de sécurité, projecteur RCA 400, conservé à la Cinémathèque de Berne

¹³⁴ Landolf, David, a, 2019

¹³⁵ Landolf, David, a, 2019

¹³⁶ Voir Annexe 6 Fiches objets, Ernemann IV, p. 111-113

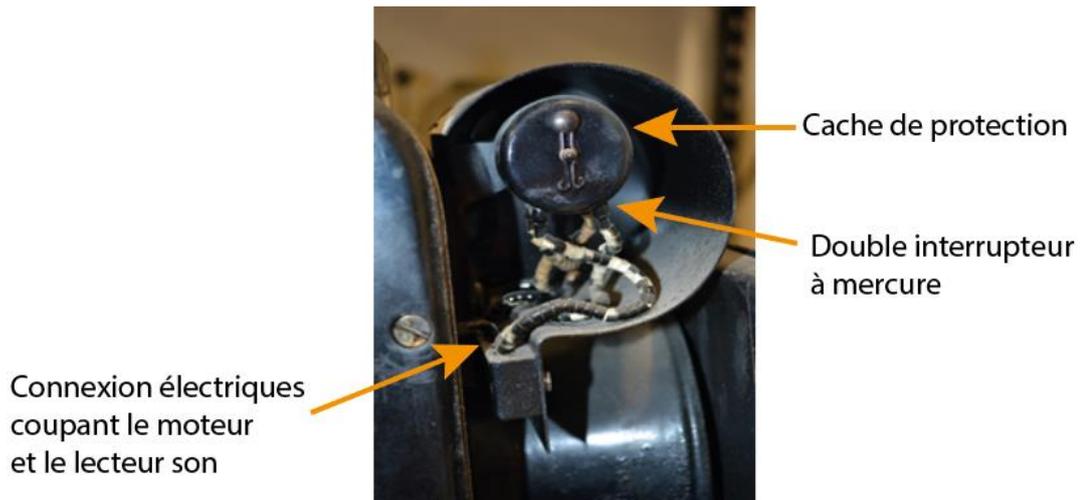


Figure 31 : Interrupteur de sécurité et coupe-feu, Ernemann IV, 1937

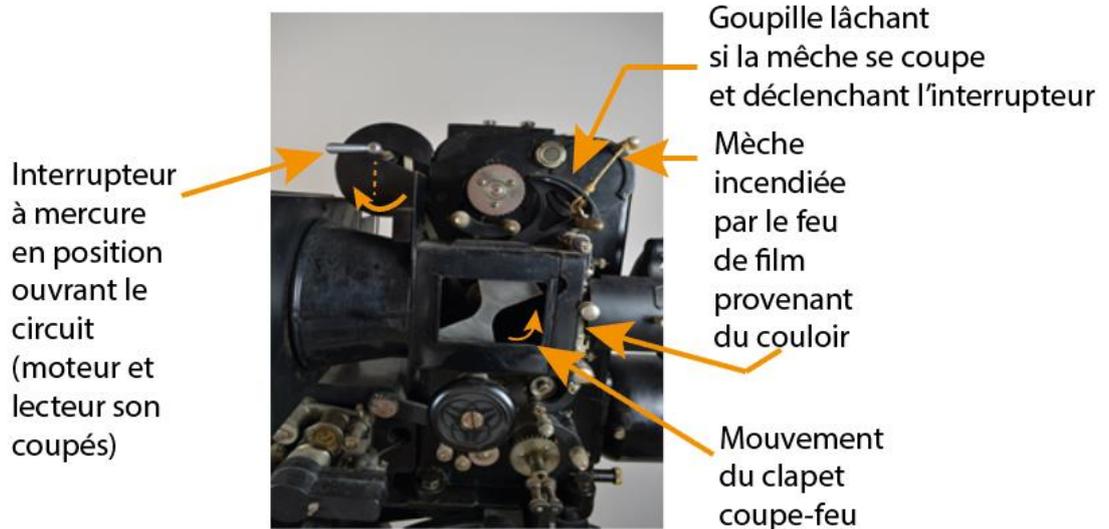


Figure 32 : Fonctionnement du double interrupteur à mercure, Ernemann IV, 1926

3.4 Les biphényles polychlorés dans les appareils

3.4.1 Localisation

On peut trouver des PCB dans les condensateurs à proximité des moteurs à courant alternatif (AC)¹³⁷ et dans les amplificateurs, dès 1929¹³⁸ jusqu'à 1987¹³⁹.

¹³⁷ Arnet, Roland, 2019

¹³⁸ Chemsuisse, non daté, [En ligne], p. 1

¹³⁹ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 9

On en trouve également dans les transformateurs à huile minérale. Cependant, les appareils cinématographiques ne comportent que des transformateurs secs¹⁴⁰. Ces derniers sont des machines électriques permettant de transformer un courant de haute tension en un courant de basse tension, et inversement. Ils sont constitués d'enroulements métalliques dont les isolants résineux sont secs, contrairement à ceux des transformateurs à huiles minérales¹⁴¹, pouvant contenir des PCB et étant de bien plus grandes dimensions. On trouve des transformateurs secs dans les amplificateurs mais aussi à proximité des lecteurs de film sonores, pour obtenir une tension plus basse depuis la lampe à arc¹⁴².



Figure 33 : Transformateur sec dans l'appareil Ernemann IV, fournissant une tension plus basse pour le lecteur sonore



Figure 34 : Transformateur à huile ©Energie Plus

Inventé en 1745, le condensateur est un composant électronique dont l'utilisation se généralise au début du XX^{ème} siècle avec l'avènement de la radio¹⁴³. Il est constitué de deux plaques conductrices séparées par un isolant diélectrique. Inséré dans un circuit, l'une des plaques se charge positivement et l'autre négativement, sans qu'un courant puisse circuler entre les deux charges. La tension du condensateur augmente lors de son chargement, et conséquemment le courant du circuit décroît. En courant continu (DC), le condensateur se comporte comme une résistance en se chargeant et se déchargeant rapidement. En courant alternatif, (AC), il se charge dans un sens et se décharge dans

¹⁴⁰ Arnet, Roland, 2019

¹⁴¹ Transformateurs 2, 2011, [Non daté]

¹⁴² Landolf, David, b, 2019

¹⁴³ RS Components, [En ligne]

l'autre et inversement à chaque alternance de tension¹⁴⁴. Différents types d'huiles ont été utilisées comme isolant diélectrique dans les condensateurs : d'abord naturelle (ricin), puis les PCB ou une solution chimique et aujourd'hui les silicones¹⁴⁵.

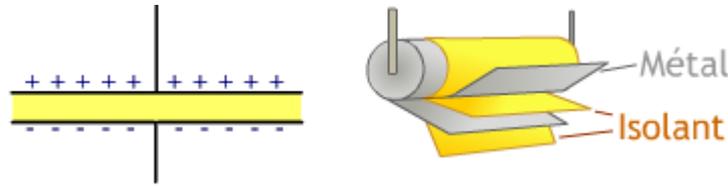


Figure 35 : Représentation schématique et visuelle d'un condensateur ©Courstechinfo.be

Au niveau des unités, le condensateur possède une capacité mesurée en Farad (F)¹⁴⁶. Cette unité étant haute, c'est le Microfarad (μF) qui est généralement utilisé. Le courant du circuit s'emmagasiné dans le condensateur comme un gaz dans un récipient. La capacité représente la quantité de charge électrique stockée dans un condensateur¹⁴⁷.

Il possède aussi une tension de service inscrite comme « Ts » ou « Un »¹⁴⁸. Il s'agit de la tension maximale mesurée en Volt à ne pas outrepasser.

Les températures extrêmes de fonctionnement minimale et maximale figurent également sur les condensateurs.

De surcroît, on trouve parfois inscrite l'année de fabrication du condensateur. Ces inscriptions permettent ainsi de différencier aisément un condensateur d'un autre composé électronique.

¹⁴⁴ Cours Tech Info, non daté, [En ligne]

¹⁴⁵ Arnet, Roland, 2019

¹⁴⁶ Tsf Restau, non daté

¹⁴⁷ Steffen, A., 1913, Tome I, p. 10

¹⁴⁸ Tsf Restau, non daté

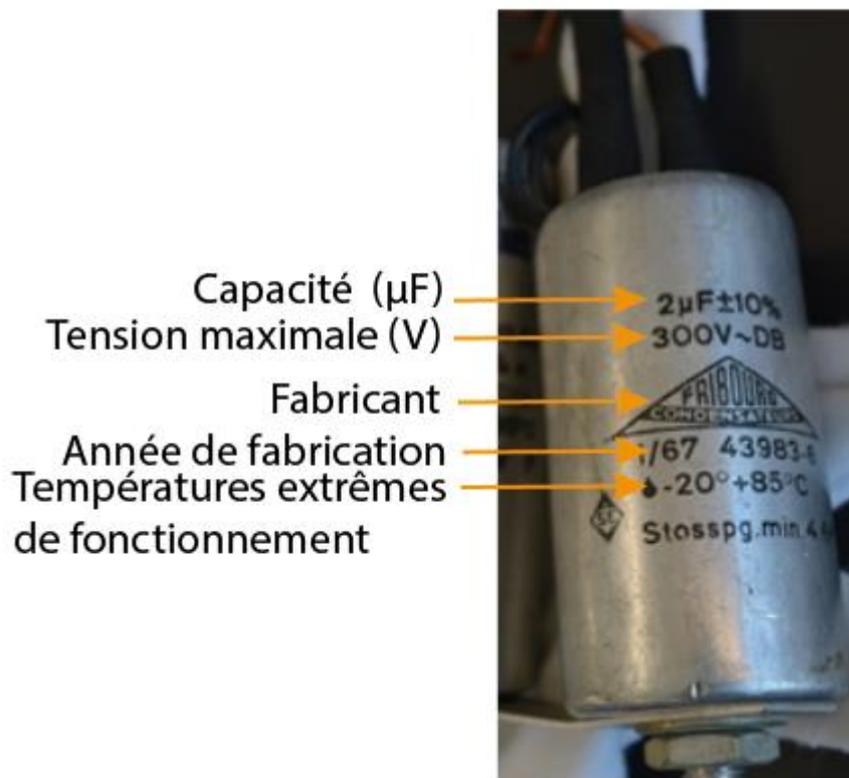


Figure 36 : Unités et inscriptions

3.4.2 Forme et fonction

Il existe deux types principaux de condensateurs permettant de déterminer s'ils détiennent ou non des PCB. On les retrouve dans les projecteurs cinématographiques. De même, certaines informations inscrites sur les condensateurs vont dans ce sens.

Les **condensateurs électrolytiques** sont composés d'armatures métalliques séparées par une solution chimique. Cette dernière est soumise à une tension continue qui par électrolyse génère une couche isolante entre les armatures¹⁴⁹. Ils ne contiennent donc pas de PCB mais une solution chimique et sont uniquement utilisables en courant continu (DC)¹⁵⁰. Ainsi, on trouvera toujours des condensateurs électrolytiques reliés aux moteurs et appareils à courant continu (DC), ayant un rôle de « déparasitage », permettant d'éviter les étincelles de commutation des balais du moteur. Ils permettent en général de lisser la tension du circuit¹⁵¹. Les condensateurs électrolytiques sont facilement reconnaissables car leurs sorties sont opposées¹⁵². De même, la présence d'un signe « + »

¹⁴⁹ Cours Tech Info, non daté, [En ligne]

¹⁵⁰ Arnet, Roland, 2019

¹⁵¹ Tsf Resto, non daté, [En ligne]

¹⁵² Arnet, Roland, 2019

signale un condensateur qui ne fonctionne qu'en courant continu¹⁵³. On les trouve en toutes sortes de dimensions et de couleurs.



Figure 37 : Représentation schématique d'un condensateur électrolytique

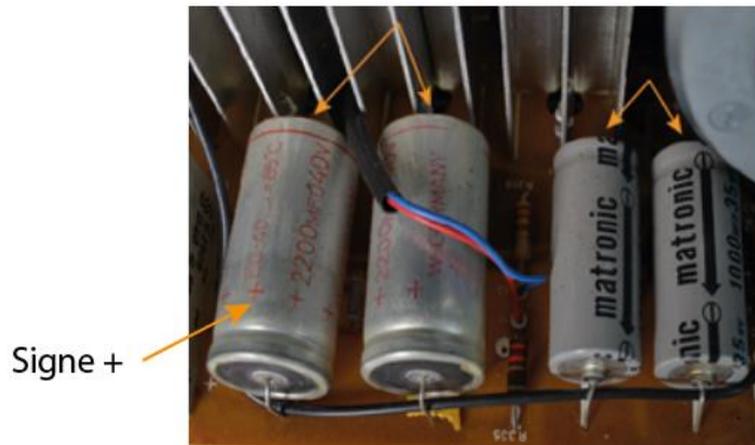


Figure 38 : Exemple de condensateurs électrolytiques, dans l'appareil Bauer T600

Les **condensateurs à tubes** sont composés d'armatures en papier métallisé ou en plastique séparées par un isolant. Ils peuvent être utilisés en courant alternatif (AC) comme en courant continu (DC). On peut ainsi les retrouver auprès de moteurs et appareils à courant alternatif (AC) ou continu (DC)¹⁵⁴. Ils sont reconnaissables à leurs sorties placées du même côté. La mention « MP » indique qu'il s'agit d'un condensateur à papier métallisé (« metallic paper »¹⁵⁵).



Figure 39 : Représentation schématique d'un condensateur à tubes

¹⁵³ Cours Tech Info, non daté, [En ligne]

¹⁵⁴ Arnet, Roland, 2019

¹⁵⁵ Arnet, Roland, 2019



Figure 40 : Exemple de condensateur à tubes en papier métallisé « MP »

L'isolant des condensateurs à tubes peut contenir des PCB. Plusieurs éléments permettent de le déterminer. L'année de production du condensateur figure sur l'objet et permet d'écartier ou non la présence de PCB si celle-ci est antérieure à 1929 ou supérieure à 1987¹⁵⁶. Les mentions « CD » ou « CP » sur le condensateur indiquent la présence de PCB. On sait également que les quatre firmes suivantes ont produit des condensateurs sans PCB : Bosch, Elco (qui comprend aussi Elyt), ITT et SEL¹⁵⁷. Ensuite, il est possible de consulter le *Répertoire des condensateurs*¹⁵⁸, publié par les Services cantonaux des produits chimiques (Chemsuisse) qui répertorie les fabricants de condensateurs et différencie les appareils contenant des PCB, des appareils suspectés d'en contenir, des appareils sans PCB, ainsi que les domaines d'utilisation de ces condensateurs sur une échelle de temps¹⁵⁹.

¹⁵⁶ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 19

¹⁵⁷ Arnet, Roland, 2019

¹⁵⁸ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011

¹⁵⁹ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 19

FABRICANT	Appareils contenant des PCB		Appareils suspectés de contenir des PCB	Appareils exempts de PCB	Domaine d'utilisation
(et entreprises utilisatrices)	Types et année de construction	Agent d'imprégnation	Types et année de construction	Types et année de construction	Type de condensateur
Icar - Slimotor	tous jusqu'en 1981 p. ex. MS 55 1411 051 M 5 55 697 ITP Cp PA 40 LR M... RFB M... RLB PH (excepté PH-M) RK1 (excepté les CE CC)	- Clophène - CP - 3 CD - 4 CD - C - C 105 - 100 - 3CP		tous à partir de 1982 tous les CE CC	Condensateurs de moteur Petits condensateurs - Machines à laver - Hottes aspirantes - Lave-vaisselle

Figure 41 : Exemple d'identification du *Répertoire des condensateurs* ©Arnet, Roland et Kuhn, Elmar

En cas de doute, de non-présence dans le répertoire et d'absence d'informations sur le condensateur, les appareils construits avant 1982 doivent être considérés comme « contenant des PCB » et les appareils construits avant 1987 ou dont on ne connaît pas la date de fabrication comme « suspectés de contenir des PCB »¹⁶⁰. Seul un test de mesure de la teneur en chlore permettra de déterminer la présence de PCB. Si la teneur en chlore est inférieure à 20 ppm*, le condensateur est considéré comme exempt de PCB. Si celle-ci est supérieure, une analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (GC/MS) et/ou une chromatographie en phase gazeuse couplée à la détection à capture d'électrons (GC/EDS) permettra de déterminer la teneur exacte en PCB et en composés aromatiques chlorés¹⁶¹. Cependant, dans le cadre d'un objet patrimonial comportant des condensateurs en bon état de conservation, cela n'est pas à envisager¹⁶². De plus, les condensateurs électriques ne comportent pas de bouchon d'ouverture et de fermeture¹⁶³, ce qui amènerait à une détérioration irréversible du condensateur.

C'est le cas de quatre condensateurs à tubes présents dans l'amplificateur du projecteur Micron 18, daté de 1958. Il s'agit pour trois d'entre eux de condensateurs Icar – Slimotor dont la date de fabrication n'est pas visible au vu du montage sur l'appareil. Cependant ils sont fixés sur un projecteur des années 1950. Aucune information écrite sur l'objet ne confirme la présence de PCB. Cependant, le *Répertoire des condensateurs* classe l'ensemble des condensateurs Icar – Slimotor – sauf une exception - construits avant 1981 comme appareils contenant des PCB¹⁶⁴. L'expertise de M. Arnet conseillerait l'analyse d'huile d'un de ces condensateurs dans le cas où l'un se dégraderait afin de

¹⁶⁰ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 9

¹⁶¹ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 11

¹⁶² Zosso, François, 2019

¹⁶³ Association suisse des consultants d'amiante, 2016 [En ligne], p. 5

¹⁶⁴ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 36

confirmer le diagnostic. Le quatrième condensateur bénéficie des mêmes problématiques sauf qu'aucun fabricant n'y figure.

FABRICANT (et entreprises utilisatrices)	Appareils contenant des PCB		Appareils suspectés de contenir des PCB	Appareils exempts de PCB	Domaine d'utilisation
	Types et année de construction	Agent d'imprégnation	Types et année de construction	Types et année de construction	Type de condensateur
Icar - Slimotor	tous jusqu'en 1981 p. ex. MS 55 1411 051 M 5 55 697 ITP Cp PA 40 LR M... RFB M... RLB PH (excepté PH-M) RK1 (excepté les CE CC)	- Clophène - CP - 3 CD - 4 CD - C - C 105 - 100 - 3CP		tous à partir de 1982 tous les CE CC	Condensateurs de moteur Petits condensateurs - Machines à laver - Hottes aspirantes - Lave-vaisselle

Figure 42 : Identification des condensateurs Icar – Slimotor ©Arnet, Roland et Kuhn, Elmar

Il en est de même pour le condensateur à tube dextre du projecteur Bauer M7. De marque Fribourg Condensateurs, il est daté de 1967. Or, tous les condensateurs construits entre 1955 et 1982 contiennent des PCB. Cependant, cela n'est pas certain pour les petits condensateurs¹⁶⁵. Ce condensateur est ainsi à considérer comme « appareil suspecté de contenir des PCB ».



Figure 43 : Condensateur dextre suspecté de contenir des PCB

Le reste des condensateurs observés dans les appareils du corpus sont électrolytiques ou à tubes sans PCB.

¹⁶⁵ Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, p. 26

3.5 La radioactivité

3.5.1 Localisation

La problématique des lentilles d'appareils photographiques enrichies en thorium 232 dès 1930 jusqu'à 1970 est connue¹⁶⁶. Celle-ci s'étend aux appareils cinématographiques de prise de vue. En effet, les lentilles optiques en verre de caméras à grande-vitesse peuvent également s'être vues ajouter ce radioélément¹⁶⁷. Elles étaient utilisées dans le domaine scientifique, notamment par le Centre de l'énergie atomique français, pour des essais d'explosion¹⁶⁸ ou encore dans le domaine militaire, en position fixe ou à bord de véhicules pour le largage de bombes, ou l'enregistrement de cibles¹⁶⁹. Elles sont aussi mises à profit dans le domaine industriel, pour capturer des crash-tests automobiles ou régler des machines¹⁷⁰.

Les caméras à grande vitesse sont utilisées pour enregistrer des objets se déplaçant relativement rapidement ou brièvement. Elles peuvent capturer des milliers d'image par seconde¹⁷¹, permettant de les visionner au ralenti.

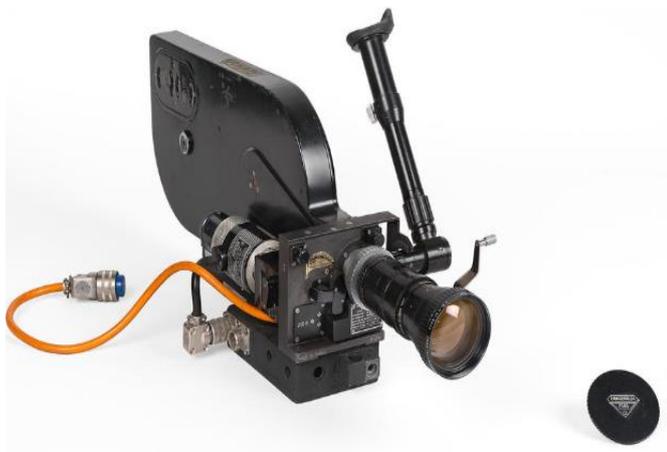


Figure 44 : Caméra grande-vitesse film 16mm ©Cinémathèque française

Une peinture radioactive¹⁷² a été observée sur un redresseur à mercure conservé à la Fondation du Matériel Militaire, à Thoune. Cependant, le redresseur du corpus en est dépourvu.

¹⁶⁶ Daval, Marion, 2012, p.30

¹⁶⁷ Mannoni, Laurent, 2019

¹⁶⁸ Mannoni, Laurent, 2019

¹⁶⁹ Cinémathèque française, 2014, [En ligne]

¹⁷⁰ Scientific.net, 2019, [En ligne]

¹⁷¹ AOS Technologies AG, non daté, [En ligne]

¹⁷² Tarchini, Antonin, 2019

3.5.2 Forme et fonction

Une lentille au thorium est reconnaissable à sa coloration brune¹⁷³. À titre informatif, la teneur en masse de thorium des lentilles de la marque Aero-Ektar, fabriquées pour la reconnaissance aérienne dans les années 1940, contiennent entre 11 et 13% de thorium¹⁷⁴.

L'ajout de thorium dans le verre des lentilles permet d'augmenter l'indice de réfraction tout en gardant une dispersion basse de la lumière¹⁷⁵ et limite la distorsion et l'aberration géométrique et colorée de l'image.

3.6 Identification et évaluation des risques

3.6.1 Amiante

L'identification et l'évaluation des risques liés à l'amiante commence par la considération des différents types de matériaux existants et de leur potentiel de libération des fibres d'amiante¹⁷⁶. En effet, **l'amiante en plaque faiblement aggloméré** libère en un état stable des fibres d'amiante par des vibrations ou par circulation d'air et cela s'accroît relativement dans un état altéré¹⁷⁷. Quant à **l'amiante pur¹⁷⁸ tressé ou tissé**, il libère en un état stable des fibres lors de sa manipulation et cela s'accroît lors de son abrasion et sa dégradation¹⁷⁹. **L'amiante en « carton » fortement aggloméré** ne libère pas de fibres en un état stable mais son altération mécanique (perçage, cassure, tronçonnage) génère la libération de fibres. De même, un carton amianté très humide peut se rompre plus aisément¹⁸⁰. L'humidité relative élevée est ainsi un facteur physique de dégradation à considérer. On remarque aussi que certains supports amiantés ont été percés pour pouvoir être fixés et qu'un affaiblissement des supports est visible à ce niveau. Ainsi, la manipulation indirecte de ces supports (ouverture de porte de lanterne, branchement d'un câble amianté) augmente le risque d'émission des fibres.

Cependant, la dégradation généralisée des supports amiantés montre que des facteurs d'altération intrinsèques au fonctionnement des appareils sont à considérer. En effet, on observe dans les lanternes, dans les carters, sur les résistances, un affaiblissement des supports, avec une perte de

¹⁷³ Daval, Marion, 2012, p.30

¹⁷⁴ Daval, Marion, 2012, p.30

¹⁷⁵ Daval, Marion, 2012, p.30

¹⁷⁶ Confédération suisse, 2008, p.9

¹⁷⁷ Echinard, Jane, non daté, [En ligne], p.3

¹⁷⁸ Polludoc, Savoir et pratique sur les polluants du bâtiment, 2018, En ligne]

¹⁷⁹ Echinard, Jane, non daté, [En ligne], p.3

¹⁸⁰ Echinard, Jane, non daté, [En ligne], p.3

cohésion matérielle de ceux-ci, parfois une pulvérisation, mais aussi des soulèvements de fibres importants. Dans les lanternes, un dégagement de chaleur intense a lieu depuis l'arc, ainsi que des projections importantes de suie et de fumée depuis les charbons. Malgré les propriétés ignifuges de l'amiante, il semble que l'intégrité des supports soit impactée par la chaleur. Cela s'explique sans doute également par l'âge des supports et leur méthode de fabrication. De même, la suie vient s'agglomérer sur le matériel amianté. Malgré sa faible dureté sur l'échelle de Mohs (1 à 2 mohs¹⁸¹), comparée à celle de l'amiante (2,5 à 3 mohs¹⁸²), la suie génère une quantité très importante de soulèvements et un brunissement de l'amiante à proximité directe de l'arc. Pour ce qui est des résistances, le dégagement intense de chaleur est un facteur de dégradation mais aussi le réglage de la molette abrasant la surface de la résistance. Pour les carters, le mouvement induit par les bobines et leur manipulation peut également induire une dégradation mécanique de l'amiante.



Figure 45 : Brunissement et soulèvements et dépôts de suie, lanterne Bauer M7

Figure 46 : Dislocation du support, Ernemann IV

3.6.2 Mercure

L'identification et l'évaluation des risques liés au mercure commence par le repérage des contenants à mercure, par une observation visuelle et grâce à la documentation technique. Elle passe ensuite par une quantification du mercure dans chaque objet puis par le constat de l'état des contenants. La présence de fissures ou de bris dans le verre ou de fuites notables par la présence de perles de mercure peut être identifiée à l'aide d'une loupe et d'une lampe en lumière rasante¹⁸³. L'absence d'altération du verre ne signifie pas l'absence de fragilité mécanique induite par l'âge de l'objet ou de son support (métal corrodé, etc)¹⁸⁴. En cas de doute, des mesures de concentrations en vapeurs de

¹⁸¹ Harcini, Nesrin et Harcini, Vasif, 2018, p. 86

¹⁸² Minerals Education, 2019, [En ligne]

¹⁸³ Tarchini, Antonin, 2006, p.68

¹⁸⁴ Tarchini, Antonin, 2006, p.68

mercure dans l'air peuvent être réalisées à l'aide de tubes Dräger et si la concentration dépasse la VLE, le port d'équipements de protection s'avère nécessaire. Des mesures ont été réalisées pour l'ensemble des objets du corpus comportant du mercure et sont visibles en Annexe 3 : Tests et analyses p.81.

L'observation du double interrupteur à mercure du projecteur Ernemann IV et des ampoules du redresseur à mercure du Cinématographe Pathé a été réalisée. L'interrupteur, enfermé dans un cache métallique comprend deux contenants à mercure en verre identiques qui ne présentent pas d'altération mécanique. Leur contenance en mercure a été estimée par calcul¹⁸⁵ à 21 grammes chacune.

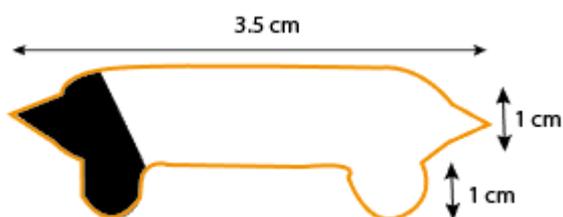


Figure 47 : Côtes et représentation visuelle de la quantité de mercure

Figure 48 : Triple interrupteur à mercure observé à la Cinémathèque de Berne Ernemann IV

La fonction coupe-feu de l'interrupteur fait qu'il est relié mécaniquement à une goupille le faisant basculer de 30°C. Cette goupille est très sensible et le mercure étant un métal relativement lourd, cela engendre un mouvement brusque du métal dans son contenant ancien. Une manipulation de l'objet sur palette ou son transport pourrait générer son mouvement. Ainsi, une manipulation malencontreuse, un choc ou l'état du verre sont des facteurs de risque.

Le même protocole a été appliqué aux ampoules du redresseur à mercure. Celles-ci ne présentaient pas d'altération mécanique. Leur teneur en mercure a été estimée à 1.5 kg.

En cas de bris d'un récipient à mercure à température ambiante (~25°C), la vaporisation du mercure est lente. Ainsi, il est possible de procéder au ramassage des billes de mercure à l'aide d'une seringue en polypropylène ou d'une éponge Bürkle puis de sécuriser le matériau dans la boîte Bürkle en polypropylène ou dans un récipient en verre à bouchon hermétique. La vaporisation du mercure

¹⁸⁵ Le volume de mercure probable a été calculé selon la formule $\pi \times r^2 \times h$ donnant le volume d'un cylindre. Le volume en cm^3 obtenu a été multiplié par la masse volumique du mercure, étant de 13.546 g/cm^3 à 20°C . On obtient ainsi $\pi \times 1^2 \times 2 = 1.56 \text{ cm}^3$. $1.56 \text{ cm}^3 \times 13.546 = 21$ grammes.

triplant à 40°C, le port d'équipement de protection respiratoire devient alors essentiel dans ces circonstances^{186 187}.

3.6.3 PCB

Le risque lié aux PCB est d'abord propre à la matérialité des condensateurs. Certains d'entre eux sont munis de contacts métalliques protégés de caoutchouc gainé de textile. Le caoutchouc est souvent observé comme cassant et se réduisant en poudre, induisant des courts-circuits partiels ou totaux.

Quant aux condensateurs en papier métallisé, ceux-ci peuvent contenir de la cire, de la paraffine, du bitume ou encore des polymères utilisés comme isolants. Ces matériaux absorbent l'humidité, ce qui réduit leurs propriétés isolantes¹⁸⁸. Les condensateurs sont d'ailleurs remplacés tous les 20 à 30 ans en raison de leur durée de vie limitée¹⁸⁹.

Un condensateur altéré est repérable car gonflé ou fondu, et peut voir ses isolants couler¹⁹⁰. Dans le cas d'un condensateur aux PCB, cela induit un risque élevé pour la santé du collaborateur et une décontamination obligatoire extrêmement coûteuse.

Ainsi l'instabilité des matériaux est intrinsèquement liée aux facteurs de dégradation tels que l'humidité relative élevée et la température élevée.



Figure 49 : Explosion et gonflement d'un condensateur au papier métallisé ©Tsf Resto

¹⁸⁶ Tarchini, Antonin, 2019

¹⁸⁷ Voir Annexe 2 Tableaux, p.75

¹⁸⁸ Härr, Ernst, Club des collectionneurs de radios, Association des amis du Musée ENTER, 2019, p.14

¹⁸⁹ Landolf, David, a, 2019

¹⁹⁰ Härr, Ernst, Club des collectionneurs de radios, Association des amis du Musée ENTER, 2019, p.14

Figure 50 : Coulure et fonte d'un condensateur ©Tsf Resto

En lien avec la matérialité, l'utilisateur qui souhaite relier l'appareil au courant électrique sans avoir au préalable vérifié la capacité et la possible fuite des condensateurs, ainsi que l'état du moteur s'expose à des risques. Un appareil n'ayant pas reçu de courant depuis longtemps reçoit une grande tension qui peut engendrer une surtension ou même l'explosion des condensateurs¹⁹¹, projetant des éclats de métal et de produits chimiques en fusion¹⁹². Un moteur bloqué peut également générer des problèmes de tension dans les condensateurs¹⁹³. Ceux en papier métallisé peuvent chauffer sous une tension de 600 à 800 V dans les amplificateurs et engendrer une mise à terre¹⁹⁴.

La plupart des condensateurs sont protégés dans l'enceinte des objets, sauf ceux rattachés aux moteurs ou sur des interrupteurs ouverts. Selon leur état de conservation, les vibrations et mouvement liés à un transport pourraient endommager les condensateurs par tension au niveau des contacts.

Le constat d'état et l'examen visuel de l'ensemble des condensateurs a été réalisé avec l'accompagnement de professionnels¹⁹⁵. L'ensemble des condensateurs sont en bon état de conservation, incluant les 5 condensateurs suspectés de contenir des PCB.

3.6.4 Radioactivité

L'identification des sources radioactives dans les objets techniques cinématographique passe d'abord par une identification visuelle. Cependant, sans analyses, cela ne permet pas une identification certaine¹⁹⁶. Une lentille brune montée sur l'objectif d'une caméra à grande-vitesse construite entre 1930 et 1970 peut contenir du thorium 232. Cependant, une lentille incolore construite sur la période peut aussi probablement contenir un radioélément¹⁹⁷. Il serait intéressant de projeter l'étude à l'ensemble des caméras produites sur la période.

Dans le cas où une lentille est suspectée, il est possible d'identifier analytiquement la présence d'une source radioactive par le biais de mesures. Cependant, seules les mesures réalisées par l'OFSP ou la SUVA sont certifiées. Un compteur Geiger-Müller est un détecteur à remplissage gazeux qui est sensible aux rayonnements alpha, bêta et gamma. Il ne peut cependant pas identifier la source du

¹⁹¹ Arnet, Roland, 2019

¹⁹² Tsf Resto, non daté, [En ligne]

¹⁹³ Arnet, Roland, 2019

¹⁹⁴ Härr, Ernst, Club des collectionneurs de radios, Association des amis du Musée ENTER, 2019, p.14

¹⁹⁵ Arnet, Roland. Steiger, Steve. Zosso, François, 2019

¹⁹⁶ Daval, Marion, 2012, p.52

¹⁹⁷ Daval, Marion, 2012, p.55

rayonnement. En approchant le tube détecteur de l'objet suspecté, le gaz contenu dans la chambre du compteur (hélium ou argon) est ionisé si un rayonnement radioactif est détecté. Les pulsions électriques sont comptées par l'appareil en coups par secondes (CPS)¹⁹⁸.



Figure 51 : Compteur Geiger-Müller ©He Arc 2019

Le radiamètre est aussi un détecteur à remplissage gazeux au fonctionnement similaire. Cependant, il permet de mesurer l'énergie moyenne de la source radioactive, en millisievert (mSv) ou microsievert (μ Sv) et d'en définir le débit de dose¹⁹⁹.

La problématique a été étendue à l'ensemble des lentilles des objectifs et des condensateurs optiques des appareils de projection du corpus, ceux-ci ayant été pour la plupart construits entre 1930 et 1970. Une lentille brune a été identifiée dans l'appareil Acme de 1920. Cependant, la mesure réalisée avec un compteur Geiger-Müller a montré qu'elle était proche du bruit de fond. Il semblerait donc que les appareils de projection ne soient pas concernés par cette problématique.

Les substances radioactives sont intégrées structurellement dans les lentilles²⁰⁰ et sont donc des sources de contamination fixe ne disséminant pas de particules radioactives par contact ou par le biais de poussière ou d'eau²⁰¹.

3.6.5 Synthèse des risques

L'amiante constitue le risque le plus élevé pour les collaborateurs et la contamination des espaces où se trouvent les objets. Les supports faiblement agglomérés ou en amiante pur altéré disséminent des fibres par simple passage d'air et vibration. Au vu de l'état altéré des supports des objets du corpus,

¹⁹⁸ Daval, Marion, 2012, p.57

¹⁹⁹ Daval, Marion, 2012, p.57

²⁰⁰ Daval, Marion, 2012, p.63

²⁰¹ Daval, Marion, 2012, p.58

soit la majorité d'entre eux, cela rend le travail à proximité des objets, leur manipulation ou leur déplacement dangereux pour les usagers.

Le mercure et la radioactivité sont enfermés dans des contenants, qu'il s'agisse d'ampoules ou de lentilles. Seul un incident mécanique lié à leur manipulation libérerait les matériaux dangereux. Quant aux PCB, c'est la mise en fonction des appareils qui engendrerait le plus de risques, du court-circuit à l'explosion du condensateur.

4 Déontologie et législation

Ces matériaux, malgré leur caractère dangereux, sont des parties constitutives à part entière des objets. Les en priver ne permettrait plus de comprendre visuellement leur fonctionnement et leur technicité, surtout si ceux-ci ne sont plus amenés à être mis en marche. Les matériaux témoignent ainsi visuellement de la valeur d'usage des objets, aujourd'hui perdue pour la plupart. Leur présence permet d'enrichir les valeurs historique et de recherche des appareils.

Concernant l'amiante, la législation ne vise pas directement les institutions patrimoniales. Elle interdit cependant son utilisation²⁰². Elle mentionne aussi la nécessité d'éviter la libération de fibres des supports amiantés non retirés. Cela est possible en ne mettant pas en fonction les appareils, mais aussi en procédant à l'emballage et/ou à la consolidation des supports amiantés problématiques des résines de conservation (polyméthacrylates, Hydro-ground de Lascaux, cire microcristalline). Ces dernières permettent d'enrober les fibres qui ainsi ne peuvent plus se loger dans les poumons²⁰³. Quant à la législation relative au mercure, celle-ci ne prend pas en compte les objets muséaux. Elle s'attarde surtout sur le commerce du mercure²⁰⁴. Il en est de même pour les PCB : les condensateurs de moins de 1 kg que l'on trouve dans les appareils ne sont pas concernés par les directives de non-utilisation des condensateurs renfermant des PCB²⁰⁵. Leur étiquetage²⁰⁶ et la non mise en fonction des appareils peut cependant limiter les risques de diffusion. Pour la radioactivité, une activité supérieure à la limite d'autorisation de 1 mSv par an est règlementé et nécessite des autorisations²⁰⁷.

5 Protocoles de gestion des objets à risques

²⁰² Confédération suisse, 2008, [En ligne], p.17

²⁰³ Laurenz, Klaus, 2019

²⁰⁴ Tarchini, Antonin, 2006, p.72

²⁰⁵ Le Conseil Fédéral, 2005, [En ligne]

²⁰⁶ Voir Annexe 6, Signalétique matériaux dangereux, p.151

²⁰⁷ Daval, Marion, 2012, p. 49

5.1 Diagnostic et identification

Les organigrammes présents ce chapitre ont pour but d'épauler les collaborateurs dans l'identification de l'amiante, du mercure, des PCB et de la radioactivité dans les objets techniques cinématographiques²⁰⁸.

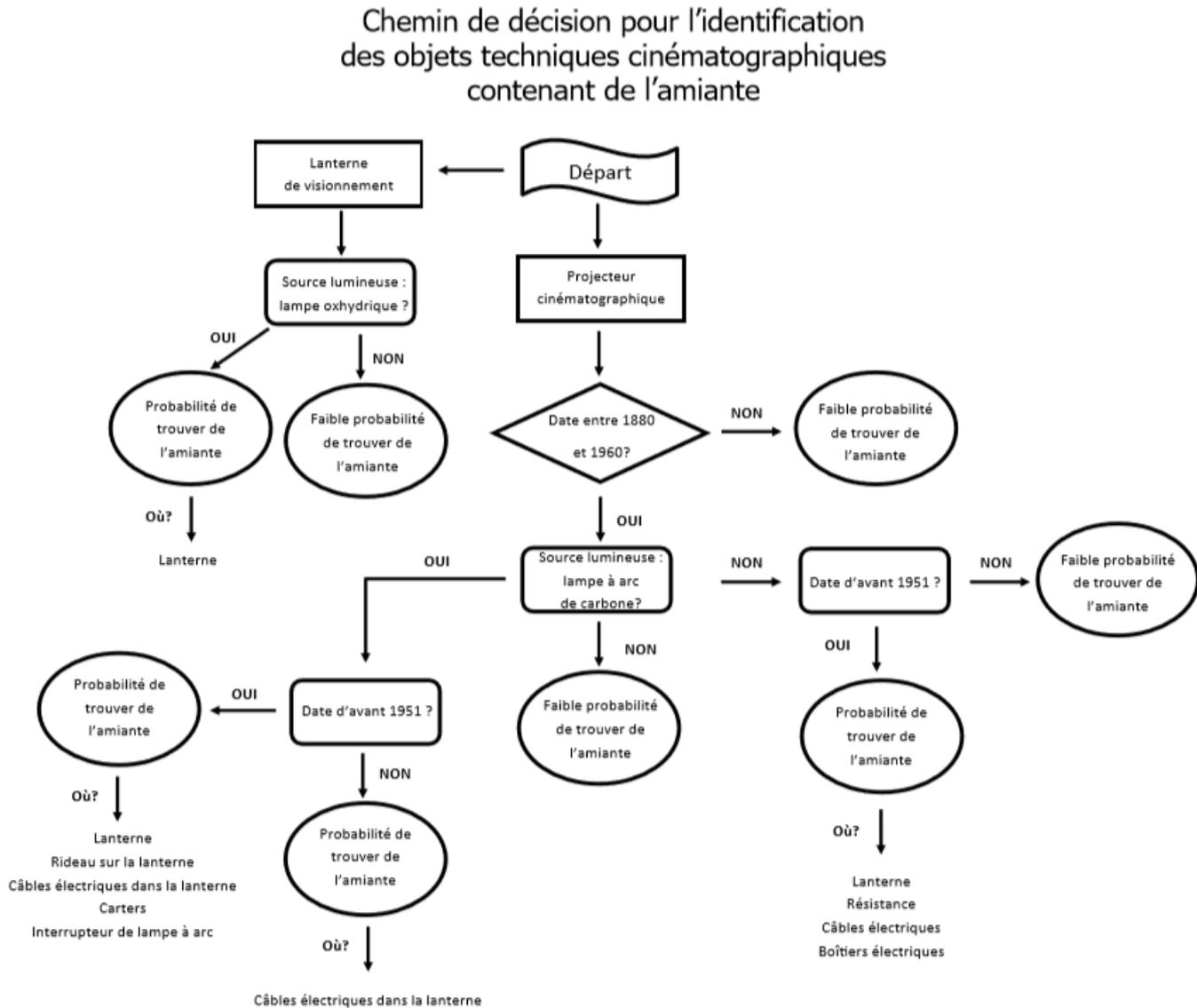


Schéma 1 : Chemin de décision – amiante

²⁰⁸ Ils ont été inspirés par la méthode de Daval, Marion, 2012.

Chemin de décision pour l'identification des objets techniques cinématographiques contenant du mercure

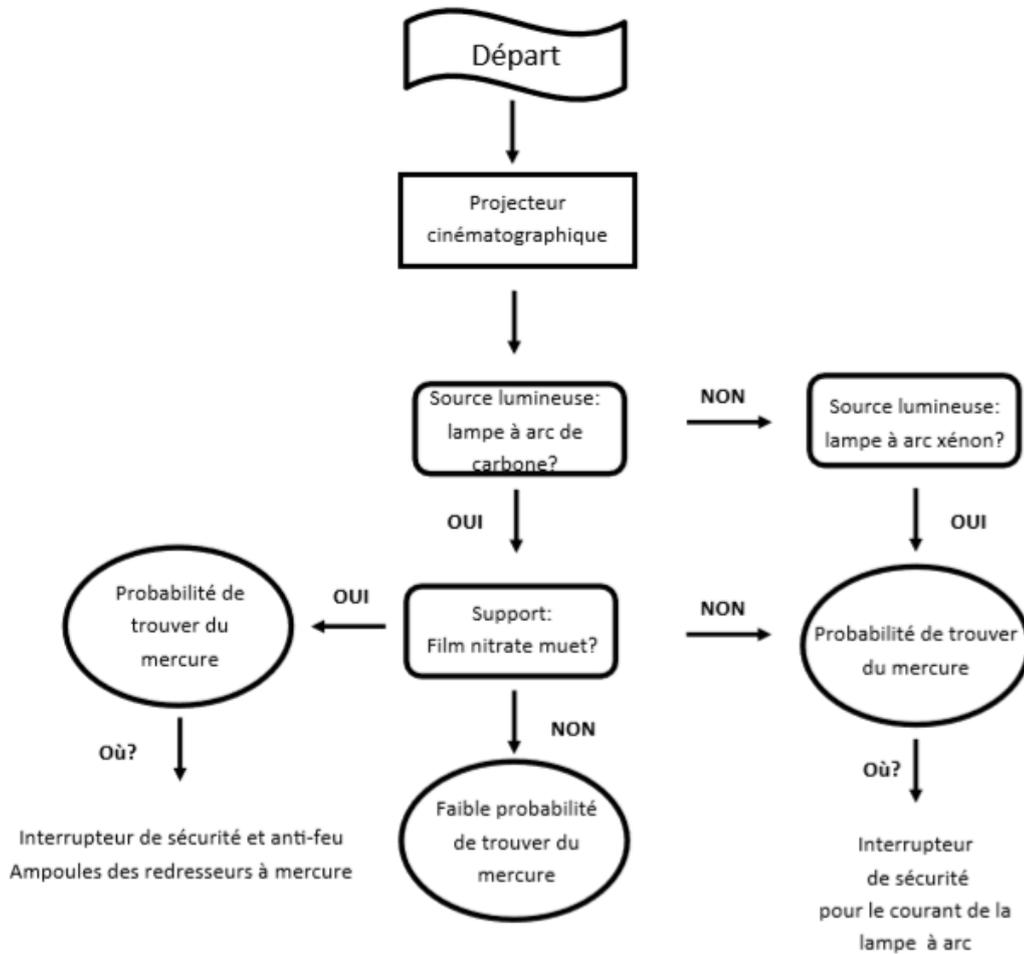


Schéma 2 : Chemin de décision - mercure

Chemin de décision pour l'identification des objets techniques cinématographiques contenant des PCB

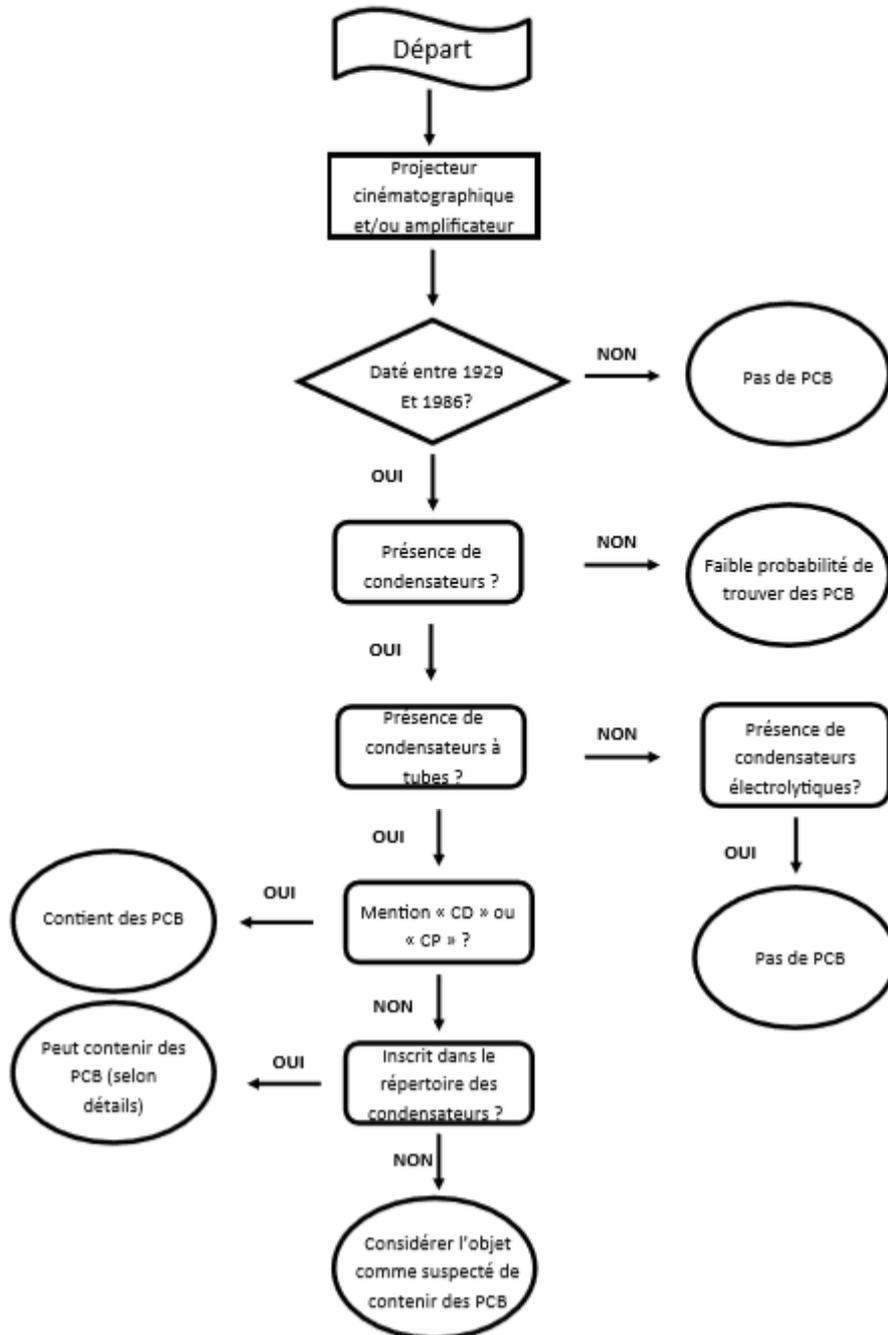


Schéma 3 : Chemin de décision – PCB

Chemin de décision pour l'identification des objets techniques cinématographiques contenant des matériaux radioactifs

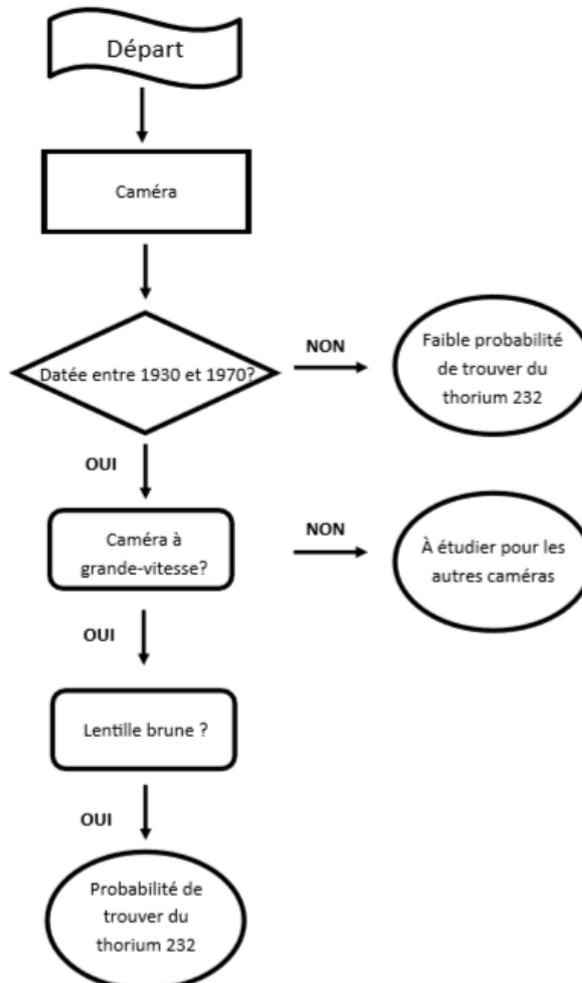


Schéma 4 : Chemin de décision - Radioactivité

5.2 Transport

Le transport de machines comportant accessoirement des matériaux dangereux est exempté de la réglementation de l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses sur routes, si des mesures sont prises pour empêcher leur libération²⁰⁹.

Pour la radioactivité, le transport d'objets muséaux est règlementé selon l'activité des radionucléides qui fait l'objet d'une limitation. Pour ce qui est du thorium 232 retenu dans un substrat solide, il n'y a pas de limite de dose²¹⁰.

²⁰⁹ OPP BTP, 2017, [En ligne]

²¹⁰ Daval, Marion, 2012, p.126

Ainsi, l'emballage ou la mise en résine de l'amiante, la protection par calage des interrupteurs à mercure ou des condensateurs non protégés par une enceinte ainsi que leur étiquetage par une signalétique adaptée permettraient un transport sécurisé.



Figure 52 : Calage d'un interrupteur à mercure par placement d'une mousse en polyéthylène au niveau des contenants à mercure et par sanglage du système coupe-feu à bascule afin de limiter tout mouvement

Le prêt pour exposition d'un objet aux supports amiantés dégradés n'est pas recommandé. Il soumet ainsi des collaborateurs et un public à une libération de fibres importantes.

5.3 Protection et outils

Le travail auprès d'objets porteurs de matériaux dangereux implique un équipement de protection individuelle à adapter selon le niveau du risque. Dans le cas présent, les matériaux amiantés altérés représentent un danger pour le collaborateur. Le port de vêtements de travail, de lunettes de protection, d'un masque FFP3 (portable 8h si jetable), de gants en nitrile jetables et d'une combinaison intégrale Tyvek de type 5-6²¹¹ protégeant contre les particules de taille supérieure à 1µm est impératif²¹².

Concernant les PCB, le mercure et la radioactivité²¹³, des vêtements de travail, une blouse et des gants en nitrile sont recommandés tant que les matériaux sont stables. En cas de déversement de PCB, le même équipement que signalé pour l'amiante devra être utilisé, mais avec un masque à filtre A2P3 (charbon actif) protégeant des composés chlorés²¹⁴. En cas de déversement de mercure

²¹¹ Confédération suisse, 2008, [En ligne], p.21

²¹² Sapros, 2019, [En ligne]

²¹³ Daval, Marion, 2012, p.61

²¹⁴ Association suisse des consultants amiante, 2016, [En ligne], p.6

également, mais avec un masque à filtres 6096 protégeant contre les vapeurs de mercure et des gants en vinyle ou en polyéthylène, sous une aspiration et dans un bac de collecte²¹⁵. Les combinaisons ne doivent pas être portées en dehors de la zone de travail²¹⁶.

Afin de prévenir une fuite de mercure, il est possible de se créer un kit de collecte qui permettra d'intervenir immédiatement : seringue ou éponge de collecte Bürkle, ainsi qu'un récipient en verre à bouchon hermétique²¹⁷.

La possession d'un aspirateur de classe H²¹⁸ et d'une hotte aspirante à filtre HEPA²¹⁹ permet de travailler en présence de matériau amianté et de nettoyer la zone de travail²²⁰.

6 Recommandations de manipulation et de conservation préventive

6.1 Stockage

Les normes de conservation préventive ont été ajustées aux besoins des matériaux les plus sensibles (mercure, polymères des condensateurs pour la température, amiante et matériaux des condensateurs pour l'humidité), tout en étant adaptées à tous. Une température de 18°C²²¹ et une humidité relative comprise entre 40 et 55% est recommandée. En effet, une humidité modérée ne présente pas de danger immédiat pour les métaux et convient aux matériaux organiques²²² et une température basse évite la vaporisation du mercure. La température en réserves au Centre de recherche et d'archivage environne les 17 à 18°C, ce qui est adapté aux objets. L'humidité relative également, sauf dans les espaces de travail où elle peut être amenée à augmenter notamment en cas d'été relativement chaud. Ce paramètre sera donc à considérer.

Les objets contenant des matériaux dangereux doivent être identifiés par une signalétique adaptée et reportés dans l'inventaire :

- Sur la porte ou les armoires de la réserve : reporter les logos des matériaux concernés ;
- Sur les objets : étiqueter avec les informations appropriées²²³.

²¹⁵ Tarchini, Antonin, 2006, p.55

²¹⁶ Confédération suisse, 2008, p.21

²¹⁷ Tarchini, Antonin, 2019

²¹⁸ Suva pro, 2012, [En ligne]

²¹⁹ Tarchini, Antonin, 2019

²²⁰ Voir Annexe 2, Tableaux, p. 75

²²¹ Tarchini, Antonin, 2006, p.54

²²² Gouvernement du Canada, 2018, [En ligne]

²²³ Voir Annexe 6, Signalétique matériaux dangereux, p. 151

Il est conseillé d'emballer dans un emballage double (polyéthylène) les objets amiantés n'ayant pas subi de traitement de consolidation²²⁴. La quantité de mercure par objet et totale doit être connue par l'institution²²⁵ et des récipients en verre ou en polypropylène peuvent être placés sous les contenants non protégés par une armature métallique ou polymère, en cas de fuite²²⁶. Les objets radioactifs doivent être regroupés dans un local ou dans une armoire fermée et déclarés à la SUVA et l'accès y être contrôlé²²⁷.

Un contrôle de l'état des contenants des matériaux dangereux (mercure et condensateurs suspectés de contenir ou contenant des PCB) peut être réalisé annuellement.

L'information des collaborateurs amenés à côtoyer ces collections est primordiale, pour la sécurité du personnel et celle des collections. Une analyse de la concentration en fibres d'amiante dans l'air est recommandée dans le lieu de stockage, afin d'évaluer si l'environnement est conforme à la VLE.

6.2 Manipulation

La manipulation des appareils contenant des matériaux dangereux doit s'effectuer en considération des risques évalués avec des équipements de protection adaptés. Selon le niveau de risque, les objets doivent être maniés dans un espace portant une signalétique, leur étant uniquement dédié pour éviter toute contamination. Le poste de travail doit être facilement nettoyable (aspiration et isopropanol²²⁸). En cas de contact avec du mercure libre, se rincer la bouche avant de boire. En cas de contact avec les matériaux dangereux, prendre une douche d'hygiène à posteriori.

7 Discussion

Les recherches effectuées sur la nature, l'histoire, les problématiques toxicologiques et les normes appliquées aux matériaux dangereux ont permis, en concomitance avec l'observation et l'étude des appareils, de réunir les moyens de leur identification et de leur localisation dans les objets techniques cinématographiques. Dans cette phase, l'échange avec les spécialistes a été essentiel. Les fiches objets en annexes constituent le cœur de ce chapitre et sont à considérer comme des outils de travail pour les collaborateurs.

La problématique de la radioactivité a été ajoutée à mi-chemin de la réalisation du travail de diplôme, suite à un échange avec M. Laurent Mannoni qui m'a informé de la problématique, que je connaissais dans les appareils photographiques mais pas dans les appareils cinématographiques. Son étude mériterait d'être élargie à un corpus d'objets plus représentatif afin de la préciser. Malgré mon souhait

²²⁴ Echinard, Jane, non daté, [En ligne], p.4

²²⁵ Tarchini, Antonin, 2006, p.

²²⁶ Tarchini, Antonin, 2019

²²⁷ Daval, Marion, 2012, p. 63

²²⁸ Tarchini, Antonin, 2019

d'intégrer la radioactivité dans ce travail, l'absence d'objets représentatifs (caméras à grande-vitesse) dans les collections de Penthaz et de Berne, ainsi que la limitation de temps (recherche d'un corpus représentatif en dehors des collections) ne me permettaient pas d'approfondir ce thème. Je reste tout à fait disponible afin de le développer dans le futur car cette thématique éveille tout mon intérêt.

L'identification et l'évaluation des risques a rendu possible leur hiérarchisation et leur priorisation en fonction de facteurs intrinsèquement liés à la matérialité des objets, leur fonctionnalité et l'intervention humaine. Cela a ensuite permis d'ouvrir un regard sur les questions de déontologie et de légifération des matériaux dangereux dans les collections patrimoniales. Des moyens de gestion de ces objets ont pu être proposés, sous la forme d'organigrammes d'identification, accompagnés de recommandations de conservation préventive, de manipulation, de protection ou encore de transport des objets.

8 Conclusion

Ce travail de diplôme a permis de mettre en évidence sur une échelle de temps les objets techniques cinématographiques porteurs d'amiante, de mercure et de PCB, tout en localisant et en identifiant les raisons de la présence de ces matériaux dans les appareils. Les différents types de matériaux ont pu être différenciés et des critères d'identification proposés, notamment par le biais de fiches objets et d'organigrammes de décision.

L'identification et l'évaluation des risques a ensuite permis de les hiérarchiser et de temporer les inquiétudes qu'il est possible de ressentir face à ces matériaux, en mettant en lumière les facteurs de risque et de mettre en place des protocoles de manipulation et de conservation préventive.

Une étude plus approfondie des matériaux radioactifs dans les caméras serait à réaliser, afin de déterminer avec précision les objets concernés sur une échelle de temps.

9 Bibliographie

9.1 Références citées

Arnet, Roland et Kuhn, Elmar, 2011, [En ligne] : Arnet, Roland et Kuhn, Elmar. *Répertoire des condensateurs. Identification et élimination des condensateurs contenant des PCB*. [En ligne]. 2011. [Consulté le 10.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://www.chemsuisse.ch/fr/type-d-activite/pcb/57-pcb>

Association suisse des consultants d'amiante, non daté, [En ligne] : Association suisse des consultants d'amiante. *ASCA, Association suisse des consultants d'amiante*. [En ligne]. Non daté. Disponibilité et accès : <http://www.asca-vabs.ch/index.php?lang=fr&id=4>

Association suisse des consultants d'amiante, 2016 [En ligne] : Association suisse des consultants d'amiante. *Elimination des déchets contenant de l'amiante. Aide à l'exécution intercantonale. AERA v.1.02 – décembre 2016*. [En ligne]. 2016. [Consulté le 09.06.2019]. Disponibilité et accès : http://www.asca-vabs.ch/files/ASCA_nouveau/160926_aide_execution_romande_amiante_vd_2.pdf

Ban asbestos France, 2007, [En ligne] : Ban asbestos France. *Maladies de l'amiante*. [En ligne]. 2007. [Consulté le 12.06.2019]. Disponibilité et accès : https://www.ban-asbestos-france.com/maladies_de_l_amiante.htm

Canu, Emanuele, et al., 2007, [En ligne] : Canu, Emanuele, et al. *Application*. « Solid analysis. Analysis of mineral fibres (i.e. asbestos) in water, soil and waste material using FTIR spectroscopy ». *Shimadzu News*, 2/2007, 2007, p.14-16.

CDS Ingénieurs, 2015, [En ligne] : CDS Ingénieurs. *Polluants du bâtiment et mesures de sécurité*. [En ligne]. 2015. [Consulté le 12.06.2019]. Disponibilité et accès : <http://apsiv.ch/download.php?doc=36&lang=fr>

Chemsuisse, non daté, [En ligne] : Services cantonaux des produits chimiques. *Généralités. Informations concernant les condensateurs et les transformateurs contenant des PCB*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 05.04.2019]. Disponibilité et accès : <http://www.chemsuisse.ch/fr/type-d-activite/pcb>

Cinémathèque française, 2014, [En ligne] : Cinémathèque française. *Caméra grande vitesse film 16 mm. AP-01-2298(1/2)*. [En ligne]. 2014. [Consulté le 12.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.cinematheque.fr/fr/catalogues/appareils/collection/camera-grande-vitesse-film-16-mmap-01-2298-1-2.html>

Cinémathèque suisse, 2014 [En ligne] : Cinémathèque suisse. *La politique de collection*. [En ligne]. 2014. [Consulté le 05.06.2019]. Disponibilité et accès : https://www.cinematheque.ch/fileadmin/user_upload/Espace-institutionnel/Cinematheque-suisse/Politique-collection/Annexes_2.pdf

Cinématographes, 2008, [En ligne] : Cinématographes. *Pathé Baby*. [En ligne]. 2008. [Consulté le 01.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://cinematographes.free.fr/pathe-baby.html>

Confédération suisse, 2008, [En ligne] : Confédération suisse. *Commission fédérale de coordination pour la sécurité au travail. Directives CFST, n°6503, Amiante*. [En ligne]. 2008. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.suva.ch/materiel/directives-et-textes-de-lois/amiante-directive-cfst-6503.f-5767-5766>

Cours Tech Info, non daté, [En ligne] : Cours Tech Info. *Les condensateurs*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 11.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://www.courstechinfo.be/Hard/Capa.html>

CRIDEC, 2017, [En ligne] : CRIDEC. *Que faisons-nous ?* [En ligne]. 2017. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.cridec.ch/fr/>

Daval, Marion, 2012 : Daval, Marion. *La problématique de la radioactivité dans les objets patrimoniaux : identification, évaluation et gestion*. Haute école Arc, filière conservation-restauration, Orientation objets scientifiques, techniques et horlogers. Neuchâtel, 2012.

DFI, non daté, [En ligne] : DFI. *Office fédéral de la santé publique OFSP*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : https://www.edi.admin.ch/edi/fr/home/das-edi/organisation/offices-federaux/office-federal-de-la-sante-publique-ofsp.html#215_1456408346833_content_edi_fr_home_das-edi_organisation_bundesaemter_bundesamt-fuer-gesundheit_jcr_content_par_tabs

Echinard, Jane, non daté, [En ligne] : Echinard, Jane. *L'amiante dans les collections patrimoniales : l'exemple du Musée Français de la Photographie de Bièvres*. [En ligne]. Non daté [Consulté le 05.04.2019]. Disponibilité et accès : www.art-conservation.fr/colloques/2007/11_ECHINARD.pdf

Edison Tech Center, 2016, [En ligne] : Edison Tech Center. *The first form of electric light. History of the carbon arc lamp (1800-1980)*. [En ligne]. 2016. [Consulté le 12.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://edisontechcenter.org/Arclamps.html>

Energie solaire, non daté, [En ligne] : Energie solaire. *Courant alternatif*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://lenergie-solaire.net/definitions/courant-alternatif.html>

Encyclopaedia Britannica, 2019, [En ligne] : Encyclopaedia Britannica. Cellulose acetate. [En ligne]. 2019. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.britannica.com/science/cellulose-acetate#ref1052600>

Etat de Fribourg, non daté, [En ligne] : Etat de Fribourg. *PCB de type dioxine – dioxines*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 12.06.2019]. Disponibilité et accès : https://www.fr.ch/sites/default/files/contens/pila/www/files/pdf46/PCB_DE_TYPE_DIOXINE_DIOXINES.pdf

Eugen Bauer G.M.B.H, non daté : Eugen Bauer G.M.B.H. *Bauer M7. Mode d'emploi*. Stuttgart, non daté.

Family Movies, non daté : Family Movies. *Les premiers projecteurs Pathé Baby*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 03.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://www.familymovie.ch/les-premiers-projecteurs-pathe-baby>

Ferry, Ch. Et Chéneveau, Ch., 1910, [En ligne] : Ferry, Ch. et Chéneveau, Ch. *La loi du rayonnement lumineux des lampes à incandescence*. [En ligne]. 1910. [Consulté le 12.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00241559/document>

Final Advanced Materials, non daté, [En ligne] : Final Advanced Materials. *Ciment céramique de moulage*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 11.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.final-materials.com/fr/187-ciment-ceramique-moulage>

Forum Amiante Suisse, non daté, [En ligne] : Forum Amiante Suisse. *Forum Amiante Suisse*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://www.forum-asbest.ch/fr/>

Futura Maison, 2019, [En ligne] : Futura Maison. *Pyralène*. [En ligne]. 2019. [Consulté le 12.06.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-pyralene-10876/>

Futura Sciences, non daté, [En ligne] : Futura Sciences. *Diélectrique*. Non daté. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-dielectrique-347/>

Geo, 2018, [En ligne] : Geo. *Part par million*. [En ligne]. 2018. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.geo.fr/environnement/ppm-a-quoi-correspond-cette-unite-de-mesure-de-la-pollution-193340>

Ggl Ulaval, non daté, [En ligne] : Ggl Ulaval. *Les roches métamorphiques*. Non daté. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : https://www.google.com/search?client=firefox-b-ab&ei=XOsrXfDaKJqEk74Pu9ehwAk&q=m%C3%A9tamorphisme&oq=m%C3%A9tamorphisme&gs_l=psy-ab.3..0l2j0i20i263j0l7.24753.25487..25750...0.0..0.104.556.5j1.....0....1..gws-wiz.....0i71j35i39j0i30.4iiUuZ53GaE

Gouvernement du Canada, 2013, [En ligne] : Gouvernement du Canada. *Mercurie : propriétés chimiques*. [En ligne]. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/polluants/mercure-environnement/a-propos/proprietes-chimiques.html>

Gouvernement du Canada, 2018, [En ligne] : Gouvernement du Canada. *Le soin des objets métalliques*. [En ligne]. 2018. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/conservation-preventive/lignes-directrices-collections/objets-metalliques.html#a2a2>

Harcini, Nesrin et Harcini, Vasif, 2018, [En ligne] : Harcini, Nesrin et Harcini, Vasif. *Fundamentals of biomaterials*. [En ligne]. 2018. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://books.google.ch/books?id=Nd7DwAAQBAJ&pg=PA86&lpg=PA86&dq=charcoal+mohs&source=bl&ots=ddfytN4EW4&sig=ACfU3U0x5AWIXKHw8dx6wmsWF8BA2wcpUg&hl=fr&sa=X&ved=2ahUKEwJfvvPgZLHjAhUHV8AKHY68Atg4ChDoATAGegQIBxAB#v=onepage&q=charcoal%20mohs&f=false>

Härrri, Ernst, Club des collectionneurs de radios, Association des amis du Musée ENTER, 2019 : Härrri, Ernst. « Vieux condensateurs, problèmes connus ». *HIStory TECnic Journal*, magazine suisse de la technique historique. Nr. 2/2019.

INERIS, 2011, [En ligne] : INERIS. *Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : les polychlorobiphényles (PCB)*. [En ligne]. 2011. [Consulté le 12.06.2019]. Disponibilité et accès : <https://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/3100>

Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2018 : Institut national de recherche et de sécurité (INRS). *Amiante. Ce qu'il faut retenir*. Dossier complet. [En ligne]. 2018. [Consulté le 22.05.2019]. Disponibilité et accès : <http://www.inrs.fr/risques/amiante/circonstances-exposition.html>

Jürgen Lossau, 2005 : Jürgen Lossau. *Movie projectors. The definitive international guide. 16mm, 9.5mm, 8mm, Single-8, Super-8*. Atoll medien, Hambourg, 2005.

Knapp, Tony et Vogt-O'Connor Diane, 2004 : Knapp, Tony et Vogt-O'Connor Diane. « Caring for cellulose nitrate film ». *Conserve O Gram*, Numéro 14/8, 2004.

Kernenergie, 2019, [En ligne] : Kernenergie. *Radioactivité*. [En ligne]. 2019. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.kernenergie.ch/fr/radioactivite-content---1--1086.html>

Kodak Eastman Company, 2006 : Kodak Eastman Company. « Safe handling, storage, and destruction of nitrate-based motion picture films », *Environment information from Kodak*, N. H-182, 2006.

La Cinémathèque française, 2014, a, [En ligne] : La Cinémathèque française. *Catalogue des appareils cinématographiques de la Cinémathèque française et du CNC. Triple lanterne de projection. AP-04-2457(1/3)*. [En ligne]. 2014. [Consulté le 11.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.cinematheque.fr/fr/catalogues/appareils/collection/triple-lanterne-de-projectionap-04-2457-1-3.html>

La Cinémathèque française, 2014, b, [En ligne] : La Cinémathèque française. *Catalogue des appareils cinématographiques de la Cinémathèque française et du CNC. Lampe oxhydrique à bâton de chaux. AP-95-1730*. [En ligne]. 2014. [Consulté le 12.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.cinematheque.fr/fr/catalogues/appareils/collection/lampe-oxhydrique-a-baton-de-chauxap-95-1730.html>

La Nature, 1923, [En ligne] : La Nature. « Le Pathé Baby, cinéma domestique ». *La Nature, Revue des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie. Journal hebdomadaire illustré. Suivi de : Bulletin météorologique de la Nature, Boîte aux lettres, Nouvelles scientifiques*, Cinquante et unième année, premier semestre n.2544-2569, 1923, p. 158-160. [En ligne]. [Consulté le 03.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://cnum.cnam.fr/CGI/fpage.cgi?4KY28.104/162/100/640/5/631>

Larousse, non daté, [En ligne] : Larousse. *Xénon*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/x%C3%A9non/82877>

Larsen, Louis B. et al, 1918 : Larsen, Louis B. et al. *Motion picture machine. Application filed Nov. 8, 1917. Patented Dec. 10, 1918*. 1918.

Le Conseil Fédéral, 2005, [En ligne] : Le Conseil Fédéral. *814.81. Ordonnance sur la réduction des risques liés à l'utilisation de substances, de préparations et d'objets particulièrement dangereux (ORRChim)*. [En ligne]. 2005. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20021520/index.html>

Le Conseil Fédéral, 2017, [En ligne] : Le Conseil Fédéral. *832.20. Loi fédérale sur l'assurance-accidents. Article 9.* [En ligne]. 2017. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19810038/index.html#a9>

Ligue cancer, non daté, [En ligne] : Ligue Cancer. *Dioxine.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.google.com/search?q=dioxine&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab>

Ligue suisse contre le cancer, non daté, a, [En ligne] : Ligue suisse contre le cancer. *Amiante.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 12.06.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.liguecancer.ch/prevenir-le-cancer/mode-de-vie-sain/eviter-les-influences-environnementales-nefastes/amiante/>

Ligue suisse contre le cancer, non daté, b, [En ligne] : Ligue suisse contre le cancer. *Qu'est-ce que le cancer ?* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 12.06.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.liguecancer.ch/a-propos-du-cancer/quest-ce-que-le-cancer/>

Mannoni, Laurent, non daté, [En ligne] : Mannoni, Laurent. *Lexique.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 12.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.cinematheque.fr/fr/catalogues/appareils/glossaire.html>

Mémoire de l'Électricité du Gaz et de l'Éclairage public, 2017, [En ligne] : Mémoire de l'Électricité, du Gaz et de l'Éclairage Public (MEGE). *La lampe à arc.* [En ligne]. 2017. [Consulté le 05.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://www.megedoudeau.jmbertho.odns.fr/index.php/eclairage-public/histoire/la-lampe-a-arc>

Microscope Service SA, non daté, [En ligne] : Microscope Service SA. *Application du MEB-EDX au diagnostic de l'amiante.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 12.07.2019]. Disponibilité et accès : https://static1.squarespace.com/static/54f6f5c7e4b04ea4130d12ea/t/5547640fe4b0a65de4f7f51f/1430742031601/meb_diagnostic_amiante.pdf

Minerals Education, 2019, [En ligne] : Minerals Education. *Mineral database. Asbestos.* [En ligne]. 2019. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://mineralseducationcoalition.org/minerals-database/asbestos/>

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, non daté, [En ligne] : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. *Prévention des risques. Les PCB/PCT. Détenteurs de transformateurs, de condensateurs et d'appareils électriques contenant des PCB/PTC, vous devez protéger l'environnement.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 11.07.2019]. Disponibilité et accès : https://www.cancer-environnement.fr/Portals/0/Documents%20PDF/Texte%20officiel/Minist%C3%A8res/2009_Min%20Ecologie%20Pr%C3%A9vention%20des%20risques%20pour%20app.%20electrique.pdf

Motion picture projection [En ligne] : Motion picture projection. *Portable projectors.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 04.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.youtube.com/watch?v=fexjfUzgF4M>

Musée Curie, 2019, [En ligne] : Musée Curie. *Histoire de la radioactivité en quelques dates.* [En ligne]. 2019. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://musee.curie.fr/decouvrir/documentation/histoire-de-la-radioactivite>

OPP BTP, 2017, [En ligne] : OPP BTP. *Transport et élimination de déchets de matériaux contenant de l'amiante.* [En ligne]. 2017. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.preventionbtp.fr/content/download/366366/3287374/file/A6F0317.pdf>

OFSP, non daté, [En ligne] : OFSP. *Rayonnement, radioactivité et son.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall.html>

Pathé, non daté : Pathé. *Pathé 9.5 mm.* Draeger, Paris, non daté.

Pathé-Cinéma Vincennes, non daté : Pathé-Cinéma Vincennes. *Pathé Baby. Manuel d'emploi et d'entretien.* Draeger, Paris, non daté.

Polludoc, Savoir et pratique sur les polluants du bâtiment, 2018, En ligne] : Polludoc, Savoir et pratique sur les polluants du bâtiment. *Tissus, cordons, coussins, amiante pur.* [En ligne]. 2018. [Consulté le 22.05.2019]. Disponibilité et accès : <https://polludoc.ch/fr/materiel/tissus-cordons-coussins-amiante-pur>

Projectionniste, non daté, [En ligne] : Projectionniste. *Obturateur.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 03.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://projectionniste.net/obturateur.htm>

République et canton de Genève, non daté, [En ligne] : République et canton de Genève. *Amiante, PCB, Plomb. Ce qu'il faut savoir pour rénover dans les règles.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 01.06.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.rts.ch/decouverte/sciences-et-environnement/technologies/pre-prod-1/5318624.html/BINARY/Service%20de%20toxicologie%20de%20l%E2%80%99environnement%20b%C3%A2ti>

Rogge, Michael, 2019, [En ligne] : Rogge, Michael. *List of vintage movie cameras, projectors, precinema, part 1, A-C.* [En ligne]. 2019. [Consulté le 06.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://wichm.home.xs4all.nl/cinelist.html>

RS Components, non daté, [En ligne] : RS Components. *Condensateurs. Présentation.* [En ligne]. Non daté. [Consulté le 11.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://fr.rs-online.com/web/generalDisplay.html?file=electroniques/capacitors&id=infozone>

RTN, 2019, [En ligne] : RTN. *L'amiante est de retour.* [En ligne]. 2019. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.rtn.ch/rtn/Actualite/Region/20190610-L-amiante-est-de-retour.html>

Sapros, 2019, [En ligne] : Sapros. *Combinaison Tyvek® classic.* [En ligne]. 2019. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.sapros.ch/fr/type-5-protection-contre-les-particules-etancheite-aux-particules-en-iso-13982/combinaison-tyvekr#product-details>

Scientific, 2019, [En ligne] : Scientific. *High speed photography system of vehicle/barrier crash testing laboratory.* [En ligne]. 2019. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.scientific.net/AMR.255-260.1745>

Sénat, 2019, [En ligne] : Sénat. *Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé.* [En ligne]. 2019. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.senat.fr/rap/I00-261/I00-26152.html>

Siemens, non daté : Siemens. *Siemens 2000. Instruction manual.* Siemens & Halske Aktiengesellschaft, Berlin-München, non daté.

Société canadienne du cancer, 2019, [En ligne] : Société canadienne du cancer. *Qu'est-ce que le mésothéliome ?* [En ligne]. 2019. [Consulté le 12.06.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.cancer.ca/fr-ca/cancer-information/cancer-type/mesothelioma/mesothelioma/?region=on>

Société de recherches et de perfectionnements industriels, 1956 : Société de recherches et de perfectionnements industriels. *Les interrupteurs à mercure SRPI*. Paris, 1956.

Steffen, A., 1913 : Steffen, A. *L'électricité au cinématographe*. Trois tomes. Paris : Charles Mendel, Paris, 1913.

SUVA, 2016, [En ligne] : SUVA. *Identifier et manipuler correctement les produits contenant de l'amiante*. [En ligne]. 2016. [Consulté le 10.06.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.suva.ch/materiel/documentation/identifier-et-manipuler-correctement-les-produits-contenant-de-lamiante-84024.f-26464-26463>

SUVA, non daté, [En ligne] : SUVA. *1903.f. Valeurs limites d'exposition aux postes de travail*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.suva.ch/1903.f>

SUVA Pro, 2012, [En ligne] : SUVA Pro. Fiche thématique. *Utilisation d'aspirateurs de classe H avec spécification amiante*. [En ligne]. 2012. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.suva.ch/fr-CH/materiel/fiche-thematique/utilisation-d-aspirateurs-de-classe-h-avec-specification-amiante/>

Tarchini, Antonin, 2006 : Tarchini, Antonin. *Le mercure dans les collections du patrimoine technique et industriel : problématiques de conservation*. Haute école d'arts appliqués Arc, filière conservation-restauration, Orientation objets scientifiques techniques et horlogers. Neuchâtel, 2006.

Tétrault, Jean et Carole Dignard, 1995, [En ligne] : Tétrault, Jean et Carole Dignard. *Les polluants*. [En ligne]. 1995. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.ccq.gouv.qc.ca/index.php?id=173>

Transformateurs 2, 2011, [En ligne] : Transformateurs 2. *Transformateurs secs*. [En ligne]. 2011. [Consulté le 11.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://transformateur-2.over-blog.com/article-transformateurs-secs-65888422.html>

Tsf Restau, non daté, [En ligne] : Tsf Restau. *Les condensateurs anciens*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 11.07.2019]. Disponibilité et accès : <http://tsf.resto.free.fr/astuces/CONDENSATEURS/condensateurs.htm>

Universalis, 2019, [En ligne] : Universalis. *Thorium*. [En ligne]. 2019. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/thorium/4-proprietes-physiques/>

Ushio France, non daté, [En ligne] : Ushio France. *Spécifications techniques et fonctionnement des lampes xénon*. [En ligne]. Non daté. [Consulté le 12.07.2019]. Disponibilité et accès : <https://projectionniste.net/docs/Specifications%20techniques%20et%20fonctionnement%20des%20ampes%20xenon%20UXL.pdf>

Wikipédia, 2018, [En ligne] : Wikipédia. *Géométrie moléculaire tétraédrique*. [En ligne]. 2018. [Consulté le 13.07.2019]. Disponibilité et accès : https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9om%C3%A9trie_mol%C3%A9culaire_t%C3%A9tra%C3%A9drique

Wikipédia, 2019, a, [En ligne] : Wikipédia. *Celluloïd*. [En ligne]. 2019. [Consulté le 28.05.2019]. Disponibilité et accès : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cellulo%C3%AFd>

Wikipédia, 2019, b, [En ligne] : Wikipédia. *Polychlorobiphényle*. [En ligne]. 2019. [Consulté le 12.06.2019]. Disponibilité et accès : https://fr.wikipedia.org/wiki/Polychlorobiph%C3%A9nyle#cite_note-PlanNational-5

Zeiss Ikon AG. Dresden, non daté : Zeiss Ikon AG. Dresden. *Ernemann IV*. Non daté.

9.2 Références écrites et orales

Arnet, Roland. Steiger, Steve. Zosso, François, 2019 : M. Arnet Roland (ancien inspecteur des produits chimiques), M. Steve Steiger (inspecteur des produits chimiques), M. Zosso François (conseils et expertises en produits chimiques), Direction générale de l'environnement (DGE), communication orale sur les PCB et examen in situ des condensateurs, le 10.07.2019.

Bissegger, Thomas, 2019 : M. Thomas Bissegger (responsable du secteur iconographie et appareils cinématographiques), Centre de recherche et d'archivage de la Cinémathèque suisse, Penthaz (VD), communication écrite au sujet de la constitution et de l'histoire de la collection d'appareils, le 03.06.2019.

Landolf, David, 2019, a : M. David Landolf (directeur), Cinémathèque, Berne (BE), communication orale au sujet des éléments constitutifs des appareils et des matériaux dangereux, le 02.04.2019.

Landolf, David, 2019, b : M. David Landolf (directeur), Cinémathèque, Berne (BE), communication orale au sujet d'éléments électriques des appareils cinématographiques, le 27.06.2019.

Lorenz, Klaus, 2019 : M. Klaus Lorenz (conservateur-restaurateur indépendant), communication écrite autour des typologies des interrupteurs à mercure et des moyens de stabilisation de l'amiante.

Mannoni, Laurent, 2019 : M. Laurent Mannoni (directeur scientifique du patrimoine et du Conservatoire des techniques), Cinémathèque française, Paris (Ile-de-France), communication orale au sujet des matériaux dangereux dans les appareils cinématographiques, le 31.05.2019.

Lorenz, Klaus, 2019 : M. Klaus Lorenz (conservateur-restaurateur), communication écrite au sujet des contacteurs à mercure et de la stabilisation de l'amiante, le 08.06.2019.

10 Annexes

10.1 Méthode

Afin de déterminer le panel d'objets représentatif de la collection qui fait l'objet de cette étude, il a d'abord été nécessaire de rencontrer les spécialistes du patrimoine technique cinématographique, pour mieux appréhender les différentes typologies d'appareils et leurs caractéristiques techniques. Conjointement, la littérature traitant des matériaux dangereux ainsi que l'observation des appareils ont permis d'isoler de l'ensemble les objets potentiellement concernés par la problématique, techniquement et temporellement. En effet, il n'existe pas de littérature portant sur les matériaux dangereux dans les appareils cinématographiques.

Chaque appareil des typologies concernées a ensuite été daté et identifié lorsque cela était possible, grâce à la littérature, en mettant en avant les critères suivants : année(s) de production, distributeur*, modèle, série, et format(s)*.

Ainsi, la considération des éléments techniques en lien avec les caractéristiques intrinsèques des appareils précédemment cités ont permis de déterminer la représentativité des objets par rapport à la problématique, et de définir l'échelle temporelle sur laquelle on trouve ces matériaux dans les appareils.

Huit appareils et leurs accessoires électriques ont alors été choisis pour répondre à ces critères afin de permettre l'étude. En accord avec l'institution, un appareil comportant un redresseur à mercure, conservé à la Cinémathèque de Berne, a été inclus dans le corpus, aucun n'étant conservé à Penthaz.

En effet, la collection continue de s'enrichir et la maîtrise de la gestion d'un tel objet est importante. Des observations ponctuelles d'appareils dans d'autres institutions, couplées à des analyses, ont permis d'affiner l'étude. Des fiches objets rendent compte de l'étude détaillée de chaque appareil en annexes, tandis que le dossier présente les recherches effectuées de manière méthodique.

10.2 Liste des figures et crédits photographiques

Toutes les photographies sont la propriété de ©He Arc, 2019, A.Lefebvre sauf mention.

Figure 1 : Publicité pour des rideaux amiantés ©Mannoni Laurent.....	13
Figure 2 : Mercure élémentaire ©Centreantipoison.be	16
Figure 3 : Deux phényles formant un biphenyle (gris) chaque phényle portant jusqu'à 5 atomes de chlore (Cl, vert)	19
Figure 4 : Triple lanterne de projection « The Noakes' Triple » contenant de l'amiante ©Cinémathèque française	24
Figure 5 : Lampe à arc dans sa lanterne, projecteur Ernemann IV deux charbons ©Wikipédia	Figure 6 : Arc électrique entre deux charbons ©Wikipédia 25
Figure 7 : Lampe oxyhydrique à bâton de chaux @Cinémathèque française	26
Figure 8 : Amiante dans une lampe à arc, Bauer M7, 1928.....	26
Figure 9 : Rideau d'amiante, Ernemann IV, 1937	26
Figure 10 : Amiante tapissé et plaque d'amiante dans la lanterne d'un projecteur domestique, Acme, 1920.....	26
Figure 11 : Câble amianté dans la lanterne, Ernemann IV, 1937	27
Figure 12 : Carter amianté, Bauer M7, 1928	27
Figure 13 : Support amianté et câble à l'intérieur amianté dans un boîtier électrique, Acme Portable Projector, 1920.....	27
Figure 14 : Amiante dans une résistance, Pathé Baby Super, 1926	27
Figure 15 : Aspect fibreux d'une plaque d'amiante	28
Figure 16 : Constitution en feuilles.....	28
Figure 17 : Rideau d'amiante tissé, Ernemann IV, 1937	28
Figure 18 : Cordon électrique d'amiante tressé, Ernemann IV, 1937	29
Figure 19 : Amiante tissé, Bauer M7, 1928	29
Figure 20 : Carton d'amiante fortement aggloméré, Bauer M7, 1928	Figure 21 : Carton d'amiante fortement aggloméré, coloré et imprimé, Acme Portable Projector, 1920.....
Figure 22 : Résistance amiantée, Pathé Baby Super, 1926	30
Figure 23 : Résistance en silicate d'alumine, Siemens 2000, 1954.....	30
Figure 24 : Interrupteur à mercure ©SRPI	31
Figure 25 : Redresseur à mercure interne à l'appareil, Cinématographe Pathé, 1920.....	32

Figure 26 : Redresseur à mercure externe, conservé à la Cinémathèque de Berne.....	32
Figure 27 : Mercure dans un interrupteur	32
Figure 28 : Irisation des ampoules à mercure	32
Figure 29 : Interrupteur à mercure dans un cache en polymère, projecteur RCA 400, conservé à la Cinémathèque de Berne	33
Figure 30 : Interrupteur de sécurité, projecteur RCA 400, conservé à la Cinémathèque de Berne	33
Figure 31 : Interrupteur de sécurité et coupe-feu, Ernemann IV, 1937.....	34
Figure 32 : Fonctionnement du double interrupteur à mercure, Ernemann IV, 1926.....	34
Figure 33 : Transformateur sec dans l'appareil	Figure 34 : Transformateur à huile ©Energie Plus
	35
Figure 35 : Représentation schématique et visuelle d'un condensateur ©Courstechinfo.be.....	36
Figure 36 : Unités et inscriptions	37
Figure 37 : Représentation schématique d'un condensateur électrolytique	38
Figure 38 : Exemple de condensateurs électrolytiques, dans l'appareil Bauer T600	38
Figure 39 : Représentation schématique d'un condensateur à tubes	38
Figure 40 : Exemple de condensateur à tubes en papier métallisé « MP »	39
Figure 41 : Exemple d'identification du <i>Répertoire des condensateurs</i> ©Arnet, Roland et Kuhn, Elmar	40
Figure 42 : Identification des condensateurs Icar – Slimotor ©Arnet, Roland et Kuhn, Elmar	41
Figure 43 : Condensateur dextre suspecté de contenir des PCB	41
Figure 44 : Caméra grande-vitesse film 16mm ©Cinémathèque française	42
Figure 45 : Brunissement et soulèvements et dépôts de suie, lanterne Bauer M7.....	44
Figure 46 : Dislocation du support, Ernemann IV	44
Figure 47 : Côtes et représentation visuelle de la quantité de mercure.....	45
Figure 48 : Triple interrupteur à mercure observé à la Cinémathèque de Berne Ernemann IV.....	45
Figure 49 : Explosion et gonflement d'un condensateur au papier métallisé ©Tsf Resto.....	46
Figure 50 : Coulure et fonte d'un condensateur ©Tsf Resto	47
Figure 51 : Compteur Geiger-Müller ©He Arc 2019.....	48
Figure 52 : Calage d'un interrupteur à mercure par placement d'une mousse en polyéthylène au niveau des contenants à mercure et par sanglage du système coupe-feu à bascule afin de limiter tout mouvement.....	54
Figure 53 : Projecteur Siemens 2000	79
Figure 54 : Détail du matériau suspecté	79
Figure 55 : Appareil RVA 400.....	79
Figure 56 : RVA 400 détail du matériau.....	79
Figure 57 : Descriptif du redresseur à vapeur de mercure, vu du côté de la borne 1 (AC).....	84
Figure 58 : Descriptif du redresseur à vapeur de mercure, vu du côté de la borne 2 (DC)	84

Figure 59 : Fonctionnement du transformateur du redresseur à vapeur de mercure.....	85
Figure 60 : Descriptif du Cinématographe Pathé	86
Figure 61 : Descriptif du chrono et mise en place du film, Cinématographe Pathé.....	86
Figure 62 : Descriptif de la lampe à arc, Cinématographe Pathé	87
Figure 63 : Localisation du mercure, Cinématographe Pathé.....	87
Figure 64 : Descriptif de la face droite de l'appareil Acme.....	91
Figure 65 : Face avant close de l'appareil Acme.....	92
Figure 66 : Intérieur avant de l'appareil Acme	93
Figure 67 : Face gauche de l'appareil Acme	93
Figure 68 : Haut de l'appareil Acme	93
Figure 69 : Câble électrique de l'appareil Acme.....	94
Figure 70 : Descriptif de l'arrière de l'appareil Acme.....	94
Figure 71 : Placement et rembobinage du film, Acme	95
Figure 72 : Localisation des différents types d'amiante dans l'appareil Acme	96
Figure 73 : Amiante en plaque faiblement agglomérée du projecteur Acme.....	96
Figure 74 : Amiante tissé du projecteur Acme	96
Figure 75 : "Carton" d'amiante fortement aggloméré du projecteur Acme	96
Figure 76 : Système à double came permettant l'enroulement du film ©Wikipédia modifié par ©He Arc A.Lefebvre.....	98
Figure 77 : Face droite du Pathé Baby Super	100
Figure 78 : Face gauche du Pathé Baby Super	100
Figure 79 : Détails du couloir d'entraînement du film de l'appareil Pathé Baby Super	101
Figure 80 : Détail de l'intérieur de la lanterne de l'appareil Pathé Baby Super	101
Figure 81 : Mise en place du film sur le Pathé Baby Super.....	102
Figure 82 : Amiante moulé ou pressé dans la résistance de la lampe	102
Figure 83 : Descriptif de la face droite, Bauer M7.....	105
Figure 84 : Descriptif de la face gauche, Bauer M7	106
Figure 85 : Descriptif du chrono et placement du film, face droite, Bauer M7.....	107
Figure 86 : Lampe auxiliaire dans le chrono, face droite, Bauer M7	108
Figure 87 : Descriptif de l'intérieur de la lanterne, face droite, Bauer M7	109
Figure 88 : Amiante dans la lanterne, Bauer M7	109
Figure 89 : Carton d'amiante fortement aggloméré dans les carters.....	110
Figure 90 : Condensateur droite du projecteur Bauer M7 suspecté de contenir des PCB	110
Figure 91 : Descriptif droite, Ernemann IV.....	113
Figure 92 : Descriptif du chrono droite, Ernemann IV.....	113
Figure 93 : Localisation de l'amiante dans la lanterne, Ernemann IV	114
Figure 94 : Localisation de l'amiante à l'arrière de la lanterne, Ernemann IV.....	114

Figure 95 : Amiante en plaque, faiblement aggloméré	115
Figure 96 : Amiante tissé	115
Figure 97 : Amiante tressé	115
Figure 98 : Interrupteurs à mercure, Ernemann IV	116
Figure 99 : Descriptif de la face droite, Micron 18	119
Figure 100 : Descriptif du chrono et placement du film, Micron 18.....	120
Figure 101 : Descriptif de l'arrière de la lanterne, Micron 18	121
Figure 102 : Descriptif de la lampe à arc, Micron 18.....	121
Figure 103 : Localisation de l'amiante, lanterne arrière	122
Figure 104 : Localisation de l'amiante, lanterne interne.....	122
Figure 105 : Signalétique réserve et objet contenant de l'amiante @Chemsuisse	151
Figure 106 : Signalétique réserve et objet contenant du mercure	152
Figure 107 : Signalétique réserve et objet exempt de PCB @Chemsuisse	152
Figure 108 : Signalétique réserve et objet suspecté de contenir des PCB @Chemsuisse	152
Figure 109 : Signalétique réserve et objet contenant des PCB @Chemsuisse	153
Figure 110 : Signalétique réserve et objet porteur de matière radioactive	153

10.3 Liste des tableaux

Tableau 1 : Appareils formant le corpus d'étude	11
Tableau 2 : Caractéristiques des trois principales variétés d'amiante ©INRS	12
Tableau 3 : Dénominations commerciales des PCB ©Chemsuisse, 2011	18

10.4 Liste des schémas

Schéma 1 : Chemin de décision – amiante	50
Schéma 2 : Chemin de décision - mercure.....	51
Schéma 3 : Chemin de décision – PCB	52
Schéma 4 : Chemin de décision - Radioactivité	53

10.5 Glossaire

Celluloïd : « Nom donné à une matière composée essentiellement de nitrate de cellulose et de camphre. Elle est considérée comme la première matière plastique et son origine remonte à 1856. Il a

longtemps servi dans l'industrie cinématographique à la production de pellicules. Il est très inflammable²²⁹ ».

Courant alternatif : « Le courant alternatif (AC) est un type de courant électrique caractérisé par une variation dans le temps, d'intensité ou de direction, à intervalles réguliers »²³⁰.

Courant continu : « Le courant continu (DC) est un type de courant électrique dont l'écoulement des charges ne varie pas. »²³¹

Dose : « Grandeur utilisée pour exprimer le risque sanitaire dû aux rayonnements ionisants. »²³²

Diacétate : Polymère artificiel créé par acétylation de la cellulose, subissant un traitement à l'eau.²³³

Diélectrique : Qui ne conduit pas, ou peu l'électricité, mais pouvant accumuler des forces électrostatiques²³⁴.

Dioxine : Composé chimique liposoluble de substances comprenant les polychlorodibenzo-p-dioxines et les polychloro-dibenzofuranes. Peut entraîner des maladies chroniques.²³⁵

Emulsion : Préparation apposée sur un des côtés d'un support photographique, permettant l'impression de l'image.

Format : Dimension du film cinématographique (8, 9.5, 16, 35 mm, etc.).

Isotope : « Deux atomes dont le nombre de protons est identique mais le nombre de neutrons diffère. »²³⁶

Magasin : Dans un projecteur cinématographique domestiques, espaces accueillant le film (débitur ou récepteur).

²²⁹ Wikipédia, 2019, a, [En ligne]

²³⁰ Energie solaire, non daté, [En ligne]

²³¹ Energie solaire, non daté, [En ligne]

²³² Daval, Marion, 2012, p.80

²³³ Encyclopaedia Britannica, 2019, [En ligne]

²³⁴ Futura Sciences, non daté, [En ligne]

²³⁵ Ligue Cancer, non daté, [En ligne]

²³⁶ Daval, Marion, 2012, p.80

Métamorphique : « Roche issue de la transformation de roches ignées ou sédimentaires sous l'effet de la température et/ou de pression élevée. »²³⁷

Polluant : « La pollution atmosphérique cause de graves dommages à l'environnement. Les polluants, tels que les poussières de tous genres et les gaz comme les oxydes d'azote et les produits sulfurés, [...] pénètrent à l'intérieur et risquent d'endommager les objets de collection. »²³⁸

Ppm : Partie par million : unité de mesure permettant de calculer le taux de pollution dans l'air et dans l'environnement. Permet de savoir combien de molécules de polluant se trouve dans un million de molécules d'air.²³⁹

Tétraédrique : « En chimie, une molécule tétraédrique est constituée d'un atome central relié à quatre atomes formant un tétraèdre. »

Xénon : « Gaz rare de l'atmosphère, découverte en 1898. Élément chimique de symbole Xe ».²⁴⁰

10.6 Acronymes et abréviations

ASCA : Association suisse des consultants amiante

BPC : biphényles polychlorés

DGE : Direction générale de l'environnement

FACH : Forum amiante suisse

OFEV : Office fédéral de l'environnement

OFSP : Office fédéral de la santé publique

PCB : polychlorobiphényles

Ppm : Part par million

²³⁷ Ggl Ulaval, non daté, [En ligne]

²³⁸ Tétrault, Jean et Carole Dignard, 1995, [En ligne]

²³⁹ Geo, 2018, [En ligne]

²⁴⁰ Larousse, non daté, [En ligne]

V : Volt

10.7 Annexe 1 : Figures

Les photographies des objets ont été remises à l'institution.

10.8 Annexe 2 : Tableaux

Matériel de conservation		
Matériel	Caractéristiques	Fournisseur
Combinaison Tyvek® Type 5-6	Norme SN EN 13034	Sapros.ch
Eponge collecteur de mercure Bürkle	Eponge et boîte de collecte	Buerkle.de
Masque de protection respiratoire	FFP3	Sapros.ch
Filtres 6096	FFP3 et Vapeurs de mercure	Distrelec.ch
Tubes Dräger de détection des vapeurs de mercure 0.1/b	Référence CH 23 101	Huberlab.ch
Flacon en verre à bouchon hermétique	Adaptable à la collecte de mercure	Fidel-fillaud.com

10.9 Annexe 3 : Tests et analyses

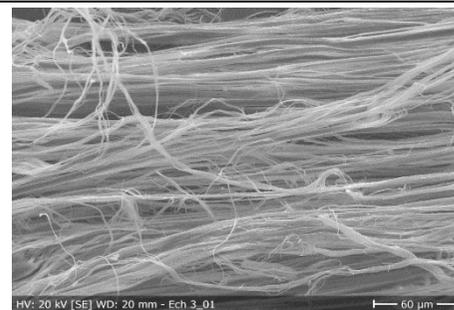
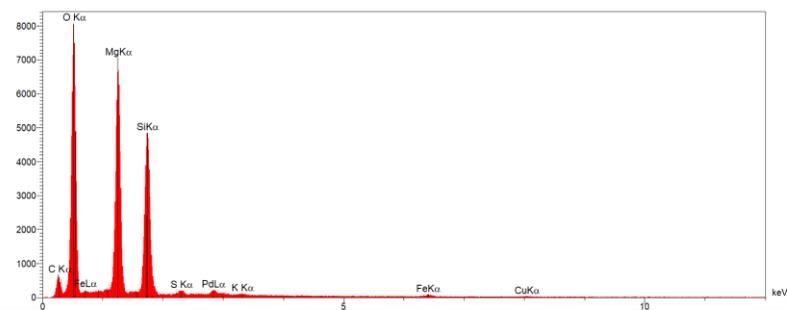
1/Microscopie électronique à balayage

Démarche

Six matériaux suspectés d'être de l'amiante ont été prélevés pour identification. L'intérêt était de savoir s'ils étaient réellement fibreux et d'identifier leur composition. Tous possédaient une teinte blanchâtre proche de celle de l'amiante ne permettant pas une identification visuelle avec certitude.

SPECTRE	PHOTOGRAPHIE	COMMENTAIRE
1. Résistance Pathé Baby externe pour moteur		
		<p>Non fibreux Composé de silice, Aluminium, Oxygène, Calcium, Potassium.</p> <p>Probablement pas de l'amiante.</p>
2. Borne du transformateur Pathé		
		<p>Non fibreux. Composé de silice, oxygène, magnésium.</p> <p>Deux éléments visibles : l'un métallique (noir), l'autre blanc.</p> <p>Probablement pas de l'amiante.</p>

3. Câble dans le boîtier électrique Acme

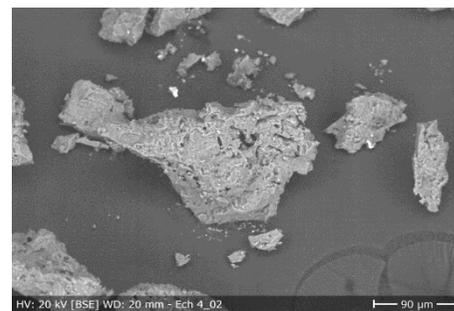
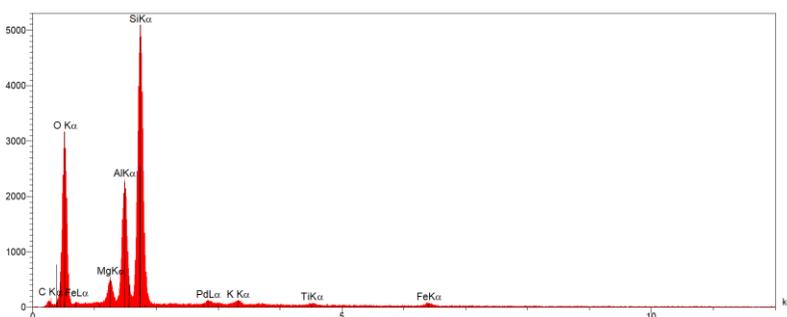


Fibreux. Se sépare en fibres de plus en plus fines.

Composé de Silice, oxygène, magnésium.

Très probablement de l'amiante.

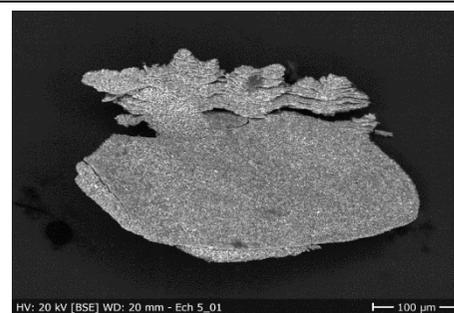
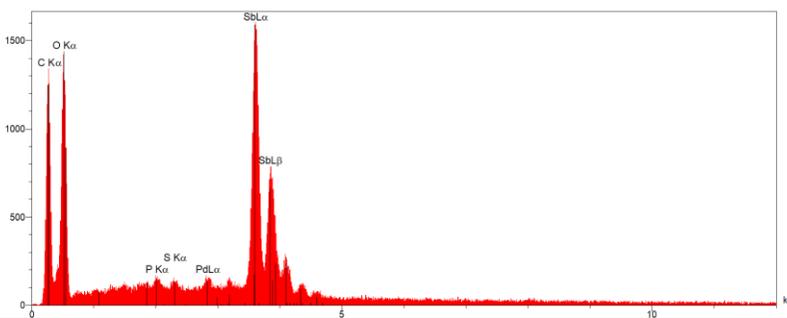
4. Résistance Siemens 2000



Non fibreux. De couleur brune. Composé de Silice, aluminium et oxygène.

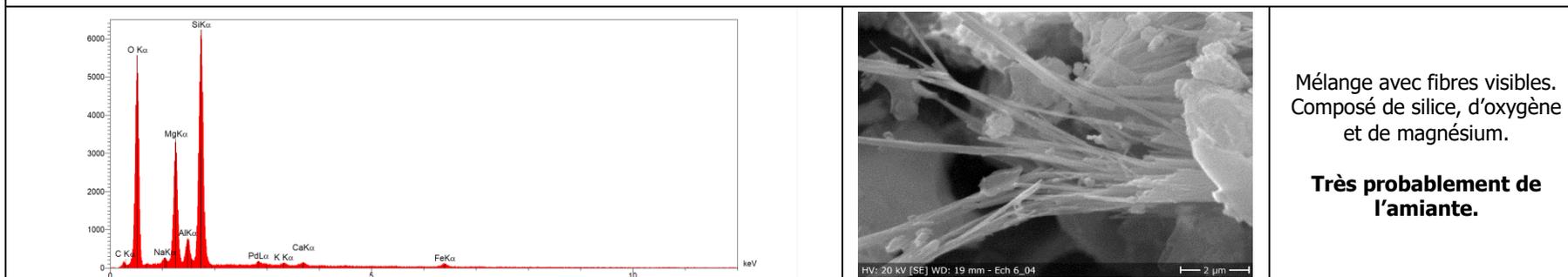
Probablement pas de l'amiante mais un aluminosilicate.

5. Carton magasin Pathé Baby Super



Non fibreux. Substrat métallique avec quelque chose au-dessous (antimoine ?). Composé d'antimoine, d'oxygène et de carbone.

6. Résistance sous le Pathé Baby Super



Mélange avec fibres visibles.
Composé de silice, d'oxygène
et de magnésium.

**Très probablement de
l'amiante.**

2/ FTIR

Démarche

La nature d'un matériau fibreux blanc-jaune disposé à l'intérieur de l'appareil Siemens 2000 était à déterminer, son observation visuelle ne permettant pas la certitude. Il semblait plutôt avoir pour fonction l'isolation sonore que l'isolation de chaleur. J'ai soupçonné de l'amiante, de la laine ou du polyuréthane, ces deux derniers matériaux étant utilisés comme isolants. L'intérêt était de définir s'il s'agissait d'amiante ou non.

Un matériau semblable a été observé dans un appareil de la même période (RVA 400). Un échantillon de chaque matériau a donc été prélevé puis analysé par FTIR.

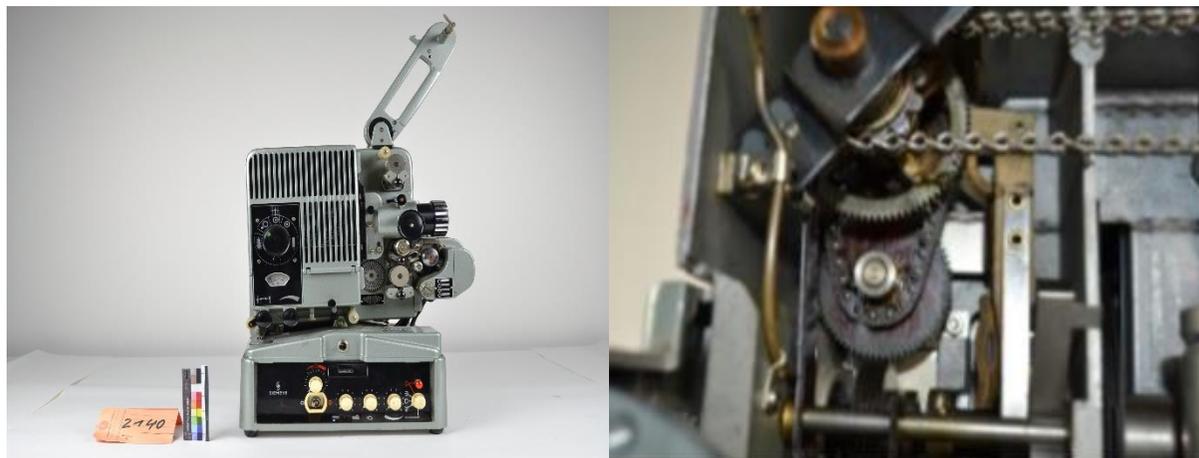


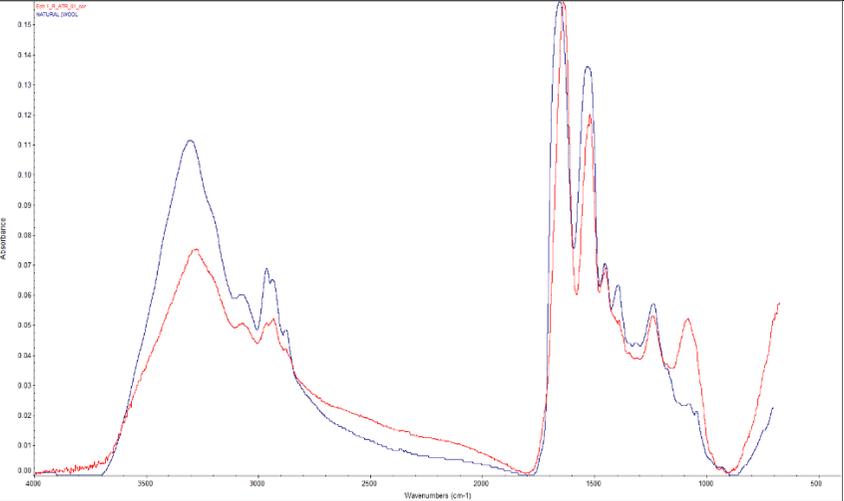
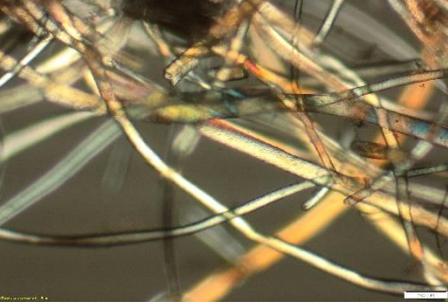
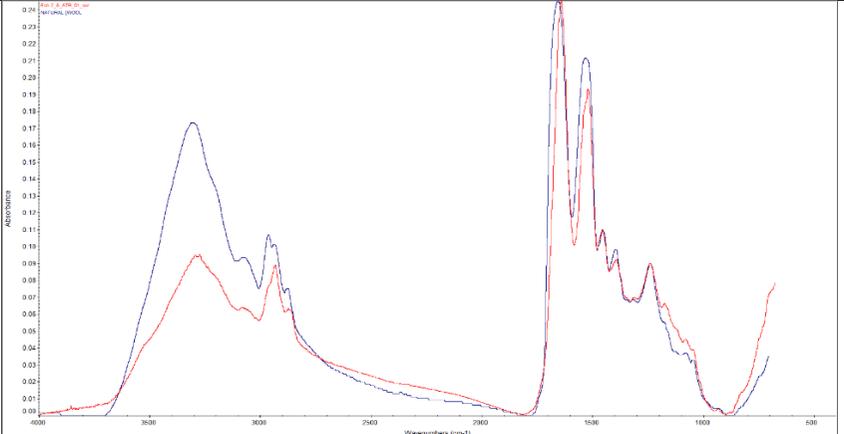
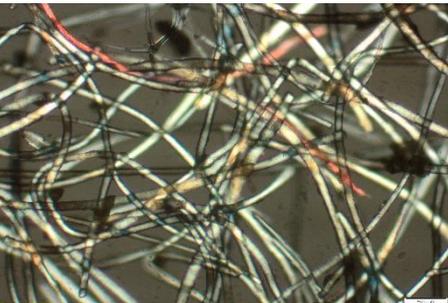
Figure 53 : Projecteur Siemens 2000

Figure 54 : Détail du matériau suspecté



Figure 55 : Appareil RVA 400

Figure 56 : RVA 400 détail du matériau

SPECTRE	PHOTOGRAPHIE AU MICROSCOPE	COMMENTAIRE
RDA 400		
		<p>Le spectre obtenu (rouge) est celui de la laine.</p>
SIEMENS 2000		
		<p>Le spectre obtenu (rouge) est celui de la laine.</p>

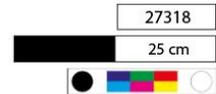
3/ Mesures de concentration en vapeurs de mercure à l'aide de tubes Dräger CH 23 101

Numéro de la mesure	Contexte de la mesure	Localisation de la mesure	Résultats
Mesure 1	Date : le 26.06.2019 Température du lieu de conservation : 25°C 40 coups de pompe Dräger	Cinématographe Pathé Au-dessus du culot de l'ampoule sénéstre du redresseur	Pas de virement de la coloration de la substance sensible dans le tube
Mesure 2	Date : le 26.06.2019 Température du lieu de conservation : 25°C 40 coups de pompe Dräger	Cinématographe Pathé Au-dessus du culot de l'ampoule sénéstre du redresseur	Pas de virement de la coloration de la substance sensible dans le tube
Mesure 3	Date : le 27.06.2019 Température du lieu de conservation : 17.6°C 40 coups de pompe Dräger	Projecteur Ernemann IV Sous l'interrupteur à mercure	Pas de virement de la coloration de la substance sensible dans le tube
Mesure 4	Date : le 27.06.2019 Température du lieu de conservation : 17.6°C 40 coups de pompe Dräger	Projecteur Ernemann IV Sous l'interrupteur à mercure	Pas de virement de la coloration de la substance sensible dans le tube

10.10 Annexe 4 : Fiches objets

NOTICE

CINÉMATOGRAPHE PATHÉ ET REDRESSEUR À VAPEUR DE MERCURE DELMAU				
Numéro d'inventaire	27318			
Lieu de conservation	Cinémathèque de Berne Lichspiel			
Format* et nature du film	35 mm Celluloid*			
Constructeur/Distributeur/Lieu	Pathé Frères 14 rue Favart, Paris, France			
Date de production	1920s ²⁴¹			
Fréquence	Inconnue			
Dimensions (HLP)	Haut.	Larg.	Prof.	
	Projecteur	122 cm	115 cm	34 cm
	Redresseur	40 cm	20 cm	20 cm
Inscriptions et numéros de fabrication	<p><u>Sur la lanterne :</u> « Cinématographes Pathé Frères, 14 rue Favart, Paris »</p> <p><u>Sur le chrono :</u> Pathé Frères 27318</p> <p><u>Sur le redresseur à mercure :</u> « Volta ART-GES Elektro-Mech Werkstätten Luzern No 12927</p> <p>Redresseur courant Delmau 21 faubg du temple Paris Ampoule type 178149 Ct alternatif 220/240V Ct redresse 75 V 15 A</p>			
Matériau(x) dangereux	<p style="text-align: center;">Mercure</p> 			



²⁴¹ Landolf, David, 2019, b

FONCTIONNEMENT

Placer la bobine débitrice (1) chargée d'un film au haut du bras supérieur (2) de l'appareil. Sur le chrono (3), faire circuler le film sur les différents débiteurs dentés (4) puis dans le couloir du film (5) jusqu'à la bobine réceptrice (6).

La source lumineuse permettant la projection est émise par une lampe à arc (7) placée dans la lanterne (8). Elle se compose d'un support métallique réglable (9) à deux bras retenant verticalement deux charbons (10). Le principe de la lampe à arc est de produire de la lumière grâce à une source d'électricité, sous la forme d'un arc électrique²⁴². L'arc électrique est une flamme présentant la forme d'un arc de cercle produit en rapprochant les deux charbons à une distance de 2 à 3 millimètres²⁴³ afin que le courant circule. Cette opération se fait de l'extérieur, en observant les deux électrodes par la fenêtre circulaire (11) de la lanterne. Le charbon supérieur est une électrode positive dont l'extrémité se creuse lorsqu'il est porté à incandescence, produisant 85% de la lumière. Le charbon inférieur est lui une électrode négative dont l'extrémité est portée au rouge, produisant 10% de la lumière. Au centre des électrodes, l'arc génère 5% de la lumière émise²⁴⁴.

La lampe à arc de carbone (7) est alimentée par un courant électrique continu (DC) converti à partir d'un courant alternatif (AC) par un redresseur à vapeur de mercure (12). Ce dernier est un composant électrique relié à la lampe à arc par deux câbles (13), un par électrode. Le redresseur à vapeur de mercure permet de convertir le courant alternatif en courant continu²⁴⁵ nécessaire à la lampe à arc. Pour cela, le redresseur est relié au réseau électrique grâce à une fiche électrique mâle (14) qui fournit la borne 1 en courant alternatif (AC). Un transformateur est couplé à deux ampoules à vapeur de mercure. (Voir Figure 57)

Chaque ampoule comprend trois éléments : un milieu de vide, une cathode, soit un bassin de mercure et une anode de graphite²⁴⁶. Le courant ne circule que dans un sens²⁴⁷, de la cathode vers l'anode en formant un arc électrique par ionisation des vapeurs de mercure dans l'enceinte fermée de verre à basse pression²⁴⁸. Ce point s'explique par le fait que le mercure émet plus d'électrons libres que le charbon. Le courant redressé (DC) rejoint alors la borne 2 pour ensuite alimenter la lampe à arc (7). (Voir Figure 58)

²⁴³ David Landolf, a, 2019

²⁴⁴ Mémoire de l'Électricité du Gaz et de l'Éclairage public, 2017, [En ligne]

²⁴⁵ David Landolf, a, 2019

²⁴⁶ Tarchini, Antonin, 2006, p.78

²⁴⁷ Tarchini, Antonin, 2006, p. 74

²⁴⁸ Tarchini, Antonin, 2006, p.78

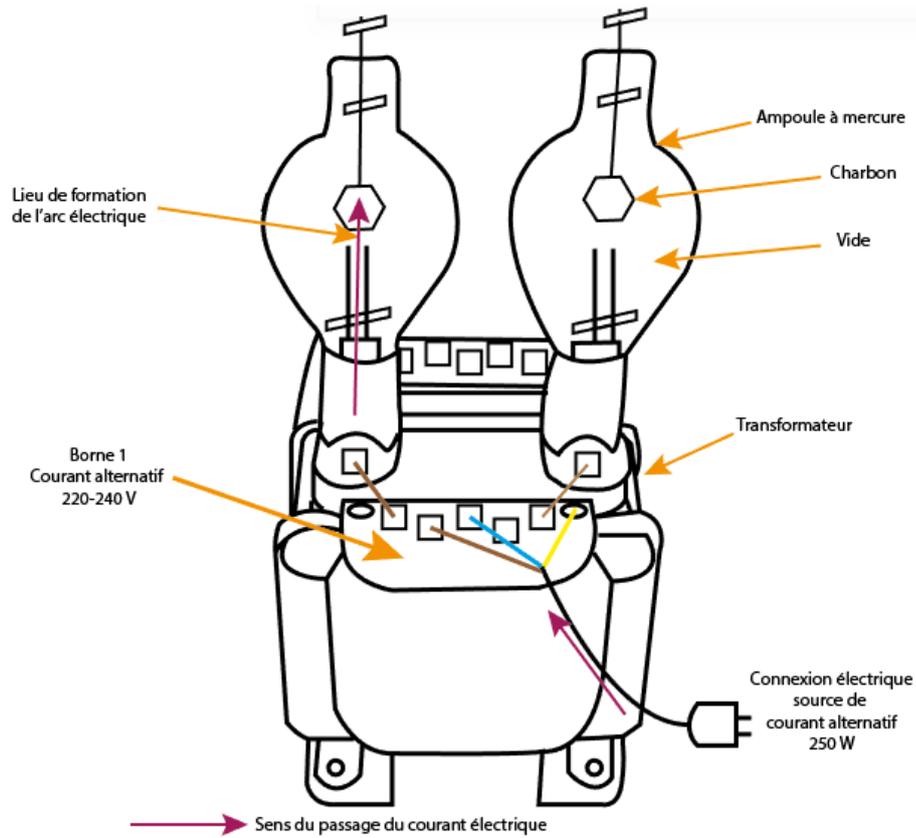


Figure 57 : Descriptif du redresseur à vapeur de mercure, vu du côté de la borne 1 (AC)

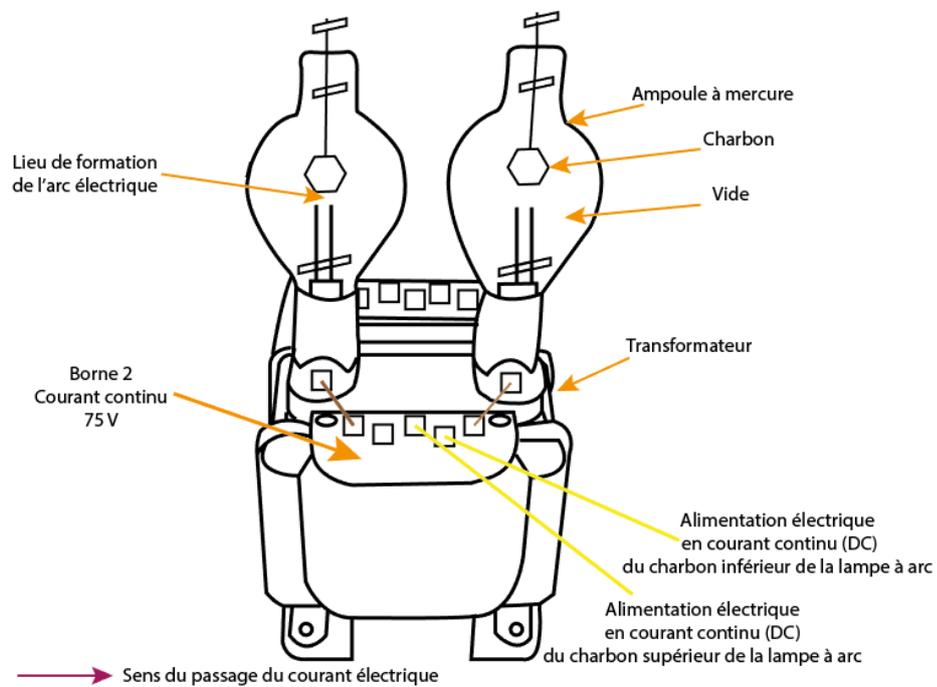


Figure 58 : Descriptif du redresseur à vapeur de mercure, vu du côté de la borne 2 (DC)

Quant au transformateur, il est composé de deux bobines conductrices reliées entre elles par du fer doux. Un courant circule dans la bobine 1 et crée un champ magnétique circulant vers la bobine 2 par le biais du fer doux qui crée un courant électrique. Il permet de transformer le courant de haute tension transmis par le réseau électrique en courant de basse tension. Ainsi, le courant passe de 220-240 Volts à 75 Volts car la première bobine comprend 240 spires supportant chacune un Volt, qui transmettent un Volt à chacune des 75 spires de la seconde bobine.

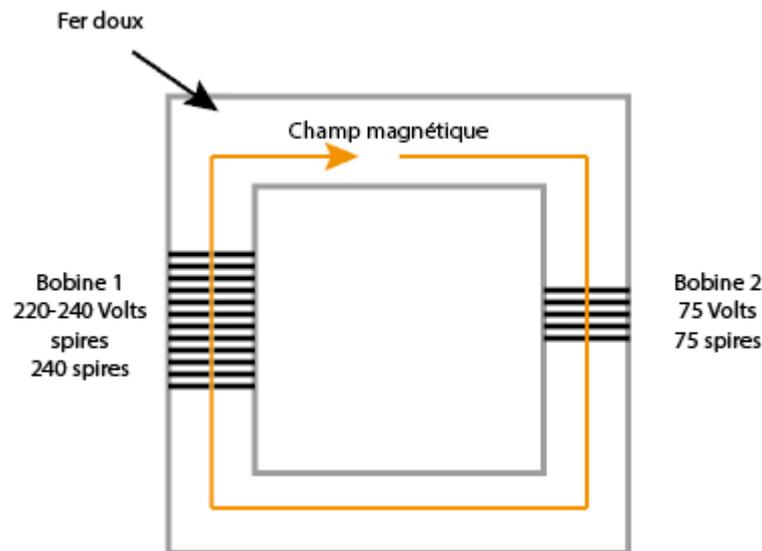


Figure 59 : Fonctionnement du transformateur du redresseur à vapeur de mercure

Brancher le redresseur à mercure à une source de courant électrique avec sa fiche (13). Une fois les carbones espacés et l'arc créé, ouvrir le cache de protection de la lampe (14) réaliser un mouvement de rotation continu dans le sens des aiguilles d'une montre avec la manivelle (15) placée sur le chrono, qui ouvre le volet de sécurité de la pellicule (16) permettant l'entraînement du mécanisme d'alimentation du film grâce à un système de croix de malte, qui permet l'entraînement saccadé du film, tandis que l'obturateur (17) coupe le faisceau lumineux émis par la lanterne lors du passage d'une image à une autre en toute fluidité.

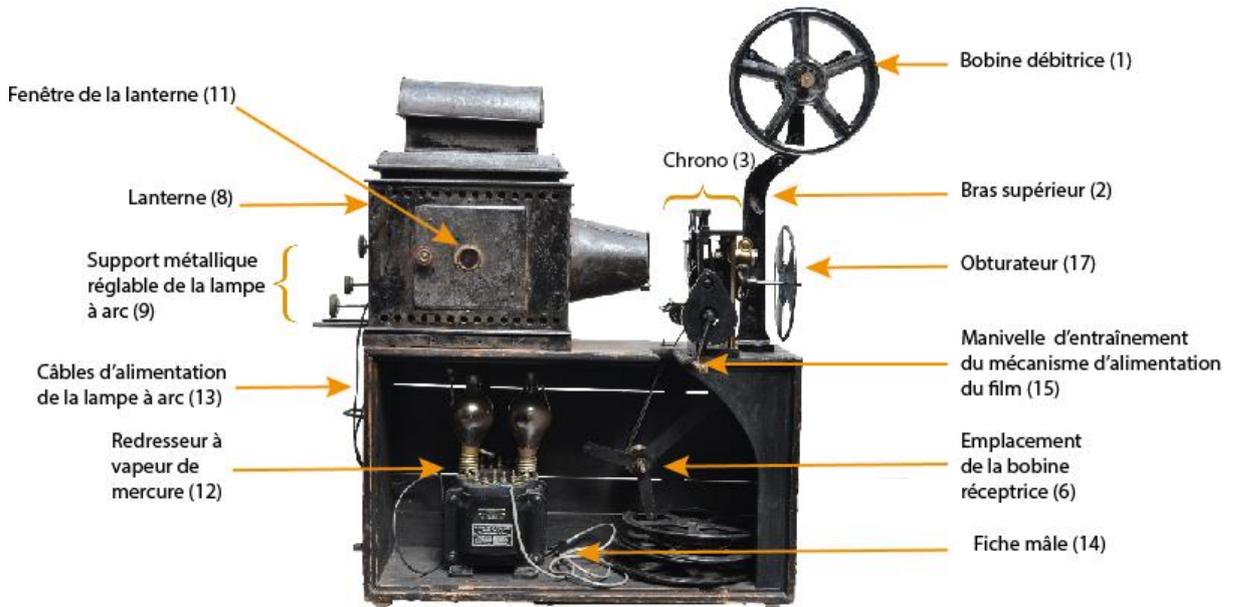


Figure 60 : Descriptif du Cinématographe Pathé

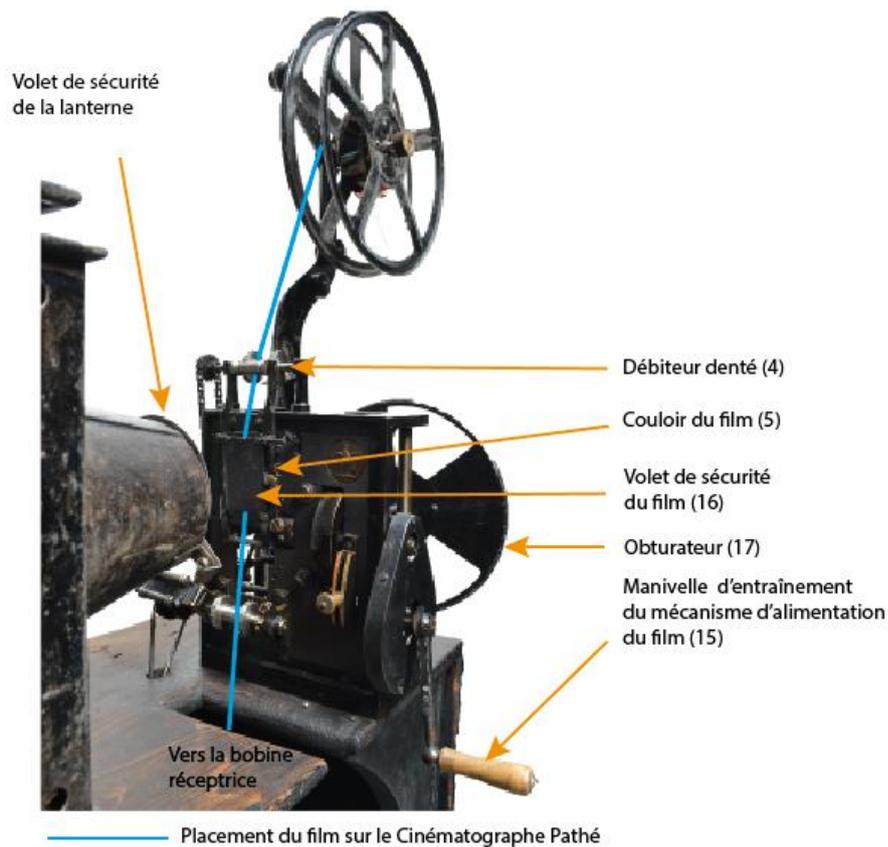


Figure 61 : Descriptif du chrono et mise en place du film, Cinématographe Pathé

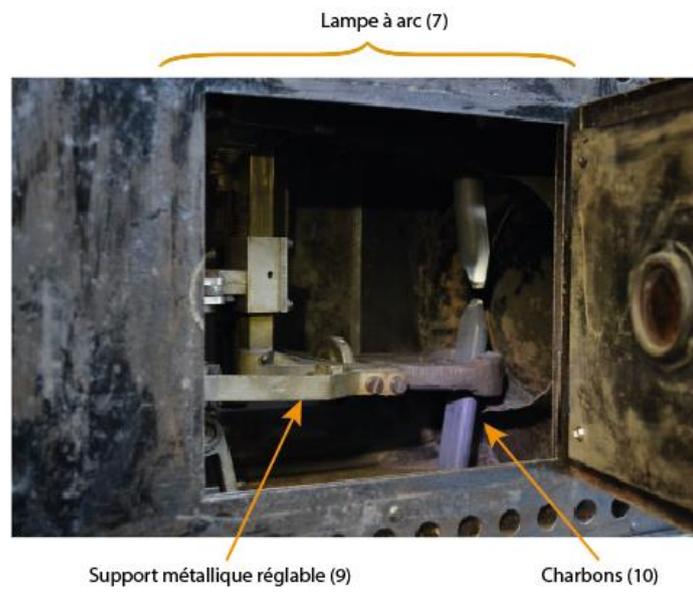


Figure 62 : Descriptif de la lampe à arc, Cinématographe Pathé

MERCURE



Figure 63 : Localisation du mercure, Cinématographe Pathé

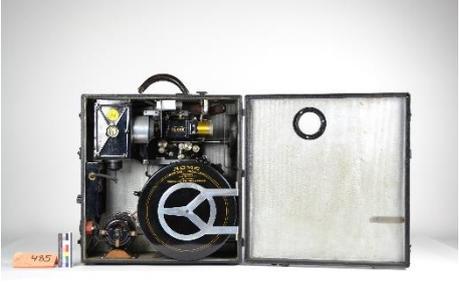
Les redresseurs à vapeur de mercure contiennent du mercure dans la base des ampoules²⁴⁹. Le volume de mercure contenu a été estimé²⁵⁰ en fonction des dimensions de la base de l'ampoule, soit environ 1.5 kg par ampoule²⁵¹ au maximum.

²⁴⁹ Tarchini, Antonin, 2006, p. 37

²⁵⁰ Cette donnée n'était pas disponible dans la littérature ni quantifiable par une observation directe du matériau.

²⁵¹ La base de l'ampoule a été considérée comme un cylindre, ainsi le volume de mercure probable a été calculé selon la formule $\text{Pi} \times r^2 \times h$. Le volume en cm^3 obtenu a été multiplié par la masse volumique du mercure, étant de 13.546 g/cm^3 à 20°C . On obtient ainsi $\text{Pi} \times 3^2 \times 4 = 113 \text{ cm}^3$. $113 \text{ cm}^3 \times 13.546 = 1530,7$ grammes, soit 1,53 kilogrammes.

NOTICE

ACME PORTABLE PROJECTOR				
Numéro d'inventaire	485			
Lieu de conservation	Cinémathèque suisse Centre de recherche et d'archivage			
Format* et nature du film	35 mm Celluloid			
Constructeur/Distributeur/Lieu	Acme Division International projector corporation Chicago, Illinois, Etats-Unis			
Date de production	1920s / 1922-1927			
Fréquence	Inconnue			
Dimensions (HLP)	Haut.	Larg.	Prof.	
	48.6 cm	48.6 cm	25 cm	
Inscriptions et numéros de fabrication	<p>Sur le magasin* : « Acme portable projector Patented Manufactured by Acme Division International projector corporation ?²⁵² A »</p> <p>Sur le moteur 110 Volts : « For any 110 volt current Frame 164 Serial no 10 40 043 Made in USA by The Robbins & Myers Co. Springfield Ohio »</p> <p>Sur la lanterne : « ACME » Pastille autocollante jaune « 113 »</p> <p>Sur le volet de sécurité : « Pull out to thread close before starting »</p> <p>Sur le châssis* : « 11653 »</p>			
Matériau(x) dangereux	Amiante 			

²⁵² Information masquée par le cerclage métallique fixé sur le carter.

FONCTIONNEMENT

Ouvrir les trois fermoirs (1) de la boîte afin d'accéder à l'appareil de projection. Le fermoir central doit être glissé vers le haut afin de permettre l'ouverture du loquet.

Le film comporte une face terne, l'émulsion*, ainsi qu'une face brillante en celluloid*²⁵³. La face terne doit être placée vers le haut, tandis que la face brillante à l'intérieur lorsque le film est roulé. Placer le film dans le magasin débiteur (2), en le faisant sortir par l'étouffoir (3) du magasin, puis entre les différents débiteurs dentés (4) et les galets compresseurs (5) mobiles qui permettent de sécuriser la pellicule, afin de le glisser dans le couloir du film (6). Le film est ensuite inséré dans l'étouffoir du magasin récepteur (7). Il faut veiller à ce que l'image soit dirigée vers le bas, en positionnant la face terne du film, l'émulsion, en direction de l'ampoule de projection. Le volet de sécurité du film (8), la porte de la lanterne de projection (9) doivent être fermés pour assurer la sécurité en termes de dégagement de chaleur et d'échauffement du film possibles lors de la projection.

Brancher la fiche électrique femelle (10) du câble dans la connexion électrique (11), puis la fiche mâle (12) à un rhéostat (manquant). Le rhéostat sera lui branché sur le réseau électrique d'une lampe ordinaire (plafonnier) et réglé en fonction de la tension supportée par le moteur (13) (110 V) s'adaptant au courant continu et alternatif, afin d'adapter la tension électrique du plafonnier à celle de l'appareil. Basculer l'interrupteur lumière (14) sur « on » afin d'ouvrir le circuit électrique et permettre la circulation du courant aux ampoules de projection (15) et d'éclairage pour l'opérateur (16).

Veiller à ce que la commande de rembobinage du film soit orientée vers « Picture » (17). Eteindre l'ampoule d'éclairage de l'opérateur (16). Fermer la porte de la boîte (1). Basculer l'interrupteur moteur (18) sur « on » afin de lancer le moteur et orienter le variateur de vitesse du film (19) selon la rapidité souhaitée. Le cadrage (20) et la netteté (21) peuvent aussi être ajustés. Le moteur (13), et le magasin (22) sont liés par des courroies sans fin (23) au mécanisme d'alimentation du film situé au fond de la boîte, ce qui permet l'entraînement du film par la rotation des débiteurs (4) et de l'obturateur (24). L'obturateur placé entre la lanterne (9) et la fenêtre de projection (25) permet, comme dans tout projecteur cinématographique, de couper le faisceau lumineux le temps du passage d'une image à l'autre de la pellicule et ainsi d'éviter toute discontinuité entre elles.

À la fin de la projection, lorsque l'entièreté du film est stockée dans le magasin récepteur (26), il est important de rembobiner le film dans l'éventualité d'un prochain visionnage. Pour cela, placer l'interrupteur lumière sur « off » (14). Ouvrir le magasin et inverser les bobines. La bobine contenant le film se retrouve ainsi sur le magasin débiteur (2). Passer le film dans l'étouffoir de ce magasin (3)

²⁵³ Motion picture projection, non daté [En ligne]

puis au-dessus des tambours (27), afin de l'insérer dans l'étouffoir du magasin récepteur (7) qui fera office de dévidoir. Placer la commande de rembobinage vers « Rewind » (17) afin de le rembobiner pour un prochain visionnage en le moteur qui opérera le rembobinage.

Il est également possible d'opérer manuellement la projection et le rembobinage à l'aide d'une manivelle, fixable à l'arrière de l'appareil (28).

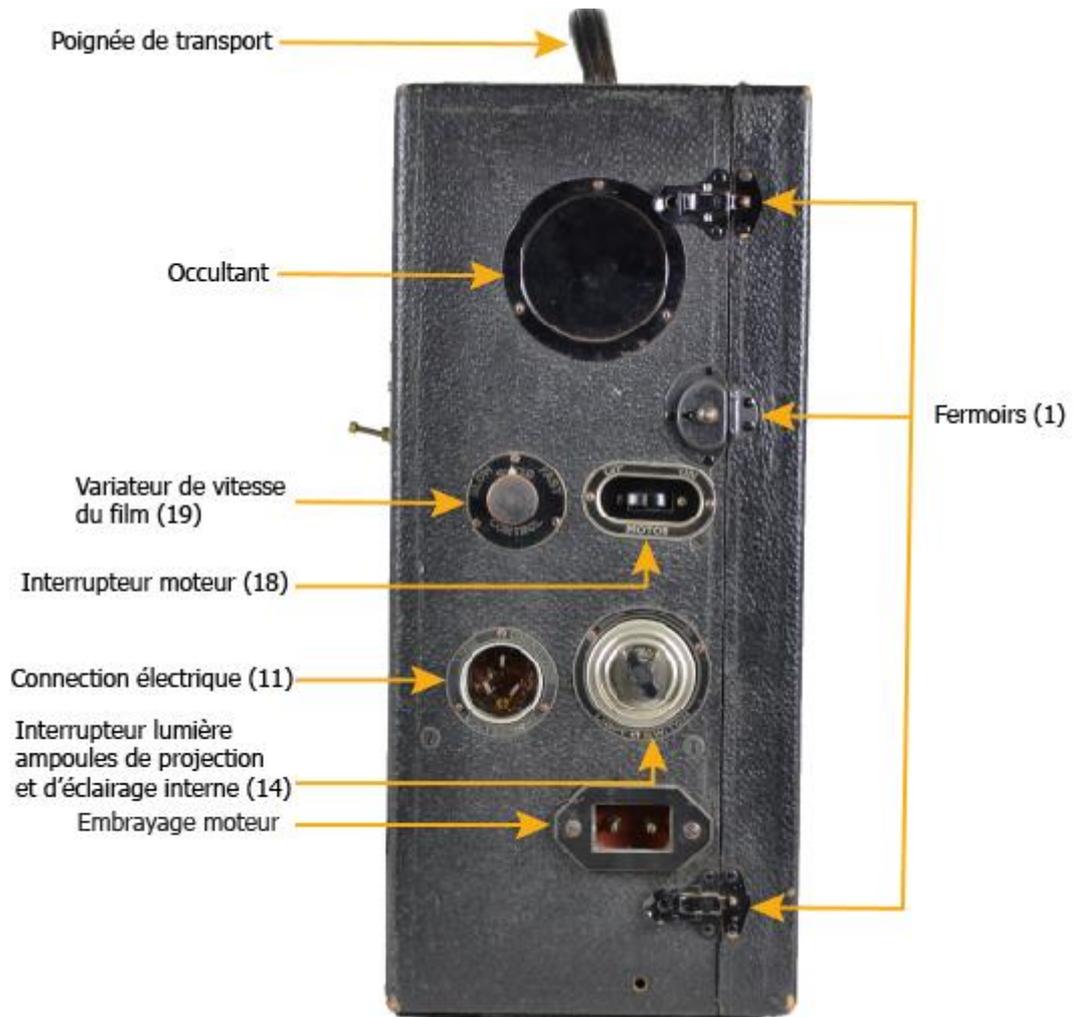


Figure 64 : Descriptif de la face droite de l'appareil Acme

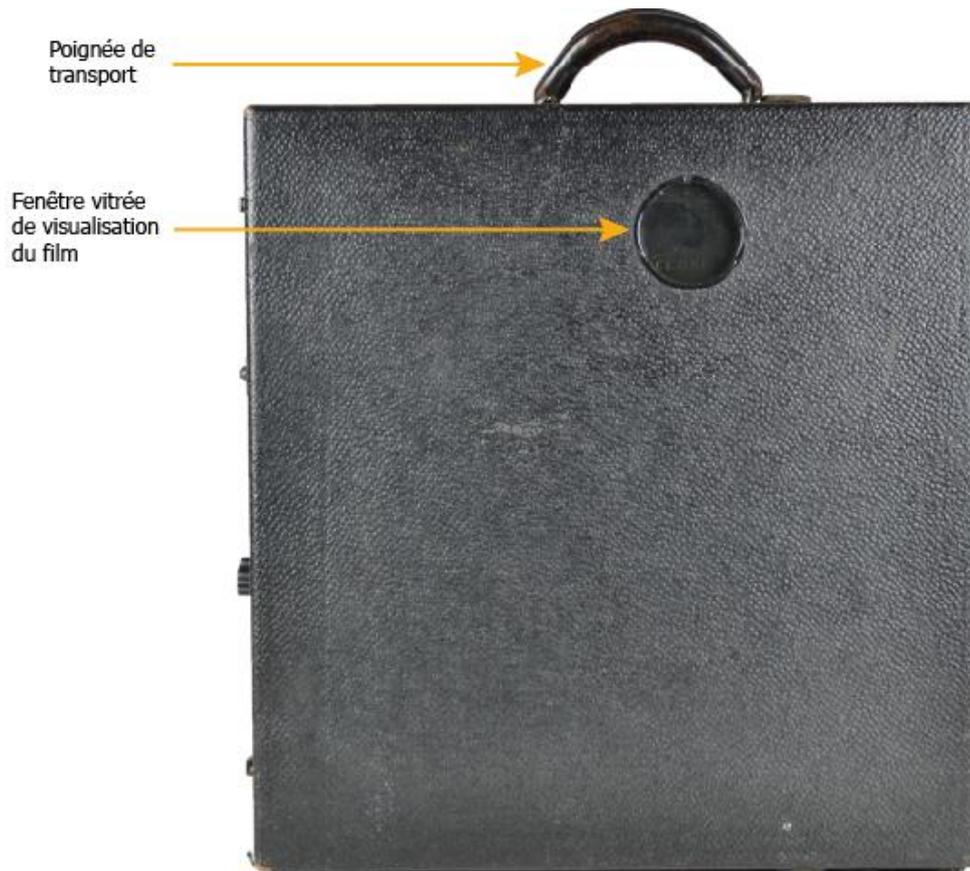


Figure 65 : Face avant close de l'appareil Acme

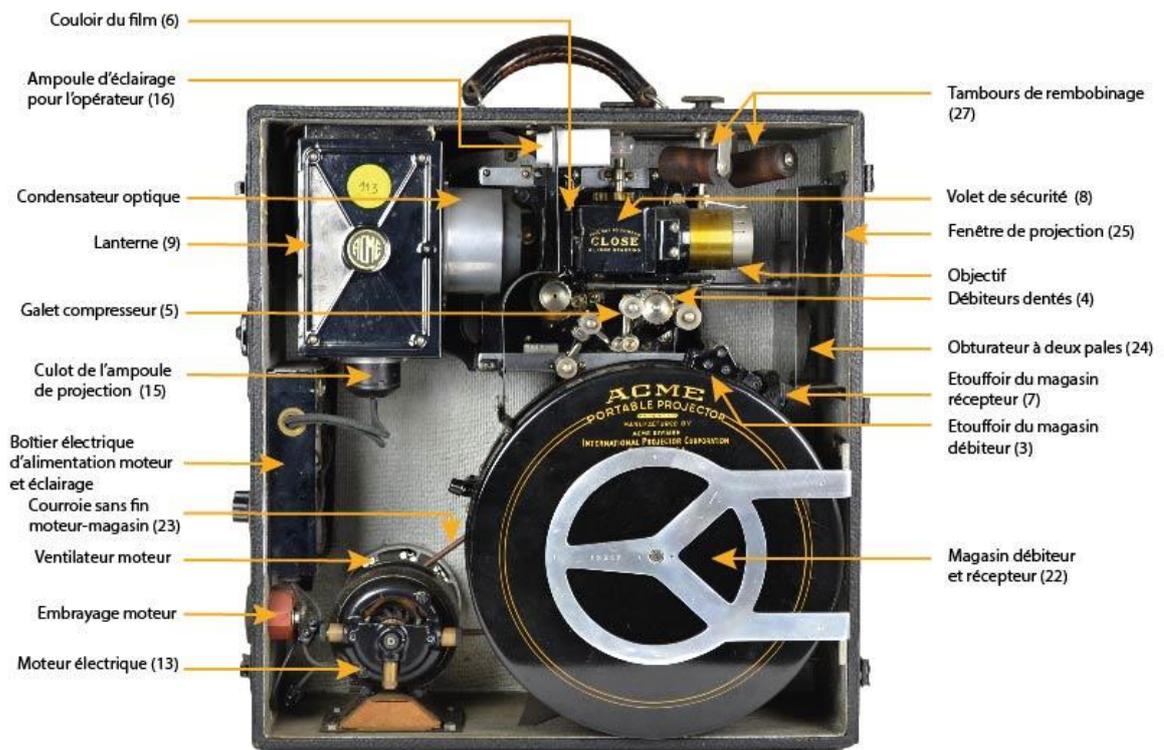


Figure 66 : Intérieur avant de l'appareil Acme

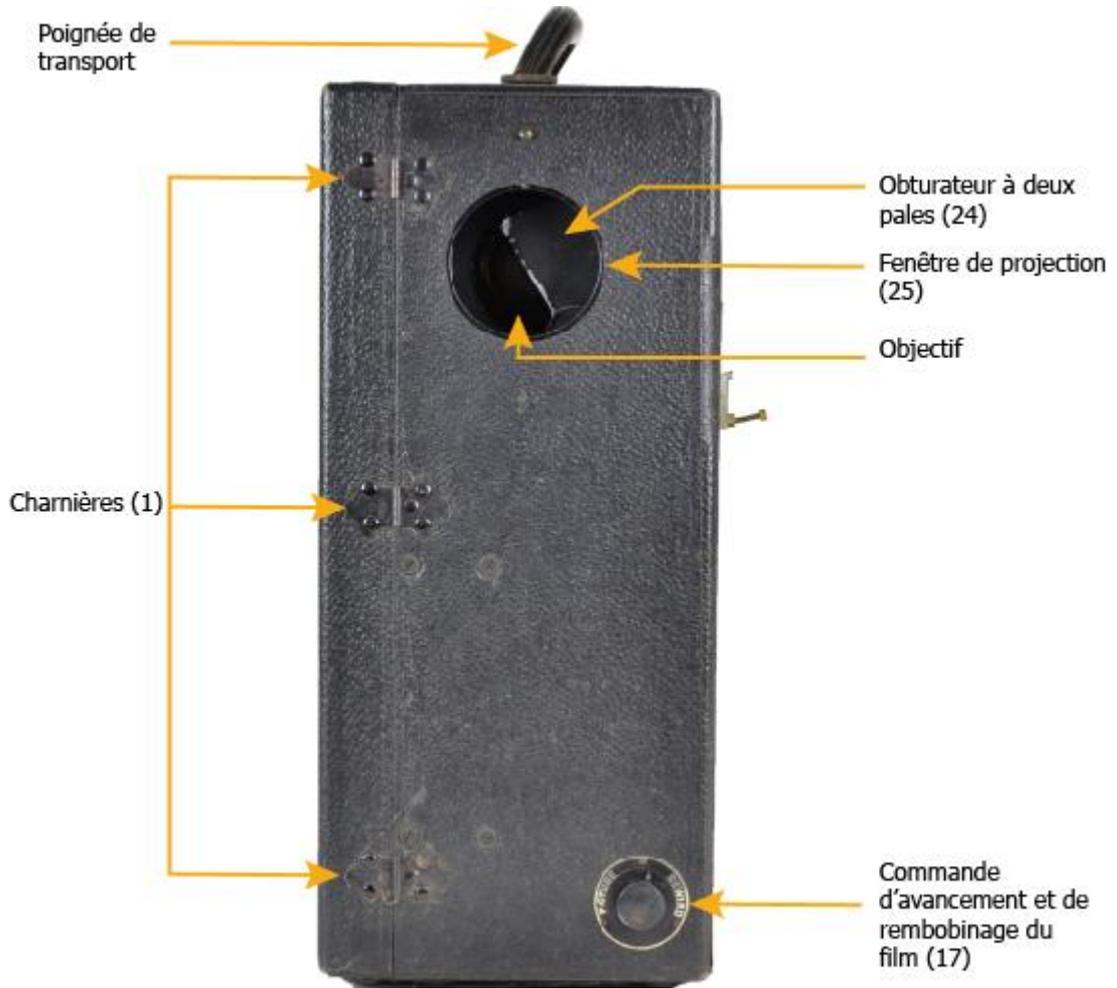


Figure 67 : Face sénestre de l'appareil Acme



Figure 68 : Haut de l'appareil Acme



Figure 69 : Câble électrique de l'appareil Acme



Figure 70 : Descriptif de l'arrière de l'appareil Acme



Figure 71 : Placement et rembobinage du film, Acme

AMIANTE

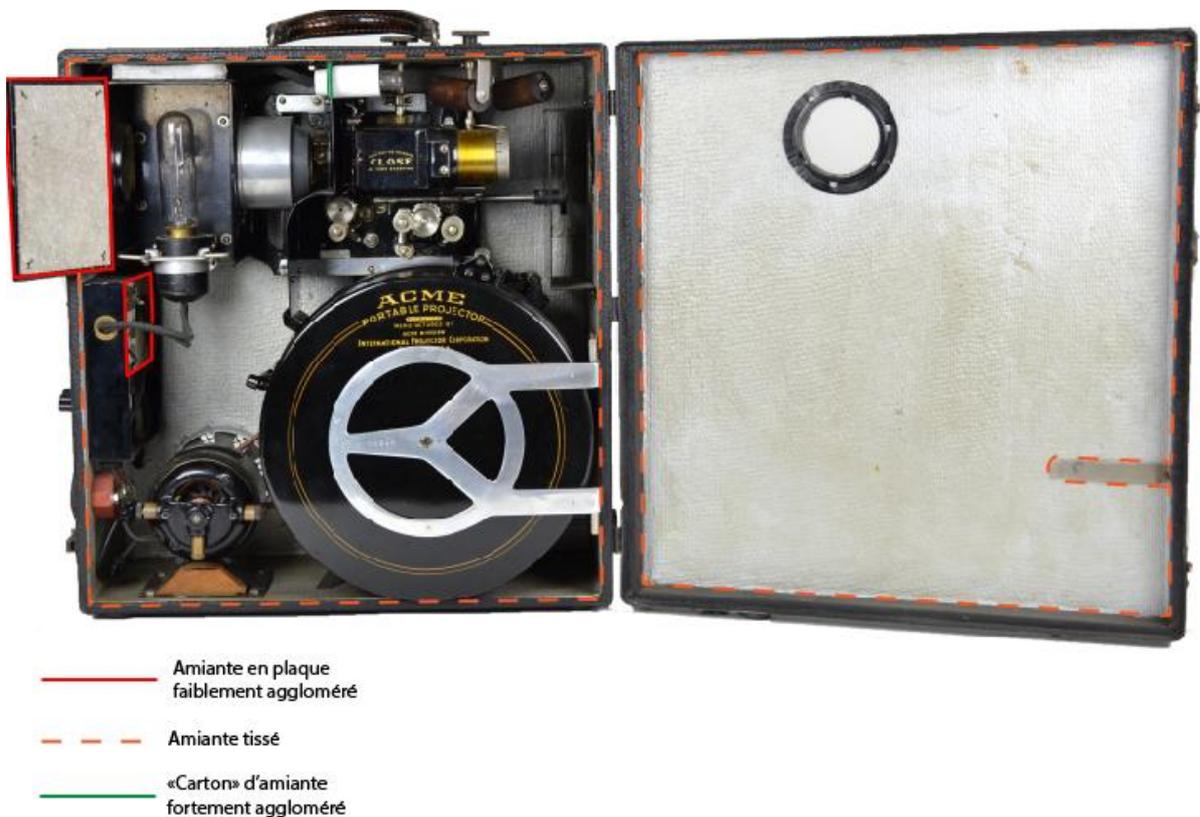


Figure 72 : Localisation des différents types d'amiante dans l'appareil Acme



Figure 73 : Amiante en plaque faiblement agglomérée du projecteur Acme



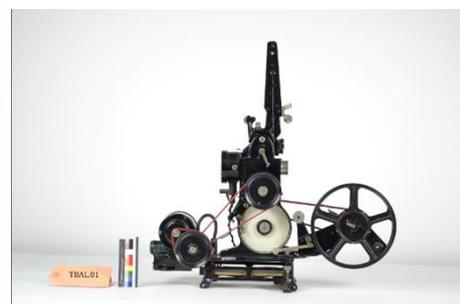
Figure 74 : Amiante tissé du projecteur Acme



Figure 75 : "Carton" d'amiante fortement aggloméré du projecteur Acme

NOTICE

PATHÉ BABY SUPER TYPE G			
Numéro d'inventaire	TBAL.01		
Lieu de conservation	Cinémathèque suisse Centre de recherche et d'archivage		
Format* et nature du film	9.5 mm Diacétate* ²⁵⁴		
Constructeur/Distributeur/Lieu	Pathé Baby Super Type G Genève		
Date de production	1926 ²⁵⁵		
Fréquence	Courant		
Dimensions (HLP)	Haut.	Larg.	Prof.
	50 cm	48 cm	16 cm
Inscriptions et numéros de fabrication	<p><u>À l'arrière du moteur :</u> « Pathé-Baby 110 Volts – 0.3 Ampère Made in France »</p> <p><u>Sur le corps renfermant le mécanisme :</u> « E^{rs} Continsouza Constructeurs Appareils Pathé-Baby Société Anonyme Genève + 98 552-103144-104248 »</p> <p><u>Sur le bras supérieur :</u> « Pathé-Super 011991 PB-EX »</p>		
Matériau(x) dangereux	Amiante 		



²⁵⁴ David Landolf, 2019, a

²⁵⁵ Family movies [En ligne]

FONCTIONNEMENT

La nouveauté du modèle Super par rapport à ses prédécesseurs est qu'il peut accueillir les classiques bobines de film de 10 à 20 mètres de longueur dans ses magasins, tandis que ses bobines de 17 cm de diamètre (1) peuvent loger des films de 100 mètres, permettant la diffusion de films longs sans coupures induites par le changement de pellicule.²⁵⁶

Pour les petites bobines, ouvrir le volet du magasin supérieur (2) et insérer la bobine dans le magasin supérieur (3). Faire basculer la lanterne (4) vers l'arrière puis sortir 10 à 12 centimètres du film de la bobine, le faire descendre au-dessus du galet guide (5) et le glisser dans le couloir du film (6) jusqu'à l'encoche située dans le magasin inférieur (7) avec lequel le couloir communique.²⁵⁷ L'appareil ne dispose ainsi pas d'un carter débiteur : l'encoche (8) et le disque d'enroulement (9) du film permettent d'embobiner le film au fur et à mesure de son débit²⁵⁸, grâce à une griffe (10) qui opère un mouvement de montée et de descente induit par la rotation d'une came ovoïde.

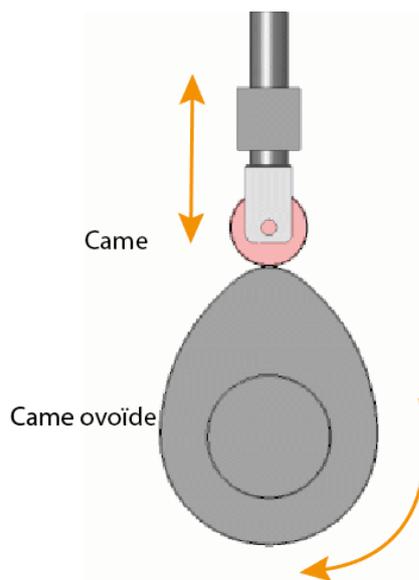


Figure 76 : Système à double came permettant l'enroulement du film ©Wikipédia modifié par ©He Arc
A.Lefebvre

Ce système de double came de Trézel²⁵⁹ permet l'entraînement saccadé du film, tandis que l'obturateur coupe le faisceau lumineux émis par la lanterne lors du passage d'une image à l'autre, ce qui donne sa fluidité au film et évite le scintillement de l'image²⁶⁰.

²⁵⁶ Cinématographes, 2008, [En ligne]

²⁵⁷ Pathé-Cinéma Vincennes, non daté, p. 11

²⁵⁸ La Nature, 1923, p. 159 [En ligne]

²⁵⁹ La Nature, 1923, p. 159

Pour les grandes bobines, placer la bobine de film débitrice (manquante) sur le bras supérieur (12) de l'appareil. Placer le film sur les deux débiteurs supérieurs (13) puis dans le couloir du film (6) jusqu'à l'encoche dans le magasin inférieur (8). Sortir le film du magasin inférieur et le placer sur les débiteurs inférieur (14) jusqu'à la bobine réceptrice (1).

Le rhéostat (15) peut alors être connecté au réseau électrique. Le moteur (16) peut être directement connecté au réseau électrique s'il s'agit de courant alternatif ou branché à une résistance additionnelle (17) s'il s'agit de courant continu²⁶¹ et la vitesse du moteur (18) réglée en fonction. Le mécanisme d'alimentation du film peut être mû manuellement par le mouvement d'une manivelle d'entraînement (ici absente) dans le sens des aiguilles d'une montre ou par le moteur (16) : la manivelle d'entraînement est alors remplacée par une poulie (17) mue par des courroies sans fin (18) reliées à la poulie du moteur (19). Le cadrage (20) peut être réalisé par un mouvement de la commande vers le bas ou le haut, la mise au point (21) peut être ajustée en déplaçant la commande vers l'avant ou l'arrière et l'intensité lumineuse peut être réglée en déplaçant la manette de réglage du rhéostat (22) au pied de l'appareil²⁶².

Lors de la projection, dans la lanterne, le miroir (23) laisse passer la lumière vers le film tout en filtrant la chaleur. Le condensateur optique (24) placé entre l'ampoule (25) et le couloir (6) est composé de plusieurs lentilles de grande ouverture qui permettent de focaliser le faisceau de la lampe sur le film.

À la fin de la projection, rembobiner le film en faisant basculer la lanterne (4) vers l'arrière, puis sortir le film de la griffe (10) et tourner la manivelle d'enroulement du magasin supérieur (26) dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Un tapis de caoutchouc était placé sous l'appareils lors de la projection, le rhéostat () chauffant beaucoup.

²⁶⁰ Projectionniste, non daté, [En ligne]

²⁶¹ Pathé, non daté

²⁶² Pathé-Cinéma Vincennes, non daté, p.12

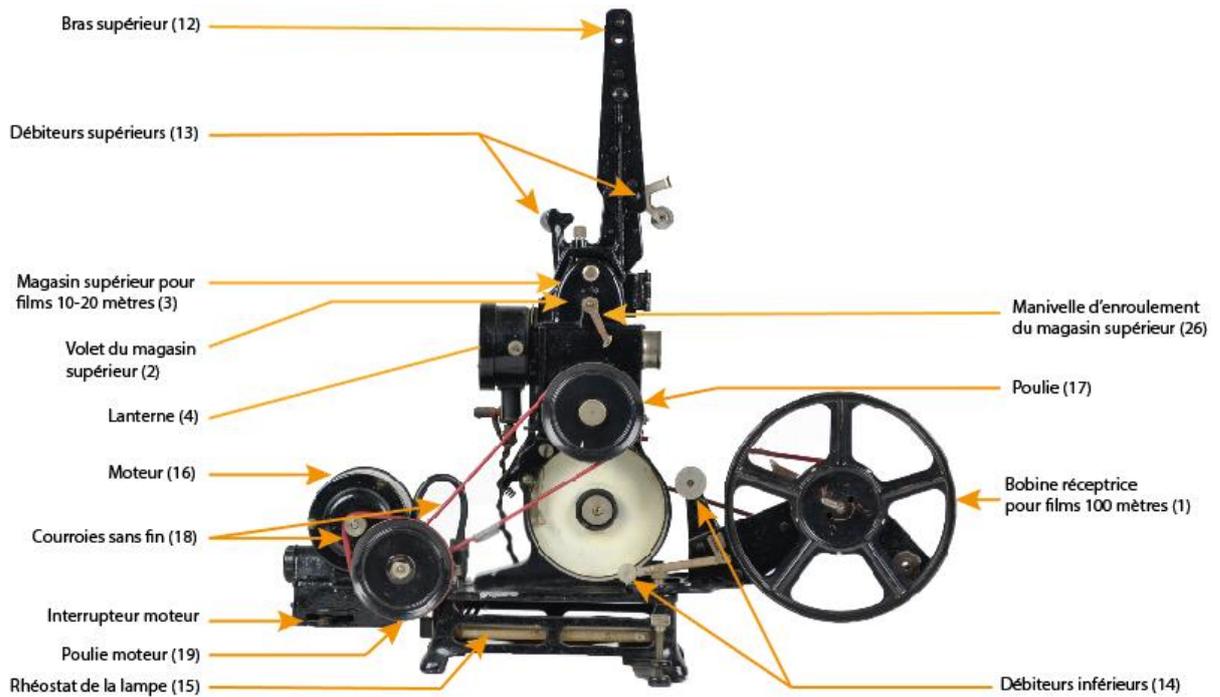


Figure 77 : Face droite du Pathé Baby Super

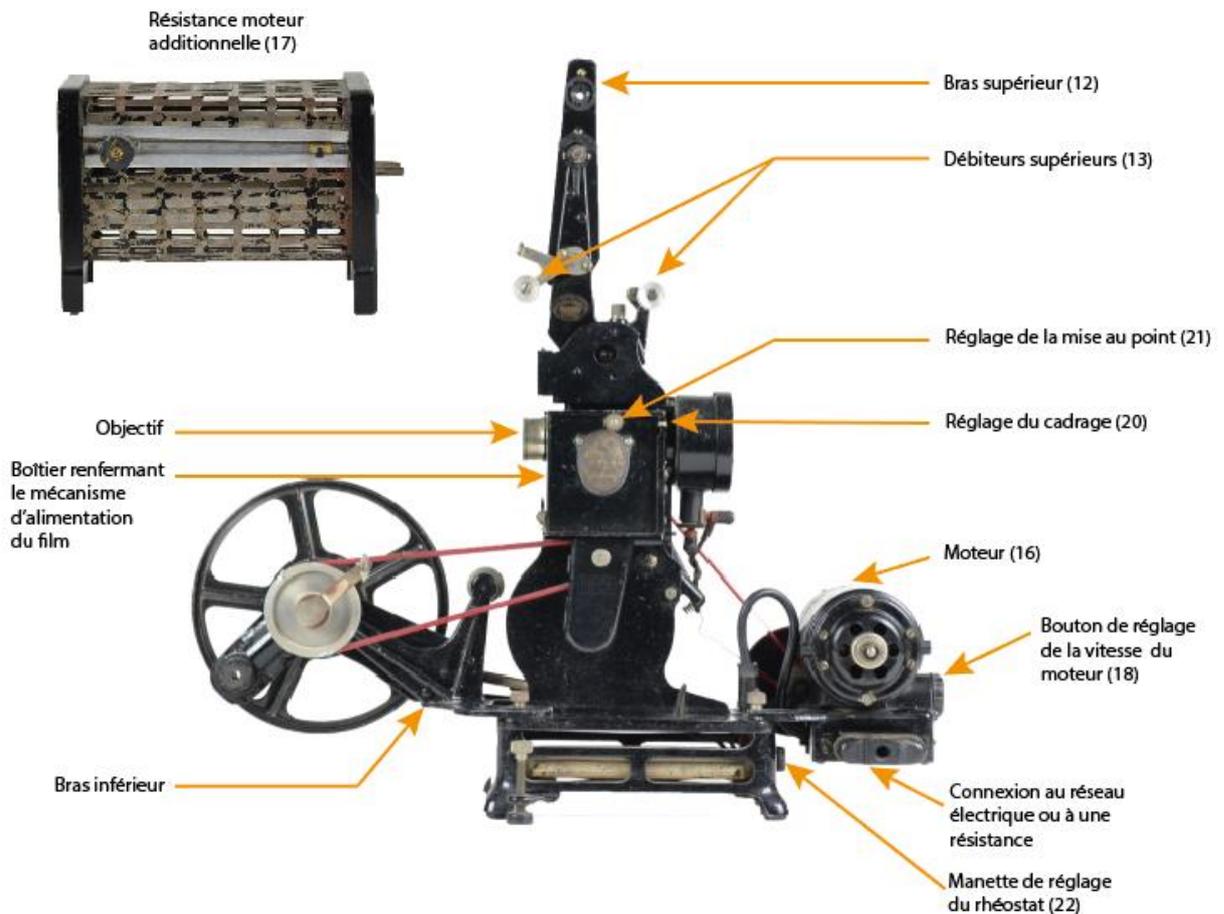


Figure 78 : Face sénestre du Pathé Baby Super

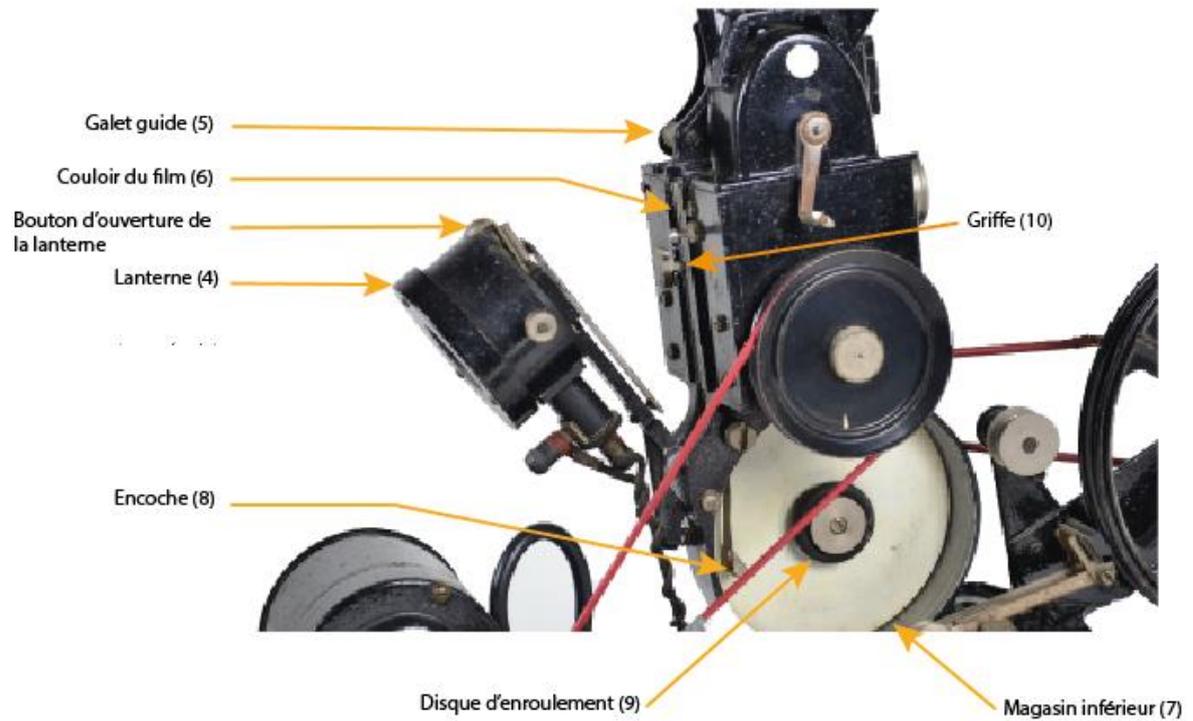


Figure 79 : Détails du couloir d'entraînement du film de l'appareil Pathé Baby Super

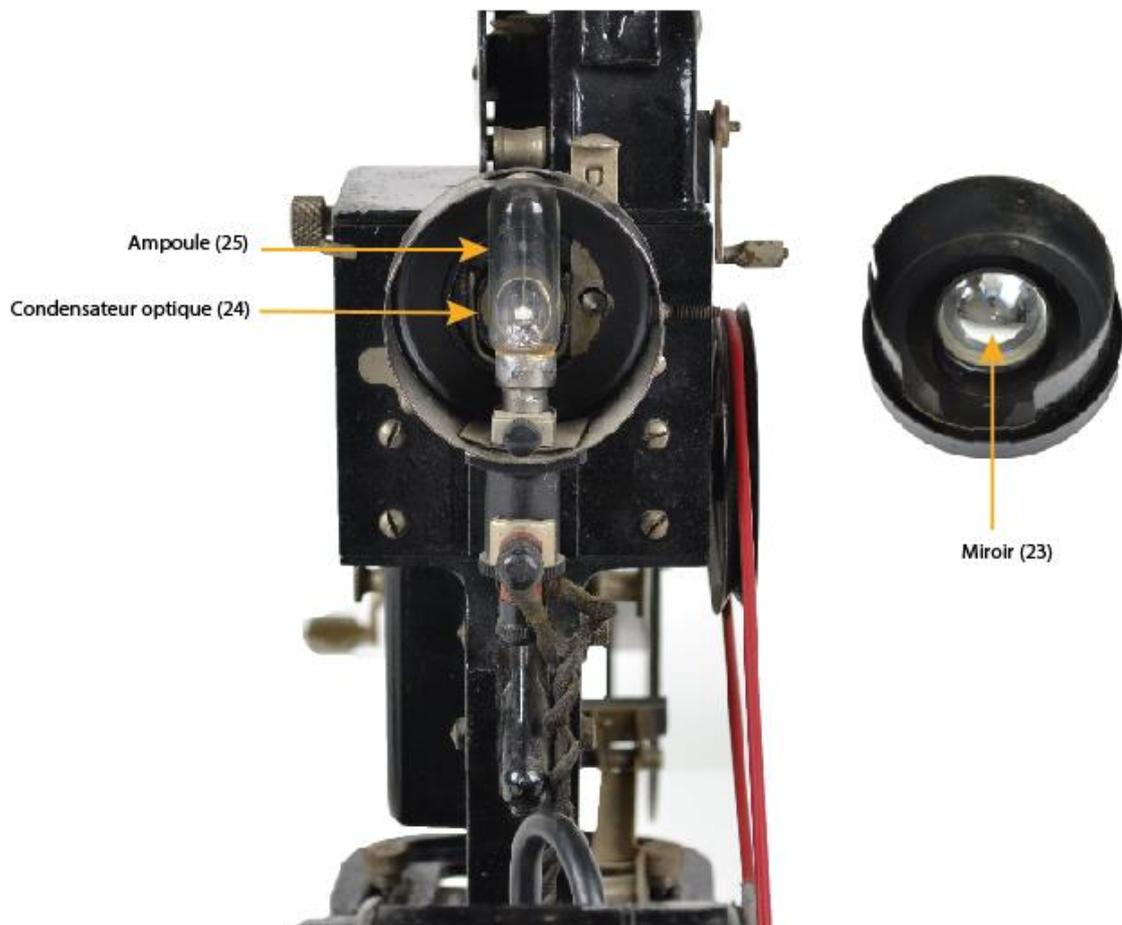


Figure 80 : Détail de l'intérieur de la lanterne de l'appareil Pathé Baby Super



Figure 81 : Mise en place du film sur le Pathé Baby Super

AMIANTE

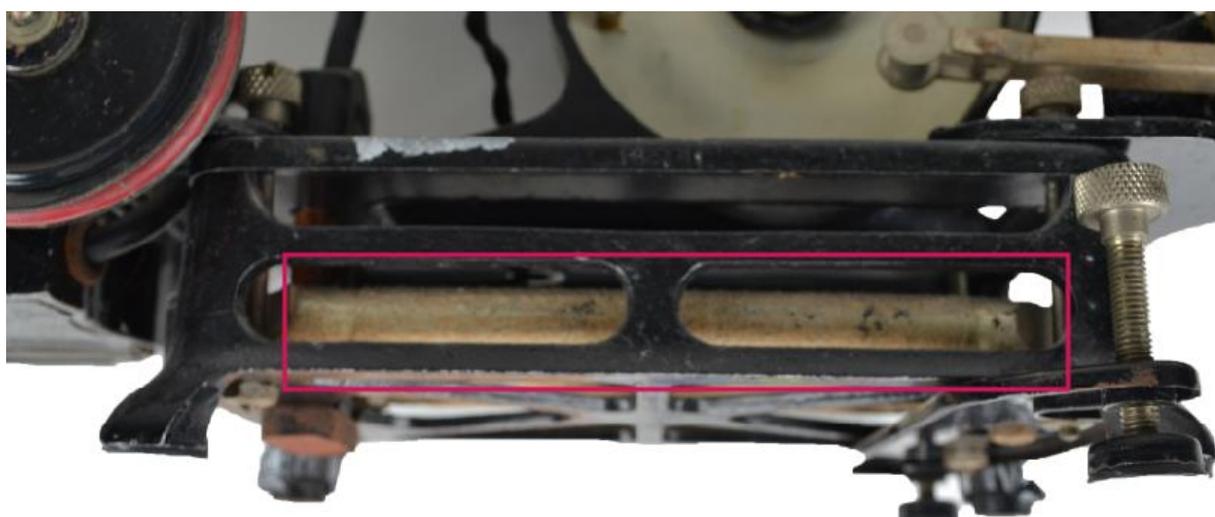


Figure 82 : Amiante moulé ou pressé dans la résistance de la lampe

NOTICE

BAUER M7			
Numéro d'inventaire	TBAL.05		
Lieu de conservation	Cinémathèque suisse Centre de recherche et d'archivage		
Format* et nature du film	35 mm Celluloid*		
Constructeur/Distributeur/Lieu	Eugen Bauer G.M.B.H Stuttgart-Untertürkheim ²⁶³		
Date de production	1928 ²⁶⁴		
Fréquence	Inconnue		
Dimensions (HLP)	Haut.	Larg.	Prof.
Projecteur	186 cm	115 cm	58 cm
Tube d'évacuation des fumées	80 cm	50 cm	10 cm
Inscriptions et numéros de fabrication	<p><u>Sur le pied arrière et le chrono avant :</u> « Bauer M7 »</p> <p><u>Gravé sur la table droite :</u> « Moteur mot » « Son son »</p> <p><u>Sur le boîtier son :</u> Klangfilm GMBH Typ KL 20153 ? Nr E 546-9</p> <p><u>Sur le moteur :</u> « Kobald »</p>		
Matériau(x) dangereux	<p>Amiante PCB</p> <p>Mercur</p>		



²⁶³ Eugen Bauer G.M.B.H, non daté, p.1

²⁶⁴ Rogge, Michael, 2019, [En ligne]

FONCTIONNEMENT

Mettre en place le film. Pour cela, ouvrir le carter débiteur (1) et y insérer la bobine de film. En sortir le film par l'étouffoir du carter supérieur (2). Placer le film entre les débiteurs dentés (3) et les galets compresseurs (4) sur le chrono (5) puis dans le couloir du film (6), ainsi que sur le débiteur du lecteur son (7). L'insérer ensuite dans l'étouffoir du carter récepteur (8). Une lampe auxiliaire (9) placée dans le chrono permet le réglage de la course du film²⁶⁵.

Le lecteur son (10) permet la lecture de films sonore. Il a été ajouté à postériori de la construction de l'appareil²⁶⁶. Le moteur (11) quant à lui, alimente le mouvement du mécanisme d'alimentation du film²⁶⁷ par l'intermédiaire de trois poulies (12) reliées par une courroie sans fin (13). Il doit être lancé par la rotation de la manivelle d'entraînement du mécanisme d'alimentation du film (14) et la vitesse peut être contrôlée grâce au compteur de vitesse (15) sur le chrono. Deux interrupteurs de sécurité (16) permettent de maîtriser la mise en fonction du moteur et le boîtier son²⁶⁸ (l'interrupteur son est manquant).

Dans la lanterne (17), préparer la lampe à arc (18) en rapprochant les charbons horizontaux (19) à l'aide du support de la lampe à arc (20) depuis l'extérieur, en ayant un regard sur la manipulation via la fenêtre de la lanterne (21). La lanterne dispose d'un sas (22) d'isolement de la chaleur comportant un volet de sécurité (23). Sur celui-ci, est fixé une résistance variable (24) du moniteur. L'alimentation électrique de la lampe à arc (probablement un redresseur à vapeur de mercure apportant du courant continu) et son boîtier d'alimentation automatique en carbone (25) sont manquants. Ce dernier, normalement fixé sous la table (26) soutenant la lanterne, est raccordé à la lampe à arc par un arbre flexible qui règle automatiquement l'espace entre les charbons. Le projectionniste peut ainsi surveiller de plus près le film et la machine sans se soucier des charbons. Le réglage manuel des charbons reste cependant possible²⁶⁹.

²⁶⁵ Eugen Bauer G.M.B.H, non daté, p. 16

²⁶⁶ Le boîtier son ne figure pas sur la notice de l'appareil.

²⁶⁷ Eugen Bauer G.M.B.H, non daté, p. 18

²⁶⁸ Landolf, David, b, 2019

²⁶⁹ Eugen Bauer G.M.B.H, non daté, p. 20-21.

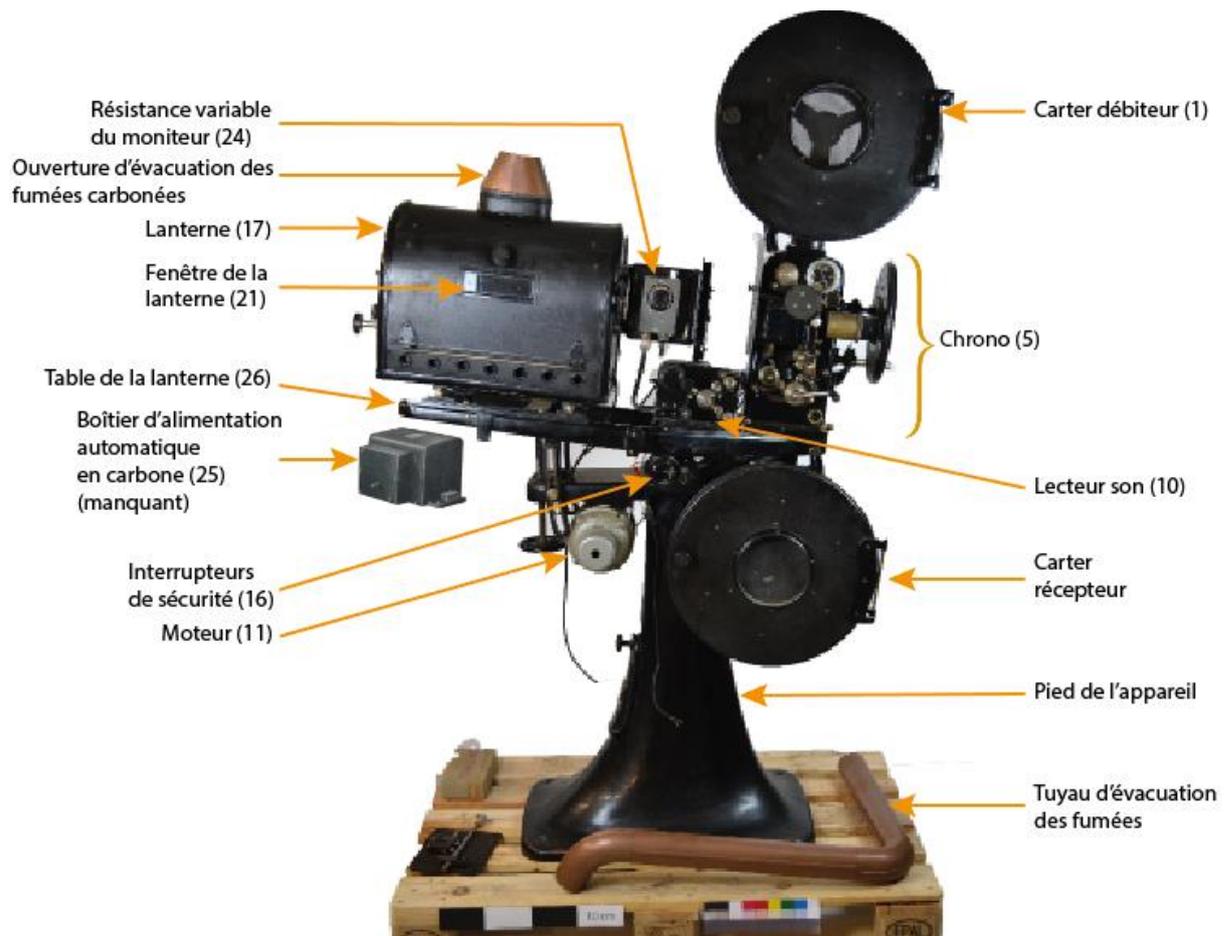


Figure 83 : Descriptif de la face droite, Bauer M7

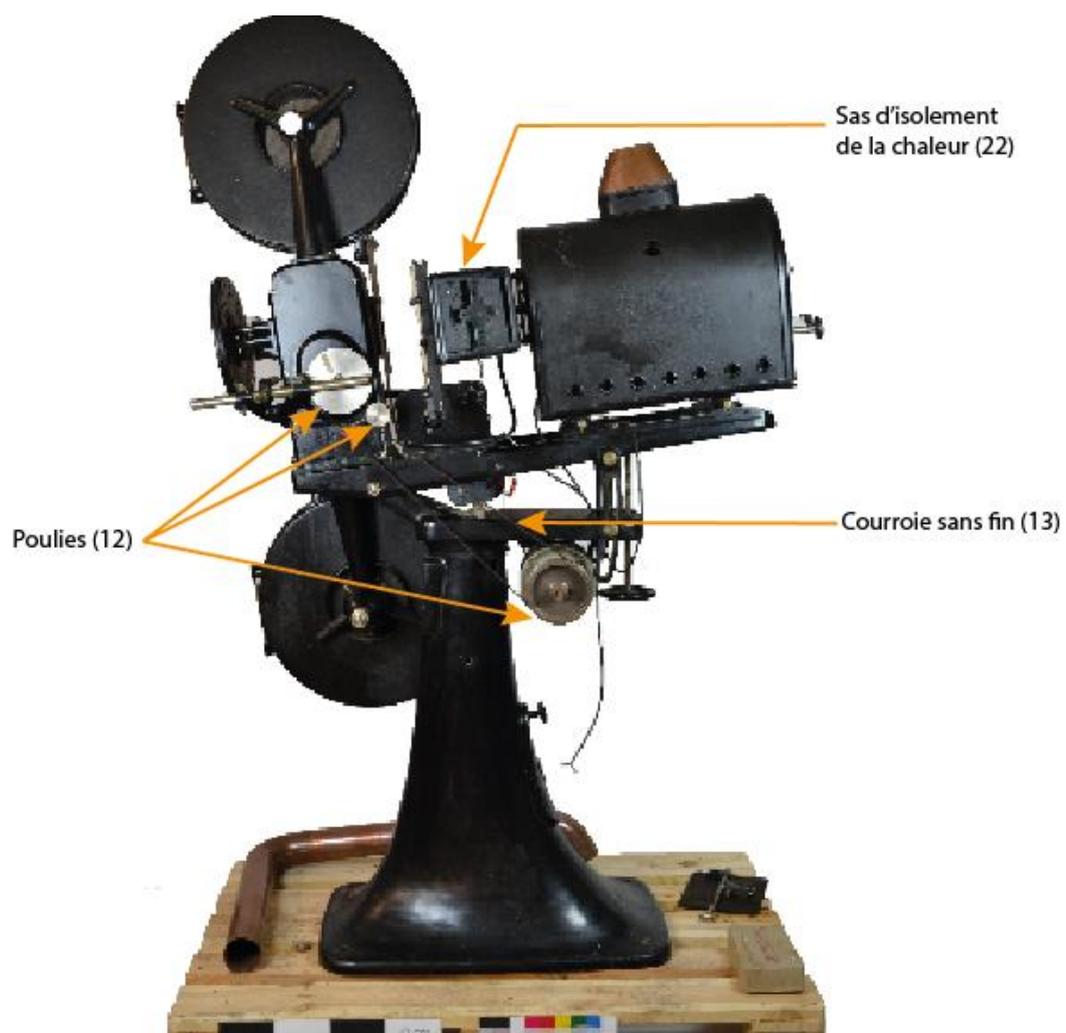


Figure 84 : Descriptif de la face sénestre, Bauer M7

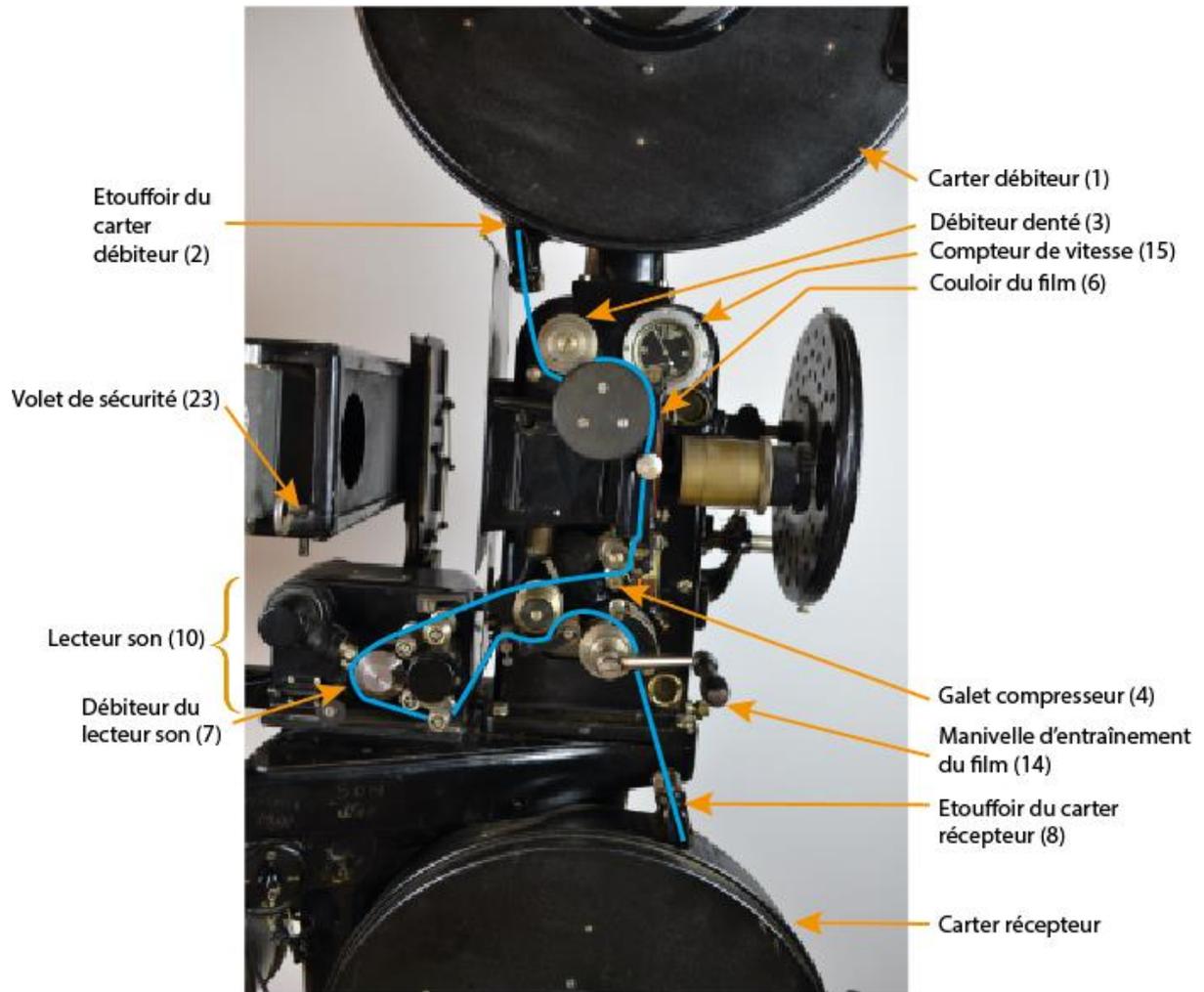
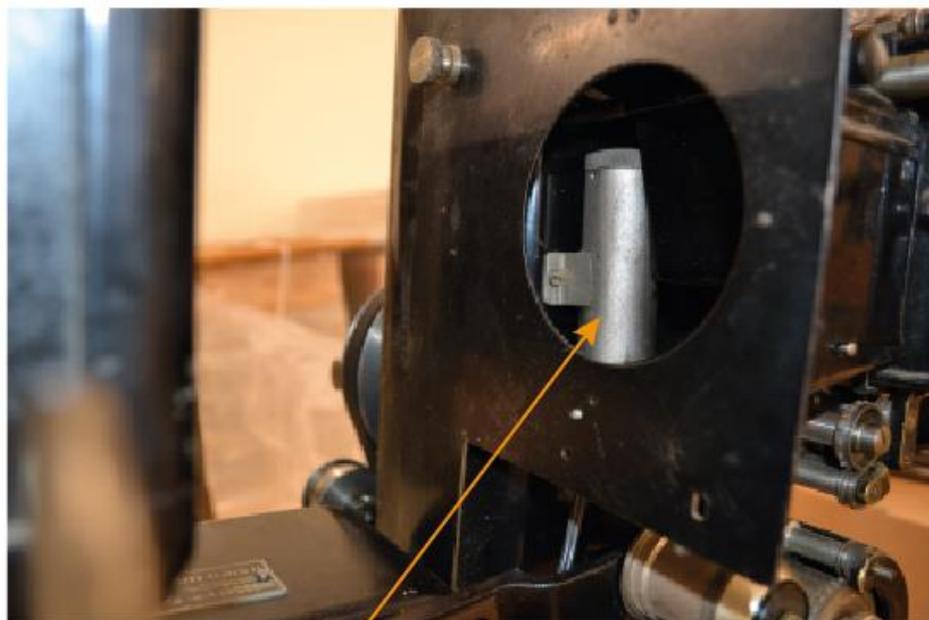


Figure 85 : Descriptif du chrono et placement du film, face droite, Bauer M7



Lampe auxiliaire (9)

Figure 86 : Lampe auxiliaire dans le chrono, face droite, Bauer M7

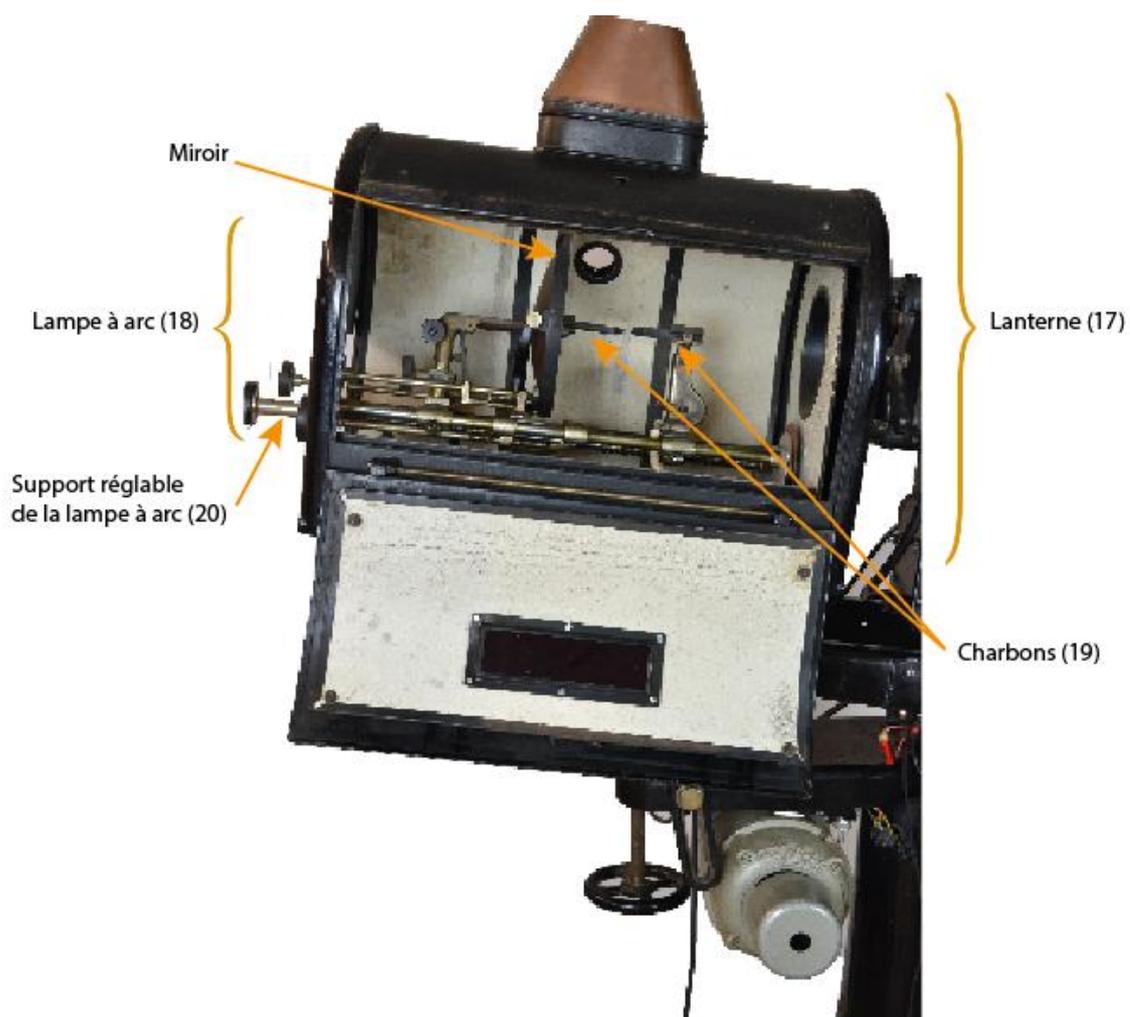
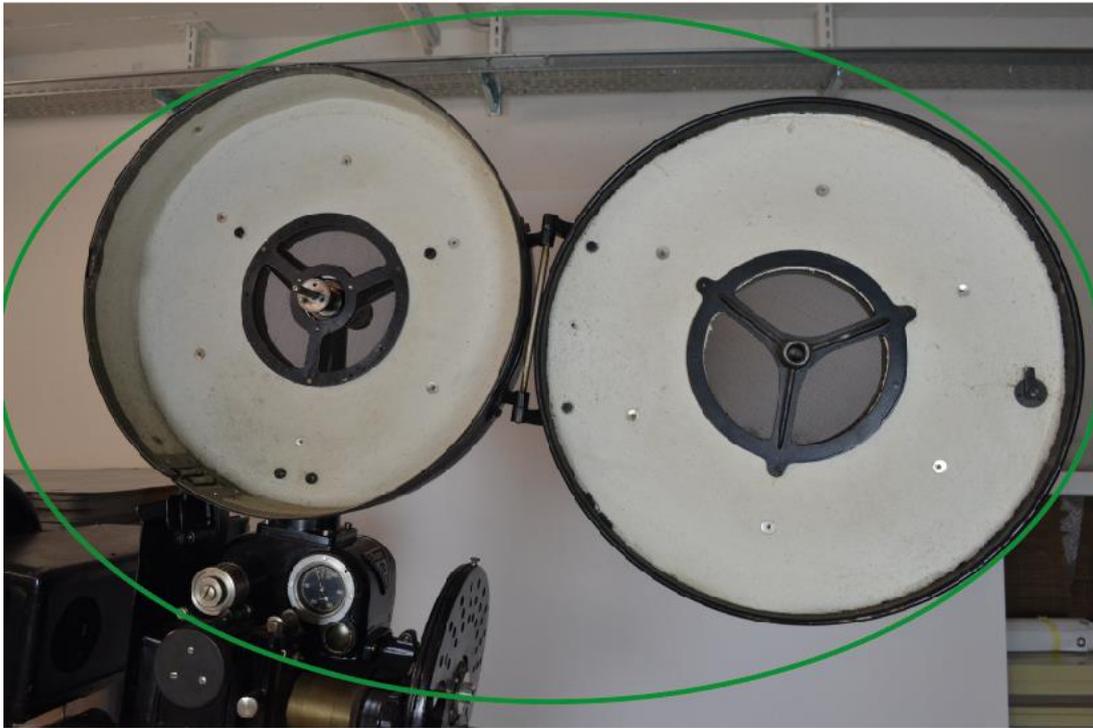


Figure 87 : Descriptif de l'intérieur de la lanterne, face droite, Bauer M7

AMIANTE



Figure 88 : Amiante dans la lanterne, Bauer M7



Carton d'amiante fortement aggloméré

Figure 89 : Carton d'amiante fortement aggloméré dans les carters

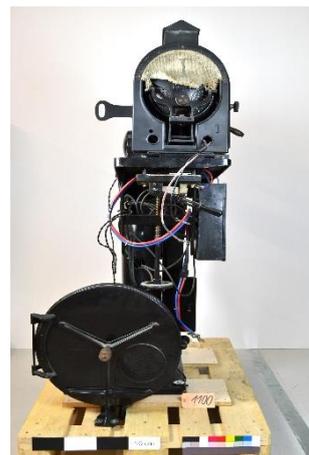
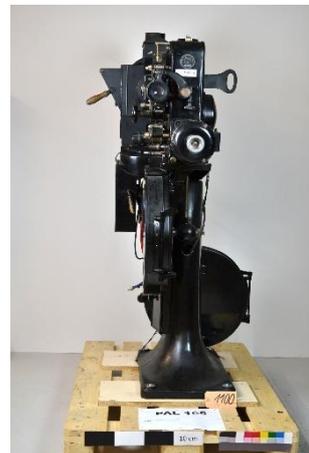
PCB



Figure 90 : Condensateur dextre du projecteur Bauer M7 suspecté de contenir des PCB

NOTICE

ERNEMANN IV			
Numéro d'inventaire	768		
Lieu de conservation	Cinémathèque suisse Centre de recherche et d'archivage		
Format* et nature du film	16 mm Celluloid*, Acétate*		
Constructeur/Distributeur/Lieu	Zeiss Ikon AG. Dresden ²⁷⁰		
Date de production	1937		
Fréquence	Inconnue		
Dimensions (HLP)	Haut.	Larg.	Prof.
	146 cm	122 cm	37 cm
	199 cm	Avec carter démonté	
Inscriptions et numéros de fabrication	<p><u>Sur le chrono :</u> « Zeiss Ikon Ernemann IV 76/27 »</p> <p><u>Sur le moteur :</u> Zeiss Ikon Dresden Type RY 16-4E7 Nr. 90328 220/380V 1.5/0.9 A. 120 Watts N° 1500. Cos φ 0.4 50 per/s</p> <p><u>Sur la lanterne, le démarreur moteur et les carters :</u> Zeiss Ikon</p>		
Matériau(x) dangereux	<p>Amiante</p>  <p>Mercure</p>   		



²⁷⁰ Zeiss Ikon AG. Dresden, non daté, p. 2

FONCTIONNEMENT

Mettre en place le film. Pour cela, ouvrir le carter débiteur (1) (ici démonté) et y insérer la bobine de film. En sortir le film par l'étouffoir du carter supérieur. Placer le film entre les débiteurs dentés (2) et les galets compresseurs (3) sur le chrono (4) puis dans le couloir du film (5), ainsi que sur le débiteur du lecteur son (6). L'insérer ensuite dans l'étouffoir du carter récepteur (7).

Le projecteur Ernemann IV a la particularité de posséder un dispositif mécanique de sécurité en cas d'incendie. Une mèche (8) est rattachée à une guillotine à ressort (9) placée à droite du débiteur denté, au-dessus du couloir du film (5). L'ensemble est relié mécaniquement à un double interrupteur à mercure à bascule (10) placé derrière le chrono (4). Dans le cas où un feu se déclarerait dans le couloir (5) où la pellicule est exposée à la chaleur de la lampe à arc (11), la mèche brûlerait, libérant la guillotine qui ferait basculer l'interrupteur à mercure vers la gauche. Ce dernier fait remonter un clapet coupe-feu qui ferme l'ouverture entre la lanterne et le film²⁷¹, éteint le moteur (12) et le lecteur sonore (6)²⁷². L'obturateur (13), placé derrière le couloir du film, permet aussi de filtrer la chaleur. Un système de ventilation du film est installé sur l'appareil²⁷³.

Le lecteur sonore (6) permet la lecture de films sonore. Le moteur à brides (12) quant à lui, alimente le mouvement du mécanisme d'alimentation du film²⁷⁴. Le boîtier fixé sous la table de la lanterne permet de démarrer et stopper le moteur²⁷⁵.

Dans la lanterne (14), préparer la lampe à arc (11) en rapprochant les charbons perpendiculaires (15). L'interrupteur de la lanterne (16) se situe sous la table (17) de la lanterne, à l'arrière. Son boîtier est manquant. La lanterne dispose d'un sas (18) d'isolement de la chaleur comportant un volet de sécurité (19). L'alimentation électrique de la lampe à arc (probablement un redresseur apportant du courant continu) est manquante. Un transformateur, logé dans le pied de l'appareil, permet d'apporter une basse tension à la lampe lors de la diffusion de films sonores²⁷⁶. Les câbles rouge et bleu d'alimentation de la lanterne sont des ajouts plus récents.

²⁷¹ Landolf, David, 2019, b

²⁷² Zeiss Ikon AG. Dresden, non daté, p. 2

²⁷³ Zeiss Ikon AG. Dresden, non daté, p.2

²⁷⁴ Zeiss Ikon AG. Dresden, non daté, p. 2

²⁷⁵ Landolf, David, 2019, b

²⁷⁶ Landolf, David, 2019, b

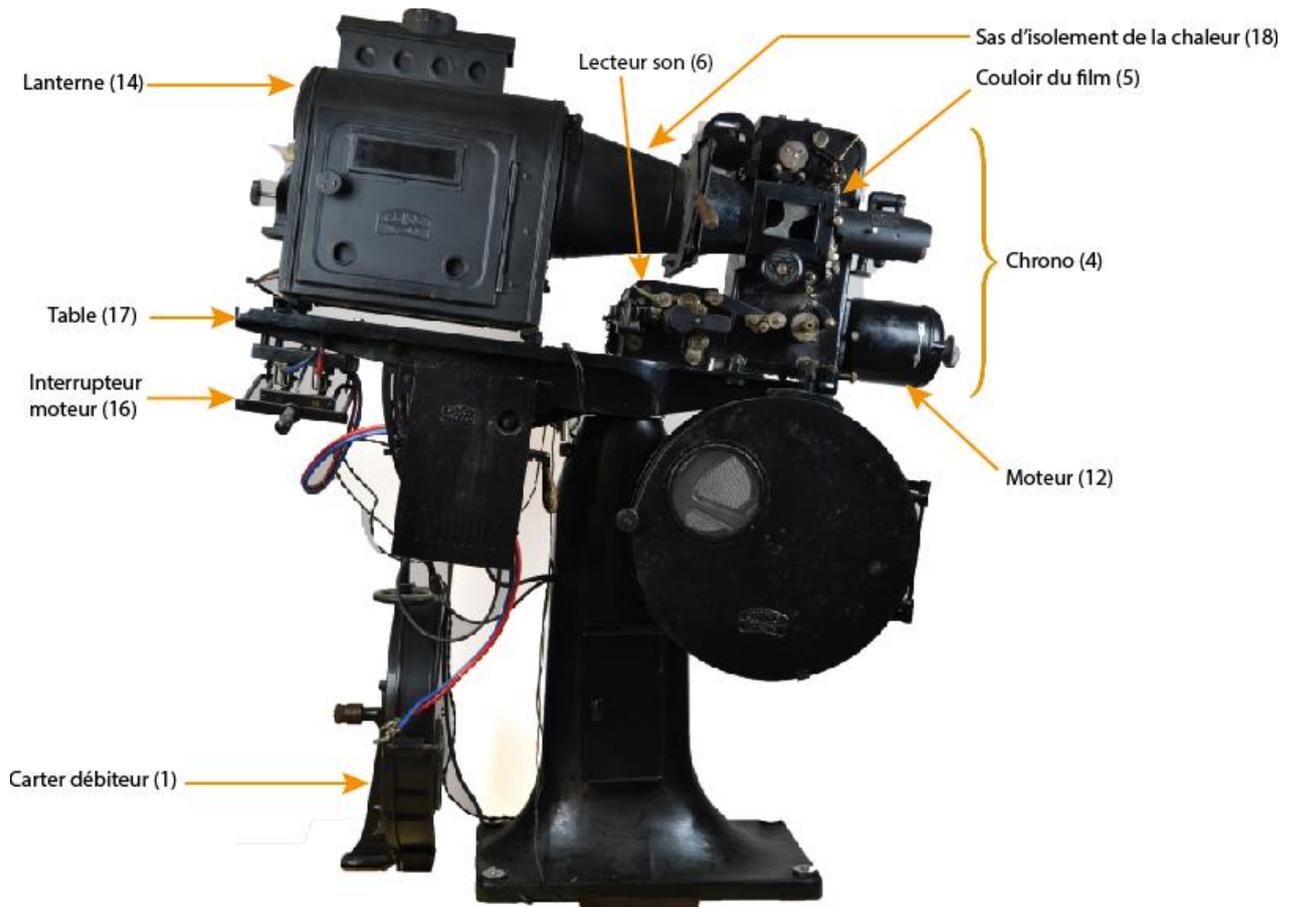


Figure 91 : Descriptif dextre, Ernemann IV

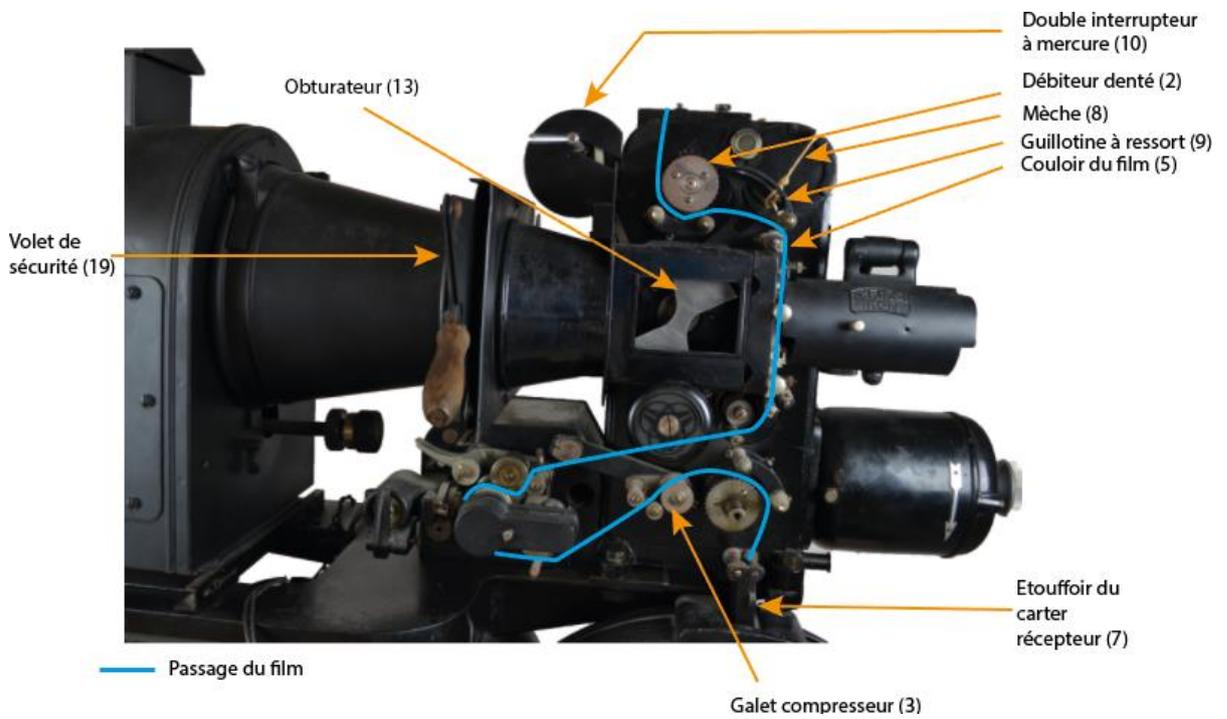
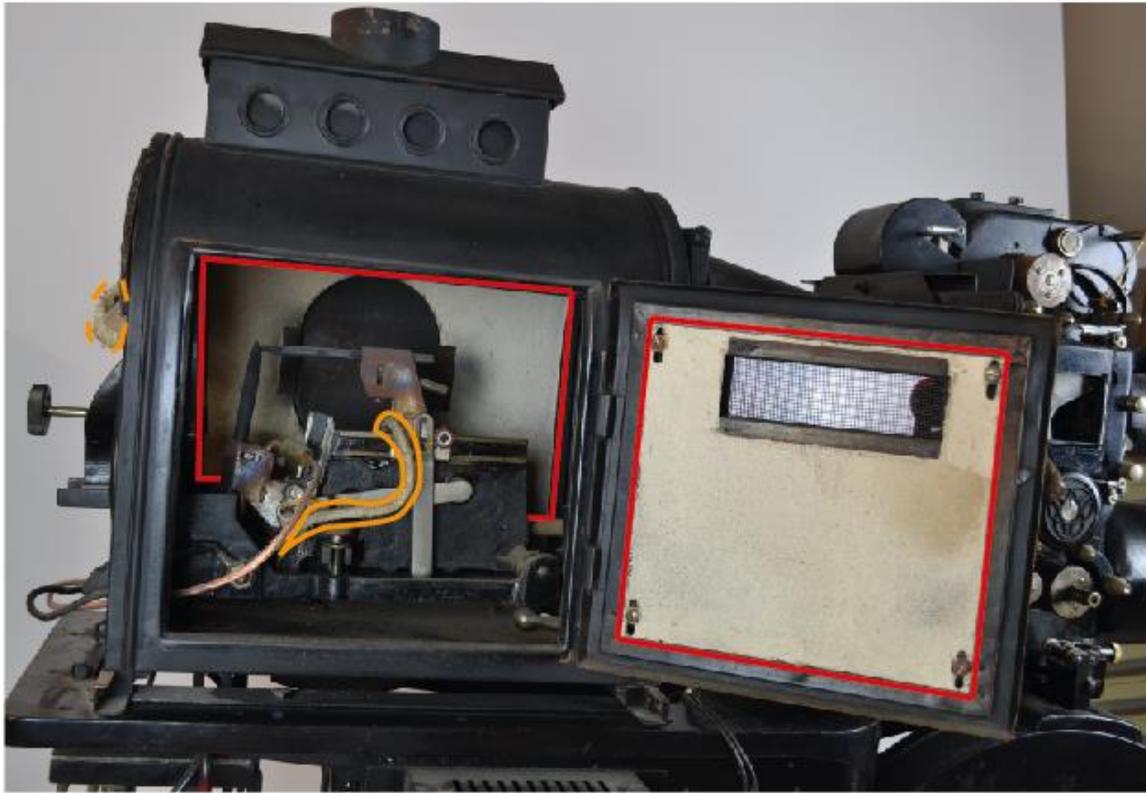


Figure 92 : Descriptif du chrono dextre, Ernemann IV

AMIANTE



- Amiante en plaques faiblement aggloméré
- Amiante tressé
- - - Amiante tissé

Figure 93 : Localisation de l'amiante dans la lanterne, Ernemann IV



- - - Amiante tissé

Figure 94 : Localisation de l'amiante à l'arrière de la lanterne, Ernemann IV



Figure 95 : Amiante en plaque, faiblement aggloméré

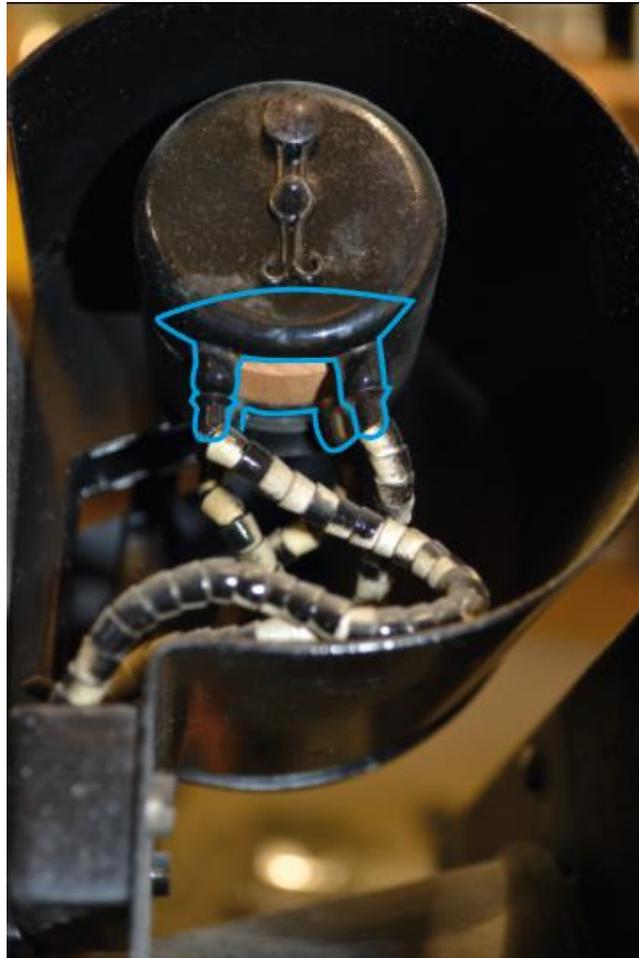


Figure 96 : Amiante tissé



Figure 97 : Amiante tressé

MERCURE



Mercur au sein d'interrupteurs en verre

Figure 98 : Interrupteurs à mercure, Ernemann IV

L'appareil est pourvu de deux interrupteurs à mercure dissimulés dans ce boîtier fixé à l'arrière du chrono.

NOTICE

MICRON 18			
Numéro d'inventaire	1100		
Lieu de conservation	Cinémathèque suisse Centre de recherche et d'archivage		
Format* et nature du film	35 mm Celluloid*		
Constructeur/Distributeur/Lieu	Microtechnica Micron 18		
Date de production	1958		
Fréquence	Inconnue		
Dimensions (HLP)	Haut.	Larg.	Prof.
	Projecteur	166 cm	132 cm
	Avec carter démonté	240 cm	
Inscriptions et numéros de fabrication	<p><u>Sur la lanterne :</u> « 189/B »</p> <p><u>Sur le chrono :</u> « Matr. n.153 »</p> <p><u>Sur le boîtier son avant :</u> « Micron 18 »</p>		
Matériau(x) dangereux	<p style="text-align: center;">Amiante</p>  <p style="text-align: center;">Suspicion de PCB</p>		



FONCTIONNEMENT

Mettre en place le film. Pour cela, ouvrir le carter débiteur (1) et y insérer la bobine de film. En sortir le film par l'étouffoir du carter supérieur (2). Placer le film entre les débiteurs dentés (3) et les galets compresseurs (4) sur le chrono (5) puis dans le couloir du film (6). L'insérer ensuite jusqu'à l'étouffoir du carter récepteur (7). Une ventilation (8) permet de refroidir le film exposé à la chaleur de la lampe à arc (9).

Micron 18 est un projecteur de films sonores. L'amplificateur (10) permet le réglage du son et le branchement d'un microphone. Le moteur d'alimentation du mécanisme du film est derrière le ventilateur.

Dans la lanterne (12), la lampe à arc (13) dispose d'un système motorisé (14) rapprochant les charbons au fur et à mesure de leur utilisation lors des projections. Il est déclenchable à l'aide d'un interrupteur (15). Une résistance variable (16) placée derrière le miroir (17) y est relié, faisant que ce système motorisé tourne à l'inverse du courant qui circule dans l'appareil²⁷⁷. Le projectionniste peut ainsi surveiller de plus près le film et la machine sans se soucier des charbons.

La lampe à arc (13) est liée à un boîtier d'alimentation (18) qui permet d'enclencher l'interrupteur moteur (19), l'interrupteur de l'amplificateur (20) et l'interrupteur de la lampe à arc (21). La lampe à arc est aussi reliée à un ampèremètre (21), qui permet d'identifier l'intensité du courant²⁷⁸ de la lampe à arc.

²⁷⁷ Landolf, David, b, 2019

²⁷⁸ Steffen, A., 1913, Volume I, p. 10

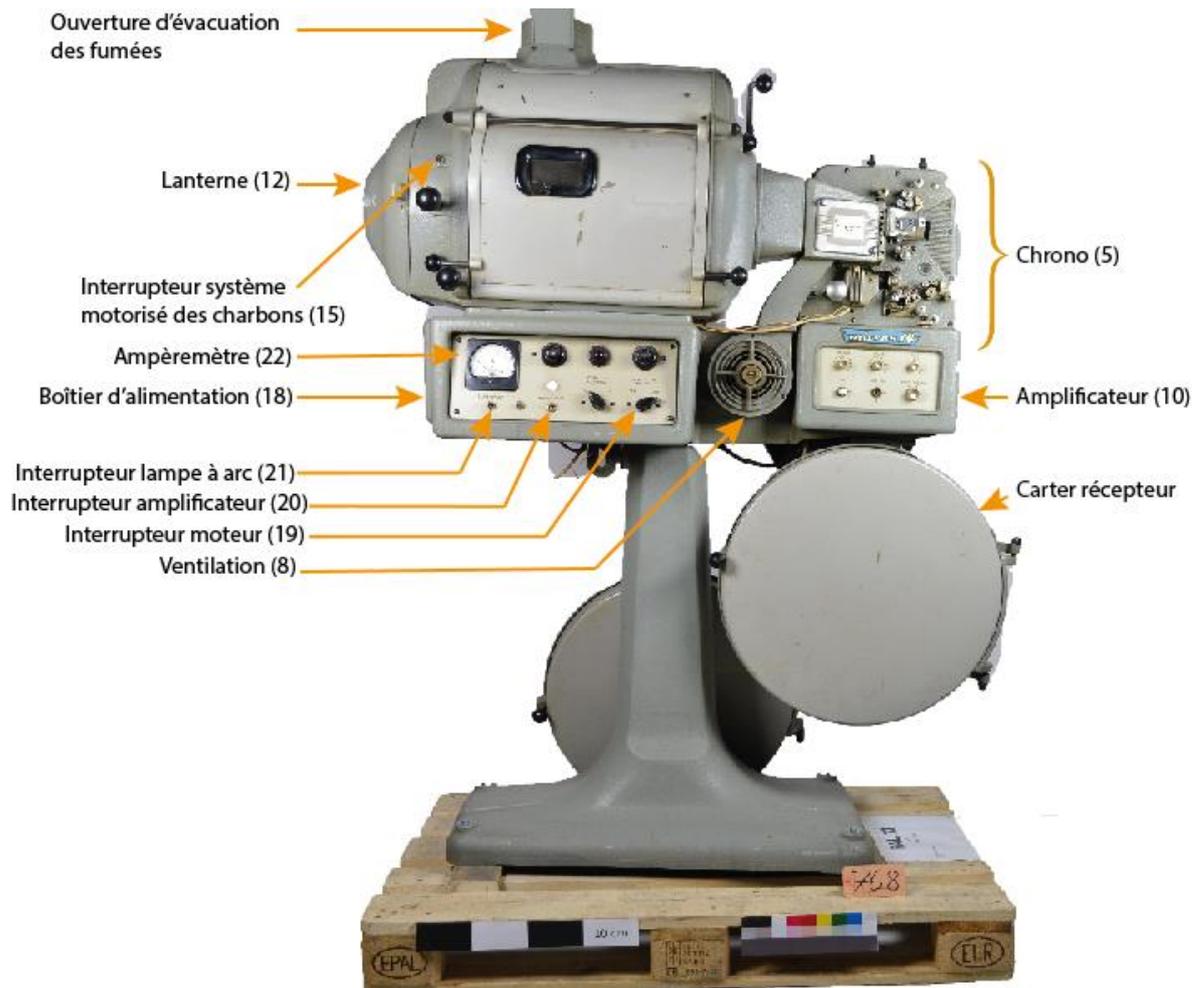


Figure 99 : Descriptif de la face droite, Micron 18

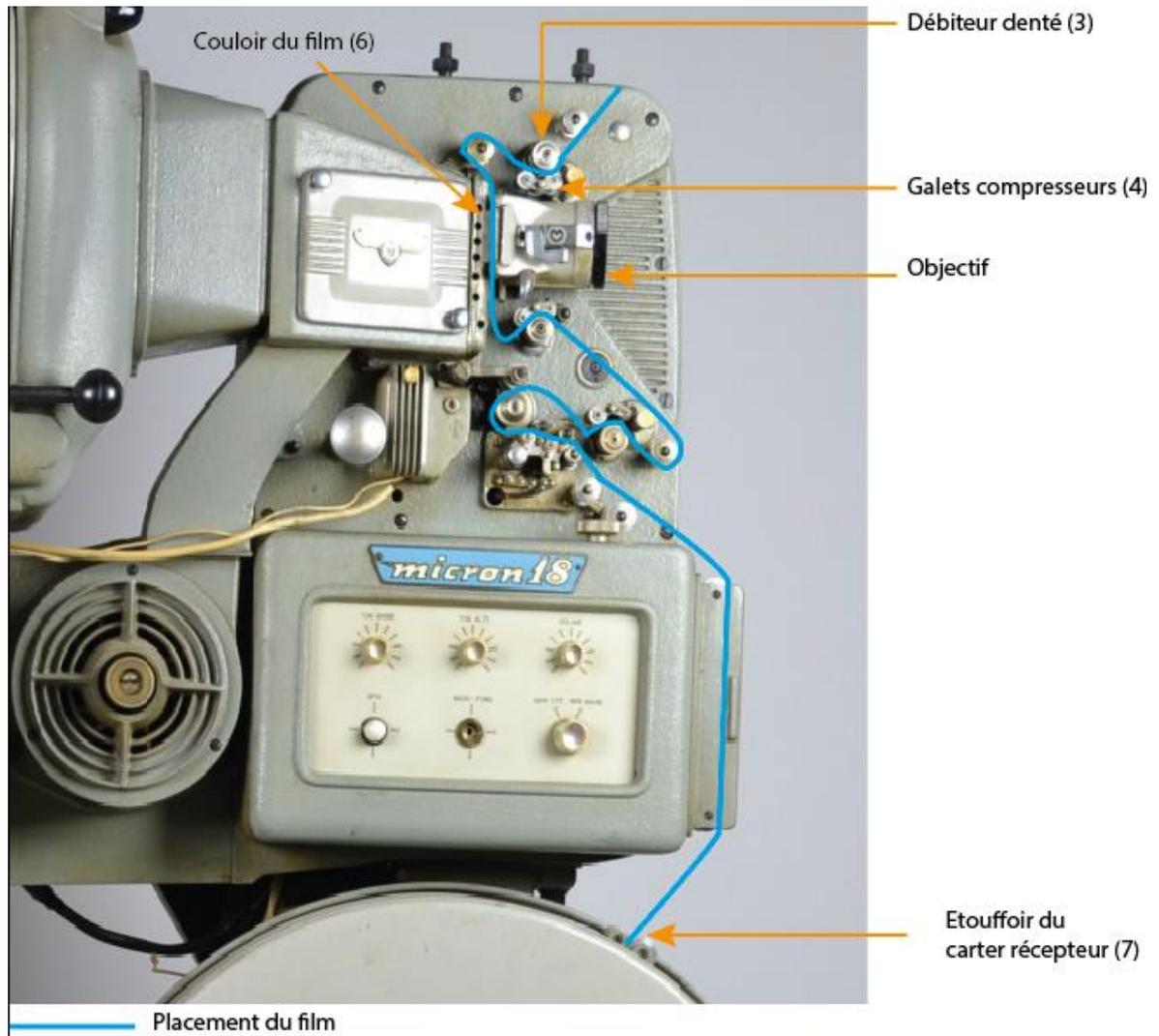


Figure 100 : Descriptif du chrono et placement du film, Micron 18

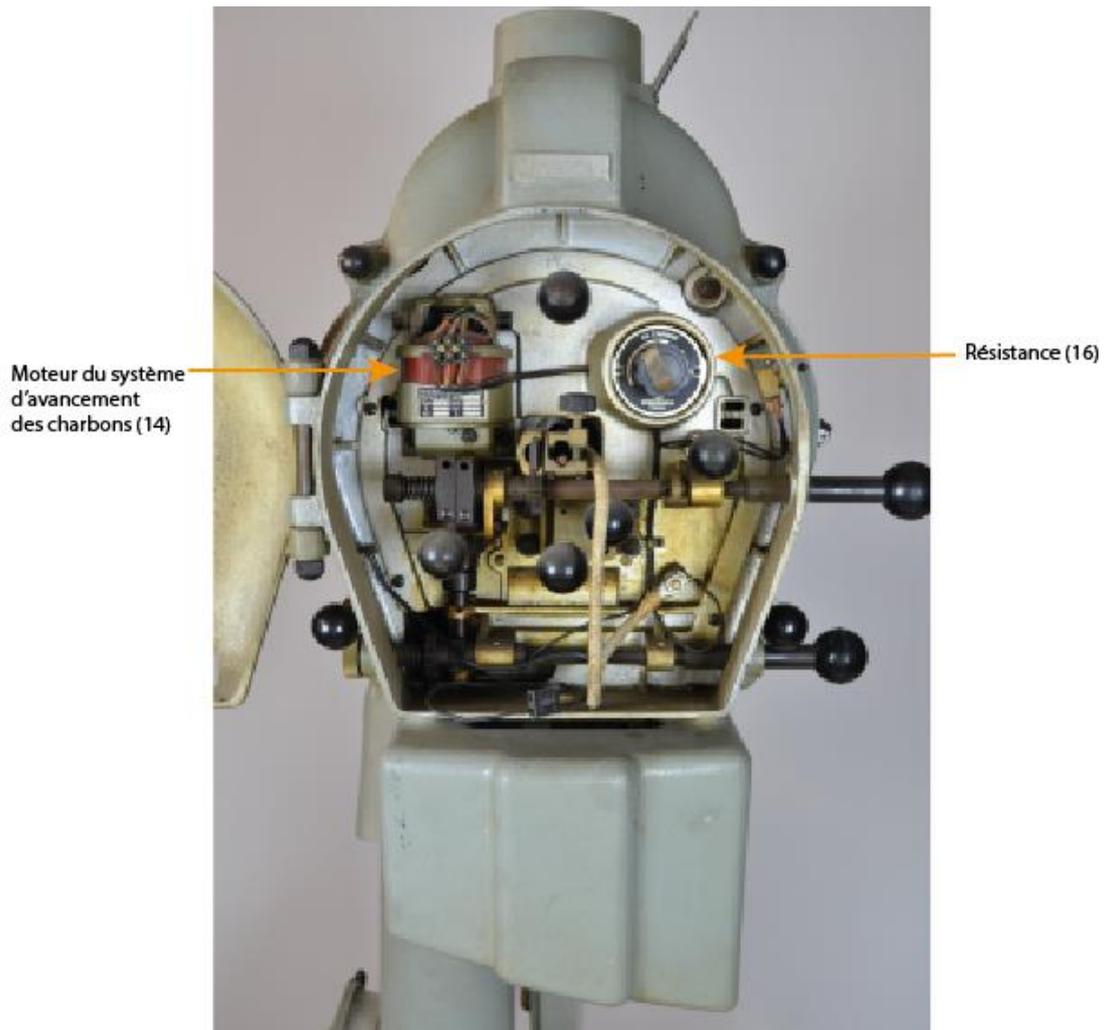


Figure 101 : Descriptif de l'arrière de la lanterne, Micron 18

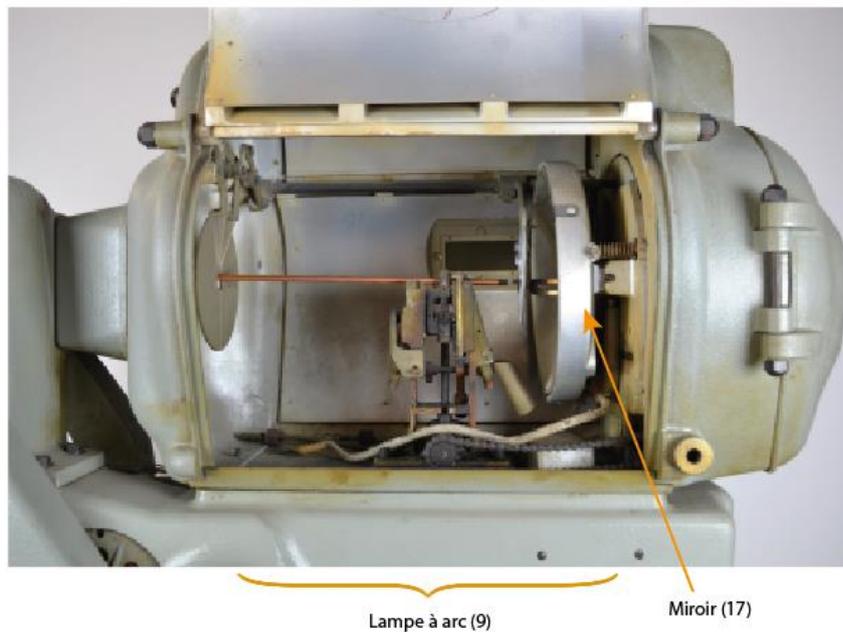
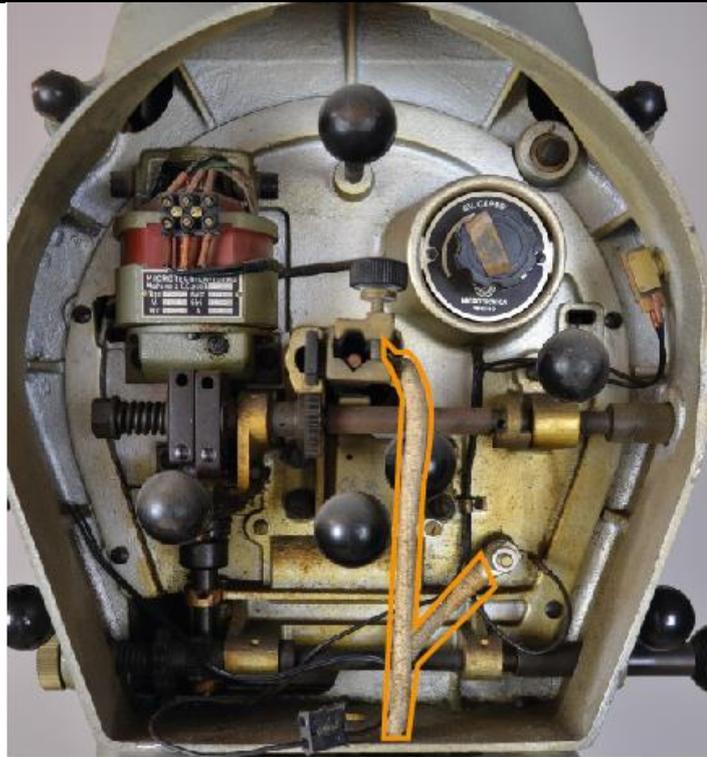


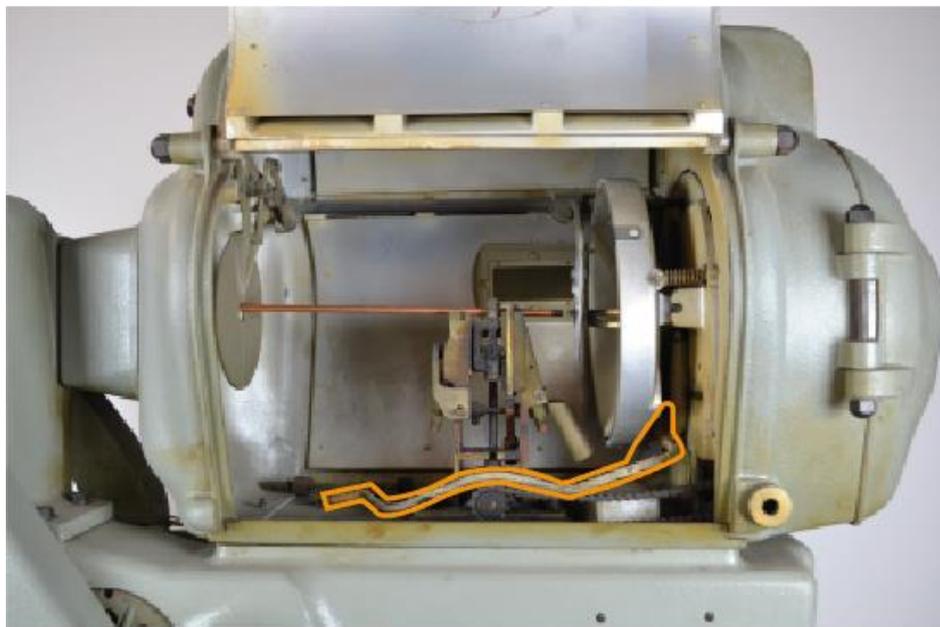
Figure 102 : Descriptif de la lampe à arc, Micron 18

AMIANTE



— Amiante tissé

Figure 103 : Localisation de l'amiante, lanterne arrière



— Amiante tissé

Figure 104 : Localisation de l'amiante, lanterne interne

PCB



Condensateurs à tube suspectés de contenir des PCB

NOTICE

SIEMENS 2000			
Numéro d'inventaire	2140		
Lieu de conservation	Cinémathèque suisse Centre de recherche et d'archivage		
Format* et nature du film	16 mm Acétate		
Constructeur/Distributeur/Lieu	Siemens & Halske Aktiengesellschaft Berlin-München ²⁷⁹		
Date de production	1954		
Fréquence	Inconnue		
Dimensions (HLP)	Haut.	Larg.	Prof.
Projecteur	60 cm	34.5 cm	22 cm
Inscriptions et numéros de fabrication	<p><u>Sur le châssis derrière la lampe :</u> « N° 184012 »</p> <p><u>Sur l'amplificateur :</u> « Siemens »</p> <p><u>Sur le miroir et la lentille :</u> « Fot Kino 14 T 158 »</p>		



²⁷⁹ Siemens, non daté, p. 2

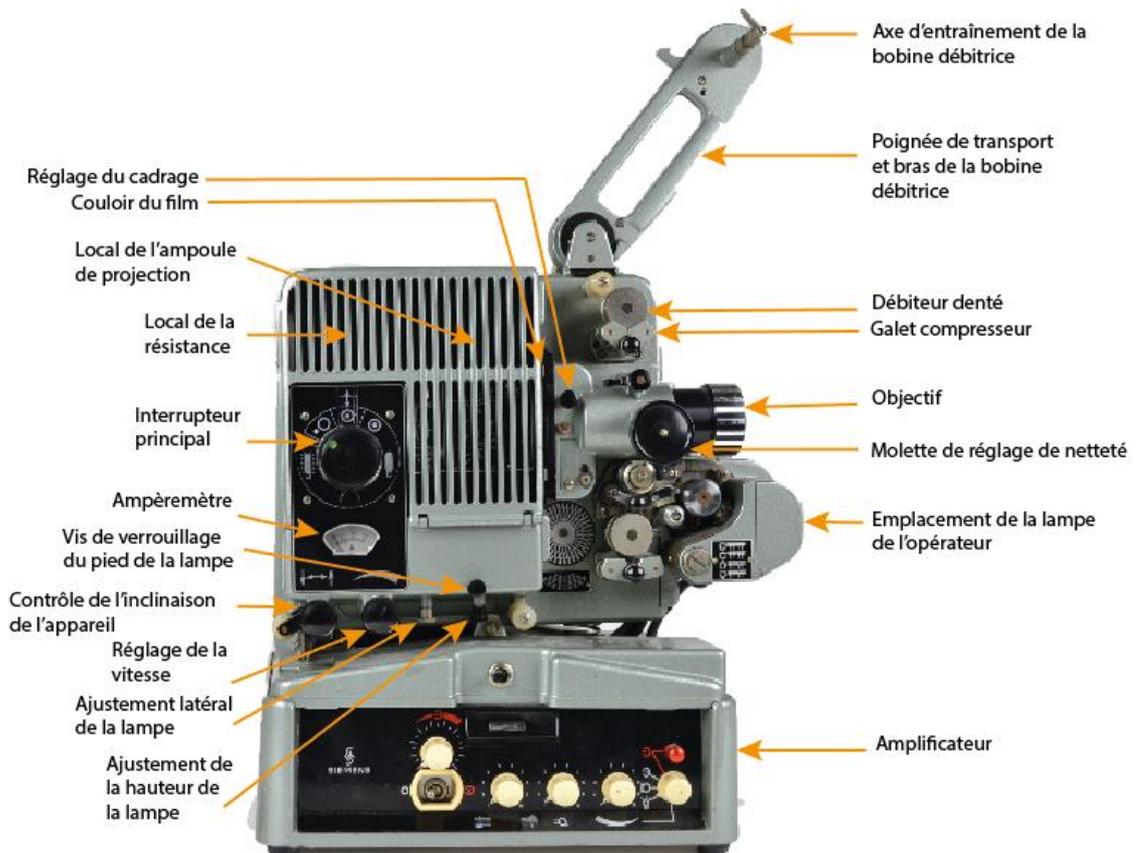
FONCTIONNEMENT

Lever le bras de la bobine débitrice en poussant le levier d'ouverture, puis le bras de la bobine réceptrice. Placer le film entre les débiteurs dentés et les galets compresseurs, puis dans le couloir du film jusqu'à la bobine réceptrice. Sortir le câble électrique de son logement à l'aide du même levier et le brancher à une source de courant.

La source lumineuse de projection est une ampoule à baïonnette. Elle peut être ajustée latéralement, tout comme sa hauteur.

En position 1, l'interrupteur principal permet d'engager le moteur et conséquemment le transport du film. En position 2, l'interrupteur déclenche l'ampoule de projection. L'ampèremètre permet de contrôler l'intensité du circuit de la lampe²⁸⁰.

Le rembobinage du film se fait en poussant l'interrupteur principal contre le corps de l'appareil puis le tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. 1^{ère} position : le moteur tourne dans le sens inverse. 2^{de} position : la lampe est allumée et l'image est visible sur le film.



²⁸⁰ Siemens, non daté, p. 2

NOTICE

BAUER T600				
Numéro d'inventaire	TBAL.06			
Lieu de conservation	Cinémathèque suisse Centre de recherche et d'archivage			
Format* et nature du film	Super 8			
Constructeur/Distributeur/Lieu	Robert Bosch G.M.B.H Stuttgart			
Date de production	1977			
Fréquence	Inconnue			
Dimensions (HLP)	Haut.	Larg.	Prof.	
	35 cm	36.5 cm	23.5 cm	
Inscriptions et numéros de fabrication	<p><u>Sur la face avant</u> : « Bauer T600 Stereosound »</p> <p><u>Sous l'objet, sur une étiquette verte</u> : « 2405C »</p> <p><u>Sous l'objet, sur une étiquette métallisée</u> : « Robert Bosch GmbH Stuttgart Geschäftsbereich Photokino Typ 7 697 230 691 – Nr 110-130 220-240 V ~ 50 Hz 320 W Lampe max 15V 150W Made in Germany</p>			

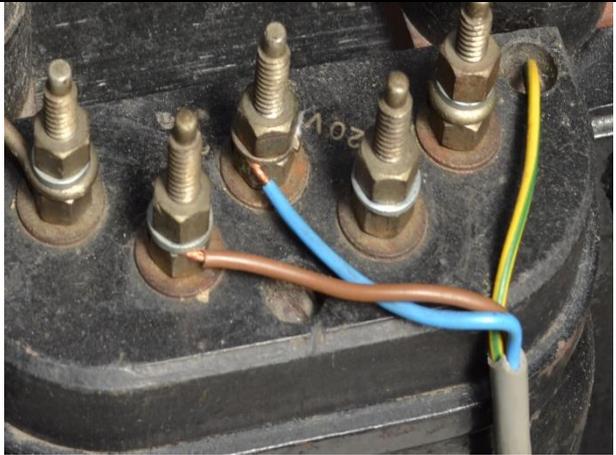


10.11 Annexe 5 : Constats d'état

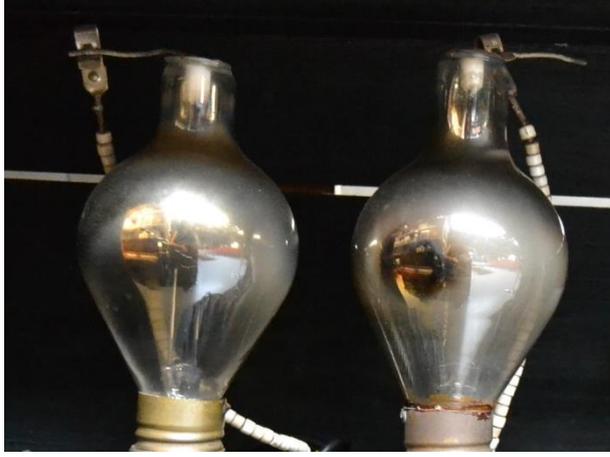
FICHE CONSTAT D'ÉTAT CINÉMATOGRAPHE PATHÉ

Numéro d'inventaire : 27318

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Alliage ferreux, tôle de fer	Réseau d'écailles	Extérieur de la lanterne	
Alliage ferreux, tôle de fer	Corrosion filiforme	Extérieur de la lanterne	
Alliage cuivreux	Corrosion	Cerclage de la fenêtre de visionnage de la lanterne, objectif, débiteurs	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Mica	Fissures Soulèvements	Vitres des fenêtres de visionnement de la lanterne	
Tous	Empoussièrément généralisé	Ensemble de l'objet	
Bois peint	Lacunes	Structure du chrono, support du projecteur	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Alliage ferreux, fonte de fer peinte	Lacunes	Bras portant la bobine supérieure	
Alliage ferreux, alliage d'aluminium peint	Lacunes	Obturbateur	
Alliage ferreux, tôle de fer	Lacunes	Bobines	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Alliage ferreux et verre	Dépôts exogènes brunâtres	Culot des ampoules du redresseur à mercure	
Verre	Noircissement Opacification grisâtre	Ampoules du redresseur à mercure	

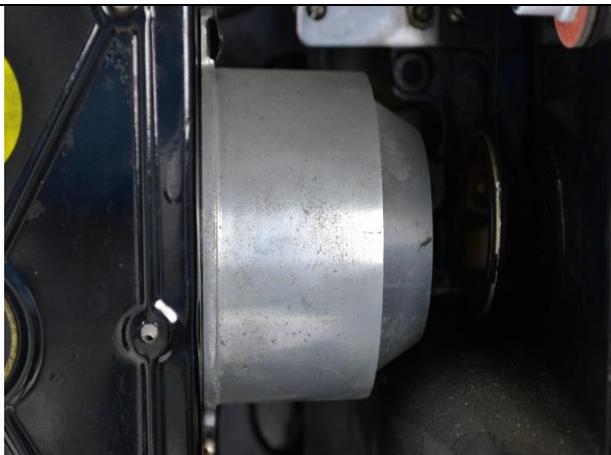
FICHE CONSTAT D'ÉTAT
ACME PORTABLE PROJECTOR

Numéro d'inventaire : 485

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Tous	Empoussièrément généralisé	Intérieur et extérieur de l'appareil	
Cuir	Eraflures	Face avant de la valise de l'appareil Bas de la face arrière de la valise de l'appareil	
Cuir	Lacunes	Coins supérieurs et inférieurs de la valise de l'appareil	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Cuir	Pulvéulence	Bas de la valise de l'appareil	
Polymère, et alliage cuivreux	Dépôt bordeaux de nature polymérique fondu	Face droite, dans la connexion électrique « line connection »	
Amiante	Effilochements	Coin dextre supérieur interne	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Amiante	Lacunes	Porte intérieure	
Textile et amiante	Effilochements	Fils électriques dans le boîtier interne dextre de l'appareil	
Caoutchouc	Rupture (ancienne réparation : agrafe)	Courroie moteur-magasin	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Cuir	Durcissement	Courroie moteur- magasin	
Alliage d'aluminium	Piqûres de corrosion	Condenseur optique et ventilateur moteur	
Alliage ferreux	Corrosion	Vis de la face dextre Une vis au bas de face sénestre	

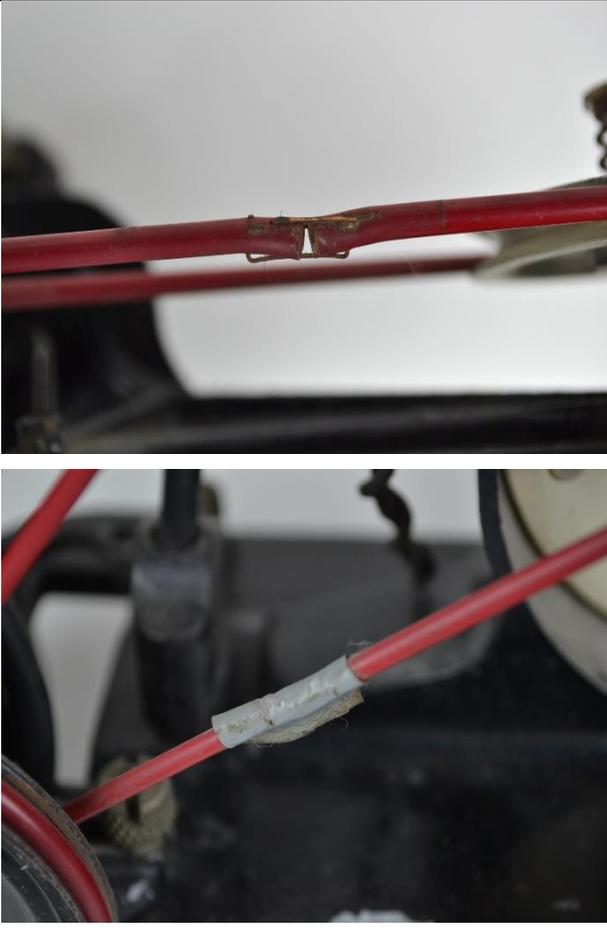
REMARQUES

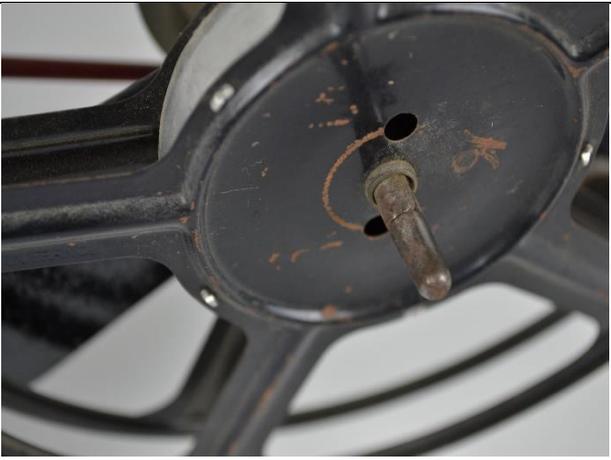
La manivelle permettant d'opérer manuellement l'appareil est manquante.

La résistance permettant d'effectuer le changement de tension électrique entre l'appareil et la source de courant est manquante également.

FICHE CONSTAT D'ÉTAT
PATHÉ BABY SUPER TYPE G

Numéro d'inventaire : TBAL.01

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Tous	Empoussièremen t généralisé	Intérieur et extérieur de l'appareil	
Polymère	Encrassement	Ruban adhésif sur la prise électrique	
Caoutchouc	Ruptures (anciennes réparations : agrafe et ruban adhésif)	Grandes courroies dextre et sénestre	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Caoutchouc	Durcissement	Courroies	(voir photo précédente)
Peinture	Lacunes	<p>Face sénestre, sur la base</p> <p>Faces droite et sénestre, autour des vis de réglage du positionnement de la bobine inférieure et du moteur</p> <p>Ponctuellement sur l'ensemble de la base</p>	
Alliage ferreux, tôle de fer	Corrosion	Agrafe sur la courroie droite	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Alliage d'aluminium	Corrosion	Face de l'objet, sur l'objectif	
Alliage cuivreux	Oxydation		
Amiante	Lacunes	Côtés et dessous de la résistance	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Amiante	Pulvéruence	Côtés et dessous de la résistance	

REMARQUES

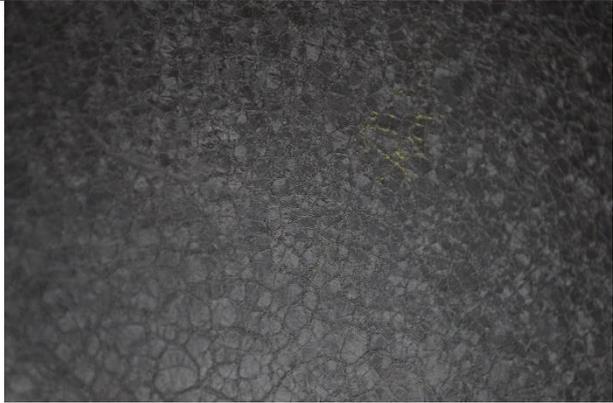
La bobine de film supérieure (débitrice) de l'appareil est manquante.

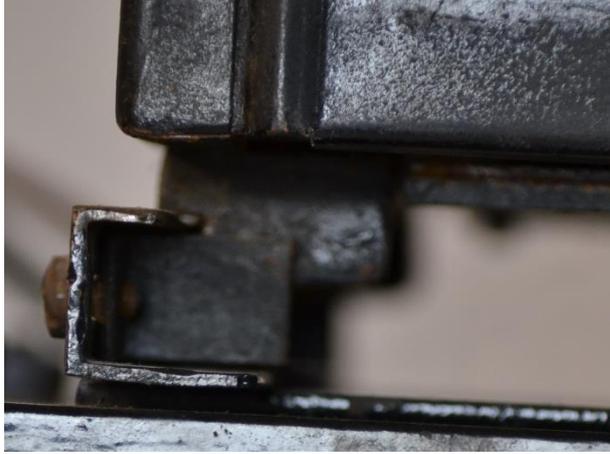
La vitre de protection du magasin est manquante.

FICHE CONSTAT D'ÉTAT

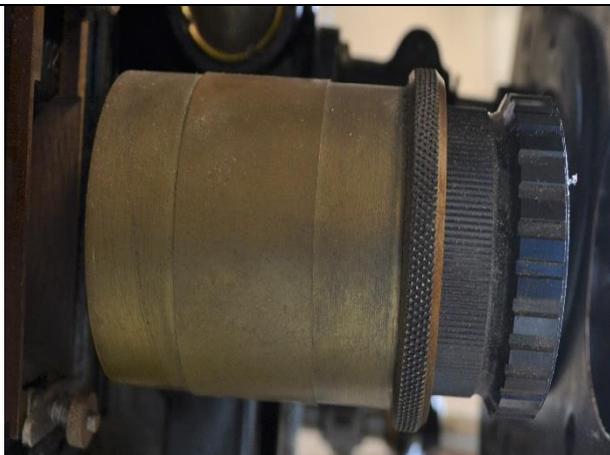
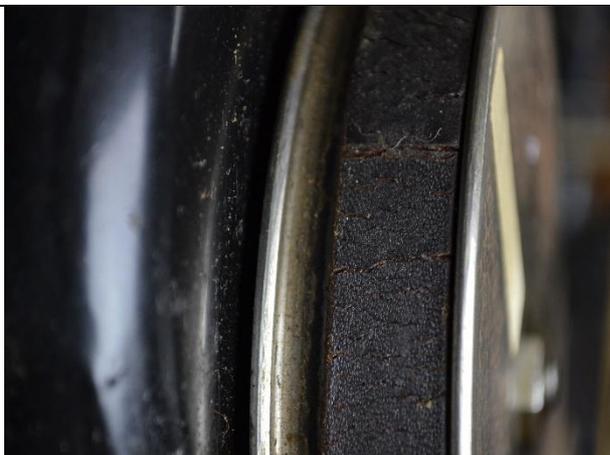
BAUER M7

Numéro d'inventaire : TBAL.05

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Tous	Empoussièrément généralisé	Intérieur et extérieur de l'appareil, mêlé à de l'huile près du chrono	
Alliage ferreux tôle de fer peinte	Réseau d'écailles	Carters, lanterne	
Alliage ferreux nickelé	Corrosion	Deux poulies du chrono dextre, support de l'obturateur, barre avant sénestre, débiteurs dentés et galets compresseurs	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Alliage ferreux, tôle de fer peinte	Corrosion	Supports métalliques amiantés dans la lanterne	
Alliage ferreux, tôle de fer peinte	Corrosion	Support sous lampe à arc	
Alliage ferreux, fonte peinte	Corrosion Lacunes	Moteur	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Alliage ferreux, tôle de fer peinte	Rayures	Arrière de la lanterne	
Alliage ferreux, tôle de fer peinte	Tâches	Lanterne sénestre	
Alliage ferreux, tôle de fer peinte	Rayures	Arrière de la lanterne	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Alliage ferreux, tôle de fer	Dépôts de poussière blanche Suie ?	Bobine du carter inférieur	
Alliage cuivreux	Corrosion	Objectif	
Cuir	Craquelures	Courroie sans fin, face sénestre	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Amiante	Brûlé ? Bruni, noirci	Intérieur carter inférieur	
Amiante	Soulèvements de fibres Pertes de cohésion matérielle	Intérieur lanterne, carter supérieur	
Amiante	Dépôts de suie	Intérieur lanterne	

REMARQUES

La plupart des câbles électriques sont coupés ou non reliés à leur destination. L'alimentation électrique de la lampe à arc et l'interrupteur son sont manquants.

Le tuyau d'évacuation des fumées provenant de la lampe à arc, une boîte de pièces détachées, deux condensateurs et deux pièces sont présents sur la palette.

FICHE CONSTAT D'ÉTAT

ERNEMANN IV

Numéro d'inventaire : 1100

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Tous	Empoussièrément et encrassement généralisés	Intérieur et extérieur de l'appareil	
Alliage ferreux, nickelé ou non nickelé	Corrosion	Porte objectif, visserie, débiteurs dentés, supports des charbons	
Alliage ferreux, fonte de fer peinte	Corrosion	Dessus du chrono, moteur	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Alliage ferreux, fonte de fer peinte	Tâches	Chrono, table de la lanterne, boîtier de démarrage moteur, lecteur son, carter récepteur, cadre support de la lanterne	
Bois peint	Lacunes	Poignée du démarreur moteur	
Amiante	Soulèvements de fibres Perte de cohésion matérielle	Câbles et intérieur de la lanterne, interrupteur de la lanterne	

REMARQUES

L'ensemble des fils électriques de l'appareils sont coupés et non reliés à leur destination.
 L'alimentation électrique de la lampe à arc, le boîtier de l'interrupteur moteur et le condensateur

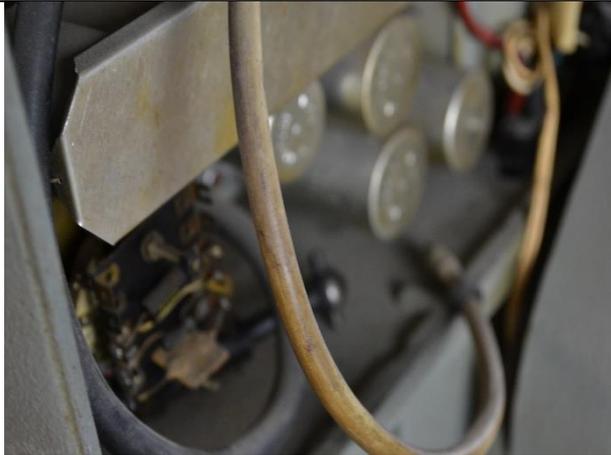
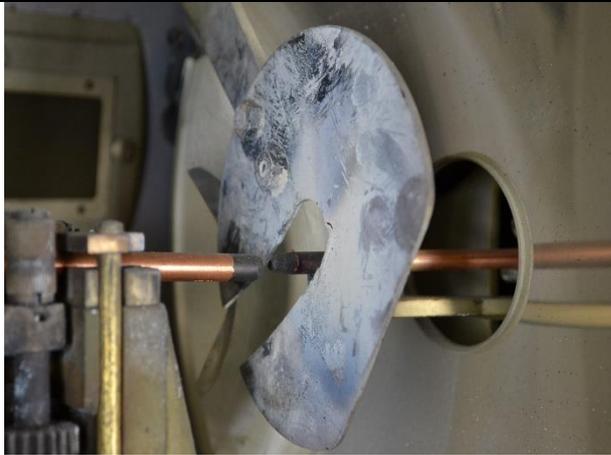
FICHE CONSTAT D'ÉTAT

MICRON 18

Numéro d'inventaire : 768

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Tous	Empoussièrément généralisé	Intérieur et extérieur de l'objet	
Alliage ferreux, fonte de fer peinte	Lacunes	Arrière de la lanterne	
Alliage ferreux, fonte de fer peinte	Encrassement	Chrono dextre, carters	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Alliage ferreux, fonte de fer peinte	Jaunissement Brunissement	Arrière de la lanterne	
Alliage ferreux, tôle de fer	Dépôts exogènes d'adhésifs Lacunes	Portes de la lanterne	
Alliage ferreux nickelé	Corrosion	Débiteurs sur le chrono dextre	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Polymère	Jaunissement	Galets du chrono dextre, câbles électriques des boîtiers son	
Alliage ferreux	Dépôts exogènes de suie	Intérieur de la lanterne, supports des charbons	
Alliage ferreux	Corrosion	Supports des charbons	

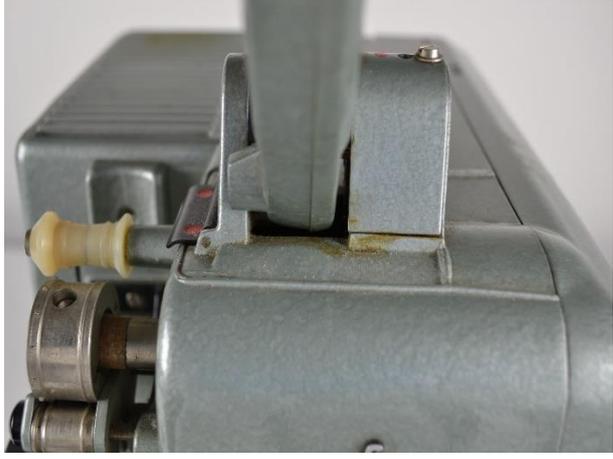
REMARQUES

La majorité des câbles électriques sont déconnectés. Le moteur d'alimentation du mécanisme du film est manquant. Le cache du boîtier son de la face sénestre est manquant.

FICHE CONSTAT D'ÉTAT

SIEMENS 2000

Numéro d'inventaire : 2140

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Tous	Empoussièrément généralisé	Intérieur et extérieur de l'objet	
Alliage ferreux peint	Lacunes	Base de l'objet	
Alliage ferreux nickelé	Corrosion	Débiteurs dentés	
Alliage ferreux peinte	Dépôts exogènes Huile ?	Haut de l'appareil	

FICHE CONSTAT D'ÉTAT

BAUER T600

Numéro d'inventaire : TBAL.06

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Tous	Empoussièrément généralisé	Intérieur et extérieur de l'objet	
Alliage ferreux peint	Corrosion	Plaque sur le bas de la face avant de l'objet	
Polymère	Dépôt exogène, adhésif	Face avant de l'objet	

Matériau	Altération	Localisation	Photographie
Polymère	Dépôts exogènes Huile ? Tâche blanche	Haut et face avant de l'appareil	

10.12 Annexe 6 : Signalétique matériaux dangereux

1/Amiante



Figure 105 : Signalétique réserve et objet contenant de l'amiante @Chemsuisse

2/ Mercure



Figure 106 : Signalétique réserve et objet contenant du mercure

3/ PCB



Figure 107 : Signalétique réserve et objet exempt de PCB @Chemsuisse



Figure 108 : Signalétique réserve et objet suspecté de contenir des PCB @Chemsuisse



Figure 109 : Signalétique réserve et objet contenant des PCB @Chemsuisse

4/ Radioactivité



Figure 110 : Signalétique réserve et objet porteur de matière radioactive

11 Corrigendum

Le 30.09.2019, les modifications et ajouts suivants ont été réalisés. Figure en gras ce qui constitue un ajout écrit.

Page 30, « **Dans le cas présent, une analyse au microscope électronique à balayage²⁸¹ a permis d'observer si les échantillons étudiés étaient fibreux et si leur spectre correspondait à celui de l'amiante.** »

²⁸¹ Microscan Service SA, non daté, [En ligne]

« Au vu de l'état d'altération de certains matériaux amiantés dans les appareils, il est parfois difficile de les différencier avec certitude. **La consultation d'un spécialiste peut donc s'avérer nécessaire.** »

Page 54, Figure 111 : Calage d'un interrupteur à mercure **par placement d'une mousse en polyéthylène au niveau des contenants à mercure et par sanglage du système coupe-feu à bascule afin de limiter tout mouvement**

Page 55, « **La température en réserves au Centre de recherche et d'archivage environne les 17 à 18°C, ce qui est adapté aux objets. L'humidité relative également, sauf dans les espaces de travail où elle peut être amenée à des variations notamment en cas d'été relativement chaud. Ce paramètre sera donc à considérer.** »

Page 56, « La quantité de mercure par objet et totale doit être connue par l'institution et des récipients en verre ou en polypropylène peuvent être placés sous les contenants **non protégés par une armature métallique ou polymère**, en cas de fuite. »

Page 75, dans l'Annexe 3 : Tests et analyses

1/Microscopie électronique à balayage : le tableau a été mis en format paysage pour une meilleure lisibilité des spectres.

2/ FTIR : : le tableau a été mis en format paysage pour une meilleure lisibilité des spectres.

3/ Mesures de concentration en vapeurs de mercure à l'aide de tubes Dräger : ajout de ces données

Page 126, ajout de la notice du projecteur Bauer T600

Page 151-2, ajout du constat d'état du projecteur Bauer T600

Page 152, ajout de l'Annexe 6 : Signalétique des matériaux dangereux