

RAPPORT D'ETUDE ET D'INTERVENTION

Travail réalisé par une étudiante dans le cadre de sa formation de restaurateur du patrimoine.

« Balance romaine à deux sensibilités »

Prêté par le Musée des Arts et Métiers de Paris, CNAM

Léa PERTROT, 2^{ème} année



© Léa PERTROT

Sous la direction de Mme BOULANGÉ Bluenn, conservateur-restaurateur métal spécialisé dans le patrimoine industriel et technique

2026

Promotion 2024-2029

Introduction

Dans le cadre du programme de formation de l'INP, un module de cours sur les instruments scientifiques a été réalisé du 23/02/2016 au 27/02/2016. Un projet de restauration a été établi sur deux objets appartenant au CNAM (Musée des Arts et Métiers de Paris) :

- Une balance romaine à deux sensibilités et
- Une balance hydrostatique à crémaillère

Dans le présent rapport, seule la balance romaine fait l'objet de l'étude. Cette pièce présente un état de dégradation que nous décrirons ci-après. Le rapport s'articule en plusieurs parties : il présente d'abord la description de l'objet, puis son constat d'état, avant de proposer un diagnostic et un pronostic. Enfin, il aboutit à une proposition de traitement et à la réalisation des interventions.

Table des matières

INTRODUCTION	2
1. PRESENTATION, DESCRIPTION	4
2. ÉTUDE HISTORIQUE	8
3. EXAMEN AVANT TRAITEMENT	12
2.1 OBSERVATIONS REALISEES A L'ATELIER	12
2.1.1. Inscriptions, marques, emblématiques, poinçons	12
2.1.2. Traces de fabrication	12
2.1.3. Traces d'utilisation.....	13
2.1.4. Traitements antérieurs.....	13
2.1.5. Nature des matériaux présents	14
2.1.6. Description des altérations mécaniques	14
2.1.7. Description des dépôts ou de leur traces	14
4. DIAGNOSTIC	18
3.1 LES FACTEURS TECHNOLOGIQUES – INTRINSÈQUE	18
3.2 LES FACTEURS D'ALTERATIONS HUMAINS – ANTROPOLOGIQUE	18
3.3 LES FACTEURS D'ALTERATIONS DE CONSERVATION – EXTRINSÈQUE	18
5. PRONOSTIC.....	19
6. OBJECTIFS ET CHOIX DU TRAITEMENT	21
6.1 TRAITEMENT DEMANDE	21
6.2 PROPOSITION DE TRAITEMENT	22
6.3 TRAITEMENTS.....	26
5.3.1 Nettoyage du métal	27
5.3.2 Nettoyage de l'étiquette	27
5.3.3 Nettoyage du revêtement	28
5.3.4 Protection.....	28
6.4 PRECONISATION DE CONSERVATION	31

ANNEXES: fiches techniques

1. Présentation, description

Noms et désignations	Balance romaine à 2 sensibilités
N° d'inventaire officiel	01476-0000-
Établissement prêteur	Musée des Arts et Métiers - CNAM
Responsable juridique	Michèle ANTOINE, directrice du musée
Responsable de l'œuvre	Cyrille FOASSO, responsable des collections d'instruments scientifiques

Description de l'œuvre :

La balance se compose de cinq éléments :

- Un fléau doublement gradué d'un côté et de l'autre, dont l'en-tête contient deux aiguille d'équilibrage fixe et 3 éléments, en forme de cylindre elliptique, pour l'assemblage des 3 différentes accroches
- Un crochet : imposant, servant à tenir l'élément à peser
- Un premier anneau : distant correspondant à la graduation la plus grande (7 à 31kg)
- Un deuxième anneau : correspondant à la graduation la plus petite (1 à 8 kg)
- Un peson : accroché par un système de boucle et anneau riveté de 1,2 kg environ

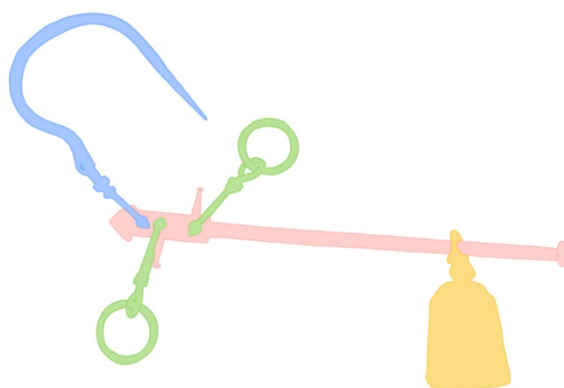


Schéma 1 : Ensemble des parties du fléau

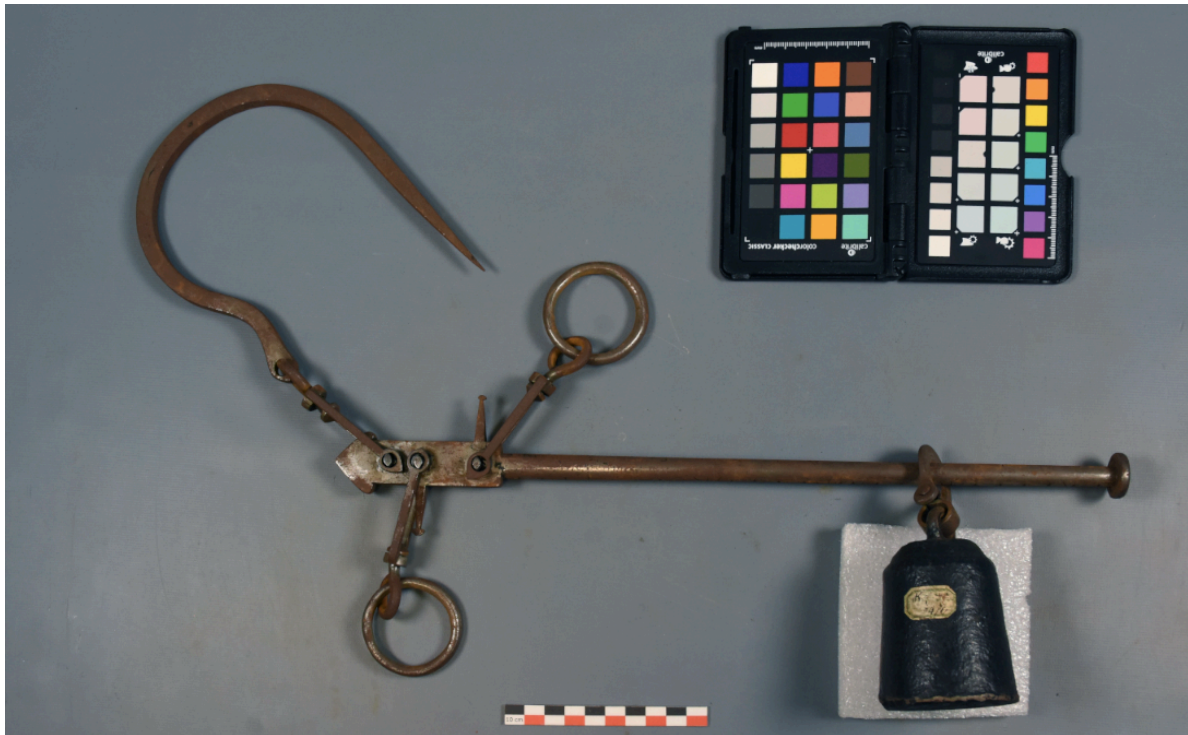
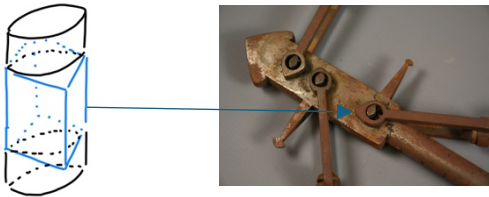


Figure 1: Vue Face A de la balance Romaine



Figure 2: Vue Face B de la balance Romaine

Mode d'assemblage	 <i>Schéma 2 : système d'assemblage du crochet et des anneaux</i>
Forme	L'objet a une forme longitudinale
Dimensions / poids	H : 56cm / peson = 1,2 kg environ L : 16cm objet = 1,920 kg environ
Inscriptions/ marques	Présence d'une étiquette ancienne et d'un double marquage en petit à l'encre et d'un grand à la craie
Matériaux employés	Alliage ferreux

Technique d'assemblage :

Les différents éléments sont assemblés grâce à un système de tenons traversant transversalement le fléau. À cet axe a été placé une chape en U possédant un crochet de traction enfilé à un grand crochet ou à un anneau. Le peson est, quant à lui, accroché à un anneau riveté grâce à l'anse présent sur sa tête.



Figure 4: Fixation à la tête du fléau



Figure 3: Fixation du peson

Techniques de décors :

Aucun décor n'est présent sur cet objet. Seules deux séries de graduations différentes sont observées : la première indique les positions correspondant à 7 et 10, tandis que la seconde comporte les chiffres 1, 2 et 3. Un « V » signale également le passage à 5 unités. Enfin, une inscription « K » mentionne l'unité de mesure utilisée : le kilogramme.



Figure 5 : Graduations du fléau

Traitement de surface :

L'ensemble des éléments a été poli, seule la graduation ayant été réalisée par gravure. Un revêtement noir a été appliqué sur le peson.

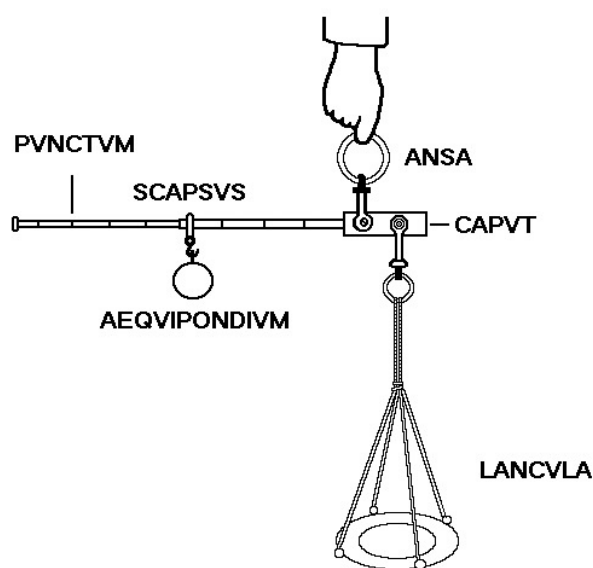


Figure 6: Revêtement noir du peson

L'objet est arrivé dans l'enceinte de l'INP dans une boîte de conditionnement protégée avec des mousses de conditionnement (PU) et un intissé en Tyvek®.

2. Étude historique

La balance romaine, également appelée *statera*, est un instrument de mesure utilisé dès l'Antiquité pour déterminer la masse d'un objet grâce à un système de levier et de contrepoids. Le terme *statera* est mentionné par Vitruve dans le chapitre III du livre X de *De Architectura*, où il désigne ce type de balance.



Légende :

Caput = le bras court

Ansa = le point de suspend

Lancula = le plateau servant à la pesé

Aequipondium = le contrepoids

Scapsus = le bras long

Punctum = le repère (graduation)

Figure 7: schéma de la balance romaine tiré de *La Statera* (Ph. Fleury, *La mécanique de Vitruve*, Caen, Presses Universitaires de Caen, 1993, fig. 6 p. 69)

Le fonctionnement de cet instrument repose sur le principe de la loi du levier, étudiée dès l'Antiquité par des savants tels qu'Archimède. L'équilibre est atteint lorsque le produit du poids par sa distance au point de suspension est identique de chaque côté du fléau. Ainsi, en déplaçant le contrepoids le long du bras gradué, on peut déterminer la masse d'un objet sans utiliser plusieurs poids différents.¹

¹ J. Leclerc, *Cours complet de physique*, Paris, 1885

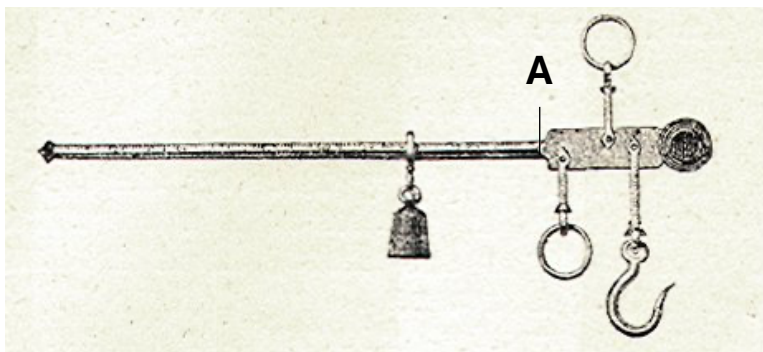


Figure 8 : Balance romaine. Image provenant du "Dictionnaire encyclopédique de l'épicerie et des industries annexes" par Albert Seigneurie, édité par "L'Épicier" en 1904, page 81.

La tige comporte souvent deux séries de graduations : l'une située au-dessus et l'autre en dessous. Pour utiliser la seconde, il suffit de retourner l'appareil et de le suspendre à un autre anneau, placé plus près du point A. Le bras du levier devient alors plus court, ce qui permet de peser des objets plus lourds tout en conservant le même peson de poids Q.²

Bien qu'elle soit traditionnellement associée au monde romain, certains auteurs situent son invention en Chine dès le 1^{er} et II^e millénaire av. J.-C qui l'utilisait pour peser de la soie et d'autres biens précieux. L'instrument aurait ensuite été diffusé vers le bassin méditerranéen, probablement par l'intermédiaire des échanges commerciaux de la route de la soie, avant d'être adopté par les Grecs puis par les Romains.³



Figure 9 : tiré de Mazaheri Aly. L'origine chinoise de la balance « romaine ». In: Annales. Economies, sociétés, civilisations. 15^e année, N. 5, 1960. pp. 833-851.

² J. Leclerc, *Cours complet de physique*, Paris, 1885

³ *balance_romaine.pdf*

Ce système présente l'avantage d'être facilement transportable et particulièrement adapté à l'usage des marchands itinérants.

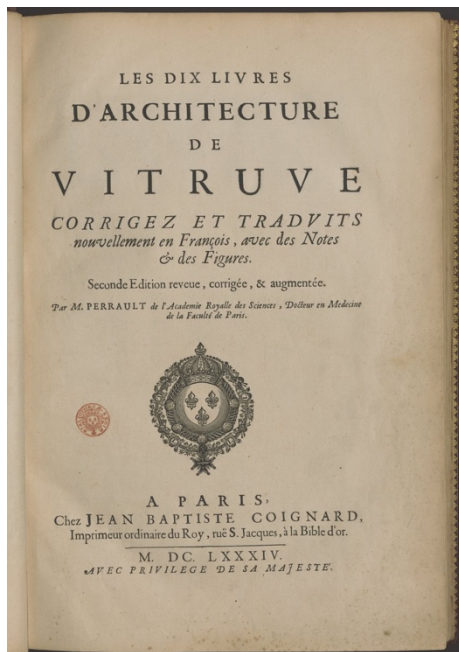


Figure 10: Livre *De architectura* de Vitruve

Cet outil de pesage devient très répandu. L'architecte et ingénieur romain Vitruve la mentionne dans son traité *De architectura*, où il décrit son fonctionnement et son principe mécanique. Contrairement à la balance à deux plateaux (*libra*), la *statera* est une balance à un seul plateau fonctionnant grâce à un contrepoids mobile. L'appareil est suspendu par une poignée qui constitue l'axe de rotation. L'objet à peser est accroché à l'extrémité du bras du fléau, tandis qu'un poids coulissant est déplacé le long du bras gradué jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. Aussi, deux indicateurs d'équilibre permettent de donner une mesure assez précise.



Figure 11 : Exemple de balance dite "*libra*"

⁴ Guilhiermoz Paul. Remarques diverses sur les poids et mesures du Moyen Âge. In: *Bibliothèque de l'école des chartes*. 1919, tome 80. pp. 5-100.

L'appellation « balance romaine » ne provient pas directement de son origine romaine. Le terme dériverait du mot arabe *rummana*, qui signifie « grenade ».⁵ Ce nom ferait référence à la forme du contrepoids coulissant, souvent comparable à ce fruit. Par évolution linguistique, le terme aurait donné *romana* en ancien provençal et en espagnol, puis « romaine » en français à partir du XVe siècle.⁶

Au fil des siècles, l'instrument connaît également plusieurs améliorations techniques. À partir du XVIII^e siècle, certaines balances romaines sont modifiées par un décalage des couteaux, ce qui rend l'appareil oscillant et permet d'augmenter la précision du pesage. Les matériaux utilisés évoluent aussi progressivement : le bronze et le bois, employés à l'origine, sont peu à peu remplacés par le fer forgé, puis, au XIX^e siècle, par du fer et de l'acier étirés et estampés, améliorant à la fois la solidité et la qualité de fabrication de l'instrument.

Enfin, un problème lié à la précision de la balance romaine a déjà été signalé dans l'Antiquité. Le savant Héron mentionne que cet instrument présente certaines imprécisions. La balance ne donne pas toujours une indication parfaitement exacte du poids. Cette observation montre que, malgré son ingéniosité et sa grande diffusion, la balance romaine possédait des limites techniques connues dès l'époque antique.⁷

⁵ balance_romaine.pdf

⁶ Athena-295, *Série instruments scientifiques : une aventure captivante !*, Les balances : tout bien pesé, Nov 2013

⁷ Héron, *Mécaniques*, I, 32-33, éd. Carra de Vaux, 2, p. 188-189

3. Examen avant traitement

2.1 Observations réalisées à l'atelier

2.1.1. Inscriptions, marques, emblématiques, poinçons

Comme nous l'avons vu précédemment, à sa fabrication, deux graduations ont été gravées sur l'objet.

Numéro d'inventaire

Plusieurs numéros d'inventaire (1476) ont été remarqué :

- une petite sur le haut du peson réalisé certainement avec une encre blanche,
- une deuxième plus grossière sur une hauteur équivalente à celle du peson, dont la composition ressemble à de la craie
- et enfin une étiquette ancienne renseignant à l'écriture manuscrite : Rf 38 1476



Figure 12: Petit marquage



Figure 13: Grand marquage



Figure 14: marquage sur étiquette

2.1.2. Traces de fabrication

À la suite de l'examen de l'objet, plusieurs types d'altérations ont pu être observés. Certaines résultent du réemploi de certains éléments lors de la forge, notamment les anneaux, ce qui pourrait expliquer certaines déformations, traces de soudures de fabrication ou certains enfoncement du métal. De plus, nous avons remarqué un aspect de surface rayé par des traits de même sens et alterné régulièrement, signe également de sa fabrication.

Ces altérations étant constitutives de l'histoire l'objet, il a été jugé non pertinent de les masquer ou de les atténuer.

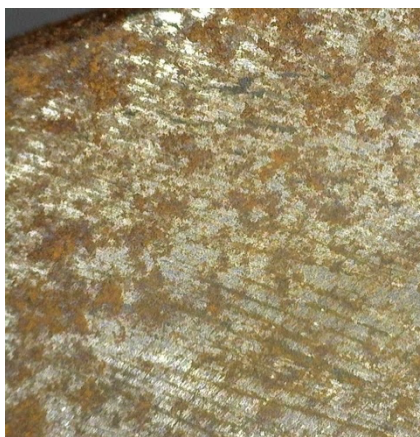


Figure 15: Alternance des rayures de fabrication



Figure 16: Déformation de l'anneau

2.1.3. Traces d'utilisation

D'autres semblent être liées à son usage, telles que des rayures dues à l'emploi de l'instrument et au positionnement répété du peson. Celles-ci aussi ne seront pas traitées au vue de l'histoire d'usage de l'instrument.



Figure 17: Usure du revêtement



Figure 18: Rayures d'usure sur le métal

2.1.4. Traitements antérieurs

Aucun traitement antérieur est connu sur l'objet

2.1.5. Nature des matériaux présents

Cet objet est constitué d'un métal en alliage ferreux, que nous avons pu vérifier grâce à un aimant. Sa surface est protégée sur le peson par un revêtement noir en peinture synthétique. Enfin, l'objet comporte une étiquette d'archivage en papier.

2.1.6. Description des altérations mécaniques

- **Mobilité mécanique**

un indicateur d'équilibre du fléau est légèrement mobile peut-être lié à une soudure ayant cédée ou un défaut dans la fabrication.

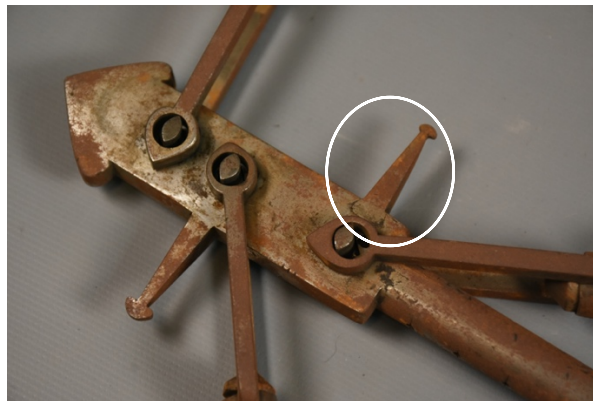


Figure 19: Indicateur mobile

2.1.7. Description des dépôts ou de leur traces

- **Dépôts sur le peson**

Un encrassement et des dépôts gras sont présents majoritairement sur la face inférieure du peson et créent des zones de brillances et collantes. Des produits de corrosion du fer orangé jaune sont présents au-dessus de la couche de revêtement.



Figure 21: Vue du dessous du peson



Figure 20: Vue du dessous du peson

- Jaunissement de l'étiquette sur le peson

Le papier présente un jaunissement, un craquèlement et un encrassement léger. L'inscription Rf.38 commence à manquer de lisibilité notamment par l'absence d'encre sur le chiffre 3 et 8 mais dont l'enfoncement permet encore son déchiffrement.



Figure 22: craquèlement de l'étiquette et jaunissement (x250)

- Dépôts sur les éléments métalliques ferreux

Des produits de corrosion sont présents sur les parties en alliage ferreux. En effet une couche d'aspect brun rouge mate recouvre progressivement l'objet et semble gagner en épaisseur.

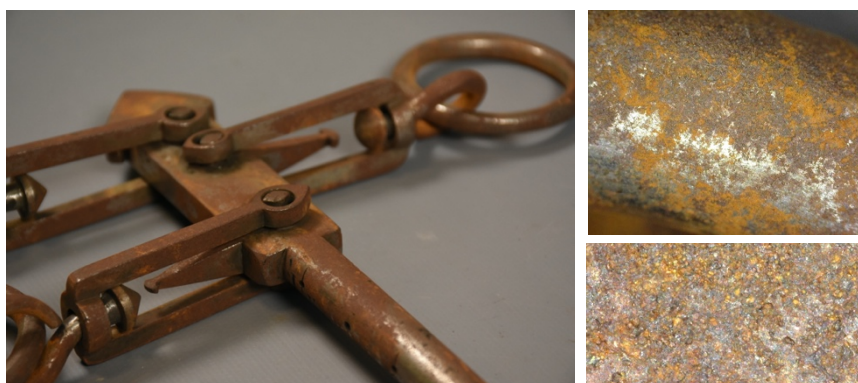
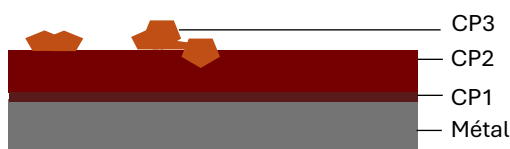


Figure 23: Vues des produits de corrosion

Stratigraphie de la corrosion :



	Couleur	Composition chimique	Épaisseur	Cohésion	Dureté	Fissuration	Porosité	Adhérence sur couche inf.	Profil de l'interface avec couche inf.
CP1		Produit de corrosion	fin	Tenace	Dur	/	Peu	Très adhérent	Homogène
CP2		Produit de corrosion	épais	Tenace mais friable	Dur	/	Moyen	Adhérent	Homogène
CP3		Produit de corrosion	épais	Pulvérulent	Tendre	/	Très	Peu adhérent	Hétérogène

Cette couche de produit de corrosion n'est pas d'origine, car cet objet ne présente pas d'historique d'enfouissement, et au regard de recherches indiquant un emploi du fer ou de l'acier pour ce type d'objet au XIX^e siècle, la surface d'origine peut être considérée comme correspondant au métal nu. Cette couche altère donc la lisibilité, l'intégrité de l'œuvre et son esthétique.

De plus, un résidu noir est présent dans les graduations et sur quelques déformations en profondeur dans le métal. Nous ne savons pas exactement s'il est question d'un revêtement particulier lié à la lecture des graduations, s'il correspond à un produit de corrosion particulier ou un encrassement.



Figure 24 : Vues d'un enfoncement de l'anneau

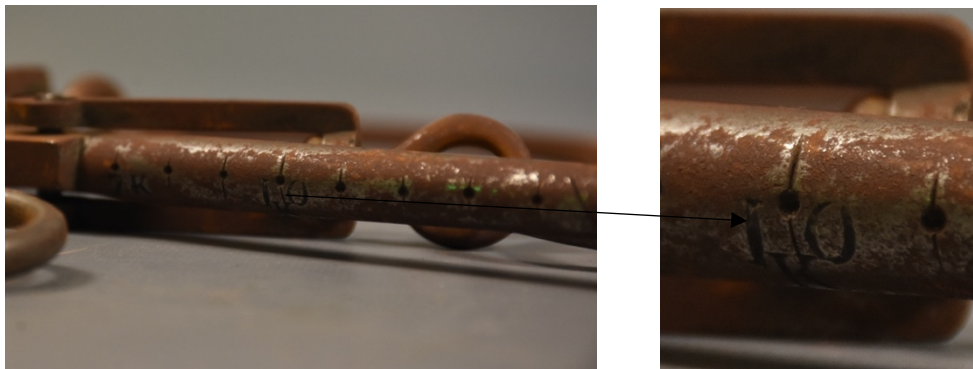


Figure 25: Vues de la graduation



Figure 26: Vues du grand crochet

4. Diagnostic

4.1 Les facteurs technologiques – INTRINSÈQUES

Nous avons observé des fissurations sur le revêtement liées probablement à :

- La migration des composants de la peinture :

Certains constituants de la peinture peuvent remonter en surface avec le vieillissement. L'utilisation de peinture synthétique utilisant des plastifiants, additifs ou agents multiples peut provoquer le phénomène de fissuration par migration interne des composants de la peinture. Un simple vieillissement, mais aussi des conditions de conservation variables peuvent accentuer le phénomène comme une température élevée ou une polymérisation incomplète.

- Des produits de corrosion remontant à la surface et faisant craqueler le revêtement
- La remontée de contaminants depuis le métal ferreux : Des résidus d'huiles peuvent être emprisonnées dans les porosités ou des polluants. Sous l'effet de la chaleur, ces substances grasses réapparaissent à travers le revêtement.

Certaines brillances sont liées au lustrage de la peinture et donc ne reflètent pas une altération particulière

4.2 Les facteurs d'altérations humains – ANTROPOLOGIQUES

Liés à son utilisation :

- Certaines zones sont « usées » aux emplacements liés à son utilisation notamment les anneaux qui sont mobiles. Leur système d'accroche sur le fléau crée des zones où les pièces frottent l'une contre l'autre indiquant ainsi pourquoi est présent le métal à nu. À l'inverse les zones exposées sont, elles, sujettes au phénomène de corrosion. De plus nous avons observé de

petites déformations liées à l'utilisation notamment à l'accroche des anneaux à un pilier de support ou à la charge à peser.

- Aussi le réemploi d'éléments de forge explique les déformations et les traces de pliage et de soudure de fabrication

4.3 Les facteurs d'altérations de conservation – EXTRINSÈQUES

Lié à l'environnement de conservation :

- Les produits de corrosion ponctuels et pulvérulents montrent la réactivation des phénomènes de corrosion. La présence d'un métal instable dans un environnement non contrôlé à sa bonne conservation, avec des variations d'humidité relative, ont pu faciliter l'apparition des produits de corrosion que nous observons sur l'objet.

5. Pronostic

Cette partie vise à prévenir du futur de l'objet si une intervention de restauration n'est pas envisagée. Elle a aussi pour objectif de convaincre le propriétaire de l'importance de la restauration mais aussi de la préservation et de la conservation de l'objet.

L'urgence d'intervention est catégorisé suivant la stabilité des altérations immédiates et catastrophiques (ImCa) ou lentes et cumulatives (LeCu), puis suivant ces 4 possibilités :

Stable
 Peu stables
 Évolutives
 Très évolutives

Altération mécanique	Pronostic	Altération chimique	Pronostic
Déformation	LeCu	Dépôts exogènes	LeCu
Usure	LeCu	Produits de corrosion	ImCa
Fissuration du revêtement	LeCu		

La plus grande nécessité d'intervention se concentre sur la dégradation provoquée par la corrosion. Ainsi le traitement de l'objet devient urgent afin de retirer ces produits de corrosion instables et abondants.

Si aucune intervention n'est envisagée, l'encrassement visible sur le peson peut retenir à son contact divers polluants à la surface de l'objet, favorisant la reprise de corrosion. L'humidité peut être aussi maintenue dans les zones d'empoussièrement notamment présentes sur les produits de corrosion. Aussi les produits de corrosion induisent une porosité à la surface de l'objet qui favorisent l'absorption de l'eau et donc ces phénomènes de corrosion.

La conservation de l'œuvres dans son état actuel n'est donc pas envisageable. Les altérations évolutives observées, comme la corrosion active et l'encrassement, compromettent la stabilité matérielle et l'intégrité esthétique des surfaces. Sans intervention de conservation-restauration, ces phénomènes risquent de s'aggraver à court terme et entraîner une dégradation irréversible, notamment l'altération des graduations et inscriptions.

6. Objectifs et choix du traitement

6.1 Traitement demandé

OBJECTIFS DE LA CONSERVATION-RESTAURATION :

L'objectif de la conservation-restauration de la balance est de préserver ses valeurs. Son utilisation n'est pas révolue par les dégradations, il est donc possible de préserver sa valeur d'usage. Cela n'implique pas de la réutiliser mais de savoir qu'elle fonctionne toujours. Les altérations liées à son usage seront, quant à elles, gardées, car elles ne présentent pas de risques pour l'objet. Ces dégradations sont vues comme des témoignages de son utilisation et faisant partie de son histoire en tant que vécu de l'objet. La présence d'une graduation particulière nous incite également à préserver sa lecture et son esthétique d'écriture. La description de l'état actuel de l'objet nous a indiqué qu'il était menacé par des altérations évolutives nécessitant une stabilisation. De même les produits de corrosion nuisent à l'esthétique de l'objet initialement couleur acier, par un développement non homogène des produits de corrosion. Nous aurons donc pour projet de :

- Stabiliser les dégradations de l'objet pour retrouver son intégrité
- Améliorer la lisibilité
- Rétablir l'unité de l'objet dans sa valeur esthétique.

6.2 Propositions de traitement

NETTOYAGE :

Pour la conservation de la pièce, nous avons pour projet de réaliser un nettoyage mécanique des produits de corrosion car il semblerait plus efficace qu'une intervention chimique qui nécessiterait l'utilisation de beaucoup de produits chimiques et un rinçage abondant alors qu'une étiquette est présente sur le peson et est non détachable. Il y aurait donc un risque d'altérer l'étiquette et même le revêtement du peson si une affinité se produisait avec les produits de nettoyage.

TESTS DE NETTOYAGE DE L'ENCRASSEMENT AU WHITE SPIRIT :

Nous avons commencé par réaliser un test de solubilité sur les zones d'encrassement du métal avec du white spirit. Ce test s'est avéré concluant :

		
Zone encrassée avant test	Zone encrassée après test	Dépôt de l'encrassement sur le coton.

➔ Le métal ferreux sera dégraissé par du white spirit au coton tige avant le nettoyage des produits de corrosion.

TEST NETTOYAGE MECANIQUE DES PRODUITS DE CORROSION :

Nous avons poursuivi par des tests mécanique pour le retrait des produits de corrosion :

		
Laine d'acier fine	Scalpel	Molette

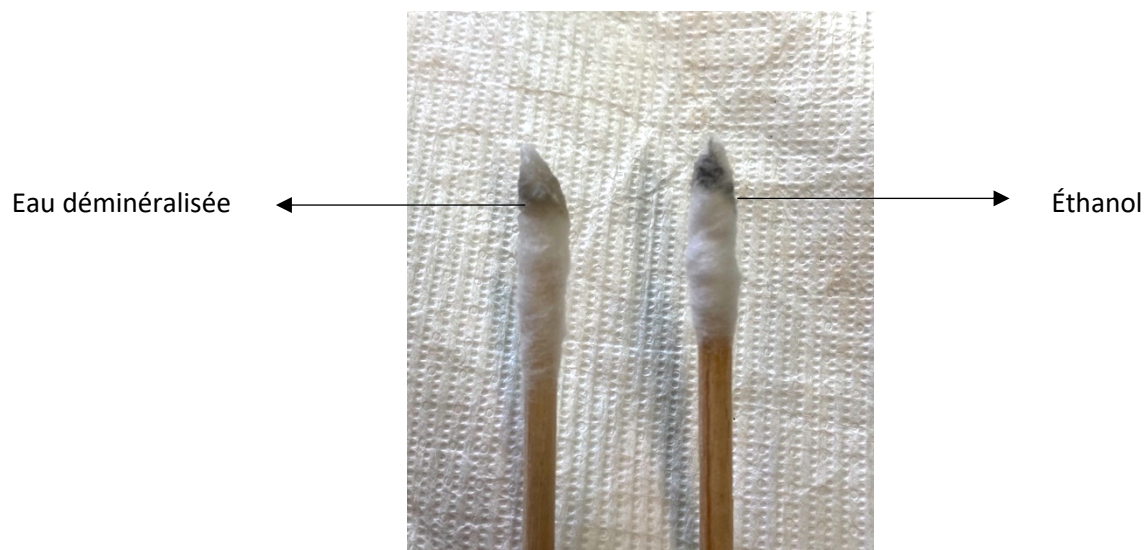
Le nettoyage des produits de corrosion sera réalisé mécaniquement, à la laine d'acier fine, puis complété à l'aide d'un micro-outillage (différents embouts) afin d'éliminer les produits plus adhérents et d'homogénéiser l'aspect de surface. Le scalpel aidera localement à retirer des produits persistant car son utilisation trop appuyé pourrait engendrer la réalisation de rayures.

Pour les produits noirs, mates ne présentant pas de danger particulier pour la conservation de l'objet, nous proposons donc de les préserver car ils facilitent la lecture du fonctionnement de l'instrument.

TEST NETTOYAGE CHIMIQUE DU REVÊTEMENT DU PESON :

Des tests de sensibilité aux solvants ont été réalisés sur le revêtement : une dissolution a été observée à l'éthanol, mais aucune à l'eau. En conséquence, il est proposé de procéder à un dégraissage au coton tige, à l'aide d'un tensioactif non ionique (Tween 20, pH neutre) à 1 % dans de l'eau déminéralisée, suivi d'un rinçage à l'eau déminéralisée au coton tige.

	Mode d'application	Résultats
Eau	Sur un coton et un bâtonnet en bois	Enlève les dépôts (coton gris)
Éthanol		Enlève facilement les dépôts mais retire de peinture noire
Acétone	Éliminé de ce test car sensibilité du revêtement à ce solvant trop importante	



Nous avons également remarqué la présence de produits de corrosion orangé jaune, au-dessus de la couche de revêtement. Nous essayerons donc de réaliser un petit nettoyage mécanique ponctuel de ces produits sur les zones concernées à l'aide du scalpel.

TEST NETTOYAGE DE L'ÉTIQUETTE:

Nous avons remarqué à la Dinolite® un craquèlement du matériau et aucun manque d'adhésion du papier au support. Ainsi nous avons testé plusieurs gommages pour améliorer la lisibilité de l'étiquette.

	Mode d'application	Résultats
Gomme PU	Frottement léger d'un seul mouvement de haut en bas	Pas de différence
Gomme latex vulcanisé		Pas de différence
Gomme stylo en élastomère		Éclaircissement de la surface sans retrait des encres



REMARQUE : Nous avons également fait un test de solubilité au white spirit du revêtement noir afin de savoir quelle intervention favoriser pour l'application d'une protection. Si une évolution de dégradation est observée par le conservateur au niveau de la surface du peson, l'application d'une cire comme élément de protection peut être réalisée.

TEST DE RÉACTION DU MARQUAGE AVEC LES SOLVANTS POUR SON RETRAIT :

Petit marquage à l'encre : Au vue de notre précédente observation, nous avons testé le white spirit mais il n'y a pas eu d'affinité. Nous avons donc poursuivi avec un coton légèrement imprégné d'éthanol et le petit marquage a réagi très facilement et a pu être retiré.

Il est proposé de reporter le numéro de marquage sur la face inférieure du peson, moins visible.

Le grand marquage à la craie : Il ne réagit pas à ces deux derniers solvants ainsi nous avons continué avec la même préparation du tensio-actif utilisée précédemment, qui a donné un résultat concluant.

L'étiquette : Celle-ci ne présentant pas d'interaction néfaste avec le support, il est proposé de la conserver et d'en améliorer la lisibilité par un nettoyage léger à la gomme élastomère (tests déjà réalisés et concluants).

APPLICATION D'UNE PROTECTION :

Une protection de surface sera appliquée sur les parties métalliques ferreuses sous la forme d'un vernis acrylique de protection (Paraloïd b44) puis d'une cire microcristalline (Cosmoloïd H80). Celui-ci sera strictement limité aux zones métalliques et ne sera pas appliqué sur le peson en raison de la présence de son revêtement.

CONSOLIDATION :

De même la présence d'un élément mobile sur l'indicateur d'équilibre du fléau sera consolidé en même temps par la pose du vernis, nous ferons en sorte de l'infiltrer dans les cavités.

6.3 Traitements

5.3.1 Nettoyage du métal



Figure 27 : Après dégraissage de la zone.



Figure 28 : Après retrait des produits de corrosion

Nettoyage :

- Dégraissage au coton tige et au white spirit
- Retrait des produits de corrosion à la laine d'acier et à l'aide de meulette grise à pâte abrasive de moyenne dureté et de meulette Pouget Pellerin® plastique abrasive jaune par 3 (grain dur).

5.3.2 Nettoyage de l'étiquette



Figure 29 : étiquette avant intervention



Figure 30 : étiquette après intervention

Nettoyage par gommage à la gomme de type Staedler®

5.3.3 Nettoyage du revêtement



Figure 31: Avant intervention



Figure 32 : Après intervention



Figure 33: Nouveau marquage

Nettoyage :

- Du revêtement et de l'ancien marquage à la craie au coton tige et à l'aide d'une solution de tensio-actif Tween 20® à 1% dans eau déminéralisée suivi de rinçage au coton tige et à l'eau déminéralisée
- Du petit marquage au coton tige et à l'éthanol

Marquage sur le dessous : Application d'une protection PB72® à 5% dans acétone + écriture des numéros à la peinture : blanc de titane, Golden high flow acryliq®.

5.3.4 Protection



Figure 34 : Application du vernis sur le métal ferreux

- Au pinceau au vernis acrylique Paraloid B44® dans l'acétate d'éthyle à 5%
- Par cirage à la cire microcristalline CosmoloïdH80® dans white spirit : application au pinceau



AVANT

APRÈS



Figure 35: Balance après traitement

6.4 Préconisation de conservation

Pour la conservation de la balance, il est préconisé pour la conservation du fer, une humidité relative en dessous de 50% et une température de 18°C ($\pm 5^\circ\text{C}$).

TYPE DE MATÉRIAUX	Température	Humidité relative	Luminosité	Sensibilité aux moisissures	Source bibliographique
LAITON, CUIVRE ET BRONZE		En milieu humide ces matériaux sont susceptibles de corrosion			ICC, 2002
FER	N'est pas un facteur critique	50 %	N'est pas un facteur critique	Rouille à partir de 70 % d'H.R	ICC, 1997
PLOMB		30-35 %			Isabelle Colson, C2RMF
ARMES, ARMURES	18 °C ($\pm 5^\circ\text{C}$)	15-40 % (sauf métaux polis ne se ternissant pas sous 15 %.)	Peu sensibles		Laboratoire de Recherche des Musées de France, vers 1980
	Entre 18 ° et 20 °C	15-40 % (sauf métaux polis ne se ternissant pas sous 15 %.)	< 300 lux		Nathan Stollow (Unesco), vers 1980
	Entre 5 et 50 °C	20-50 %		Apparition d'algues, de champignons ou de moisissures dans milieu favorable (humidité, confinement, peintures anciennes)	SFIIC, 2001
		0-40 %			Journées d'étude INP, 2002 (octobre)
COLLECTIONS NUMISMATIQUES	18 °C ($\pm 5^\circ\text{C}$)	20-40 % L'humidité est particulièrement néfaste pour le fer et les pièces qui ont été enterrées car elle favorise la formation de corrosion.	Peu sensibles La lumière risque d'endommager les rubans fixés aux médailles.		Laboratoire de Recherche des Musées de France, vers 1980 ICC, 2002

Figure 36: fiche de renseignement de conservation du C2RMF

Pour l'étiquette dont une inscription à la plume est présente, la préconisation est une conservation à 50 lux, 50% d'humidité environ et une température de 18°C ($\pm 2^\circ\text{C}$). Ce conseil de stockage est donc à prévaloir sur le métal puisqu'elle se situe dans la marge des recommandations du métal.

Il est important d'éviter les chocs climatiques par de trop fortes variations, donc de ne pas situer l'objet près d'un radiateur, d'une fenêtre et d'un éclairage trop intense.

Il est préconisé de porter des gants pour manipuler l'objet afin de ne pas réaliser d'empreintes de doigts sur le métal notre peau ayant un pH acide et pouvant réagir avec le matériau.

Attention également à la manipulation de l'objet qui comprend plusieurs ensembles non démontable dont un poids assez conséquent. L'ensemble des éléments raccordés doit donc être tenu en même temps que le fléau afin que leur propre poids n'implique pas de dégradation sur les éléments d'assemblage mais aussi qu'ils ne se cognent pas entre eux en raison de leur mobilité.

ANNEXES : fiches techniques



62800 Cosmoloid H 80

Product Statement:

INCI (EU)	Cera Microcristallina
CTFA Name	Microcrystalline Wax
Ingredients	100 % Microcrystalline Wax
Quality / Level (recomm. Use)	P F C T
(Pharma, Food, Cosmetic, Technical)	
CAS No.	63231-60-7
EINECS No.	264-038-1
REACH	Registered for cosmetic products et. al.
Monograph	USP35 / NF30
Conforms to COLIPA Rec # 14	yes
FDA Status	FDS 21 CFR 175.105 (adhesives); 172.615, 172.886, 178.3710
XXV. Recommendation of BgVV	yes
(Plastics to come into contact with food)	
EU Number	E 905
Registration Status	Neither registered nor banned in any country.
Chemical Class (CTFA)	Hydrocarbon wax
Raw Material origin	Mineral (petroleum)
Paris used	n.a.
Country of origin:	Germany
CTES	not applicable
Preservative, antioxidants, other additives	
Shelf life	BHT: max 10 ppm (CAS 128-37-0; EINECS 204-881-4; E 321) 36 months
Kosher	possible
Storing conditions	Dry, T _{max} 25°C, closed container, far from heaters, no direct sunlight, not sensitive against deep temperatures.
Irradiation	Has never been treated with ionizing radiation.
(Dir. 1999/2/EC & amendments)	
Food Chemical Codex V	
JECFA / WHO	
Reg. EC/1223/2009	759, Microcrystalline wax and paraffin wax (WHO Food Additives Series 30)
(Regulation on Cosmetic products)	
Reg. EC/231/2012	complex with
(Food Additives Specifications)	Listed as food additive E 905.
Dir. 2008/128/EC	
(Color purity criteria)	n.a.
Dir. 2008/60/EC	
(Sweetener purity criteria)	n.a.
Reg. EC/258/97	
(Novel foods, Novel food ingredients)	n.a.

Kremer Pigmente GmbH & Co. KG • Hauptstrasse 41-47 • 88317 Aulendorf, Germany • Tel. 0049 7565 914480 • Fax 0049 7565 1606
www.kremer-pigmente.de • info@kremer-pigmente.de

Page 1 of 2

18.08.21

PARALOID™ B-72 100%

Résine acrylique thermoplastique solide

Description

La résine acrylique thermoplastique PARALOID B-72 à usage général est similaire à la résine acrylique PARALOID B-66, mais peut former des films plus souples. La dureté estimée (KHN) est de 10-11 contre 12-13 pour la résine PARALOID B-66.

La résine acrylique PARALOID B-72 est unique car elle possède une haute tolérance à l'alcool.

Cette propriété permet son utilisation dans des applications qui ne tolèrent pas les solvants forts. Les dispersions d'alcool peuvent être turbides ou laiteuses. Cependant, ils forment des films clairs et cohérents.

PARALOID B-72 a une faible réactivité avec les pigments sensibles phosphorescents et luminescents pour produire des revêtements stables, durables et non jaunissants. Il est compatible avec le vinyle, la cellulose, les courdous chlorés et les silicones. Il convient bien aux sprays blancs et métalliques, aux revêtements transparents pour le bois, aux revêtements modifiés à la nitrocellulose pour la finition des produits en général, aux dispersions de pigments (fluorescents), aux encres d'impression flexographique et aux revêtements plastiques en halogénure.

Caractéristiques typiques

Ces caractéristiques sont typiques, mais ne constituent pas des spécifications.

Forme physique	granulés
Densité apparente, 25°C, lb/gal	9,6
Forme de solubilité	9,3
lg EC	40
Durée ultime des films clairs, KHN	10 à 11 ans
Composition chimique	Copolymère BMA

Les propriétés des vernis blancs():

Durée du tube 30 min. à 80°C 30 min. à 150°C	2,9 (les chiffres les meilleurs) 12,1 30 min. à 150°C	Blancheur (les chiffres les meilleurs) 12,1 30 min. à 150°C	Hodure ³ 30 min. à 80°C 30 min. à 150°C	0 0
Durée du crayon 30 min. à 80°C 30 min. à 150°C	H 30 min. à 80°C 30 min. à 150°C	Flexibilité: 1/8, 1/4, 1/2 mordants en pouces 0,0, 0 30 min. à 150°C	Mustard Staining (exposition de 30 minutes) 30 min. à 80°C 30 min. à 150°C	lumière lumière
Brillant, 20 30 min. à 80°C 30 min. à 150°C	77 76 30 min. à 80°C V 30 min. à 150°C	Impression, 2 pal pour 1 heure à 60°C 30 min. à 80°C V 30 min. à 150°C	lourd lourd	
Brillant, 60 30 min. à 80°C 30 min. à 150°C	93 92 30 min. à 80°C 30 min. à 150°C	Adhésion du couteau 30 min. à 80°C 30 min. à 150°C	Très bien Très bien	Conditions de pulvérisation Viscosité, N°4 Ford Cup, sec 15 l'heure en milieux sales, % 250

Safety Data Sheet
According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)
67460 Paraloid™ B 44



Revised edition: 13.10.2025 Version: 7.0 Page 1
Printed: 16.12.2025

1. Identification of the Substance/Mixture and of the Company/Undertaking

1.1. Product Identifier

Product Name: Paraloid™ B 44

Article No.: 67460

UFI:

1.2. Relevant Identified Uses of the Substance or Mixture and Uses advised against

Identified uses:

Coatings product

Uses advised against:

Details of the Supplier of the Safety Data Sheet (Producer/Importer)

Company: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG

Address: Hauptstr. 41-47, 88317 Aichstetten, Germany

Tel./Fax.: Tel +49 7565 914480 Fax +49 7565 1606

Internet: www.kremer-pigmente.com

Email: info@kremer-pigmente.com

Importer:

Emergency No.

Emergency/ No.: +49 7565 914480 (Mon-Fri 8:00 - 17:00)

1.4.2 Poison Center:

2. Hazards Identification

2.1. Classification of the Substance or Mixture

Classification according to Regulation (EC) No. 1272/2008 (CLP/GHS)

This product does not require classification and labelling as hazardous according to CLP/GHS.

Possible Environmental Effects:

Label Elements

Classification according to Regulation (EC) No. 1272/2008 (CLP/GHS)

This product does not require classification and labelling as hazardous according to CLP/GHS.

Hazard designation:

Signal word:

Hazard designation:

EUH208

May produce an allergic reaction.

Safety designation:

Hazardous components for labelling:

Other Hazards

2.3.

next page: 2

Acétate d'éthyle

Fiche toxicologique synthétique n° 18 - Edition Mars 2022

Pour plus d'information se référer à la fiche toxicologique complète.

Nom	Famille chimique	Numéro CAS	Numéro CE	Numéro Inrs	Synonymes
Acétate d'éthyle	Esters	141-78-6	205-500-4	607-022-00-5	Ethanoate d'éthyle



Danger

- H225 - Liquide et vapeurs très inflammables
- H336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges
- H336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges
- EUH065 - L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau

Les conseils de prudence sont sélectionnés selon les critères de l'annexe I du règlement CE n° 1272/2008. 205-500-4

Propriétés physiques

Nom substance	N° CAS	État physique	Solubilité	Point de fusion	Point d'ébullition	Pression de vapeur	Point d'état
Acétate d'éthyle	141-78-6	Liquide	85 g/L à 20 °C 64 g/L à 25 °C	-83 °C	77 °C	40 g/3,3 à 11,3 kPa à 20 °C	-4 °C (en eau peelle fermée)

A 25 °C et 101,3 kPa, 1 ppm = 3,66 mg/m³

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

- Prélèvement par pompage de l'air, ou par diffusion, sur du charbon actif.
- Description à l'aide de sulfate de carbone.
- Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection FID.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle **contraignantes** dans l'un des lieux de travail ont été établies en France pour l'acétate d'éthyle.

Substance	PAYS	VLEP (ppm)	VLEP (mg/m ³)	VLEP (ppm)	VLEP (mg/m ³)
Acétate d'éthyle	France (VLEP contraignantes 2019)	200	734	400	1468
Acétate d'éthyle	Union européenne (2017)	200	734	400	1468

Pathologie - Toxicologie

Toxicodécritique - Métabolisme

L'acétate d'éthyle est bien absorbé par inhalation et ingestion, rapidement hydrolysé et excrété dans l'air expiré et l'urine.

TABLE DES ILLUSTRATIONS :

Figure 1: Vue Face A de la balance Romaine	5
Figure 2: Vue Face B de la balance Romaine	5
Figure 3: Fixation du peson.....	6
Figure 4: Fixation à la tête du fléau.....	6
Figure 5 : Graduations du fléau	7
Figure 6: Revêtement noir du peson	7
Figure 7: schéma de la balance romaine tiré de La Statera (Ph. Fleury, La mécanique de Vitruve, Caen, Presses Universitaires de Caen, 1993, fig. 6 p. 69)	8
Figure 8 : Balance romaine. Image provenant du "Dictionnaire encyclopédique de l'épicerie et des industries annexes" par Albert Seigneurie, édité par "L'Épicier" en 1904, page 81.	9
Figure 9 : tiré de Mazaheri Aly. L'origine chinoise de la balance « romaine ». In: Annales. Economies, sociétés, civilisations. 15 ^e année, N. 5, 1960. pp. 833-851.	9
Figure 10: Livre Da architectura de Vitruve	10
Figure 11 : Exemple de balance dite "libra".....	10
Figure 12: Petit marquage Figure 13: Grand marquag. Figure 14: marquage sur étiquette	12
Figure 15: Alternance des rayures de fabrication Figure 16: Déformation de l'anneau....	13
Figure 17: Usure du revêtement Figure 18: Rayures d'usure sur le métal	13
Figure 19: Indicateur mobile	14
Figure 20: Vue du dessous du peson	15
Figure 21: Vue du dessous du peson	15
Figure 22: craquèlement de l'étiquette et jaunissement (x250).....	15
Figure 23: Vues des produits de corrosion.....	15
Figure 24 : Vues d'un enfoncement de l'anneau	17
Figure 25: Vues de la graduation	17
Figure 26: Vues du grand crochet.....	17
Figure 27 : Après dégraissage de la zone. Figure 28: Après retrait des produits de corrosion	27
Figure 29: étiquette avant intervention Figure 30 : étiquette après intervention	27
Figure 31: Avant intervention Figure 32 : Après intervention Figure 33: Nouveau marquage	28
Figure 34 : Application du vernis sur le métal ferreux	28
Figure 35: Balance après traitement	30
Figure 36: fiche de renseignement de conservation du C2RMF.....	31