

RAPPORT D'ETUDE ET D'INTERVENTION

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

« Armure de bras »

Prêté par le Musée Girodet, Montargis (45)
Léa PERTROT, 2^{ème} année



© Léa PERTROT

Sous la direction de Mme LOEPER-ATTIA Marie-Anne, assistante de conservation-
restauration en spécialité Art du feu - Métal
Entre 2025 et 2026
Promotion 2024-2029

Introduction

Dans le cadre d'une collaboration entre le musée Girodet, à Montargis (45), et l'Institut National du Patrimoine, un projet de restauration a été établi sur cet objet présentant une problématique de conservation suite à un incident d'inondation. Celui-ci a provoqué la réapparition du phénomène de corrosion présentant un risque de dégradation urgent sur l'objet.

Ce rapport détaillé présentera cet objet par un constat d'état puis un diagnostic suivi d'un pronostic, une proposition de traitement et la description des interventions réalisées.

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	2
1. Présentation, description.	4
1.1. Noms et désignations	4
1.2. Ensembles, parties, éléments et assemblages.....	4
1.3. Dimensions.....	8
1.4. Forme.....	8
2. Examen avant traitement	9
2.1 Observations réalisées à l'atelier :	9
2.1.1. Inscriptions, marques, emblématiques, poinçons.....	9
2.1.2. Traces de fabrication	9
2.1.3. Traces d'utilisation :.....	10
2.1.4. Traitements antérieurs.....	10
2.1.5. Nature des matériaux présents	11
2.1.6. Description des altérations mécaniques.....	11
2.1.7. Description des dépôts ou de leur traces	12
3. Diagnostic.....	17
4. Pronostic.....	19
5. Objectifs et choix du traitement.....	20
5.1 Traitement demandé.....	20
5.2 Proposition de traitement	21
5.3 Traitements.....	24
5.3.1 Nettoyage.....	24
5.3.2 Protection.....	25
5.3.3 Réécriture du numéro d'inventaire	26
6. Préconisation de conservation	27
Annexes.....	28

1. Présentation, description.

1.1. Noms et désignations

L'objet en question est une protection de bras, faisant office d'armure. Elle est référencée sous le nom d'inventaire de l'école: INP 2021-036.



Figure 1: Vue coté coude extérieur



Figure 2: Vue intérieur

1.2. Ensembles, parties, éléments et assemblages

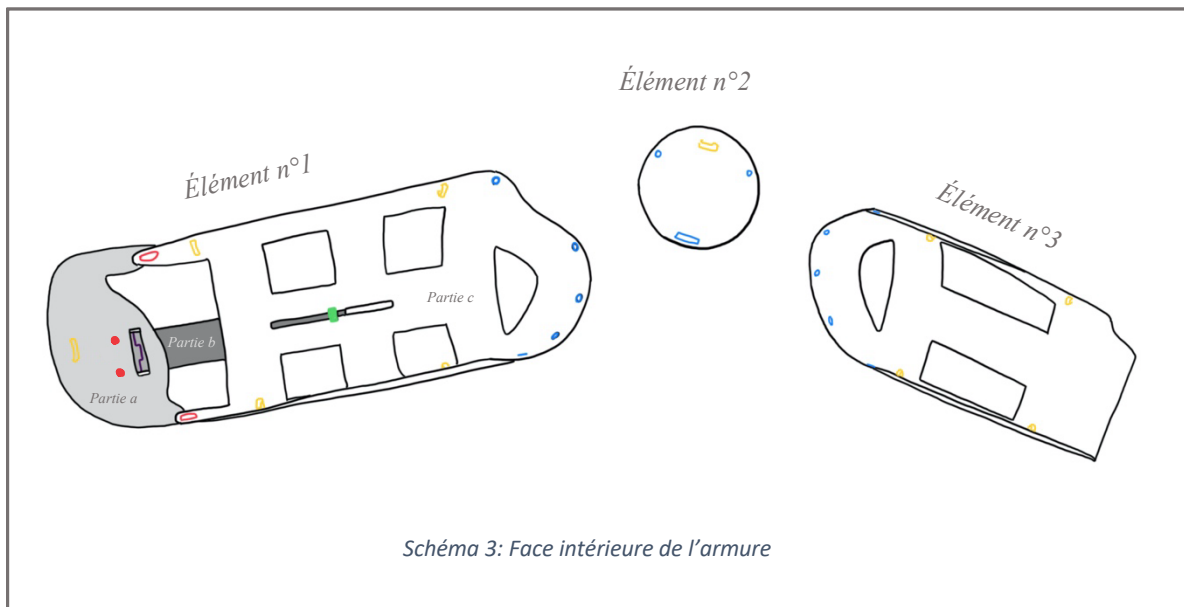
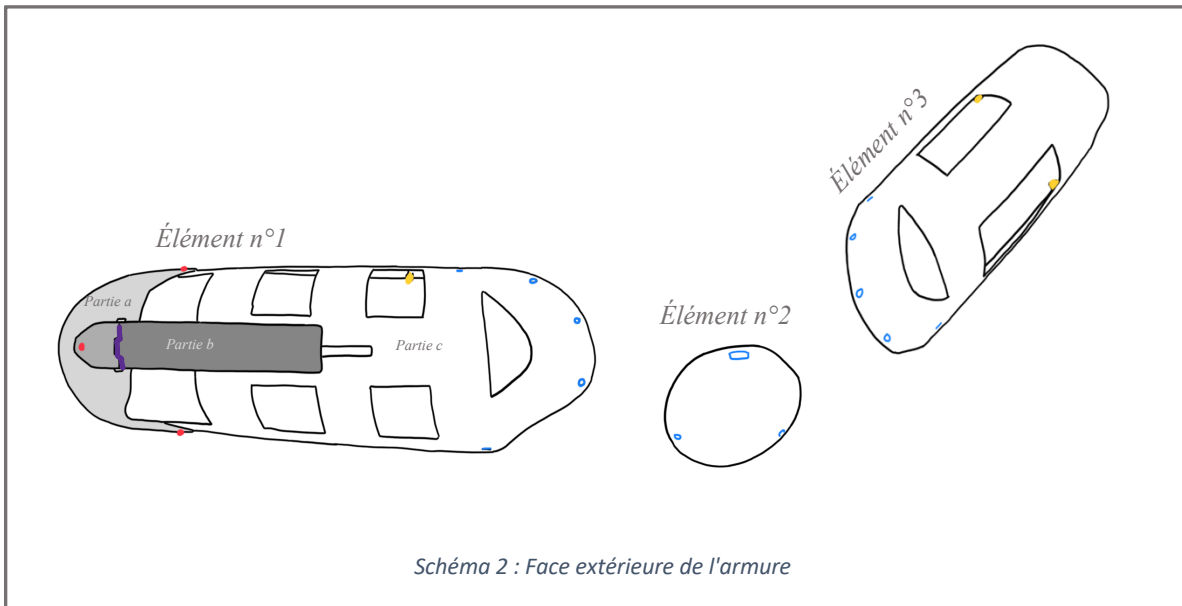
Elle se présente en trois parties :

- La première, couvrant le bras et l'épaule ;
- La deuxième, protégeant, par un rond, le coude ;
- La troisième, habillant l'avant-bras jusqu'au poignet.

L'assemblage se fait par plusieurs chaînes qui relient les différents éléments entre eux.



Schéma 1: Habillement de l'armure



Légende :

- Rivets
- Trous d'assemblage des chaînes
- Anneaux d'attache au bras
- Charnière
- Agrafe soudé pour l'ajustement et le maintien de la partie b à la partie c.

Sur l'élément n°1, un système particulier a été mis en place afin d'assurer la fixation tout en permettant le mouvement naturel du corps. Trois parties distinctes composent cet ensemble :

- la protection d'épaule (a) ;
- une tige plate centrale (b) ;
- la protection du bras (c).

La partie (a) est fixée à l'élément (b) par un système de trois rivets. Un trou rectangulaire permet l'insertion de la charnière de la pièce (b), autorisant ainsi la mobilité de l'épaule. La pièce (a) est ensuite reliée à la pièce (c) par un type de rivet spécifique, constitué d'un élément cylindrique inséré dans un logement de type bouchon. D'un côté, le système de fixation est visible sous la forme d'une tête circulaire. De l'autre côté, seul un disque circulaire est perceptible, affleurant à la surface de la pièce. Enfin un système de coulissage a été ajouté sur la tige centrale à l'intérieure de l'armure et sur la fente centrale. Cette fonction permet de faciliter l'agrandissement ou la diminution de l'ouverture du bras pour manier plus amplement.

Ensuite un ensemble de treize trous sur les bords ont été réalisés pour l'assemblage des différentes chaînes. Puis un total de dix agrafes (ou attaches) pour enfiler l'armure au bras.

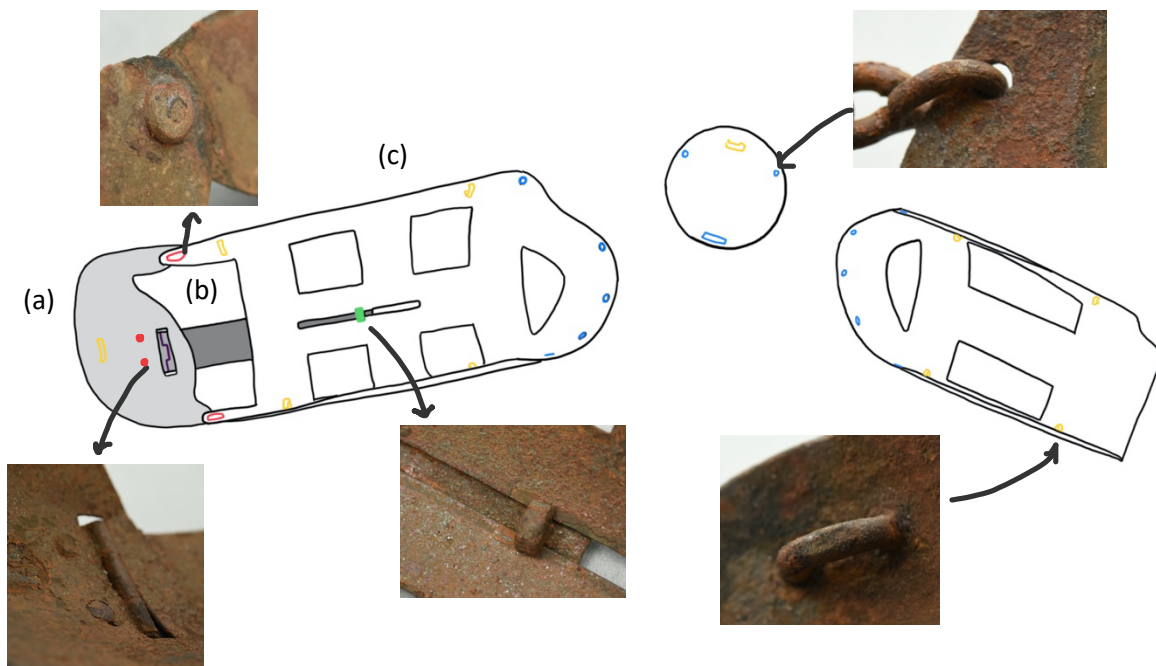


Schéma 4: Présentation des différents systèmes utilisés

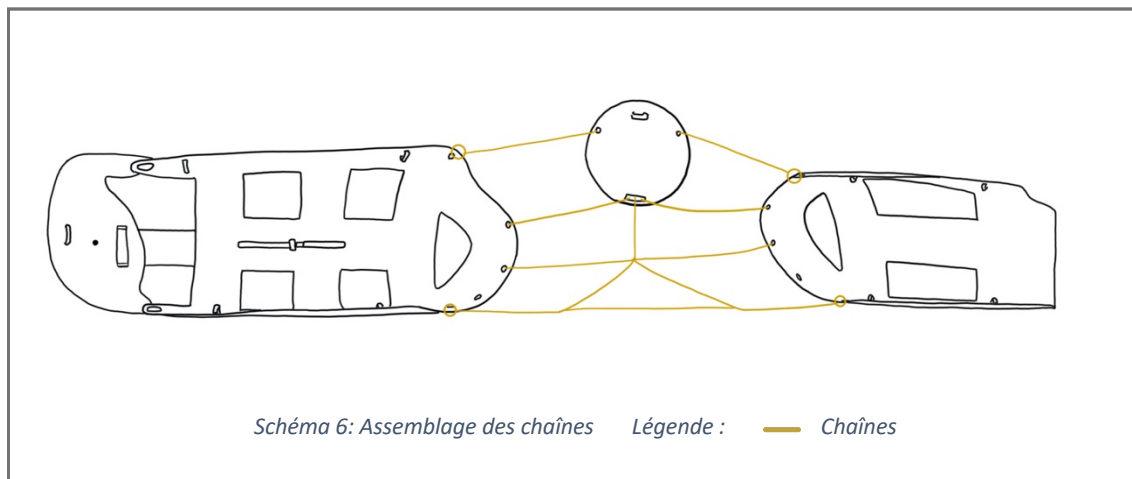
Hypothèse : Les trous d'assemblage situés sur les éléments 1 et 3 semblent libres. Cela pourrait indiquer :

- soit l'absence d'une chaîne qui aurait été prévue pour être fixée à ces points,
- soit qu'il s'agit de trous d'ajustement destinés à accueillir une chaîne adjacente.

Les chaînes jouent un rôle essentiel dans l'assemblage de l'armure. Elles constituent un système de liaison souple, particulièrement adapté aux bras soumis à des mouvements constants. La configuration observée des anneaux de la chaîne s'inscrit sur deux axes perpendiculaires l'un à l'autre, pour une meilleure efficacité mécanique.



Schéma 5: Type d'anneau réalisé



Ces éléments peuvent être désignés comme des chaînes à anneaux forgés, fermés par recouvrement et martelage. Selon le contexte, elles peuvent être décrites comme des chaînes de suspension ou des chaînes d'articulation d'armure, soulignant leur fonction au sein de l'équipement.

1.3. Dimensions

Dimensions = 70 cm de longueur.

1.4. Forme

L'objet se présente sous la forme d'un élément métallique, constitué de plaques rigides de forme globalement rectangulaire, aux angles légèrement arrondis, reliées entre elles par un système de chaînes. Les plaques sont planes, galbées, et percées d'ouvertures rectangulaires disposées de manière régulière, probablement destinées à l'allègement du poids.

L'ensemble adopte une configuration longitudinale, suggérant une pièce pensée pour suivre la morphologie du bras. La structure est articulée et la rigidité des plaques est compensée par la souplesse des chaînes, ce qui permet une adaptation aux mouvements du porteur.

Dans les systèmes de combat majoritairement droitiers, le bouclier est porté à la main gauche tandis que l'arme est maniée de la main droite. Cette organisation entraîne une exposition des membres supérieurs droits, susceptible d'influencer la conception des protections de bras. N'ayant pas perçu d'indices particuliers sur cette armure renseignant du port droit ou gauche. J'émet l'hypothèse que cette armure concerne un bras droit d'après cette déduction.

2. Examen avant traitement

Un premier travail de dépoussiérage suivi d'un sablage à la poudre végétale a été conduit par une précédente élève. Il a permis d'éliminer les couches pulvérulentes superficielles (figures 4 et 5).

2.1 Observations réalisées à l'atelier :

2.1.1. Inscriptions, marques, emblématiques, poinçons

L'objet porte un numéro d'inventaire écrit à l'encre noire (encre de chine ?) sur un film, certainement de nature acrylique : 37 106.



Figure 3: Inscription 37106

2.1.2. Traces de fabrication

Il est difficile de repérer les traces de fabrication en l'état, cependant nous avons pu remarquer sur les chaînes la présence de lignes longitudinales soulignant leur fabrication par étirement d'un fil métallique, puis mis en forme à l'aide de pinces.

Aucun décor particulier n'a été observé sur la surface de la pièce.

2.1.3. Traces d'utilisation

Aucune observation particulière n'a pu être faite en raison du recouvrement de l'objet par une couche de produits de corrosion. Il semblerait que l'objet ne soit pas assez épais ou recouvrant pour avoir été utilisé au combat. Il s'apparente probablement à une armure d'apparat destinée à des défilés, par exemple, potentiellement associée à l'utilisation d'un tissu.

2.1.4. Traitements antérieurs

Une première intervention de nettoyage a été réalisée il y a quelques années (cf supra). Nous avons repris l'objet dans l'état de la figure 5.



Figure 4 : Armure dès l'arrivée dans les locaux de l'école

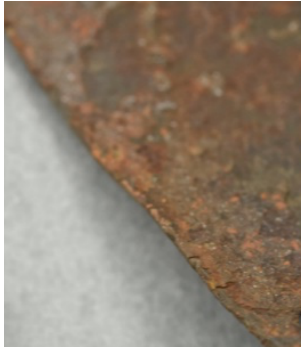




Figure 5: État de l'armure avant la deuxième intervention

2.1.5. Nature des matériaux présents

Au vue des produits de corrosion orange-brun ainsi que du métal sous-jacent grisâtre, l'armure de bras semble être un objet entièrement en alliage ferreux, confirmé avec le test de l'aimant.

2.1.6. Description des altérations mécaniques

	État (présence et niveau)	Description	Photos
Déformation	Oui	Légère déformation sur les bords	 <i>Figure 6: Gondolement de l'arrête</i>
Usure	Oui	Probablement lié à son utilisation et frottement des chaînes	 <i>Figure 7: Usure de l'arrondi du trou probablement par une chaîne</i>
<u>État physique du métal</u> : contraintes liées à la dilatation, perte des caractéristiques mécaniques	Oui	Les chaînes présentent des anneaux encore solidarisés entre eux. La charnière n'est plus fonctionnelle mais fixe	 <i>Figure 8: Fusion de quelques anneaux de la chaîne</i>

2.1.7. Description des dépôts ou de leur traces

Dépôts exogènes	État (présence ou niveau)	Description
<ul style="list-style-type: none"> - Empoussièrement - Encrassement - Autre 	Léger	Homogène
	Léger	Résidus de sédimentation ?
	Oui	<u>Nature</u> : Coton
Corrosion	Oui	(voir ci-dessous)

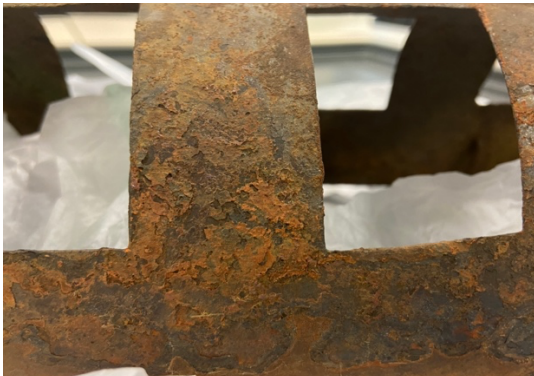


Figure 9: Produits de corrosion sur la surface

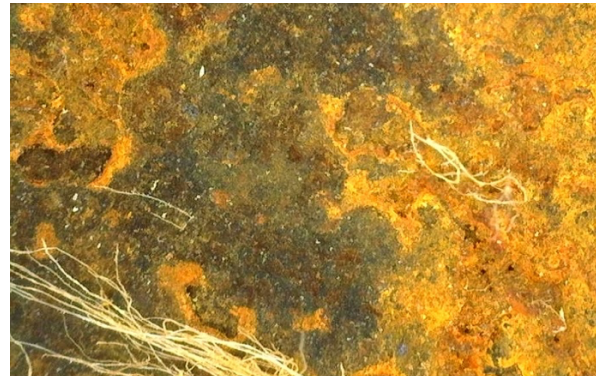


Figure 10: Filaments de coton accrochés aux produits de corrosion

Description de la corrosion :

Un ensemble de produits de corrosion et de sédiments sont présents sur l'objet. Ces différentes couches génèrent une desquamation de surface. Les produits de corrosion sont présents sur l'ensemble de l'objet, y compris les faces intérieure et extérieure.

Il a été repéré suite à une observation sous loupe binoculaire ainsi que par l'utilisation d'un scalpel plusieurs couches de produits de corrosion (CP). En voici les descriptions :

CP 1 :

Couleur	Orange vif
Aspect, éclat de surface	Mate
Pulvérulence	Élevé
Porosité	Élevé
Adhérence	Peu cohésive
Fissuration (ouverte ou fermée)	Non

Uniforme	X
Non-uniforme	
Généralisée	X
Localisée	



Figure 11: Profil du CP1

CP 2 :

Couleur	Rouge foncé
Aspect, éclat de surface	Brillant, lisse
Dureté	Moyenne
Pulvérulence	Faible
Porosité	Moyenne
Adhérence	Cohésive
Fissuration (ouverte ou fermée)	Non

Uniforme	X
Non-uniforme	
Généralisée	
Localisée	X



Figure 12: Profil du CP2

CP 3 :

Couleur	Brun foncé
Aspect, éclat de surface	Mate
Dureté	Forte
Pulvérulence	Faible
Porosité	Moyenne
Adhérence	Cohésive
Fissuration (ouverte ou fermée)	Non

Uniforme	
Non-uniforme	X
Généralisée	X
Localisée	



Figure 13: Profil du CP3

CP 4 :

Couleur	Brun
Aspect, éclat de surface	Mate, poudreux
Dureté	Faible
Pulvérulence	Élevé (poudreux)
Porosité	Élevé
Adhérence	Peu cohésive
Fissuration (ouverte ou fermée)	Non

Uniforme	X
Non-uniforme	
Généralisée	
Localisée	X

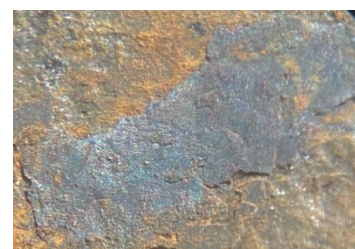


Figure 14: Profil du CP4

CP 5 :

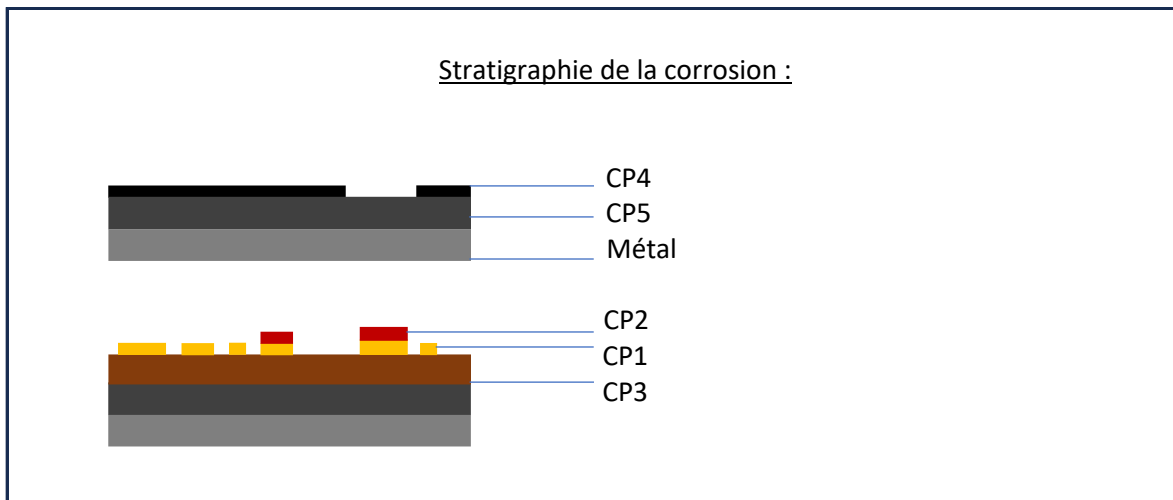
Couleur	Gris
Aspect, éclat de surface	Brillant
Dureté	Moyenne
Pulvérencence	Faible
Porosité	Moyenne
Adhérence	Cohésive
Fissuration (ouverte ou fermée)	Non

Uniforme	X
Non-uniforme	
Généralisée	X
Localisée	



Figure 15: profil du CP5

L'ensemble des produits de corrosion semblent appartenir à des oxydes et hydroxydes de fer.



- Présence d'écaillements

Nous avons pu également observer des « cloques ». Ceux sont des produits de corrosion qui se détachent de la surface en écailles circulaires.



Figure 16: cloque écaillée à la surface de l'objet (x250)

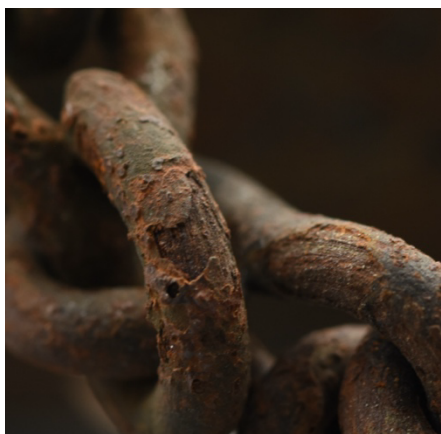
- Présence de chlorures :

Présence de nombreux cristaux en surface. L'objet, en alliage ferreux, contient des chlorures (Cl) très fins qui s'infiltrèrent dans toute la structure métallique. Les cristaux croissent uniquement en présence d'une quantité suffisante d'ion chlorure pour en stabiliser la structure.



Figure 17: Cristaux présent à la surface de l'objet (x50)

- Niveau de minéralisation du métal



Nous pouvons observer sur les chaînes que l'objet ne présente plus de noyau métallique, il est entièrement minéralisé. En absence de ce noyau, les chlorures ne présentent plus vraiment de danger dans la réactivation de la corrosion et la concentration des chlorures va être incluse entre toutes les couches.

Figure 18: présence du métal minéralisé sur les anneaux de chaînes (x250)

Cependant, à l'inverse nous avons encore la présence d'un noyau métallique sur les plus grandes pièces.



Figure 19: Présence du métal à la surface de l'objet

- Modification induite par la corrosion :

Aucune modification n'a été induite par la corrosion si ce n'est la diminution de l'épaisseur de l'objet liée à la reprise de corrosion.

LOCALISATION DE LA SURFACE ORIGINELLE :

« La surface originelle est la limite entre la matière de l'objet (parties métalliques et autres parties) et l'environnement au moment de l'abandon de l'objet (...) ou un moment que l'on détermine en fonction de la valeur culturelle de l'objet et des objectifs de sa conservation-restauration. »

Régis BERTHOLON

Notre objet a antérieurement déjà été stabilisé après une restauration, ce qui implique que sa surface originelle fut déjà définie dans son état avant l'inondation. Cependant, même s'il a subi une forte reprise de corrosion nous avons pu remarquer la présence de métal originel.

Suite à nos observations, il a été repéré :

- Aucun éléments allogènes dans les couches de corrosion
- Aucune forme de décor particulière
- Une surface de contact entre deux éléments du même objet soudées par la corrosion. Ce qui a indiqué une localisation potentielle de la S.O. (=Surface Originelle) au niveau du produit de corrosion créant cette soudure.
- Une différence de porosité lors de l'abrasion des couches de CP avec une différence de densité
- Différentes natures de produits de corrosion ont été observées : la couche grise CP5 (magnétite) est globalement présente sauf sur les zones de métal à nu. Elle est retenue comme couche superficielle car adhérente, cohésive, stable, difficile à retirer et sa teinte reste également esthétiquement acceptable.

Nous avons donc défini la S.O. au niveau du CP5 correspondant à la magnétite (Fe_3O_4).

De plus l'épaisseur de l'objet se réduisant, garder ce CP5 permettra de garder une épaisseur plus grande et de ne pas risquer d'altérer le métal sain.

Enfin la valeur de cet objet réside principalement dans son intérêt technique et historique. Sa valeur d'usage n'est plus totalement conservée, l'ensemble des pièces d'origine est encore présent, bien que certaines soient aujourd'hui soudées entre elles. Ceci oriente le choix de restauration vers une logique de conservation plutôt que de remise en fonctionnement. En revanche, l'objet possède une forte valeur historique qui constitue un témoignage du patrimoine de guerre.

3. Diagnostic

L'élaboration d'un diagnostic est essentielle, puisqu'il a pour objectif d'établir les « causes probables d'altération du bien [...], à partir de la connaissance de ses matériaux constitutifs, de leur état et de leur environnement. »¹. Le diagnostic donne lieu à plusieurs hypothèses basées sur les observations du constat d'état.

3.1 Les facteurs technologiques – INTRINSÈQUE

- En raison de sa nature en alliage ferreux instable à l'état métallique, l'objet est intrinsèquement sensible à la corrosion, ce qui explique la présence généralisée de produits de corrosion sur ses surfaces interne et externe.
- La fabrication de l'objet a induit des contraintes internes dans le métal. Ces contraintes peuvent favoriser des zones de fragilité.
- La fine épaisseur de l'objet constitue en elle-même une vulnérabilité aux déformations.
- Certaines zones métal contre métal peuvent être propice à la rétention d'humidité.

3.2 Les facteurs d'altérations humains – ANTROPOLOGIQUE

Les traces d'usure et les déformations sont probablement liées à son utilisation. Des dégradations résultant d'une mauvaise manipulation ou d'événements survenus au cours du temps ne peuvent également pas être exclues.

¹ FÉDÉRATION FRANÇAISE DES PROFESSIONNELS DE LA CONSERVATION-RESTAURATION (FFCR), *L'Abécédaire de la conservation-restauration*, p7

3.3 Les facteurs d'altérations de conservation – EXTRINSÈQUE

Le phénomène de corrosion est une détérioration progressive du métal par la réaction chimique ou électrochimique (sa tendance à perdre des électrons), avec son environnement (température, pression, friction, etc...)². En d'autres termes, le métal est chimiquement instable et cherchera à revenir au plus proche de son état initial de minerai (oxydes, sulfures, carbonates...)³.

L'humidité lié à l'inondation du musée explique la réapparition de produits de corrosions sur l'objet métallique. Par ailleurs, la présence de sels dans l'eau ou d'un pH acide peut accentuer les phénomènes de corrosion.

La corrosion généralisée, indique une exposition prolongée à un environnement humide et oxygéné, favorable au développement de produits de corrosion. Les variations de température et d'humidité ont pu provoquer des phénomènes de dilatation et de contraction, accentuant les contraintes internes du métal et contribuant à la perte de ses propriétés mécaniques.

3.4 Les facteurs d'altérations liés aux restaurations antérieures

A notre connaissance, les altérations observées relèvent de l'inondation auquel le musée Girodet a été exposé.

² F. FARINAZZO, *La corrosion expliquée*, Travail des métaux, fluides anticorrosion, 2018

³ A. LAFITTE, *la cloison d'or*, 2017, p86

4. Pronostic

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

Stables
 Peu stables
 Évolutives
 Très évolutives

Altération mécanique	Quelles aggravations ?	Pronostic
Déformation	Déformation plus prononcée	ImCa
Usure	Accentuation des usures	LeCu
<u>État physique du métal</u> : fissures, contraintes liées à la dilatation, perte des caractéristiques mécaniques	Cassure de la chaîne si mauvaise manipulation	LeCu

Altération des dépôts	Description	Pronostic
Dépôts exogènes	Attire l'humidité et favorise la reprise de corrosion	<u>LeCu</u>
Corrosion	Produits de corrosion actifs pouvant amener à la corrosion totale du métal et donc à sa perte	LeCu

La plus grande nécessité d'intervention se concentre sur la dégradation provoquée par la corrosion. Ainsi le traitement de l'objet est conseillé afin de retirer et limiter l'action de ces produits.

5. Objectifs et choix du traitement

5.1 Traitement demandé

OBJECTIFS DE LA CONSERVATION-RESTAURATION :

L'objectif principal est de conserver l'objet dans son état actuel en ralentissant et en stabilisant les processus de dégradation, qui ont tendance à s'aggraver avec le temps. Il s'agit avant tout de retrouver une stabilité matérielle, tout en améliorant la lisibilité de l'objet. Cela implique de :

- Retirer les produits de corrosion afin de limiter la réactivité de l'objet
- Rétablir la lisibilité
- Améliorer l'aspect esthétique

PROJET DE RESTAURATION :

Le projet de restauration consiste à définir les interventions à réaliser, les techniques à employer et l'ordre dans lequel elles doivent être mises en œuvre. Les étapes sont :






- Le nettoyage
- La protection
- La réécriture du numéro d'inventaire

5.2 Proposition de traitement

- Nettoyage :

1^{ER} TEST DE NETTOYAGE : Mécanique

Afin de définir la manière la plus adaptée pour retirer ces différents CP situés au-dessus de la S.O., il est nécessaire de s'appuyer sur la dureté des matériaux. L'échelle de Mohs qui classe les minéraux selon leur dureté, constitue une référence pour choisir notre charge abrasive. Il est établi que la dureté du fer se situe entre 4 et 5 sur cette échelle. Par conséquent, afin d'éviter toute dégradation, le nettoyage devra être réalisé avec une charge inférieure à celle du support soit supérieur numériquement à 4-5.

Tests	Description	Méthode approuvée
Scalpel	Pas assez précis dans le retrait, enlève le gros mais devient complexe dans les interstices. Arrachement de toutes les couches si clive (cristaux de surface)	
Stylo fibre de verre	Enlève majoritairement produits de corrosion poudreux, pulvérulents	
Micro-tour	L'ensemble des brosses testés sont trop dure par rapport au matériau traité, risque important de rayure au retrait.	
Sableuse	Test des abrasifs végétaux : <ul style="list-style-type: none"> - Poudre de noyaux d'abricot : densité entre 3,5 et 4 selon échelle de Mohs (BioPowder®) - Rafle de maïs qui a une dureté équivalente à celle du fer à 4,5 sur échelle de Mohs La surface étant très réactive, une faible pression (inférieure à 2) est utilisée. La rafle de maïs, jugée trop dure, est remplacée par une poudre de noyaux d'abricot plus adapté pour notre nettoyage.	 

Nous utiliserons donc la méthode du sablage à la poudre de noyau d'abricot.

Certains anneaux de chaînes sont solidarisés. Le nettoyage ne sera pas poussé jusqu'à leur séparation, car une telle intervention présenterait un risque élevé de rupture. De plus, leur agglomération et fusion, due aux CP, ne permet pas d'envisager une récupération de leur état d'origine.

2^{ÈME} TEST DE NETTOYAGE : Chimique

La microrugosité et les cavités liées au relief de l'objet favorisent l'incrustation des produits de corrosion. Leur retrait est difficile sans risquer d'endommager la S.O. ou d'atteindre le métal nu. Des tests de nettoyage chimique ont été réalisés en choisissant des agents capables de complexer ou de solubiliser les ions fer responsables des produits de corrosion :

- Gels de TAC (triammonium citrate) à petite concentration 1% 5min + rinçage à l'eau déminéralisée
- Acide citrique 2% dans eau déminéralisée 5min + rinçage à l'eau déminéralisée
- Acide formique 5% dans eau déminéralisée 5min + rinçage à l'eau déminéralisée

Aucun de ces traitements n'a montré d'efficacité. En revanche, l'éthanol et le white spirit se sont révélés efficaces pour éliminer les particules libres de CP liées au sablage.

- Stabilisation

On peut considérer que les produits de corrosion réactivée vus relèvent de l'inondation des réserves. Si ceux-ci sont éliminés, le risque que cette corrosion ne se redéveloppe sera très faible, d'autant plus que le climat dans cet espace sera régulé.

- Protection

La pause d'un vernis est un moyen efficace de protéger un métal de son environnement extérieur. Pour cela nous avons testé trois vernis de nature acrylique :

(1) ParaloidB72[®] acétone 5%

- Dépôt de vernis plus important sur les bords et traces liés à l'application au pinceau et à l'évaporation rapide du solvant.
- Aspect un peu brillant

(2) ParaloidB44® avec acétate d'éthyle 5%

- Meilleur résultat
- Effet moins brillant
- Application facile et réduction des traces

(3) ParaloidB72® dans diacétone-alcool 5%

- Long à sécher
- Brillant

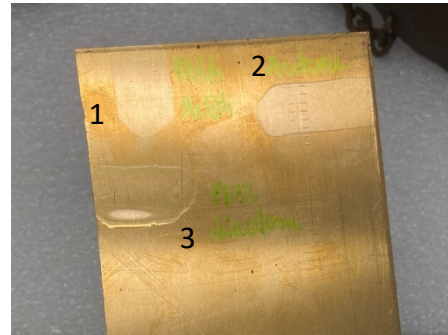


Figure 20: Application des trois vernis tests :
1, 2 et 3 sur une plaque de laiton

Nous avons choisi le ParaloidB44® à 5% dans acétate d'éthyle, car il permet de tendre le fil de résine à la surface et un temps d'application plus long pour travailler car le solvant a un temps d'évaporation assez long. Le paraloidB44® est une résine avec une température de transition vitreuse (Tg) plus élevé que le paraloidB72® ce qui nous conforte dans notre choix.

- Numéro d'inventaire

Nous retirerons le numéro d'inventaire pour le nettoyage et nous le replacerons à la même place initiale à l'aide d'une encre blanche.

5.3 Traitements

5.3.1 Nettoyage.

Le nettoyage par sablage a permis d'obtenir une surface globalement homogène au niveau du CP5, à l'exception de quelques zones résiduelles. Certains CP restent cependant difficiles à éliminer, notamment dans les microporosités du métal. La zone traitée étant relativement étendue, la poursuite du sablage devenait risquée, avec un danger d'atteindre le métal nu.



Figure 21: Avant nettoyage



Figure 22 : Après le premier nettoyage

Nous avons choisi de nous aider du scalpel afin de retirer localement les produits de corrosion trop adhérent puis de réutiliser la sableuse avec une poudre peu abrasive pour homogénéiser la surface nettoyée.



Figure 24: Aspect de surface avant l'action de la sableuse



Figure 23: Aspect de surface après la sableuse



Figure 25: Aspect de surface après utilisation du scalpel et d'une nouvelle fois la sableuse

Nous avons également utilisé de l'éthanol et du white spirit pour retirer les poussières de CP lié à l'utilisation de la sableuse.

De même les différents anneaux de la chaîne restaient peu accessibles et difficiles à travailler avec la sableuse. Nous avons donc opté pour l'utilisation du Cavitron®, un stylo à ultrasons. Cet outil nous a permis de facilement désolidariser les CP.



Figure 27: état de la chaîne avant nettoyage



Figure 26: état de la chaîne après nettoyage au cavitron

5.3.2 Protection.

Nous avons vernis la surface avec la résine acrylique ParaloidB44® à 5 % dans de l'acétate d'éthyle à l'aide d'un pinceau sous hotte aspirante. L'objet fut posé sur une mousse polyéthylène (Ethafoam®) pour faciliter la manipulation des différents éléments. Le rendu est globalement satisfaisant, bien que la couleur de surface apparaisse légèrement plus foncée.

L'application a été réalisée de manière homogène sur l'ensemble de l'objet, y compris sur les chaînes, en veillant à assurer une couverture complète de la surface.



Figure 28: Application de la résine au pinceau.



Figure 29 : aspect de l'armure après réalisation du vernis

5.3.3 Réécriture du numéro d'inventaire

Lors du nettoyage, le numéro d'inventaire a été retiré en raison de sa faible lisibilité (noir sur fond noir et tracé peu fin). Après l'application du vernis, il a été réinscrit à l'aide d'une encre blanche, Posca® à pointe fine.



Figure 30 : Application du numéro d'inventaire

6. Préconisation de conservation

Pour la conservation de l'armure, il est préconisé pour la conservation du fer, une humidité relative en dessous de 40% pour une température ambiante à 18°C (±5°C).

Il est surtout important pour le musée d'éviter les chocs climatiques avec des variations trop importantes de température et d'humidité, en ne plaçant pas l'objet près d'un radiateur, d'une fenêtre ou d'un éclairage intense.

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 (± 5 °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 Stolow (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 (± 5 °C)	20-40 %	Peu sensibles		Laboratoire de Recherche des Musées de France, vers 1980
	L'humidité est particulièrement néfaste pour le fer et les pièces qui ont été enterrées car elle favorise la formation de corrosion.		La lumière risque d'endommager les rubans fixés aux médailles.		ICC, 2002

Figure 31: fiche de renseignement de conservation du C2RMF

Le port de gants en nitrile est recommandé lors de la manipulation afin d'éviter les empreintes digitales, la peau ayant un pH acide susceptible d'interagir avec le métal et le coton pouvant s'accrocher à la rugosité du métal.

Une attention particulière doit être portée à la manipulation, l'objet comprenant plusieurs éléments non démontables. Ceux-ci doivent être soutenus simultanément afin d'éviter les contraintes sur les assemblages et prévenir les chocs entre les différentes parties mobiles.

Annexes

PHOTOGRAPHIES AVANT RESTAURATION :



PHOTOGRAPHIES APRES RESTAURATION :



TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1: VUE COTE COUDE EXTERIEUR.....	4
FIGURE 2: VUE INTERIEUR.....	4
FIGURE 3: INSCRIPTION 37106.....	9
FIGURE 4 : ARMURE DES L'ARRIVEE DANS LES LOCAUX DE L'ECOLE.....	10
FIGURE 5: ETAT DE L'ARMURE AVANT LA DEUXIEME INTERVENTION.....	10
FIGURE 6: GONDOLEMENT DE L'ARRETE.....	11
FIGURE 7: USURE DE L'ARRONDI DU TROU PROBABLEMENT PAR UNE CHAINE.....	11
FIGURE 8: FUSION DE QUELQUES ANNEAUX DE LA CHAINE.....	11
FIGURE 9: PRODUITS DE CORROSION SUR LA SURFACE.....	12
FIGURE 10: FILAMENT DE COTON ACCROCHE AUX PRODUITS DE CORROSION.....	12
FIGURE 11: PROFIL DU CP1.....	12
FIGURE 12: PROFIL DU CP2.....	13
FIGURE 13: PROFIL DU CP3.....	13
FIGURE 14: PROFIL DU CP4.....	13
FIGURE 15: PROFIL DU CP5.....	14
FIGURE 16: CLOQUE ECAILLEE A LA SURFACE DE L'OBJET (X250).....	14
FIGURE 17: CRISTAUX PRESENT A LA SURFACE DE L'OBJET (X50).....	15
FIGURE 18: PRESENCE DU METAL MINERALISE SUR LES ANNEAUX DE CHAINES.....	15
FIGURE 19: PRESENCE DU METAL A LA SURFACE DE L'OBJET.....	15
FIGURE 20: APPLICATION DES TROIS VERNIS TESTS : 1, 2 ET 3 SUR UNE PLAQUE DE LAITON.....	23
FIGURE 21: AVANT NETTOYAGE.....	24
FIGURE 22 : APRES LE PREMIER NETTOYAGE.....	24
FIGURE 25: ASPECT DE SURFACE APRES LA SABLEUSE.....	24
FIGURE 24: ASPECT DE SURFACE AVANT L'ACTION DE LA SABLEUSE.....	24
FIGURE 23: ASPECT DE SURFACE APRES UTILISATION DU SCALPEL ET D'UNE NOUVELLE FOIS LA SABLEUSE.....	25
FIGURE 26: ETAT DE LA CHAINE APRES NETTOYAGE AU CAVITRON.....	25
FIGURE 27: ETAT DE LA CHAINE AVANT NETTOYAGE.....	25
FIGURE 28: APPLICATION DE LA RESINE AU PINCEAU.....	26
FIGURE 29 : ASPECT DE L'ARMURE APRES REALISATION DU VERNIS.....	26
FIGURE 30 : APPLICATION DU NUMERO D'INVENTAIRE.....	26
FIGURE 31: FICHE DE RENSEIGNEMENT DE CONSERVATION DU C2RMF.....	27

FICHES TECHNIQUES DES PRODUITS UTILISÉS :

RUBRIQUE 1: Identification de la substance/du mélange et de la société/ l'entreprise

1.1 Identificateur de produit
Nom du produit: **WHITE SPIRIT Hydrocarbures C9-C12, n-alkanes, isookanes, cyclics, aromatics (2-25%)**
Code du produit: 0119
Numero CE: 9194460
Numero d'emballage: 01-21194580-49-33-XXXX
1.2 Utilisations identifiées pertinentes de la substance ou du mélange et utilisations déconseillées
Emploi de la substance / de la préparation
1.3 Renseignements concernant le fournisseur de la substance
Producteur/fournisseur: Société CHARBONNEAUX BRABANT
Société CHARBONNEAUX BRABANT
Société BRABANT CHIMIE
Société FLOUREN BRABANT
Société HALOUEL Genérale
Société HALOUEL Genérale
Service clientèle de la société CHARBONNEAUX BRABANT
5 rue de Vainy, Z.I. Poly Spec - BP 341
Tél: 06 26 49 89 70
Courriel: client@charbonneaux.com
SARL 415
POLYERS 18
Pour connaître la liste des distributeurs de grande contenance le 15, Emileguy, Nuiset 112

RUBRIQUE 2: Identification des dangers

2.1 Classification de la substance ou du mélange
Classification selon le règlement (CE) n° 1272/2008
Fam. Liq. 3 H228 Liquide et vapeurs inflammables.
GHS02/Inflame
STOT-SE 1 H272 Risque accru d'effets graves pour la santé en cas d'inhalation prolongée. Voir d'exposition Respiratoire/irritation.
Asp. Tox. 1 H304 Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires.
GHS02/Environnement
Aquatic Chronic 2 H411 Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
GHS07
STOT-SE 3 H338 Peut provoquer une asthme ou une irritation des voies respiratoires.
2.2 Éléments de danger
Étiquetage selon le règlement (CE) n° 1272/2008
Pictogrammes de danger
Mention d'avertissement
La substance est classifiée et étiquetée selon le règlement CLP
GHS02 GHS07 GHS08 GHS09
Danger
(suite page 2) - FR

1. Identification of the Substance/Mixture and of the Company/Undertaking
Product Identifier: Paraloid™ B 44
Product Name: 67460
Article No.:
UFI:

1.2. Relevant Identified Uses of the Substance or Mixture and Uses advised against
Identified uses: Coatings product
Uses advised against:

1.3. Details of the Supplier of the Safety Data Sheet (Producer/Importer)
Company: Kermer Pigmente GmbH & Co. KG
Address: Hauptstr. 41-47, 88317 Albstadt, Germany
Tel /Fax: Tel +49 7565 914480 Fax +49 7565 1606
Internet: www.kermer-pigmente.com
Email: info@kermer-pigmente.com
Importer: -
Emergency No.: +49 7565 914480 (Mon-Fri 8:00 - 17:00)

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:
2.2. 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 designator:
Signal word:
Hazard designator:
Safety designation: EUH208
May produce an allergic reaction.

Hazardous components for labelling:
Other Hazards

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	Numero CAS	Numero CE	Numero index	Synonymes
Acétate d'éthyle	Esters	141-76-6	205-500-4	60702/2005	Ethanoate d'éthyle



Acétate d'éthyle

Danger

- H225 - Liquide et vapeurs très inflammables
- H319 - Provoque une sécheresse et irritation des yeux
- H336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges
- EUH065 - L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau

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

205-500-4

Propriétés physiques

Nom substance	N° CAS	Etat physique	Solubilité	Point de fusion	Point d'ébullition	Pression de vapeur	Point d'éclair
Acétate d'éthyle	141786	Liquide	85 g/L à 20 °C 64 g/L à 25 °C	-83 °C	77 °C	de 9,3 à 11,3 kPa à 20 °C	-4 °C (en coupelle fermée)

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

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

- Prélèvement par pompage et en, ou par diffusion, sur du charbon actif.
- Dosage par analyse de masse.
- Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection FID.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

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

Substance	PAVS	VLTP 8h (ppm)	VLTP 8h (mg/m ³)	VELT CT (ppm)	VELT CT (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

Toxicocinique - Métabolisme

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

www.inrs.fr/fichetox

Fiche Fiche Tox générale

Page 1 / 3

Éthanol

Fiche toxicologique synthétique n° 48 - Edition Novembre 2019

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

Famille chimique	Nom	Numero CAS	Numero CE	Numero index	Synonymes
C 2H 6O	Ethanol	64-17-5	200-578-6	609-002-00-5	Alcool éthylique



Ethanol

Danger

- H225 - Liquide et vapeurs très inflammables
- Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe I du règlement CE n° 1272/2008.

200-578-6

Propriétés physiques

Nom substance	N° CAS	Etat physique	Point de fusion	Point d'ébullition	Pression de vapeur	Point d'éclair
Ethanol	64-17-5	Liquide	-114 °C	78 °C	5,9 kPa à 20 °C 10,0 kPa à 30 °C 20,3 kPa à 50 °C	13 °C (éthanol pur); 17 °C (éthanol à 95 % vol); 21 °C (éthanol à 70 % vol); 29 °C (éthanol à 10 % vol); 62 °C (éthanol à 5 % vol) (tous en coupelle fermée)

A 20 °C et 101,3 kPa, 1 ppm = 1,91 mg/m³

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

Prélèvement d'air sur un tube rempli d'un adsorbant (charbon actif, gel de silice ou Anisorb® 747) et désorption au solvant ou prélèvement d'air au travers d'un tube rempli de Chromasorb® 106 et désorption thermique.

Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de l'anneau et/ou spectrométrie de masse.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) dans l'air des lieux de travail ont été établies pour l'éthanol.

Substance	PAVS	VLTP 8h (ppm)	VLTP 8h (mg/m ³)	VELT CT (ppm)	VELT CT (mg/m ³)
Ethanol	France (VLEP contraignantes - 1982)	1000	1900	5000	9500
Ethanol	Eats-Unis (ACGIH - 2009)	-	-	1000	1880
Ethanol	Allemagne (Valeurs MAK - 2018)	200	380	-	-

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinique - Métabolisme

L'éthanol est rapidement absorbé par voie orale et respiratoire et peu par contact cutané. Il est distribué dans tous les tissus et fluides de l'organisme, notamment le cerveau et le fœtus, et est principalement éliminé par une métabolisation oxydative dans le foie produisant principalement de l'aldéhyde puis de l'acide acétique.

www.inrs.fr/fichetox

Fiche Fiche Tox générale

Page 1 / 3